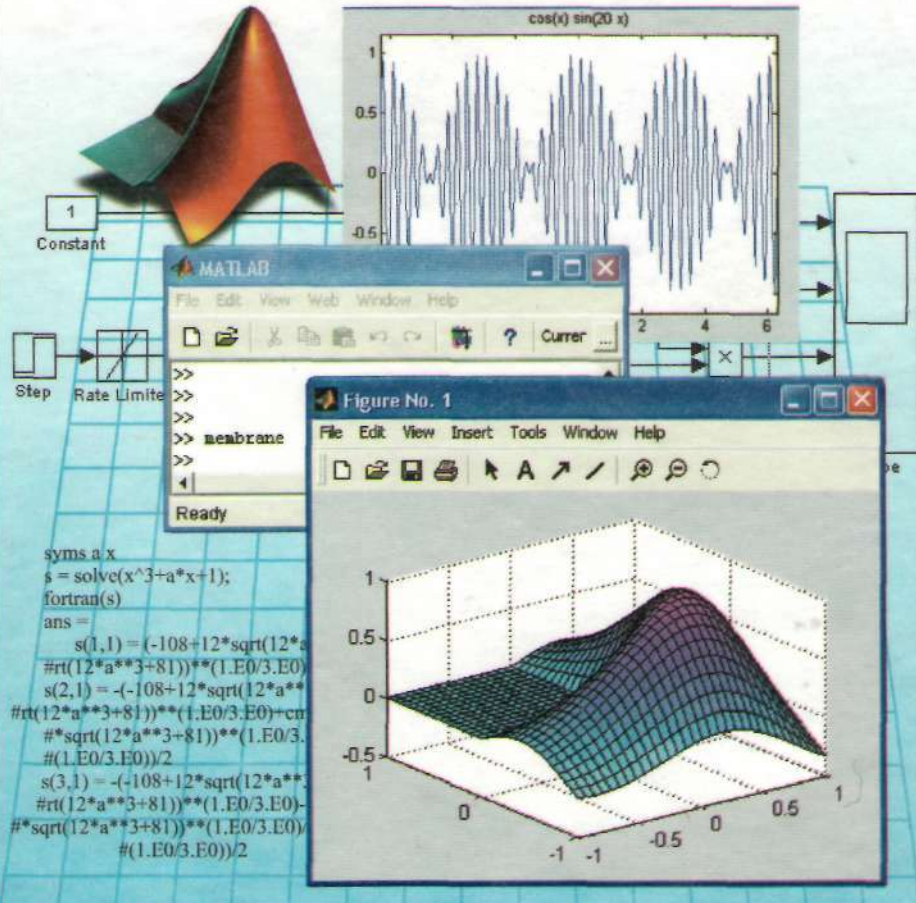
Ч350 2
68
Ч-16

Т. Дадажонов, М. Мухитдинов

MATLAB асослари




```
syms a x
s = solve(x^3+a*x+1);
fortran(s)
ans =
      s(1,1) = (-108+12*sqrt(12*
     #rt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)
      s(2,1) = -(-108+12*sqrt(12*a**
#rt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)+cm
     #*sqrt(12*a**3+81))**(1.E0/3.
     #(1.E0/3.E0))/2
      s(3,1) = -(-108+12*sqrt(12*a**
     #rt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)-
#*sqrt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)/
              #(1.E0/3.E0))/2
```

ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРОТЛАШТИРИШ АГЕНТЛИГИ
ЎЗБЕКИСТОН РАДИОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА
ВА АЛОҚА ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖАМИЯТИ

Т. Дадажонов, М. Муҳитдинов

MATLAB асослари

ТОШКЕНТ
ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
«ФАН» НАШРИЁТИ
2008

MATLAB тизимининг асосий объектлари, операторлари ва функцияларининг тавсифи берилган ва улардан фойдаланиш йўллари мисоллар воситасида баён қилинган, электротехник ва куч электроникаси курилмаларини моделлаш ва тадқик қилиш воситалари батафсил келтирилган.

Талабалар, ўқитувчилар, аспирантлар, илмий ходимлар ва, шунингдек, MATLAB тизимини мустақил ўрганувчилар учун мўлжалланган.

Тақризчилар:

т.ф.д., проф., ТДТУ кафедра мудири ***Х.З. Игамбердиев***;
ёш дастурчиларни тайёрлаш марказининг
бош директори ***А. Миразизов***.

ISBN 978-9943-09-735-3

© Ўзбекистон Республикаси
ФА «Фан» нашриёти, 2008 йил.

СЎЗБОШИ

Замонавий компьютер математикаси математик ҳисобларни автоматлаштириш учун Eureka, Gauss, Derive, Mathcad, Mathematica, Maple V ва бошқа дастурий тизимлар ва дастурларнинг тўпламларини таклиф қилади. Улар орасида MATLAB имкониятлари ва махсулдорлиги юқорилиги билан ажралиб туради [1].

MATLAB вақт синовидан ўтган математик ҳисобларни автоматлаштириш тизимларидан биридир. У матрицавий амалларни қўллашга асосланган. Бу нарса тизимнинг номи — MATrix LABoratory-матрицавий лабораторияда ўз аксини топган.

Матрицалар мураккаб математик ҳисобларда, жумладан, чизиқли алгебра масалаларини ечишда ва динамик тизимлар ҳамда объектларни моделлашда кенг қўлланилади. Улар динамик тизимлар ва объектларнинг ҳолат тенгламаларини автоматик равишда тузиш ва ечишнинг асоси бўлиб ҳисобланади. Бунга MATLABнинг кенгайтмаси Simulink мисол бўлиши мумкин [2].

Лекин ҳозирги вақтда MATLAB ихтисослаштирилган матрицавий тизим чегараларидан чиқиб, универсал интегралашган компьютерда моделлаш тизимига айланди. «Интегралашган» сўзи бу тизимда қулай ифодалар ва изоҳлар таҳрирчиси ҳисоблагич, график дастурий процессор ва бошқалар ўзаро бирлаштирилганлигини билдиради. Умуман олганда MATLAB математиканинг ривожланиши давомида тўпланган математик ҳисоблашлар бўйича тажрибани ўзида мужассамлаштирган ва уни график визуаллаш ва анимация воситалари билан уйғунлаштирилган. MATLAB тизими илова қилинадиган катта ҳажмдаги ҳужжатлар билан биргаликда ЭҲМни математик таъминлаш бўйича кўп томли маълумотнома (билдиргич, справочник) вазифасини бажариши мумкин. Лекин ушбу ҳужжатлар ҳозирги вақтда фақат инглиз тилида ва қисман япон тилида мавжуд. Тақдим қилинаётган китобда MATLAB тизимида ишлашни ташкил қилиш масаласи кўриб чиқилган.

Китобда SIMULINK тизимидан фойдаланиб моделлаш процедураларини ташкил қилиш усуллари батартиб баён қилинган. Амалий

масалаларни ечиш учун SIMULINK тизимини қўллашга доир кўплаб намунали мисоллар келтирилган.

MATLAB тизими фан ва техниканинг энг янги йўналишлари бўйича ҳам жуда кучли операцион муҳит бўлиб хизмат қила олади ва натижаларни юқори даражада визуаллаштириш имкониятларига эгалиги билан характерланади.

Ўзбекистонда MATLAB тизими ўзининг хисоблашлар ва натижаларни визуаллаш бўйича юқори самарадорлиги билан машҳур. Лекин MATLAB тизими бўйича ўзбек тилида адабиётларга талаб катта бўлишига қарамай, улар жуда кам, деярли йўқ даражада. Тақдим қилинаётган китобни ушбу бўшлиқни тўлдириш йўналишидаги илк қадамлардан бири деб ҳисоблаш мумкин.

Китобда ҳисоблашлар ва натижаларни визуаллаш бўйича MATLAB тизимининг ядроси тақдим қиладиган асосий имкониятлар баён қилинган. Бундан ташқари MATLAB тизимининг айрим кенгайтмалари ҳам кўриб чиқилган.

MATLAB тизимидан ҳозирги вақтда Европа, АҚШ, Япония давлатларида аксарият мутахассислар фойдаланади ва у кўпчилик операцион тизимларда, жумладан GNU/Linux, Mac OS, Solaris, Microsoft Windows ва бошқаларда ишлайди.

MATLAB дастурлаш тили сифатида 70-йиллар сўнгида Нью-Мексико Университетидаги компьютер фанлари факультети (инг. *computer science department at the University of New Mexico*) декани Кливом Моулер (инг. *Cleve Moler*) томонидан ишлаб чиқилган. Ишланманинг мақсади талабаларга Linpack ва EISPACK дастурларининг библиотекаларидан Фортранни ўрганмасдан ҳам фойдаланиш имкониятини бериш бўлган. Тез орада янги дастурлаш тили бошқа университетларда ҳам кенг тарқалади ва амалий математика соҳасида ишловчи олимлар томонидан катта қизиқиш билан кутиб олинади. Инженер Джон Литтл (инг. *John N. (Jack) Little*) Клива Моулера ва Стивом Бангерт (инг. *Steve Bangert*) билан биргаликда 1984 йилда MATLAB тизимини ривожлантириш учун The MathWorks компаниясини ташкил қиладилар. Бошланишида MATLAB бошқариш тизимларини лойиҳалаш (Джон Литтлнинг асосий мутахассислиги) учун мўлжалланган эди, лекин у тезлик билан бошқа илмий ва инженерлик соҳаларида ҳам машҳур бўлди. Ундан таълим тизимида ҳам, хусусан чизиқли алгебра ва сонли усулларни ўқитишда кенг фойдаланила бошланди.

Ҳозирги вақтда MATLAB илмий-техникавий ҳисоблашлар учун энг мукаммал дастурлаш тизимидир. MATLAB тизимини

учун ишлаб чиққан фирма ҳужжатлари асосида ўрганиш бошловчи-фойдаланувчидангина эмас, балки компьютерда ҳисоблаш бўйича мутахассисдан ҳам жуда кўп вақт ва меҳнат талаб қилади. Бундан ташқари, ҳужжатлар инглиз тилида ва катта ҳажмдаги ахборот формал тарзда баён қилинган.

Ушбу китобнинг мақсади — MATLAB тизимини ўрганишга кетадиган вақтни иложи борича камайтириш. Ушбу китобни ўқигандан ва ундаги намунавий мисолларни бажаргандан кейин фойдаланувчининг фирма ҳужжатлари билан ҳам ишлаши осонлашади.

MATLAB — юқори унумдорликка эга бўлган техник ҳисоблашлар тизимидир. Ундан математик ҳисоблашлар, моделлаш алгоритмларини яратиш, маълумотларни таҳлил, тадқиқ қилиш ҳамда визуаллаштириш, илмий ва инженерлик графикаси, иловаларни лойиҳалаш ва бошқаларда фойдаланиш мумкин. MATLAB ёрдамида конкрет масалаларни ечиш бошқа скаляр дастурлаш тилларидагига (масалан, Си) нисбатан бир неча марта тез бажарилади. Саноатда MATLAB тадқиқотларни бажариш, ишланмаларни тайёрлаш, маълумотларни таҳлил қилиш учун юқори унумдорликка эга бўлган воситадир. MATLAB тизимидаги toolboxes деб аталувчи дастурларнинг махсус гуруҳлари катта аҳамиятга эга. Улар кўпчилик фойдаланувчилар учун илмий тадқиқотлар ва лойиҳалашда махсус усулларни ўрганиш ва қўллаш имкониятини беради. Toolboxes MATLAB функцияларининг батафсил коллекцияси бўлиб, хусусий масалаларни ечиш учун хизмат қилади.

Тақдим қилинаётган китоб 19 бобдан иборат бўлиб, унда MATLAB нинг имкониятлари, асосий объектлари, операторлари ва функциялари, ҳисоблашларни график визуаллаштириш асослари, сонли усуллар, MATLAB тизимида дастурлаш асослари, NOTEBOOK пакети, Control System Toolbox пакети, SIMULINK пакети, SIMULINK библиотекаларининг блоклари, Sim Powers System пакети, маълумотларни қабул қилиш воситалари ва бошқалар батафсил кўриб чиқилган.

1. MATLABнинг имкониятлари

1.1. MATLAB ВЕРСИЯЛАРИНИНГ ИМКОНИЯТЛАРИ

MATLAB асосан қуйидаги вазифаларни бажариш учун ишлатилади:

- математик ҳисоблашлар;
- алгоритмларни яратиш;
- моделлаш;
- маълумотларни таҳлил қилиш, тадқиқ қилиш ва визуаллаштириш;
- илмий ва инженерлик графикаси;
- иловаларни ишлаб чиқиш ва бошқалар.

1.1.1. MATLAB 4.x версиясининг имкониятлари

Математик ҳисоблашлар соҳасида:

- матрицавий, вектор ва мантиқий операторлар;
- элементар ва махсус функциялар;
- полиномиал арифметика;
- кўп ўлчамли массивлар;
- ёзувлар массивлари;
- ячейкалар массивлари.
- Сонли усулларни амалга ошириш соҳасида:
- дифференциал тенгламалар;
- бир ўлчамли ва кўп ўлчамли квадратураларни ҳисоблаш;
- чизиқли бўлмаган алгебраик тенгламаларнинг илдизларини аниқлаш;
- бир неча ўзгарувчили функцияларни оптималлаш;
- бир ўлчамли ва кўп ўлчамли интерполяция.

Дастурлаш соҳасида:

- 500 дан ортиқ бириктирилган функциялар;
- иккилик ва матнли файлларни киритиш/чиқариш;
- Си ва ФОРТРАНда ёзилган дастурларни қўллаш;
- MATLAB амалларини Си ва Си++ тилларидаги дастур матнларига автоматик равишда қайта кодлаш;
- типик бошқарувчи тузилмалар.

Визуаллаштириш ва графика соҳасида:

- икки ва уч ўлчамли графикани яратиш имкониятларининг мавжудлиги;
- маълумотларни визуал таҳлил қилишни амалга ошириш.

Юқорида келтирилганларга қўшимча равишда MATLAB очиқ архитектурага эга, яъни мавжуд функцияларни ўзгартириш ва яратилган хусусий функцияларни қўшиш мумкин. MATLAB таркибига кирувчи Simulink дастури реал тизим ва қурилмаларни функционал блоклардан тузилган моделлар кўринишида киритиб имитация қилиш имкониятини беради. Simulink жуда катта ва фойдаланувчилар томонидан янада кенгайтирилиши мумкин бўлган блокларнинг библиотекасига эга. Блокларнинг параметрлари содда воситалар ёрдамида киритилади ва ўзгартирилади.

1.1.2. MATLAB 5.x версиясининг имкониятлари

MATLAB 5.x тизимида янги воситалар киритилган ва дастурлаш муҳити такомиллаштирилган:

- дастур фрагментларининг бажарилиш вақтини баҳолаш учун m-файлларнинг профилловчиси;
- m-файллар учун қулай интерфейсга эга бўлган таҳрирлагич/созлагич;
- объектга мўлжалланган дастурлаш;
- ишчи соҳа таркибини кузатиш воситалари;
- функцияларнинг m-файлларини оралиқ p-кодга конвертация қилиш.
- фойдаланувчининг график интерфейсини ҳосил қилишнинг интерактив воситалари — GUI;
- график объектлар хоссаларининг янги таҳрирлагичи— Handle Graphics Property Editor (дескриптор графика хоссаларининг таҳрирлагичи);
- рўйхатлар панеллари;
- диалог ва хабарлар панеллари;
- матнни таҳрирлашнинг кўп сатрли режими;
- график бошқариш элементларининг кетма-кетлигини хотирага олиш;
- бошқариш элементлари параметрларининг кўпайтирилганлиги;
- фойдаланувчи томонидан аниқланадиган курсор;

- 5.3-версиядан бошлаб ҳужжатларни HTML (гиперматнни белгилаш тили — Hypertext Mark Up Language) форматида тайёрлаш.

Маълумотларнинг янги турлари:
- кўп ўлчамли массивлар;
- таркиб массивлари (ёзувлар);
- ҳар-хил турдаги маълумотлар ячейкаларининг массивлари;
- 16-разрядга кодланган символлар массивлари;
- элементлари 8-разрядга кодланган массивлар.

Дастурлаш воситалари:
- узунлиги ўзгарувчи аргументлар рўйхати;
- функция ва операторларнинг вазифасини ўзгартириш;
- m-файлларда локал функцияларни қўллаш;
- ўзгартириб уловчи оператор- switch...case...end;
- wait for оператори;
- битларни қайта ишловчи функция.

Математик ҳисоблашлар ва маълумотларнинг таҳлили:
- оддий дифференциал тенгламалар(ОДТ)ни ечишнинг бешта янги усули (solver);
- Бессел функциясини тезкорлик билан ҳисоблаш;
- сийраклашган таркибли матрицалар учун хусусий қийматлар ва сингуляр сонларни ҳисоблаш;
- икки ўлчамли квадратурали формулалар;
- кўп ўлчамли интерполяция;
- триангуляция ва маълумотларни терминалга чиқариш;
- кўп ўлчамли массивларни таҳлил қилиш ва қайта ишлаш;
- вақт ва сана функцияларини қайта ишлаш.

Одатдаги графиканинг янги имкониятлари:
- тез ва аниқ уч ўлчамли визуаллаш учун Z-буферлаш;
- RGBга 24-битли ёрдам;
- катта уч ўлчамли моделлар учун векторлаштирилган полигонлар;
- тўплам объектлар учун дескрипторли графика;
- 8-разрядли тасвирларни терминалга чиқариш, сақлаш ва импорт қилиш;
- график объектларнинг қўшимча форматлари.

Презентация учун графика ва овоз:
- иккиланган х- ва у-ўқлар;
- легенда — графикнинг ичига ёки ёнига жойлаштириладиган билдиргич ёзувли чизиқ бўлаклари шаклидаги изоҳлар;

- матнли объектларнинг шрифтларини бошқариш;
- сатр усти, сатр ости ва грек символлари;
- уч ўлчамли диаграммалар, йўналиш майдонлари, лентали ва стерженли графиклар;
- 16-битли стереоовоз.

Интерактив ҳужжатлар:

- Netscape Navigator ёки Microsoft Internet Explorer ёрдамида кўриш имконияти;
- HTML ва PDF форматларда тўлиқ билдиргич ҳужжатлар;
- махсус илова Notebook ёрдамида «жонли» китобларни яратиш имконияти.

MATLAB 5.3.1 версияси (11.1-ишланма) ўз таркибида 42та дастурий маҳсулотни жамлаган. Уларнинг асосини MATLABнинг таянч тизими ва янги амалга оширилган Simulink 3.1 кенгайтманинг пакети ташкил қилади. Тизимга янги компонентлар қўшилган. Улар орасида қуйидагилар ҳам бор:

- Data Analysis, Visualization and Application Development — маълумотларни таҳлил қилиш, визуаллаш ва қўллаш;
- Control Design —бошқариш қурилмаларини лойиҳалаш;
- DSP and Communications System Design — коммуникацион ва сигналларни рақамли қайта ишлаш қурилмаларини лойиҳалаш;
- Financial Engineering — молиявий ҳисоблар ва бошқалар.

1.1.3. MATLAB 6 версиясининг имкониятлари

MATLAB 6 юқорида келтирилганлардан ташқари қатор янги имкониятлар билан ҳам характерланади:

- ўрнатилган функция ва буйруқлар сони 600 дан ортиқ;
- буйруқлар ойнаси (Command Window), буйруклар тарихи ойнаси (Command History), ишчи соҳанинг браузери (Workspace Browser) ва массивлар таҳрирлагичи (Array Editor)ларни ўз ичига олувчи муҳитни бошқариш учун асбоблар тўпламига эга бўлган янги интерфейс;
- сичқонча ёрдамида интерактив йўл билан графикларни таҳрирловчи ва форматловчи, график буйруқлар ва атрибутлар учун уларнинг кодларини ва хотира сарфини оптималловчи янги асбоблар;
- оптималлаштирилган LAPACK библиотекаси асосида мукаммаллаштирилган алгоритмлар;

- Кембриж университети (АҚШ) Массачусет технология институтининг янги FFTW библиотекаси (Фурье тез алмаштиришлари);
- интеграл алмаштиришларнинг тезкор усуллари;
- дифференциал тенгламаларни интеграллашнинг янги, кучлироқ ва аниқроқ алгоритмлари;
- икки ўлчамли тасвирларни, сиртларни ва ҳажмга эга бўлган фигураларни шаффоф объектлар сифатида экранга чиқариш; янги замонавий визуаллаш функциялари;
- перспективани бошқариш ва OpenGL ёрдамида графикани тезкор чиқариш учун янги Camera асбоблар панели;
- Java-процедураларни чақириш учун янги интерфейс ва бевосита MATLABдан туриб Java-объектлардан фойдаланиш;
- фойдаланилувчи график интерфейсни лойиҳалаш учун янги, замонавий асбоблар;
- график маълумотларни бевосита графика ойнасида қайта ишлаш (регрессия, интерполяция, аппроксимация ва асосий статистик параметрларни ҳисоблаш);
- Visual Studio тизими учун MATLABнинг янги иловаси, унинг ёрдамида бевосита Microsoft Visual Studio дан Си ва Си++ кодларни бажарилувчи MATLAB файлларига (MEX-файллар) айлантириш мумкин;
- Visual Source Safe каби коднинг версияларини назорат қилувчи версиялар билан интеграциялашган;
- MATLABдан ташқи қурилмалар билан маълумот алмашиш учун янги интерфейс (кетма-кет порт);

Simulink юздан ортиқ бириктирилган блокларга эга. Блоклар вазифаларига мос ҳолда гуруҳларга бўлинган: сигналлар манбалари, қабул қилгичлар, дискрет, узлуксиз, чизиқли бўлмаган, математик функциялар ва жадваллар, сигналлар ва тизимлар. Фойдаланилувчи блок ва библиотекалар яратиш функциясига эга бўлганлиги сабабли Simulinkда қўшимча равишда кенгаювчи блоклар библиотекасини ҳосил қилиш мумкин. Бириктирилган ва фойдаланилувчи блокларнинг функционаллигини созлашдан ташқари белги(значок) ва диалоглардан фойдаланиб фойдаланилувчи интерфейс ҳосил қилиш ҳам мумкин. Махсус механик, электр ва дастурий компонентларнинг (моторлар, ўзгарткичлар, серво-клапанлар, таъминлаш манбалари, энергетик қурилмалар, фильтрлар, шиналар, модемлар ва бошқа динамик компанентлар) ишлашини моделлаштирувчи блоклар яратиш мумкин. Яратилган блокни келажакда фойдаланиш учун библиотекада сақлаб қўйиш мумкин.

1.2. Бошқа дастурий тизимлар билан интеграциялашуви

Кейинги йилларда лойиҳачилар математик тизимларнинг интеграциялашувига ва улардан биргаликда фойдаланишга катта эътибор бермоқдалар. Мураккаб математик масалаларни бир неча тизимлар ёрдамида ечиш энг яхши ва мос воситаларни танлаш имкониятини беради ва олинадиган натижаларнинг ишончлилигини орттиради.

MATLAB тизими билан кенг тарқалган математик тизимлар (Mathcad, Maple V ва Mathemati) интеграллашуви мумкин. Математик тизимларни замонавий матнли процессорлар билан бирлаштиришга интилиш ҳам мавжуд. Масалан, MATLAB янги версияларининг воситаси — Notebook — Word 95/97/2000/XP матн процессорларида тайёрланаётган ҳужжатнинг керакли жойларига MATLAB ҳужжатлари ва сонли, жадвал ёки график кўринишдаги ҳисоблаш натижаларини қўйиш имкониятини беради. Натижада «жонли» электрон китобларни тайёрлаш мумкин. Уларда намойиш қилинаётган мисолларни оператив тарзда ўзгартириш мумкин. Масалан, бошланғич шартларни ўзгартириб, масалани ечиш натижаларининг ўзгаришини кузатиш мумкин. MATLAB 6 да графикларни Microsoft PowerPoint слайдларига экспорт қилишнинг такомиллашган воситалари ҳам кўзда тутилган.

MATLABда тизимни кенгайтириш масалалари махсус кенгайтириш пакетлари — Toolbox асбоблар тўплами ёрдамида ҳал қилинади. Уларнинг кўплари бошқа дастурлар билан интеграциялашув учун махсус воситаларга эга. MATLAB тизими блоклар кўринишида берилган, динамик тизим ва қурилмаларни моделлаш учун яратилган Simulink дастурий тизими билан ҳам интеграциялашган. Визуал йўналтирилган дастурлаш принципларига асосланган Simulink мураккаб қурилмаларни юқори аниқликда моделлаш имкониятини беради. Ўз навбатида бошқа кўплаб математик тизимлар, масалан, Mathcad ва Maple MATLAB билан объектли ва динамик боғланиши мумкин. Натижада улар MATLABдаги матрицалар билан ишлашнинг эффектив воситаларидан фойдаланишлари мумкин. Компьютер математик тизимларининг бундай интеграциялашув тенденцияси шубҳасиз, кейинчалик ҳам давом этади.

1.3. Матрицавий амалларга йўналтирилганлиги

MATLAB тизими векторлар ва матрицалар устида мураккаб амалларни бажаради. Ундан арифметик ва алгебраик амаллардан ташқари матрицаларни инвертирлаш, уларнинг хусусий қийматларини

ҳисоблаш, чизиқли тенгламалар системасини ечиш, икки ва уч ўлчамли функцияларнинг графикларини олиш ва бошқа кўплаб амалларни бажарувчи кучли калькулятор сифатида ҳам фойдаланиш мумкин. Оддий сон ва ўзгарувчиларга ҳам MATLABда 1x1 ўлчамли матрица сифатида қаралади. Шу сабабли оддий сонлар ва массивлар устида бажариладиган амалларнинг шакли ва усулларида бир хилликка эришилган. Зарур ҳолларда вектор ва матрицалар массивларга айлантирилади ва уларнинг қийматлари ҳар бир элемент учун ҳисобланади.

1.4. Тизимнинг кенгаювчанлиги

Ҳар қандай кучли математик тизим ҳам юз минглаб фойдаланувчиларга зарур бўлган ҳамма воситаларни ўз ичига ололмайди. Шу сабабли тизим турли хил масалаларни ечишга мослашувчан бўлиши, яъни у бошловчи математикни ҳам, тажрибали математикни ҳам, инженерни ҳам, илмий ходимни ҳам, аспирантни ҳам, студентни ҳам қониқтириши керак.

MATLAB — кенгаювчи тизим, уни ҳар хил турдаги масалаларни ечишга осон мослаштириш мумкин. Унинг энг катта афзаллиги табиий йўл билан кенгайиши ва бу кенгайиш m-файллар кўринишида амалга ошишидир. Бошқача айтганда, тизимнинг кенгайишлари компьютернинг қаттиқ дискида сақланади ва MATLABнинг бириктирилган (ички) функциялари ва процедуралари каби керакли вақтда фойдаланиш учун чақирилади.

Фойдаланилувчи m-файл матнли форматга эга бўлганлиги сабабли унга ҳар қандай янги буйруқни, операторни ёки функцияни киритиши ва кейин ундан бириктирилган функция ёки оператор каби фойдаланиши мумкин. Бунда Бейсик, Си ёки Паскал дастурлаш тилларидан фарқли равишда янги функцияларни эълон қилиш шарт эмас. Бу жиҳатдан MATLAB Лого ва Форт тилларига ўхшаш, Лекин MATLABда янги таърифлар файл кўринишида дискда сақланиши сабабли оператор ва функциялар сони амалда чегараланмаган. Тизимнинг таянч сўзлар тўпламига махсус белгилар арифметик ишоралар ва мантиқий амаллар, арифметик, алгебраик, тригонометрик ва бошқа махсус функциялар, Фурьенинг тез ўзгартириш функциялари ва фильтрлаш, вектор ва матрицавий функциялар, комплекс сонлар билан ишлаш учун воситалар, Декарт ва қутбли координаталар тизимларида графиклар қуриш учун операторлар, уч ўлчамли сиртлар ва бошқалар киради. Умуман олганда, MATLAB тайёр воситаларниг

катта тўпламини тақдим этади (уларнинг катта қисми — m-файллар кўринишидаги ташқи кенгайтмалардир).

Тизимнинг қўшимча поғонасини toolbox кенгайтмалар пакети ташкил этади. У тизимни турли соҳалардаги масалаларни ечишга йўналтириш имкониятини беради. Бундай соҳаларга мисол тариқасида математиканинг махсус бўлимлари, физика ва астрономия, телекоммуникация воситалари, математик моделлаш, ҳодисавий бошқарилувчи тизимларни лойиҳалаш ва бошқа соҳаларни келтириш мумкин. Хулоса қилиб айтганда, MATLAB фойдаланувчиларнинг масалаларини ечиш учун юқори даражадаги мослашувчанликка эга.

1.5. Кучли дастурлаш воситалари

Кўплаб математик тизимлар фойдаланувчи дастурлаш билан амалда шуғулланмасдан ўз масалаларини ечиши учун мўлжаллаб яратилган. Лекин бундай йўналиш бошланишиданоқ ўз камчиликларига эга эканлиги, умуман олганда, хато эканлиги равшан эди. Ҳақиқатан ҳам, кўплаб масалалар алгоритмларни ёзишни соддалаштирувчи ва алгоритмларни яратишнинг янги усулларини берувчи ривожланган дастурлаш воситаларини талаб қилади.

Бир томондан, MATLAB кўплаб амалий масалаларни ечиш имкониятини берувчи операторлар ва функцияларга эга. Улар ёрдамида кўплаб амалий масалаларни ечиш мумкин. Бундай масалаларни ечиш учун аввалларидан мураккаб дастурларни тузиш зарур бўлар эди. Мисол учун, матрицалар билан амаллар, ҳосила ва интегралнинг қийматларини ҳисоблаш ва бошқалар. MATLABда бундай масалаларни ечишга имкон берувчи тайёр функцияларнинг сони кенгайтма пакетларни ҳам қўшиб ҳисоблаганда кўплаб мингларни ташкил қилади ва узлуксиз ортиб бормоқда.

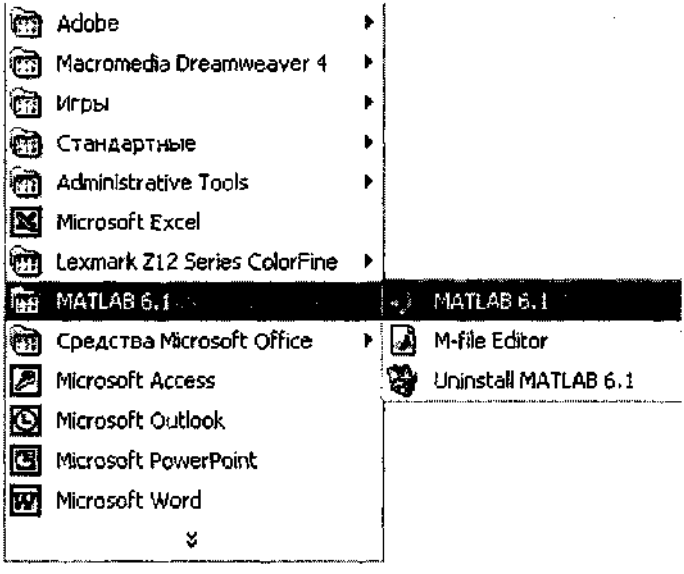
Лекин, бошқа томондан олганда, MATLAB тизими кучли математик-йўналтирилган юқори даражали дастурлаш тили сифатида яратилган. Бундай йўналиш тизимнинг афзалликларидан бири бўлиб ҳисобланади ва уни янги, янада мураккаб математик масалаларни ечиш учун қўллаш мумкинлигидан далолат беради.

MATLAB тизими BASICга ўхшаш (Фортран ва Паскалнинг айрим элементлари ҳам қўшилган) кириш тилига эга. Дастур кўплаб компьютердан фойдаланувчилар учун таниш бўлган анъанавий усулда ёзилади. Бундан ташқари, тизим дастурларни ҳар қандай матн таҳрирлагичи ёрдамида таҳрирлаш имкониятини беради. MATLAB ўзининг сўзлагичли таҳрирлагичига ҳам эга.

MATLAB тизимининг тили математик ҳисоблашларни дастурлаш соҳасида ҳар қандай мавжуд юқори даражадаги универсал дастурлаш тилларидан бойроқдир. У ҳозирги вақтда мавжуд бўлган деярли ҳамма дастурлаш воситаларини амалга оширади, жумладан, объектга мўлжалланган ва визуал дастурлашни (Simulink воситалари ёрдамида) ҳам. Умуман олганда, MATLAB тизимидан фойдаланиш тажрибали дастурловчилар учун ўз фикрлари ва ғояларини амалга ошириш учун чексиз имкониятлар беради.

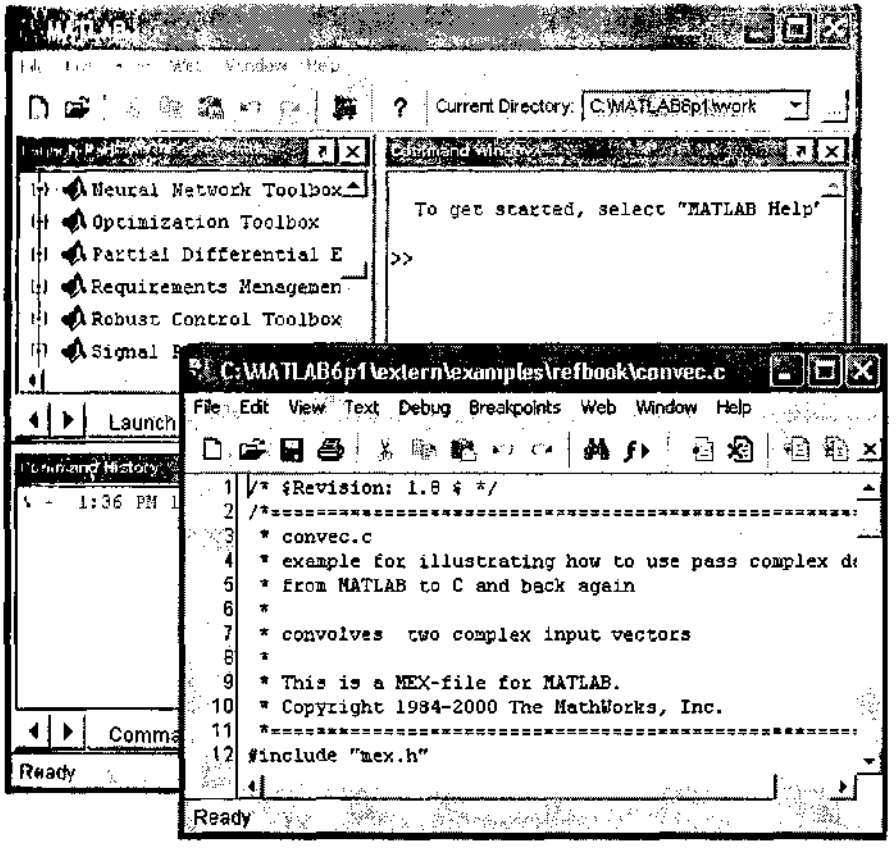
1.6. MATLABни ишга тушириш ва диалог режимида ишлаш

MATLABни ишга тушириш учун ишчи столнинг пастки чап бурчагида жойлашган Пуск (Start) тугмаси босилади ва MATLABнинг ўрнатилган версияси танланади (1.1-расм).



1.1-расм. MATLABни ишга тушириш

MATLAB ишга тушгандан кейин экранда унинг асосий ойнаси пайдо бўлади (1.2-расм) ва у командалар (буйруқлар) режимида ишлашга тайёр ҳолга келади. Одатда бу ойна тўлиқ очилмайди ва экраннинг фақат бир қисмини эгаллайди. Устки ўнг бурчагида жойлашган учта тугмадан ўртадагисини босиш йўли билан ойнани тўлиқ очиш мумкин. Чапдаги тугма босилганда ойна ёпилади, ўнгдаги тугма босилганда эса MATLABнинг ишлаши тўхтатилади.



1.2-расм. MATLAB ойнасининг ишга тушурилгандан ва оддий ҳисоблар бажарилгандан кейинги кўриниши

MATLAB билан ишлаш сеансини *сессия* (session) деб аташ қабул қилинган. Сессия, моҳияти жиҳатидан, фойдаланувчининг MATLAB тизими билан ишлашини акс эттирувчи жорий ҳужжат бўлиб ҳисобланади. Унда киритиш, чиқариш сатрлари ва хатолар тўғрисида ахборот бўлади. Хотиранинг ишчи соҳасида жойлашган сессияга кирувчи ўзгарувчилар ва функцияларнинг тавсифларини (сессияни эмас) .mat форматли файл шаклида дискка Save (Сақлаш) буйруғи ёрдамида ёзиб олиш мумкин. Load (Юклаш) буйруғи ёрдамида маълумотлар дискдан ишчи соҳага юкланади. Сессиянинг фрагментларини Diary (Кундалик) буйруғи ёрдамида кундалик шаклида расмийлаштириш мумкин.

1.7. MATLAB сатр тахрирлагичининг буйруқлари

1.1-жадвал

MATLAB сатр тахрирлагичининг буйруқлари

Клавишалар комбинацияси	Вазифаси
Ctrl+b	Курсорни бир символ ўнгга силжитиш
Ctrl+f	Курсорни бир символ чапга силжитиш
Ctrl +r	Курсорни бир сўз ўнгга силжитиш
Ctrl +l	Курсорни бир сўз чапга силжитиш
Home ёки Ctrl+a	Курсорни сатр бошига силжитиш
End ёки Ctrl +e	Курсорни сатр сўнггига силжитиш
Ctrl+p Ctrl+n	Киритиш сатрига қўйиш учун аввалги буйруқларни юқорига ёки пастга вараклаш
Del Ctrl+d	Курсордан ўнгдаги символни ўчириш
Ctrl+h	Курсордан чапдаги символни ўчириш
Ctrl+k	Сатр сўнггигача ўчириш
Esc	Киритиш сатрини тозалаш
Ins	Ўрнига қўйиш режимини улаш/узиш
PgUp	Сессия сахифаларини юқорига варақлаш
PgDn	Сессия сахифаларини пастга варақлаш

Бундай имкониятлар оддий бўлишига қарамасдан, MATLAB тизимининг MS-DOS учун версиялари услубида ишлаш имкониятини беради. Юқорига ва пастга йўналган стрелкалар кўринишидаги клавишаларга алоҳида эътибор бериш зарур. Улар аввал киритилган сатрларни варақлаш ва тўғрилашлар киритиш имкониятини беради. Бундай имконият аввал бажарилган буйруқлар сатрларини сақловчи махсус стек ташкил қилинганлиги сабабли мавжуд.

1.8. Ойнани бошқариш буйруқлари

Буйруқлар режимидаги айрим ойнани бошқариш буйруқларини дарҳол ўзлаштириб олиш фойдадан ҳоли эмас:

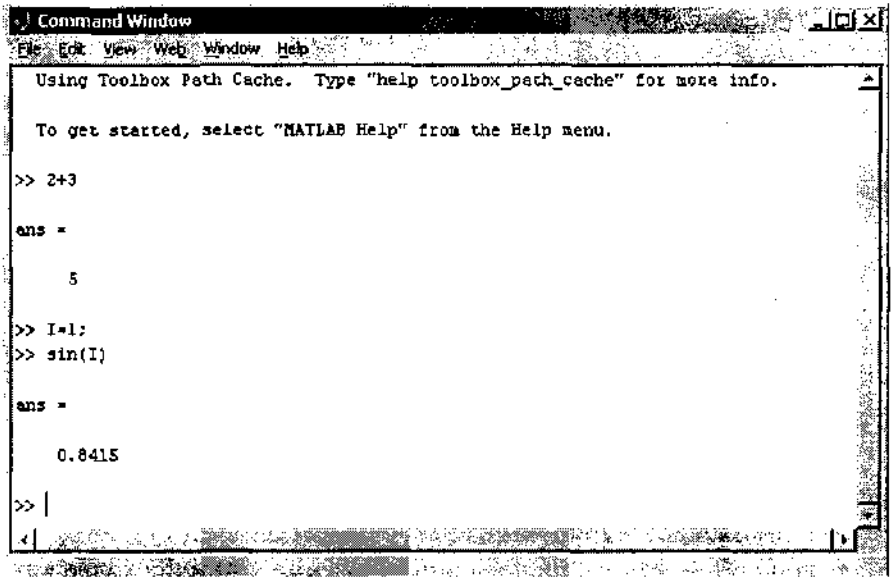
- clc — экранни тозалайди ва курсорни экраннинг юқори чап бурчагига жойлаштиради;
- home — курсорни ойнанинг юқори чап бурчагига қайтаради;
- echo <file_name> on — Script-файл (файла-сценария)нинг матнини экранга чиқариш режимини улайди.
- echo <file_name> off — Script-файлнинг матнини экранга чиқариш режимини узади;
- echo <file_name> — чиқариш режимини тескарисига ўзгартиради;
- echo on all — ҳамма m-файллар матнларини экранга чиқариш режимини улайди;
- echo off all — ҳамма m-файллар матнларини экранга чиқариш режимини узади;
- more on — чегаравий чиқариш режимини улайди (катта m-файлларни кўриб чиқишда фойдали);
- more off — чегаравий чиқариш режимини узади (бу ҳолда катта файлларни кўриб чиқиш учун айлантириш линейкасидан фойдаланиш керак).

MATLAB 6.0 версиясида clc ва home буйруқлари бир хил ишлайди — экранни тозалайди ва курсорни буйруқ режими ойнасининг юқори чап бурчагига жойлаштиради.

1.9. MATLAB суперкалькулятор ролида

MATLAB тизими ҳар қандай мураккаб ҳисоблар ҳам тўғридан-тўғри ҳисоблаш режимида, яъни дастурни тайёр ҳолга келтирмасдан туриб бажариладиган қилиб яратилган. Бу нарса MATLABни оддий арифметик амаллар ва элементар функцияларни ҳисоблашдан ташқари векторлар ва матрицалар, комплекс сонлар, қаторлар ва полиномлар билан ҳам амаллар бажарувчи ғайриоддий суперкалькуляторга айлантиради. Оддий синусоидадан мураккаб уч ўлчамли фигурагача бўлган ҳар хил функцияларни бир зумда киритиб, дарҳол уларнинг графикларини чиқариш (олиш) мумкин.

Тизим билан тўғридан-тўғри ҳисоблашлар режимида ишлаш, диалог характерда бўлиб «савол берилди, жавоб олинди» тарзида кечади. Фойдаланувчи буйруқлар сатрида клавиатура ёрдамида ҳисобланадиган ифодани теради, агар зарур бўлса уни таҳрирлайди ва ENTER клавишасини босиш билан киритишни тугаллайди (1.3-расм).

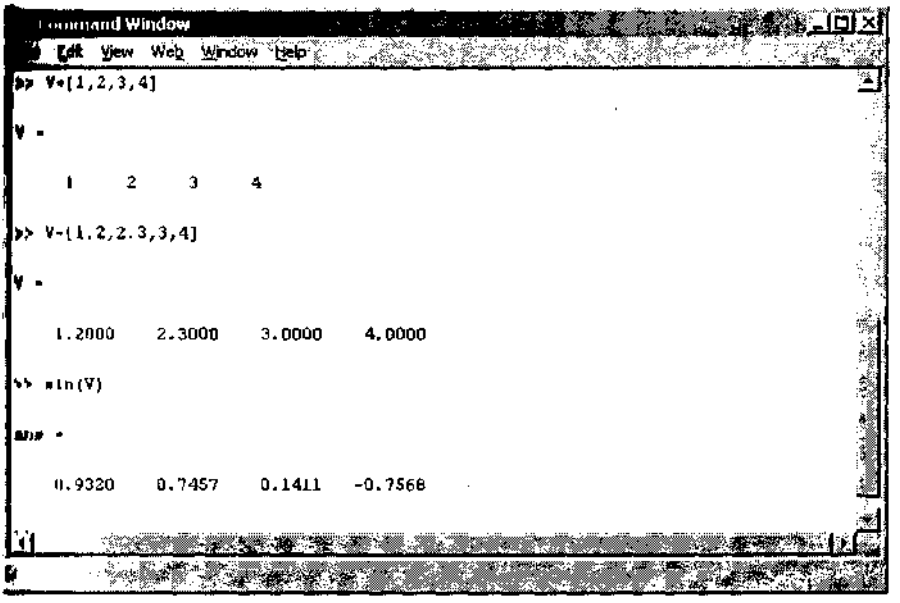


1.3-расм. Тизим билан тўғридан — тўғри ҳисоблашлар режимида ишлаш

Мисол учун юқоридаги расмда 2+3 ифодани ва sin(I) ни ҳисоблаш келтирилган. Бундай содда мисоллардан ҳам қуйидаги хулосаларга келиш мумкин:

- бошланғич маълумотларни киритишни кўрсатиш учун » символидан фойдаланилади;
- маълумотлар оддий матн таҳрирлагичи ёрдамида киритилади;
- ифодани ҳисоблаш натижаларини чиқаришни блокировка қилиш (вақтинча тўхтатиб туриш) учун ундан кейин; белгисини (нуқта вергул) қўйиш керак;
- агар ҳисоблаш натижалари учун ўзгарувчи кўрсатилмаган бўлса MATLABнинг ўзи ans ўзгарувчисини тайинлайди;
- ўзлаштириш белгиси сифатида математиклар учун одатий бўлган тенглик белгиси = ишлатилади (кўпгина бошқа дастурлаш тиллари ва математик тизимларда қабул қилинган таркибий белги := эмас);
- чиқариш сатрларида » белгиси бўлмайди;
- бириктирилган функциялар (масалан, sin) кичик ҳарфлар билан ёзилади, уларнинг аргументлари юмолоқ қавс ичида кўрсатилади;
- диалог «савол берилди, жавоб олинди» тарзида кечади;

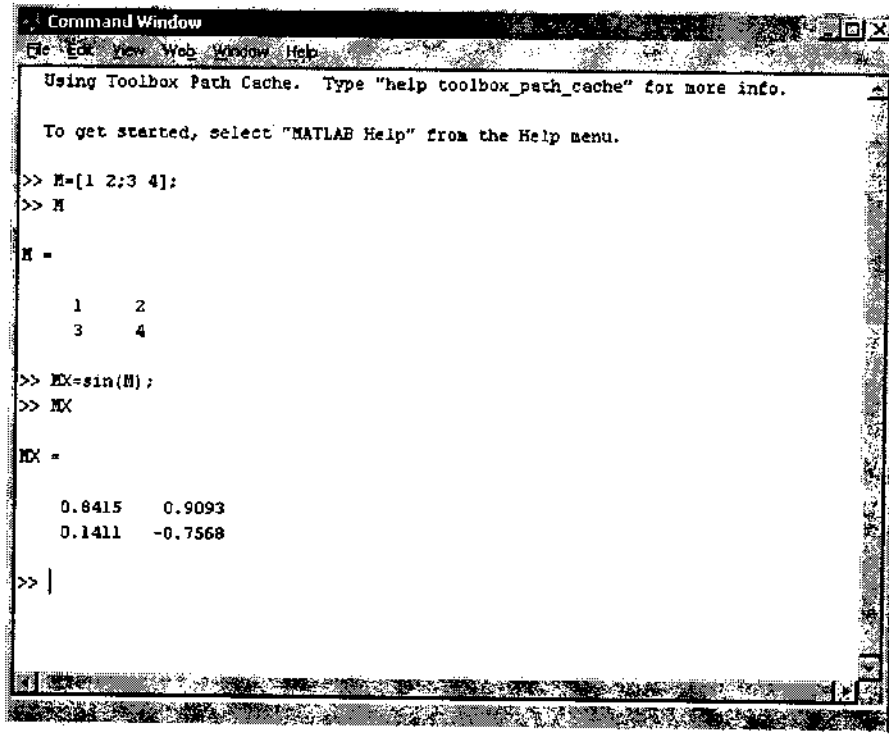
Кейинги мисолда MATLAB тизимини вектор амалларни бажариш учун қўллаш кўрсатилган. Унда V=[1,2,3,4] ваV=[1 2 3 4] векторлар бир-бирига тенг, яъни вектор элементларини бир-биридан пробел билан ёки вергул билан ажратиш мумкин (1.4-расм).



1.4-расм. MATLAB тизимини вектор амалларни бажариш учун қўллаш

Кўпчилик математик тизимларда sin(V) ни ҳисоблаш (агар V вектор бўлса) хато бўлар эди, чунки sin функциясининг аргументи скаляр катталик бўлиши керак. Лекин MATLAB — матрицавий тизим, вектор эса ўлчамлари $1\times n$ бўлган матрицанинг бир тури. Шунинг учун ҳисоблаш натижалари ўлчамлари V векторнинг ўлчамлари билан бир хил бўлган вектор кўринишида бўлади.

Яна бир мисолда (1.5-расм) матрицалар устида бажариладиган содда амаллар намойиш қилинган. Бунда ўлчами 2×2 бўлган M матрица берилган ва MX=sin(M) матрица ҳисобланади. Матрица векторлар қаторлари кўринишида берилган ва квадрат қавс ичига олинган. Вектор элементларини бир-биридан ажратиш учун пробел ёки вергул, векторларни бир-биридан ажратиш учун эса нуқтали вергул ишлатилади. M матрицанинг маълум элементини ажратиб кўрсатиш учун M(j,i) ифодадан фойдаланилади, бунда M — матрица номи, j-сатрнинг ва i-устуннинг тартиб рақами.



1.5-расм. Матрицалар устида бажариладиган содда амаллар

MATLAB тизимида ҳисоблаш учун бошланғич ифодаларни киритиш одатдаги матнли форматда амалга оширилади. Ҳисоблаш натижалари ҳам худди шундай форматда берилади (график натижалар бундан мустасно). Мисол тариқасида айрим ҳисоблашларнинг қандай ёзилишини кўрайлик:

To get started, select «MATLAB Help» from the Help menu.

» 2+3

ans=5» sin(l)

ans=0.8415

» type sin

sin is a built-in function.

» help sin

SIN Sine.

SIN(X) is the sine'of the elements of X.

Overloaded methods

help sym/sin.m

» V=[l 2 3 4]

```
    V =
1 2 3 4
    » sin(V)
    ans =
0.8415      0.9093      0.1411     -0.7568
    » 3*V
    ans =
3     6     9     12
     » V^2
    ??? Error using ==> ^
    Matrix must be square.
    » V.^2
    ans=
1 4 9 16
    » V+2
    ans =
3    4    5    6
    »
```

1.10. Сессия сатрларини кўчириш

Айрим ҳолларда киритилаётган ифода жуда узун бўлиб, битта сатрга сиғмай қолиши мумкин. Бундай ҳолда ифоданинг бир қисмини янги сатрга «...» кўп нуқта (уч ва ундан ортиқ нуқта) ёрдамида кўчириш мумкин, масалан:

s = 1-1/2 + 1/3- 1/4 + 1/5 — 1/6 + 1/7 ...
1/8 + 1/9 — 1/10 + 1/11 — 1/12.

Бундай усул кўргазмали ҳужжатларни тайёрлашда фойдалидир, чунки бунда сатр ойнанинг кўринмайдиган қисмига киришининг олди олинади. Умуман олганда, битта сатрдаги символлар сони буйруқлар режимида 4096 тагача бўлиши мумкин, m-файлларники эса чекланмаган. Лекин бундай узун сатрлар билан ишлаш ноқулай.

2. MATLABНИНГ АСОСИЙ ОБЪЕКТЛАРИ

2.1. Математик ифодалар

Ҳамма математик тизимларда математик ифода марказий тушунча бўлиб ҳисобланади. У сонлар кўринишида (айрим ҳолларда символлар кўринишида) нима ҳисобланиши керак эканлигини белгилайди. Мисол учун:

```
   2+3
2.301*sin(x)
4+exp(3)/5
sqrt(y)/2
sin(pi/2)
```

Математик ифодалар сонлар, константалар, ўзгарувчилар, операторлар, функциялар ва ҳар хил махсус белгилар ёрдамида тузилади. Бундай тушунчаларга қуйида қисқача изоҳлар берилган.

Ҳақиқий ва комплекс сонлар

Сонлар — MATLAB тилининг миқдор қийматларини ўзида акс эттирувчи энг содда объектларидир. Агар соннинг номи қийматига мос келса уни константа деб аташ мумкин. Сонлар бутун, каср, белгиланган ёки сузувчи нуқтали бўлиши мумкин. Уларни мантиссаси ва тартиби орқали ҳам кўрсатиш мумкин. Масалан:

```
   0,2
-3
2.301 0.00001 123.456e-24
-234.456e10
```

Соннинг мантиссасида бутун қисм каср қисмдан вергул орқали эмас нуқта орқали ажратилади. Соннинг мантиссасини тартибидан ажратиш учун e символи ишлатилади. Мусбат сонларнинг олдига «плюс» ишораси қўйилмайди, манфий сонларнинг олдига қўйиладиган «минус» ишораси *унар минус* деб аталади. Сондаги символлар орасига пробел қўйиш мумкин эмас. Сонлар *комплекс* бўлиши мумкин: z=Re(x)+Im(x)*i. Бундай сонлар ҳақиқий Re(z) ва мавҳум Im(z) қисмлардан иборат бўлади. Сонларнинг мавҳум қисми -1дан квадрат илдизга тенг бўлган *i* ёки *j* кўпайтирувчига эга бўлади:

```
   2j
   2+3i
-3.141i
-123.456+2.7e-3i
```

Соннинг ҳақиқий қисми Re(z) ни real (z) функцияси қайтаради, imag(z) функцияси эса — мавҳум (Im(z)) қисмини қайтаради. Комплекс соннинг модулини олиш учун abs(z) функция ва фазасини олиш учун angle(z) функция ишлатилади.

Қуйида комплекс сонлар билан ишлашга мисоллар келтирилган:

```
»i
ans=
```

```
0 + 1.0000i
» j
ans =
0 + 1.0000i
    » z=2+3i
    z =
2.0000 + 3.0000i
    » abs(z)
     ans =
3.6056
    » real(z)
    ans=
2
» imag(z)
    ans =
3
» angle(z)
    ans =
0.9828
```

MATLAB тизимида сонларни бутун ва каср, узун ва қиска ва ҳ.к. сонларга ажратиш қабул қилинмаган, лекин бундай форматларни бериш имконияти бор. Умуман олганда сонлар устида амаллар *иккиланган аниқлик* форматида амалга оширилади. Бундай формат сонли ҳисобларга қўйиладиган кўпчилик талабларни қониқтиради, лекин юркин (абсолют) аниқлик талаб қилинадиган символли ҳисобларга умуман тўғри келмайди. MATLAB тизимида символли ҳисоблар махсус Symbolic Math Toolbox кенгайтириш пакетидан фойдаланиб ҳисобланади.

2.2. Константалар ва тизим ўзгарувчилари

Константа — ягона номга эга бўлган ва олдиндан аниқланган сонли ёки символли қиймат. Сонлар (масалан 1, -2 ва 1.23) номсиз *сонли константалар* бўлиб ҳисобланади.

MATLAB да бошқа турдаги константалар *тизим ўзгарувчилари* ҳам мавжуд. Улар тизим юкланиши вақтида берилади ва қайта аниқланиши мумкин. MATLAB тизимида асосий *тизим ўзгарувчилари* қуйидагилар:

- i ва j — мавҳум бирлик (-1 дан квадрат илдиз);
- pi — π сони — 3.1415926...;

- eps — сузувчи нуқтали сонлар устида амалларнинг хатолиги (2^{-52});
- realmin — сузувчи нуқтали энг кичик сон (2^{-1022});
- realmax — сузувчи нуқтали энг катта сон (2^{1023});
- inf — машина чексизлигининг қиймати;
- ans — энг сўнгги амал натижасини сақловчи ва одатда унинг тасвирини экранга чиқарувчи ўзгарувчи;
- NaN — маълумотларнинг сонли характерга эга эмаслигини кўрсатиш.

Тизим ўзгарувчиларига мисоллар:

```
» 2*pi ans =
6.2832
    » eps
   ans =
2.2204e-016
   » real min
   ans=
2.2251e-308
   » realmax
   ans=
1.7977e+308
   » 1/0
Warning: Divide by zero,
   ans=
Inf
» 0/0
Warning: Divide by zero,
   ans = NaN
```

Юқорида таъкидланганидек, тизим ўзгарувчиларини қайта аниқлаш (ўзгартириш) мумкин. Масалан, eps тизим ўзгарувчисига бошқа қийматни бериш мумкин, eps=0.0001. *Символли константа* — апострофлар орасига олинган символлар, масалан:

```
'Hello my friend!'
'Салом'
'2+3'
```

Агар апострофлар орасига математик ифода олинган бўлса ҳисобланмайди, балки символлар кетма- кетлиги деб қаралади. Лекин махсус функциялар ёрдамида символли ифодаларни ҳисобланадиган ифодаларга ўзгартириш мумкин.

2.3. Матнли изохлар

MATLAB мураккаб ҳисоблар учун ишлатилиши сабабли уларнинг тавсифлари яққол ва тушунарли бўлиши керак. Бунинг учун матн изоҳлари қўлланилади. Матн изоҳлари % символи ёрдамида киритилади, масалан:

```
% factorial function
```

MATLAB инглиз тилидаги маҳсулот. Шу сабабли изоҳлар (айниқса, m-файлларда) рус ҳарфлари ёрдамида терилган дастурлар ишламаслиги мумкин. Бундан ташқари, изоҳларда русча «с» ҳарфи терилган бўлса кейинги сатрга ўтиб кетиш муаммоси юзага келади. Бу ҳолда русча «с» нинг ўрнига инглизча «с» ни ишлатиш мақсадга мувофиқ.

Одатда m-файлларнинг биринчи сатрлари help «Файл_номи» буйруғидан кейин экранга чиқарилувчи, улар тўғрисидаги қисқача ахборот бўлади. Етарли даражада мукаммал матнли изоҳларнинг m-файлларга киритилиши кейинчалик улар билан ишлашни осонлаштиради.

2.4. Ўзгарувчилар ва уларга қийматлар бериш

Ўзгарувчилар — қийматлари ҳар хил бўлган маълумотларни сақловчи номга эга бўлган объектлардир. Бундай маълумотларга мос ҳолда ўзгарувчилар сонли ёки символли, векторли ёки матрицали бўлиши мумкин.

MATLAB тизимида ўзгарувчиларга маълум қийматларни бериш мумкин. Бунинг учун тенглик ишораси ёрдамида киритилувчи ўзлаштириш амалидан фойдаланилади: *Ўзгарувчининг_номи=ифода*

Ўзгарувчиларнинг турлари олдиндан белгиланмайди. Улар, қиймати ўзгарувчи томонидан ўзлаштирилувчи ифодага мос ҳолда аниқланади. Агар ифода вектор ёки матрица бўлса, ўзгарувчи ҳам вектор ёки матрица бўлади.

Ўзгарувчининг номи (унинг идентификатори) амалда чекланмаган узунликдаги символлардан иборат бўлиши мумкин, лекин бошланғич 31 символ эслаб қолинади ва идентификация қилинади. Ҳар қандай ўзгарувчининг номи бошқа ўзгарувчиларнинг, функцияларнинг ва тизим процедураларининг номи билан бир хил бўлмаслиги керак. Ўзгарувчиларнинг номлари ҳарф билан бошланади ва ўз ичига ҳарфлар, рақамлар, таъкидлаш символи (сатр ости чизиғи) _ ни олиши

мумкин. Фақат ўзгарувчининг номида пробеллар махсус белгилар, масалан +, ., -, *, / ва ҳ.к. бўлмаслиги керак. Ўзгарувчилар одатдаги кўринишда ёки индексланган, яъни вектор ва матрицаларнинг элементлари бўлиши мумкин. Символли ўзгарувчилар ҳам ишлатилиши мумкин, бунда символ қийматлар апострофлар ичига олинади, масалан s='Demo'.

2.5. Ўзгарувчиларнинг аниқланишларини йўқотиш

Ўзгарувчилар компьютернинг хотирасида *ишчи соҳа* (*workspace*) деб аталувчи маълум жойни эгаллайди. Ишчи соҳани тозалаш учун ҳар хил шаклдаги clear функциясидан фойдаланилади, масалан:

- clear — ҳамма ўзгарувчиларнинг аниқланишларини ўчиради;
- clear x — x ўзгарувчининг аниқланишларини ўчиради;
- clear a, b, c — a, b, c ўзгарувчиларнинг аниқланишларини ўчиради.

Аниқланишлари ўчирилган ўзгарувчи ноаниқ бўлиб қолади ва кейинчалик ундан фойдаланишга ҳаракат қилинса хато тўғрисида ахборот чиқади, масалан:

```
   » x=2*pi
   x =
6.2832
» V=[1 2345]
   V =
12345
   » MAT
??? Undefined function or variable 'MAT'.

   » MAT=[1 2 3 4; 5 6 7 8]
   MAT=
1234
5678
   » clear V
   » V
   ??? Undefined function or variable 'V'.
» clear
   » x
??? Undefined function or variable 'x'.
» M
??? Undefined function or variable 'M'.
```

Аввал танлаб V ўзгарувчининг ўзи, кейин эса параметрсиз clear буйруғи ёрдамида қолган ҳамма ўзгарувчиларнинг аниқланишлари ўчирилганлигига эътибор беринг.

2.6. Операторлар ва функциялар

Оператор — бу маълумотлар (операндлар) устида бажариладиган маълум амалларни ифодаловчи махсус белгилаш. Масалан, энг содда арифметик операторларга қўшиш +, айириш -, кўпайтириш * ва бўлиш / белгилари киради. Операторлар операндлар билан биргаликда ишлатилади. Масалан, 2+3 ифодада + белгиси оператор, 2 ва 3 сонлари эса — операндлардир.

Шуни таъкидлаш ўринлики, кўплаб операторлар матрицавий амалларга тааллуқли бўлганлиги сабабли жиддий тушунмовчиликлар юзага келиши мумкин. Масалан, кўпайтириш оператори * ва бўлиш оператори / иккита кўп ўлчамли массивлар, векторлар ёки матрицаларнинг кўпайтмаси ва бўлинмасини ҳисоблайди. Қатор махсус операторлар ҳам мавжуд, масалан, \ оператори *ўнгдан чапга* бўлишни, .* ва ./ операторлар эса массивларни *элементлараро* кўпайтириш ва *элементлараро* бўлишни ифодалайди.

Юқорида айтилганларни векторлар билан амаллар мисолида кўрайлик:

```
   » V1=[2    4    6    8]
   V1=
2 4 6 8
   » V2=[1    2    3    4]
   V2 =
1 2 3 4
    » V1/V2
   ans =
2
» V1.*V2
   ans=
2    8    18    32
    » V1./V2
   ans =
2    2    2    2
```

Операторларнинг тўлиқ рўйхатини буйруқлар сатрида help ops буйруғидан фойдаланиб олиш мумкин. Бундай рўйхатнинг арифметик операторларни ўз ичига олувчи бир қисми қуйида келтирилган:

» help ops

Operators and special characters.

Arithmetic operators.

Plus	— Plus	+
Up! us	— Unary plus	+
Minus	— Minus	—
Umlnus	— Unary minus	-
Mtimes	— Matrix multiply	*
times	— Array multiply	
mpower	— Matrix power	^
poWer	— Array power	.^
mldlvlde	— Backslash or left matrix divide	\
mrdlvlde	— Slash or right matrix divide	/
Idi-vide	— Left array divide	.\
rdlvlde	— Right array divide	./
kron	— Kronecker tensor product	kron

Функциялар —бу ўз аргументларини маълум тарзда ўзгартиришни амалга оширувчи ва бу ўзгартиришлар натижасини қайтарувчи ягона номга эга бўлган объектлардир. *Натижани қайтариш* — функциянинг ўзига хос хусусиятидир. Бунда битта чиқиш параметрига эга бўлган ҳисоблаш натижаси функция чақирилган жойга қўйилади.

Функция умумий ҳолда қавс ичига олинган аргументлар рўйхатига (параметрларга) эга бўлади. Масалан, Бессел функцияси bessel(NU.X) кўринишда ёзилади. Бу ҳолда параметрлар рўйхати иккита аргументга эга — скаляр кўринишдаги NU ва вектор кўринишдаги X. Кўплаб функцияларни параметрлар рўйхати билан фарқ қилувчи ҳар хил шаклларда ёзиш мумкин. Агар функция бир неча қийматни қайтарадиган бўлса қуйидагича ёзилади: [Yl. Y2....]=func(Xl. X2...), бу ерда Yl. Y2,...—*чиқиш* параметрларининг рўйхати ва XI, X2....—*кириш* аргументлари (параметрлари)нинг рўйхати. Элементар функцияларнинг рўйхати билан help elfun буйруғини бажариб, махсус функцияларнинг рўйхати билан эса help specfun буйруғини бажариб танишиш мумкин. Функциялар *бириктирилган* (ички) ва *ташқи ёки* m-*функциялар* кўринишида бўлиши мумкин. Бириктирилган функцияларга кенг тарқалган элементар функциялар, масалан, sin(x) ва exp(y) мисол бўлиши мумкин, функция sinh(x) функция эса ташқи функциядир. Ташқи функциялар m-файларда

ўзининг аниқланиши (тавсифи)га эга. Бириктирилган функциялар MATLAB компиляция қилинган ядросида жойлашганлиги сабабли жуда тез бажарилади.

2.7. Икки нуқта (:) операторининг қўлланилиши

Айрим ҳолларда тартибга солинган сонлар кетма-кетликларини форматлаш талаб қилинади. Бундай кетма-кетликлар векторларни ёки графикларни қуриш вақтида абсциссаларнинг қийматларини ҳосил қилиш учун зарур бўлади. Сонлар кетма-кетликларини форматлаш учун MATLAB тизимида : (икки нуқта) оператори ишлатилади:

Бошлангич_ қиймат : Қадам : Сўнгги_ қиймат

Бундай конструкция бошланғич қиймат билан бошланувчи, берилган қадам билан давом этувчи ва сўнгги қиймат билан тугалланувчи сонларнинг ортиб борувчи кетма-кетлигини ҳосил қилади. Агар қадам берилмаган бўлса, унинг қиймати 1 деб қабул қилинади. Агар бошланғич қиймат сўнгги қийматдан кичик қилиб олинган бўлса хатолик тўғрисида хабар берилади. Қуйида икки нуқта (:) операторининг қўлланилиши бўйича мисоллар берилган:

```
   » 1:5
ans =
12345
   » i=0:2:10
   i = 0 2 4 6 8 10
   » j=10:-2:2
   j =10 8 6 4 2
   » V=0:pi/2:2*pi;
   » V
   V =
0 1.5708 3.1416 4.7124 6.2832
   » X= l:-.2:0
   X=
1.0000 0.8000 0.6000 0.4000 0.2000 0
   » 5:2
ans=
Empty matrix:1-by-0
```

MATLAB матрицавий тизимларга мансуб бўлганлиги сабабли, операторлардан аниқ фойдаланилмаса қутилмаган чалкашликларга олиб келиши мумкин.

Қуйидаги мисолни кўрайлик:

```
» x=0:5
x=
0 1 2 3 4 5
» cos(x)
ans =
1.0000 0.5403 -0.4161 -0.9900 -0.6536 0.2837
» sin(x)/x
ans = -0.0862
```

Бу ерда косинусларнинг массивини ҳисоблаш тўғри бажарилди. Лекин, *sin(x)/x* функциянинг массивини ҳисоблаш биринчи қарашда кутилмаган эффектни берди, яъни олти элементли массивни ҳисоблаш ўрнига ягона қиймат ҳисобланди.

Бундай «парадокснинг» сабаби қуйидагича: бу ерда / оператор иккита матрица, вектор ёки кўп ўлчамли массивнинг нисбатини ҳисоблайди. Агар уларнинг ўлчами бир хил бўлса натижа битта сон бўлади. Ҳақиқатан ҳам sin(x)*/x* қийматларининг векторини олиш учун ./ массивларни элементлараро бўлиш операторидан фойдаланиш керак.

```
» sin(x)./x
Warning: Divide by zero.
ans =
NaN 0.8415 0.4546 0.0470 -0.1892-0.1918
```

ҳисоблаш бу ерда ҳам муаммосиз якунланмади, яъни x=0 да *sin(x)/x* бартараф қилиниши мумкин бўлган 0/0=1 кўринишидаги ноаниқликка эга. Лекин, ҳар қандай сонли тизимга ўхшаб, MATLAB ҳам 0 га бўлишни хато деб ҳисоблайди. Кутилаётган сонли қиймат ўрнига NaN символли константани чиқаради. Қийматлар тўпламини олиш учун функциянинг аргументи сифатида ҳам икки нуқта(:) операторидан фойдаланиш мумкин. Масалан, қуйида келтирилган мисолда аргументининг қиймати 0.5 ва тартиби 0 дан 5 гача бўлган Бессел функциялари ҳисобланган:

```
» bessel(0:1:5,1/2)
ans =
0.9385 0.2423 0.0306 0.0026 0.0002 0.0000
```

Кейинги мисолда қадами 1 га ва аргументининг қийматлари 0 дан 5 гача бўлган нолинчи тартибли Бессел функциясининг олтита қиймати ҳисобланган:

```
» bessel(0.0:1:5)
ans=
1.0000  0.7652   0.2239 -0.2601   -0.3971  -0.1776
```

Шундай қилиб «:» оператор сонларнинг мунтазам (тартибли) кетма-кетлигини олиш учун қулай восита бўлиб ҳисобланади. У графикларни қуриш воситалари билан ишлашда кенг қўлланилади.

2.8. Хатоликлар ва уларни бартараф қилиш

MATLAB тизимида *хатоликлар диагностикаси* катта аҳамиятга эга. Киритилаётган буйруқ ва ифодаларни MATLAB текширади ва хатолар тўғрисида ахборот ёки огоҳлантиришлар беради.

Қуйидаги мисолларни кўрайлик. Хато ифода

» sqr(2)

киритилиб ENTER клавишаси босилса тизим хатолик тўғрисида ахборот беради:

??? Undefined function or variable 'sqr'.

Бу хабар sqr функция ёки ўзгарувчи эканлиги аниқланмаганлигини билдиради. Бу ҳолда тўғри ифодани териш йўли билан хатоликни тўғрилаш мумкин. Лекин ифода катта бўлса таҳрирлагичдан фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Олдин киритилган сатрларни варақлаш учун юқорига йўналган клавиша босилади. Киритиш сатрида сўнггида курсор бўлган » sqr(2) ифода ҳосил бўлади. MATLAB 6 версиясида янги Tab клавишаси босилса тизим киритилган символларни таҳлил қилиб тўғри деб ҳисоблаган вариантларини беради. Агар вариантлар кўп бўлса Tab клавишасини яна босиш керак. Тизим томонидан таклиф этилган операторлардан бири sqrt ни танлаймиз ва хатоликни тузатиб ENTER клавишасини босамиз. Ифода қуйидаги кўринишни олади:

» sqrt(2)
ans= 1.4142

Ҳисоблашлар кутилган натижа — иккидан квадрат илдизни беради.

MATLAB тизимида ташқи тавсифлар (аниқлашлар) худди бириктирилган функциялар ва операторлар сингари қўлланилади. Уларни қўллаш бўйича ҳеч қандай қўшимча кўрсатмалар зарур эмас. Фақатгина ишлатилаётган аниқланишлар .m кенгайтмали файл кўринишида мавжуд бўлиши керак. Агар мавжуд бўлмаган аниқланишга мурожаат қилинса тизим овоз сигналини беради ва хатолик ҳақидаги қуйидаги ахборотни чиқаради:

» hsin(1)
??? Undefined function or variable 'hsin'.
» sinh(1)
ans = 1.1752

Бу мисолда гиперболик синусни ҳисоблайдиган функциянинг номи нотўғри ёзилганлиги учун тизим hsin номли функция ёки ўзгарувчи ички функцияларнинг ичида ҳам, m-функцияларнинг ичида ҳам аниқланмаганлигини кўрсатади. Лекин номи sinh бўлган функция MATLAB тизимида мавжуд, у m-функция кўринишида берилган.

Айрим ҳолларда натижаларни чиқариш вақтида NaN (Not a Number — сон эмас) кўринишидаги қисқартиришлар пайдо бўлиши мумкин. NaN ноаниқликни билдиради, масалан, 0/0 ёки Inf/Inf, бу ерда Inf қиймати машина чексизлигига тенг бўлган тизим ўзгарувчиси. Хатоликлар тўғрисида ҳар хил огоҳлантиришлар (инглиз тилида) пайдо бўлиши мумкин. Масалан, чекли сон нолга бўлинганда «Warning: Devide by Zero.» (*«Диққат: нолга бўлиш»*) деган огоҳлантириш чиқади. MATLAB тизимида сонларнинг диапазони 10^{-308} дан 10^{+308} гача бўлиши мумкин.

MATLAB тизимида хатолар тўғрисида огоҳлантириш ва ахборотни бир-биридан фарқлаш керак. *Огоҳлантиришлар* (одатда Warning сўзидан кейин) ҳисоблашларни тўхтатмайди, фақат аниқланган хатолик ҳисоблаш жараёнига таъсир қилиши мумкинлигини кўрсатади. Хатолик тўғрисида ахборот (??? белгисидан кейин) ҳисоблашларни тўхтатади.

2.9. Сонларнинг форматлари

Одатда MATLAB сонли натижаларни ўнли нуқтадан кейин тўртта ва ундан олдин битта рақамга эга бўлган *нормаллаштирилган* шаклда беради. Бундай формат ҳамма вақт ҳам қониқарли бўлмайди. Шунинг учун MATLABда сонлар учун ҳар хил форматларни бериш имконияти ҳам мавжуд. Лекин ҳисоблар ҳар қандай ҳолда ҳам иккиланган аниқликда олиб борилади. Керакли форматни ўрнатиш учун

```
» format name
```

буйруғидан фойдаланилади, бу ерда name — форматнинг номи. Сонли маълумотлар учун name қуйидагича бўлиши мумкин:

- short — қисқа (бешта белги);
- short e — қисқа экспоненциал форматда (бешта белги мантисса учун ва учта белги тартиби учун);
- long — узун фиксацияланган форматда (15та белги);
- long e — узун экспоненциал форматда (15та белги мантисса учун ва 3та белги тартиби учун);
- hex — ўн олтилик шаклда;
- bank —пул бирликлари учун.

Экранга чиқарилаётган сонларнинг каср қисмидаги аҳамиятга эга бўлмаган нолларни йўқотиш учун (масалан, 0.500000000 нинг ўрнига 0.5) format short g ёки format long g форматлар қўлланилади:

```
>> format long
>> 1.2
ans =
1.20000000000000
>> format long g
>> 1.2
ans =
1.2
```

Экранга чиқарилаётган сонларнинг каср қисмини рационал касрлар билан аппроксимация қилиш учун format rat форматидан фойдаланилади:

```
>> format rat
>> pi
ans =
355/113
```

Экранга чиқарилаётган сатрлар орасидага ортиқча интерваллари йўқотиш учун format compact форматидан фойдаланилади, format loose формати сатрлар орасидаги интервални қайтадан тиклайди:

```
 >> format long
>> 1/3
ans =
0.33333333333333

>> format compact
>> 1/3
ans =
0.33333333333333

>> format short
>> 1/3
ans =
0.3333
```

Параметрсиз format командаси ёрдамида сукут бўйича ишлатиладиган format short ва format loose ҳолатлар тикланади.

```
>> format
>> 1/3
ans =
0.3333
```

2.10. Векторлар ва матрицаларни шакллантириш

2.10.1. Вектор ва матрицаларнинг хусусиятлари

Юқорида келтирилган ҳисоблаш қоидалари мураккаб ҳисобларни бажариш учун ҳам ишлатилади. Бундай мураккаб ҳисобларни бажариш учун Бейсик ёки Паскал дастурлаш тилларида махсус дастурларни тузиш талаб қилинган бўлар эди. MATLAB — векторлар, матрицалар ва массивлар устида мураккаб ҳисобларни бажариш учун мўлжалланган махсус тизимдир. Бунда у ҳар қандай берилган ўзгарувчини, унинг конкрет қийматига асосланиб вектор, матрица ёки массив деб қабул қилади. Масалан, X=1 берилган бўлса, демак X қиймати 1га тенг бўлган ягона элементли вектор. Агар уч элементли векторни бериш зарур бўлса унинг элементларининг қийматларини пробеллар билан ажратиб, квадрат қавс ичида ёзиб чиқиш керак. Мисол учун

```
» V=[1 2 3]
V=
1   2   3
```

V вектор қийматлари 1,2 ва 3га тенг бўлган уч элементли векторни ифодалайди.Вектор киритилгандан кейин уни тизим дисплей экранига чиқаради. Матрицалар бир неча сатрларда кўрсатилади. Қийматларга эга бўлган сатрларни бир-биридан ажратиш учун ; (нуқтали вергул) дан фойдаланилади. Худди шу белги киритиш сатрининг охирига қўйилса натижа экранга чиқмайди. Мисол учун

```
» M=[1 2 3; 4 5 6; 7 8 9];
```

квадрат матрицани беради. Энди уни экранга чиқарамиз:

```
» M
M =
1    2    3
   4    5    6
   7    8    9
```

Матрица ва векторларнинг элементларини тизим учун мумкин бўлган функцияларни ўз ичига олувчи арифметик ифодалар шаклида бериш мумкин, масалан:

```
» V= [2+2/(3+4) exp(5) sqrt(10)]:
» V
V =
2.2857    148.4132    3.1623
```

Вектор ёки матрицанинг айрим элементларини кўрсатиш учун V(1) M(i, j) кўринишидаги ифодалардан фойдаланилади. Мисол учун,

» M(2. 2)

ans= 5

Матрицанинг M(i, j) элементига қиймат бериш M(i, j)=x ифодадан фойдаланиб бажарилади. Масалан, матрицанинг M(2, 2) элементига 10 қийматни бериш керак бўлса, қуйидагича ёзилади:

» M(2, 2)=10

Бир индексли M(i) ифода ёрдамида битта устунга ёйилган матрица элементларига мурожаат қилиш мумкин:

» M(2)

ans =

4

» M(8)

ans =

6

» M(9)

ans =

9

» M(5)=100;

» M

M =

1 2 3

4 100 6

7 8 9

Элементлари комплекс сонлар бўлган вектор ва матрицаларни ҳам олиш мумкин, масалан:

» i=sqrt(-l):

» CM =[1 2; 3 4] + i*[5 6; 7 8]

ёки

» CM — [1+5*1 2+6*1; 3+7*1 4+8*1]

Қуйидаги матрицани ҳосил қилади:

CM=

1.0000 + 5.0000i 2.0000 + 6.0000i

3.0000 + 7.0000i 4.0000 + 8.0000i

Матрица ва векторларнинг айрим элементлари билан бир қаторда уларнинг ҳамма элементлари (массивлар)устида ҳам амаллар бажариш мумкин. Бунинг учун амал белгисининг олдига нуқта қўйилади. Масалан, * оператори векторлар ёки матрицаларни кўпай-

тиришни англатади, .* оператор эса массивнинг ҳамма элементларини элементлараро кўпайтиришни билдиради. Матрица скалярга кўпайтириладиган M*2 ва M.*2 ифодалар тенг кучли. Қуйидаги мисолларни кўрайлик:

```
>> M1=[1 2 3];
>> M2=[4 5 6];
>> M=M1*M2
??? Error using ==> *
Inner matrix dimensions must agree.
>> M=M1.*M2
M =
4 10 18
>> M*2
ans =
8 20 36
>> M.*2
ans =
8 20 36
>>
```

Бу ерда векторларни кўпайтириш M=M1*M2 ифодасида кўпайтириш белгисидан олдин нуқта қўйилмаганлиги учун тизим хато тўғрисидаги *Inner matrix dimensions must agree* (матрицаларнинг ўлчамлари ўзаро мослашиши керак) деган ахборотни берди. Хато тузатилгандан кейин тўғри натижа олинди.

2.10.2. Матрицаларни транспонирлаш ва элементларининг йиғиндисини ҳисоблаш

Матрицаларни транспонирлаш, яъни устунларини сатрлари билан алмаштириш учун .' оператордан фойдаланилади. Устунларидаги элементларнинг йиғиндиси sum оператори ёрдамида ҳисобланади. Сатрларидаги элементларнинг йиғиндисини ҳисоблаш учун матрица аввал транспонирланади ва транспонирланган матрицанинг устунларидаги элементларнинг йиғиндиси аниқланади. Буни қуйидаги мисоллардан ҳам кўриш мумкин:

```
>> B=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
B =
1 2 3
4 5 6
7 8 9
```

```
>> B.'
ans =
1 4 7
2 5 8
3 6 9
>> sum(B)
ans =
12 15 18
>> sum(B.')
ans =
6 15 24

>>
```

2.10.3. Матрицаларнинг устунлари ва сатрларини ўчириш

Матрицаларнинг устунлари ва сатрларини ўчириш учун [ ] бўш квадрат қавслардан фойдаланилади. Қуйидаги мисолни кўрайлик:

```
>> M=[1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]
M =
1 2 3
4 5 6
7 8 9
>> M(:,2)
ans =
2
5
8
>> M(:,2)=[]
M =
1 3
4 6
7 9
```

Энди матрицанинг иккинчи сатрини икки нукта оператор (:) дан фойдаланиб ўчирамиз

```
>> M(2,:)=[]
M =
1 3
7 9
>>
```

3. ИШЧИ СОҲА ВА СЕССИЯ МАТНИ БЎЙИЧА АМАЛЛАР

3.1. Ишчи соҳани дефрагментация қилиш

Ўзгарувчиларни киритиш ва уларнинг айримларини ўчириш натижасида ишчи соҳада бўшлиқлар ва ҳар хил кераксиз маълумотлар йиғила бошлайди. Улар аста-секин тизимнинг ишлашининг ёмонлашишига ва оператив хотиранинг етмай қолишига сабаб бўлиши мумкин. Бундай ҳоллар айниқса маълумотларнинг катта массивлари билан ишланганда юзага келиши мумкин. Уларнинг олдини олиш учун **pack** буйруғи ёрдамида ишчи соҳа дефрагментация қилинади.

Ушбу буйрук ёрдамида ишчи соҳадаги ҳамма тавсифлар қаттиқ дискка кўчириб ёзилади. Ишчи соҳа тозаланади ва ҳамма тавсифлар, бўшлиқлар ва кераксиз маълумотлардан ажратилиб, қаттиқ дискдан ишчи соҳага ўтказилади.

3.2. Сессия ишчи соҳасини сақлаш

Ўзгарувчилар ва янги функцияларнинг тавсифлари MATLAB тизимида хотиранинг ишчи соҳа деб аталувчи махсус қисмида сақланади. MATLAB ўзгарувчиларнинг қийматларини .mat кенгайтмага эга бўлган бинар файллар кўринишида сақлаш имкониятини беради. Бунинг save буйруғи хизмат қилади ва унинг қуйидаги шакллари мавжуд:

- save fname — ҳамма ўзгарувчиларнинг ишчи соҳаси fname.mat номли бинар форматли файлга ёзилади;
- save fname X — фақат X ўзгарувчининг қийматлари ёзилади X;
- save fname X Y Z — X, Y ва Z ўзгарувчиларнинг қийматлари ёзилади.
- Ушбу параметрлардан кейин файлларни ёзиш форматларини аниқлаштирувчи калитларни кўрсатиш мумкин:
- -mat — иккилик MAT-формат, формат кўрсатилмаганда ҳам;
- -ascii — бирлик аниқликдаги (8та рақам) ASCII-формат;
- -ascii -double — иккиланган аниқликдаги (16та рақам) ASCII-формат;
- -ascii -double -tabs — ажраткич ва табуляция белгиларига эга бўлган формат;

- V4 — MAT-файлларни MATLAB 4 версиясининг форматида ёзиш;
- -append — мавжуд MAT-файлга қўшиш.

Функциянинг форматида ҳам save сўзини ишлатиш мумкин, масалан:

save ('fname', 'varT . 'var2')

бу ҳолда файллар ва ўзгарувчиларнинг номлари сатр константалари кўринишида берилади.

Сессиянинг тўлиқ матнини save буйруғи ёрдамида сақлаш имконияти йўқ ва бу нарса керак ҳам эмас, чунки сессияда керакли маълумотлар билан бир қаторда кераксизлари ҳам кўп бўлади , масалан, хатолар тўғрисида ахборотлар, ўзгарувчи ва функцияларни қайта ишлашлар ва ҳ.к.

Шунга қарамай, агар зарур бўлса сессияда бажарилган ишнинг фойдали қисмини таҳрирлагич ва созлагичдан фойдаланиб матнли форматда, **.m** кенгайтмали файл сифатида сақлаш мумкин.

3.3. Кундалик юритиш

Сессияларни дискка ёзиб олиш учун сессия кундалигидан фойдаланиш мумкин. Кундалик юритиш учун махсус командалар мавжуд:

- diary filename — диска кўрсатилган номдаги матнли файл сифатида киритиш сатрларидаги ҳамма командаларни ва олинган натижаларни ёзиб боради;
- diary off — файлга ёзишни тўхтатади;
- diary on — файлга ёзишни яна бошлайди.

Шундай қилиб, diary off ва diary on командаларини кетма-кет қўллаш йўли билан сессиянинг керакли фрагментларини уларнинг формал кўринишида сақлаш мумкин. Бунда diary командасини diary('file') кўринишидаги функция сифатида ҳам бериш мумкин, бу ерда 'file' сатри файлнинг номини беради. Қуйидаги мисол diary командасини қўллаш техникасини тушунтиради:

```
» diary myfile.m
» 1+2
ans =
3
» diary off
» 2+3
ans =
5
```

```
    » diary on
» sin(1)
    ans =
0.8415
    » diary off
```

Ушбу мисолда, биринчи амал — 1+2=3 — myfile.m файлига ёзилади, иккинчи амал — 2+3=5 — ёзилмайди, учинчи амал — sin(1)=0.8415 — эса ёзилади. Шундай қилиб, қуйидаги кўринишдаги файл сценария (Script-файл) ҳосил қилинади:

```
    1+2
    ans =
    3
diary off
    sin(1)
ans =
0.8415
    diary off
```

Бошловчи фойдаланувчиларнинг кенг тарқалган хатоларидан бири — бундай файлларнинг номини кўрсатиб буйруқлар сатридан ишлатишга уриниш:

```
    » myfile
??? ans =
| Missing variable or function.
Error in ==> C:\MATLAB\bin\niyfile.m
    On line 3 --> ans =
```

Одатда, бундай уриниш хатоликларга олиб келади. Чунки ушбу файл буйруқлар ва уларнинг бажарилишининг матнли ёзувидир. Бундай файлларда MATLAB дастурлаш тилининг синтаксиси нуқтаи назаридан хатоликлар кўп, масалан, ans =. Агар зарур бўлса бундай файлнинг матнини type командаси ёрдамида кўриш мумкин:

```
    » type myfile
1+2
ans=
3
    diary off.
ans=
0.8415
    diary off
```

Юқорида кўрсатилган чалкашликларнинг олдини олиш учун бундай файлларни .m эмас, масалан, .txt кенгайтмаси билан ёзиб олиш керак. Агар шундай қилинса, сессия кундалигидаги матнли файлларни ҳужжатларнинг керакли жойларига қўйиш имконияти ҳосил бўлади.

3.4. Сессиянинг ишчи соҳасини юклаш

Аввал ўтказилган сессиянинг (агар у сақланган бўлса) ишчи соҳасини юклаш учун load командасидан фойдаланиш мумкин:

- load fname ... — аввал fname.mat файлида сақланган кўп нуқта ўрнида спецификацияга эга бўлган тавсифларни юклаш;
- load('fname'....) — fname.mat файлни функция шаклида юклаш.

Агар load командаси (ёки функцияси) сессияни ўтказиш вақтида ишлатилса ўзгарувчиларнинг жорий қийматлари MAT-файлдан ўқилган қийматларга алмашади.

Юкланаётган файлларнинг номини бериш учун * белгидан ҳам фойдаланиш мумкин. Бунда, маълум белгиларга эга бўлган ҳамма файллар юкланади. Масалан, load demo*.mat командаси бажарилганда номининг бошланишида demo бўлган ҳамма файллар (demo1, demo2, demoa, demob ва ҳ.к.) юкланади.

3.5. Ҳисоблашларни тўхтатиш

Айрим ҳолларда дастурдаги хато ёки ечилаётган масаланинг мураккаблиги сабабли MATLAB тугамайдиган циклга тушиб қолади ва натижаларни бермай қўяди ёки керак бўлмаса ҳам натижаларни тинимсиз бера бошлайди. Бундай ҳолларда ҳисоблашларни тўхтатиш учун Ctrl ва C (латинча) клавишалари биргаликда босилади.

3.6. Тизим билан ишлашни тугаллаш

Тизим билан ишлашни тугаллаш учун exit, quit командалари ёки Ctrl+Q клавишалар комбинациясидан фойдаланиш мумкин. Агар ҳамма ўзгарувчиларнинг (векторлар, матрицалар) қийматларини сақлаш керак бўлса, exit командасини киритишдан аввал керакли шаклдаги save командасини бериш керак. Система юклангандан кейин load командаси берилса, ўзгарувчиларнинг қийматлари тикланади ва яна система билан ишлаш тугалланган моментдаги ҳолатдан давом эттириш мумкин.

4. МАЪЛУМОТНОМА ВА НАМУНАЛАР БИЛАН ИШЛАШ

4.1. Командалар сатридан интерактив маълумотнома олиш

MATLAB интерактив ёрдам тизимига эга. Интерактив маълумотномани командалар режимида бир қатор командалар ёрдамида чақириш мумкин. Бундай командалардан бири қуйидагича:

» help

Ушбу команда операторлар, функциялар ва MATLAB тизимидаги бошқа объектларнинг тавсифига эга бўлган m-файлларни ўз ичига олувчи папкаларнинг тўлиқ рўйхатини чиқаради. Қуйида бундай рўйхатнинг бошланғич қисми MATLAB 6.0 тизими учун келтирилган:

HELP topics:

matlab\general	— General purpose commands.
matlab\ops	— Operators and special characters.
matlab\lang	— Programming language constructs.
matlab\elmat	— Elementary matrices and matrix manipulation.
matlab\elfun	— Elementary math functions.
matlab\specfun	— Specialized math functions.
matlab\matfun	— Matrix functions — numerical linear algebra.
matlab\datafun	— Data analysis and Fourier transforms.
matlab\audio	— Audio support.
matlab\polyfun	— Interpolation and polynomials.
matlab\funfun	— Function functions and ODE solvers.
matlab\sparfun	— Sparse matrices.
matlab\graph2d	— Two dimensional graphs.

4.2. Конкрет объект бўйича маълумотнома

Конкрет объект бўйича маълумотнома олиш учун қуйидаги командалардан фойдаланилади:

» help ном

ёки

» doc ном

бу ерда ном — маълумотномаси зарур бўлган объектнинг номи. Масалан, гиперболик синус бўйича маълумотнома олиш учун унинг номини командалар сатрида киритамиз ва Enter ни босамиз:

» help slnh

SINH Hyperbolic sine.
SINH(X) Is the hyperbolic sine of the elements of X.
Overloaded methods
help sym/sinh.m

Ёрдам ойнасида тўлиқроқ маълумот олиш учун *doc ном* командасидан фойдаланилади (бунда маълумот HTML форматда бўлади).

4.3. Объектлар гуруҳи учун маълумот олиш

MATLAB тизимининг фойдаланувчиларини кўпчилик ҳолларда объектларнинг маълум гуруҳига тааллуқли функциялар, командалар ва бошқа тушунчалар қизиқтиради. Объектлар гуруҳи учун маълумот олишни timefun объектлари мисолида кўрайлик:

» help timefun
Time and dates.
Current date and time.
Now — Current date and time as date number.
Date — Current date as date string.
clock — Current date and time as date vector.
Basic functions.
datenum — Serial date number.
datestr — String representation of date.
datevec — Date components.
Date functions.
calendar — Calendar.
weekday — Day of week.
eomday — End of month.
datetick — Date formatted tick labels.
Timing functions.
cputime — CPU time in seconds.
tic. toe — Stop watch timer.
etime — Elapsed time.
pause — Wait in seconds.

Маълум объектлар гуруҳининг таркиби аниқлангандан кейин танланган объект бўйича батафсилроқ маълумот олиш мумкин.

4.4. Калит сўзлар бўйича маълумотнома

MATLAB m-функциялар кўп бўлганлиги сабабли уларни калит сўзлар ёрдамида излаш қулайроқ. Бунинг учун қуйидаги командалардан фойдаланиш мумкин:

lookfor *Калит сўз*

ёки

lookfor *'Калит сўз'*

Биринчи ҳолда сарлавҳаларида берилган калит сўз учрайдиган ҳамма m-файллар изланади ва топилганларининг сарлавҳалари экранга чиқарилади. Бунда излаш жараёни узоқ давом этиши ва катта миқдордаги информация экранга чиқиши мумкин. Излаш зонасини камайтириш учун иккинчи шаклдаги lookfor командасидан фойдаланилади. Мисол учун:

» lookfor 'inverse sin'

ASIN Inverse sine.

ASIN Symbolic inverse sine.

Бу ҳолда ' inverse sin' сўзи, яъни арксинус ахтарилди. Икки турдаги: одатдаги ва символ шаклдаги арксинус (ASIN) топилди.

5. ОПЕРАТОРЛАР ВА ФУНКЦИЯЛАР

5.1. Арифметик операторлар ва функциялар

Бошқа дастурлаш тилларидан фарқли равишда MATLAB тизимидаги ҳамма операторлар матрицавий операторлар бўлиб ҳисобланади. Арифметик операторлар ва уларни қўллаш синтаксиси қуйидаги жадвалда келтирилган:

Функция	Операторнинг номи	Синтаксис
Plus	Плюс +	M1+M2
Uplus	Унар плюс +	+M
Minus	Минус	M1-M2
Uminus	Унар минус	-M
Mtimes	Матрицавий кўпайтириш *	M1*M2
Times	Массивларни элементлараро кўпайтириш .*	A1*A2
Mpower	Матрицани даражага кўтариш ^	M1^x
Power	Массивни элементлараро даражага кўтариш	A1^x
Mldivide	Матрицаларни тескари (ўнгдан чапга) бўлиш \	M1\M2
Mrdivide	Матрицаларни чапдан ўнгга бўлиш /	M1/M2
Ldivide	Массивларни ўнгдан чапга элементлараро бўлиш . \	A1.\A2
Rdivide	Массивларни чапдан ўнгга элементлараро бўлиш . \	A1 . /A2
Kron	Кронекерни тензор кўпайтириш kron	kron(X,Y)

Ҳар бир операторга мос функция мавжудлигига эътибор беринг. Масалан матрицавий кўпайтириш * операторига mtimes(Ml,M2) мос келади. Қуйидаги мисолларни кўрайлик:

```
» A=[1 2 3];
» B=[4 5 6]:
» B-A
 ans=
        3        3        3
» minus (B. A)
ans =
        3        3        3
» A.^2
ans =
        1        4        9
» power(A,2)
ans =
        1        4        9
» DAB
ans=
   4.0000   2.5000   2.0000
» Idivide(A.B)
ans=
   4.0000   2.5000   2.0000
» rdivide(A.B)
ans=
   0.2500   0.4000   0.5000
```

Функцияларнинг операторлар ва командаларга мослиги MATLAB-нинг характерли белгиларидан биридир. Бундай мослик бир вақтнинг ўзида ҳам операторли дастурлаш ҳам функционал дастурлашдан фойдаланиш имкониятини беради.

5.2. Нисбатлар операторлари ва уларнинг функциялари

Нисбатлар операторлари иккита катталик — векторлар ёки матрицаларни ўзаро таққослаш учун хизмат қилади. Ҳар бир нисбат оператори иккита операндга эга бўлади, масалан х ва у, ва қуйидаги жадвалда кўрсатилгандек ёзилади.

Функция	Номи	Оператор	Мисол
Eq	Тенг	= =	x = = y
Ne	Тенг эмас	~ =	x ~ = y
Lt	Кичик	<	x<y
Gt	Катта	>	x>y
Le	Кичик ёки тенг	<=	x<=y
Ge	Ката ёки тенг	>=	x>=y

Ушбу операторлар бир хил ўлчамдаги вектор ёки матрицаларни элементлараро таққослайди ва агар улар бир хил бўлса 1 (True)ни, акс ҳолда 0 (False)ни қайтаради.

```
» eq(2.2)
ans =
1
» 2==2
ans =
1
» ne(1,2)
 ans =
1
» 2 ~= 2
ans =
0
» 5 > 3
ans =
1
» le(5.3)
ans =
0
```

Ушбу <, <=, > ва >= операторлар операндлар комплекс бўлганда уларнинг фақат ҳақиқий қисмларини таққослайди — мавҳум қисмлари эса ташлаб юборилади, == ва ~= операторлар эса операторларнинг ҳам ҳақиқий ҳам мавҳум қисмларини таққослайди:

```
» (2+3i)>-(2+i)
ans=
1
» (2+3i)>(2+i)
ans=
0
```

```
» abs(2+3i)>abs(2+i)
ans =
1
» (2+3i)==(2+i)
ans =
0
» (2+3i)-(2+i)
ans =
1
```

Агар операндлардан бири скаляр бўлса, у иккинчи массив операндининг ҳамма элементлари билан таққосланади:

```
M=
-1   0
1   2
» M>=0
ans =
0   1
1   1
```

Умумий ҳолда нисбат операторлари бир хил ўлчамдаги иккита массивни таққослайди ва натижани массив кўринишида беради:

```
» M>[0 1;.1 0]
ans =
0   0
0   1
```

Нисбат операторларини символли ифодалар учун ҳам қўллаш мумкин:

```
» 'b'>'a'
ans =
1
» 'abc'= ='abc'
ans =
1   1   1
» 'cba'<'abc'
ans =
0   0   1
```

Бу ҳолда, ифода таркибига кирувчи символлар ASCII-кодлари билан ифодаланади. Сатрлар ASCII-кодлардан иборат бўлган векторлар сифатида қабул қилинади.

5.3. Мантиқий операторлар

Мантиқий операторлар бир хил ўлчамдаги массивлар устида мантиқий амалларни бажариш учун хизмат қилади.

Функция	Номи
And	Мантиқий ВА (AND) &
От	Мантиқий ЁКИ (OR) |
Not	Мантиқий ЭМАС (NOT) ~
Хог	ЁКИни инкор этувчи (EXCLUSIVE OR)
Any	Тўғри, агар векторнинг ҳамма элементлари нолга тенг бўлса
All	Тўғри, агар векторнинг ҳамма элементлари нолга тенг бўлмаса

Мантиқий операторларни қўллашга мисоллар:

```
»A=[1 2 3];
»B=[1 0 0];
» and(A.B)
ans =
1   0   0
» or(A.B)
ans =
1   1   1
» A&B
ans =
1   0   0
» A|B
ans=
1   1   1
» not(A)
ans =
0   0   0
» not(B)
ans =
0   1   1
» ~B
ans=
0   1   1
» xor(A.B)
ans =
0   1   1
» any(A)
```

```
ans =
   1
» all([0 0 0])
ans =
0
» all(B)
ans =
0
» and('abc','012')
ans =
1   1   1
```

Сонлар ва сатрлар мантиқий операторларнинг аргументлари бўлиши мумкин. Аргументлар сон бўлганда мантиқий нолга фақат нол мос келади, қолган барча сонлар мантиқий бир деб қабул қилинади. Сатрлар эса ўзларининг ASCII-кодлари билан ифодаланади.

5.4. Элементар функциялар

5.4.1. Алгебраик ва арифметик функциялар

MATLAB тизимида қуйидаги алгебраик ва арифметик функциялар мавжуд:

- abs(X) — X векторнинг ҳар бир сонли элементининг абсолют қийматини қайтаради. Агар X нинг таркибида комплекс сонлар ҳам бўлса уларнинг модулини ҳисоблайди.

Мисоллар:

```
abs(-5) = 5
abs(3+4i) =5
» abs([1 -2 1 3i 2+3i ])
ans =
1.0000   2.0000   1.0000   3.0000   3.6056
```

- exp(X) — ҳар бир X элементининг экспонентасини қайтаради. Комплекс сон $z = x + i*y$ учун exp(z) функция комплекс экспонентани ҳисоблайди: exp(z)=exp(x)*(cos(y)+i*sin(y)).

Мисоллар:

```
» exp([1 2 3])
ans =
2.7183   7.3891   20.0855
» exp(2+3i)
ans =
-7.3151 + 1.0427i
```

- factor(n) — n сонининг содда кўпайтувчиларини ўз ичига олувчи вектор — сатрни қайтаради. Мисол:

```
f = factor(221)
f =
13   17
```

- log (X) — X массив элементларининг натурал логарифмини қайтаради. Комплекс ёки манфий z учун, бу ерда z = x + y*i, комплекс логарифм log(z) = log(abs(z)) + i*atan2(y,x) кўринишида ҳисобланади. Функциянинг аниқланиш соҳаси комплекс ва манфий сонларни ҳам ўз ичига олганлиги сабабли нокоррект ишлатилганда кутилмаган натижаларга олиб келиши мумкин. Мисол:

```
» X=[1.2 3.34 5 2.3];
» log(X)
ans=
-0.1823 1.2060 1.6094 0.8329
```

- log2(X) —X массив элементларининг 2 асос бўйича логарифмини қайтаради;

[F,E] = log2(X) — ҳақиқий сонлар массиви F ва бутун сонлар массиви E ни қайтаради.

Мисол:

```
» X=[2 4.678 5;0.987 1 3];
>> log2(X)
ans =
1.0000 2.2259 2.3219
-0.0189 0 1.5850
» [F,E] = log2(X)
F =
0.5000 0.5847 0.6250
0.9870 0.5000 0.7500
E =
2   3   3
0   1   2
```

- log10(X) — массив элементларининг 10 асос бўйича логарифмини қайтаради. Функциянинг аниқланиш соҳаси комплекс сонларни ҳам ўз ичига олганлиги сабабли нокоррект ишлатилганда кутилмаган натижаларга олиб келиши мумкин. Мисол:

```
» X=[1.4 2.23 5.8 3];
» log10(X)
ans =
0.1461 0.3483 0.7634 0.4771
```

- sqrt(A) — X массивнинг квадрат илдизини қайтаради. X массивнинг манфий ва комплекс элементлари учун sqrt(X) функция комплекс натижани ҳисоблайди.

Мисол:

```
» A=[25 21.23 55.8 3]:
» sqrt(A)
ans =
5.0 4.6076 7.4699 1.7321
```

5.4.2. Яхлитлаш ва ишора функциялари

Бир қатор функциялар сонли маълумотларни яхлитлаш ва уларнинг ишораларини аниқлаш учун ишлатилади.

- fix(A) — элементлари нол томондаги энг яқин бутун сонгача яхлитланган А массив элементларини қайтаради. Комплекс А учун ҳақиқий ва мавҳум қисмлар алоҳида яхлитланади. Мисоллар:

```
» A=[1/3 2/3: 4.99 5.01]
A =
0.3333   0.6667
4.9900   5.0100
» fix(A)
ans =
0   0
4   5
```

- floor(A) — А массив элементларига мос келувчи энг яқин кичик ёки тенг бутун сонни қайтаради. Комплекс А учун ҳақиқий ва мавҳум қисмлар алоҳида яхлитланади. Мисоллар:

```
» A=[-1/3 2/3: 4.99 5.01]
A =
-0.33330.6667
4.99005.0100
» floor(A)
 ans =
-1 0 4 5
```

- ceil (A) — А массив элементларига мос келувчи энг яқин катта ёки тенг бутун сонни қайтаради. Комплекс А учун ҳақиқий ва мавҳум қисмлар алоҳида яхлитланади. Мисоллар:

```
» a =-1.789;
```

» ceil (a)
ans =
-1
» a=-1.789+1*3.908;
» cei l(a)
ans =
-1.0000 + 4.0000i

- round(X) — энг яқин бутун сонгача яхлитланган X массив элементларини қайтаради.

Мисол:
» X=[5.675 21.6+4.897*1 2.654 55.8765];
» round(X)
ans =
6.0000 22.0000 +5.0000i 3.0000 56.0000

- sign(X) — ўлчами X массивнинг ўлчами билан бир хил бўлган Y массивни қайтаради. Y массивнинг элементлари қуйидагича бўлади:

1, агар X нинг мос элементи 0 дан катта бўлса;
0, агар X нинг мос элементи 0 га тенг бўлса;
-1, агар X нинг мос элементи 0 дан кичик бўлса.

Нолга тенг бўлмаган ҳақиқий ва мавҳум X лар учун — Sign(X)=X./ abs(X).

Мисол:
» X=[-5 21 2 0 -3.7]:
» sign(X)
ans =
-1 1 1 0 -1

5.4.3. Math — математик функциялар библиотекаси

Математик функциялар библиотекаси 5.1-расмда кўрсатилган. У қуйидаги блокларни ўз ичига олади:

Sum — аналог сумматор, киришига бериладиган ҳар қандай сондаги сигналларнинг алгебраик йиғиндисини олиш имкониятини беради;

Product — икки ва ундан ортиқ кириш **сигналларининг** кўпайтириш ёки бўлиш натижаларини чиқишда шакллантирувчи блок;

Dot Product — киришдаги иккита скаляр катталикларни ўзаро кўпайтиришни амалга оширувчи звено. Ушбу звено киришга бериладиган узунликлари тенг бўлган иккита векторни элементлараро кўпайтириш йиғиндисини ҳам ҳисоблайди;

Gain — аналог кучайтиргич;

Slider Gain — параметрлари интерактив ростланадиган аналог кучайтиргич;

Matrix Gain — киришига вектор бериладиган кучайтиргич;

Mat Function — созлаш майдонида математик функциялардан бирини танлаш ва уни моделга қўшиш имкониятини берувчи блок;

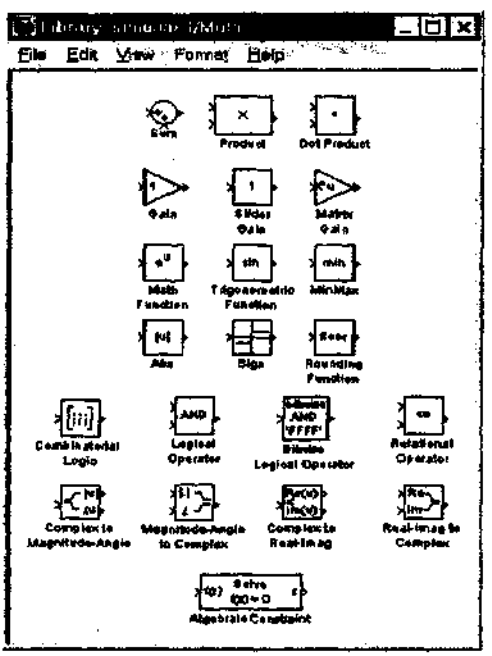
Trigonometric Function — чиқишида кириш сигналининг тригонометрик функциясини шакллантирувчи блок. Функция созлаш майдонида танланади;

MinMax — созлаш майдонидаги топшириққа асосан векторнинг минимал ёки максимал қийматини танлайди. Блокнинг кириш сигнали сонли вектор бўлиши керак;

ABS — чиқишида киришдаги сигналнинг абсолют қийматини шакллантирувчи блок. Функционал схемаларда тўғрилагич ролини ўйнайди;

Sing — кириш сигналининг ишорасига асосан ишловчи блок-реле. Чиқиш сигналининг қиймати созлаш майдонида ўрнатилади;

Rounding Function — Кириш сигналини яхлитлайдиган блок. Яхлитлаш функцияси созлаш майдонидаги пастга очилувчи менюдан танланади;



5.1-расм. Математик функциялар библиотекаси

Combinatorial Logic — кириш сигналини созлаш майдонида шакллантирилган ҳақиқийлик жадвалига мос равишда ўзгартиришни амалга оширувчи блок. Ушбу блок ҳолати Бул алгебраси ёрдамида тавсифланадиган чекли автоматнинг модели бўлиб ҳисобланади;

Logical Operation, Relation Operator — «ВА» ва «ЁКИ» мантиқий амалларининг блоклари; киришларининг сони созлаш майдонида берилади;

Bitwise Logical Operator — ҳар қандай мантиқий функцияни амалга оширувчи универсал блок;

Complex to Magnitude Angle — киришдаги комплекс катталикнинг модули ва фазасини ажратиш имкониятини берувчи блок;

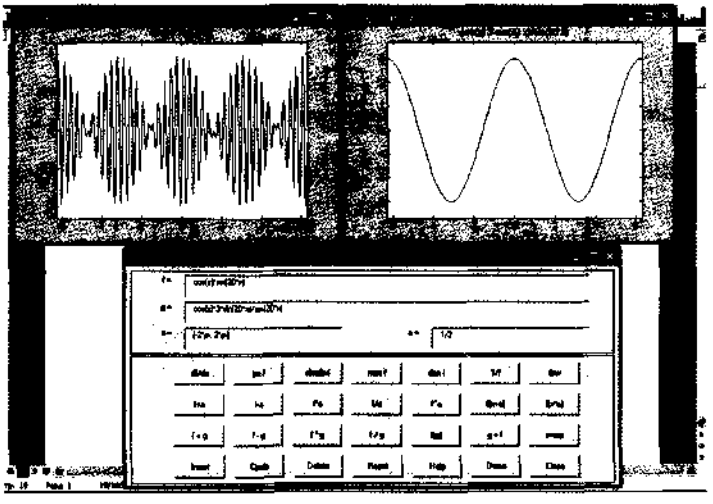
Magnitude-Angle to Complex — модули ва фазаси билан берилган кириш сигналини комплекс чиқиш катталигига айлантирувчи блок;

Complex to Real-Imag, Real-Imag to Complex— комплекс катталикларни кўрсаткич шаклдан алгебраик шаклга ва алгебраик шаклдан кўрсаткич шаклга ўзгартирувчи блок;

Algebraic Constraint — таркибий моделга алгебраик тенгламаларни киритиш имкониятини берувчи блок.

5.5. Функциялар калькуляторидан фойдаланиш

Функцияларнинг интерактив график калькулятори fuhtool символли функциялар билан ишлаш учун мўлжалланган. У х ўзгарувчининг иккита (f(x) ва g(x)) функциясини ҳамда уларнинг ҳар хил комбинацияларини тезлик билан қуриш имкониятини беради.



5.2-расм. Функциялар калькуляторининг ойнаси

MATLAB нинг командалар ойнасида funtool буйруғини терилиб Enter клавишаси босилса экранда калькуляторнинг учта автоном ойнаси ҳосил бўлади (5.2-расм). Уларнинг иккитаси график ва учинчиси эса бошқарувчи ойнадир:

графиклар сарлавҳага эга бўлган ойналарда акс эттирилади;

бошқарувчи ойна қуйидагиларга эга:

- функцияларни киритиш учун иккита майдон (f ва g);
- x ўзгарувчининг ўзгариш чегараларини [min,max] форматда киритиш майдони;
- масштабловчи a коэффициентни киритиш майдони;

бошқариш 4-қаторда жойлашган тугмалар орқали амалга оширилади:

- биринчи қатор- f(x) функцияни символли ўзгартириш тури:
  df/dx — f(x) функциянинг дифференциали.
  int f — f(x) функциянинг интеграли.
  simple f — агар мумкин бўлса f(x) ифодани соддалаштириш.
  num f — рационал ифоданинг суратини ажратиш.
  den f — рационал ифоданинг махражини ажратиш.
  1/f — f(x) ни 1/f(x) га алмаштириш.
  finv — f(x) ни ўзининг тескари функциясига алмаштириш.
- иккинчи қатор- f(x) функцияни символли масштаблаш тури:
  f + a — f(x) ни f(x) + a га алмаштириш;
  f — a — f(x) ни f(x) — a га алмаштириш;
  f * a — f(x) ни f(x) + a га алмаштириш;
  f / a — f(x) ни f(x) / a га алмаштириш;
  f ^ a — f(x) ни f(x) ^ a га алмаштириш;
  f(x+a) — f(x) ни f(x + a) га алмаштириш.f(x + a) ;
  f(x*a) — f(x) ни f(x * a) га алмаштириш.f(x * a) ;
- учинчи қатор- f(x) функцияни f(x) ва g(x) функцияларнинг комбинацияси билан алмаштириш тури:
  f + g — f(x) ни f(x) + g(x) га алмаштириш;
  f — g — f(x) ни f(x) — g(x) га алмаштириш;
  f * g — f(x) ни f(x) * g(x) га алмаштириш;
  f / g — f(x) ни f(x) / g(x) га алмаштириш;
  f(g) — f(x) ни f (g (x)) га алмаштириш;
  g = f — g (x) ни f(x) га алмаштириш;
  swap — f(x) ва g(x) ни ўзаро алмаштириш;
- тўртинчи қатор-бошқариш амаллари:

Insert — f(x) функцияни бириктирилган функциялар библиотекасига киритиш;

Cycle — f(x) функцияларни бириктирилган функциялар библиотекасидан циклик равишда чиқариш;

Delete — f(x) функцияни бириктирилган функциялар библиотекасидан ўчириб ташлаш;

Reset — бошланғич ҳолатга қайтиш;

Help — ёрдамни чақириш;

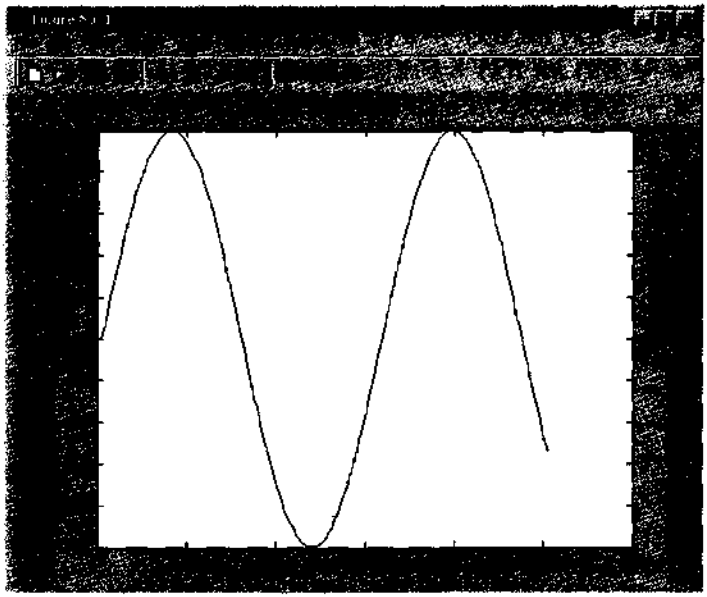
Demo — функциялар калькуляторидан фойдаланишни намойиш қилиш;

Close — учала ойнани ёпиш.

6. ҲИСОБЛАШЛАРНИ ГРАФИК ВИЗУАЛЛАШТИРИШ АСОСЛАРИ

6.1. Бир ўзгарувчили функцияларнинг графигини қуриш

Бевосита ҳисоблашлар режимида амалда тизимнинг графиклар қуришга тааллукли барча имкониятларидан фойдаланиш мумкин. Аввалига оддий мисол, синусоиданинг графигини қуришни кўрайлик. Функциянинг x аргументи 0 дан 10 гача бўлган интервалда 0.1 қадам билан ўзгарсин. График қуриш учун аввал x=0:0.1:10 векторни киритиш, кейин эса график қуриш командаси plot(sin(x)) дан фойдаланиш етарли.



6.1-расм. Синусоиданинг графигини қуришга мисол

>> x=0:0.1:10;
>> plot(sin(x))
>>

Қурилган график 6.1-расмда келтирилган.

График plot командаси ёрдамида қурилганда функциянинг х вектор ёрдамида берилган нуқталардаги ўзаро синиқ чизиқлар билан бирлаштирилади. Бундай нуқталар сони кўп бўлса (масалан, 100 та) график кўзга силлиқ бўлиб кўринади, агар кам бўлса (масалан 10 та) график худди синиқ чизиқлардан иборатдек бўлиб кўринади.

Графикларни MATLAB график ойналар деб аталувчи алоҳида ойналарда қуради. Бу ойна MATLABнинг командалар ойнасидан фарқ қилади. График ойнанинг бош менюсидаги Tools (Асбоблар) пункти ёрдамида асбоблар панелини очиш ва графикларнинг параметрларини осонлик билан бошқариш мумкин.

6.2. Ягона ойнада бир неча функциянинг графигини куриш

Бир йўла учта функция: sin(x), cos(x) и sin*(x)/x* ларнинг графикларини қуришга ҳаракат қилиб кўрайлик. Бу функцияларни аргументи яккол кўрсатилмайдиган у(х) кўринишидаги ўзгарувчилар билан белгилаш мумкин:

»y1=sin(x); y2=cos(x); y3=sin(x)/x;

Бундай имконият ушбу ўзгарувчиларнинг х ўзгарувчи каби вектор бўлганлиги сабабли ўринли. Энди plot командасининг шаклларининг биридан фойдаланишимиз мумкин:

plot(a1,f1,a2,f2,a3,f3,...).

бу ерда al, a2, a3,..., — функция аргументларининг векторлари (юқоридаги ҳолда уларнинг ҳаммаси — х) , f1, f2, f3,... —графиклари ягона ойнада қурилаётган функциялар қийматларининг векторлари. Кўрсатилган функцияларнинг графикларини қуриш учун plot командасини қуйидагича ёзамиз:

» plot(x,y1,x,y2,x.y3)

MATLAB керакли графикларни қуришини кутиш мумкин. Лекин ҳеч қандай график қурилмайди. Бунинг сабаби sin(x)/x ифодани ҳисоблашда. Агар х массив бўлса матрицавий бўлиш / операторини қўллаш мумкин эмас. Графикларни олиш учун *sin(x)* нинг *x* га нисбатини массивларни элементлараро бўлиш оператори ./ ёрдамида ҳисоблаш керак:

>> x=0:0.1:10;

>> y1=sin(x); y2=cos(x); y3=sin(x)./x;

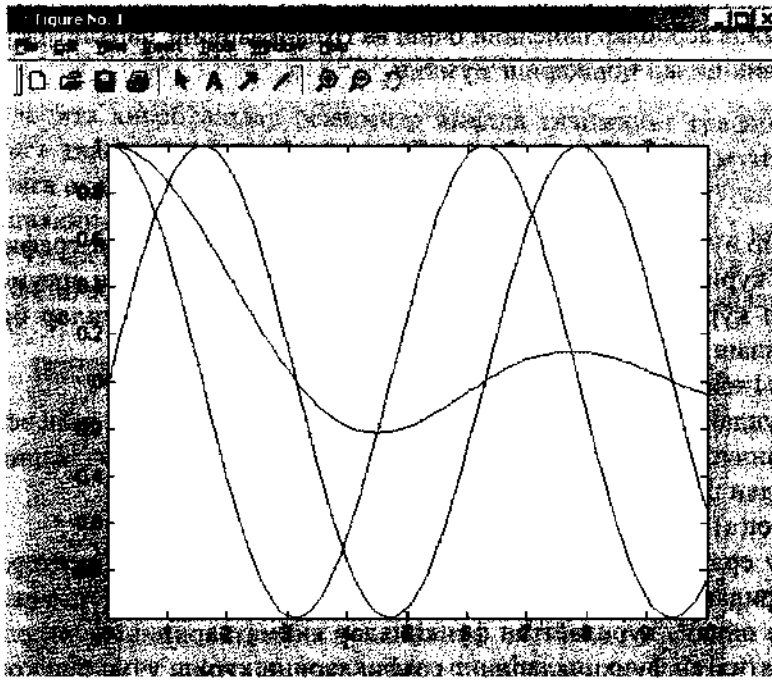
Warning: Divide by zero.

(Type «warning off MATLAB:divideByZero» to suppress this warning.)

>> plot(x,y1,x,y2,x,y3)

MATLAB x=0 да 0га бўлиш юз берганлиги тўғрисида огоҳлантириш берганлигига эътибор беринг. Гап шундаки, plot, sin(x)/x=0/0 ноаниқликни бартараф этиш мумкинлиги ва у бирга тенглигини билмайди. Бундай камчилик ҳамма сонли ҳисоблаш тизимлари учун характерли.

Ҳосил қилинган графиклар 6.2-расмда келтирилган.



6.2-расм. Учта функциянинг графигини қуриш

6.3. График функция fplot

MATLAB sin(x)/x каби бартараф қилиниши мумкин бўлган ноаниқликларга эга функцияларнинг ҳам графикларини қуриш воситаларига эга. Бундай восита бўлиб fplot график командаси ҳисобланади:

fplott'f(x)', [xmin, xmax])

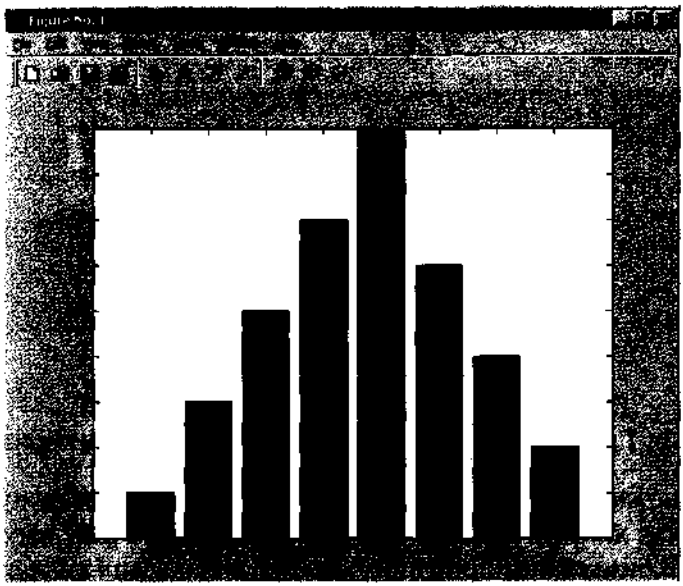
У x аргументнинг белгиланмаган ўзгариш қадамлари учун xmin дан xmax гача бўлган интервалда символ кўринишда берилган функциянинг графигини қуриш имкониятини беради.

6.4. Устунли диаграммалар

Амалий ҳисобларда бирор V вектор таркибини тасвирлайдиган устунли диаграммалар деб аталувчи графиклар кўп учрайди. Бунда векторнинг ҳар бир элементи баландлиги унинг қийматига мос бўлган устун шаклида кўрсатилади. Устунлар тартиб рақамларига ва энг баланд устуннинг максимал қийматига нисбатан маълум масштабга эга бўлади. Бундай графиклар bar(V) командаси ёрдамида қурилади:

```
-> V=[1 3 5 7 9 6 4 2];
-> bar(V)
->
```

Қурилган диаграмма 6.3-расмда кўрсатилган.



6.3-расм. Устунли диаграммани қуриш

6.5. Уч ўлчамли графикларни қуриш

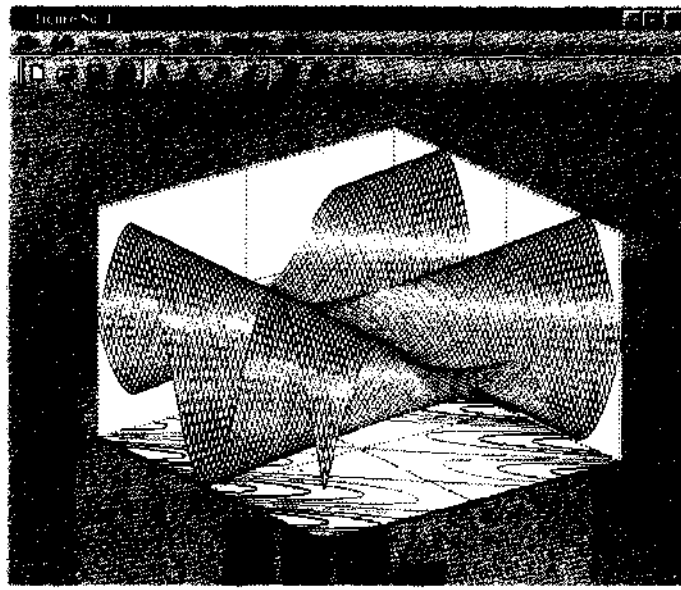
MATLABда уч ўлчамли графикларни қуриш ҳам жуда осон. Бунинг учун қандай командалар қандай графикларни қурищини билиш етарли. Масалан, сиртнинг графиги ва унинг сирт остидаги

текисликка контур графиклар кўринишидаги проекцияларини қуриш учун қуйидаги командалардан фойдаланиш етарли:

```
» [X,Y]=meshgrid(-5:0.1:5);
» Z=X.*sin(X+Y);
» meshc(X,Y,Z)
```

Қурилган график 6.4-расмда кўрсатилган.

Аввалларн бундай график қуриш дастурини тузиш ва уни созлаш учун бир неча кун зарур бўлар эди. MATLABда эса бу ишни санокли дақиқаларда амалга ошириш мумкин.



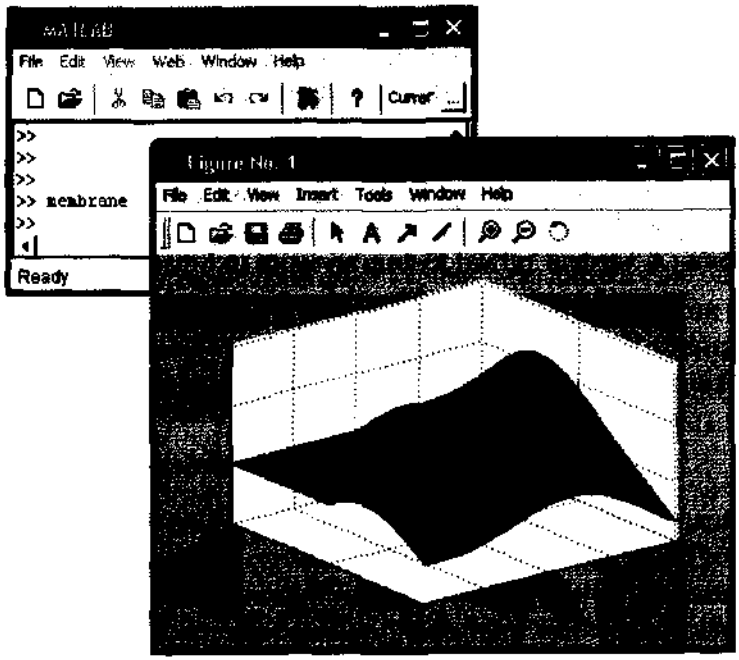
6.4-расм. Уч ўлчамли графикни қуриш

6.6. Графикларни сичқонча ёрдамида айлантириш

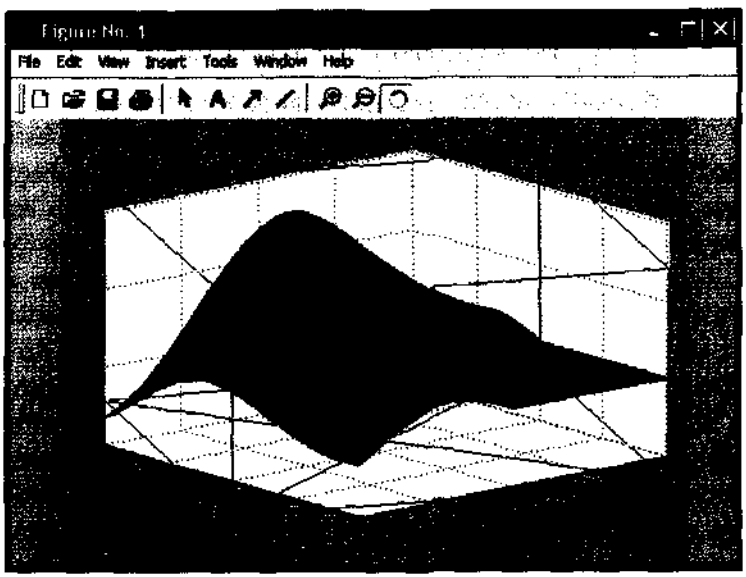
Ҳосил қилинган фигураларни сичқонча ёрдамида буриш ва уларни ҳар хил бурчак остида кузатиш мумкин. Ушбу имкониятни MATLAB тизимининг логотипи — мембранани ҳосил қилиш мисолида кўрайлик. Бунинг учун membrane командасини киритиб бошланғич графикни оламиз (6.5-расм).

Графикни айлантириш учун асбоблар панелининг ўнг томонидаги стрелкали пунктир айлана кўринишидаги тугмани активлаштириш етарли. Сўнгра курсор график устига олиб келинади ва сичқончанинг чап тугмасини босиб айлана ҳаракатлар билан графикни айлантириш мумкин (6.6-расм). MATLAB 6 да эса худди шу йўл билан икки

Ўлчамли графикларни ҳам айлантириш мумкин. Бундай айлантириш-лар ҳеч қандай дастурлашни талаб қилмайди.



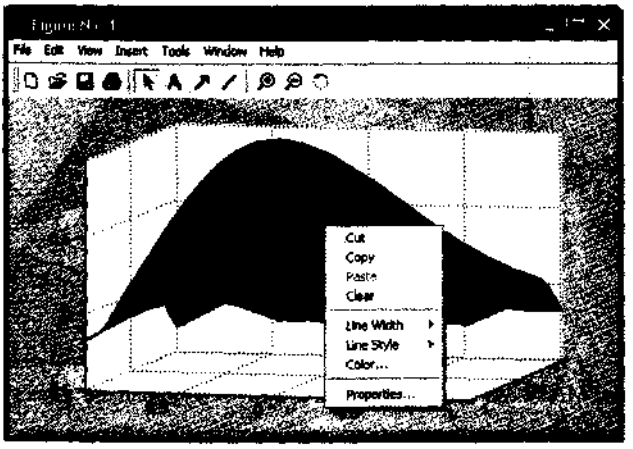
6.5-расм. MATLAB тизимининг логотипи — мембранани ҳосил қилиш



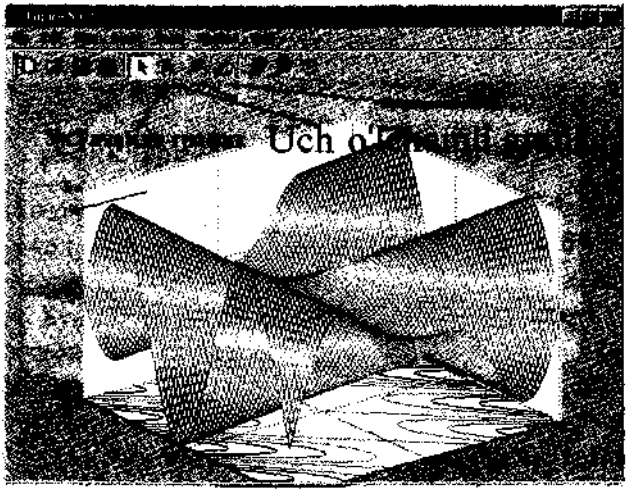
6.6-расм. Уч ўлчамли фигурани сичқонча ёрдамида айлантириш

6.7. Графикларнинг контекст менюси

Графикни таҳрирлаш режимига ўтиш учун курсор-стрелка тасвирига эга бўлган Edit Plot (Графикни таҳрирлаш) тугмаси босилади. Ушбу режимда сичқончанинг ўнг тугмасини босиб чақириладиган контекст меню ёрдамида графикни таҳрир қилиш мумкин. Курсор уч ўлчамли график соҳасида турганда ҳосил бўладиган кентекст менюнинг кўриниши 6.7-расмда кўрсатилган. Сичқонча ёрдамида графикни белгилаш ҳам мумкин. Чап тугма босилганда расмнинг атрофида рамка ҳосил бўлади. Сўнгра графикка стрелкалар, чизиқлар ва тушунтирувчи ёзувларни (А ҳарфли тугма) қўйиш мумкин (6.8-расм).



6.7-расм. График таҳрирлаш ҳолатида ва контекст меню



6.8-расм. Графикни таҳрирлаш

6.8. Икки ўлчамли графикларни таҳрирлаш асослари

MATLAB тизими томонидан қурилган бошланғич графикларни хоссалари ва кўринишини график командалар параметрлари ёрдамида кенг чегараларда ўзгартириш мумкин. Лекин бундай йўл MATLAB тизимининг дастурлаш тилини ва дескриптор графикасини яхши билишни талаб қилади.

MATLAB 6 нинг янги версиясида графикларнинг хоссаларини ўзгартириш (уларни форматлаш) учун график объектларининг кўринишини (стилини) визуал назорат қилиш принципидан фойдаланилади. Натижада графикларни файл кўринишида дискка ёзиб олишдан аввал уларга осон ва содда йўллар билан керакли кўринишни бериш имкониятини беради. Айтиш мумкинки, бунда график воситаларни визуал йўналтирилган дастурлаш принциплари амалга оширилган.

6.8.1. Графикларнинг чизиқларини форматлаш

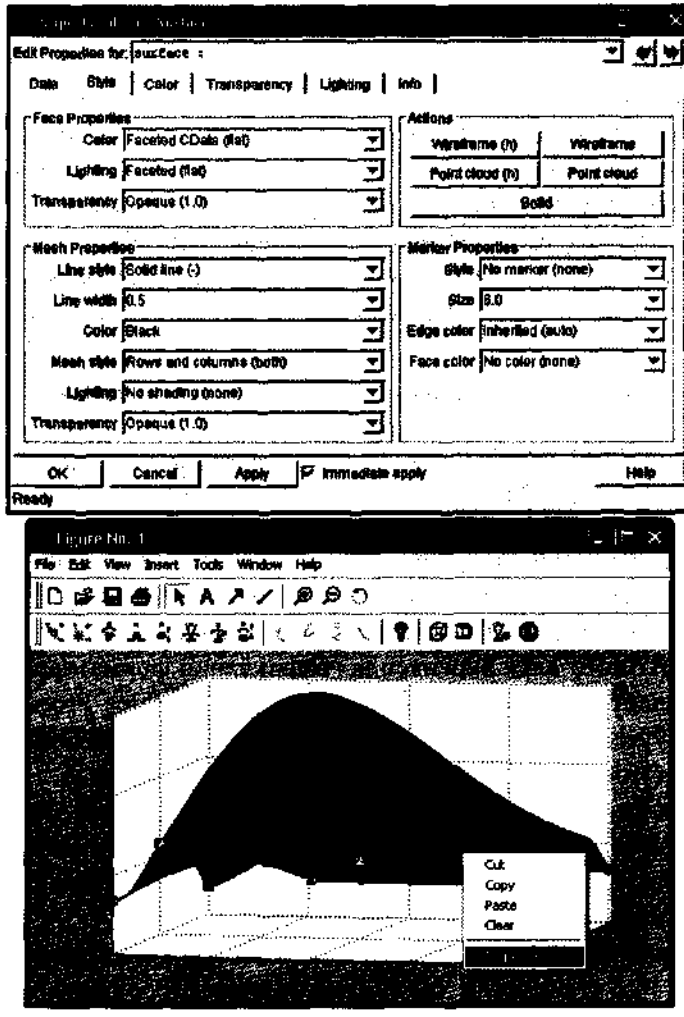
MATLABнинг аввалги версияларида графикларни созлаш (форматлаш) учун махсус хоссалар таҳрирлагичи — Graphics Properties Editor (График хоссаларининг таҳрирлагичи) дан фойдаланилган. Уни MATLAB командалар режими ойнасининг File менюсидан Show Graphics Properties Editor (Графика хоссаларининг таҳрирлагичини кўрсатиш) командаси ёрдамида чақириш мумкин эди.

MATLABнинг янги версиясида графикларни форматлаш жиддийроқ ва қулайроқ бўлиб қолди. Унда Show Graphics Properties йўқ ва унинг ўрнини Figure Properties (фигуранинг хоссалари) ва Axis Properties (ўқларнинг хоссалари) командалари эгаллаган.

График қурилганда график ойна ҳосил бўлади. Баъзи ҳолларда у бошқа ойналарнинг орқасида қолиб кўринмаслиги ҳам мумкин. Агар график кўринмаса **Alt + Tab** клавишаларини босиш ва керакли ойнани танлаш мумкин.

Графикни форматлаш учун график ойнасидаги асбоблар панелининг Edit Plot (Графикни таҳрирлаш) тугмаси босилади ва график босилади, график белгиланади, унинг атрофида рамка ҳосил бўлади. Сичқончанинг курсорини график объектларидан бирининг устига олиб келиб чап тугмаси босилса объект белгиланади ва унинг форматлаш ойнаси пайдо бўлади. Масалан, таҳрирлаш режимида сичқонча билан графикнинг линиясини кўрсатиб сичқончанинг чап тугмаси тезлик билан икки марта босилса график линиясининг форматлаш ойнаси пайдо бўлади (6.9-расм, юқорида).

Графикнинг пастки қисмида жойлашган Apply (Қўллаш) тугмаси ўзгартирилган ўрнатмаларни диалог ойнаси ёпилмасдан туриб қўллаш имкониятини беради. ОК тугмаси ўзгартиришларни киритади ва диалог ойнасини ёпади.

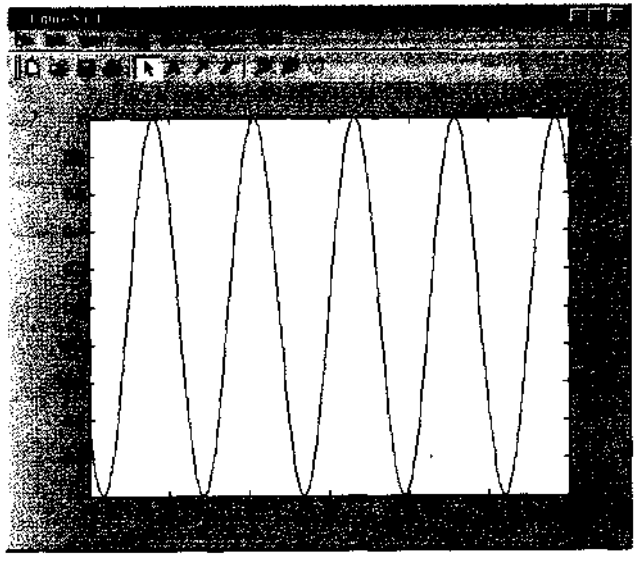


6.9-расм. График ойнаси (пастда) ва линияни форматлаш ойнаси (юқорида)

6.8.2. Таянч нуқталар маркерларини форматлаш

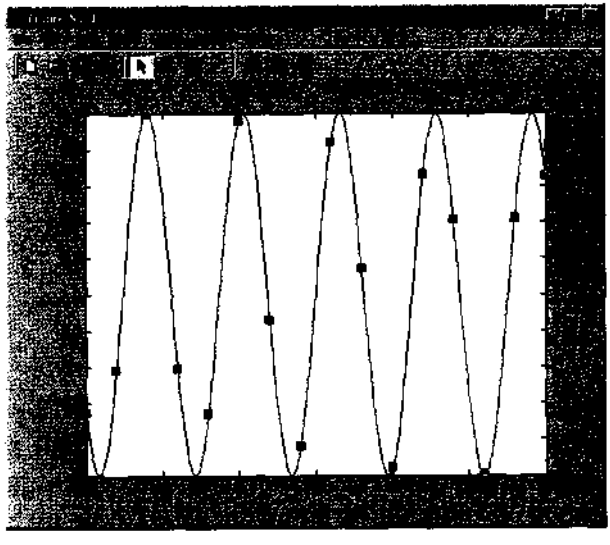
Таянч нуқталар маркерларини форматлашни x нинг 0.1 қадам билан -15 дан 15 гача бўлган интервалдаги y=sin(x) функциянинг графиги мисолида кўрайлик (6.10-расм):

```
>> X=(-15:0.1:15);
>> Y=sin(X);
>> plot(X,Y)
```



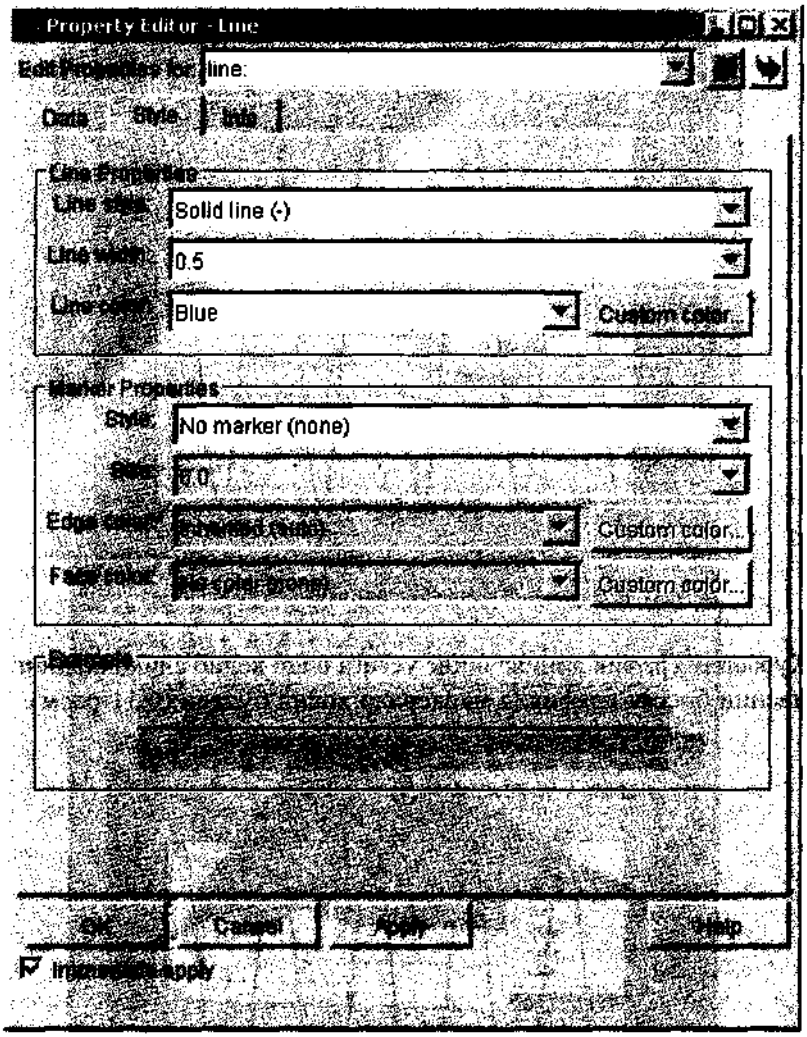
6.10-расм. Y=sin(x) функциянинг графиги

Курсорни график линиясининг устига олиб келиб сичқончанинг чап тугмасини боссак графикда маркерлар ҳосил бўлади (6.11-расм).



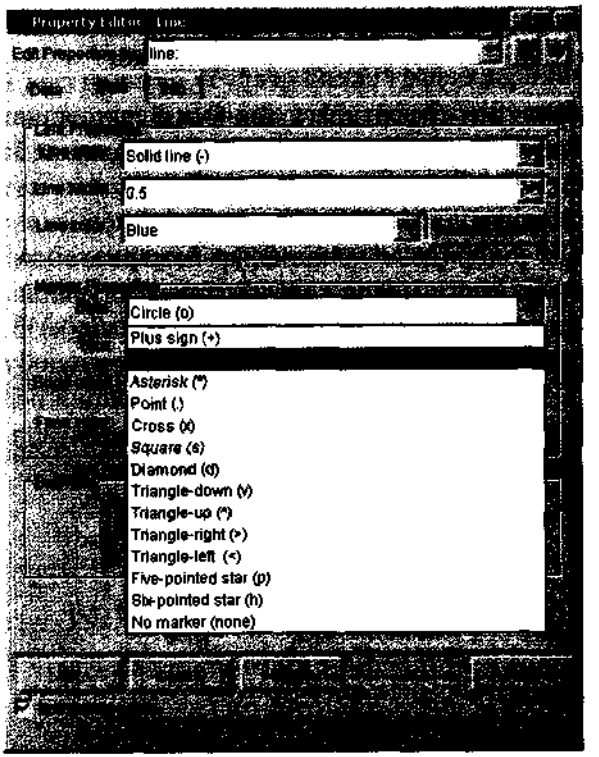
6.11-расм. Линиянинг маркерлари

Курсорни маркерлардан бирининг устига олиб келиб сичқончанинг чап тугмасини икки марта тезлик билан боссак Property Editor-Line диалог ойнаси пайдо бўлади (6.12-расм).

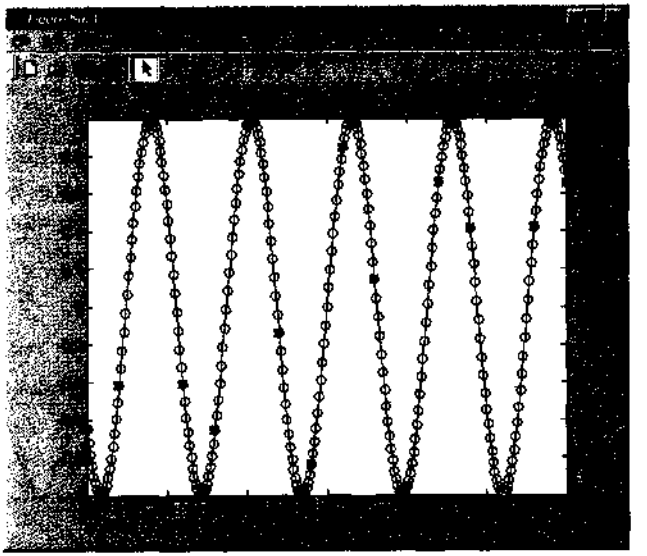


6.12-расм. Property Editor-Line диалог ойнаси

Marker Properties майдонидаги Style менюсидан (6.13-расм) керакли маркерни танлаб олишимиз мумкин. Масалан, Circle ни танласак график 6.14-расмда кўрсатилган кўринишни олади ва маркерларнинг ўлчамлари, ранги, кўриниши ва бошқа параметрларини ўзгартириш мумкин.



6.13-расм. Style менюси



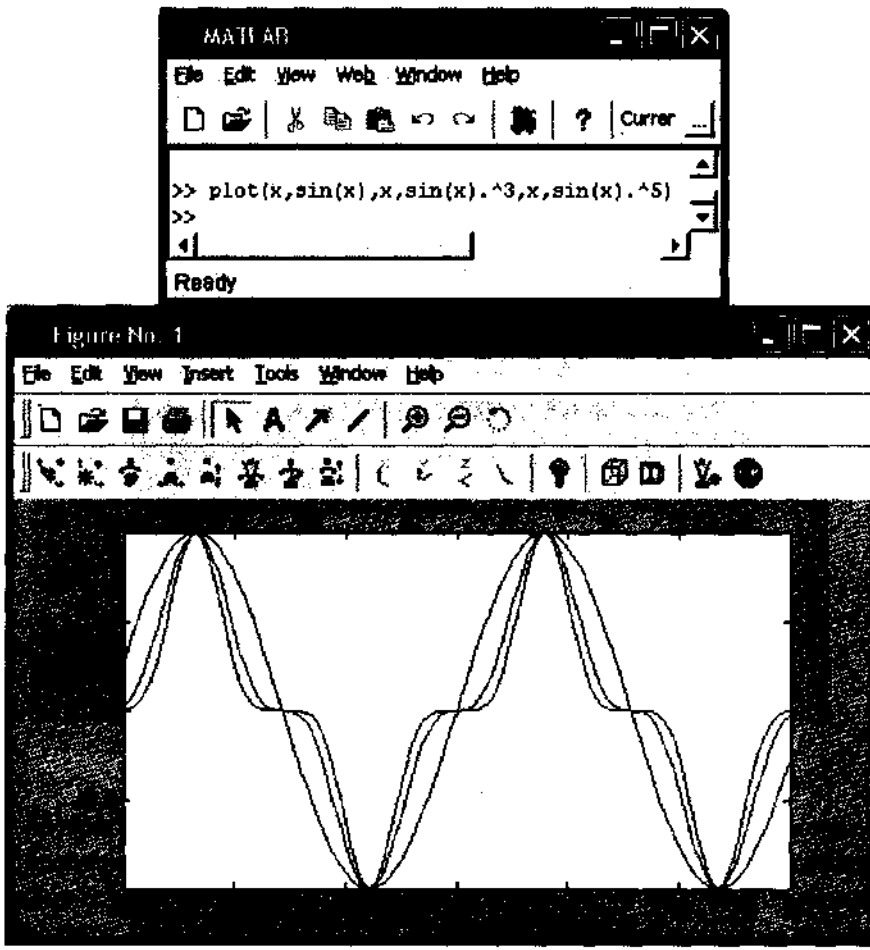
6.14-расм. Форматланган график

6.8.3. Бир неча функция графигининг линия ва маркерларини форматлаш

Бир неча функция графигидаги ҳар бир функциянинг графигини алоҳида форматлаш мумкин. Қуйидаги командаларни бажарайлик:

```
» x=-6:.1:6;
» plot(x,sin(x),x,sin(x).^3,x,sin(x).^5);
```

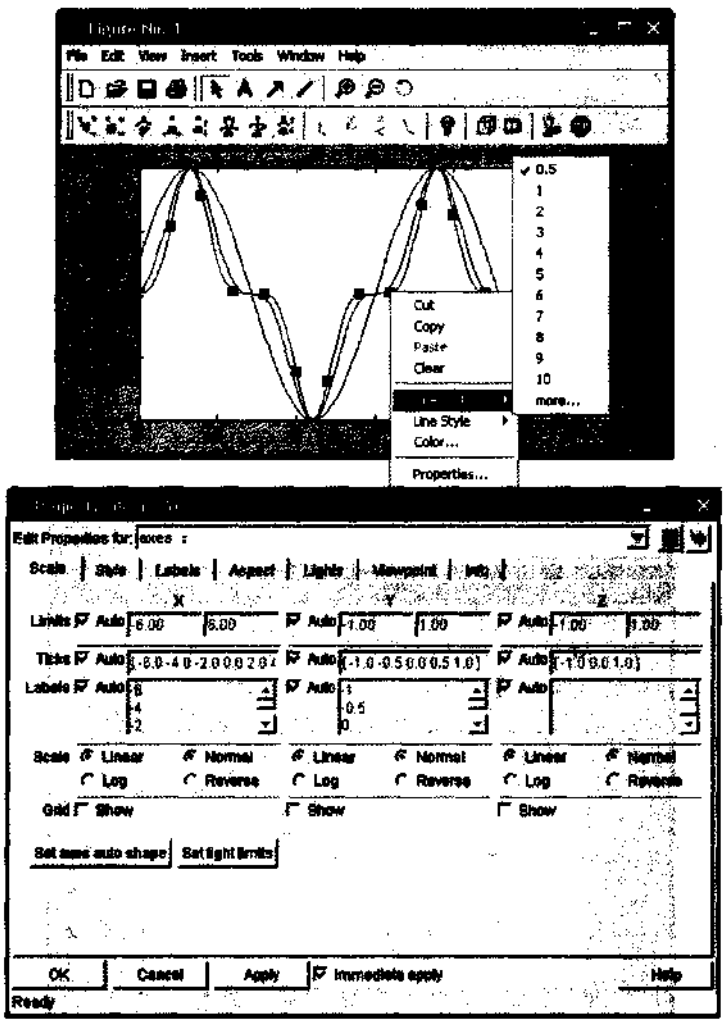
6.15-расмда юқоридаги командалар бажарилганда олинадиган графикни форматлашга мисол келтирилган. Синуснинг даражалари қандай берилганлигига эътибор беринг. Агар sin(x)^3 ва cos(x)^5 кўринишида ёзилса жуда катта хато бўлар эди, чунки бу ерда x вектор. Бу ҳолда .^ элементлараро даражага кўтаришни беради.



6.15-расм. Учта функциянинг графигини форматлаш

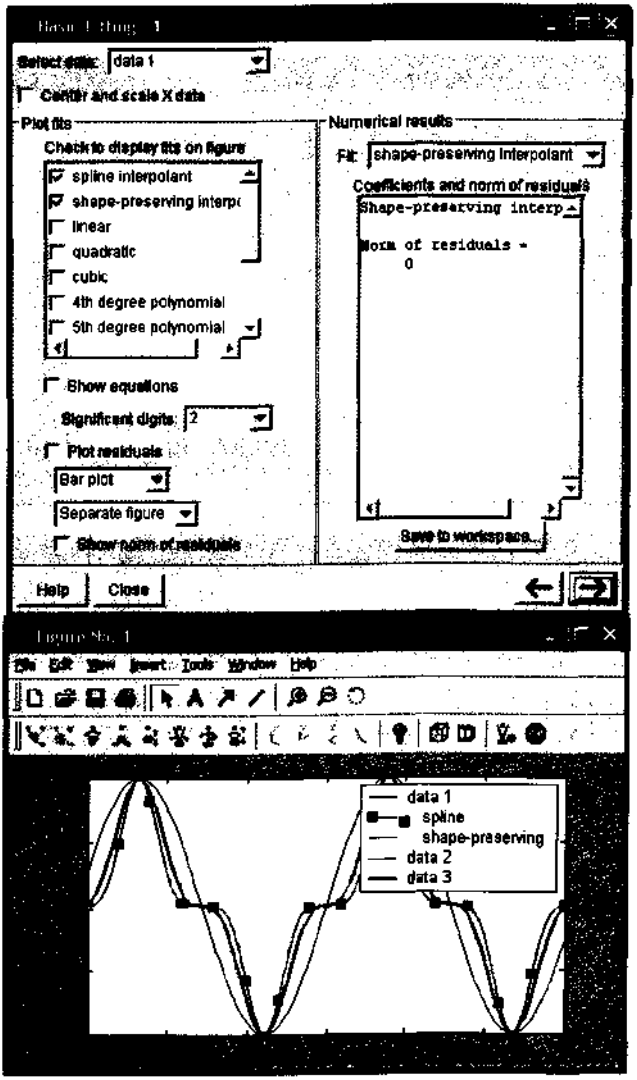
6.8.4. Графикларнинг ўқларини форматлаш

Юқорида келтирилган усуллар билан графикларнинг бошқа объектларини ҳам форматлаш мумкин. Масалан, сичқончанинг курсори билан графикларнинг ўқларини кўрсатиб (уларда ҳам қора квадратлар кўринишидаги меткалар бор) ва сичқончанинг чап тугмасини икки марта тез босиб, график ўқларини созлашга мосланган дескриптор графика объектларини форматлаш Property Editor (Хоссалар таҳрирлагичи, Хоссаларнинг график таҳрирлагичи) ойнасининг пайдо бўлганлигини кўриш мумкин (6.16-расм).



6.16-расм. График ўқларини форматлашга мисол

Дескриптор графика хоссаларининг график таҳрирлагичи ойнаси кўплаб бўлимларга эга. Улардаги форматлаш воситалари содда ва юқори эффективликка эга. Масалан, Scale (Масштаб) бўлими ёрдамида ўқларнинг чизиқли ёки логарифмик масштабларини (6.17-расм), ўқларнинг нормал ёки инверс йўналишларини бериш мумкин. Grid Show параметри ёрдамида тўр (сетка) кўрсатилади ва ҳ.к. Синусоида графигининг бир қатор форматлашлардан кейинги кўриниши 6.17-расмда кўрсатилган.

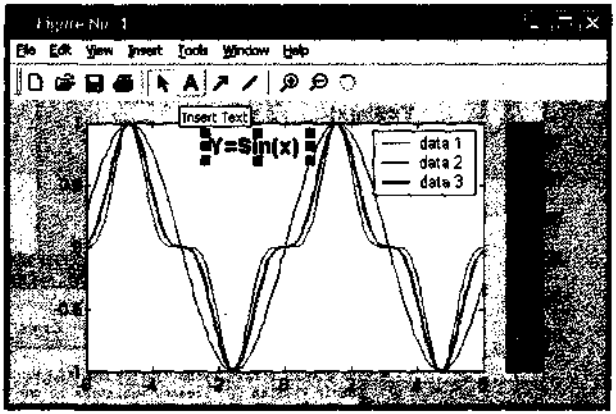


6.17-расм. Синусоида графигининг форматлашдан кейинги кўриниши

Агар компьютер керакли шрифтлар тўпламига эга бўлса ёзувларни инглиз тилидагина эмас, балки бошқа тилларда, жумладан, ўзбек тилида ҳам бажариш ва форматлаш мумкин.

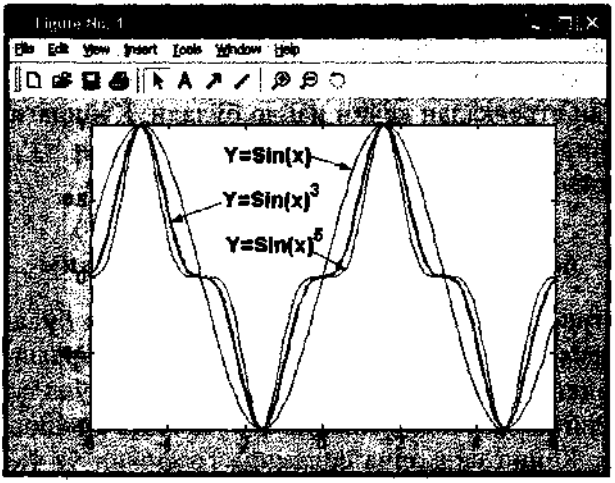
6.8.5. Ёзув ва стрелкаларни тўғридан-тўғри графикка қўйиш

Асбоблар панелидаги A ҳарфли тугма ёрдамида графикка қўшимча ёзувларни қўйиш мумкин. Ёзувнинг ўрни сичқончанинг чап тугмасини босиш йўли билан белгиланади (6.18-расм).



6.18-расм. Графикка ёзувларни қўйиш

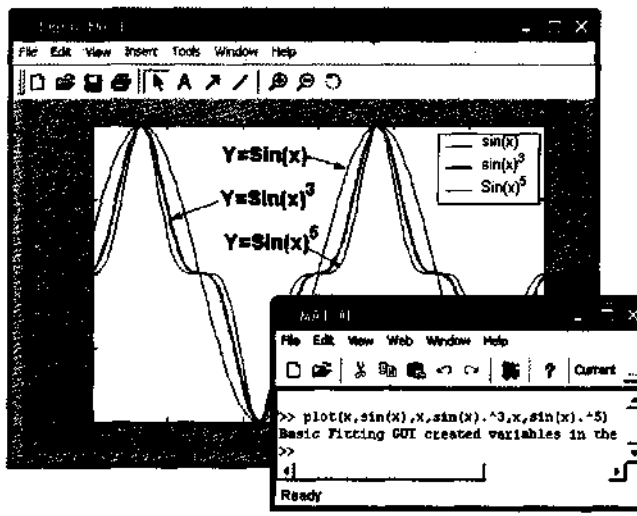
Ёзувларни сичқонча ёрдамида бошқа керакли жойга силжитиш мумкин. Шундай йўл билан ҳосил қилинган ёзувлар 6.19-расмда кўрсатилган.



6.19-расм. Учта функциянинг форматланган графиги

6.8.6. Графикнинг ўлчамларини ўзгартириш ва легенда

Графикнинг ўлчамларини ўзгартириш Tools (Асбоблар) менюсидаги Zoom In (Катталаштириш) ва Zoom Out (Кичрайтириш) командалари ёрдамида амалга оширилади. Легенда — тушунтирувчи ёзувларга эга бўлган линия кесмаларидир. Легендани графикка Insert (Қўйиш) менюсидаги Legend (Легенда) командаси ёрдамида жойлаштириш мумкин (6.20-расм).

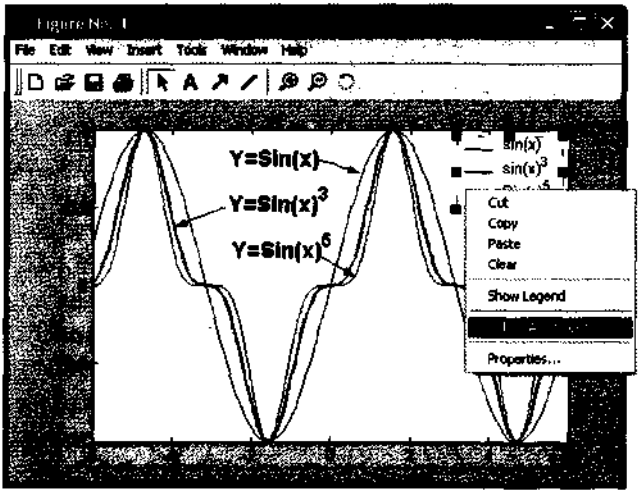


6.20-расм. Легенда қўйилган график

Графикни дастурий йўл билан ҳам форматлаш мумкин. Масалан, text(x,y, 'legend') командаси ёрдамида координаталари (x, y) бўлган 'legend' ёзувини ҳосил қилиш мумкин. Агар биринчи апострофдан кейин текстдан олдин \leftarrow параметри жойлаштирилса легенда чапга қараган стрелкадан кейин пайдо бўлади. Қуйидаги legend('s1', 's2',...) команда ёрдамида тушунтирувчи ёзувлари 's1', 's2' ва ҳ.к. бўлган одатдаги легендани ҳосил қилиш мумкин.

6.8.7. График ойнада графикни силжитиш

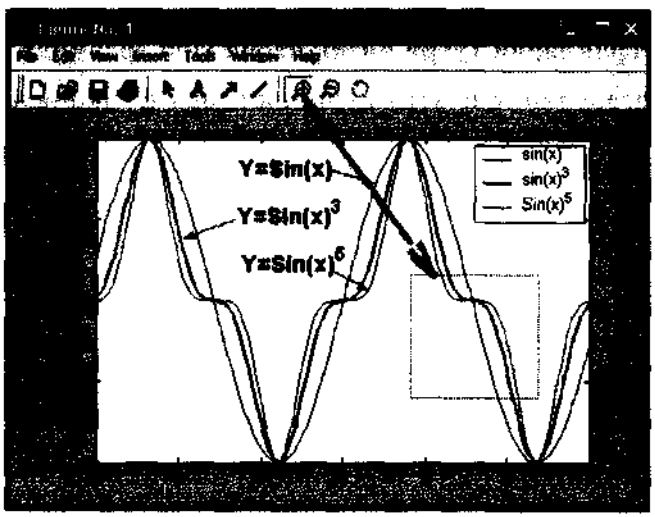
Одатда график ойнанинг ўртасида жойлашган бўлади. График ойнада графикни силжитиш учун графикни таҳрирлаш режимида, курсор графикнинг устида бўлганда, сичқончанинг ўнг тугмаси ёрдамида очиладиган контекст менюдан Unlock Axes Position командаси чақирилади. Кейин сичқонча ёрдамида графикни ўз ўқлари билан биргаликда силжитиш мумкин (6.21-расм).



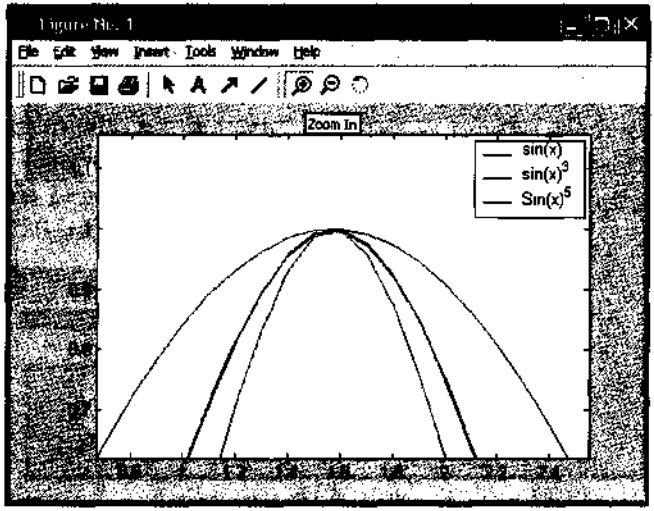
6.21-расм. Графикни силжитишга мисол

6.8.8. График лупани қўллаш

Асбоблар панелида лупанинг тасвири ва + ҳамда — белгиларга ега бўлган тугмалар бор. Улар ёрдамида Zoom In (+)(Катталаштириш) ва Zoom Out (-) (Кичрайтириш) командалари бажарилади. Бундан ташқари Zoom In командаси ёрдамида графикнинг маълум бир қисмини чап тугмаси босилган сичқончани силжитиш йўли билан белгилаш мумкин (6.22-расм).



6.22-расм. Графикнинг бир қисмини белгилаш



6.23-расм. Графикнинг бир қисмини кўриш

Белгиланган қисмнинг чегаралари ингичка нуқтали линиялардан тузилган тўртбурчак шаклини олади. Сичқончанинг чап тутмасини қўйиб юборилса графикнинг белгиланган қисми график ойнани тўлиқ эгаллайди. Дастлабки масштаб Zoom Out командаси ёрдамида тикланади.

MATLAB тизимининг афзалликларидан бири унда график воситаларнинг кўплигидир. График воситалардан командалар режимида ҳам, дастурлашда ҳам фойдаланиш мумкин.

6.9. Графикларни тўғри чизиқ кесмалари ёрдамида қуриш

Бир ўзгарувчининг y(x) кўринишидаги функциялари математик ҳисобларда ва компьютерда математик моделлашда кенг қўлланилади. Бундай функцияларни тасвирлаш учун декарт (тўғри бурчакли) координаталар системасидан фойдаланилади. Бунда y(x) функция тугун нуқталарининг x ва y координаталарига асосан тегишли нуқталар қурилади ва улар тўғри чизиқ кесмалари ёрдамида бирлаштирилади. MATLAB матрицавий тизим бўлганлиги сабабли функция нуқталарининг координаталари бир хил ўлчамдаги X и Y векторлар кўринишида берилади.

MATLABда графикларни декар координаталар системасида қуриш учун plot командаси хизмат қилади. Ушбу команда қатор параметрларга эга:

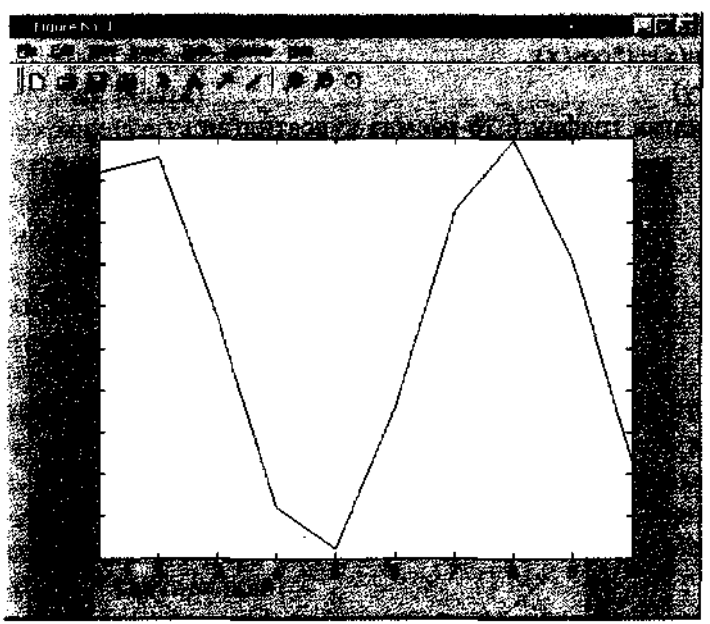
- plot (X,Y) — X ва Y векторлар ёрдамида берилган координаталарга асосан y(x) функциянинг графигини қуради:

- plot(Y) — Y вектор ва унинг элементлари индекслари *i* га асосан *y(i)* графикни қуради. Агар Y векторнинг таркибида комплекс элементлар бўлса plot (real (Y)б imag(Y)) командаси бажарилади. Бошқа ҳамма ҳолларда маълумотларнинг мавҳум қисми инобатга олинмайди.
- plot(X,Y,S) — plot(X,Y) га ўхшаш, фақат график линиясининг турини S константа орқали бериш мумкин:
- plot (X1,Y1, S1, X2, Y2, S2, X3, Y3, S3,...) — ушбу команда ёрдамида битта графикда кўплаб линияларни қуриш мумкин, Маълумотлар (X..Y..S.) кўринишида берилади, бу ерда X... ва Y... — векторлар ёки матрицалар, S. — сатрлар.

Қуйида *sin(x)* функциянинг ҳар хил турдаги графикларини қуриш шмуналари берилган:

```
x=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10];
y=sin(x);
plot(x,y)
```

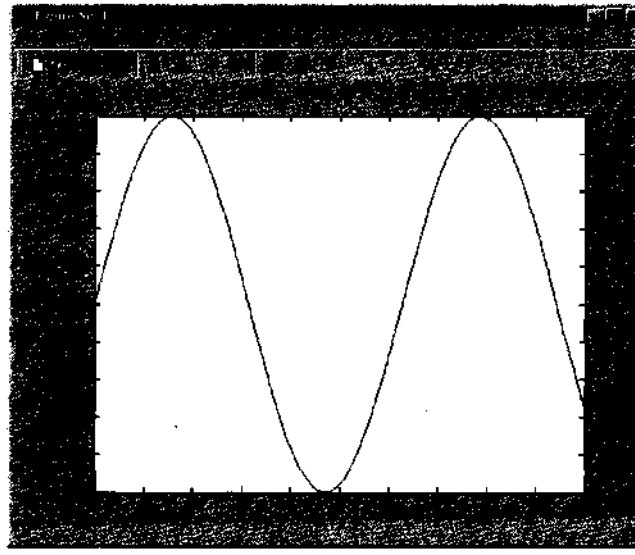
Қурилган график 6.24-расмда кўрсатилган. Нуқталар сони кам бўлганлиги учун график тўғри чизиқ кесмаларидан иборатлиги кўриниб турибди.



6.24-расм. sin(x) функциянинг графиги (нуқталар сони кам)

Нуқталар сонини орттирамиз:

```
x=0:0.01:10; y=sin(x); plot(x,y)
```

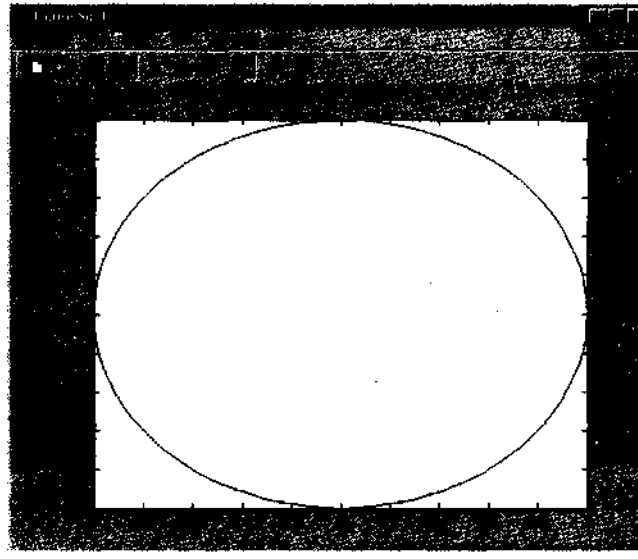


6.25-расм. sin(x) функциянинг графиги (нукталар сони кўп)

plot(Y) командасидан фойдаланишга мисол:

```
x=0:0.02*pi:2*pi;
y=sin(x)+i*cos(x);
plot(y)
```

Қурилган график 6.26-расмда кўрсатилган



6.26-расм. sin(x)+i*cos(x) функциянинг графиги

Plot(X,Y,S) командасида S константанинг қийматлари қуйидаги символлар бўлиши мумкин:

Линиянинг ранги

y Сариқ
m Бинафша
c Ҳаворанг
r Қизил
g Яшил
b Кўк
w Оқ
k Қора

Нуқтанинг тури

. Нуқта
0 Айлана
x Крест
+ Плюс
* Юлдузча
s Квадрат
d Ромб
v Учбурчак (пастга)
a Учбурчак (юқорига)
< Учбурчак (чапга)
> Учбурчак (ўнгга)
p Тўртбурчак
h Олтибурчак

Линиянинг тури

- Узлуксиз
; Иккиланган пунктир
-. Штрих-пунктир
-- Штрих

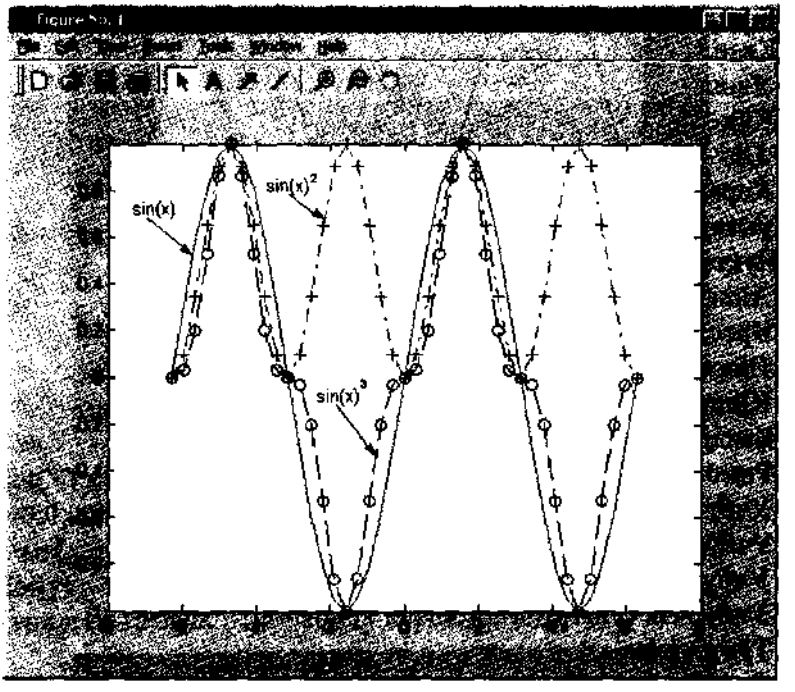
Шундай қилиб, S сатр константаси ёрдамида линиянинг рангини, тугун нуқталарининг белгиларини ва линиянинг турини ўзгартириш мумкин. Линияларнинг ва нуқталарнинг ранглари кўрсатилмаган бўлса улар ранглар жадвалидан автоматик равишда танланади (оқ ранг олинмайди). Агар линиялар сони олтитадан ортиқ бўлса ранглари танлаш қайтарилади.

Учта функциянинг графигини ҳар хил усуллар билан қуришни кўрайлик:

```
x=-2*pi:0.1*pi:2*pi;
y1=sin(x);
```

```
y2=sin(x).^2;
y3=sin(x).^3;
plot(x,y1,'-m',x,y2,'-.+r',x,y3,'--ok')
```

Юқоридаги дастур ёрдамида қурилган sin(x), $\sin(x)^2$, $\sin(x)^3$ функцияларнинг графиклари 6.27-расмда келтирилган.



6.27-расм. sin(x), $\sin(x)^2$, $\sin(x)^3$ функцияларнинг графиклари

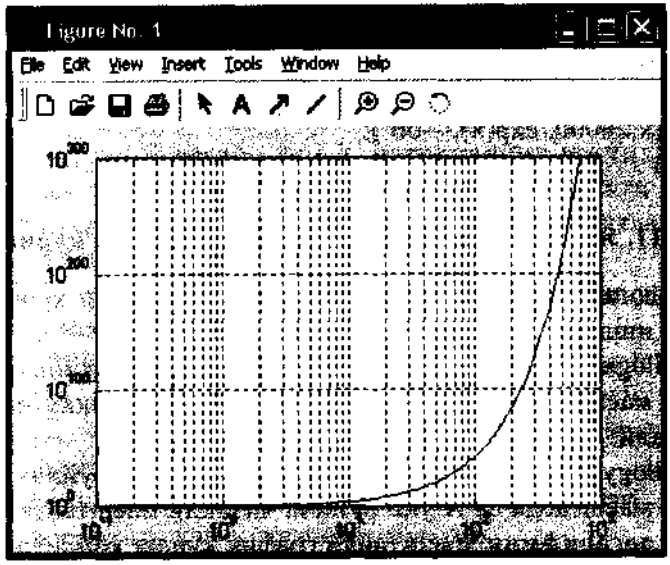
6.10. Логарифмик масштабда график қуриш

Қийматлари кенг чегараларда ўзгарадиган функциялар учун логарифмик масштаблардан фойдаланилади, loglogx(...) — синтаксиси plot(...). командасининг синтаксисига ўхшаш.

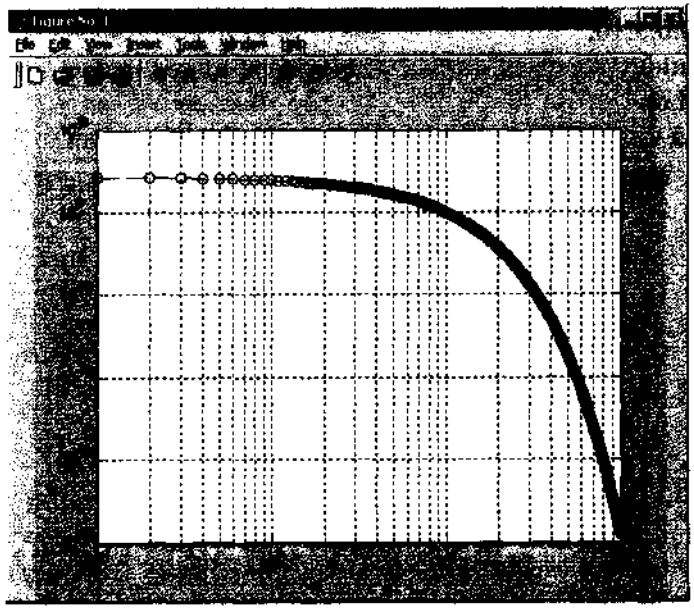
Қуйида ушбу командадан фойдаланиш намуналари берилган:

```
» x=logspace(-1,3);
» loglog(x,exp(x)./x)
» grid on
```

Логарифмик масштабда қурилган *exp(x)/x* функциянинг графиги 6.28-расмда келтирилган. Координаталар сеткасини ҳосил қилиш учун grid on командаси ишлатилган.



6.28-расм. Логарифмик масштабда exp(x)/x функциянинг графиги



6.29-расм. 20000./exp(x) функциянинг графиги

Кейинги мисолда 20000./exp(x) функциянинг графигини куриш /чун S константанинг қийматлари қуйидагича олинган: линиянинг

тури — штрих (‘—‘), тугун нуқтанинг тури — айлана (‘o’), линиянинг ранги — ҳаворанг (‘b’).

```
x=0:.1:100;
loglog(x,20000./exp(x),'--ob');
grid on
```

6.11. Ярим логарифмик масштабда график қуриш

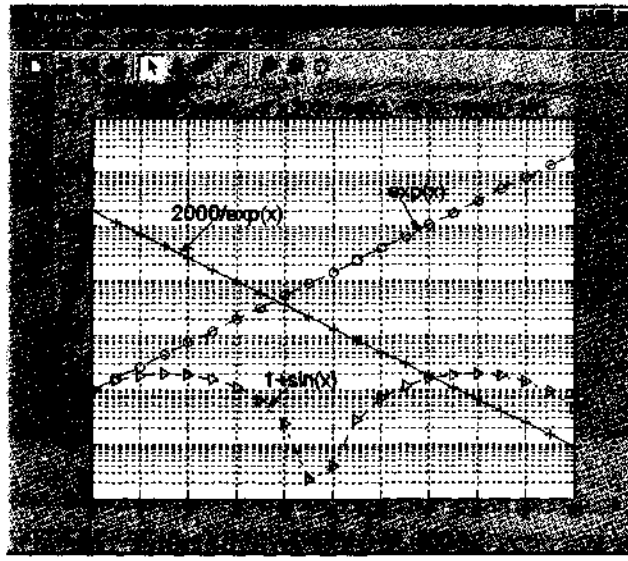
Ярим логарифмик масштабда график қуриш учун қуйидаги командалар ишлатилади:

- semilogx(...) — функциянинг графигини X ўқи бўйича логарифмик масштабда (асоси 10) ва Y ўқи бўйича чизиқли масштабда қуради;
- semilogy (...) — функциянинг графигини Y ўқи бўйича логарифмик масштабда ва X ўқи бўйича чизиқли масштабда қуради.

Ярим логарифмик масштабда график қуриш командаларининг параметрларини ёзиш plot(...) командасиникига ўхшаш. Қуйида semilogy (...) командаси ёрдамида график қуриш намунаси келтирилган:

```
» x=0:0.5:10;
» semilogy(x,exp(x),'--or',x,2000./exp(x),'-+b',x,1+sin(x),'-.>k')
» grid on
```

Ҳосил қилинган графиклар 6.30-расмда келтирилган.



6.30-расм. semilogy (...) командаси ёрдамида график қуриш

6.12. Устунли диаграммалар

Устунли диаграммаларни қуриш учун қуйидаги командалар ишлатилади:

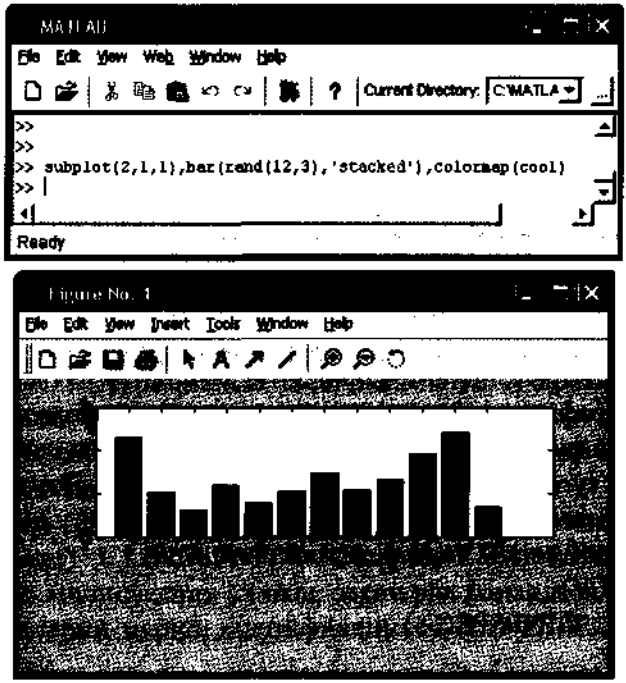
- bar(x, Y) — Y вектор ёки Y матрицанинг устунлари учун устунли диаграмма қуради. Устунларнинг ҳолати x вектор элементларининг монотон ортиб борувчи қийматлари билан белгиланади;
- bar(Y) — юқоридагига ўхшаш, фақат график қуриш учун x=1:m вектор ишлатилади;
- barU.Y,WIDTH) ёки BAR(Y,WIDTH) — юқоридагига ўхшаш, лекин устуннинг кенглиги WIDTH берилади. Сукут ҳолатида WIDTH = 0.8, агар WIDTH > 1 бўлса устунлар орасида очиқ жой қолмайди.

Ушбу командалар plot командасига ўхшаш бўлган bar(.... 'Спецификация') форматида ҳам қўлланиши мумкин.

Қуйида ўлчамлари 12x3 бўлган вертикал устунли диаграммани қуриш намунаси берилган:

» subplot(2,1,1), bar(rand(12,3),'stacked'), colormap(cool)

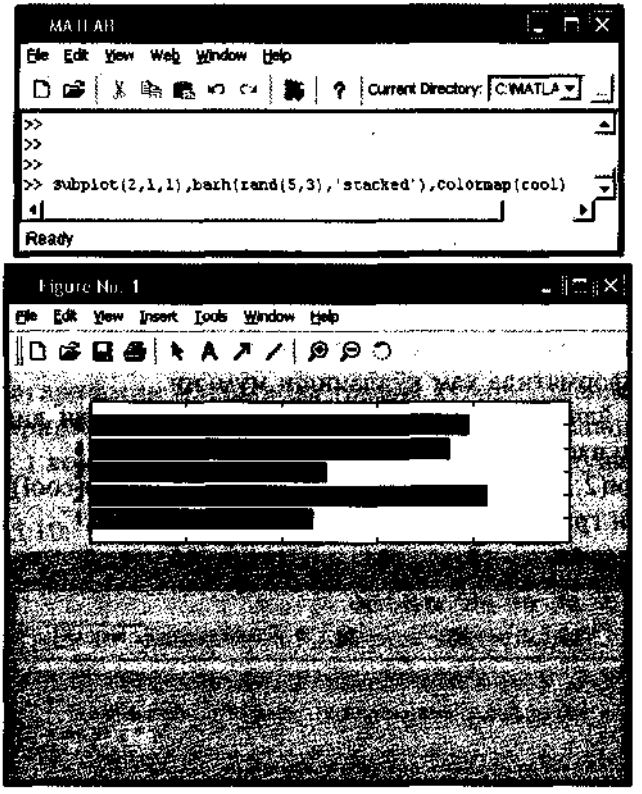
Олинган график 6.31-расмда кўрсатилган.



6.31-расм. Вертикал устунли диаграммани қуриш намунаси

Устунлари горизонтал жойлашган диаграммани қуриш учун bar(...) командасига ўхшаш barh(...) командасидан фойдаланилади (6.32-расм):

» subplot(2,1,1), barh(rand(5,3),'stacked'), colormap(cool)



6.32-расм. Устунлари горизонтал жойлашган диаграммани қуриш намунаси

6.13. Функция дискрет қийматларининг графиги

Бундай графиклар квантланган сигналларни кўрсатишда қўлланилади. Уларда функциянинг қийматларига мос келувчи нуқталар айланалар билан туговчи вертикал чизиқлар кўринишида бўлади. Функция дискрет қийматларининг графигини қуриш учун plot(…) командасига ўхшаш бўлган stem(...) командаси ишлатилади:

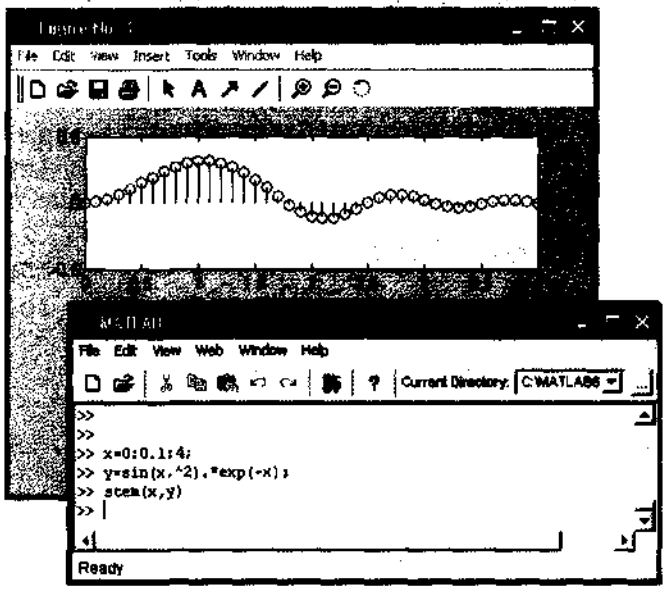
- stem(X.Y) ;
- stem(.... 'LINESPEC';
- stem(Y;
- stem(.... 'filled') — маркерлари бўялган график қуради.

Қуйида stem командасидан фойдаланишга мисол келтирилган:

```
» x = 0:0.1:4;
»y = sin(x.^2).*exp(-x):
» stem(x,y),
```

Олинган график 6.33-расмда кўрсатилган.

H=STEM(...) функцияси график қуради ва график объектларнинг дескрипторларини қайтаради.



6.33-расм. Функция дискрет қийматларининг графиги

6.14. Векторларнинг графиклари

Векторларни узунлиги ва бурчаги комплекс соннинг ҳақиқий ва мавҳум қисмлари билан белгиланувчи, координаталар бошидан чиқувчи стрелка кўринишида тасвирлаш учун compass гуруҳидаги командалардан фойдаланилади:

- compass(U,V) — радиус-векторни унинг ҳақиқий U ва мавҳум V компанентларига асосан қуради;
- compass (Z) — compass (real (Z), imag(Z)) га эквивалент;
- compass(U.V,LINESPEC) ва Compass(Z,.LINESPEC) — юкоридаги командаларга ўхшаш, лекин plot командасидаги сингари линияларни куриш спецификацияси (LINESPEC) ни бериш мумкин.

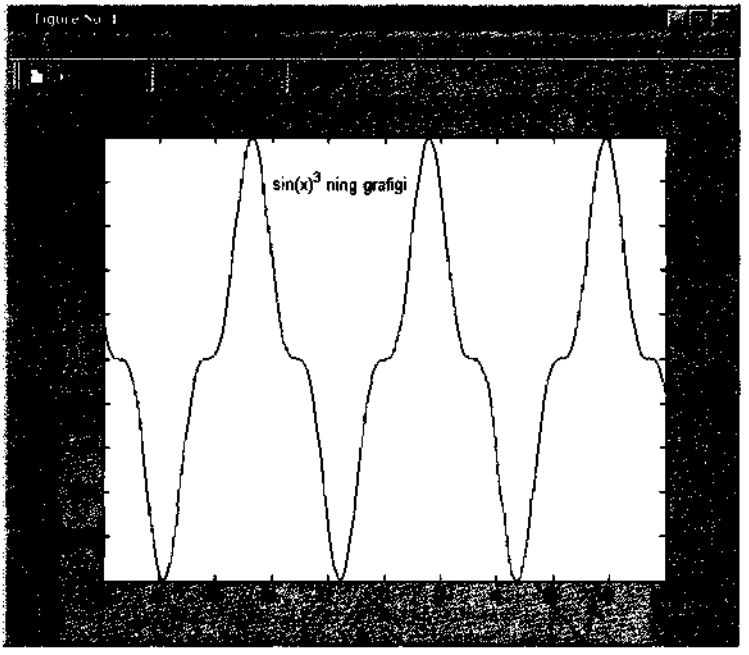
Кейинги мисолда compass командасидан фойдаланиш кўрсатилган:

- text(X,Y,Z. 'string') — уч ўлчамли графикка ‘string’ константаси билан берилган матнни координаталари (X,Y, Z) бўлган нуқтадан бошлаб киритади.

Қуйидаги мисолда « sin(x)^3 функциянинг графиги » ёзуви графикнинг (-4, 0.7) позициясига жойлаштирилган:

```
>> x=-10:.1:10;
>> plot(x,sin(x).^3);
>> text(-4,0.8,'sin(x)^3 ning grafigi')
```

Матн киритилган график 6.36-расмда кўрсатилган.



6.36-расм. Графикка матн киритиш намунаси

h=text(...) функцияси text классидаги объектлар дескрипторларининг h вектор-устунини қайтаради. Қуйидаги мисолда h дескриптор ҳисобланади

```
>> h=text(.25, .5, '\ite^{i\omega\tau} = cos(\omega\tau) + ... i sin(\
omega\tau)')
h =
102.0012
```

ва бўш графикда қуйидаги математик формула TeX форматда чиқарилади:

$e^{iwt} = cos(wt) + ...isin(wt)$

Матннинг қўшимча хоссаларини бериш учун координаталарнинг X,Y жуфтлиги (ёки X,Y,Z учлиги) «параметр номи/параметр киймати» жуфтлиги билан биргаликда келиши мумкин.

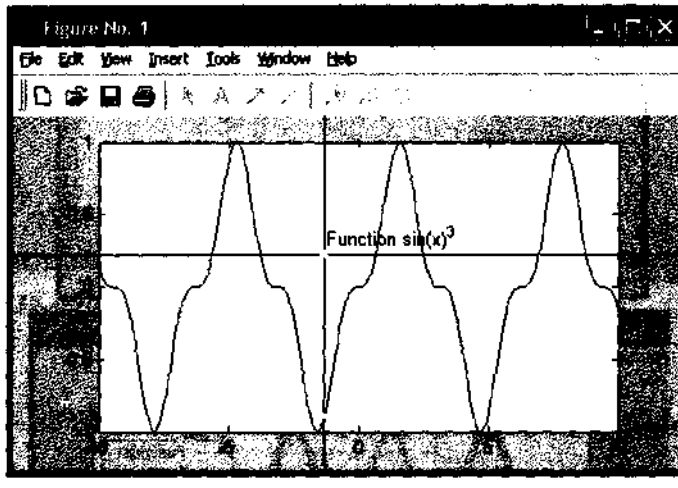
6.18. Матнни сичқонча ёрдамида графикка жойлаштириш

Графикка матн киритишнинг қулай усулларидан бири gtext командасидан фойдаланишдир:

- gtext('string') — сичқонча билан силжитиш мумкин бўлган крест шаклидаги маркер ҳосил қилади ва уни керакли жойга олиб келиб сичқончанинг тугмаси босилса 'string' константаси кўринишида берилган матн ҳосил бўлади;
- gtext (C) — сатр ўзгарувчиларининг С массивидаги кўп сатрли ёзувни графикка қўйиш имкониятини беради.

gtex командасини қўллаш намунаси (6.37-расм):

```
» x=-15:0.1:15;
» plot(x, sin(x).^3)
» gtext('Function sin(x).^3 ')
```



6.37-расм. Матнни графикка сичқонча ёрдамида қўйиш

6.19. Графикка легенда (тушунтиришлар) киритиш

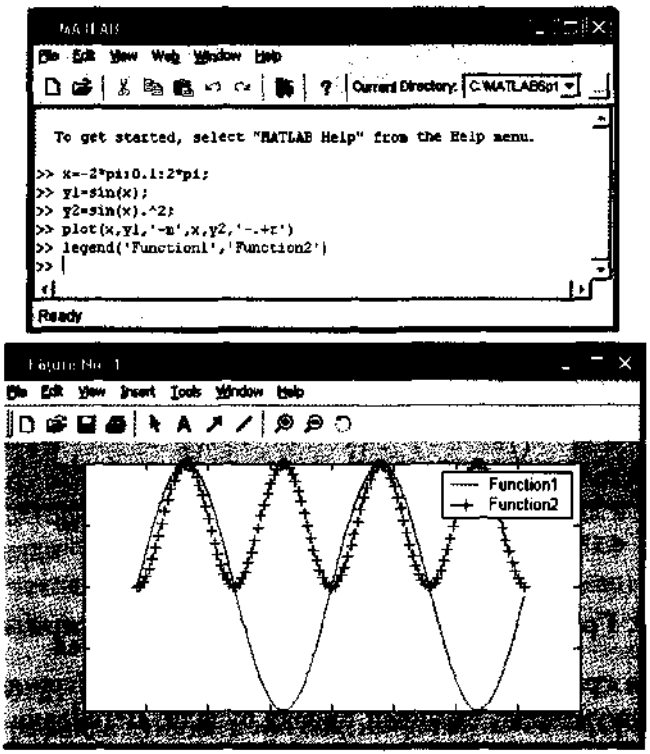
Легенда графикнинг чизиқларига мос келувчи тўғри чизиқ кесмаси ва тушунтириш ёзувидан иборат бўлади. Легендани киритиш учун legend командасининг ҳар хил вариантларидан фойдаланиш мумкин:

- legend(string1,string2, strings,...) — параметрлар рўйхатида кўрсатилган сатрлар кўринишидаги легендани графикка чиқаради;
- legend (....Pos) — легендани Pos параметри билан берилган аниқ жойга қўяди:

Pos=0 — автоматик равишда танланадиган энг яхши жой;
Pos=1 — юқори ўнг бурчак;
Pos=2 — юқори чап бурчак;
Pos=3 — пастки чап бурчак;
Pos=4 — пастки ўнг бурчак;
Pos=-1 — графикдан ўнгга.
Мисол:

```
» x=-2*pi:0.1*pi :2*pi;
» y1=sin(x);
» y2=sin(x).^2;
» plot(x,y1, '-m' ,x,y2 '-.+r')
» legend( 'Function 1', 'Function 2');
```

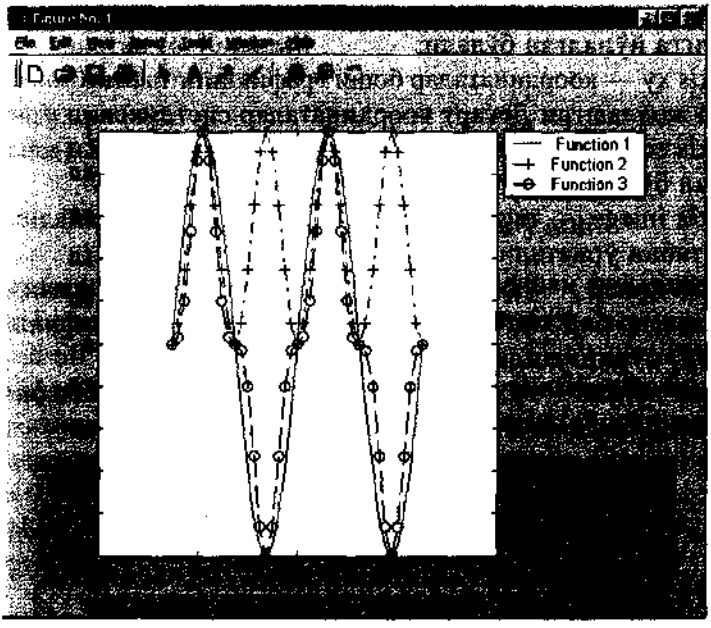
Олинган график 6.38-расмда келтирилган.



6.38-расм. Графикка легенда (тушунтиришлар) киритиш

Легендани графикдан ташқарида жойлаштириш учун (6.39-расм) legend командасига -1 параметри қўшилади:

```
x=-2*pi:0.1*pi:2*pi;
y1=sin(x);
y2=sin(x).^2;
y3=sin(x).^3;
plot(x,y1,'-m',x,y2,'-.+r',x,y3,'--ok')
legend(' Function 1','Function 2','Function 3',-1)
```



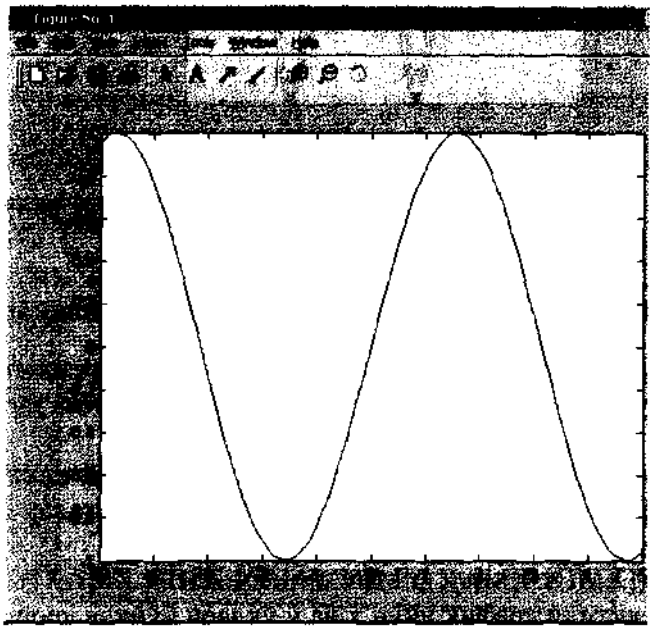
6.39-расм. Легенда график майдонидан ташқарида жойлашган учта функциянинг графиги

6.20. График ўқларининг хусусиятларини бошқариш

Одатда, графиклар автоматик масштабланиш режимида чиқарилади. Қуйидаги, axis классидаги командалар бу ҳолатни ўзгартириши мумкин:

- axis([XMIN XMAX YMIN YMAX]) — жорий икки ўлчамли график учун x ва y ўқлари бўйича координаталар диапазонларини белгилайди;
- axis([XMIN XMAX YMIN YMAX ZMIN ZMAX]) — жорий уч ўлчамли график учун x ва y ўқлари бўйича координаталар диапазонларини белгилайди;

- axis auto — ўқларнинг параметрлари сукут бўйича қўйилади;
- axis manual — hold on командасидан фойдаланилганда кейинги графиклар ишлатиши учун жорий графикнинг масштабланиш параметрларини сақлаб қолади;
- axis tight — маълумотларнинг ўзгаришларига асосан координаталар диапазонларини ўрнатади;
- axis ij — графикнинг чап юқори бурчагидан бошланадиган матрицавий тўғри бурчакли координаталар системасини ўрнатади. Вертикал і ўқи юқоридан пастга, горизонтал j ўқи чапдан ўнгга йўналган бўлади;
- axis xy — координаталар боши графикнинг пастки чап бурчагида жойлашган Декарт координаталар системасини ўрнатади;
- axis equal — x, y ва z ўқларида меткалар орасидаги масофа бир хил бўлган масштабни ўрнатади;
- axis image — тасвир пикселлари квадратга айланадиган масштабни ўрнатади;
- axis square — ўқларнинг узунлиги ва меткалар орасидаги масофалар бир хил бўлган квадрат (уч ўлчамли графиклар учун куб) кўринишидаги жорий ўқларни ўрнатади;
- axis normal — axis equal ва axis square ўрнатмаларни бекор қилиб бошланғич масштабни тиклайди;



6.40-расм. axis командасинн икки ўлчамли графика қўллаш намунаси

- axis vis3d — уч ўлчамли объектларни буриш учун ўқларнинг пропорцияларини сақлайди;
- axi s off — ўқлардан белгилашлар ва маркерларни олиб ташлайди; axis on — белгилашлар ва маркерларни тиклайди;
- V=axis — жорий графикнинг масштаблаш коэффициентларини ўз ичига олувчи вектор-сатрни қайтаради. Икки ўлчамли график учун вектор тўртта ва уч ўлчамли график учун олтита компонентга эга бўлади.

Қуйида axis командасини икки ўлчамли графикка қўллаш намунаси келтирилган (6.40-расм):

```
>> x=-5:0.1:5;
>> plot(x,sin(x));
>> axis([-5 5 -1 1])
```

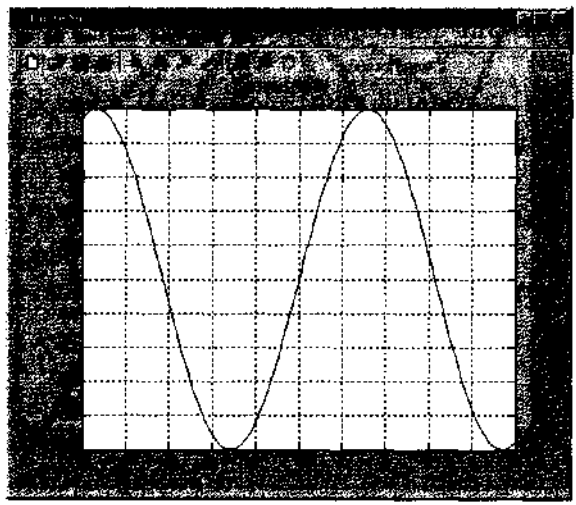
6.21. Тўр (сетка)ни улаш ва узиш

Сеткани улаш ва узиш учун grid командасидан фойдаланилади:

- grid on — жорий графика сеткани киритади;
- grid off — сеткани олиб ташлайди;
- grid — кетма-кет сеткани киритади ва олиб ташлайди.

Сетканинг мавжудлиги график нуқталарининг координаталарини баҳолашни осонлаштиради, масалан, (6.41-расм):

```
>> x=-5:0.1:5;
>> plot(x,sin(x));
>> grid on
```



6.41-расм. Сеткани улаш ва узиш учун grid командасидан фойдаланиш

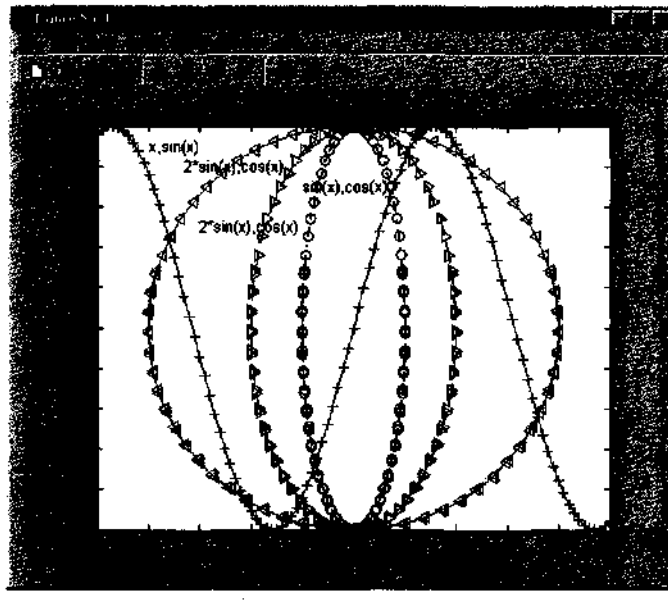
6.22. Графикларни устма-уст қўйиш

Кўплаб ҳолларда графикларни устма-уст қўйиш талаб қилинади. Бунинг учун график қуришларни давом эттириш командаси hold қуйидаги шаклларда қўлланилади:

- hold on — жорий ойнага графикларни чиқариш давом этишини таъминлайди. Натижада мавжуд графикларга янгилари қўшилади;
- hold off — жорий ойнага графикларни чиқариш давом этадиган режим бекор қилинади;
- hold — улаб-узгич сифатида ишлайди, яъни графикларни чиқариш давом этадиган режим кетма-кет уланади ва бекор қилинади. Бошқачасига айтганда hold on командаси figure ва axes объектларининг NextPlot хусусияти учун Add қийматини, hold off командаси эса replace қийматини ўрнатади.

Қуйидаги мисолда синусоида графигининг устига яна учта функциянинг графиги устма-уст қўйилади:

```
x=-5:0.1:5;
plot(x,sin(x),'-+r')
text(-4,0.9,'x,sin(x)')
hold on
pause(0.5)
```



6.42-расм. Графикларни устма — уст қўйиш

```
plot(sin(x),cos(x),'-.ok')
text(-1,0.7,'sin(x),cos(x)')
pause(.5)
plot(2*sin(x),cos(x),'-->b')
text(-3,0.5,'2*sin(x),cos(x)')
pause(.5)
plot(4*sin(x),cos(x),'-<m')
text(-3.3,0.8,'2*sin(x),cos(x)')
hold off
```

Функцияларнинг қурилган графиклари 6.42-расмда келтирилган.

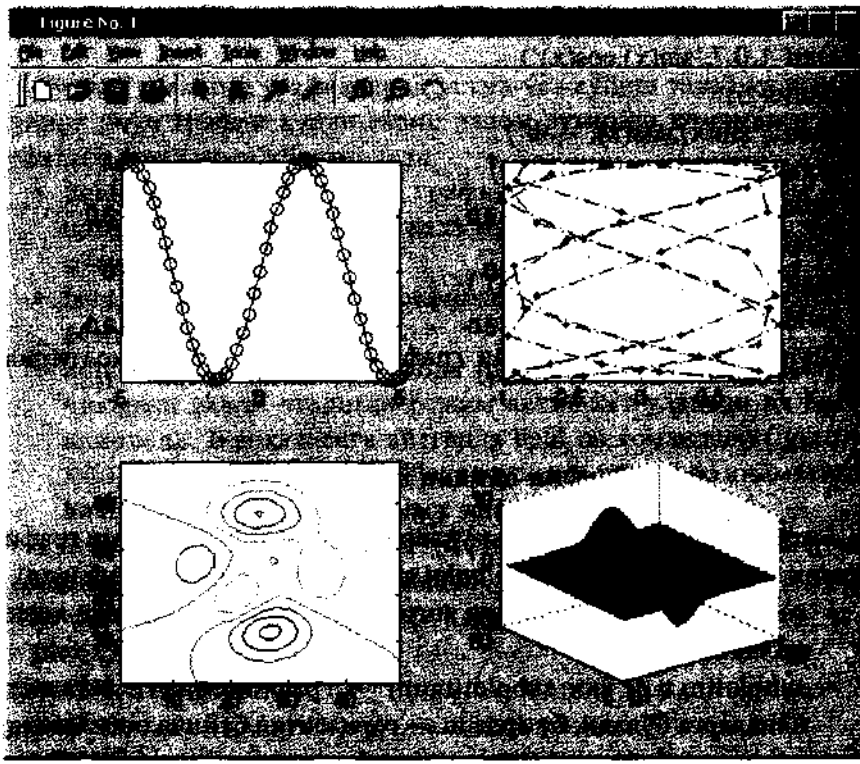
6.23. График ойнани қисмларга бўлиш

Битта ойнада ўз координата ўқларига эга бўлган бир нечта графикларни жойлаштириш учун subplot командасидан фойдаланилади:

- subplot — axes классидаги янги объектлар (ост-ойналар) ҳосил қилади;
- subplot(m.n.p) ёки subplot(mnp) — график ойнани mxn ост-ойналарга бўлади, бу ерда m — горизонтал бўйича ост-ойналар сони, n — вертикал бўйича ост ойналар сони, p — жорий график чиқариладиган ост-ойнанинг тартиб рақами (ост-ойналар сатрлар бўйича кетма — кет ҳисобланади);
- subplot(H), бу ерда H — axes объекти учун дескриптор, жорий график учун ост-ойнани кўрсатишнинг альтернатив усулини беради;
- subplot('position',[left bottom width height]) — координаталари нормаллаштирилган (0дан 1гача оралиқда) ост-ойнани ҳосил қилади;
- subplot(lll) Hclf reset — ҳамма ост-ойналарни йўқотади ва график ойнани одатий ҳолга қайтаради.

Қуйидаги мисолда тўртта ост-ойна ҳосил қилинган (6.43-расм):

```
x=-5:0.2:5;
subplot(2,2,1),plot(x,sin(x),'-or')
subplot(2,2,2),plot(sin(5*x),cos(2*x+0.2),'-..k')
subplot(2,2,3),contour(peaks)
subplot(2,2,4),surf(peaks)
```



6.43-расм. График ойнани қисмларга бўлиш

6.24. Графикнинг масштабини ўзгартириш

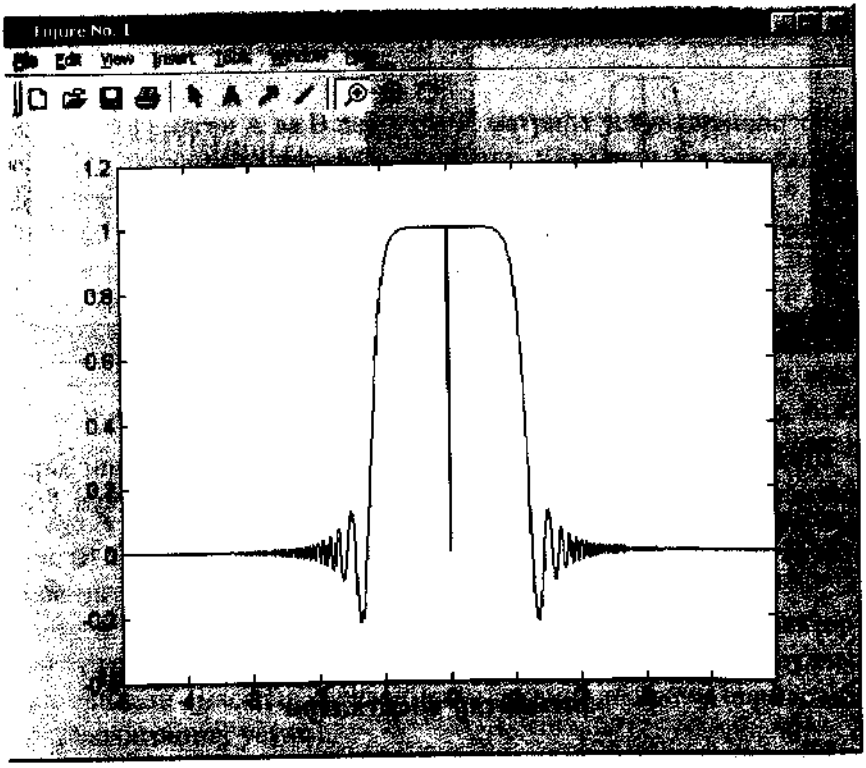
Икки ўлчамли графикларнинг масштабини ўзгартириш учун zoom классидаги командалардан фойдаланилади:

- zoom — жорий графикнинг масштабини интерактив ўзгартириш режимини улаб-узади;
- zoom (FACTOR) — масштабни FACTOR коэффициентига асосан ўрнатади;
- zoom on — жорий графикнинг масштабини интерактив ўзгартириш режимини улайди;
- zoom off — жорий графикнинг масштабини интерактив ўзгартириш режимини узади;
- zoom out — графикни тўла кўриш режимини, яъни стандарт масштабни ўрнатади;
- zoom xon ёки zoom yon — фақат x ўқи бўйича ёки фақат y ўқи бўйича масштабни ўзгартириш режимини улайди;

- zoom reset — берилган график учун сукут ҳолатидаги масштаб сифатида жорий масштабни эслаб қолади.

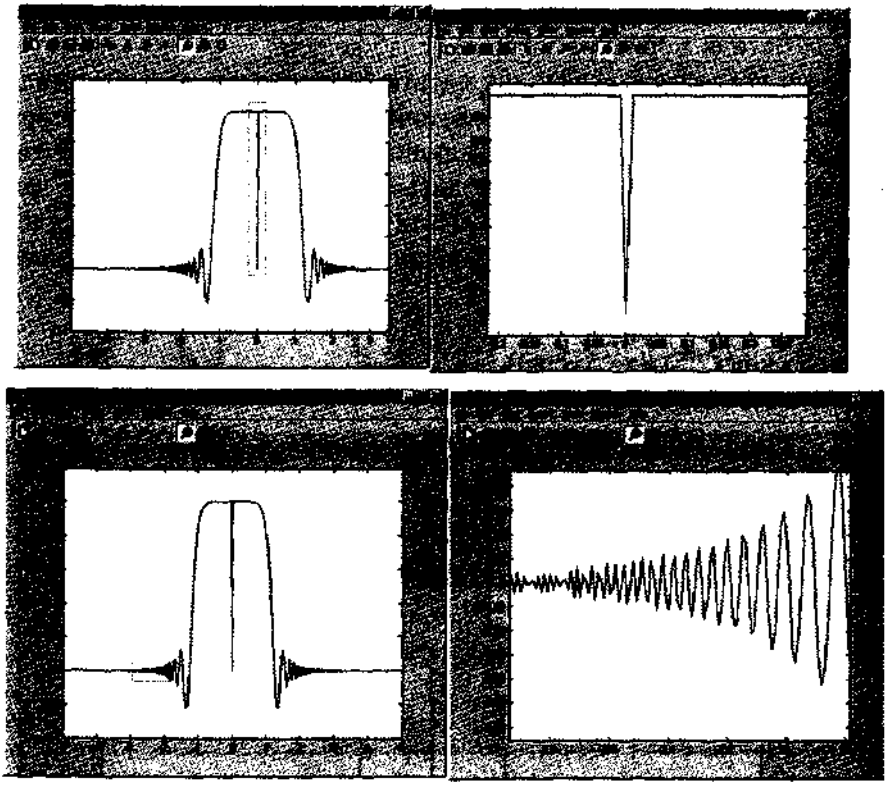
Zoom командаси графикни масштаблашни сичқонча ёрдамида бошқариш имкониятини беради. Бунинг учун, сичқончанинг курсори графикнинг масштаби ўзгартирилиши керак бўлган жойига келтирилади. Агар zoom командаси уланган бўлса (on) сичқончанинг чап тугмаси босилса масштаб икки марта ортади, ўнг тугмаси босилса икки марта камаяди. Қуйидаги мисол орқали zoom командасининг ишлашини кўрайлик (6.44-расм):

```
x=-5:0.01:5;
plot(x,sin(x.^5)./(x.^5+eps))
zoom on
```



6.44-расм. Графикнинг масштабини ўзгартириш

Сичқончанинг чап тугмаси босилган ҳолда графикнинг керакли қисмини пунктир тўртбурчак билан ажратиш мумкин — тугма қўйиб юборилганда графикнинг ажратилган қисми график ойнани тўлиқ эгаллайди (6.45-расм).



6.45-расм. Графикнинг масштабини ўзгартириш

Шундай қилиб, zoom командаси, мураккаб графикларнинг айрим фрагментларини катталаштирилган масштабда кузатиш учун ўзига хос 'лупа' функциясини бажаради.

7. СОНЛИ УСУЛЛАР

7.1. Чизиқли тенгламалар системасини ечишнинг элементар воситалари

Чизиқли тенгламалар системаси (ЧТС)ни матрицавий усулларнинг энг кўп қўлланиладиган соҳасидир.

Одатда ЧТС қуйидаги кўринишга эга:

$a_{11}X_1, a_{12}X_2..., a_{1n}X_n=b_1$

бу ерда $a_{11}, a_{12},..., a_{nn}$ — ҳақиқий ёки комплекс қийматларга эга бўлган А матрицани ташкил этувчи коэффициентлар, $x_1, x_2,..., x_n$ — Х векторни ташкил этувчи номаълумлар ва $b_1, b_2,..., b_n$ — В векторни

ҳосил қилувчи эркин ташкил этувчилар. Ушбу тенгламани матрицавий кўринишда қуйидагича ёзиш мумкин: AX=B, бу ерда A — тенглама коэффициентларининг матрицаси, X — номаълумлари аниқланаётган вектор ва B — эркин ташкил этувчиларнинг вектори. A матрицанинг кўриниши ва характерли белгиларига боғлиқ ҳолда ЧТСни MATLAB турли усуллар билан ечиш имкониятини беради.

ЧТСни ечишнинг ҳар хил алгоритмларини амалга ошириш ва улар билан боғлиқ бўлган матрицавий амалларни бажариш учун қуйидаги операторлар қўлланилади:

* — матрицавий кўпайтириш;

C = A*B — A ва B матрицаларнинг чизиқли алгебраик кўпайтмаси:

$$C(i,j) = \sum_{k=1} A(i,k) \cdot B(k,j)$$

Скаляр бўлмаган A ва B лар учун A матрица устунларининг сони B матрица сатрларига тенг бўлиши керак. Скалярни эса ҳар қандай ўлчамдаги матрицага кўпайтириш мумкин.

/ — ўнг бўлиш. X=B/A ифода ёрдамида бир қатор чизиқли тенгламалар системаларининг ечимларини олиш мумкин, бу ерда A — *mxn* ўлчамли матрица *ва* B — *n* × *k* ўлчамли матрица;

\ — чап бўлиш. X=B\A ифода ёрдамида ҳам бир қатор чизиқли тенгламалар системаларининг ечимларини олиш мумкин, бу ерда A — m × *n* ўлчамли матрица *ва* B — m × k ўлчамли матрица. Агар A квадрат матрица бўлса, A\B ва inv(A)*B бир хил бўлади, қолган ҳолларда қуйидаги вариантлар бўлиши мумкин.

Агар A — *nxn* ўлчамли матрица, ва B — n компонентли вектор-устун бўлса AX=B тенгламанинг ечими X=A\B бўлади (ечим Гауснинг ўчириш усули билан топилади).

Агар A — n × n ўлчамли матрица ва B — m компонентли вектор-устун бўлса система тўлиқ аниқланмаган бўлади ва у махсус усуллар билан ечилади (масалан, боғланмаганликнинг иккинчи нормасини минималлаштириш усули).

^ — матрицани даражага кўтариш. AX=B тенглама X=B*A^-1 шаклида ечилади.

' — матрицани транспонирлаш, яъни унинг сатрларини устунлари билан ёки тескарисига алмаштириш. Масалан, A' — транспонирланган A матрица.

ЧТСни матрицавий шаклда ёзишда A матрица ва B вектор тўғри ёзилганлигини текшириб кўриш керак. Намуна (m-файл шаклида):

```
>> A=[2 1 0 1;1 -3 2 4;-5 0 -1 -7;1 -6 2 6];
>> B=[8 9 -5 0];
>> x1=B/A
X1 =
3.0000 -4.0000 -1.0000 1.0000
>> X2=B*A^-1
X2 =
3.0000 -4.0000 -1.0000 1.0000
>> X3=B*inv(A)
X3 =
3.0000 -4.0000 -1.0000 1.0000
>>
```

Ушбу дастур ёрдамида натижалар уч хил усул билан олинди:

```
X1 =
3.0000 -4.0000-1.00001.0000
X2 =
3.0000 -4.0000-1.00001.0000
X3 =
3.0000 -4.0000-1.00001.0000
```

Кутилганидек натижалар бир хил чикди.

7.2. Бир ўзгарувчи функциясининг нолларини ҳисоблаш

MATLABнинг бир қатор функциялари математик функциялар билан ишлашга мўлжалланган. График объектларнинг дескрипторларига ўхшаш ҳолда уларда функциялар дескрипторлари классиннг объектлари ҳам ишлатилиши мумкин. Улар @ символ ёрдамида берилади, масалан: » fe=@exp.

Ост функциялар дейилганда бириктирилган функциялардан ташқари m-файллар кўринишида берилган фойдаланувчиларнинг функциялари ҳам тушунилади. Дескрипторлар кўринишида берилган бундай функцияларнинг сон қийматлари feval функцияси ёрдамида ҳисобланади:

```
» feval(fe,1.0)
ans =
2.7183
```

MATLAB тизимининг олдинги версияларга мос келиши учун функцияларни символ кўринишида апострофларнинг ичида ёзиш ҳам

мумкин, уларни ҳисоблаш учун eval функциясидан фойдаланилади, m-файл яратиш зарур ҳам бўлмайди.

Кўпчилик ҳолларда *f(x) = 0* кўринишидаги тенгламаларни ечиш зарур бўлади. Уларни ечиш учун MATLABнинг қуйидаги функцияларидан фойдаланиш мумкин:

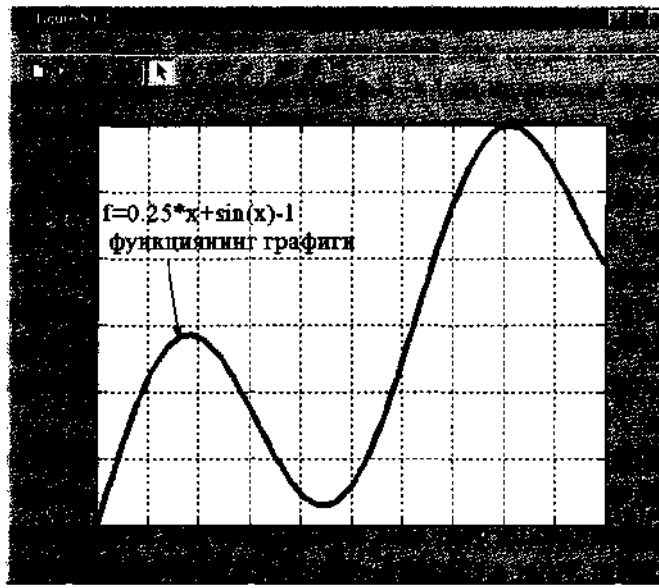
1. fzero(@fun,x) — символ кўринишида берилган fun функцияси нолга эришадиган x нинг аниқлаштирилган қийматини қайтаради;
2. fzero(@fun,[x1 x2]) — x=[x1 x2] вектор билан берилган интервалда fun(x)=0 бўладиган x нинг қийматини қайтаради;
3. fzero(@fun,x.tol) — натижани берилган tol хатоликда қайтаради;
4. fzero(@fun,x.tol .trace) — ҳар бир итерация тўғрисида информация беради.

fzero функциянинг берилиш шаклига боғлиқ ҳолда функциянинг нолини излаш учун қуйидаги сонли усуллар амалга оширилади: кесмани тенг иккига бўлиш, тескари квадрат интерполяция ва ҳ.к. Қуйида cos(x)=0 тенгламани ечишга мисоллар келтирилган:

```
>> x=fzero(@cos,[1 3])
x =
1.5708
>>
>> x=fzero(@cos,3)*180/pi
x =
90
>>
>> x=fzero(@cos,[1 3])
x =
1.5708
```

Мураккаброқ ҳолларда аввал f(x) функциянинг графигини қуриб ундан илдизлар ётган интерваллларни аниқлаб олиш ва сўнгра илдизларнинг аниқ қийматларини топиш мақсадга мувофиқ. Буни қуйидаги fun1.m номли m-файл мисолида кўрайлик:

```
Илдизлари аникланаётган функция
function f=funl(x)
f=0.25*x+sin(x)-1;
» x=0:0.1:10;
» plot(x,funl(x));grid on;
```



7.1-расм. Тенглама илдизлари жойлашган интерваллари аниқлаш

7.1-расмдан илдизлар [0.5 1], [2 3] и [5 6] интерваллар да жойлашганлигини топамиз. Уларни fzero фукцияси ёрдамида аниқлаймиз:

```
» xl=fzero(@funl,[0.5 1])
xl =
0.8905
» x2=fzero(@funl.[2 3])
x2 =
2.8500
» x3=fzero(@funl,[5 6])
x3 =
5.8128
» x3=fzero(@funl,5,0.001)
 x3 =
5.8111
```

Илдизлардан бири x_3 икки хил йўл билан топилганлигига эътибор беринг. Иккинчисида хатоликнинг қиймати tol =0.001 берилган.

Тенгламанинг ҳамма илдизларини tzero функцияси бир йўла топа олмайди. Худди шу масалани Optimization Toolbox пакетидаги fsolve функцияси ёрдамида ечиб кўрайлик:

```
»fsolve(@funl,0:10 )
ans =
```

```
Columns 1 through 7
0.8905 0.8905 2.8500 2.8500 2.8500 5.8128 5.8128
Columns 8 through 11
5.8128 2.8500 2.8500 10.7429
```

Чизиқли бўлмаган тенгламаларни ечиш учун Symbolic Math Toolbox пакетидаги solve функциясидан ҳам фойдаланиш мумкин. Ушбу функция символ кўринишдаги натижани беради, агар бундай натижа бўлмаса, ечимни сонли кўринишда олиш имкониятини беради. Мисол:

```
» solve('0.25*x + sin(x) -1')
ans =
.89048708074438001001103173059554
```

7.3. Бир ўзгарувчили функцияни минималлаштириш

Сонли усулларнинг масалаларидан бири — f(x) функциянинг минимумини топиш учун қуйидаги функциялардан фойдаланилади:

- fminbnd(@fun,xl,x2) — xl<x<x2 интервалда fun(x) функциянинг локал минимуми бўлган x нинг қийматини қайтаради;
- [x,fval] = fminbnd(...) — қўшимча равишда минимум нуқтасида функциянинг fval қийматини қайтаради;
- [x,fval,exitflag] = fminbnd(...) —қўшимча равишда exitflag параметрини қайтаради. Ушбу параметр 1 ни ёки максимал итерациялар сонига етилган бўлса 0 ни қайтаради.

Қуйидаги мисолларда cos ва sin функциялар минимумга эришадиган нуқталар аниқланган:

```
» options=optimset('tolX',1.e-10):
[x]=fminbnd(@cos,3,4,options)
x =
3.1416
>> fminbnd(@sin,0,10)
ans =
4.7124
>> b=180*fminbnd(@sin,0,10)/pi
b =
269.9996
>> b=180*fminbnd(@cos,0,10)/pi
b =
180.0000
>>
```

7.4. Бир неча ўзгарувчининг функциясини минималлаштириш

Бир неча ўзгарувчининг функцияси $f(x_1,\ldots)$ ни минималлаштириш анча мураккаб масала бўлиб ҳисобланади. Бу ҳолда ўзгарувчилар бошланғич қиймати x_0 бўлган x вектор сифатида кўрсатилади. Бир неча ўзгарувчили функцияларни минималлаштириш учун MATLABда Нелдер-Мид симплекс-усулидан фойдаланилади.

Ушбу усул энг яхши тўғридан — тўғри усуллардан бири бўлиб ҳисобланади ва у функциянинг градиентини ҳамда ҳосилаларини ҳисоблашни талаб қилмайди. Унда чўққиларининг сони n+1 бўлган n ўлчамли кенгликда симплекслар қурилади. Икки ўлчамли кенгликда симплекс учбурчак, уч ўлчамли кенгликда эса пирамида бўлади. Итерациянинг ҳар бир қадамида симплекснинг ичида ёки яқинида янги нуқта танлаб олинади ва у симплекснинг чўққиларидан бири билан тақкосланади. Симплекснинг энг яқин чўққиси Ушбу нуқта билан алмаштирилади. Шундай қилиб, симплекс ўзгариб боради ва ечим нуқтасининг аниқроқ ҳолатини топиш имкониятини беради. Ҳисоблашлар симплекснинг ҳамма ўзгарувчилар бўйича ўлчамлари берилган хатоликдан кам бўлгунча давом эттирилади.

Нелдер-Мид симплекс-усулини амалга оширувчи функциялар қуйидагича ёзилади:

- fminsearch(@fun,xO) — x0 нуқтанинг яқинида fun(x) функциянинг локал минимуми бўлган x векторни қайтаради. Бир ўзгарувчили функцияни минималлаштиришда x0 скаляр ёки вектор, кўп ўзгарувчили функцияни минималлаштиришда эса матрица бўлиши мумкин;
- fminsearch(@fun, xO, options) — юқоридаги функцияга ўхшаш, лекин options параметрлар вектори ишлатилади;
- [x.fval] = fminsearchC...) — қўшимча равишда fval функциянинг минимум нуқтадаги қийматини қайтаради.

Fminsearch функциясидан фойдаланишнинг классик намунаси бўлиб, уни Розенброк тест функцияси $(rb(x_1,x_2,a) = 100*(x_2 — x_1)^2 + (a — x_1)^2)$ нинг минимумларини аниқлаш учун қўллаш ҳисобланади. Ушбу функция минимал қийматларга $[a\ a^2]$ нуқтада эришади. Функцияни rb.m файлда берамиз:

```
% Розенброкнинг тест функцияси
function f=rb(x.a)
if nargin<2 a=l: end
f=100*(x(2)-x(i^2)^2+(a-x(l)^2:
Энди кўйилган масалани ечамиз
»options=optimset( 'tolX',1.e-6):
[xmin. opt, rosexflag, rosout]=fminsearch(@rb.[-1.2 1],options)
```

```
xmin =
1.0000 1.0000
opt =
4.1940e-014
rosexflag =
1 rosout =
iterations: 101
funcCount: 189
algorithm: 'Nelder-Mead simplex direct search' .
```

7.5. ҲОСИЛАНИ АППРОКСИМАЦИЯЛАШ

7.5.1. Лапласианни аппроксимациялаш

Лапласианни аппроксимациялаш учун MATLABда қуйидаги функция ишлатилади:

del 2(11) — U функцияга қўлланилган Лаплас дифференциал операторининг дискрет аппрокс имациялаш матрицаси L ни қайтаради:

$$L = \frac{\Delta^2 \cdot u}{4}$$

$$L = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{d^2 \cdot u}{dx^2} + \frac{d^2 \cdot u}{dy^2} \right)$$

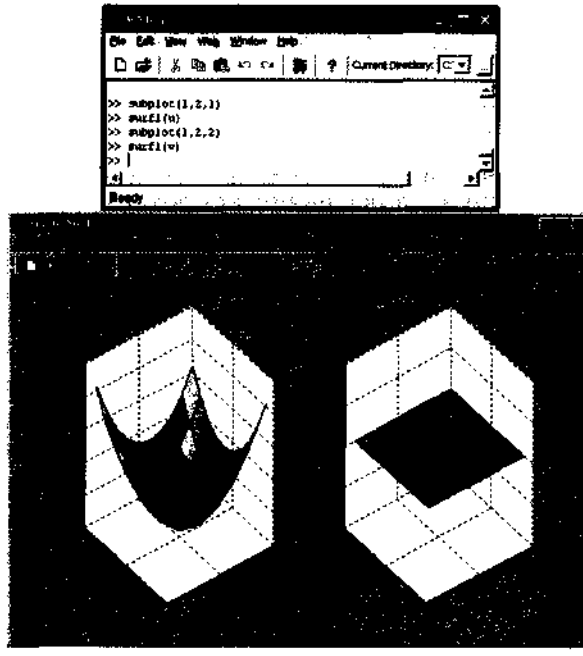
L матрица U матрица билан бир хил ўлчамга эга бўлади. Унинг ҳар бир элементи U массив элемент ва унга қўшни бўлган тўртта элементнинг ўртачаси орасидаги фарққа тенг бўлади.

Ҳисоблашлар учун Лапласианни аппроксимациялашнинг беш нуқтали формуласи ишлатилади. Мисол:

```
>> [x,y]= meshgrid(-5:5.-4:4);
>> U=x.*x+y.*y
U =
50   41   34   29   26   25   26   29   34   41
41   32   25   20   17   16   17   20   25   32
34   25   18   13   10   9   10   13   18   25
29   20   13   8   5   4   5   8   13   20
26   17   10   5   2   1   2   5   10   17
25   16   9   4   1   0   1   4   9   16
26   17   10   5   2   1   2   5   10   17
29   20   13   8   5   4   5   8   13   20
34   25   18   13   10   9   10   13   18   25
41   32   25   20   17   16   17   20   25   32
```

```
>> V=del2(U)
V =
1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1   1

>> subplot(1,2,1)
>> surfl(U)
>> subplot(1,2,2)
>> subfl(V)
??? Undefined function or variable 'subfl'.
>> surfl(V)
>>
```

7.2-расмда U ва V сиртларнинг графиклари келтирилган.



7.2-расм. U ва V функцияларнинг графиклари

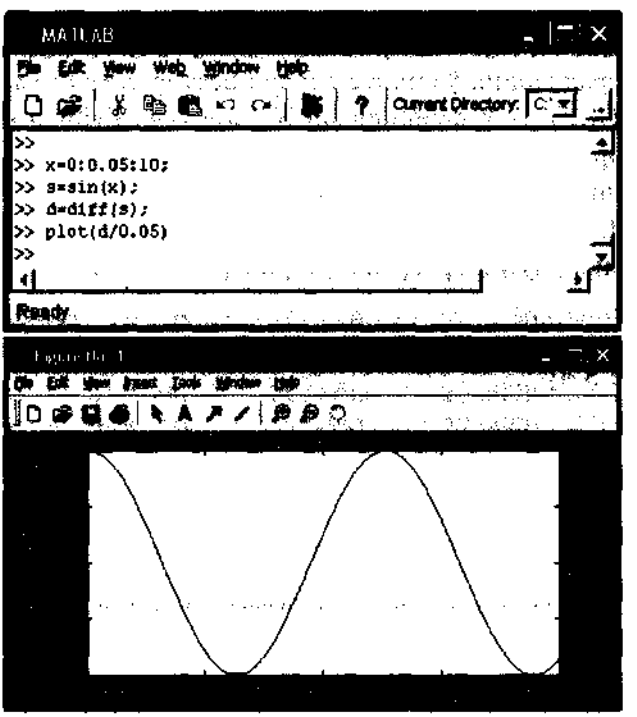
7.5.2. Ҳосилани чекли айирмалар билан аппроксимациялаш

Ҳосилани чекли айирмалар билан аппроксимациялаш қуйидаги функциялардан фойдаланилади:

- diff(X) — X массив ёнма-ён элементларининг чекли айирмаларини қайтаради. Агар X — вектор бўлса, diff(X) қўшни элементлар фарқларининг [X(2)-X(1) X(3)-X(2) ... X(n)-X(n-D] векторини қайтаради. Агар X матрица бўлса diff(X) устунлар фарқларининг матрицасини қайтаради: [X(2:m, :)-X(l:m-l. :)];
- diff(X.n.dim) — dim параметрнинг қийматига боғлиқ ҳолда сатрлар ёки устунлар бўйича X матрица учун чекли айирмаларни қайтаради. Агар n нинг тартиби dim га тенг ёки ундан катта бўлса diff бўш массивни қайтаради.

Diff функциядан фойдаланиб берилган функция ҳосилаларининг графигини қуриш мумкин. Бунга мисол қуйида келтирилган:

```
» X=0:0.05:10;
» S=sin(X);
» D=diff(S);
» plot(D/0.05)
```



7.3-расм. sin(x) функциядан ҳосиланинг тақрибий графиги

Кутилганидек олинган график косинус функциясининг графигига яқин. Графикнинг абсцисса ўқи бўйича X нинг ҳақиқий қийматлари эмас балки X вектор элементларининг тартиб рақамлари қўйилганлигига эътибор беринг.

Symbolic Math Toolbox кенгайтмалар пакети ёрдамида функцияларни аналитик кўринишда, яъни аниқ дифференциаллаш мумкин.

7.6. Сонли интегралаш

Сонли интегралашда қуйидаги аниқ интеграл тақрибан ҳисобланади

$$\int_a^b y(x)dx$$

Трапециялар усули

Қуйида келтирилган функциялар сонли интегралашни трапециялар усули билан бажаради:

- trapz(Y) — аниқланган интегрални қайтаради. Агар Y — вектор бўлса, trapz(Y) унинг элементларининг интегралини қайтаради, агар Y матрица бўлса, trapz(Y) матрица устунлари интегралларини ўз ичига олувчи вектор-сатрни қайтаради;
- trapz(X.Y) — Y функциядан X ўзгарувчи бўйича интегрални қайтаради (интегралаш чегаралари X векторнинг бошланғич ва сўнгги элементлари ёрдамида берилади);
- trapz(...,dim) — dim ўзгарувчининг қийматига боғлиқ ҳолда матрица учун сатрлар ёки устунлар бўйича интегрални қайтаради.

Мисоллар:

```
»Y=[1 2 3 4]
Y =
1 2 3 4
» trapz(y)
ans =
7.5000
» X=0:pi/70:pi/2;
» Y=cos(X);
» Z = trapz(Y)
Z =
22.2780
```

Қуйидаги функциялардан фойдаланилганда интегралаш тўпланиш билан давом этади:

- cumtrapz(Y) — ординаталари Y вектор ёки матрица кўринишида берилган функциянинг бирга тенг бўлган интегралаш қадами билан ҳисобланган интегралининг сон қийматларини қайтаради. Агар қадам бирдан фарқ қилса, лекин ўзгармас бўлса ҳисобланган интегрални қадамнинг катталигига кўпайтириш етарли. Ушбу функция векторлар учун векторни, матрицалар учун матрицани қайтаради;
- cumtrapz(X, Y) — ўзгарувчи X бўйича Y интегралланади. X ва Y бир хил узунликдаги векторлар ёки X вектор — устун, Y эса матрица бўлиши керак;
- cumtrapz(...,dim) — dim скаляр билан аниқланган ўлчам бўйича интегралашни бажаради.

Мисоллар:

```
>> y=[1 2 3 4];
>> cumtrapz(y)
ans =
0 1.5000 4.0000 7.5000
>> y=magic(4)
y =
16 2 3 13
5 11 10 8
9 7 6 12
4 14 15 1
>> z=cumtrapz(y,1)
z =
         0         0         0         0
10.5000    6.5000    6.5000   10.5000
17.5000   15.5000   14.5000   20.5000
24.0000   26.0000   25.0000   27.0000
>>
```

7.7. Оддий дифференциал тенгламаларни ечиш

Кўплаб тизимлар ва қурилмаларнинг динамикасини таҳлил қилиш, тебранишлар назариясининг масалаларини ечиш ва бошқалар оддий дифференциал тенгламалар системасини (ОДС) ечишга асосланган. Одатда улар Коши шаклидаги биринчи тартибли дифференциал тенгламалар системаси тарзида кўрсатилади:

$$\frac{dy}{dt} = y'$$
$$y' = f(y,t)$$

ОДС учун чегаравий шартлар ҳам кўрсатилади: y(t_0 t_{end}, p)=b, бу ерда t_0, t_{end} — интервалнинг бошланғич ва сўнгги нуқталари. Бошланғич ва сўнгги шартлар b вектор ёрдамида берилади, t параметр албатта вақт бўлиши шарт эмас.

7.8. Оддий дифференциал тенгламаларнинг ечгичлари

ОДТ ларни ечиш учун MATLABда турли хил усуллар мавжуд. Уларни амалга ошириш ОДТ ечкичлари деб аталади. Кейинчалик матнда келтириладиган умумлаштирилган solver (ечгич) номи, ОДТ ни ечишнинг қуйидаги сонли усулларидан бирини англатади: ode45, ode23, ode113, ode15s, ode23s, ode23t , ode23tb, bvp4c ёки pdepe. Дифференциал тенгламаларнинг қаттиқ системаларини ечиш учун фақат махсус ode 15s , ode23s, ode23t. ode23tb ечгичлардан фойдаланиш тавсия этилади:

- ode45 — бир қадамли яққол 4- ва 5-тартибли Рунге-Кутта усуллари. У классик усул бўлиб кўплаб ҳолларда яхши натижаларни беради;
- ode23 — бир қадамли яққол 2- ва 4-тартибли Рунге-Кутта усуллари.;
- ode113 — бир қадамли, ўзгарувчи тартибли Адамс-Башворт-Мултон усули. Ушбу адаптив усул юқори аниқликдаги ечимни бериши мумкин.
- ode23tb — ечишнинг бошланишида яққол бўлмаган Рунге-Кутта усулидан ва кейинчалик 2-тартибли тескари дифференциаллаш формуласидан фойдаланувчи усул. Аниқлик пастлигига қарамасдан, ушбу усул ode15s усулидан эффективроқ бўлиши мумкин;
- ode15s — сонли дифференциаллаш формулаларидан фойдаланувчи, ўзгарувчи тартибли (1дан 5гача, дастлабки ҳолатда 5), кўп қадамли усул. Ушбу адаптив усулни ode45 ечгич ечимни таъминлай олмаса қўллаш мақсадга мувофиқ;
- ode23s — модификацияланган 2-тартибли Розенброка формуласидан фойдаланувчи бир қадамли усул. Дифференциал тенгламаларнинг қаттиқ системасини ечишда пастроқ аниқликка ва юқори ҳисоблаш тезлигига эга;

- ode23t — интерполяцияли трапециялар усули. Ушбу усул чиқиш сигнали гармоникалари яқин бўлган тебранувчи системаларни ҳисоблашда яхши натижаларни беради.

Ҳамма ечгичлар $y' = F(£, y)$ кўринишдаги тенгламалар системасини, ode15s, ode23s, ode23t ва ode23tb ечгичлар эса яққол бўлмаган M(t,y) $y' = F(t, y)$ кўринишдаги тенгламаларни ечиши мумкин. Ҳамма ечгичлар (ode23s ва bvp4c дан ташқари) $M(t, y)\ y' = F(t, y)$ кўринишидаги матрицавий тенгламаларнинг илдизларини топиши мумкин.

7.9. Оддий дифференциал тенгламаларнинг ечгичларидан фойдаланиш

Дифференциал тенгламаларни ечиш функцияларида қуйидаги белгилаш ва қоидалар қабул қилинган:

- options — odeset функцияси ҳосил қиладиган аргумент (яна бир функция — odeget ёки bvpget (фақат bvp4c учун)— сукут бўйича ёки odeset /bvpset функциялари томонидан ўрнатилган параметрларни чиқариш;
- tspan — интеграллаш интервалини аниқлайдиган вектор(t0, tfinal). Ечимни конкрет вақт моментларида t0 t1 ... tfinal (ортиб ёки камайиб борувчи тартибда жойлашган) топиш учун tspan = [t0 t1 ... tfinal] дан фойдаланиш керак;
- y0 — бошланғич шартлар вектори;
- pi, p2,.,, — F функцияга узатилувчи ихтиёрий параметрлар;
- T, Y — Y ҳар бир сатри T вектор — устунда қайтарилган вақтга мос келадиган ечимлар матрицаси.
- Дифференциал тенгламалар системаларини ечиш учун ишлатиладиган функцияларнинг тавсифига ўтамиз:
- [T,Y] = solver(@F,tspan,y0) — y'=F(t,y) кўринишдаги дифференциал тенгламалар системасини tspan интервалда y0 бошланғич шартларга асосан интеграллайди. @F — ОДТ- функциянинг дескриптори. Y ечимлар массивидаги ҳар бир сатр T вектор-устунда қайтарилувчи вақт қийматларига мос келади;
- [T,Y] = solver(@F, tspan, y0, options) — юқоридагига ўхшаш, лекин қўшимча odeset функцияси ҳосил қиладиган options аргументнинг қийматлари орқали аниқланувчи параметрлар билан. Одатда бундай параметрларга нисбий хатоликнинг йўл қўйиладиган қиймати RelTol (сукут ҳолатида 1e-3) ва рухсат этиладиган абсолют хатоликларнинг вектори AbsTol (сукут ҳолатида ҳамма компанентлари 1e-6 га тенг) киради;

- [T,Y] = solver(@F,tspan,yO,options,p1,p2...) — юқоридагига ўхшаш, лекин қўшимча p1, p2... параметрларни ҳар бир чақирилганида m-файл F га узатади. Агар option параметрлар берилмайдиган бўлса уларнинг ўрнига [ ] деб ёзилади;
- [T,X,Y] = sim(@model,tspan.-y0.options,ut.p1,p2...,) — SIMULINK моделини ишлатади (ундан мос ечгични чақиради). Мисол учун:
- [T,X,Y] — sim(@model....).

Интеграллаш параметрлари (options) m-файлда ёки odeset командаси ёрдамида командалар сатрида аниқланиши мумкин.

Ечгичларнинг параметрлари рўйхатида қуйидаги параметрлар бўлиши мумкин:

- NormControl — ечим вектори нормаси [on | {off}] га боғлиқ ҳолда хотоликни бошқаради, norm(e) <= max(RelTol*norm(y), AbsTol) бўлиши учун 'on' ўрнатилади;
- RelTol — нисбий танлаш чегараси [мусбат скаляр]. Ҳамма ечгичларнинг аниқлиги сукут ҳолатида 1e-3 (0.1%)га тенг;
- AbsTol — абсолют аниқлик [мусбат скаляр ёки вектор {1e-6}];
- OutputFcn — чиқариш функцияси [function] нинг дескриптори;

ОДТ ечгичларининг ишлатилишини иккита дифференциал тенгламадан тузилган система кўринишидаги Ван-дер-Пол тенгламасини ечиш мисолида кўрайлик:

$$y_1' = y_2;$$
$$y_2' = 100(1 - y_1)^2 y_2 - y_1.$$

Бошланғич шартлар:

$y_1(0) = 0;$

$y_2(0) = 1.$

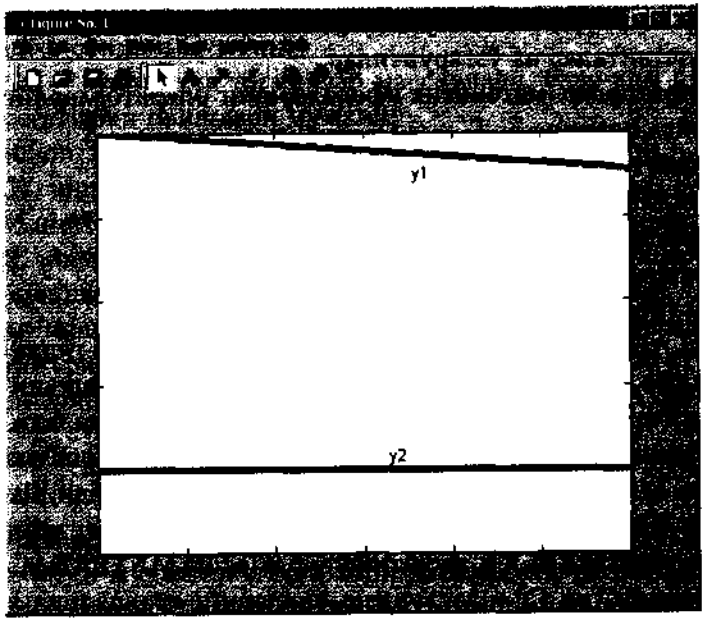
Ечишдан олдин дифференциал тенгламалар системаси ode-функция кўринишида ёзиб олинади. Бунинг учун бош менюда File > New > M-File ни танлаймиз ва қуйидагиларни киритамиз:

```
function dydt = vdp100(t,y)
dydt = zeros(2,1); % a column vector -устун вектор
dydt(1)=y(2);
dydt(2)=100*(1-y(1).^2).*y(2)-y(1);
```

m-файл-функцияни сақлаймиз. Ечимни ode15s ечгич ёрдамида ва унга мос графикни олиш учун қуйидаги командалардан фойдаланамиз:

```
>> [T,Y]=ode15s(@vdp100,[0 30],[2 0]);
>> plot(T,Y)
>> hold on;gtext('y1'),gtext('y2')
```

Сўнгги команда сичқонча ёрдамида графикка иккита ёзув киритиш имкониятини беради (7.4-расм).



7.4-расм. Ван-дер-Пол тенгламасининг ечимига мос график

Натижаларни командалар ойнасида ҳам кўриш мумкин:

```
>> T          >> Y
T = Y =
t
0   y1        y2
0.0000        2.0000  0
0.0001        2.0000  -0.0001
0.0001        2.0000  -0.0002
0.0004        2.0000  -0.0003
0.0007        2.0000  -0.0008
...  ...      ...
22.8908       1.8361  -0.0077
25.8908       1.8125  -0.0079
28.8908       1.7885  -0.0081
30.0000       1.7794  -0.0082
```

8. MATLAB ТИЗИМИДА ДАСТУРЛАШ АСОСЛАРИ

8.1. Дастурлашнинг асосий воситалари

MATLAB тизимида дастурлар матн форматидаги m-файллардир MATLAB тизимида дастурлаш тили қуйидаги воситаларга эга:

- ҳар хил турдаги маълумотлар;
- константалар ва ўзгарувчилар;
- операторлар (математик ифодаларнинг операторларини ҳам ўз ичига олади);
- бириктирилган командалар ва функциялар;
- фойдаланувчининг функцилари;
- бошқарувчи структуралар;
- система операторлари ва функциялари;
- дастурлаш тилини кенгайтириш воситалари.

MATLAB тизимида дастур кодлари юқори даражали тилда ёзилади ва ушбу тил типик *интерпретатор* бўлиб ҳисобланади, яъни дастурнинг ҳар бир инструкцияси дарҳол танилади ва бажарилади. Ҳамма инструкцияларни, яъни тўлиқ дастурни компиляция қилиш этапи мавжуд эмас. MATLAB бажарилувчи дастурларни яратмайди. Дастурлар фақат m-файллар кўринишида мавжуд бўлади. Дастурларнинг ишлаши учун MATLAB муҳити зурур. Лекин MATLABда ёзилган дастурларни C ва C++ дастурлаш тилларига трансляция қилувчи компиляторлар яратилган. Улар MATLAB муҳитида тайёрланган дастурларни бажарилувчи дастурларга айлантириш масаласини ҳал қилиш имкониятини беради. MATLAB тизими учун компиляторлар мустақил дастурий воситалардир.

Шуни эсда тутиш керакки, MATLABнинг ҳамма инструкциялари ҳам компиляция бўлавермайди, яъни компиляциядан олдин бундай дастурни қайта ишлаш талаб қилинади. Компиляция қилинган дастурларнинг бажарилиш тезлиги 10-15 мартагача ортиши мумкин.

8.2. Маълумотларнинг асосий турлари

Array ва **numeric** турдаги маълумотлар ***виртуал*** (гўёки, бўлиб кўринадиган, зоҳирий) бўлиб ҳисобланади, чунки уларга бирор бир ўзгарувчи мансуб эмас. Улар маълумотларнинг айрим турларини аниқлаш ва жамлаш учун хизмат қилади. Шундай қилиб, MATLAB тизимида умумий ҳолда кўп ўлчамли массив бўлган маълумотларнинг қуйидаги турлари аниқланган:

- single — оддий аниқликдаги сонли массивлар;
- double — иккиланган аниқликдаги сонли массивлар;
- char — символ элементларга эга бўлган сатрли массивлар;
- sparse — сонли элементлари иккиланган аниқликка эга бўлган сийраклашган матрицалар;
- cell — ячейкаларнинг массивлари; ўз навбатида ячейкалар ҳам массив бўлиши мумкин;
- struct — майдонли таркиблар массивлари, улар ҳам ўз ичига массивларни олишлари мумкин;
- function_handle — функцияларнинг дескрипторлари :
- int32, uint32 — 32-разрядли сонларнинг массивлари;
- intl6,uintl6 — 16-разрядли бутун сонларнинг массивлари;
- int8. uint8 — 8-разрядли бутун сонларнинг массивлари (сонларнинг қийматлари 0 дан 255 гача бўлиши мумкин).

Бундан ташқари яна бир фойдаланувчи томонидан аникланадиган маълумот тури (объект) — UserObject кўзда тутилган. MATLABда маълумотларнинг ҳамма турлари массивлар бўлиб ҳисобланади.

8.3. Дастурлаш турлари

Дастурий таъминот бозорида MATLAB тизими илмий-техникавий ҳисоблар учун мўлжалланган юқори даражадаги дастурлаш тили бўлиб ҳисобланади. Шундай қилиб, дастурлаш имкониятининг мавжудлиги ушбу тилнинг муҳим афзалликларидан биридир. Ҳақиқатан ҳам, мураккаб масалаларни дастурлаш ва тизимнинг чексиз кенгайиш имкониятларининг мавжудлиги MATLAB тизимининг университетлар ва илмий муассасаларда кенг қўланилишига сабаб бўлди.

MATLAB тизимида дастурлашнинг қуйидаги турлари мавжуд:

- процедуравий;
- операторли;
- функционал;
- мантиқий;
- таркибий (модулли);
- объектга-йўналтирилган;
- визуал-йўналтирилган.

MATLAB таркибий дастурлаш маҳсулдорлигининг ёрқин намунаси бўлиб ҳисобланади. Унинг кўплаб функция ва командалари тугалланган модуллар бўлиб, улар орасида ахборот алмашиш кириш параметрлари (айрим ҳолларда глобал ўзгарувчилар) орқали амалга оширилади. Дастурий модуллар матнли m-файллар кўринишида

расмийлаштирилади ва дискда сақланади. Улар зарур бўлганда да стурларга жалб қилинади (қўшилади).

Объектга-йўналтирилган дастурлаш ҳам MATLAB тизимида кенг қўлланилади ва у графика масалаларини дастурлашда актуал бўлиб ҳисобланади.

Визуал-йўналтирилган **дастурлаш** эса блоклар кўринишида бе рилган қурилма ва тизимларни моделлашга мўлжалланган Simulinl пакетида ўз аксини топган.

8.4. MATLAB тизимида операторлар, командалар ва функцияларнинг икки томонламалиги

MATLAB тизимида командалар (клавиатурдан киритилганда бажарилади) ва дастурий операторлар (дастурдан бажариладиган орасидаги фарқ шартлидир. Улар дастурдан ҳам, тўғридан — тўғри ҳисоблашлар режимида ҳам бажарилиши мумкин. *Функция* маълу мотларни ўзгартиради. Унга кириш параметрлари — аргументларни кўрсатиб мурожаат қилинганда маълум қийматларни қайтаради Масалан, *sin(x)* га мурожаат қилинганда х аргументнинг синусига тен бўлган қийматни қайтаради. Шунинг учун арифметик ифодаларда функциядан фойдаланиш мумкин, масалан, *2*sin(x+1).* Функциялар қуйидагича ёзилади:

f_номи(Параметрлар рўйхати)

Фақат битта қиймат ёки битта массивни қайтарувчи функция ларнинг номи кичик ҳарфлар билан ёзилади. Бир неча қиймат ёки массивларни(масалан, X, Y, Z,...) функциялар қуйидаги шаклда ёзилади:

[X. Y, Z. ...] = f_номи(Параметрлар рўйхати)

Операторлар ва функцияларнинг икки томонламалиги катта аҳамиятга эга. Операторларнинг кўпчилиги функциялар кўринишидаги ўзларининг аналогларига эга. Масалан «+» операторининг аналоги sum функциясидир .

Command argument

кўринишидаги командани

Command(' argument')

кўринишидаги функция шаклида ҳам ёзиш мумкин.

Мисоллар:

» help sin SIN Sine.

SIN(X) is the sine of the elements of X.

Overloaded methods

help sym/sin.m
» help('sin') SIN Sine.
SIN(X) is the sine of the elements of X.
Overloaded methods
help sym/sin.m
» type('sin')
sin is a built-in function.
» type sin
sin is a built-in function.

Бундай икки томонламалик процедуравий ёки функционал дастурлаш усулини танлашнинг асосида ётади. Бир дастурнинг ичида иккала усулдан ҳам фойдаланиш мумкин.

8.5. Айрим чекланишлар

MATLAB тизимининг дастурлаш тили асосан таркибий дастурлашга йўналтирилганлиги сабабли сатрларнинг тартиб рақамлари (Бейсикдаги каби) ва шартсиз ўтиш оператори GO TO йўқ. Бошқарувчи таркибларнинг фақат қуйидаги турлари: if... else...elseif...end шартли ифода ва for...end ҳамда while...end цикллар мавжуд. Уларнинг шакли Pascal тилидагига ўхшаш, яъни таъсир қилиш соҳаси сарлавҳадан бошланади (фақат begin сўзи бўлмайди) ва end сўзи билан тугалланади. Таркибий дастурлаш назариясига асосан ушбу воситалар ҳар қандай масалани ечиш учун етарли. Бундан ташқари MATLABда улаб — узгич оператор case ҳам бор.

MATLAB муҳитида содда масалаларни дастурлаш Бейсикда дастурлашга жуда ўхшаб кетади. Кўплаб ҳолларда Бейсикдаги дастурни, синтаксисдаги айрим фарқларни ҳисобга олган ҳолда, тўғридан-тўғри MATLAB га ўтказиш мумкин. MATLABда Си, Паскал ва Фортран дастурлаш тилларининг айрим элементлари ҳам бор. Шундай қилиб, MATLAB универсал дастурлаш тилларининг энг яхши воситаларини ўзида муажассамлантирган.

8.6. Сценария ва функцияларнинг m-файллари

Командалар режимида (сессияда) ишлаш дастурлаш эмас. MATLAB тизимида дастурнинг ташқи атрибути бўлиб m-файлда ёзилган амалларнинг кетма-кетлиги ҳисобланади. MATLABда m-файлни яратиш учун бириктирилган таҳрирлагичдан ёки ASCII

форматини қўллайдиган ҳар қандай матн таҳрирлагичидан фойдаланиш мумкин. Тайёрланган ва дискка ёзилган m-файл MATLAB тизимининг бир қисмига айланади ва уни командалар сатридан ёки бошқа m-файлдан чақириш мумкин. Икки турдаги m-файллар мавжуд: файл-сценариялар ва файл-функциялар. Улар, яратилиш жараёнида MATLAB тизимига бириктирилган m-файлларнинг ***таҳрирлагич/созлагичи*** ёрдамида синтаксис бўйича назоратдан ўтган бўлиши керак.

Script-файл деб аталувчи *файл-сценариялар* кириш ва чиқиш параметрлари бўлмаган қатор командаларнинг тўпламидир. Улар қуйидаги таркибга эга бўладилар:

- «Асосий изоҳ;
- %Қўшимча изоҳ;
- турли ифодаларни ўз ичига олувчи файлнинг қобиғи.

Файл-сценария қуйидаги хоссаларга эга бўлади:

- кириш ва чиқиш аргументлари бўлмайди;
- ишчи соҳадаги маълумотлар билан ишлайди;
- бажарилиш вақтида компиляция бўлмайди;
- файл кўринишига келтирилган, сессиядагига ўхшаш амаллар кетма-кетлигидан иборат бўлади.

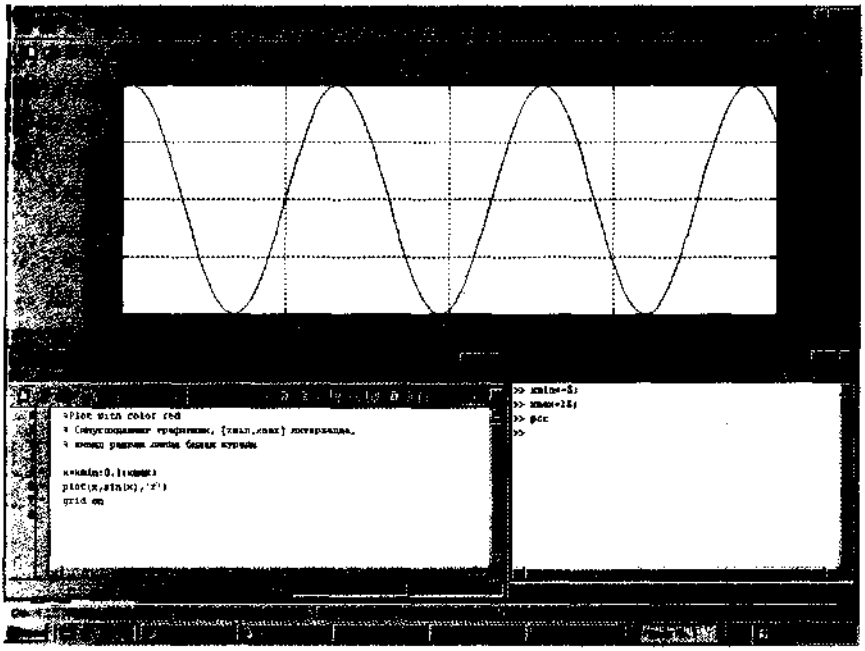
Матнли изоҳнинг биринчи сатри асосий изоҳ ва кейинги сатрлари қўшимча изоҳ бўлиб ҳисобланади. Асосий изоҳ lookfor ва help *каталог_номи* командалари, тўлиқ изоҳлар эса help *файл_номи* командаси бажарилганда экранга чиқади. Қуйидаги файл-сценарияни кўрайлик:

```
%Plot with color red
% Синусоиданинг графигини [xmin,xmax] интервалда
% қизил рангли линия билан қуради
x=xmin:0.1:xmax;
plot(x,sin(x),'r')
grid on
```

Дастурни pcr номи билан дискда сақлаймиз ва командалар ойнасида қуйидагиларни киритамиз:

```
>> xmin=-5;
>> xmax=15;
>> pcr
>>
```

Файл-сценария ишга тушади ва экранда 8.1-расмда келтирилган тасвир ҳосил бўлади.



8.1-расм. Файл-сценария билан ишлаш намунаси

Изоҳларда % белгиси сатрнинг биринчи позициясига ёзилиши керак. Акс ҳолда **help name** командаси изоҳни қабул қилмайди ва **No help comments found in — name.m** кўринишидаги ахборотни беради.

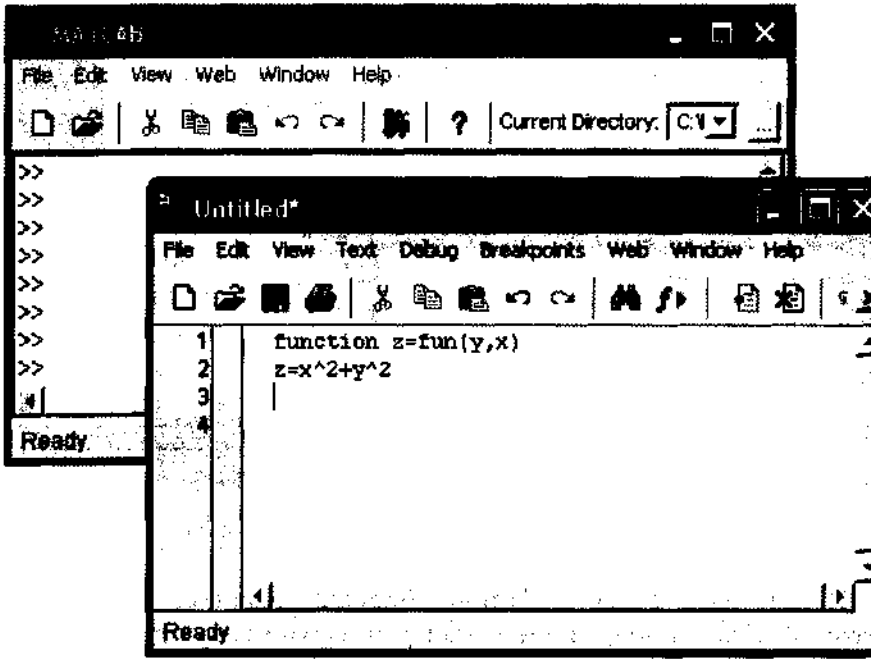
Бундай файлни ишга тушириш учун xmin и xmax ўзгарувчилар олдиндан тайёрланган бўлиши керак. Файл-сценарияларда ишлатиладиган ўзгарувчилар глобал ўзгарувчилар бўлиб ҳисобланади, яъни улар сессия командаларида ҳам дастурий блокларнинг (жумладан, файл-сценарияларнинг) ичида ҳам бир хил ишлайди. Шунинг учун сессияда берилган қийматлар файлда ишлатилади. Файл-сценарияларнинг номларидан функциянинг параметрлари сифатида фойдаланиш мумкин эмас, чунки файл-сценария қийматларни қайтармайди. *Файл-сценарияларни компиляция қилиб бўлмайди. Улар файл-функцияларга айлантирилгандан кейингина компиляция қилиниши мумкин.*

8.7. Функцияларда ўзгарувчилар статуси

Функция параметрларининг рўйхатида кўрсатиладиган параметрлар *локал* ўзгарувчилар бўлиб функция чақирилганда уларнинг

ўрнига қўйиладиган қийматларни олиб ўтиш учун хизмат қилади.

Қуйидаги мисолни кўрайлик . Таҳрирлагич ойнасида z = x^2+y ифодани ҳисобловчи икки ўзгарувчили (x ва y) fun функцияси ҳосил қилинган (8.2-расм).



8.2-расм. Функцияни ҳосил қилиш

- Дастурда x ва y ўзгарувчилар fun(x, *y*) функциянинг параметрлари бўлганликлари сабабли, улар локал ўзгарувчилардир Функция қобиғидан ташқарида уларга нол қийматлар берилган Агар функция қобиғида fun(2, 3) нинг қиймати ҳисобланадиган бўлса уларга x=2 ва y=3 қийматлар берилади. Шунинг учун натижа z=13 бўлади. Лекин функциянинг қобиғидан чиққандан кейин x и y ўзгарувчилар ўзларининг дастлабки нолга тенг бўлган қийматларини оладилар. Шундай қилиб, ушбу ўзгарувчилар ўз қийматларини функция параметрларининг қийматларига фақат локал тарзда — функция қобиғининг ичидагина ўзгартиради.

Ҳар қандай функция қобиғида аниқланган ўзгарувчи сингари z ўзгарувчи ҳам локал ўзгарувчидир. Дастлаб унинг қиймати аниқланмаган бўлади. Функциянинг ичида y z=13 қийматни қабул

қилади. Функциядан қайтгандан кейин функцияда қўлланилганлигига қарамасдан, у ноаниқ бўлиб қолади. Агар z ни чиқаришга ҳаракат қилинса командалар ойнасида хатолик тўғрисида ахборот ҳосил бўлади. Бунга ишонч ҳосил қилиш учун қуйидаги мисолни кўрайлик:

Таҳрирлаш ойнасида функция киритамиз

```
function z=fun(y,x)
z=x^2+y^2
```

ва уни сақлаймиз. Командалар ойнасидан уни ишга тушурамиз

```
>> fun(2,3)
z =
13
ans =
13
>> z
??? Undefined function or variable 'z'.
>>
```

Функциядаги ҳамма амаллар бажарилгандан кейин, яъни функция файлининг охирига етилгандан кейин функциядан қайтилади. Функцияда шартли операторлар, циклллар ёки улаб — узгичлар ишлатилганда функциянинг маълум жойидан қайтиш зарурияти ҳосил бўлиши мумкин. Бунинг учун return командаси хизмат қилади. Ҳар қандай ҳолда ҳам функция чиқиш параметрининг қийматини қайтаради. Юқоридаги мисолда z ўзгарувчиси чиқиш параметри бўлиб ҳисобланади.

8.8. m-файл-функциянинг таркиби

m-*файл-функция* MATLAB дастурлаш тилининг типик объектидир. Бундан ташқари у кириш ва чиқиш параметрларига эга бўлганлиги ҳамда локал ўзгарувчилардан фойдаланиши сабабли таркибий дастурлаш нуқтаи назаридан тўлақонли модул бўлиб ҳисобланади. Битта чиқиш параметрига эга бўлган бундай модулнинг таркиби қуйидаги кўринишга эга бўлади:

```
function var=f_номи (параметрлар рўйхати)
%Асосий изоҳ
%Қўшимча изоҳ
Турли ифодаларни ўз ичига олувчи файл қобиғи
var=ифода
```

m-файл-функция қуйидаги хоссаларга эга бўлади:

- у function эълон билан бошланади, ундан кейин ўзгарувчининг номи var — чиқиш параметри, функциянинг номи ва чиқиш параметрларининг рўйхати кўрсатилади;
- функция ўз қийматини қайтаради ва уни математик ифодаларда *номи(параметрлар рўйхати)* кўринишида ишлатиш мумкин;
- файл-функциянинг қобиғидаги ҳамма ўзгарувчилар локал ўзгарувчилардир, яъни фақат функциянинг ичида ўринли;
- файл-функция мустақил дастурий модул бўлиб, бошқа модуллар билан ўзининг кириш ва чиқиш параметрлари орқали алоқада бўлади;
- файл-функция MATLAB тизимини кенгайтириш воситасидир;
- файл-функция компиляция қилинади ва бажарилади, ҳосил қилинган машина кодлари MATLAB тизимининг ишчи соҳасида сақланади.

Агар функция ҳисоблаш натижаларини қайтариши керак бўлса охирги конструкция *var=ифода* киритилади.

Файл-функциянинг юқорида келтирилган шакли битта чиқиш параметрига эга бўлган функциялар учун характерли. Агар чиқиш параметрлари кўп бўлса, улар function сўзидан кейин квадрат қавсларнинг ичида кўрсатилади. Бу ҳолда модулнинг таркиби қуйидаги кўринишга эга бўлади:

```
function [var1,var2....]=f_номи (параметрлар рўйхати)
%Асосий изоҳ
%Қўшимча изоҳ
Турли ифодаларни ўз ичига олувчи файл қобиғи
var1=ифода
var2=ифода
```

Бундай функция процедурани эслатади. У бир эмас бир неча натижани қайтаради. Уни бевосита математик ифодаларда қўллаш хатоликларга олиб келиши мумкин. Шунинг учун бундай функциядан дастурнинг алоҳида элементи каби фойдаланилади:

```
[var1,va2,... ]=f_номи(Параметрлар рўйхати)
```

У қўлланилгандан кейин чиқиш ўзгарувчилари var1, var2,... аниқланган бўлади ва уларни кейинги математик ифодаларда ёки дастурнинг бошқа сегментларида ишлатиш мумкин. Агар бундай функция name(Параметрлар рўйхати) кўринишида ишлатилса, фақат биринчи чиқиш параметри — var1 нинг қийматини қайтаради.

Агар функциядаги ўзгарувчилар глобал бўлиши зарур бўлса, улар global var1 var2... командаси ёрдамида эълон қилинади.

8.9. Остфункцияларнинг ишлатилиши

Остфункциялар асосий функциянинг ичида эълон қилинади ва ёзилади. Остфункциянинг тузилиши асосий функцияники билан бир хил. Қуйида остфункцияга эга бўлган функцияга мисол келтирилган:

```
function [mean,stdev] = statv(x)
%USTATV Interesting statistics.
%Остфункцияга эга бўлган функцияга мисол
n = length(x);
mean = avg(x,n);
stdev = sqrt(sum((x-avg(x,n)).^2)/n);
%---------------------------------------
function m = avg(x,n)
%Остфункция
m = sum(x)/n;
function [mean,stdev] = statv(x)
```

Ушбу мисолда x вектор элементларининг ўртача қиймати avg(x,n) остфункция ёрдамида ҳисобланган

```
>> x=[1 2 3 4 5];
>> [a,m]=statv(x)
a =
3
m =
1.4142
>> help statv
USTATV Interesting statistics.
Остфункцияга эга бўлган функцияга мисол
```

Остфункция локал, яъни у таркибида бўлган m-файлнинг ичида ишлайди. Фақат асосий функцияга тегишли бўлган изоҳни help name командаси, m-файлнинг тўлиқ матнини эса type name командаси чиқаради (name нинг ўрнига функциянинг номи ёзилади). Агар фукцияда ҳам остфункцияда ҳам умумий ўзгарувчилар ишлатиладиган бўлса улар фукцияда ҳам остфункцияда ҳам глобал деб эълон қилиниши керак.

8.10. Хатоликларни қайта ишлаш

Ҳисоблаш жараёнида хатоликлар юзага келиши мумкин. Масалан, *sin(x)/x* функция ҳисобланаётганда $x = 0$ бўлса ҳисоблашлар тўхтайди ва «нолга бўлиш» кўринишидаги хатолик тўғрисида ахборот чиқади. Лекин ҳамма хатоликлар ҳам ҳисоблашларнинг тўхташига олиб

келмайди. Айрим ҳолларда огоҳлантирувчи ёзув пайдо бўлади ва ҳисоблашлар давом этади. Бундай ҳолларни дастурни ёзиш вақтида эътиборга олиш керак.

Хатолик тўғрисидаги ахборотни чиқариш учун error(Хатолик тўғрисида ахборот') командаси хизмат қилади. Хатолик тўғрисида ахборотни *sd(x)=sin(x)/x* функцияни ҳисоблаш жараёнида берувчи дастурнинг ишлашини кўрайлик:

```
function f=sd(x)
if x==0 error('Хатолик -нолга бўлиш')
end
f=sin(x)/x
```

Ушбу функциянинг ишлаш натижалари қуйидагича:

```
>> sd(1)
f =
0.8415
ans =
0.8415
>> sd(0)
??? Error using ==> sd
Хатолик — нолга бўлиш
```

Агар хатолик юз берганда ҳам ҳисоблашлар давом этиши керак бўлса warning ('Огоҳлантирувчи ахборот') командасидан фойдаланиш мумкин:

Юқоридаги файл-функцияга ўзгартириш киритамиз ва дискда сақлаймиз

```
function f=sd(x)
if x==0 warning('Огоҳлантирувчи ахборот')
end
f=sin(x)/x
```

Ушбу ҳолда дастур қуйидагича ишлайди

```
>> sd(1)
f =
0.8415
ans =
0.8415
>> sd(0)
Warning: Огоҳлантирувчи ахборот
> In C:\MATLAB6p5\work\МП\sd.m at line 2
Warning: Divide by zero.
```

(Type «warning off MATLAB:divideByZero» to suppress this warning.)

```
> In C:\MATLAB6p5\work\MП\sd.m at line 4
f =
NaN
ans =
NaN
>>
```

Умуман олганда $x = 0$ да $sin(x)/x = 0/0 = 1$ бўлганлиги сабабли ифодани ҳисоблаш ўрнига 1 қийматни қўйиш мақсадга мувофиқ бўлар эди. Бунинг учун дастурга керакли ўзгартиришларни киритамиз:

```
function f=sdO(x)
if x==0 f=1;
else f=sin(x)/x;
end
return
```

Бундай ўзгартиришлардан кейин дастур х нинг ҳар қандай қийматида ҳам тўғри ишлайди

```
>> sd0(1)
ans =
0.8415
>> sd0(0)
ans =
1
>>
```

8.11. Аргументларининг сони ўзгарувчи функциялар

Махсус хусусиятларга эга бўлган функцияларни яратишда қуйидаги икки функция фойдали бўлиши мумкин:

- nargin — берилган функциядаги кириш параметрларининг сонини қайтаради;
- nargout — берилган функциядаги чиқиш параметрларининг сонини қайтаради.

Айтайлик, бешта xl, x2, x3, x4 и x5 аргументлар квадратларининг йиғиндисини ҳисоблайдиган функция яратиш зарур бўлсин.

Одатдаги йўл билан sum2_5 номли функцияни яратамиз:

```
function f=sum2_5(x1,x2,x3,x4,x5);
f=x1^2+x2^2+x3^2+x4*2+x5^*2;
```

Унинг ишлашини текшириб курамиз:

```
» sum2_5(l,2.3.4.5)
ans =
55
» sum2_5(l,2)
??? Input argument 'x3' is undefined.
Error in ==> C:\MATI_AB\bin\sum2_5.m
On line 2 ==> f=xl^2+x2^2+x3^2+x4^2+x5^2;
```

Шундай килиб, бешта аргумент булганда функция тугри ишлайди. Лекин аргументлар сони бештадан кам булса хатолик тугрисида ахборот беради. Х‚ар кандай сондаги кириш аргументлари булганда (юкоридаги мисол учун бештагача) тугри ишлайдиган функцияни яратиш учун nargin функциясидан фойдаланамиз:

```
function f=sum2m_5(xl ,x2 , x3 ,x4 , x5) ;
n=nargin;
if n==l  f=xl^2;end
if n==2  f=xl^2+x2^2;end
if n==3  f=xl^2+x2^2+x3^2;  end
if n==4 f=xl^2+x2"2+x3^2+x4^2: end
if n==5  f=xl^2+x2^2+x3^2+x
```

Функциянинг ишлашини текшириб курамиз:

```
» sum2_5m(l)
ans =
1
» sum2_5m(l,2)
ans =
5
» sum2_5m( 1,2,3)
ans =
14
» sum2_5m(l,2,3,4)
ans =
30
» sum2_5m( 1,2,3,4,5)
ans=
55
» sum2_5m(l,2,3,4,5,6)
??? Error using ==*=> sum2_5m
Too many input arguments.
```

Шундай килиб, кириш параметрларининг сони 1 дан 5 тагача

бўлганда ҳисоблашлар тўғри бажарилади. Ундан ортиқ бўлса хатолик тўғрисида ахборот чиқади. Бу ахборотни интерпретаторга бириктирилган хатоликларни диагностика қилиш тизими беради.

8.12. Диалогли киритиш

Қуйидаги диалогли дастурни кўрайлик:

```
% Радиусни диалогли киритиб айлананинг узунлигини ҳисоблаш
r=0;
while r>=0,
r=input('Айлананинг радиусини киритинг r=');
if r>=0 disp(' Айлананинг узунлиги l=');
disp(2*pi*r)
end
end
```

Ушбу дастур диалог режимда киритиладиган радиусга асосан айлананинг узунлигини кўп марта ҳисоблаш учун хизмат қилади. Дастурдаги disp командалари ёрдамида экранга «Айлананинг узунлиги l=» ёзуви ва айлана узунлигининг ҳисобланган қиймати чиқарилади. Ҳисоблашни тўхтатиш учун манфий қиймат берилиши керак, масалан r=-1.

Дастурдаги while...end бошқарувчи таркиб ҳисоблашни циклик равишда қайтариб туриш учун ишлатилган. Агар r<0 қиймат берилса ҳисоблаш бажарилмайди ва цикл тугалланади.

Ушбу дастур ayl.m номли файл-сценария шаклида сақланган бўлса, у билан ишлаш қуйидаги кўринишда бўлади:

```
>> ayl
Айлананинг радиусини киритинг r=1
Айлананинг узунлиги l=
6.2832

Айлананинг радиусини киритинг r=3
Айлананинг узунлиги l=
18.8496

Айлананинг радиусини киритинг r=45
Айлананинг узунлиги l=
282.7433

Айлананинг радиусини киритинг r=-1
>>
```

Input функцияси ёрдамида ихтиёрий сатрий ифодаларини ҳам киритиш мумкин. Бу ҳолда у қуйидаги кўринишга эга бўлади:

input('Изоҳ', V)

Ушбу функция бажарилганда ҳисоблашларни тўхтатади ва сатрий изоҳ киритилишини кутади. Сатрий изоҳ киритилгандан кейин киритилган сатр қайтарилади. Буни қуйидаги мисолдан кўришимиз мумкин:

```
>> S=input('Ифодани киритинг','s')
Ифодани киритинг 2*sin(1)
S =
2*sin(1)
>> eval(S)
ans =
1.6829
>>
```

Символ кўринишида киритилган ифодани ҳам eval командаси ёрдамида ҳисоблаш мумкинлигига эътибор беринг. Умуман олганда ҳар қандай символ ифодани киритиш ва ҳисоблаш мумкинлиги ҳар қандай мураккабликдаги диалог дастурларни яратиш учун йўл очиб беради.

8.13. Шартли оператор if

Умумий ҳолда if шартли оператори қуйидагича ёзилади:

if *шарт*
*Инструкциялар*_1
elself *шарт*
*Инструкциялар*_2
else
*Инструкциялар*_3
end

Ушбу конструкциянинг хусусий вариантлари ҳам бўлиши мумкин. Энг оддийси If...end:

if *шарт инструкциялар* end

Шарт мантиқий 1ни қайтарса (яъни 'ҳақиқат' бўлса) if...end таркибнинг ичидаги *инструкциялар* бажарилади. Бунда end оператори инструкциялар тугаганлигини билдиради. Рўйҳатдаги инструкциялар бир-биридан вергул ',' ёки нуқта-вергул ';' билан ажратилади. Агар шарт бажарилмаса (мантиқий 0) *инструкциялар* ҳам бажарилмайди.

Яна бир конструкцияни кўрсатиш мумкин

if *шарт*

Инструкциялар_1
else
Инструкциялар_2
end

Агар *шарт* бажарилса *инструкциялар_1*, бажарилмаса *инструкциялар_2* бажарилади.

Шарт қуйидагича ёзилади:

Ифода_1 Нисбат_оператори Ифода_2,

Нисбат операторлари сифатида ==, <, >, <=, >= ёки ~= операторлар ишлатилади.

8.14. For...end цикли

for...end турдаги циклдан маълум марта қайтарилувчи цикларни ташкил қилиш учун фойдаланилади. Бундай циклнинг конструкцияси қуйидаги кўринишга эга:

for var=*ифода инструкция ... инструкция* end

Ифода кўпчилик ҳолларда қуйидагича ёзилади: s:d:e, бу ерда s — цикл ўзгарувчисининг бошланғич қиймати, d — орттирмаси ва e — сўнгги қиймати. Цикл ўзгарувчиси сўнгги қийматга эришганда цикл тугалланади. Агар d=1 бўлса ифода s:e кўринишида ёзилади. Қуйидаги мисолларда цикл ўзгарувчиси қийматларининг квадратларини олиш учун ишлатилган:

```
> for i=1:5, i, x=i^2, end
i =
1
x =
1
i =
2
x =
4
...
i =
5
x =
25
> for i=1:5; n(i)=i; x(i)=i^2; end; n, x
n =
1 2 3 4 5
x =
```

```
1 4 9 16 25
>>
» for x=0:.25:1 X^2, end:
ans =
0
ans =
0.0625
...
ans =
1
```

8.15. Улаб-узгичнинг конструкцияси

Улаб-узгич (switch) кўплаб вариантлардан бирини танлаш учун хизмат қилади. Унинг тузилиши қуйидагича бўлади:

switch *switch_ифода*
case *case_ифода*
Инструкциялар_рўйхати
case {case_1-ифода, case_2-ифода, case_3-ифода....}
Инструкциялар_рўйхати
otherwise
Инструкциялар_рўйхати
end

Агар switch сарлавҳадан кейинги ифода case ифодалардан бирининг қийматига тенг бўлса мос case блоки, акс ҳолда otherwise операторидан кейинги *Инструкциялар_рўйхати* бажарилади. Case_ифода сон, константа, ўзгарувчи, ячейкалар вектори ёки сатр ўзгарувчиси бўлиши мумкин.

Улаб-узгичнинг қўлланилишини қуйидаги yil.m номли m-файл мисолида кўрайлик:

```
%Ушбу дастур var ўзгарувчиси орқали
%ойнинг тартиб рақами киритилганда
% у йилнинг қайси кварталига тегишли
%эканлигини ҳисоблайди.
%Дастурдан чиқиш учун var ўзгарувчисига
%1дан кичик ёки 12дан катта қиймат берилади.
var=1;
while var>=0,
var=input('oy raqami var=');
switch var
case {1,2,3}
```

```
disp('Биринчи квартал')
case {4,5,6}
disp('Иккинчи квартал')
case {7,8,9}
disp( 'Учинчи квартал')
case {10,11,12}
disp('Тўртинчи квартал')
otherwise
disp('Топширикда хатолик')
return
end
end
```

Дастур қуйидагича ишлайди.:

```
>> yil
oy raqami var=1
Биринчи квартал
oy raqami var=4
Иккинчи квартал
oy raqami var=7
Учинчи квартал
oy raqami var=12
Тўртинчи квартал
oy raqami var=13
Топширикда хатолик
>>
```

8.16. Ҳисоблашларда паузалар (тўхталишлар) хосил қилиш

Дастурнинг ишлашини вақтинча тўхтатиб туриш учун pause операторидан фойдаланилади. У қуйидаги шаклларда ишлатилиши мумкин:

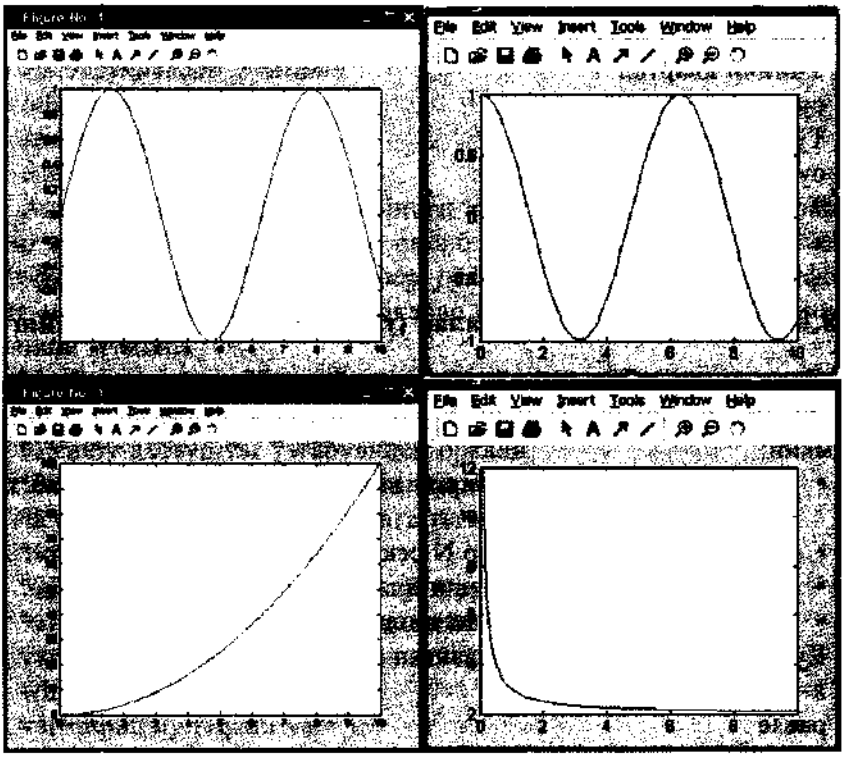
- pause — ҳисоблашлар бирор клавиша босилгунча тўхтаб туради;
- pause(N) — ҳисоблашлар N секундга тўхтайди;
- pause on — паузани қайта ишлаш режимини улайди;
- pause off — паузани қайта ишлаш режимини узади;

Қуйидаги pauza.m деб номланган m-файлни кўрайлик:

```
x=0:0.1:10;
pause
y=sin(x);
plot(x,y)
```

```
y1=cos(x)
pause(2)
plot(x,y1)
pause(0.5)
y2=x.^2
plot(x,y2)
pause(3)
y3=1./x+2
plot(x,y3)
```

Ушбу дастур F5 клавишаси ёки командалар ойнасидан pauza командаси ёрдамида ишга туширилгандан кейин pause оператори таъсирида бирор клавиша босилгунча кутиб туради. Клавиша босилгандан кейин sin(x) нинг графиги қурилади. Кейинги графиклар pause(N) операторларининг ишлашига асосан маълум вақт оралиқларидан кейин кетма-кет қурилади, яъни 2 секунддан кейин cos(x) нинг, 0.5 секунддан кейин x^2 нинг ва 3 секунддан кейин 1/x-2 нинг графиги экранда пайдо бўлади.



8.3-расм. Ҳисоблашларда паузалар ҳосил қилиниб олинган графиклар

8.17. C ва Fortran тиллари учун кодларни ҳосил қилиш

8.17.1. C тили учун кодларни ҳосил қилиш

MATLAB аналитик ифодаларнинг C тилидаги кодларини ҳосил қилиш имкониятини беради ва қуйидаги кўринишдаги синтаксисга эга:

```
ccode(s)
```

бу ерда `s` аналитик ифода.

Қуйида аналитик ифодаларнинг C тилидаги кодларини ҳосил қилишга мисоллар келтирилган.

$x^2+4x-\sqrt{x}$ ифоданинг C тилидаги коди:

```
ccode(x^2+4*x-sqrt(x))
ans =
t0 = x*x+4.0*x-sqrt(x);
```

$x^2+bx-c=0$ тенгламанинг илдизларини аниқлаш формуласи учун C тилидаги код:

```
syms x
x=solve('x^2+b*x+c');
ccode(x)
ans =
x[0][0] = -b/2.0+sqrt(b*b-4.0*c)/2.0; x[1][0] = -b/2.0-sqrt(b*b-
4.0*c)/2.0;
```

$\ln(1+x)$ ифодани Тейлор қаторига ёйиш формуласи учун C тилидаги код:

```
syms x
f = taylor(log(1+x));
ccode(f)
ans =
t0 = x-x*x/2.0+x*x*x/3.0-x*x*x*x/4.0+x*x*x*x*x/5.0;
```

Кейинги мисолларда ифодалар кетма-кетлиги ва ҳосиласи учун C тилидаги кодларни ҳосил қилиш кўрсатилган:

```
a=x^2;
b=2*a;
f=a*b;
ccode(f)
ans =
t0 = 2.0*x*x*x*x;
```

```
ccode(diff('sin(x)+x^7'))
ans =
t0 = cos(x)+7.0*x*x*x*x*x*x*x;
```

$x^4+ax^2+1=0$ тенгламанинг илдизларини аниқлаш учун C тилидаги кодни олиш:

```
syms a x
s = solve(x^4+a*x^2+1);
ccode(s)
ans =
s[0][0] = sqrt(-2.0*a+2.0*sqrt(a*a-4.0))/2.0;
s[1][0] = -sqrt(-2.0*a+2.0*sqrt(a*a-4.0))/2.0;
s[2][0] = sqrt(-2.0*a-2.0*sqrt(a*a-4.0))/2.0;
s[3][0] = -sqrt(-2.0*a-2.0*sqrt(a*a-4.0))/2.0;
```

$x^4+ax+1=0$ тенгламанинг илдизларини аниқлаш учун C тилидаги кодни ҳосил қилиш:

```
syms a x
s = solve(x^4+a*x+1);
ccode(s)
ans =
s[0][0] = sqrt(6.0)*sqrt((pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.667)+48.0)/pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33))/12.0+sqrt(-(6.0*sqrt((pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.667)+48.0)/pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33))*pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.667)+288.0*sqrt((pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.667)+48.0)/pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33))+72.0*a*sqrt(6.0)*pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33))/pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33)/sqrt((pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.667)+48.0)/pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33)))/12.0;

s[1][0] = sqrt(6.0)*sqrt((pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.667)+48.0)/pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33))/12.0-sqrt(-(6.0*sqrt((pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.667)+48.0)/pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33))*pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.667)+288.0*sqrt((pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.667)+48.0)/pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
```

768.0+81.0*a*a*a*a),0.33))+72.0*a*sqrt(6.0)*pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33))/pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33)/sqrt((pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.667)+48.0)/pow(108.0*a*a+12.0*sqrt(-
768.0+81.0*a*a*a*a),0.33)))/12.0; ...

$x^4+ax+1=0$ тенгламанинг илдизларини аниқлаш учун С тилидаги код узун бўлганлиги сабабли қисқартирилган ҳолда келтирилди.

8.17.2. Fortran тили учун кодларни ҳосил қилиш

Fortran тили учун кодларни ҳосил қилиш С тили учун кодларни ҳосил қилиш билан ўхшаш ва қуйидаги кўринишдаги синтаксисга эга:

fortran(s)

бу ерда s аналитик ифода.

$x^2\sin(x)$ ифоданинг интеграли учун Fortran тилидаги код:

```
fortran(int('x^2*sin(x)'))
ans =
t0 = -x**2*cos(x)+2*cos(x)+2*x*sin(x)
```

Қуйидаги мисолда $\sin(ax)\cdot y$ ифоданинг x ва y бўйича ҳосилалари учун Fortran тилидаги код ҳосил қилиш келтирилган. Ушбу мисолда аналитик амаллар учун ўзгарувчилар символли деб (syms a x y) эълон қилиниши зарурлигини эсдан чиқармаслик зарур.

```
syms a x y
f = sin(a*x)*y;
fortran(diff(f,x))
fortran(diff(f,y))

ans =
t0 = cos(a*x)*a*y
ans =
t0 = sin(a*x)
```

$x^3+ax+1=0$ тенгламани аналитик кўринишда ечиш учун Fortran тилидаги кодни ҳосил қилиш:

```
syms a x
s = solve(x^3+a*x+1);
fortran(s)
ans =
```

```
s(1,1) = (-108+12*sqrt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)/6-2*a/(-108+12*sq
#rt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)
s(2,1) = -(-108+12*sqrt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)/12+a/(-108+12*sq
#rt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)+cmplx(0.E0,1.E0)*sqrt(3.E0)*((-108+12
#*sqrt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)/6+2*a/(-108+12*sqrt(12*a**3+81))**
#(1.E0/3.E0))/2
s(3,1) = -(-108+12*sqrt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)/12+a/(-108+12*sq
#rt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)-cmplx(0.E0,1.E0)*sqrt(3.E0)*((-108+12
#*sqrt(12*a**3+81))**(1.E0/3.E0)/6+2*a/(-108+12*sqrt(12*a**3+81))**
#(1.E0/3.E0))/2
```

9. NOTEBOOK

9.1. Notebook асослари

Notebook MATLAB тизимининг сонли ҳисоблашлар ва визуаллаштириш имкониятларидан Microsoft Word муҳитида фойдаланиш имкониятини беради. Бунда MATLAB буйруқларини ўз ичига олувчи M-book деб аталадиган ҳужжат тайёрланади.

M-book бошланғич маълумотлар ўзгартирилганда натижалар ҳам ўзгарадиган «жонли» китобларни, MATLAB билан ишлаш сеансларини, электрон қўлланмаларни ва техник ҳужжатларни тайёрлашда катта имкониятларни беради.

9.2. Notebook конфигурациясини танлаш ва уни ўрнатиш

Word дастурининг Office 2000 ва ундан кейинги версиялари учун Notebook ўрнатилаётганда қуйидагиларни бажариш талаб қилинади:

- Word дастурида макрослар бўйича ўртача хавфсизлик, яъни **Tools** менюсидан **Macros -> Security -> Medium** ўрнатилади (Word дастурининг русча версиясида **Сервис-> Макрос->Безопасность->Средняя);**
- Notebook ишга тушгандан кейин ҳосил бўладиган диалог ойнада ушбу манбага доимо ишониш мумкинлиги белгиланади. Натижада бошқа макрослар учун юқори хавфсизлик сақланиб қолган ҳолда Notebook макрослари эркин ишлаши мумкин.

Notebook конфигурациясини танлаш:

1. MATLAB тизимининг буйруқлар ойнасида қуйидаги буйруқ терилади

```
notebook -setup
```

ва Microsoft Word дастурининг компьютерга ўрнатилган версияси танланади

[1] Microsoft Word 97

[2] Microsoft Word 2000

[3] Microsoft Word 2002 (XP)

[4] Exit, making no changes

Microsoft Word Version:

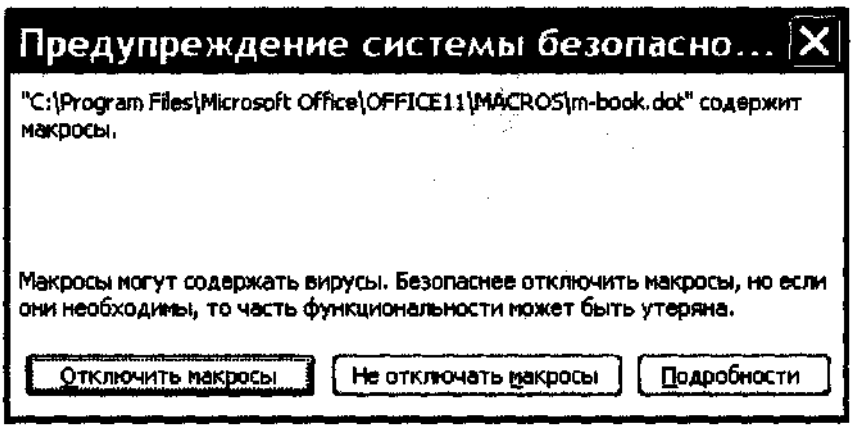
2. Ойнада ҳосил бўлган **Microsoft Word Version:** сўзидан кейин танланган версиянинг рақами ёзилади, масалан, агар Microsoft Word 2000 XP ўрнатилган бўлса 3 рақами ёзилади ва давом эттириш учун ихтиёрий клавиша босилади. Агар Notebook ўрнатилаётганда керакли файллар топилмаса, уларни кўрсатиш зарур (масалан, **winword.exe** ёки **normal.dot**).

Notebook ўрнатилгандан кейин қуйидаги ёзув чиқади:

Notebook setup is complete (*Notebook нинг ўрнатилиши тугалланди*).

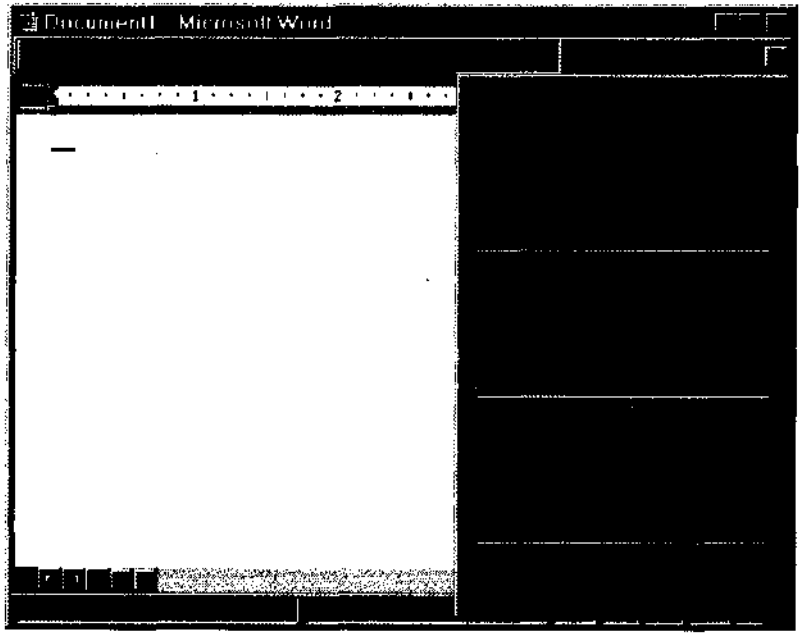
9.3. M-Book ҳосил қилиш

MATLABнинг буйруқлар ойнасидан янги M-Book ҳосил қилиш учун **notebook** буйруғи терилади. Microsoft Word ишга тушади ва Document1 номли янги M-book ҳосил бўлади. Word очилаётган вақтда қуйидаги ойна чиқиши мумкин 9.1-расм):



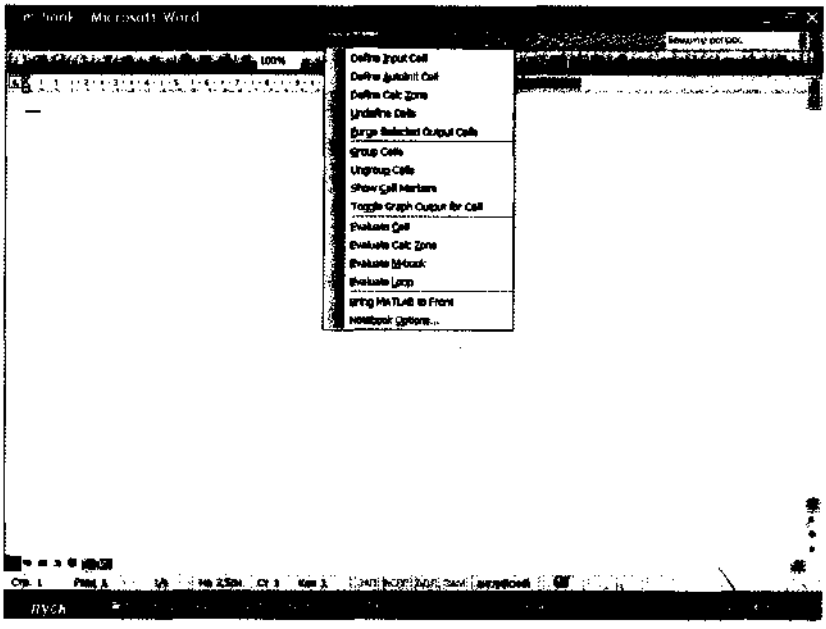
9.1-расм. Word очилаётган вақтда чиқиши мумкин бўлган ойна

Ойнада Enable macros (Не отключать макросы) танланади. Notebook Word менюсига Notebook менюсини қўшиб қўяди (9.2-расм):



9.2-расм. Word менюсидаги Notebook менюси

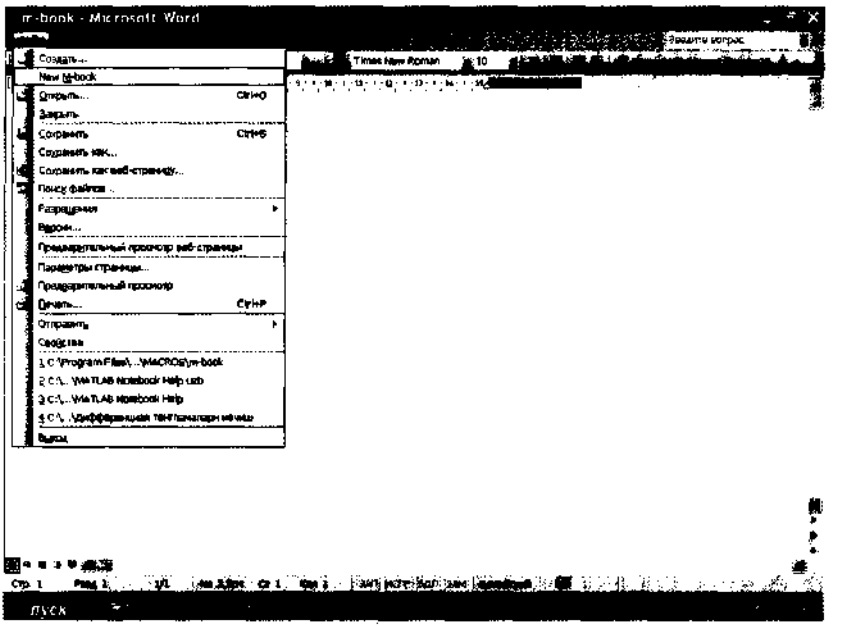
ёки Word нинг русча версиясида (9.3-расм):



9.3-расм. Word нинг русча версиясидаги Notebook менюси

Notebook менюсидан MATLAB буйруқларини киритиш ва форматлаш учун фойдаланилади.

Янги M-book ҳосил қилишнинг яна бир йўли Notebook очилган ҳолатда Word нинг File(Файл) менюсидан New M-book ни танлашдир:



9.4-расм. Янги M-book ҳосил қилиш

9.4. Мавжуд M-Bookни очиш

Мавжуд M-Book ни очиш учун қуйидаги notebook буйруғидан фойдаланиш:

notebook filename

бу ерда *filename* — M-book файлининг номи.

Мавжуд M-Book ни одатдаги **Word** файллари сингари ҳам очиш мумкин.

M-book файлининг устида сичқончанинг тугмаси босилганда MATLAB ишга тушади (агар у ишга тушурилмаган бўлса).

9.5. Word ҳужжатни M-Book ҳужжатга айлантириш

Word ҳужжатни M-Book ҳужжатга айлантириш учун қуйидаги амаллар бажарилади:

Янги M-book ҳосил қилинади;

Insert (Вставка) менюсидан File (Файл) бўлими танланади;

M-Book ҳужжатга айлантирилиши зарур бўлган Word ҳужжат танланади;

OK босилади.

9.6. MATLAB буйруқларини M-Bookга киритиш

MATLAB буйруқларини M-Book га киритишни ўрганиш учун аввал MATLABнинг notebook/pc папкасидаги Readme.doc файли билан танишиш мақсадга мувофиқ. Ундаги бошланғич маълумотларни ўзгартириб Ctrl+Enter ёки Alt+R клавишаларини босиб MATLAB буйруқларининг бажарилишини кузатиш мумкин.

MATLAB буйруқлари M-book га ҳар қандай матн ҳужжати сингари киритилади, масалан:

```
x=15
y=x^2
```

ифодаларни киритиб ва уларни белгилаб, *Notebook* менюсининг *Define Input Cell* бўлимини танласак (ёки Alt+D клавишаларини боссак) киритилган матн MATLAB буйруқларига айланади.

```
x=15
y=x^2
```

Уларнинг ишлашини кўриш учун Ctrl+Enter клавишаларини боссак қуйидаги натижани оламиз:

```
x =
15
y =
225
```

Худди шунингдек $x^2+bx+c=0$ тенгламанинг илдизларини аналитик йўл билан аниқлашимиз ҳам мумкин:

```
solve('x^2+b*x+c','x')

ans =
[ -1/2*b+1/2*(b^2-4*c)^(1/2)]
[ -1/2*b-1/2*(b^2-4*c)^(1/2)]
```

Бир вақтнинг ўзида бир неча M-book билан ишланаётган бўлса, уларнинг ҳаммаси учун MATLAB ягона бўлиши сабабли, уларнинг бирида бирор ўзгарувчининг қиймати ўзгарса бошқа M-book лардаги шу номли ўзгарувчиларнинг қийматлари ҳам ўзгаришини назарда тутиш керак. Акс ҳолда хатоликлар юзага келиши мумкин.

9.7. Маълумотларнинг бир-бирига мослигини таъминлаш

Агар M-book кетма-кет бажариладиган MATLAB буйруқлари кўринишида тузилган бўлса фақат биринчисидан бошлаб охиргисигача кетма-кет бажарилсагина M-book улар орасидаги боғланишларни аниқ акс эттиради. Агар бирор ячейка ўзгартирилса M-book уни автоматик тарзда қайта ҳисобламайди. Натижада айрим ноаниқликлар юзага келиши мумкин. Қуйидаги мисолни кўрайлик:

```
x=0:1:4
y=x.^3

x =
0 1 2 3 4
y =
0 1 8 27 64

z=sin(x)

z =
0 0.8415 0.9093 0.1411 -0.7568
```

Бошланғич ячейкадаги x=0:1:4 ифоданинг ўрнига x=0:1:5 ёзиб z=sin(x) нинг устида Ctrl+Enter ни боссак олинган натижа тўғри бўлмайди, яъни x 0 дан 5 гача ўзгармайди:

```
x=0:1:5
y=x.^3

x =
0 1 2 3 4
y =
0 1 8 27 64

z=sin(x)

z =
0 0.8415 0.9093 0.1411 -0.7568
```

Alt+R клавишаларини босиш йўли билан M-book ни тўла ишлатиб тўғри натижани олишимиз мумкин:

```
x=0:1:5
y=x.^3
```

```
x =
0 1 2 3 4 5
y =
0 1 8 27 64 125
z=sin(x)
z =
0 0.8415 0.9093 0.1411 -0.7568 -0.9589
```

9.8. Ячейкалар гуруҳини киритиш

Ячейкалар гуруҳини (бир неча ячейкани бир йўла) киритиш учун улар белгиланиб Notebook менюсидан Group Cells бўлими танланади ёки Alt+G клавишалар босилади. Ячейкалар гуруҳи фақат битта чиқишга эга бўлиши керак.

M-book юкланаётганда бажариладиган ячейкаларни киритишда Notebook менюсидан Define AutoInit Cell бўлими танланади. Бундай ячейкалар тўқ кўк рангга эга бўлади.

Ҳисоблаш зонасини киритиш учун Notebook менюсидан Define Calc Zone бўлими танланади. Ҳисоблаш зоналарини киритиш йўли билан M-book айрим зоналарга бўлинади. Ечилаётган масалаларни алоҳида ҳисоблаш зоналарига жойлаштириш мумкин. M-book ичида ҳисоблаш зоналарининг сони чекланмаган. Notebook менюсидаги Evaluate Calc Zone бўлими танланганда ёки Alt+Z клавишалари босилганда фақат курсор билан кўрсатилган ҳисоблаш зонаси ишлайди.

Киритиш ячейкасини матнга айлантириш учун у белгиланади ёки унинг устига курсор олиб келинади ва Notebook менюсидан Undefine Cells бўлими танланади ёки Alt+U клавишалар босилади. Худди шунга ўхшаш тарзда **чиқариш ячейкасини матнга айлантириш** ҳам амалга оширилади.

M-book бажарилаётган вақтда хатоликлар ҳам юзага келиш эҳтимоли бор. Бундай ҳолларда ҳисоблашлар тўхташи учун **Notebook** менюсидан **Notebook Options** бўлими танланади, **Stop evaluating on error** бўлимидаги байроқча белгиланади ва ОК босилади.

9.9. Цикллардан фойдаланиш

Цикллардан фойдаланиш, яъни айрим ячейкаларни кўп марта ҳисоблаш учун Notebook менюсидан **Evaluate Loop** бўлими танланади ёки **Alt+L** клавишалар босилади. Қуйида циклдан фойдаланишга мисол келтирилган:

```
z=0
```

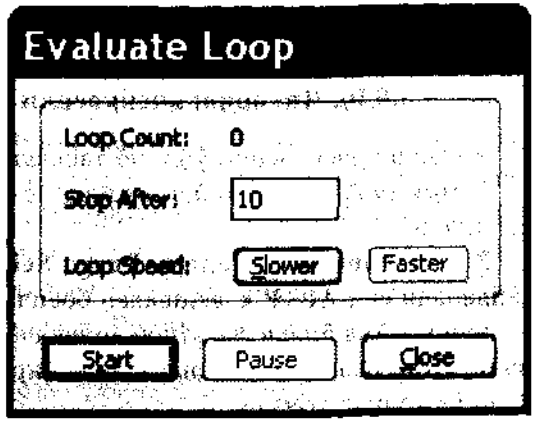
```
z=z+1
t=2*z
```

ифодаларни киритиб Alt+R клавишаларни боссак иккала ячейка ҳам ҳисобланади:

```
z=0
z = 0
z=z+1
t=2*z
z = 1
t = 2
```

Иккинчи ячейканинг устига курсорни жойлаштириб **Alt+L** клавишаларни боссак **Evaluate Loop** ойнаси ҳосил бўлади (9.5-расм):

```
[z=0 ]

[z =
      0 ]

[z=z+1
 t=2*z ]

[z =
      1
 t =
      2 ]
```

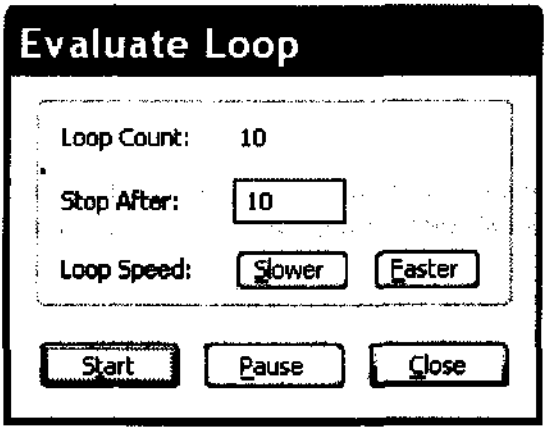


9.5-расм. Evaluate Loop ойнаси

Ҳосил бўлган ойнанинг Stop After бўлимида цикллар сонини киритиб Start тугмасини боссак қуйидаги натижани оламиз:

```
z=0
z = 0
z=z+1
t=2*z
z = 11
t = 22
```

Циклнинг бажарилиш тезлигини ўзгартириш учун **Evaluate Loop** ойнасининг **Loop Speed** бўлимидаги **Slower** (секинроқ) ва **Faster** (тезроқ) тугмалардан кераклиси босилади (9.6-расм). Циклнинг бажарилишини вақтинча тўхтатиб туриш учун **Pause** тугмаси ва ойнани ёпиш учун **Close** тугмаси босилади.



9.6-расм. **Циклнинг бажарилиш тезлигини ўзгартириш**

9.10. Чиқариш ячейкасини ўчириб ташлаш

Чиқариш ячейкасини ўчириб ташлаш учун:

1. Чиқариш ячейкаси белгиланади ёки унинг устига курсор олиб келинади;

2. **Notebook** менюсининг **Purge Selected Output Cells** бўлими танланади ёки **Alt+P** клавишалар босилади.

Бундай йўл билан фақат чиқариш ячейкаларигина ўчириб ташланади. Агар белгиланган диапазонда киритиш ячейкалари ҳам бўлса улар ўз ҳолича қолади.

9.11. M-bookдаги бўш сатрларни йўқотиш

M-book даги бўш сатрларни йўқотиш учун **Notebook** менюсидан **Notebook Options** бўлими танланади ва ҳосил бўлган ойнада (9.7-расм)

9.7-расм. Notebook Options бўлими

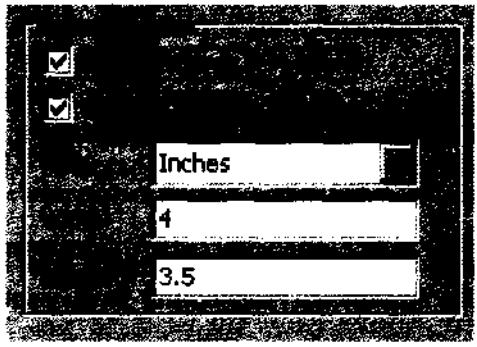
Compact улаб-узгичи белгиланади ва **OK** босилади.

Сонларнинг форматини ўзгартириш учун **Notebook** менюсидан **Notebook Options** бўлими танланади ва ҳосил бўлган ойнадан (9.8-расм) зарур формат танланади ва **OK** босилади.

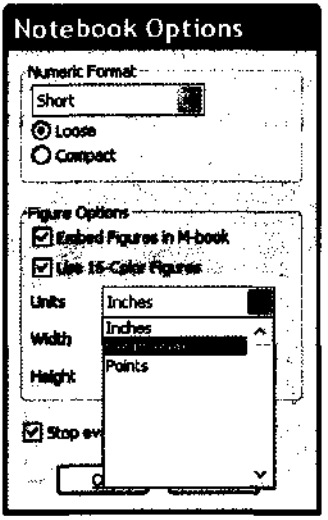
9.8-расм. Сонларнинг форматини ўзгартириш

9.12. M-book графикларининг ўлчамларини ўзгартириш

M-book даги графикларнинг ўлчамларини ўзгартириш учун **Notebook** менюсидан **Notebook Options** бўлими танланади ва ҳосил бўлган ойнада (9.9-расм) графикнинг зарур ўлчамлари, яъни кенглиги(**Width**) ва баландлиги (**Height**) киритилади ва **OK** босилади. Ушбу ойнада узунликнинг ўлчов бирлигини (масалан, **Centimeters**-сантиметрларда) **Units** бўлимидаги очилувчи менюдан (9.10-расм) танлаш мумкин (**Inches**-дюймларда, **Points**-нуқталарда):



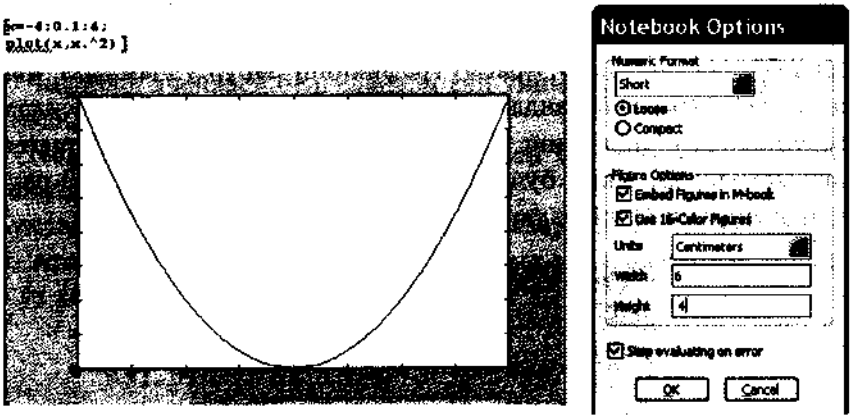
9.9-расм. M-book даги графикларнинг ўлчамларини ўзгартириш



9.10-расм. Узунликнинг ўлчов бирлигини танлаш

Киритилган ўзгартиришлар фақат M-book қайта ишга туширилгандан кейин кучга киради.

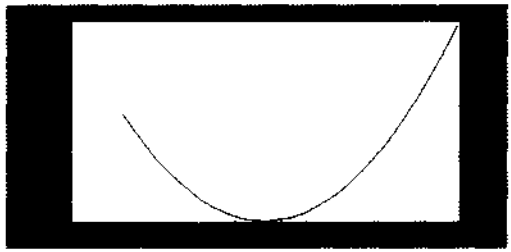
Қуйидаги мисолда графикнинг ўлчамларини ўзгартириш кўрсатилган (9.11-расм):



9.11-расм. Графикнинг ўлчамларини ўзгартиришга мисол

Графикнинг кенглиги 6 см га ва баландлиги 4 см га ўзгартирилди. M-book қайта ишга туширилса графикнинг ўлчамлари ўзгаради (9.12-расм):

```
x=-4:0.1:4;
plot(x,x.^2)
```



9.12-расм. Ўлчамлари ўзгарган график

9.13. Notebookдан фойдаланишга мисоллар

Ушбу мисолда дифференциал тенгламаларни сонли интеграллашда ишлатиладиган ode23 ва ode45 ечгичлари ўзаро таққосланган. Ҳужжат M-book кўринишида бажарилган.

ode23 ва ode45 — оддий дифференциал тенгламаларни сонли усул билан ечиш функциялари. Уларда ўзгарувчи қадамли Runge-Kutta усулидан фойдаланилади. ode23 функцияси 2- ва 3- тартибли формулаларга, ode45 эса 4 ва 5- тартибли формулаларга асосланган.

Дифференциал тенгламаларнинг ечгичларидан фойдаланишни қуйидаги дифференциал тенгламалар системасини ечиш мисолида кўрайлик:

$y_1' = (1 - 0.01y_2)y_1$

$y_2' = (-1 + 0.02y_1)y_2$

Бунинг учун тенгламалар системасини m-файл функция кўринишида ёзиб

```
function yp = dift2(t,y)
yp = diag([1 - .01*y(2), -1 + .02*y(1)])*y;
```

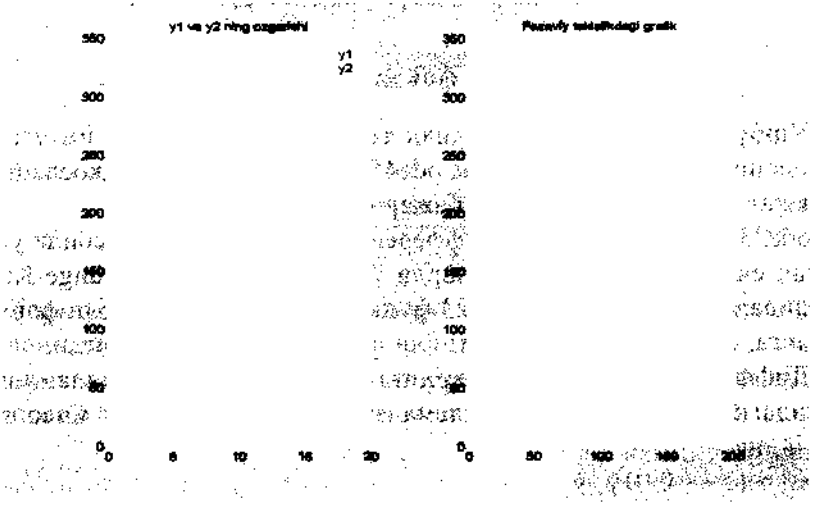
уни бирор (масалан, dift2) ном билан сақлаймиз (масалан MATLABнинг work папкасида). Кейин бошланғич қийматларни киритиб ечимни олишимиз мумкин.

Юқорида келтирилган дифференциал тенгламалар системасини ode23 ва ode45 ечгичлар ёрдамида ечишни ва олинган натижаларни (9.13, 9.14 ва 9.15-расмлар) ўзаро таққослаб кўрайлик.

9.13.1. Дифференциал тенгламани ode23 ечгич ёрдамида ечиш

```
t0 = 0;
tfinal = 15;
y0 = [20 20]';
tfinal = tfinal*(1+eps);
```

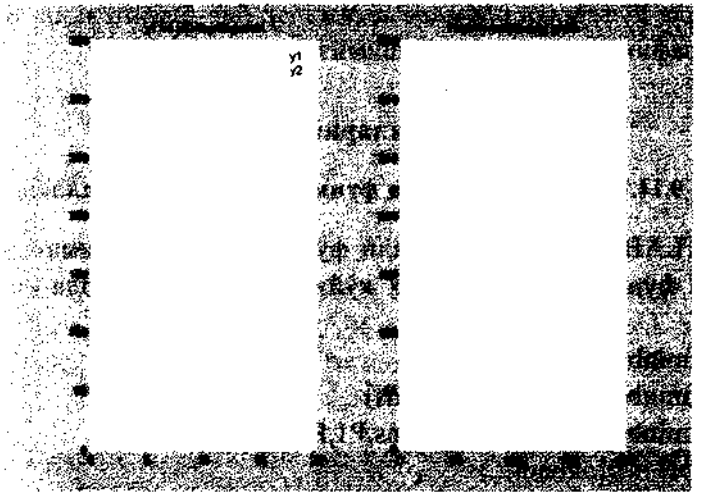
```
[t,y] = ode23('dift2',[t0 tfinal],y0);
subplot(1,2,1)
plot(t,y)
legend('y1','y2')
title('y1 va y2 ning ozgarishi')
subplot(1,2,2)
plot(y(:,1),y(:,2))
title('Fazaviy tekislikdagi grafik')
```



9.13-расм. Дифференциал тенгламани ode23 ечгич ёрдамида ечиш

9.13.2. Дифференциал тенгламани ode45 ечгич ёрдамида ечиш

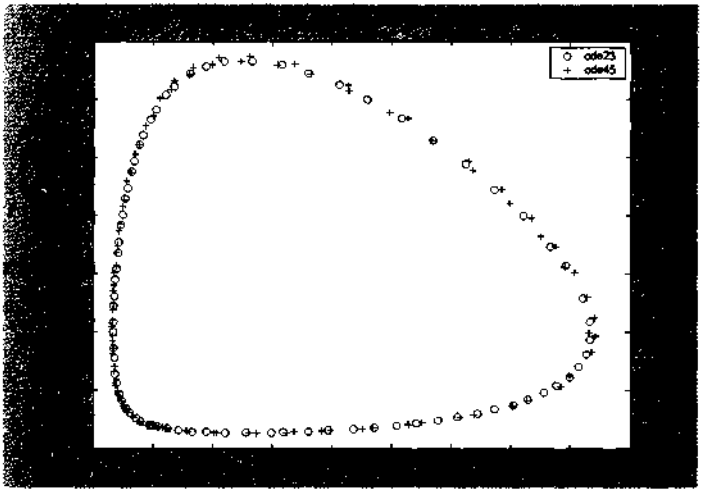
```
t0 = 0;
tfinal = 15;
y0 = [20 20]';
tfinal = tfinal*(1+eps);
[t,y] = ode45('dift2',[t0 tfinal],y0);
subplot(1,2,1)
plot(t,y)
legend('y1','y2')
title('y1 va y2 ning ozgarishi')
subplot(1,2,2)
plot(y(:,1),y(:,2))
title('Fazaviy tekislikdagi grafik')
```



9.14-расм. ***Дифференциал тенгламани ode45 ечгич ёрдамида ечиш***

9.13.3. Ечимларнинг фазавий графиклари

```
[T,Y] = ode45('dift2',[t0 tfinal],y0);

subplot(1,1,1)
title('Fazaviy tekislikdagi grafik')
plot(y(:,1),y(:,2),'o',Y(:,1),Y(:,2),'+');
legend('ode23','ode45')
```



9.15-расм. Ечимларнинг фазавий графиклари

Иккала йўл билан олинган натижалар бир-бирига яқин. Буни фа завий графиклардан ҳам кўришимиз мумкин.

9.14. Функцияларни минималлаш

9.14.1. Бир ўзгарувчили функцияларни минималлаш

MATLABда бир ўзгарувчили функцияларни минималлаш учун fminbnd функцияси мавжуд. У қуйидаги кўринишларда ишлатилади:

```
x = fminbnd(fun,x1,x2)
x = fminbnd(fun,x1,x2,options)
x = fminbnd(fun,x1,x2,options,P1,P2,...)
[x,fval] = fminbnd(...)
[x,fval,exitflag] = fminbnd(...)
[x,fval,exitflag,output] = fminbnd(...)
```

Функцияни минималлашни y=sin(x)+x/4 функциянинг $-\pi$ дан π гача бўлган оралиқдаги минимумини аниқлаш мисолида кўрайлик:

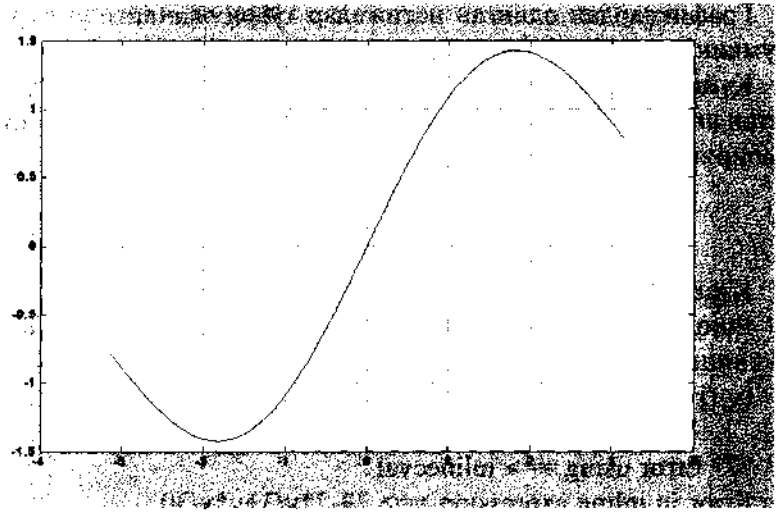
```
[x]=fminbnd('sin(x)+x/4',-pi,pi)
x =
-1.8235
```

Минимум нуқтадаги функциянинг қийматини ҳам аниқлаш мумкин:

```
[x,y]=fminbnd('sin(x)+x/4',-pi,pi)

x =
-1.8235
y =
-1.4241
```

Олинган натижаларни текшириб кўриш учун функциянинг графигини қурамиз (9.16-расм):

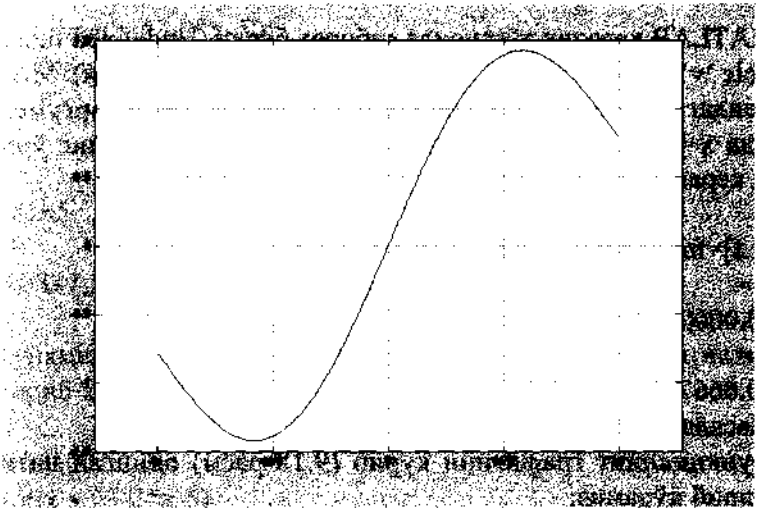
```
x=-pi:0.01:pi;
y=sin(x)+x/4;
plot(x,y)
grid on
```



9.16-расм. y=sin(x)+x/4 функциянинг графиги

Графикни бошқача кўринишда ҳам қуриш мумкин (9.17-расм):

```
x = -pi:.01:pi;
y = sin(x)+x/4;
plot(x,y)
set(gca,'XTick',-pi:pi/2:pi)
set(gca,'XTickLabel',{'-pi','-pi/2','0','pi/2','pi'})
grid on
```



9.17-расм. y=sin(x)+x/4 функция графигининг бошқача кўриниши

Графиклардан олинган натижалар тўғри эканлигини кўришимиз мумкин.

Қуйидаги масалани кўрайлик. Йўлнинг v (км/соат) тезликда кетиб ётган автомобилга кўрсатадиган қаршилигини топиш учун қуйидаги эмпирик формуладан фойдаланилади:

$$f(v) = 24 - \frac{2}{3}v + \frac{1}{30}v^2$$

Қаршилик энг кам бўладиган тезликни топинг.

Ечиш. Автомобилнинг 0 дан 200 км/соатгача тезликларида функциянинг минимумини аниқлаймиз:

```
[v,f]=fminbnd('24-2*v/3+v*v/30',0,200)

??? Error using ==> inlineeval
Error in inline expression ==> 24-2*v/3+v*v/30
??? Undefined function or variable 'v'.

Error in ==> C:\MATLAB6p5\toolbox\matlab\funfun\@inlineval.m
On line 34 ==> INLINE_OUT_ = inlineeval(INLINE_INPUTS_, INLINE_OBJ_.inputExpr, INLINE_OBJ_.expr);

Error in ==> C:\MATLAB6p5\toolbox\matlab\funfun\fminbnd.m
On line 115 ==> x= xf; fx = feval(funfcn,x,varargin{:});
```

MATLAB хатолик тўғрисида ахборот берди (Undefined function or variable 'v' — Аниқланмаган, v функциями ёки ўзгарувчи). MATLAB ядросидаги m-файл кўринишидаги fminbnd функция аргумент сифатида x ўзгарувчидан фойдаланганлиги сабабли v нинг ўрнига ёзиш керак.

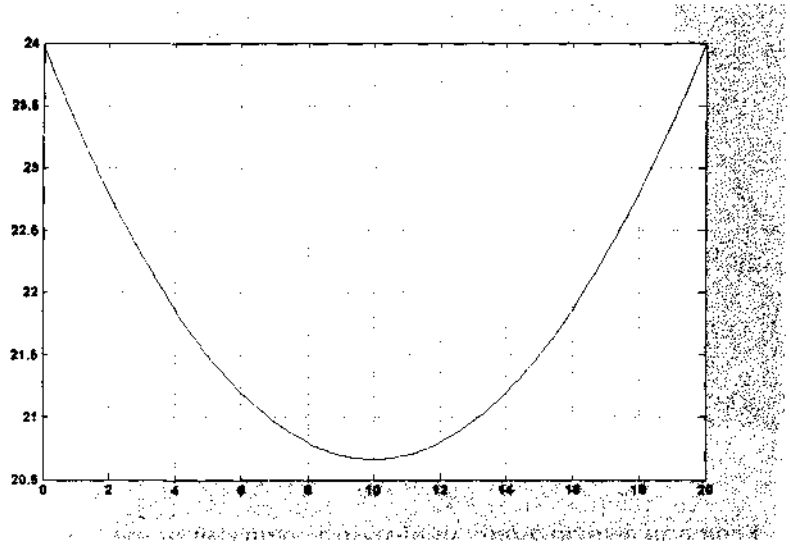
```
[x,f]=fminbnd('24-2*x/3+x*x/30',0,200)
x =
10.0000
f =
20.6667
```

Масаланинг жавоби v=10 км/соат

Функциянинг графигини куриб (9.18-расм) олинган натижани текшириб кўрамиз:

```
v=0:0.1:20;
```

```
plot(v,24-2*v/3+v.*v/30)
grid on
```



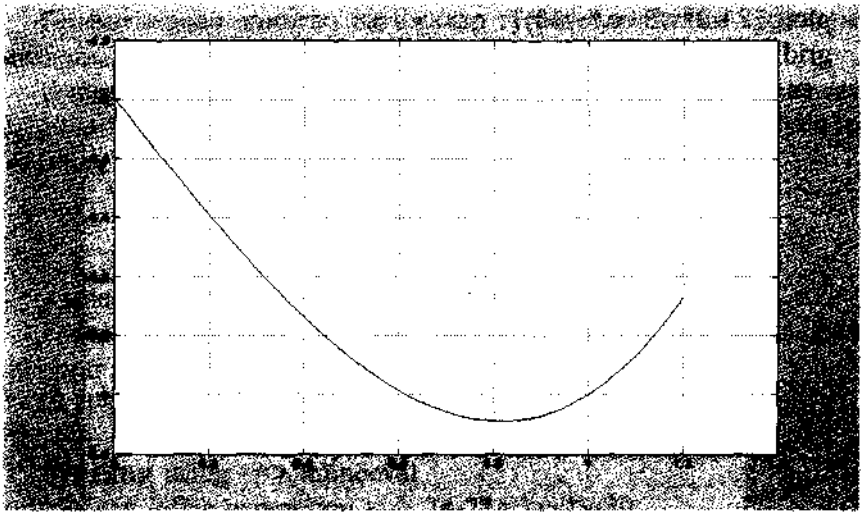
9.18-расм. $f(v) = 24 - \frac{2}{3}v + \frac{1}{30}v^2$ ***функциянинг графиги***

Минималлаш функциясининг аргументи ички бўлиши ҳам мумкин. Бунинг учун керакли интервалда бириктирилган объект (f) ҳосил қилинади.

```
f = inline('x.^3-2*x-5');
x = fminbnd(f, 0, 4)
y = f(x)

x =
0.8165
y =
-6.0887
```

Функциянинг графигини куриб (9.19-расм)олинган натижани текшириб кўрамиз:

```
x=0:0.001:1.2;
plot(x,x.^3-2*x-5)
grid on
```



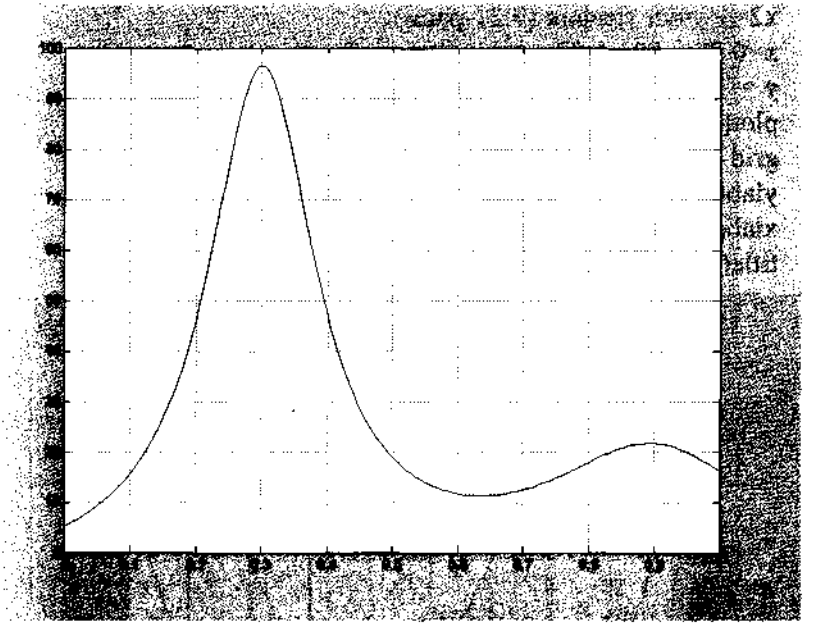
9.19-расм. ***Ички аргументли функциянинг графиги***

Берилган функциянинг минимумга эришадиган нуқтадан ташқари, унинг ишорасини тескарисига алмаштириб fminbnd функция ёрдамида максимумга эришадиган нуқтасини ҳам топишимиз мумкин:

```
[xmin,y]=fminbnd('1 ./ ((x-.3).^2 + .01) + 1 ./ ((x-.9).^2 + .04) — 6',0.4,1)

xmin =
0.6370
y =
11.2528

xmax=fminbnd('-1 ./ ((x-.3).^2 + .01) + 1 ./ ((x-.9).^2 + .04) — 6',0,1)

xmax =
0.2996
```

Функциянинг графигини қуриб (9.20-расм) олинган натижани текшириб кўрамиз:

```
x = 0:.005:1;
y = 1 ./ ((x-.3).^2 + .01) + 1 ./ ((x-.9).^2 + .04) — 6;
plot(x,y)
grid on
```



9.20-расм. Функциянинг графигини қуриб олинган натижани текшириб кўриш

9.14.2. Бир неча ўзгарувчили функциянинг минимумини аниқлаш

Бир неча ўзгарувчили функциянинг минимумини аниқлаш учун fminsearch функцияси ишлатилади. Унинг кўринишларидан бири қуйидагича:

x = fminsearch(fun,x0),

бу ерда x0 скаляр, вектор ёки матрица кўринишидаги дастлабки яқинлашиш.

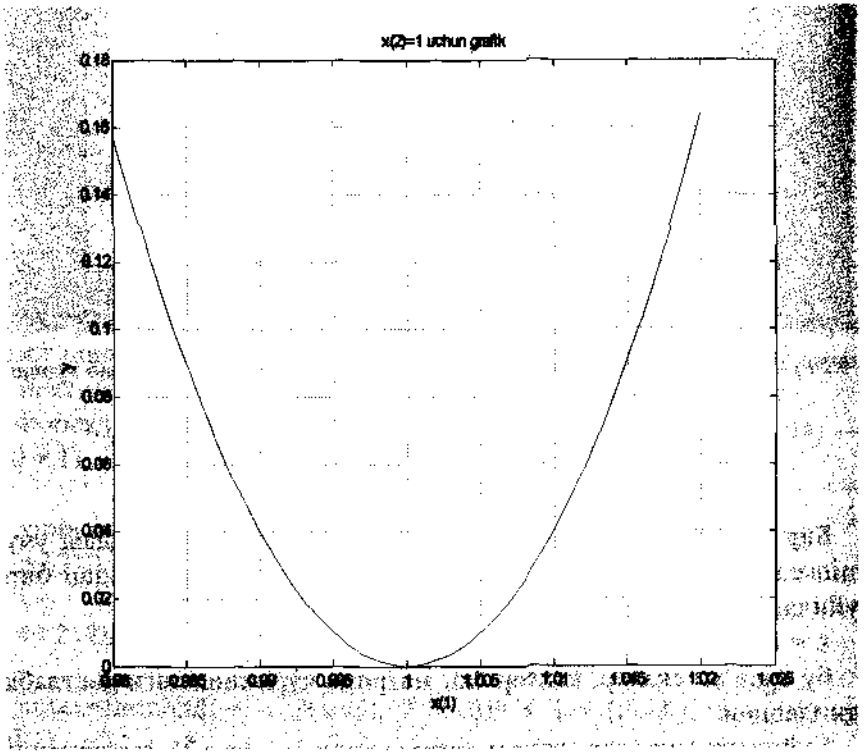
Қуйидаги мисолда иккита ўзгарувчили (x1 ва x2) функциянинг минимуми аниқланган. Дастлабки яқинлашиш сифатида x1=-1,5 ва x2=2 олинган.

```
[x,y] = fminsearch('100*(x(2)-x(1)^2)^2+(1-x(1))^2',[-1.5,2])
x =
1.0000 1.0000
y =
6.3203e-010
```

Функция минимал қийматга (y=6.3203e-010) x1=1 ва x2=1 нуқталарда эришиши аниқланди. Олинган натижани функциянинг графигини қуриш йўли билан текшириб кўришимиз мумкин.

x2=1 учун график (9.21-расм):

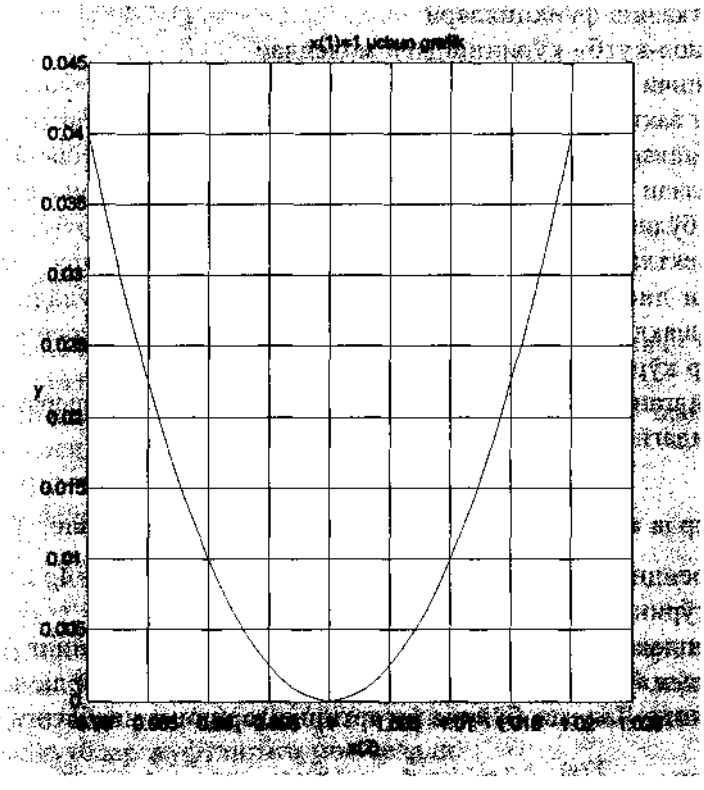
```
x=0.98:0.001:1.02;
y = 100*(1-x.^2).^2+(1-x).^2;
plot(x,y)
grid on
ylabel('y')
xlabel('x(1)')
title('x(2)=1 uchun grafik')
```



9.21-расм. Бир неча ўзгарувчили функциянинг (x(2)=1 учун

x1=1 учун график (9.22-расм):

```
x=0.98:0.001:1.02;
y = 100*(x-1^2).^2+(1-1)^2;
plot(x,y)
grid on
ylabel('y')
xlabel('x(2)')
title('x(1)=1 uchun grafik')
```



9.22-расм. ***Бир неча ўзгарувчили функциянинг (x(1)=1 учун***

10. CONTROL SYSTEM TOOLBOX-АВТОМАТИК БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИНИ МОДЕЛЛАШ

10.1. Чизиқли тизимларнинг моделлари

Control System Toolbox пакети автоматик бошқариш тизимларини моделлаш, таҳлил қилиш ва лойиҳалаш учун алгоритмлар тўпламига эга. Пакетнинг функциялари узатиш функцияларининг анъанавий ва ҳолатлар фазосида таҳлил қилишнинг замонавий усулларини ўз ичига олади. Control System Toolbox пакети ёрдамида фақат узлуксиз тизимларнигина эмас балки дискрет тизимларни ҳам таҳлил қилиш мумкин.

Чизиқли тизимларни тадқиқ қилиш учун қуйидаги усуллардан фойдаланилади:

- дифференциал тенгламалар
- ҳолатлар майдонидаги моделлар

- ўтказиш функциялари
- «нол-қутб» кўринишдаги моделлар

Биринчи икки усул вақт бўйича усуллар деб аталади, чунки улар тизимнинг вақт бўйича ҳолатини тавсифлайди ва сигналлар орасидаги ички боғланишларни акс эттиради. Кейинги икки усул частотавий усуллар деб аталади ва улар тизимнинг частотавий характеристикалари билан боғлиқ бўлиб, фақат кириш-чиқиш хусусиятларини акс эттиради.

Объектлар динамикасининг бошланғич тенгламалари одатда ночизиқли дифференциал тенгламалар кўринишида бўлади ва улар одатда шаклланган режим чегараларида чизиқли дифференциал тенгламалар кўринишига келтирилади.

Берилган $\ddot{y}+2\dot{y}+3y=4\dot{u}+5u$ чизиқли тенгламани оператор шаклда қуйидагича ёзиш мумкин:

$$p^2+2p+3)y=(4p+5)u \text{ ёки } D(p)y=N(p)u$$

Бу ерда $u(t)$ — кириш сигнали, $y(t)$ — чиқиш сигнали, $p=\frac{d}{dt}$ — дифференциаллаш оператори, $D(p)=p^2+2p+3$ ва $N(p)=4p+5$ — оператор кўриншдаги полиномлар.

Комплекс s ўзгарувчили чизиқли стационар тизимнинг *ўтказиш функцияси* $W(s)$ нолга тенг бўлган бошланғич шартларда чиқиш ва киришнинг Лапласа бўйича ўзгартиришларининг нисбатига тенг

$$W(s)=\frac{Y(s)}{U(s)}, \qquad Y(s)=\int_0^\infty y(t)e^{-st}dt, \quad U(s)=\int_0^\infty u(t)e^{-st}dt \quad .$$

Юқорида келтирилган тенглама билан тавсифланувчи звенонинг ўтказиш функцияси

$$W(s)=\frac{4s+5}{s^2+2s+3},$$

яъни, p ўзгарувчини s ўзгарувчига алмаштирилгандаги $N(p)/D(p)$ полиномларнинг нисбатига мос келади.

MATLAB муҳитида узатиш функцияси иккита кўпҳад (полином) нинг нисбати кўринишида киритилади. Полиномлар даражаси камайиб борувчи коэффициентлар массиви сингари сақланади. Масалан,

$$F(s)=\frac{2s+4}{s^3+1.5\,s^2+1.5\,s+1}$$

узатиш функцияси қуйидагича киритилади:

```
>> n = [2 4]
n =
2 4
```

```
>> d = [1 1.5 1.5 1]
d =
1.0000 1.5000 1.5000 1.0000
>> f = tf ( n, d )
Transfer function:
2 s + 4
-----------------------
s^3 + 1.5 s^2 + 1.5 s + 1
```

ёки бошқача кўринишда ҳам киритилиши мумкин:

```
>> f = tf ( [2 4], [1 1.5 1.5 1] );
```

Хотирада киритилган узатиш функциясини тавсифловчи **tf** классидаги объект ҳосил бўлади.

Киритилган узатиш функциясидан «ноллар-қутблар» шаклидаги моделни ҳосил қилиш мумкин.

```
>> f_zpk = zpk(f)
Zero/pole/gain:
2 (s+2)
----------------------
(s+1) (s^2 + 0.5s + 1)
```

Суратнинг илдизлари ноллар ва махражнинг илдизлари қутблар деб аталади. Юқоридаги функция битта нол ($s=-2$ нуқтада) ва учта қутбга ($s=-1$ ва $s=-0{,}25\pm0{,}9682i$ нуқталарда) эга. Квадрат учҳад комплекс қутблар жуфтлигига мос келади.

Ҳолатлар фазосидаги модель дифференциал тенгламаларни стандарт Коши шаклида (биринчи тартибли тенгламалар системаси) ёзилиши билан боғланган:

$$\dot{x} = A\ \ x + B\ \ u$$

$$y = C\ \ x + D\ \ u$$

Бу ера x — ҳолат ўзгарувчиларининг $n\times1$ ўлчамли вектори, u — кириш сигналларининг $m\times1$ ўлчамли вектори (бошқариш вектори ва y — чиқиш сигналларининг $p\times1$ ўлчамли вектори. Бундан ташқари, A, B, C ва D — доимий матрицалар. Матрицавий ҳисоблашлар қоидасига асосан A матрица $n\times n$ ўлчамли квадрат матрица бўлиши керак, B матрица нинг ўлчами $n\times m$, C матрицаники — $p\times n$ ва D матрицаники — $p\times m$ бўлади. Битта кириш ва битта чиқишли тизим учун[1] D матрица — скаляр катталик.

Узатиш функциясини ҳолатлар фазосидаги моделга ўзгартириш учун қуйидаги командадан фойдаланилади:

```
>> f_ss = ss ( f )
```

[1] Хорижий адабиётларда бир ўлчамли тизимлар учун SISO = Single Input Single Output қисқартиришдан фойдаланилади.

```
a =
x1 x2 x3
x1 -1.5 -0.1875 -0.03125
x2 8 0 0
x3 0 4 0
b =
u1
x1 0.5
x2 0
x3 0
c =
x1 x2 x3
y1 0 0.5 0.25
d =
u1
y1 0
```

Ушбу ўзгартириш моделнинг матрицалари қуйидаги кўринишга эга эканлигини билдиради:

$$A=\begin{bmatrix}-1.5 & -0.1875 & -0.03125\\ 8 & 0 & 0\\ 0 & 4 & 0\end{bmatrix},\ B=\begin{bmatrix}0.5\\ 0\\ 0\end{bmatrix},\ C=[0 \quad 0.5 \quad 0.25],\ D=0$$

Ҳолатлар фазосидаги моделни фақат *тўғри*, яъни, суратининг даражаси махражининг даражасидан катта бўлмаган узатиш функциялари учун қуриш мумкин.

10.2. Шаклланган режимдаги кучайтириш коэффициенти

Чизиқли тизимларнинг асосий характеристикаларидан бири бўлиб шаклланган режимдаги кучайтириш коэффициенти ёки бошқача айтганда *статик кучайтириш коэффициенти* (*static gain, DC-gain*) ҳисобланади. Уни бирга тенг бўлган кириш сигналидаги чиқиш сигналининг шаклланган қиймати каби аниқлаш мумкин. Шаклланган режимдаги кучайтириш коэффициентининг ўлчов бирлиги чиқиш ва кириш сигналларининг нисбатидан аниқланади.

MATLAB да **f** моделнинг статик кучайтириш коэффициентини ҳисоблаш учун

>> k = dcgain (f)

командасидан фойдаланилади, масалан:

```
>> f=tf([2 4], [1 2 3])
```

```
Transfer function:
2 s + 4
-------------
s^2 + 2 s + 3
>> k=dcgain(f)
k =
1.3333
```

10.3. Импульс характеристика

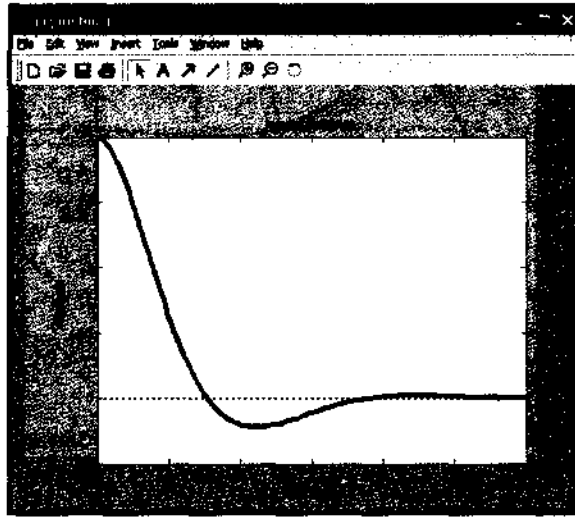
Импульс характеристика деб системанинг нолга тенг бўлган бошланғич шартларда бирлик чексиз импульс (дельта-функцию ёки Дирак функциси)дан таъсирланишига айтилади. Дельта-функция $\delta(t)$ қуйидаги тенгликлар орқали аниқланади:

$$\delta(t)=\begin{cases}0, & t\neq 0\\ \infty, & t=0\end{cases} \qquad \int_{-\infty}^{\infty}\delta(t)\ dt=1.$$

Дельта-функция идеал функция бўлиб ҳисобланади ва уни хеч қандай қурилма ёрдамида ҳосил қилиб бўлмайди.

MATLAB ёрдамида импульс характеристикани фақат суратининг даражаси махражининг даражасидан кичик бўлган узатиш функциялари учун қуриб тўғри натижа олиш мумкин (10.1-расм).

```
>> f=tf([2 4], [1 2 3]);
>> impulse(f)
```



10.1-расм. Тизимнинг импульс характеристикаси

10.4. Ўтиш характеристикаси

Ўтиш характеристикаси (ўтиш функцияси) $h(t)$ деб нолга тенг бошланғич шартларда системанинг бирлик поғонали сигналдан таъсирланишига айтилади.

Ўтиш характеристикаси ёрдамида системанинг муҳим сифат кўрсаткичларини, жумладан — ўта ростлаш (*overshoot*) ва ўтиш жараёнининг вақти (*settling time*) ни аниқлаш мумкин.

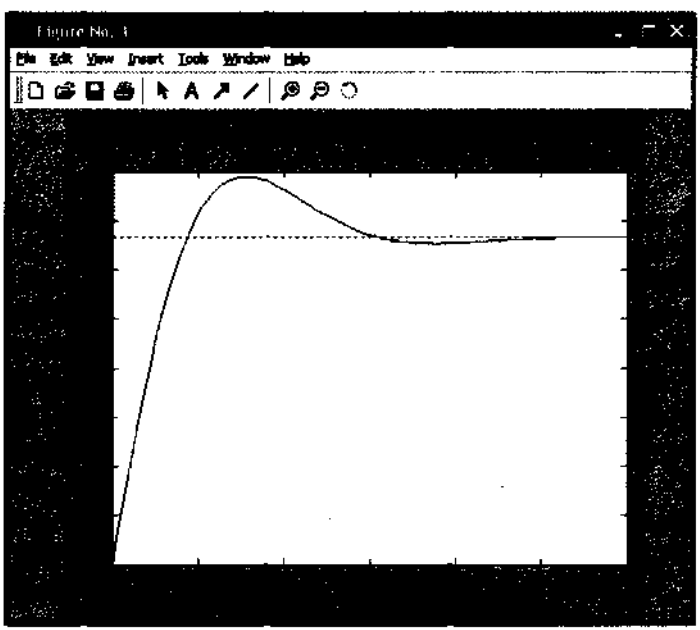
Ўта ростлаш қуйиагича аниқланади:

$$\sigma = \frac{h_{max} - h_{\infty}}{h_{\infty}} \times 100\%,$$

бу ерда h_{max} — $h(t)$ функциянинг максимал қиймати ва $h_{\infty} = \lim_{t \to \infty} h(t)$ — чиқиш сигналининг шаклланган қиймати.

Ўтиш жараёнининг вақти деб чиқиш сигналининг қиймати ва шаклланган режимдаги қиймати орасидаги фарқ аввалдан берилган катталикдан кичик бўлгунча ўтадиган вақтга айтилади. MATLAB да бундай катталик сифатида 2% фарқ қабул қилинган. Ўтиш характеристикаси step функцияси ёрдамида ҳосил қилинади (10.2-расм):

```
>> f=tf([2 4], [1 2 3]);
>> step(f)
```



10.2-расм. Тизимнинг ўтиш характеристикаси

10.5. Частотавий характеристика

Чизиқли системанинг киришига частотаси ω бўлган $u(t)=\sin\omega t$ гармоник (синусоидал) сигнал берилганда унинг чиқишида ҳам частотаси ω бўлган, лекин амплитудаси ва фазаси ўзгарган[1] сигнал ҳосил бўлади

$$y(t)=A\sin(\omega t+\varphi),$$

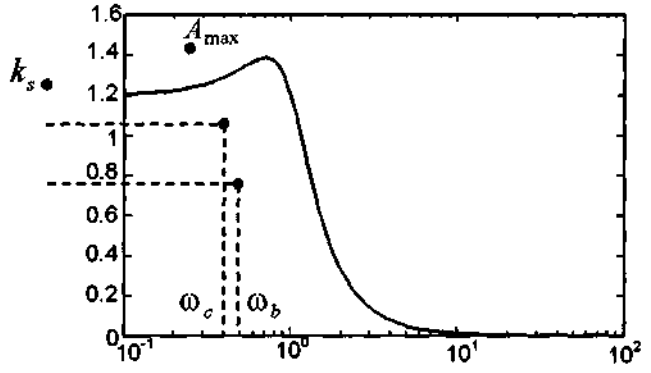
бу ерда A — амплитуда ва φ — фаза силжиши.

Частотавий характеристика системанинг $e^{j\omega t}=\cos\omega t+j\sin\omega t$ комплекс экспоненциал сигналга реакцияси каби аниқланади. Уни қуриш учун $W(s)$ узатиш функциясида $s=j\omega$ ўрнига қўйишан фойдаланиш керак. $W(j\omega)$ ифодага тизимнинг *частотавий узатиш функцияси* ёки *амплитуда-фаза частотавий характеристикаси* (АФЧХ) дейилади.

$W(j\omega)$ катталик модули ва частота орасидаги боғланишга *амплитуда частотавий характеристика* ҳамда $W(j\omega)$ комплекс сон аргументи (фазаси) ва частота орасидаги боғланишга — *фаза частотавий характеристика* (ФЧХ) дейилади:

$$A(\omega)=\left|\ W(j\omega)\ \right|,\quad \varphi(\omega)=\arg W(j\omega)=\operatorname{arctg}\frac{\operatorname{Im}W(j\omega)}{\operatorname{Re}W(j\omega)}.$$

Системадан ўтаётган ҳар хил частотали сигналлар амплитудасининг ортишини АЧХ фазаси силжишини ФЧХ характерлайди.

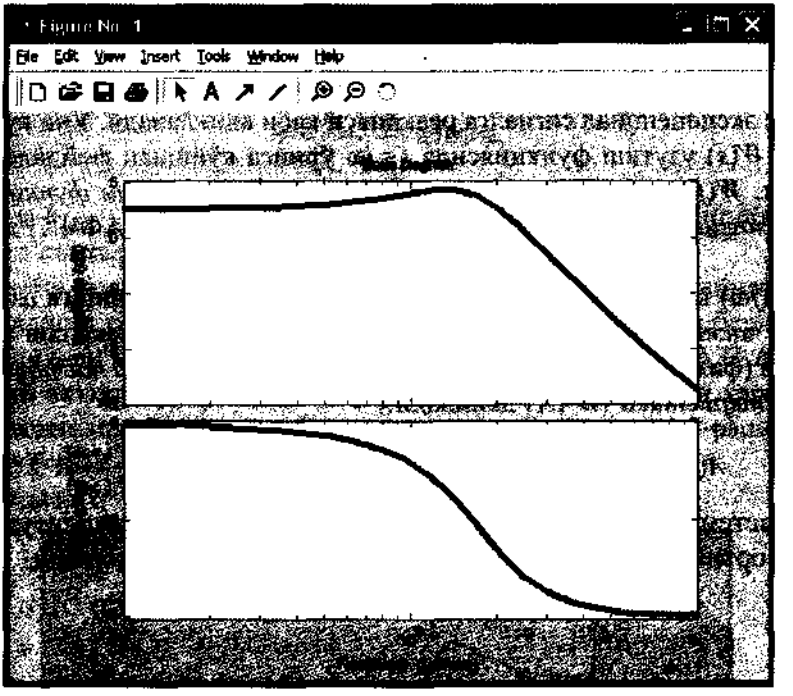


10.3-расм. Амплитуда-частотавий характеристика

Амплитуда-частотавий ва фаза-частотавий характеристикаларни ягона ойнада қуриш учун bode функциясидан фойдаланилади (10.4-расм):

[1] Чизиқли бўлмаган системалар учун бундай эмас.

```
>> f=tf([2 4], [1 2 3])
Transfer function:
2 s + 4
-------------
s^2 + 2 s + 3
>> bode(f)
```



10.4-расм. Тизимнинг амплитуда–частотавий ва фаза-частотавий характеристикалари

Реал объектлар суратининг даражаси махражининг даражасидан кичик бўлган узатиш функциясига эга бўлади, шу сабабли, уларнинг АЧХси частота ортиши билан камайиб асимптотик равишда нолга яқинлашади (10.3-расм). Бундай объект *фильтр хусусиятига эга,* яъни, юқори частотали сигналларни (ҳалақитлар, ўлчаш шовқинлари) фильтрлайди (ўтказмайди). Бундай хусу сият гармоник баланс усулини қўллаш учун асос бўлиб хизмат қилади.

Частотанинг АЧХ нолдан кичик бўладиган қиймати (кучайтириш коэффициенти бирдан кичик, сигнал пасаяди) системанинг *қирқиш частотаси* ω_c деб ва -3 дБ дан кичик бўладиган частотаси (кучайтириш коэффициенти 0.708 дан кичик) *ўтказиш соҳаси* ω_b

деб аталади. MATLABда уни аниқлаш учун қуйидаги командадан фойдаланилади

```
>> f=tf([2 4], [1 2 3]);
>> b = bandwidth ( f )
b =
2.7675
```

MATLABда частотавий характеристикаларни қуриш учун дастлаб керакли диапазонда частоталар массиви ҳосил қилинади. Бунинг учун **linspace** (чизиқли шкала бўйича нуқталарнинг тенг масофаларда тақсимланиши) ёки **logspace** (логарифмик шкала бўйича нуқталарнинг тақсимланиши) функцияларидан фойдаланилади:

>> w = linspace (0, 10, 100);

командаси 0 дан 10 гача бўлган интервалда тенг қадамлар билан 100 та нуқтадан иборат бўлган массивни шакллантиради,

>> w = logspace (-1, 2, 100);

командаси эса 10^{-1} дан 10^{2} гача бўлган интервалда тенг қадамлар билан 100 та нуқтадан иборат бўлган массивни ҳосил қилади.

MATLABда чизиқли модел **f** учун (у узатиш функцияси, ҳолатлар фазосидаги модел ёки «ноллар-қутблар шаклида берилиши мумкин») **w** тўрдаги частотавий характеристика **freqresp** функцияси ёрдамида ҳисобланади:

>> r = freqresp(f, w);

Ушбу **freqresp** функция узатиш функцияси матрица кўринишида бўлган кўп ўлчамли моделлар (бир неча кириш ва чиқишли) учун ҳам қўлланилиши мумкин бўлганлиги сабабли уч ўлчамли масссивни қайтаради. Битта кириш ва битта чиқишга эга бўлган системалар учун уч ўлчамли масссивни қуйидаги команда ёрдамида бир ўлчамли массивга айлантириш мақсадга мувофиқ:

>> r = r(:);

АЧХ нинг графигини экранга қуйидаги командалардан бири ёрдамида чиқариш мумкин:

```
>> plot ( w, abs(r) );
>> semilogx ( w, abs(r) );
>> loglog ( w, abs(r) );
```

Биринчи ҳолда иккала координата ўқлари учун масштаб чизиқли, икинчи ҳолда абсцисса ўқи учун логарифмик ва учинчи ҳолда иккала ўқ учун ҳам логарифмик.

Фазани градусларда ҳисоблаш учун

>> phi = angle(r)*180/pi;

командадан фойдаланилади. Кейин ФЧХ қурилади, масалан:

```
>> semilogx ( w, phi );
ёки
>> plot ( w, phi );
```

10.6. Қутблар ва ноллар

Системанинг кўпчилик динамик хусусиятлари (масалан, тезкорли ўта ростлаш) узатиш функциясининг қутблари орқали аниқланад Узатиш функциясини биринчи ва иккинчи тартибли элементар (ап риодик ва тебранувчи) звенолар узатиш функцияларининг кўпайтмас кўринишида ёзиш мумкин.

Апериодик (даврий бўлмаган) звенонинг узатиш функцияс $F(s)=\frac{1}{Ts+1}$ кўринишда бўлиб, ягона характеристикага – T вақт до мийсига эга. Тахминан $\omega_0 = 1/T$ частотадан бошлаб бундай звенони АЧХси нолга томон пасайиб боради.

Тебранувчи звенонинг узатиш функцияси қуйидагича:

$$F(s)=\frac{1}{T^2s^2+2\zeta\ Ts+1},$$

бу ерда T — вақт доимийси ва $0<\zeta<1$. Частота $\omega_0 = 1/T$ *хусусий ча стота* (*natural frequency*) ва ζ — *сўниш параметри* ёки *демпфирла коэффициенти* (*damping factor*) деб аталади. Импульс ва ўтиш фун цияларининг тебранувчанлик характери ζ параметрнинг камайиш билан ортиб боради ва $\zeta = 0$ бўлганда тебранишлар сўнмайдига (*консерватив*) звенога айланади. Бошқа томондан $\zeta = 1$ бўлганд махражнинг илдизлари ҳақиқий бўлади ва звено иккинчи тартибл апериодик звенога айланади.

MATLABда **f** узатиш функциясининг қутбларини топиш учун **pol** функциясидан фойдаланилади

```
>> p = pole ( f )
p =
-1.0000 + 1.4142i
-1.0000 — 1.4142i
```

Қутблар **p** билан бир вақта хусусий частота **w0 ва** демпфирла коэффициенти **zeta ни ҳам аниқлаш мумкин:**

```
>> [w0,zeta,p] = damp ( f )
w0 =
1.7321
1.7321
zeta =
```

0.5774
0.5774
p =
-1.0000 + 1.4142i
-1.0000 — 1.4142i

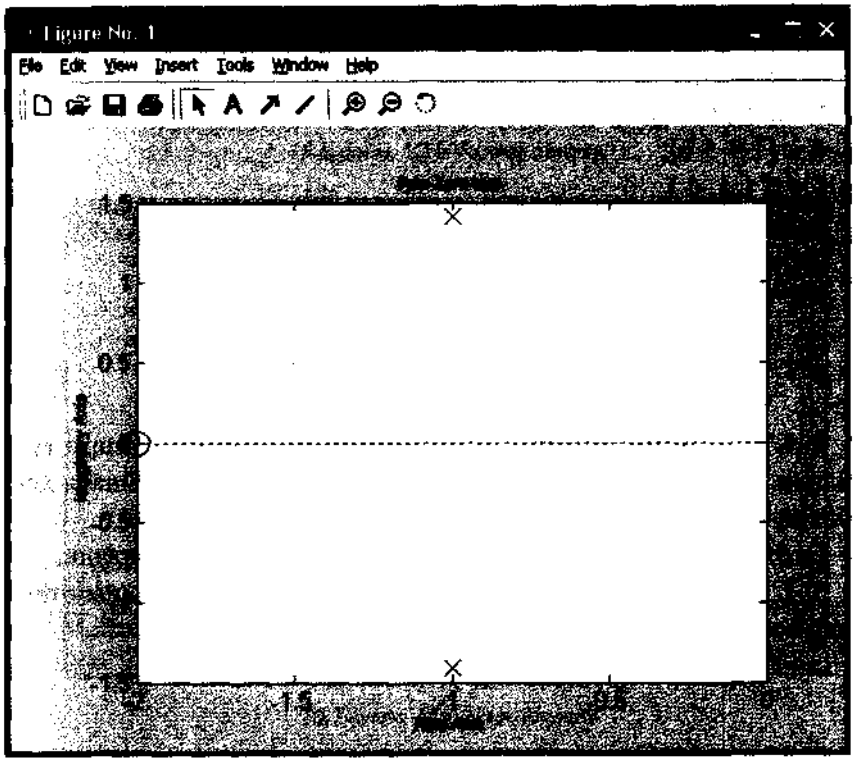
Узатиш функцияси **f** нинг нолларини топиш учун **zero** функциясидан фойдаланилади

```
>> z = zero ( f );
z =
-2
```

Системанинг турғунлиги нолларнинг жойлашишига боғлиқ эмас, лекин ноллар ўтиш жараёнларига сезиларли таъсир кўрсатади.

```
>> pzmap ( f );
```

командаси комплекс текисликда системанинг ноллари (айланалар билан белгиланади) ва қутблари (крестчалар билан белгиланади)нинг жойлашиш харитасини қуради (10.5-расм).



10.5-расм. Системанинг ноллари (айланалар билан белгиланган) ва қутблари (крестчалар билан белгиланган)нинг комплекс текисликда жойлашиш харитаси

10.7. LTI-Viewer модулидан фойдаланиш

Бошқариш тизимларини таҳлил қилиш учун LTI-Viewer модулидан ҳам фойдаланиш мумкин. Ушбу модул MATLABнинг командалар ойнасида ltiview командасини териб Enter клавишасини босиш йўли билан чақирилади. Қуйида LTI-Viewer модулидан ҳам фойдаланишга мисол келтирилган.

1. Узатиш функциясини tf объект шаклида киритилади. Узатиш функцияси $F(s) = \frac{n_2 s^2 + n_1 s + n_0}{s^3 + d_2 s^2 + d_1 s + d_0}$

кўришишга эга бўлсин.

Унинг коэффициентлари

n = [n2 n1 n0]

d = [1 d2 d1 d0]

берилади ва **tf** объект ҳосил қилинади

f = tf (n, d)

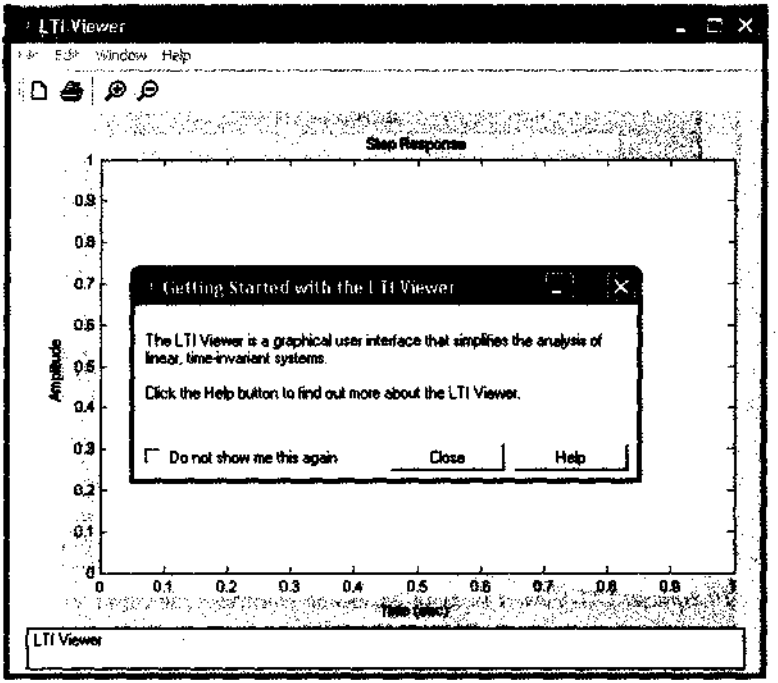
Масалан:

```
>> clear all
>> n = [1 2 3];
d = [1 4 5 6];
f = tf ( n, d )

Transfer function:
s^2 + 2 s + 3
---------------------
s^3 + 4 s^2 + 5 s + 6
```

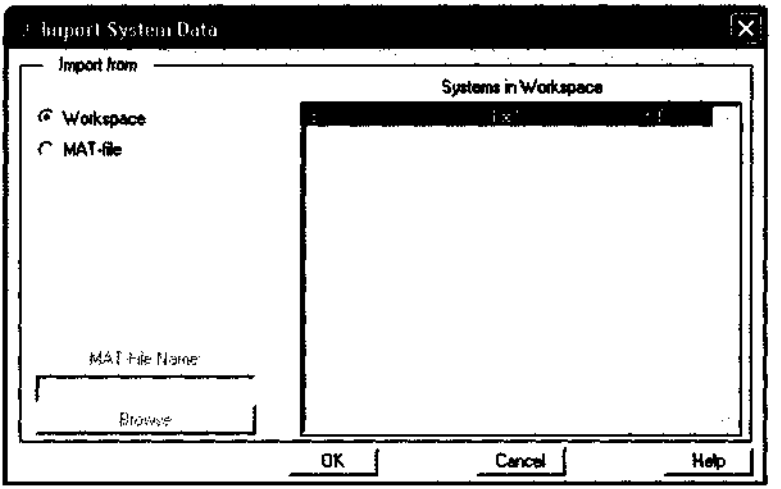
2. LTI-Viewer модулини ltiview командаси ёрдамида ишга тушурилади. Бир неча секунддан кейин экранда **LTI-Viewer** ойнаси ҳосил бўлади (10.6-расм).

Огоҳлантирувчи ойна Close тугмасини босиб беркитилади.

3. **LTI-Viewer** ойнасидаги File менюсидаги Import бўлими танланади ва f модел танланиб OK босилади (10.7-расм).

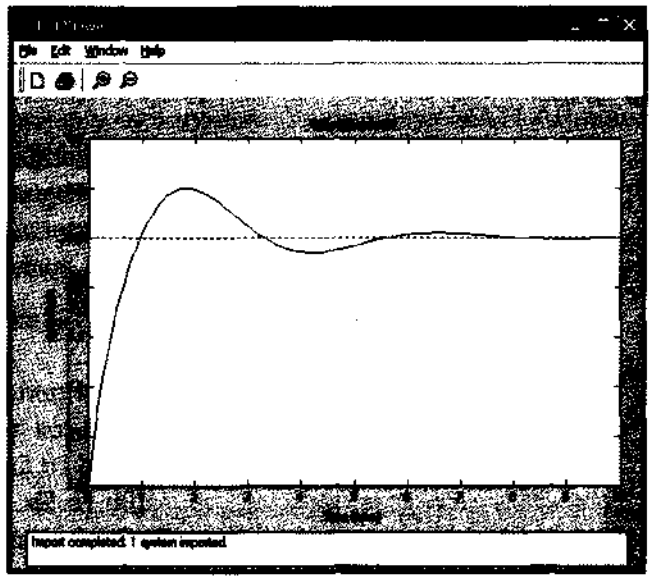


10.6-расм. LTI-Viewer ойнаси



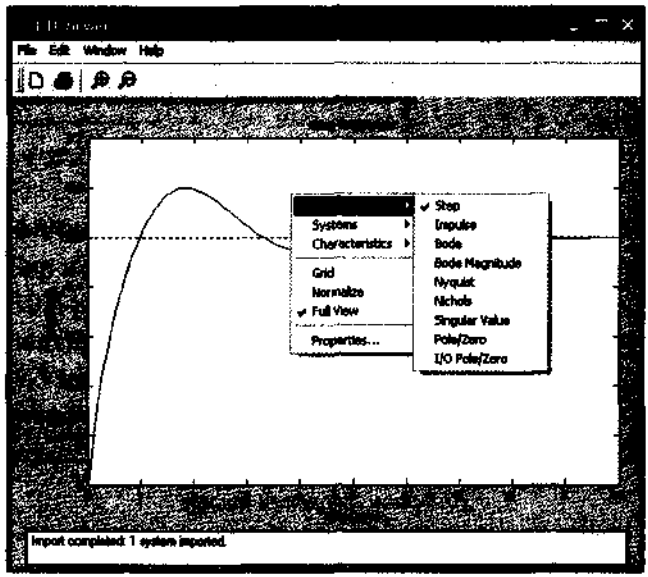
10.7-расм. Моделни юклаш

LTI-Viewer модули ишга тушади ва экранда тизимнинг ўтиш характеристикаси ҳосил бўлади (10.8-расм).



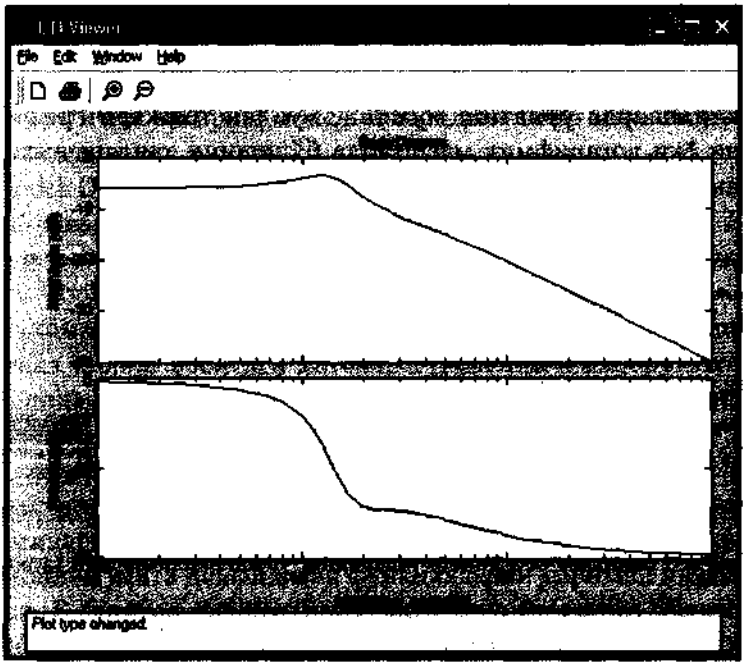
10.8-расм. LTI-Viewer модули ёрдамида олинган тизимнинг ўтиш характеристикаси

4. Ҳосил қилинган характеристиканинг устида сичқончанинг ўнг тугмаси босилади (10.9-расм) ва қалқиб чиқувчи менюдан қурилиши керак бўлган характеристикани танлаш мумкин.



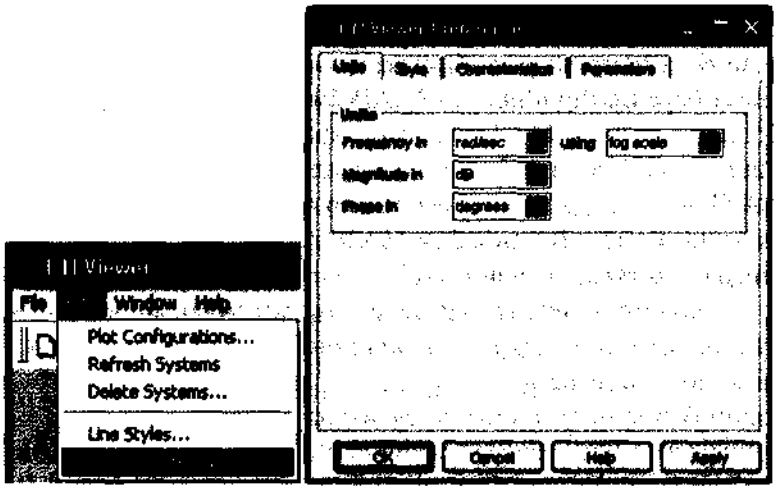
10.9-расм. Қурилиши керак бўлган характеристикани танлаш

Масалан **Bode** танланса АЧХ ва ФЧХ курилади (10.10-расм).



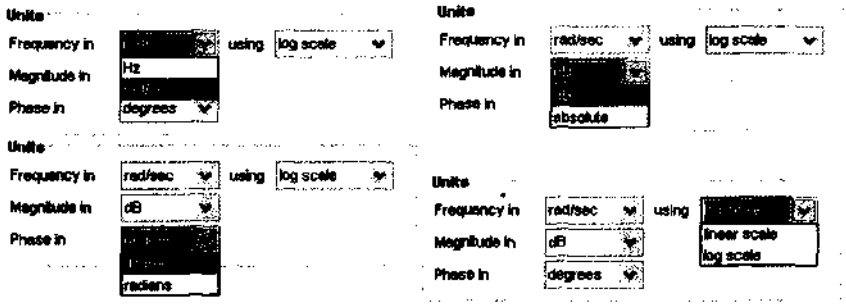
10.10-расм. АЧХ ва ФЧХ

5. **LTI-Viewer** ойнасидаги Edit менюсидаги Viewer Preferences бўлими танланса **LTI** Viewer Preferences ойнаси ҳосил бўлади (10.11-расм).



10.11-расм. LTI Viewer Preferences ойнаси

Ҳосил бўлган ойнадан фойдаланиб графиклар координата ўқларининг ўлчов бирликларини ўзгартириш мумкин (10.12-расм). Масалан, частотани герцларда ёки радиан/секундларда, кучайтириш коэффициентини децибелларда ёки абсолют қийматларда, фазани градусларда ёки радианларда ўрнатиш мумкин. Бундан ташқари графикнинг чизиқли ёки логарифмик масштабда бўлишини танлаш имконияти ҳам мавжуд.



10.12-расм. Графиклар координата ўқларининг ўлчов бирликларини ўзгартириш

11. SIMULINK ПАКЕТИ

11.1. Simulink

Simulink — динамик системаларни моделлаштириш, имитация ва таҳлил қилиш учун интерактив воситадир. У график блок-диаграммаларни қуриш динамик тизимларни имитация қилиш, тизимларнинг ишлашини текшириш ва лойиҳаларни мукаммаллаштириш имкониятларини беради. Simulink MATLAB билан тўла интеграллашган.

Ҳозирги вақтда MATLABнинг янги версияси MATLAB 6.5 (Release 13) ва Simulink 5 кенг ишлатилмоқда.

MATLAB 6.5 дастурларни тез бажаришни таъминловчи ЛТ компиляторга эга. Шу сабабли MATLAB 6.5 техник ҳисоблашлар соҳасида С дастурлаш тилида кодлаш билан рақобатлашиши мумкин. Янги версиянинг диққатга сазовор томонларидан бири m-файллар маҳсулдорлигининг (эффективлигининг) аввалги версиялардагига нисбатан юқорилигидир.

Simulink 5 қуйидаги янги хусусиятларга эга.

Ўрни белгиланган (фиксация қилинган) нуқта билан ҳисоблашларни амалга ошириш мумкин. Сузувчи нуқта билан ҳисоблашлардан фиксация қилинган нуқта билан ҳисоблашларга ёки тескарисига ўтиш

йўли билан моделни мукаммаллаштириш мумкин (бу ҳолда Fixed-Point Blockset ни ўрнатиш зарур).

Look-Up Table Editor асбоби жадвал блокларидаги маълумотларни қулай ҳолда кўриб чиқиш ва таҳрирлаш имкониятини беради. Таҳрирлагични чақириш модел ойнасидаги Tools менюсидан амалга оширилади.

Model Discretizer асбоби узлуксиз блокларни дискрет блокларга танлаб алмаштириш имкониятини беради (Control System Toolbox, 5.2-версияни ўрнатиш талаб қилинади). Дискретизатор модел ойнасидаги Tools менюсидан чақирилади.

Мукаммаллаштирилган Diagnostic Viewer хатоликларни диагностика қилиш воситаси хатолар тўғрисидаги ахборотларни конфигурация қилиш ва уларга гиперссилкаларни қўшиш (киритиш) имкониятини беради.

Маскалар таҳрирлагичи Mask Editor динамик диалог ойнасини яратиш воситасига эга. Маскалар таҳрирлагичининг Parameters бўлимидаги Callback панели блок (осттизим) параметрларининг ўзгаришини қайта ишлайдиган функцияларни киритиш имкониятини беради. S-fiinction Builder блоки янги Data Properties бўлимига эга. Унинг ёрдамида портлардаги маълумотларнинг турларини, кириш ва чиқиш сигналларининг кўринишини (ҳақиқий ёки комплекс) бериш, портларнинг метка (белги)ларини аниқлаш, сигналларнинг бирликларини киритиш мумкин.

Янги Model Verification library библиотекаси қўшилган. Библиотека ҳисоблаш жараёнида моделни текширувчи блокларга эга.

Ҳисобот яратиш асбоби Print details модел ва осттизимларнинг схемалари ҳамда блокларнинг параметрлари ва уларнинг қийматларини ўз ичига олган HTML-ҳужжатларни шакллантиради. Print details буйруғи File менюсига киритилган.

Ушбу бобда юқорида келтирилган кенгайтмалар пакетларининг таркиби ва улар билан ишлаш усуллари келтирилган. MATLAB, Simulink пакетлари ва Toolboxes, Blocksets кенгайтмаларининг пакетлари бўйича кенгроқ маълумотлар [1, 2, 3, 4, 5] адабиётларда келтирилган. Улар билан ишлаш усуллари www.matlab.ru сайтда мавжуд.

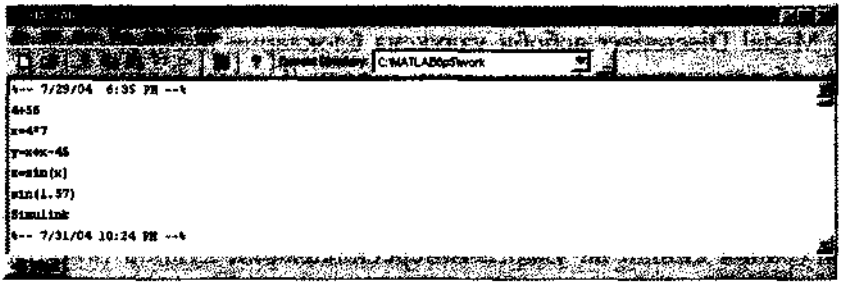
11.2. Simulinkни ишга тушириш

MATLAB дастурининг асосий ойнаси очилгандан кейин (11.1-расм) Simulink дастурини қуйидаги учта усулнинг бири ёрдамида ишга тушириш мумкин:

Simulink тугмасини босиш;

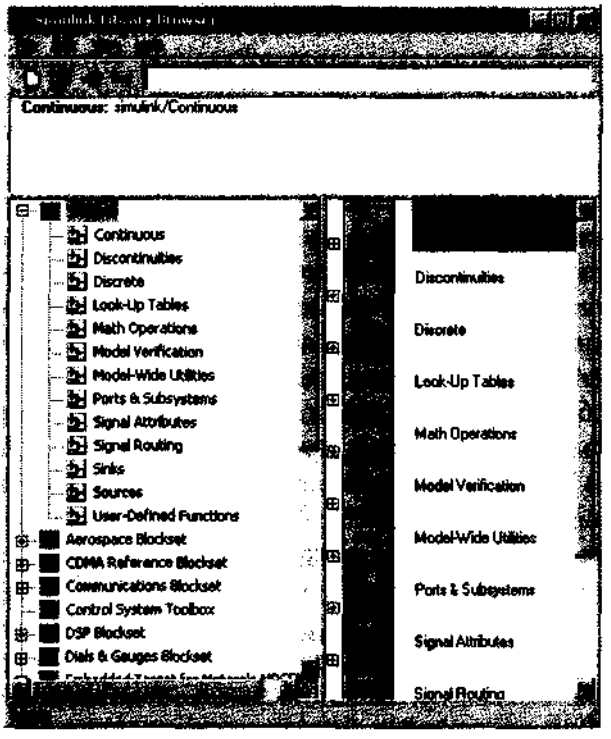
MATLABнинг бош ойнасидаги буйруқ сатрида Simulink сўзини териб клавиатурадаги <Enter> клавишасини босиш;

File менюсида Open... буйруғини бажариш ва моделнинг файлини (mdl-файл) очиш.



11.1-расм. MATLAB дастурининг асосий ойнаси

Биринчи ва иккинчи усуллардан фойдаланилганда Simulink библиотекаси бўлимларининг Browse ойнаси очилади (11.2-расм).



11.2-расм. ***Simulink библиотекаси бўлимларининг ойнаси***

11.3. Simulink библиотекаси бўлимлари

11.2-расмда **Simulink**нинг асосий библиотекаси (ойнанинг чап томонида) ва унинг бўлимлари (ойнанинг ўнг томонида) кўрсатилган.

Simulink библиотекасида қуйидаги асосий бўлимлар мавжуд:

- *Continuous* — чизиқли блоклар;
- *Discrete* — дискрет блоклар:
- *Functions & Tables* — функциялар ва жадваллар;
- *Math* — математик амаллар блоклари;
- *Nonlinear* — чизиқли бўлмаган блоклар;
- *Signals & Systems* — сигналлар ва тизимлар;
- *Sinks* — регистрация қилувчи қурилмалар;
- *Sources* —сигналлар ва таъсирлар манбалари;
- *Subsystems* — ост тизимлар блоклари;

Simulink библиотекаси бўлимларининг рўйхати дарахтсимон шаклга эга бўлиб бундай рўйхатлар билан ишлаш қоидалари одатдагидек. Библиотеканинг зарур бўлими танланганда унинг таркиби ойнанинг ўнг қисмида очилади. Ойна билан ишлашда менюда жамланган буйруқлардан фойдаланилади. Менюда қуйидаги тугмалар мавжуд:

- *File* (Файл) — библиотека файллари билан ишлаш;
- *Edit* (Таҳрирлаш) — блокларни қўшиш ва уларни излаш (номи бўйича);
- *View* (Кўриниш) — интерфейс элементларининг кўринишини бошқариш;
- *Help* (Ёрдам) — Библиотека бўйича ёрдам ойнасини чиқариш.

Асбоблар панелидаги тугмаларнинг вазифалари қуйидагилар:

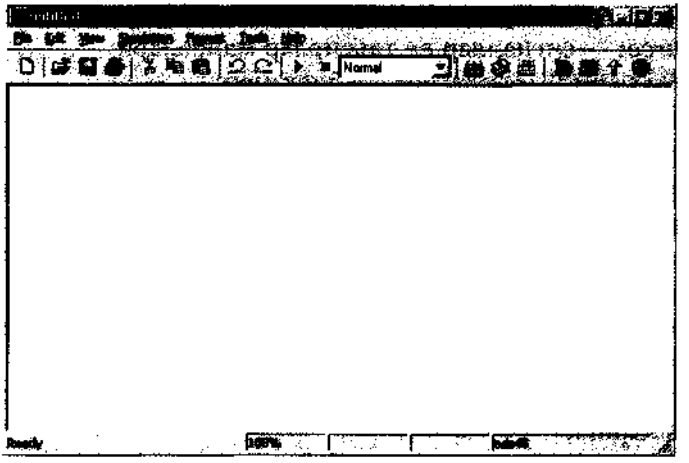
- Янги S-моделни яратиш (модел яратиш учун янги ойнани очиш).
- Мавжуд S-моделлардан бирини очиш;
- Ойнанинг хоссаларини ўзгартириш;
- Блокни номи (ёки номидаги биринчи символлар) бўйича излаш. Блок топилгандан кейин библиотеканинг мос бўлими очилади ва топилган бўлим ажратиб кўрсатилади. Агар блок топилмаса изоҳ ойнасида *Not found* < блок номи> (блок топилмади) ёзувлари пайдо бўлади.

11.4. Модел яратиш

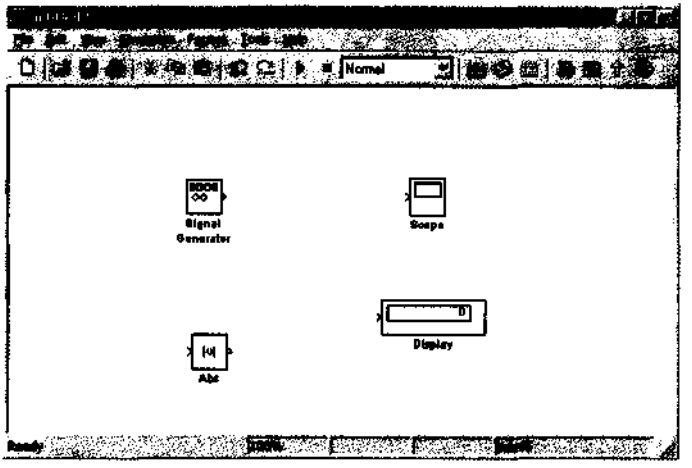
SIMULINK муҳитида модел яратиш учун қуйидаги ишларни бажариш зарур:

File/New/Model, буйруғи ёки асбоблар панелидаги тугма ёрдамида моделнинг янги файли яратилади. Моделнинг янги яратилган ойнаси 11.3-расмда кўрсатилган;

Модел ойнасида блокларни жойлаштирилади. Бунинг учун библиотеканинг керакли бўлими очилади (масалан, *Sources*— манбалар). Сўнгра керакли блокни курсор билан кўрсатилади ва сичқончанинг чап тугмасини босиб яратилган ойнага сурилади. Блокларга эга бўлган модел ойнаси 11.4-рамда кўрсатилган. Агар блокни йўқотиш зарур бўлса унинг устида сичқончанинг чап тугмаси босилади, кейин эса клавиатурадаги *Delete* клавишаси босилади.

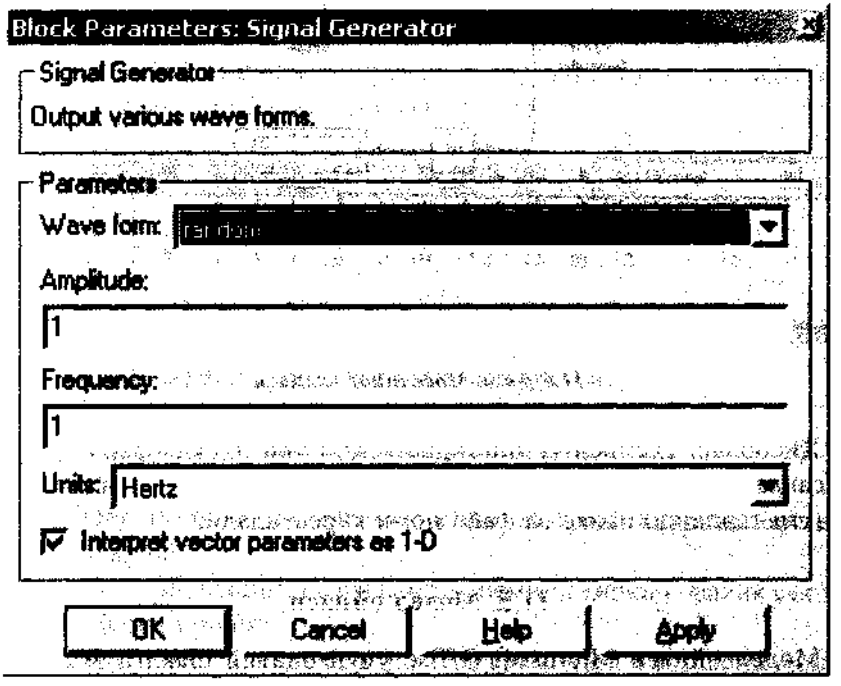


11.3-расм. ***Моделнинг бўш ойнаси***



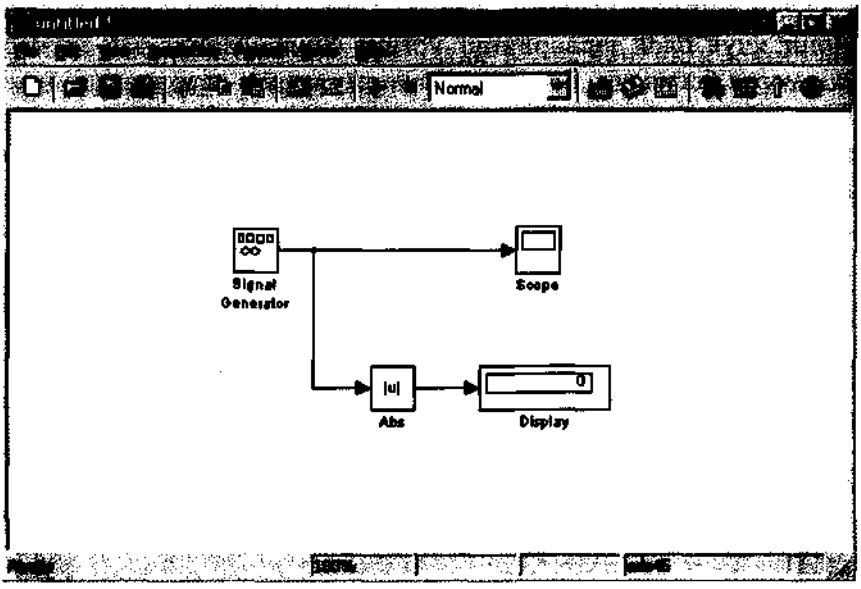
11.4-расм. ***Блокларга эга бўлган блок ойнаси***

Кейин, агар талаб қилинса, блокнинг параметрлари ўзгартирилади. Бунинг учун блок тасвирининг устида сичқончанинг чап тугмаси икки марта босилади. Блокнинг параметрларини таҳрирлаш ойнаси очилади. Керакли ўзгартиришлар киритилгандан кейин OK тугмасини босиш йўли билан ойна ёпилади. Мисол сифатида 11.5-расмда *Sygnal Generator* блоки параметрларини ростлаш ойнаси кўрсатилган.



11.5-расм. Sygnal Generator блоки параметрларини ростлаш ойнаси

Ҳамма зарур блоклар схемага жойлаштирилгандан кейин схема элементлари ўзаро уланади. Блокларни ўзаро бир-бирига улаш учун блокнинг чиқишига курсор олиб борилади ва сичқончанинг чап тугмаси босилган ҳолда бошқа блокнинг киришигача линия чизилади. Боғланиш линиясида тарқалиш нуқтасини ҳосил қилиш учун тугун жойлашиши зарур бўлган нуқтада сичқончанинг ўнг тугмаси босилиб керакли линия чизилади. Чизилган линияни йўқотиш учун линия танланади ва клавиатурадаги *Delete* клавишаси босилади. Блоклари бир-бири билан уланган моделнинг схемаси 11.6-расмда келтирилган.



11.6-расм. Моделнинг схемаси

Ҳисоблаш схемаси тузилгандан кейин уни дискда файл сифатида сақлаш керак. Бунинг учун схема ойнасидаги менюдан *File/Save* пункти танланиб папка ва файл номи кўрсатилади.

11.5. Модел ойнаси

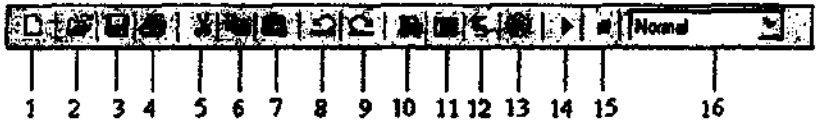
Модел ойнаси Microsoft Offise учун одатий шаклга эга бўлиб қуйидаги элементларни ўз ичига олади (11.6-расм):

- Сарлавҳа (ойнанинг номи билан). Янги яратилган ойнага мос тартиб рақамга эга бўлган Untitled номи берилади;
- *File, Edit, View* ва бошқа буйруқларга эга бўлган меню;
- Асбоблар панели;
- Модел схемасини йиғиш учун ойна;
- Моделнинг жорий ҳолатини акс эттирувчи ҳолат сатри.

Ойнанинг менюси моделни таҳрирлаш, созлаш, ҳисоблаш жараёнини бошқариш, файллар билан ишлаш ва бошқалар учун буйруқларга эга:

- *File* (Файл) — моделнинг файллари билан ишлаш;
- *Edit* (Таҳрирлаш) — моделни ўзгартириш ва блокларни излаш;
- *View* (Кўриниш) — интерфейс элементларини кўрсатишни бошқариш;

- *Simulation* (Моделлаш) — моделлаш ва ҳисоблаш жараёнини бошқариш созланмалари(параметрлари)ни бериш.
- *Format* (Форматлаш) — блоклар ва моделнинг ташқи кўринишини ўзгартириш;
- *Tools* (Асбоблар воситалари) — модел билан ишлаш учун махсус воситаларни қўллаш (созлагич, чизиқли таҳлил ва бошқалар);
- *Help* (Ёрдам) — Ёрдам тизимининг ойнасини чақириш;
- Модел билан ишлаш учун асбоблар панелидаги тугмалардан ҳам фойдаланиш мумкин (11.7-расм).



*11.7-расм. **Модел ойнасининг асбоблар панели***

Асбоблар панели тугмаларининг вазифалари:

1. *New Model* — Моделнинг янги (бўш) ойнасини ;
2. *Open Model* — Мавжуд mdl-файлни очиш;
3. *Save Model* — Дискда mdl-файлни сақлаш;
4. *Print Model* — Моделнинг блок-диаграммаларини босмага чиқариш;
5. *Cut* — Моделнинг белгиланган қисмини қирқиб оралиқ сақлаш буферига олиш;
6. *Copy* — Моделнинг белгиланган қисмининг нусхасини оралиқ сақлаш буферига олиш;
7. *Paste* — оралиқ сақлаш буферида сақланган информацияни модел ойнасига қўйиш.
8. *Undo* — Олдинги таҳрирлаш амалини бекор қилиш.
9. *Redo* — Бекор қилинган таҳрирлаш амалининг натижасини тиклаш.
10. *Library Browser* — Библиотекалар ойнасини очиш.
11. *Toggle Model Browser* — Модел ойнасини очиш.
12. *Go to parent system* — Ост тизимдан иерархия бўйича юқори поғонадаги тизимга ўтиш. Буйрук фақат ост тизим очилган бўлсагина ишлайди.
13. *Debug* — Модел созлагичини ишга тушириш.
14. *Start/Pause/Continue Simulation* — моделни бажарилиш учун ишга тушириш (Start); модел ишга тушгандан кейин тугманинг

тасвирида символ ҳосил бўлади ва унга энди Pause (моделлашни тўхтатиш) буйруғи мос келади; моделлашни давом эттириш учун ҳудди шу тугманинг ўзи қайтадан босилади, чунки бу тугмага пауза режимида *Continue* (Давом эттириш) буйруғи мос келади.

15. *Stop* — Моделлашни тўхтатиш.
16. *Normal/Accelerator — Одатдаги/Тезлаштирилган* ҳисоблаш режими. Ушбу режимдан Simulink Performance Tool иловаси ўрнатилган бўлсагина фойдаланиш мумкин.

Модел ойнасининг пастки қисмида ҳолат сатри жойлашган. Унда, сичқончанинг тугмаси интерфейс мос элементининг устига олиб келинганда, асбоблар панели тугмалари ва меню пунктларига қисқа шарҳлар ҳосил бўлади. Худди шу матн майдони Simulink ҳолатини кўрсатиш учун ҳам хизмат қилади: *Ready* (Тайёр) или *Running* (Бажарилиш).

11.6. Блоклар билан амаллар

Бир ойнадаги блоклардан иккинчи ойнага қўйиш учун нусха олиш қуйидагича амалга оширилади: керакли библиотека ёки модел-прототипнинг ойнаси очилади ва керакли блок сичқонча ёрдамида яратилаётган (таҳрир қилинаётган) моделнинг ойнасига сурилади.

Блоклардан меню буйруқлари ёрдамида ҳам нусха олиш мумкин. Бунда бажариладиган амаллар кетма-кетлига қуйидагича бўлади:

- модел ёки библиотека ойнасида нусхаси олиниши керак бўлган блок ёки блоклар белгиланади;
- актив ойнанинг *Edit* (Тўғрилаш) менюсида *Copy* (Нусха олиш) буйруғи танланади;
- блокнинг нусхаси қўйиладиган ойна активлаштирилади ва ундаги *Edit* менюсидан *Paste* буйруғи танланади.

Ҳар бир блокнинг нусхасига Simulink ном беради. Блокнинг биринчи нусхасининг номи унинг библиотекадаги номи билан бир хил бўлади. Блокнинг кейинги нусхаларининг номига тартиб рақами қўшилади. Фойдаланувчи блокнинг номини ўзгартириши мумкин. Блок нусхалари созланувчи параметрларининг қийматлари оригинал (нусхаси олинган) блокники билан бир хил бўлади.

Модел блокларининг ўринларини алмаштириш. Модел ичидаги блокларнинг ўрни сичқонча ёрдамида уларни суриш йўли билан алмаштирилади. Бунда Simulink блокларни ўзаро боғловчи линияларни қайтадан чизади. Бир неча блокни биргаликда суриш учун улар ажратилади ва ажратилган блоклардан бири янги ўринга сурилади.

Натижада қолган ажратилган блоклар ҳам улар орасидаги нисбий масофалар ва боғловчи линиялар ўзгармаган ҳолда сурилади.

Модел ичида блоклардан нусха олиш **қуйидаги иккита усулдан бири ёрдамида амлга оширилиши мумкин:**

- <Ctrl> тумасини босган ҳолда блокни керакли жойга суриш;
- сичқончанинг ўнг тугмасини босган ҳолда керакли жойга суриш, бунда блокка навбатдаги тартиб рақами берилади.

Блокни олиб ташлаш. Блок схемадаги кераксиз блокларни олиб ташлаш учун уларни ажратиб *<Del>* ёки *<Backspace>* клавишалардан бирини босиш етарли. Бундан ташқари блок-схема ойнасининг *Edit* менюсидаги *Clear* (Тозалаш) ёки *Cut* (Қирқиш) буйруқларидан ҳам фойдаланиш мумкин. Агар *Cut* буйруғидан фойдаланилган бўлса, кейинчалик олиб ташланган блокнинг нусхасини *Paste* буйруғи ёрдамида моделга жойлаштириш мумкин.

Блокни узиб қўйиш. Блокни боғловчи линиялардан узиб қўйиш учун *<Shift>* клавишаси босилган ҳолда уни бошқа жойга сурилади.

Блокни буриш. Бошланғич ҳолатда блок орқали сигнал чапдан ўнгга ўтади, яъни чап томонда блокнинг киришлари ўнг томонда эса чиқишлари жойлашади. Блокни буриш учун қуйидаги амалларни бажариш керак:

- буриш керак бўлган блок ажратилади;
- блок схема ойнасининг *Format* (Формат) менюсидаги қуйидаги буйруқлардан бири танланади: *Flip Block* (Блокни 180 градусга буриш) ёки *Rotate Block* (Блокни соат стрелкаси йўналишида 90 градусга буриш).

Блокнинг ўлчамларини ўзгартириш. Блок ажратилади ва сичқончанинг кўрсаткичи блок бурчак белгиларидан бирининг устига олиб келинади. Кўрсаткичнинг шакли икки томонга йўналган стрелка кўринишига ўзгарган моментда сичқончанинг чап тугмаси босилиб керакли томонга сурилади.

Блокнинг номини ўзгартириш ва суриш. Блокнинг номи ягона ва камида битта символдан иборат бўлиши керак. Блокнинг номини ўзгартириш учун унинг устида сичқончанинг чап тугмаси чертилади (босиб қўйиб юборилади) ва одатдаги усуллар ёрдамида керакли ўзгартиришлар киритилади.

Шрифтни ўзгартириш учун модел ойнасидаги *Format* (Формат) менюсидан *Font* (Шрифт) буйруғи чақирилади ва очилган диалог ойнасидан шрифт танланади. Агар блокдан ўтадиган сигналнинг йўналиши чапдан ўнгга бўлса блокнинг номи унинг пастида, сигналнинг йўналиши ўнгдан чапга бўлса юқорисида ва пастдан юқорига ёки юқоридан пастга бўлса блокнинг ўнг томонида бўлади.

Ажратилган блок номининг ўрнини икки хил усул билан ўзгартириш мумкин:

- сичқонча ёрдамида блокнинг қарама-қарши томонига суриш;
- модел ойнасининг *Format* менюсидаги *Flip Name* буйруғидан фойдаланиш — бу усул ҳам блок номини қарама — қарши томонга ўтказиш имконини беради.

Блок номини беркитиш учун модел ойнасининг *Format* менюсидаги *Hide Name* (Номни беркитиш) буйруғидан фойдаланилади. Блокнинг беркитилган номини тиклаш учун *Show Name* (Номни кўрсатиш) буйруғи хизмат қилади.

Сигналларнинг белгилари ва комментарияларни(изоҳларни) жойлаштириш. Блок схемалар тушунарли ва қулай бўлиши учун линиялардан ўтувчи сигналларни кўрсатувчи белгилар қўйиш мумкин. Белгилар горизонтал линияларнинг остига ёки устига, вертикал линияларнинг ўнг ёки чап томонига жойлаштирилади. Белгини линиянинг бошланиши, охири ёки ўртасига қўйиш мумкин.

Сигнал белгисини ҳосил қилиш учун линиянинг устида сичқончанинг чап тугмаси икки марта босилади ва белгининг матни киритилади. Сичқончанинг чап тугмаси линиянинг устида босилишига эътибор бериш керак. Акс ҳолда модел учун изоҳ ҳосил бўлади.

Белги сичқонча ёрдамида силжитилади. Агар белгини силжитиш вақтида <Ctrl> клавишаси босиб турилса, янги жойда белгининг нусхаси ҳосил бўлади. Белгининг нусхасини линиянинг бошқа сигментида сичқончанинг чап тугмасини икки марта босиш йўли билан ҳам ҳосил қилиш мумкин.

Белгини таҳрир қилиш учун унинг устида сичқончанинг чап тугмаси босилади ва матнга керакли ўзгартиришлар киритилади.

Белгини олиб ташлаш учун у ажратилади ва <Shift> клавишаси босиб турилган ҳолда <Del> ёки<Backspace> клавишаси босилади. Бу ҳолда линиядаги ҳамма белгилар олиб ташланади.

Изоҳларни ҳосил қилиш ва ўзгартириш. Изоҳни блок схемадаги ҳар қандай бўш ерга жойлаштириш мумкин. Бунинг учун сичқончанинг чап тугмаси икки марта босилади ва ҳосил бўлган тўртбурчак рамканинг ичига изоҳнинг матни киритилади.

Изоҳ сичқонча ёрдамида силжитилади. Агар изоҳ силжитилаётган вақтда <Ctrl> клавишаси босиб турилса янги жойда изоҳнинг нусхаси ҳосил бўлади.

Ҳосил қилинган изоҳни таҳрир қилиш мумкин. Бунинг учун унинг устида сичқончанинг чап тугмаси босилади ва керакли ўзгартиришлар киритилади. Шрифтни ўзгартириш учун изоҳнинг матни ажратилади ва блок схема ойнасидаги *Format* (Формат) менюсидан *Font* (Шрифт)

буйруғи танланади. Керакли шрифт, унинг ўлчами ва атрибутлари танлангандан *OK* тугмаси босилади.

Изоҳни олиб ташлаш учун <Shift> клавишаси босилган ҳолда <Del> ёки <Backspace> клавишаси босилади.

11.7. Объектларни форматлаш

Format менюсида (шунингдек сичқончанинг ўнг тугмаси ёрдамида чақирилувчи контекст менюда) блокларни форматлаш буйруқларининг тўплами мавжуд. Форматлаш буйруқлари бир неча гуруҳга бўлинади: Ёзувларнинг кўринишини ўзгартириш:

- *Font* — ёзувлар ва матнли блокларнинг шрифтларини форматлаш.
- *Text alignment* — матнни текислаш.
- *Flip name* — блок ёзувини силжитиш.
- *Show/Hide name* — блок ёзувини кўрсатиш ёки беркитиш. Блокларнинг рангини ўзгартириш:
- *Foreground color* — ажратилган блоклар линияларининг рангини танлаш.
- *Background color* — ажратилган блоклар фонининг рангини танлаш.
- *Screen color* — модел ойнаси фонининг рангини танлаш.
- Блокнинг ҳолати ва кўринишини ўзгартириш:
- *Flip block* — вертикал симметрия ўқига нисбатан акс тасвир.
- *Rotate block* — соат стрелкаси бўйича блокни 90° га буриш.
- *Show drop shadow* — блокнинг соясини кўрсатиш.
- *Show port labels* — портларнинг белгисини кўрсатиш.
- Бошқа ўрнатмалар:
- *Library link display* — библиотекалар билан боғланишни кўрсатиш.
- *Sample time colors* — вақт индикацияси блокининг рангини танлаш.
- *Wide nonscalar lines* — скаляр бўлмаган линияларнинг кенглигини орттириш/камайтириш.
- *Signal dimensions* — сигналларнинг ўлчов бирлигини кўрсатиш.
- *Port data types* — портларнинг тури тўғрисидаги маълумотларни кўрсатиш.
- *Storage class* — хотира класси. Real-Time Workshop ишлаганда ўрнатиладиган параметр.
- *Execution order* — бажарилиш кетма — кетлигидаги блокнинг тартиб рақамини чиқариш.

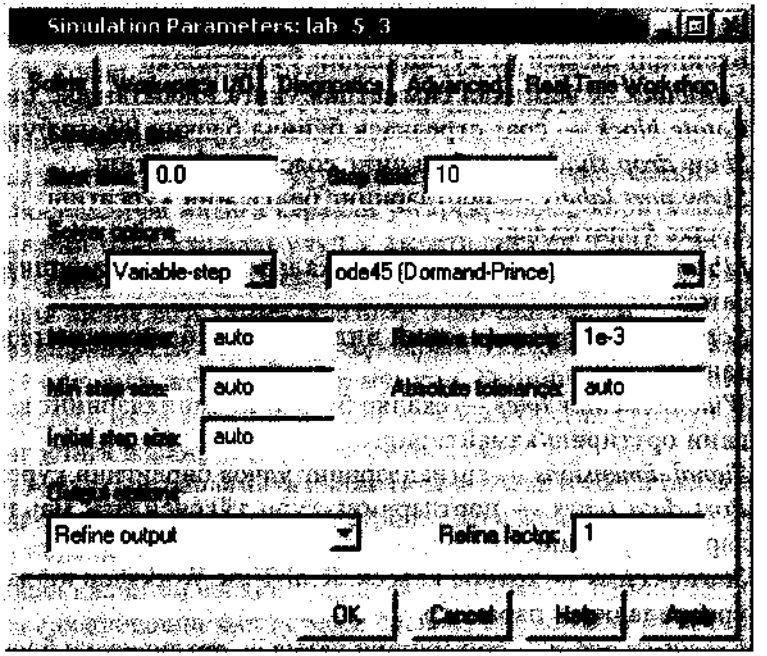
11.8. Ҳисоблаш параметрларини ўрнатиш ва уни бажариш

Ҳисоблашлар бажарилишидан олдин ҳисоблаш параметрлари панел ойнасининг *Simulation/Parameters* менюси ёрдамида ўрнатилади(11.8-расм).

Ҳисоблаш параметрларини созлаш ойнаси бешта иловага эга:

- *Solver* (Ҳисоб) — моделни ҳисоблаш параметрларини ўрнатиш.
- *Workspace I/O* (Ишчи соҳага маълумотларни киритиш/чиқариш) — MATLABнинг ишчи соҳаси билан маълумотларни алмашиш параметрларини ўрнатиш.
- *Diagnostics* (Диагностика) — Диагностика режимининг параметрларини танлаш .
- *Advanced* (Қўшимча) — Қўшимча параметрларни ўрнатиш.
- *Real-time Workshop* — реал вақтда ишлаш учун асбоб.

Моделни ҳисоблаш параметрлари *Solver* иловасида жойлашган бошқариш элементлари ёрдамида ўрнатилади. Ушбу параметрлар учта гуруҳга бўлинган (11.8-расм): *Simulation time* (Моделлаш интервали ёки бошқача сўз билан айтганда, ҳисоблаш вақти), *Solver options* (Ҳисоблаш параметрлари), *Output options* (Чиқариш параметрлари).



11.8-расм. Моделлаш параметрларини ўрнатиш

Ҳисоблаш вақти (Simulation time) ҳисоблашнинг бошланғич *(Start time)* ва сўнгги *(Stop time)* қийматлари кўрсатилган ҳолда берилади. Одатда бошланғич вақт нолга тенг. Сўнгги вақтнинг қиймати фойдаланувчи томонидан ечилаётган масаланинг шартларидан келиб чиққан ҳолда берилади.

Ҳисоблаш параметрлари *(Solver options)* ни танлашда моделлаш*(Type)* ва *тизимнинг* янги ҳолатини ҳисоблаш усуллари кўрсатилади. *Type* параметри учун иккита, белгиланган (фиксация қилинган) *(Fixed-step)* ёки ўзгарувчи *(Variable-step)* қадамли, вариантлар мавжуд. Одатда, *Variable-step* узлуксиз, *Fixed-step* эса дискрет тизимларни моделлашда ишлатилади.

Тизимнинг янги ҳолатини ҳисоблаш усулларининг рўйхати бир неча вариантни ўз ичига олади. Биринчи вариант *(discrete)* дискрет тизимларни ҳисоблаш учун ишлатилади. Қолган усуллардан узлуксиз тизимларни ҳисоблашда фойдаланилади. Ушбу усуллар узлуксиз *(Variable-step) ва* белгиланган *(Fixed-step)* вақт қадамлари учун ҳар хил, лекин улар, ўз моҳияти бўйича, дифференциал тенгламалар системаларини ечиш процедуралари бўлиб ҳисобланади.

Очилувчи *Type* рўйхатларнинг пастида таркиби танланган модел вақтининг ўзгариш усулига боғлиқ бўлган соҳа жойлашган. *Fixed-step* танланганда бу соҳада *Fixed-step size* (белгиланган қадамнинг катталиги) матн майдони ҳосил бўлади. Унинг ёрдамида моделлаш қадами кўрсатилади. Бошланғич ҳолда моделлаш қадамининг катталиги тизим томонидан автоматик тарзда (*auto)* кўринишида қўйилган бўлади. Қадамнинг керакли катталиги *auto* қийматининг ўрнига сон шаклида ёки ҳисобланадиган ифода шаклида қўйилади (бундай усул тизим томонидан автоматик тарзда *(auto)* қўйиладиган ҳамма параметрлар учун ҳам ўринли).

Белгиланган *(Fixed-step)* қадамни танлашда ҳисоблаш режими *(Mode)* ни ҳам бериш зарур. *Mode* параметри учун учта вариант мавжуд:

- *MultiTasking* (Кўп масалали) — агар моделда бир нечта ост тизим параллел ишлаётган бўлса ва модел ишлашининг натижалари ост тизимларнинг вақт бўйича параметрларига боғлиқ бўлса танланади. Бундай режим блоклар бир — бирига юбораётган сигналларнинг тезлиги ва дискретлиги ўзаро мос эмаслигини аниқлаш имкониятини беради.
- *SingleTasking* (ягона масалали) — моделлашнинг якуний натижасига модел ташкил этувчиларининг етарли бўлмаган даражада синхронлаш таъсир этмайдиган моделлар учун ишлатилади.

- *Auto* (режимни автоматик танлаш) — Simulink режимни автоматик тарзда танлайди. Бу ҳолда таркибида сигналларни ҳар хил тезликда узатадиган блоклар бўлган моделлар учун MultiTasking режим ва таркибида сигналларни бир хил тезликда узатадиган блоклар бўлган моделлар учун SingleTasking режими ўрнатилади.
- Ўзгарувчи қадамли *(Variable-step)* вариант танланганда қуйидаги учта параметрни ўрнатиш имкониятини берувчи майдонлар ҳосил бўлади:
- *Max step size* — максимал ҳисоблаш қадами. Бошланғич ҳолда автоматик *(auto)* варианти ўрнатилган ва унинг қиймати *StopTime* ва *StartTime* орасидаги фарқнинг 1/50 га тенг бўлади. Кўпчилик ҳолларда бундай қийматлар керагидан катта бўлганлиги сабабли кузатиладиган графиклар синиқ (силлиқ эмас) чизиқлар кўринишида бўлади. Бундай ҳолларда максимал қадамнинг катталигини яққол тарзда бериш керак.
- *Min step size* — ҳисоблашнинг минимал қадами.
- *Initial step size* — моделлаш қадамининг бошланғич қиймати.

Ўзгарувчи қадамдан фойдаланиб узлуксиз тизимларни моделлашда ҳисоблаш аниқлиги кўрсатилади. Ҳисоблаш аниқлиги нисбий *(Relative tolerance)* ёки абсолют *(Absolute tolerance)* бўлиши мумкин. Бошланғич ҳолда улар мос ҳолда 10^{-3} ва *auto* ўрнатилган бўлади.

Solver иловасининг пастки қисмида моделланаётган тизим чиқиш сигналларини чиқариш параметрлари *(Output options)* созланади. Ушбу параметр учун қуйидаги учта вариантдан бири танланади:

Refine output (коррекцияланган чиқариш) — модел вақтини ва To Workspace блоки ёрдамида MATLAB ишчи соҳасида сақланаётган сигналларни қайд қилиш дискретлигини ўзгартириш имкониятини беради. Дискретлик катталигини ўрнатиш ўнг томонда жойлашган *Refine factor* таҳрирлаш сатрида бажарилади. Бошланғич ҳолда *Refine factor*нинг қиймати бирга тенг, яъни, қайд қилиш D=1 қадам билан модел вақтининг ҳар бир қиймати учун бажарилади. Агар *Refine factor* нинг қиймати 2 бўлса ҳар иккинчи сигнал, 3 бўлса ҳар учинчи сигнал қайд қилинади. *Refine factor* параметри фақат бутун мусбат қийматларни қабул қилиши мумкин.

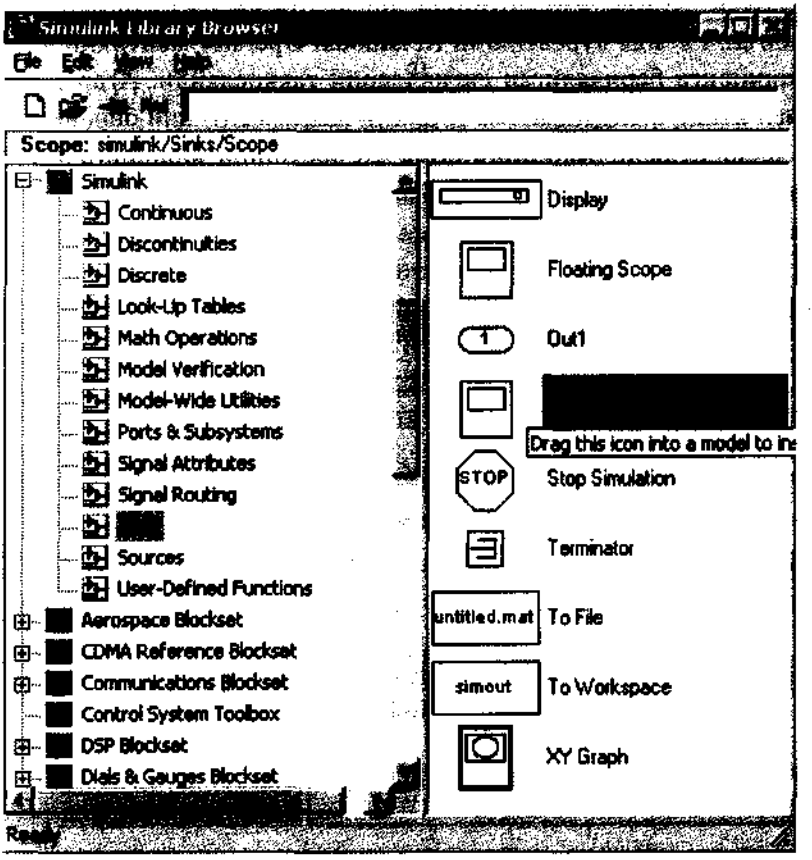
Produce additional output (қўшимча чиқариш) — берилган вақт моментларида модел параметрларини қўшимча равишда қайд қилишни таъминлайди; уларнинг қиймати квадрат қавс ичига жойлашган рўйхат кўринишида таҳрирлаш сатрига чиқарилади (бу ҳолда *Output times* (чиқариш вақт моментлари) деб аталади). Бу вариантдан фой-

диланилганда таянч қайд қилиш қиймати D=1 бўлади. *Output times* рўйхатидаги вақтнинг қиймати каср сон бўлиши ҳамда ҳар қандай аниқликка эга бўлиши мумкин.

Produce specified output only (фақат берилган чиқаришни форматлаш) — *Output times* (чиқариш вақт моментлари) майдонида кўрсатилган моделнинг параметрларини фақат берилган вақт моментларида чиқариш режимини ўрнатади.

11.9. Жараёнларни кузатиш ва қайд қилиш учун виртуал приборлар библиотекаси (Sinks)

Тадқиқ қилинаётган моделдаги жараёнларни кузатиш ва қайд қилиш учун виртуал приборлар библиотекаси (Sinks) 11.9-расмда келтирилган.



11.9-расм. Виртуал приборлар библиотекаси (Sinks)

Sinks библиотекасида қуйидаги виртуал приборлар мавжуд:

Display — ўлчанаётган катталикларни дисплей экранига рақамли кўринишда чиқариш учун мослама.

Scope — вақт бўйича боғланишларни кузатиш учун осциллоскоп.

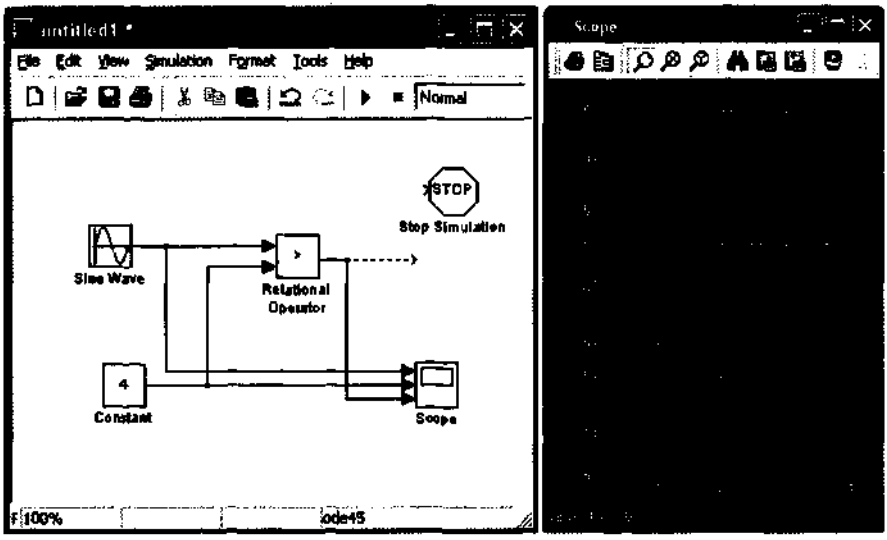
Stop Simulation — киришидаги сигнал нолга тенг бўлмаганда симуляцияни (моделлашни) тўхтатади.

To file — Simulink моделини MatLab тизими билан боғловчи блок. Ушбу блок моделлаш натижаларини кейинчалик қайта ишлаш учун MatLab файлига ёзиш имкониятини беради.

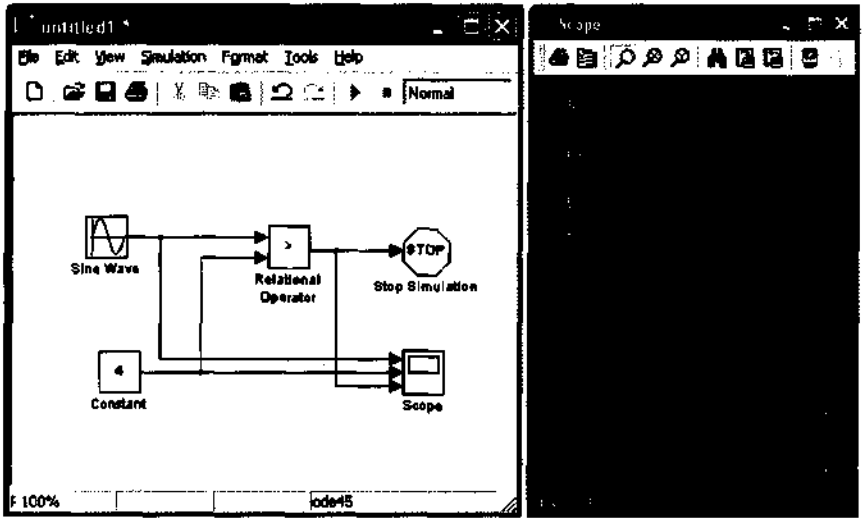
To Workspace — моделлаш натижаларини кейинчалик қайта ишлаш учун ишчи соҳага ўтказиш имкониятини беради.

XY Graph — қутбли координаталар системасида граф қургич.

Stop Simulation элементининг ишлашига мисол 11.10-расмда келтирилган. Расмда кўрсатилган Relatuonal Operator мантиқий элементи киришига бериладиган сигналларни таққослайди. Агар биринчи сигнал иккинчисидан катта бўлса чиқишида мантиқий бир, акс ҳолда нол ҳосил бўлади. **Stop Simulation** элементининг киришига берилган сигнал нолдан фарқли бўлса моделлаш тўхтатилишини кўришимиз мумкин.



a)



b)

11.10-расм. Stop Simulation элементининг ишлашига мисол:
а — элемент уланмаган, *б* — уланган

Осциллоскоп ва унинг ростлаш ойнаси 11.11-расмда кўрсатилган. Ростлаш ойнасидаги Number of axes майдонига киритиладиган сон осциллоскопда очиладиган экранлар сонини белгилайди. Экранда ординаталар ўқи бўйича кузатилаётган катталикнинг қиймати, абсциссалар ўқи бўйича эса модел вақтининг қийматлари қўйилади.

Scope (осциллоскоп) ойнасининг параметрларини бошқариш учун қуйидагиларга эга бўлган асбоблар панели мавжуд:

Zoom — график ўқларининг масштабларини ўзгартириш;

Zoom X-axis — абсциссалар ўқи бўйича масштабни ўзгартириш;

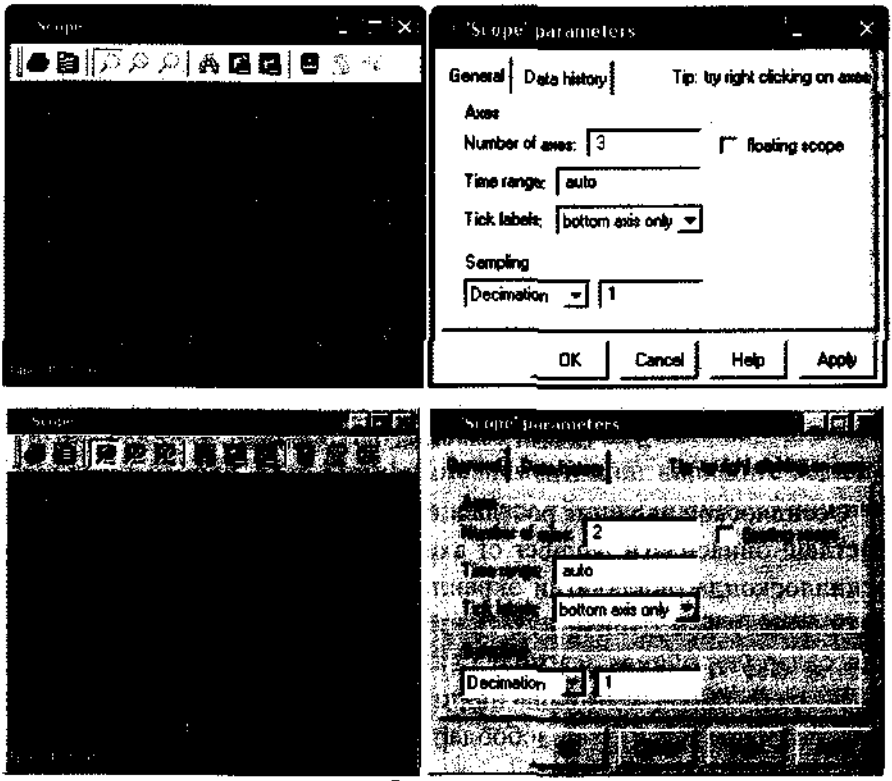
Zoom Y-axis — ординаталар ўқи бўйича масштабни ўзгартириш;

Autoscale — ўқларнинг автоматик масштабини автоматик равишда ўрнатиш;

Save current axes settings — ўқларнинг ўрнатилган масштабини сақлаш;

Properties — Scope блоки параметрларини созлаш ойнасини очиш;

Print — Scope ойнаси маълумотларини босмага чиқариш.



11.11-расм. Осциллоскопнинг экрани ва созлаш ойнаси

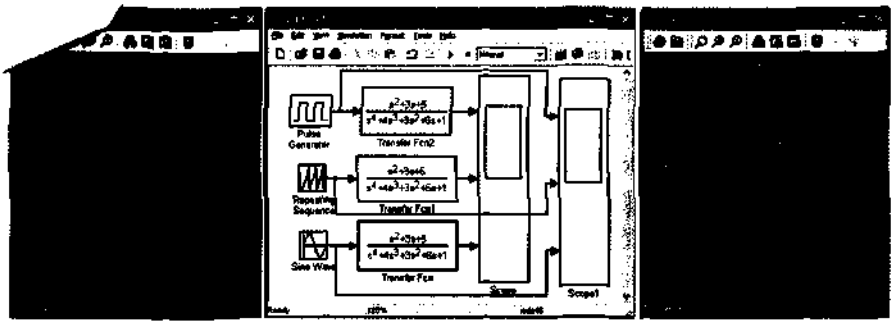
Айрим созлашларни контекст меню буйруқлари ёрдамида бажариш мумкин. Контекст меню сичқончанинг ўнг тугмасини босиш йўли билан чақирилади:

- Properties тугмаси босилганда Properties scope ойнаси очилади. Ушбу ойна иккита бўлимга эга:
- General (Умумий хоссалар), графикларни чиқариш форматини бошқариш элементларини ўз ичига олади;
- Data history (маълумотларни сақлаш), графикларда кўрсатиладиган маълумотларни MATLABнинг ишчи соҳасига ёзиш параметрларини ўрнатиш имкониятини беради.

- General бўлими куйидаги элементларга эга:
- Number of axes матн майдони, Scope ойнасида ҳосил қилинадиган ост ойналар(графиклар) сонини киритиш учун мўлжалланган. Бошланғич ҳолда фақат битта ост ойна кўрсатилади, ҳосил қилинадиган ҳамма графиклар учун Y ўқи хусусий бўлади. Лекин X координаталарни шакллантиришда ҳамма графиклар учун бир хил бўлган модел вақти олинади. Иккита графикка эга бўлган Scope ойнаси 11.12-расмда кўрсатилган;
- Time range матн ойнаси, унда вақт ўқи бўйича(X ўқи) диапазоннинг чегаравий қийматлари кўрсатилади. Ушбу қийматлар модел вақтининг бирликларида яққол ёки auto калит сўз ёрдамида (бунда X ўқи бўйича вақтнинг чегаравий қиймати моделлаш сеанси учун олинган модел вақтининг сўнгги қийматига мос келади) кўрсатилиши мумкин;
- Tike labels очилувчи рўйхати, Scope ойнасида бир нечта график ҳосил қилинганда ишлатилади:
  - bottom axes only — X ўқи бўйича вақтнинг қийматлари фақат энг пастки график учун кўрсатилади;
  - all — X ўқи бўйича вақтнинг қийматлари ҳамма графиклар учун кўрсатилади;
  - none — X ваY ўқлари бўйича қийматлар кўрсатилмайди.
- Sampling очилувчи рўйхати, графикларни чизиш даврийлигини бошқариш вариантларини танлаш учун хизмат қилади:
  - Decimation — «қирқиш» коэффициенти, масалан, Decimation=3 бўлса график куриш учун моделлашнинг ҳар учинчи қадамидаги қийматлардан фойдаланилади;
  - Sample time — график қуришда ишлатиладиган қийматларнинг даврийлиги моделлаш сеанси учун ўрнатилган моделлаш вақти қадамининг катталиги орқали аниқланади.

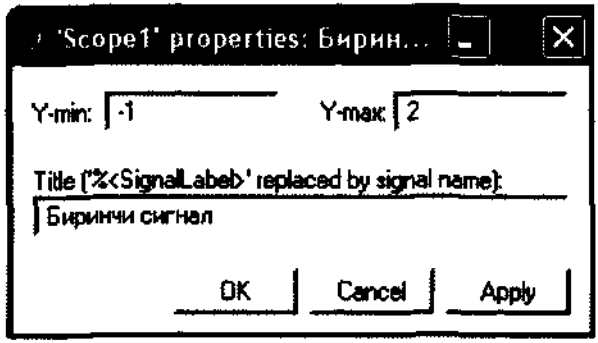
Floating scope байроқчаси Scope блоки учун «сузувчи» хоссасини ўрнатиш имкониятини беради; бундай блок бирорта ҳам кириш портига эга бўлмайди, лекин у блок-диаграммада танланган боғланиш линиясидан узатилаётган сигнални кўрсатади.

Осциллоскоп ёрдамида моделларнинг айрим нуқталаридаги сигналларни кузатиш мумкин (11.12-расм).



11.12-расм. Моделларнинг айрим нуқталаридаги сигналларни кузатиш

Экранларнинг устига ёзувларни киритиш учун сичқончанинг ўнг тугмаси босилади ва ҳосил бўладиган контекст менюдан Axis properties бўлими танланади. Натижада 11.13–расмда кўрсатилган ойна очилади. Унинг Title майдонига керакли ёзув киритилади. Бундан ташқари ушбу ойнада абсцисса ўқининг максимал ва минимал қийматларини киритиш мумкин.



11.13-расм. Абсцисса ўқининг максимал ва минимал қийматларни ҳамда экранларнинг устига ёзувни киритиш

Display блоки моделда мавжуд бўлган сонли катталикларни экранга чиқариш учун хизмат қилади. Блок тўртта созланувчи параметрга эга.

Format — чиқариш форматини белгилайди. Формат очилувчи рўйхат ёрдамида танланади:

- Decimation — Display ойнасига чиқарилувчи қийматларнинг даврийлигини белгилайди;
- Floating display — блок–диаграммада Display блокидан фойдаланиш усулини танлаш имкониятини беради; агар бу байроқча ўрнатилган бўлса Display блоки «сузувчи» бўлади, яъни, кириш

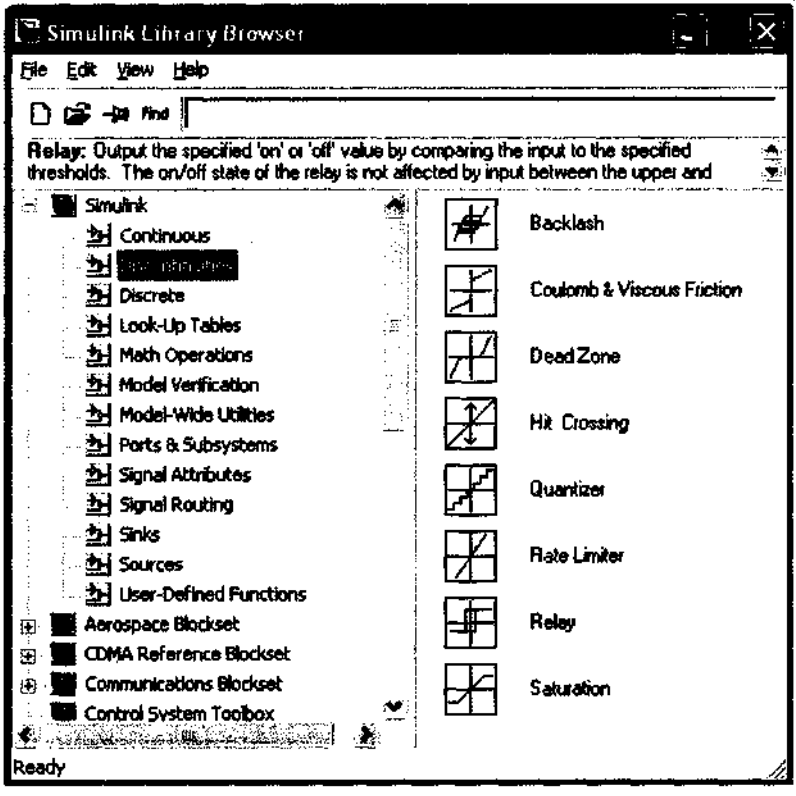
портига эга бўлмайди. Display ойнасида кўрсатиладиган сигнал узатиладиган боғланиш линиясининг устида сичқончанинг чап тугмаси босилади;

- Sample Time — Display ойнасига чиқариладиган қийматларнинг дискретликлигини беради.

Display блокидан ҳам скаляр ҳам вектор қийматларни чиқариш учун фойдаланиш мумкин. Агар намоён бўлаётган катталик вектор бўлса блокнинг формати автоматик равишда ўзгаради. Блокнинг формати ўзгарганлигини унинг пастки ўнг бурчагида ҳосил бўладиган кичкина қора учбурчакдан билиб олиш мумкин.

11.10. Ночизиқли блоклар библиотекаси Nonlinear (Discontinuities)

Ночизиқли блоклар библиотекаси 11.14-расмда кўрсатилган. Ушбу библиотека қуйидаги блокларга эга:



11.14-расм. ***Ночизиқли блоклар библиотекаси Nonlinear***

Backlash — механик редукторларда люфтни амалга оширувчи блок.

Coulomb & Viscous Friction — механик тизимларда ишқаланишни амалга оширувчи блок.

Dead Zone — сезилмайдиган зонани амалга оширувчи блок.

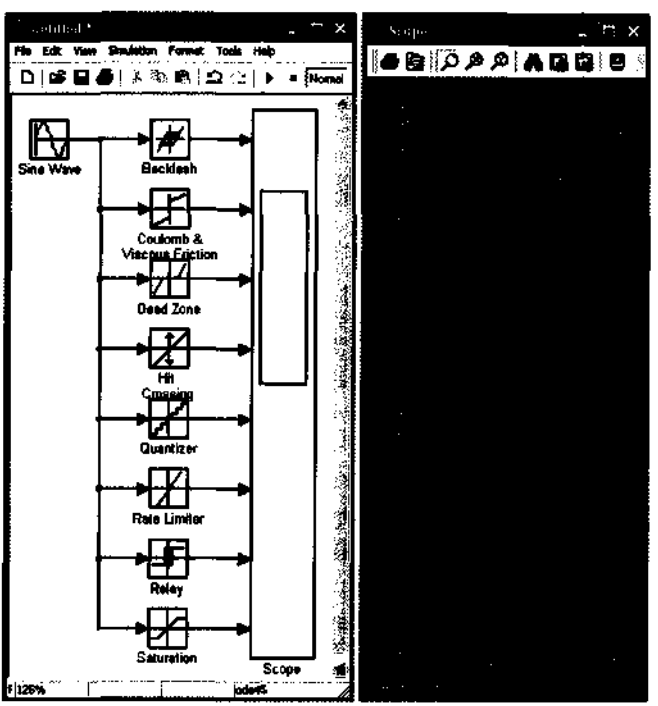
Quantizer — кириш сигналини сатҳ бўйича квантлашни таъминловчи блок. Поғоналарнинг катталиги созлаш майдонида кўрсатилади.

Rate Limiter — кириш сигнали ҳосиласининг ишорасига боғлиқ ҳолда ҳар хил ўтказиш коэффициентларни таъминлайди. Ушбу коэффициентларнинг қийматлари блокнинг созлаш майдонида ўрнатилади.

Relay — сезмайдиган зонага эга бўлган реле. Мусбат ва манфий чиқиш сигналларининг қийматлари созлаш майдонида ўрнатилади.

Saturation — чекланишли кучайтиргич. Кириш сигналининг ҳар хил қийматларидаги чиқиш сигналининг қиймати созлаш майдонида ўрнатилади.

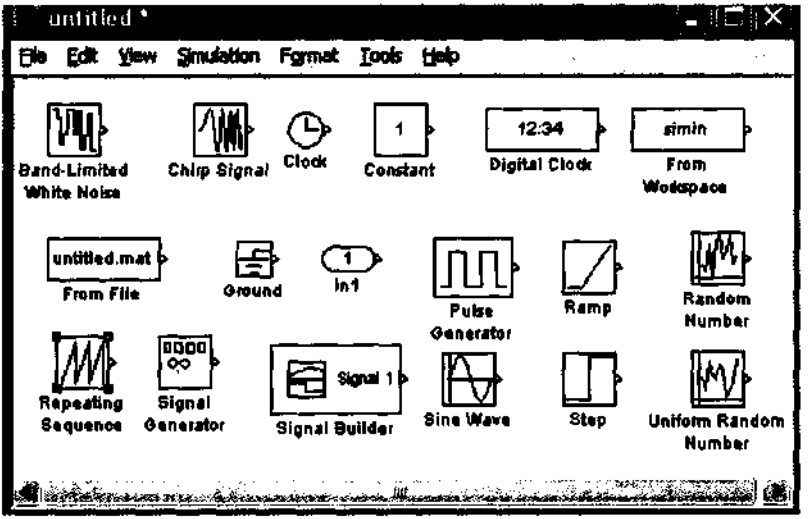
Киришларига синусоидал сигнал берилган ночизиқли блокларнинг чиқишларидаги сигналлар 11.15-расмда кўрсатилган.



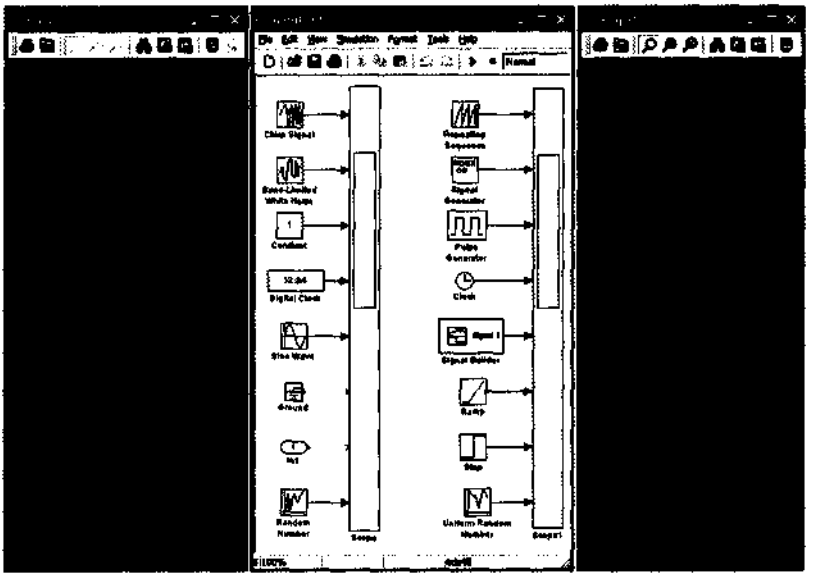
11.15-расм. Киришларига синусоидал сигнал берилган ночизиқли блокларнинг чиқишларидаги сигналлар

11.11. Сигналлар манбаларининг библиотекаси (Sources)

Sources библиотекасида моделлашда зарур бўладиган барча сигналларнинг манбалари мавжуд (11.16-расм). Улар ёрдамида олиниши мумкин бўлган сигналларнинг айримлари 11.17-расмда кўрсатилган.



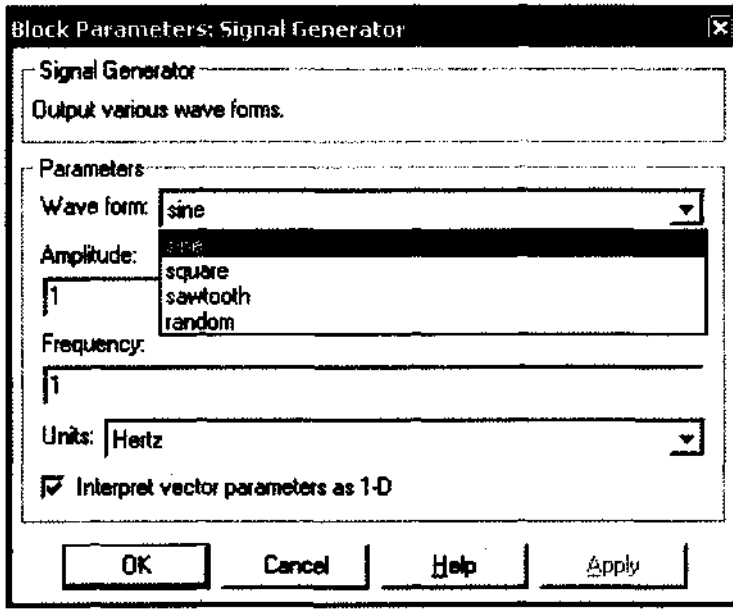
11.16-расм. Sources библиотекасида мавжуд бўлган сигналларнинг манбалари



11.17-расм. Sources библиотекаси блоклари ёрдамида олинадиган сигналларнинг кўринишлари

Бундан ташқари файлдан From File блоки орқали ихтиёрий сигнални ҳам бериш мумкин.

Ҳар бир график блок ўзининг ростлаш ойнаси билан боғланган. Масалан, даврий сигналлар генераторининг (Signal Generator, 11.18-расм) ростлаш ойнасида даврий сигналнинг шаклини (Wawe form) танлаш, амплитуда ва частотасини ўрнатиш мумкин.



11.18-расм. Signal Generator блокининг ростлаш ойнаси

11.12. Subsystem — ост тизимлар

Ост тизим **Simulink**-моделнинг бир қисмидир. У алоҳида блок кўринишида тайёрланади. Модел тузишда ост тизимлардан фойдаланиш қуйидаги афзалликларга эга:

1. Бир вақтнинг ўзида экранда акс эттириладиган блоклар сонини камайтиради, яъни моделни тасаввур қилишни осонлаштиради.
2. Модел қисмларини алоҳида тайёрлаш ва созлаш имкониятини беради. Тайёрланган ост тизимдан бошқа моделларни тузишда фойдаланиш мумкин.
3. Хусусий библиотекаларни яратиш имкониятини беради.
4. Параллел ишлаётган ост тизимларни ўзаро синҳронлаш имкониятини беради.

5. Моделга хусусий маълумотнома воситаларини киритиш имкониятини беради.
6. Ост тизим очилаётган вақтда **m**-файл ишга тушадиган қилиб ост тизимни **m**-файл билан боғлаш мумкин.

Моделдаги ост тизимлар сони чекланмаган. Бундан ташқари ост тизимнинг ичига киритилиши мумкин бўлган ост тизимлар сони ҳам чекланмаган.

Ост тизимнинг модел билан (ёки иерархия бўйича юқорироқ погонадаги ост тизим билан) боғлаш учун кириш (**Sources** библиотекасидаги **Inport** блоки) ва чиқиш (**Sinks** библиотекасидаги **Outport** блоки) портларидан фойдаланилади. Ост тизимга кириш ва чиқиш портлари қўшилганда ост тизимнинг тасвирида портларнинг белгилари пайдо бўлади (**In** ва **Out**) ва уларни фойдаланувчи учун қулай бўлган белгиларга алмаштириш мумкин.

Ост тизим виртуал (**Subsystem**) ва монолит (**Atomic Subsystem**) бўлиши мумкин. Улар орасидаги фарқ блокларни ҳисоблаш тартибидадир. Агар ост тизим виртуал бўлса аввал блокларнинг чиқиш сигналлари ҳисобланади, кейин асосий моделнинг блоклари бажарилади, ундан кейин эса яна ост тизим таркибига кирувчи блоклар ҳисобланади. Монолит ост тизим яхлит (бўлинмайдиган) деб ҳисобланади. **Simulink** аввал ост тизим таркибига кирувчи ҳамма блокларни ҳисоблаб чиқади ва кейингина асосий модел блокларини ҳисоблашга ўтади. Монолит ост тизим тасвирининг рамкаси виртуал ост тизимникига нисбатан қалинроқ бўлади.

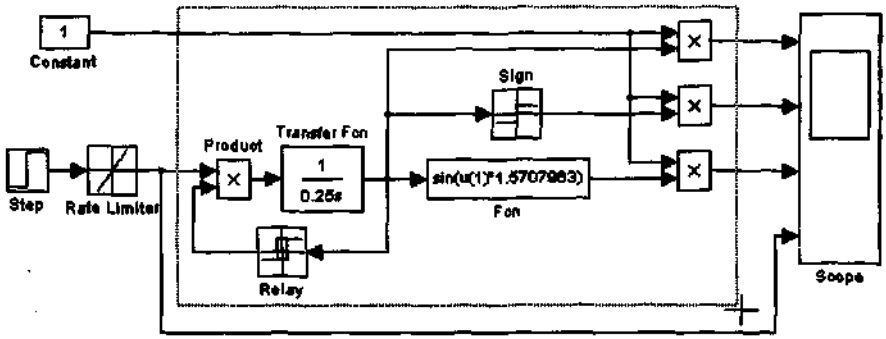
Ост тизимлар бошқариладиган ёки бошқарилмайдиган бўлиши мумкин. Бошқариладиган ост тизимлар доимо монолит бўлади. Бошқариладиган ост тизимларда қўшимча (бошқарувчи) кириш бўлиб, унга ост тизимни активлаштирувчи сигналлар берилади. Бошқарувчи киришлар ост тизимнинг юқорисида ёки пасатида жойлашган бўлади. Фақат бошқариладиган ост тизим активлашганда ҳисоблашлар бажарилади.

Моделда ост тизимни қуйидаги икки йўл билан ҳосил қилиш мумкин:

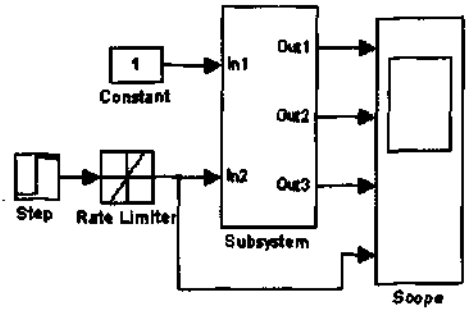
1. **Subsystem** библиотекасидан керакли ост тизим танланади ва у моделга жойлаштирилади.
2. Моделнинг ост тизимга кириши керак бўлган қисми сичқонча ёрдамида ажратилади ва модел ойнасининг **Edit** менюсидаги **Create Subsystem** командаси бажарилади. Моделнинг ажратилган қисми ост тизимга жойлашади ва ост тизимнинг кириш ва чиқишлари мос портлар билан таъминланади. Ушбу усул бошқарилмайдиган виртуал ост тизимни яратиш имконини бе-

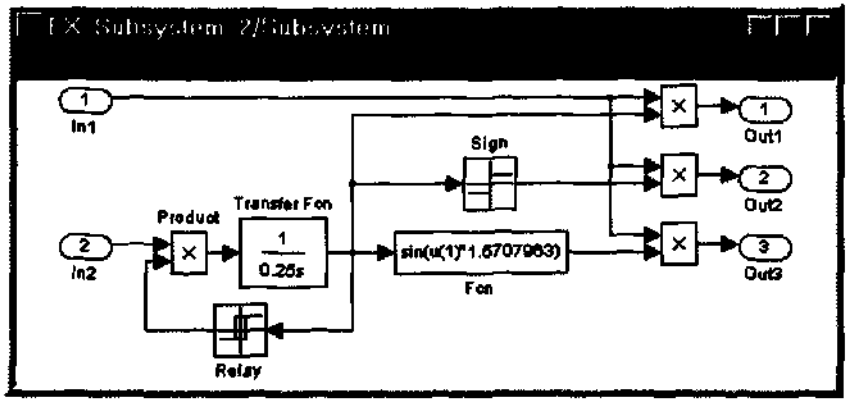
ради. Кейинчалик, агар керак бўлса, ост тизимнинг параметрларини ўзгартириб монолит ост тизимга ёки библиотекадаги зарур ост тизимдан бошқариш элементларини қўшиб бошқариладиган ост тизимга айлантириш мумкин.

Иккинчи усул билан ост тизимни ҳосил қилишга мисол 11.12.1-расмда келтирилган. Натижа эса 11.12.2-расмда кўрсатилган. Мисолда бошқарилувчи функционал генераторнинг моделидан фойдаланилди.



11.12.1-расм. Ост тизимни ҳосил қилиш





11.12.2-расм. ***Ост тизимдан фойдаланувчи модел***

11.12.1. Виртуал ва монолит ост тизимлар (Subsystem ва Atomic Subsystem)

Ост тизим параметрларининг ойнасига **Edit** менюсидаги **Block Parameters** командаси орқали кирилади

Параметрлари:

1. **Show port labels** — портларнинг меткаларини кўрсатиш.
2. **Treat as atomic unit** (байрокча) — ост тизимни монолит деб ҳисоблаш. Шундай қилиб, ушбу параметр ёрдамида виртуал блокни монолитга ёки, аксинча ўзгартириш мумкин.
3. **ReadWrite permissions** — Ост тизимга ўзгартиришлар киритиш мумкинлиги. Қуйидаги рўйхатдан олинади:
   - **ReadWrite** — Фойдаланувчи ост тизимни очиши ва ўзгартириши мумкин.
   - **ReadOnly** — Фойдаланувчи ост тизимни фақат кўриш учун очиши мумкин.
   - **NoReadOrWrite** — Фойдаланувчи ост тизимни очиши ва ўзгартириши мумкин эмас.
4. **Name of error callback function** — Ост тизимда содир бўладиган хатоликларни қайта ишлаш учун фойдаланиладиган функциянинг номи. Библиотекада мавжуд бўлган **Subsystem** (ёки **Atomic Subsystem**) блоки кириш ва чиқиш портлари ва уларни боғловчи линияларга эга бўлади.

11.12.2. Сигналнинг сатҳи бўйича бошқарилувчи ост тизим Enabled Subsystem

Enabled Subsystem ост тизим (**E**-ост тизим) бошқарувчи киришида мусбат сигнал бўлганда активлашади. Агар кириш сигнали вектор бўлса унинг камида битта элементи мусбат қийматга эга бўлганда **E**-ост тизим активлашади.

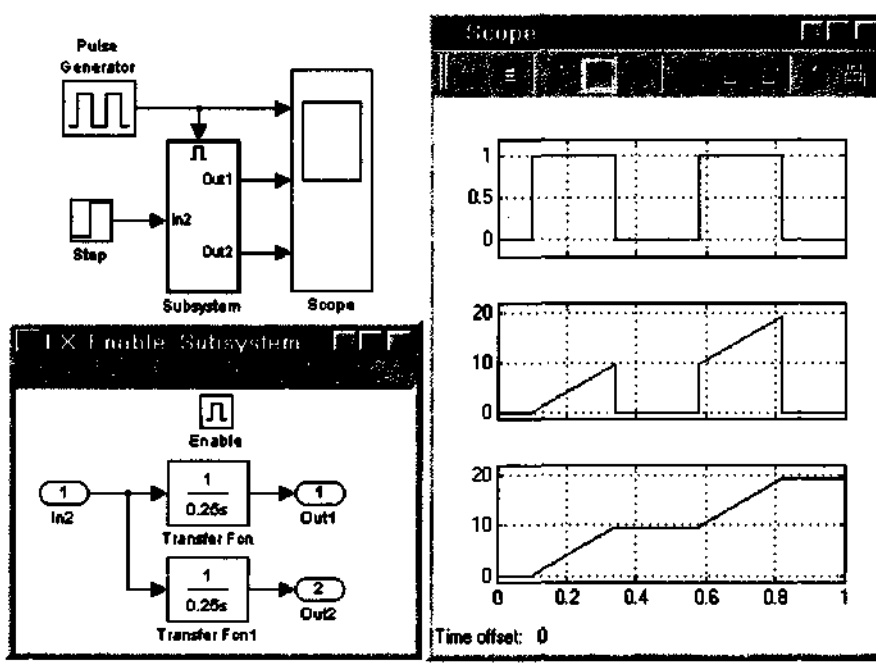
E-ост тизимнинг хоссалари **Ports & Subsystems** библиотекасида мавжуд бўлган **Enable** блокининг параметрлари орқали аниқланади, Унинг параметрлари қуйида санаб ўтилган.

Параметрлари:

1. **States when enabling** — Ишга туширилаётгандаги ҳолати. Қуйидаги рўйхатдан танланади:
   - **held** — Аввалги ҳолатдан фойдаланиш (тизим актив бўлган энг сўнгги ҳолат).
   - **reset** — Бошланғич ҳолатдан фойдаланиш.

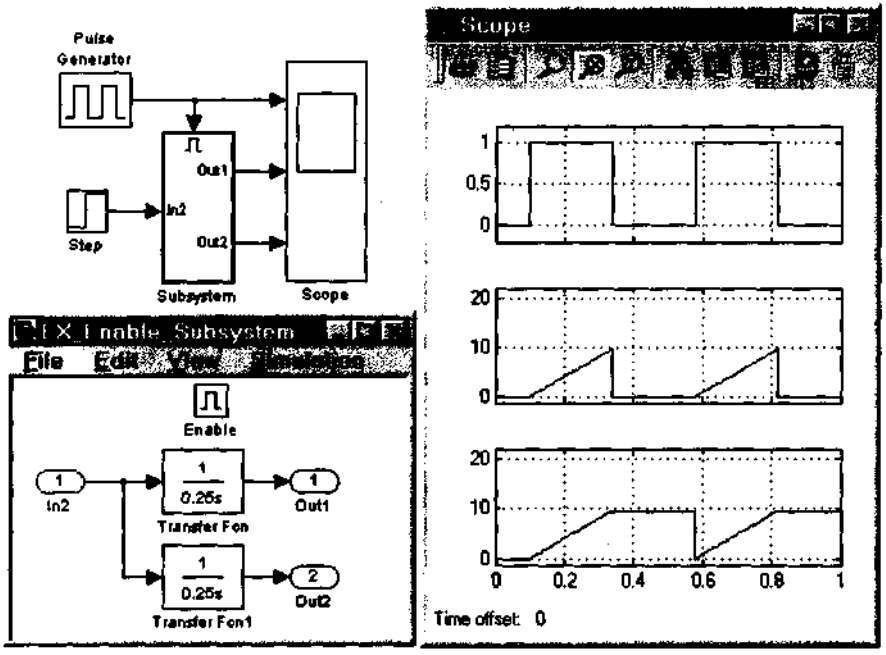
2. **Show output port** (байроқча) — Чиқиш портини кўрсатиш. Агар байроқча ўрнатилган бўлса **Enable** блокининг пиктограммасида қўшимча чиқиш порти пайдо бўлади. Ундан ост тизим ичидаги блокларни бошқариш учун фойдаланиш мумкин.

Ост тизимли модел ва ост тизимнинг схемаси 11.12.3-расмда кўрсатилган. Мисолда **Enable** блокининг **States when enabling** параметри **held** қийматга эга. Биринчи чиқиш портининг **Output when disabled** параметрига **reset** қиймати ва иккинчисиникига эса **held** қиймати берилган. Вақт диаграммаларидан кўриниб турганидек ост тизимнинг иши тўхтаганда биринчи чиқиш портидаги сигнал бошланғич қийматга (яъни нолга), иккинчи чиқиш портидаги сигнал эса ост тизим актив бўлган моментдаги ҳисобланган энг сўнгги қийматга тенг бўлади.



11.12.3-расм. Е-ост тизимдан фойдаланувчи модел

Ост тизимнинг **Enable** блокини бошқачароқ созлашга мисол 11.12.4-расмда келтирилган. Ушбу ҳолда **Enable** блокининг **States when enabling** параметрига **reset** қиймати берилган. Вақт диаграммаларидан кўриниб турганидек ост тизимнинг иши тўхтатилганда у бошланғич ҳолатгача қайтади.



11.12.4-расм. E-ост тизимдан фойдаланувчи модел

11.12.3. Сигнал фронти билан бошқарилувчи ост тизим Triggered Subsystem

Triggered Subsystem ост тизими (T-ост тизим) бошқарувчи сигналнинг фронтида (сатҳи ўзгарганда) ишга тушади ва фақат унга мос келувчи моделлаш қадамида ҳисоблашлар бажарилади. Агар кириш сигнали вектор бўлса унинг элементларидан камида биттасининг сатҳи ўзгарганда ост тизим активлашади. T-ост тизим бошланғич ҳолатга қайтмайди (яъни сўнгги қийматини кейинги марта ишга тушгунча сақлайди), шунинг учун чиқиш портларининг **States when enabling** параметри **held** қийматига эга ва уни ўзгартириб бўлмайди.

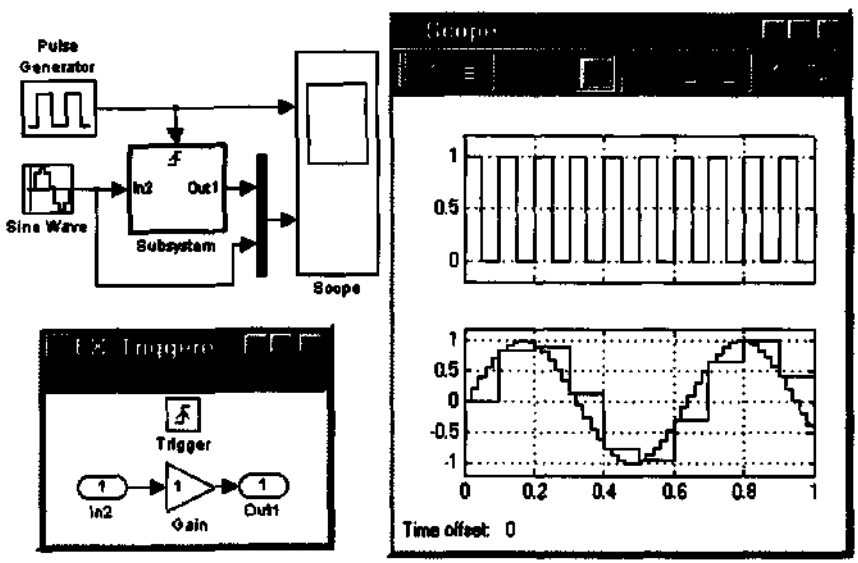
T-ост тизимда модел вақти аввалги блокдан мерос бўладиган (масалан, **Gain** ёки **Logical Operator**) блоклар ёки **sample time** параметрининг қиймати **–1** (минус бир) бўлган дискрет блоклар ишлатилиши мумкин.

T-ост тизимнинг хоссалари **Trigger** блокининг параметрлари билан аниқланади. **Trigger** блоки ост тизимнинг исталган жойида бўлиши мумкин. Унинг параметрлари қуйида келтирилган.

Параметрлари:

1. **Trigger type** — Триггернинг тури. Қуйидаги рўйхатдан олинади:
   - **rising** — Ост тизим мусбат фронт билан активлаштирилади.
   - **falling** — Ост тизим манфий фронт билан активлаштирилади.
   - **either** — Ост тизим мусбат фронт билан ҳам манфий фронт билан ҳам активлаштирилади.
   - **function-call** — Ост тизимнинг активлаштирилиши берилган S-функциянинг ишлаш мантиқи билан аниқланади.
2. **Show output port** (байроқча) — Чиқиш портини кўрсатиш.

T-ост тизимга эга бўлган моделга мисол 11.12.5-расмда кўрсатилган. **T**-ост тизимнинг ўзи узатиш коэффициенти 1 бўлган битта кучайтиргичга эга. Вақт диаграммаларидан кўриниб турганидек, ост тизим бошқариш сигналининг мусбат фронтида ишлайди. Ост тизимнинг чиқиш сигнали бошқариш сигналининг кейинги мусбат фронтигача ўзгаришсиз қолади.



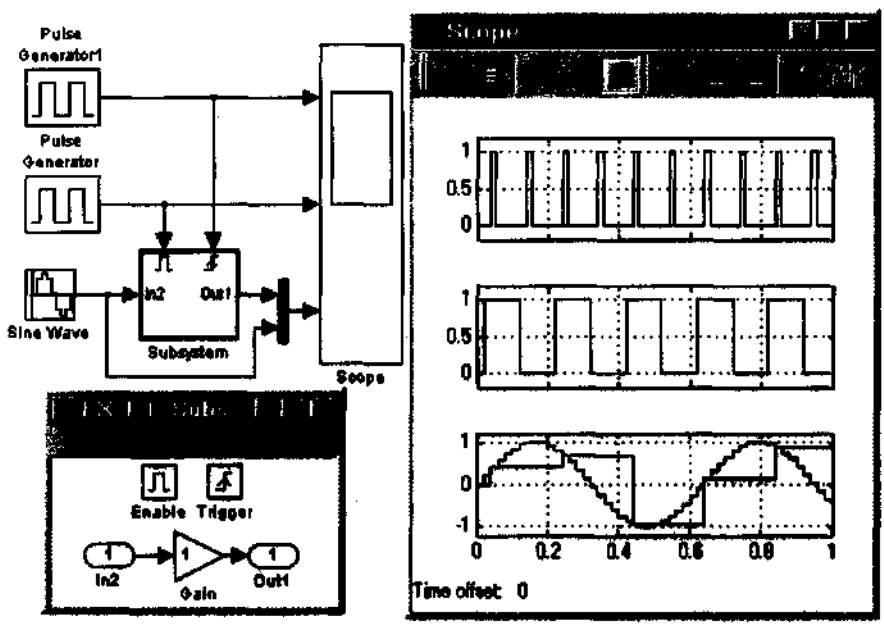
11.12.5-расм. **T**-ост тизимдан фойдаланувчи модел

11.12.4. Сигналнинг сатҳи ва фронти билан бошқарилувчи ост тизим Enabled and Triggered Subsystem

Enabled and Triggered Subsystem ост тизими (**ET**-ост тизими) E-киришида мусбат сигнал бўлган T-киришига келган сигналнинг фронтида ишга тушади. **Triggered Subsystem** сингари ушбу ост тизим ҳам T-киришига келадиган бошқарувчи сигналнинг фронтида (сатҳи ўзгарганда) ишга тушади ва фақат унга мос келувчи моделлаш қадамида ҳисоблашлар бажарилади. **Enable** блокининг **States when enabling** параметри **ET**-ост тизимнинг ишлашига таъсир кўрсатмайди.

Иккала бошқарувчи сигнал ҳам вектор бўлиши мумкин.

ET-ост тизимга мисол 11.12.6-расмда келтирилган.



11.12.6-расм. ET-ост тизимга эга бўлган модел

11.12.5. S-функция билан бошқариладиган ост тизим Function-call subsystem

Function-call subsystem (**FC**-ост тизим) C тилида ёзилган **S-функция** билан биргаликда ишлатиш учун мўлжалланган **T**-ост тизим бўлиб ҳисобланади. Махсус воситаларни қўллаб, **S-функция** бажарилаётган вақтда ост тизимнинг бажарилишини таъминлаш мумкин.

FC-ост тизим ишлаётган вақтда S-функция тўхтайди, FC-ост тизим бажариб бўлингандан кейин S-функциянинг ишлаши қайтадан бошланади.

FC-ост тизим билан биргаликда ишлаш учун **Function-Call Generator** ва ходисавий моделлаш пакети **Stateflow** нинг воситаларидан ҳам фойдаланиш мумкин.

11.12.6. Шартли оператор блоки If

Вазифаси:

If Action Subsystem ост тизим учун бошқарувчи сигналларни шакллантиради.

Блок С тилидаги **if-else** операторининг аналоги бўлиб ҳисобланади.

Параметрлари:

1. **Number of inputs** — Киришлар сони.
2. **If expression** — Шартли ифода. Шартли ифода қуйидаги белгиларни ўз ичига олиши мумкин: **<, <=, ==, ~=, >, >=, &, |, [ ]** ва унар минус. Агар ёзилган шартли ифода ҳақиқат бўлса, **If** блокининг чиқиш портида бошқарувчи сигнал шаклланади.
3. **Elseif expressions** — Агар **If expression** ифода ёлғон бўлса бажарилади. У битта ёки бир-биридан вергуллар билан ажратилган алғтернатив шартли ифодаларнинг рўйхатидан иборат бўлиши мумкин. **Elseif expressions** рўйхатида ёзилган ҳар бир шартли ифодага мос чиқиш **Elseif**-портлари бўлади. Уларнинг бирида, мос шартли ифода ҳақиқат бўлганда бошқарувчи сигнал шаклланади. Альтернатив шартли ифодалар навбат билан ҳисобланади. Агар улардан бири ҳақиқат бўлса ундан кейингилари ҳисобланмайди (текширилмайди).
4. **Show else condition** (байрокча) — **Else**-портни кўрсатиш. Агар шартли ифода ва ҳамма альтернатив шартли ифодалар ёлғон бўлса **Else**-портда бошқарувчи сигнал шаклланади.

Параметрларида ёзилган шартли ифодалар блокнинг пиктограммасида пайдо бўлади. Қўшилган ҳар бир альтернатив шартли ифода **Elseif** чиқиш портининг пайдо бўлишига олиб келади.

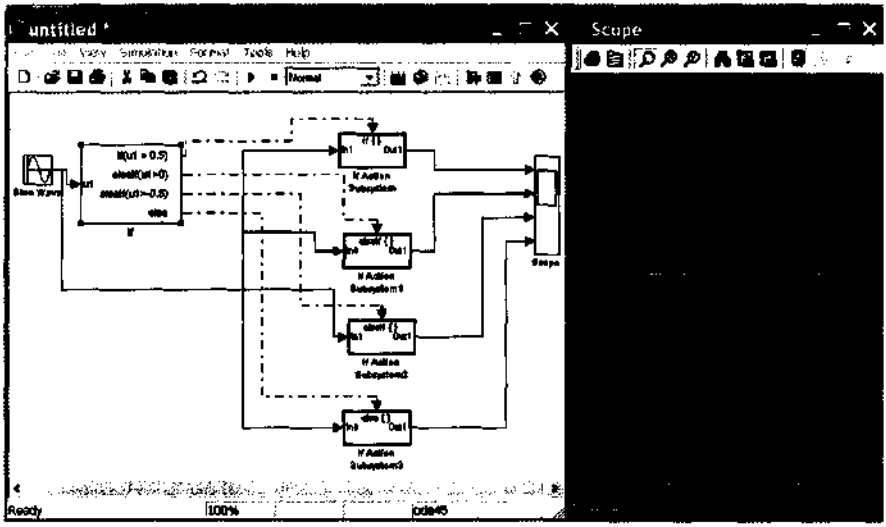
Агар кириш сигналлари скаляр бўлса **u1, u2 ,u3** ва ҳ.к. кўринишидаги ёзувлар, вектор бўлса **u1(1), u1(2), u2(1), u2(2)** ва ҳ.к. кўринишидаги ифодалар ишлатилади.

If блокининг **If Action Subsystem** ост тизими билан биргаликда ишлатилишига мисол 11.12.7-расмда кўрсатилган. Мисолда биринчи

ост тизим кириш сигналини чиқишга **If** блокининг кириш сигнали 0,5 дан катта бўлганда, иккинчи ост тизим эса 0 дан катта бўлганда, учинчи ост тизим -0,5 дан катта бўлганда ва тўртинчи ост тизим -0,5 дан кичик бўлганда ўтказади.

If блокининг ишлашига мос келувчи **C** код юқоридаги мисолда қуйидаги кўринишга эга:

```
    if (u1 > 0.5)
    {
If Action Subsystem 1;
    }
    elseif (u1 > 0)
    {
If Action Subsystem 2;
    }
    elseif (u1 > -0.5)
    {
If Action Subsystem 3;
    }
else
    {
If Action Subsystem 4;
    }
```



11.12.7-расм. If блокининг If Action Subsystem ост тизими билан биргаликда ишлатилиши

11.12.7. Улаб-узгич блоки Switch Case

Вазифаси:

Case Action Subsystem ост тизим учун бошқарувчи сигналларни шакллантиради. Блок С дастурлаш тилидаги **Switch** операторининг аналогидир.

Параметрлари:

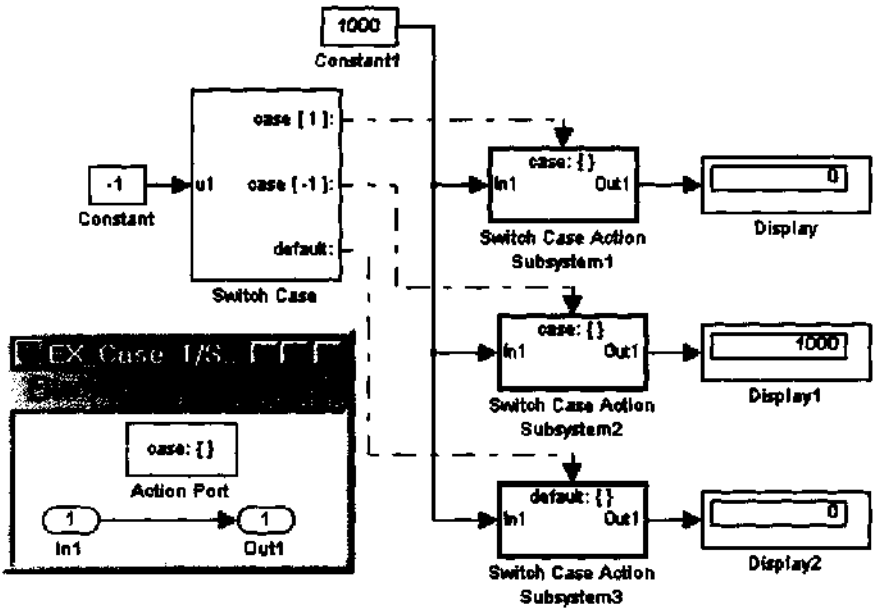
1. **Case conditions** — Кириш сигналларининг рўйхати (бутун сонлар). Рўйхатдаги ҳар бир қийматга алоҳида чиқиш порти (**Case**-порт) мос келади. **Switch Case** блокининг киришига берилган сигнал рўйхатдаги қийматлардан бирига тенг бўлса унга мос чиқишда бошқарувчи сигнал шаклланади. Агар кириш сигнали бутун бўлмаса унинг каср қисми ташлаб юборилади. Айрим портларда бир неча кириш сигналлари учун бошқарувчи сигналларни шакллантириш зарур бўлса **Case conditions** ифодада квадрат қавслардан фойдаланиш мумкин. Масалан, **{1,[7,9]}** ифода иккита чиқиш **Case**-портларни ифодалайди. Уларнинг биринчисида кириш сигнали 1 бўлганда, иккинчисида эса 7 ёки 9 бўлганда бошқарувчи сигнал шаклланади. **Case conditions** ифодада қийматлар диапазонини ҳам кўрсатиш мумкин. Масалан, **{1:5}** ифода унга мос келувчи чиқиш **Case**-портида кириш сигнали **1**, **2**, **3**, **4** ёки **5** бўлганда бошқарувчи сигнал ҳосил бўлишини билдиради.
2. **Show default case** (байроқча) — **default case**-портни кўрсатиш. Агар блокнинг кириш сигнали **Case conditions** рўйхатида санаб ўтилган қийматларнинг бирортасига ҳам тўғри келмаса **default case**-портнинг чиқишида бошқарувчи сигнал шаклланади.

Switch Case блокининг **Switch Case Action Subsystem** ост тизимлари билан биргаликда ишлашига мисол 11.12.8-расмда. Мисолда кириш сигналини биринчи ост тизим **Switch Case** блокининг кириш сигнали 1 га тенг бўлганда, иккинчи ост тизим -1 га (минус бирга) тенг бўлганда ва учинчи ост тизим эса -1 ёки +1 га тенг бўлмаганда ўзидан ўтказади.

Келтирилган мисолда **Switch Case** блокининг ишлаш алгоритми қуйидаги С-кодга мос келади:

```
   switch (u1) {
case 1:
Switch Case Action Subsystem 1;
```

```
break;
case -1:
Switch Case Action Subsystem 2;
break;
default:
Switch Case Action Subsystem 3;
}
```



11.12.8-расм. Switch Case блокининг Switch Case Action Subsystem ост тизимлари билан биргаликда ишлашига мисол

12. SIMULINK БИБЛИОТЕКАЛАРИНИНГ БЛОКЛАРИ

12.1. Sources — сигналлар манбалари

12.1.1. Ўзгармас сигнал манбаси Constant

Вазифаси:

Сатҳи ўзгармас сигнал ҳосил қилади.

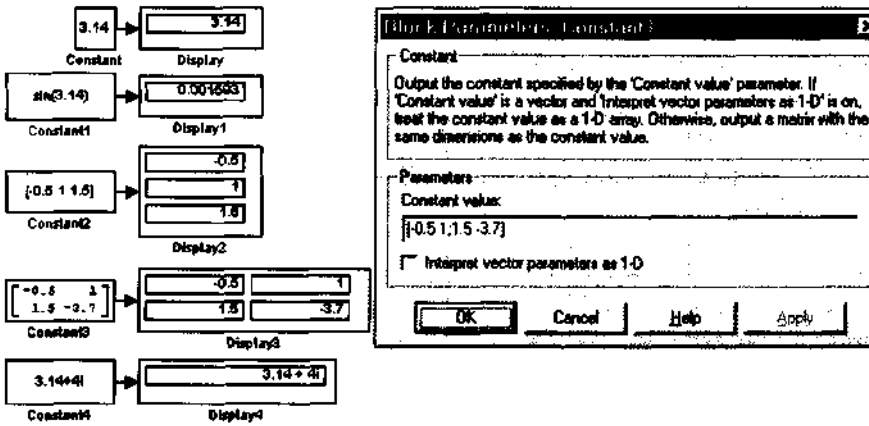
Параметрлари:

1. **Constant value** — Ўзгармас катталик.
2. **Interpret vector parameters as 1-D** –Вектор параметрларини бир ўлчамли вектор параметрлари сингари талқин қилади (байроқча

ўрнатилганда). Ушбу параметр **Simulink** библиотекасининг кўплаб блокларида учрайди.

Константанинг қиймати ҳақиқий ёки комплекс сон, ҳисобланадиган ифода, вектор ёки матрица бўлиши мумкин.

Ўзгармас сигнал манбаси **Constant** блоки ва унинг чиқишидаги сигналларни рақамли индикатор **Display** ёрдамида ўлчашга мисоллар 12.1.1-расмда келтирилган.



12.1.1-расм. Ўзгармас сигнал манбаси Constant

12.1.2. Синусоидал сигнал манбаси Sine Wave

Вазифаси:

Берилган частота, амплитуда, фаза ва силжишга эга бўлган синусоидал сигналнн шакллантиради.

Чиқиш сигналини шакллантириш учун иккита алгоритмдан фойдаланиш мумкин. Алгоритмнинг кўриниши **Sine Type** параметри билан белгиланади:

Time-based — жорий вақт бўйича.

Sample-based — модел вақти қадамининг катталиги бўйича.

12.1.2.1. Узлуксиз тизимлар учун чиқиш сигналини жорий вақт бўйича шакллантириш

Time-based режимида чиқиш сигнали қуйидаги ифодага мос келади:

$y = Amplitude * sin(frequency * time + phase) + bias.$

Параметрлари:

Amplitude — амплитуда.

Bias — сигналнинг ўзгармас ташкил этувчиси.

Frequency (rads/sec) — частота (рад/с).

Phase (rads) — бошланғич фаза (рад).

Sample time — модел вақтининг қадами. Манбалар ва моделнинг бошқа компонентларининг ишлашини бир-бирига мослаштириш учун фойдаланилади. Ушбу параметр қуйидаги қийматларни қабул қилиши мумкин: **0** (сукут бўйича) — узлуксиз тизимларни моделлашда ишлатилади. **> 0** (мусбат қиймат) — Дискрет тизимларни моделлашда берилади. Бу ҳолда модел вақтининг қадами чиқиш сигналини вақт бўйича квантлаш қадами сифатида талқин қилинади.

1 — модел вақтининг қадами аввалги, яъни ушбу блокка сигнал юборадиган блокники сингари ўрнатилади.

12.1.2.2. Дискрет тизимлар учун чиқиш сигналини вақтнинг жорий қиймати бўйича шакллантириш

Ҳар бир кейинги ҳисоблаш қадами учун манба чиқиш сигналининг қиймати қуйидаги ифода бўйича (матрица шаклида) аниқланади:

$$\begin{bmatrix} \sin(t+\Delta t) \\ \cos(t+\Delta t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\Delta t) & \sin(\Delta t) \\ -\sin(\Delta t)\cos(\Delta t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sin(t) \\ \cos(t) \end{bmatrix},$$

бу ерда Δt — қиймати **Sample time** нинг қийматига тенг бўлган ўзгармас катталик.

12.1.2.3. Чиқиш сигналини модел вақти ва битта даврдаги ҳисобий қадамлар сони бўйича шакллантириш

Бу ҳолда манбанинг чиқиш сигнали қуйидаги ифодага мос келади:

*y= Amplitude** sin[(*k + Number of offset samples) / Samples per* period] + *bias* ,

бу ерда ***k*** — жорий ҳисоблаш қадамининг номери.

Параметрлари:

Amplitude — Амплитуда.

Bias — Сигналнинг ўзгармас ташкил этувчиси.

Samples per period — синусоидал сигналнинг битта даврига тўғри

келувчи ҳисобий қадамлар сони:

Samples per period = 2π / (*frequency* Sample time)*

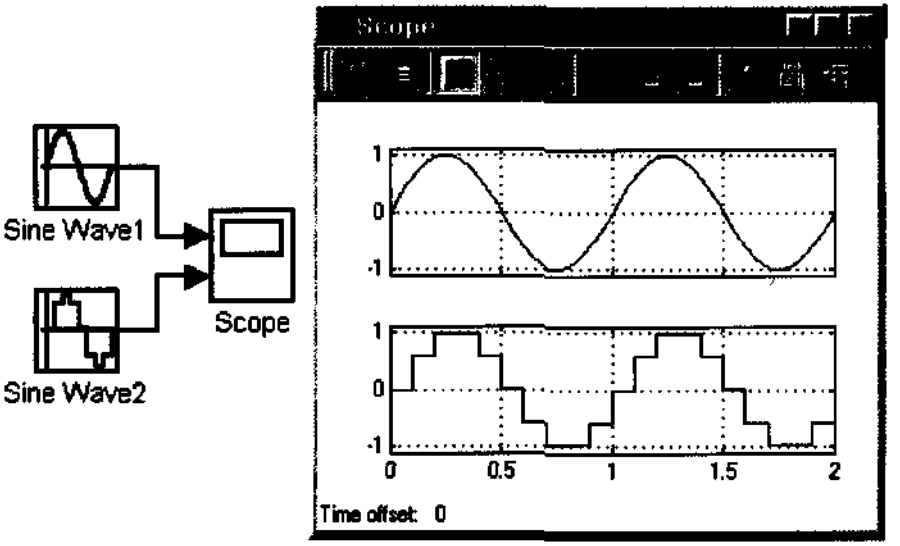
Number of offset samples — Сигналнинг бошланғич фазаси. Модел вақти қадамларининг сони бўйича берилади:

Number of offset samples = Phase Samples per period/* (2π).

Sample time –модел вақтининг қадами.

Ушбу режимда яхлитлаш хатоси тўпланиб бормайди, чунки ҳар бир давр учун жорий қадамнинг номери нолдан бошланади.

Sine Wave блокидан фойдаланишга мисол 12.1.2-расмда кўрсатилган. Унда модел вақтининг қиймати **Sine Wave 1** блоки учун **Sample time** = 0 ва **Sine Wave 2** блоки учун **Sample time** = 0.1 олинган. Чиқиш сигналларининг графикларини акс эттириш учун моделга виртуал осциллограф (**Scope**) киритилган.



12.1.2-расм. Sine Wave блоки

12.1.3. Чизиқли ўзгарувчи таъсир манбаси Ramp

Вазифаси:

y = *Slope* time + Initial value*

кўринишдаги чизиқли сигнални шакллантиради.

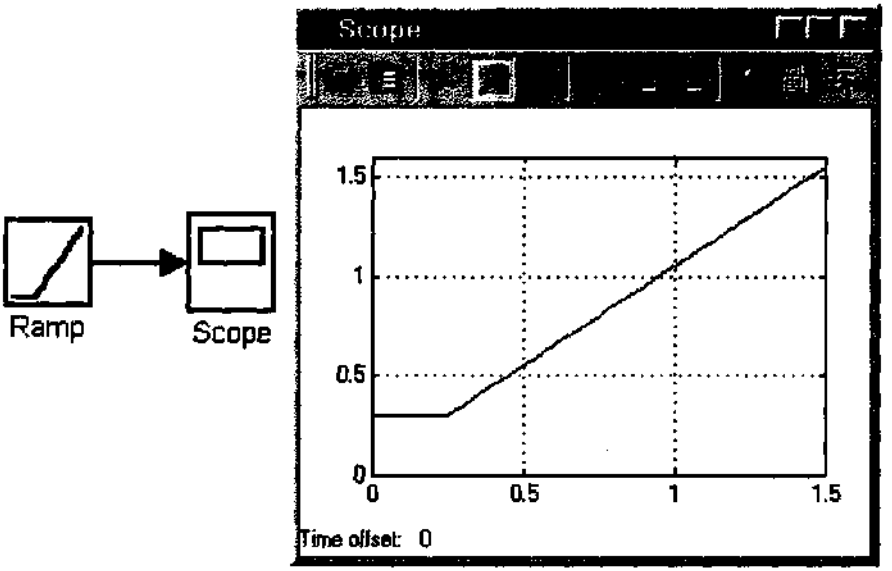
Параметрлари:

1. **Slope** — чиқиш сигнали ўзгаришининг тезлиги.

2. **Start time** — сигнал шаклланишининг бошланиш вақти.

3. **Initial value** — блок чиқишидаги сигналнинг бошланғич сатҳи.

Ramp блокидан фойдаланишга мисол 12.1.3-расмда келтирилган.



12.1.3-расм Ramp блоки

12.1.4. Поғонали сигнал генератори Step

Вазифаси:

Поғонали сигнални шакллантиради.

Параметрлари:

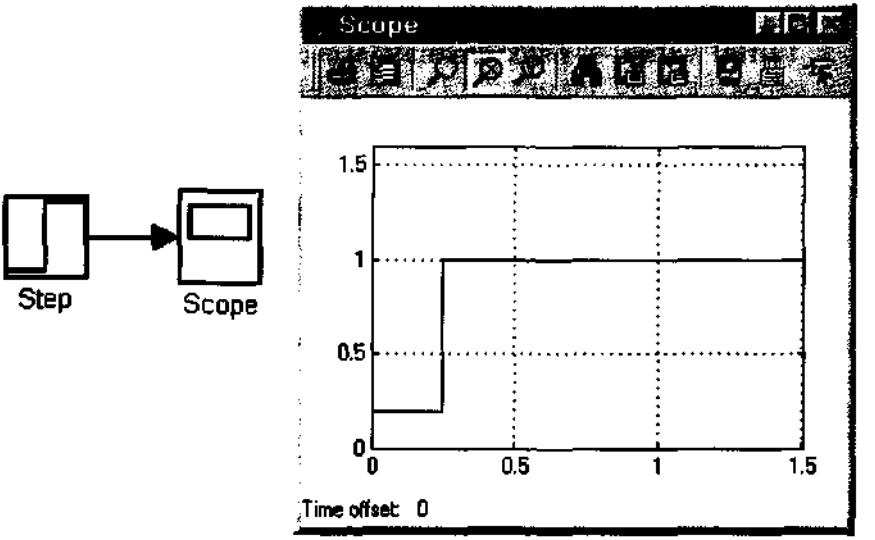
Step time — сигналнинг ўзгариш вақти (с).

Initial value — сигналнинг бошланғич қиймати.

Final value — сигналнинг сўнгги қиймати.

Сигналнинг ўзгариши катта томонга (сўнгги қиймати бошланғич қийматидан катта) ёки кичик томонга (сўнгги қиймати бошланғич қийматидан кичик). Бошланғич ва сўнгги сатҳларнинг қийматлари манфий ҳам бўлиши мумкин, масалан, сигнал -5 сатҳдан -3 сатҳгача ўзгаради.

Поғонали сигнал генераторининг ишлатилишига мисол 12.1.4-расмда кўрсатилган.



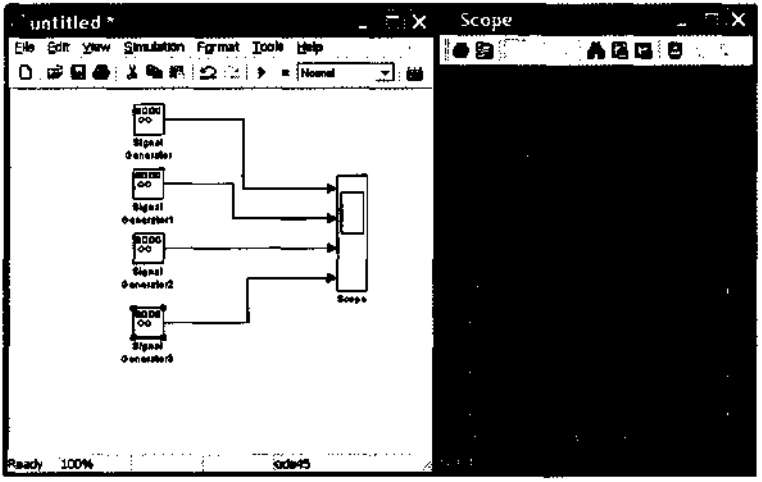
12.1.4-расм. Step блоки

12.1.5. Сигналлар генератори Signal Generator

Вазифаси:
Қуйидаги сигналлардан бирини шакллантиради:
sine — Синусоидал сигнал.
square — Тўғри бурчакли сигнал.
sawtooth — Аррасимон сигнал.
random — Тасодифий сигнал.

Параметрлари:
Wave form — Сигналнинг кўриниши.
Amplitude — Сигналнинг амплитудаси.
Frequency — Частота (рад/с).
Units — частотанинг ўлчов бирлиги. Қуйидаги икки қийматни қабул қилиши мумкин:
— **Hertz** — Гц.
— **rad/sec** — рад/с.

Сигналлар генераторидан фойдаланишга мисол 12.1.5-расмда кўрсатилган.



12.1.5-расм. Сигналлар генератори блоки

12.1.6. Текис тақсимланган тасодифий сигналлар манбаси Uniform Random Number

Вазифаси:

Текис тақсимланган тасодифий сигналларни шакллантириш.

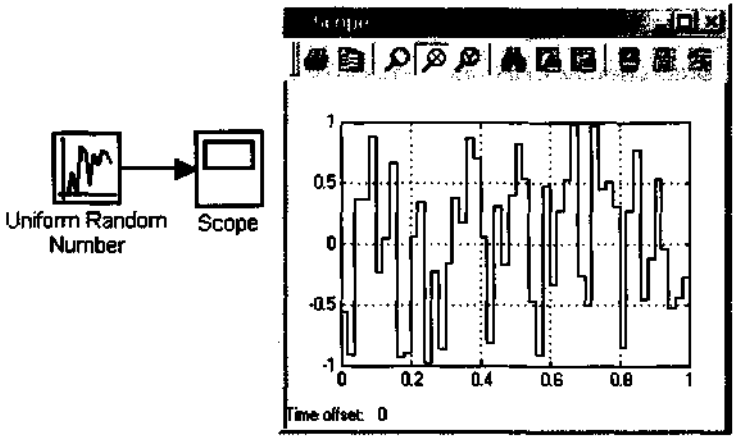
Параметрлари:

Minimum — Сигналнинг минимал сатҳи.

Maximum — Сигналнинг максимал сатҳи.

Initial seed — Сигналнинг бошланғич қиймати.

Текис тақсимланган тасодифий сигналлар блокидан фойдаланишга мисол 12.1.6-расмда келтирилган.



12.1.6-расм. Текис тақсимланган тасодифий сигналлар манбаси

12.1.7. Нормал тақсимланган тасодифий сигналлар манбаси Random Number

Вазифаси:

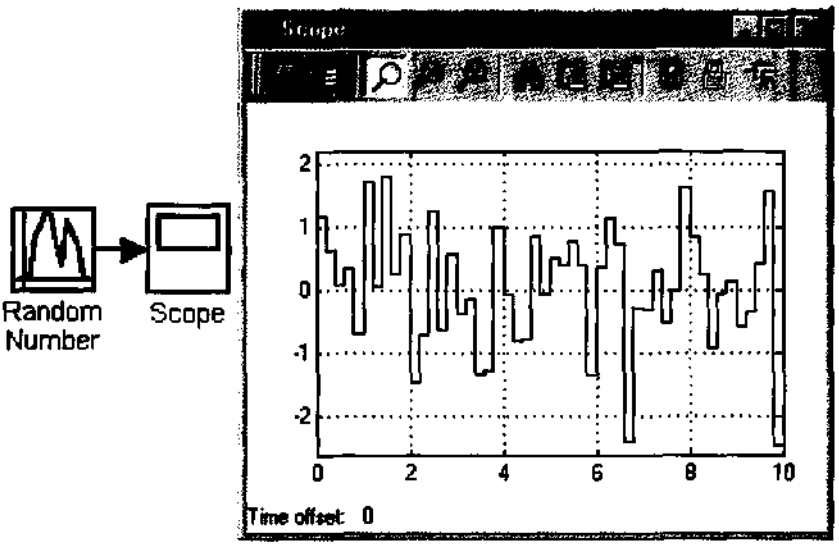
Нормал тақсимланган тасодифий сигналларни шакллантириш.

Параметрлари:

Mean — Сигналнинг ўртача қиймати.

Variance — Дисперсия (ўртача квадратик четлашиш).

Initial seed — Бошланғич қиймати.



12.1.7-расм. Нормал тақсимланган тасодифий сигналлар манбаси

12.1.8. Импульс сигнал манбаси Pulse Generator

Вазифаси:

Тўғри бурчакли импульсларни шакллантириш.

Параметрлари:

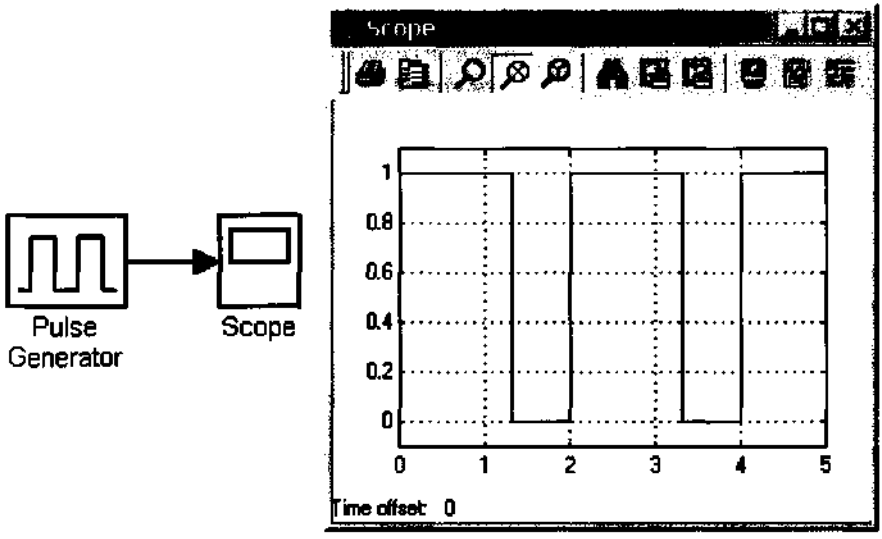
- **Pulse Type** — Сигнални шакллантириш усули. Қуйидаги икки қийматни қабул қилиши мумкин:

Time-based — Жорий вақт бўйича.

Sample-based — Модел вақтининг катталиги ва ҳисобий қадамлар сони бўйича:

- **Amplitude** — Амплитуда.
- **Period** — Давр. **Time-based Pulse Type** учун секундларда ёки **Sample-based Pulse Type** учун модел вақтининг қадамларида.

- **Pulse width** —Импульсларнинг кенглиги. **Time-based Pulse Type** учун фоизларда, ёки **Sample-based Pulse Type** учун модел вақтининг қадамларида берилади.
- **Phase delay** — Фазавий кечикиш. **Time-based Pulse Type** учун секундларда ёки **Sample-based Pulse Type** учун модел вақтининг қадамларида берилади.
- **Sample time** — Модел вақтининг қадами. **Sample-based Pulse Type** учун берилади.
- **Pulse Generator** блокидан фойдаланишга мисол 12.1.8-расмда келтирилган.



12.1.8-расм. Pulse Generator

12.1.9. Чизиқли ўзгарадиган частота генератори Chirp Generator

Вазифаси:

Частотаси чизиқли ўзгарадиган синусоидал тебранишларни шакллантириш.

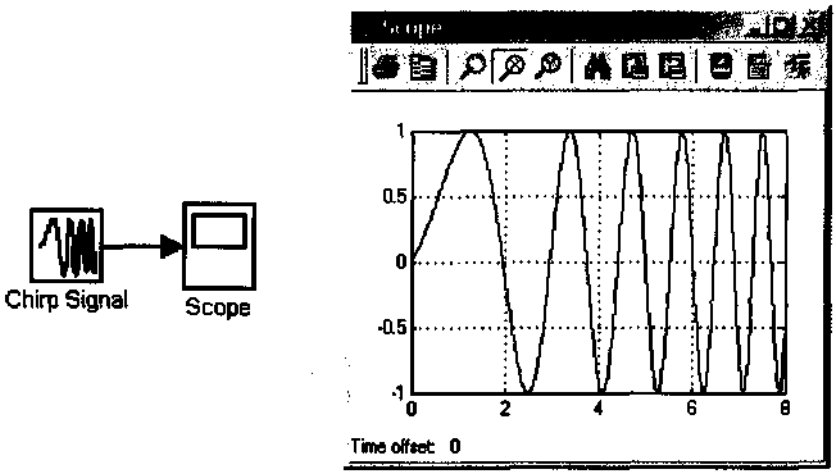
Параметрлари:

Initial frequence — Бошланғич частота (Гц);

Target time — Частотанинг ўзгариш вақти (с);

Frequence at target time — Частотанинг сўнгги қиймати (Гц).

Chirp Generator блокидан фойдаланишга мисол 12.1.9-расмда кўрсатилган.

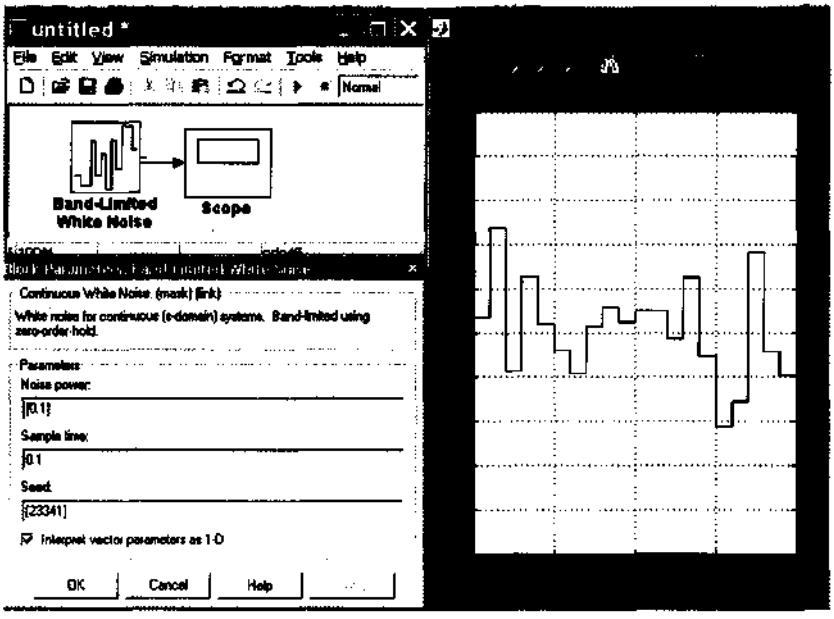


12.1.9-расм. Чизиқли ўзгарадиган частота генератори

12.1.10. Оқ шовқин генератори Band-Limited White Noice

Вазифаси:

Берилган қувватли ва частота бўйича текис тақсимланган сигнал ҳосил қилади.



12.1.10-расм. Оқ шовқин генератори

Параметрлари:

Noice Power — шовқиннинг қуввати.

Sample Time — модел вақти.

Seed — тасодифий сонлар генераторини инициаллаш учун зарур бўлган сон.

Оқ шовқин генераторининг ишлаши 12.1.10-расмда кўрсатилган.

12.1.11. Вақт бўйича сигнал манбаси Clock

Вазифаси:

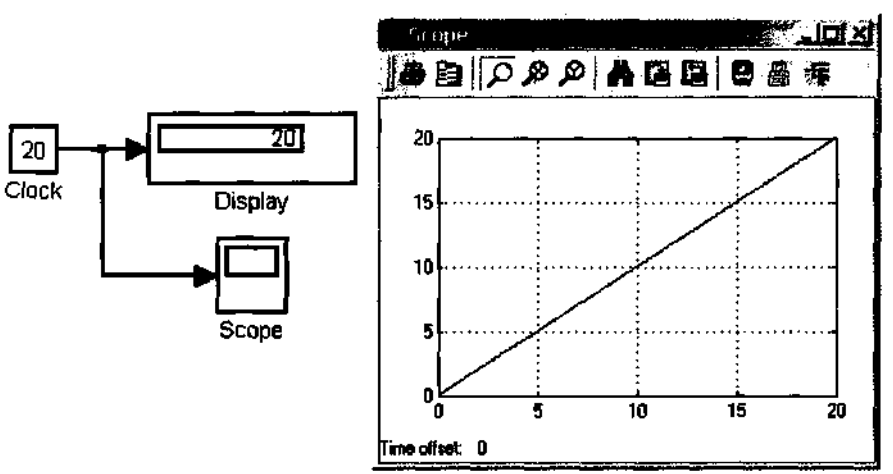
Ҳисоблашнинг ҳар бир қадамида моделлашнинг жорий вақтига тенг бўлган сигнални шакллантиради.

Параметрлари:

Decimation — Манбанинг тасвирида вақтнинг кўрсатилиши янгиланадиган қадам (агар **Display time** параметрининг байроқчаси ўрнатилан бўлса). Параметр ҳисоблаш қадамларининг сони сифатида берилади. Масалан, **Simulation parameters** диалог ойнасида моделни ҳисоблаш қадами **0.01** с ўрнатилган бўлса ва **Clock блокининг Decimation** параметри 1000 га тенг деб, берилган бўлса вақтнинг янгиланиши модел вақтининг ҳар 10 с да бир марта содир бўлади.

Display time — Манба блокидаги вақтнинг қийматини акс эттиради.

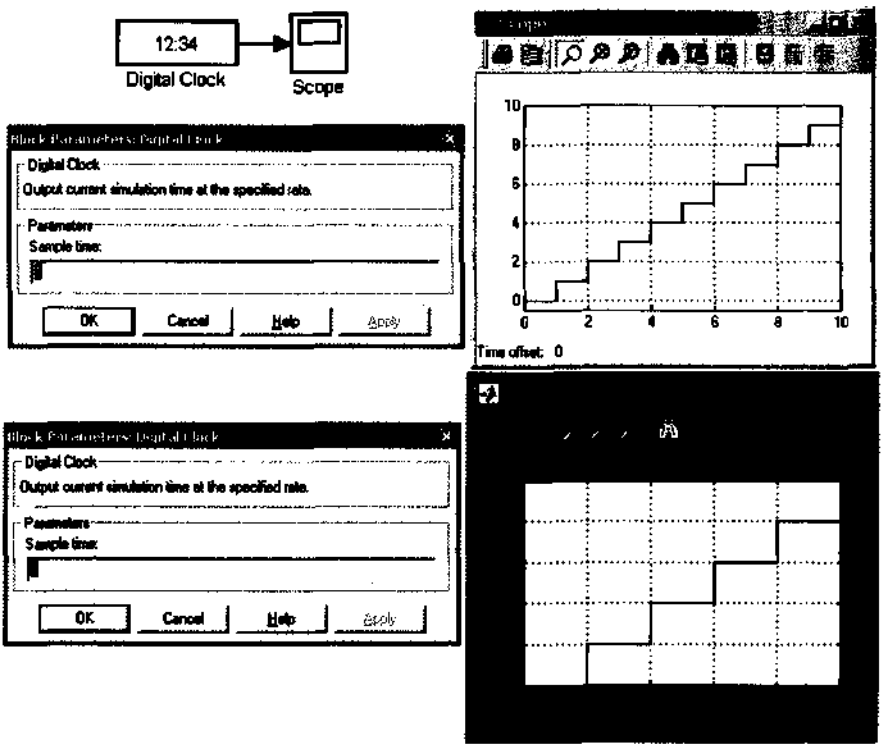
Вақт бўйича сигнал манбасининг ишлашига мисол 12.1.11-расмда кўрсатилган.



12.1.11-расм. Вақт бўйича сигнал манбаси

12.1.12. Рақамли вақт сигналининг манбаси Digital Clock

Вазифаси:
Дискрет вақт сигналини шакллантиради.
Параметри:
Sample time — Модел вақтининг қадами (с).
Digital Clock манбасининг ишлаши 12.1.12-расмда кўрсатилган.



12.1.12. Рақамли вақт сигналининг манбаси Digital Clock

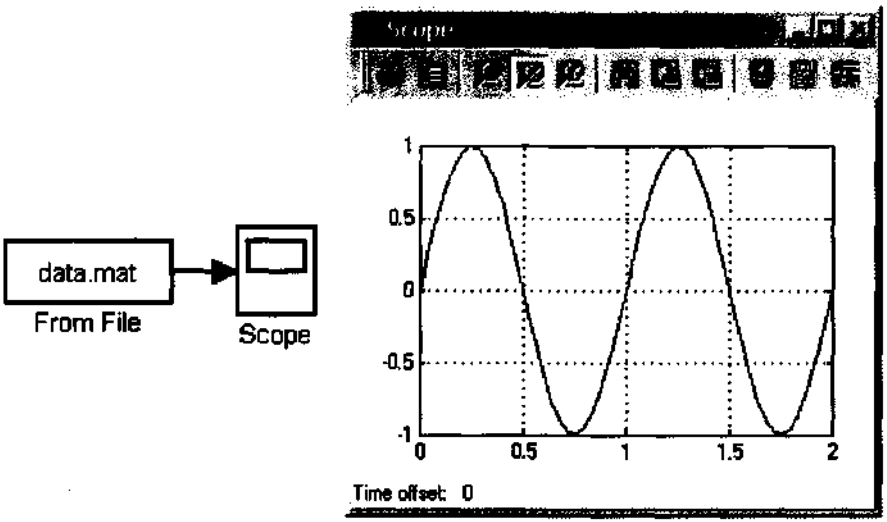
12.1.13. Маълумотларни файлдан ўқиш блоки From File

Вазифаси:
Ташқи файлдан маълумотларни олиш.
Параметрлари:
File Name — Файлнинг номи.
Sample time — Блок чиқиш сигналининг ўзгариш қадами.
Файлдаги маълумотлар матрица кўринишида бўлиши керак:

$$\begin{bmatrix} t_1 & t_2 & ..t_{final} \\ u1_1 & u1_2 & ..u1_{final} \\ un1 & un2 & ...un_{final} \end{bmatrix}.$$

Матрица эса камида иккита сатрдан иборат бўлиши керак. Вақтнинг қийматлари матрицанинг биринчи сатрига ёзилган, қолган қаторларда эса берилган вақт моментларига мос келувчи сигналларнинг қийматлари жойлашади. Вақтнинг қийматлари ортиб борувчи тартибда ёзилиши керак. Блокнинг чиқиш сигналида фақат сигналларнинг қийматлари бўлади, вақтнинг қийматлари бўлмайди. Агар жорий моделни ҳисоблаш қадами маълумотлар файлидаги вақтларга мос келмаса **Simulink** маълумотларни чизиқли интерполяция қилади.

Қийматлар олинадиган маълумотлар файли (**mat**-файл) матнли бўлмайди. **Simulink** фойдаланувчилари **mat**-файлни **Sinks** библиотекасидаги **To File**() блоки ёрдамида ҳосил қилишлари қулай. **From File** блокидан фойдаланишга мисол 12.1.13-расмда кўрсатилган. Унда **data.mat** файлидан синусоидал сигналнинг қийматлари олинади.



12.1.13-расм. From File блоки

12.1.14. Маълумотларни ишчи соҳадан ўқиш блоки From Workspace

Вазифаси:

Маълумотларни MATLABнинг ишчи соҳадан ўқиш.

Параметрлари:

Data — Маълумотларга эга бўлган ўзгарувчининг номи (матрицанинг ёки структуранинг).

Sample time — Блок чиқиш сигналининг ўзгариш қадами.

Interpolate data — Модел вақтига мос келадиган қийматларни **Data** ўзгарувчисининг қийматларини интерполяция қилиш йўли билан аниқлаш.

Form output after final data value by — Чиқиш сигналининг **Data** ўзгарувчисидаги қийматлар тугагандан кейинги кўриниши:

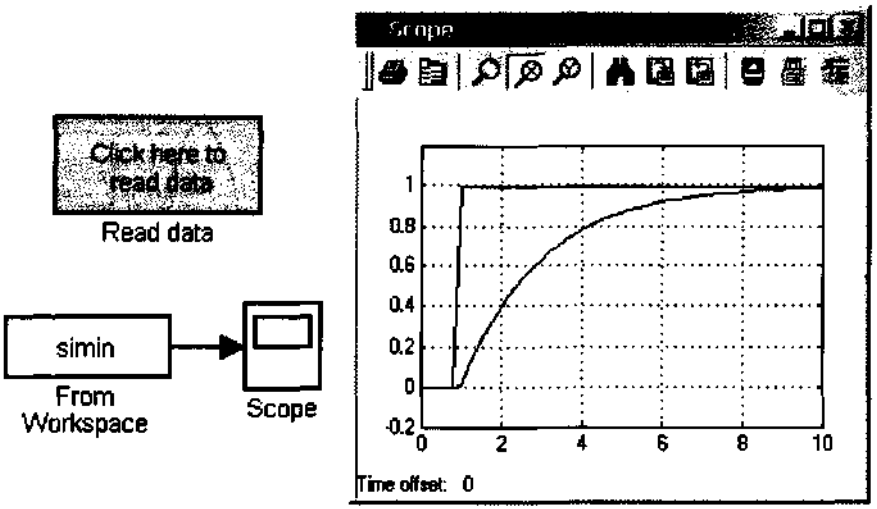
— **Extrapolate** — Сигналларни чизиқли экстраполяциялаш.

— **SettingToZero** — Сигналнинг нол қийматлари.

— **HoldingFinalValue** — Сигналнинг чиқиш қийматлари сўнгги қийматларига тенг.

— **CyclicRepetition** — Сигнал қийматларининг циклик қайтарилиши. Ушбу вариант фақат **Data** ўзгарувчиси **Structure without time** форматга эга бўлганда ишлатилади.

From Workspace блокидан фойдаланишга мисол 12.1.14-расмда кўрсатилган. **MATLABнинг** ишчи соҳасидаги **simin** ўзгарувчисига маълумотлар **Read data** блоки ёрдамида узатилади.



12.1.14-расм. From Workspace блоки

12.1.15. Нол сатҳли сигнал блоки Ground

Вазифаси:

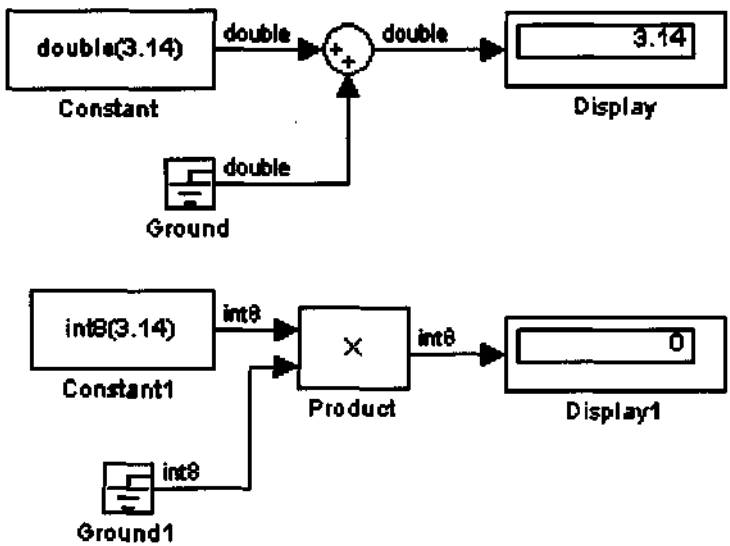
Нол сатҳли сигнални шакллантириш.

Параметрлари:

Йўқ.

Агар моделда блокнинг қайсидир кириши очиқ қолган (уланмаган) бўлса, моделлаш бажарилаётган вақтда **MATLABнинг** бош ойнасида огоҳлантирувчи ахборот ҳосил бўлади. Бунинг олдини олиш учун блокнинг уланмаган киришига **Ground** блокидан сигнал бериш мумкин.

Ушбу блокдан фойдаланишга мисол 12.1.15-расмда келтирилган. **Ground** блокидан сигнал биринчи ҳолда жамлагичнинг, иккинчи ҳолда эса кўпайтиргичнинг киришларидан бирига берилган. **Display** блокларининг кўрсатишлари **Ground** блоки ҳосил қиладиган сигнал нол қийматга эга эканлигини кўрсатиб турибди. **Ground** блоки ҳосил қиладиган чиқиш сигнали қабул қилувчи блокнинг бошқа киришларига бериладиган сигналнинг турига мос ҳолда шаклланади.



12.1.15-расм. Ground блокидан фойдаланишга мисоллар

12.1.16. Даврий сигнал блоки Repeating Sequence

Вазифаси:

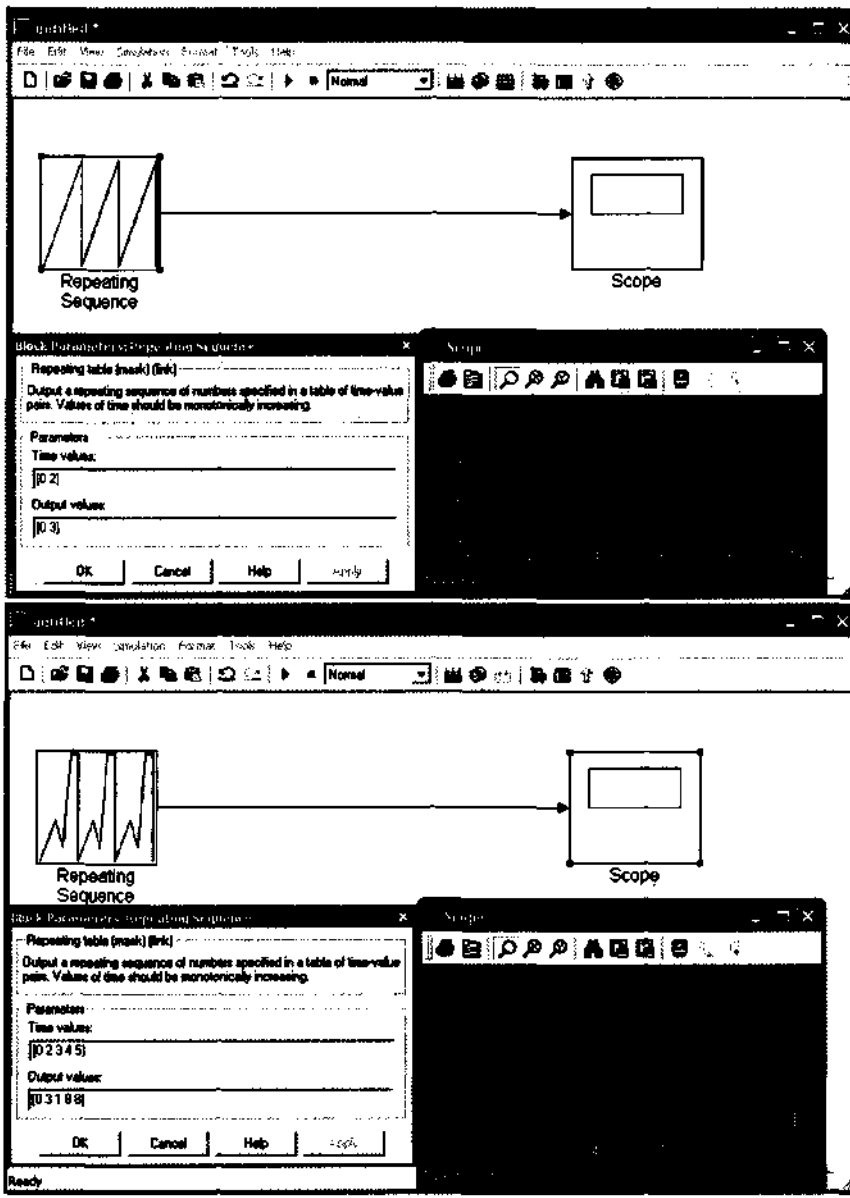
Даврий сигнални шакллантириш.

Параметрлари:

Time values — Модел вақтлари қийматларининг вектори.

Output values — Модел вақтларига мос келувчи сигнал қийматларининг вектори.

Ҳар хил кўринишдаги сигналларни шакллантириш учун Repeating Sequence блокидан фойдаланишга мисоллар 12.1.16-расмда келтирилган.



12.1.16-расм. Repeating Sequence блокидан фойдаланишга мисоллар

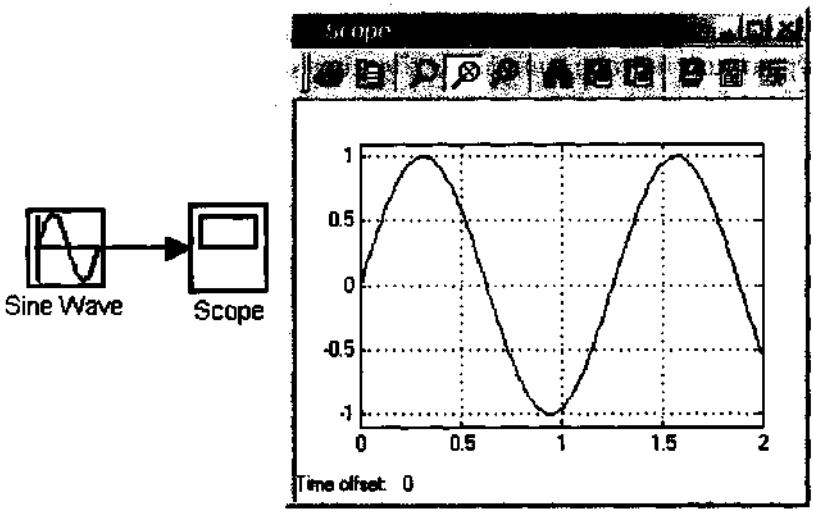
12.2. Sinks — приборлар (сигнал қабул қилгичлар)

12.2.1. Осциллограф Scope

Вазифаси:

Тадқиқ қилинаётган сигналнинг вақт бўйича графигини қуради. Моделлаш жараёнида сигналнинг ўзгаришини кузатиш имкониятини беради.

Блокнинг тасвири ва графикларни кузатиш учун ойнаси 12.2.1-расмда кўрсатилган.



12.2.1-расм. Осциллограф Scope

Графикларни кузатиш ойнасини очиш учун сичқончанинг чап тугмаси блок тасвирининг устида тўхтовсиз икки марта босилади.

Осциллограф ойнасини созлаш асбоблар панели ёрдамида бажарилади (12.2.2-расм).

12.2.2-расм. Scope блокининг асбоблар панели

Асбоблар панели қуйидаги кнопкаларга эга:

1-Print — осциллограф ойнасидаги тасвирни босмага чиқариш;

2-Parameters — параметрларни ростлаш ойнасига ўтиш;

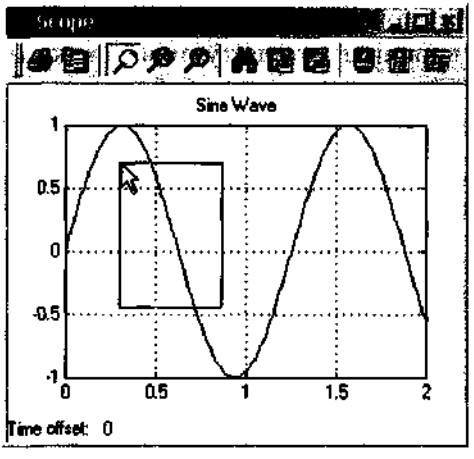
3-Zoom — иккала ўқ бўйича масштабни орттириш;

4-Zoom X-axis — горизонтал ўқ бўйича масштабни орттириш;
5-Zoom Y-axis — вертикал ўқ бўйича масштабни орттириш;
6-Autoscale — иккала ўқ бўйича масштабни автоматик тарзда ўрнатиш;
7-Save current axes settings — жорий ростлаш параметрларини сақлаб қолиш;
8-Restore saved axes settings — аввал сақланган ростлаш параметрларини қайтадан ўрнатиш;
9-Floating scope — осциллографни «эркин» режимга ўтказиш;
10-Lock/Unlock axes selection — Ойнанинг жорий координаталар системаси билан акс эттирилаётган сигнал орасидаги боғланишни ўрнатиш/узиб ташлаш (фақат **Floating scope** режими ўрнатилган бўлса ўринли).
11-Signal selection — акс эттириш учун сигнални танлаш (фақат **Floating scope** режими ўрнатилган бўлса ўринли).

Акс эттирилаётган графикларнинг масштабларини қуйидаги йўллар билан ўзгартириш мумкин:

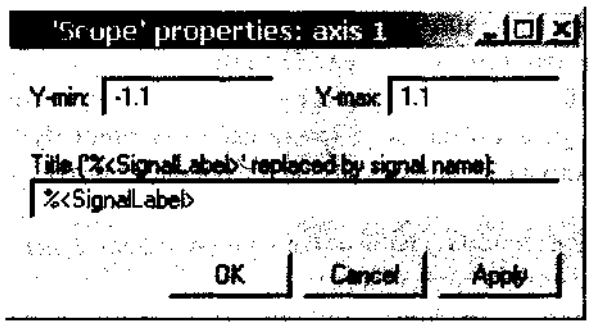
1. Сичқончанинг чап тугмаси , ёки кнопкалардан бири ва кейин керакли графикнинг устида босилади. Натижада, масштаб 2,5 марта ортади.

2. Сичқончанинг чап тугмаси , ёки кнопкалардан бири босилади ва кейин керакли графикнинг устида босилган ҳолатда суриб, динамик рамка ёрдамида гарфикнинг масштаби орттирилиши керак бўлган қисми кўрсатилади. Ушбу жараён 12.2.3-расмда кўрсатилган.



12.2.3-расм. Графикнинг масштабини орттириш

3. График ойнасининг устида сичқончанинг ўнг тугмаси босилади ва контекс менюдан **Axes properties...** командаси танланади. График хоссаларининг ойнаси очилади. Ундаги **Y-min** ва **Y-max** параметрлар ёрдамида вертикал ўқнинг чегаравий қийматлари кўрсатилади. Ушбу ойнада графикнинг сарлавҳасини ҳам **%<SignalLabel>** ифоданинг ўрнига ёзиб кўрсатиш мумкин. **Scope** блоки хоссаларининг ойнаси 12.2.4-расмда келтирилган.



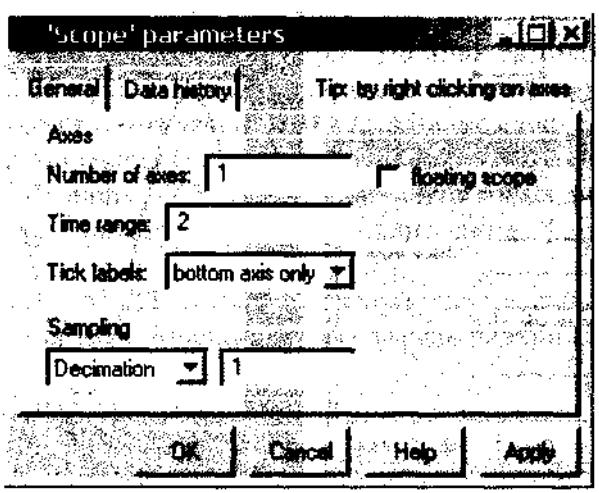
12.2.4-расм. Scope блоки хоссаларининг ойнаси

Параметрлари:

Блокнинг параметрлари **'Scope' parameters** ойнасида ўрнатилади. Параметрлар ойнаси қуйидаги бўлимлардан иборат (12.2.5-расм):

General — умумий параметрлар.

Data history — сигналларни **MATLAB**нинг ишчи соҳасида сақлаш параметрлари.



12.2.5-расм. Scope блокининг умумий параметрлари General

Ойнанинг **General** бўлимида қуйидаги параметрлар берилади:

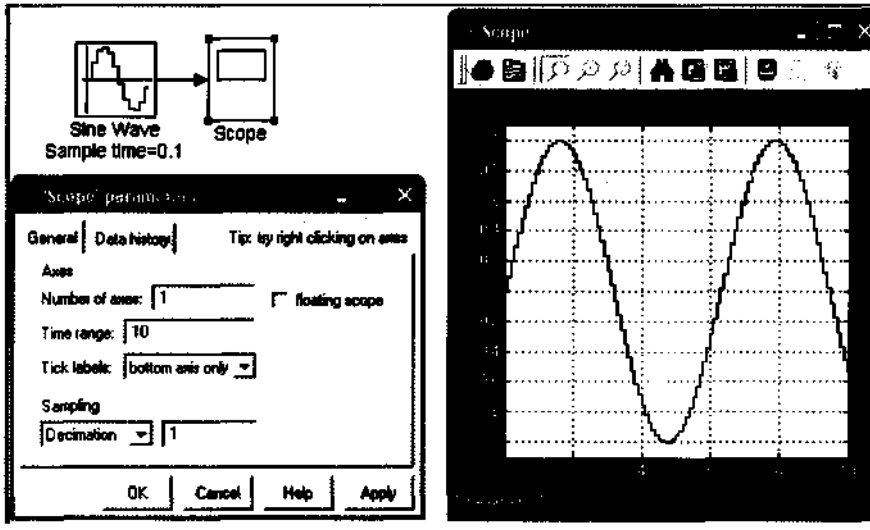
1. **Number of axes** — осциллографдаги киришлар сони. Ушбу параметр ўзгартирилганда блок тасвирида киришлар сонига тенг бўлган кириш портлари ҳосил бўлади.

2. **Time range** — график акс эттириладиган вақт интервалининг катталиги. Агар моделни ҳисоблаш вақти **Time range** параметрида кўрсатилган вақтдан катта бўлса график қисмларга бўлиб чиқарилади. Бунда ҳар бир қисмнинг акс эттирилиш интервали **Time range** параметрида кўрсатилган вақтга тенг бўлади.

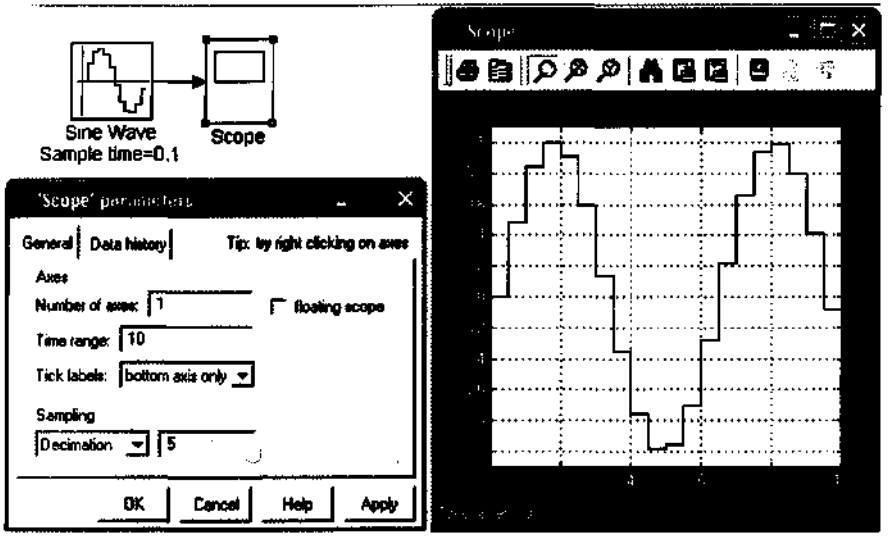
3. **Tick labels** — график ўқларини кўрсатиш/беркитиш. У қуйида кўрсатилган учта қийматдан бирини қабул қилиши мумкин:

- **all** — ҳамма ўқлар ва улардаги ёзувлар кўрсатилади;
- **none** — ҳамма ўқлар ва улардаги ёзувлар кўрсатилмайди;
- **bottom axis only** –горизонтал ўқдаги ёзув фақат энг пастки график учун кўрсатилади.

4. **Sampling** — графикларни экранга чиқариш параметрларини ўрнатиш. Ҳисобий нуқталарни экранга чиқариш режимини белгилайди. Бунда **Decimation** параметрининг қиймати бериш йўли билан ҳисобий нуқталарни экранга чиқариш қадамининг карралилиги ўрнатилади. **Decimation** параметрининг ҳар хил қийматларида синусоидал сигналнинг графиклари 12.2.6 ва 12.2.7-расмларда кўрсатилган.



12.2.6-расм. Синусоидал сигналнинг графиги (Decimation = 1)



12.2.7-расм. Синусоидал сигналнинг графиги (Decimation = 5)

5. **floating scope** –осциллографни «эркин» режимга ўтказиш (байроқча белгиланганда ўтади).

Блокнинг **Data history** бўлимида (12.2.8-расм) қуйидаги параметрлар берилади:

1. **Limit data points to last** — графикда акс эттириладиган ҳисобий нуқталарнинг максимал сони. Агар ҳисобий нуқталар сони ушбу қийматдан катта бўлса, графикнинг бошланғич қисми қирқиб ташланади. Агар **Limit data points to last** параметрининг қиймати ўрнатилмаган бўлса ушбу параметрни **Simulink** автоматик равишда ҳамма ҳисобий нуқталарни акс эттиришга мослаб ўзгартиради.

2. **Save data to workspace** — **MATLAB**нинг ишчи соҳасида сигналнинг қийматларини сақлаш.

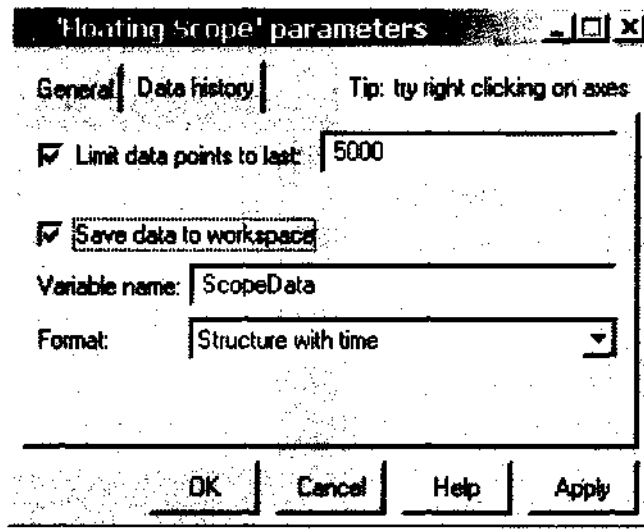
3. **Variable name** — **MATLAB**нинг ишчи соҳасида сигналнинг қийматларини сақлаш учун фойдаланиладиган ўзгарувчининг номи.

4. **Format** — **MATLAB**нинг ишчи соҳасида сақланадиган маълумотларнинг формати. Қуйидаги қийматлардан бирини қабул қилиши мумкин:

Array — массив;

Structure — структура;

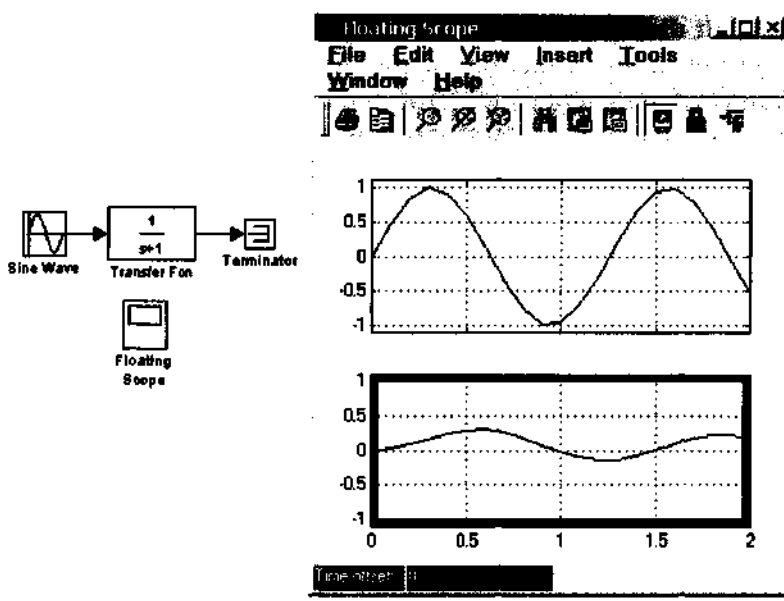
Structure with time — қўшимча «вақт» майдонига эга бўлган структура.



12.2.8. Scope блокининг Data history бўлими

12.2.2. Осциллограф Floating Scope

Floating Scope блоки «эркин» режимга ўтказилган осциллограф-дир. Ундан фойдаланишга мисол 12.2.9-расмда келтирилган.



12.2.9-расм. Floating Scope осциллографидан фойдаланишга мисол

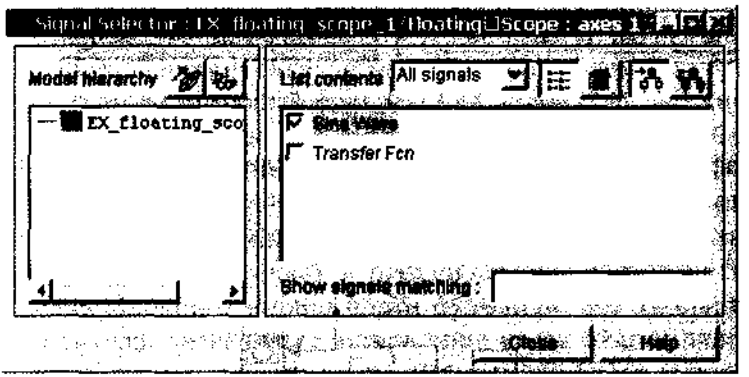
Floating Scope осциллографи киришларга эга эмас. Акс эттирилиши зарур бўлган сигнал воситалар панелидаги (**Signal selection**) ёрдамида танланади. Бунинг учун қуйидаги амаллар бажарилиши керак:

1. График акс эттирилиши керак бўлган координаталар системасининг устида сичқончанинг чап тугмаси босилади. Натижада танланган координаталар системаси периметри бўйича кўк рангга киради.

2. **Signal selection** воситаси ёрдамида **Signal Selector** диалог ойнаси очилади (12.2.10-расм).

3. Чиқишларидаги сигналлар кузатилиши керак бўлган блокларнинг байроқчалари белгиланади.

Ҳисоблашлар бажарилгандан кейин **Floating Scope** блокининг ойнасида танланган сигналлар акс этади.



12.2.10-расм. Signal Selector диалог ойнаси

12.2.3. Граф кургич XY Graph

Вазифаси:

Y(X) кўринишидаги график қуради.

Параметрлари:

x-min –X ўқи бўйича сигналнинг минимал қиймати;

x-max — X ўқи бўйича сигналнинг максимал қиймати;

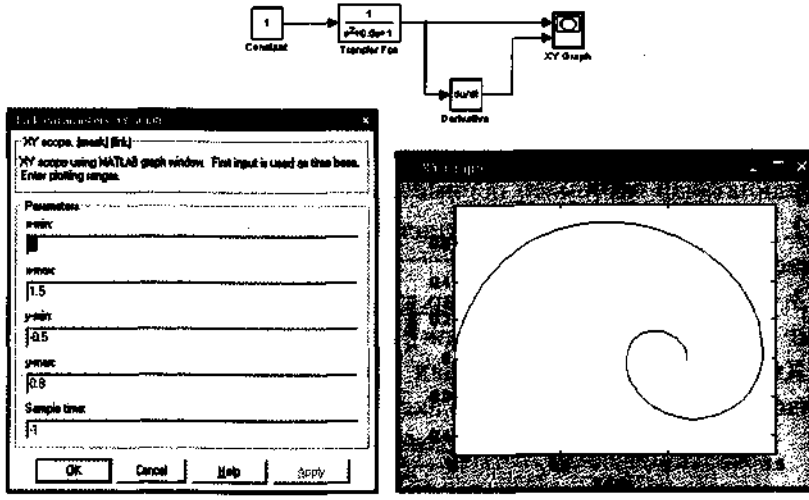
y-min — Y ўқи бўйича сигналнинг минимал қиймати;

y-max — Y ўқи бўйича сигналнинг максимал қиймати;

Sample time — модел вақтининг қадами.

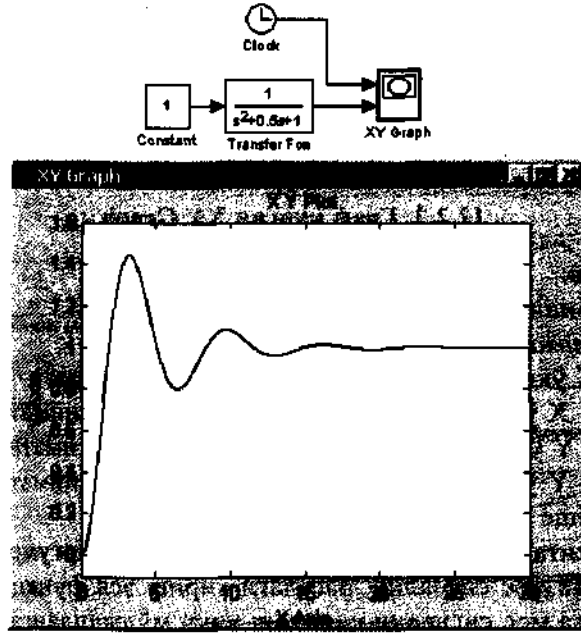
Блок иккита киришга эга. Юқоридаги кириш аргумент (X) нинг қийматларига мос сигнални, пастдаги кириш эса функции (Y) нинг қийматларига мос сигнални киритиш учун мўлжалланган.

12.2.11-расмда, мисол сифатида, тебранувчи звенонинг фазавий траекториясини куриш кўрсатилган.



12.2.11-расм. XY Graph дан фойдаланишга мисол

Граф кургичдан вақт бўйича боғланишларни куриш учун ҳам фойдаланиш мумкин. Бунинг учун унинг биринчи киришига **Clock** блокининг чиқишидан вақтга пропорционал сигнал берилади (12.2.12-расм).



12.2.12-расм. XY Graph блокидан вақт бўйича боғланишларни акс эттириш учун фойдаланиш

12.2.4. Рақамли дисплей Display

Вазифаси:

Сигнал қийматларини рақамлар кўринишида акс эттиради.

Параметрлари:

Format — маълумотларни акс эттириш формати. **Format** параметри қуйидаги қийматларни қабул қилиши мумкин:

short — 5 та қийматга эга эга бўлган ўнли рақам.

long — 15 та қийматга эга эга бўлган ўнли рақам.

short_e –5 та қийматга эга эга бўлган ўнли рақам ва ўннинг даражасида 3 та символ.

long_e — 15 та қийматга эга эга бўлган ўнли рақам ва ўннинг даражасида 3 та символ.

bank — «пул» формати. Каср қисмида иккита ўнли рақамли ва фиксацияланган нуқтали формат.

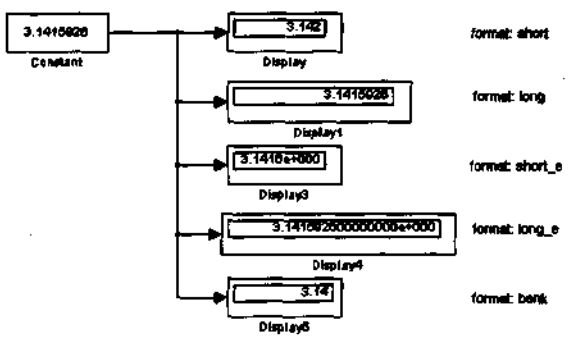
Decimation — кириш сигналини акс эттириш формати.

Decimation = 1 бўлганда кириш сигналининг ҳар бир қиймати, **Decimation = 2** бўлганда ҳар иккинчи қиймат ва **Decimation = 3** бўлганда ҳар учинчи қиймат акс эттирилади.

Sample **time** — модел вақтининг қадами. Маълумотларни акс эттириш дискретлилигини аниқлайди.

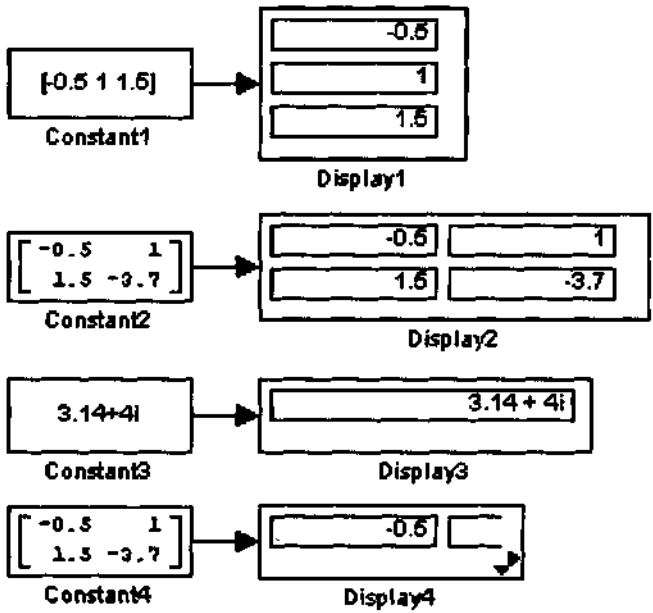
Floating **display** (байроқча) — блокни «эркин» режимга ўтказиш. Ушбу ҳолда, блокнинг кириш порти бўлмайди, акс эттириш учун сигнални танлаш сигнали акс эттирилиши керак бўлган линиянинг устида сичқончанинг чап тугмасини босиш йўли билан амалга оширилади. Бундай режимда **Signal storage reuse** ҳисоблаш параметри учун **off** қиймати ўрнатилган бўлиши керак (**Simulation parameters...** диалог ойнасидаги **Advanced** бўлими).

12.9.13-расмда **Format** параметрининг ҳар хил вариантлари учун **Display** блокидан фойдаланиш кўрсатилган.



12.2.13-расм. Format параметрининг ҳар хил вариантлари учун Display блокидан фойдаланиш

Display блокидан фақат скаляр сигналларнигина эмас балки, вектор, матрицавий ва комплекс сигналларни ҳам акс эттириш учун фойдаланиш мумкин (12.9.15-расм). Агар акс эттирилаётган қийматлар блок ойнасига сиғмаса, унинг ўнг пастки бурчагида блокни катталаштириш зарурлигини билдирувчи ◢ символ ҳосил бўлади (12.9.14-расмдаги **Display4** блоки).



12.2.14-расм. Display блокидан вектор, матрицавий ва комплекс сигналларни акс эттириш учун фойдаланиш

12.2.5. Моделлашни тўхтатиш блоки Stop Simulation

Вазифаси:

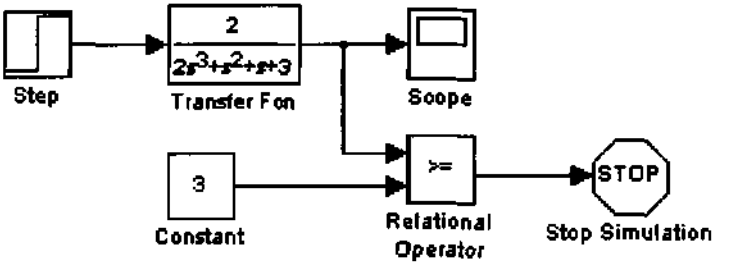
Блокнинг киришидаги сигнал нолга тенг бўлмаган моментда ҳисоблашлар тўхтатилишини таъминлайди.

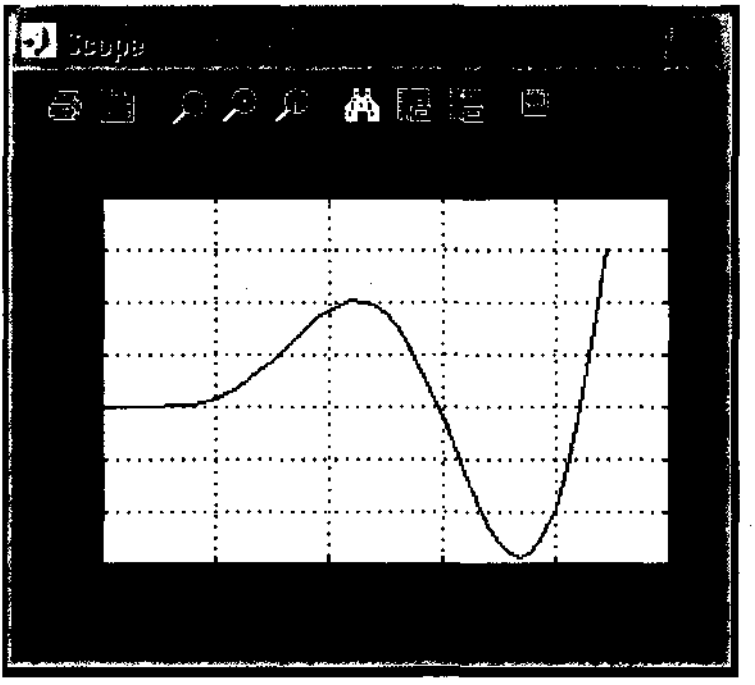
Параметрлари:

Йўқ.

Блокнинг киришидаги сигнал нолга тенг бўлмаганда **Simulink** жорий қадамдаги ҳисоблашларни бажаради ва кейин моделлашни тўхтатади. Агар блокка вектор сигнал берилаётган бўлса ҳисоблашларни тўхташи учун векторнинг биргина элементининг нолга тенг бўлмаслиги ҳам етарли. **Stop Simulation** блокидан фойдаланишга мисол 12.9.15-расмда келтирилган. Ҳисоблашлар **Transfer Function**

блокининг чиқишидаги сигнал 3 га тенг ёки ундан катта бўлса тўхтатилади.





12.2.15-расм. Stop Simulation блокидан фойдаланишга мисол

12.2.6. Маълумотларни файлда сақлаш блоки To File

Вазифаси:

Блок киришига келаётган маълумотларни файлга ёзади.

Параметрлари:

Filename — ёзиш учун файлнинг номи. Сукут бўйича файл **untitled.mat**. номли бўлади. Агар файл учун тўлиқ ном кўрсатилмаган бўлса, файл жорий ишчи папкада сақланади.

Variable **name** — файлга ёзиладиган маълумотларни ўз ичига олувчи ўзгарувчининг номи.

Decimation — кириш сигналини файлга ёзиш карралилиги. **Decimation = 1** бўлса ҳар бир кириш сигнали, **Decimation = 2** бўлса ҳар иккинчи кириш сигнали ва **Decimation = 3** бўлса ҳар учинчи кириш сигнали файлга ёзилади ва ҳ.к.

Sample **time** — модел вақтининг қадами. Маълумотларнинг ёзилиш дискретлилигини аниқлайди.

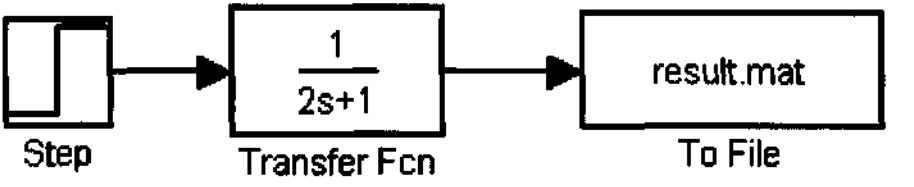
Маълумотлар файлда матрица кўринишида сақланади:

$$\begin{bmatrix} t_1 & t_2 & \ldots t_{\text{final}} \\ u1_1 & u1_2 & \ldots u1_{\text{final}} \\ \ldots & & \\ un1 & un2 & \ldots un_{\text{final}} \end{bmatrix}.$$

Матрицанинг биринчи қаторида вақтнинг қийматлари, кейинги қаторларида эса сигналларнинг биринчи қатордаги вақтнинг қийматларига мос келувчи қийматлари ёзилади.

Маълумотлар ёзиладиган маълумотлар файли (**mat**-файл) матнли файл эмас. Ундаги маълумотларни **Sources** библиотекасидаги **From File** блоки ёрдамида ўқиш мумкин.

12.2.16-расмда кўрсатилган мисолда ҳисоблаш натижалари **result.mat** номли файлда сақланади.



12.2.16-расм. To File блокидан фойдаланишга мисол

12.2.7. Маълумотларни ишчи соҳада сақлаш блоки To Workspace

Вазифаси:

Блок киришига келаётган сигналли **MATLAB**нинг ишчи соҳасига ёзади.

Параметрлари:

Variable name — маълумотларни ўз ичига олувчи ўзгарувчининг номи. **Limit data points to last** — вақт бўйича сақланадиган ҳисо-

бий нуқталарнинг максимал миқдори. Агар **Limit data points to last** параметрининг қиймати сифатида **inf** танланса ишчи соҳада ҳамма маълумотлар сақланади.

Decimation — кириш сигналини файлга ёзиш карралилиги. **Decimation = 1** бўлса ҳар бир кириш сигнали, **Decimation = 2** бўлса ҳар иккинчи кириш сигнали ва **Decimation = 3** бўлса ҳар учинчи кириш сигнали файлга ёзилади ва ҳ.к.

Sample time — модел вақтининг қадами. Маълумотларнинг ёзилиш дискретлилигини аниқлайди.

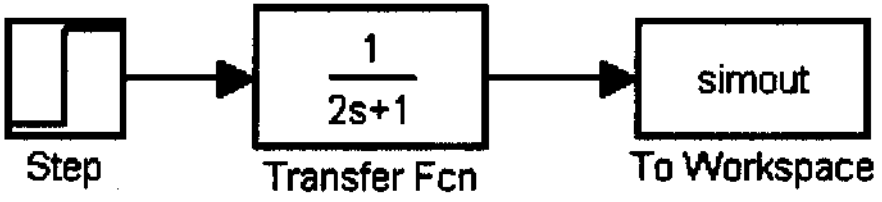
Save format — сақланаётган маълумотларнинг формати. Қуйидаги қийматлардан бирини қабул қилиши мумкин:

Array — массив. Маълумотлар массив кўринишида сақланади. Массивда сатрлар сони вақт бўйича ҳисобий нуқталар сонига, устунлар сони эса блокнинг киришига берилаётган векторнинг ўлчамига тенг бўлади. Агар блокнинг киришига скаляр сигнал берилса матрица фақат битта устунга эга бўлади.

Structure — структура. Маълумотлар учта майдонга эга бўлган структура кўринишида бўлади: **time** — вақт, **signals** — сигналларнинг сақланаётган қийматлари, **blockName** — моделнинг ва **To Workspace** блокининг номи. Ушбу формат учун **time** майдони тўлдирилмайди.

Structure with Time — қўшимча (вақт) майдонига эга бўлган структура. Ушбу формат учун **time** майдонига вақтнинг қийматлари ёзилади.

12.2.17-расмда **To Workspace** блокидан фойдаланишга мисол келтирилган. Ҳисоблаш натижалари **simout** ўзгарувчисида сақланади.



12.2.17-расм. To Workspace блокидан фойдаланишга мисол

MATLABнинг ишчи соҳасида сақланган маълумотларни ўқиш учун **Sources** библиотекасидаги **From Workspace** блокидан фойдаланиш мумкин.

12.2.8. Terminator блоки

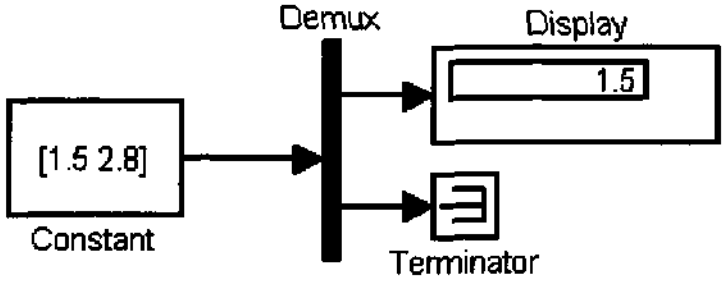
Вазифаси:

Terminator блоки бошқа блокнинг фойдаланилмаган чиқишини улаш учун ишлатилади.

Параметрлари:

Йўқ.

Агар бирор блокнинг чиқиши бошқа блокнинг киришига уланмаса **Simulink MATLABнинг** командалар ойнасида огоҳлантирувчи хабар беради. Бунинг олдини олиш учун **Terminator** блокидан фойдаланилади. **Terminator** блокидан фойдаланишга мисол 12.2.19-расмда кўрсатилган. **Demux** блоки ёрдамида олинадиган матрицанинг иккинчи элементидан фойдаланилмайди, шунинг учун у **Terminator** блокининг киришига узатилади.



12.2.19-расм. Terminator блокидан фойдаланишга мисол

12.3. Continuous — аналог блоклар

12.3.1. Ҳосилани ҳисоблаш блоки Derivative

Вазифаси:

Кириш сигналини сонли дифференциаллайди.

Параметрлари:

Йўқ.

Ҳосилани ҳисоблаш учун Эйлернинг тақрибий формуласидан фойдаланилади:

$$\frac{du}{dt} = \frac{\Delta u}{\Delta t},$$

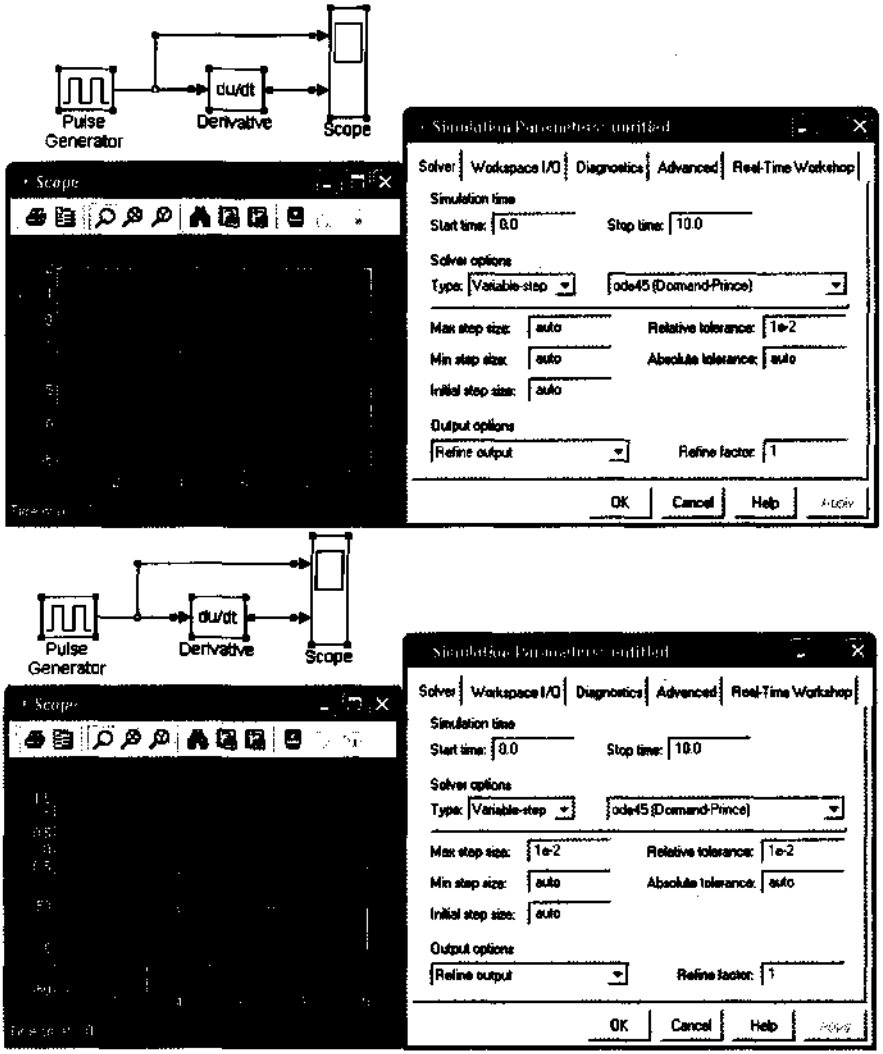
бу ерда Δu — кириш сигналининг Δt вақт оралиғида ўзгариши,

Δt — модел вақти қадамининг жорий қиймати.

Ҳисоблаш бошлангунча кириш ва чиқиш сигналларининг қийматлари нолга тенг деб олинади.

Ҳосилани ҳисоблаш аниқлиги ҳисоблаш қадамининг катталигига боғлиқ. Қадам кичик олинса ҳосилани ҳисоблаш аниқлиги ортади.

Дифференциалловчи блокдан фойдаланишга мисол 12.3.1-расмда келтирилган. Унда тўғри бурчакли сигналнинг ҳосиласи ҳисобланган. Расмда натижалар икки хил ҳисоблаш қадами учун (Simulation Parameters ойнасининг Max step size бўлимида auto ва 10^{-2}) кўрсатилган.



12.3.1-расм. Сигналларни дифференциаллаш учун Derivative блокидан фойдаланиш

12.3.2. Интегралловчи блок Integrator

Вазифаси:

Кириш сигналини интеграллайди.

Параметрлари:

External reset — интеграторни бошланғич ҳолатга қайтарувчи ташқи бошқарувчи сигнал, у қуйидаги рўйхатдан танланади:

none — йўқ (бошланғич ҳолатга қайтарилмайди);

rising — ортувчи сигнал (сигналнинг олдинги фронти);

falling — пасаювчи сигнал (сигналнинг орқа фронти);

either — ортувчи ёки пасаювчи сигнал;

level — нолга тенг бўлмаган сигнал (бошқарувчи киришдаги сигнал нолга тенг бўлмаганда интегратор бошланғич ҳолатга қайтарилади).

Бошқарувчи сигналнинг тури танланганда (фақат **none** эмас) блокнинг тасвирида қўшимча бошқарувчи кириш ҳосил бўлади. Қўшимча киришнинг ёнида бошқарувчи сигналнинг шартли белгиси кўрсатилади.

Initial condition source — Чиқиш сигнали бошланғич қийматининг манбаси:

internal — ички

external — ташқи. Ушбу ҳолда блокнинг тасвирида x_0 билан белгиланган қўшимча кириш ҳосил бўлади. Унга интегратор чиқиш сигналининг бошланғич қийматини белгиловчи сигнал берилади.

Initial condition — бошланғич шарт. Интегратор чиқиш сигналининг бошланғич қийматини ўрнатиш. Ушбу параметрга чиқиш сигнали бошланғич қийматининг манбаси сифатида **internal** (ички) танланганда кириш мумкин.

Limit output (байроқча) — Чиқиш сигналини чеклашдан фойдаланиш.

Upper saturation limit — Чиқиш сигналини чеклашнинг юқори сатҳи. Сонлар воситасида ёки символли кетма-кетлик **inf**, яъни + ∞ кўринишида берилиши мумкин.

Lower saturation limit — Чиқиш сигналини чеклашнинг пастки сатҳи. Сонлар воситасида ёки символли кетма-кетлик **inf**, яъни + ∞ кўринишида берилиши мумкин.

Show saturation port — интегратор чеклашларга чиққанлиги тўғрисидаги сигналнни берувчи портни акс эттиришни бошқаради. Ушбу портнинг чиқиш сигнали қуйидаги қийматларни қабул қилиши мумкин:

Нол, интегратор чеклашларга чиқмаган;

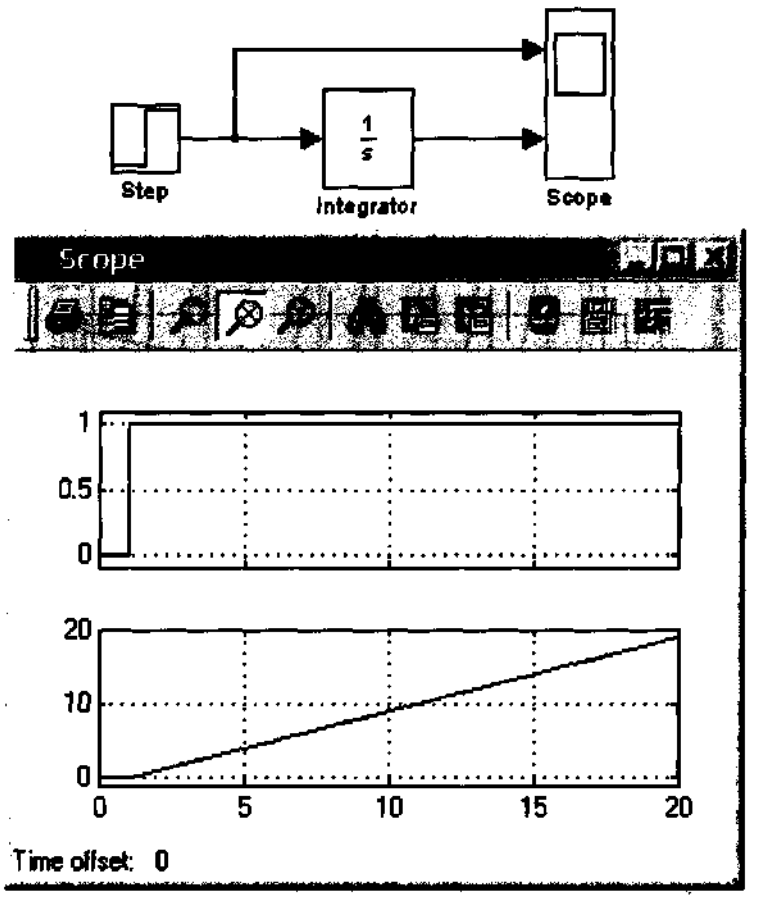
+1, интеграторнинг чиқиш сигнали юқоридан чеклашга етиб борган;

-1, интеграторнинг чиқиш сигнали пастдан чеклашга етиб борган.

Show state port (байроқча) — блокнинг ҳолат портини кўрсатиш/беркитиш.

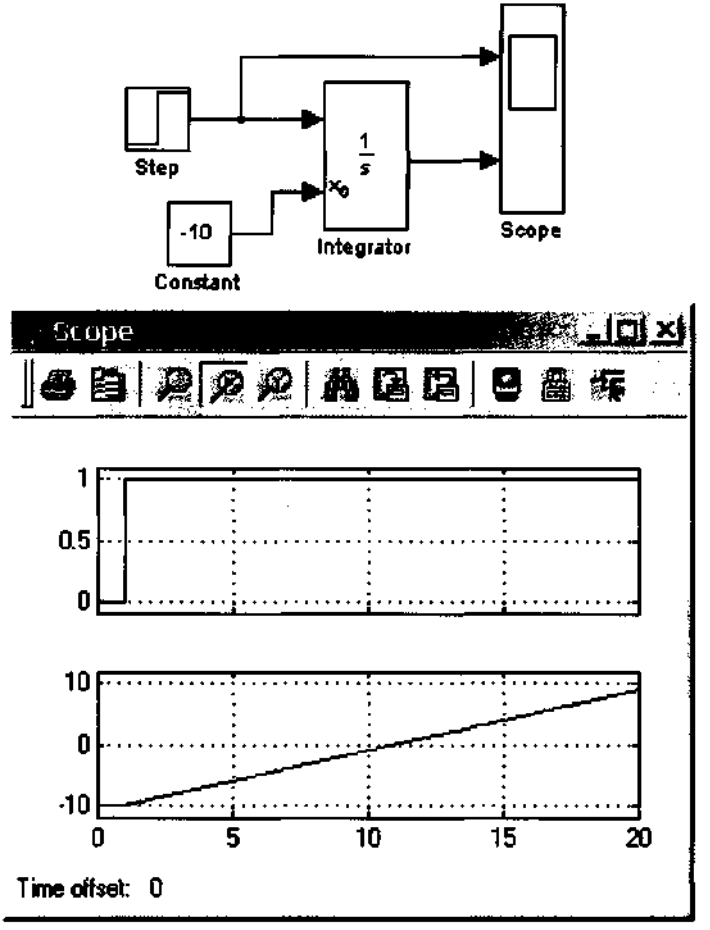
Absolute tolerance — Абсолют хатолик.

Киришига поғонали сигнал берилганда интеграторнинг ишлаши 12.3.2-расмда кўрсатилган (бошланғич шартлар нолга тенг).



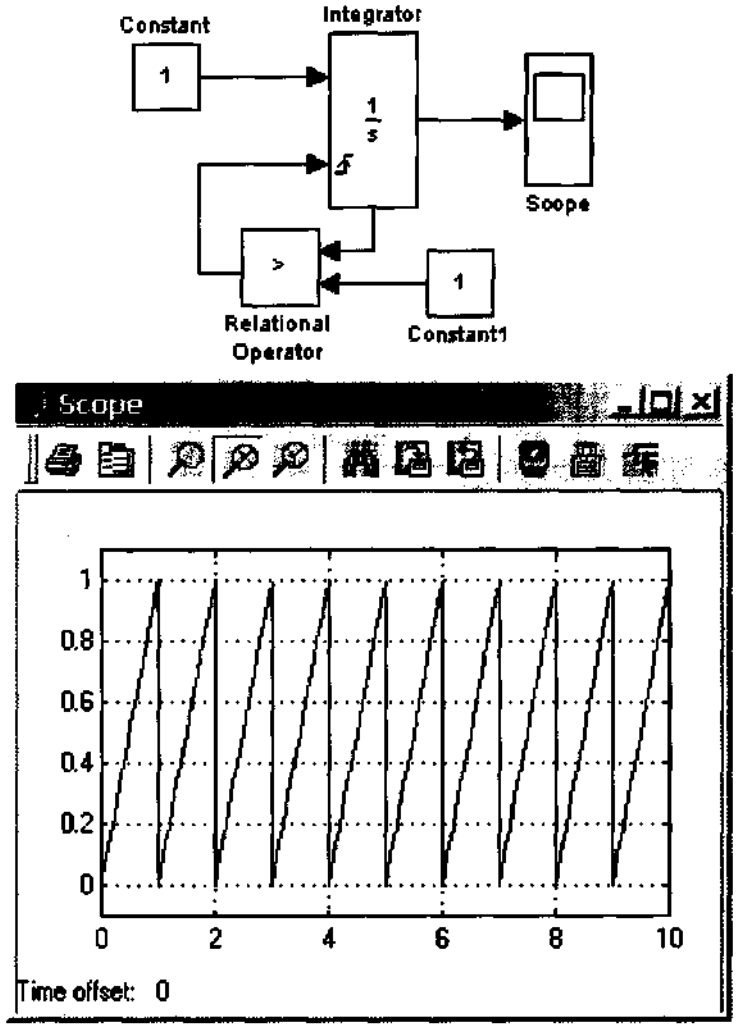
12.3.2-расм. Поғонали сигнални интеграллаш

Кейинги мисолда (12.3.3-расм) -10 га тенг бўлган чиқиш сигналининг бошланғич қиймати ташқи порт орқали берилган.



12.3.3-расм. Поғонали сигнални чиқиш сигналини бошланғич қиймати ўрнатилган ҳолда интеграллаш

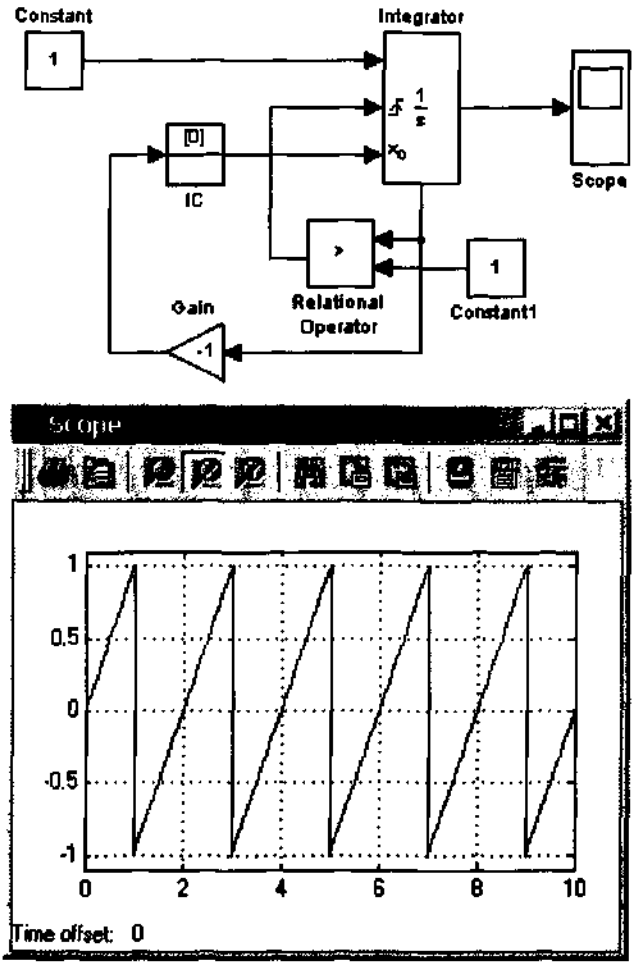
Интеграторнинг кириш портидан чиқиш сигналини бошланғич ҳолатга қайтариш ва ҳолат портидан тескари боғланишни ташкил қилиш учун фойдаланишга мисол 12.3.4-расмда кўрсатилган. Схема қуйидагича ишлайди: киришдаги ўзгармас сигнал интегратор ёрдамида чизиқли-ўзгарувчи сигналга айлантирилади. Чиқиш сигнали 1 га тенг бўлган қийматга етганда **Relational Operator** блоки мантиқий сигнал ҳосил қилади. Мантиқий сигналнинг олдинги фронтида интеграторнинг чиқиш сигнали нолга тенг бўлган бошланғич қийматга қайтади. Натижада интеграторнинг чиқишида **0** дан **+1**Вгача ўзгарувчи аррасимон сигнал шаклланади.



12.3.4-расм. Интегратор асосидаги аррасимон сигналлар генератори

Кейинги схемада (12.3.5-расм) интеграторнинг бошланғич қийматини унинг чиқиш сигнали ёрдамида ўрнатиш кўрсатилган. Вақтнинг биринчи моментида интегратор чиқиш сигналининг бошланғич қиймати **IC (Initial Condition)** блоки ёрдамида нолга тенг қилиб ўрнатилади. Чиқиш сигнали 1 га тенг қийматга етганда **Relational Operator** блоки интегратор чиқиш сигналини бошланғич қийматга қайтариш сигналини ҳосил қилади. Бунда интеграторнинг инвертирланган чиқиш сигнали (яъни -1) бошланғич сатҳни берувчи сигнал

бўлади. Кейин схеманинг ишлаш цикли қайтарилади. Аввалги схемадан фарқли равишда генераторнинг чиқиш сигнали икки қутбли бўлади.



12.3.5-расм. Интегратор асосида бажарилган икки қутбли аррасимон сигнал генератори

12.3.3. Memory блоки

Вазифаси:

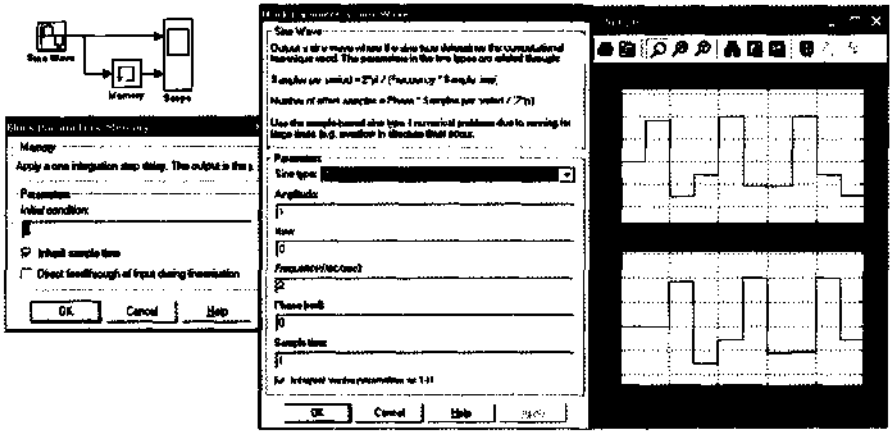
Кириш сигналини битта вақт тактига кечиктиради.

Параметрлари:

- **Initial condition** — чиқиш сигналининг бошланғич қиймати.

- **Inherit sample time** (байроқча) — Модел вақтининг қадамини қабул қилиш. Агар байроқча ўрнатилган бўлса **Memory** блоки ўзидан аввалги блок модел вақтининг қадамидан (**Sample time**) фойдаланади.

Memory блокидан дискрет сигнални битта вақт тактига кечиктириш учун фойдаланишга мисол 12.3.6-расмда келтирилган



12.3.6-расм. Memory блокидан дискрет сигнални битта вақт тактига кечиктириш учун фойдаланишга мисол

12.3.4. Узатиш функциясининг блоки Transfer Fcn

Вазифаси:

Узатиш функциясини полиномлар нисбати кўринишида беради:

$$H(s)=\frac{y(s)}{u(s)}=\frac{num(s)}{den(s)}=\frac{num(1)s^{nn-1}+num(2)s^{nn-2}+...+num(nn)}{den(1)s^{nd-1}+den(2)s^{nd-2}+...+den(nd)},$$

Бу ерда ***nn ва nd*** — узатиш функцияси сурати ва махражининг тартиби;

num *— суратдаги* ёки матрицаси; ***den*** — махраждаги коэффициентларнинг вектори.

Параметрлари:

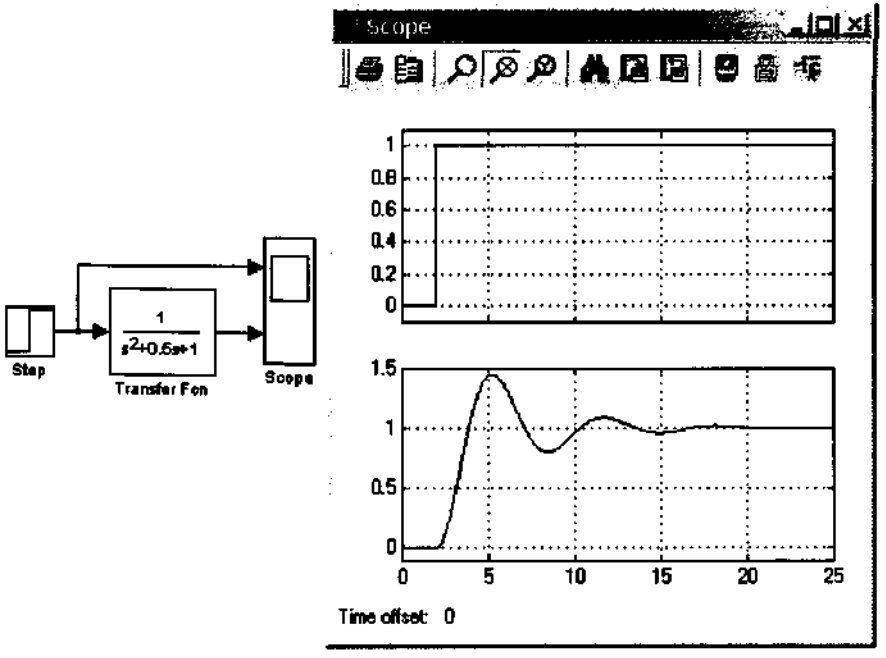
Numerator — суратдаги полином коэффициентларнинг вектори ёки матрицаси;

Denominator — махраждаги полином коэффициентларнинг вектори;

Absolute tolerance — Абсолют хатолик.

Суратнинг тартиби махражникидан катта бўлмаслиги керак.

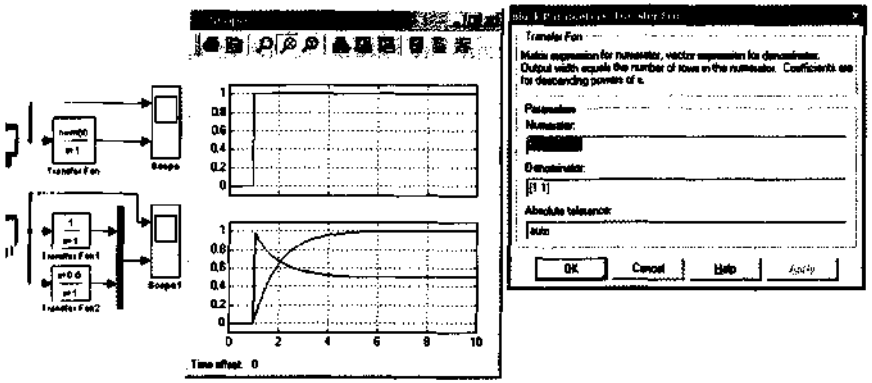
Блокнинг кириш сигнали скаляр бўлиши керак. Агар суратдаги коэффициентлар вектор бўлса блокнинг чиқиш сигнали ҳам вектор бўлади. **Transfer Fcn** блоки ёрдамида тебранувчи звенони моделлашга мисол 9.3.8-расмда келтирилган.



12.3.7-расм. Transfer Fcn блоки ёрдамида тебранувчи звенони моделлашга мисол

Агар суратдаги коэффициентлар матрица кўринишида бўрилган бўлса **Transfer Fcn** блоки векторли узатиш функциясини моделлайди. Векторли узатиш функциясини махраж полиномлари бир хил, лекин сурат полиномлари ҳар хил бўлган бир неча узатиш функциялари сифатида қабул қилиш мумкин. Бунда блокнинг чиқиш сигнали вектор кўринишида бўлади ва суратдаги коэффициентлар матрицасидаги сатрлар сони чиқиш сигналининг ўлчамини белгилайди.

Векторли узатиш функциясини берадиган **Transfer Fcn** блокига мисол 12.3.8-расмда келтирилган. Расмда унга тўла ўхшаш, лекин алоҳида **Transfer Fcn** блокларидан (**Transfer Fcn1, Transfer Fcn2**) тузилган модел ҳам кўрсатилган.



12.3.8-расм. Векторли узатиш функциясини берадиган Transfer Fcn блоки ва унинг аналоги

Transfer Fcn блокидан фойдаланилганда бошланғич шартлар нолга тенг бўлади. Агар нолга тенг бўлмаган бошланғич шартлар зарур бўлса **tf2ss** функцияси (**Control System Toolbox** воситаси) ёрдамида узатиш функциясидан ҳолатлар фазосидаги моделга ўтилади ва динамик объект **State-Space** блоки ёрдамида моделланади.

12.3.5. Узатиш функцияси блоки Zero-Pole

Вазифаси:

Zero-Pole блоки қутблари ва ноллари берилган узатиш функциясини аниқлайди:

$$H(s) = K\frac{Z(s)}{P(x)} = K\frac{(s-Z(1))(s-Z(2))...(s-Z(m))}{(s-P(1))(s-P(2))...(s-P(n))},$$

бу ерда $\boldsymbol{Z}$ — узатиш функцияси нолларининг (сурат полиномининг илдизлари) вектор ёки матрицаси; $\boldsymbol{P}$ — узатиш функцияси қутбларининг (махраж полиномининг илдизлари) вектори; $\boldsymbol{K}$ — узатиш функциясининг коэффициенти. Агар узатиш функциясининг ноллари матрица кўринишида берилган бўлса коэффициентлар вектори. Бунда $\boldsymbol{K}$ векторнинг ўлчами ноллар матрицасининг сатрлари сони билан аниқланади.

Параметрлари:

Zeros — ноллар вектори ёки матрицаси.

Poles — қутблар вектори.

Gain — узатиш функциясининг скаляр ёки вектор коэффициенти.

Absolute tolerance — Абсолют хатолик.

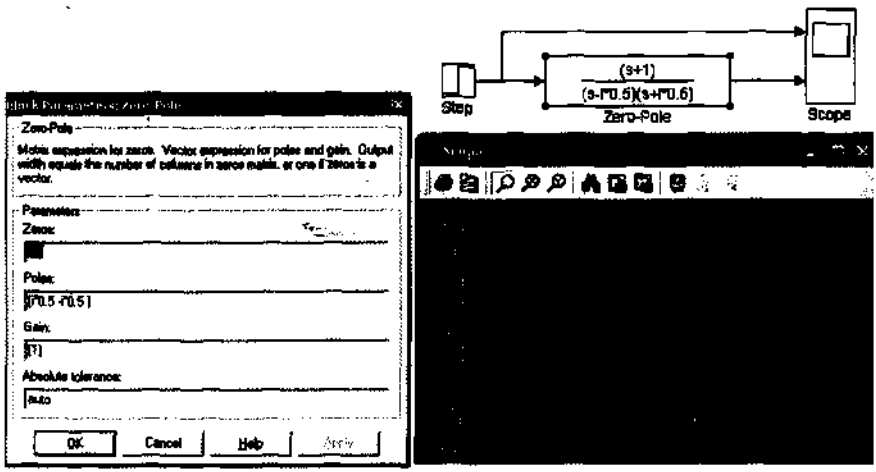
Узатиш функциясидаги ноллар миқдори қутблар сонидан катт бўлмаслиги керак.

Агар узатиш функциясининг ноллари матрица кўринишида бўлс **Zero-Pole** блоки векторли узатиш функциясини моделлайди.

Узатиш функциясининг ноллари ва қутблари комплекс сонла билан ҳам берилиши мумкин.

Zero-Pole блокидан фойдаланилганда бошланғич шартлар нолг тенг бўлади.

Zero-Pole блокидан фойдаланишга мисол 9.3.10-расмда кўрсатилган Мисолда узатиш функцияси битта ҳақиқий нол ва иккита комплекс боғланган қутбга эга.



12.3.9-расм. Zero-Pole блокидан фойдаланишга мисол

12.3.6. Динамик объект моделининг блоки State-Space

Вазифаси:

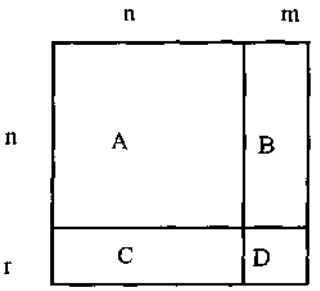
Блок қуйидаги ҳолат тенгламалари билан тавсифланувчи динами объект ни ҳосил қилади:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

бу ерда x — ҳолат вектори, u — кириш таъсирининг вектори, y – чиқиш сигналларининг вектори, A, B, C, D — матрицалар.

Матрицаларнинг ўлчамлари 9.3.11-расмда кўрсатилган (n — ҳола ўзгарувчиларининг сони, m — кириш сигналларининг сони, r – чиқиш сигналларининг сони).



12.3.10-расм. State-Space блоки матрицаларининг ўлчамлари

Параметрлари:

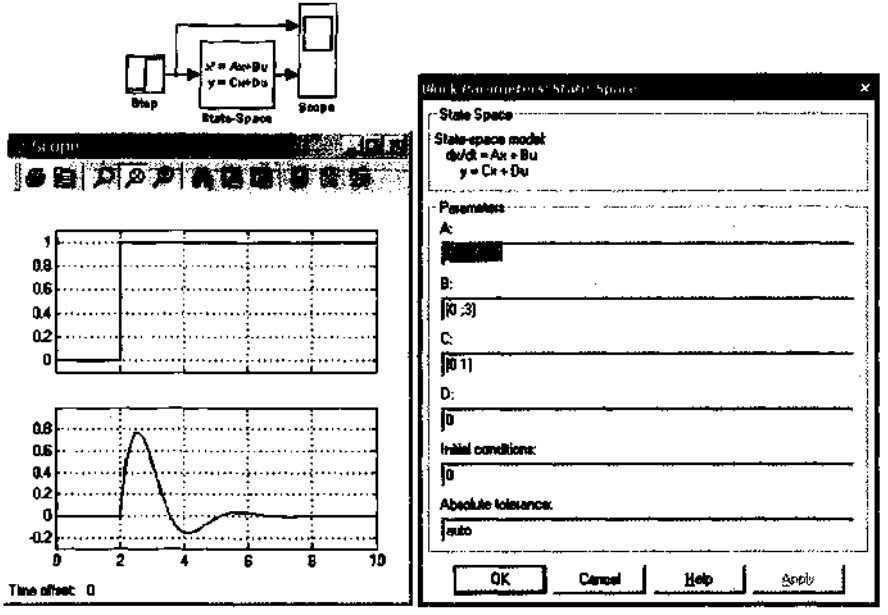
A, B, C, D –матрицалар;

Initial condition — бошланғич шартлар вектори;

Absolute tolerance — Абсолют хатолик.

State-Space блоки ёрдамида динамик объектни моделлашга мисол 9.3.11-расмда келтирилган. Блокнинг матрицалари қуйидаги қийматларга эга:

$$A=\begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -5 & -2 \end{vmatrix},\ B=\begin{vmatrix} 0 \\ 3 \end{vmatrix},\ C=|0\ \ 1|,\ D=|0|$$



12.3.11-расм. State-Space блоки ёрдамида динамик объект ни моделлашга мисол

12.4. Discrete — дискрет блоклар

12.4.1. Дискрет кечиктириш блоки Unit Delay

Вазифаси:

Кириш сигналини модел вақтининг қадамига тенг бўлган ва кечиктиради.

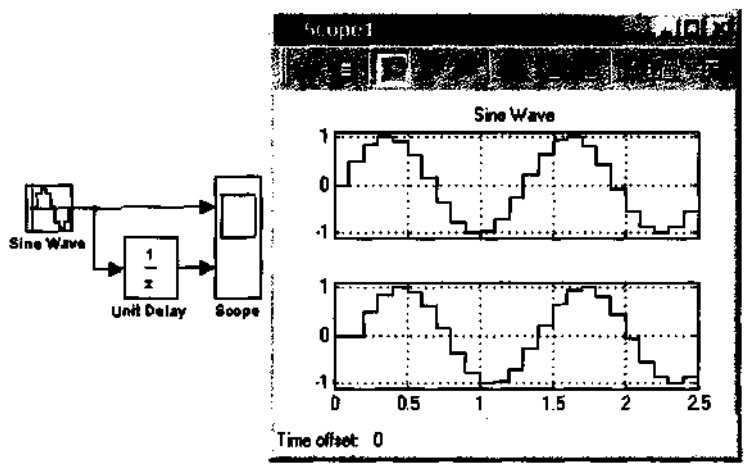
Параметрлари:

Initial condition — Чиқиш сигналининг бошланғич қиймати.

Sample time — Модел вақтининг қадами.

Кириш сигнали скаляр ёки вектор бўлиши мумкин. Кириш сигн вектор бўлса кечиктириш векторнинг ҳар бир элементи учун бажа лади. Блок комплекс ва ҳақиқий сигналлар билан ишлаши мумкі

Дискрет сигналны 0,1с га тенг бўлган битта вақт қадамига кеч тириш учун **Unit Delay** блокидан фойдаланишга мисол 12.4.1-рас келтирилган.



12.4.1-расм. Unit Delay блокидан фойдаланишга мисол

12.4.2. Нолинчи тартибли экстраполятор блоки Zero-Order H

Вазифаси:

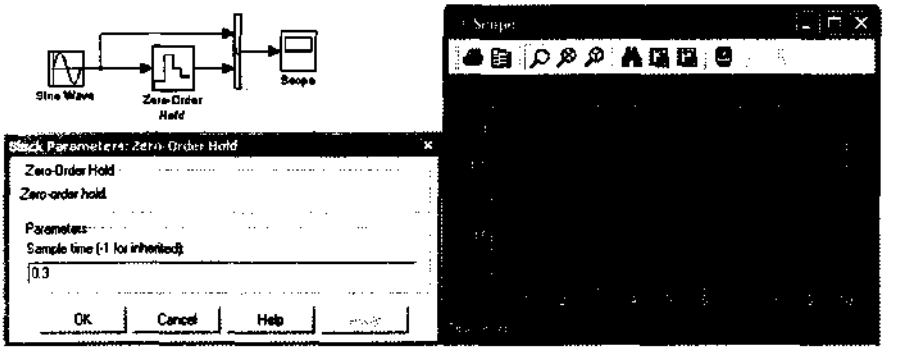
Блок кириш сигналини вақт бўйича дискретлайди.

Параметрлари:

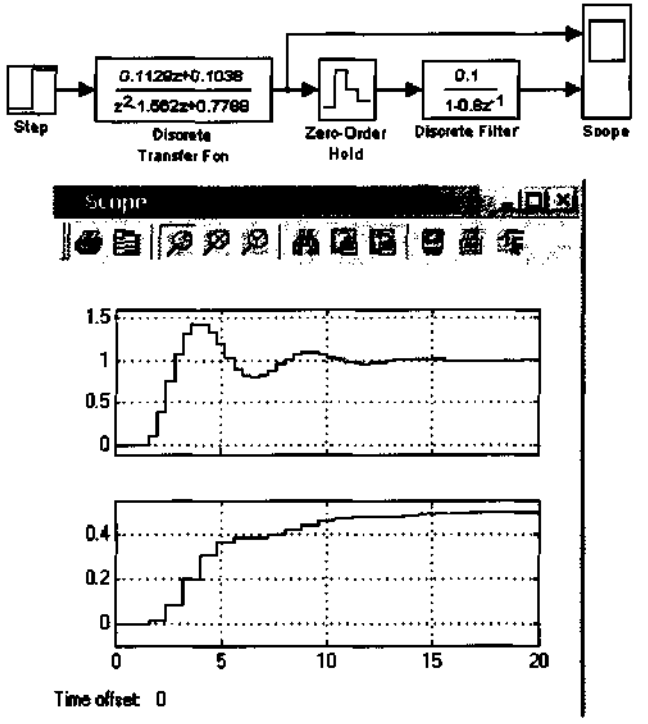
Sample time — Вақт бўйича дискретлаш қадамининг каттали

Блок кириш сигналининг квантлаш интервали бошланишид қийматини эслаб қолади ва чиқишда квантлаш интервали тугагу сақлаб туради. Кейин чиқиш сигнали сакраб, кириш сигналининг ква лашнинг кейинги қадами бошланишидаги қийматигача ўзгаради.

Zero-Order Hold блоки ёрдамида дискрет сигнални шаклланти-ришга мисол 12.4.2-расмда келтирилган.



12.4.2-расм. Zero-Order Hold блоки ёрдамида дискрет сигнални шакллантиришга мисол



12.4.3-расм. Zero-Order Hold блокидан дискрет блокларни ўзаро мослаштириш учун фойдаланиш.

Нолинчи тартибли экстраполятор блокидан ҳар хил квантлаш интервалига эга бўлган дискрет блокларнинг ишлашини мослаштириш

учун фойдаланиш мумкин (12.4.3-расм). Мисолда **Discrete Transfer Fcn** блоки имеет **Sample time = 0.4** параметрга ва **Discrete Filter** блоки эса **Sample time = 0.8** параметрга эга.

12.4.3. Биринчи тартибли экстраполятор блоки First-Order Hold

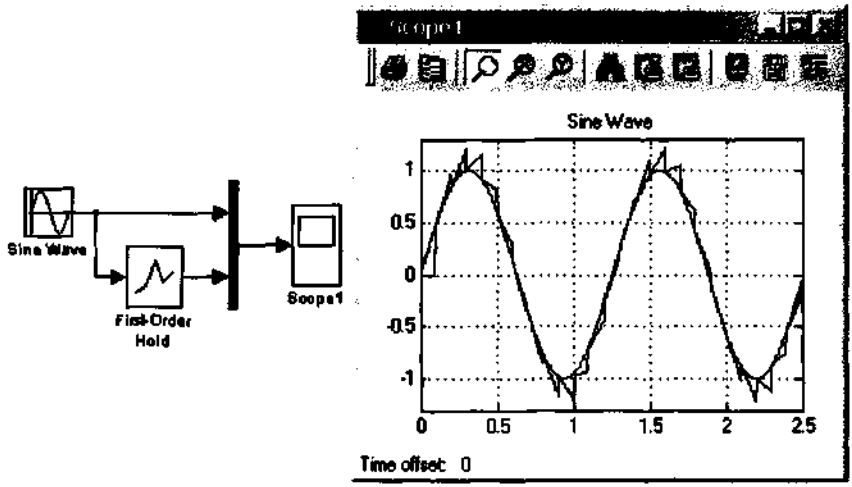
Вазифаси:

Блок кириш дискретлашнинг ҳар бир тактида сигналининг аввалги интервалдаги тиклигига мос ҳолда чиқиш сигналининг чизиқли ўзгаришини ҳосил қилади.

Параметрлари:

Sample time — Вақт бўйича дискретлаш қадамининг катталиги.

First-Order Hold блоки ёрдамида синусоидал сигнални экстраполяция қилишга мисол 12.4.4-расмда келтирилган.



12.4.4-*расм.* First-Order Hold блокидан фойдаланишга мисол

12.4.4. Дискрет интегратор блоки Discrete-Time Integrator

Вазифаси:

Блокдан дискрет системаларда интегралаш амалини бажариш учун фойдаланилади.

Параметрлари:

Integration **method** — Сонли интегралаш усули:

Forward **Euler** — Эйлер усули.

Ушбу усул **1/s** узатиш функциясини аппроксимацияси **T/(z-1)** дан фойдаланади. Блокнинг чиқиш сигнали қуйидаги ифодага асосан ҳисобланади:

$$y(k) = y(k-1) + T*u(k-1),$$

y — интеграторнинг чиқиш сигнали,
u — интеграторнинг кириш сигнали,
T — дискретлаш қадами,
k — моделлаш қадамининг номери.

Backward Euler — Эйлернинг тескари усули.

Ушбу усул **1/s** узатиш функциясини аппроксимацияси **T* z /(z-1)** дан фойдаланади. Блокнинг чиқиш сигнали қуйидаги ифодага асосан ҳисобланади:

$$y(k) = y(k-1) + T*u(k).$$

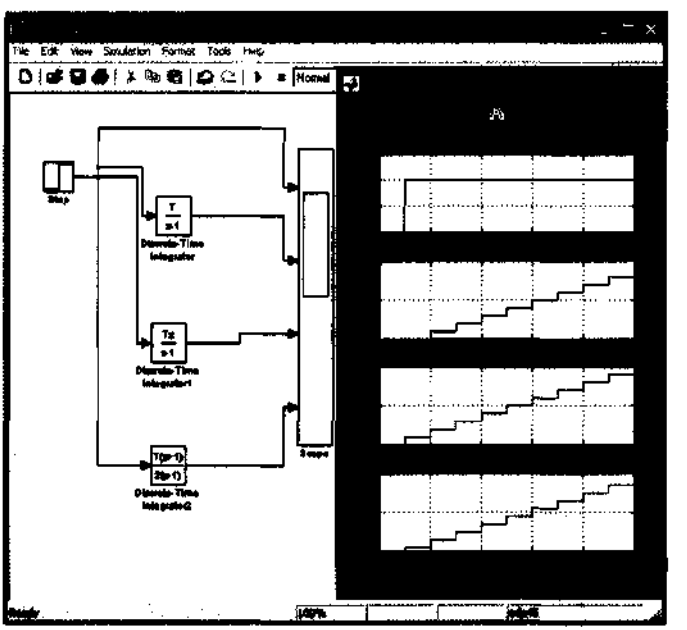
Trapeziodal — Трапециялар усули.

Ушбу усул **1/s** узатиш функциясини аппроксимацияси **T/2*(z+1)/(z–1)** дан фойдаланади. Блокнинг чиқиш сигнали қуйидаги ифодага асосан ҳисобланади:

$$x(k) = y(k-1) + T/2 * u(k-1).$$

Sample time — Вақт бўйича дискретлаш қадами.

Дискрет интеграторнинг қолган параметрлари аналог интеграторникига (**Continuous** библиотекаси **Integrator** блоки) ўхшаш.



12.4.5-расм. **Discrete-Time Integrator блоклари ёрдамида турли усуллар билан сонли интегралаш**

Discrete-Time Integrator блоки ёрдамида сонли интегралла нинг учала усули ҳам 12.4.5-расмда кўрсатилган. Расмдан танлан интеграллаш усулига мос ҳолда блокнинг тасвири ҳам ўзгариш кўриш мумкин.

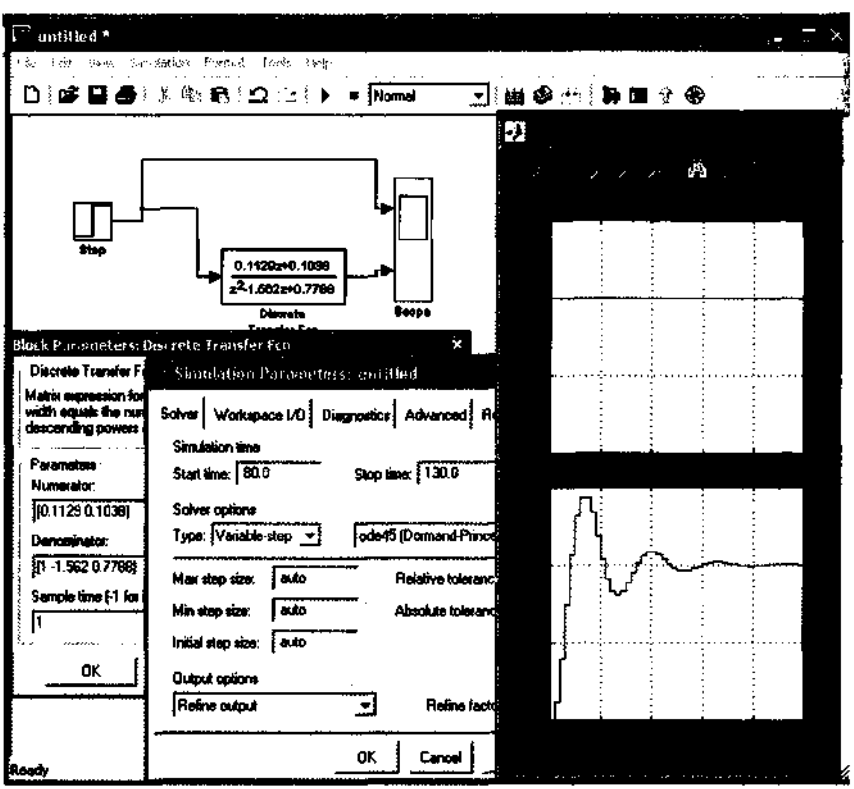
12.4.5. Дискрет узатиш функцияси блоки Discrete Transfer Fcn

Вазифаси:

Discrete Transfer Fcn блоки қуйидаги полиномлар нисбати кўр нишидаги дискрет узатиш функциясини беради:

$$H(z)=\frac{num(z)}{den(z)}=\frac{num_0 z^n+num_1 z^{n-1}+...+num_m z^{n-m}}{den_0 z^n+den_1 z^{n-1}+...+den_n},$$

бу ерда ***m+1*** ва ***n+1*** — сурат ва махраждаги коэффициентларнинг сон ***num*** — суратдаги коэффициентларнинг вектори ёки матрицаси, ***den*** — махраждаги коэффициентларнинг вектори.



12.4.6-расм. Discrete Transfer Fcn блокидан фойдаланишга мисол

Параметрлари:

Numerator — Суратдаги коэффициентларнинг вектори ёки матрицаси;

Denominator — Махраждаги коэффициентларнинг вектори;

Sample time — Вақт бўйича дискретлаш қадами.

Суратнинг тартиби махражнинг тартибидан юқори бўлмасли керак.

Кириш сигнали скаляр бўлиши керак. **Discrete Transfer Fcn** блокидан фойдаланишга мисол 12.4.6-расмда келтирилган. Мисолда тебранувчи звено дискрет аналогининг бирлик поғонали таъсирга реакцияси ҳисобланади:

$$\frac{1}{s^2+0.5s+1}.$$

Дискретлаш қадами **0.5** с олинган.

12.4.6. Дискрет узатиш функцияси блоки Discrete Zero-Pole

Вазифаси:

Discrete Zero-Pole блоки қутблари ва ноллари берилган қуйидаги дискрет узатиш функциясини аниқлайди:

$$H(z) = K\frac{Z(z)}{P(z)} = K\frac{(z-Z_1)(z-Z_2)...(z-Z_m)}{(z-P_1)(z-P_2)...(z-P_n)},$$

бу ерда Z — узатиш функцияси нолларининг вектори ёки матрицаси, P — узатиш функцияси қутбларининг вектори, K — ноллари матрица кўринишда берилган узатиш функциясининг коэффициентлари ёки коэффициентларининг вектори. Бунда K векторнинг ўлчами ноллар матрицасидаги сатрлар сони билан аниқланади.

Параметрлари:

Zeros — Ноллар вектори ёки матрицаси;

Poles — Қутблар вектори;

Gain — Узатиш функциясининг скаляр ёки вектор коэффициенти;

Sample time — Вақт бўйича дискретлаш қадами.

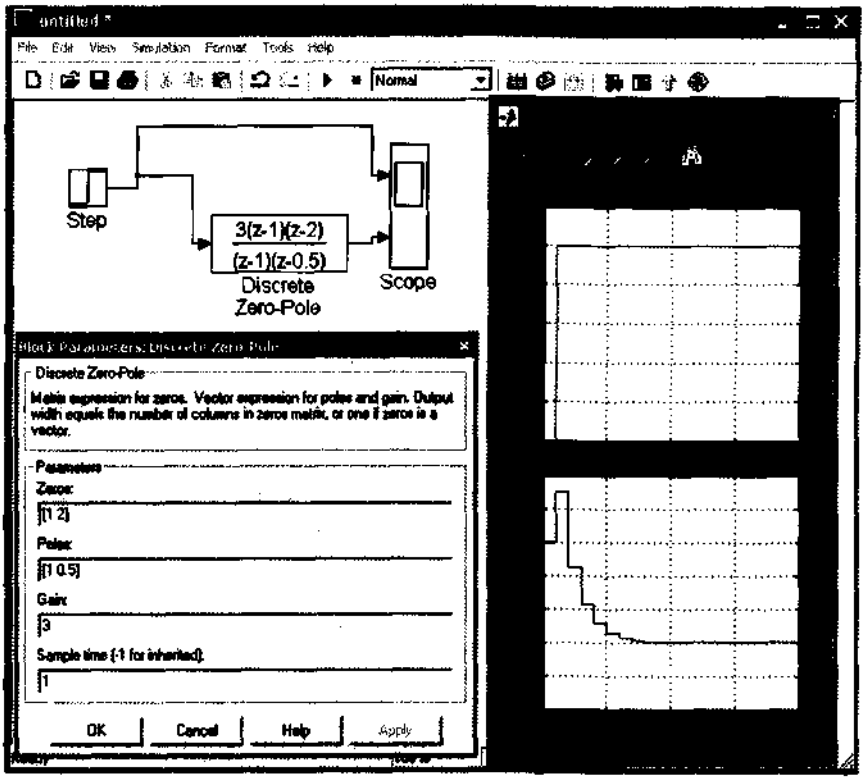
Узатиш функциясида ноллар сони қутблар сонидан катта бўлмаслиги керак.

Узатиш функциясининг ноллари матрица кўринишида берилса **Discrete Zero-Pole** блоки вектор узатиш функциясини моделлайди.

Ноллар ва қутблар комплекс-бириктирилган жуфтликлар билан ҳам берилиши мумкин.

Discrete Zero-Pole блокидан фойдаланилганда бошланғич шартлар нол деб олинади.

Discrete Zero-Pole блокидан фойдаланишга мисол 12.4.7-расмда келтирилган.



12.4.7-расм. Discrete Zero-Pole блокидан фойдаланишга мисол.

12.4.7. Дискрет фильтр блоки Discrete Filter

Вазифаси:

Дискрет фильтр блоки **Discrete Filter** тескари аргумент (**1/z**) дан қуйидаги дискрет узатиш функциясини беради:

$$H(1/z)=\frac{num(1/z)}{den(1/z)}=\frac{num_0z^0+num_1z^{-1}+num_2z^{-2}+...+num_mz^{-m}}{den_0z^0+den_1z^{-1}+den_2z^{-2}+...+den_nz^{-n}},$$

бу ерда ***m+1*** и ***n+1*** — сурат ва махраж коэффициентларининг сони; ***num*** — *сурат* коэффициентларининг вектори ёки матрицаси; ***den*** — махраж коэффициентларининг вектори.

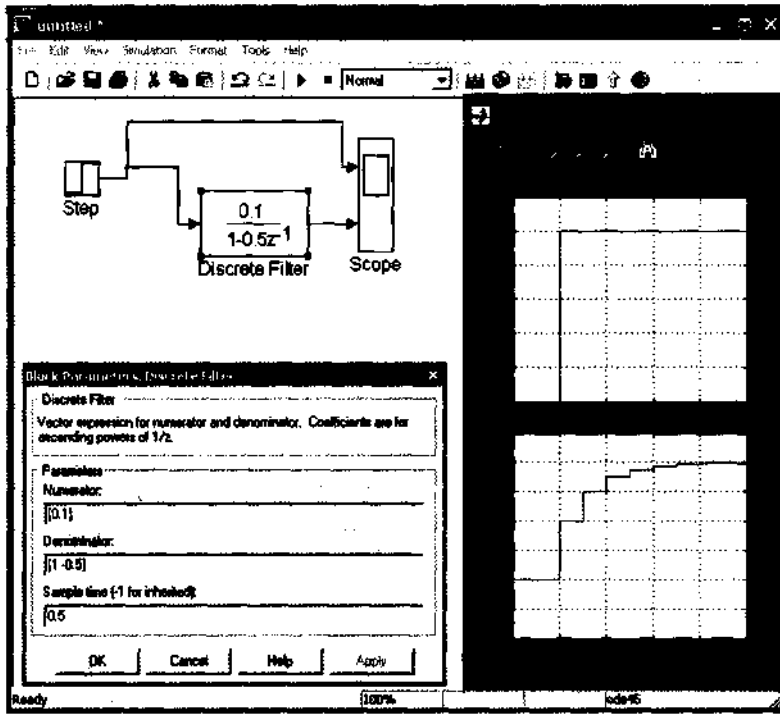
Параметрлари:

Numerator — Сурат коэффициентларининг вектори ёки матрицаси;

Denominator — Махраж коэффициентларининг вектори;

Sample time — Вақт бўйича дискретлаш қадами.

Discrete Filter блокидан фойдаланишга мисол 12.4.8-расмда келтирилган. Мисолда дискретлаш қадами 0.5 с олинган.



12.4.8-расм. Discrete Filter блокидан фойдаланишга мисол

12.4.8. Динамик объект моделининг блоки Discrete State-Space

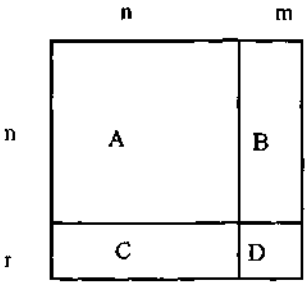
Вазифаси:

Блок қуйидаги ҳолат тенгламалари билан аниқланувчи динамик объектнинг моделини ҳосил қилади:

$$x(n+1)=Ax(n)+Bu(n)$$

$$y(n)=Cx(n)+Du(n),$$

бу ерда x — ҳолат вектори; u — кириш таъсирларининг вектори; y — чиқиш сигналларининг вектори; A, B, C, D — матрицалар; n — моделлаш қадамининг тартиб рақами.



12.4.9-расм. Discrete State-Space блоки матрицаларининг ўлчамлари.

Матрицанинг ўлчамлари 12.4.9-расмда кўрсатилган (*n* — ҳолат ўзгарувчиларининг сони, *m* — кириш сигналларининг сони, *r* — чиқиш сигналларининг сони).

Параметрлари:

A — Системанинг матрицаси;

B — Кириш матрицаси;

C — Чиқиш матрицаси;

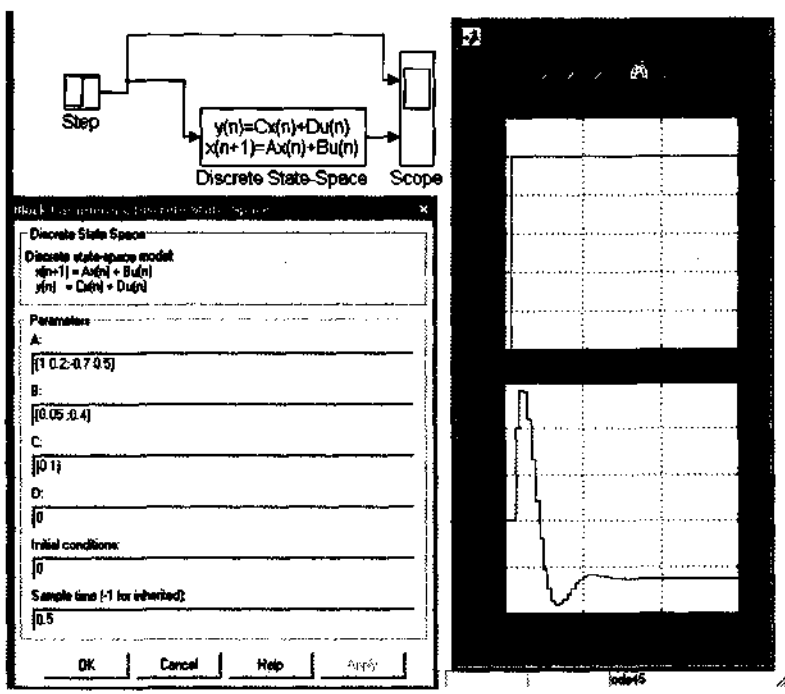
D — Ўтиш матрицаси;

Initial condition — Бошланғич шартлар вектори;

Sample time — Вақт бўйича дискретлаш қадами.

Discrete State-Space блоки ёрдамида динамик объектни моделлашга мисол 12.4.10-расмда кўрсатилган. Блокнинг матрицалари қуйидаги қийматларга эга:

$$A=\begin{vmatrix} 1 & 0.2 \\ -0.7 & -0.5 \end{vmatrix},\ B=\begin{vmatrix} 0.05 \\ 0.4 \end{vmatrix},\ =|0\ \ 1|,=|0|$$



12.4.10-расм. Discrete State-Space блокидан фойдаланишга мисол

12.5. Nonlinear — ночизиқли блоклар

12.5.1. Чеклаш блоки Saturation

Вазифаси:

Сигналнинг қийматини чеклайди.

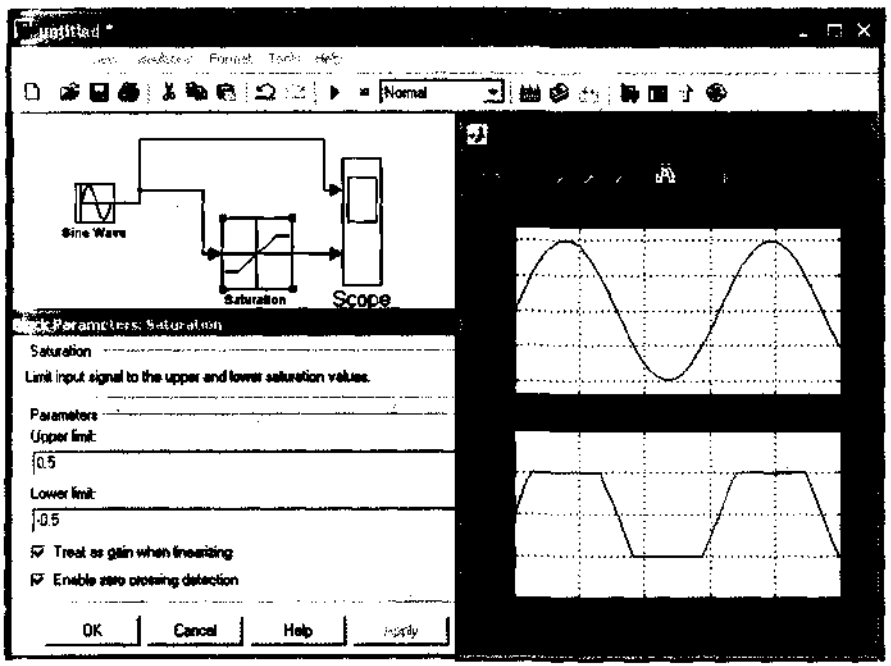
Параметрлари:

Upper limit — Чеклашнинг юқори чегараси;

Lower limit — Чеклашнинг пастки чегараси;

Treat as gain when linearizing (флажок) — Линиялаштиришда узатиш коэффициенти бирга тенг бўлган кучайтиргич сифатида олиш.

Saturation блокидан синусоидал сигнални чеклаш учун фойдаланишга мисол 12.5.1-расмда кўрсатилган.



12.5.1-расм. Saturation блокидан фойдаланишга мисол

12.5.2. Сезмаслик зонасига эга бўлган блок Dead Zone

Вазифаси:

«Сезмаслик зонаси» туридаги ночизиқли боғланишни амалга оширади.

Параметрлари:

Start of dead zone — Сезмаслик зонасининг бошланиши (пастк чегара);

End of dead zone — Сезмаслик зонасининг тугаши (юқори че гара);

Saturate on integer overflow (байроқча) — Байроқча ўрнатилганд бутун турдаги сигналларни чеклаш коррект тарзда амалга оширилади

Treat as gain when linearizing (байроқча) — Линиялаштиришд узатиш коэффициенти бирга тенг бўлган кучайтиргич сифатида олиш

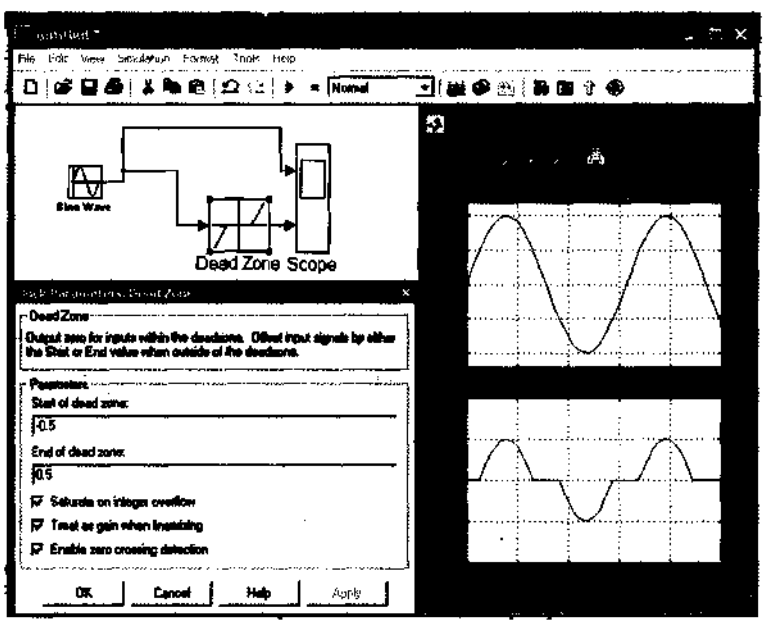
Блокнинг чиқиш сигнали қуйидаги алгоритмга асосан ҳисоб ланади:

Агар кириш сигнали сезмаслик зонасининг ичида бўлса чиқиш сигнали нолга тенг бўлади;

Агар кириш сигнали сезмаслик зонасининг юқори чегарасига тенг ёки ундан катта бўлса чиқиш сигнали кириш сигналидан юқори чегаранинг қиймати олиб ташланганига тенг бўлади;

Агар кириш сигнали сезмаслик зонасининг пастки чегарасига тенг ёки ундан кичик бўлса чиқиш сигнали кириш сигналидан пастки чегаранинг қиймати олиб ташланганига тенг бўлади.

Dead Zone блокидан фойдаланишга мисол 12.5.2-расмда кўрсатилган.



12.5.2-расм. Dead Zone блокидан фойдаланишга мисол

12.5.3. Релели блок Relay

Вазифаси:

Релели ночизиқликни амалга оширади.

Параметрлари:

Switch on point — уланиш чегараси. Реле уланадиган қиймат.

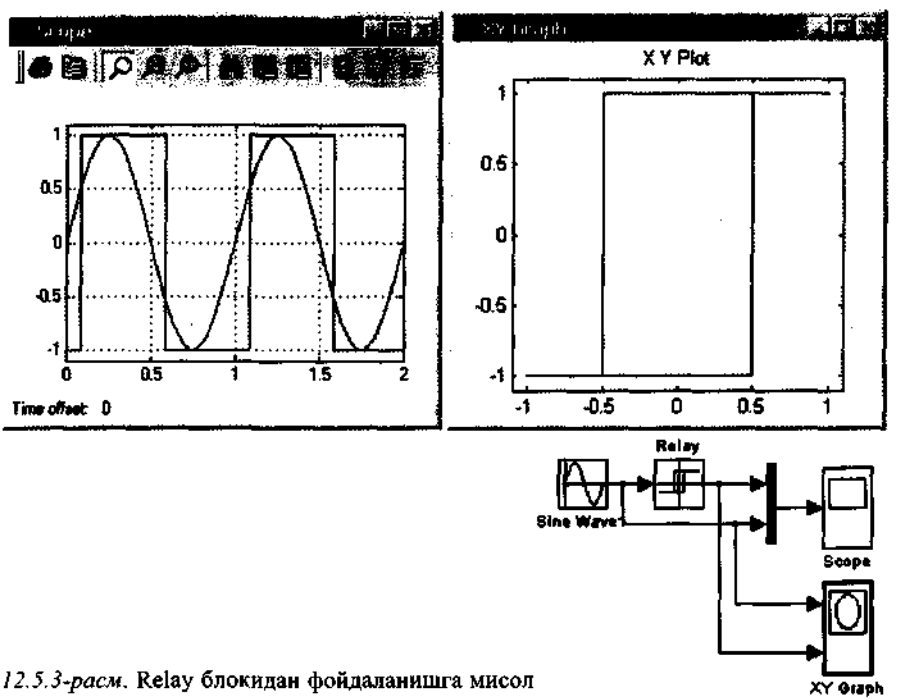
Switch off point — узилиш чегараси. Реле узиладиган қиймат.

Output when on — реле уланган ҳолатдаги чиқиш сигналининг қиймати.

Output when off — реле узилган ҳолатдаги чиқиш сигналининг қиймати.

Блокнинг чиқиш сигнали икки қийматдан бирини қабул қилиши мумкин. Улардан бири реле уланган ва иккинчиси реле узилган ҳолатга мос келади. Реле бир ҳолатдан иккинчисига сакраб ўтади. Уланиш ва узилиш чегаралари ҳар хил бўлганда блок гистерезисга эга бўлган релели характеристикани амалга оширади. Бунда реленинг уланиш чегараси узилиш чегарасидан катта бўлиши керак.

Relay блокидан фойдаланишга мисол 12.5.3-расмда келтирилган. Вақт диаграммаларидан кўриниб турганидек реле кириш сигнали 0.5га етганда уланади ва -0.5 гача пасайганда узилади.



12.5.3-расм. Relay блокидан фойдаланишга мисол

Параметрлари:

Start of dead zone — Сезмаслик зонасининг бошланиши (пастки чегара);

End of dead zone — Сезмаслик зонасининг тугаши (юқори чегара);

Saturate on integer overflow (байроқча) — Байроқча ўрнатилганда бутун турдаги сигналларни чеклаш коррект тарзда амалга оширилади.

Treat as gain when linearizing (байроқча) — Линиялаштиришда узатиш коэффициенти бирга тенг бўлган кучайтиргич сифатида олиш.

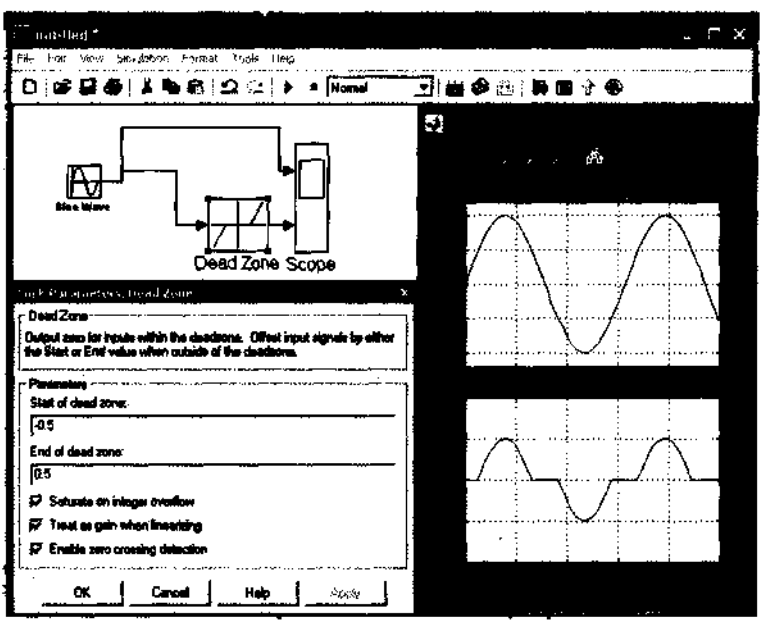
Блокнинг чиқиш сигнали қуйидаги алгоритмга асосан ҳисобланади:

Агар кириш сигнали сезмаслик зонасининг ичида бўлса чиқиш сигнали нолга тенг бўлади;

Агар кириш сигнали сезмаслик зонасининг юқори чегарасига тенг ёки ундан катта бўлса чиқиш сигнали кириш сигналидан юқори чегаранинг қиймати олиб ташланганига тенг бўлади;

Агар кириш сигнали сезмаслик зонасининг пастки чегарасига тенг ёки ундан кичик бўлса чиқиш сигнали кириш сигналидан пастки чегаранинг қиймати олиб ташланганига тенг бўлади.

Dead Zone блокидан фойдаланишга мисол 12.5.2-расмда кўрсатилган.



12.5.2-расм. Dead Zone блокидан фойдаланишга мисол

12.5.3. Релели блок Relay

Вазифаси:

Релели ночизиқликни амалга оширади.

Параметрлари:

Switch on point — уланиш чегараси. Реле уланадиган қиймат.

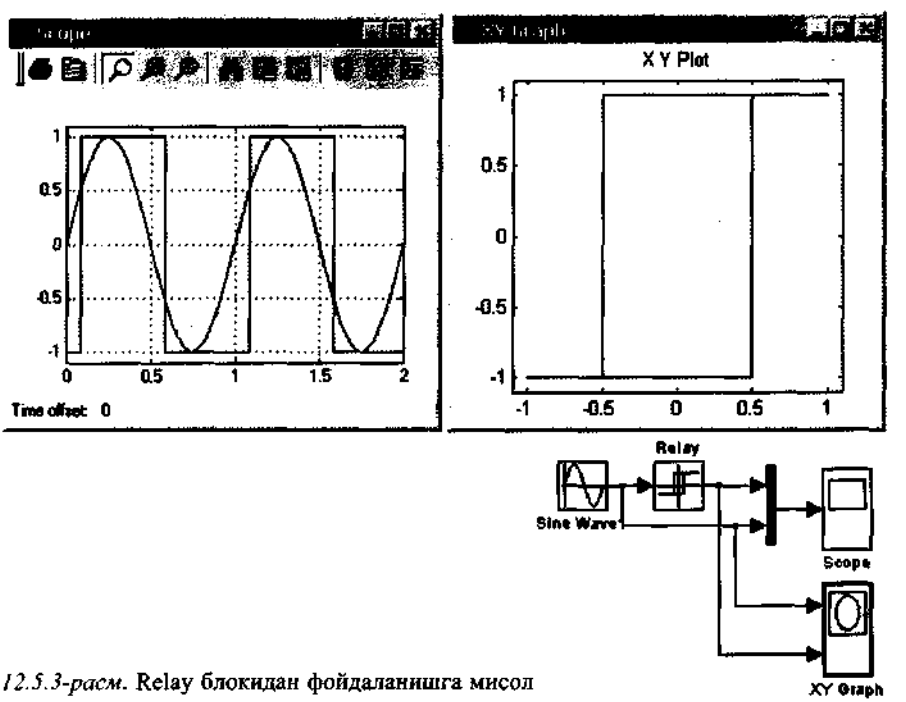
Switch off point — узилиш чегараси. Реле узиладиган қиймат.

Output when on — реле уланган ҳолатдаги чиқиш сигналининг қиймати.

Output when off — реле узилган ҳолатдаги чиқиш сигналининг қиймати.

Блокнинг чиқиш сигнали икки қийматдан бирини қабул қилиши мумкин. Улардан бири реле уланган ва иккинчиси реле узилган ҳолатга мос келади. Реле бир ҳолатдан иккинчисига сакраб ўтади. Уланиш ва узилиш чегаралари ҳар хил бўлганда блок гистерезисга эга бўлган релели характеристикани амалга оширади. Бунда реленинг уланиш чегараси узилиш чегарасидан катта бўлиши керак.

Relay блокидан фойдаланишга мисол 12.5.3-расмда келтирилган. Вақт диаграммаларидан кўриниб турганидек реле кириш сигнали 0.5га етганда уланади ва -0.5 гача пасайганда узилади.



12.5.3-расм. Relay блокидан фойдаланишга мисол

12.5.4. Сатҳ бўйича квантлаш блоки Quantizer

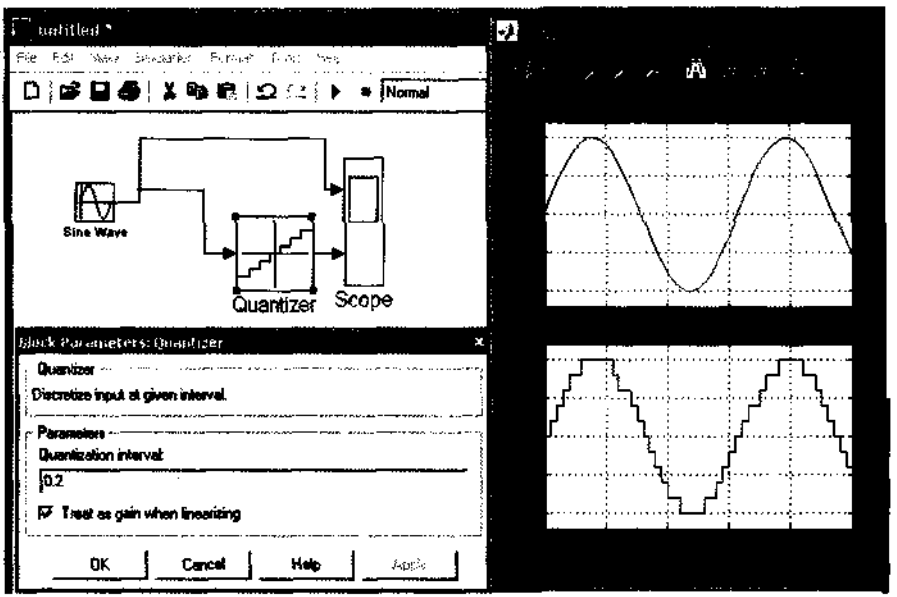
Вазифаси:

Блок кириш сигналини сатҳ бўйича бир хил қадам билан квантлашни таъминлайди.

Параметрлари:

Quantization interval — сатҳ бўйича квантлаш қадами.

Quantizer блокидан фойдаланишга мисол 12.5.4-расмда кўрсатилган. Мисолда квантлаш қадами 0.2 олинган.



12.5.4-расм. Quantizer блокидан фойдаланишга мисол

12.5.5. Люфт блоки Backlash

Вазифаси:

«Люфт» туридаги ночизиқликни моделлайди.

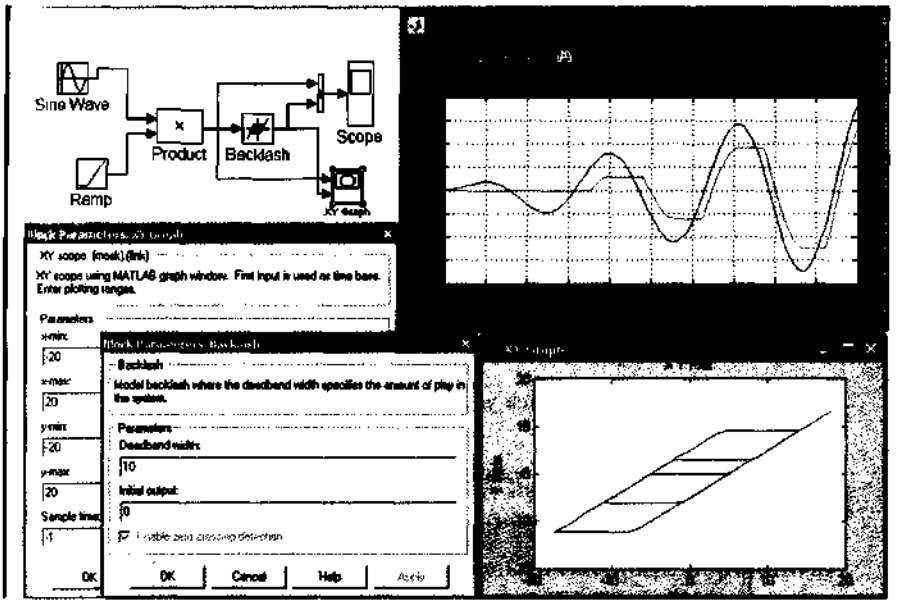
Параметрлари:

Deaband width — Люфтнинг кенглиги;

Initial output — Чиқиш сигналининг бошланғич қиймати.

Чиқишдаги сигнал киришдаги сигнал **Deaband width)/2** қийматга етгунча **Initial output** қийматга, кейин эса **U-(Deaband width)/2** қийматга, кириш сигналининг йўналиши ўзгаргандан кейин кириш сигнали **(Deaband width)/2** га ўзгаргунча ўзгаришсиз қолади ва кейин **U+(Deaband width)/2** қийматга эга бўлади.

Backlash блокидан фойдаланишга мисол 12.5.5-расмда келтирилган. Мисолда кириш сигнали сифатида амплитудаси чизиқли ортиб борувчи гармоник сигнал олинган.



12.5.5-расм. Backlash блокидан фойдаланишга мисол

12.5.6. Улаб узгич блоки Switch

Вазифаси:

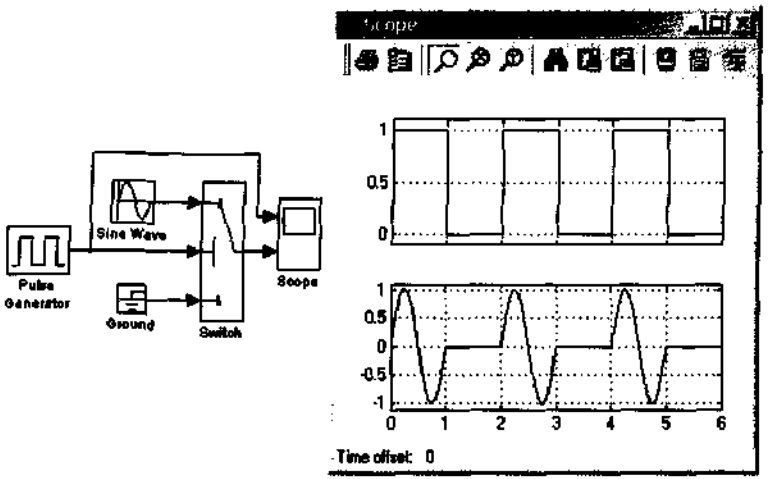
Бошқариш сигналига асосан кириш сигналларини улаб узади.

Параметрлари:

Threshold — Бошқарувчи сигналнинг чегараси.

Блок қуйидагича ишлайди: агар блокнинг ўртадаги каришига келтирилаётган сигнал бошқарувчи сигналнинг чегарасидан (**Threshold** параметрининг қийматидан) кичик бўлса блокнинг чиқишига биринчи (юқоридаги) киришидаги сигнал, катта бўлса иккинчи (пастдаги) киришидаги сигнал ўтади.

Switch блокининг ишлаши 12.5.6-расмда кўрсатилган. Бошқарувчи сигналнинг чегаравий қиймати 0.5 олинганлиги учун калитнинг бошқарувчи киришидаги сигнал 1 бўлганда чиқишга Sine Wave блокидаги гармоник сигнал ўтади. Бошқарувчи киришдаги сигнал 0 бўлса чиқишда **Ground** блокидаги нол сатҳли сигнал ҳосил бўлади.



12.5.6-расм. Switch улаб узгични қўллашга мисол

12.5.7. Кўп киришли улаб узгич блоки Multiport Switch

Вазифаси:

Актив кириш портининг номерини аниқловчи бошқариш сигна лига асосан кириш сигналларини улаб узади.

Параметрлари:

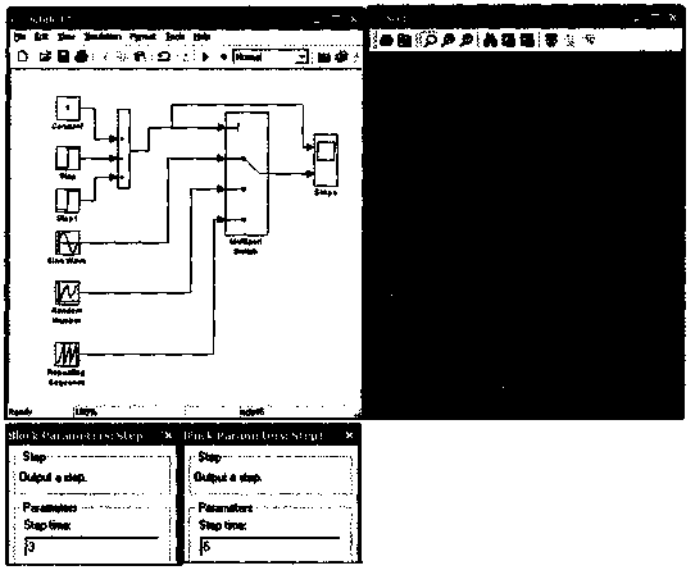
Number of inputs — Киришлар сони.

Кўп киришли улаб узгич блоки **Multiport Switch** номери бош қарувчи сигналнинг жорий қийматига тенг бўлган киришдаги сигнал ни чиқишга ўтказади. Агар бошқарувчи сигнал бутун турдаги сигна бўлмаса **Multiport Switch** блоки сигналнинг каср қисмини ташлаб юборади ва **MATLABнинг** командалар ойнасида огоҳлантирувчи хабар ҳосил бўлади.

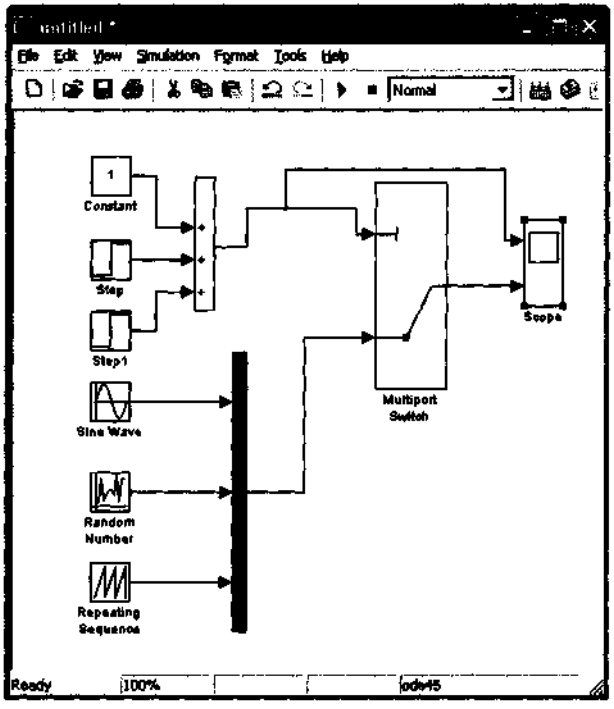
Multiport Switch блокининг ишлашига мисол 12.5.7-расмда келтирилган. Улаб узгичнинг бошқарувчи сигнали учта сатҳга эга ва **Constant**, **Step**, **Step1** ва **Sum** блоклари ёрдамида шакллантирилади. Кириш сигналининг сатҳига мос равишда **Multiport Switch** блокининг чиқишига ҳар хил частотага эга бўлган гармоник сигналлар ўтади.

Multiport Switch блокидаги киришлар сонини 1га тенг қилиб олиш ҳам мумкин. Бу ҳолда блокнинг киришига вектор сигнал бериш керак. Блок номери бошқарувчи сигналнинг сатҳига мос келувчи сигнални чиқишига ўтказади.

Киришида вектор сигнал бўлганда **Multiport Switch** блокидан фойдаланишга мисол 12.5.8-расмда келтирилган.



12.5.7-расм. Multiport Switch улаб узгичнинг ишлатилишига мисол.



12.5.8-расм. Киришида вектор сигнал бўлганда Multiport Switch блокидан фойдаланишга мисол

12.5.10. Улаб узгич блоки Manual Switch

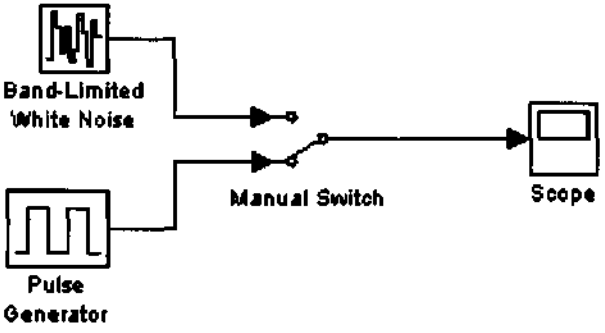
Вазифаси:

Кириш сигналларини фойдаланувчининг командасига асосан улаб узади.

Параметрлари:

Йўқ.

Улаб узиш учун блокнинг тасвири устида сичқончанинг чап тугмаси тўхтовсиз икки марта босилади. 12.5.9-расмда **Manual Switch** блокидан фойдаланишга мисол келтирилган.



12.5.9-расм. Manual Switch блокидан фойдаланишга мисол

12.6. Math — математик амаллар блоклари

12.6.1. Модулни ҳисоблаш блоки Блок Abs

Вазифаси:

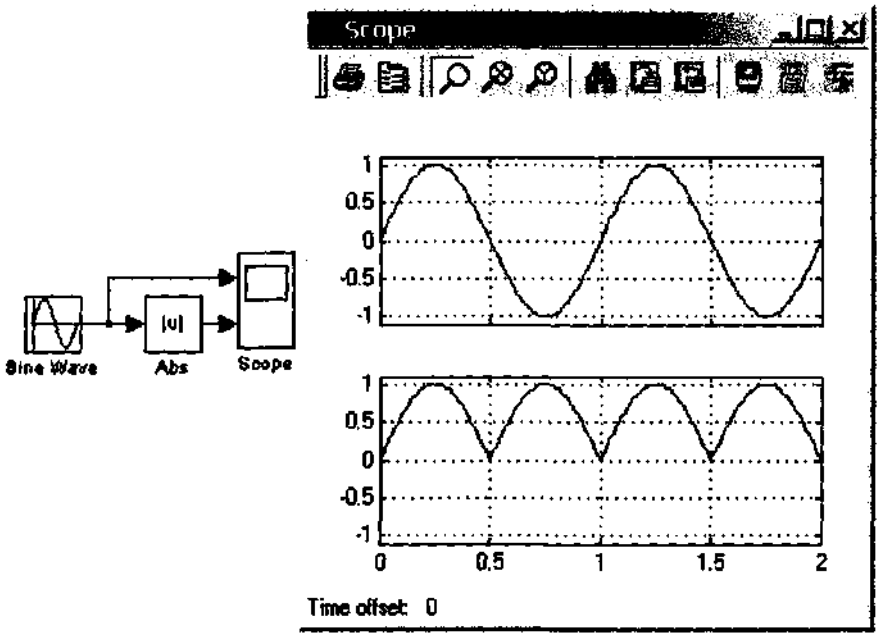
Сигналнинг абсолют қийматини ҳисоблайди.

Abs блокидан синусоидал сигнал жорий қийматининг модулини ҳисоблашга мисол 12.6.1-расмда келтирилган.

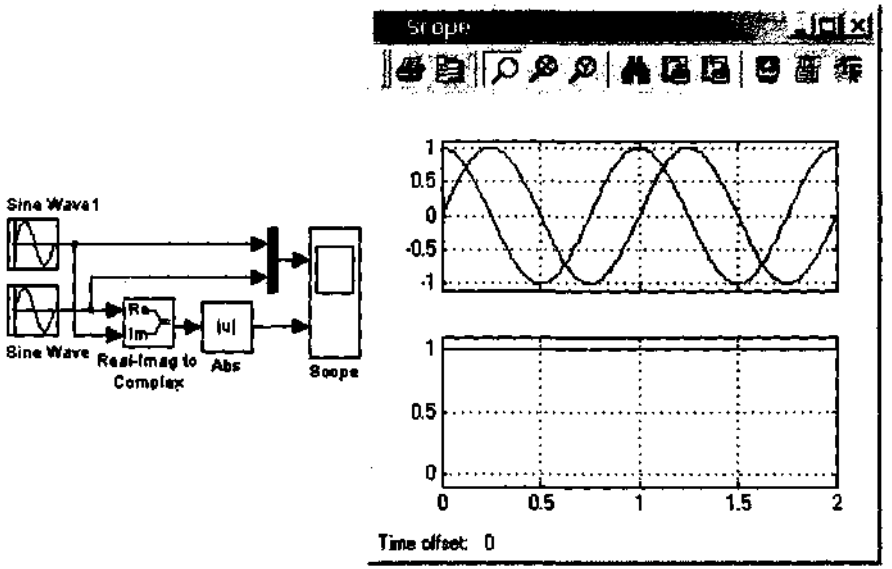
Abs блокидан комплекс турдаги сигналнинг модулини ҳисоблаш учун ҳам фойдаланиш мумкин (12.6.2-расм). Расмда

$$u = \cos(\omega \cdot t) + i \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Копплекс сигналнинг модули ҳисобланган. Унинг қиймати кутилганидек, ҳар қандай вақт моменти учун бирга тенг.



12.6.1-расм. Abs блокидан синусоидал сигнал жорий қийматининг модулини ҳисоблашга мисол



12.6.2-расм. Abs блокидан комплекс турдаги сигналнинг модулини ҳисоблаш учун фойдаланиш

12.6.2. Йиғиндини ҳисоблаш блоки Sum

Вазифаси:

Сигналлар жорий қийматларининг йиғиндисини ҳисоблайди.

Параметрлари:

Icon shape — блокнинг шакли. Қуйидаги рўйхатдан олинади:

round–айлана;

rectangular — тўртбурчак.

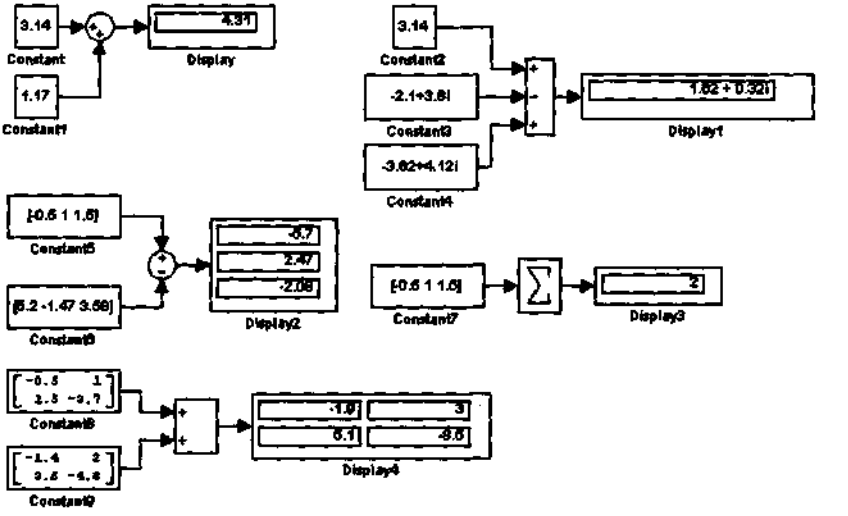
List of sign — белгилар рўйхати: + (плюс), — (минус) ва | (белгилар ажраткичи).

Sum блокидан скаляр, вектор ёки матрицавий сигналларнинг йиғиндисини ҳисоблаш учун фойдаланиш мумкин. Йиғиндиси ҳисобланаётган сигналларнинг турлари ўзаро мос келиши керак.

Агар киришлар сони бирдан кўп бўлса блок сигналларнинг векторлари ва матрицалари устида элементлараро амалларни бажаради. Бунда матрицалар ёки векторлардаги элементлар сонлари тенг бўлиши керак.

Белгилар рўйхатида битта белги кўрсатилган бўлса блок вектор элементларининг йиғиндисини ҳисоблайди.

Sum блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.3-расмда келтирилган.



12.6.3-расм. Sum блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.3. Кўпайтириш блоки Product

Вазифаси:

Сигналлар жорий қийматларининг кўпайтмасини ҳисоблайди.

Параметрлари:

Number of inputs — Киришлар сони. Сон кўринишида ёки белгилар рўйхати кўринишида берилиши мумкин. Рўйхатда * (кўпайтириш) ва / (бўлиш) белгиларидан фойдаланилади.

Multiplication — Амални бажариш усули. Қуйидаги қийматларни қабул қилиши мумкин:

Element-wise–Элементлар бўйича.

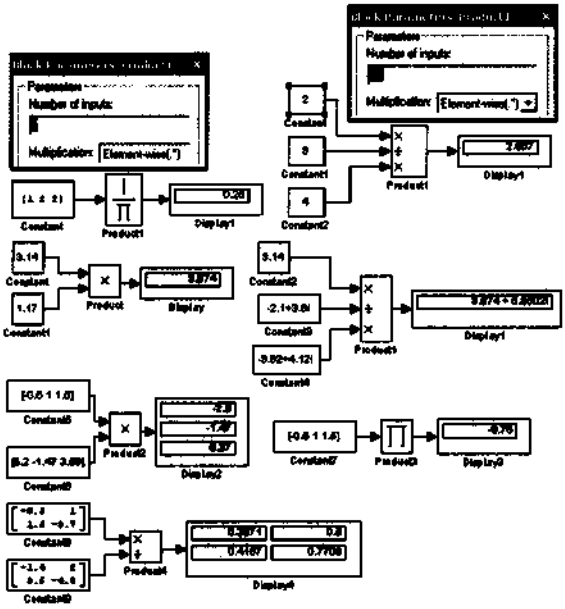
Matrix — Матрицавий.

Saturate **on integer overflow** (байроқча) — Бутуннинг тўлиб кетишини йўқотади. Байроқча ўрнатилганда бутун турдаги сигналларни қўшиш коррект тарзда бажарилади.

Агар **Number of inputs** параметри рўйхат кўринишида берилган ва рўйхатда кўпайтириш белгисидан ташқари бўлиш белгиси ҳам бўлса киришда мос амалларнинг символлари ҳосил бўлади.

Блок скаляр, вектор ёки матрицавий сигналларни кўпайтириш ва бўлиш учун ишлатилади. Кириш сигналларининг турлари мос келиши керак (кириш сигналлари бир хил турда бўлиши керак). Киришлар сони сифатида 1 рақами кўрсатилган блокни вектор элементларининг кўпайтмасини аниқлаш учун ишлатиш мумкин.

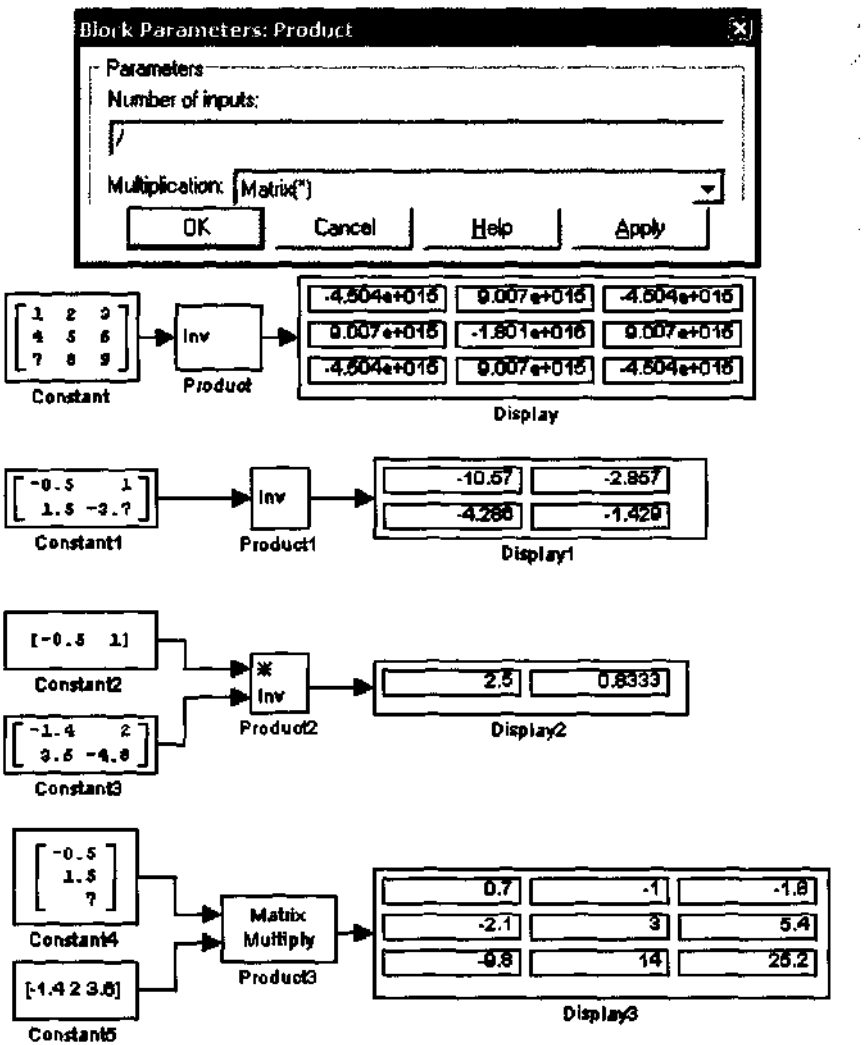
Product блокидан скаляр ва элементлар бўйича амалларни бажаришда фойдаланишга мисоллар 12.6.4-расмда келтирилган.



12.6.4-расм. Product блокидан скаляр ва элементлар бўйича амалларни бажаришда фойдаланишга мисоллар

Матрицавий амалларни бажаришда уларни бажариш қоидаларига амал қилиш керак. Масалан, иккита матрица бир-бирига кўпайтирилаётганда биринчи матрицадаги сатрлар сони иккинчи матрицадаги устунлар сонига тенг бўлиши талаб қилинади.

Матрицавий амалларни бажаришда **Product** блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.5-расмда келтирилган. Мисолларда тескари матрицани шакллантириш, матрицаларни бўлиш ва кўпайтириш кўрсатилган.



12.6.5-расм. Матрицавий амалларни бажаришда Product блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.4. Сигналнинг ишорасини аниқлаш блоки Sign

Вазифаси:

Кириш сигналининг ишорасини аниқлайди.

Параметрлари:

Йўқ.

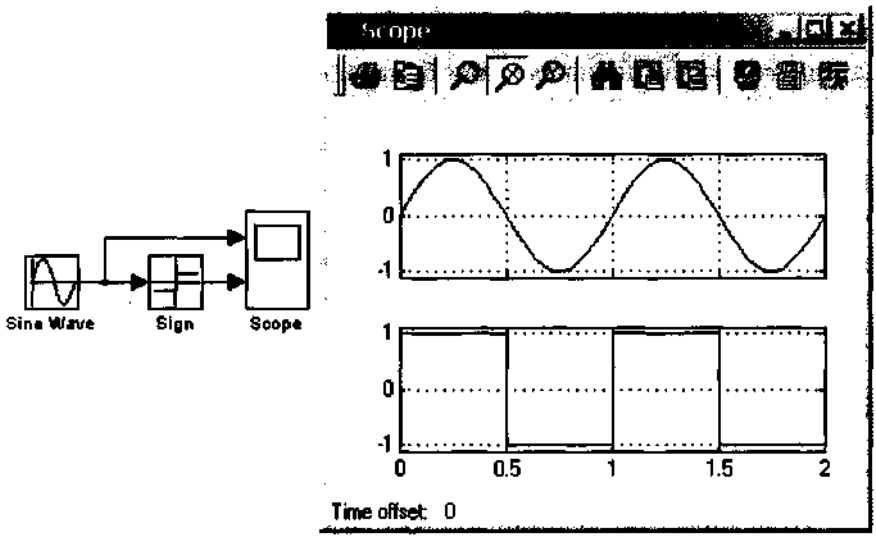
Блок қуйидаги алгоритмга асосан ишлайди:

Агар кириш сигнали мусбат бўлса, чиқиш сигнали 1 бўлади;

Агар кириш сигнали манфий бўлса, чиқиш сигнали -1 бўлади;

Агар кириш сигнали нол бўлса, чиқиш сигнали ҳам нол бўлади.

Sign блокининг ишлашига мисол 12.6.6-расмда келтирилган.



12.6.6-расм. Sign блокининг ишлашига мисол

12.6.5. Кучайтиргичлар Gain ва Matrix Gain

Вазифаси:

Кириш сигналини доимий коэффициентга кўпайтиради.

Параметрлари:

Gain — Кучайтириш коэффициенти.

Multiplication — амалларни бажариш усули. Қуйидаги рўйхатдаги қийматларни қабул қилиши мумкин:

- **Element-wise K*u**– элементлараро;
- **Matrix K*u** — матрицавий. Кучайтириш коэффициенти чап томонли операнд бўлади;

- **Matrix u*K** — матрицавий. Кучайтириш коэффициенти ўнг томонли операнд бўлади.

Gain ва **Matrix Gain** кучайтириш блоклари ягона блок бўлиб, **Multiplication** параметрининг қиймати билан фарқ қилади.

Gain блокининг параметри мусбат ёки манфий ҳамда, бирдан катта ёки кичик ҳам бўлиши мумкин. Кучайтириш коэффициентини скаляр, матрица, вектор ёки ҳисобланадиган ифода кўринишида бериш мумкин.

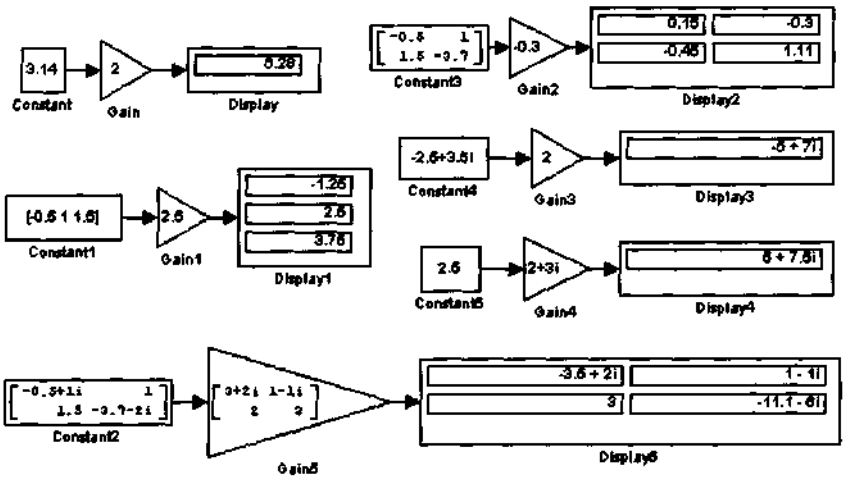
Multiplication парметри **Element-wise K*u** кўринишида бўлса блок скаляр сигнални ёки вектор сигналнинг ҳар бир элементини берилган коэффициентга кўпайтиради. **Matrix K*u** ва **Matrix u*K** қийматларда эса сигнални матрица орқали берилган коэффициентга матрицавий кўпайтириш амалини бажаради. Сукут бўйича кучайтириш коэффициенти **double** турдаги ҳақиқий сон бўлади.

Элементлараро кучайтириш амали учун кириш сигнали ҳар қандай турдаги (мантиқийдан ташқари скаляр, вектор ёки матрица кўринишида бўлиши мумкин. Векторнинг элементлари бир хил турдаги сигналларга эга бўлиши керак. **Gain** блокининг параметри мантиқийдан ташқари ҳар қандай турдаги скаляр, вектор ёки матрица бўлиши мумкин.

Gain блоки чиқиш сигналини қуйидаги қоидаларга асосан ҳисоблайди:

- Агар кириш сигнали ҳақиқий турда ва кучайтириш коэффициенти комплекс турда бўлса, чиқиш сигнали комплекс бўлади;
- Агар кириш сигналининг тури кучайтириш коэффициентининг туридан фарқ қилса **Simulink** кучайтириш коэффициентининг турини кириш сигналининг турига келтириш учун ҳаракат қилади. Бунинг имконияти бўлмаса ҳисоблашлар тўхтатилади ва хатолик тўғрисида хабар берилади. Масалан, бундай ҳолат кириш сигнали ишорасиз бутун (**uint8**) ва **Gain** блокининг параметри манфий сон кўринишида берилганда юзага келиши мумкин.

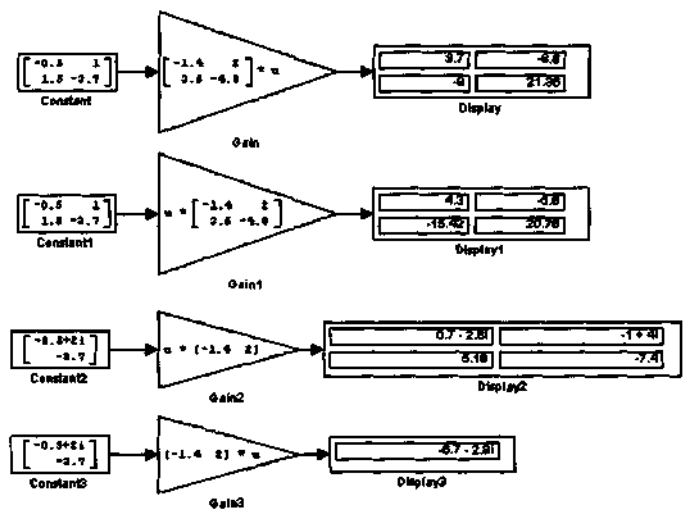
Скаляр ва элементлараро амалларни бажариш учун **Gain** блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.7-расмда келтирилган.



12.6.7-расм. Скаляр ва элементлараро амалларни бажариш учун Gain блокидан фойдаланишга мисоллар

Матрицавий кучайтириш (кириш сигналини берилган коэффициентга матрицавий кўпайтириш) амалини бажариш учун кириш сигнали ва кучайтириш коэффициенти **single** ёки **double** турдаги комплекс ёки ҳақиқий скаляр, вектор ёки матрицавий қийматлар бўлиши керак.

Matrix Gain блоки ёрдамида матрицавий амалларни бажаришга мисоллар 12.6.8-расмда келтирилган.



12.6.8-расм. Matrix Gain блоки ёрдамида матрицавий амалларни бажариш

12.6.6. Ползунокли регулятор Slider Gain

Вазифаси:

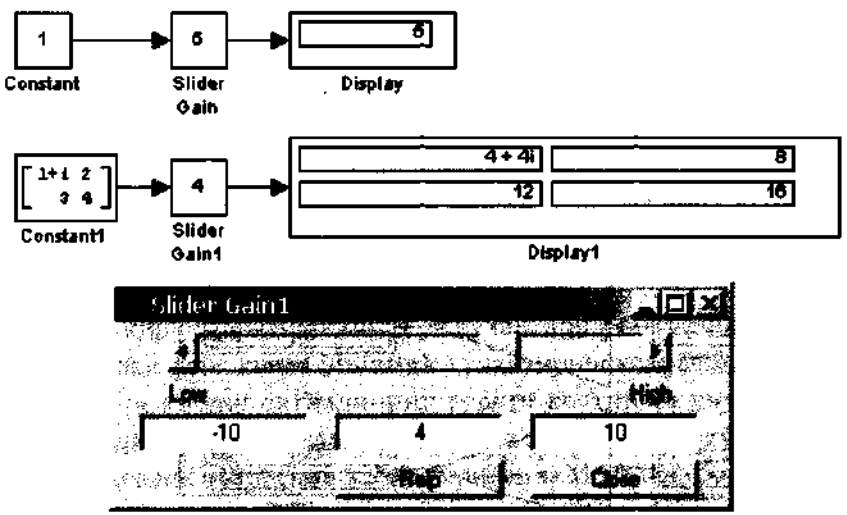
Ҳисоблаш жараёнида кучайтириш коэффициентини ўзгартириш имкониятини беради.

Параметрлари:

- **Low** — Кучайтириш коэффициентининг пастки чегараси;
- **High** — Кучайтириш коэффициентининг юқори чегараси.

Slider Gain блокининг кучайтириш коэффициентини **Low ва High** параметрларида берилган диапазонда ўзгартириш учун ростлагичнинг ползунокини силжитиш зарур. Ростлагичнинг ўнг ёки чап стрелкасининг устида сичқончанинг чап тугмаси босилса кучайтириш коэффициенти **1% га** ўзгаради, шкаланинг устида босилса **10%** га ўзгаради. Блок вектор ва матрицавий сигналларни элементлараро кучайтириши мумкин.

Slider Gain блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.9-расмда келтирилган.



12.6.9-расм. Slider Gain блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.7. Скаляр кўпайтириш блоки Dot Product

Вазифаси:

Иккита векторни скаляр кўпайтиради.

Параметрлари:

Йўқ.

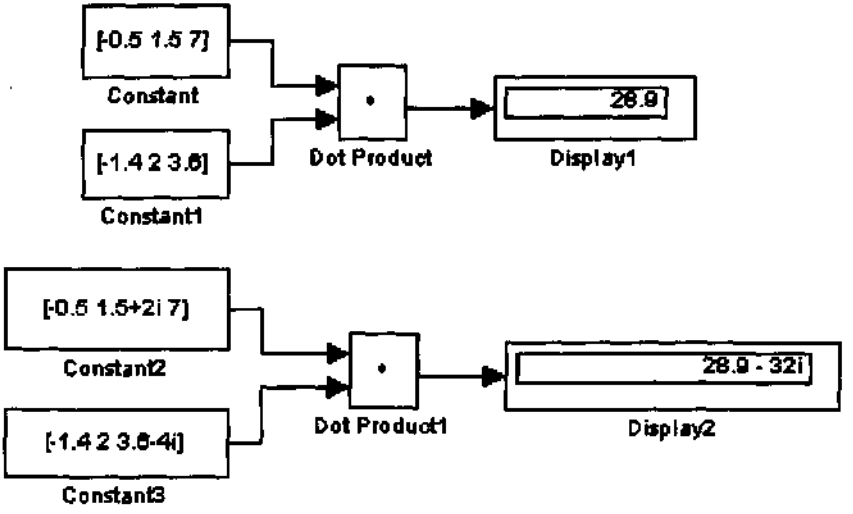
Блок ҳисоблашларни қуйидаги ифодага асосан бажаради:

$$y = \text{sum}(\text{conj}(u1) .* u2),$$

бу ерда $u1$ ва $u2$ — кириш векторлари, conj — коплекс-бириктирилган сонни ҳисоблаш амали, sum — йиғиндини ҳисоблаш амали.

Агар иккала кириш векторлари ҳақиқий бўлса, чиқиш сигнали ҳам ҳақиқий бўлади. Кириш векторларидан бирортасининг комплекс бўлиши, чиқиш сигналининг ҳам комплекс бўлишига олиб келади.

Dot Product блокининг ишлатилишига мисоллар 12.6.10-расмда келтирилган.



12.6.10-расм. Dot Product блокининг ишлатилишига мисоллар

12.6.8. Математик функцияларни ҳисоблаш блоки Math Function

Вазифаси:

Математик функцияларни ҳисоблайди.

Параметрлари:

Function — ҳисобланадиган функциянинг кўриниши (қуйидаги рўйхатдан олинади):

- **exp** — Экспоненциал функция;
- **log** — Натурал логарифмнинг функцияси;
- **10^u** — Ўннинг даражаси;
- **log10** — Логарифмнинг функцияси;
- **magnitude^2** — Кириш сигнали модулининг квадрати;

- **square** — Кириш сигналининг квадрати;
- **sqrt** — Квадрат илдиз;
- **pow** — Даражага кўтариш;
- **conj** — Комплекс-бириктирилган сонни ҳисоблаш;
- **reciprocal** — Бирни кириш сигналига бўлиш натижасини беради;
- **hypot** — Кириш сигналлари квадратларининг йиғиндисидан квадрат илдиз;
- **rem** — Биринчи кириш сигналини иккинчисига бўлишдан қоладиган қолдиқни ҳисоблайди;
- **mod** — Биринчи кириш сигналини иккинчисига бўлишдан қоладиган қолдиқни ишорани ҳисобга олган ҳолда ҳисоблайди;
- **transpose** — Матрицани транспонирлаш;
- **hermitian** — Эрмит матрицасини ҳисоблаш.

Output signal type — Чиқиш сигналининг тури (рўйхатдан олинади):

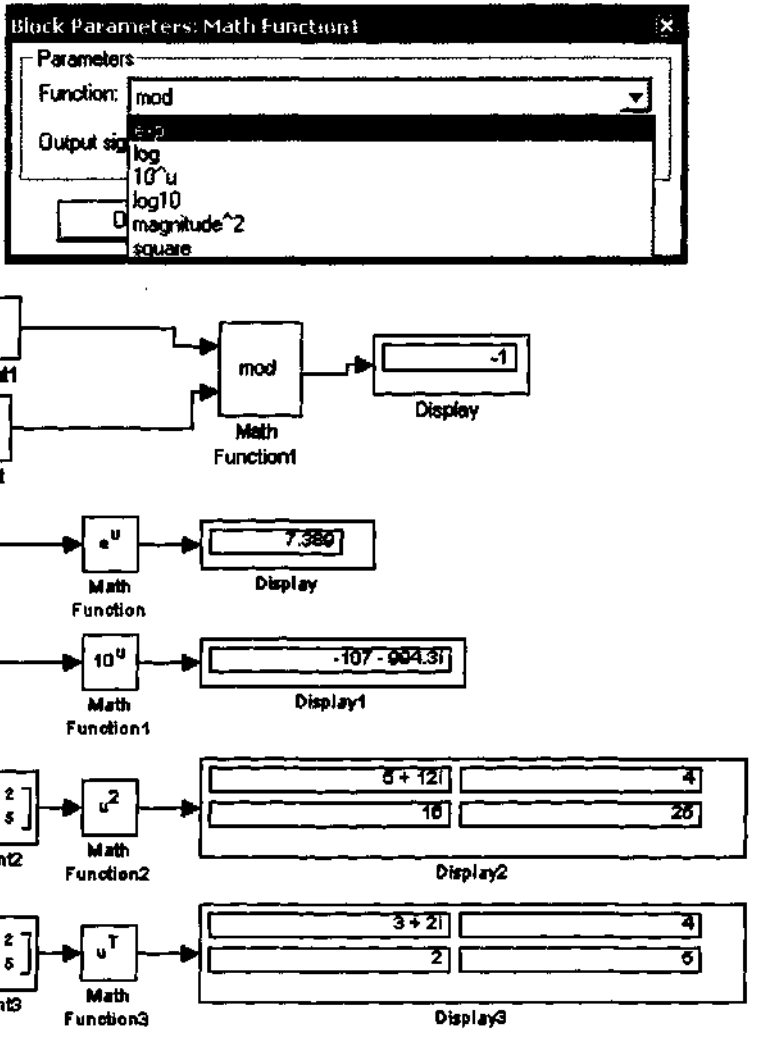
- **auto** — Автоматик тарзда аниқланади;
- **real** — Ҳақиқий сигнал;
- **complex** — Комплексни сигнал.

Кириш сигнали ва **Output signal type** параметрига боғлиқ ҳолда чиқиш сигналининг турлари 12.6.1-жадвалда келтирилган.

12.6.1-жадвал

Функция	Кириш сигнали	Чиқиш сигнали		
		Auto	Real	Complex
Exp, log, 10^u, log10, square, sqrt, pow, reciprocal, conjugate, transpose, hermitian	real comlex	real comlex	real error	comlex complex
magnitude squared	real complex	real real	real real	complex complex
hypot, rem, mod	real complex	real complex	real error	complex error

Math Function блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.11-расмда келтирилган.



12.6.11-расм. Math Function блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.9. Тригонометрик функцияларни ҳисоблаш блоки Trigonometric Function

Вазифаси:

Тригонометрик функцияларни ҳисоблаш.

Параметрлари:

Function — Ҳисобланадиган функциянинг тури (рўйхатдан танланади): **sin, cos, tan, asin, acos, atan, atan2, sinh, cosh** ёки **tanh.**

Output signal type — Чиқиш сигналининг тури (рўйхатдан танланади):

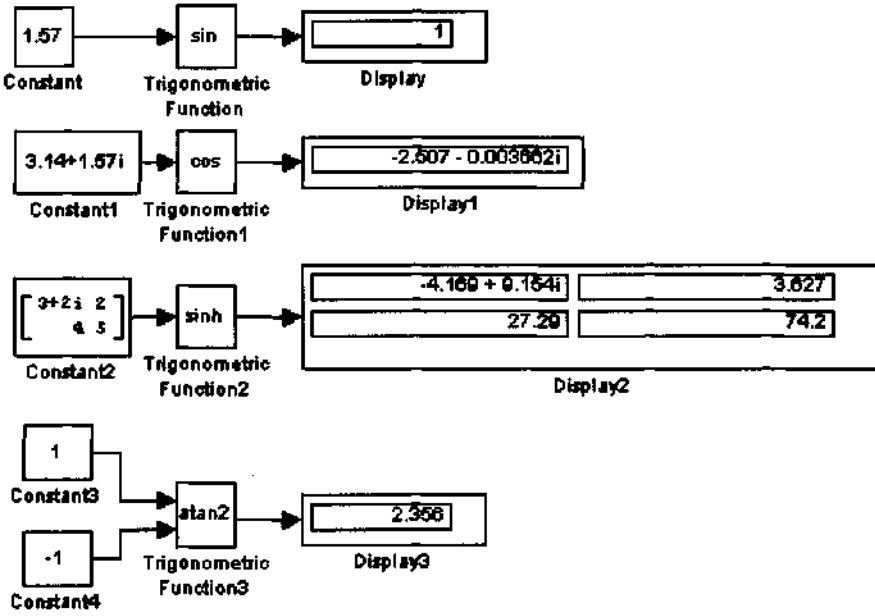
auto — Турни автоматик тарзда аниқлаш;

— **real** — Ҳақиқий сигнал;

— **complex** — Комплекс сигнал.

Кириш сигнали вектор ёки матрица бўлса блок берилган функцияни элементлараро ҳисоблайди.

Trigonometric Function блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.12-расмда келтирилган.



12.6.12-расм. Trigonometric Function блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.10. Комплекс соннинг ҳақиқий ва (ёки) мавҳум қисмини ҳисоблаш блоки Complex to Real-Imag

Вазифаси:

Комплекс соннинг ҳақиқий ва (ёки) мавҳум қисмини ҳисоблайди.

Параметрлари:

Output — Чиқиш сигнали (рўйхатдан танланади):

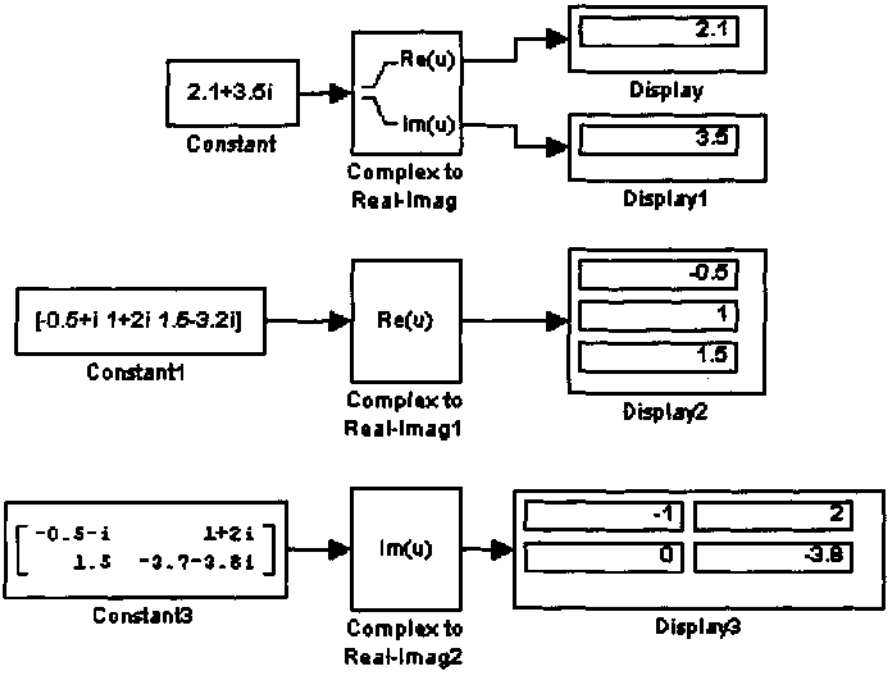
Real — Ҳақиқий қисми;

Image — Мавҳум қисми;

RealAndImage — Ҳақиқий ва мавҳум қисми.

Блокнинг кириш сигнали скаляр, вектор ёки матрицавий сигнал бўлиши мумкин.

Complex to Real-Imag блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.13-расмда келтирилган.



12.6.13-расм. Complex to Real-Imag блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.11. Комплекс соннинг модули ва (ёки) аргументини ҳисоблаш блоки Complex to Magnitude-Angle

Параметрлари:

Output — Чиқиш сигнали (рўйхатдан олинади):

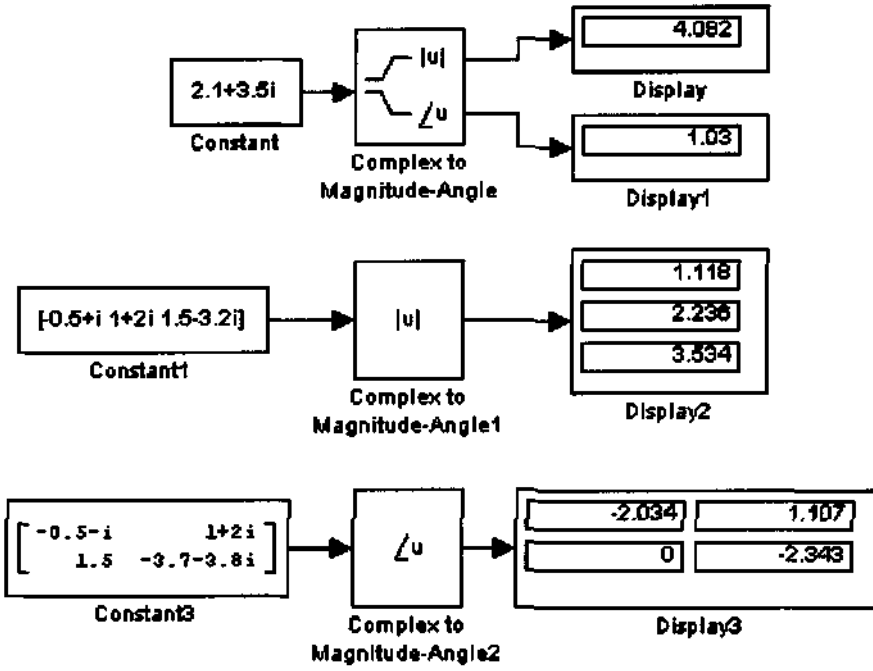
Magnitude — Модул.

Angle — Аргумент.

MagnitudeAndAngle — Модул ва аргумент.

Блокнинг кириш сигнали скаляр, вектор ёки матрицавий сигнал бўлиши мумкин.

Complex to Magnitude-Angle блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.14-расмда келтирилган.



12.6.14-расм. Complex to Magnitude-Angle блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.12. Ҳақиқий ва мавҳум қисмига асосан комплекс сонни ҳисоблаш блоки Real-Imag to Complex

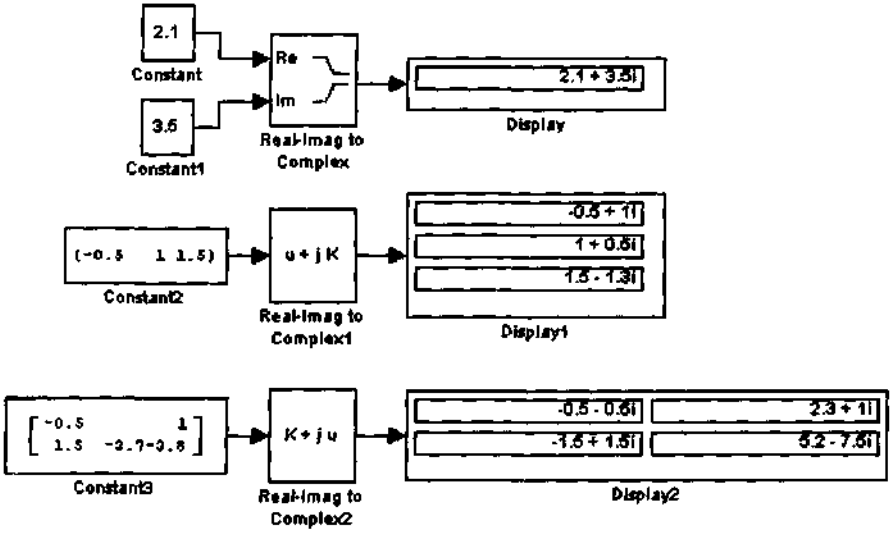
Параметрлари:

Input — Кириш сигнали (қуйидаги рўйхатдан олинади):

- **Real** — Ҳақиқий қисми;
- **Image** — Мавҳум қисми;
- **RealAndImage** — Ҳақиқий ва мавҳум қисми.
- **Image part** — Мавҳум қисми (**Input** параметри **Real** деб эълон қилинган бўлса ўринли);
- **Real part** — Ҳақиқий қисми (**Input** параметри **Image** деб эълон қилинган бўлса ўринли).

Блокнинг кириш сигнали скаляр, вектор ёки матрицавий сигнал бўлиши мумкин. Агар кириш сигнали вектор ёки матрица бўлса **Image part** ва **Real part** параметрлари ҳам вектор ёки матрица кўринишида берилиши керак.

Real-Imag to Complex блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.15-расмда келтирилган.



12.6.15-расм. Real-Imag to Complex блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.13. Комплекс сонни модули ва аргументига асосан ҳисоблаш блоки Magnitude-Angle to Complex

Параметрлари:

Input — Кириш сигнали (рўйхатдан танланади):

Magnitude — *Модул;*

Angle — Аргумент;

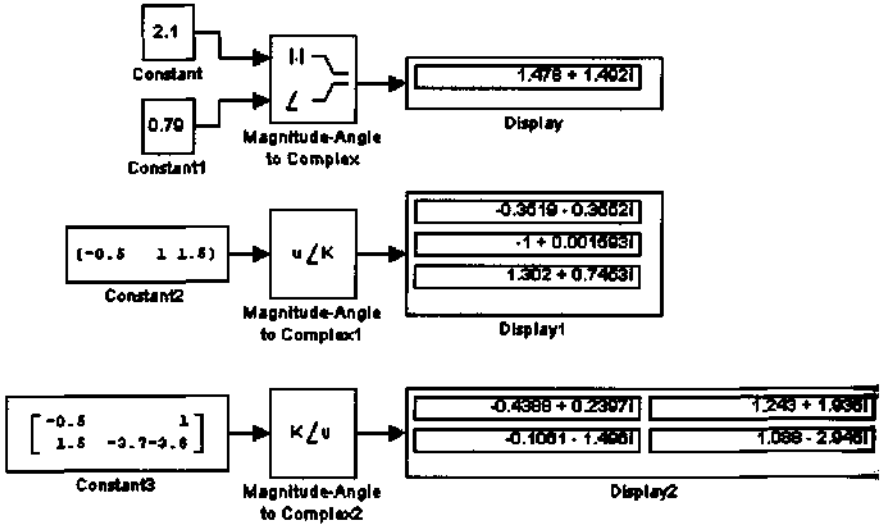
MagnitudeAndAngle — Модул ва аргумент.

Angle — Аргумент. **Input** параметри **Magnitude** сифатида эълон қилинган бўлса ўринли.

Magnitude — Модул. **Input** параметри **Angle** сифатида эълон қилинган бўлса ўринли.

Блокнинг кириш сигнали скаляр, вектор ёки матрицавий сигнал бўлиши мумкин. Кириш сигнали вектор ёки матрица бўлса **Angle** ва **Magnitude** параметрлари ҳам вектор ёки матрица сифатида берилиши керак.

Magnitude-Angle to Complex блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.16-расмда келтирилган.



12.6.16. Magnitude-Angle to Complex блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.14. Минимал ёки максимал қийматларни аниқлаш блоки MinMax

Вазифаси:

Киришига берилган сигналлар ичидан максимал ёки минимал қийматга эга бўлганини аниқлайди.

Параметрлари:

Function — Чиқиш параметри. Рўйхатдан танланади:

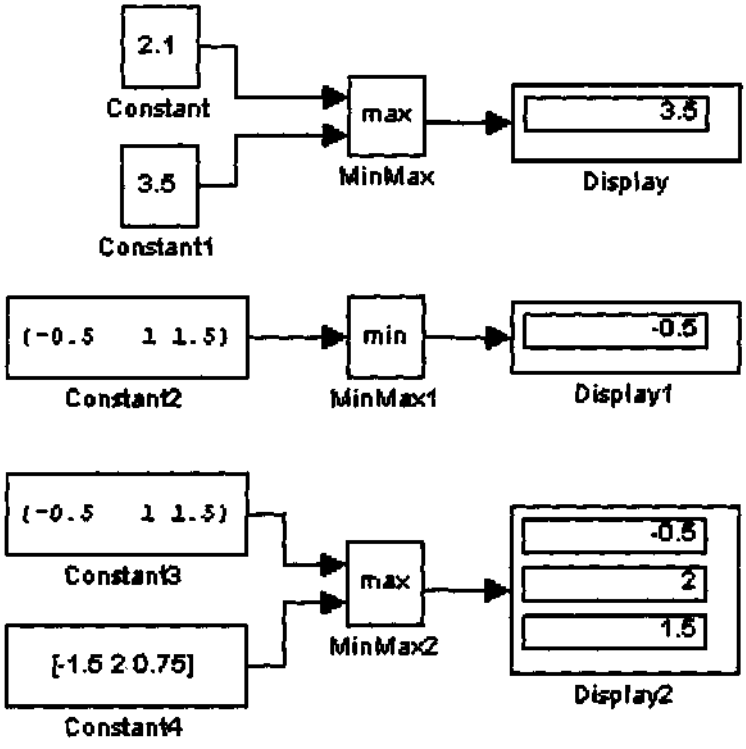
— **min** — Минимал қиймат;

— **max** — Максимал қиймат.

Number of input ports — Кириш портларининг сони.

Кириш сигналлари скаляр ёки вектор бўлиши мумкин. Блок киришига берилган скаляр сигналлар ичидан максимал ёки минимал қийматга эга бўлганларини аниқлайди. Агар кириш сигналлари векторлар бўлса блок минимал ёки максимал қийматларни элементлараро излайди. Бу ҳолда векторларнинг ўлчамлари мос бўлиши керак. Агар кириш портларининг сони 1 га тенг бўлса кириш вектори ичидан минимал ёки максимал қийматга эга бўлган элементни излайди.

MinMax блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.17-расмда келтирилган.



12.6.17-расм. MinMax блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.15. Сон қийматларни яхлитлаш блоки Rounding Function

Параметрлари:

Function — Яхлитлаш усули (рўйхатдан олинади):

floor — Кичик энг яқин бутун сонгача яхлитлаш;

ceil — Катта энг яқин бутун сонгача яхлитлаш;

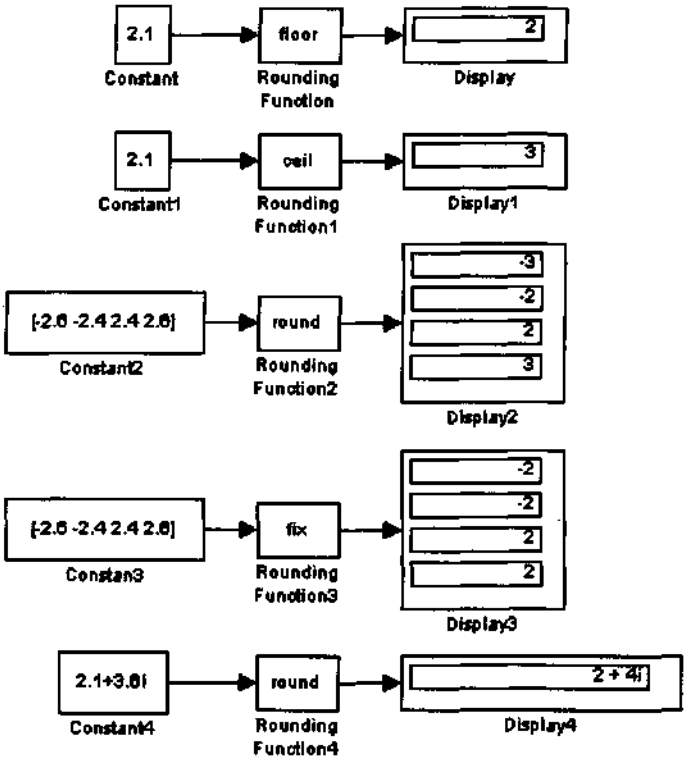
round — Энг яқин бутун сонгача яхлитлаш.

fix — Каср қисмини ташлаб юбориш йўли билан яхлитлаш.

Блокнинг кириш сигналлари ҳақиқий комплекс турдаги скаляр, вектор ёки матрицавий сигналлар бўлиши мумкин. Вектор ёки матрицавий кириш сигналида блок элементлараро амалларни бажаради.

Блокнинг чиқиш сигнали **double** ёки **single** турда бўлади.

Rounding Function блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.18-расмда кўрсатилган.



12.6.18-расм. Rounding Function блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.16. Нисбат амалларини ҳисоблаш блоки Relational Operator

Вазифаси:

Блок кириш сигналларининг жорий қийматларини таққослайди.

Параметрлари:

Relational Operator — Нисбат амалининг тури (рўйхатдан танланади):

= = — Айнан тенг;

~ = — Тенг эмас;

< — Кичик;

< = — Кичик ёки тенг;

> = — Катта ёки тенг;

> — Катта.

Нисбат амалларида биринчи операнд бўлиб блокнинг биринчи (юқоридаги) киришига ва иккинчи операнд бўлиб блокнинг иккинчи (пастдаги) киришига берилган сигнал ҳисобланади. Блокнинг чиқиш

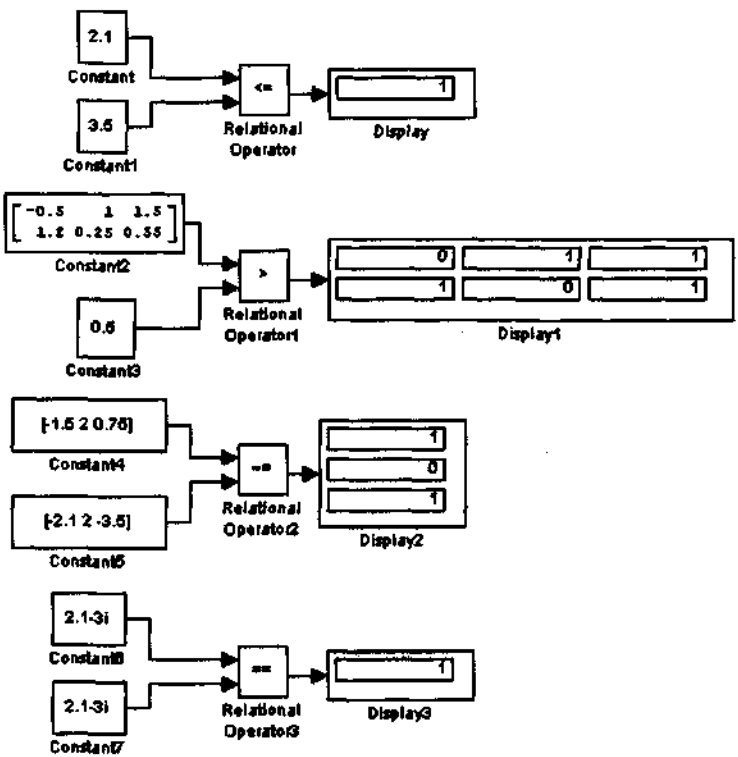
сигнали ҳисоблаш натижаси «ҲАҚИҚАТ» бўлса **1** ёки «ЁЛҒОН» бўлса **0** бўлади.

Блокнинг кириш сигналлари скаляр, вектор ёки матрицавий сигналлар бўлиши мумкин. Агар иккала кириш сигнали ҳам вектор ёки матрицавий бўлса блок элементлараро таққослаш амалини бажаради, бу ҳолда кириш сигналларининг ўлчамлари ўзаро мос бўлиши керак. Агар кириш сигналларидан бири вектор ёки матрицавий, иккинчиси эса скаляр бўлса блок скаляр сигналли массив элементларининг ҳар бири билан таққослаш амалини бажаради. Ушбу ҳолда, чиқиш сигналининг ўлчами киришларнинг бирига келтирилган вектор ёки матрицавий сигналнинг ўлчамига тенг бўлади.

Комплекс кириш сигналлари учун = = (айнан тенг) ва ~ = (тенг эмас) амалларидан фойдаланиш мумкин.

Блокнинг кириш сигналлари мантиқий турда (**boolean**) бўлиши ҳам мумкин.

Relational Operator блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.19-расмда келтирилган.



12.6.19-расм. Relational Operator блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.17. Мантиқий амаллар блоки Logical Operation

Вазифаси:

Мантиқий амаллардан бирини амалга оширади.

Параметрлари:

Operator — Мантиқий амалнинг тури (рўйхатдан танланади);

AND — Мантиқий кўпайтириш (**ВА** амали);

OR — Мантиқий қўшиш (**ЁКИ** амали);

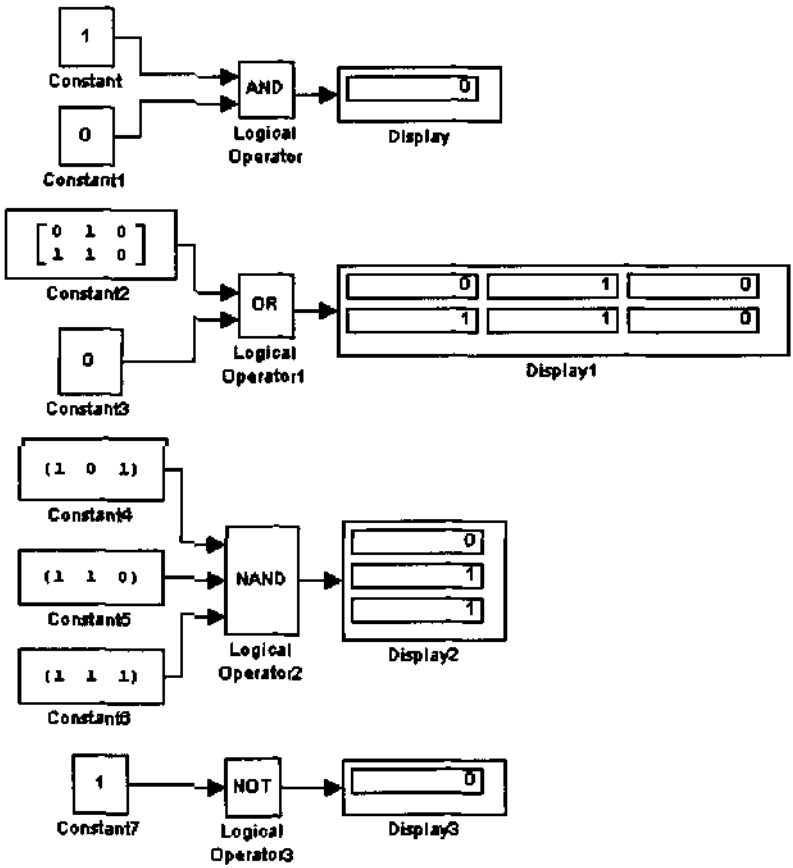
NAND — **ВА-ЭМАС** амали;

NOR — **ЁКИ-ЭМАС** амали;

XOR — 2 модул бўйича қўшиш амали (**ЁКИ** ни четлаштириш амали);

NOT — Мантиқий инкор (**ЭМАС** амали).

Number of input ports — Кириш портларининг сони.



12.6.20-расм. Logical Operation блокидан фойдаланишга мисоллар

Блокнинг чиқиш сигнали мантиқий амални ҳисоблаш натижаси «ҲАҚИҚАТ» бўлса **1** ёки «ЁЛҒОН» бўлса **0** бўлади.

Блокнинг кириш сигналлари скаляр, вектор ёки матрицавий сигналлар бўлиши мумкин. Агар кириш сигналлари вектор ёки матрицавий бўлса блок элементлараро таққослаш амалини бажаради, бу ҳолда кириш сигналларининг ўлчамлари ўзаро мос бўлиши керак. Агар кириш сигналларининг бир қисми вектор ёки матрицавий, иккинчиси қисми эса скаляр бўлса блок скаляр сигналлар ва вектор ёки матрицанинг ҳар бир элементи учун мантиқий амалларни бажаради. Ушбу ҳолда чиқиш сигналининг ўлчами киришларга келтирилган вектор ёки матрицавий сигналнинг ўлчамига тенг бўлади.

Мантиқий инкор амалини бажаришда блок фақат битта кириш портига эга бўлади.

Кириш сигналлари ҳақиқий ҳам, мантиқий ҳам (**boolean**) бўлиши мумкин.

Logical Operation блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.20-расмда берилган.

12.6.18. Иккилик кўринишдаги бутун сонлар устида мантиқий амаллар блоки Birwise Logical Operator

Параметрлари:

Bitwise operator — Мантиқий амалнинг тури (рўйхатдан танланади):

AND — Мантиқий кўпайтириш (**ВА** амали);

OR — Мантиқий қўшиш (**ЁКИ** амали);

XOR — 2 модул бўйича қўшиш амали (**ЁКИ** ни четлаштириш амали);

NOT — Мантиқий инкор (**ЭМАС** амали) ;

SHIFT_LEFT — Разрядлар бўйича чапга силжитиш;

SHIFT_RIGHT — Разрядлар бўйича ўнгга силжитиш.

Second operand — Иккинчи операнд. Ўн олтилик сон билан символ кўринишда берилади.

Birwise Logical Operator блоки иккита операндга эга бўлади. Уларнинг биринчиси блокнинг киришига бериладиган сигнал ва иккинчиси блокнинг **Second operand** параметри ҳисобланади.

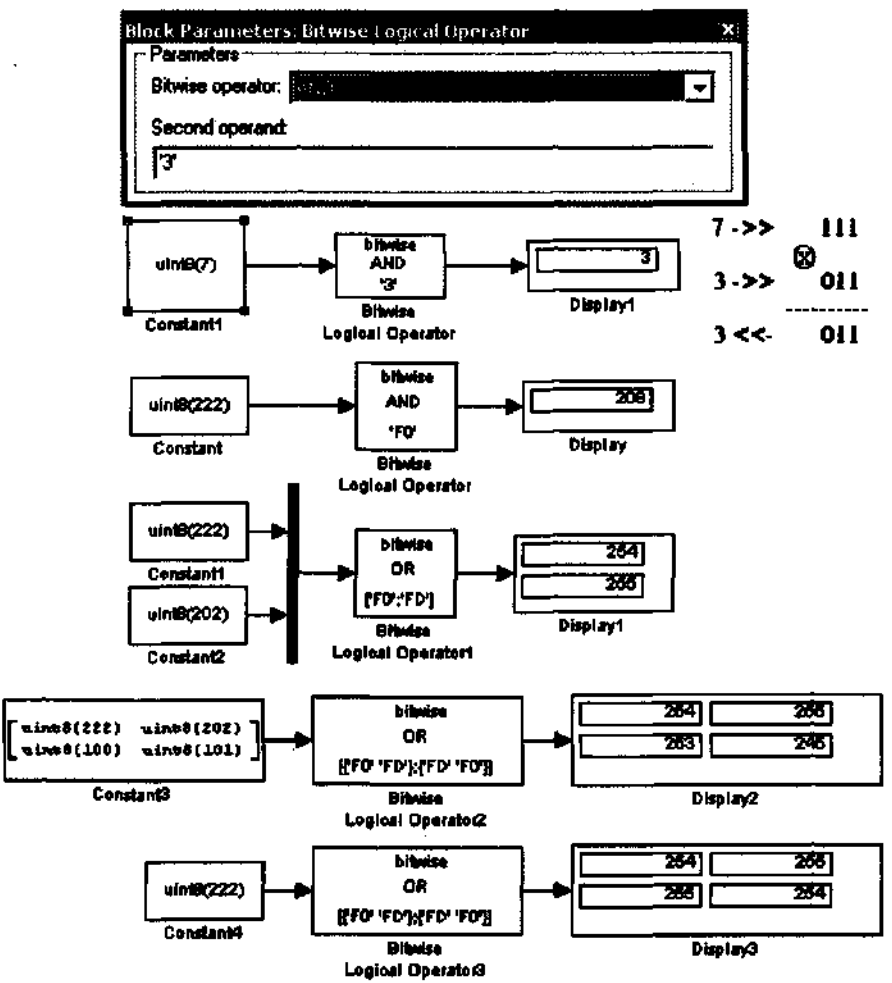
Блокнинг кириш сигналлари **uint8, uint16** ёки **uint32**турлардаги ишорасиз ўзгарувчилар бўлиши керак.

Кириш сигнали скаляр, вектор ёки матрицавий бўлиши мумкин. Агар кириш сигнали вектор ёки матрица бўлса иккинчи операнд ҳам

вектор ёки матрицавий бўлиши керак. Бу ҳолда, блок элементлараро мантиқий амалларни бажаради. Агар операндлардан бири вектор ёки матрица, иккинчиси скаляр бўлса, блок скаляр операнд ва вектор ёки матрицавий операнднинг ҳар бир элементи учун мантиқий амални бажаради. Бу ҳолда чиқиш сигналининг ўлчами вектор ёки матрицавий операнднинг ўлчами билан белгиланади.

Мантиқий инкор амалини бажаришда блок фақат битта операнд (кириш сигналига) эга бўлади.

Birwise Logical Operator блокидан фойдаланишга мисоллар 12.6.21-расмда келтирилган.



12.6.21-расм. Birwise Logical Operator блокидан фойдаланишга мисоллар

12.6.19. Комбинатор мантик блоки Gombinatorical Logic

Вазифаси:

Кириш сигналларини ҳақиқийлик жадвалига асосан ўзгартиради.

Параметрлари:

Truth table — ҳақиқийлик жадвали.

Combinatorical Logic блоки кириш сигналини ҳақиқийлик жадвалига асосан аниқланувчи қоидалар бўйича ўзгартиради. Ҳақиқийлик жадвали блокнинг мумкин бўлган чиқиш сигнали қийматларининг рўйхатини акс эттиради. Ҳақиқийлик жадвалидаги сатрлар сони қуйидаги ифодадан аниқланади:

number of rows = 2 ^ (number of inputs),

бу ерда number of inputs — кириш сигналларининг сони, number of rows — ҳақиқийлик жадвалидаги сатрлар сони.

Ҳақиқийлик жадвалини тузишда кириш сигналлари берилган деб ҳисобланади. Улар блокнинг чиқиш сигналлари ёзиладиган блок сатрларининг индексини (номерини) билдиради. Ҳар бир сатрнинг индекси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\text{row index} = 1 + u(m)*2^0 + u(m-1)*2^1 + \ldots + u(1)*2^{m-1},$$

бу ерда row index — сатрнинг индекси, m — кириш сигналларининг сони (кириш векторидаги элементлар сони), $u(1)$ — биринчи кириш сигнали (кириш векторининг биринчи элементи), $u(m)$ — сўнгги кириш сигнали (кириш векторининг сўнгги элементи).

Масалан, икки операндли ВА (AND) мантиқий амали учун сатрнинг индексини аниқловчи ифода қуйидагича бўлади:

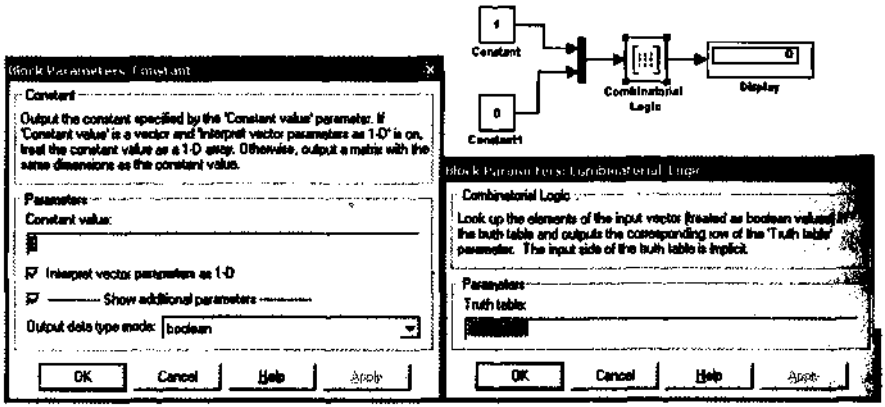
$$\text{row index} = 1 + u(2)^0 + u(1) \cdot 2^1.$$

Қуйидаги жадвалда икки операндли **ВА (AND)** мантиқий амали учун ҳақиқийлик жадвалини тузишга мисол келтирилган:

12.6.2-жадвал

2-кириш	1-кириш	Сатр индекси учун ифода	Сатр индексининг қиймати	Ҳақиқийлик жадвали (чиқиш)
0	0	$1 + 0 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1$	1	0
1	0	$1 + 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1$	2	0
0	1	$1 + 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1$	3	0
1	1	$1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1$	4	1

Combinatorical Logic блоки ёрдамида мантиқий **ВА** амалини бажаришга мисол 12.6.22-расмда келтирилган. Блокнинг **Truth table** параметри **[0;0;0;1]** ифода билан берилган.



12.6.22-расм. Combinatorical Logic блоки ёрдамида мантиқий ВА амалини бажаришга мисол

12.6.20. Алгебраик контур блоки Algebraic Constraint

Вазифаси:

Алгебраик тенглама илдизларини аниқлайди.

Параметрлари:

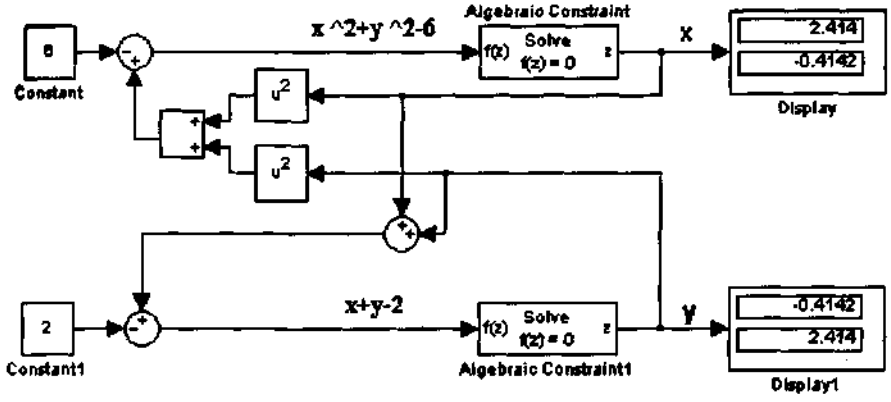
Initial guess — Чиқиш сигналининг бошланғич қиймати.

Блок кириш сигналининг қиймати нолга тенг бўладиган чиқиш сигналини аниқлайди.

Қуйидаги кўринишдаги ночизиқли тенгламалар системасини ечишга мисол 12.6.23-расмда кўрсатилган:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 6 \\ x + y = 2 \end{cases}.$$

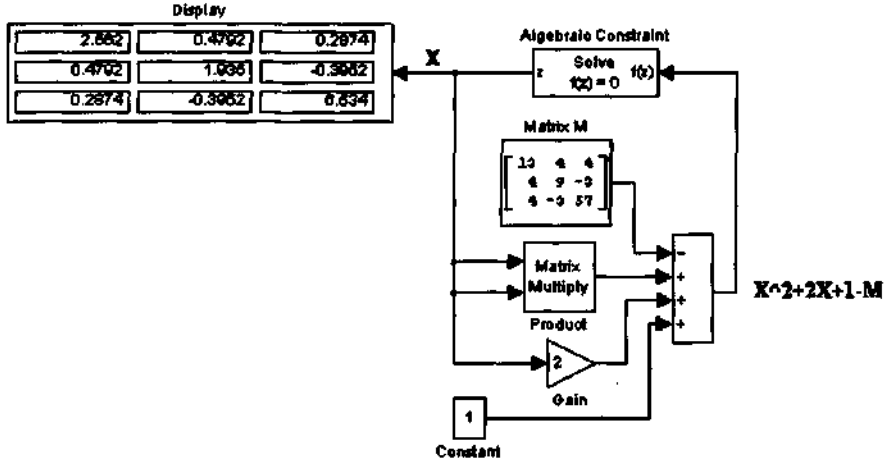
Ушбу тенгламалар системаси иккита ечимга эга бўлганлиги сабабли **Algebraic Constraint** блокларининг бошланғич қийматлари вектор кўринишида берилган. Биринчи (юқоридаги) блок учун бошланғич қиймат **[1 -1]** вектор билан, иккинчи (пастдаги) блок учун эса **[-1 1]** вектор билан берилган.



12.6.23-расм. Algebraic Constraint блокидан фойдаланишга мисол

Algebraic Constraint блокидан ночизиқли матрицавий тенгламаларни ечиш учун ҳам фойдаланиш мумкин. 12.6.24-расмда кўрсатилган мисолда қуйидаги ночизиқли матрицавий тенглама ечилган:

$$X^2+2\cdot X+1=\begin{vmatrix}13 & 4 & 4\\ 4 & 9 & -3\\ 4 & -3 & 57\end{vmatrix}.$$



12.6.23-расм. Algebraic Constraint блокидан ночизиқли матрицавий тенгламаларни ечиш учун фойдаланишга мисол

12.7. Signal&Systems — сигналларни ўзгартириш блоклари ва ёрдамчи блоклар

12.7.1. Мультиплексор Mux

Вазифаси:

Кириш сигналларидан вектор ҳосил қилади.

Параметрлари:

Number of Inputs — Киришлар сони.

Display option — Акс эттириш усули. Қуйидаги рўйхатдан танланади:

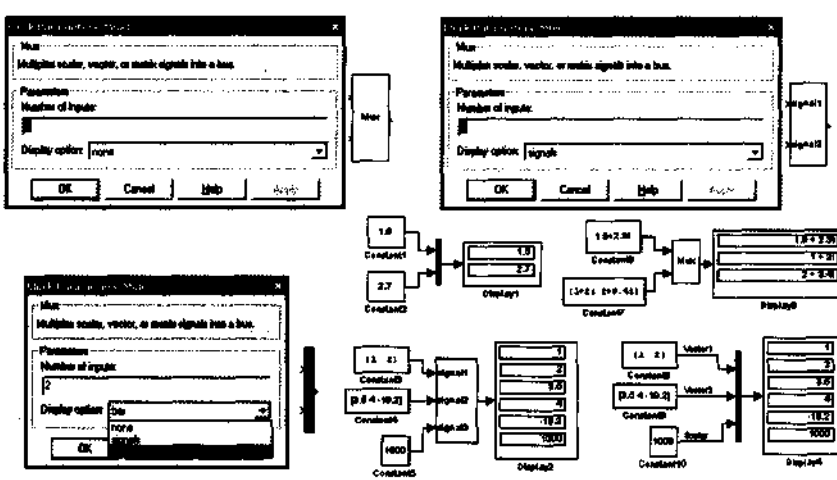
bar — Қора рангдаги вертикал тўртбурчак;

signals — Кириш сигналларининг меткаларини акс эттирувчи оқ фонли тўртбурчак;

none — Оқ фонли тўртбурчак.

Блокнинг кириш сигналлари скаляр ва (ёки) вектор бўлиши мумкин.

Агар кириш сигналлари орасида векторлар бўлса киришлар сонини ҳам вектор кўринишда (ҳар бир вектор элементларининг сонини кўрсатган ҳолда) бериш мумкин. Масалан, **[2 3 1]** ифода учта кириш сигналини аниқлайди, биринчи сигнал — икки элементдан иборат вектор, иккинчи сигнал — иккита элементдан иборат вектор ва сўнгги сигнал — скаляр. Агар кириш векторининг ўлчами **Number of Inputs** параметрида берилган ўлчам билан мос келмаса, ҳисоблашлар бошланишида **Simulink** хатолик тўғрисида ахборот беради. Кириш векторининг ўлчамини -1 (минус бир) кўринишида берилса, кириш вектори ҳар қандай ўлчамга эга бўлиши мумкин.



12.7.1-расм. Mux блокидан фойдаланишга мисоллар

Number of Inputs параметрини сигналлар меткаларининг рўйхати кўринишида (масалан: **Vector1, Vector2, Scalar**) берилса сигналларнинг меткалари мос боғловчи линияларнинг ёнида акс эттирилади.

Блокнинг киришига бериладиган сигналларнинг тури бир хил бўлиши керак (ҳақиқий ёки комплекс).

Mux блокидан фойдаланишга мисоллар 12.7.1-расмда кўрсатилган.

12.7.2. Демультиплексор Demux

Вазифаси:

Киришдаги вектор сигнални алоҳида ташкил этувчиларга ажратиб беради.

Параметрлари:

Number of Outputs — Киришлар сони.

Bus Selection Mode (байроқча) — Вектор сигналларни ажратиш режими.

Кириш сигнали вектор бўлади. Чиқиш сигнали эса, сони ва ўлчами **Number of Outputs** параметри ва кириш сигналининг ўлчами билан аниқланувчи скаляр ёки вектор бўлиши мумкин.

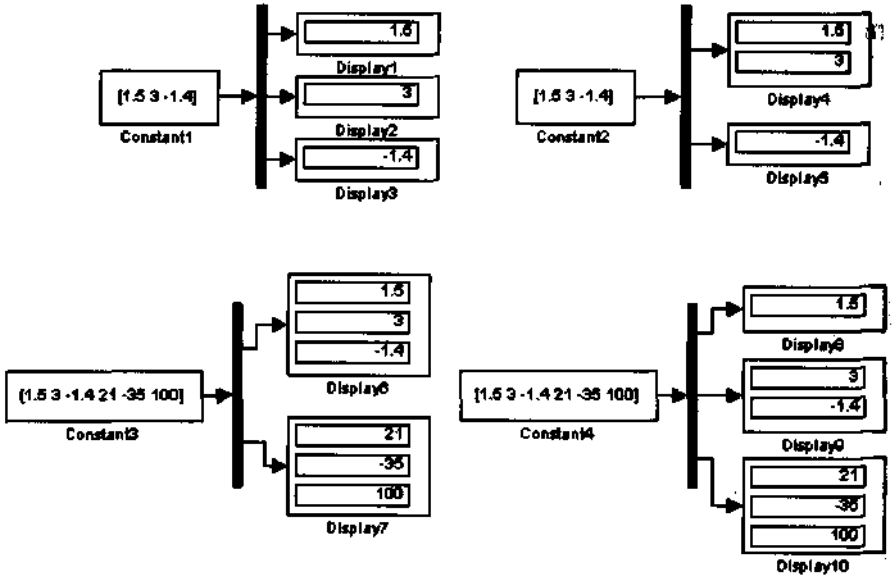
Агар чиқишлар сони **P** (**Number of Outputs** параметрининг қиймати) кириш сигналининг ўлчамига (**N**) тенг бўлса блок кириш векторини алоҳида элементларга ажратади.

Агар чиқишлар сони **P** кириш сигналининг ўлчами **N** дан кичик бўлса биринчи **P-1** чиқиш сигналларининг ўлчами энг яқин катта сонгача яхлитланган **N/P** нисбатга тенг бўлади, энг сўнгги чиқиш сигналининг ўлчами эса кириш сигналининг ўлчами ва аввалги **P-1** чиқишлар ўлчамлари йиғинди ва чиқиш сигналининг ўлчами орасидаги фарққа тенг бўлади. Масалан, кириш сигналининг ўлчами 8 ва чиқишлар сони 3 бўлса, иккита биринчи векторнинг ўлчами **ceil(8/3) = 3** ва энг сўнгги чиқиш векторининг ўлчами **8 — (3+3) = 2** бўлади.

Number of Outputs параметри ҳар бир чиқиш сигналининг ўлчамини аниқловчи вектор ёрдамида ҳам берилиши мумкин. Масалан, **[2 3 1]** ифода учта чиқиш сигналини аниқлайди, биринчи сигнал — икки элементли вектор, иккинчи сигнал — уч элементли вектор ва сўнгги сигнал — скаляр. Ўлчамни **-1** (минус бир) кўринишида ҳам бериш мумкин. Бу ҳолда мос чиқиш сигналининг ўлчами кириш векторининг ўлчами ва чиқиш сигналларининг берилган ўлчамлари

йиғиндиси орасидаги фарқ сифатида аниқланади. Масалан, агар кириш векторининг ўлчами 6 ва **Number of Outputs** параметри [1 3] ифода билан берилган бўлса иккинчи чиқиш сигнали 6 — (3+1) = 2 ўлчамга эга бўлади.

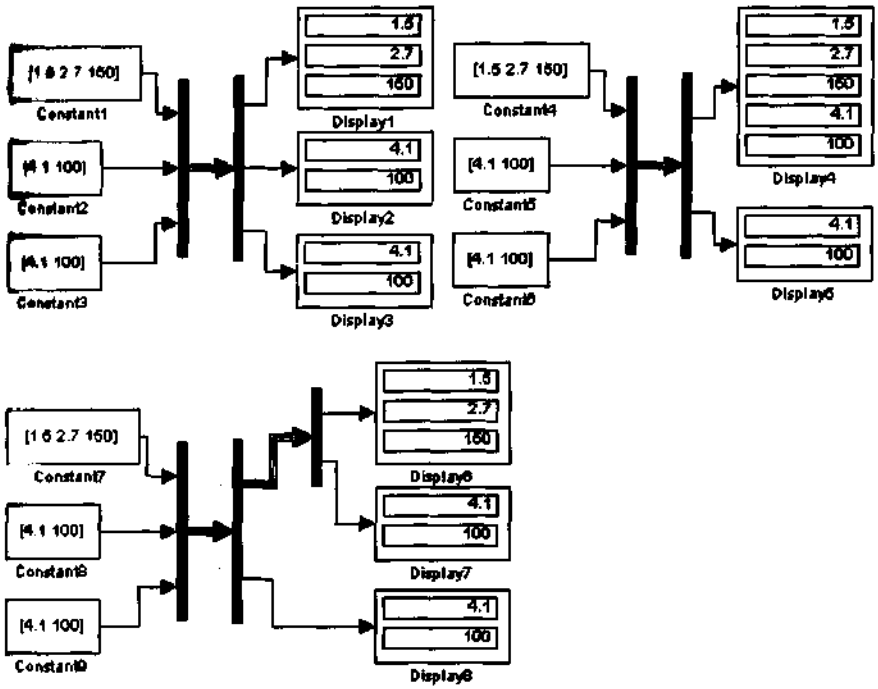
Demux блокидан фойдаланишга мисоллар 12.7.2-расмда кўрсатилган.



12.7.2-расм. Demux блокидан фойдаланишга мисоллар

Bus Selection Mode режимида **Demux** блоки векторнинг алоҳида элементлари билан эмас, балки тўлиқ вектор сигнал билан ишлайди. Ушбу режимда кириш сигнали **Mux** блоки ёки бошқа **Demux** блоки ёрдамида шакллантирилиши керак. **Number of Outputs** параметри эса кириш сигналларининг сонини аниқловчи скаляр ёки ҳар бир элементи ушбу чиқиш сигналидаги вектор сигналлар сонини аниқловчи вектор кўринишида берилади. Масалан, учта вектордан иборат кириш сигналида **[2 1]** вектор билан берилган **Number of Outputs** параметри иккита вектор сигналини аниқлайди, улардан биринчиси иккита вектор сигналини ўз ичига олади, иккинчиси эса битта.

Demux блокидан **Bus Selection Mode** режимида фойдаланишга мисоллар 12.7.3-расмда келтирилган.



12.7.3-расм. Demux блокидан Bus Selection Mode режимида фойдаланишга мисоллар

12.7.3. Шинали шакллантиргич блоки Bus Creator

Вазифаси:

Ҳар хил турдаги сигналлардан шинани шакллантиради.

Параметрлари:

Signal naming options — Сигнални номлаш усули. Қуйидаги рўйхатдан танланади:

Inherit bus signal names from input ports — Кириш сигналлари номларини мерос қилиш;

Require input signal names to match signals below — Сигналларнинг номларини киритиш талаб қилинади.

Number of inputs ports — Кириш портларининг сони.

Signals in bus — Шинага бирлаштирилган сигналларнинг рўйхати.

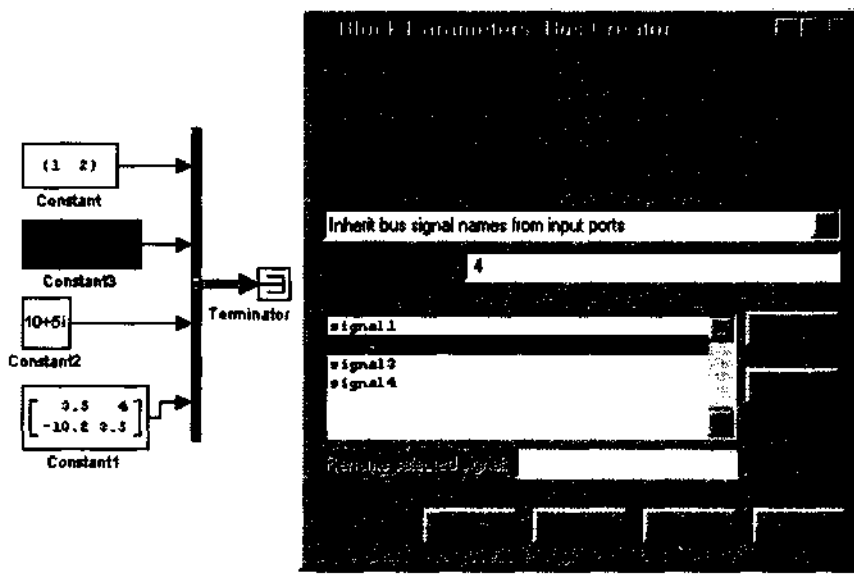
Rename selected signal — Танланган сигналнинг янги номи.

Параметр **Require input signal names to match signals below** опцияси танланган бўлса ўринли.

Блок ҳар қандай сигналларни (вектор, матрицавий, комплек ҳақиқий ва ҳар хил турдаги бутун сонлар) ягона шинага бирлаштирад Бундай шина моделдаги боғловчи линиялар сонини камайтири имкониятини беради. Шинадаги сигналларни алоҳида ташки этувчиларга ажратиш учун **Bus Selector** блокидан фойдаланилади.

Блокнинг кузатиш ойнаси сигнал манбаси бўлган блокни аниқла имкониятини беради. Бунинг учун **Signals in bus** рўйхатида сигналнинг номини ажратиш ва сичқонча ёрдамида **Find** кнопкасин босиш зарур. Танланган сигналнинг манбаси бўлган блокнинг ран ўзгаради.

Bus Creator блоки ёрдамида шинани шакллантиришга мисол в унинг параметрлар ойнаси 12.7.4-расмда кўрсатилган. Расмдан **signa 2** сигналнинг манбаси **Constant3** блоки эканлигини кўриш мумкин.



12.7.4-расм. Bus Creator блокидан фойдаланишга мисол

12.7.4. Шинали селектор блоки Bus Selector

Вазифаси:

Шинадан керакли сигнални ажратади.

Параметрлари:

Signals in the bus — Шинада мавжуд сигналлар (кириш сигналлари);

Selected signals — Ажратилган сигналлар (чиқиш сигналлари);

Muxed output (байроқча) — Чиқиш сигналларини шинага бирлаштириш.

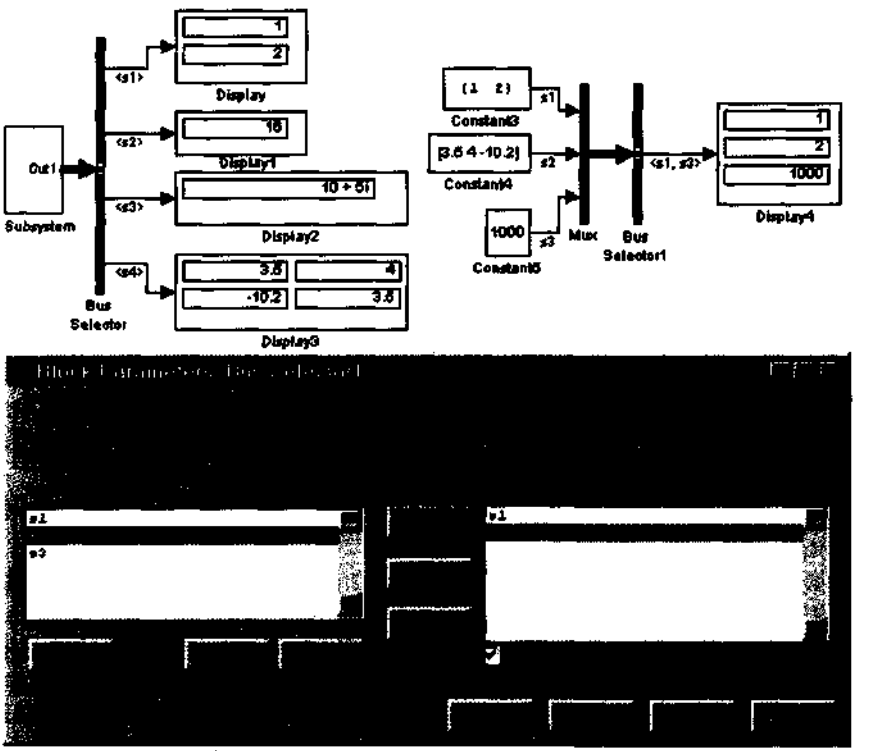
Шина **Mux** ёки **Bus Creator** блоки ёрдамида шакллантирилиши мумкин.

Шинадан сигналнн ажратиб олиш учун блокнинг параметрлар ойнаси очилади, **Signals in the bus** ойнасида сигнал ажратилади ва **Select** кнопкаси ёрдамида сигналнинг номининг нусхаси **Selected signals** ойнасига ўтказилади. Сигналнн **Selected signals** рўйхатидан олиб ташлаш учун, блок параметрлари ойнасининг ўнг томонидаги рўйхатда унинг номи ажратилади ва **Remove** кнопкаси босилади.

Up и **Down** кнопкалари ёрдамида шанадаги сигналларнинг жойлашиш тартибини, **Selected signals** ойнасида уларни юқорига ёки пастга силжитиш йўли билан, ўзгартириш мумкин.

Muxed output параметрининг ўрнатилиши сигналларни шинага бирлаштириш имкониятини беради.

Bus Selector блокидан фойдаланишга мисол ва унинг параметрлар ойнаси 12.7.5-расмда келтирилган.



12.7.5-расм. Bus Selector блокидан фойдаланишга мисол

12.7.5. Селектор блоки Selector

Вазифаси:

Вектор ёки матрицадан керакли элементларни танлайди.

Параметрлари:

Input Type — Кириш сигналининг тури. Қуйидаги рўйхатда танланади:

vector — вектор;

matrix — матрица.

Блокнинг параметрлар рўйхати кириш сигналининг турига боғлиқ ҳолда ўзгаради.

Source of element indices — Вектор элементлари индексларининг манбаси. Қуйидаги рўйхатдан танланади:

Internal — Ички. Танланаётган вектор элементларининг индекслари **Elements** параметри орқали берилади;

external — Ташқи. Вектор элементларининг индекслари ташқи кириш сигнали ёрдамида берилади.

Elements — блокнинг чиқишига узатилувчи кириш вектори элементлари индексларининг рўйхати. Вектор кўринишида берилади. Параметрнинг қийматини **–1** (минус бир) олиш векторнинг ҳамма элементлари танланганлигини билдиради.

Input port width — Кириш векторининг ўлчами.

Source of row indices — Матрица сатр элементлари индексларининг манбаси.

Rows — Матрица сатрлари индексларининг манбаси.

Source of column indices — Матрица устун элементлари индексларининг манбаси.

Columns — Матрица устунлари индексларининг манбаси.

Блокнинг ташқи кўриниши ўрнатилган параметрларига боғлиқ ҳолда ўзгаради. Элементлар индексларининг ташқи манбалари танланганда блокнинг тасвирида қуйидаги символлар билан белгиланган қўшимча киришлар ҳосил бўлади:

E — Танланган вектор элементлари индексларини берувчи кириш сигнали.

R — Матрица сатрлари индексларини берувчи кириш сигнали.

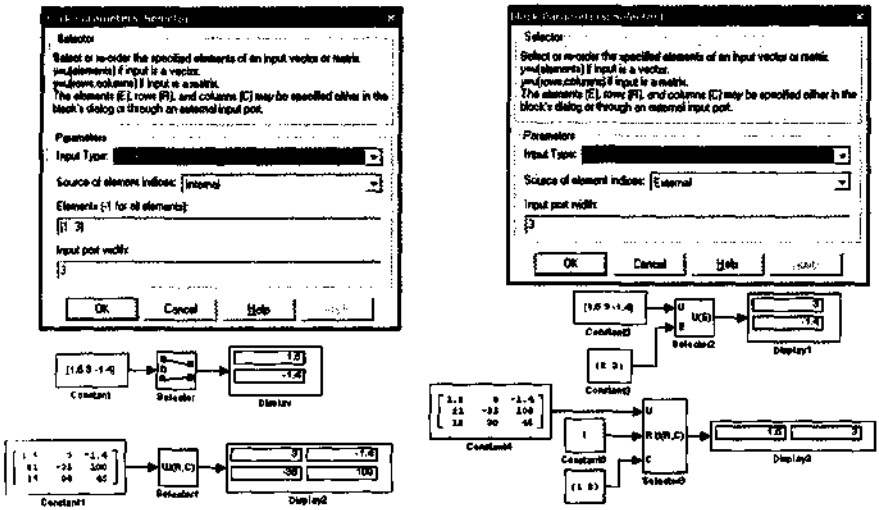
C — Матрица устунлари индексларини берувчи кириш сигнали.

Блок фақат қуйидаги сигналларни танлайди ёки чиқишга узатади:

блок параметрларида аниқланган;

ташқи кириш сигнали билан берилган.

Selector блокидан фойдаланишга мисоллар 12.7.6-расмда келтирилган. Расмда блокнинг ҳар хил созланиш вариантлари кўрсатилган.



12.7.6-расм. Selector блокидан фойдаланишга мисоллар

12.7.6. Массив элементларига янги қийматларни тақдим этиш блоки Assignment

Вазифаси:

Вектор ёки матрица элементларини алмаштиради.

Параметрлари:

Input Type — Кириш сигналининг тури. Қуйидаги рўйхатдан олинади:

vector — Вектор;

matrix — Матрица.

Блокнинг параметрлар рўйхати кириш сигналининг турига мос равишда ўзгаради.

Source of element indices — Вектор элементлари индексларининг манбаси. Қуйидаги рўйхатдан танланади:

internal — Ички. Танланаётган вектор элементларининг индекси **Elements** параметрида берилади.

external — Ташқи. Вектор элементларининг индекслари ташқи кириш сигнали ёрдамида берилади.

Elements — Блокнинг чиқишига ўтказиладиган чиқиш вектори элементлари индексларининг рўйхати. Вектор кўринишида берилади. Параметрнинг **–1** (минус бир) қиймати вектор элементларининг ҳаммаси танланганлигини билдиради.

Source of row indices — Матрица элементлари сатрлари индексларининг манбаси.

Rows — Матрица сатрлари индексларининг рўйхати.

Source of column indices — Матрица элементлари устунлари индексларининг манбаси.

Columns — Матрица устунлари индексларининг рўйхати.

Блок индекслар рўйхатига асосан биринчи кириш массиви айрим элементларини иккинчи кириш массиви элементларига алмаштиради. Индекслар рўйхати блок параметри сифатида берилиши ёки ташқи бошқарувчи сигналдан ўқилиши мумкин.

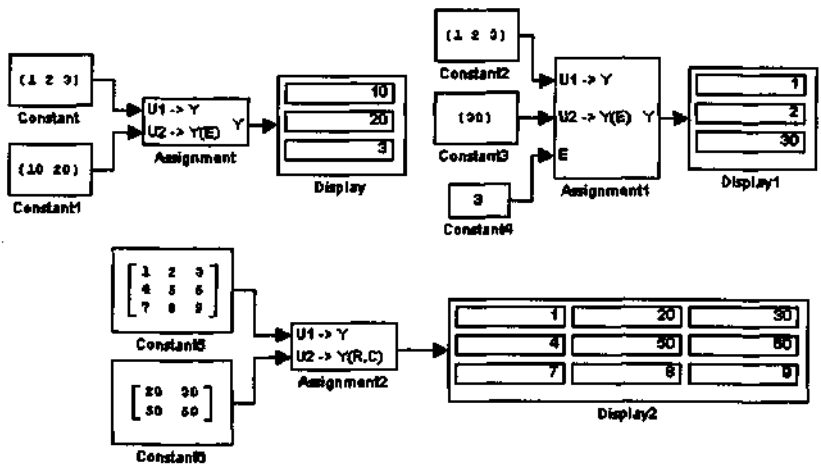
Блокнинг ташқи кўриниши ўрнатилган параметрларига боғлиқ ҳолда ўзгаради. Элементлар индексларининг ташқи манбалари танланганда блокнинг тасвирида қуйидаги символлар билан белгиланган қўшимча киришлар ҳосил бўлади:

E — Танланган вектор элементлари индексларини берувчи кириш сигнали.

R — Матрица сатрлари индексларини берувчи кириш сигнали.

C — Матрица устунлари индексларини берувчи кириш сигнали.

Assignment блокидан фойдаланишга мисоллар 12.7.7-расмда келтирилган.



12.7.7-расм. Assignment блокидан фойдаланишга мисоллар

12.7.7. Сигналларни бирлаштириш блоки Merge

Вазифаси:

Блок кириш сигналларини ягона вектор сигналга бирлаштиради.

Параметрлари:

Number of inputs — Киришлар сони.

Initial output — Чиқиш сигналининг бошланғич қиймати. Агар ушбу параметр берилмаса, блокнинг чиқишига қиймати энг кейин ҳисобланган сигнал ўтади.

Allow unequal port widths (байроқча) — Чиқиш портлари ўлчамларининг бир хил бўлмаслигига рухсат беради.

Input port offsets — Кириш сигналини силжитиш. Вектор кўринишида берилади ва ҳар бир қиймати мос сигналнинг чиқиш векторида жойлашишини аниқлайди.

Блок энг кейин ҳисобланган сигналнинг қийматини чиқишга ўтказади.

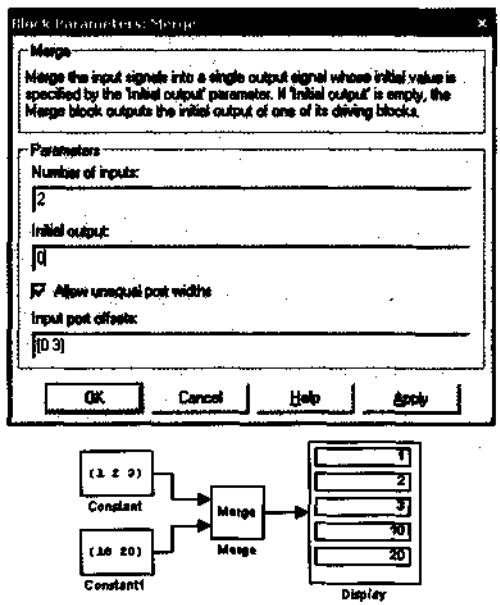
Input port offsets параметри ёрдамида натижавий векторда кириш сигналларининг жойлашишини бошқариш мумкин.

Чиқиш сигналининг ўлчами қуйидаги ифодага асосан аниқланади:

$$\max(w_1 + o_1, w_2 + o_2, \ldots w_n + o_n),$$

бу ерда w_k — k-чи кириш сигналининг ўлчами, o_k — k-чи кириш сигналининг силжиши.

Иккита сигнални бирлаштириш учун **Merge** блокидан фойдаланишга мисол 12.7.8-расмда келтирилган. Мисолда **Input port offsets** параметри **[0 3]** вектор билан берилган.



12.7.8-расм. Кириш сигналларини бирлаштириш учун Merge блокидан фойдаланишга мисол

12.7.8. Сигналларни матрицага бирлаштириш блоки Matrix Concatenation

Вазифаси:

Блок киришдаги вектор ёки матрицаларни бирлаштиради (конкатенация).

Параметрлари:

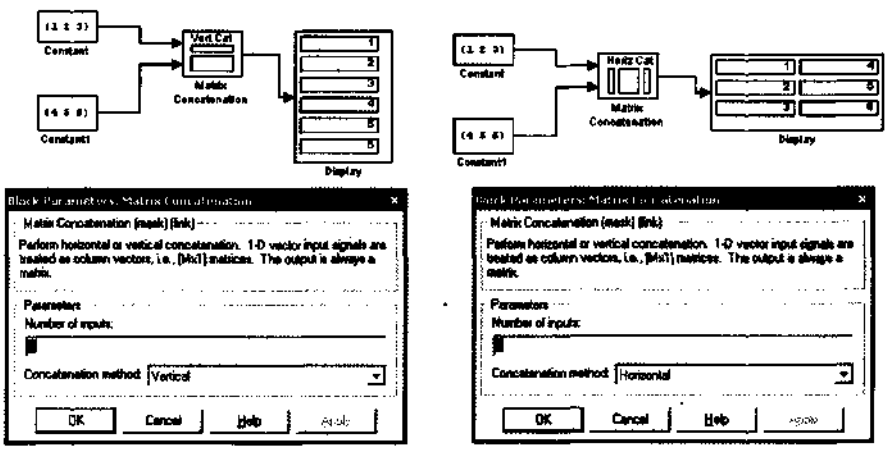
Number of inputs — Киришлар сони.

Concatenation method — Бирлаштириш усули. Қуйидаги жадвалдан танланади:

Horizontal — Горизонтал. Массивлар ўнг томонига янги массивларни қўшиш йўли билан бирлаштирилади.

Vertical — Вертикал. Массивлар остига янги массивларни қўшиш йўли билан бирлаштирилади.

Matrix Concatenation блокидан фойдаланишга мисоллар 12.7.10-расмда келтирилган.



12.7.10-расм. Matrix Concatenation блокидан фойдаланишга мисоллар

12.7.9. Сигналларни узатиш блоки Goto

Вазифаси:

Блок сигнални **From** блокига ўтказади.

Параметрлари:

Tag — Сигнал идентификатори.

Tag visibility — Кўриниш белгиси. Қуйидаги рўйхатдан олинади:

- **local** — Локал ост тизим ичида узатилади.
- **scoped** — Локал ост тизим ва қуйи сатҳли ост тизимлар ичида узатилади.

• **global** — Сигнал модел ичида узатилади.

Goto блоки билан биргаликда **From** блокидан фойдаланиш ҳар қандай турдаги сигналли алоқа линияларисиз узатиш имкониятини беради.

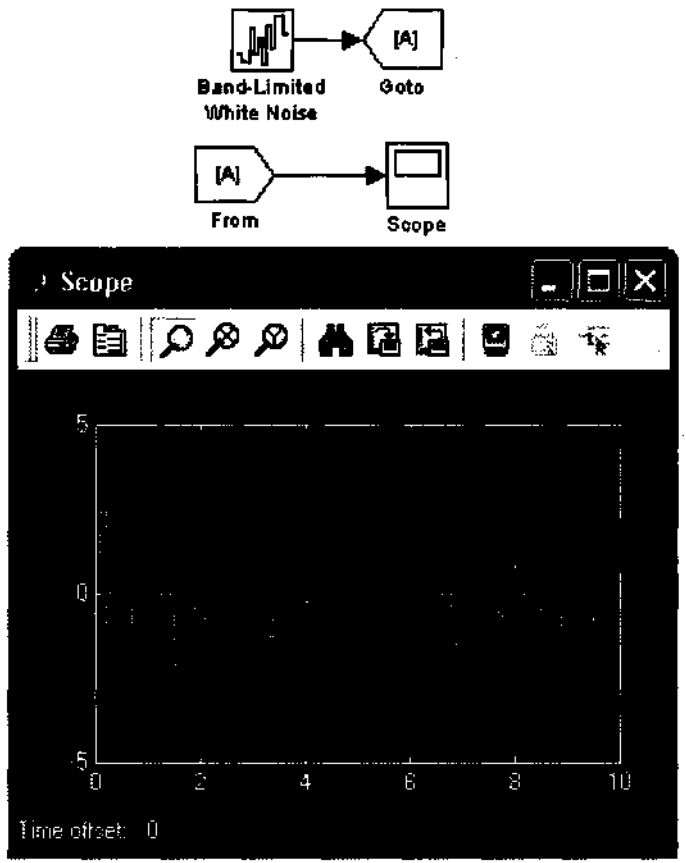
Танланган параметрга мос равишда **Tag visibility** блокининг ташқи кўриниши ўзгаради:

Агар кўриниш белгиси **local** қийматига эга бўлса сигнал идентификатори квадрат қавс ичига олинади. Масалан, **[A], бу** ерда **A–** сигнал идентификатори.

Агар кўриниш белгиси **scoped** қийматига эга бўлса сигнал идентификатори фигурали қавс ичига олинади, масалан, **[A].**

Агар кўриниш белгиси **global** қийматига эга бўлса сигнал идентификатори пиктограммада қўшимча символларсиз акс эттирилади.

Goto блокидан фойдаланишга мисол 12.7.11-расмда келтирилган.



12.7.11-расм. Goto блокидан фойдаланишга мисол

12.7.10. Сигнални қабул қилиш блоки From

Вазифаси:

Блок сигналнн **Goto** блокидан қабул қилади.

Параметрлари:

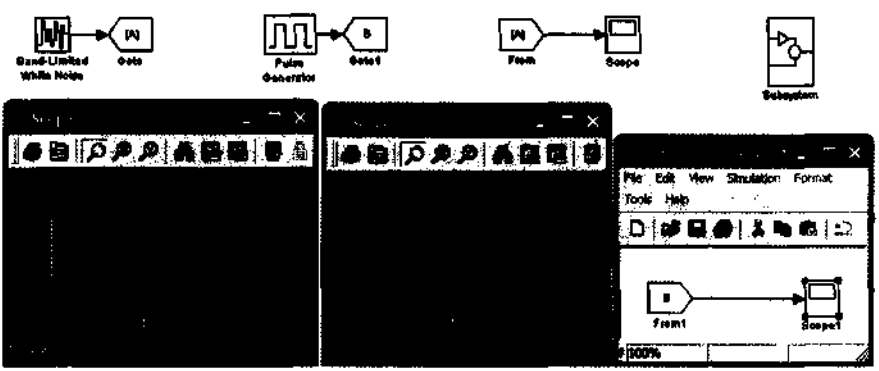
Goto tag — Қабул қилинаётган сигналнинг идентификатори. Сигналнн узатаётган **Goto** блокида кўрсатилган идентификаторга мос келиши керак.

From блоки билан биргаликда **Goto** блокидан фойдаланиш ҳар қандай турдаги сигналнн алоқа линияларисиз узатиш имкониятини беради.

Блокнинг пиктограммасида кўриниш белгиси **Goto** блокидагига ўхшаш тарзда акс эттирилади.

Моделда биргина **Goto** блокидан сигнал қабул қилувчи чекланмаган сондаги **From** блоклари бўлиши мумкин.

From блокларидан фойдаланишга мисоллар 12.7.12-расмда келтирилган. Иккита **Goto** блокидан фойдаланилганлиги сабабли иккинчи сигналнинг идентификатори сифатида **B** олинган. Иккинчи сигнал ост тизимга юборилаётганлиги учун унинг кўриниш белгиси **global** қийматига эга бўлиши керак (сигнал идентификатори пиктограммада қўшимча символларсиз акс эттирилган).



12.7.12-расм. From блокининг қўлланилиши

12.7.11. Сигналнинг кўриниш белгиси блоки Goto Tag Visibility

Вазифаси:

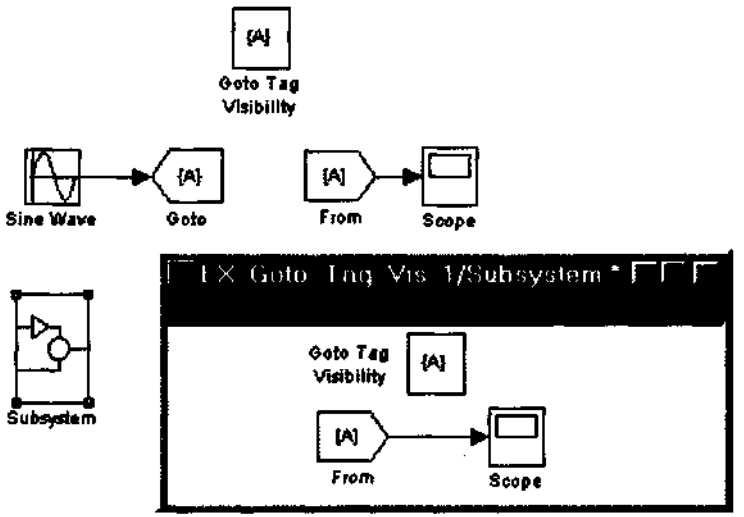
Goto блоки ёрдамида узатилаётган сигналнинг кўриниш белгисини акс эттиради.

Параметрлари:

Goto tag — Goto блоки ёрдамида узатилаётган сигналнинг идентификатори.

Блокни узатилаётган сигналларнинг кўриниш соҳаси **scoped** қийматига эга бўлган модел ёки ост тизимларга қўшиш керак. Блок сигналнни узатишда қатнашмайди, фақат узатилаётган сигналнинг номини акс эттиради.

Goto Tag Visibility блокидан фойдаланишга мисол 12.7.13-расмда келтирилган.



12.7.13-расм. Goto Tag Visibility блокидан фойдаланишга мисол.

12.7.12. Умумий хотира соҳасини ҳосил қилувчи блок Data Store Memory

Вазифаси:

Блок маълумотларни сақлаш учун номланган хотира соҳасини ҳосил қилади.

Параметрлари:

1. **Data store name** — Хотира соҳасининг номи;
2. **Initial value** — Бошланғич қиймат;
3. **Interpret vector parameters as 1-D** (байрокча) — Маълумотлар векторининг параметрларини бир ўлчамли вектор сифатида талқин қилади.

Блок **Data Store Write** (маълумотларни ёзиш) ва **Data Store Read** (маълумотларни ўқиш) блоклари билан биргаликда ишлатилади.

Initial value параметри сигналнинг бошланғич қиймати билан биргаликда унинг ўлчамини ҳам беради. Масалан, сигналнинг бошланғич қиймати**[0 1; 2 3]** матрица билан берилган бўлса, сақланаётган сигнал **2x2** ўлчамли матрица бўлиши керак.

Агар **Data Store Memory** блоки юқори сатҳга эга бўлган моделда бўлса, унда жойлашган хотира соҳасидан моделнинг ўзида ва иерархия бўйича қуйи сатҳли ҳамма ост тизимларда фойдаланиш мумкин.

Блок **double** турдаги ҳақиқий сигналлар билан ишлайди.

Data Store Memory блокининг **Data Store Write** ва **Data Store Read** блоклари билан биргаликда ишлашига мисол 12.7.14-расмда келтирилган.

12.7.13. Маълумотларни хотиранинг умумий соҳасига ёзиш блоки Data Store Write

Вазифаси:

Блок маълумотларни хотиранинг номланган соҳасига ёзади.

Параметрлари:

Data store name — Хотира соҳасининг номи;

Sample time — Модел вақтининг қадами.

Ёзиш амали ҳисоблашнинг олдинги қадамида ҳосил қилинган сигналнинг қиймати учун бажарилади.

Моделда битта хотира соҳасига ёзувчи бир неча **Data Store Write** блоклари бўлиши мумкин. Лекин, уларга маълумотларни бир вақтнинг ўзида ёзиш кутилмаган натижаларга олиб келиши мумкин.

Data Store Write блокининг **Data Store Memory** ва **Data Store Read** блоклари билан биргаликда ишлашига мисол 12.7.14-расмда келтирилган.

12.7.14. Маълумотларни хотиранинг умумий соҳасидан ўқиш блоки Data Store Read

Вазифаси:

Блок маълумотларни хотиранинг номланган соҳасидан ўқийди.

Параметрлари:

Data store name — Хотира соҳасининг номи.

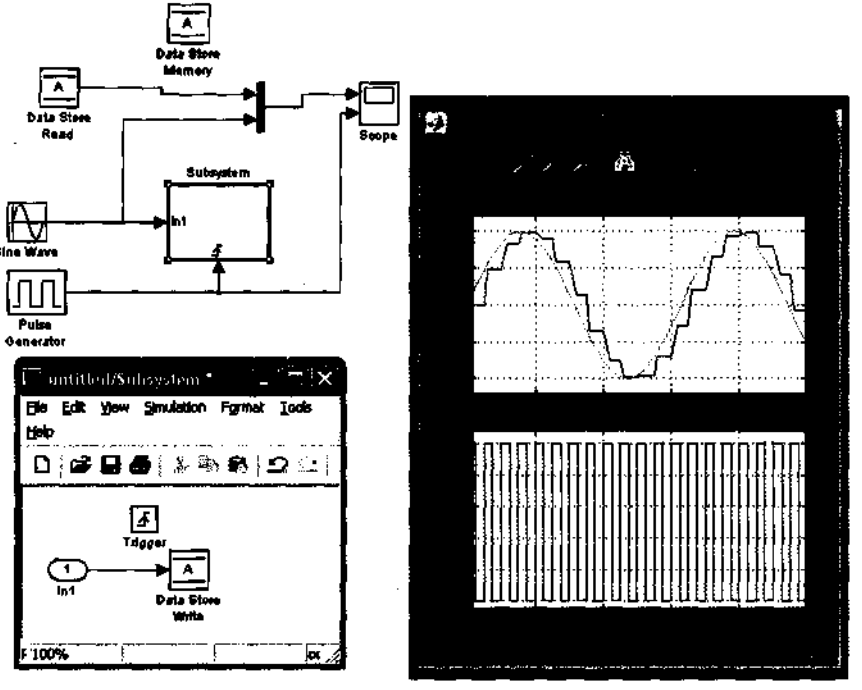
Sample time — Модел вақтининг қадами.

Ўқиш амали ҳисоблашнинг ҳар бир қадамида бажарилади.

Моделда биргина хотира соҳасидан маълумотларни ўқувчи бер неча блок бўлиши мумкин.

Data Store Read блокининг **Data Store Write** ва **Data Store Memory** блоклари билан биргаликда ишлашига мисол 12.7.14-расмда

келтирилган. Мисолда бошқарувчи сигналнинг олдинги фронти бўйича ҳисоблашларни бажарадиган ост тизимдан фойдаланилган. Шундай қилиб, хотиранинг умумий соҳасига қийматларни ёзиш бошқарувчи сигналнинг мусбат йўналишда ўзгариш моментларида амалга оширилади. Қолган моментларда хотира соҳасидаги маълумотларнинг қийматлари ўзгармайди.



12.7.14-расм. Data Store Read, Data Store Write ва Data Store Memory блокларининг биргаликда ишлашига мисол

12.7.15. Сигнал турини ўзгартирувчи блок Data Type Conversion

Вазифаси:

Блок кириш сигналининг турини ўзгартиради.

Параметрлари:

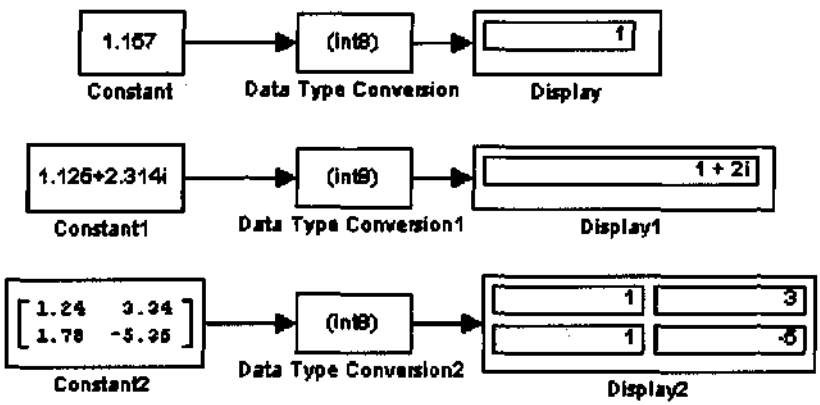
1. **Data type — Чиқиш сигнали маълумотларининг тури**. Қуйидаги қийматларни қабул қилиши мумкин (рўйхатдан олинади): **auto**, **double**, **single**, **int8**, **int16**, **int32**, **uint8**, **uint16**, **uint32** и **boolean**.
2. **Saturate on integer overflow** (байроқча) — Бутун тўлиб кетишининг олдини олади. Байроқча ўрнатилганда бутун турдаги сигналларни чеклаш коррект тарзда бажарилади.

Data type параметрининг **auto** қийматидан фойдаланилганда ушбу блок чиқишидаги сигналнинг формати ундан сигнал олувчи блокнинг киришига берилиши зарур бўлган сигнал форматига мослаб ўзгартирилади.

Кириш сигнали ҳақиқий ёки комплекс бўлиши мумкин. Кириш сигнали комплекс бўлганда чиқиш сигнали ҳам комплекс бўлади.

Блок скаляр, вектор ва матрицавий сигналлар билан ишлайди.

Data Type Conversion блокидан фойдаланишга мисоллар 12.7.15-расмда келтирилган.



12.7.15-расм. Data Type Conversion блокидан фойдаланишга мисоллар

12.7.16. Сигналнинг ўлчамини ўзгартириш блоки Reshape

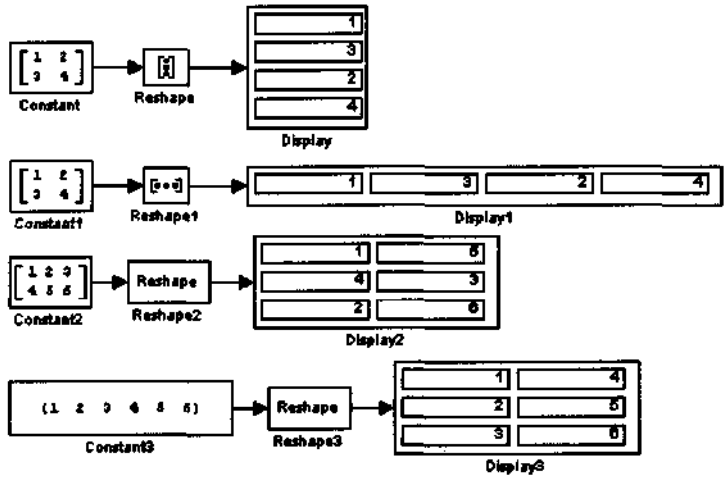
Вазифаси:

Блок вектор ёки матрицавий сигналнинг ўлчамини ўзгартиради.

Параметрлари:

1. **Output dimensionality** — Чиқиш сигнали ўлчамининг кўриниши. Қуйидаги жадвалдан олинади:
   1-D array — Бир ўлчамли массив (вектор);
   Column vector — Вектор-устун;
   Row vector — Вектор-сатр;
   Customize — Берилган ўлчамдаги матрица ёки вектор.
2. **Output dimensions** — Чиқиш сигнали ўлчамининг қиймати. Ўлчамнинг кўриниши **Customize** сифатида ўрнатилган бўлса ўринли.

Reshape блокидан фойдаланишга мисоллар 12.7.16-расмда келтирилган.



12.7.16-расмлар. Reshape блокидан фойдаланишга мисоллар

12.7.17. Сигналнинг ўлчамини аниқлаш блоки Width

Вазифаси:

Кириш сигналининг ўлчамини ҳисоблайди.

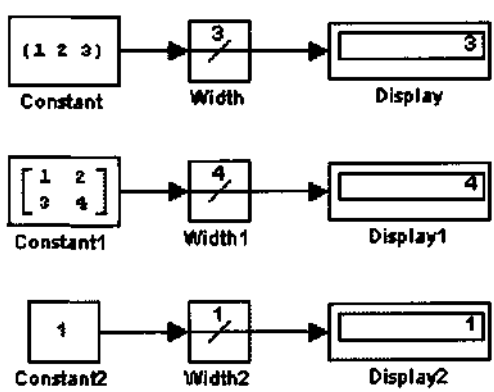
Параметрлари:

Йўқ.

Блокнинг кириш сигнали ҳар қандай турдаги ҳақиқий ёки комплекс сигнал бўлиши мумкин.

Блокнинг чиқиш сигнали **double** турда бўлади.

Width блокидан фойдаланишга мисоллар 12.7.17-расмда келтирилган.



12.7.17-расм. Width блокидан фойдаланишга мисоллар

12.7.18. Сигналнинг берилган бўсағавий қийматни кесиб ўтиш моментини аниқлаш блоки Hit Crossing

Вазифаси:

Сигналнинг берилган бўсағавий қийматни кесиб ўтиш моментини аниқлайди.

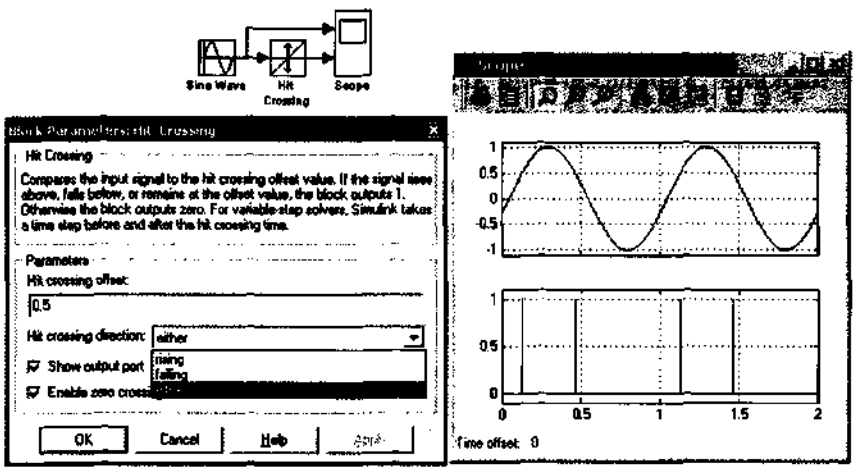
Параметрлари:

1. **Hit crossing offset** — бўсаға.
- **Hit crossing direction** — Кесиб ўтиш йўналиши. Қуйидаги рўйхатдан олинади:
- **rising** — ортиш;
- **failing** — камайиш;
- **either** — иккала йўналишда ҳам.

2. **Show output port** (байроқча) — Чиқиш портини кўрсатиш. Агар байроқча олиб ташланса кесишиш нуқтаси аниқланади, лекин, чиқиш сигнали ҳосил қилинмайди.

Блок кесишиш моментида модел вақтининг қадами давомийлигига тенг бўлган бирлик сигнал ҳосил қилади.

Hit Crossing блокидан фойдаланишга мисол 12.7.18-расмда келтирилган. Блок иккала йўналишда ҳам синусоидал сигналнинг **0.5** сатҳ билан кесишиш моментларини аниқлайди.



12.7.18-расм. Hit Crossing блокидан фойдаланишга мисол

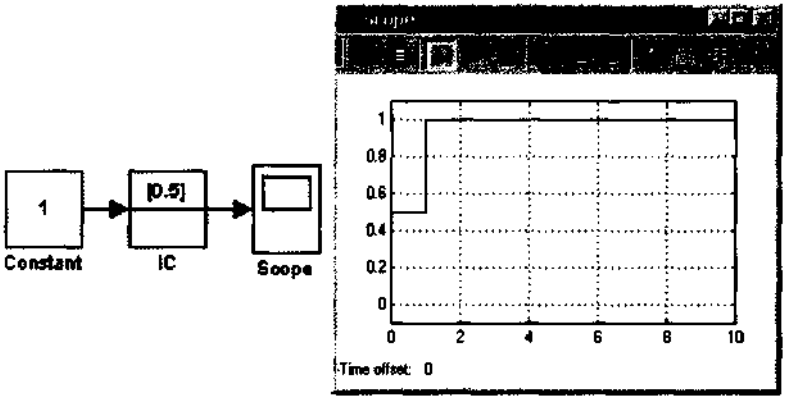
12.7.19. Сигналнинг бошланғич қийматини ўрнатиш блоки IC

Параметрлари:

Initial value — Бошланғич қиймат.

Ҳисоблашнинг биринчи қадамида чиқиш сигнали **Initial value** параметрида берилган бошланғич қийматга тенг бўлади. Қолган ҳисоблаш қадамларида кириш сигнали чиқишга ўзгаришсиз ўтади.

IC блокидан фойдаланишга мисол 12.7.19-расмда келтирилган. Мисолда сигналнинг бошланғич қиймати **0.5** ва ҳисоблаш қадами **1с** берилган.



12.7.19-расм. IC блокидан фойдаланишга мисол

12.7.20. Информацион блок Model Info

Вазифаси:

Блок модел тўғрисидаги информацияни акс эттиради.

Параметрлари:

1. **Model properties** — Моделнинг хусусиятлари:
- **Created** — Моделнинг яратиш санаси ва вақти;
- **Creator** — Автор тўғрисида маълумотлар;
- **Modified by** — Ўзгартиришлар киритган фойдаланувчи тўғрисида маълумотлар;
- **ModifiedDate** — Ўзгартириш санаси;
- **ModifiedComment** — Ўзгартиришларнинг тавсифи;
- **ModelVersion** — Моделнинг версияси;
- **Description** — Моделнинг тавсифи;
- **LastModificationDate** — Энг сўнгги ўзгартириш киритилган сана.

2. **Horizontal text allignment** — Матнни горизонтал йўналишда тенглаштириш усули. Қуйидаги рўйхатдан олинади:
- **Center** — Марказга.
- **Left** — Чап томонга.

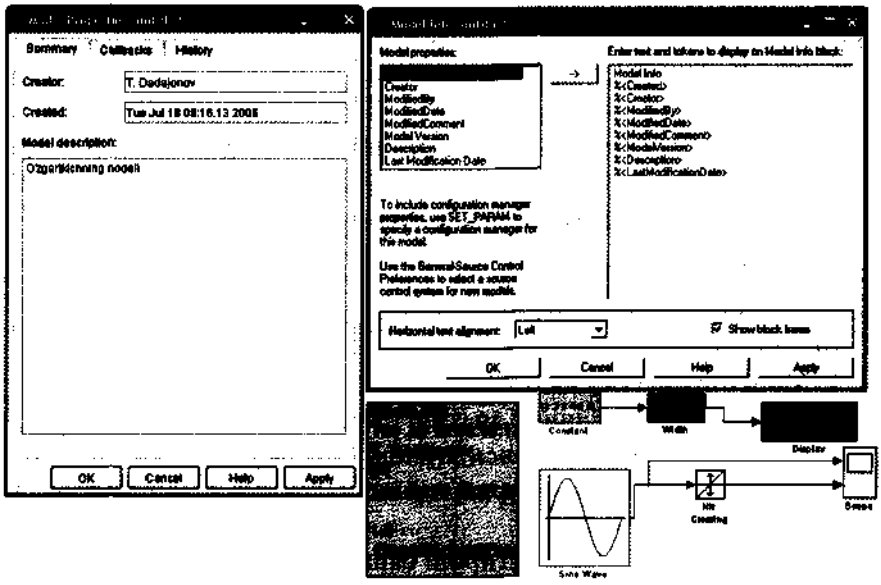
- **Right** — Ўнг томонга.

3. **Show block frame** (байроқча) — Блокнинг рамкасини акс эттириш.

Пиктограммада маълумотларни акс эттириш учун **Model properties** ойнасидан керакли параметр [redacted] кнопкаси ёрдамида таҳрирлаш ойнасига ўтказилади. Блокда фойдаланувчи томонидан киритиладиган статик информацияни (масалан, автор тўғрисида маълумотлар, моделнинг тавсифи ваҳ.к.) ва динамик янгиланувчи информацияни (масалан, моделнинг яратилиш санаси, энг сўнгги ўзгартиришлар киритилган сана ва ҳ.к.) акс эттириш мумкин.

Пиктограммада **File** менюсида **Model Properties** командаси орқали берилган информациянинг бир қисми ҳам акс этади.

Model Info блокидан фойдаланишга мисол 12.7.20-расмда кўрсатилган.



12.7.20-расм. Model Info блокидан фойдаланишга мисол

12.8. Function & Tables — функция ва жадваллар блоки

12.8.1. Функцияни киритиш блоки Fcn

Вазифаси:

Ифодани **C** дастурлаш тили услубида киритиш имкониятини беради.

Параметрлари:

Expression — Кириш сигналига асосан чиқиш сигналини ҳисоблашда фойдаланиладиган ифода. Ушбу ифода **C** тилида функцияларни тузиш учун қабул қилинган қоидаларга асосан ёзилади.

Ифодаларда қуйидаги компонентлардан фойдаланиш мумкин:

Кириш сигнали. Скаляр кириш сигнали **u** билан белгиланади. Вектор кириш сигнали элементларининг тартиб рақамлари қавс ичида кўрсатилади, масалан, **u(1)** ва **u(3)** — кириш векторининг биринчи ва учинчи элементлари.

Константалар.

Арифметик операторлар (+ — * /).

Нисбат операторлари (= = != > < >= <=).

Мантиқий операторлар (&& | | !).

Қавслар.

Математик функциялар: **abs, acos, asin, atan, atan2, ceil, cos, cosh, exp, fabs, floor, hypot, ln, log, log10, pow, power, rem, sgn, sin, sinh, sqrt, tan ва tanh.**

Ишчи соҳадаги ўзгарувчилар. Агар ишчи соҳадаги ўзгарувчи массив бўлса унинг элементлари индекслар ёрдамида қавс ичида кўрсатилади. Масалан, **A(1,1)** — А матрицанинг биринчи элементи.

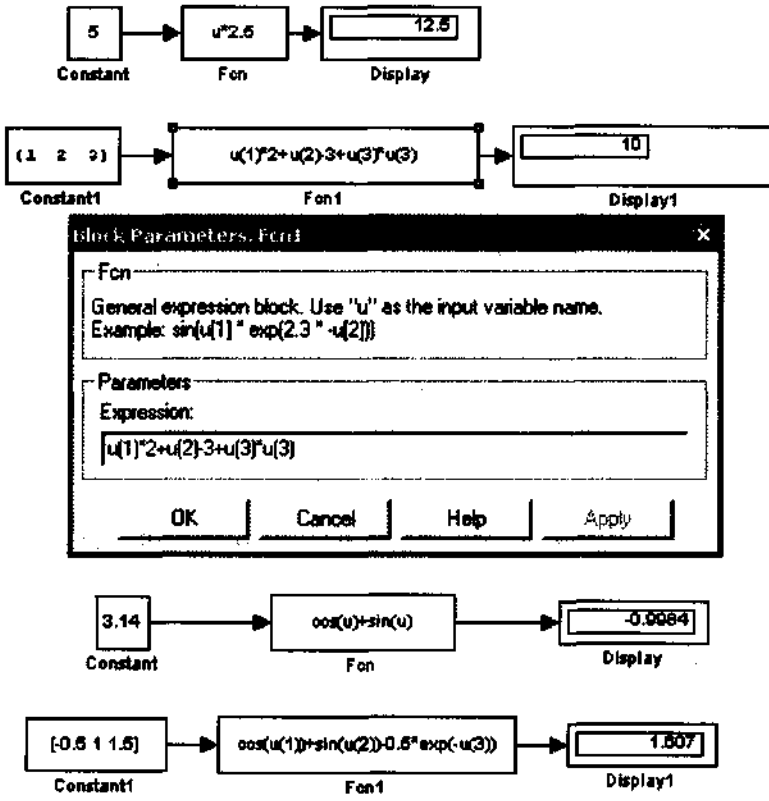
Нисбат операторлари ва мантиқий операторлар мантиқий нол (**FALSE**) ёки мантиқий бир (**TRUE**) кўринишидаги қийматларни қайтаради.

Ифодаларда қўлланиладиган операторлар қуйидаги устунлик тартибига эга:

1. ( )
2. + — (унар)
3. Даражага кўтариш
4. !
5. /
6. + — (бинар)
7. > < <= >=
8. = !=
9. &&
10. | |

Блок ёрдамида вектор ва матрицавий амалларни бажариб бўлмайди. Блокнинг чиқиш сигнали ҳамма вақт скаляр бўлади.

Fcn блокидан фойдаланишга мисоллар 12.8.1-расмда кўрсатилган.



12.8.1-расм. Fcn блокидан фойдаланишга мисоллар

12.8.2. MATLAB функциясини киритиш блоки Fcn

Вазифаси:

Ифодани **MATLAB** дастурлаш тили услубида киритиш имкониятини беради.

Параметрлари:

1. **MATLAB function** — Ифода, **MATLAB** тилида.
2. **Output dimensions** — Чиқиш сигналининг ўлчами. Параметрнинг қиймати **–1** (минус бир) бўлса ўлчам автоматик тарзда аниқланади.
3. **Output signal type** — Чиқиш сигналининг тури. Қуйидаги жадвалдан олинади:

- **real** — Ҳақиқий сигнал;
- **complex** — Комплекс сигнал;
- **auto** — Сигналнинг турини автоматик тарзда аниқлаш.

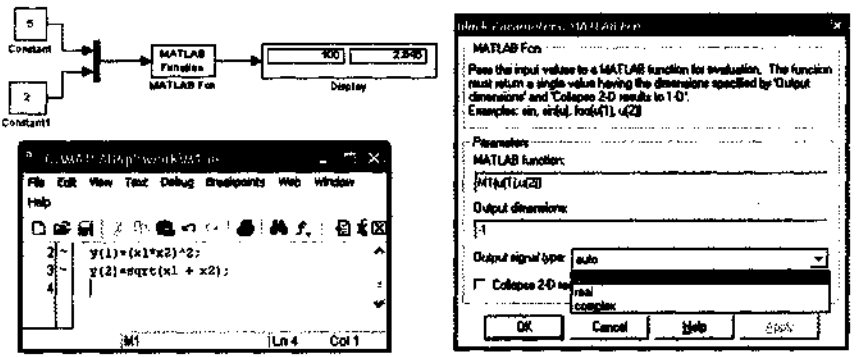
4. **Collapse 2-D results to 1-D** — Икки ўлчамли чиқиш сигналини бир ўлчамлига айлантириш.

Скаляр кириш сигнали **u** билан белгиланади. Вектор кириш сигнали элементларининг тартиб рақамлари қавс ичида кўрсатилади, масалан, **u(1)** ва **u(3)** — кириш векторининг биринчи ва учинчи элементлари. Агар ифода битта функциядан иборат бўлса, параметрлари кўрсатилмаслиги мумкин. Ифода **MATLAB** тилида ёзилган ва **m**-файла кўринишида тайёрланган фойдаланувчининг хусусий функциясига эга бўлиши мумкин. Бу ҳолда **m**-файлнинг номи моделнинг номи (**mdl**-файл) билан бир хил бўлмаслиги керак.

MATLAB Fcn блокидан фойдаланишга мисол 12.8.2-расмда келтирилган. Унда кириш вектори иккита элементи кўпайтмасининг квадрати ва йиғиндисидан квадрат илдизни ҳисобловчи **M1** функциядан фойдаланилган. Функциянинг матни (**M1.m** файл) қуйидагича:

```
function y=M1(x1,x2);
y(1)=(x1*x2)^2;
y(2)=sqrt(x1 + x2);
```

Функция **MATLAB function** параметрида берилган **M1(u(1),u(2))** ифода ёрдамида чақирилади.



12.8.2-расм. MATLAB Fcn блокидан фойдаланишга мисол

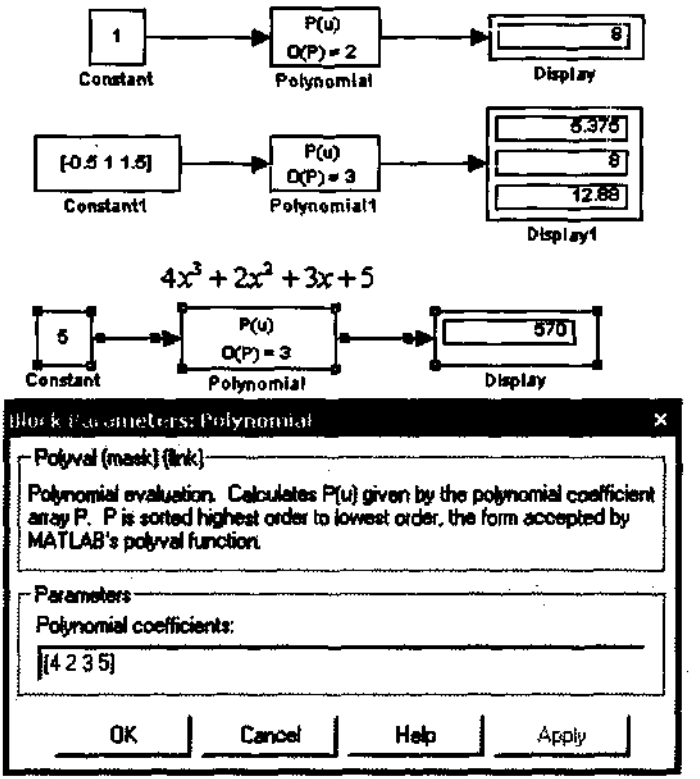
12.8.3. Даражали кўпҳадни бериш блоки Polynomial

Параметрлари:

Polynomial coefficients — Полином коэффициентларининг вектори. Векторда коэффициентлар мустақил ўзгарувчининг даражаси камайиб бориш йўналишида жойлашади. Масалан, x^2+2x+5 полином коэффициентлар вектори **[1 2 5]** кўринишида берилади. Коэффициентлар ҳақиқий турда бўлиши зарур.

Блок полиномнинг қийматини унинг коэффициентлари ва кириш сигнали бўйича ҳисоблайди. Агар кириш сигнали вектор ёки матрица бўлса блок натижани массивнинг ҳар бир элементи учун ҳисоблайди.

Polynomial блокидан фойдаланишга мисоллар 12.8.3-расмда кўрсатилган. Мисолларда биринчи **Polynomial** блок учун коэффициентлар **[1 2 5]**, иккинчиси учун **[1 2 0 5]** ва учинчиси учун **[4 2 3 5]** векторлар кўринишида берилган.



12.8.3-расм. Polynomial блокидан фойдаланишга мисоллар

12.8.4. Бир ўлчамли жадвал блоки Look-Up Table

Вазифаси:

Бир ўзгарувчининг функциясини жадвал кўринишида беради.

Параметрлари:

Vector of input values — Кириш сигналининг қийматлар вектори. Дискрет қийматлар (масалан, **[1 2 7 9]**) ёки узлуксиз диапазон (масалан, **[0:10]**) кўринишида берилади. Векторнинг элементларини

ёки диапозоннинг чегараларини ҳисобланадиган ифода кўринишида бериш мумкин, масалан, **[tan(5) sin(3)]**.

Vector of output values — Кириш қийматларининг векторига мос келувчи чиқиш қийматларининг вектори.

Блок қуйидаги қоидаларга асосан ишлайди:

Агар кириш сигнали кириш қийматлари вектори (**Vector of input values**) элементларидан бирига тенг бўлса, чиқиш сигнали кириш сигналига мос бўлган чиқиш қийматлари вектори (**Vector of output values**) элементларидан бирига тенг бўлади. Масалан, кириш қийматларининг вектори **[0 1 2 5]** ва чиқиш қийматларининг вектори **[-5 –10 3 100]** бўлса, кириш сигнали **0** бўлганда чиқиш сигнали **-5** бўлади.

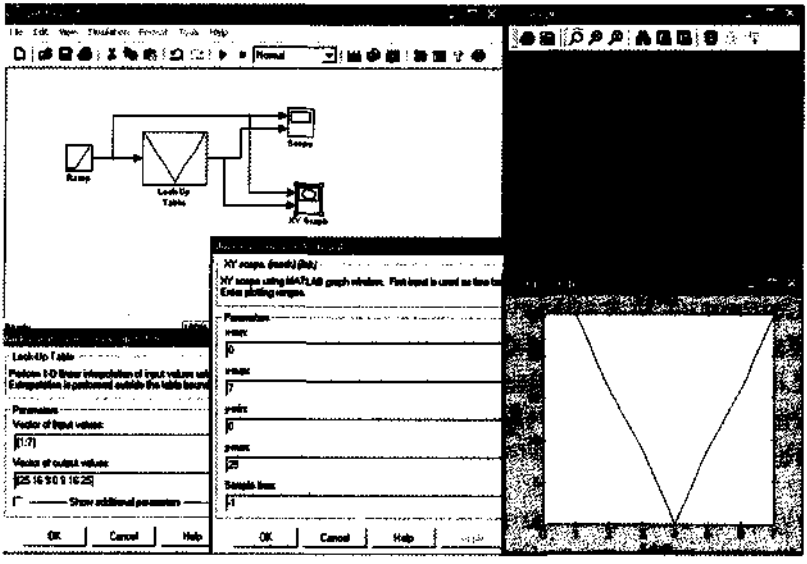
Агар кириш сигнали кириш қийматлари вектори элементларидан ҳеч бирига мос келмаса, блок унга энг яқин иккита элемент бўйича чизиқли интерполяцияни бажаради.

Агар кириш сигнали кириш қийматлари вектори чегарасидан ташқарида бўлса, блок векторнинг иккита четки элементлари бўйича чизиқли экстраполяцияни амалга оширади.

Созлаш йўли билан киритилган функциянинг графиги блокнинг пиктограммасида акс этади.

Блокнинг кириш сигнали вектор бўлиши ҳам мумкин. Бу ҳолда блок элементлараро амалларни бажаради.

Look-Up Table блокидан фойдаланишга мисол 12.8.4-расмда келтирилган.



12.8.4-расм. Look-Up Table блокидан фойдаланишга мисол

12.8.5. Икки ўлчамли жадвал блоки Look-Up Table(2D)

Вазифаси:

Икки ўзгарувчининг функциясини жадвал кўринишида беради.

Параметрлари:

1. **Row** — Сатр. Биринчи аргумент қийматларининг вектори. **Бир** ўлчамли жадвалнинг **Vector of input values** параметрига ўхшаш тарзда киритилади. Вектор элементлари ортиб бориш тартибида жойлашиши керак.
2. **Column** — Устун. Иккинчи аргумент қийматларининг вектори. Вектор элементлари ортиб бориш тартибида жойлашиши керак.
3. **Table** — Функция қийматларининг жадвали. Матрица кўринишида берилади. Сатрлар сони **Row** векторидаги элементлар сонига ва устунлар сони **Column** векторидаги элементлар сонига тенг бўлиши керак.

Жадвални тузиш қоидалари 12.8.1-жадвалда келтирилган.

12.8.1-жадвал

		Иккинчи аргумент (Column)		
		4	8	10
Биринчи аргумент (Row)	2	10	20	15
	3	40	20	60
	5	70	80	60

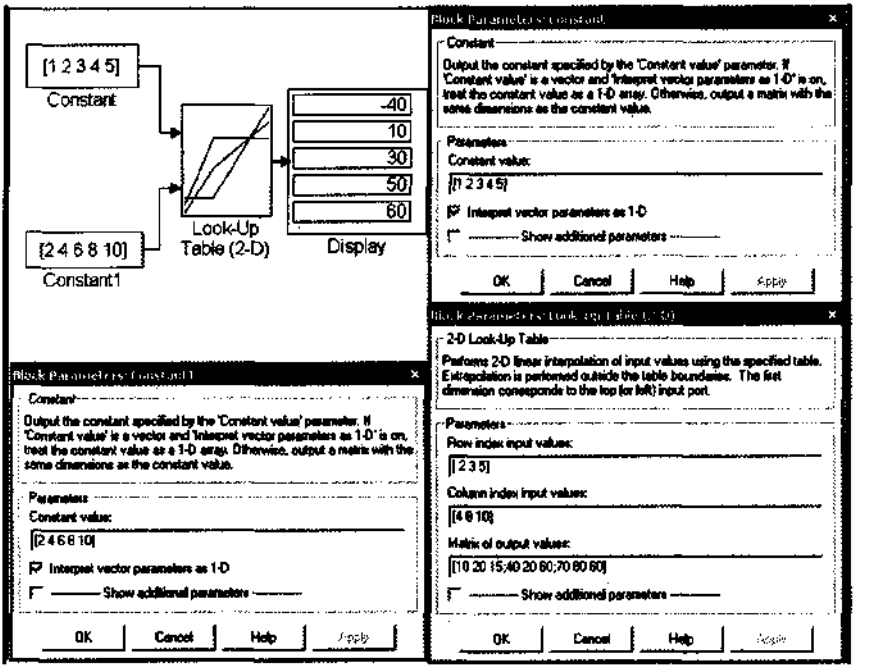
Юкоридаги жадвал учун блок параметрларининг қийматлари қуйидагича бўлади:

Row — [2 3 5] ,

Column — [4 8 10] ,

Table — [10 20 15;40 20 60;70 80 60] .

Look-Up Table(2D) блокидан фойдаланишга мисол 12.8.5-расмда келтирилган. Блокнинг параметрлари 12.8.1-жадвалга асосан киритилган.



12.8.5-расм. Look-Up Table(2D) блокидан фойдаланишга мисол

12.8.6. Кўп ўлчамли жадвал блоки Look-Up Table (n-D)

Вазифаси:

Блок n ўзгарувчили (n=1, 2, 3, 4, …) функцияни жадвал кўринишида беради.

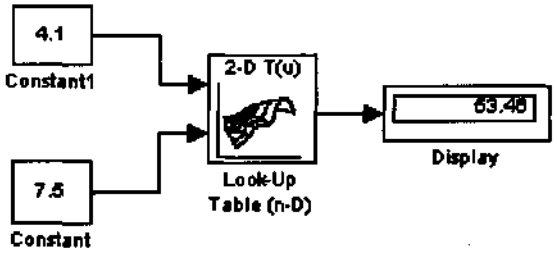
Параметрлари:

1. **Number of table dimensions** — Жадвал ўлчамларининг (функция аргументларининг) миқдори. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади: **1**, **2**, **3**, **4**, **More...**(Кўп).
2. **First input (row) breakpoint set** — Биринчи аргумент (сатр) қийматларининг вектори. Дискрет қийматлар (масалан, **[1 2 7 9]**) ёки узлуксиз диапазон (масалан, **[0:10]**) кўринишида берилади. Векторнинг элементларини ёки диапозоннинг чегараларини ҳисобланадиган ифода кўринишида бериш мумкин, масалан, **[tan(5) sin(3)]**. Вектор элементлари ортиб бориш тартибида жойлашиши керак.
3. **Second (column) input breakpoint set** — Иккинчи аргумент (устун) қийматларининг вектори. Юқорида келтирилган параметр сингари киритилади.

4. **Third input breakpoint set** — Учинчи аргумент қийматларининг вектори. Ушбу параметрдан жадвал ўлчамларининг миқдори иккидан ортиқ бўлсагина фойдаланиш мумкин.
5. **Fourth input breakpoint set** — Тўртинчи аргумент қийматларининг вектори. Ушбу параметрдан жадвал ўлчамларининг миқдори учдан ортиқ бўлсагина фойдаланиш мумкин.
6. **Fifth..Nth input breakpoint sets (cell array)** — Бешинчи ва ундан кейинги аргументлар қийматларининг массиви (ячейкалар массиви). Ушбу параметрдан жадвал ўлчамларининг миқдори тўртдан ортиқ бўлсагина фойдаланиш мумкин.
7. **Explicit number of dimensions** — Жадвал ўлчамларининг (функция аргументларининг) аниқ миқдори. Ушбу параметр, агар **Number of table dimensions** параметр **More** қийматига эга бўлса ўринли.
8. **Index search method** — Индекслар бўйича излаш усули. Қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:
   - **Evenly Spaced Points** — Тенг узоқликдаги индекслар учун излаш. Агар аргументлар ораларидаги фарқлар ўзаро тенг бўлса (масалан, **[10 20 30]**) ушбу усул излаш тезлиги бўйича энг яхши натижаларни беради.
   - **Linear Search** — Чизиқли излаш. Агар кириш сигналлари орасидаги фарқлар кичик бўлса яхши натижа беради.
   - **Binary Search** — Иккилик излаш. Агар кириш сигналлари орасидаги фарқлар катта бўлса яхши натижа беради.
9. **Begin index searches using previous index results** (байроқча) — Излашни аввалги излаш натижаларидан фойдаланилган ҳолда бошлаш.
10. **Use one (vector) input port instead of N ports** (байроқча) — Бир неча бир ўлчамли кириш портлари ўрнига кўп ўлчамли кириш портдан фойдаланиш.
11. **Table data** — Функция қийматларининг жадвали. Кўп ўлчамли жадвалларни шакллантириш қоидаларига асосан берилади.
12. **Interpolation method** — Интерполяция усули. Қуйидаги рўйхатдан олинади:
    - **None** — Интерполяция бажарилмайди;
    - **Linear** — Чизиқли интерполяция;
    - **Cubic Spline** — Кубик сплайн-интерполяция.
13. **Extrapolation method** — Экстраполяция усули. Қуйидаги рўйхатдан олинади: **None**, **Linear** ёки **Cubic Spline**.
14. **Action for out of range input** — Аргумент қийматлари вектори чегарасидан ташқарида кириш сигналининг чиқишга таъсири. Қуйидаги рўйхатдан олинади:

- **None** — Таъсир йўқ;
- **Warning** — Огоҳлантирувчи ахборотни **MATLAB** командалар сатрига чиқариш.
- **Error** — Хатолик тўғрисидаги ахборотни **MATLAB** командалар сатрига чиқариш ва ҳисоблашларни тўхтатиш.

Look-Up Table (n-D) блокидан фойдаланишга мисол 12.8.6-расмда келтирилган.



12.8.6-расм. Look-Up Table (n-D) блокидан фойдаланишга мисол

12.8.7. Бевосита кириш мумкин бўлган жадвал блоки Direct Loop-Up Table (n-D)

Вазифаси:

Элементларига тўғридан-тўғри кириш мумкин бўлган кўп ўлчамли жадвални ҳосил қилади. Элементларининг индекслари нолдан бошланади.

Параметрлари:

1. **Number of table dimensions** — Жадвал ўлчамларининг (функция аргументларининг) сони. Ушбу параметрнинг қийматлари қуйидаги рўйхатдан танланади: **1, 2, 3, 4, More...**(Кўп).
2. **Explicit number of dimensions** — Жадвал ўлчамларининг (функция аргументларининг аниқ сони. Ушбу параметрга **Number of table dimensions** параметрининг қиймати **More** бўлса кириш мумкин.
3. **Inputs select this object from table** — Чиқиш сигналининг тури. Қуйидаги рўйхатдан танланади:

Element — Элемент. Агар блокнинг чиқишида жадвалнинг бирор элементини олиш зарур бўлса блокнинг киришига элементнинг ҳамма индекслари берилиши керак.

Column — Устун. Агар блокнинг чиқишида устун ҳосил қилиш керак бўлса блокнинг киришига юқоридаги вариантга нисбатан битта кам индекс берилади.

D Matrix — Матрица. Агар блокнинг чиқишида матрица ҳосил қилиш керак бўлса блокнинг киришига юқоридаги вариантга нисбатан битта кам индекс берилади.

Make table an input — Функция қийматларининг жадвали блокнинг алоҳида кириши орқали берилади, **Table data** параметри орқали эмас.

Table data — Функция қийматларининг жадвали. Кўп ўлчамли массивларни шакллантириш қоидаларига асосан ҳосил қилинади.

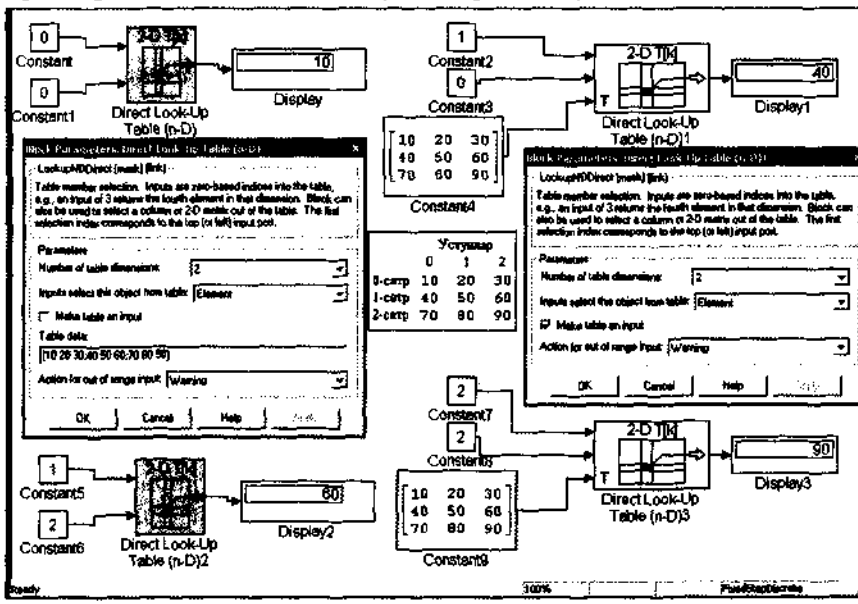
Action for out of range input — Аргумент қийматлари вектори чегарасидан ташқарида кириш сигналининг чиқишга таъсири. Қуйидаги рўйхатдан олинади:

None — Таъсир йўқ;

Warning — Огоҳлантирувчи ахборотни **MATLAB** командалар сатрига чиқариш.

Error — Хатолик тўғрисидаги ахборотни **MATLAB** командалар сатрига чиқариш ва ҳисоблашларни тўхтатиш.

Direct Look-Up Table (n-D) блокидан фойдаланишга мисол 12.8.7-расмда келтирилган. Функция қийматларининг жадвали (**[10 20 30;40 50 60;70 80 90]**) биринчи ҳолда блок параметрларида, иккинчи ҳолда эса алоҳида кириш орқали (**Make table an input** байроқчаси уланган) берилган.



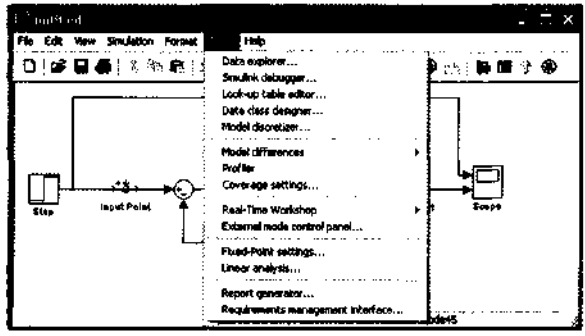
12.8.7-расм. Direct Look-Up Table (n-D) блокидан фойдаланишга мисол

12.9. LTI-вьювер билан ишлаш

12.9.1. LTI-вьюверни Linear analysis... командаси ёрдамида чақириш

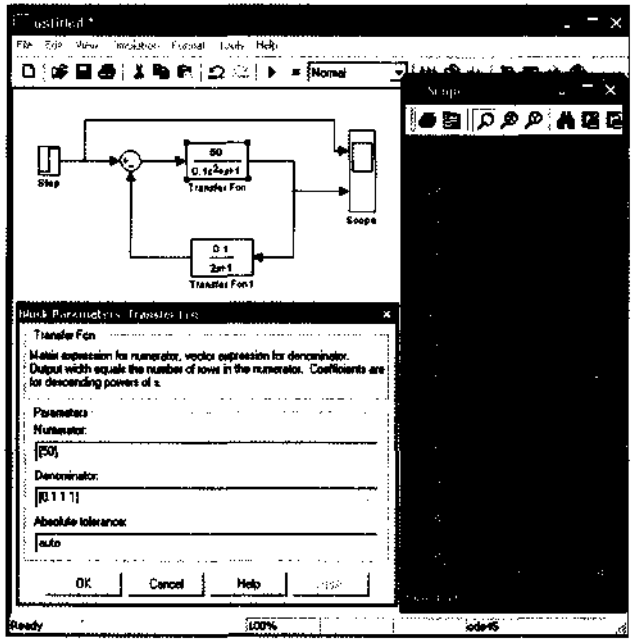
Модел ойнасининг Tools менюсидаги Linear analysis... командаси (12.9.1-расм) тизимни чизиқли таҳлил қилиш натижаларига эга бўлган

ойнани очиш учун хизмат қилади. Ушбу команда чизиқли таҳлил қилиш мумкин бўлган махсус моделлар учун қўлланилади. Моделлар чизиқли ёки ночизиқли бўлиши мумкин. Агар модел ночизиқли бўлса унинг танланган фрагменти автоматик равишда чизиқли кўринишга ўтказилади.



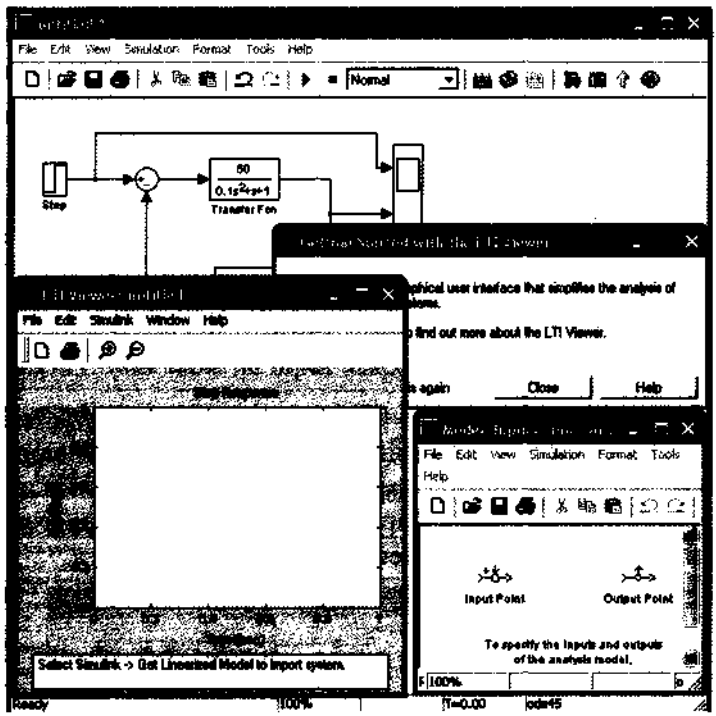
12.9.1-расм. Модел ойнасининг Tools менюси

Манфий тескари алоқага эга бўлган чизиқли тизимнинг моделини кўрайлик (12.9.2-расм). Тизимнинг тўғри ва тескари звенолари Fcn блокининг оператор узатиш характеристикалари ёрдамида амалга оширилган. Осциллограммаларда кўриниб турганидек тизимнинг бирлик импульсга реакцияси тебранувчи характерга эга.



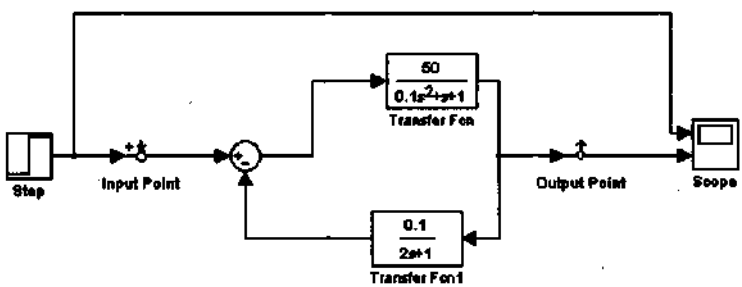
12.9.2-расм. Манфий тескари алоқага эга бўлган чизиқли тизимнинг модели

Чизиқли таҳлилни амалга ошириш учун модел ойнасидаги Tools менюсидан Linear analysis... командасини бажарамиз. LTI-Viewer нинг ойнаси, огоҳлантирувчи ойна ҳамда LTI-Viewer нинг кириш ва чиқиш портларига эга бўлган ойналар ҳосил бўлади 12.9.3-расм).



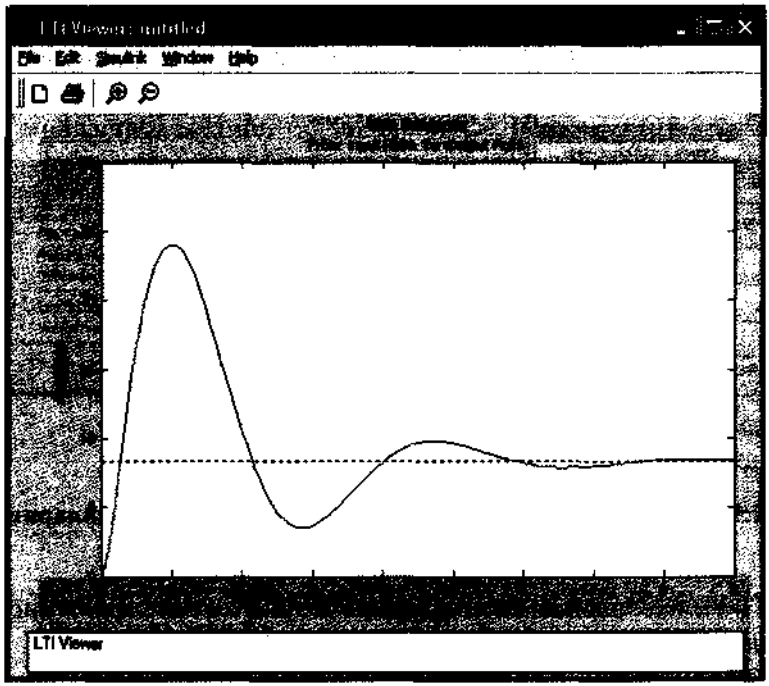
12.9.3-расм. LTI-Viewer нинг ойналари

Огоҳлантирувчи ойна Close тугмасини босиб ёпилади ва LTI-Viewer нинг кириш ва чиқиш портлари моделнинг чизиқли таҳлил қилиниши зарур бўлган фрагментини ўз ичига оладиган қилиб моделга сурилади (12.9.4-расм).



12.9.4-расм. Моделнинг таҳлил қилиниши зарур бўлган фрагментини ажратиш

Кейин LTI-Viewer ойнасининг Simulation менюсидаги Get Linearized командаси бажарилади. Натижада модел чизиқли кўринишга ўтади ва LTI-Viewer ойнасида тизим ўтиш характеристикасининг графиги пайдо бўлади (12.9.5-расм).



12.9.5-расм. Тизим ўтиш характеристикасининг графиги

12.9.2. Тизимнинг ҳолатини танлаш

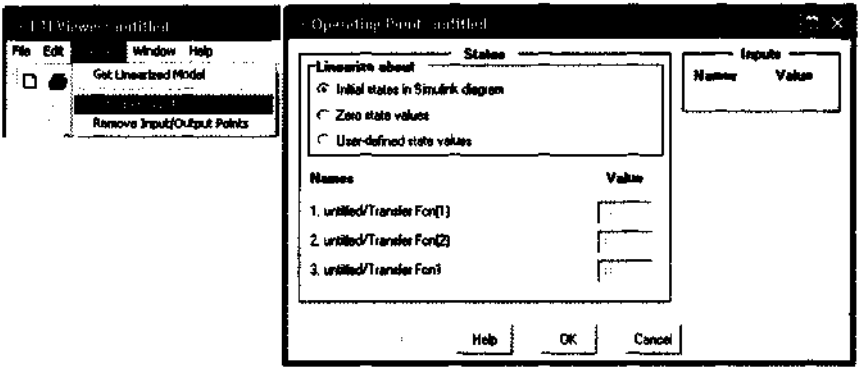
Тизимнинг қандай ҳолатига нисбатан чизиқли кўринишга ўтказилиши ҳам катта аҳамиятга эга. Бундай ҳолатни ўзгартириш учун LTI-вьювернинг Simulink менюсидаги Set Operating Point... командаси танланади (12.9.6-расм). Бундан ташқари ушбу позицияда вьювер портларини йўқотиш учун Remove Input/Output Points командаси ҳам мавжуд.

Ҳосил бўлган ойнада чизиқли кўринишга ўтказиш учун қуйидаги ҳолатлардан бирини ўрнатиш мумкин:

- Initial status in Simulink diagram — бошланғич ҳолатга мос ҳолат;
- Zero status value — нолли бошланғич шартларга эга бўлган ҳолат;

• User-defined state values — фойдаланувчи томонидан берилувчи бошланғич ҳолат.

Фойдаланувчи томонидан берилувчи бошланғич ҳолат танланганда блоклар ва панелларнинг рўйхати бошланғич сигналларнинг қийматларини киритиш учун активлашади.



12.9.6-расм. Тизимнинг ҳолатини танлаш

12.9.3. Чизиқли тизимларнинг график характеристикаларини танлаш

LTI-Viewer чизиқли тизимларнинг деярли ҳамма характеристикаларини қуриш имкониятини беради:

• Step — ўтиш характеристикаси (тизимнинг бирлик импульс сакрашидан таъсирланиши);

• Impulse — импульс характеристикаси (тизимнинг давомийлиги чексиз кичик, амплитудаси чексиз катта ва юзаси бирга тенг бўлган бирлик импульдан таъсирланиши);

• Bode — логарифмик амплитуда-частотавий ва фаза-частотавий характеристикалар;

• Bode Magnitude — фақат логарифмик амплитуда-частотавий характеристика;

• Nyquist — Найквист диаграммаси;

• Nichols — Николс диаграммаси ;

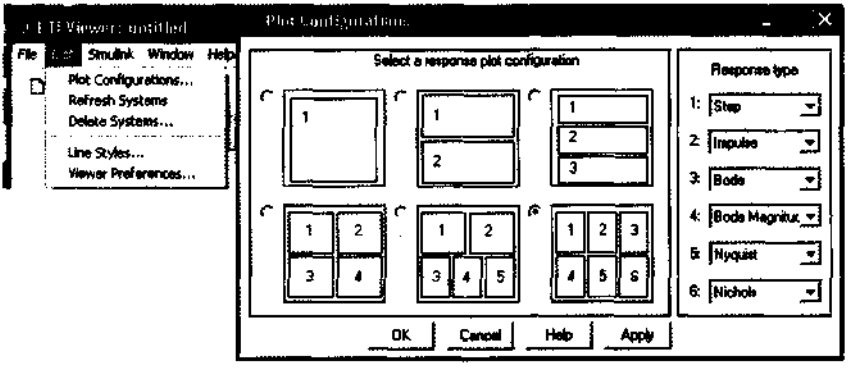
• Sigma — тизимнинг сингуляр сонлари;

• Pole/zero — тизимнинг ноллари/қутблари.

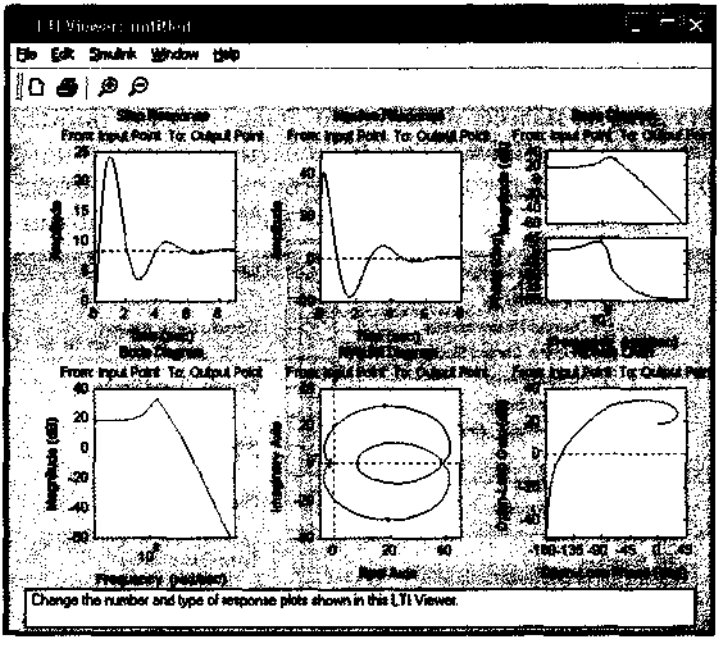
Рўйхатдаги Найквист ва Николс диаграммалари одатда тескари алоқага эга бўлган тизимларнинг турғунлигини график йўл билан таҳлил қилиш учун ишлатилади.

12.9.4. Графикларни кўрсатиш конфигурациясини танлаш

Характеристикаларнинг графикларини, характеристикалар сонини ва жойлашиш вариантларини танлаб, фақат биргина график ойнада ҳам кўрсатиш мумкин. Бунинг учун LTI-Viewer ойнасидаги Edit менюсидан Plot Configurations... командаси танланади. Натижада, Plot Configurations ойнаси очилади (12.9.7-расм). Ойнанинг чап қисмидан графиклар сони ва ўнг қисмидан (Response type) характеристикаларнинг жойлашиш тартиби танланади ва OK босилади (12.9.8-расм).



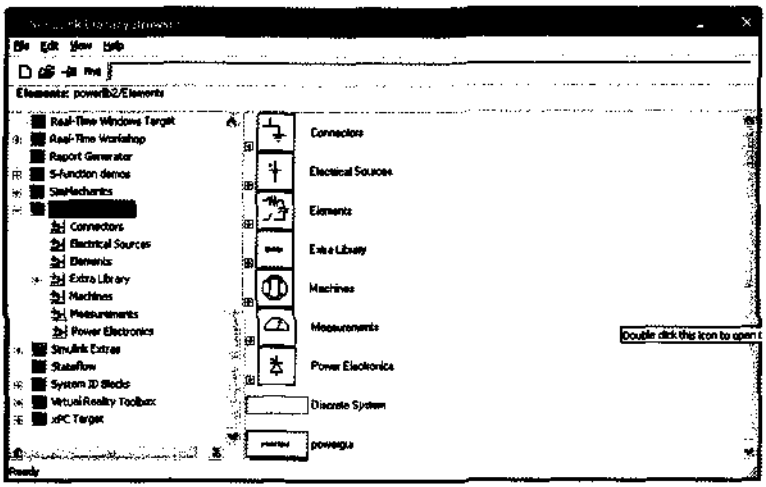
12.9.7-расм. Plot Configurations ойнаси



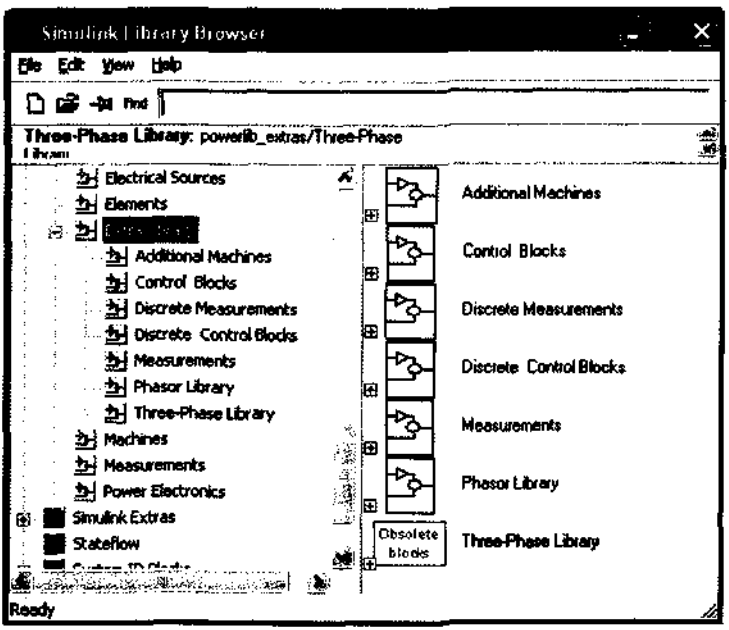
12.9.8-расм. Plot Configurations ойнасида танланган графиклар

13. SIM POWERS SYSTEM ПАКЕТИ

Sim Powers System пакети таркибида куч элементлари (катта кувватли элементлар) бўлган системаларни моделлаш учун мўлжалланган. У еттита бўлимдан иборат (13.1-расм). Унинг Extra Library ост бўлими 13.2-расмда кўрсатилган.



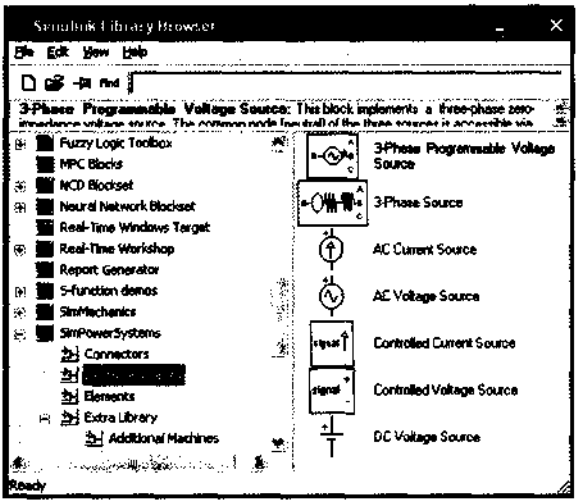
13.1-расм. Sim Powers System пакети



13.2-расм. Extra Library ост бўлими

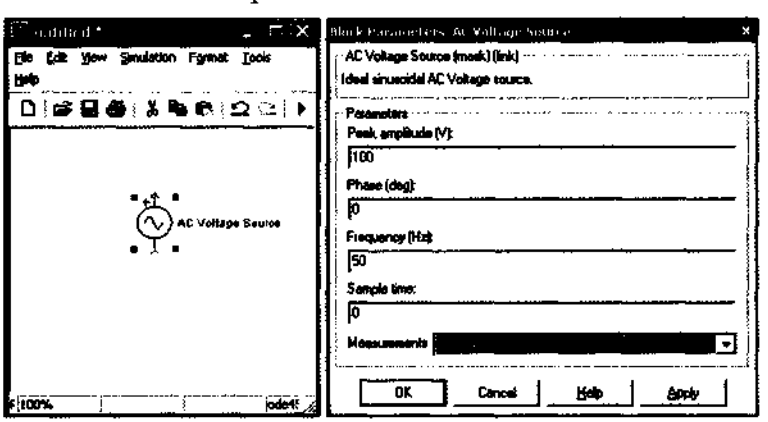
13.1. Электр энергияси манбалари Electrical Sources библиотекаси

Ушбу библиотекада ўзгармас ва ўзгарувчан ток ҳамда кучланишнинг бошқарилмайдиган ва бошқариладиган манбалари мавжуд (13.3-расм).



13.3-расм. Электр энергияси манбалари Electrical Sources

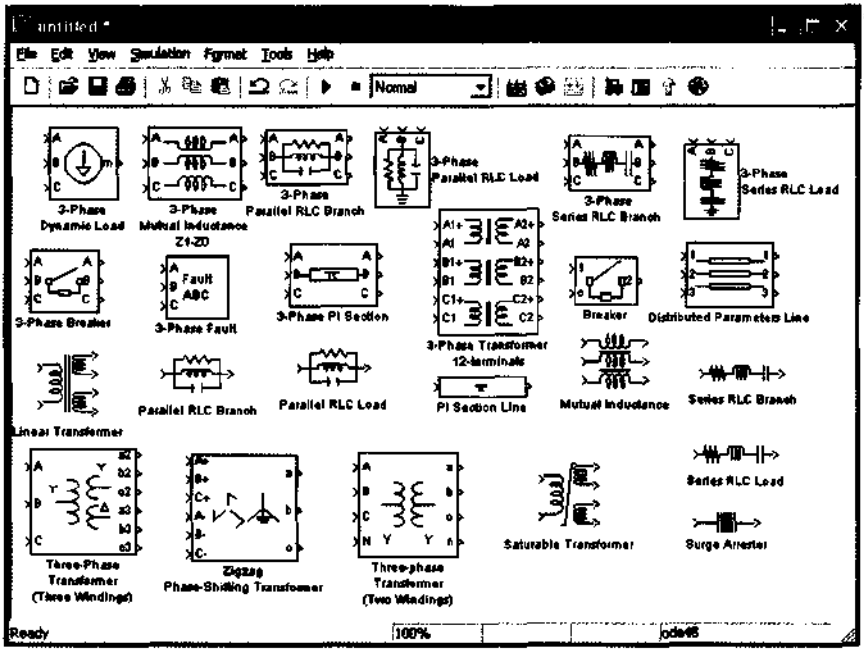
Ўзгарувчан кучланиш манбаси AC Voltage Source блоки ва унинг созлаш ойнаси 13.4–расмда кўрсатилган. Унда ўзгарувчан кучланишнинг амплитудаси, бошланғич фазаси ва частотасининг қийматларини ўрнатиш мумкин. Measurements майдони манбанинг чиқиш параметрларини кузатиш ва ўлчаш учун Multimeter блокини боғлаш имкониятини беради.



13.4-расм. AC Voltage Source блоки ва унинг созлаш ойнаси

13.2. Пассив элементлар библиотекаси Elements

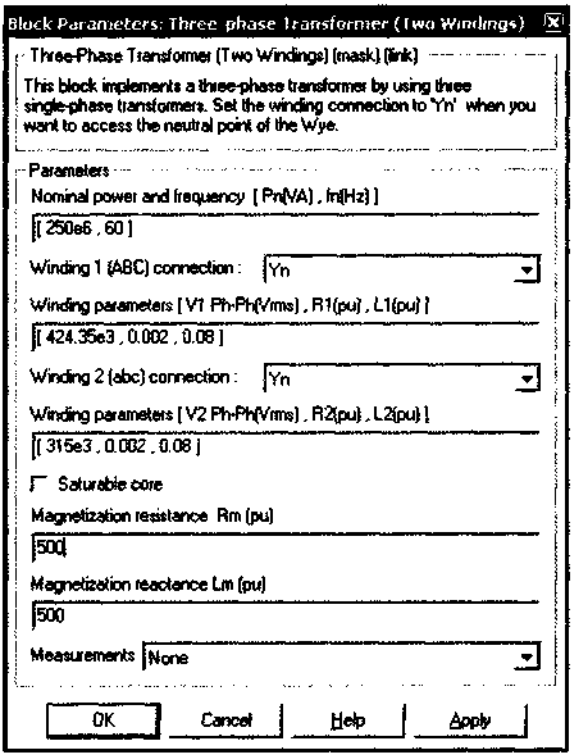
Elements библиотекасида деярли барча турдаги пассив элементлар мавжуд (13.5-расм):



13.5-расм. Пассив элементлар библиотекаси Elements

- кетма-кет ва параллел R, L, C элементлар: уларнинг параметрларини ом, генри ва фарадаларда (RLC Branch) ёки актив индуктив ва сиғим қувватларда (RLC Load) бериш мумкин Юкламаларни бундай кўринишда бериш уч фазали электр занжирларни тадқиқ қилишда жуда қулай бўлиб ҳисобланади;
- чизиқли трансформатор (Linear Transformer) ва тўйинишни ҳисобга олиш мумкин бўлган магнит ўзакли трансформатор (Saturable Transformer);
- ўзаро индуктивликка эга бўлган (магнит боғланган) занжирлар (Mutual Inductance);
- кириш ва чиқиш сигналлари орасида талаб қилинган ночизиқли боғланишни шакллантириш имкониятини берувчи ночизиқли элемент (Surge Arrester);
- калит (Breaker), унинг очиқ ҳолатдаги параметрлари (қаршилиги, индуктивлиги) ва кириш сигнали нолга тенг бўлгандаги ҳолати (очиқ ёки ёпиқ) созлаш майдонларида берилади;

- уч фазали уч чўлғамли трансформаторлар (Three-Phase Transformer, Two Windings, Three Windings);
- бир ва уч фазали линияларнинг параметрларини амалга оширувчи блоклар (PI Section Line, Distributed Parameters Line).

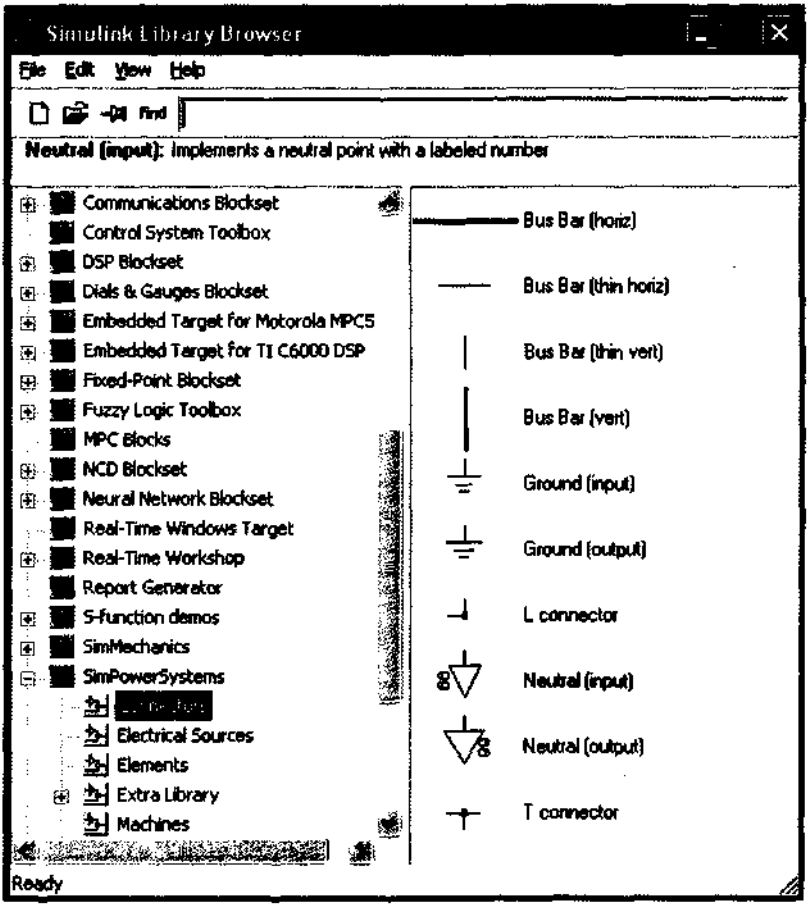


13.6-расм. Уч фазали икки чўлғамли трансформаторнинг (Three-Phase Transformer) параметрларини созлаш ойнаси

Уч фазали икки чўлғамли трансформаторнинг (Three-Phase Transformer) параметрларини созлаш ойнаси 13.6-расмда келтирилган. Созлаш ойнасида трансформаторнинг номинал қуввати ва частотаси (Nominal power and frequency), бирламчи ва иккиламчи чўлғамларнинг параметрлари (Winding parameters), бирламчи ва иккиламчи чўлғамларнинг уланиш схемалари (Winding 1 (ABC) Connection, Winding 2 (abc) Connection) кўрсатилади. Suturable Core байроқчаси трансформаторнинг тўйинишини ҳисобга олиш имконини беради. Пастга очилувчи (Measurements) менюсида трансформаторнинг Multimetery блоки воситасида ўлчаниши кўзда тутилган ҳолат ўзгарувчилари кўрсатилади.

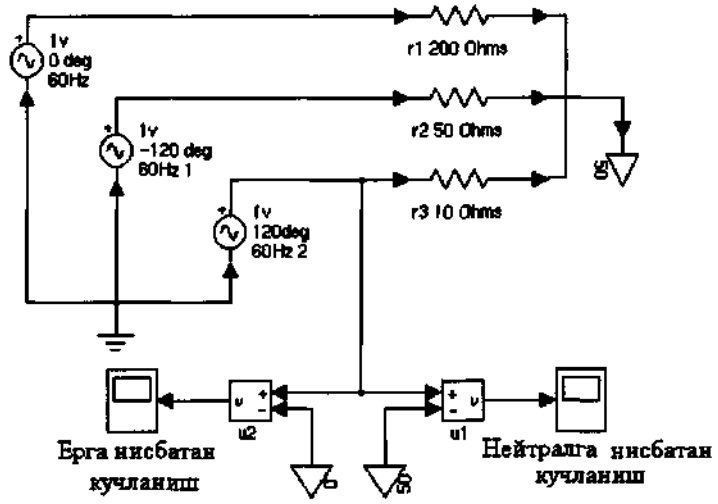
13.3. Sim Powers System библиотекаси моделларининг кириш ва чиқишларини ўзаро боғловчи блоклар (Connector)

Connector библиотекаси 13.7–расмда келтирилган. Bus Bar блокларининг созлаш ойналарида киришлар ва чиқишлар сони кўрсатилиши керак.



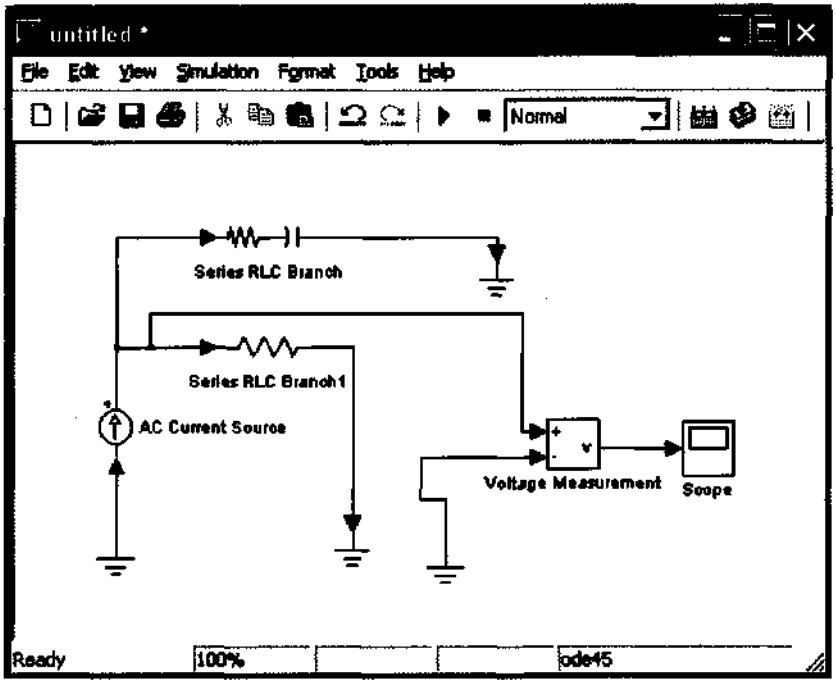
13.7-расм. Connector библиотекаси

Neutral блоки тартиб рақамига эга бўлган умумий нуқта ҳосил қилиш учун ишлатилади. Ушбу блокдан схеманинг турли жойларидаги икки нуқтани линияни чизмасдан боғлаш учун фойдаланиш мумкин. Агар Neutral блокининг тартиб рақами 0 бўлса у ер билан боғланиш ҳосил қилади. Neutral блокидан фойдаланишга мисол 13.8-расмда кўрсатилган.



13.8-расм. Neutral блокидан фойдаланишга мисол

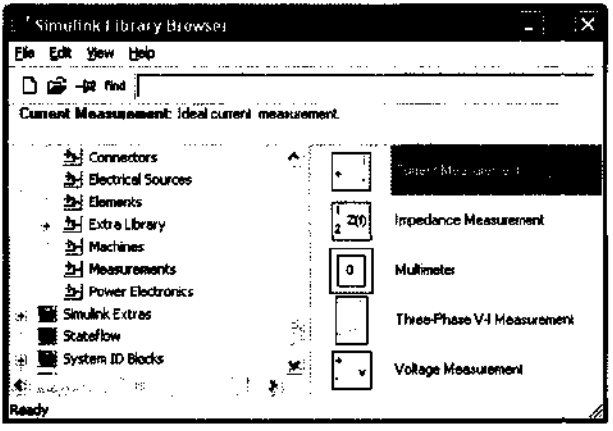
Ground блоки ер билан боғланиш ҳосил қилади. Кириш ва чиқишга эга бўлган икки турдаги Ground блоклари мавжуд (13.9-расм).



13.9-расм. Ground блокидан фойдаланишга мисол

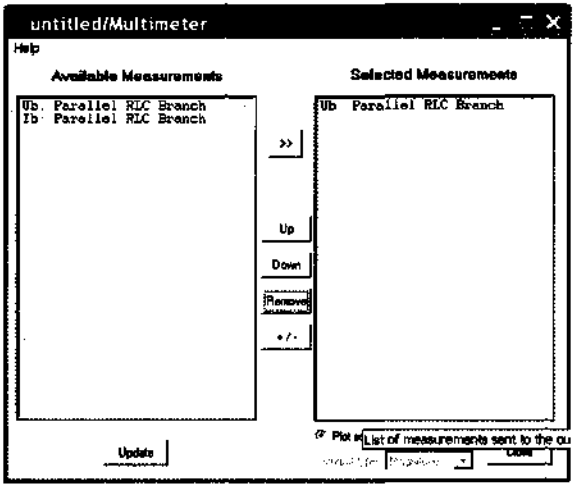
13.4. Ўлчаш блоклари Measurements

Measurements библиотекасидаги Voltage Measurement ва Current Measurements блоклари (13.10–расм) SimPowerSystem библиотекаси блокларини Simulink библиотекасидаги ўлчаш блоклари билан боғлаш учун хизмат қилади. Impedance Measurement блоки текширилаётган схемадаги икки нуқта орасидаги тўла қаршиликнинг частотавий боғланишини ўлчаш имкониятини беради.



13.10-расм. Measurements библиотекаси

Энг кўп ишлатиладиган блоклардан бири Multimeter блокидир. Унинг ёрдамида текширилаётган элементларнинг Measurement ойнасида танланган электр катталиклар ўлчанади.

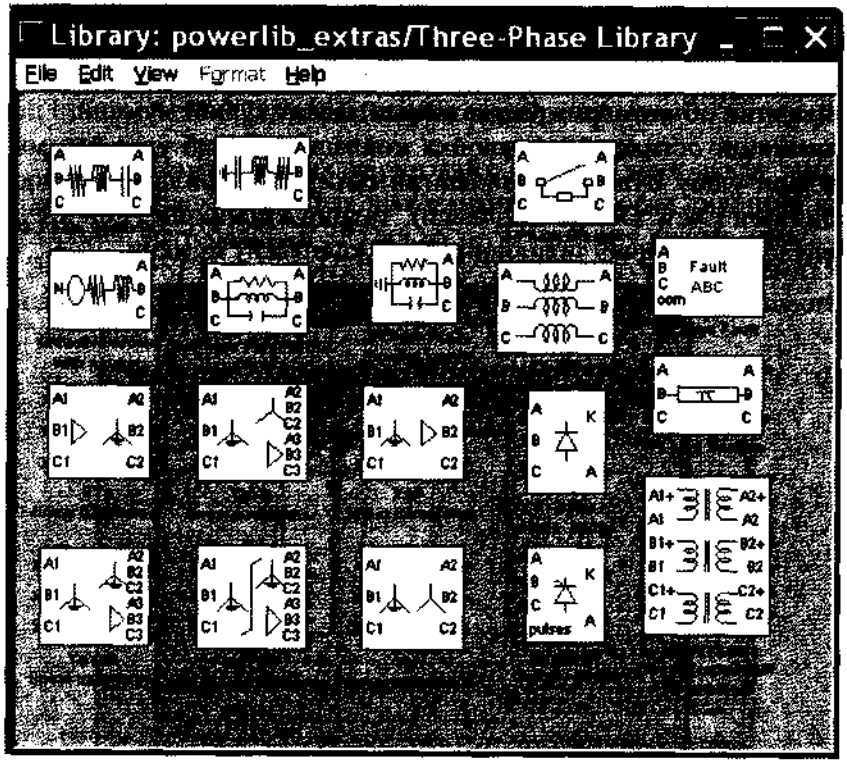


13.11-расм. Multimeter блокининг созлаш ойнаси

Multimeter блокининг созлаш ойнаси (13.11-расм) иккита майдонга эга. Уларнинг биринчисида (Available) ўлчанадиган ўзгарувчилар кўринади. Уларнинг ҳаммаси ёки бир қисми « >> « тугмаси ёрдамида ўлчаш ва натижаларни қайд қилиш учун иккинчи ойнага ўтказилиши мумкин.

1.3.5. Уч фазали занжирлар библиотекаси Three-Phase Library

Уч фазали занжирлар библиотекаси Three-Phase Library 13.12–расмда келтирилган. Ушбу библиотекада кетма-кет ва параллел RLC қаршиликлар, актив ва реактив қувватлари берилиши мумкин бўлган кетма-кет ва параллел юкламалар (3-Phase RLC Series Load ва 3-Phase RLC Parallel Load), уланиш группалари ҳар хил бўлган чизиқли уч фазали трансформаторлар, уч фазали калит, уч фазали кўприк схемаси бўйича уланган диодли ва тиристорли тўғрилагичлар (6-puls diode bridge ва 6-puls thyristor bridge), линиянинг секцияси (PI Line Section) ва бошқалар мавжуд.



13.12-расм. Уч фазали занжирлар библиотекаси Three-Phase Library

13.6. Интерактив SPTool қобиғи

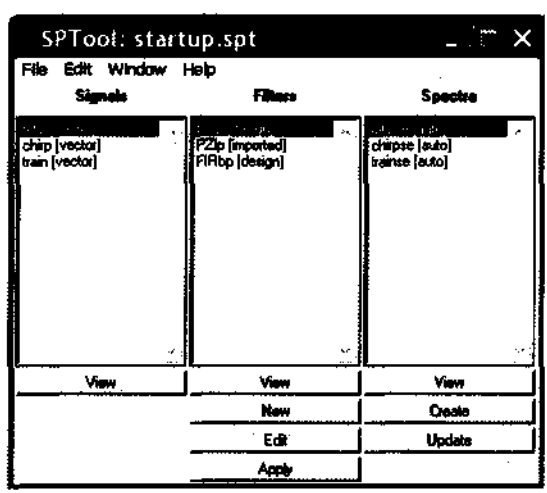
13.6.1. SPTool қобиғи

SPTool процедураси Signal Processing Toolbox кенгайтма пакетининг график интерактив қобиғини активлаштиради. Унда қуйидаги воситалар мавжуд:

- сигналларни излаш ва кўриш воситаси — Signal Browser;
- фильтрларни лойиҳаловчи — Filter Designer;
- фильтрларнинг характеристикаларини кузатиш воситаси — Filter Viewer;
- сигналларнинг спектрларини кузатиш воситаси — Spectrum Viewer.

SPTool қобиғи MatLAB тизимининг командалар ойнасида sptool командаси терилиб Enter клавишасини босиш йўли билан активлаштирилади (13.6.1-расм).

SPTool ойнаси учта бўлимдан иборат — Signals (Сигналлар), Filters (Фильтрлар) ва Spectra (Спектрлар). Уларнинг ҳар бирининг остида кнопкалар мавжуд. Кнопкалар мос бўлимларда жойлашган объектлар устида қандай амаллар бажариш мумкинлигини кўрсатади. Масалан, Signals бўлимида фақат View кнопкаси мавжуд, яъни ушбу бўлимда жойлашган объектларни (сигналларни) фақат кўриш мумкин. Filters бўлимининг остида тўртта кнопка жойлашган бўлиб улар ёрдамида номлари ушбу бўлимда жойлашган объектлар (фильтрлар) ҳосил қилиниши (New Design кнопкаси), таҳрир қилиниши (Edit Design кнопкаси) ёки кўриб чиқилиши (View кнопкаси) мумкин.



13.6.1-расм. Signal Processing Toolbox кенгайтма пакетининг SPTool ойнаси

Шунга ўхшаш тарзда, Spectra (спектрлар) бўлимидаги сигналлар устида қуйидаги амалларни бажариш мумкин:

- ҳосил қилиш (Create кнопкаси);
- кўриб чиқиш (View кнопкаси);
- янгилаш, яъни ушбу ном билан янгитдан ҳосил қилиш (Update кнопкаси).

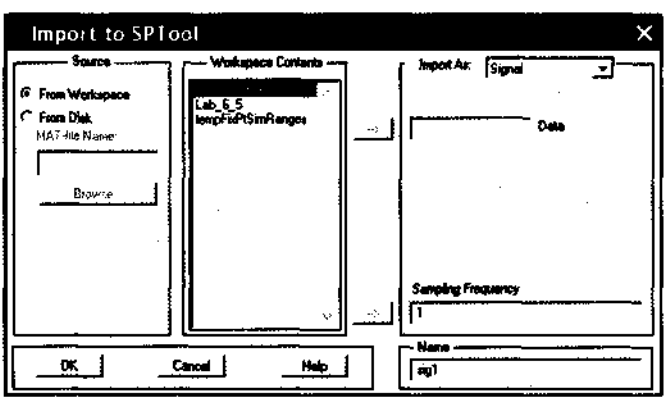
SPTool ойнасининг ҳар бир бўлимида .spt кенгайтмасига эга бўлган очиқ SPTool файлнинг (унинг номи SPTool ойнасининг сарлавҳасида кўрсатилган бўлади) мос ўзгарувчи ёки процедураларнинг номлари (идентификатори) жойлашади.

Биринчи марта мурожаат қилинганда SPTool ойнасининг учала бўлими ҳам бўш бўлади. Кнопкалардан фақат New Design актив бўлади, яъни фақат янги фильтрни яратиш амалини бажариш мумкин. Қолган кнопкаларни активлаштириш учун қаердандир, қандайдир сигналлар тўғрисидаги маълумотларни импорт қилиш керак. Бундай маълумотлар бошқа воситалар ёрдамида ҳосил қилиниши керак, масалан, улар MatLab дастурининг ишлаш ёки Simulink муҳитида моделлаш натижалари бўлиши мумкин. Улар қандайдир ўзгарувчиларга, ишчи соҳага (Workspace) ёки дискдаги файлга .mat кенгайтмаси билан ёзилган бўлиши керак.

13.6.2. Сигналларни импорт қилиш

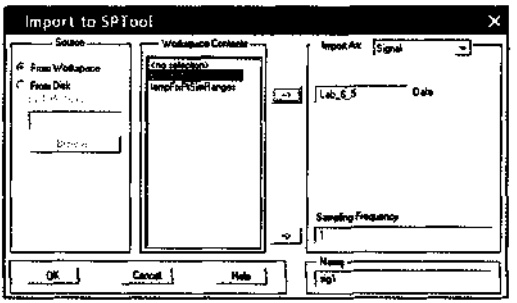
SPTool ёрдамида сигналларни қайта ишлаш учун аввал уларни To Worspace блоки ёрдамида шакллантириш ва ҳосил қилинган қийматларнинг векторларини SPTool муҳитига импорт қилиш керак.

Векторни SPTool муҳитига импорт қилиш учун File (Файл) менюсида Import (Импорт) командаси танланади. Натижада Import to SPTool ойнаси очилади (13.6.2-расм).



13.6.2-расм. Import to SPTool ойнаси

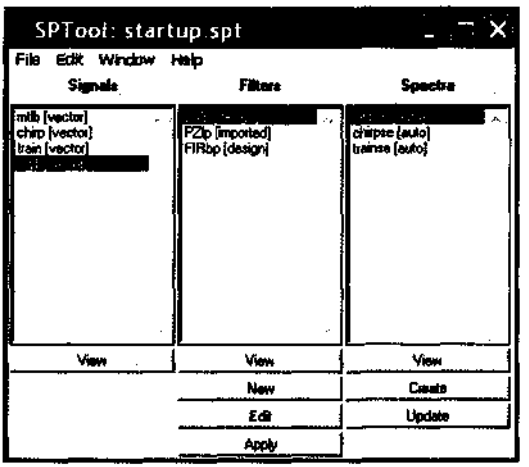
Очилган ойнанинг Source (Манба) бўлимида From Workspace (Ишчи соҳадан) улаб-узгичи танланган. Шунинг учун ишчи соҳадаги ўзгарувчиларнинг номлари Workspace Contents (ишчи соҳанинг таркиби) бўлимида пайдо бўлди. Сичқонча ёрдамида керакли ўзгарувчини танлаб киритиш майдони (Data) томонга йўналган стрелка босилади. Шундан кейин Data майдонида танланган ўзгарувчининг номи пайдо бўлади (13.6.3-расм).



13.6.3-расм. Танланган ўзгарувчини Data майдонига ўтказиш

Rtqby Sampling frequency (дискретлаш частотаси) майдонига керакли дискретлаш частотаси киритилади. Ушбу параметрнинг қиймати моделлаш қадамининг тескариси бўлиши мақсадга мувофиқ.

SPTool муҳитига ёзиб олинадиган вектор Name (Ном) киритиш майдонида кўрсатилган номга эга бўлади. Сигналнинг номи ёзилгандан кейин OK тугмаси босилса сигнал SPTool муҳитига импорт қилинади ва Import to SPTool ойнаси ёпилади ва SPTool ойнаси ўзининг кўринишини ўзгартиради (13.6.4-расм).



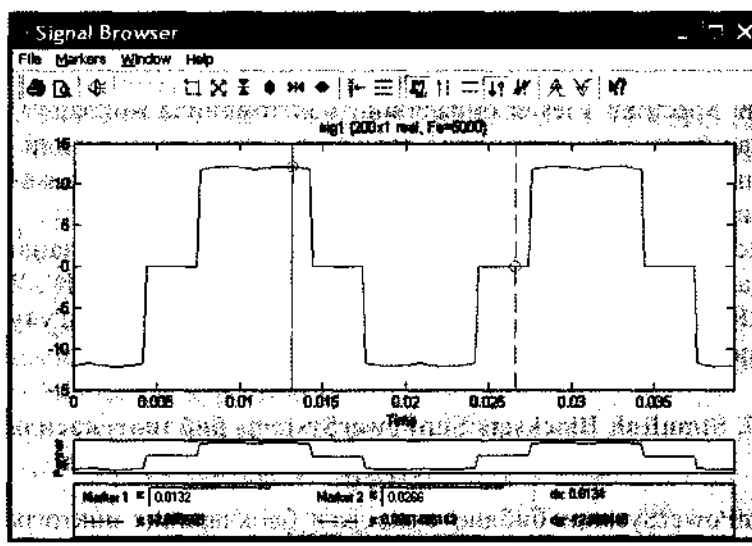
13.6.4-расм. SPTool ойнасининг сигнал импорт қилингандан кейинги кўриниши

SPTool ойнасининг Signals бўлимида сигнал векторининг номи пайдо бўлади ва View кнопкаси активлашади. Энди тадқиқ қилинаётган сигнални кўриш мумкин. Будан ташқари Spectra бўлимидаги Create кнопкаси ёрдамида импорт қилинган сигналнинг спектрал характеристикаларини олиш мумкин.

Агар жараённинг вектори MAT-файлга ёзилган бўлса, уни импорт қилиш учун Import to SPTool ойнасида From disk улаб-узгичи танланиши керак. Бунда MAT-flle Name киритиш майдони ва Browse кнопкаси актив бўлади. Зарур MAT-файлнинг номини киритиб ёки Browse кнопкаси ёрдамида керакли MAT-файлни топиб SPTool ойнасига жойлаштириш мумкин. Кейинги амаллар юқорида кўриб ўтилган амалларга ўхшаш.

13.6.3. Сигналларни кўриб чиқиш

Сигнал вектори импорт қилингандан кейин уни кўриб чиқиш воситаларидан фойдаланиш мумкин. Бунинг учун Signals бўлимида керакли сигналларни белгилаш ва View кнопкасини босиш етарли. Натижада Signal Browser ойнаси экранда пайдао бўлади (13.6.5-расм). Ушбу ҳолда sigl сигнал танланган.



13.6.5-расм. Импорт қилинган сигнални кузатиш ойнаси Signal Browser

Ойнанинг ўрта қисмини танланган жараённинг вақтга боғлиқлик графиги эгаллаган. Графикнинг сарлавҳасида графикда тасвирлан-

ган сигналнинг номи, мос векторларнинг ўлчамлари ва дискретлаш частотаси кўрсатилган.

График майдоннинг пастида асбоблар панели жойлашган бўлиб унинг ёрдамида графикдаги икки нуқтанинг координаталарини аниқ билиш мумкин. Ушбу нуқталар жараён графигининг иккита оч қизил (пушти, қизғиш) рангдаги вертикал линиялар билан кесишиш нуқталаридир.

Вертикал линияларнинг ҳолатини сичқонча ёрдамида ўзгартириш мумкин. Курсор линиялардан бирига олиб келинганда қўлнинг кўринишини олади. Сичқончанинг чап тугмаси босилган ҳолатда вертикал линияларни чапга ёки ўнгга суриш мумкин. Ойнанинг Marker бўлимида кесишиш нуқталарининг координаталари X ва Y ҳосил бўлади. X координатаси вақтга ва Y координатаси эса ўзгарувчининг қийматига мос келади.

Ойнанинг юқори қисмида ойнани ва график майдон ичида масштабларни бошқариш воситалари жойлашган.

13.6.4. Сигналларнинг спектрларини ҳосил қилиш

Сигналларнинг спектрал хоссаларини баҳолаш учун SPTool ойнасининг сигналлар бўлимида керакли сигнал белгиланади ва Spectra бўлимининг пастки қисмидаги Create тугмаси босилади. Экранда Spectrum Viewer ойнаси пайдо бўлади. У Signal Browser ойнасига ўхшаш. Spectrum Viewer ойнасининг чап томонида жойлашган элементлар ёрдамида сигналнинг спектрал характеристикасини олиш усулини танлаш ва сигналнинг қайта ишланадиган нуқталарининг сонини ўрнатиш мумкин.

Спектрни ҳисоблаш усули Method рўйхатидан танланади. У қуйидаги элементларга эга: Burg, FFT, MEM, MTM, MUSIC, Welch, YuleAR. Усул танлангандан кейин ҳисоблашларни бажариш учун чап майдоннинг пастидаги Apply тугмаси босилади.

13.7. Simulink Blocksets/SimPowerSystems библиотекасидаги блокларнинг пиктограммаларини ўзгартириш

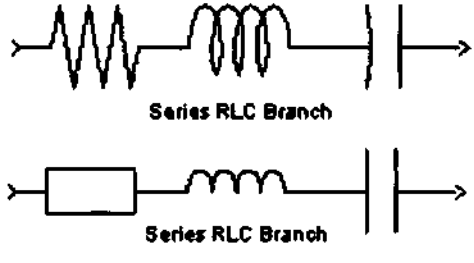
SimPowerSystems библиотекасидаги блокларнинг пиктограммаларида элементларнинг шартли белгилари бизда қабул қилинган шартли белгилардан фарқ қилади. Резистор, конденсатор ва индуктивликларни бунга мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Бундай фарқлар моделларни таҳлил қилишда айрим ноқулайликларни келтириб чиқариши мумкин.

MATLAB тизимида пиктограммаларнинг график қисми plot командаси ёрдамида ҳосил қилиниши сабабли блокларнинг пиктограммаларини ўзгартириш имконияти мавжуд. Plot командаси фойдаланадиган векторлар blocicon.m файлида жойлашган (...MATLAB6.5\ toolbox \powersys \ powersys\ private папкаси).

Графикларни ўзгартириш учун ушбу векторларнинг қийматларини янгилари билан алмаштириш етарли. Масалан, кетма-кет RLC-занжирнинг (Series RLC Branch) шартли белгисини алмаштириш учун blocicon.m файлидаги 31-38 сатрлардаги векторларни (MATLAB 6.5 версияси учун) қуйидаги янги векторлар билан алмаштириш мумкин:

```
rx=[0 20 20 140 140 150 140 140 20 20]; ;
ry=[0 0 -12 -12 0 0 0 12 12 0 ];
lx = [0 25 25 25.15 25.45 26.1 26.8 28 29 30.5 32 33.5 35.5 37.5 39.5
41.5 43 44.5 46 47.1 48.2 49 49.45 49.85 50 50 50.15 50.45 51.1 51.8 53
54 55.5 57 58.5 60.5 62.5 64.5 66.5 68 69.5 71 72.1 73.2 74 74.45 74.85
75 75 75.15 75.45 76.1 76.8 78 79 80.5 82 83.5 85.5 87.5 89.5 91.5 93
94.5 96 97.1 98.2 99 99.45 99.85 100 100 100.2 100.5 101.1 101.8 103
104 105.5 107 108.5 110.5 112.5 114.5 116.5 118 119.5 121 122.1 123.2
124 124.5 124.8 125 125 150];
ly = [0 0 0 1.93 3.32 5.13 6.46 8.12 9.17 10.4 11.2 11.8 12.3 12.5
12.3 11.8 11.2 10.4 9.17 8.01 6.46 4.9 3.67 1.93 0 0 1.93 3.32 5.13 6.46
8.12 9.17 10.4 11.2 11.8 12.3 12.5 12.3 11.8 11.2 10.4 9.17 8.01 6.46
4.9 3.67 1.93 0 0 1.93 3.32 5.13 6.46 8.12 9.17 10.4 11.2 11.8 12.3 12.5
12.3 11.8 11.2 10.4 9.17 8.01 6.46 4.9 3.67 1.93 0 0 1.93 3.32 5.13 6.46
8.12 9.17 10.4 11.2 11.8 12.3 12.5 12.3 11.8 11.2 10.4 9.17 8.01 6.46
4.9 3.67 1.93 0 0 0];
cx1 = [0 60 60 60];
cy1 = [0 0 -25 25];
cx2 = [90 90 90 150];
cy2 = [25 -25 0 0];
```

Series RLC Branch блоки пиктограммасининг эски ва янги тасвирлари 13.7.1-расмда кўрсатилган.

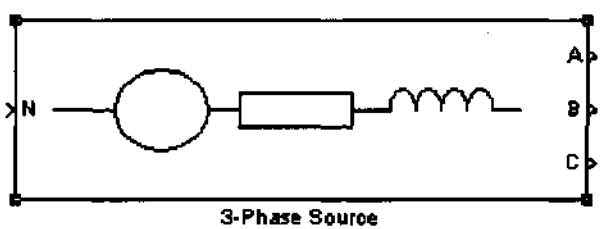


13.7.1-расм. Series RLC Branch блоки пиктограммасининг эски ва янги тасвирлари

Уч фазали кучланиш манбаларининг пиктограммаларидаги резистор ва индуктивликнинг тасвирларини ўзгартириш учун blocicon.m файлининг 595 — 598 сатрлари қуйидагича ўзгартирилади:

```
resistor_x =[0 30 30 140 140 170 140 140 30 30];
resistor_y =[0 0 -10 -10 0 0 0 10 10 0 ];
inductor_x =[150 175 175 175.15 175.45 176.1 176.8 178 179 180.5
182 183.5 185.5 187.5 189.5 191.5 193 194.5 196 197.1 198.2 199 199.45
199.85 200 200 200.15 200.45 201.1 201.8 203 204 205.5 207 208.5 210.5
212.5 214.5 216.5 218 219.5 221 222.1 223.2 224 224.45 224.85 225 225
225.15 225.45 226.1 226.8 228 229 230.5 232 233.5 235.5 237.5 239.5
241.5 243 244.5 246 247.1 248.2 249 249.45 249.85 250 250 250.2 250.5
251.1 251.8 253 254 255.5 257 258.5 260.5 262.5 264.5 266.5 268 269.5
271 272.1 273.2 274 274.5 274.8 275 275 300];
inductor_y =[0 0 0 1.93 3.32 5.13 6.46 8.12 9.17 10.4 11.2 11.8 12.3
12.5 12.3 11.8 11.2 10.4 9.17 8.01 6.46 4.9 3.67 1.93 0 0 1.93 3.32 5.13
6.46 8.12 9.17 10.4 11.2 11.8 12.3 12.5 12.3 11.8 11.2 10.4 9.17 8.01
6.46 4.9 3.67 1.93 0 0 1.93 3.32 5.13 6.46 8.12 9.17 10.4 11.2 11.8 12.3
12.5 12.3 11.8 11.2 10.4 9.17 8.01 6.46 4.9 3.67 1.93 0 0 1.93 3.32 5.13
6.46 8.12 9.17 10.4 11.2 11.8 12.3 12.5 12.3 11.8 11.2 10.4 9.17 8.01
6.46 4.9 3.67 1.93 0 0 0];
```

Ўзгартирилган 3-Phase Source блоки пиктограммасининг кўриниши 13.7.2–расмда келтирилган.



13.7.2-расм. Ўзгартирилган 3-Phase Source блоки пиктограммасининг кўриниши

14. SIMPOWERSYSTEMS БЛОКЛАРИНИНГ БИБЛИОТЕКАСИ

14.1. Библиотеканинг таркиби ва асосий хусусиятлари

MATLAB тизимининг SimPowerSystems (MATLAB 6.1 версиясигача бўлган номи — Power System Blockset) библиотекаси конкрет курилмаларни моделлаш учун мўлжалланган Simulink

пакетининг қўшимча библиотекаларидан бири бўлиб ҳисобланади. SimPowerSystems электротехник қурилмаларни имитацион моделлаш учун блоклар тўпламига эга. Библиотеканинг таркибига пассив ва актив электротехник элементлар, энергия манбалари, электродвигателлар, трансформаторлар, электр узатиш линиялари ва бошқа қурилмаларнинг моделлари киради. Унда куч электроникаси қурилмаларини ва уларни бошқариш системаларини моделлаш учун мўлжалланган блокларни ўз ичига олувчи бўлим ҳам мавжуд. Simulink ва SimPowerSystemsнинг махсус имкониятларидан фойдаланиб қуйидаги ишларни бажариш мумкин:

- қурилмаларнинг ишлашини имитация қилиш;
- системанинг режимларини ҳисоблаш;
- занжир участкасининг импедансини (тўла қаршилигини) ҳисоблаш;
- частотавий характеристикаларни олиш;
- *турғунликни таҳлил қилиш;*
- ток ва кучланишларни гармоник таҳлил қилиш.

Бундан ташқари мураккаб электротехник тизимларни моделлашда имитацион ва таркибий моделлаш усулларидан биргаликда фойдаланиш мумкин. Масалан, ярим ўтказгичли электр энергия ўзгарткичининг куч қисмини SimPowerSystems блокларидан (имитацион блоклар) фойдаланиб, бошқариш қисмини эса одатдаги Simulink блокларидан (фақат ишлаш алгоритмини акс эттиради, схемани эмас) фойдаланиб бажариш мумкин. Бундай ёндашиш, схемотехник моделлашдан фарқли равишда, моделни кескин соддалаштиради ва унинг ишлаш тезлигини орттиради. SimPowerSystems блокларидан фойдаланиб тузилган моделда Simulink пакетининг бошқа библиотекаларининг блокларидан ҳамда MATLAB функцияларидан ҳам фойдаланиш мумкин, натижада электротехник тизимларни моделлашда фойдаланувчи чекланмаган имкониятларга эга бўлади.

SimPowerSystems библиотекаси жуда катта. Лекин, шунга қарамасдан керакли блок библиотекада топилмаса, бундай блокни фойдаланувчининг ўзи ҳам яратиши мумкин. Бунда библиотекада мавжуд блокларга асосланиб Simulink нинг ост тизимлар яратиш имкониятларидан ёки Simulink асосий библиотекаси блоклари ва бошқарилувчи ток ва кучланиш манбаларидан фойдаланилади.

Шундай қилиб, ҳозирги вақтда Simulink таркибидаги SimPowerSystems электротехник қурилмалар ва тизимларни моделлаш учун энг яхши воситалардан бири бўлиб ҳисобланади.

SimPowerSystems библиотекаси еттита асосий бўлимга эга:

- Electrical Sources — электр энергия манбалари;
- Connectors — улагичлар;
- Measurements — ўлчаш ва назорат қурилмалари;
- Elements — электротехник элементлар;
- Power Electronics — куч электроникаси қурилмалари;
- Machines — электр машиналари;
- Powerlib Extras — қўшимча электротехник қурилмалар.

Юқорида келтирилган бўлимлардаги блоклардан фойдаланиб, қисқа вақт ичида мураккаб электротехник тизимнинг ҳам тўлақонли моделини яратиш ва унинг режимларини тадқиқ қилиш мумкин.

Асосий хусусиятлари

SimPowerSystems-моделларни (SPS-модел) яратиш услуби Simulink-моделларни (S-модел) яратиш услубидан деярли фарқ қилмайди. Simulink-моделларни яратишдаги сингари SPS-моделларни яратишда ҳам аввал блоклар жойлаштирилади, кейин улар ўзаро уланади ва ҳар бир блокнинг параметри ҳамда моделни ҳисоблаш параметрлари берилади. SPS-моделларни яратишда Simulink имкониятларидан фойдаланиш мумкин. Лекин SPS-моделлар айрим ўзига хос хусусиятларга ҳам эга:

SPS-блокларнинг кириш ва чиқишлари Simulink блокларинникидан фарқли равишда сигнални узатиш йўналишини кўрсатмайди, яъни улар электр контактларнинг эквиваленти бўлиб ҳисобланади. Электр токи иккала йўналишда ҳам оқиши мумкин: блокнинг ичига ҳам, блокдан ташқарига ҳам.

Боғловчи линиялар электр симлар вазифасини бажаради, Уларда токлар иккала йўналишда ҳам ҳаракатланиши мумкин. Simulink-моделларда эса информацион сигнал фақат биргина йўналишда — блокнинг чиқишидан бошқа блокнинг киришига ҳаракатланади.

Simulink-блоклар ва SimPowerSystems-блокларни бир-бирига бевосита улаб бўлмайди. Сигналли S-блокдан SPS-блокка бошқарилувчи ток ва кучланиш манбалари орқали, SPS-блокдан SPS-блокка эса ток ва кучланиш ўлчагичлари орқали узатиш мумкин.

Бир неча алоқа линияларини (симларни) ўзаро улаш мумкин. Бунинг учун махсус блоклар — Connectors (улагичлар)дан фойдаланилади.

Ночизиқли блокларга эга бўлган схемаларни ҳисоблашда қуйидаги усуллардан фойдаланиш керак:

- ode15s — сонли дифференциаллаш формулаларидан фойдаланувчи ўзгарувчан тартибли кўп қадамли усул (1 дан 5 гача);

- ode23tb — ечишнинг бошланишида яққол бўлмаган Рунге-Кутта усули ва кейин 2-тартибли тескари дифференциаллаш формулаларидан фойдаланувчи усул.

Электр ва электр бўлмаган катталикларнинг ўлчов бирликлари

Элементларнинг параметрларини кўрсатишда абсолют (14.1.1-жадвал) ва нисбий бирликлардан фойдаланиш мумкин.

14.1.1-жадвал

Параметр	Белгиланиши	Ўлчов бирлиги
Time (вақт)	second	s(c)
Length (масофа)	meter	m(м)
Mass (масса)	kilogram	kg (кг)
Energy (энергия)	joule	J (Дж)
Current (ток)	ampere	A (А)
Voltage (кучланиш)	volt	V (В)
Active power (актив қувват)	watt	W (Вт)
Apparent power (тўла қувват)	volt-ampere	VA (ВА)
Reactive power (реактив қувват)	var	var (ВАр)
Impedance (тўла қаршилик)	ohm	Ohm (Ом)
Resistance (қаршилик)	ohm	Ohm (Ом)
Inductance (индуктивлик)	henry	H (Гн)
Capacitance (сиғим)	farad	F (Ф)
Flux linkage (оқим боғланиши)	volt-second	V*s(В*с)
Rotation speed (бурчак тезлиги)	radians per second	rad/s (рад/с)
	revolutions per minute	rpm (Об/мин)
Torque (момент)	newton-meter	N*m(Н*м)
Inertia (инерция моменти)	kilogram-meter^2	kg*m^2(кг*м^2)
Friction factor (ишқаланиш коэффициенти)	newton-meter-second	N*m*s(Н*м*с)

Айрим моделларда параметрларни бериш учун нисбий бирликлардан (р.u., н.б.). Нисбий бирликларга ўтиш учун умумий формула қуйидаги кўринишга эга:

$$y = \frac{Y}{Y_б}$$

Бу ерда Y — физик катталикнинг бошланғич бирликлар системасидаги (масалан, СИ) қиймати (параметрнинг, ўзгарувчининг ва ҳ.к.),

$Y_б$ — физик катталикнинг бошланғич бирликлар системасидаги базис (асос) қиймати.

SimPowerSystem моделларини тайёрлашда электр катталикларнинг асосий базис бирликлари сифатида қуйидаги иккита мустақил катталик олинган:

$P_б$ — қурилманинг номинал актив қувватига ($P_н$) тенг бўлган базис қувват;

$U_б$ — қурилмани таъминлаш кучланишининг номинал таъсир қилувчи қийматига ($U_н$) тенг бўлган базис кучланиш;

Улар орқали бошқа барча электр базис бирликлар аниқланади. Масалан, базис ток:

$$I_б = \frac{P_б}{U_б}$$

базис қаршилик:

Ўзгарувчан ток занжирлари учун одатда таъминловчи кучланишнинг номинал частотасига ($f_н$) тенг бўлган базис частота ($f_б$) берилади.

Асинхрон электр машиналар учун қўшимча тарзда қуйидагилар ҳам берилади:

$\Omega_б$ — базис бурчак тезлик;

$M_б = \frac{P_б}{\Omega_б}$ — базис момент.

Машинанинг параметрлари нисбий бирликларда киритилаётганда инерция моментининг ўрнига инерцион доимийдан фойдаланилади:

$$H = \frac{\frac{1}{2} \times J \cdot \Omega_1^2}{P_н},$$

бу ерда J — инерция моменти,

Ω_1 — магнит майдони айланишининг бурчак тезлиги.

Инерцион доимий секундларда ифодаланади. Инерцион доимий номинал юкламада айланувчи қисмларида йиғилган кинетик энергия ҳисобига электр машинанинг вали қанча вақт айланишини кўрсатади. Катта қувватли машиналар учун унинг қиймати 3—5 с ва кичик қувватли машиналар учун 0.5—0.7 с бўлади.

1-мисол.

Уч фазали икки чўлғамли трансформаторнинг параметрлари мисол тариқасида 14.1.2-жадвалда келтирилган.

14.1.2-жадвал

Параметр	Белгиланиши	Қиймати	Ўлчов бирлиги
Фазалар сони	m	3	—
Nominal power (номинал қувват)	$P_н$	300	кВА
Nominal frequency (тармоқдаги номинал частота)	$f_н$	60 ёки 50	Гц
Бирламчи чўлғам:			
Уланиш схемаси	-	юлдуз	-
Nominal voltage (номинал кучланиш)	$U1_н$	25	кВ
Line-to-line resistance (фазалар аро қаршилик)	$R1_*$	0.01	о.е.
Leakage reactance (сочилиш индуктивлиги)	$L1_*$	0.02	о.е.
Иккиламчи чўлғам:			
Уланиш схемаси	-	учбурчак	-
Nominal voltage (номинал кучланиш)	$U2_н$	600	В
Line-to-line resistance (фазалар аро қаршилик)	$R2_*$	0.01	о.е.
Leakage reactance (сочилиш индуктивлиги)	$L2_*$	0.02	о.е.
Magnetizing losses at nominal voltage in % of nominal current (магнитланишга исрофлар, номинал кучланишда номинал токдан %ларда):			
Resistive (актив)	$\Delta I10a$	1	%
Inductive(реактив)	$\Delta I10p$	1	%

Базис бирликларни аниқлаш учун ифодалар ва уларнинг қийматлари 14.1.3-жадвалда келтирилган.

14.1.3-жадвал

Параметр	Ҳисобий ифода	Қиймати	Ўлчов бирлиги
Frequency (частота)	$f_б = f_н$	60 ёки 50	Гц
Бирламчи чўлғам:			
Power (қувват)	$P1_G = \frac{P_н}{m} = \frac{300 \cdot 10^3}{3}$	$100*10^3$	ВА
Voltage (кучланиш)	$U1_б = \frac{U1}{\sqrt{3}} = \frac{25 \cdot 10^3}{\sqrt{3}}$	14434	В

Жадвалнинг давоми

Параметр	Ҳисобий ифода	Қиймати	Ўлчов бирлиги
Current (ток)	$I1_б = \frac{P1_б}{U1_б} = \frac{100 \cdot 10^3}{14434}$	6.928	А
Impedance (тўла қаршилик)	$Z1_б = \frac{U1_б}{I1_б} \approx \frac{14434}{6.928}$	2083	Ом
Resistance (актив қаршилик)	$R1_б = \frac{U1_б}{I1_б} \approx \frac{14434}{6.928}$	2083	Ом
Inductance (индуктивлик)	$L1_б = \frac{R1_б}{2 \cdot \pi \cdot f_б} = \frac{2083}{2 \cdot \pi \cdot 60}$	5.525	Гн
Иккиламчи чўлғам:			
Power (қувват)	$P2_б = \frac{P_н}{m} = \frac{300 \cdot 10^3}{3}$	$100*10^3$	ВА
Voltage (кучланиш)	$U2_б = U2 = 600$	600	В
Current (ток)	$I2_б = \frac{P2_б}{U2_б} = \frac{100 \cdot 10^3}{600}$	166.7	А
Impedance (тўла қаршилик)	$Z2_б = \frac{U2_б}{12_б} = \frac{600}{166,7}$	3.60	Ом
Resistance (актив қаршилик)	$R2_б = \frac{U2_б}{12_б} = \frac{60C}{166.7}$	3.60	Ом
Inductance (индуктивлик)	$L2_G = \frac{R2_б}{2 \cdot \pi \cdot f_б} = \frac{3.60}{2 \cdot \pi \cdot 60}$	0.009549	Гн

Чўлғамлар параметрларининг қийматлари абсолют бирликларда қуйидагича аниқланади:

Бирламчи чўлғам:

$R1 = R1_* \cdot R1_б = 0,01 \cdot 2083 = 20,83$ Ом

$L1 = L1_* \cdot L1_б = 0,02 \cdot 5,525 = 0,1105$ Гц

Иккиламчи чўлғам:

$R2 = R2_* \cdot R2_б = 0,01 \cdot 3,50 = 0,0360$ Ом

$L2 = L2_* \cdot L2_б = 0,02 \cdot 0,009549 = 0,191$ мГн

Магнитлаш занжири учун 1%га тенг актив исрофлар қиймати ва 1%га тенг реактив исрофлар қиймати, магнитлаш занжирининг актив қаршилиги 100 н.б.га ҳамда реактив қаршилиги 100 н.б.га тенглигини билдиради. Шундай қилиб, магнитлаш занжири параметрларининг абсолют қийматлари:

$$R_m = 100 \cdot R1_б = 100 \cdot 2083 = 2083 \text{ кОм},$$
$$L_m = 100 \cdot L1_б = 100 \cdot 5,525 = 55225 \text{ Гц}.$$

2-мисол:

Фаза роторли уч фазали тўрт кутбли асинхрон двигателнинг параметрлари қуйидагича (14.1.4-жадвал):

14.1.4-жадвал

Параметр	Белгиланиши	Қиймати	Ўлчов бирлиги
Фазалар сони	m	3	-
Кутблар жуфтликларининг сони	p	2	-
Nominal power (номинал қувват)	$P_н$	2238	ВА
Nominal frequency (тармоқнинг номинал частотаси)	$f_н$	60 ёки 50	Гц
Line-to-line voltage (номинал линия кучланиши)	$U_н$	220	В
Mutual inductance (чўлғамларнинг ўзаро индуктивлиги)	L_m	69.31	мГн
Rotor inertia (роторнинг инерция моменти)	J	0.089	кг*м^2
Статорнинг параметрлари:			
Актив қаршилик	R_s	0.435	Ом
Индуктивлик	L_s	0.002	Гн
Роторнинг статорга келтирилган параметрлари:			
Актив қаршилиги	R'_r	0.816	Ом
Индуктивлиги	L'_r	0.002	Гн

Базис бирликларни ва уларнинг қийматларини аниқлаш учун ифодалар 14.1.5-жадвалда келти рилган

14.1.5-жадвал

Параметр	Ҳисобий ифода	Қиймати	Ўлчов бирлиги
Power (қувват)	$P_б = \frac{P_н}{m} = \frac{2238}{3}$	746	ВА
Frequency (частота)	$f_н = f_н$	60 ёки 50	Гц
Voltage (кучланиш)	$U_б = \frac{U_н}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}}$	127.0	В
Current (ток)	$I_б = \frac{P_б}{U_б} = \frac{746}{127,0}$	5.874	А

Жадвалнинг давоми

Параметр	Ҳисобий ифода	Қиймати	Ўлчов бирлиги
Impedance (тўла қаршилик)	$Z_б = \frac{U_б}{I_б} = \frac{127{,}0}{5{,}874}$	21.62	Ом
Resistance (актив қаршилик)	$R_б = \frac{U_б}{I_б} = \frac{127{,}0}{5{,}874}$	21.62	Ом
Inductance (Индуктивлик)	$Z_б = \frac{Z_б}{2 \cdot \pi \cdot f_б} = \frac{21.62}{2 \cdot \pi \cdot 60}$	0.05735	Гн
Speed (тезлик)	$\Omega_б = \Omega_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_н}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 60}{2}$	188.5	рад/с
Torque (момент)	$M_б = \frac{P_б \cdot m}{\Omega_б} = \frac{746 \cdot 3}{188.5}$	11.87	Н*м

Двигатель чўлғамларининг ва магнитлаш занжирининг параметрларини қуйидагича аниқлаш мумкин:

Статорнинг қаршилиги:

$$R_{s*} = \frac{R_s}{R_б} = \frac{0.435}{21.62} = 0.0201 \text{ о.е.}$$

Статорнинг индуктивлиги:

$$L_{s*} = \frac{L_s}{L_б} = \frac{0.002}{0.05735} = 0.0349 \text{ о.е.}$$

Роторнинг қаршилиги:

$$R'_{r*} = \frac{R'_r}{R_б} = \frac{0.816}{21.62} = 0.0377 \text{ о.е.}$$

Роторнинг индуктивлиги:

$$L'_{r*} = \frac{L'_r}{L_б} = \frac{0.002}{0.05735} = 0.0349 \text{ о.е.}$$

Инерцион доимийнинг катталиги қуйидагича аниқланади:

$$H = \frac{\frac{1}{2} \times J \cdot \Omega_1^2}{P_н} = \frac{\frac{1}{2} \times 0.089 \cdot 188.5^2}{2238} = 0.7065 \text{с.}$$

Асинхрон машинанинг юқорида ҳисобланган параметрлари унинг модели учун нисбий бирликларда «сукут бўйича « киритилган (Asynchronous Machine pu Units блоки).

Нисбий бирликлардан фойдаланиш қуйидаги афзалликларга эга:

- Турли режимларда ўзгарувчиларнинг қийматларини таққослаш соддалашади. Масалан, электр занжирининг бирор участкаси-

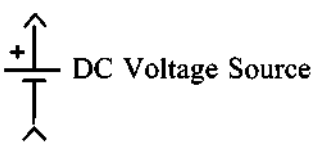
даги кучланиш 1,5 н.б. бўлса, у номинал таъминлаш кучлани шидан 1,5 марта катта эканлигини билдиради.

- Тўла қаршиликнинг қиймати қурилманинг қуввати ва таъминлаш кучланиши ўзгарганда кам ўзгаради. Масалан, трансформаторлар учун 3 дан 300 кВА гача бўлган қувватлар диапазонида реактив сочилиш қаршилиги 0.01 ва 0.03 н.б. орасида чўлғамларнинг қаршилиги 0.01 ва 0.005 н.б. орасида ўзгаради Ўз навбатида 300 кВА дан 300 МВА гача бўлган трансформаторлар реактив сочилиш қаршилиги 0.03 дан 0.12 н.б. гача чўлғамларнинг қаршилиги эса 0.005 дан 0.002 н.б. гача бўлади. Шундай қилиб, масалан, қуввати 10МВАли трансформаторнинг параметрлари маълум бўлмаса ўртача қийматларни, яъни, сочилиш реактивлиги учун 0.02 н.б. ва чўлғам қаршилиги учун 0.0075 н.б. олинса катта хатолик бўлмайди.
- Нисбий бирликларда ҳисоблашлар соддалашади. Масалан, системанинг тўла қаршилигини трансформация коэффициентларини ҳисобга олмасдан система элементларининг қаршиликларини оддий жамлаш йўли билан аниқлаш мумкин.

14.2. Electrical Sources — электр энергияси манбалари

14.2.1. Идеал ўзгармас кучланиш манбаси DC Voltage Source

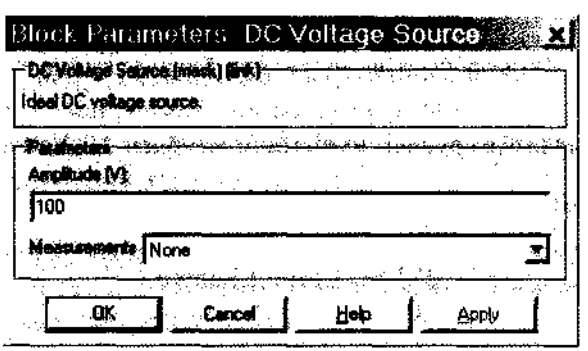
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Сатҳ бўйича ўзгармас кучланишни ҳосил қилади.

Параметрларини бериш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Amplitude (V):

[Амплитуда (В)]. Манба чиқиш кучланишининг катталиги.

Measurments:

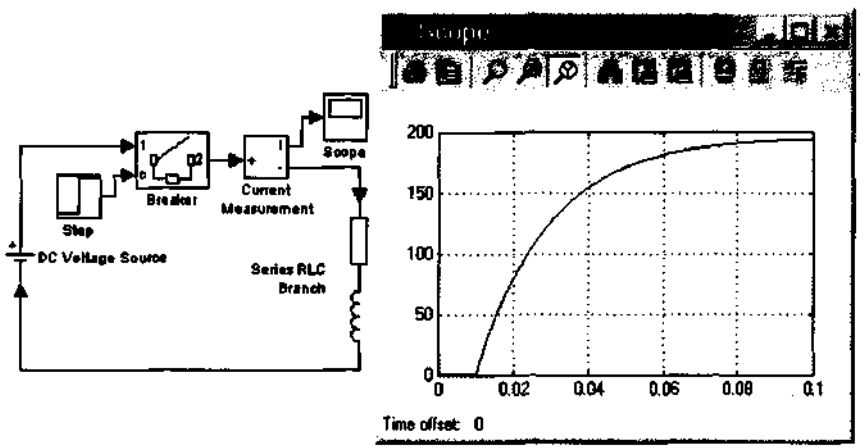
[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Кейинчалик кўриш учун Multimeter блокига ўтказиладиган ўзгарувчиларни танлаш имкониятини беради. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:

- None — акс эттириш учун ўзгарувчилар йўқ;
- Voltage — манбанинг чиқиш кучланиши.

Блок идеал кучланиш манбаси бўлиб ҳисобланади, яъни унинг хусусий (ички) қаршилиги нолга тенг.

Мисол:

Актив-индуктив юкламанинг ўзгармас кучланишга уланиши 14.2.1-расмда кўрсатилган. Манбани юкламага улаш блоки ёрдамида амалга оширилади. Breaker блоки поғонали сигнал генераторининг (Step) сигналига асосан электр занжирни улайди. Занжирдаги токни ўлчаш Current Measurement блоки ёрдамида бажарилади. Ток ўлчагич орқали олинган сигнал Scope блоки ёрдамида акс эттирилади.



14.2.1-расм. Активно-индуктив юкламанинг ўзгармас кучланишга уланиши

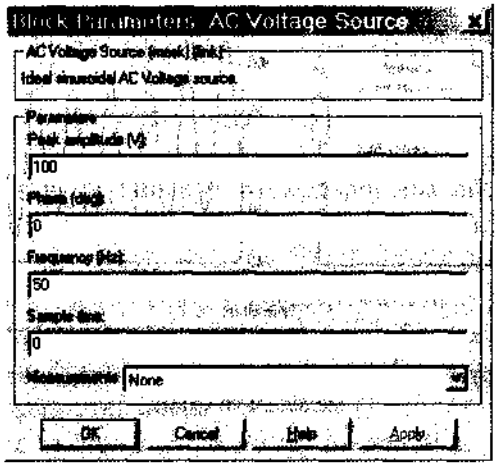
14.2.2. Идеал ўзгарувчан кучланиш манбаси AC Voltage Source

Пиктограммаси:

Вазифаси:

Синусоидал кучланишни ҳосил қилади.

Параметрларини бериш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Peak Amplitude (V):

[Амплитуда]. Манба чиқиш кучланишининг амплитудаси.

Phase (deg):

[Фаза (град)]. Бошланғич фаза.

Frequency (Hz):

[Частота (Гц)]. Частота.

Sample time:

[Дискретлаш қадами]. Параметр дискрет моделларни яратишда манба чиқиш кучланишининг вақт бўйича дискретлаш қадамини беради.

Measurments:

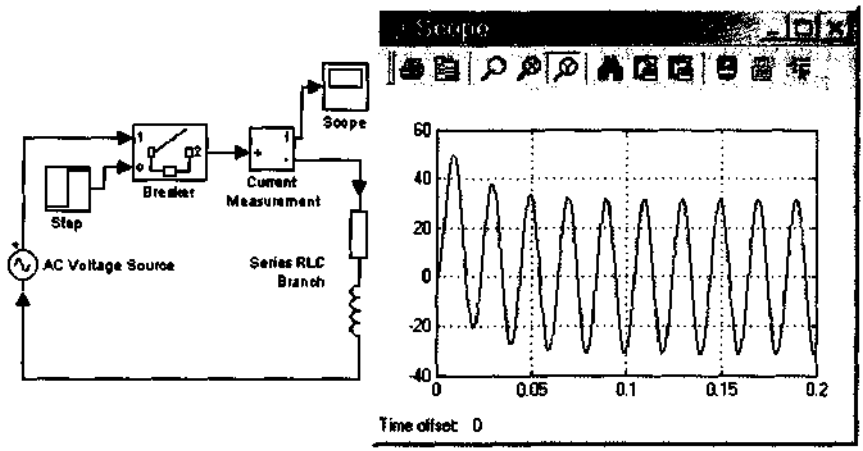
[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметр Multimeter блокига ўтказиладиган ўзгарувчиларни танлаш имкониятини беради. Уларни кейинчалик Scope блоки ёрдамида кўриш мумкин. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — акс эттириш учун ўзгарувчилар йўқ;
- Voltage — манбанинг чиқиш кучланиши.

Блок идеал кучланиш манбаси бўлиб ҳисобланади, яъни унинг хусусий (ички) қаршилиги нолга тенг.

Мисол:

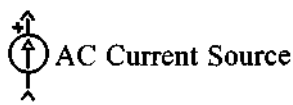
Ўзгарувчан кучланиш манбасига актив-индуктив юкламани улашни моделловчи схема 14.2.2-расмда кўрсатилган. Расмда юкламадаги токнинг графиги ҳам келтирилган.



14.2.2-расм. Ўзгарувчан кучланиш манбасига актив-индуктив юкламани улашни моделловчи схема

14.2.3. Идеал ўзгарувчан ток манбаси AC Current Source

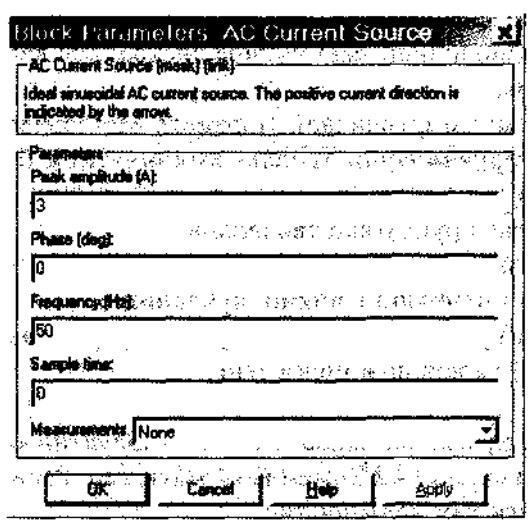
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Синусоидал ток ҳосил қилади.

Параметрларини бериш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Peak Amplitude (A):

[Амплитуда]. Манба чиқиш токининг амплитудаси.

Phase (deg):

[Фаза (град)]. Бошланғич фаза.

Frequency (Hz):

[Частота (Гц)]. Манбанинг частотаси.

Sample time:

[Дискретлаш қадами]. Дискрет моделларни яратишда манба чиқиш токининг вақт бўйича дискретлаш қадамини беради.

Measurments:

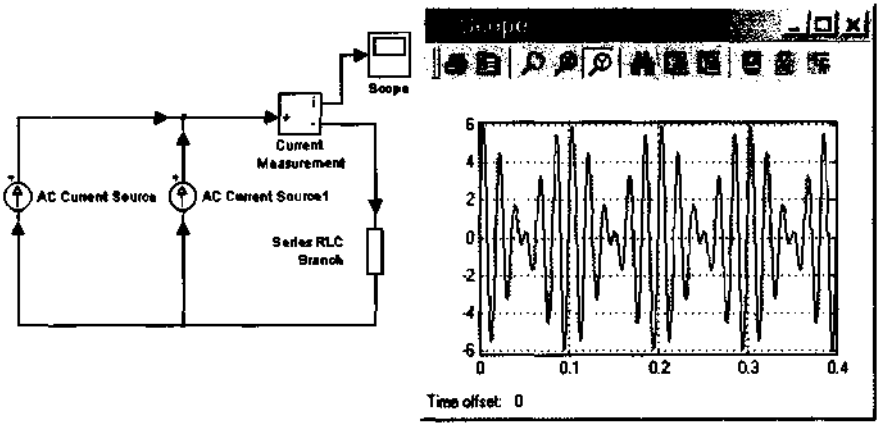
[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметр Multimeter блокига ўтказиладиган ўзгарувчиларни танлаш имкониятини беради. Уларни кейинчалик Scope блоки ёрдамида кўриш мумкин). Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — акс эттириш учун ўзгарувчилар йўқ;
- Current — манбанинг чиқиш токи.

Блок идеал ток манбаси бўлиб ҳисобланади, яъни унинг ички қаршилиги чексиз (жуда катта).

Мисол:

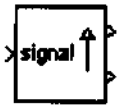
Актив юкламага ишловчи иккита ток манбаларини моделловчи схема 14.2.3-расмда кўрсатилган. Манбалар токларининг амплитудалари бир хил (3 А), лекин частоталари ҳар хил (50 ва 60 Гц). Юкламадаги ток иккала манба токларининг йиғиндисига тенг.



14.2.3-расм. Актив юкламага ишловчи иккита ток манбаларини моделловчи схема

14.2.4. Controlled Voltage Source Бошқарилувчи кучланиш манбаси

Пиктограммаси:

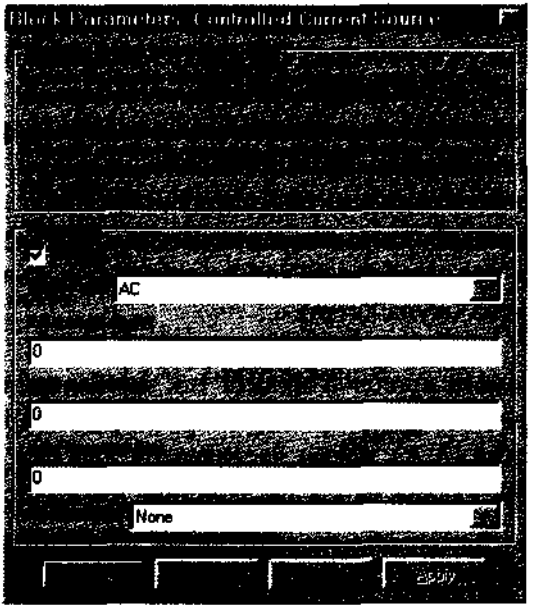


Controlled Current Source

Вазифаси:

Бошқариш сигналига асосан кучланиш ҳосил қилади.

Параметрларини киритиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Initialize:

[Инициаллаш]. Байроқча ўрнатилганда манба берилган бошланғич параметрлар (амплитуда, фаза ва частота) билан инициалланади.

Source type:

[Манбанинг тури]. Агар инициаллаш талаб қилинса манбанинг тури кўрсатилади. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- AC – ўзгарувчан кучланиш манбаси;
- DC - ўзгармас кучланиш манбаси.

Initial amplitude (V):

[Бошланич амплитуда (В)]. Манба чиқиш кучланишининг бошланғич қиймати. Параметр манба инициалланган бўлса ўринли.

Phase (deg):

[Бошланғич фаза (град)]. Параметр манба ўзгарувчан кучланиш манбаси сифатида инициалланган бўлса ўринли.

Initial frequency (Hz):

[Initial частота (Гц)]. Манбанинг бошланғич частотаси. Параметр манба ўзгарувчан кучланиш манбаси сифатида инициалланган бўлса ўринли.

Measurements:

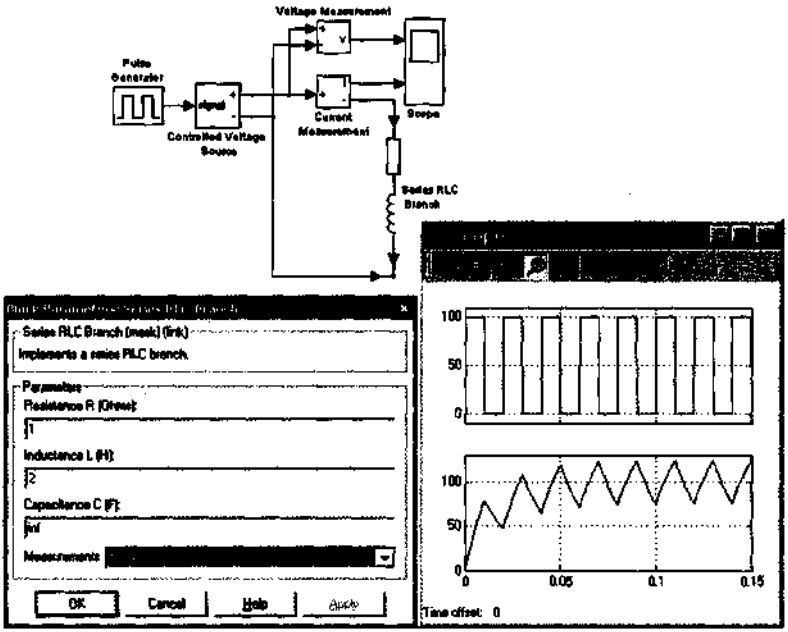
[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметр Multimeter блокига ўтказиладиган ўзгарувчиларни танлаш имкониятини беради. Уларни кейинчалик Scope блоки ёрдамида кўриш мумкин). Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — акс эттириш учун ўзгарувчилар йўқ;
- Voltage — манбанинг чиқиш кучланиши.

Блок идеал кучланиш манбаси бўлиб ҳисобланади, яъни унинг ички қаршилиги нолга тенг.

Мисол:

Бошқарилувчи кучланиш манбаси ёрдамида, бошқариш сигналига асосан юкламада тўғри бурчакли кучланишни ҳосил қилиш схемаси 14.2.4-расмда келтирилган.



14.2.4-расм. Бошқарилувчи кучланиш манбаси ёрдамида, бошқариш сигналига асосан юкламада тўғри бурчакли кучланишни ҳосил қилиш схемаси

14.2.5. Бошқарилувчи ток манбаси Controlled Current Source

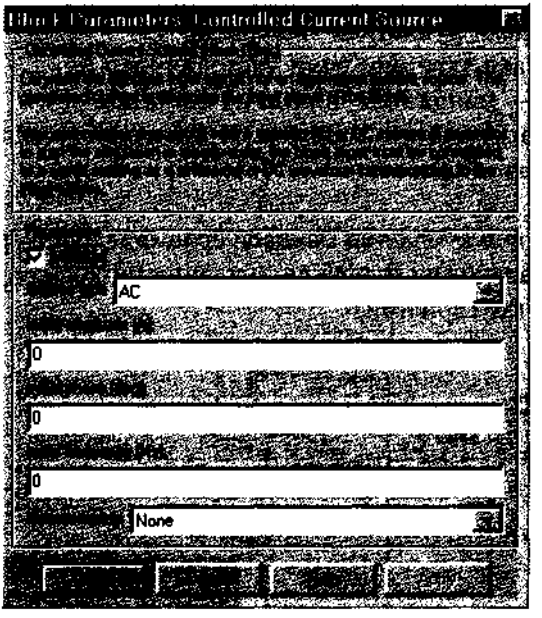
Пиктограммаси:

Controlled Current Source

Вазифаси:

Бошқариш сигналига асосан ток ҳосил қилади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Initialize:

[Инициаллаш]. Байроқча ўрнатилганда манба берилган бошланғич параметрлар (амплитуда, фаза ва частота) билан инициалланади.

Source type:

[Манбанинг тури]. Агар инициаллаш талаб қилинса манбанинг тури кўрсатилади. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- AC — ўзгарувчан ток манбаси;
- DC — ўзгармас ток манбаси.

Initial amplitude (A):

[Бошлағич амплитуда (В)]. Манба чиқиш токининг бошланғич қиймати. Параметр манба инициалланган бўлса ўринли.

Phase (deg):

[Бошланғич фаза (град)]. Параметр манба ўзгарувчан ток манбаси сифатида инициалланган бўлса ўринли.

Initial frequency (Hz):

[Initial частота (Гц)]. Манбанинг бошланғич частотаси. Параметр манба ўзгарувчан ток манбаси сифатида инициалланган бўлса ўринли.

Measurements:

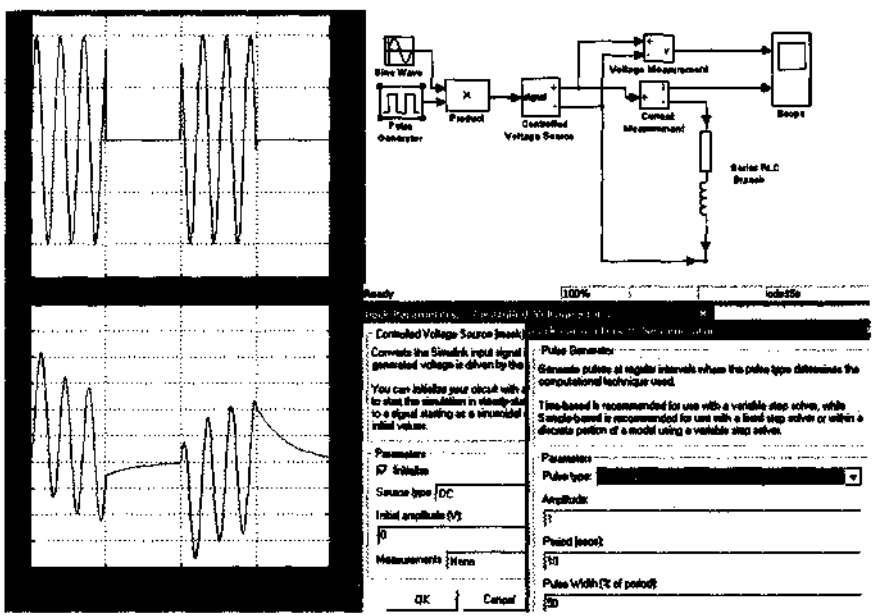
[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметр Multimeter блокига ўтказиладиган ўзгарувчиларни танлаш имкониятини беради. Уларни кейинчалик Scope блоки ёрдамида кўриш мумкин). Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — акс эттириш учун ўзгарувчилар йўқ;
- Current — манбанинг чиқиш токи.

Блок идеал ток манбаси бўлиб ҳисобланади, яъни унинг ички қаршилиги чексиз.

Мисол:

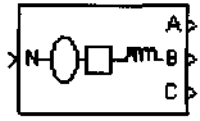
Бошқарилувчи ток манбасидан фойдаланиб юкламада қатор синусоидал ток импульсларини ҳосил қилиш схемаси **14.2.5**-расмда кўрсатилган.



14.2.5-расм. Бошқарилувчи ток манбасидан фойдаланиб юкламада қатор синусоидал ток импульсларини ҳосил қилиш схемаси

14.2.6. Уч фазали кучланиш манбаси 3-Phase Source

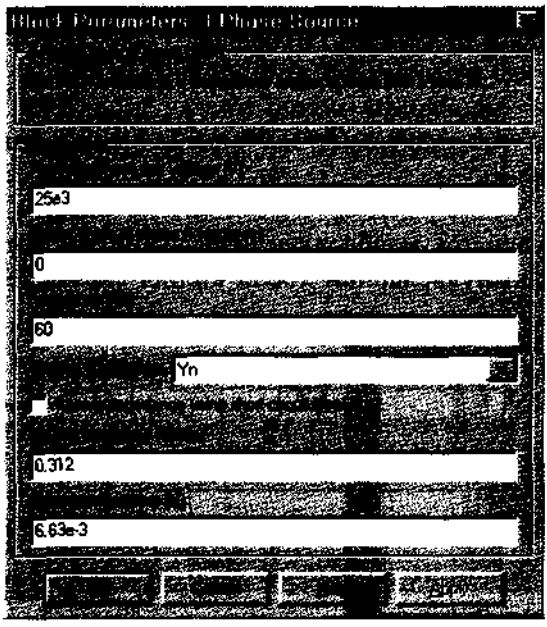
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Уч фазали кучланишни ҳосил қилади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Phase-to-phase rms voltage (V):

[Линия кучланишининг таъсир этувчи қиймати].

Phase angle of phase A (deg):

[А фазадаги кучланишнинг бошланғич фазаси (град)].

Frequency (Hz):

[Частота (Гц)]. Манбанинг частотаси.

Internal connection:

[Манба фазаларининг уланиши]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги жадвалдан олинади:

- Y — юлдуз,

- Yn — нол симли юлдуз,
- Yg — нейтрали ерга уланган юлдуз.

Specify impedance using short-circuit level:

[Қисқа туташув параметрларидан фойдаланиб манбанинг хусусий тўла қаршилигини бериш]. Ушбу параметр ўрнатилганда манбанинг диалог ойнасида қисқа туташув параметрларини киритиш учун қўшимча бўлимлар ҳосил бўлади.

Source resistance (Ohms):

[Манбанинг хусусий қаршилиги (Ом)].

Source inductance (H):

[Манбанинг хусусий индуктивлиги (Гн)].

3-Phase short-circuit level at base voltage (VA):

[Кучланишнинг базавий (номинал) қийматидаги қисқа туташув қуввати].

Base voltage (Vrms ph-ph):

[Базавий линия кучланишининг таъсир қилувчи қиймати]. Қисқа туташув қуввати аниқланган базавий линия кучланиши.

X/R ratio:

[Индуктив қаршиликнинг актив қаршиликка нисбати].

Манбанинг импеданси қисқа туташув қуввати орқали берилганда манбанинг реактив қаршилиги қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$X = \frac{U_{кт}^2}{Q_{кт}},$$

бу ерда

$Q_{кт}$ — қисқа туташув қуввати,

$U_{кт}$ — қисқа туташув қувватини аниқлашда фойдаланилган манбанинг кучланиши.

Манбанинг актив қаршилиги қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

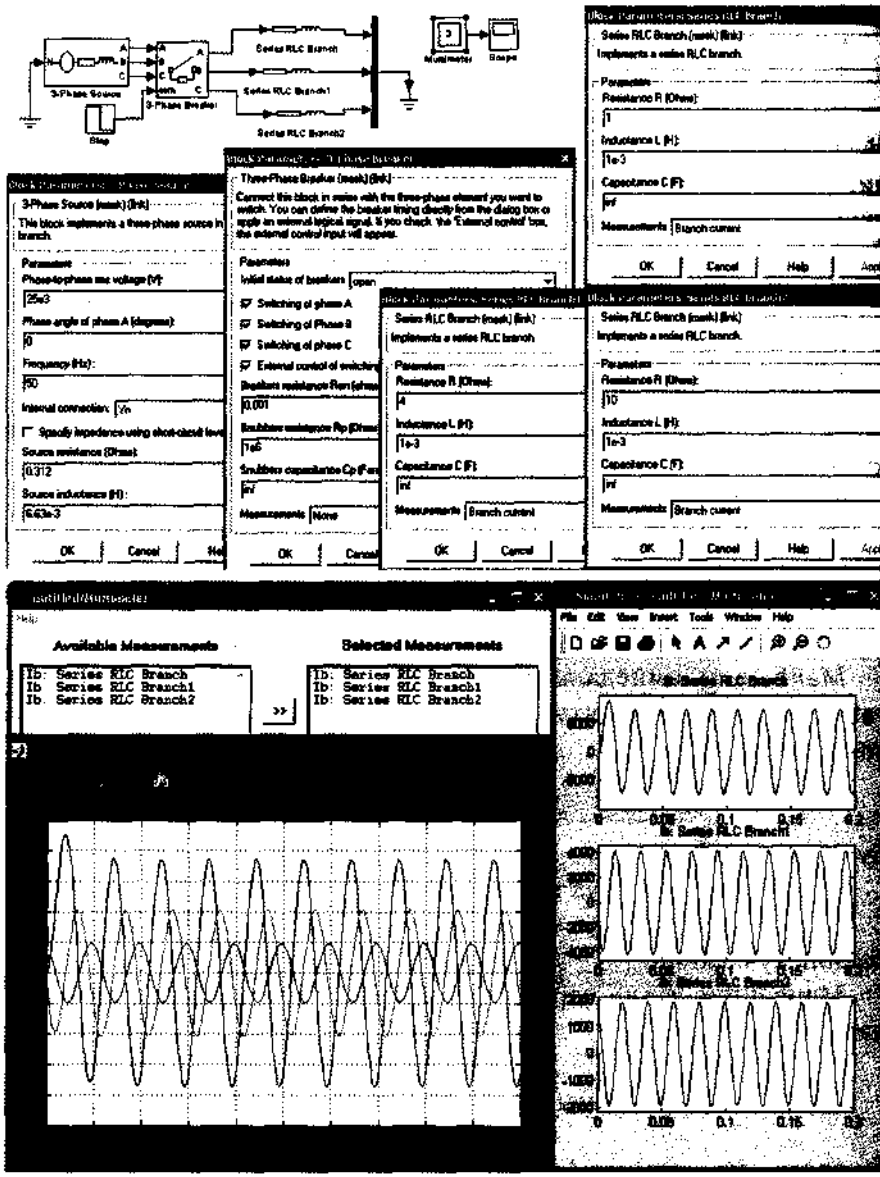
$$R = \frac{X}{k},$$

бу ерда

k — X нинг R га нисбати (X/R ratio параметр).

Мисол:

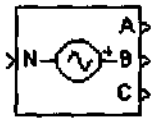
Уч фазали носимметрик юкламага уланган уч фазали кучланиш манбасининг схемаси 14.2.6-расмда кўрсатилган. Юкламадаги токлар Multimetr блоки ёрдамида ўлчанади.



14.2.6-расм. Уч фазали носимметрик юкламага уланган уч фазали кучланиш манбасининг схемаси

14.2.7. Уч фазали дастурланувчи кучланиш манбаси 3-Phase Programmable Voltage Source

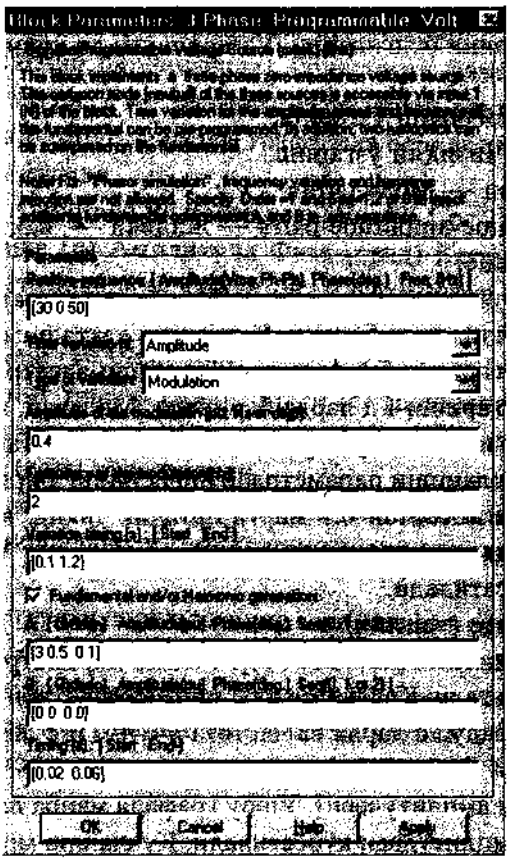
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Амплитудаси, фазаси, частотаси ва гармоник таркибининг вақт бўйича ўзгариши дастурланувчи уч фазали кучланиш ҳосил қилади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Positive-sequence: [Amplitude (Vrms Ph-Ph) Phase (degrees) Freq. (Hz)]

[Тўғри кетма-кетлик: [Амплитуда, Фаза (градусларда) Частота (Гц)]]. Параметр уч элементдан иборат вектор кўринишида берилади.

Time variation of:

[Вақт бўйича ўзгариши]. Очилувчи рўйхат манбанинг вақт бўйича ўзгарувчи параметрини танлаш имкониятини беради. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — манбанинг вақт бўйича ўзгарувчи параметри йўқ,
- Amplitude — Амплитуда,
- Phase — Фаза,
- Frequency — Частота.

Type of variation:

[Ўзгариш усули]. Ушбу параметр манбанинг танланган параметри қандай ўзгаришини белгилайди. Ўзгариш шакли қуйидаги рўйхатдан олинади:

- Step — Поғонали ўзгариш,
- Ramp — Чизиқли ўзгариш,
- Modulation — Модуляция,
- Table of time-amplitude pairs — Жадвал — 'вақт-киймат'.

Step magnitude:

[Поғонали сигналнинг сатҳи]. Танланган параметр поғонали ўзгарадиган катталикни беради. Кучланиш катталигининг ўзгариши нисбий бирликларда (н.б.), фазанинг ўзгариши-электр градусларда ва частотанинг ўзгариши-Гц ларда берилади. Масалан, агар сигнал амплитудасининг поғонали ўзгариши 0.5 га тенг олинган бўлса, манбанинг чиқиш кучланиши параметрлар ойнасининг биринчи графасида кўрсатилганига нисбатан 0.5 марта ортади. Чиқиш кучланишининг қанча вақт ичида ортиши параметрлар ойнасининг Variation timing графасида кўрсатилади.

Rate of change (value/s):

[Ўзгариш тезлиги (катталик/с)]. Манба параметрининг ўзгариш тезлигини кўрсатади. Кучланиш катталигининг ўзгариши н.б./с ларда, фаза учун эл.градус/с ларда ва частота учун- Гц/с ларда берилади.

Amplitude of the modulation:

[Модуляция амплитудаси]. Ушбу графада манба параметри модуляциясининг амплитудаси кўрсатилади. Кучланиш модуляциясининг

амплитудаси нисбий бирликларда (н.б.), фаза - эл. градусларда ва частота — Гц ларда берилади.

Frequency of the modulation (Hz):

[Модуляция частотаси (Гц)].

Variation timing (s): [Start End]

[Ўзгаришнинг таъсир қилиш вақти [Бошланиш Тугаш]]. Параметр манбанинг танланган параметри ўзгаришининг бошланиш ва тугаш вақтларини аниқлайди. Ушбу параметр иккита қийматдан иборат вектор кўринишида берилади (бошланиш ва тугаш вақтлари).

Fundamental and/or Harmonic generation

[Тўғри, тескари ёки нол кетма-кетликларни ва/ёки юқори гармоникаларни устма-уст қўйиш (бирлаштириш)].

A: [Order(n) Amplitude Phase(degrees) Seq(0, 1 or 2)]

[A: [Гармоника (n) Амплитуда Фаза (град) Кетма-кетлик (0, 1 ёки 2)]]. Убу графада ҳосил қилинадиган кучланиш гармоникаси параметрларининг вектори берилади: гармониканинг тартиб рақами, амплитудаси (нисбий бирликларда), бошланғич фаза, кетма-кетлик (0 — нол, 1 — тўғри, 2 — тескари). Натижавий чиқиш кучланиши ушбу графада ва Positive-sequence графасида берилган кучланишларнинг йиғиндиси бўлади.

B: [Order(n) Amplitude Phase(degrees) Seq(0, 1 or 2)].

[B: [Гармоника (n) Амплитуда Фаза (град) Кетма-кетлик (0, 1 ёки 2)]]. Параметр юқорида кўрсатилган параметрга ўхшаш тарзда берилади.

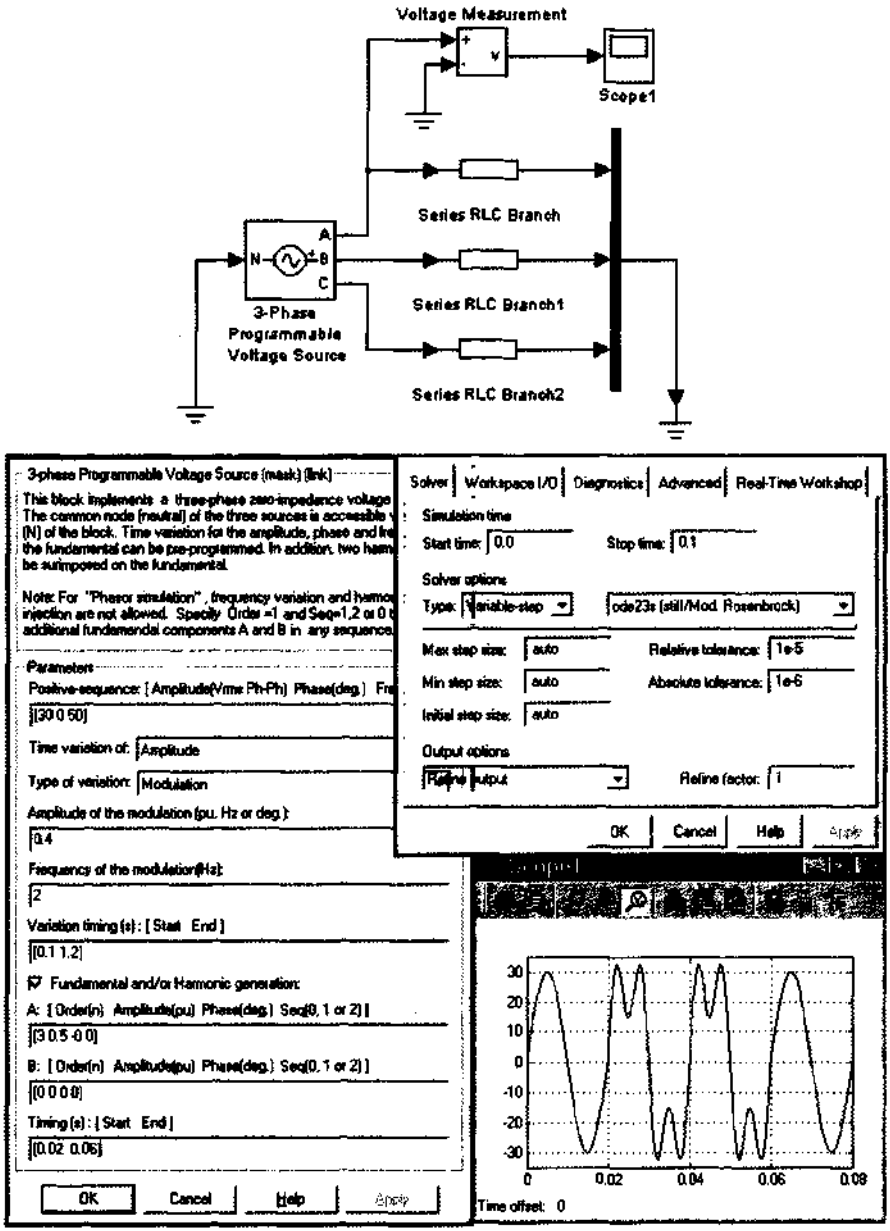
Harmonic timing (s): [Start End]

[Гармониканинг таъсир қилиш вақти (с) [Бошланиши Тугаши]]. Ушбу графада гармоникаларни ҳосил қилиш учун бошланиш ва тугаш вақтларининг вектори кўрсатилади.

Уч фазали дастурланувчи кучланиш манбаси идеал кучланиш манбаси бўлиб ҳисобланади (унинг ички қаршилиги нолга тенг).

Мисол:

Уч фазали дастурланувчи кучланиш манбасининг симметрик актив юкламага уланиши 14.2.7-расмда кўрсатилган. Вақт интервалининг 0.02 дан 0.06 с гача бўлган қисмида манба қўшимча равишда амплитудаси 0.5 н.б. га тенг бўлган тўғри кетма-кетлик кучланишининг учинчи гармоникасини ҳосил қилади.

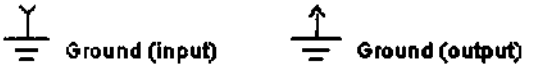


14.2.7-расм. Уч фазали дастурланувчи кучланиш манбасининг симметрик актив юкламага уланиши

14.3. Connectors — улагичлар

14.3.1. Ерга улагич Ground

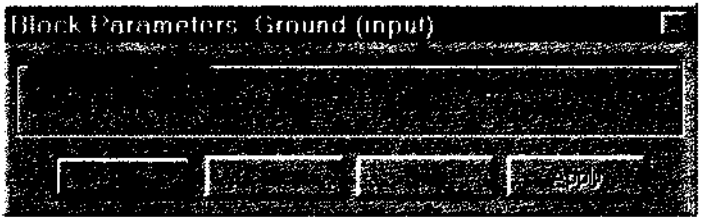
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Ерга улашни таъминлайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



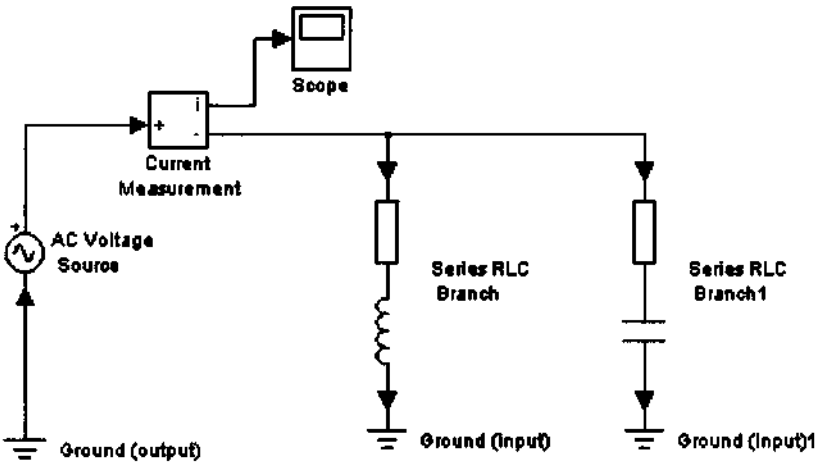
Параметрлари:

Йўқ.

Библиотекада ушбу блокнинг иккита варианти мавжуд: кириш портига эга — Ground (input) ва чиқиш портига эга — Ground (output).

Мисол:

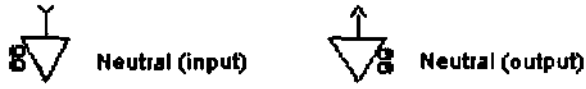
Ground блокаридан фойдаланишга мисол 14.3.1-расмда келтирилган. Мисолда манба чиқиш портига эга бўлган Ground блокига ва иккита қабул қилгич кириш портига эга бўлган Ground блокига уланган.



14.3.1-расм. Ground блокаридан фойдаланишга мисол

14.3.2. Нейтрал Neutral

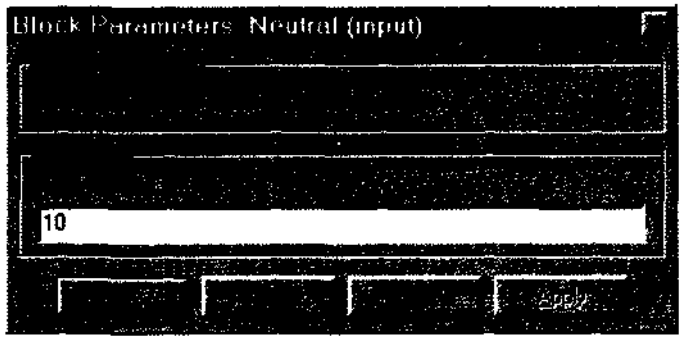
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Тугун номерлари бир хил бўлган блокларни симсиз ўзаро электр боғлайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

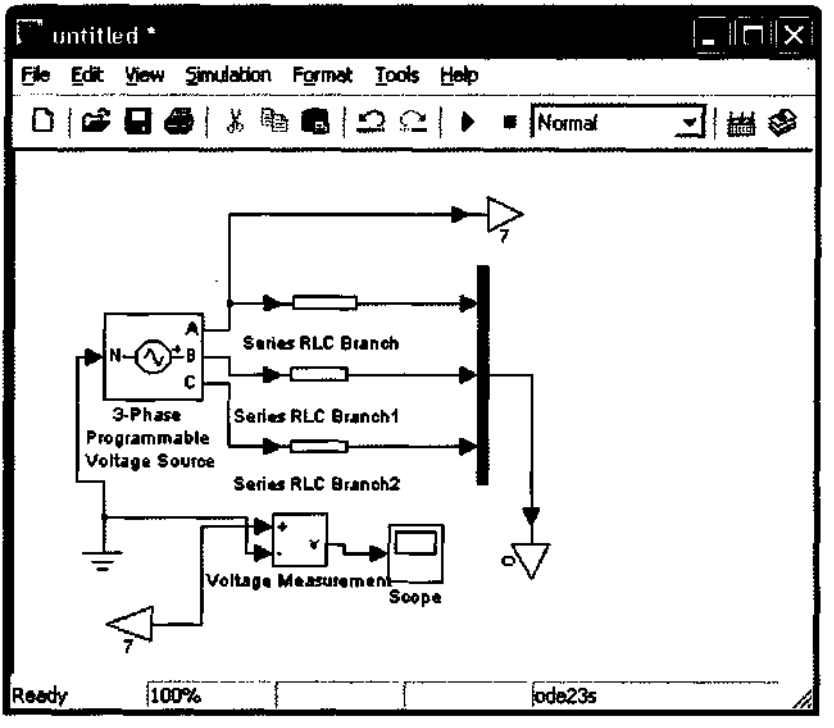
Node number:

[Тугуннинг номери].

Блок бир-биридан узоқда жойлашган электр тугунларни алоқа линиясисиз (симсиз) боғлаш учун хизмат қилади. Тугун номери нолга тенг бўлган блок ерга уланишни таъминлайди. Библиотекада ушбу блокнинг иккита варианти мавжуд: кириш портига эга — Neutral (input) ва чиқиш портига эга — Neutral (output).

Мисол:

Neutral блокидан фойдаланишга мисол 14.3.2-расмда кўрсатилган. Тугун номери 7 бўлган иккита блок ўзаро электр боғланган. Нол номерли Neutral блок ерга уланишни таъминлайди.



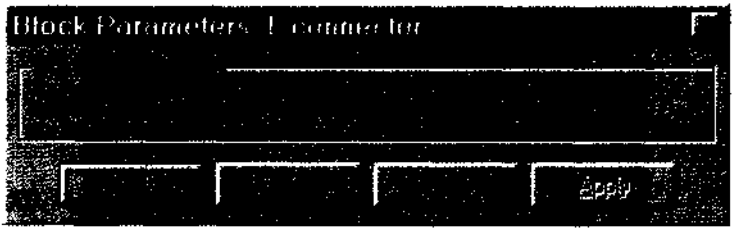
14.3.2-расм. Neutral блокидан фойдаланишга мисол

14.3.3. L-кўринишли улагич L connector

Пиктограммаси:

L connector

Вазифаси:
Иккита кирувчи линияни (симни) улайди.
Параметрларини ўрнатиш ойнаси:

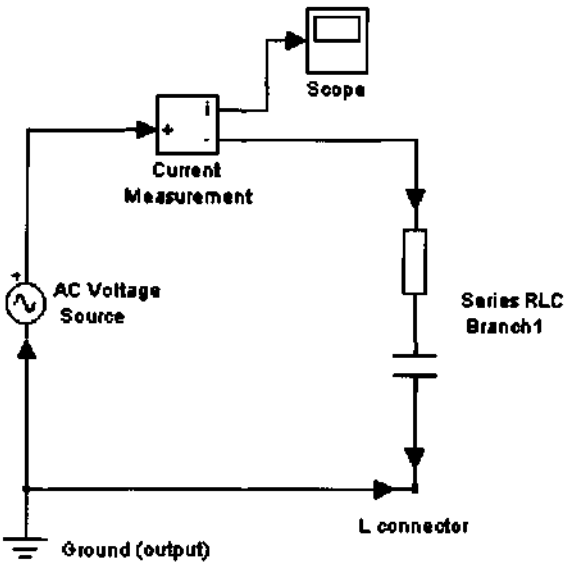


Параметрлари:

Йўқ.

Мисол:

L-кўринишдаги улагичдан фойдаланишга мисол 14.3.3-расмда келтирилган.



14.3.3-расм. L-кўринишдаги улагичдан фойдаланишга мисол

14.3.4. T-кўринишдаги улагич T connector

Пиктограммаси:

Вазифаси:

Иккита кирувчи линияни бирлаштиради.

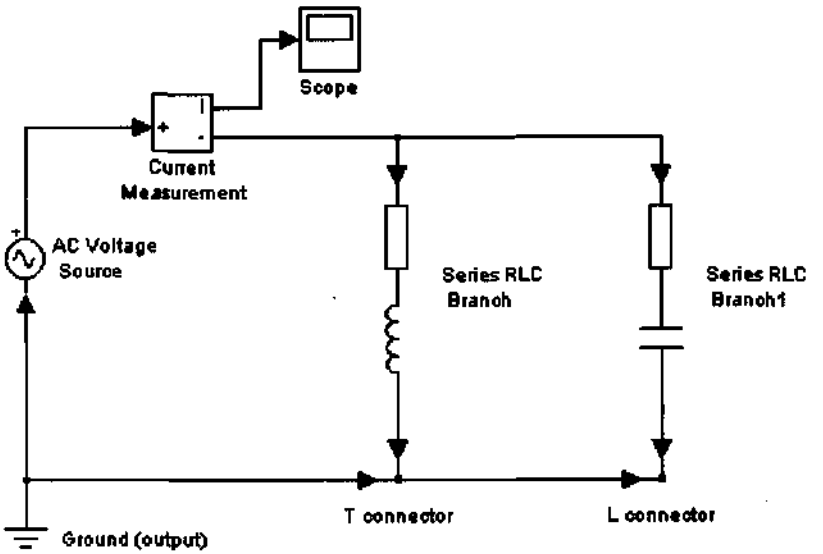
Параметрларини бериш ойнаси:

Параметрлари:

Йўқ.

Мисол:

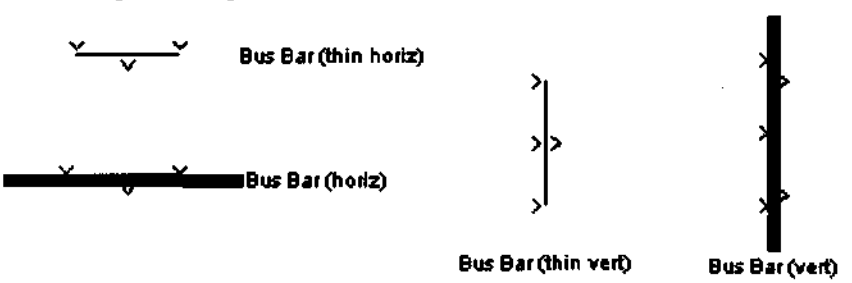
Т-кўринишдаги улагичдан фойдаланишга мисол 14.3.4-расмда келтирилган.



14.3.4-расм. Т -кўринишдаги улагичдан фойдаланиш

14.3.5. Шина Bus Bar

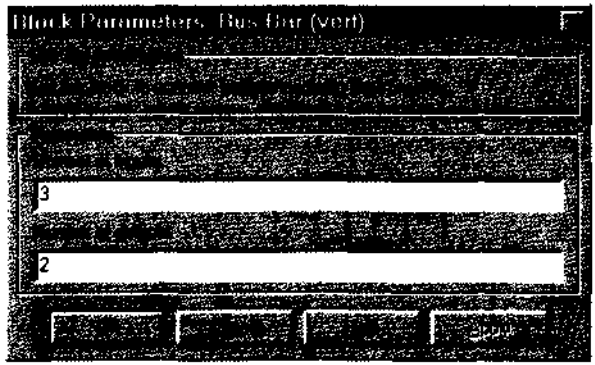
Пиктограммалари:



Вазифаси:

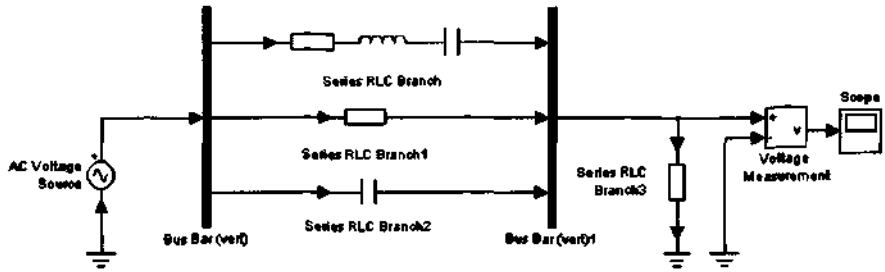
Бир неча кирувчи ва чиқувчи алоқа линияларни бирлаштиради.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:
Number of inputs:
[Киришлар сони].
Number of outputs:
[Чиқишлар сони].
Библиотекада блокнинг тўртта варианти мавжуд: горизонтал ва вертикал жойлашган ҳамда юпқа ва қалин тасвирли.

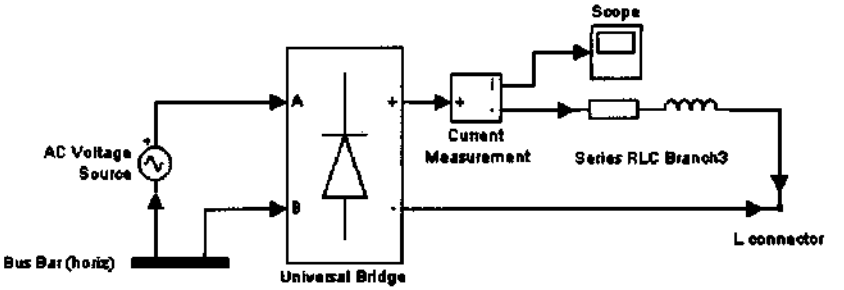
1-мисол:
Bus Bar блокларидан фойдаланишга мисол 14.3.5-расмда келтирилган. Унда алоқа линияси аввал учта алоҳида линияга ажратилади (Bus Bar(vert), кейин эса яна бирлаштирилади (Bus Bar(vert1).



14.3.5-расм. Bus Bar блокларидан фойдаланиш

2-мисол:

Шина блоки кириш ёки чиқиш портларига умуман эга бўлмаслиги ҳам мумкин. Бир неча чиқувчи алоқа линияларини бирлаштириш учун ҳам шина блокидан фойдаланиш мумкин (14.3.6-расмда иккита чиқувчи алоқа линияси бирлаштирилган).

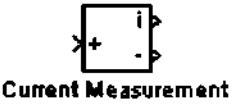


14.3.6-расм. Бир неча чиқувчи алоқа линияларини бирлаштириш

14.4 Measurements — ўлчаш ва назорат қурилмалари

14.4.1. Ток ўлчагич Current Measurement

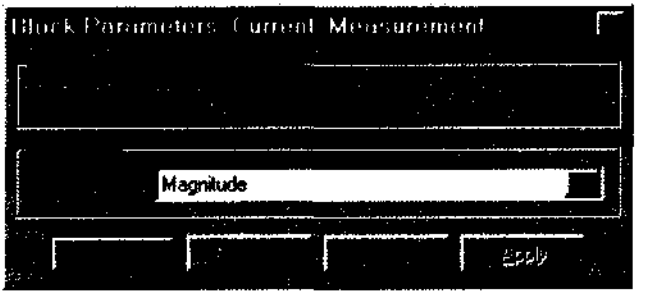
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Токнинг оний қийматини ўлчайди. Блокнинг чиқиш сигнали одатдаги Simulink сигнал бўлиб ундан ҳар қандай Simulink-блок фойдаланиши мумкин.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

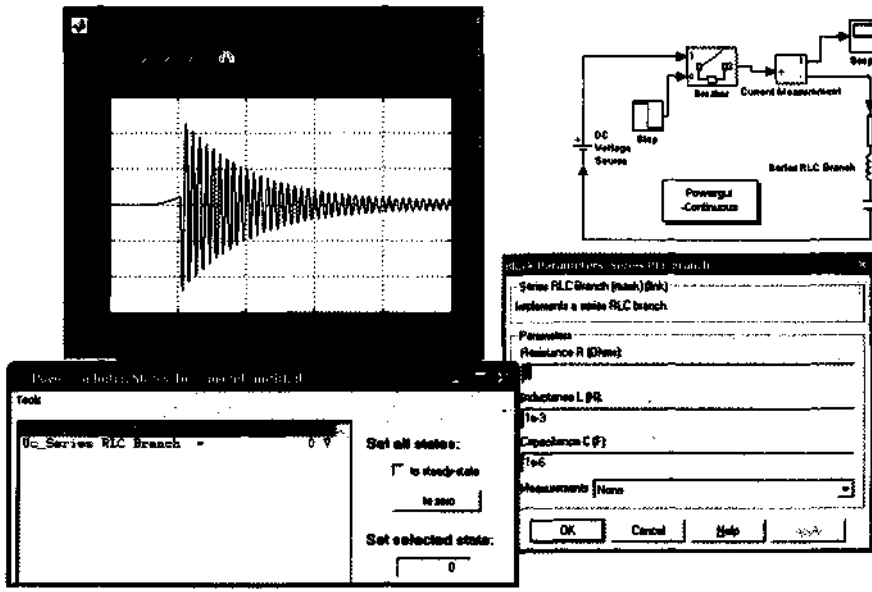
Output signal:

[Чиқиш сигнали]. Блок чиқиш сигналининг тури. Параметрнинг қийматларини танлаш фақат Powergui блоки ёрдамида ўзгарувчан токда ҳисоблаш режими (Phasor simulation) ўрнатилган бўлса мумкин. Ушбу ҳолда параметрнинг қийматлари қуйидаги рўйхатдан танланади:

- Magnitude — Амплитуда (скаляр сигнал);
- Complex — Комплекс сигнал;
- Real-Imag — Икки элементдан (сигналнинг ҳақиқий ва мавҳум ташкил этувчилари) иборат вектор;
- Magnitude-Angle — Икки элементдан (сигналнинг амплитудаси ва фазаси) иборат вектор.

Мисол:

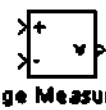
Current Measurement блокидан кетма-кет тебранувчи контурдаги токни ўлчаш учун фойдаланишга мисол 14.4.1-расмда кўрсатилган. Current Measurement блоки ёрдамида ҳосил қилинган Simulink-сигналдан токни осциллографда акс эттириш учун фойдаланилган. Схемани ҳисоблаш учун нолга тенг бўлган бошланғич шартлар Powergui блокида берилган.



14.4.1-расм. Current Measurement блокидан кетма-кет тебранувчи контурдаги токни ўлчаш учун фойдаланиш

14.4.2. Кучланиш ўлчагич Voltage Measurement

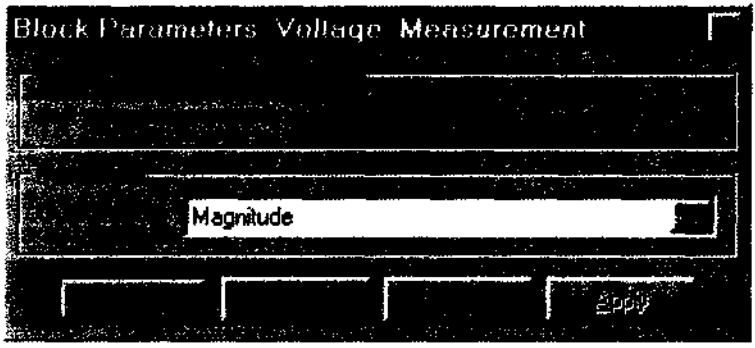
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Схеманинг икки тугуни орасидаги кучланишнинг оний қийматини ўлчайди. Блокнинг чиқиш сигнали одатаги Simulink сигнал бўлиб ундан ҳар қандай Simulink-блок фойдаланиши мумкин.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

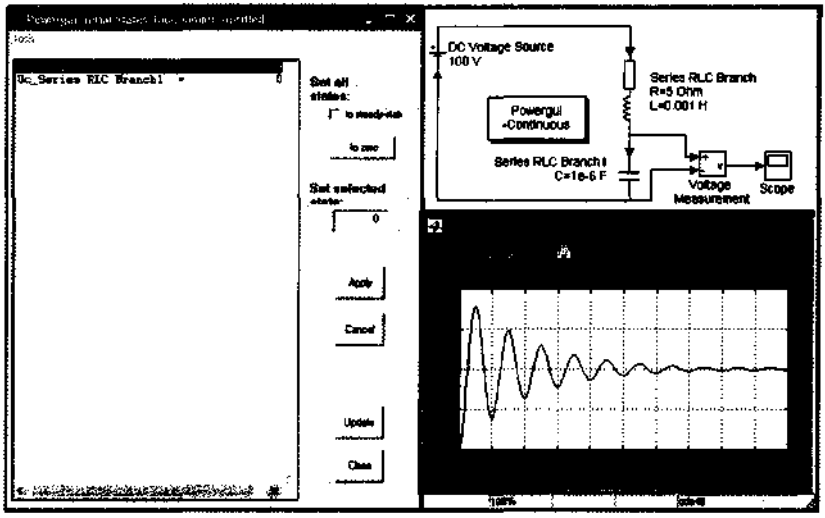
Output signal:

[Чиқиш сигнали]. Блок чиқиш сигналининг тури. Параметрнинг қийматларини танлаш фақат Powergui блоки ёрдамида ўзгарувчан токда ҳисоблаш режими (Phasor simulation) ўрнатилган бўлса мумкин. Ушбу ҳолда параметрнинг қийматлари қуйидаги рўйхатдан танланади:

- Magnitude — Амплитуда (скаляр сигнал);
- Complex — Комплекс сигнал;
- Real-Imag — Икки элементдан (сигналнинг ҳақиқий ва мавҳум ташкил этувчилари) иборат вектор;
- Magnitude-Angle — Икки элементдан (сигналнинг амплитудаси ва фазаси) иборат вектор.

Мисол:

Voltage Measurement блокидан кетма-кет тебранувчи контурнинг конденсаторидаги кучланишни ўлчаш учун фойдаланишга мисол 14.4.2-расмда кўрсатилган. Voltage Measurement блоки ёрдамида ҳосил қилинган Simulink-сигналдан кучланишни осциллографда акс эттириш учун фойдаланилган. Схемани ҳисоблаш учун нолга тенг бўлган бошланғич шартлар Powergui блокида берилган.



14.4.2-расм. Voltage Measurement блокидан кетма-кет тебранувчи контурнинг конденсаторидаги кучланишни ўлчаш учун фойдаланиш

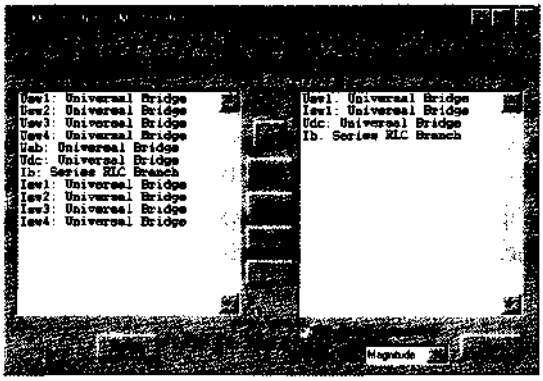
14.4.3. Мультиметр Multimeter

Пиктограммаси:

Вазифаси:

Диалог ойнасида Measurements (ўлчанадиган ўзгарувчилар) параметри мавжуд бўлган SimPowerSystem библиотекасидаги блокларнинг ток ва кучланишларини ўлчайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Available Measurements

[Ўлчаниши мумкин бўлган ўзгарувчилар]. Ушбу графада блокларнинг Measurements параметрида белгиланган ўзгарувчиларнинг рўйхати акс этади. Рўйхатни Update клавишаси ёрдамида янгилаш мумкин.

Selected Measurements

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Ушбу графада Multimeter блокининг чиқишига узатиладиган ўзгарувчилар кўрсатилади. Ўлчанадиган ўзгарувчиларнинг рўйхатини бошқариш учун қуйидаги клавишалардан фойдаланиш мумкин:

- >> — Ажратилган ўзгарувчини ўлчанадиган ўзгарувчилар рўйхатига қўшиш;.
- Up — Ўлчанадиган ўзгарувчилар рўйхатида ажратилган ўзгарувчини юқорига силжитиш;
- Down — Ўлчанадиган ўзгарувчилар рўйхатида ажратилган ўзгарувчини пастга силжитиш;
- Remove — Ўлчанадиган ўзгарувчилар рўйхатидан ажратилган ўзгарувчини олиб ташлаш;
- + / - — Ўлчанадиган ўзгарувчилар рўйхатида ажратилган ўзгарувчининг ишорасини ўзгартириш.

Output signal:

[Чиқиш сигнали]. Блок чиқиш сигналининг тури. Параметрнинг қийматларини танлаш фақат Powergui блоки ёрдамида ўзгарувчан токда ҳисоблаш режими (Phasor simulation) ўрнатилган бўлса мумкин. Ушбу ҳолда параметрнинг қийматлари қуйидаги рўйхатдан танланади:

- Magnitude — Амплитуда (скаляр сигнал);
- Complex — Комплекс сигнал;
- Real-Imag — Икки элементдан (сигналнинг ҳақиқий ва мавҳум ташкил этувчилари) иборат вектор;
- Magnitude-Angle — Икки элементдан (сигналнинг амплитудаси ва фазаси) иборат вектор.

Блокни ток ва кучланишнинг оддий ўлчагичлари (Current Measurement ва Voltage Measurement) ўрнига ҳам ишлатиш мумкин. Параметрлар рўйхатида Measurements графаси мавжуд блокларнинг рўйхати 14.4.3-жадвалда келтирилган.

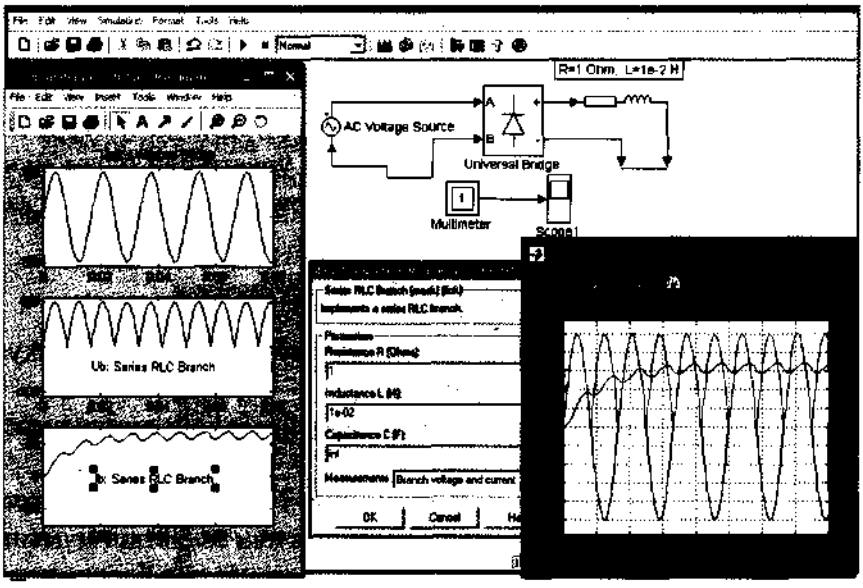
14.4.3-жадвал

№	Блокнинг номи
1	AC Current Source Parallel RLC Branch
2	AC Voltage Source Parallel RLC Load
3	Controlled Current Source PI Section Line
4	Controlled Voltage Source Saturable Transformer
5	DC Voltage Source Series RLC Branch
6	Breaker Series RLC Load
7	Distributed Parameter Line Surge Arrester
8	Linear Transformer Three-Phase Transformer (Two and Three Windings)
9	Mutual Inductance
10	Universal Bridge

Блокнинг чиқишида ўлчанаётган ўзгарувчилар сигналларининг вектори ҳосил бўлади.

Мисол:

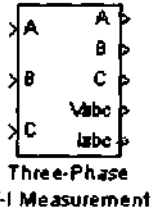
Актив-индуктив юкламага ишловчи бир фазали кўприкли тўғрилагичнинг схемаси 14.4.3-расмда келтирилган. Multimeter блоки ёрдамида манбанинг кучланиши ва юкламадаги кучланиш ҳамда ток ўлчанади.



14.4.3-расм. Актив-индуктив юкламага ишловчи бир фазали кўприкли тўғрилагичнинг схемаси

14.4.4. Уч фазали ўлчагич Three — Phase V — I Measurement

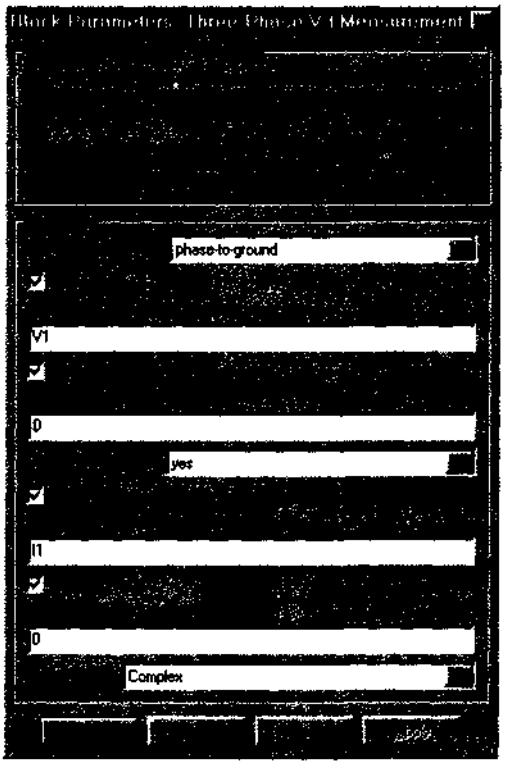
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Уч фазали занжирларда ток ва кучланишни ўлчайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Voltage Measurement:

[Кучланишларни ўлчаш]. Ушбу графада ўлчанаётган кучланиш танланади:

- no — Кучланиш ўлчанмайди;

• phase-to-ground — Фаза кучланиши ўлчанади;
• phase-to-phase — Линия кучланиши ўлчанади.

Use a label:

[Меткадан фойдаланиш]. Байроқча ўрнатилганда сигнал From блокига узатилади. From блокининг Goto tag параметри Signal label параметрида берилган метканинг номига тўғри келиши керак.

Signal label:

[Сигналнинг меткаси].

Voltages in p.u.:

[Кучланишларни нисбий бирликларда ўлчаш]. Байроқча ўрнатилганда ўлчанган кучланишлар қуйидаги ифодага асосан ўзгартирилади:

$$U_* = \frac{U}{U_б \cdot \sqrt{2}/\sqrt{3}},$$

бу ерда $U_б$ — базис кучланиш, Base voltage графасида берилади.

Base voltage (Vrms phase-phase):

[Базис кучланиш (линия кучланишининг таъсир этувчи қиймати)].

Current measurement

[Токларни ўлчаш]. Ушбу графада токларни ўлчаш танланади:

• no — токлар ўлчанмайди;
• yes — токлар ўлчанади.

Use a label

[Меткадан фойдаланиш]. Байроқча ўрнатилганда сигнал From блокига узатилади. From блокининг Goto tag параметри Signal label параметрида берилган метканинг номига тўғри келиши керак.

Signal label:

[Сигналнинг меткаси].

Currents in p.u.:

[Токларни нисбий бирликларда ўлчаш]. Байроқча ўрнатилганда ўлчанган токлар қуйидаги ифодага асосан ўзгартирилади:

$$I_* = \frac{I}{P_б/(U_б \cdot \sqrt{2}/\sqrt{3})},$$

бу ерда $P_б$ — базис қувват, Base power графасида берилади.

Base power (VA 3 phase)

[Базис қувват].

Output signal:

[Чиқиш сигнали]. Блок чиқиш сигналининг тури. Параметрнинг қийматларини танлаш фақат Powergui блоки ёрдамида ўзгарувчан токда ҳисоблаш режими (Phasor simulation) ўрнатилган бўлса мумкин. Ушбу ҳолда параметрнинг қийматлари қуйидаги рўйхатдан танланади:

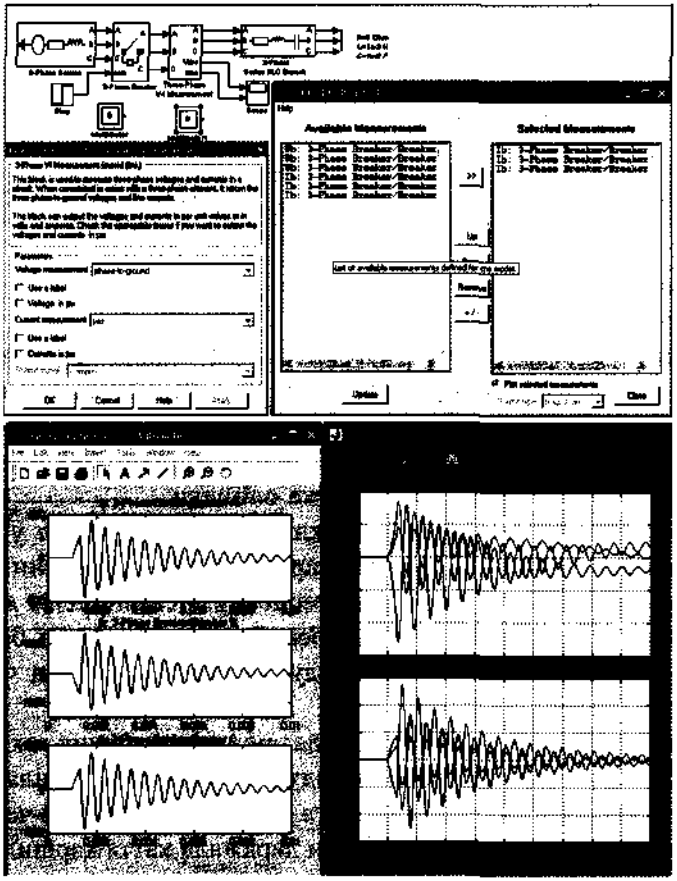
- Magnitude — Амплитуда (скаляр сигнал);
- Complex — Комплекс сигнал;
- Real-Imag — Икки элементдан (сигналнинг ҳақиқий ва мавҳум ташкил этувчилари) иборат вектор;
- Magnitude-Angle — Икки элементдан (сигналнинг амплитудаси ва фазаси) иборат вектор.

Блокнинг чиқишида ўлчанаётган ўзгарувчилар сигналларининг векторлари ҳосил бўлади.

Мисол:

Актив-индуктив юкламага ишловчи уч фазали кучланиш манбасининг уланиш схемаси 14.4.4-расмда кўрсатилган.

Three - Phase V - I Measurement блоки ёрдамида фаза токлари ва юкламадаги кучланиш ўлчанади.



14.4.4-расм. Актив-индуктив юкламага ишловчи уч фазали кучланиш манбасининг уланиш схемаси

14.4.5. Тўла қаршилик ўлчагичи Impedance Measurement

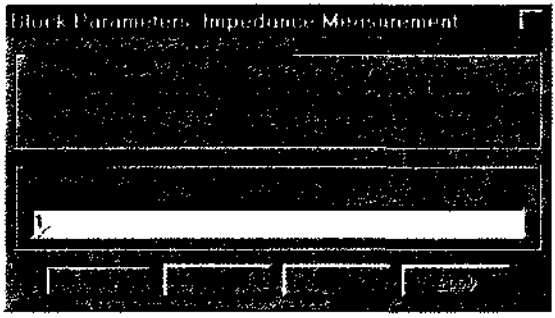
Пиктограммаси:

Impedance Measurement

Вазифаси:

Электр занжири участкаси тўла қаршилигининг (импедансининг) частотага боғлиқлигини ўлчайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Multiplication factor:

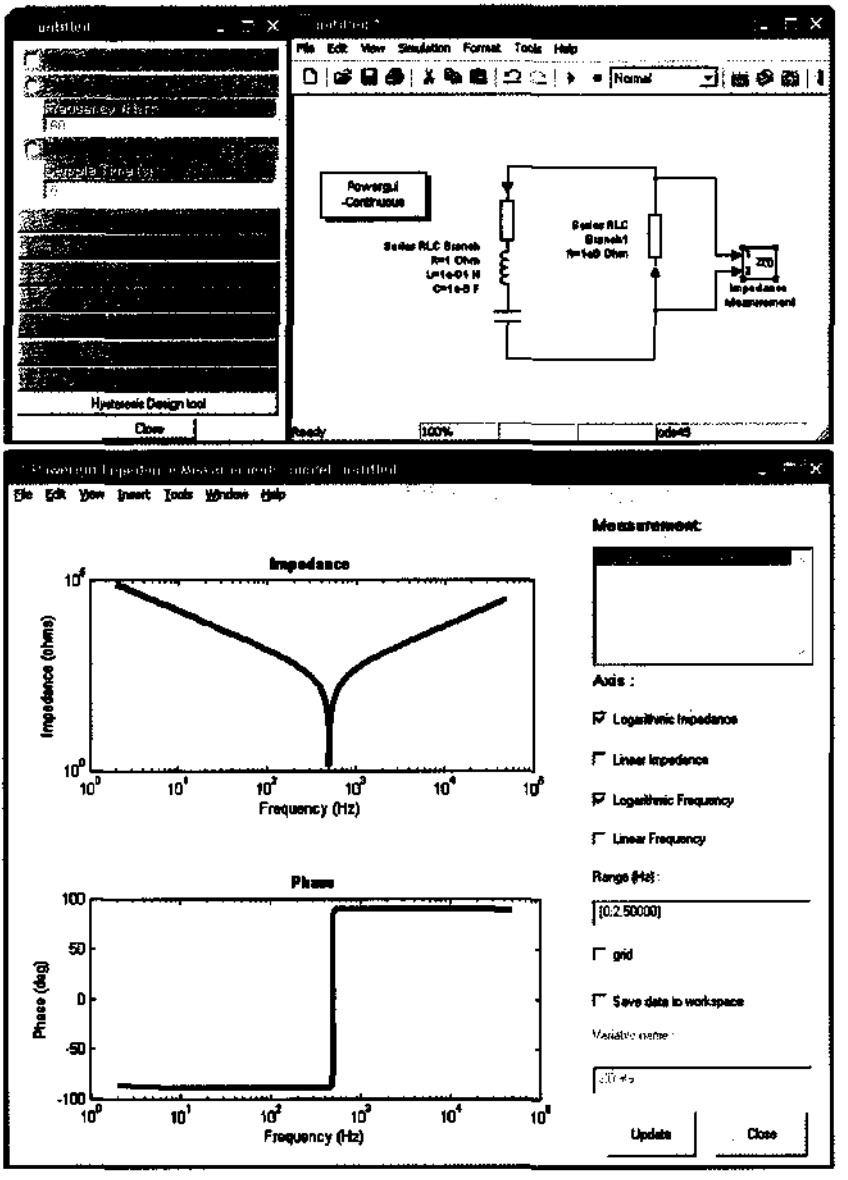
[Масштаб коэффициенти]. Параметрнинг бирдан фарқли қийматидан ўлчанаётган қийматни орттириш ёки камайтириш учун фойдаланилади. Масалан, иккита фаза орасидаги тўла қаршиликни ўлчашда параметрнинг қиймати 0.5 берилса фақат битта фазанинг тўла қаршилигига тенг бўлган натижа олинади.

Импеданснинг частотага боғлиқлигини акс эттириш учун схемага Powergui блокини ўрнатиш зарур. Powergui блокининг диалог ойнасини очиб Impedance vs Frequency Measurements кнопкаси босилади ва янги очилган ойнада эса, Display кнопкаси босилади. Натижада, ойнада тўла қаршилик модули ва аргументининг частотага боғлиқлиги акс этади.

Тўла қаршилик ўлчагичидан фойдаланилганда, унинг ток манбаси асосида бажарилганлиги сабабли индуктив элементлар билан кетмакет улаш мумкин эмаслигини ҳисобга олиш зарур. Бундай чекланишни бартараф қилиш учун блок етарли даражада катта қаршиликка эга бўлган резистор билан шунтланади. Қаршилик схеманинг хоссаларига таъсири минимал бўлишига ҳаракат қилиш керак.

Мисол:

Кетма-кет тебранувчи контурнинг тўла қаршилигини ўлчаш учун Impedance vs Frequency Measurements блокини улаш схемаси ва Powergui блокининг ойнаси графиклари билан 14.4.5-расмда кўрсатилган.



14.4.5-расм. Кетма-кет тебранувчи контурнинг тўла қаршилигини ўлчаш

14.5. Elements — электротехник элементлар

14.5.1. Кетма-кет RLC-занжир Series RLC Branch

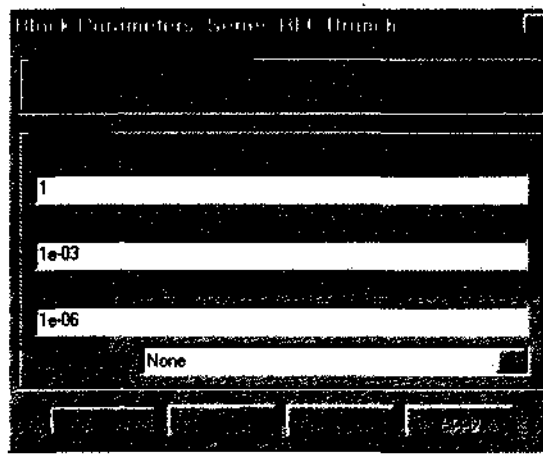
Пиктограммаси:

Series RLC Branch

Вазифаси:

Кетма-кет уланган резистор, индуктивлик ва конденсаторни моделлайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Resistance R (Ohms):

[Қаршилик (Ом)]. Актив қаршиликнинг қиймати. Резисторнинг қиймати нол берилса у пиктограммада акс этмайди.

Inductance L (H):

[Индуктивлик (Гн)]. Индуктивликнинг қиймати. Индуктивликнинг қиймати нол берилса у пиктограммада акс этмайди.

Capacitance C (F):

[Сиғим (Ф)]. Сиғимнинг қиймати. Сиғимнинг қиймати inf (чексизлик) берилса у пиктограммада акс этмайди.

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметр Multimeter блокига узатиладиган ўзгарувчиларни танлаш имкониятини беради. Параметрнинг қийматлари қуйидаги рўйхатдан танланади:

None — акс эттириш учун ўзгарувчилар танланмайди;

Branch voltage Voltage — занжирнинг тугунларидаги кучланиш;

Branch current — занжирдаги ток;

Branch voltage and current — занжирдаги кучланиш ва ток.

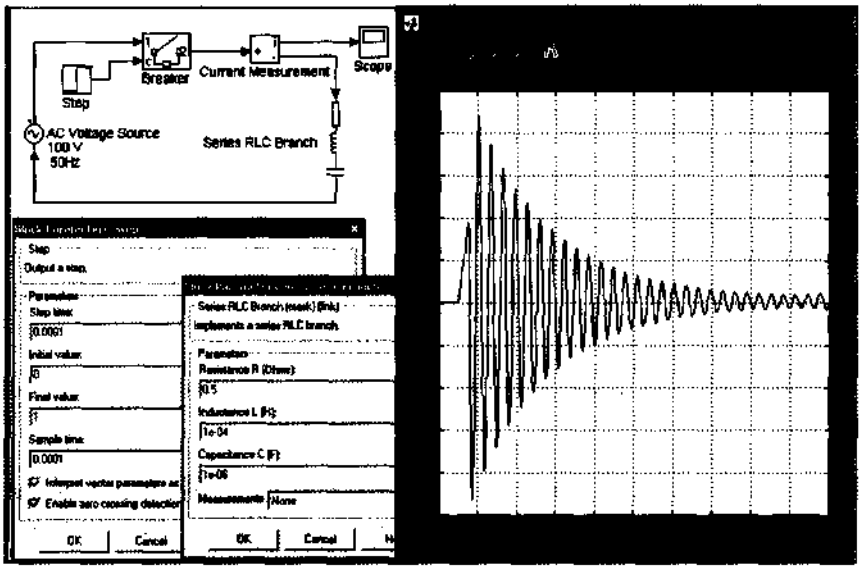
Multimeter блокида акс эттириладиган сигналларга куйидаги меткалар берилади:

Ib — занжирдаги ток;

Ub — занжирдаги кучланиш.

Мисол:

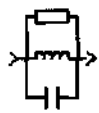
Кетма-кет тебраниш контурининг схемаси 14.5.1-расмда келтирилган. Схемада занжирнинг параметрлари: R = 0.5 Ом, L = 0.0001 Гн ва C = 0.000001 Ф олинган.



14.5.1-расм. Кетма-кет тебраниш контурининг схемаси

14.5.2. Параллел RLC-занжир Parallel RLC Branch

Пиктограммаси:

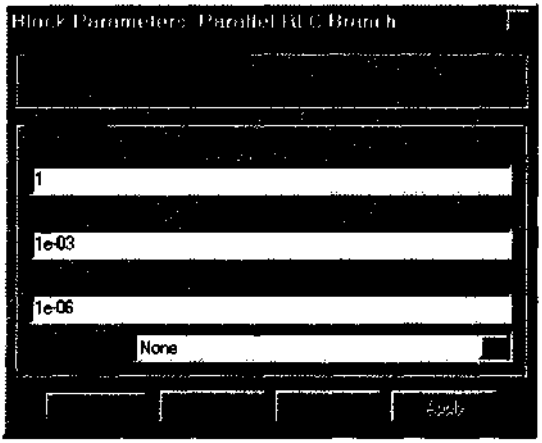


Parallel RLC Branch

Вазифаси:

Резистор, индуктивлик ва конденсаторнинг параллел уланишини моделлайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Resistance R (Ohms):

[Қаршилик (Ом)]. Актив қаршиликнинг қиймати. Резисторнинг қиймати нол берилса у пиктограммада акс этмайди.

Inductance L (H):

[Индуктивлик (Гн)]. Индуктивликнинг қиймати. Индуктивликнинг қиймати нол берилса у пиктограммада акс этмайди.

Capacitance C (F):

[Сиғим (Ф)]. Сиғимнинг қиймати. Сиғимнинг қиймати inf (чексизлик) берилса у пиктограммада акс этмайди.

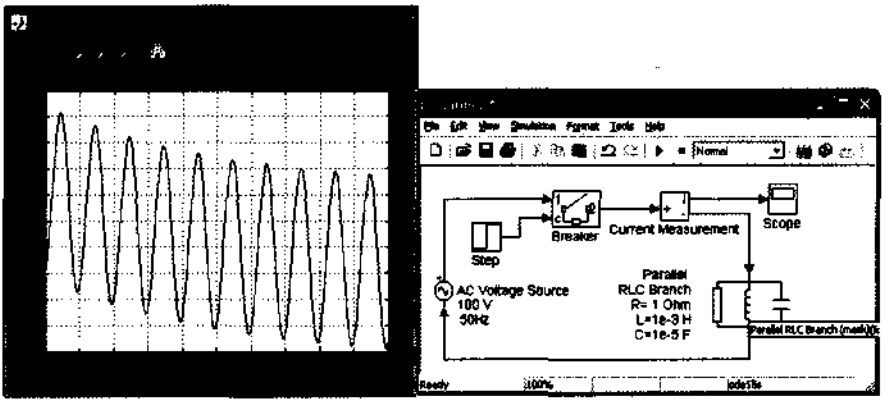
Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметр Multimeter блокига узатиладиган ўзгарувчиларни танлаш имкониятини беради. Параметрнинг қийматлари қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — акс эттириш учун ўзгарувчилар танланмайди;
- Branch voltage Voltage — занжирнинг тугунларидаги кучланиш;
- Branch current — занжирдаги ток;
- Branch voltage and current — занжирдаги кучланиш ва ток.
- Multimeter блокида акс эттириладиган сигналларга қуйидаги меткалар берилади:
- Ib — занжирдаги ток;
- Ub — занжирдаги кучланиш.

Мисол:

Параллел тебраниш контурининг схемаси 14.5.2-расмда келтирилган. Схемада занжирнинг параметрлари: R = 1 Ом, L = 0.001 Гн ва C = 0.00001 Ф олинган.



14.5.2-расм. Параллел тебраниш контурининг схемаси

14.5.3. Кетма-кет RLC-юклама Series RLC Load

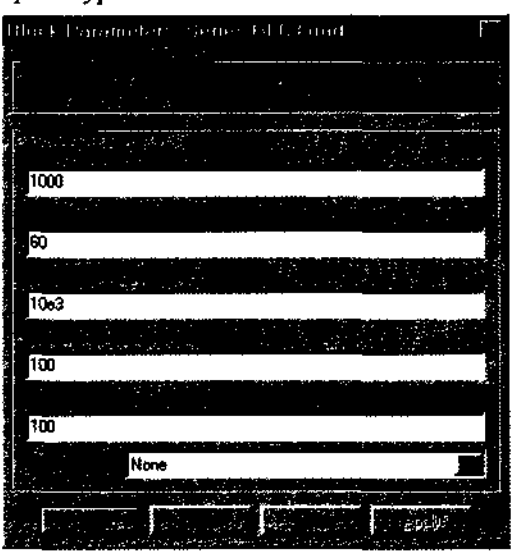
Пиктограммаси:

Series RLC Load

Вазифаси:

Кетма-кет уланган резистор, индуктивлик ва конденсаторни моделлайди. Занжирнинг параметрлари номинал кучланиш ва частотадаги занжир истеъмол қиладиган қувват орқали берилади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Nominal voltage Vn (Vrms):

[Номинал кучланиш (В)]. Элементларнинг қувватларини аниқлашда фойдаланилган кучланишнинг таъсир қилувчи қиймати.

Nominal frequency fn (Hz):

[Номинал частота (Гц)]. Элементларнинг қувватларини аниқлашда фойдаланилган частотанинг қиймати.

Active power P (W):

[Актив қувват (Вт)].

Inductive reactive power QL (positive var):

[Индуктивликнинг реактив қуввати (Вар)]. Индуктивлик истеъмол қиладиган реактив қувват.

Capacitive reactive power QC (negative var):

[Сиғимнинг реактив қуввати (Вар)]. Конденсатор берадиган реактив қувват. Ушбу графада қувватнинг абсолют қиймати (ишораси ҳисобга олинмаган ҳолда) киритилади.

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметр Multimeter блокига узатиладиган ўзгарувчиларни танлаш имкониятини беради. Параметрнинг қийматлари қуйидаги рўйхатдан танланади:

None — акс эттириш учун ўзгарувчилар танланмайди;

Branch voltage Voltage — занжирнинг тугунларидаги кучланиш;

Branch current — занжирдаги ток;

Branch voltage and current — занжирдаги кучланиш ва ток.

Multimeter блокида акс эттириладиган сигналларга қуйидаги меткалар берилади:

Ib — занжирдаги ток;

Ub — занжирдаги кучланиш.

Қувватларнинг қийматларини қуйидаги ифодалардан аниқлаш мумкин:

$$P = R \cdot \frac{U^2}{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2},$$

$$Q_L = \omega L \cdot \frac{U^2}{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2},$$

$$Q_C = \frac{1}{\omega L} \cdot \frac{U^2}{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2},$$

бу ерда

P — актив қувват,

Q_L — индуктивликнинг реактив қуввати,

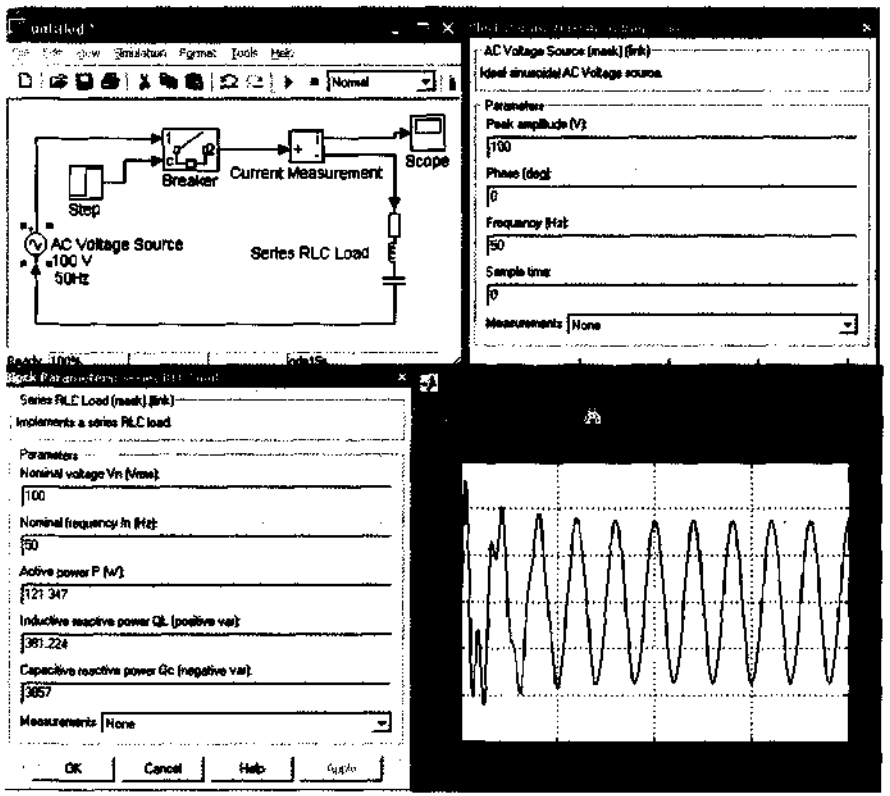
Q_C — сиғимнинг реактив қуввати,

ω — кучланишнинг айланма (бурчак) частотаси,

U — кучланишнинг таъсир қилувчи қиймати.

Мисол:

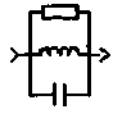
Кетма-кет юклама занжиридан фойдаланишга мисол 14.5.3-расмда келтирилган.



14.5.3-расм. Кетма-кет юклама занжири

14.5.4. Параллел RLC-юклама Parallel RLC Load

Пиктограммаси:

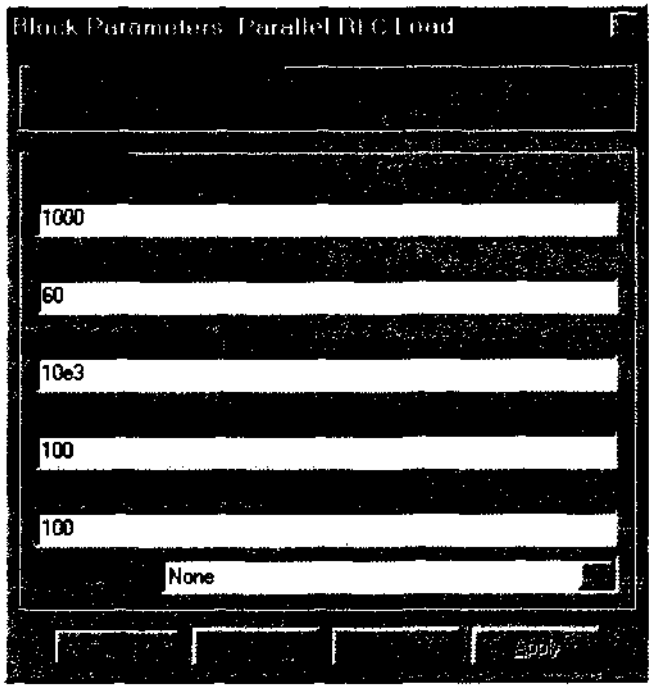


Parallel RLC Load

Вазифаси:

Параллел уланган резистор, индуктивлик ва конденсаторни моделлайди. Занжирнинг параметрлари номинал кучланиш ва частотадаги занжир истеъмол қиладиган қувват орқали берилади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Nominal voltage Vn (Vrms):

[Номинал кучланиш (В)]. Элементларнинг қувватларини аниқлашда фойдаланилган кучланишнинг таъсир қилувчи қиймати.

Nominal frequency fn (Hz):

[Номинал частота (Гц)]. Элементларнинг қувватларини аниқлашда фойдаланилган частотанинг қиймати.

Active power P (W):

[Актив қувват (Вт)].

Inductive reactive power QL (positive var):

[Индуктивликнинг реактив қуввати (Вар)]. Индуктивлик истеъмол қиладиган реактив қувват.

Capacitive reactive power QC (negative var):

[Сиғимнинг реактив қуввати (Вар)]. Конденсатор берадиган реактив қувват. Ушбу графада қувватнинг абсолют қиймати (ишораси ҳисобга олинмаган ҳолда) киритилади.

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметр Multimeter блокига узатиладиган ўзгарувчиларни танлаш имкониятини беради. Параметрнинг қийматлари қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — акс эттириш учун ўзгарувчилар танланмайди;
- Branch voltage Voltage — занжирнинг тугунларидаги кучланиш;
- Branch current — занжирдаги ток;
- Branch voltage and current — занжирдаги кучланиш ва ток.

Multimeter блокида акс эттириладиган сигналларга қуйидаги меткалар берилади:

- Ib — занжирдаги ток;
- Ub — занжирдаги кучланиш.

Қувватларнинг қийматларини қуйидаги ифодалардан аниқлаш мумкин:

$$P = \frac{U^2}{R},$$

$$Q_L = \frac{U^2}{\omega L},$$

$$Q_C = U^2 \omega C,$$

бу ерда

P — актив қувват,

Q_L — индуктивликнинг реактив қуввати,

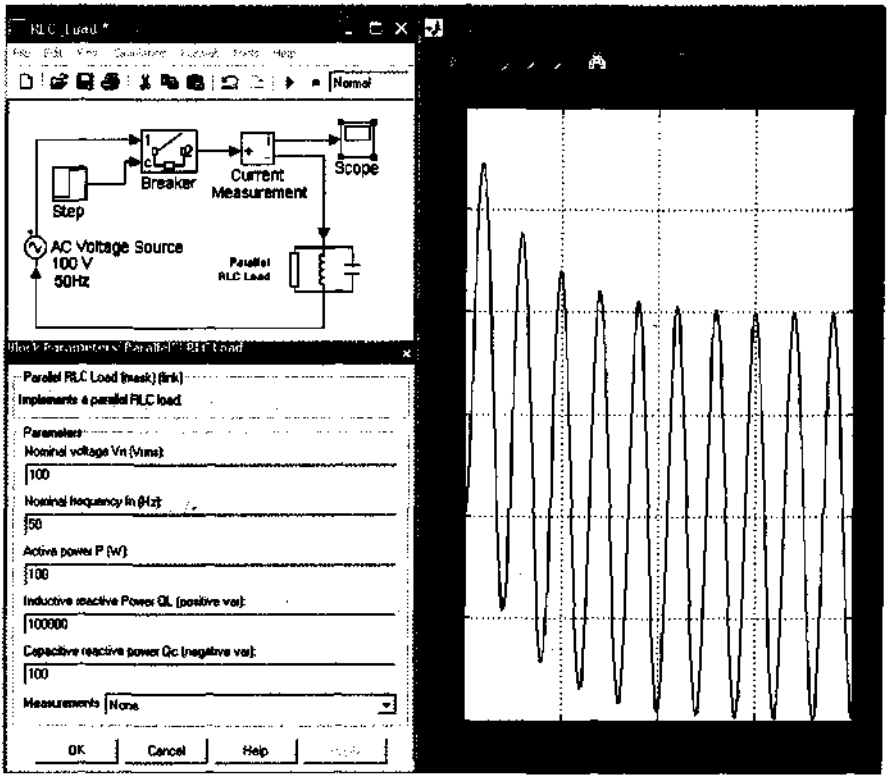
Q_C — сиғимнинг реактив қуввати,

ω — кучланишнинг айланма (бурчак) частотаси,

U — кучланишнинг таъсир қилувчи қиймати.

Мисол:

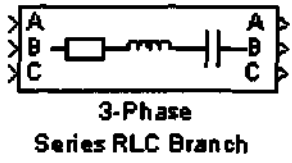
Параллел юклама занжиридан фойдаланишга мисол 14.5.4-расмда келтирилган.



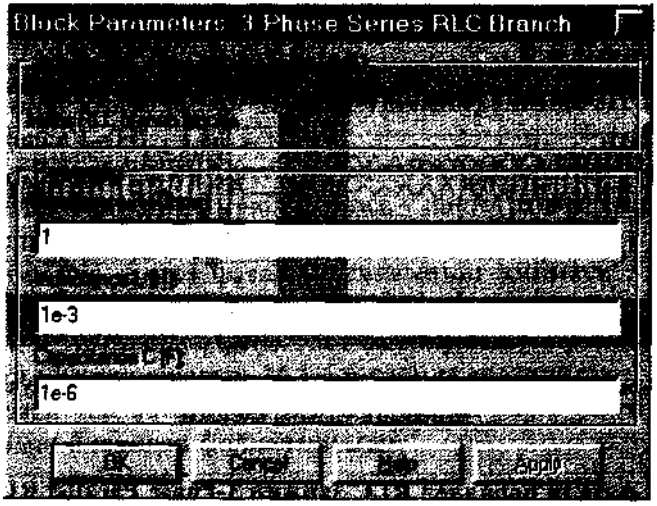
14.5.4-расм. Параллел юклама занжири

14.5.5. Уч фазали кетма-кет RLC-занжир
3-Phase Series RLC Branch

Пиктограммаси:



Вазифаси:
Учта RLC-занжирдан иборат уч фазали занжирни моделлайди.
Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Resistance R (Ohms):

[Қаршилик (Ом)]. Битта фазадаги актив қаршиликнинг қиймати. Резисторнинг қиймати нол берилса у пиктограммада акс этмайди.

Inductance L (H):

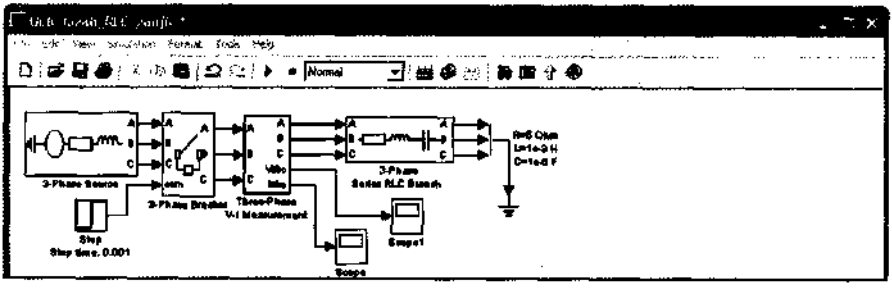
[Индуктивлик (Гн)]. Битта фазадаги индуктивликнинг қиймати. Индуктивликнинг қиймати нол берилса у пиктограммада акс этмайди.

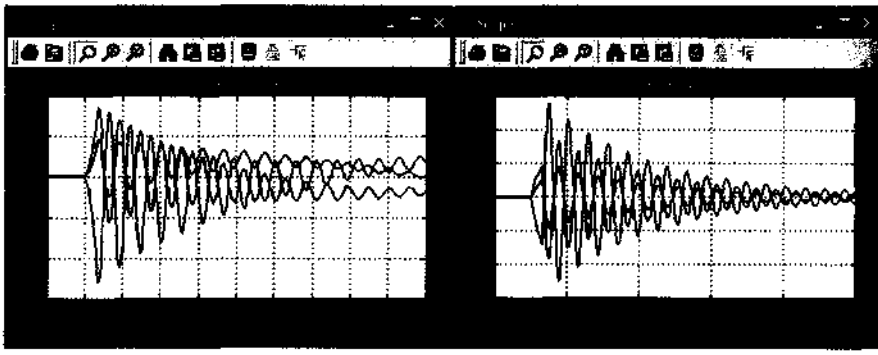
Capacitance C (F):

[Сиғим (Ф)]. Битта фазадаги сиғимнинг қиймати. Сиғимнинг қиймати inf (чексизлик) берилса у пиктограммада акс этмайди.

Мисол:

Уч фазали кетма-кет RLC-занжирнинг уч фазали кучланиш манбасига уланиш схемаси 14.5.5-расмда келтирилган. Уч фазали системадаги ток ва кучланишларни ўлчаш учун Three-Phase V-I Measurement блокидан фойдаланилган.

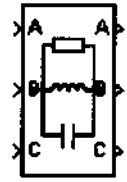




14.5.5-расм. Уч фазали кетма-кет RLC-занжирнинг уч фазали кучланиш манбасига уланиш схемаси

14.5.6. Уч фазали параллел RLC-занжир 3-Phase Parallel RLC Branch

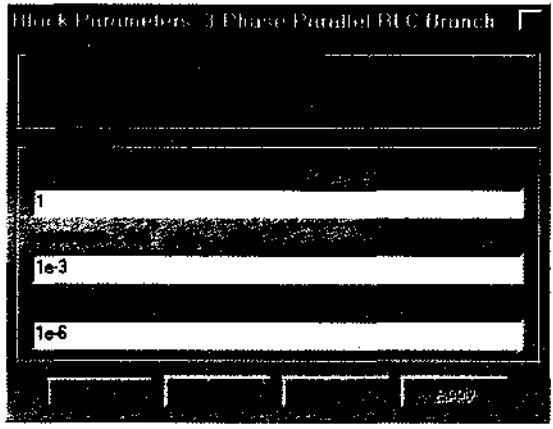
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Учта параллел RLC-занжирдан иборат уч фазали занжирни моделлайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Resistance R (Ohms):

[Қаршилик (Ом)]. Битта фазадаги актив қаршиликнинг қиймати. Резисторнинг қиймати нол берилса у пиктограммада акс этмайди.

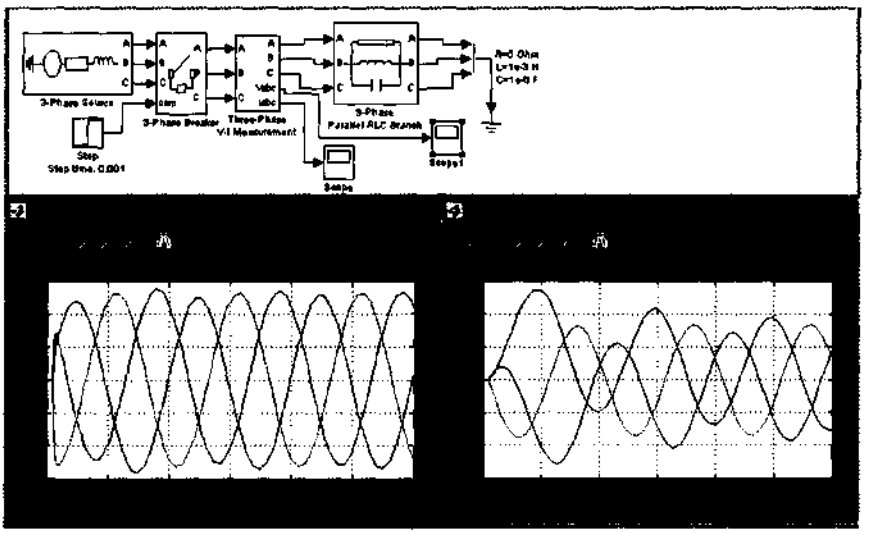
Inductance L (H):

[Индуктивлик (Гн)]. Битта фазадаги индуктивликнинг қиймати. Индуктивликнинг қиймати нол берилса у пиктограммада акс этмайди.

Capacitance C (F):

[Сиғим (Ф)]. Битта фазадаги сиғимнинг қиймати. Сиғимнинг қиймати inf (чексизлик) берилса у пиктограммада акс этмайди.

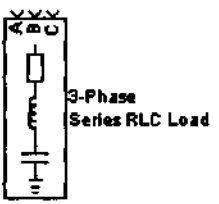
Мисол: Уч фазали параллел RLC-занжирнинг уч фазали кучланиш манбасига уланиш схемаси 14.1.5.6-расмда келтирилган. Уч фазали системадаги ток ва кучланишларни ўлчаш учун Three-Phase V-I Measurement блокидан фойдаланилган.



14.5.6-расм. Уч фазали параллел RLC-занжирнинг уч фазали кучланиш манбасига уланиш схемаси

14.5.7. Уч фазали кетма-кет RLC-юклама 3-Phase Series RLC Load

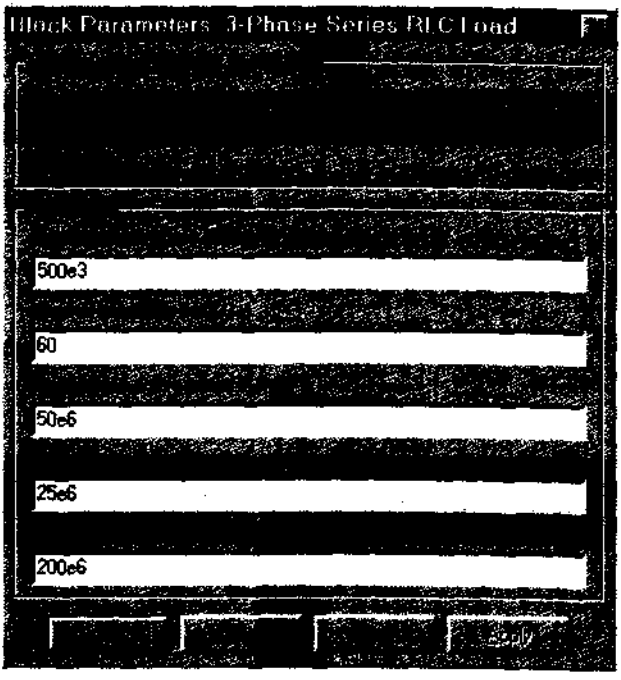
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Учта кетма-кет RLC-юкламадан иборат уч фазали занжирни моделлайди. Занжир нейтрали ерга уланган юлдуз схемаси бўйича уланади. Занжирнинг параметрлари номинал кучланиш ва частотада фазаларнинг қувватлари орқали берилади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Nominal phase-phase voltage Vn (Vrms):

[Номинал линия кучланиши (В)]. Элементларининг қувватларини аниқлашда фойдаланилган линия кучланишининг таъсир этувчи қиймати.

Nominal frequency fn (Hz):

[Номинал частота (Гц)]. Элементларининг қувватларини аниқлашда фойдаланилган частотанинг қиймати.

Three-Phase active power P (W):

[Учала фазанинг актив қуввати (Вт)].

Three-Phase inductive reactive power QL (positive var):

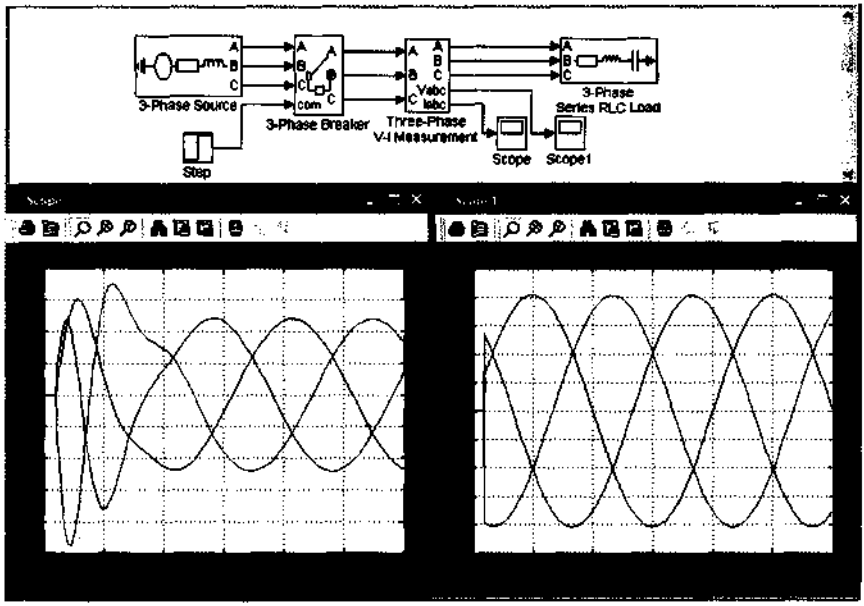
[Учала фаза индуктивликларининг реактив қуввати (Вар)]. Индуктивлик истеъмол қиладиган реактив қувват.

Three-Phase capacitive reactive power QC (negative var):

[Учала фаза сиғимларининг реактив қуввати (Вар)]. Сиғим берадиган реактив қувват. Графага ишораси ҳисобга олинмаган ҳолда қувватнинг абсолют қиймати киритилади.

Мисол:

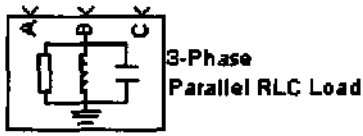
Уч фазали кетма-кет юклама занжиридан фойдаланишга мисол 14.5.7-расмда келтирилган.



14.5.7-расм. Уч фазали кетма-кет юклама занжир

14.5.8. Уч фазали параллел RLC-юклама 3-Phase Parallel RLC Load

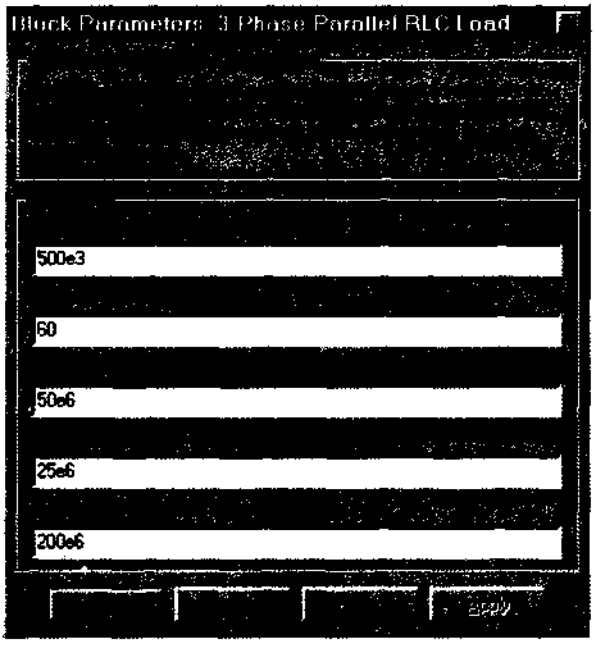
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Учта параллел RLC-юкламадан иборат уч фазали занжирни моделлайди. Занжир нейтрали ерга уланган юлдуз схемаси бўйича уланади. Занжирнинг параметрлари номинал кучланиш ва частотада фазаларнинг қувватлари орқали берилади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Nominal phase-phase voltage Vn (Vrms):

[Номинал линия кучланиши (В)]. Элементларининг қувватларини аниқлашда фойдаланилган линия кучланишининг таъсир этувчи қиймати.

Nominal frequency fn (Hz):

[Номинал частота (Гц)]. Элементларининг қувватларини аниқлашда фойдаланилган частотанинг қиймати.

Three-Phase active power P (W):

[Учала фазанинг актив қуввати (Вт)].

Three-Phase inductive reactive power QL (positive var):

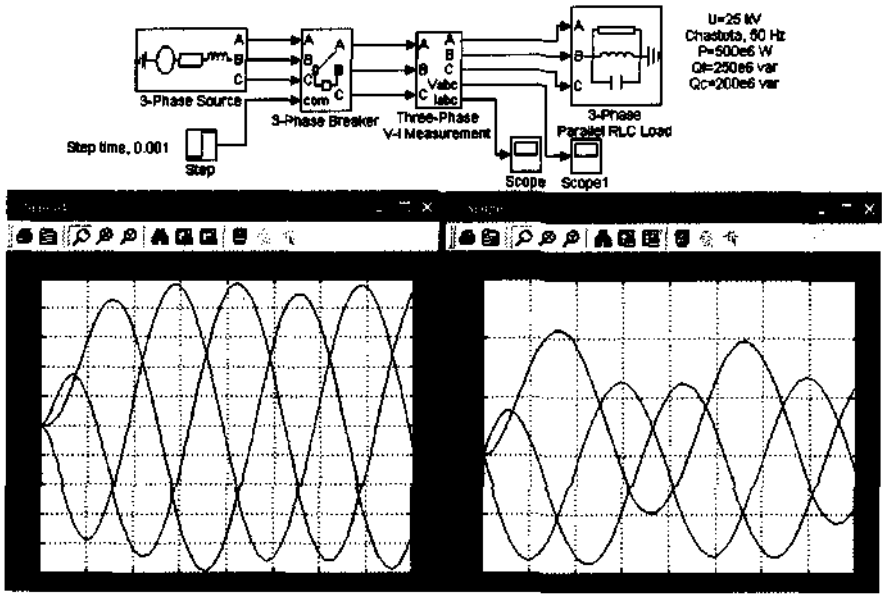
[Учала фаза индуктивликларининг реактив қуввати (Вар)]. Индуктивлик истеъмол қиладиган реактив қувват.

Three-Phase capacitive reactive power QC (negative var):

[Учала фаза сиғимларининг реактив қуввати (Вар)]. Сиғим берадиган реактив қувват. Графага ишораси ҳисобга олинмаган ҳолда қувватнинг абсолют қиймати киритилади.

Мисол:

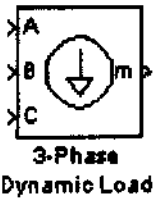
Уч фазали параллел юклама занжиридан фойдаланишга мисол 14.5.8-расмда келтирилган.



14.5.8-расм. Уч фазали параллел юкламали занжир

14.5.9. Уч фазали динамик юклама 3-Phase Dynamic Load

Пиктограммаси:



Вазифаси:

Уч фазали динамик юклама блоки уч фазали, уч симли динамик юкламани моделлайди. Динамик юкламанинг актив қуввати P ва реактив қуввати Q тўғри кетма-кетлик кучланишининг функцияси каби ўзгаради. Тескари ва нол кетма-кетлик токлари моделланмайди.

Юкламанинг тўла қаршилиги кучланиш берилган V_{min} қийматдан кичик бўлганда ўзгаришсиз қолади, катта бўлганда эса актив қувват P ва реактив қувват Q қуйидаги ифода бўйича ўзгаради:

$$P(s) = P_0\left(\frac{V}{V_0}\right)^{n_0}\frac{(1+T_{p1}s)}{(1+T_{p2}s)},$$

$$Q(s) = Q_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{n_0} \frac{(1 + T_{p1} s)}{(1 + T_{p2} s)},$$

бу ерда:

V_0 — бошланғич тўғри кетма-кетлик кучланиши;

P_0 ва Q_0 — актив ва реактив қувватларнинг V_0 кучланишдаги бошланғич қийматлари;

V — тўғри кетма-кетлик кучланиши;

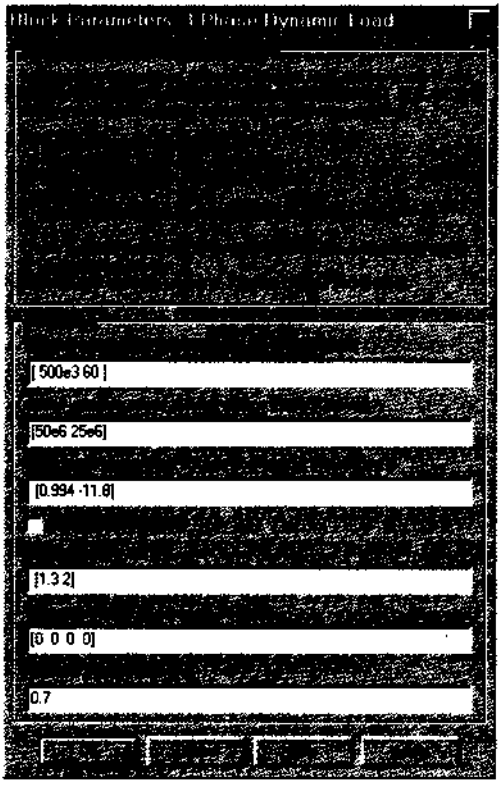
n_p ва n_q — юкламанинг хусусиятларини бошқарувчи даража кўрсаткичи (одатда 1 дан 3 гача);

T_{p1} ва T_{p2} — актив қувват динамикасини бошқарувчи вақт доимийси;

T_{q1} ва T_{q2} — реактив қувват динамикасини бошқарувчи вақт доимийси.

Масалан, ўзгармас катталикдаги ток юкламасини моделлаш учун n_p ва n_q бирга тенг олинади, юкламанинг ўзгармас катталикдаги тўла қаршилигини бериш учун n_p ва n_q иккига тенг бўлади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Nominal L-L voltage and frequency [Vn(Vrms) fn (Hz)]: [Номинал линия кучланиши ва частота].

Active & reactive power at initial voltage [Po(W) Qo(var)]:[Бошланғич кучланишдаги актив ва реактив қувватлар].

Initial positive-sequence voltage Vo [Mag(pu) Phase (deg.)]:[Бошланғич тўғри кетма-кетлик кучланиши]. Параметр кучланиш модулининг Mag ва унинг бошланғич фазаси Phase қийматларини ўз ичига олувчи вектор кўринишида берилади. Бошланғич кучланиш нисбий бирликларда (номинал кучланишга нисбатан) ва фаза электр градусларда киритилади.

External control of PQ:[Актив ва реактив қувватларни ташқи бошқариш]. Байроқча ўрнатилса блокнинг пиктограммасида қўшимча порт ҳосил бўлади, унга P ва Q ни бошқариш учун иккита элементдан иборат бўлган вектор сигнал берилади.

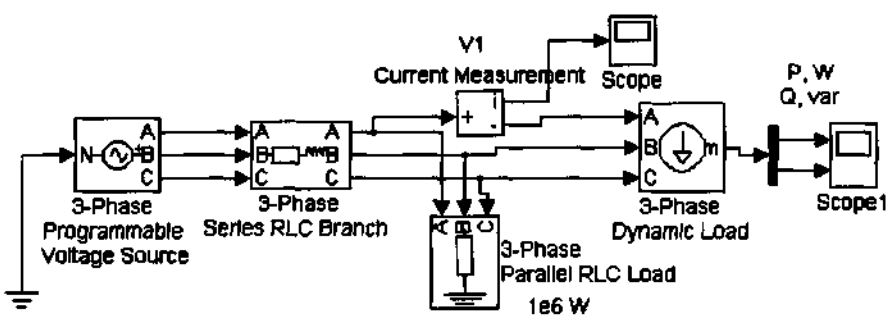
Parameters [np nq]:[Параметрлари n_p ва n_q]. Юклама хусусиятларини бошқарувчи даража кўрсаткичлари.

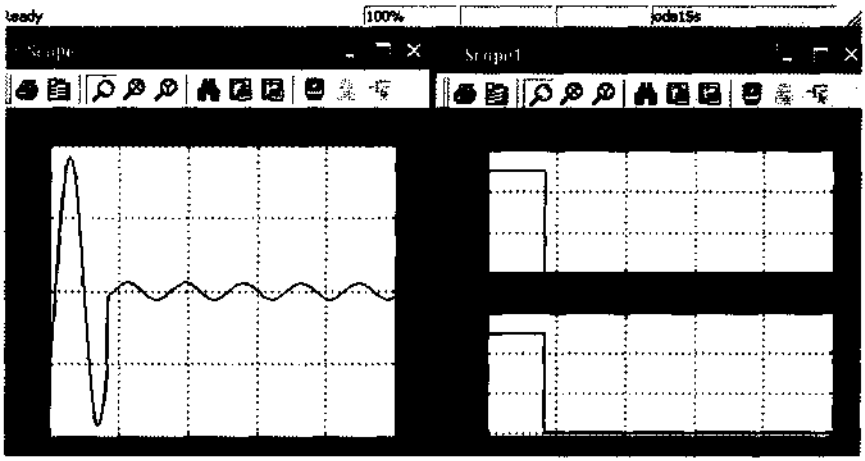
Time constants [Tp1 Tp2 Tq1 Tq2] (s):[Юкламанинг вақт доимийси].

Minimum voltage Vmin (pu):[Минимал кучланиш Vmin]. Параметр нисбий бирликларда берилади.

Мисол:

Уч фазали динамик юкламадан фойдаланишга мисол 14.5.9-расмда келтирилган. Уч фазали динамик юклама 3-Phase Dynamic Load ток манбаси асосида яратилганлиги сабабли, уни индуктив элементларга кетма-кет улаб бўлмайди. Шунинг учун динамик юкламага параллел кичик актив юклама (1 MW) уланган.





14.5.9-расм. Уч фазали динамик юкламадан фойдаланиш

14.5.10. Яшиндан ҳимояловчи разрядник Surge Arrester

Пиктограммаси:

Вазифаси:

Яшиндан ҳимояловчи разрядник (варистор) ночизиқли вольт-ампер характеристикали резистор бўлиб, энергетик жиҳозларни ўта кучланишлардан ҳимоя қилади. Конструктив жиҳатдан разрядник диэлектрик (фарфор) корпус ичига жойлаштирилган металлоксид дисклардан иборат. Варисторнинг ночизиқли характеристикаси қуйидаги экспоненциал функциянинг учта комбинацияси кўринишида аппроксимация қилинади:

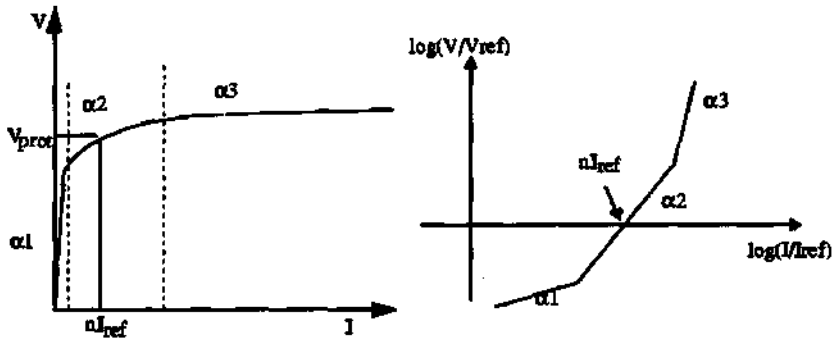
$$\left(\frac{V}{V_{ref}}\right) = K_i \left(\frac{I}{I_{ref}}\right)^{1/\alpha_i},$$

бу ерда V ва I — разрядникнинг кучланиши ва токи,

V_{ref} ва I_{ref} — разрядникнинг ҳимоя кучланиши ва ушбу кучланишдаги токи,

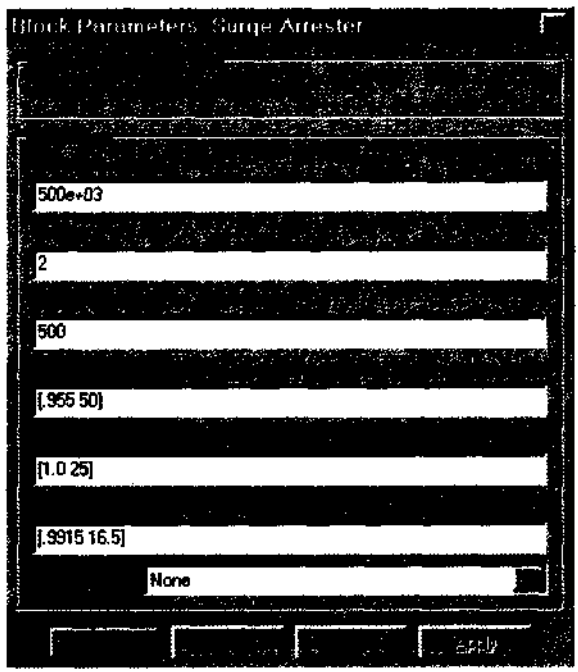
K_i ва α_i — ночизиқли боғланиш i-чи участкасининг параметрлари.

Разрядник вольт-ампер характеристикасининг графиклари 14.5.10.1-расмда оддий ва логарифмик масштабларда кўрсатилган.



14.5.10.1-расм. Разрядник вольт-ампер характеристикасининг графиклари

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:
Protection voltage Vref:
[Ҳимоя кучланиши].
Number of columns:
[Металлоксид дисклардаги устунлар сони].
Reference current per column Iref:
[Кучланиш Vref бўлганда битта устуннинг токи Vref].

Segment 1 characteristic:

[Вольт-ампер характеристика биринчи сегментининг K ва □ параметрлари].

Segment 2 characteristic:

[Вольт-ампер характеристика иккинчи сегментининг K ва □ параметрлари].

Segment 3 characteristic

[Вольт-ампер характеристика учинчи сегментининг K ва □ параметрлари].

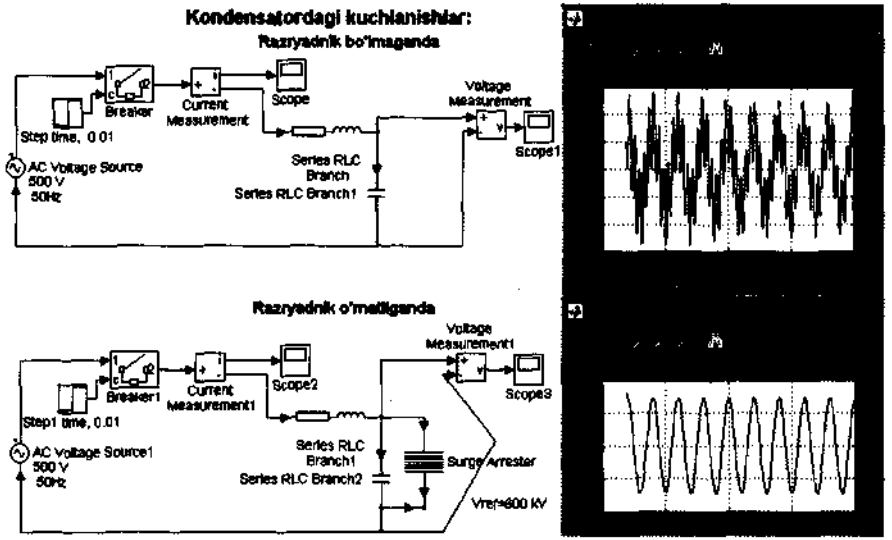
Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Ушбу параметрнинг кийматлари қуйидаги рўйхатдан олинади:

- None — акс эттириш учун ўзгарувчилар танланмаган;
- Branch voltage — элемент қисмаларидаги кучланиш;
- Branch current — Элементдан ўтаётган ток;
- Branch voltage and current — элементдаги кучланиш ва ток.

Мисол:

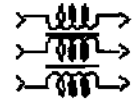
Surge Arrester блокидан фойдаланишга мисол 14.5.10.2-расмда келтирилган. Схемада 500кВли линиянинг реал параметрлари олинган, яъни $L=0.3$Гн, $C=0.00000125$Ф, $\omega=314$, $\varphi=90°$. Схема ишга туширилгандан 0,01с кейин калит Breaker уланади ва конденсаторда ўта кучланиш юзага келади. Surge Arrester блоки (разрядник) кучланишнинг хавфли даражада ортиб кетишининг олдини олади.



14.5.10.2-расм. Surge Arrester блокидан фойдаланишга мисол

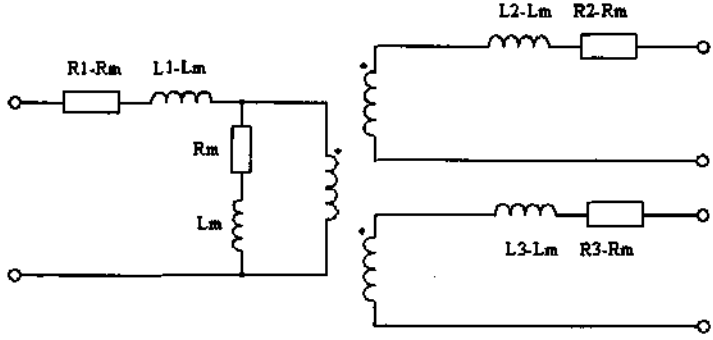
14.5.11. Ўзаро индуктивлик Mutual Inductance

Пиктограммаси:



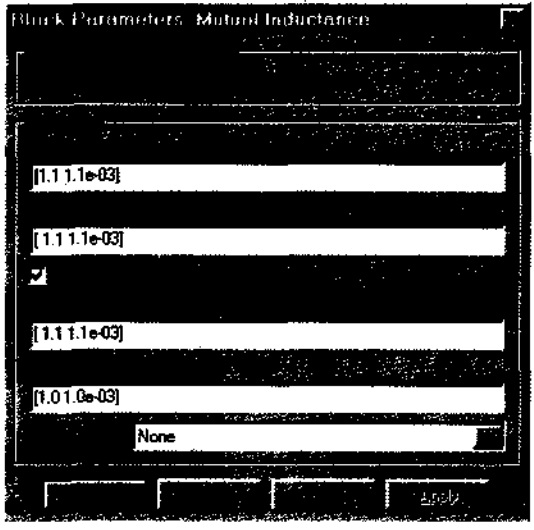
Вазифаси:

Ўзаро индуктивлик блоки магнит боғланишга эга бўлган ғалтак ва ўтказгичларни моделлаш учун хизмат қилади. Ўзаро индуктивлик моделининг схемаси 14.5.11.1-расмда кўрсатилган.



14.5.11.1-расм. Ўзаро индуктивлик моделининг схемаси

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Winding 1 self impedance [R1(Ohm) L1(H)]:

[Биринчи чўлғамнинг хусусий қаршилиги ва индуктивлиги].

Three windings Mutual Inductance:

[Уч чўлғамли ўзаро индуктивлик]. Байроқча белгиланмаса моделдан учинчи чўлғам олиб ташланади.

Winding 2 self impedance [R2(Ohm) L2(H)]:

[Иккинчи чўлғамнинг хусусий қаршилиги ва индуктивлиги].

Winding 3 self impedance [R3(Ohm) L3(H)]:

[Учинчи чўлғамнинг хусусий қаршилиги ва индуктивлиги].

Mutual impedance [Rm(Ohm) Lm(H)]:

[Чўлғамларнинг ўзаро қаршилиги ва индуктивлиги].

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — акс эттириш учун ўзгарувчилар танланмаган;
- Winding voltages — чўлғамларнинг кучланишлари;
- Winding currents — чўлғамларнинг токлари;
- Winding voltages and currents — чўлғамларнинг кучланишлари ва токлари.

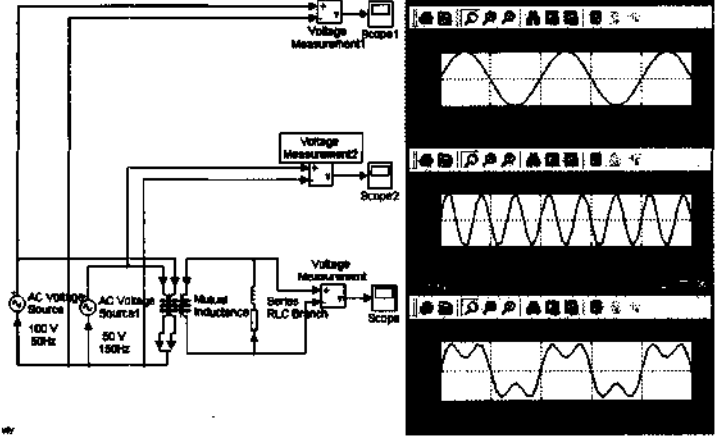
Чўлғамларнинг киритиладиган параметрлари қуйидаги чекланишларни қониқтириши керак (14.5.11.1-расмга қаранг):

$R1, R2, R3 \neq Rm$,

$L1, L2, L3 \neq Lm$.

Мисол:

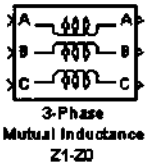
Ўзаро индуктивлик блокидан фойдаланишга мисол 14.5.11.2-расмда келтирилган.



14.5.11.2-расм. Ўзаро индуктивлик блокидан фойдаланишга мисол

14.5.12. Уч фазали ўзаро индуктивлик
3-Phase Mutual Inductance Z1-Z0

Пиктограммаси:



Вазифаси:

Блок фазалар орасида индуктив боғланишга эга бўлган уч фазали занжирни моделлаш учун мўлжалланган. Уч фазали ўзаро индуктивлик моделининг асоси сифатида уч чўлғамли Mutual Inductance блоки ишлатилади. Ўзаро индуктивлик блокининг параметрлари, уч фазали ўзаро индуктивлик учун берилган тўғри ва тескари кетма-кетлик параметрлари бўйича, қуйидаги ифодаларга асосан ҳисобланади:

$R_s=(2R_1+R_0)/3$,

$L_s=(2L_1+L_0)/3$,

$R_m=(R_0-R_1)/3$,

$L_m=(L_0-L_1)/3$,

бу ерда

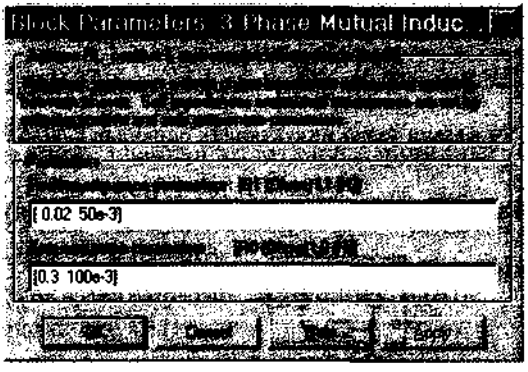
R_0 ва R_1 — уч фазали ўзаро индуктивлик блокининг нол ва тўғри кетма-кетлик қаршиликлари,

L_0 ва L_1 — уч фазали ўзаро индуктивлик блокининг нол ва тўғри кетма-кетлик индуктивликлари,

R_s ва R_m — ўзаро индуктивлик блоки ҳар бир чўлғамининг хусусий қаршилиги ва ўзаро қаршилиги,

L_s ва L_m — ўзаро индуктивлик блоки ҳар бир чўлғамининг хусусий индуктивлиги ва ўзаро индуктивлиги.

Параметрларини бериш ойнаси:



Параметрлари:

Positive-sequence parameters [R1 (Ohms) L1 (H)]:

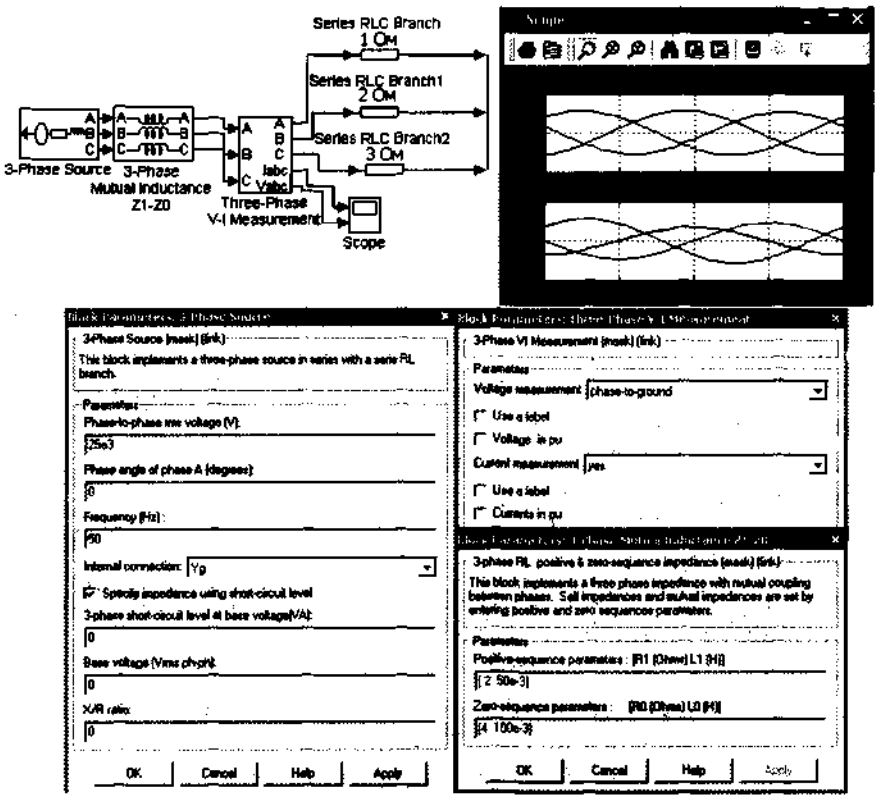
[Тўғри кетма-кетлик параметрлари]. Тўғри кетма-кетлик қаршилиги ва индуктивлиги.

Zero-sequence parameters [R0 (Ohms) L0 (H)]:

[Нол кетма-кетлик параметрлари]. Нол кетма-кетлик қаршилиги ва индуктивлиги.

Мисол:

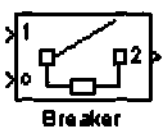
Уч фазали ўзаро индуктивлик блокидан фойдаланишга мисол 14.5.12-расмда келтирилган.



14.5.12-расм. Уч фазали ўзаро индуктивлик блокидан фойдаланишга мисол

14.5.13. Ўзгарувчан ток виключатели (ўчиргичи) Breaker

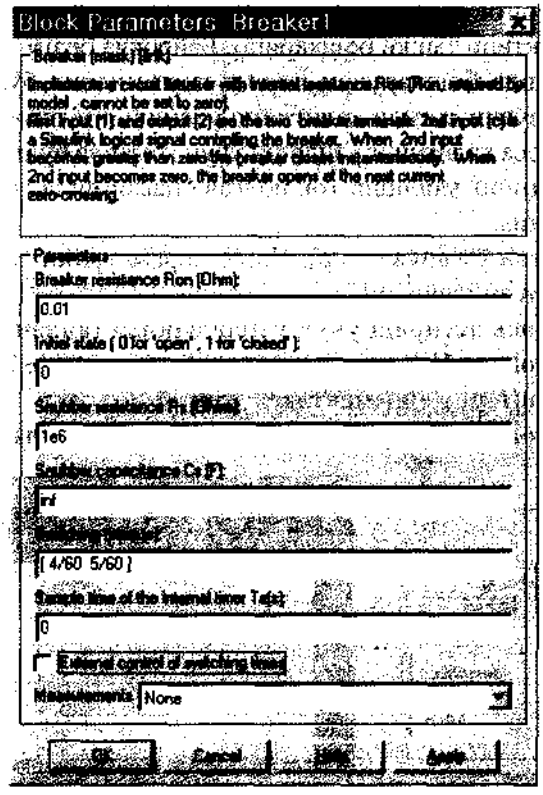
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Ўзгарувчан токни улаб-узиш қурилмасини моделлайди. Виключателни ташқи сигнал ёки бириктирилган таймер ёрдамида бошқариш мумкин. Қурилмани улаш бирлик бошқариш сигнали воситасида бажарилади. Узиш учун команда нол сатҳли сигнал ёрдамида берилади. Бунда қурилма ток нолгача пасайганда узилади. Қурилма виключателнинг контактларига параллел уланган учқун (ёй) сўндирувчи RC-занжирга эга.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Breaker resistance Ron(Ohm):

[Виключателнинг уланган ҳолатдаги қаршилиги (Ом)].

Initial state (0 for 'open',1 for 'closed')

[Виключателнинг бошланғич ҳолати (0 — узилган, 1 — уланган)].

Snubber resistance Rs(Ohm):

[Ёй сўндирувчи занжирнинг қаршилиги (Ом)].

Snubber capacitance Cs(F):

[Ёй сўндирувчи занжирнинг сиғими (Ф)].

Switching times (s):

[Виключателнинг ишлаш вақти]. Параметр виключателнинг ишлаш вақтларини аниқловчи вектор сифатида берилади. Масалан, узилган бошланғич ҳолатда [0.005 0.01 0.02 0.03] вектор билан берилган параметр калит 0.005с ва 0.02с вақт моментларида уланишини ҳамда 0.01с ва 0.03с вақт моментларида узилишини билдиради.

Sample time of the internal timer Ts (s):

[Бириктирилган таймернинг дискретланиш қадами].

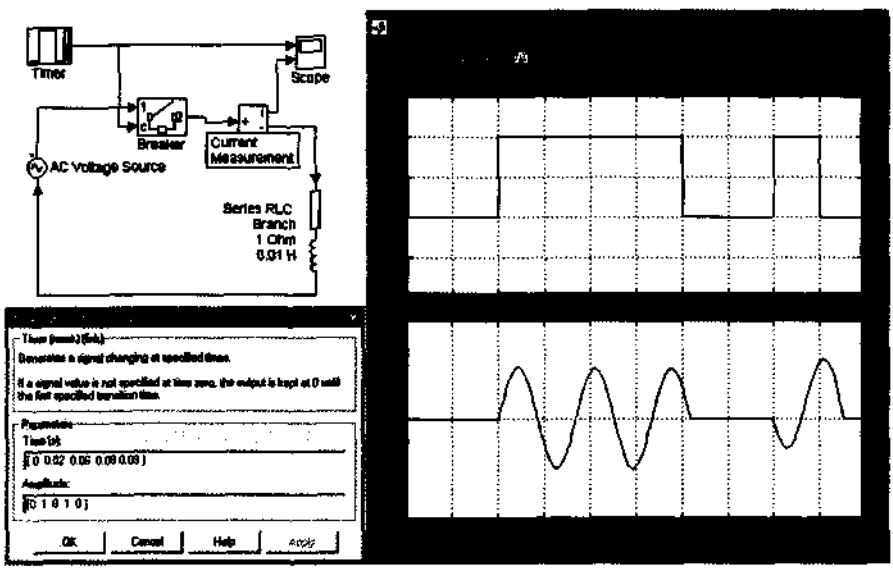
External control of switching times:

[Ишлаш вақтини ташқи бошқариш]. Байроқча белгиланса блокнинг пиктограммасида бошқарувчи кириш порти ҳосил бўлади. Бирлик сатҳли бошқарувчи сигнал калитнинг уланишини таъминлайди. Нол сатҳли сигнал эса калитнинг узилиши учун команда бўлиб ҳисобланади ва бунда калитнинг узилиши ток нолгача пасайганда содир бўлади.

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — аск эттириш учун ўзгарувчилар танланмайди;
- Branch voltage Voltage- Элемент қисмаларидаги кучланиш;
- Branch current — элементдаги ток;
- Branch voltage and current — Элементдаги кучланиш ва ток.



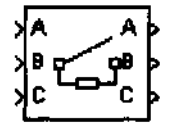
14.5.13-расм. Breaker элементи ёрдамида актив-индуктив юкламани ўзгарувчан кучланиш манбасига улаш схема

Мисол:

Breaker элементи ёрдамида актив-индуктив юкламани ўзгарувчан кучланиш манбасига улаш схемаси 14.5.13-расмда кўрсатилан. Расмдаги диаграммадан Breaker элементи занжирдаги ток нолгача пасайгандагина узилишини кўриш мумкин.

14.5.14. Уч фазали ўзгарувчан ток виключатели 3-Phase Breaker

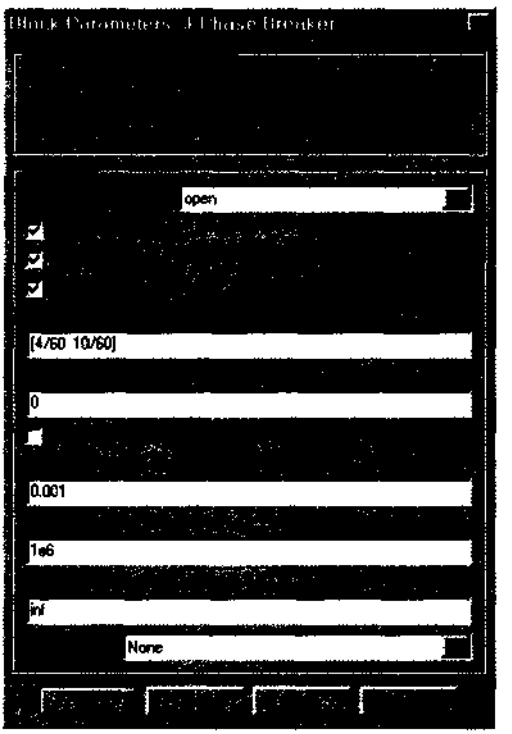
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Ўзгарувчан токни узадиган уч фазали курилмани моделлайди. Битта сигнал билан бошқариладиган учта Breaker блокидан тащкил топган.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Initial status of breakers:

[Калитнинг бошланғич ҳолати]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:

- open — ҳамма калитлар очиқ;
- closed — ҳамма калитлар ёпиқ.

Switching of phase A:

[А фазадаги калитни бошқариш]. Байроқча белгиланмаган бўлса калит бошқарилмайди. Калитнинг ҳолати Initial status of breakers параметри билан аниқланади.

Switching of phase B:

[В фазадаги калитни бошқариш]. Байроқча белгиланмаган бўлса калит бошқарилмайди. Калитнинг ҳолати Initial status of breakers параметри билан аниқланади.

Switching of phase C:

[С фазадаги калитни бошқариш]. Байроқча белгиланмаган бўлса калит бошқарилмайди. Калитнинг ҳолати Initial status of breakers параметри билан аниқланади.

Transition times (s):

[Виключателнинг ишлаш вақти]. Параметр виключателнинг ишлаш вақтларини аниқловчи вектор кўринишида берилади.

Sample time of the internal timer Ts (s):

[Бириктирилган таймернинг дискретланиш қадами].

External control of switching times:

[Ишлаш вақтини ташқи бошқариш]. Байроқча белгиланса блокнинг пиктограммасида бошқарувчи кириш порти ҳосил бўлади. Бирлик сатҳли бошқарувчи сигнал калитнинг уланишини таъминлайди. Нол сатҳли сигнал эса калитнинг узилиши учун команда бўлиб ҳисобланади ва бунда калитнинг узилиши ток нолгача пасайганда содир бўлади.

Breaker resistance Ron(Ohm):

[Виключателнинг уланган ҳолатдаги қаршилиги (Ом)].

Initial state (0 for 'open', 1 for'closed'):

[Виключателнинг бошланғич ҳолати (0 — узилган, 1 — уланган)].

Snubber resistance Rs(Ohm):

[Учқун сўндирувчи занжирнинг қаршилиги (Ом)].

Snubber capacitance Cs(F):

[Учқун сўндирувчи занжирнинг сиғими (Ф)].

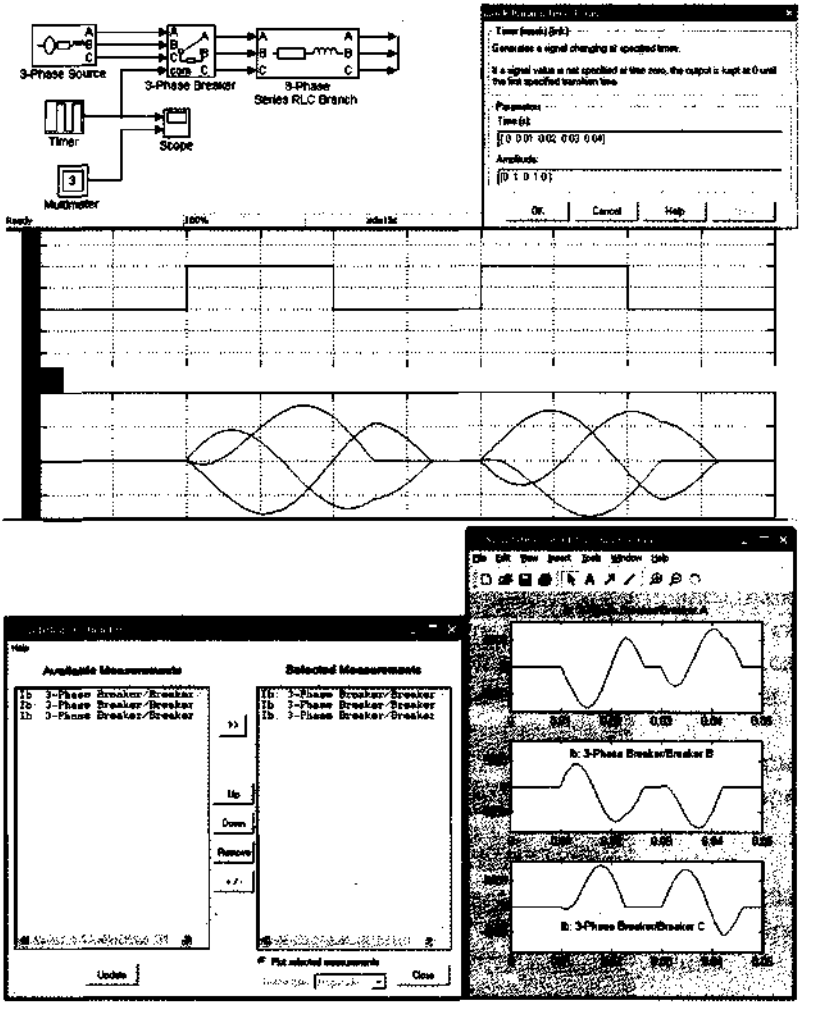
Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — аск эттириш учун ўзгарувчилар танланмайди;
- Branch voltage Voltage- Элемент қисмаларидаги кучланиш;
- Branch current — элементдаги ток;
- Branch voltage and current — Элементдаги кучланиш ва ток.

Мисол:

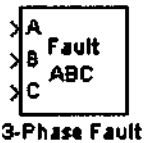
Уч фазали виключателдан фойдаланишга мисол 14.5.14-расмда келтирилган. Виключател Timer блоки ёрдамида бошқарилади. Multimetr блоки фаза токларини ўлчашни амалга оширади.

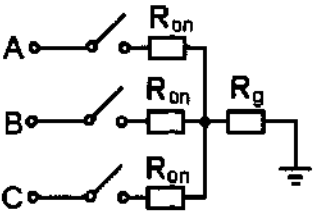


14.5.14-расм. Уч фазали виключателдан фойдаланишга мисол

14.5.15. Уч фазали қисқа туташтиргич 3-Phase Fault

Пиктограммаси:



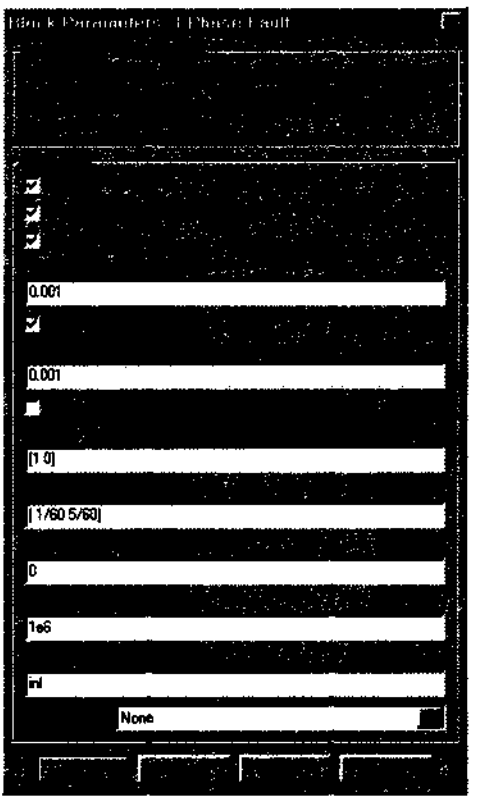


14.5.15.1-расм. Қисқа туташтиргичнинг схемаси

Вазифаси:

Фазаларни ўзаро ва ерга туташтирувчи қурилмани моделлайди. Қисқа туташтиргичнинг схемаси 14.5.15.1-расмда келтирилган. Агар блок параметрларининг ойнасида берилмаган бўлса ерга улаш қаршилиги R_g нинг қиймати узилган ҳолат учун 10^6 Ом га тенг қилиб ўрнатилади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Phase A Fault:

[A фазадаги калитни бошқариш]. Байроқча белгиланмаган бўлса калит бошқарилмайди. Калитнинг ҳолати, агар блок бириктирилган таймердан бошқарилаётган бўлса Transition status параметри билан ёки ташқи сигнал билан бошқарилаётган бўлса Initial statusof fault параметри билан аниқланади.

Phase B Fault:

[B фазадаги калитни бошқариш]. Байроқча белгиланмаган бўлса калит бошқарилмайди. Калитнинг ҳолати, агар блок бириктирилган таймердан бошқарилаётган бўлса Transition status параметри билан ёки ташқи сигнал билан бошқарилаётган бўлса Initial statusof fault параметри билан аниқланади.

Phase C Fault:

[C фазадаги калитни бошқариш]. Байроқча белгиланмаган бўлса калит бошқарилмайди. Калитнинг ҳолати, агар блок бириктирилган таймердан бошқарилаётган бўлса Transition status параметри билан ёки ташқи сигнал билан бошқарилаётган бўлса Initial statusof fault параметри билан аниқланади.

Fault resistance Ron(Ohm):

[Калитларнинг уланган ҳолатдаги қаршилиги (Ом)].

Ground Fault:

[Ерга туташув]. Байроқча белгиланган бўлса ерга туташув ҳосил қилинади.

Ground resistance Rg(Ohm):

[Ерга туташтиргичнинг қаршилиги (Ом)]. Унинг қиймати нолга тенг бўлмаслиги керак.

External control of switching times:

[Ишлаш вақтини ташқи бошқариш]. Байроқча белгиланса блокнинг пиктограммасида бошқарувчи кириш порти ҳосил бўлади. Бирлик сатҳли бошқарувчи сигнал калитнинг уланишини таъминлайди. Нол сатҳли сигнал эса калитнинг узилиши учун команда бўлиб ҳисобланади.

Transition status [1 0 1...]:

[Калитларнинг ҳолати]. Transition times вектори билан берилади (0 — калит узилган, 1 — калит уланган). Параметр блок бириктирилган таймер ёрдамида бошқарилганда ўринли.

Transition times (s):

[Калитнинг ишлаш вақти]. Параметр калитнинг ишлаш моментларини аниқловчи вақт қийматларининг вектори кўринишида берилади. Параметр блок бириктирилган таймер ёрдамида бошқарилганда ўринли.

Sample time of the internal timer Ts (s):

[Бириктирилган таймернинг дискретланиш вақти].

Initial status of fault [Phase A Phase BPhase C]:

[Калитларнинг бошланғич ҳолати]. Параметр бошланғич вақт моментида калитларнинг ҳолатини аниқловчи учта элементдан иборат вектор кўринишида берилади. Элементнинг қиймати 1 бўлса уланган ва 0 бўлса узилган бошланғич ҳолатга мос бўлади. Параметр қурилмани ташқи бошқаришда ўринли.

Snubbers resistance Rs(Ohm):

[Учқун сўндирувчи занжирнинг қаршилиги (Ом)].

Snubbers capacitance Cs(F):

[Учқун сўндирувчи занжирнинг сиғими (Ф)].

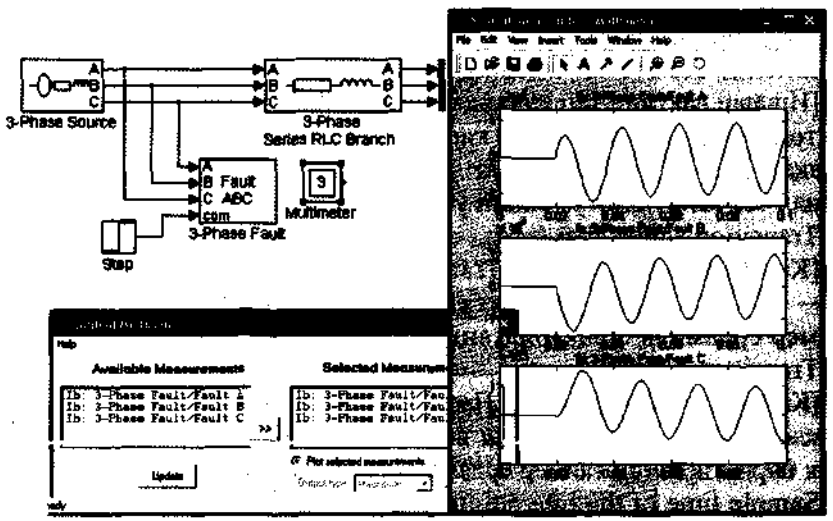
Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — аск эттириш учун ўзгарувчилар танланмайди;
- Branch voltage Voltage- қисқа туташтиргичнинг кириш қисмаларидаги кучланиш;
- Branch current — қисқа туташтиргичнинг токлари;
- Branch voltage and current — қисқа туташтиргичнинг кучланишлари ва токлари.

Мисол:

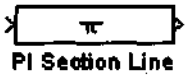
Уч фазали қисқа туташтиргичдан фойдаланишга мисол 14.5.15.2-расмда келтирилган. Вақтнинг 0.02с моментида фазалар ўртасида қисқа туташув ҳосил қилинади. Қурилмани бошқариш Step блоки ёрдамида амалга оширилади. Фаза токлари Multimetr блоки ёрдамида ўлчанади.



14.5.15.2-расм. Уч фазали қисқа туташтиргичдан фойдаланишга мисол

14.5.16. Параметрлари жамланган электр узатиш линияси PI Section Line

Пиктограммаси:



Вазифаси:

Параметрлари жамланган бир фазали электр узатиш линиясини моделлайди. Реал электр узатиш линияларида қаршиликлар, индуктивлик ва сиғим линия бўйлаб бир текис тақсимланган бўлади. Линиянинг тақрибий модели (14.5.16.1-расм) бир ёки бир неча параметрлари тўпланган бир хил секциялардан иборат бўлади. Секциялар сони моделлашда қамраб олиш зарур бўлган частоталар диапазонига боғлиқ. Секциялар сонини тахминан қуйидаги ифодага асосан аниқлаш мумкин:

$$f_{max} = \frac{Nv}{8l},$$

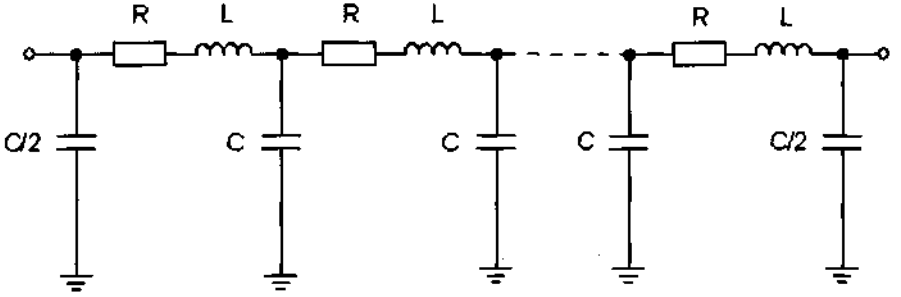
бу ерда

f_{max} — максимал частота,

$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, — тарқалиш тезлиги км/с ларда, индуктивлик Гн/км ва сиғим Ф/км ларда,

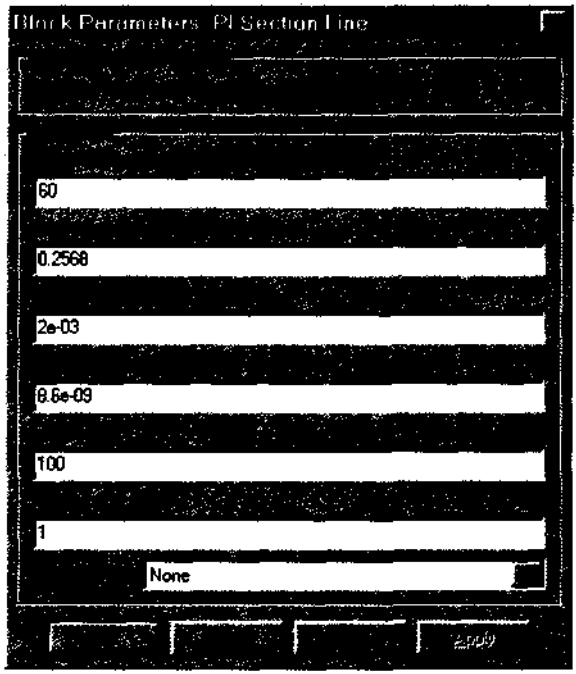
l — линиянинг узунлиги, км,

N – секциялар сони.



14.5.16.1-расм. Параметрлари жамланган бир фазали электр узатиш линиясининг тақрибий модели

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Frequency used for R L C specification (Hz):

[Линиянинг ишчи частотаси (Гц)].

Resistance per unit length (Ohm/km):

[1 км узунликдаги линиянинг қаршилиги (Ом/км)].

Inductance per unit length (H/km):

[1 км узунликдаги линиянинг индуктивлиги (Гн/км)].

Capacitance per unit length (F/km):

[1 км узунликдаги линиянинг сиғими (Ф/км)].

Length (km):

[Линиянинг узунлиги (км)].

Number of pi sections:

[Линиядаги секциялар сони].

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:

None — ўлчанадиган ўзгарувчилар йўқ;

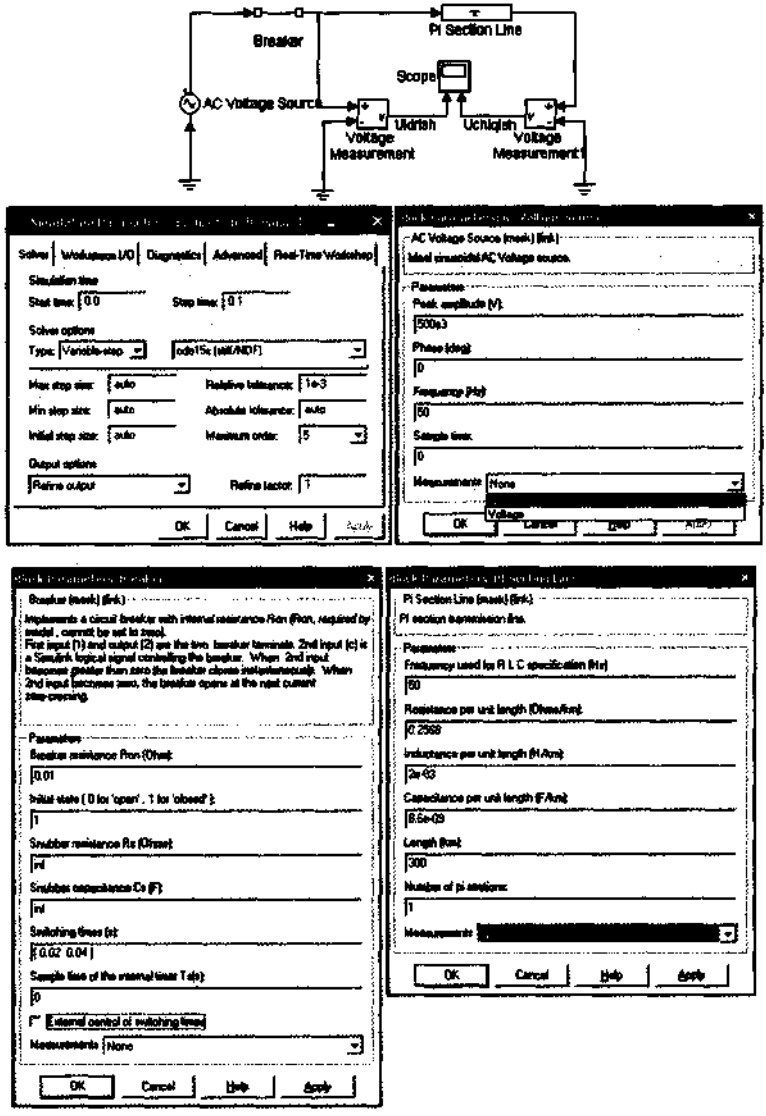
Input and output voltages — кириш ва чиқиш кучланишлари;

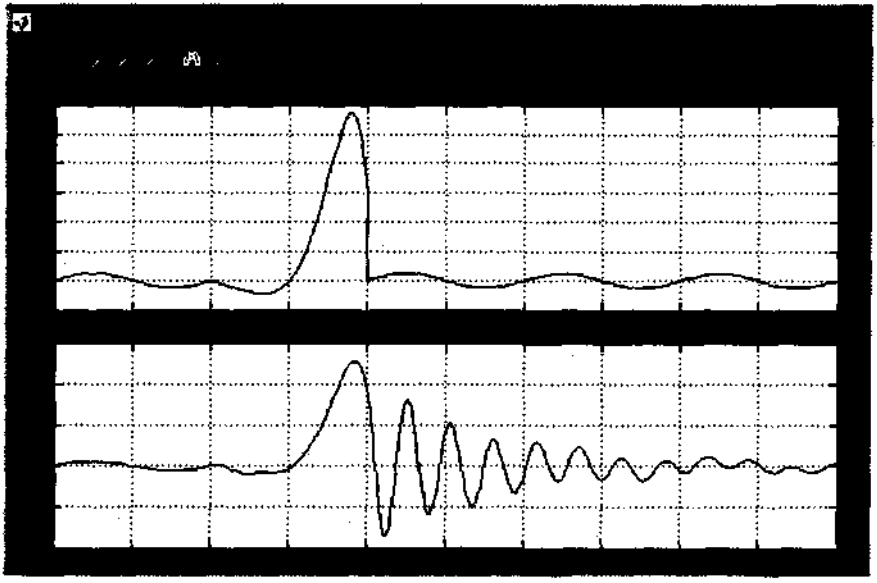
Input and output currents- кириш ва чиқиш токлари;

All voltages and currents — ҳамма кучланиш ва токлар.

Мисол:

Кучланиши 500 кВ ва узунлиги 300км бўлган электр узатиш линиясини манбага улаш ва узиш жараёнларини моделловчи схема 14.5.16.2- расмда кўрсатилган. Схемадаги виключател (Breaker) 0,02с га тенг бўлган вақт моментида уланади ва 0,04с га тенг бўлган вақт моментида узилади. Осциллограммалардан линияда содир бўладиган коммутация (ички) ўтакучланишларни кўриш мумкин.

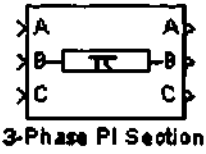




14.5.16.2-расм. Кучланиши 500 кВ ва узунлиги 300км бўлган электр узатиш линиясини манбага улаш ва узиш жараёнларини моделловчи схема

14.5.17. Параметрлари жамланган уч фазали электр узатиш линияси 3-Phase PI Section Line

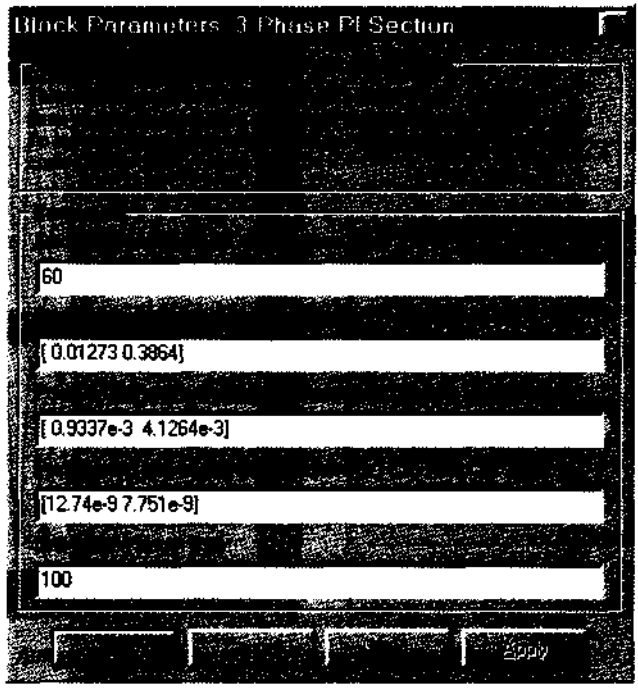
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Параметрлари жамланган уч фазали электр узатиш линиясини линия фазаларининг ўзаро индуктивлигини ҳисобга олган ҳолда моделлайди. Модел битта секциядан иборат. Бир неча секциядан иборат моделни ҳосил қилиш учун керакли миқдордаги блоклар кетма-кет уланади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Frequency used for R L C specification (Hz):

[Линиянинг ишчи частотаси (Гц)].

Positive- and zero-sequence resistances [R1 (Ohms/km) R0 (Ohms/km)]:

[1 км узунликдаги линиянинг тўғри ва нол кетма-кетлик қаршилиги (Ом/км)]. Параметр вектор кўринишида берилади.

Positive- and zero-sequence inductances [L1(H/km) L0 (H/km)]:

[1 км узунликдаги линиянинг тўғри ва нол кетма-кетлик индуктивлиги (Гн/км)]. Параметр вектор кўринишида берилади.

Positive- and zero-sequence capacitances [C1(F/km) C0(F/km)]:

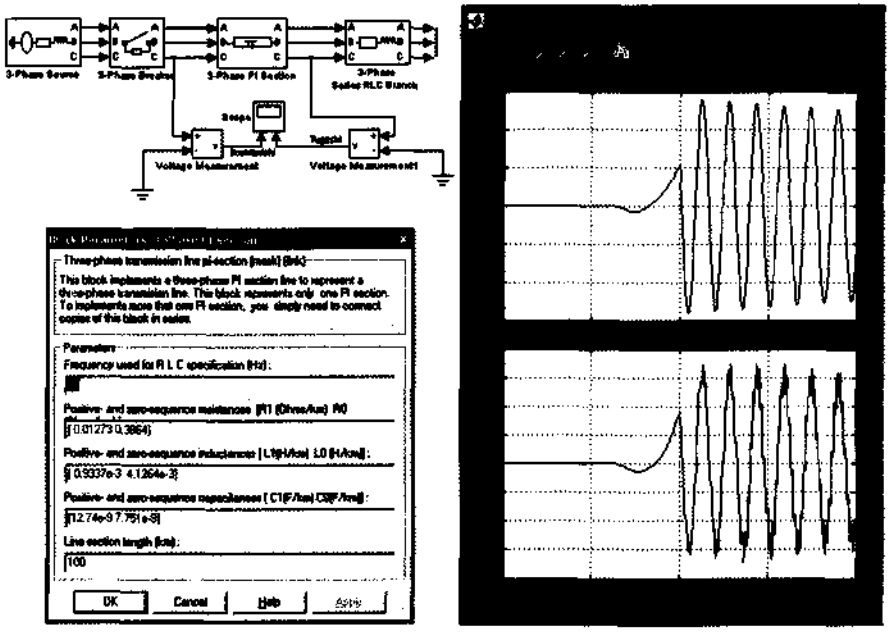
[1 км узунликдаги линиянинг тўғри ва нол кетма–кетлик сиғимлари (Ф/км)]. Параметр вектор кўринишида берилади.

Line section length (km):

[Линиянинг узунлиги (км)].

Мисол:

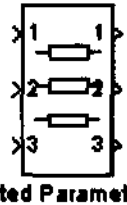
Узунлиги 100 км бўлган уч фазали линияни манбага улаш ва манбадан узиш жараёнларини моделловчи схема 14.5.17-расмда келтирилган.



14.5.17-расм. Узуниги 100 км бўлган уч фазали линияни манбага улаш ва манбадан узиш жараёнларини моделловчи схема

14.5.18. Параметрлари тақсимланган электр узатиш линияси Distributed Parameters Line

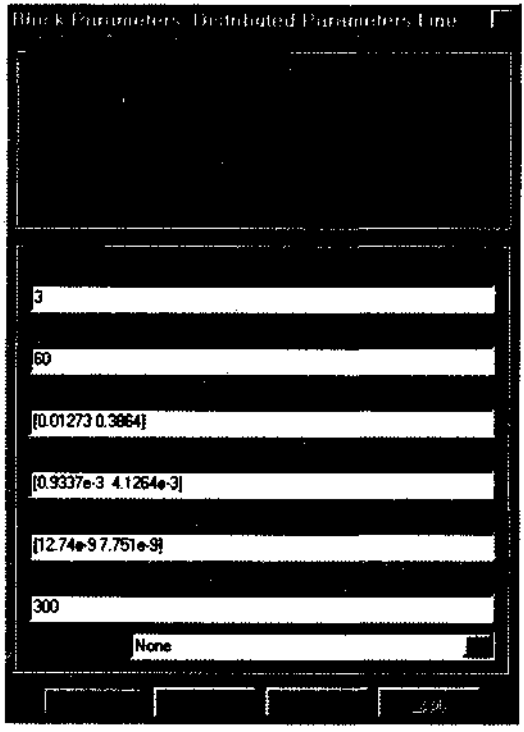
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Параметрлари тақсимланган кўп фазали электр узатиш линиясини моделлайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Number of phases N:

[Фазалар сони].

Frequency used for R L C specification (Hz):

[Линиянинг ишчи частотаси (Гц)].

|Resistance per unit length (Ohms/km) [N*N matrix] or [R1 R R0m]:

[Узунлиги 1 км линиянинг қаршилиги (Ом/км)].

Inductance per unit length (H/km) [N*N matrix] or [L1 L0 L0m].

[Узунлиги 1 км линиянинг индуктивлиги (Гн/км)].

Capacitance per unit length (F/km) [N*N matrix] or [C1 C0 C0m]:

[Узунлиги 1 км линиянинг сиғими (Ф/км)]:

Line length (km):

[Линиянинг узунлиги (км)].

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

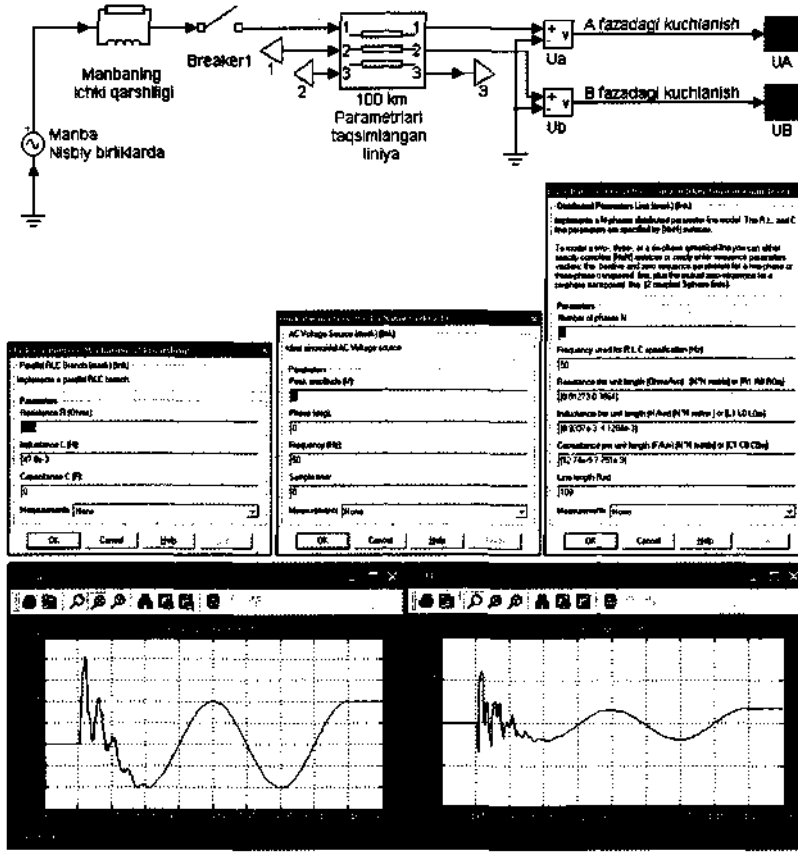
None — ўлчаш учун ўзгарувчилар йўқ;

Phase-to-ground voltages — линиянинг кириш ва чиқишидаги ерга нисбатан кучланишлар.

Икки, уч ёки олти фазали симметрик линияни моделлаш учун линиянинг параметрларини NxN (N — фазалар сони) ўлчамли матрица кўринишида ёки тўғри кетма-кетлик параметрларини бериш керак. Икки ёки уч фазали транспонирланган линия учун тўғри ва нол кетма-кетлик параметрларини киритиш мумкин. Олти фазали транспонирланган линия учун қўшимча равишда нол кетма-кетлик параметрларини (ўзаро қаршилик, индуктивлик ва сиғим) киритиш зарур. Носимметрик линияни моделлаш учун NxN ўлчамли параметрлар матрицаси берилади.

Мисол:

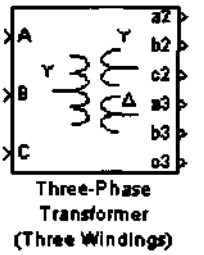
Узунлиги 100км ва кучланиши 750 кВ бўлган юкламасиз электр узатиш линиясини манбага улаб узиш жараёнларини моделловчи схема 14.5.18-расмда кўрсатилган. Схемадаги виключател 0.005 секундга тенг бўлган вақт моментида уланади ва 0.04 секундга тенг бўлган вақт моментида узилади.



14.5.18-расм. Узунлиги 100км ва кучланиши 750 кВ бўлган юкламасиз электр узатиш линиясини манбага улаб узиш жараёнларини моделловчи схема

14.5.19. Уч фазали уч чўлғамли трансформатор Three-phase Transformer (Three Windings)

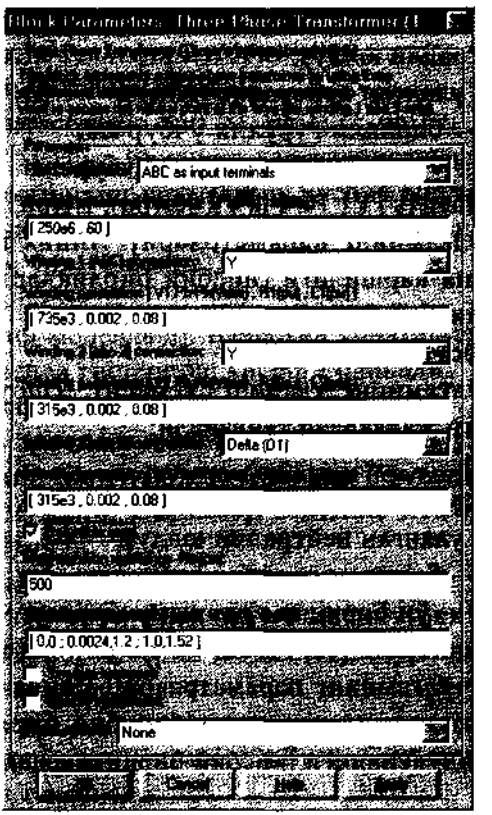
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Уч фазали уч чўлғамли трансформаторни моделлайди. Модел учта бир фазали трансформаторлардан ташкил топган. Моделда магнит ўзакнинг ночизиқли магнитланиш характеристикасини ҳисобга олиш мумкин.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Port configuration:

[Портлар конфигурацияси]. Параметр блокдаги портларнинг турини (кириш ёки чиқиш) ўзгартириш имкониятини беради. Параметрнинг қиймати қуйидагича танланади:

- ABC as input terminals — бирламчи чўлғамнинг қисмалари (A, B и C) кириш ва иккиламчи чўлғамнинг қисмалари (abc) чиқиш бўлади;
- ABC as output terminals — бирламчи чўлғамнинг қисмалари (A, B и C) чиқиш ва иккиламчи чўлғамнинг қисмалари (abc) кириш бўлади.

Nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)]:

[Трансформаторнинг номинал қуввати (ВА) ва частотаси (Гц)].

Winding 1 (ABC) connection:

[Бирламчи чўлғамнинг уланиш схемаси]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидагича танланади:

- Y — юлдуз;
- Yn — нейтралли юлдуз;
- Yg — ерга уланган нейтралли юлдуз;
- Delta(D1) — биринчи гуруҳли учбурчак;
- Delta(D11) — ўн биринчи гуруҳли учбурчак.

Winding parameters [V1 Ph-Ph(V), R1(pu), L1(pu)]:

[Биринчи чўлғамнинг параметрлари]. Линия кучланиши (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (нисбий бирликларда), чўлғамнинг индуктивлиги (нисбий бирликларда).

Winding 2 (abc) connection:

[Иккинчи чўлғамнинг уланиш схемаси]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги жадвалдан танланади:

- Y — юлдуз;
- Yn — нейтралли юлдуз;
- Yg — ерга уланган нейтралли юлдуз;
- Delta(D1) — биринчи гуруҳли учбурчак;
- Delta(D11) — ўн биринчи гуруҳли учбурчак.
- Winding parameters [U2 Ph-Ph(V), R2(pu), L2(pu)]:
- [Иккинчи чўлғамнинг параметрлари]. Линия кучланиши (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (нисбий бирликларда), чўлғамнинг индуктивлиги (нисбий бирликларда). Winding 3 (abc) connection:

- [Учинчи чўлғамнинг уланиш схемаси]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги жадвалдан танланади:
- Y — юлдуз;
- Yn — нейтралли юлдуз;
- Yg — ерга уланган нейтралли юлдуз;
- Delta(D1) — биринчи гуруҳли учбурчак;
- Delta(D11) — ўн биринчи гуруҳли учбурчак

Winding parameters [U3 Ph-Ph(V), R2(pu), L2(pu)]:

[Учинчи чўлғамнинг параметрлари]. Линия кучланиши (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (нисбий бирликларда), чўлғамнинг индуктивлиги (нисбий бирликларда).

Saturable core:

[Тўйинувчи магнит ўзак]. Байроқча белгиланган бўлса трансформаторнинг модели ночизиқли бўлади.

Magnetization resistance Rm(pu):

[Магнитланиш занжирининг қаршилиги (нисбий бирликларда)]. Magnetization inductance Lm(pu):

[Магнитланиш занжирининг индуктивлиги (нисбий бирликларда)]. Параметр чизиқли трансформаторни моделлашда ўринли (Saturable core байроқчаси ўрнатилмаганда).

Saturation characteristic (pu) [i1, phi1; i2, phi2 ;...]

[Тўйинувчи магнит ўзакнинг характеристикаси]. Магнитловчи ток ва магнит оқимининг қийматлари нисбий бирликларда берилади. Параметр ночизиқли трансформаторни моделлашда ўринли (Saturable core байроқчаси ўрнатилганда).

Simulate hysteresis:

[Гистерезисни моделлаш]. Байроқча ўрнатилганда магнитланиш характеристикасида гистерезис ҳисобга олинади.

Hysteresis Data Mat file:

[Гистерезис характеристикасини ўз ичига олувчи маълумотлар файлининг номи]. Маълумотлар файлини Powergui блоки ёрдамида ҳосил қилиш мумкин. Параметр Simulate hysteresis байроқчаси ўрнатилганда ўринли.

Specify initial fluxes [phi0A, phi0B, phi0C]:

[АВС фазалар учун бошланғич магнит оқимлар]. Параметр ночизиқли трансформаторни моделлашда ўринли (Saturable core байроқчаси ўрнатилганда).

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

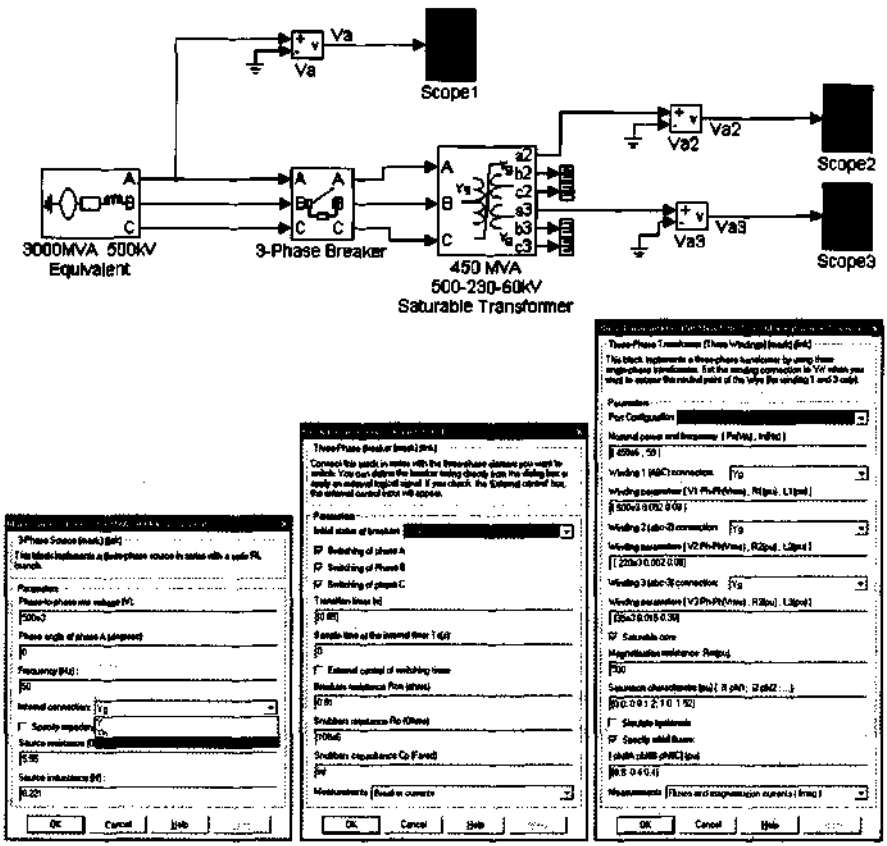
- Winding voltages — чўлғамлардаги кучланишлар;
- Winding currents — чўлғамлардаги токлар;
- Flux and excitation current (Imag_IRm) — салт юриш оқими ва токи;
- Flux and magnetization current (Imag) — магнитлаш оқими ва токи;

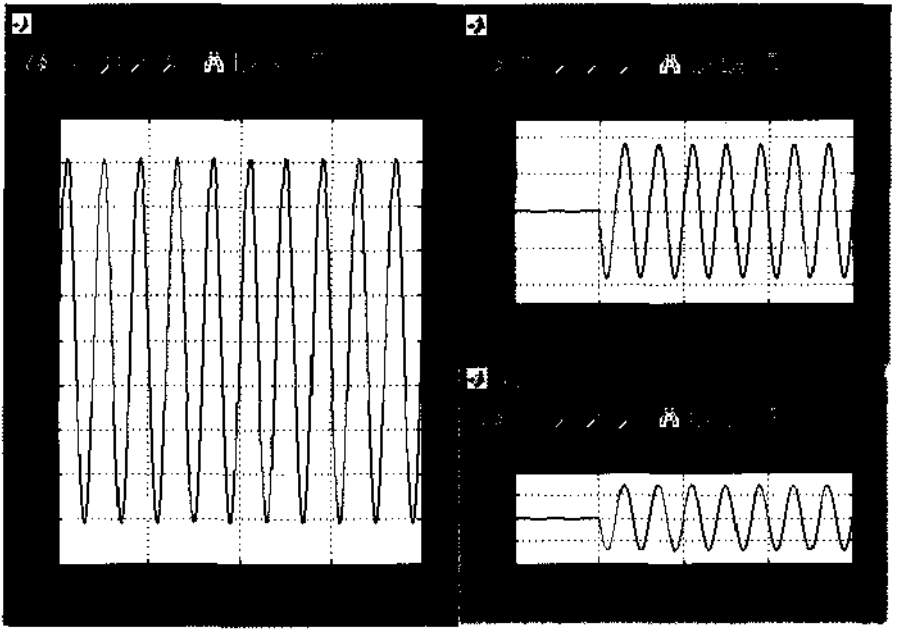
All Measurements (V, I, Flux) — ҳамма кучланишлар, токлар ва магнит оқимлар.

Чўлғамларнинг актив қаршиликлари, индуктивликлари ва магнитлаш занжирининг параметрлари нисбий бирликларда чизиқли трансформаторнинг моделидаги сингари киритилади.

Магнитланиш характеристикаси ночизиқли трансформаторнинг моделидагига ўхшаш тарзда берилади.

Уч фазали уч чўлғамли трансформаторнинг моделидан фойдаланишга мисол 14.5.19-расмда кўрсатилган.

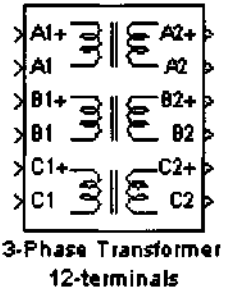




14.5.19-расм. Уч фазали уч чўлғамли трансформаторнинг моделидан фойдаланишга мисол

14.5.20. Уч фазали чизиқли трансформатор (12-чиқишли) Three-phase Linear Transformer (12-terminals)

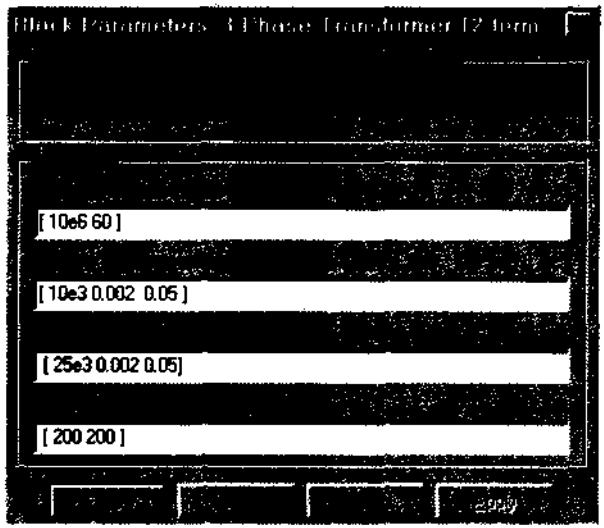
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Уч фазали чизиқли трансформаторни моделлайди. Модел учта бир фазали чизиқли трансформаторлардан тузилган. Блок трансформатор чўлғамларининг ҳар бир чиқиши учун алоҳида қисмаларга эга.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Three-phase rated power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)]:

[Уч фазали номинал тўла қувват (ВА) ва номинал частота (Гц)].

Winding 1 parameters [V1(Vrms) R1(pu) L1(pu)]:

[Бирламчи чўлғамнинг параметрлари. Чўлғам кучланишининг таъсир қилувчи қиймати (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва сочилиш индуктивлиги (н.б.)].

Winding 2 parameters:

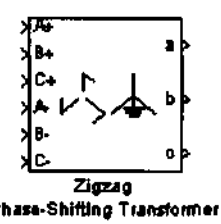
[Иккиламчи чўлғамнинг параметрлари. Чўлғам кучланишининг таъсир қилувчи қиймати (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва сочилиш индуктивлиги (н.б.)].

Magnetization branch [Rm(pu) Lm(pu)]:

[Магнитлаш занжирининг қаршилиги (н.б.) ва индуктивлиги (н.б.)].

14.5.21. Бирламчи чўлғами зигзагга уланган уч фазали трансформатор Zigzag Phase-Shifting Transformer

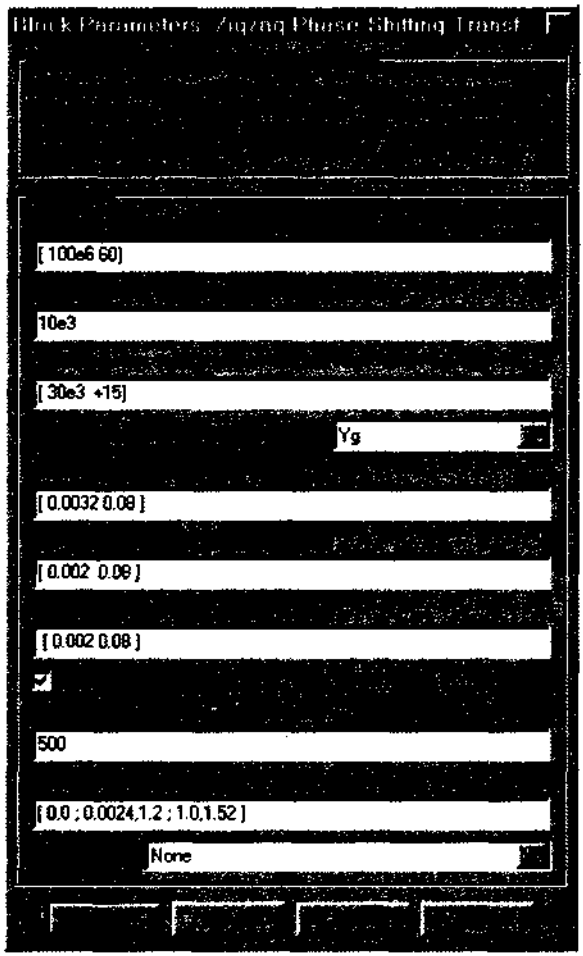
Пиктограмма:



Вазифаси:

Бирламчи чўлғами зигзагга уланган уч фазали трансформаторни моделлайди. Модел учта уч фазали трансформатор асосида бажарилган. Моделда магнит ўзак материали магнитланиш характеристикасининг ночизиқлилигини ҳисобга олиш мумкин.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)]:

[Трансформаторнинг номинал қуввати (ВА) ва частотаси (Гц)].

Primary (zigzag) nominal voltage Vp [Vrms Ph-Ph]:

[Трансформатор бирламчи чўлғами номинал линия кучланишининг таъсир қилувчи қиймати].

Secondary nominal voltage and phase shift [V3(Vrms Ph-Ph) Phi(Deg)]:

[Трансформатор иккиламчи чўлғами номинал линия кучланишининг таъсир қилувчи қиймати ва иккиламчи чўлғам кучланишининг фазавий силжиши (эл. град)].

Secondary winding (abc) connection :

[Иккинчи чўлғамнинг уланиш схемаси]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги жадвалдан танланади:

- Y — юлдуз;
- Yn — нейтралли юлдуз;
- Yg — ерга уланган нейтралли юлдуз;
- Delta(D1) — биринчи гуруҳли учбурчак;
- Delta(D11) — ўн биринчи гуруҳли учбурчак.

Winding 1 (zig-zag) : [R1(pu) L1(pu)]:

[Биринчи чўлғамнинг параметрлари]. Бир фазали уч чўлғамли трансформатор биринчи чўлғамининг актив қаршилиги (нисбий бирликларда) ва индуктивлиги (нисбий бирликларда).

Winding 2 (zig-zag) : [R2(pu) L2(pu)]:

[Иккинчи чўлғамнинг параметрлари]. Бир фазали уч чўлғамли трансформатор биринчи чўлғамининг актив қаршилиги (нисбий бирликларда) ва индуктивлиги (нисбий бирликларда).

Winding 3 (secondary): [R3(pu) L3(pu)]:

[Учинчи чўлғамнинг параметрлари]. Бир фазали уч чўлғамли трансформатор биринчи чўлғамининг актив қаршилиги (нисбий бирликларда) ва индуктивлиги (нисбий бирликларда).

Saturable core:

[Тўйинувчи магнит ўзак]. Байроқча белгиланган бўлса трансформаторнинг модели ночизиқли бўлади.

Magnetizing branch: [Rm(pu) Lm(pu)]:

[Магнитлаш занжирининг параметрлари]. Магнитлаш занжирининг актив қаршилиги (н.б.) ва индуктивлиги (н.б.). Параметр Saturable core байроқчаси ўрнатилмаган бўлса ўринли (чизиқли трансформатор моделланади).

Magnetization resistance Rm(pu):

[Магнитланиш занжирининг қаршилиги (нисбий бирликларда)]. Параметр Saturable core байроқчаси ўрнатилмаган бўлса ўринли.

Saturation characteristic (pu) [i1 , phi1 ; i2 , phi2 ; ...]:

[Тўйинувчи магнит ўзакнинг характеристикаси]. Магнитловчи ток ва магнит оқимининг қийматлари нисбий бирликларда берилади. Параметр ночизиқли трансформаторни моделлашда ўринли (Saturable core байроқчаси ўрнатилганда).

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None — ўлчаш учун ўзгарувчилар танланмаган;
- Phase voltages — чўлғамларнинг фаза кучланишлари;
- Phase currents — чўлғамларнинг фаза токлари;
- Fluxes and excitation current (Imag + IRm) — салт юриш оқими ва токи;
- Fluxes and magnetization current (Imag) — магнитлаш оқими ва токи;

All Measurements (V, I, Fluxes) — ҳамма кучланишлар, токлар ва магнит оқимлар.

Чўлғамларнинг актив қаршиликлари, индуктивликлари ва магнитлаш занжирининг параметрлари нисбий бирликларда чизиқли трансформаторнинг моделидаги сингари киритилади.

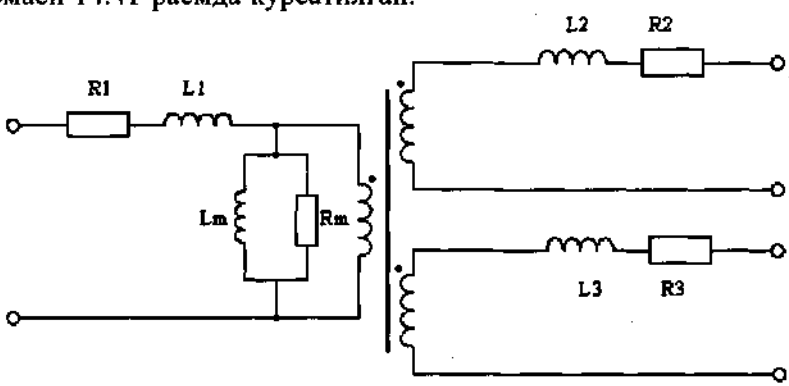
14.5.22. Чизиқли трансформатор Linear Transformer

Пиктограммаси:

Linear Transformer

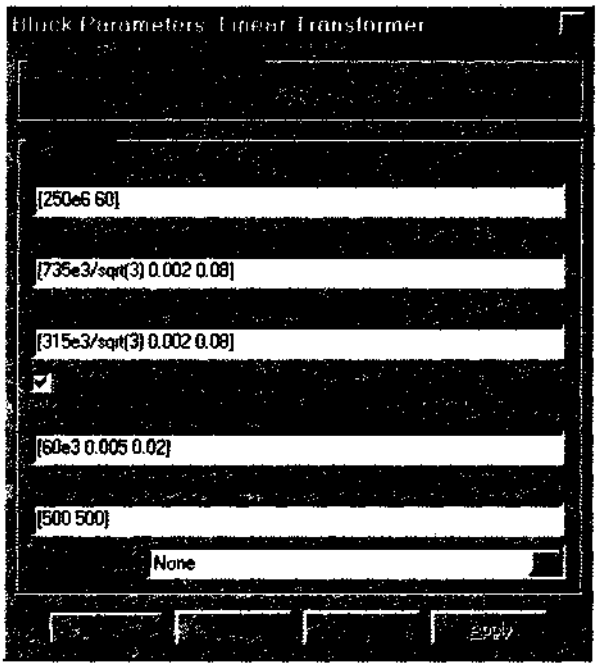
Вазифаси:

Уч ёки икки чўлғамли бир фазали трансформаторни моделлайди. Магнит ўзак материали магнитланиш характеристикасининг ночизиқлилиги ҳисобга олинмайди. Трансформаторнинг алмаштириш схемаси 14.41-расмда кўрсатилган.



14.5.22-расм. Трансформаторнинг алмаштириш схемаси

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)]:

[Номинал тўла қувват (ВА) ва номинал частота (Гц)].

Winding 1 parameters [V1(Vrms) R1(pu) L1(pu)]:

[Биринчи чўлғамнинг параметрлари. Чўлғамдаги кучланишнинг таъсир этувчи қиймати (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва сочилиш индуктивлиги (н.б.)].

Winding 2 parameters:

[Иккинчи чўлғамнинг параметрлари. Чўлғамдаги кучланишнинг таъсир этувчи қиймати (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва сочилиш индуктивлиги (н.б.)].

Three windings transformer:

[Уч чўлғамли трансформатор]. Байроқча белгиланса трансформаторда иккита иккиламчи чўлғам, белгиланмаса битта иккиламчи чўлғам бўлади.

Winding 3 parameters:

[Учинчи чўлғамнинг параметрлари. Чўлғамдаги кучланишнинг таъсир этувчи қиймати (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва сочилиш индуктивлиги (н.б.)].

Magnetization resistance and reactance [Rm(pu) Lm(pu)]:

[Магнитланиш занжирининг қаршилиги (н.б.) ва индуктивлиги (н.б.)].

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:

☐ Winding voltages — чўлғамларнинг кучланишлари;

☐ Winding currents — чўлғамларнинг токлари;

☐ Magnetization current — магнитлаш токи;

☐ All voltages and currents — ҳамма ток ва кучланишлар.

Чўлғамларнинг актив қаршиликлари ва индуктивликлари ҳамда магнитлаш занжирининг параметрлари нисбий бирликларда берилади. Ҳар бир чўлғам учун қаршилик ва индуктивликларнинг нисбий қийматлари қуйидаги ифодаларга асосан ҳисобланади:

$$R_* = \frac{R}{R_б},$$

$$L_* = \frac{L}{L_б},$$

бу ерда R_* и L_* — қаршилик ва индуктивликларнинг нисбий қийматлари, R ва L — қаршилик ва индуктивликларнинг абсолют қийматлари,

$$R_б = \frac{U_н^2}{P_н},$$

— базис қаршилик,

$$L_б = \frac{R_б}{2 \cdot \pi \cdot f_н}$$

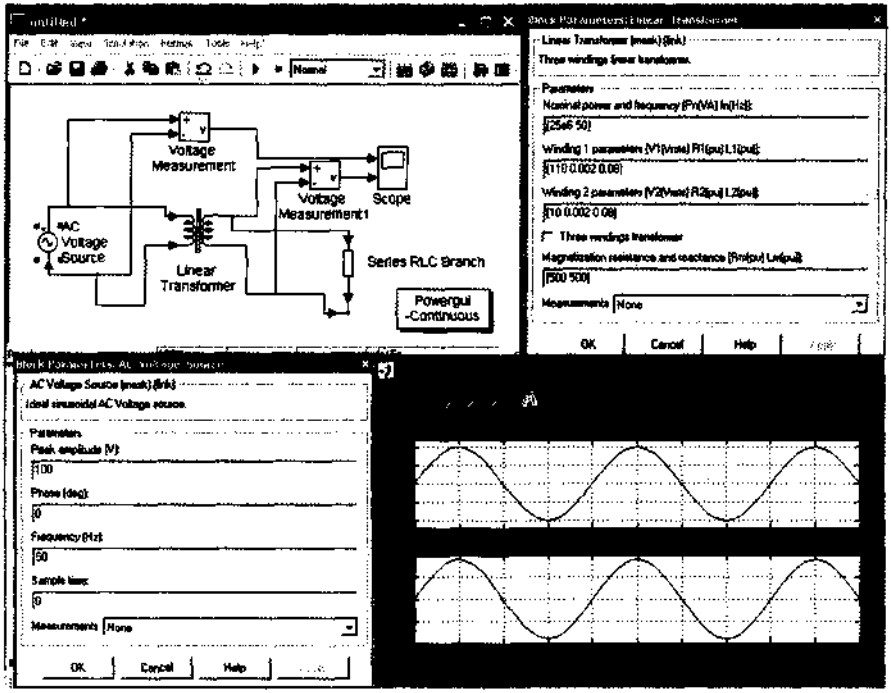
— базис индуктивлик,

$U_н$ — чўлғамнинг номинал кучланиши, $f_н$ — номинал частота.

Магнитлаш занжирининг параметрларини магнитлаш токининг қийматидан фойдаланиб топиш мумкин. Магнитлаш токи номинал токка нисбатан % ларда берилади.

Мисол:

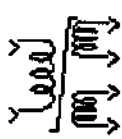
Актив юкламани таъминлаш учун икки чўлғамли чизиқли трансформатордан фойдаланилган схема 14.5.22-расмда кўрсатилган.



14.5.23-расм. Актив юкламани таъминлаш учун икки чўлғамли чизикли трансформатордан фойдаланилган схема

14.5.23. Ночизиқли трансформатор Saturable Transformer

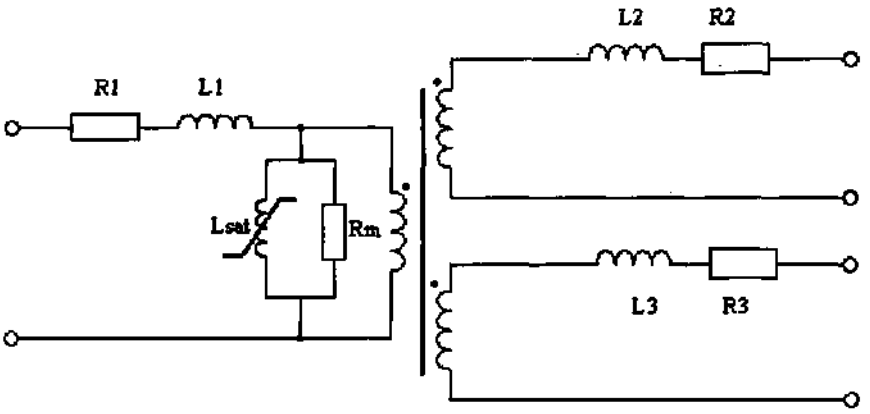
Пиктограммаси:



Saturable Transformer

Вазифаси:

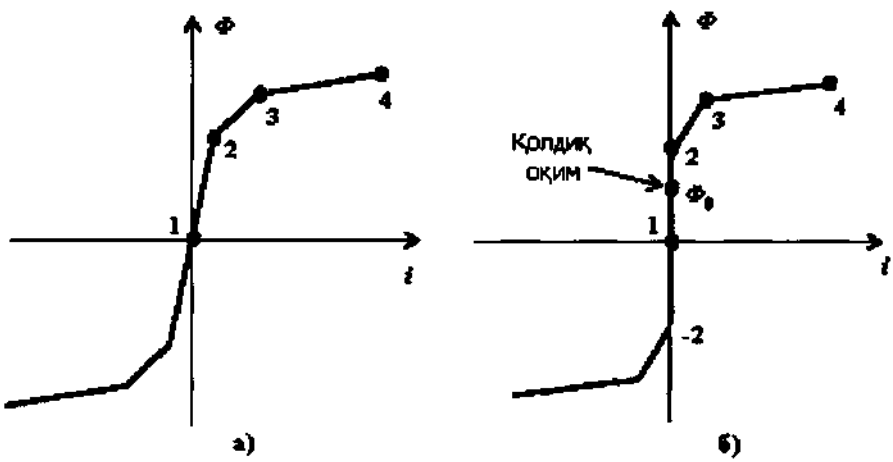
Уч ёки икки чўлғамли бир фазали трансформаторни моделлайди. Моделда магнит ўзак материали магнитланиш характеристикасининг ночизиқлилиги ҳисобга олинган. Трансформаторнинг алмаштириш схемаси 14.5.23.1-расмда кўрсатилган.



14.5.23.1-расм. Ночизиқли трансформаторнинг алмаштириш схемаси

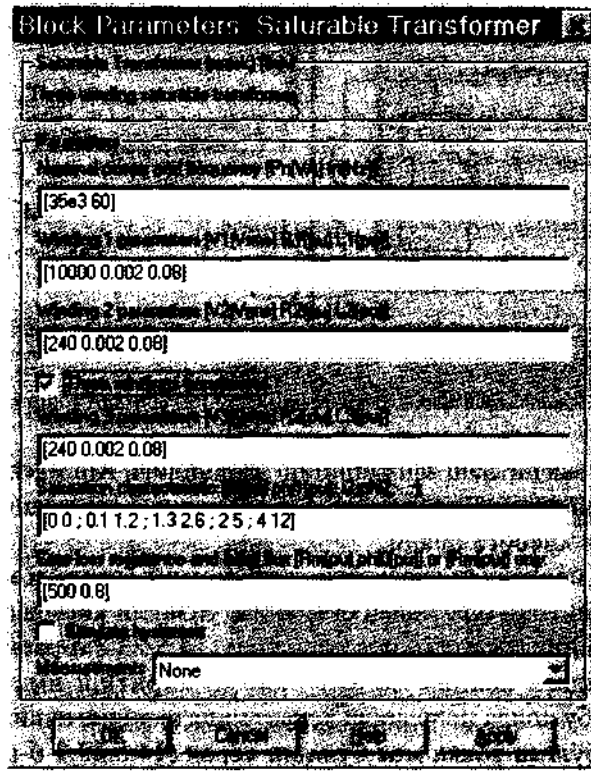
Моделда магнитлаш занжирининг қаршилиги Rm магнит ўзакдаги актив исрофларни ва ночизиқли индуктивлик Lsat магнит ўзакнинг тўйинишини ҳисобга олади.

Моделда ночизиқли характеристика, магнит ўзакдаги магнит оқим ва магнитлаш токи орасидаги боғланиш чизиқли қисмлардан иборат бўлган боғланиш кўринишида берилади (14.5.23.2 *а*-расм). Моделда магнит ўзакдаги қолдиқ магнит оқимни киритиш имконияти ҳам мавжуд. Ушбу ҳолда ночизиқли характеристиканинг иккинчи нуқтаси нолга тенг бўлган токка мос бўлиши керак (14.5.23.2 *б*-расм).



14.5.23.2-расм. Ночизиқли трансформаторнинг магнит ўзагидаги магнит оқим ва магнитлаш токи орасидаги боғланиш

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)]:

[Номинал тўла қувват (ВА) ва номинал частота (Гц)].

Winding 1 parameters [V1(Vrms) R1(pu) L1(pu)]:

[Биринчи чўлғамнинг параметрлари. Чўлғам кучланишининг таъсир қилувчи қиймати (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва сочилиш индуктивлиги].

Winding 2 parameters:

[Иккинчи чўлғамнинг параметрлари. Чўлғам кучланишининг таъсир қилувчи қиймати (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва сочилиш индуктивлиги].

Three windings transformer:

[Уч чўлғамли трансформатор]. Байроқча ўрнатилса трансформатор иккита иккиламчи чўлғамга ёки ўрнатилмаса битта иккиламчи чўлғамга эга бўлади.

Winding 3 parameters:

[Учинчи чўлғамнинг параметрлари. Чўлғам кучланишининг таъсир қилувчи қиймати (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва сочилиш индуктивлиги].

Saturation characteristic [i1(pu) phi1(pu); i2 phi2; ...]:

[Магнит ўзакнинг тўйиниш характеристикаси].

Core loss resistance and initial flux [Rm(pu) phi(pu)] or [Rm(pu)] only:

[Магнитлаш занжирининг қаршилиги (н.б.) ва қолдиқ оқим (н.б.) ёки фақат магнитлаш занжирининг қаршилиги (н.б.).

Simulate hysteresis:

[Гистерезис моделлаш]. Байроқча белгиланса магнитлаш характеристикасида гистерезис ҳисобга олинади.

Hysteresis Data Mat file:

[Гистерезис характеристикасини ўз ичига олувчи маълумотлар файлининг номи]. Маълумотлар файли Powergui блоки ёрдамида ҳосил қилиниши мумкин.

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- Winding voltages — чўлғамлардаги кучланишлар;
- Winding currents — чўлғамлардаги токлар;
- Flux and excitation current (Imag_IRm) –магнит оқими ва салт юриш токи;
- Flux and magnetization current (Imag) — магнит оқими ва магнитловчи ток;
- All Measurements (V, I, Flux) — ҳамма кучланишлар, токлар ва оқим.

Чўлғамларнинг актив қаршиликлари ва индуктивликлари ҳамда магнитлаш занжирининг қаршиликлари нисбий бирликларда чизиқли трансформаторнинг моделидагига ўхшаш тарзда киритилади.

Магнитлаш характеристикаси (0, 0) нуқтадан бошлаб магнитловчи ток ва оқим қийматларининг жуфтликлари билан берилади. Ток ва оқимнинг нисбий қийматлари қуйидаги ифодалардан аниқланади:

$$I_* = \frac{I}{I_б},$$

$$\Phi_* = \frac{\Phi}{\Phi_б},$$

бу ерда

I_* и Φ_* — қаршилик ва индуктивликнинг нисбий қийматлари,

I и Ф — қаршилик ва индуктивликнинг абсолют қийматлари,

$$I_б = \frac{P_н}{U_1}\sqrt{2},$$

— базис ток,

$$\Phi_б = \frac{V_1}{2 \cdot \pi \cdot f_н}\sqrt{2}$$

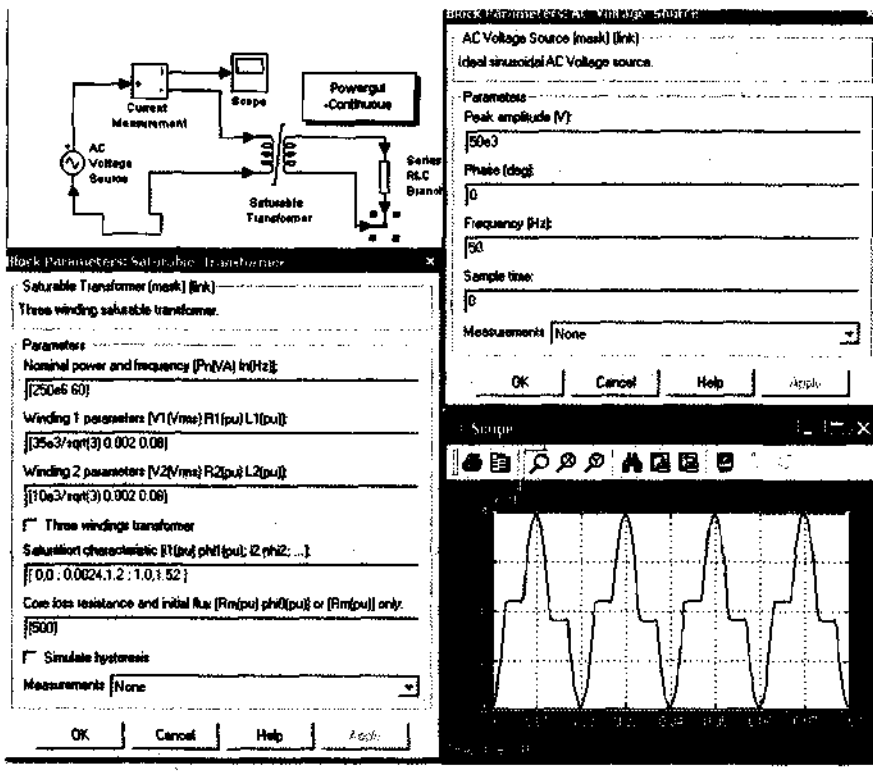
— базис оқим,

U_1 — бирламчи чўлғамнинг номинал кучланиши,

$f_н$ — номинал частота.

Мисол:

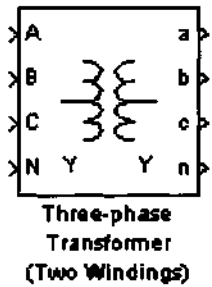
Икки чўлғамли ночизиқли трансформаторнинг актив юкламага уланиш схемаси 14.5.23.3-расмда келтирилган. Расмдаги осциллограммадан трансформаторнинг бирламчи токи ночизикли характерга эга эканлигини кўриш мумкин.



14.5.23.3-расм. Икки чўлғамли ночизиқли трансформаторнинг актив юкламага уланиш схемаси

14.5.24. Уч фазали икки чўлғамли трансформатор Three-phase Transformer (Two Windings)

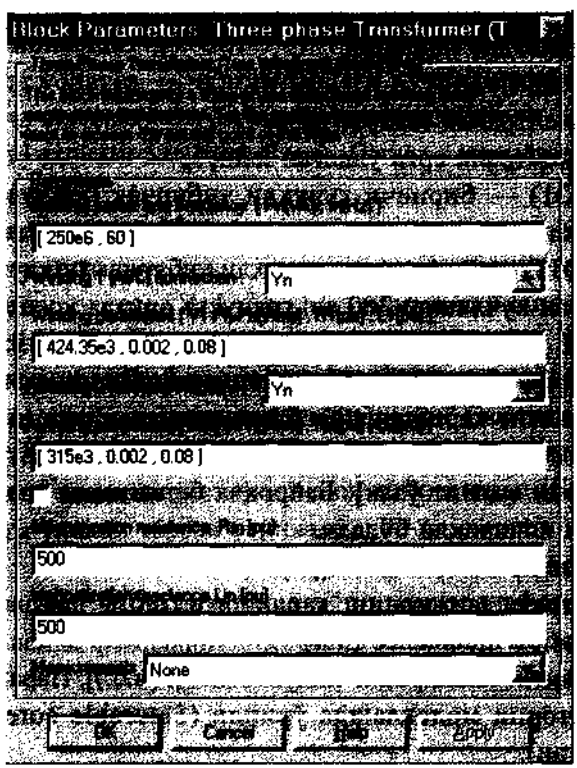
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Икки чўлғамли уч фазали трансформаторни моделлайди. Модел учта бир фазали трансформатор асосида бажарилган. Моделда магнит ўзак магнитланиш характеристикасининг ночизиқлилигини ҳисобга олиш мумкин.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)]:

[Трансформаторнинг номинал қуввати (ВА) ва частотаси (Гц)].

Winding 1 (ABC) connection [Y, Yn, Yg, Delta(D1), Delta(D11)]:

[Бирламчи чўлғамнинг уланиш схемаси]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:

- ☐ Y — юлдуз,
- ☐ Yn — нейтралли юлдуз,
- ☐ Yg — нейтрали ерга уланган юлдуз,
- ☐ Delta(D1) — биринчи гуруҳли учбурчак (юлдузга уланишга нисбатан кучланиш 300 эл. градусга олдинга силжиган),
- ☐ Delta(D11) — ўн биринчи гуруҳли учбурчак (юлдузга уланишга нисбатан кучланиш 300 эл. градусга орқада қолади).

Winding 1 parameters [V1 Ph-Ph(V), R1(pu), L1(pu)]

[Бирламчи чўлғамнинг параметрлари]. Линия кучланиши (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва индуктивлиги (н.б.).

Winding 2 (abc) connection [Y, Yn, Yg, Delta(D1), Delta(D11)]

[Иккиламчи чўлғамнинг уланиш схемаси]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:

- ☐ Y — юлдуз,
- ☐ Yn — нейтралли юлдуз,
- ☐ Yg — нейтрали ерга уланган юлдуз,
- ☐ Delta(D1) — биринчи гуруҳли учбурчак (юлдузга уланишга нисбатан кучланиш 300 эл. градусга олдинга силжиган),
- ☐ Delta(D11) — ўн биринчи гуруҳли учбурчак (юлдузга уланишга нисбатан кучланиш 300 эл. градусга орқада қолади).

Winding 2 parameters [U2 Ph-Ph(V), R2(pu), L2(pu)]:

[Иккиламчи чўлғамнинг параметрлари]. Линия кучланиши (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва индуктивлиги (н.б.).

Saturable core:

[Тўйинувчи магнит ўзак]. Байроқча белгиланса трансформаторнинг модели ночизиқли бўлади.

Magnetization resistance Rm(pu):

[Магнитловчи занжирнинг қаршилиги (н.б.).

Magnetization inductance Lm(pu):

[Магнитловчи занжирнинг индуктивлиги (н.б.)]. Параметр чизиқли трансформаторни моделлашда ўринли (Saturable core байроқчаси белгиланмаган).

Saturation characteristic (pu) [i1, phi1; i2, phi2 ;...]

[Магнит ўзакнинг тўйиниш характеристикаси]. Магнитловчи ток ва магнит оқимининг қийматлари нисбий бирликларда берилади. Параметр ночизиқли трансформаторни моделлашда ўринли (Saturable core байроқчаси белгиланган).

Simulate hysteresis:

[Гистерезис моделлаш]. Байроқча белгиланса магнитлаш характеристикасида гистерезис ҳисобга олинади.

Hysteresis Data Mat file:

[Гистерезис характеристикасига эга бўлган маълумотлар файлининг номи]. Маълумотлар файлини Powergui блоки ёрдамида ҳосил қилиш мумкин.

Specify initial fluxes [phi0A, phi0B, phi0C]:

[A, B ва C фазалар учун бошланғич магнит оқимлари]. Параметр ночизиқли трансформаторни моделлашда ўринли (Saturable core байроқчаси белгиланган).

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

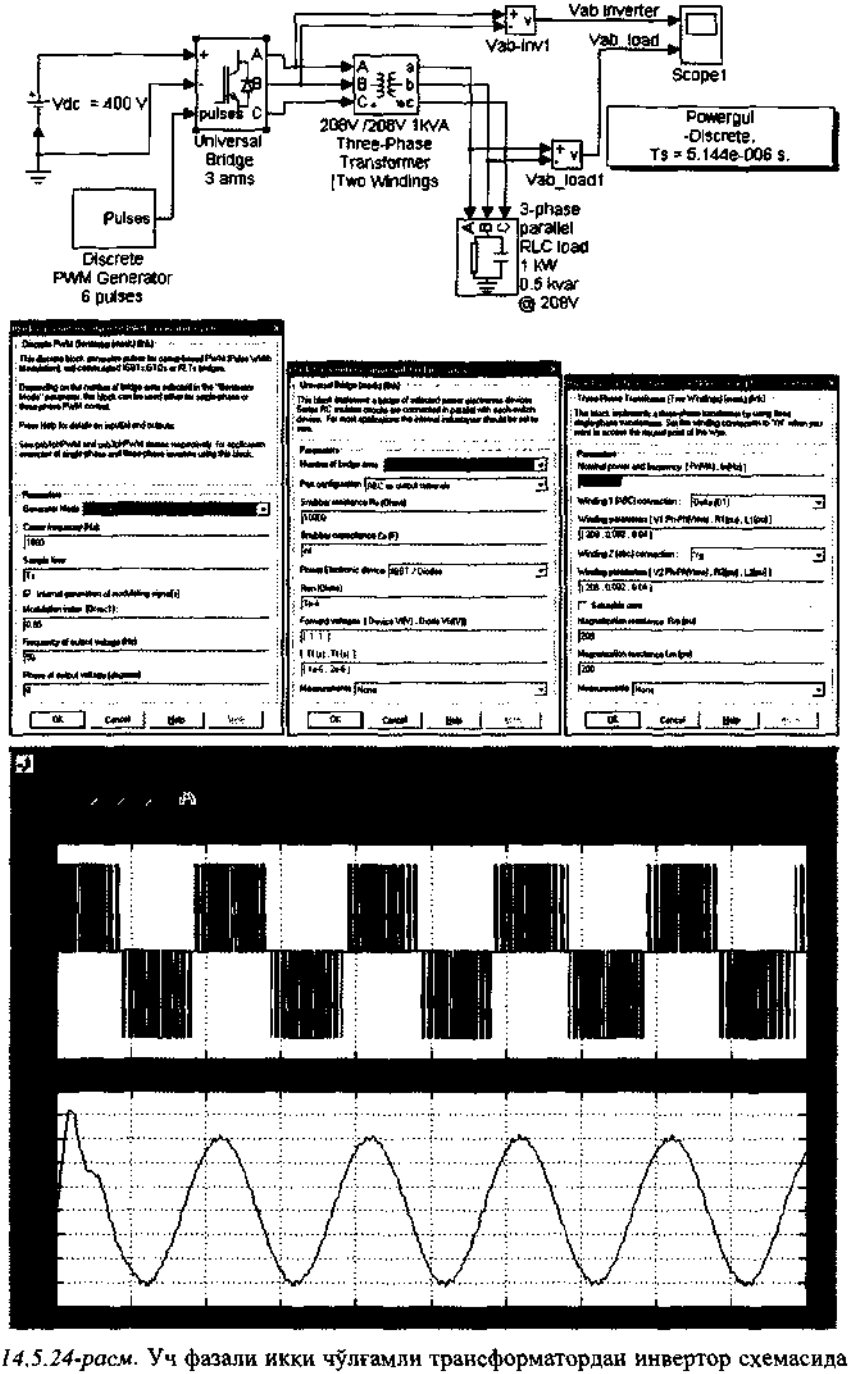
- Winding voltages — чўлғамлардаги кучланишлар;
- Winding currents — чўлғамлардаги токлар;
- Flux and excitation current (Imag_IRm) — магнит оқими ва салт юриш токи;
- Flux and magnetization current (Imag) — магнит оқими ва магнитловчи ток;
- All Measurements (V, I, Flux) — ҳамма кучланишлар, токлар ва оқим.

Чўлғамларнинг актив қаршиликлари ва индуктивликлари ҳамда магнитлаш занжирининг қаршиликлари нисбий бирликларда чизиқли трансформаторнинг моделидагига ўхшаш тарзда киритилади.

Магнитлаш характеристикаси ночизиқли трансформаторнинг моделидагига ўхшаш тарзда берилади.

Мисол:

14.5.24-расмда уч фазали икки чўлғамли трансформатордан инвертор схемасида фойдаланишга мисол келтирилган

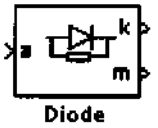


14.5.24-расм. Уч фазали икки чўлғамли трансформатордан инвертор схемасида фойдаланишга мисол

14.6. Power Electronics — куч электроникаси элементлари

14.6.1. Куч диодининг модели Diode

Пиктограммаси:



Диоднинг модели кетма-кет уланган резистор R_{on}, индуктивлик L_{on}, ўзгармас кучланиш манбаси V_f ва калит SW дан иборат (14.6.1.1-расм). Калитнинг ишлашини мантиқ блоки бошқаради. Диодда мусбат кучланиш бўлганда (V_{ak} - V_f) калит уланади ва прибордан ток ўта бошлайди. Калитнинг (диоднинг) узилиши диоддан ўтаётган ток I_{ak} нолгача пасайганда содир бўлади.

Диод моделининг статик вольт-ампер характеристикаси 14.6.1.2-расмда кўрсатилган.

Моделда диодга параллел демпфирловчи кетма-кет RC — занжир уланган.

Диод параметрларини бериш ойнаси 14.6.1.3-расмда кўрсатилган.

Блокнинг параметрлари:

Resistance Ron (Ohm)-[Уланган ҳолатдаги қаршилиги (Ом)];

Inductance Lon (H)-[Уланган ҳолатдаги индуктивлиги (Гн)];

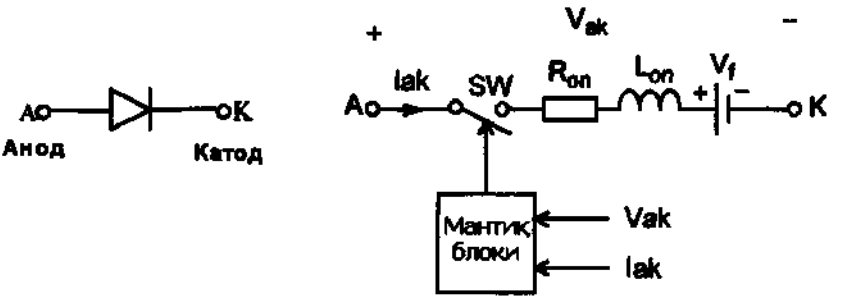
Forward voltage Uf (V)-[Тўғри йўналишдаги кучланиш тушиши (В)];

Initial current Ic (A)-[Токнинг бошланғич қиймати (А)]. Агар унинг қиймати нол бўлса моделлаш диоднинг ёпиқ ҳолатидан бошланади. Моделлаш диоднинг очиқ ҳолатидан бошланиши учун токнинг бошланғич қиймати сифатида мусбат қиймат берилиши керак;

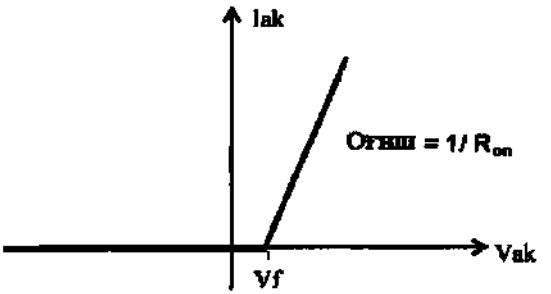
Snubber resistance Rs (Ohm)-[Демпфирловчи занжирнинг қаршилиги (Ом)].

Snubber capacitance Cs (F)-[Демпфирловчи занжирнинг сиғими (Ф)].

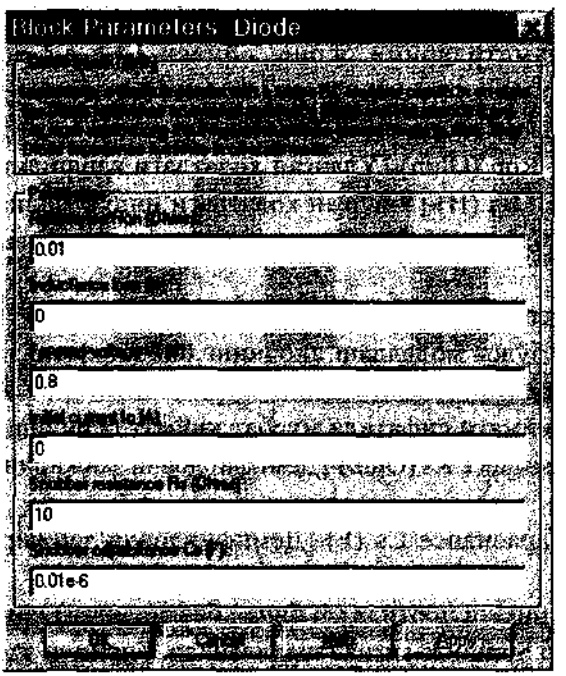
Блокнинг чиқиш портида (m билан белгиланган) икки элементдан иборат вектор Simulink-сигнал шаклланади. Биринчи элемент — анод токи, иккинчи элемент эса — анод-катод кучланиши.



14.6.1.1-расм. Диоднинг модели



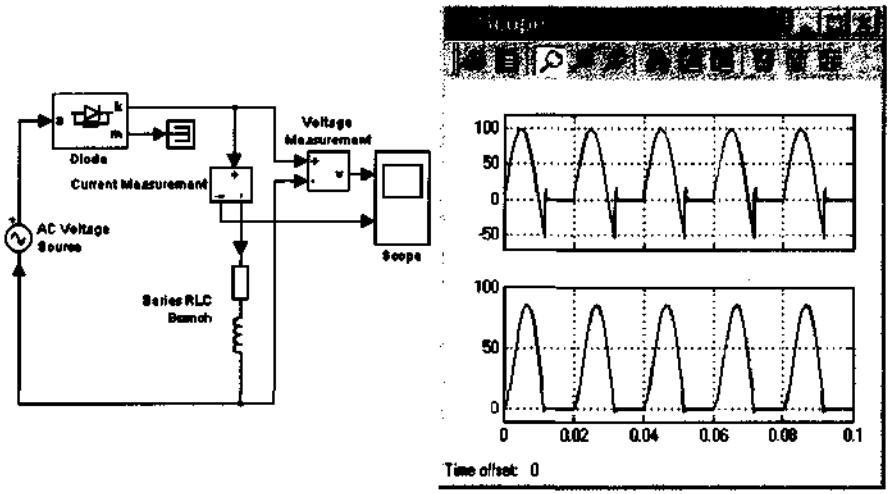
14.6.1.2-расм. Диод моделининг статик вольт-ампер характеристикаси



14.6.1.3-расм. Диод параметрларини бериш ойнаси

Мисол:

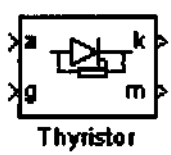
Актив-индуктив юкламага ишловчи битта ярим даврли тўғрилагичнинг модели *14.6.1.4*-расмда кўрсатилган.



14.6.1.4-расм. Актив-индуктив юкламага ишловчи битта ярим даврли тўғрилагичнинг модели

14.6.2. Тиристор Thyristor, Detailed Thyristor

Пиктограммаси:

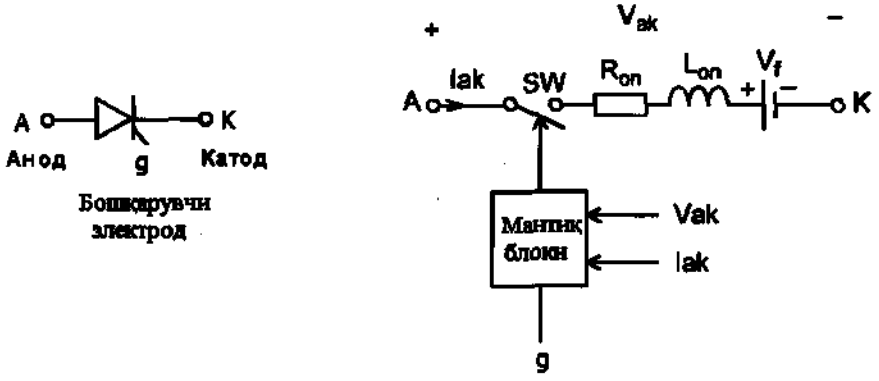


Вазифаси:

Тиристорни моделлайди. SimPowerSystem библиотекасида тиристорнинг иккита модели мавжуд: Thyristor (соддалаштирилган модел) ва Detailed Thyristor (аниқлаштирилган модел).

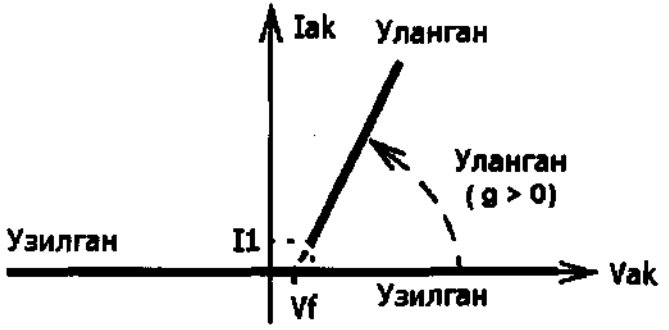
Тиристорнинг соддалаштирилган модели кетма-кет уланган резистор R_{on}, индуктивлик L_{on}, доимий кучланиш манбаси V_f ва калит SW дан иборат (14.6.2.1-расм). Калитнинг ишлашини мантиқ блоки бошқаради. Тиристорда мусбат кучланиш (V_{ak} - V_f) ва бошқарувчи электродда (g) мусбат сигнал бўлганда калит уланади ва прибордан ток ўта бошлайди. Тиристордан ўтаётган ток I_{ak} нолгача пасайганда калит узилади (тиристор ёпилади).

Аниқлаштирилган моделда бошқарувчи импульснинг давомийлиги тиристор уланаётган вақтда анод токи тиристорнинг ушлаб туриш токидан (I1) катта бўлиши учун етарли бўлиши керак. Акс ҳолда тиристор очилмайди. Тиристор ёпилаётган вақтда манфий анод-катод кучланишни қўйиш вақти тиристорнинг ёпилиш вақтидан (Tq) катта бўлиши керак.



14.6.2.1-расм. Тиристорнинг соддалаштирилган модели

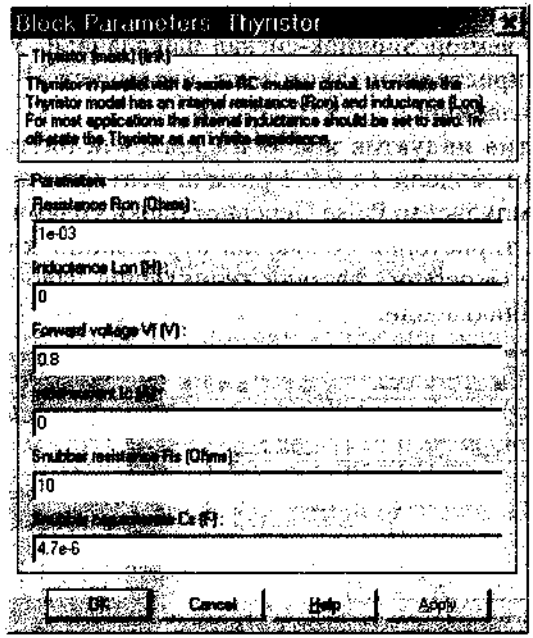
Тиристор моделининг уланган ва узилган ҳолати учун статик вольт-ампер характеристикалари 14.6.2.2-расмда кўрсатилган.



14.6.2.2-расм. Тиристор моделининг уланган ва узилган ҳолати учун статик вольт-ампер характеристикалари

Моделда тиристорга параллел демпфирловчи функцияни бажарувчи кетма-кет RC-занжир уланган.

Параметрларини киритиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Resistance Ron (Ohm):

[Уланган ҳолатдаги қаршилик (Ом)],

Inductance Lon (H):

[Уланган ҳолатдаги индуктивлик (Гн)].

Forward voltage Uf (V):

[Тўғри йўналишдаги кучланиш тушиши (В)].

Initial current Ic (A):

[Токнинг бошланғич қиймати (А)]. Ушбу параметрнинг қиймати нолга тенг бўлса моделлаш тиристорнинг ёпиқ ҳолатида, мусбат қиймат берилган бўлса тиристорнинг очиқ ҳолатида бошланади.

Snubber resistance Rs (Ohm):

[Демпфирловчи занжирнинг қаршилиги (Ом)].

Snubber capacitance Cs (F):

[Демпфирловчи занжирнинг сиғими (Ф)].

Latching current Ii (A):

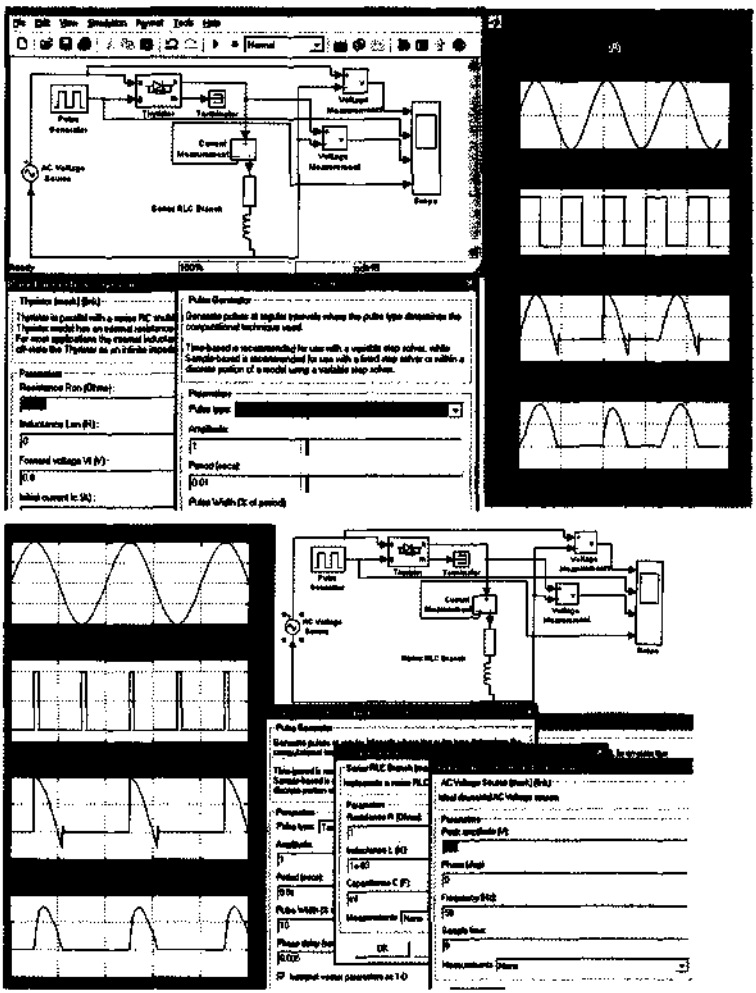
[Ушлаб туриш токининг қиймати (А)]. Ушбу параметр тиристорнинг аниқлаштирилган моделида берилади.

Turn of time Tq (s):

[Узилиш вақти (с)]. Ушбу параметр тиристорнинг аниқлаштирилган моделида берилади.

Блокнинг чиқиш портида (m билан белгиланган) икки элементдан иборат бўлган вектор Simulink-сигнал шаклланади. Унинг биринчи элементи — тиристорнинг анод токи, иккинчиси — тиристорнинг анод-катод кучланиши.

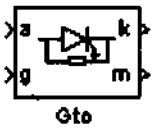
Мисол: Актив индуктив юкламага ишловчи битта ярим даврли тўғрилагичнинг модели 14.6.2.3-расмда келтирилган. Тиристорни бошқарувчи импульслар Pulse Generator блоки ёрдамида шакллантирилади, бунда тиристорни бошқариш бурчагининг қиймати генераторнинг (Pulse Generator) фазавий кечиктириш давомийлиги (Phase Delay) билан аниқланади.



14.6.2.3-расм. Актив индуктив юкламага ишловчи битта ярим даврли тўғрилагичнинг модели

14.6.3. Тўла бошқарилувчи тиристор GTO Thyristor

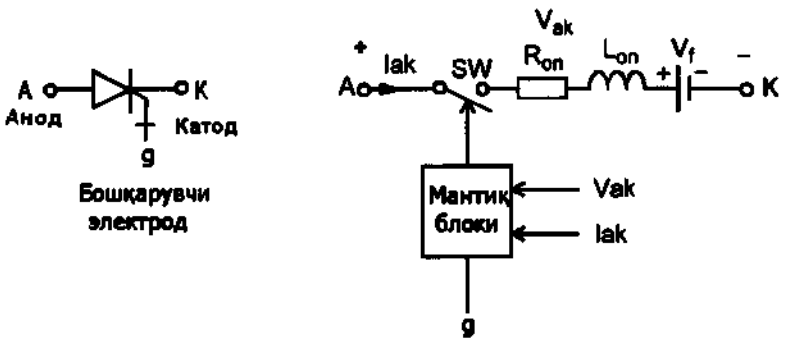
Пиктограммаси:



Вазифаси:

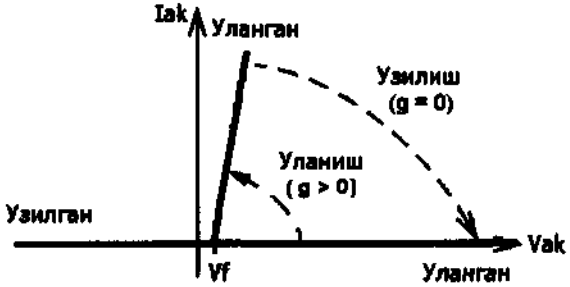
Тўла бошқарилувчи тиристорни моделлайди.

Тўла бошқарилувчи тиристорнинг модели кетма-кет уланган резистор R_{on}, индуктивлик L_{on}, доимий кучланиш манбаси V_f ва калит SW дан иборат (14.6.3.1-расм). Мантиқ блоки калитнинг ишлашини бошқаради. Тиристорда мусбат кучланиш (V_{ak} - V_f) ҳамда бошқарувчи электродида(g) мусбат сигнал бўлганда калит уланади ва прибордан ток ўта бошлайди. Приборни узиш (ёпиш) учун бошқарувчи сигнални нолга тенг бўлган қийматгача камайтириш етарли. GTO- тиристор анод токи нолгача камайганда ҳам ёпилади.



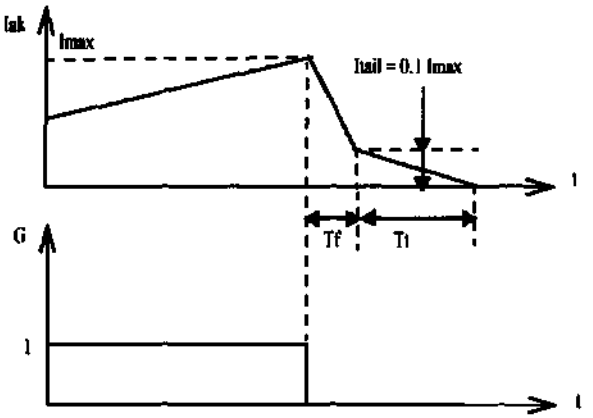
14.6.3.1-расм. Тўла бошқарилувчи тиристорнинг модели

Тўла бошқарилувчи тиристорнинг уланган ва узилган ҳолатлари учун статик вольт-ампер характеристикалари 14.6.3.2-расмда келтирилган.



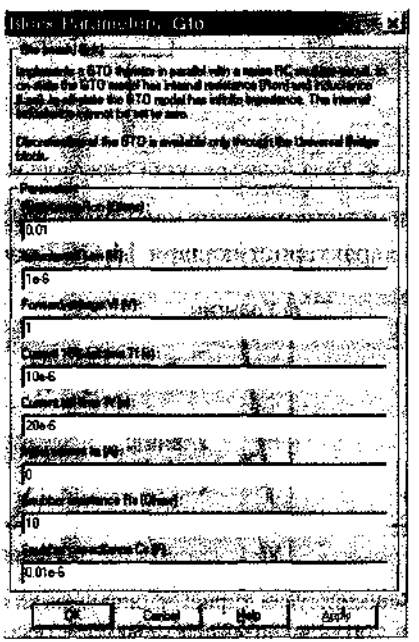
14.6.3.2-расм. Тўла бошқарилувчи тиристорнинг уланган ва узилган ҳолатлари учун статик вольт-ампер характеристикалари

Моделда тиристорга параллел, демпфирлаш вазифасини бажарувчи, кетма-кет RC-занжир уланган. Бундан ташқари моделда тиристорнинг уланиш вақти ҳам ҳисобга олинган. Тиристорнинг ёпилиш жараёни иккита участкага бўлинган (14.6.3.3-расм). Биринчи участка анод токи узилиш моментидаги токнинг (I_{max}) ўндан бир (0,1) қисмигача камайиш вақтини (Tf) ва иккинчи участка анод токининг нолгача камайиш вақтининг кечикиши (чўзилиши)ни характерлайди.

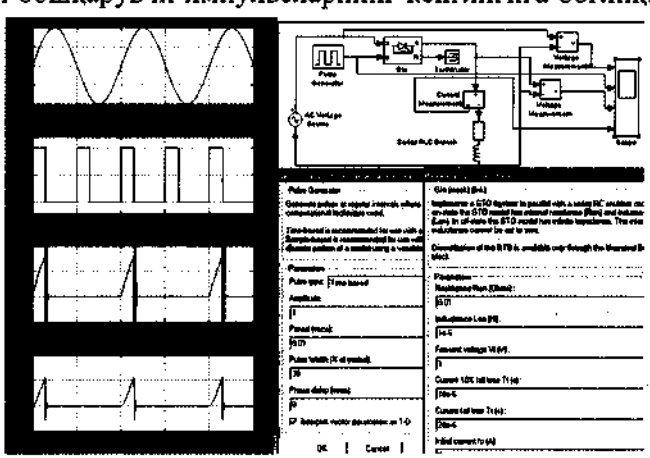


14.6.3.3-расм. Тиристорнинг ёпилиш жараёни

Блок параметрларини бериш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:
Resistance Ron (Ohm):
[Уланган ҳолатдаги қаршилиги (Ом)],
Inductance Lon (H):
[Уланган ҳолатдаги индуктивлиги (Гн)].
Forward voltage Uf (V):
[Тўғри йўналишдаги кучланиш тушиши (В)].
Current 10% fall time Tf (s):
[Токнинг узилиш моментидаги токка нисбатан 10% гача камайиш вақти (с)].
Current tail time Tt (s):
[Кечикиш (чўзилиш) вақти (с)]. Токнинг узилиш моментидаги токка нисбатан 10% дан нолгача камайиш вақти.
Initial current Ic (A):
[Токнинг бошланғич қиймати (А)]. Ушбу параметрнинг қиймати нолга тенг бўлса моделлаш тиристорнинг ёпиқ ҳолатида, мусбат қиймат берилган бўлса тиристорнинг очиқ ҳолатида бошланади.
Snubber resistance Rs (Ohm):
[Демпфирловчи занжирнинг қаршилиги (Ом)].
Snubber capacitance Cs (F):
[Демпфирловчи занжирнинг сиғими (Ф)].
Блокнинг m билан белгиланган чиқиш портида иккита элементдан иборат бўлган вектор Simulink-сигнал ҳосил бўлади. Улардан биринчиси — тиристорнинг анод токи, иккинчиси эса — тиристорнинг анод-катод кучланиши.
Мисол:
Импульс кучланиш ростлагичининг модели 14.6.3.4-расмда кўрсатилган. Ушбу ростлагичнинг юкламасидаги ўртача кучланишнинг катталиги бошқарувчи импульсларнинг кенглигига боғлиқ.



14.6.3.4-расм. Импульс кучланиш ростлагичининг модели

14.6.4. Биполяр IGBT транзистор

Затвори изоляцияланган биполяр IGBT транзисторнинг модели кетма-кет резистор R_{on}, индуктивлик L_{on}, ўзгармас кучланиш манбаси V_f ва калит SW дан иборат (14.6.4.1-расм). Мантиқ блоки калитни бошқаради. IGBT транзистор очилиши учун коллектор-эмиттер кучланиши мусбат ва V_f дан катта ҳамда унинг затворига мусбат ($g > 0$) сигнал берилиши керак. IGBT транзистор затворидаги кучланиш нолгача ($g = 0$) камайганда ёпилади. Коллектор-эмиттер кучланиши манфий бўлганда транзистор ёпиқ ҳолатда бўлади.

IGBT транзистор моделининг уланган ва узилган ҳолатлари учун статик вольт-ампер характеристикалари 14.6.4.2-расмда кўрсатилган.

Моделда транзисторга параллел демпфирловчи функцияни бажарувчи кетма-кет RC-занжир уланган.

Моделда транзисторнинг ёпилиш вақти ҳам ҳисобга олинган. Ёпилиш жараёни иккита участкага бўлинган (14.6.4.3-расм) ва пасайиш вақти (T_f) ҳамда кечикиш вақти (T_t) билан характерланади. Пасайиш вақтида ток $0,1I_{max}$ гача камаяди, бу ерда I_{max} — тиристорнинг ёпилиш моментидаги максимал ток. Кечикиш вақтида эса ток $0,1I_{max}$ дан нолгача пасаяди.

IGBT транзисторнинг параметрларини ўрнатиш ойнаси 14.6.4.4-расмда кўрсатилган.

IGBT транзисторнинг параметрлари:

Resistance Ron (Ohm) — [Уланган ҳолатдаги қаршилик (Ом)];

Inductance Lon (H) — [Уланган ҳолатдаги Индуктивлик (Гн)];

Forward voltage Vf (V) — [Тўғри йўналишдаги кучланиш пасайиши (В)];

Current 10% fall time Tf (s) — [Ёпилиш жараёнида токнинг 0,1Imax гача пасайиш вақти (с)];

Current tail time Tt (s) — [Кечикиш вақти (с). Токнинг 0,1Imax дан нолгача пасайиш вақти;

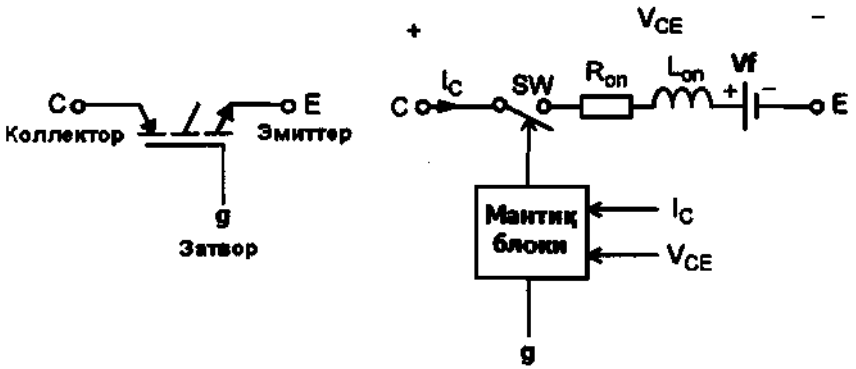
Initial current Ic (A) — [Токнинг бошланғич қиймати (А)]. Агар унинг қиймати нол бўлса моделлаш транзисторнинг ёпиқ ҳолатидан бошланади. Моделлаш транзисторнинг очиқ ҳолатидан бошланиши учун токнинг бошланғич қиймати сифатида мусбат қиймат берилиши керак;

Snubber resistance Rs (Ohm) — [Демпфирловчи занжирнинг қаршилиги (Ом)];

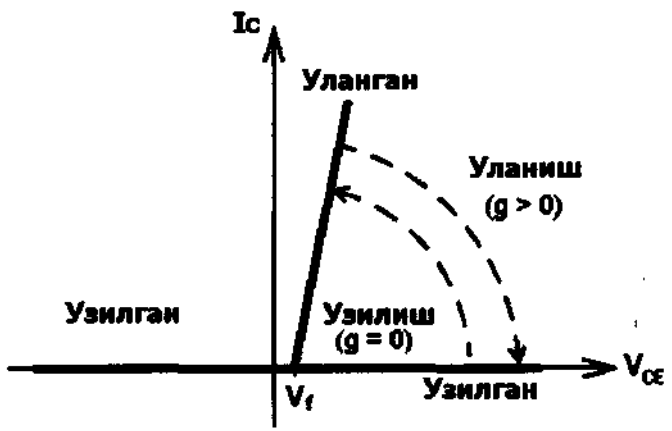
Snubber capacitance Cs (F) — [Демпфирловчи занжирнинг сиғими (Ф)].

Блокнинг чиқиш портида (m билан белгиланган) икки элементдан иборат вектор Simulink-сигнал шаклланади. Биринчи элемент — транзисторнинг коллектор-эмиттер токи, иккинчи элемент эса — транзисторнинг коллектор-эмиттер кучланиши.

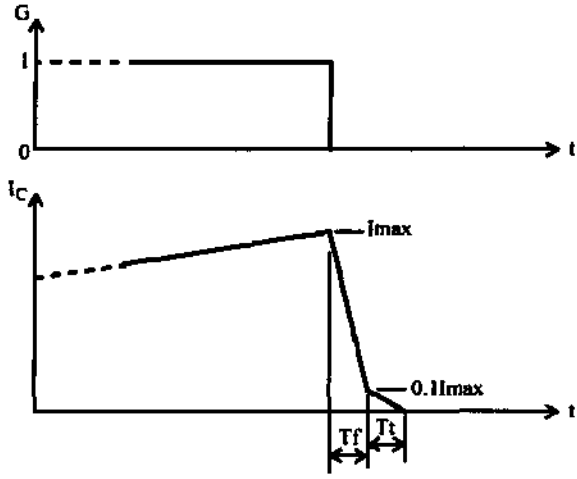
Нореверсив кенглик-импульс ўзгармас кучланиш ўзгарткичи моделининг схемаси 14.6.4.5-расмда кўрсатилган. Унда транзистор юкламага нисбатан параллел уланган. Расмда актив-сиғим юкламадаги кучланиш ва токнинг графиклари ҳам келтирилган.



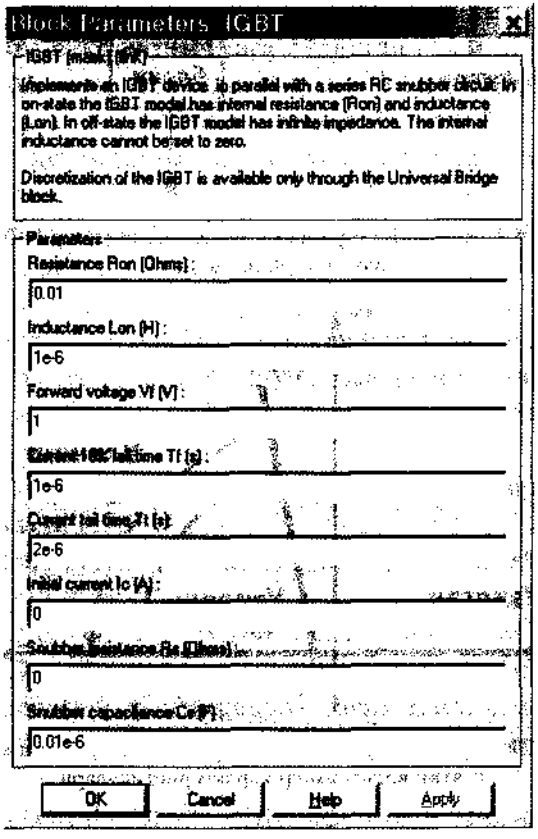
14.6.4.1-расм. Затворн изоляцияланган биполяр IGBT транзисторнинг модели



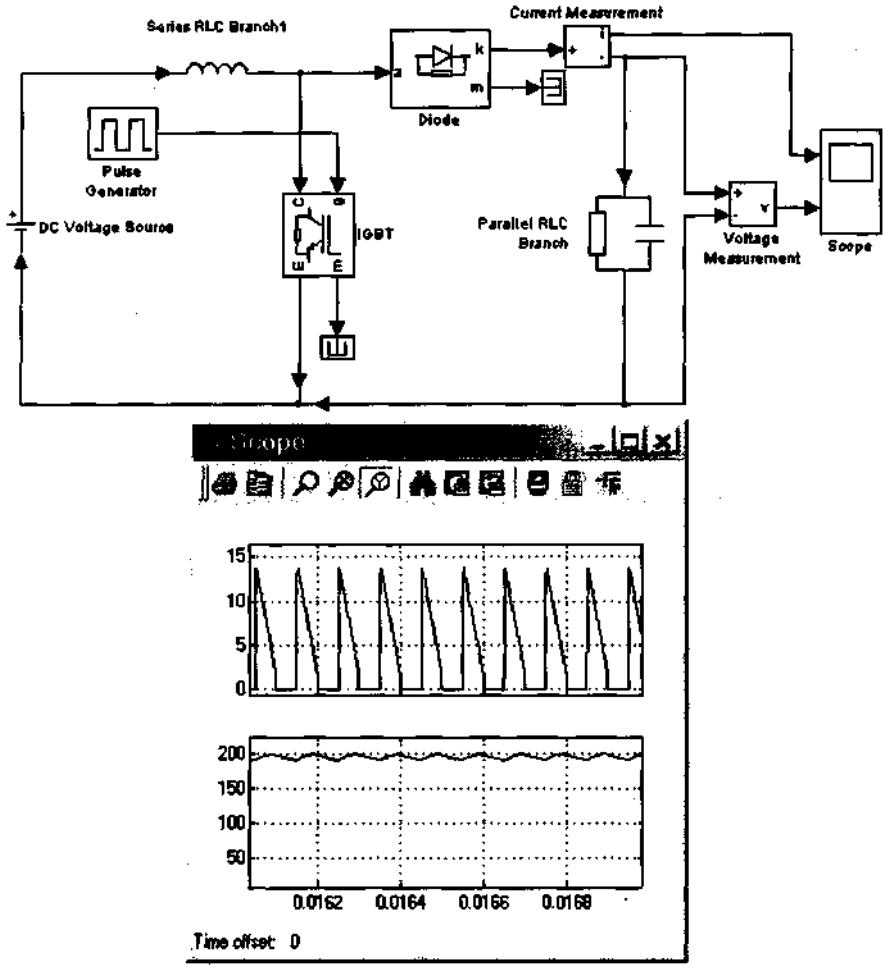
14.6.4.2-расм. IGBT транзистор моделининг уланган ва узилган ҳолатлари учун статик вольт-ампер характеристикалари



14.6.4.3-расм. ***IGBT транзисторнинг ёпилиш жараёни***



14.6.4.4-расм. IGBT транзисторнинг параметрларини ўрнатиш ойнаси



14.6.4.5-расм. Нореверсив кенглик-импульс ўзгармас кучланиш ўзгарткичи моделининг схемаси

14.6.5. Mosfet транзистор

Вазифаси: параллел уланган тескари диодли майдонли куч транзисторини моделлайди.

Mosfet транзисторнинг модели кетма-кет уланган резистор R_{on}, индуктивлик L_{on} ва калит SW дан иборат (14.6.5.1-расм). Мантиқ блоки калитнинг ишини бошқаради. Mosfet транзистор сток-исток кучланиши мусбат ва затворига мусбат сигнал ($g > 0$) берилганда очилади. Затвордаги сигнал нолгача камайганда ($g = 0$) Mosfet тран-

зистор ёпилади. Сток-исток кучланиши манфий бўлганда транзистор ёпиқ ҳолатда бўлади ва ток тескари диод орқали ўтади.

Mosfet транзистор моделининг статик вольт-ампер характеристикалари уланган ва узилган ҳолатлар учун 14.6.5.2-расмда кўрсатилган.

Моделда Mosfet транзисторга параллел демпфирловчи кетма-кет RC-занжир уланган.

Mosfet транзисторнинг параметрларини ўрнатиш ойнаси 14.6.5.3-расмда келтирилган

Mosfet транзисторнинг параметрлари:

MOSFET on-state resistance Ron (Ohm):[Уланган ҳолатдаги қаршилиги (Ом)].

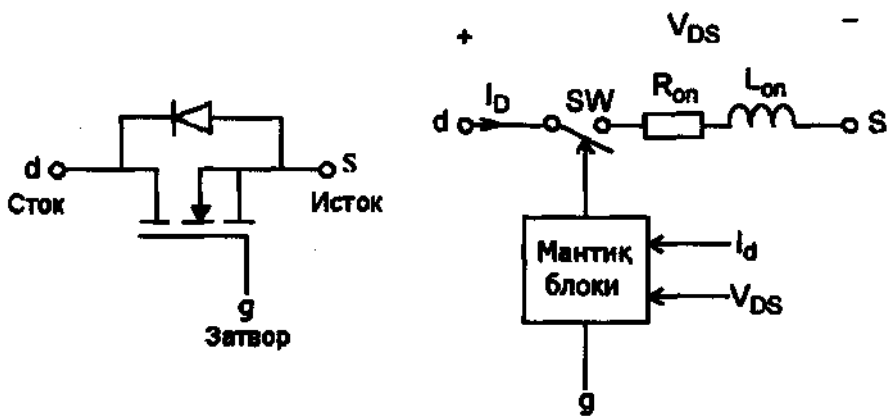
MOSFET on-state inductance Lon (H):[Уланган ҳолатдаги индуктивлиги (Гн)].

Initial current Ic (A):[Токнинг бошланғич қиймати (А)]. Ушбу параметрнинг қиймати нол бўлса моделлаш транзисторнинг ёпиқ ҳолатидан бошланади, мусбат бўлса очиқ ҳолатидан бошланади.

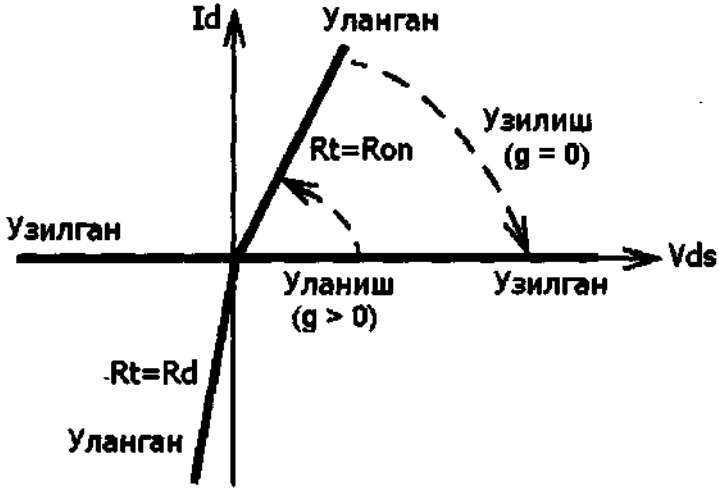
Snubber resistance Rs (Ohm):[Демпфирловчи занжирнинг қаршилиги (Ом)].

Snubber capacitance Cs (F):[Демпфирловчи занжирнинг сиғими (Ф)].

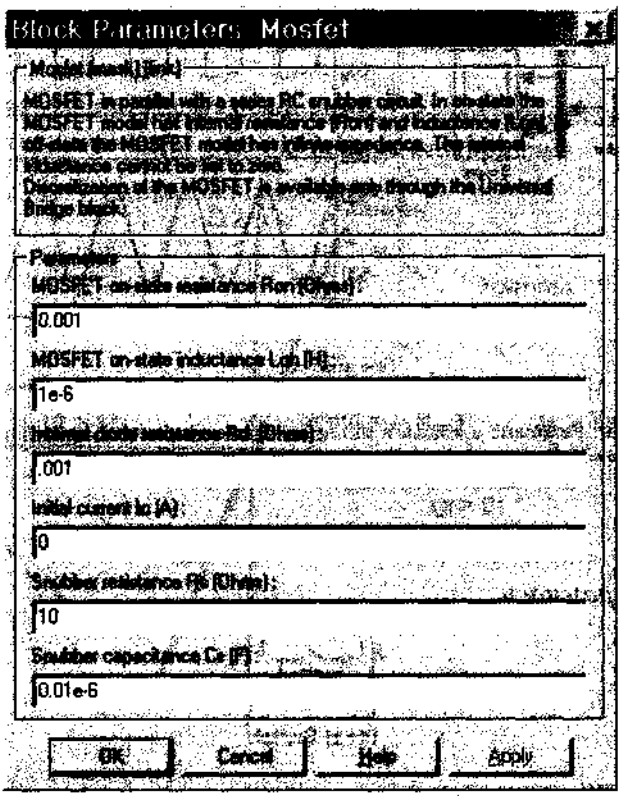
Блокнинг m билан белгиланган чиқиш портида икки элементдан иборат бўлган вектор Simulink-сигнал шаклланади. Унинг биринчи элементи — транзисторнинг сток-исток токи ва иккинчи элементи-транзисторнинг сток-исток кучланиши бўлади.



14.6.5.1-расм. Mosfet транзисторнинг модели



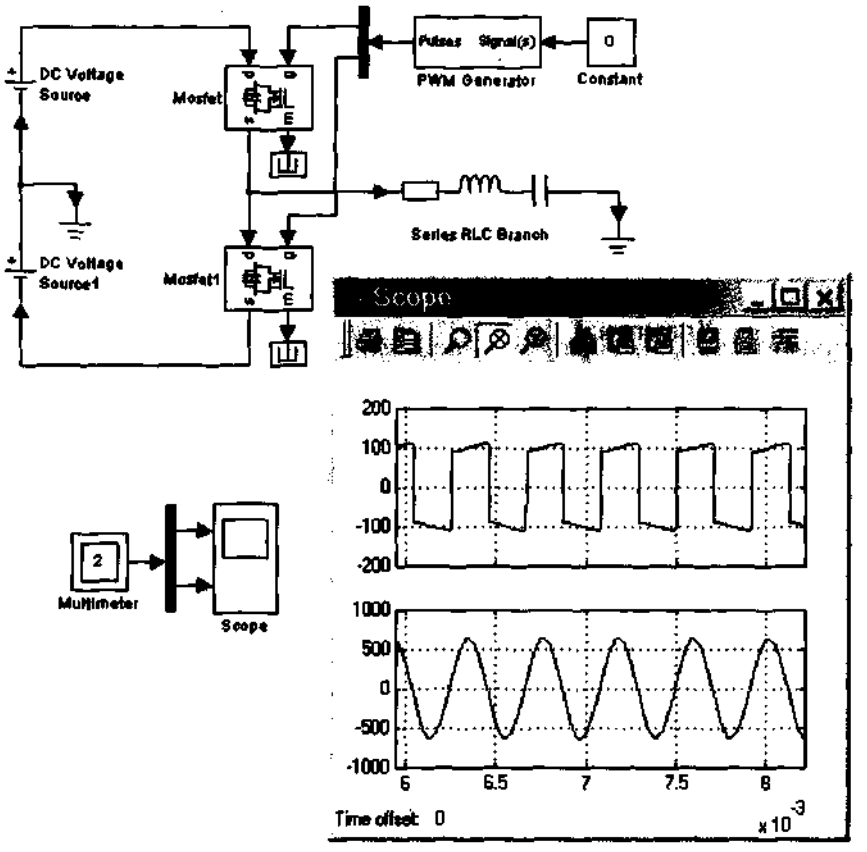
14.6.5.2-расм. Mosfet транзистор моделининг статик вольт-ампер характеристикалари



14.6.5.3-расм. Mosfet транзисторнинг параметрларини ўрнатиш ойнаси

Мисол:

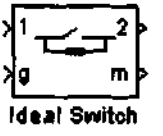
Резонанс юкламага ишловчи ярим кўприкли бир фазали инвертор схемасининг модели 14.6.5.4-расмда кўрсатилган.



14.6.5.4-расм. Резонанс юкламага ишловчи ярим кўприкли бир фазали инвертор схемасининг модели

14.6.6. Идеал калит Ideal Switch

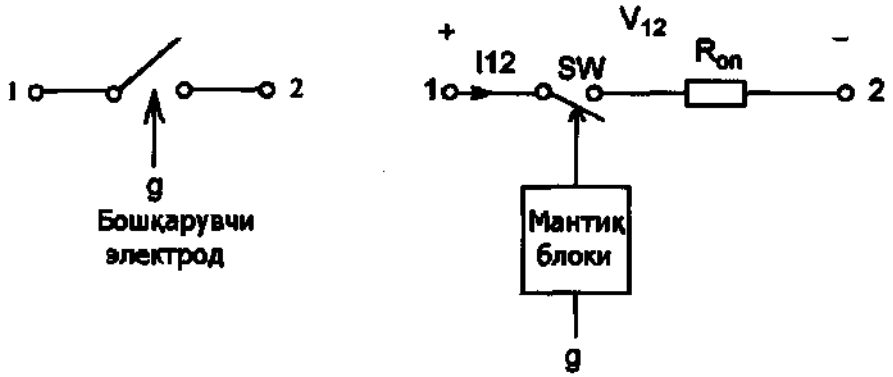
Пиктограммаси:



Вазифаси:

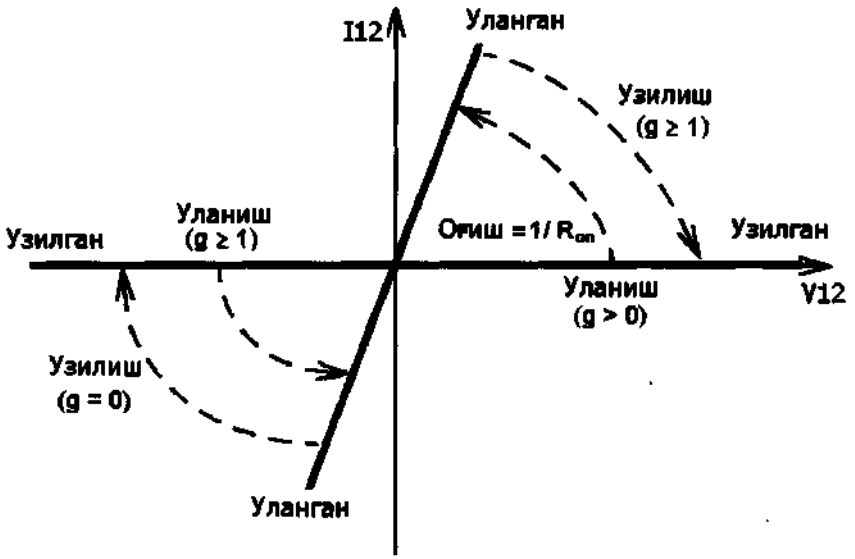
Идеал калитни моделлайди.

Калитнинг модели кетма-кет уланган R_{on} резистор ва SW клитдан иборат (14.6.6.1-расм). Мантиқ блоки калитнинг ишлашини бошқаради. Калит бошқарувчи киришига бирлик мусбат сигнал ($g \geq 1$) берилганда уланади, затворидаги сигнал нолгача камайганда ($g = 0$)узилади.



14.6.6.1-расм. Идеал калитни модели

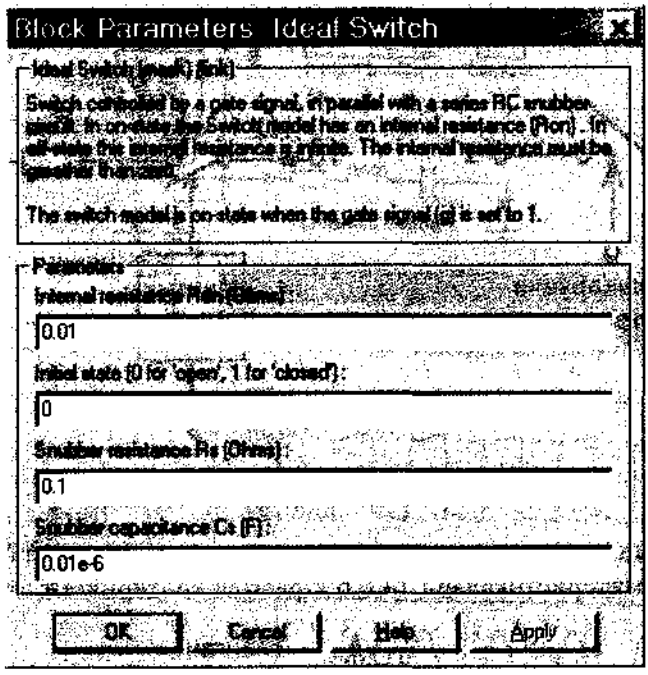
Уланган ва узилган ҳолатлар учун калит моделининг статик вольт-ампер характеристикалари 14.6.6.2-расмда келтирилган.



14.6.6.2-расм. Калит моделининг статик вольт-ампер характеристикалари

Моделда калит контактларига параллел демпфирлаш вазифасини бажарувчи кетма-кет RC-занжир уланган.

Параметрларни бериш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Resistance Ron (Ohm):

[Уланган ҳолатдаги қаршилиги (Ом)],

Initial state:

[Бошланғич ҳолат]. Ушбу параметрнинг қиймати калитнинг очиқ ҳолати учун 1 ва ёпиқ ҳолати учун 0 берилади.

Snubber resistance Rs (Ohm):

[Демпфирловчи занжирнинг қаршилиги (Ом)].

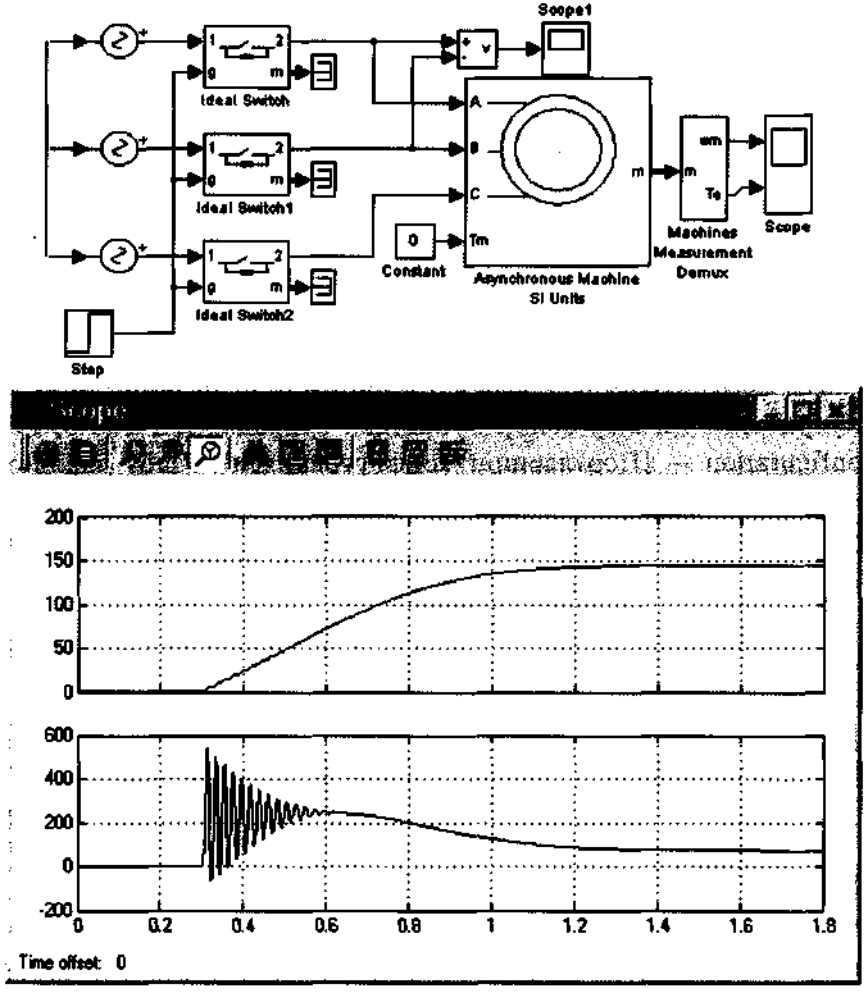
Snubber capacitance Cs (F):

[Демпфирловчи занжирнинг сиғими (Ф)].

Блокнинг m билан белгиланган чиқиш портида икки элементдан иборат (биринчиси-калитдаги ток, иккинчиси-калитдаги кучланиш) вектор Simulink-сигнал ҳосил бўлади.

Мисол:

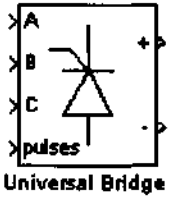
Асинхрон электр двигателни учта калит (Ideal Switch) ёрдамида манбага улаш схемасининг модели 14.6.6.3-расмда. Калитлар учун бошқарувчи сигналлар Step блоки ёрдамида ҳосил қилинади.



14.6.6.3-расм. Асинхрон электр двигателни учта калит (Ideal Switch) ёрдамида манбага улаш схемасининг модели

14.6.7. Универсал кўприк Universal Bridge

Пиктограммаси:



Универсал кўприкнинг модели қуйидагиларни танлаш имкониятини беради:

- кўприк елкаларининг сони (1 дан 3 гача);
- ярим ўтказгичли приборларнинг тури (диодлар, тиристорлар, идеал калит, тўла бошқарилувчи GTO тиристорлар, IGBT ва MOSFET транзисторлар).

Моделда A, B ва C қисмаларнинг турини (кириш ёки чиқиш) ҳам танлаш мумкин (14.6.7.1-расм).

Универсал кўприкнинг параметрларини ўрнатиш ойнаси 14.6.7.2-*расмда келтирилган.*

Универсал кўприкнинг параметрлари: Number of bridge arms — [Кўприкдаги елкалар сони]. Рўйхатдан олинади: 1, 2 ёки 3; Port configuration — [Портларнинг конфигурацияси]. Ушбу параметр портнинг қайси қисмалари кириш ва қайсилари чиқиш қисмалари бўлишини белгилайди. Унинг қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:

- ABC as input terminals — A, B и C қисмалар кириш бўлади;
- ABC as output terminals — A, B и C қисмалар чиқиш бўлади.

Snubber resistance Rs (Ohm) — [Демпфирловчи занжирнинг қаршилиги (Ом)]; Snubber capacitance Cs (F) — [Демпфирловчи занжирнинг сиғими (Ф)]; Power Electronic device — [Кўприкнинг ярим ўтказгичли қурилмаларининг тури]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:

- Diodes — диодлар;
- Thyristors — тиристорлар;
- GTO / Diodes — тескари диод билан шунтланган тўла бошқарилувчи тиристорлар;
- MOSFET / Diodes — тескари диод билан шунтланган MOSFET-транзисторлар;
- IGBT / Diodes — тескари диод билан шунтланган IGBT-транзисторлар;
- Ideal Switches — идеал калит.

Measurements — [Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Ушбу параметр Multimeter блокига ўтказиладиган ўзгарувчиларни танлаш имкониятини беради. Танланган ўзгарувчиларни кейинчалик Scope блоки ёрдамида кўриш мумкин. Ўлчанадиган ўзгарувчиларни қуйидаги

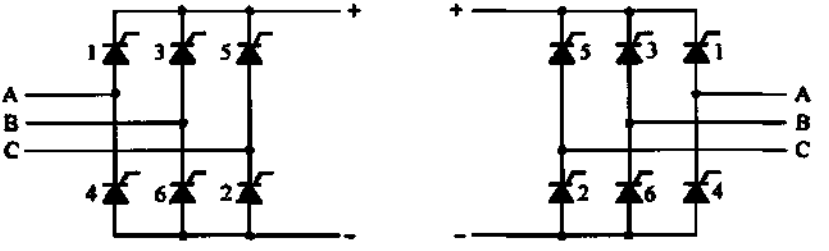
рўйхатдан танлаш мумкин:

- None — ўзгарувчилар танланмаган;
- Device voltages — ярим ўтказгичли қурилмадаги кучланишлар;
- Device currents — ярим ўтказгичли қурилмаларнинг токлари;
- UAB UBC UCA UDC voltages — кўприк қисмаларидаги кучланишлар;
- All voltages and currents — кўприкнинг ҳамма кучланиш ва токлари.
- Multimeter блокида акс эттириладиган сигналлар қуйидагича белгиланади:
- Usw1, Usw2, Usw3, Usw4, Usw5, Usw6 — калитлардаги кучланишлар;
- Isw1, Isw2, Isw3, Isw4, Isw5, Isw6 — калитларнинг токлари;
- Uab, Ubc, Uca, Udc — кўприкнинг қисмаларидаги кучланишлар.

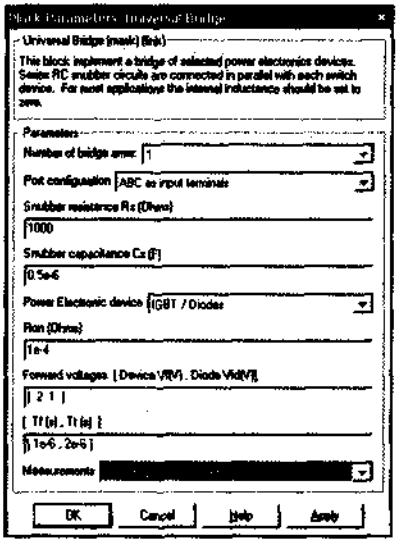
Юқорида келтирилган параметрлардан ташқари диалог ойнасида танланган ярим ўтказгичли приборлар учун ҳам параметрлар берилади.

Актив-индуктив юкламага ишловчи уч фазали тиристорли тўғрилагичнинг схемаси 14.6.7.3-расмда келтирилган. Тўғрилагич инвертор режимига 0,06 с га тенг бўлган вақт моментида ўтказилади. Графиклардан кўриниб турганидек, бунда тўғрилагичнинг чиқиш кучланиши ишорасини ўзгартиради.

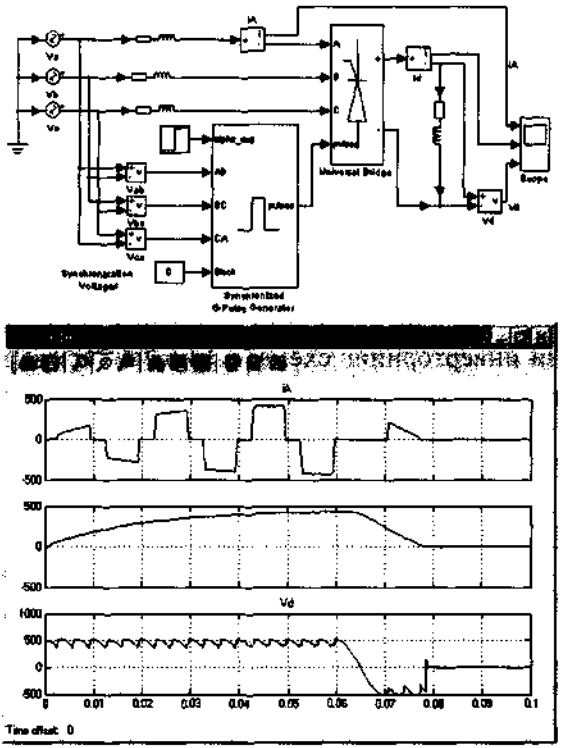
Тескари диод билан шунтланган IGBT-транзисторларда бажарилган бир фазали инверторнинг схемаси 14.6.7.4-расмда келтирилган. Инверторнинг юкламаси резонанс характерга эга бўлганлиги сабабли ундаги ток синусоидал характерга эга.



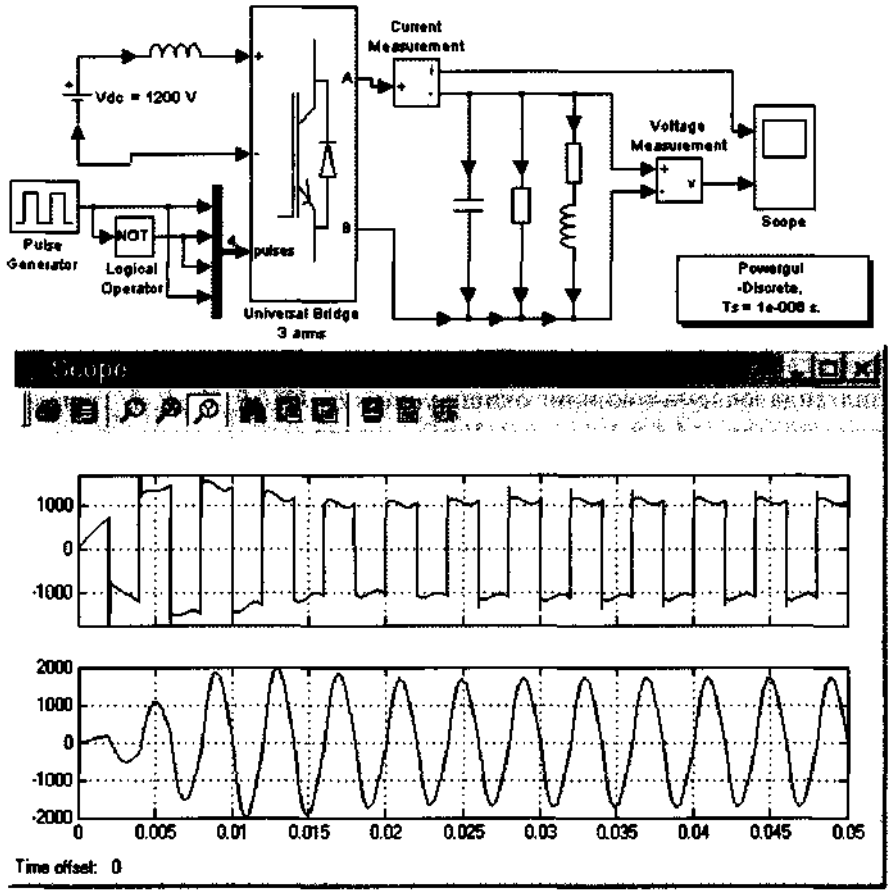
14.6.7.1-расм. Универсал кўприк Universal Bridge



14.6.7.2-расм. Universal Bridge блокининг параметрларини созлаш ойнаси



14.6.7.3-расм. Актив-индуктив юкламага ишловчи уч фазали тиристорли тўғрилагичнинг схемаси



14.6.7.4-расм. Тескари диод билан шунтланган IGBT-транзисторларда бажарилган бир фазали инверторнинг схемаси

14.6.8. Кенглик-импульс ўзгарткич бошқариш схемасининг виртуал моделлари

14.6.8.1. Симметрик бошқарилувчи бир елкали кенглик-импульс ўзгарткич

Ўзгармас кучланиш ўзгарткичларига кенглик-импульс (импульснинг давомийлиги билан бошқариладиган) ўзгарткичлар ва ўзгармас ток электр таъминотининг импульс манбалари киради.

Кенглик-импульс ўзгарткичлари (КИЎ) одатда ростланувчи ўзгармас ток электр юритмаларида қўлланилади. Тузилиши бўйича КИЎлар бир елкали (14.6.8.1,а-расм) ва кўприкли (икки елкали

(14.6.8.8,*а-расм)* КИЎларга бўлинади. Бир елкали КИЎлар ўрта нуқтали манбадан таъминланади.

КИЎларни бошқариш учун асосан қуйидаги уч усулдан (алгоритмдан) бири қўлланилади: симметрик, носимметрик, навбатли.

Кейинги икки усул фақат кўприкли КИЎларда ишлатилади.

Симметрик бошқариш усулида КИЎ елкаларидаги транзисторлар қарама-қарши фазаларда уланиб узилади (14.6.8.1, г-расм).

Қарама-қарши э.ю.к. ва R_H, L_H юклама бўлганда симметрик бошқарилувчи КИЎда коммутацион интерваллар нинг ҳосил бўлиш кетма-кетлиги ва электромагнит жараёнларни кўрайлик. Схема бўйича юқоридаги VT1 транзистор уланганда ва пастдаги VT2 транзистор узилганда юклама токининг оқиши учун $+U_n, VT1, R_H, L_H, E, -U_n$ занжир ҳосил бўлади (14.6.8.1,*б-расм)*. Ушбу интервалда юкламага таъминлаш кучланиши U_n қўйилади, ток эса минимал Imin қийматидан максимал Imax қийматгача ортади(14.6.8.1, г-расм). VT1 транзистордаги кучланиш нолга, ток эса юклама токига тенг бўлади.

VT2 транзистордаги кучланиш $2U_n$ га тенг. D2 диод учун ушбу кучланиш манфий ва диоддан ўтаётган ток нолга тенг бўлади. VT2 транзистор уланганда ва VT1 транзистор узилганда юкламанинг индуктивлигида йиғилган энергия ҳисобига ток аввалги йўналишида оқишда давом этади. Бунда 14.6.8.1, в-расмда кўрсатилган занжир ҳосил бўлади. Юклама токи э.ю.к. ва U_n манбага нисбатан тескари йўналишда бўлади. Ушбу интервалда юкламадаги кучланиш ўз ишорасини ўзгартиради, ток эса камаяди.

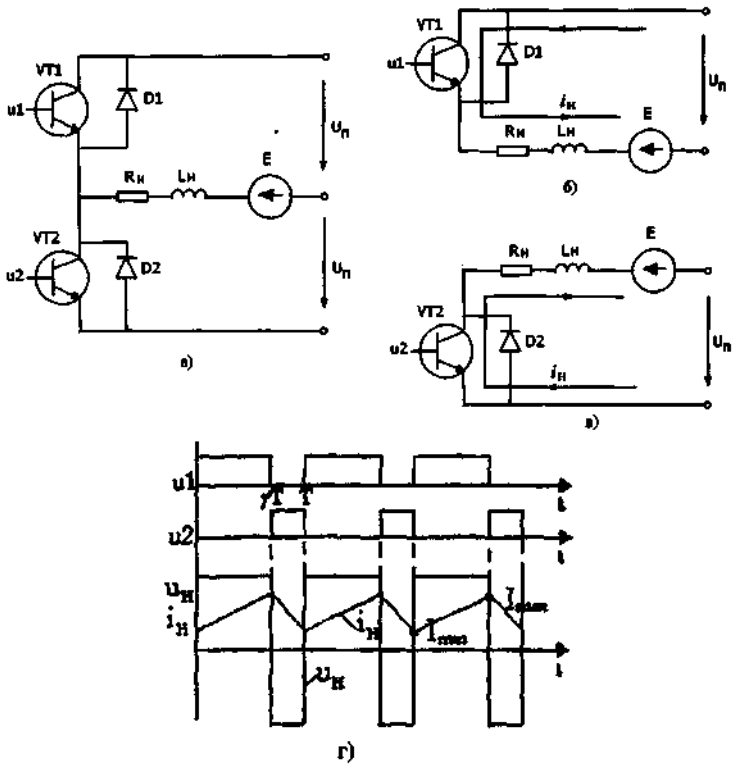
VT1 транзисторга $2U_n$ кучланиш тўғри келади, D2 диод очиқ бўлади, ундаги кучланиш нолга тенг, ток эса юклама токига тенг бўлади (14.6.8.1, в-расм).

Агар ушбу интервалда индуктивликда йиғилган энергия етарли бўлмаса ток нолгача камайиб, кейин ўз йўналишини ўзгартириши мумкин. Бунда ток D2 диоддан VT2 транзисторга ўтади.

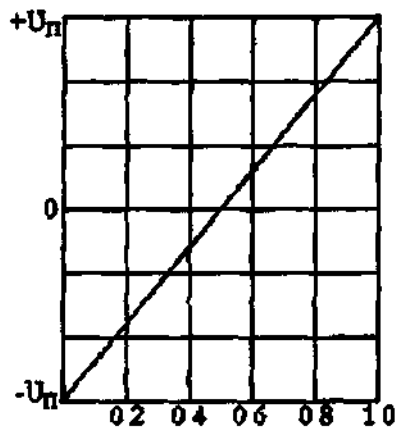
Симметрик бошқаришда юкламада ишораси ўзгарувчи кучланиш шаклланади, ушбу кучланишнинг ўртача қиймати эса қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$U_H = \frac{1}{T}\int_0^{\gamma T} U_{\text{П}} di - \frac{1}{T}\int_{\gamma f}^{T} U_{\text{П}} dt = (2\gamma - 1)U_{\text{П}}, \qquad (14.6.8.1)$$

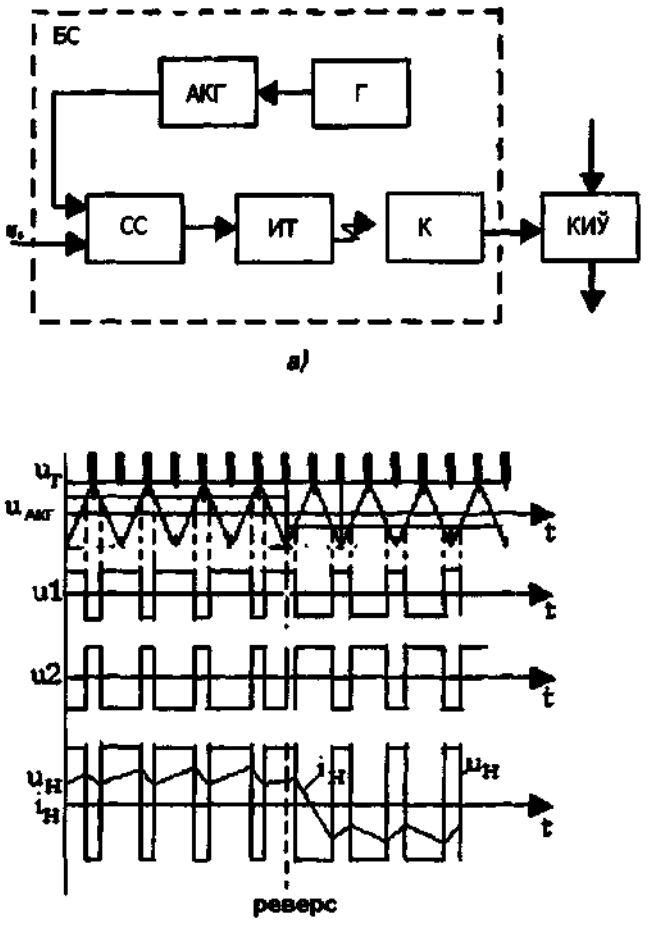
у γ_0 = 0,5 бўлганда нолга тенг, $\gamma > 0{,}5$ бўлганда юкламадаги ўртача кучланиш мусбат, $\gamma < 0{,}5$ бўлганда эса ўртача кучланиш манфий бўлади. Симмметрик бошқаришда (14.6.8.1) ифода бўйича ҳисобланган КИЎ нинг ростлаш характеристикаси 14.6.8.2-расмда кўрсатилган.



14.6.8.1-расм. Симметрик бошқарилувчи бир елкали КИЎ



14.6.8.2-расм. Симметрик бошкарилувчи КИЎнинг ростлаш характеристикаси



14.6.8.3-расм. КИЎни бошқаришнинг функционал схемаси (а) ва электромагнит жараёнлар (б)

КИЎни симметрик бошқаришни амалга оширадиган функционал схема (БС) 14.6.8.3, а-расмда ва ундаги электромагнит жараёнлар 14.6.8.3, б-расмда кўрсатилган.

Импульслар генератори (Г) билан тактланувчи аррасимон кучланишлар генератори (АКГ) даври Т бўлган аррасимон кучланишни ҳосил қилади. Солиштириш схемаси (СС) релели элемент бўлиб, унинг чиқишидаги сигнал киришидаги ва АКГнинг чиқишидаги кучланишлар тенг бўлганда плюсдан минусга ёки тескарисига ўзгаради (14.6.8.3,б-расм). КИЎни бошқарувчи импульс тарқатгич (ИТ) иккита

чиқишга эга: биринчиси — тўғри, иккинчиси эса — инверс. ИТнинг чиқишидаги импульслар кучайтиргичлар (К) ёрдамида кучайтирилиб VT1, VT2 транзисторларнинг базаларига берилади (14.6.8.1, 14.6.8.3, б-расмлар).

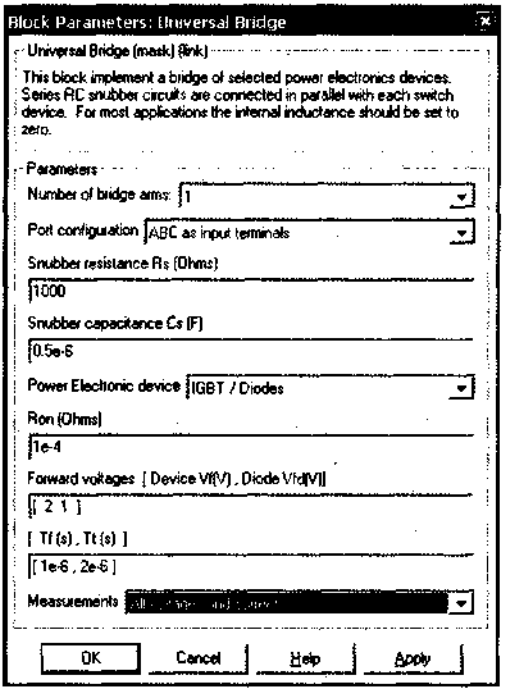
14.6.8.2. КИЎни бошқариш схемасининг виртуал модели

КИЎнинг куч қисми MATLABнинг Universal Bridge блоки ёрдамида амалга оширилади. Universal Bridge блокининг параметрларини созлаш ойнаси 14.6.8.4-расмда келтирилган. Унинг юқори қисмидаги қалқиб чиқувчи менюдан 1 рақами танланади. Port configuration майдонида чиқиш портлари сифатида ўзгарувчан ток портлари берилади. Кейинги иккита майдонга снаберларнинг параметрлари киритилади. Power Electronic device майдонидаги қалқиб чиқувчи рўйхатдан ярим ўтказгичли куч приборининг тури танланади. Ушбу ҳолда IGBT транзисторлар танланган. Транзистор билан биргаликда тескари диод ҳам бўлади. Куч калитининг очиқ ҳолатдаги параметрлари кейинги иккита майдонда кўрсатилади. Навбатдаги майдонларда куч приборининг динамик параметрлари берилади. Сўнгги майдондаги қалқиб чиқувчи менюдан моделлаш вақтида Multimeter блоки ёрдамида ўлчанадиган катталикдан танланади.

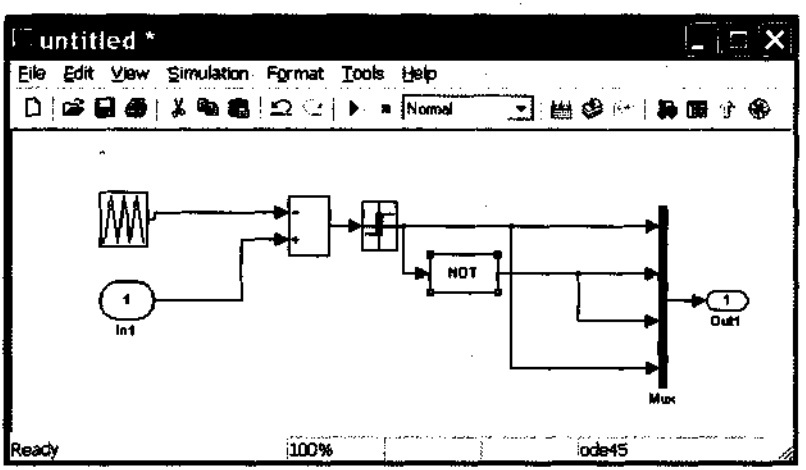
КИЎни бошқариш схемасининг модели 14.6.8.5-расмда кўрсатилган. У Simulink библиотекасининг асосий блоклари ёрдамида 14.6.8.3, *а*-расмда кўрсатилган функционал схемага асосан тузилган.

Бошқариш схемасидаги Repeating Sequence блок аррасимон кучланишлар генераторини амалга оширади. Ушбу генераторнинг созлаш ойнаси 14.6.8.6-расмда кўрсатилган. Унинг биринчи ойнасида аррасимон кучланишнинг оғиш белгиси ўзгарадиган даврдаги вақт интерваллари, иккинчи майдонида эса ушбу моментларга мос келувчи кучланишлар кўрсатилади. Масалан, 14.6.8.6-расмдан давр 0,002 секунд, аррасимон кучланишнинг амплитудаси 2В ва кучланиш нол қийматга нисбатан симметрик эканлигини кўришимиз мумкин. Sum, Relay блоклар солиштириш схемасини (14.6.8.3-расмдаги СС блок) амалга оширади. Logical Operator блок сигнални инвертирлайди, Мих блок эса Universal Bridge блокини бошқариш учун зарур бўлган иккита скаляр сигнални битта вектор сигналга ўзгартиради. Бу ерда шуни такидлаш керакки, реал схемаларда транзисторни ёпиш учун унинг базасида кичик манфий кучланишни шакллантириш зарур бўлади. Universal Bridge виртуал блокининг транзисторларини ёпиш учун бундай кучланиш нол бўлиши ҳам мумкин.

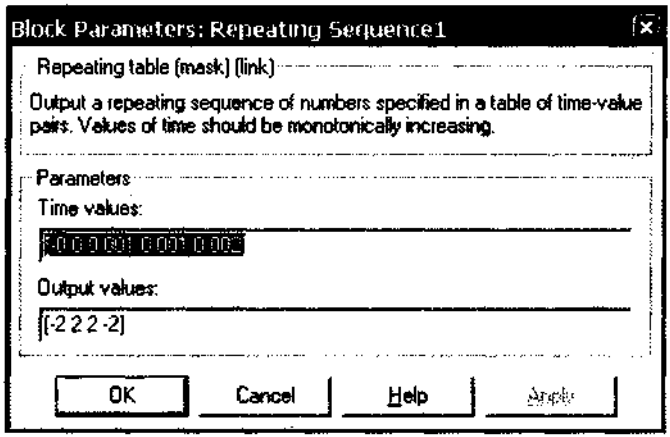
Scope блоки ёрдамида олинган бошқариш схемасидаги сигналларнинг графиклари 14.6.8.7-расмда кўрсатилган. Юқоридаги осциллограммада АКГнинг чиқишидаги ва пастдаги осциллограммада транзисторнинг базасига бериладиган кучланишлар кўрсатилган.



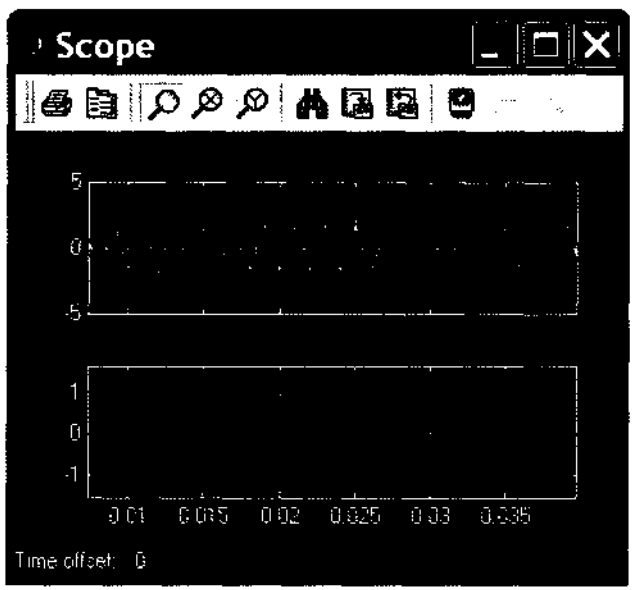
14.6.8.4-расм. Universal Bridge блокининг параметрларини созлаш ойнаси



14.6.8.5-расм. КИЎни бошқариш схемасининг модели



14.6.8.6-расм. АКГни созлаш ойнаси

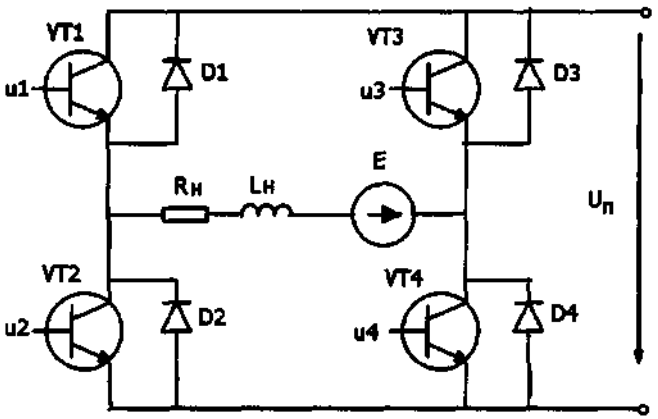


14.6.8.7-расм. Моделлаш натижалари

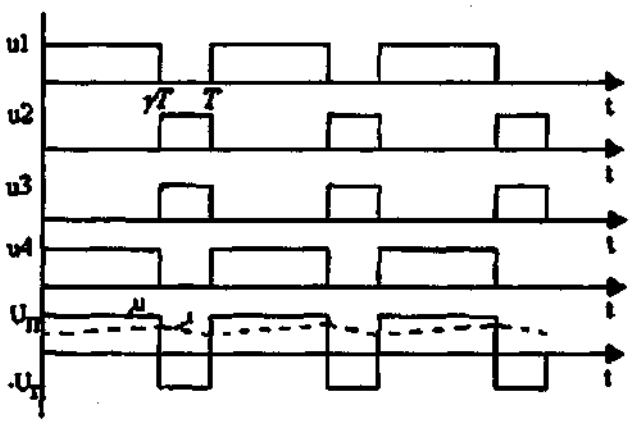
14.6.8.3. Кўприкли кенглик-*импульс ўзгарткич*

Кўприкли КИЎнинг принципиал схемаси 14.6.8.8, *а*-расмда келтирилган. У D1 — D4 тескари диодли тўртта VT1 — VT4 транзистор калитлардан иборат. Транзистор калитлардан ташкил топган кўприкнинг диагоналига юклама уланган. КИЎ ўзгармас ток манбасидан таъминланади.

Симметрик усул билан бошқарилганда кўприкнинг тўрттала транзистор калити ҳам уланиб узилиши мумкин. Бунда КИЎнинг чиқишидаги кучланиш ишораси ўзгариб турувчи импульслар кўринишида бўлади. Импульсларнинг давомийлиги кириш сигнали ёрдамида ростланади.



а)



б)

14.6.8.8-расм. Кўприкли КИЎ (а) ва уни симметрик бошқариш алгоритми (б)

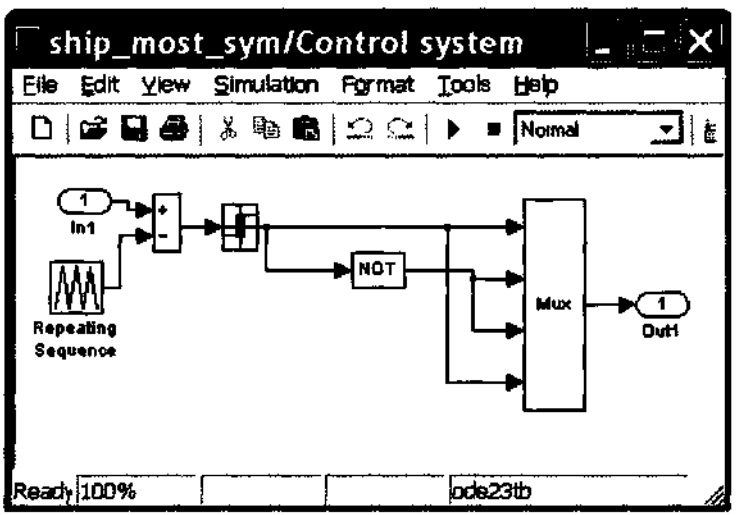
Симметрик бошқариладиган кўприкли КИЎнинг вақт бўйича диаграммалари 14.6.8.8,б-расмда келтирилган. Бир елкали схема билан таққосланганда ушбу схемадаги ёпиқ транзисторларга $2U_п$ эмас, балки ундан икки марта кичик $U_п$ га тенг бўлган таъминлаш манбасининг кучланиши таъсир қилади. Шу сабабли кўпчилик ҳолларда кўприкли схемани қўллаш мақсадга мувофиқ.

Симметрик бошқариладиган кўприкли КИЎда бошқариш импульслари бир вақтнинг ўзида диагонал бўйича жойлашган иккита транзисторга берилади (14.6.8.8,б-расм).

14.6.8.4. Симметрик бошқариладиган кўприкли КИЎнинг виртуал модели

Симметрик бошқариладиган кўприкли КИЎнинг куч қисми Universal Bridge блоки ёрдамида бажарилади. Universal Bridge блоки параметрларини созлаш ойнасининг юқори қисмидаги очилувчи рўйхатдан 2 рақами танланади.

Бошқариш схемасининг модели 14.6.8.9-расмда кўрсатилган. У Simulink библиотекасининг асосий блоклари ёрдамида тузилган.



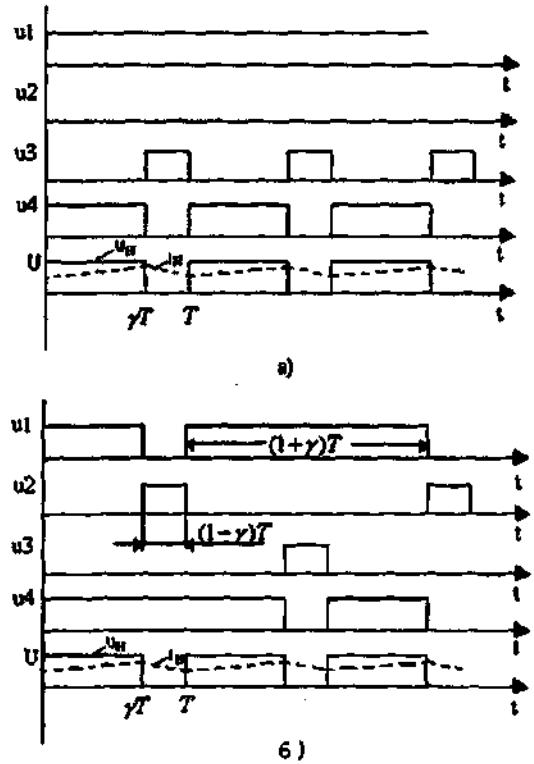
14.6.8.9-расм. Кўприкли КИЎни бошқариш схемасининг модели

Симметрик бошқариш усули асосан қуввати кичик бўлган ўзгармас ток электр юритмаларида ишлатилади. Унинг афзалликлари бўлиб соддалиги ва ростлаш характеристикасида сезмаслик зонасининг йўқлигидир. Камчилиги эса юклама кучланишининг икки қутблилиги ва шу сабабли юклама токининг катта пульсланишга эга бўлишидир.

Ушбу камчиликни бартараф қилиш учун асосан носимметрик бошқариладиган КИЎлар қўлланилади

Носимметрик бошқариладиган КИЎлардаги электромагнит жараёнлар 14.6.8.10-расмда келтирилган. Уларда VT3 ва VT4 транзистор

калитлар уланиб узилади (кириш сигналининг тескари қутбида VT1 ва VT2 калитлар), VT1 транзистор калит доимо очиқ ва тўйинган, VT2 калит эса доимо ёпиқ бўлади.



14.6.8.10-расм. Кўприкли КИЎ транзисторларини несимметрик (а) ва навбат билан (б) бошқариш

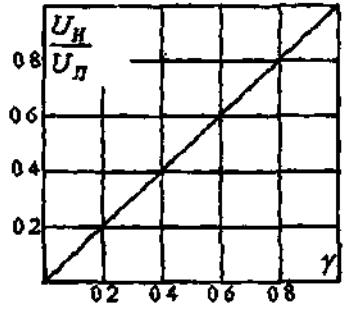
VT3 и VT4 транзисторли калитлар ўзаро тескари фазада уланиб узилади. Бунда КИЎнинг чиқишида бир қутбли импульслар шаклланади. Кўриб ўтилган бошқариш усулининг камчилиги схема бўйича юқоридаги (VT1, VT3) транзистор калитларнинг пастдаги транзистор калитларга нисбатан кўпроқ юкланишидир. Ушбу камчилик навбат билан бошқариш усулида бартараф қилинган.

Навбат билан бошқариш усули учун вақт диаграммалари 14.6.8.10,б-расмда келтирилган. Бунда, кириш сигналининг ҳар қандай ишорасида ҳам, кўприкнинг ҳамма (тўртта) транзистор калитлари улаб узилиш ҳолатида бўлади. КИЎ носимметрик ёки навбат билан бошқарилганда юкламада кириш сигналига пропорционал ва давомийлиги γТ бўлган бир қутбли импульслар шаклланади.

Юкламадаги кучланишнинг ўртача қийматини қуйидаги ифодадан аниқлаш мумкин:

$$U_н = \frac{1}{T}\int_0^{\gamma T} U_п dt = \gamma U_п. \qquad (14.6.8.2)$$

Носимметрик ёки навбат билан бошқариладиган КИЎнинг ростлаш характеристикаси 14.6.8.11-расмда келтирилган.

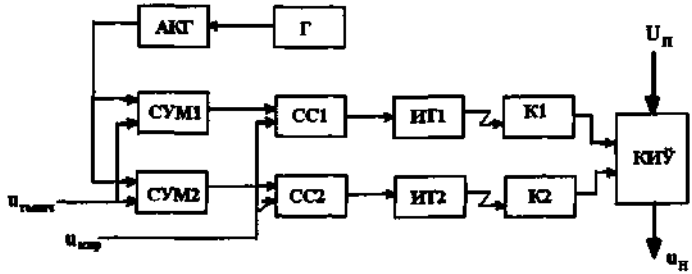


14.6.8.11-расм. Носимметрик ёки навбат билан бошқариладиган КИЎнинг ростлаш характеристикаси

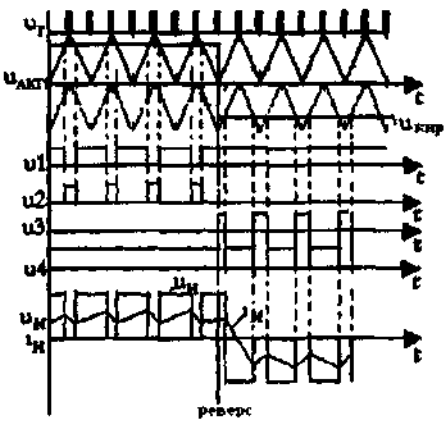
Транзисторли КИЎни носимметрик бошқаришнинг функционал схемаси ва ундаги электромагнит жараёнлар 14.6.8.12-расмда келтирилган. У импульс генератор (Г), аррасимон кучланишлар генератори (АКГ), иккита сумматор (СУМ1, СУМ2), иккита солиштириш схемаси (СС1, СС2), иккита импульс тарқатгич (ИТ1, ИТ2) ва кучайтиргичдан (К1,К2) иборат.

АКГнинг чиқишидаги кучланиш таянч кучланиш Uоп билан сумматорларнинг киришларида таққосланади. Таянч кучланиш АКГнинг чиқишидаги кучланишга тенг қилиб олинганлиги сабабли солиштириш схемасининг киришига Uоп га силжиган аррасимон кучланишлар келади (14.6.8.12, *б-расм).* СС1 солиштириш схемаси ўзининг ИТ1 импульс тарқаткичи ва К1 кучайтиргичлари билан биргаликда кўприкнинг битта елкасидаги (VT1,VT2, 14.6.8.8-расм) уланиб узилишларни бошқаради. СС2 солиштириш схемаси эса ИТ2 ва К2 лар билан биргаликда кўприкнинг иккинчи елкасидаги (VT3, VT4, 14.6.8.8-расм) уланиб узилишларни бошқаради. Натижада кириш сигналининг ишорасига боғлиқ ҳолда кўприкнинг бир елкасидаги транзисторлар уланиб узилади, иккинчи елкасидаги транзисторлардан бири доимо очиқ, иккинчиси эса доимо ёпиқ бўлади. Кириш сигналининг ишораси ўзгарганда кўприк елкаларининг иш режимлари ҳам алмашади.

Бошқариш схемасининг виртуал модели 14.6.8.13-расмда келтирилган. Ушбу модел аввал кўриб ўтилган моделдан қўшимча иккита сумматор, таянч силжитиш кучланишининг блоки (Constant блоки) ва импульс тарқаткич канали билан фарқ қилади.

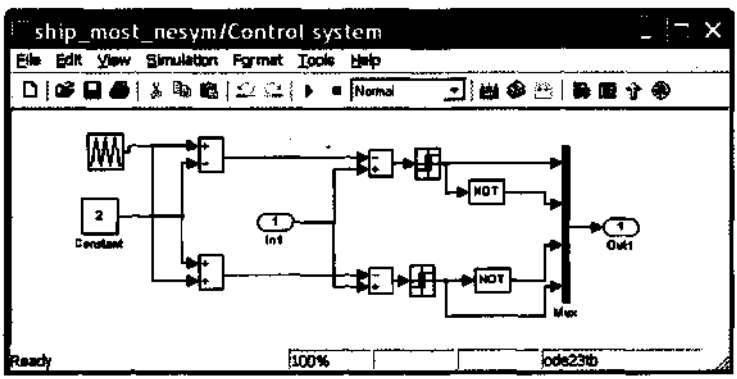


а)



б)

14.6.8.12-расм. Носимметрик бошқариладиган транзисторли КИЎни бошқаришнинг функционал схемаси (а) ва ундаги электромагнит жараёнлар (б)

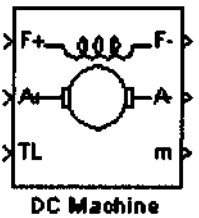


14.6.8.13. КИЎни носимметрик бошқариш блокининг модели

14.7. Machines — электр машиналар

14.7.1. Ўзгармас ток машинаси DC Machine

Пиктограммаси:

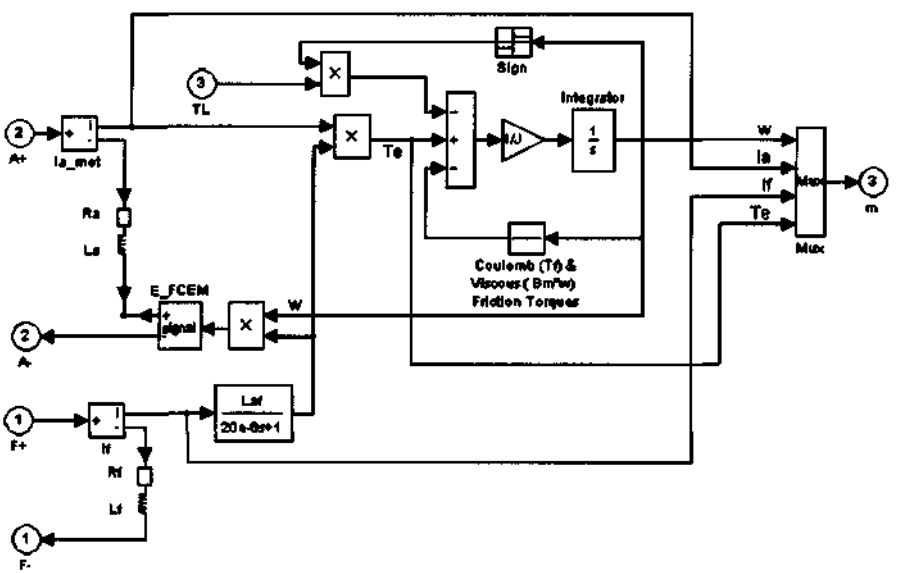


Вазифаси:

Ўзгармас ток электр машинасини моделлайди.

Моделнинг A+ и A- портлари машина якор чўлғамининг чиқишлари, F+ и F- портлар эса қўзғатиш чўлғамининг чиқишлари бўлиб ҳисобланади. TL порти ҳаракатланишга қаршилик моментини узатиш учун мўлжалланган. Чиқиш порти **m** да тўртта элементдан иборат бўлган вектор сигнал шаклланади: тезлик, якор токи, қўзғатиш токи ва машинанинг электромагнит моменти.

Ўзгармас ток машинаси моделининг схемаси 14.7.1.1-расмда кўрсатилган.



14.7.1.1-расм. Ўзгармас ток машинаси моделининг схемаси

Машинанинг якор занжири кетма-кет уланган Ra — якор занжирининг актив қаршилиги, La — якор занжирининг индуктивлиги ва E_FCEM — якор чўлғамининг ЭЮК сидан (бошқарилувчи кучланиш манбаси) иборат. Якор чўлғамининг ЭЮК си қуйидаги ифодага асосан ҳисобланади:

$$E = K_E \cdot \omega$$

бу ерда

E — якор чўлғамининг ЭЮК си,

ω — электродвигател валининг айланиш тезлиги,

K_E — ЭЮК ва тезлик орасидаги пропорционаллик коэффициенти.

ЭЮК ва тезлик орасидаги пропорционаллик коэффициенти машинанинг қўзғатиш чўлғамидаги токнинг катталигига боғлиқ:

$$K_E = L_{of} \cdot I_f$$

бу ерда

L_{of} — якор чўлғами ва қўзғатиш чўлғами орасидаги ўзаро индуктивлик,

I_f — машинанинг қўзғатиш чўлғамидаги ток.

Машинанинг қўзғатиш чўлғами унинг Ra — актив қаршилиги ва La — индуктивлиги сифатида келтирилган.

Моделнинг механик қисми машина валининг айланиш тезлигини қуйидаги ифодага асосан ҳисоблайди

$$T_e = J\frac{d\omega}{dt} + B\omega + sign(T_L),$$

бу ерда

T_e — машинанинг электромагнит моменти,

B — қайишқоқ ишқаланиш коэффициенти,

T_L — қуруқ ишқаланиш коэффициенти.

Моделнинг механик қисми интегратор, узатиш коэффициенти $\frac{1}{J}$ бўлган кучайтиргич, жамлагич ва кўпайтиргичдан иборат.

Машина электромагнит моментининг катталиги қуйидаги ифодага асосан ҳисобланади

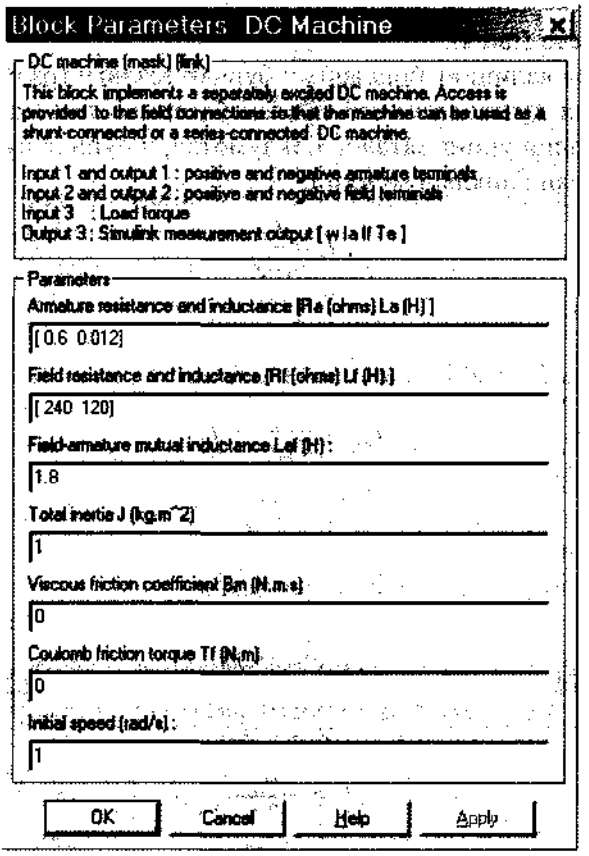
$$T_e = K_T \cdot I_a,$$

бу ерда

I_a — якор токи,

K_T — электромагнит момент ва якор токи орасидаги пропорционаллик коэффициенти. Катталиги бўйича K_T коэффициент K_E коэффициентга тенг.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Параметрлари:

Armature resistance and inductance [Ra (ohms) La (H)]:

[Якор занжирининг актив қаршилиги Ra (Ом) ва индуктивлиги La (Гн)].

Field resistance and inductance [Rf (ohms) Lf (H)]:

[Қўзғатиш занжирининг актив қаршилиги Rf (Ом) ва индуктивлиги Lf (Гн)].

Field-armature mutual inductance Laf (H) :

[Двигателнинг якор занжири ва қўзғатиш занжири орасидаги ўзаро индуктивлик (Гн)].

Total inertia J (kg.m^2):

[Двигателнинг инерция моменти J (кг*м^2)].

Viscous friction coefficient Bm (N.m.s):

[Қайишқоқ ишқаланиш коэффициенти Bm (Н·м·с)].

Coulomb friction torque Tf (N.m):

[Реактив қаршилик моменти Tf (Н·м)].

Initial speed (rad/s):

[Двигател валининг бошланғич бурчак тезлиги (рад/с)].

Мустақил қўзғатишга эга бўлган ўзгармас ток машинасининг параметрларини унинг каталог маълумотлари бўйича қуйидаги ифодаларга асосан аниқлаш мумкин:

$$I_e = \frac{U_e}{R_e},$$

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{30P_H}{\pi n_H},$$

$$I_{\lambda H} = \frac{P_H}{U_{\lambda H}\eta_H} - I_e,$$

$$L_{af} = \frac{M_H}{I_{\lambda H} I_e},$$

$$L_e \geq (2-5)\frac{L_\lambda R_e}{R_\lambda},$$

$$J \geq \frac{(2-5)L_\lambda P_H^2}{R_\lambda^2 \cdot \omega_H^2 \cdot I_{\lambda H}^2},$$

$$I_{10\gamma} = (0{,}5 - 2)\%D_1$$

$$T_f \cong \frac{\Pi_{мех}}{2\omega_H},$$

$$B_m \cong \frac{\Pi_{мех}}{2\omega_H^2}$$

бу ерда

I_e — қўзғатиш чўлғамининг токи,

U_e — қўзғатиш чўлғамининг кучланиши,

R_e — қўзғатиш чўлғамининг актив қаршилиги,

L_e — қўзғатиш чўлғамининг индуктивлиги,

$I_{\lambda H}$ — якор чўлғамининг номинал токи,

$U_{\lambda H}$ — якор чўлғамининг номинал кучланиши,

R_λ — якор чўлғамининг актив қаршилиги,

M_H — номинал момент,

P_H — номинал қувват,

n_H — якорнинг номинал айланиш тезлиги (айл/мин),

ω_H — якорнинг номинал айланиш тезлиги (рад/с),

$\Pi_{мех}$ — машинанинг умумий механик исрофлари.

Якор занжирининг индуктивлигини қуйидаги формулага асосан аниқлаш мумкин:

$$L_\lambda = C\frac{U_{\lambda H}}{I_{\lambda H} n_H P},$$

бу ерда

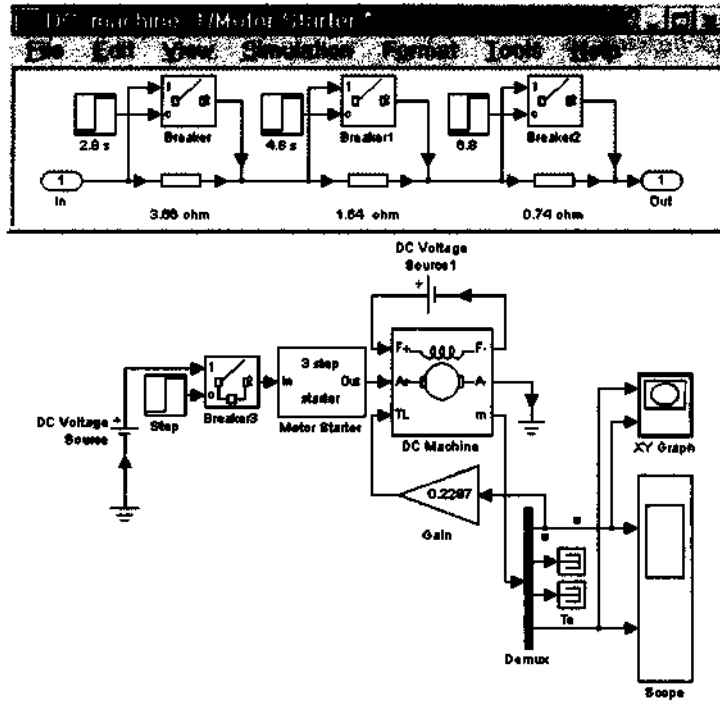
C = (1 – 2,5) компенсацион чўлғамли машина учун (катта қиймат тезлиги паст двигателлар учун),

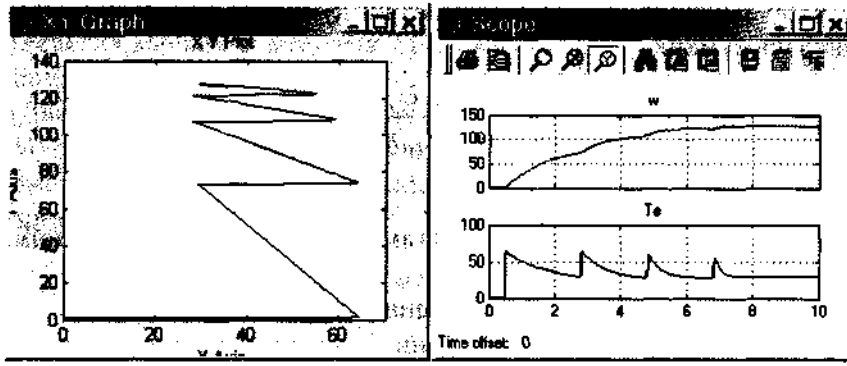
C = 6 компенсацияланмаган машина учун,

p — қутб жуфтликларининг сони.

1-мисол:

Уч поғонали ишга тушириш қурилмаси (Motor Starter блоки) ёрдамида двигателни юргизиш схемасининг модели 14.7.1.2-расмда келтирилган. Расмда двигателнинг тезлиги ва электромагнит моментининг вақт бўйича ўзгариш графиклари ва граф қургич блоки XY-Graph ёрдамида олинган машинанинг динамик характеристикаси ҳам келтирилган. Моделда тезликка боғлиқ бўлган машинанинг ҳаракатланишига қаршилик моменти Gain кучайтиргич ёрдамида ҳосил қилинган.



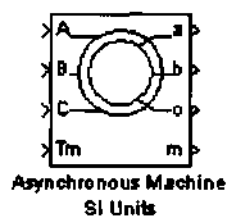


14.7.1.2-расм. Уч поғонали ишга тушириш қурилмаси (Motor Starter блоки) ёрдамида двигателни юргизиш схемасининг модели

Machines библиотекасида ўзгармас ток машинасининг дискрет модели-Discrete DC_Machine ҳам мавжуд. У юқорида кўриб ўтилган моделдан дискрет узатиш функциясига эга бўлган блоклардан фойдаланилганлиги билан фарқ қилади.

14.7.2. Асинхрон машина Asynchronous Machine

Пиктограммаси:

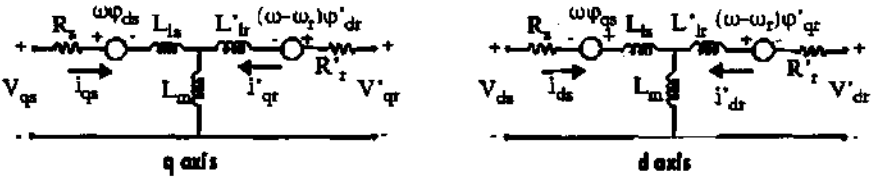


Вазифаси:

Двигател ва генератор режимларида ишлайдиган асинхрон электр машинасини моделлайди. Машинанинг ишлаш режими электромагнит моментнинг ишорасига асосан аниқланади.

Моделнинг A, B ва C портлари машина статор чўлғамининг чиқишлари, a, b ва c портлари эса ротор чўлғамининг чиқишлари бўлиб ҳисобланади. Моделнинг Tm порти ҳаракатланишга қаршилик моментини бошқариш учун хизмат қилади. Моделнинг m чиқиш портида 21 элементдан иборат вектор сигнал шаклланади. Улар қуйидагилар: ҳаракатланмайдиган ва айланувчи координаталар системаларида ротор ва статорнинг токлари, магнит оқимлари ва кучланишлари, электромагнит момент, валнинг айланиш тезлиги ва унинг бурчак ҳолати.

Вектордан ўзгарувчиларни ажратиб олишни қулайлаштириш учун SimPowerSystems библиотекасида MachinesMeasurement Demux блоки мавжуд. Асинхрон машинанинг модели электр ва механик қисмлардан иборат. Электр қисми тўртинчи тартибли ва механик қисми иккинчи тартибли ҳолатлар фазосининг моделидан иборат. Ҳамма электр ўзгарувчилар ва машинанинг параметрлари двигателнинг статор томонига келтирилган. Машина электр қисмининг бошланғич тенгламалари икки фазали (dq-ўқлар) координаталар системаси учун ёзилган. Машинанинг алмаштириш схемаси 14.7.2.1-расмда келтирилган.



14.7.2.1-расм. Асинхрон машинанинг алмаштириш схемаси

Машина электр қисмининг тенгламалари қуйидаги кўринишга эга:

$$V_{qs} = R_s i_{qs} + \frac{d}{dt}\varphi_{qs} + \omega\varphi_{ds}$$

$$V_{ds} = R_s i_{ds} + \frac{d}{dt}\varphi_{ds} - \omega\varphi_{qs}$$

$$V'_{qr} = R'_r i'_{qr} + \frac{d}{dt}\varphi'_{qr} + (\omega - \omega_r)\varphi'_{dr}$$

$$V'_{dr} = R'_r i'_{dr} + \frac{d}{dt}\varphi'_{dr} + (\omega - \omega_r)\varphi'_{qr}$$

$$T_e = 1.5p(\varphi_{ds} i_{qs} - \varphi_{qs} i_{ds})$$

$$\varphi_{qs} = L_s i_{qs} + L_m i'_{qr}$$

$$\varphi_{ds} = L_s i_{ds} + L_m i'_{dr}$$

$$\varphi'_{qr} = L'_r i'_{dr} + L_m i_{ds}$$

$$\varphi'_{dr} = L'_r i'_{dr} + L_m i_{ds}$$

$$L_s = L_{ls} + L_m$$

$$L'_r = L'_{lr} + L_m$$

Тенгламалар системасидаги индекслар қуйидаги қийматларга эга:
d — ўзгарувчининг d ўққа проекцияси;
q — ўзгарувчининг q ўққа проекцияси;
r — ўзгарувчи ёки роторнинг параметри;
s — ўзгарувчи ёки статорнинг параметри;
L — сочилиш индуктивлиги;
m — магнитлаш занжирининг индуктивлиги.
Машина механик қисмининг тенгламалари қуйидаги кўринишга эга:

$$\frac{d}{dt}\omega m = \frac{1}{2H}(T_e - F\omega_m - T_m)$$

$$\frac{d}{dt}\theta_m = \omega_m$$

Машина тенгламаларидаги ўзгарувчилар қуйидаги қийматларга эга:

R_s, L_{ls} — статорнинг қаршилиги ва сочилиш индуктивлиги;

R'_r, L'_{lr} — роторнинг қаршилиги ва сочилиш индуктивлиги;

L_m — магнитланиш занжирининг индуктивлиги;

L_s, L'_r — статор ва роторнинг тўла индуктивликлари;

V_{qs}, i_{qs} — статор кучланиши ва токининг q ўқига проекцияси;

V'_{qr}, i'_{qr} — ротор кучланиши ва токининг q ўқига проекцияси;

V_{ds}, i_{ds} — статор кучланиши ва токининг d ўқига проекцияси;

V'_{dr}, i'_{dr} — ротор кучланиши ва токининг d ўқига проекцияси;

φ_{qs}, φ_{ds} — статор оқим боғланишининг d ва q ўқларига проекцияси;

φ_{qr}, φ_{dr} — ротор оқим боғланишининг d ва q ўқларига проекцияси;

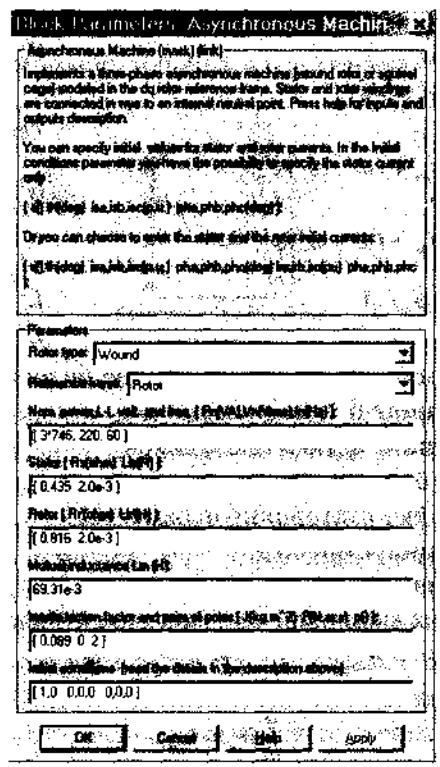
ω_m — роторнинг бурчак тезлиги;0

θ_m — роторнинг бурчак бўйича ҳолати;

P — қутб жуфтликларининг сони.

Асинхрон машинаси моделининг Simulink прототипи билан :toolbox\powersys\powersys папкасидаги powerlib_models.mdl библиотекасини очиб танишиш мумкин.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Rotor type:

[Роторнинг тури]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- Squirrel-Cage –қисқа туташтирилган ротор ёки «олмахон қафаси»;
- Wound — фазали ротор;
- Reference frame:

[Координаталар системаси]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- Rotor — роторга нисбатан силжимайдиган;
- Stationary — статорга нисбатан силжимайдиган;
- Synchronous — майдон билан бирга айланадиган.

Nom. power, L-L volt. and frequency[Pn(VA), Un(V), fn(Hz)]:

[Номинал қувват Pn (ВА), таъсир этувчи линия кучланиши Un (В) ва номинал частота fn (Гц)].

Stator [Rs(Ohm) Lls(H)]:

[Статорнинг қаршилиги Rs (Ом) ва индуктивлиги Ls (Гн)].

Rotor [Rr(Ohm) Llr'(H)]:

[Роторнинг қаршилиги Rs (Ом) ва индуктивлиги Ls (Гн)].

Mutual inductance Lm(H):

[Ўзаро индуктивлик (Гн)].

Inertia, friction factor and pairs ofpoles [J(kg*m^2) F(N*m*s) p]:

[Инерция моменти J (кг*м^2), ишқаланиш коэффициенти F(Н*м*с) ва қутб жуфтликлари сони p].

Initial conditions [s th(deg)isa,isb,isc(A) phA,phB,phC(deg)]:

[Бошланғич шартлар]. Параметр ҳар бир элементи қуйидаги қийматларга эга бўлган вектор кўринишида берилади:

- s — сирпаниш;
- th — фаза (град.);
- isa, isb, isc — статор токининг бошланғич қийматлари (А);
- phA, phB, phC — статор токининг бошланғич фазалари (град.)].

Машинанинг бошланғич шартлари Powergui блоки ёрдамида ҳисобланиши мумкин.

Асинхрон машина параметрларини ҳисоблаш учун бошланғич маълумотлар қуйидагилардир:

$P_н$ — номинал қувват [*Вт*];

$U_н$ — номинал линия кучланиши [*В*];

f_1 — тармоқнинг частотаси [Гц];

$n_н$ — валнинг номинал айланиш тезлиги [айл/с];

p — кутб жуфтликларининг сони;
η — фойдали иш коэффициенти [н.б.];
$\cos\varphi$ — қувват коэффициенти [н.б.] ;
I_H — статорнинг номинал токи [A];
k_i — юргизиш токининг карралилиги [н.б.];
$m_П$ — юргизиш моментининг карралилиги [н.б.];
m_{max} — максимал моментнинг карралилиги [н.б.];
J — инерция моменти [кг*м^2].

Асинхрон машинанинг параметрларини қуйидаги ифодаларга асосан ҳисоблаш мумкин:

$U = \frac{U_H}{\sqrt{3}}$ — номинал фаза кучланиши[B];

$n_1 = \frac{60 f_1}{p}$ — магнит майдонининг айланиш тезлиги (синхрон тезлик) [айл/с];

$s_H = \frac{n_1 - n_H}{n_1}$ — номинал сирпаниш [н.б.];

$s_{Hp} = s_H(m_{max} + \sqrt{m_{max}^2 - 1})$ — критик сирпаниш [н.б.];

$\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p}$ — магнит майдонининг айланиш тезлиги (синхрон тезлик) [$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$];

$\omega_H = \frac{\pi n_H}{30}$ — вал айланишининг номинал бурчак тезлиги [$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$];

$M_H = \frac{P_H}{\omega_H}$ — номинал момент [$Нм$];

$M_{max} = m_{max} M_H$ — максимал момент [$Нм$];
$M_П = m_П M_H$ — юргизиш моменти [$Нм$];
$П_{мех} = 0.01 \div 0.05) P_H$ — механик исрофлар [$Вт$];
$C = (1.01 \div 1.05)$ — келтириш коэффициенти (катта қувватли машиналар учун кичик қийматлар олинади);

$R_\gamma = \frac{1}{3} \frac{P_H + П_{<SE}}{I_H^2 \frac{1 - s_H}{s_H}}$ — роторнинг келтирилган актив қаршилиги [$Ом$];

$R_s = \frac{U \cos\varphi (1 - n)}{I_n} - C^2 R_\gamma - \frac{П_{мех}}{3 I_H^2}$ — статорнинг актив қаршилиги [Ом];

$L_{sp} = L_{rp} = \dfrac{U}{4\pi f_1 (1 + C^2) k_I I_H}$ — статор ва роторнинг келтирилган со-

чилиш индуктивлиги [Гн];

$L_s \dfrac{U}{2\pi f_1 I_H \sqrt{1 - \cos^2(\varphi)} - \dfrac{2}{3} \dfrac{2\pi f_1 M_{\max}}{pU} \dfrac{s_H}{s_{Hp}}}$ — статорнинг индуктивлиги

[Гн];

$L_m = L - L_{sp}$ — магнитлаш занжирининг индуктивлиги [$Гн$] .

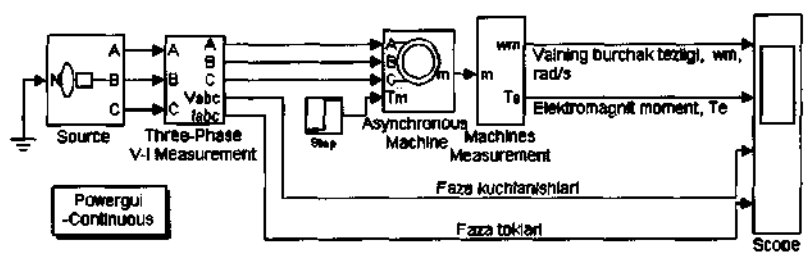
Ҳисоблашлар тугагандан кейин келтириш коэффициенти аниқланади

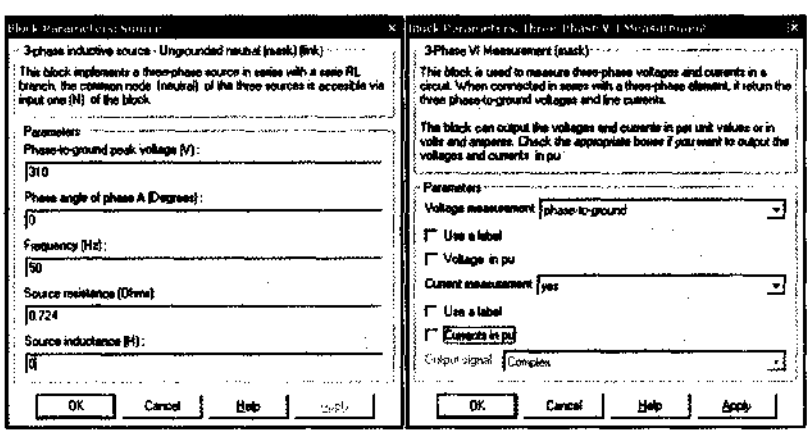
$$C1 = 1 + \frac{L_{sp}}{L_m}$$

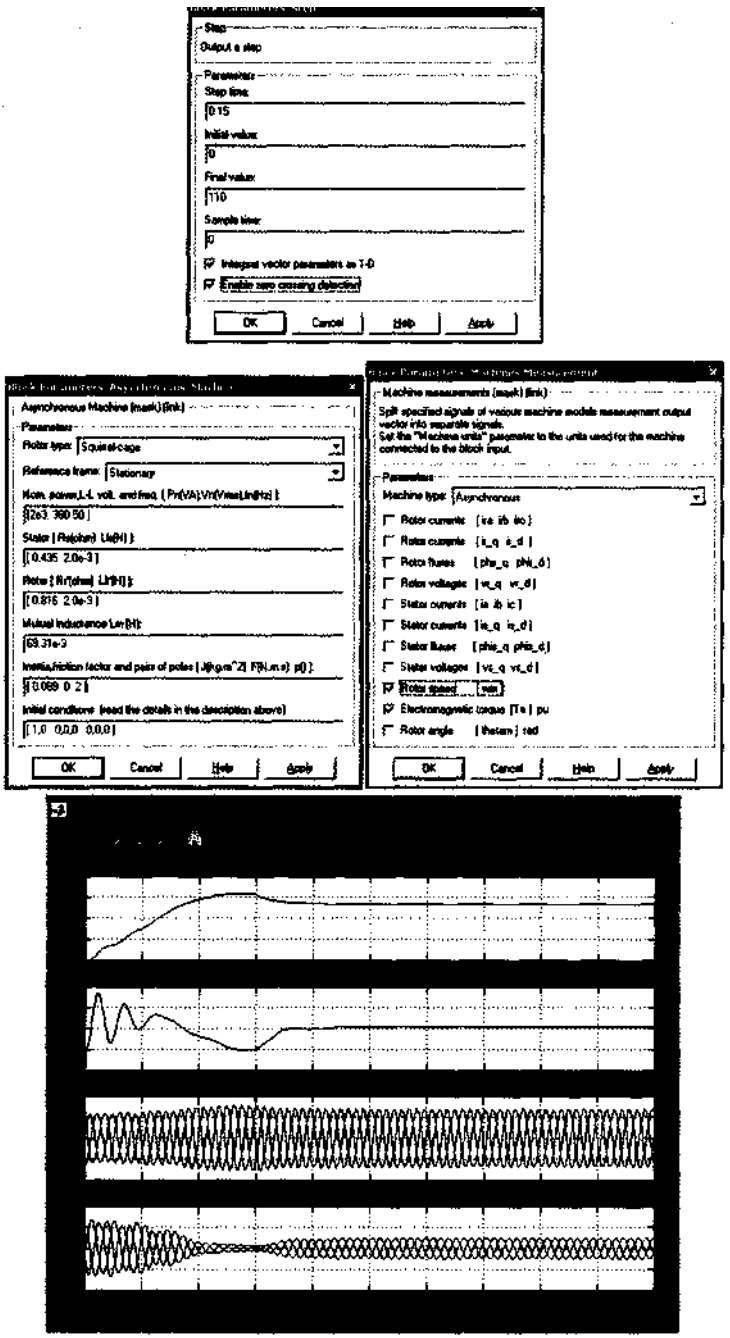
ва у аввал қабул қилинган С коэффициент билан таққосланади. Фарқ катта бўлса ҳисоблашлар қайтарилади.

Мисол:

Асинхрон двигателни тўғридан тўғри ишга тушириш ва кейин унга юклама бериш схемаси 14.7.2.2-расмда кўрсатилган. Бундан ташқари, расмда валнинг бурчак тезлиги ва машина электромагнит моментининг графиклари ҳам келтирилган.



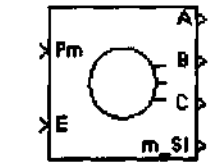




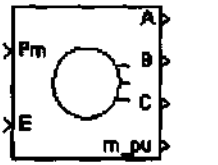
14.7.2.2-расм. Асинхрон двигателни тўғридан тўғри ишга тушириш ва кейин унга юклама бериш

14.7.3. Синхрон машинанинг соддалаштирилган модели Simplified Synchronous Machine

Пиктограммаси:



Simplified Synchronous Machine SI Units



Simplified Synchronous Machine pu Units

Вазифаси:

Яққол бўлмаган қутбли синхрон машинанинг соддалаштирилган модели бўлиб ҳисобланади. Модел икки вариантда тайёрланган: Simplified Synchronous Machine SI Units (машинанинг параметрлари Си бирликлар системасида берилади) ва Simplified Synchronous Machine pu Units (машинанинг параметрлари нисбий бирликларда берилади). Моделнинг вариантига боғлиқ ҳолда машинанинг кириш ва чиқиш параметрлари Си бирликлар системасида ёки нисбий бирликларда ўлчанади.

Моделнинг A, B ва C портлари машина статор чўлғамининг чиқишлари бўлиб ҳисобланади. Моделнинг m_SI (ёки m_pu) чиқиш портида 12 элементдан иборат вектор сигнал шаклланади: токлар (isa, isb, isc), кучланишлар (va, vb, vc) ва статор чўлғамининг ЭЮК лари (ea, eb, ec), роторнинг бурчак ҳолати (thetam) ва тезлиги (vm), ҳамда электромагнит қувват (Pe). Чиқиш векторидан ўлчанаётган ўзгарувчиларни ажратиб олишни қулайлаштириш учун SimPowerSystems библиотекасида махсус Machines Measurement Demux блок мавжуд.

Машина валидаги механик қувватга пропорционал бўлган сигнал моделнинг Pm кириш портига берилади, E кириш портига эса статор чўлғами линия ЭЮК синининг таъсир қилувчи қийматини берувчи сигнал узатилади.

Машина моделининг ҳар бир фазаси кучланиш манбаси ва унга параллел уланган фаза чўлғамининг актив қаршилиги ва индуктивлигидан иборат. Бунда актив қаршиликни нолга тенг қилиб бериш мумкин, лекин индуктивлик доимо нолдан катта бўлиши шарт. Моделнинг механик қисми қуйидаги тенгламаларга асосан тузилган:

$$\Delta\omega(t) = \frac{1}{2H}\int_0^t (Tm - Te)dt - Kd\Delta\omega(t)$$

$$\omega(t) = \Delta\,\omega(t) + \omega_0$$

бу ерда

$\Delta\omega$ — ротор тезлигининг синхрон тезликдан оғиши;

H — роторнинг инерция моменти;

Tm — механик момент;

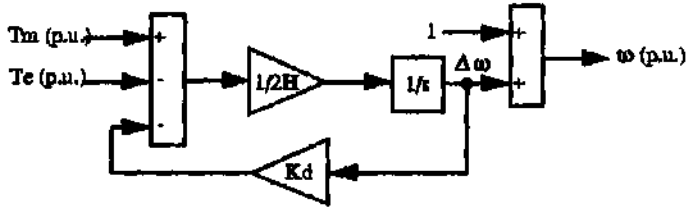
Te — электромагнит момент;

Kd — демпфирлаш коэффициенти;

$\omega(t)$ — роторнинг тезлиги;

ω_0 — синхрон тезлик (1 н.б.).

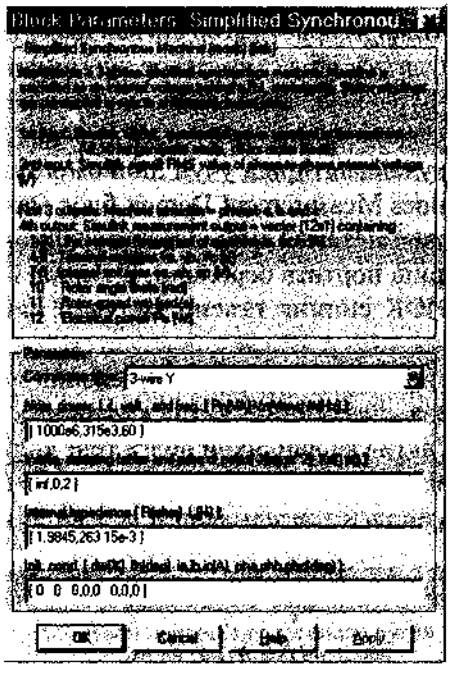
Модел механик қисмининг таркибий схемаси 14.7.3.1-расмда келтирилган.



14.7.3.1-расм. Модел механик қисмининг таркибий схемаси

Таркибий схемадан кўриниб турганидек, моделда роторнинг тезлиги эмас балки унинг синхрон тезликдан оғиши (фарқи) ўлчанади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Connection type:

[Статор чўлғамининг уланиш тури]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- 3-wire Y — нол симига эга бўлмаган юлдуз;
- 4-wire Y — нол симли юлдуз;

Nom. power, L-L volt., and freq. [Pn(VA) Vn(Vrms) fn(Hz)]:

[Номинал қувват Pn (ВА), таъсир қилувчи линия кучланиши Un (В) ва номинал частота fn (Гц)].

Inertia, friction factor and pairs of poles [J(kg*m^2) F(N*m*s) p]:

[Инерция моменти J (кг*м^2), ишқаланиш коэффициенти F (Н*м*с) ва қутблар жуфтликларининг сони p].

Internal impedance [R(ohm) L(H)]:

[Статор чўлғамининг актив қаршилиги ва индуктивлиги R(Ом) L(Гн)].

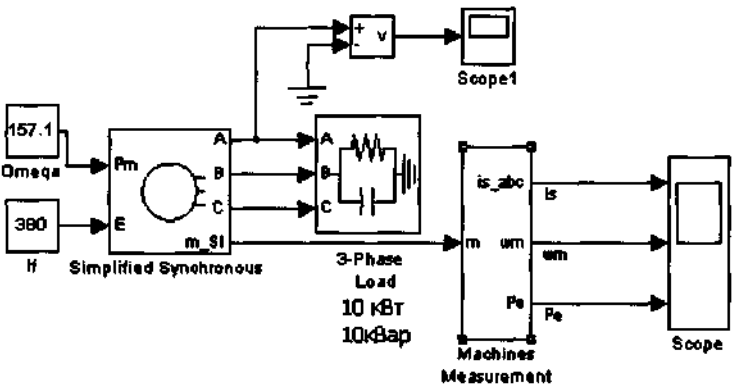
Init. cond. [dw(%) th(deg) ia,ib,ic(A) pha,phb,phc(deg)]:

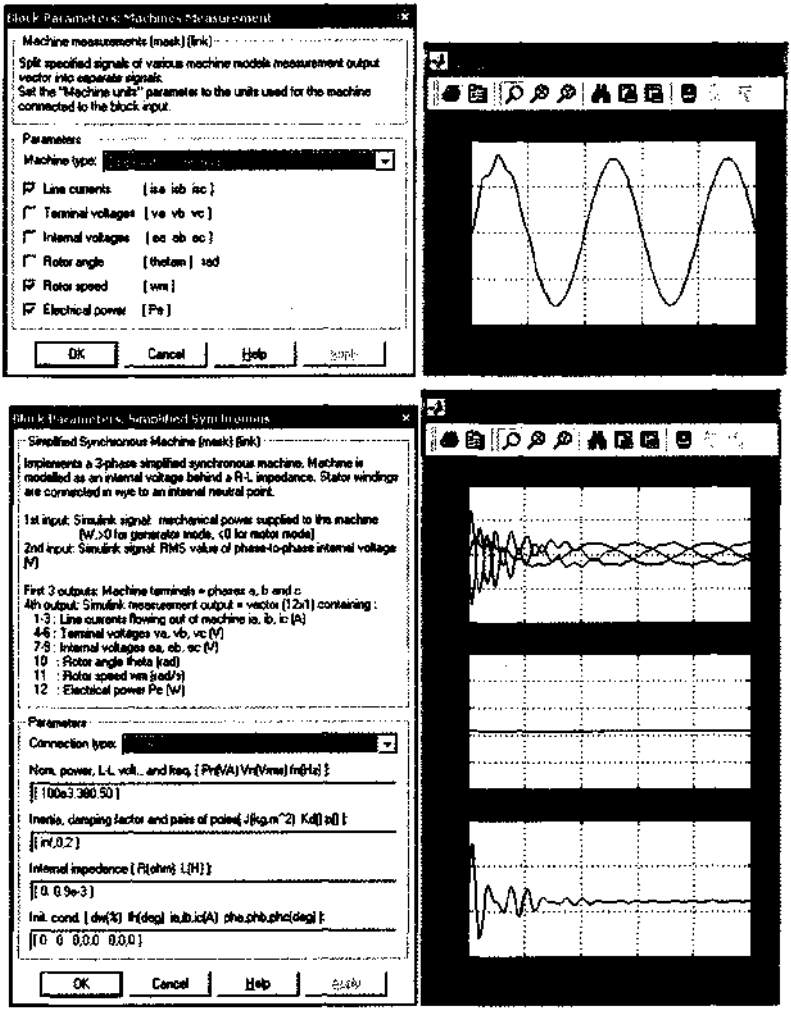
[Бошланғич шартлар]. Параметр қуйидаги элементларга эга бўлган вектор кўринишида берилади:

- dw(%) — тезликнинг оғиши (% ларда),
- th(deg) — роторнинг бурчак ҳолати (град.),
- ia, ib, ic — статор токининг бошланғич қиймати (А),
- phA, phB, phC — статор токларининг бошланғич фазалари (град.)].

Мисол:

Юкламага уланган синхрон генератор схемасининг модели 14.7.3.2-расмда кўрсатилган. Расмда генераторнинг фаза кучланиши (U_A, В), статорнинг фаза токлари (I_s, А), роторнинг айланиш тезлиги (wm, Рад/с) ва электромагнит қувватнинг (Pe, Вт) вақт бўйича ўзгариш графиклари келтирилган.

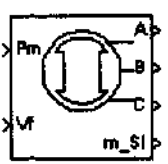




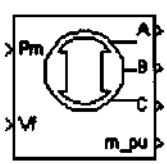
14.7.3.2-расм. Юкламага уланган синхрон генератор схемасининг модели

14.7.4. Синхрон машина Synchronous Machine

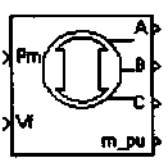
Пиктограммалари:



Synchronous Machine SI Fundamental



Synchronous Machine pu Fundamental



Synchronous Machine pu Standard

Вазифаси:

Демпфер чўлғамига эга бўлган классик синхрон машинанинг модели бўлиб, уч хил вариантда бажарилган:

1. Synchronous Machine SI Fundamental (машина параметрлари Си бирликлар системасида берилади);
2. Synchronous Machine pu Fundamental (машина параметрлари нисбий бирликлар системасида берилади);
3. Synchronous Machine pu Standard (машина алмаштириш схемасининг нисбий бирликлардаги параметрларидан фойдаланилади).

Вариантга мос ҳолда машинанинг кириш ва чиқиш ўзгарувчилари ҳам Си бирликлар системасида ёки нисбий бирликларда ўлчанади.

Моделнинг A, B ва C портлари машина статор чўлғамининг чиқишлари бўлиб ҳисобланади. Моделнинг m_SI (ёки m_pu) портида 16 элементдан иборат бўлган қуйидаги вектор сигналлар шаклланади:

1-3: статор чўлғамидаги токлар — isa, isb ва isc;

4-5: статор токларининг q ва d ўқларига проекциялари — iq, id;

6-8: қўзғатиш токи ва демпфер чўлғами токларининг проекциялари i_{fd}, i_{kq}, ва i_{kd};

9-10: магнитловчи оқимнинг q ва d ўқларига проекциялари — φ_{mq}, φ_{md};

11-12: статор кучланишларининг q ва d ўқларига проекциялари — vq, vd;

13: ротор бурчагининг оғиши — $\Delta\theta$ (δ — юклама бурчаги);

14: роторнинг тезлиги — ω;

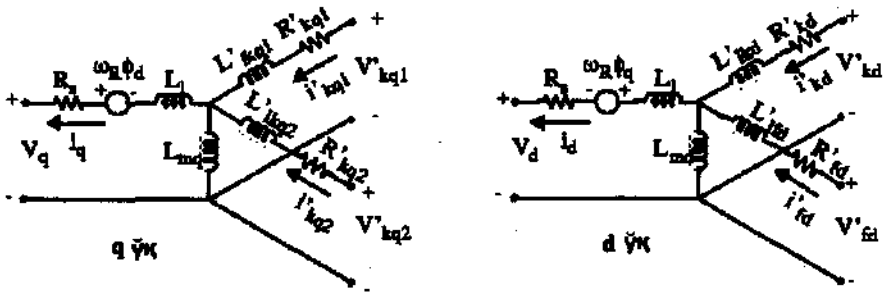
15: электромагнит қувват — Pe;

16: ротор тезлигининг оғиши — dw.

Машина ўзгарувчиларини ўлчанаётган ўзгарувчиларнинг чиқиш векторидан ажратиб олишни қулайлаштириш учун SimPowerSystems библиотекасида Machines Measurement Demux блоки мавжуд.

Машина валидаги механик қувватга тенг бўлган қувват Pm кириш портига, қўзғатиш чўлғамининг кучланишини берувчи сигнал эса Vf кириш портига узатилади.

Моделни яратишда фойдаланилган ротор билан боғланган (q-d ўқлар) координаталар системасидаги машинанинг алмаштириш схемаси 14.7.4.1-расмда кўрсатилган.



14.7.4.1-расм. Синхрон машинанинг алмаштириш схемаси

Роторнинг ҳамма параметрлари ва ўзгарувчилари статорга келтирилган. Параметрлар ва ўзгарувчиларнинг индекслари қуйидагиларни ифодалайди:

- *d, q*: ўзгарувчиларнинг d ва q ўқларига проекциялари;
- *R, s*: ротор ва статорнинг параметрлари;
- *l, m*: сочилиш ва магнитлаш ўқининг индуктивликлари;
- *f, k*: қўзғатиш занжири ва демпфер чўлғамнинг ўзгарувчилари.

Синхрон машинанинг 14.7.4.1-расмда келтирилган алмаштириш схемаси 6-тартибли дифференциал тенгламалар системаси билан ифодаланади:

$$V_d = R_s i_d + \frac{d}{dt}\varphi_d - \omega_R \varphi_q$$

$$V_q = R_s i_q + \frac{d}{dt}\varphi_q - \omega_R \varphi_d$$

$$V'_{fd} = R'_{fd} i'_{fd} + \frac{d}{dt}\varphi'_{fd}$$

$$V'_{kd} = R'_{kd} i'_{kd} + \frac{d}{dt}\varphi'_{kd}$$

$$V'_{kq1} = R'_{kq1} i'_{kq1} + \frac{d}{dt}\varphi'_{kq1}$$

$$V'_{kq2} = R'_{kq2} i'_{kq2} + \frac{d}{dt}\varphi'_{kq2}$$

бу ерда

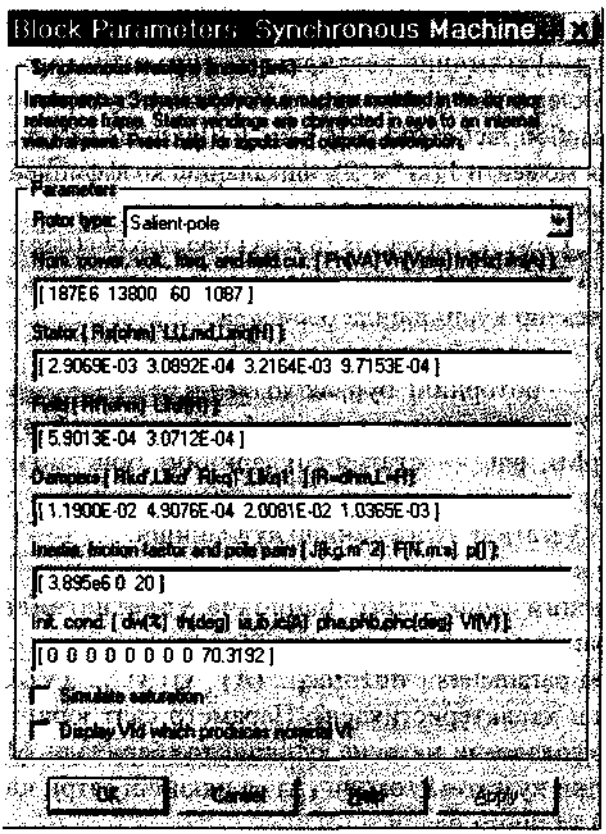
$$\varphi_d = L_d i_d + L_{md}(i'_{fd} + i'_{kd})$$

$$\varphi_q = L_q i_q + L_{mq} i'_{kq}$$

$$\varphi'_{fd} = L'_{fd} i'_{fd} + L_{md}(i_d + i'_{kd})$$
$$\varphi'_{kd} = L'_{kd} i'_{kd} + L_{md}(i_d + i'_{fd})$$
$$\varphi'_{kq1} = L'_{kq1} i'_{kq1} + L_{mq} i_q$$
$$\varphi'_{kq2} = L'_{kq2} i'_{kq2} + L_{mq} i_q$$

Синхрон машина механик қисмининг модели Simplified Synchronous Machine блокдаги сингари бажарилган.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Rotor type:

[Роторнинг тури]. Қуйидаги рўйхатдан танланади:

- Salient-pole — яққол қутбли ротор;
- Round — яққол бўлмаган қутбли ротор.

Nom. power, volt., freq. and field cur. [Pn(VA) Vn(Vrms) fn(Hz) ifn(A)]:

[Номинал тўла қувват Pn (ВА), таъсир қилувчи линия кучланиши Vn (В), частота fn (Гц), қўзғатиш токи ifn (А)].

Stator [Rs(ohm) Ll,Lmd,Lmq(H)]:

[Статорнинг параметрлари: актив қаршилик Rs (Ом), сочилиш индуктивлиги Ll (Гн), бўйлама ўқ бўйича индуктивлик Lmd (Гн), кўндаланг ўқ бўйича индуктивлик Lmq (Гн)].

|Field [Rf(ohm) Llfd'(H)]:

[Ротор қўзғатиш чўлғамининг келтирилган параметрлари: қаршилик Rf'(Ом) ва индуктивлик Llfd'(Гн)].

Dampers [Rkd',Llkd' Rkq1',Llkq1' Rkq2',Llkq2' «] (R=ohm,L=H):

[Демпфер чўлғамнинг келтирилган параметрлари: бўйлама ва кўндаланг ўқлар бўйича қаршилиги (Ом) ва индуктивлиги (Гн)].

Inertia, friction factor and pole pairs [J(kg.m^2) F(N.m.s) p()]:

[Инерция моменти J (кг*м^2), ишқаланиш коэффициенти F (Н·м·с) ва қутблар жуфтликларининг сони p].

Init. cond. [dw(%) th(deg) ia,ib,ic(A) pha,phb,phc(deg) Vf(V)]:

[Бошланғич шартлар]. Параметр элементлари қуйидаги қийматларга эга бўлган вектор кўринишида берилади:

- dw(%) — тезликнинг оғиши (в %);
- th(deg) — роторнинг бурчак ҳолати (град.);
- ia, ib, ic — статор токларининг бошланғич қийматлари (А);
- phA, phB, phC — статор токларининг бошланғич фазалари (град.);
- Vf — қўзғатиш чўлғамининг кучланиши.

Simulate saturation

[Тўйинишни моделлаш]. Байроқча ўрнатилганда қўшимча Saturation parameters майдони ҳосил бўлади.

Saturation parameters [ifd1,ifd2,... (A) ; vt1,vt2,... (VLL rms)]:

[Тўйиниш характеристикаси]. Параметр салт юриш характеристикасини ифодаловчи матрица кўринишида берилади. Матрицанинг биринчи сатри қўзғатиш токини (А) ва иккинчи сатри чиқиш кучланишини (В) ўз ичига олади.

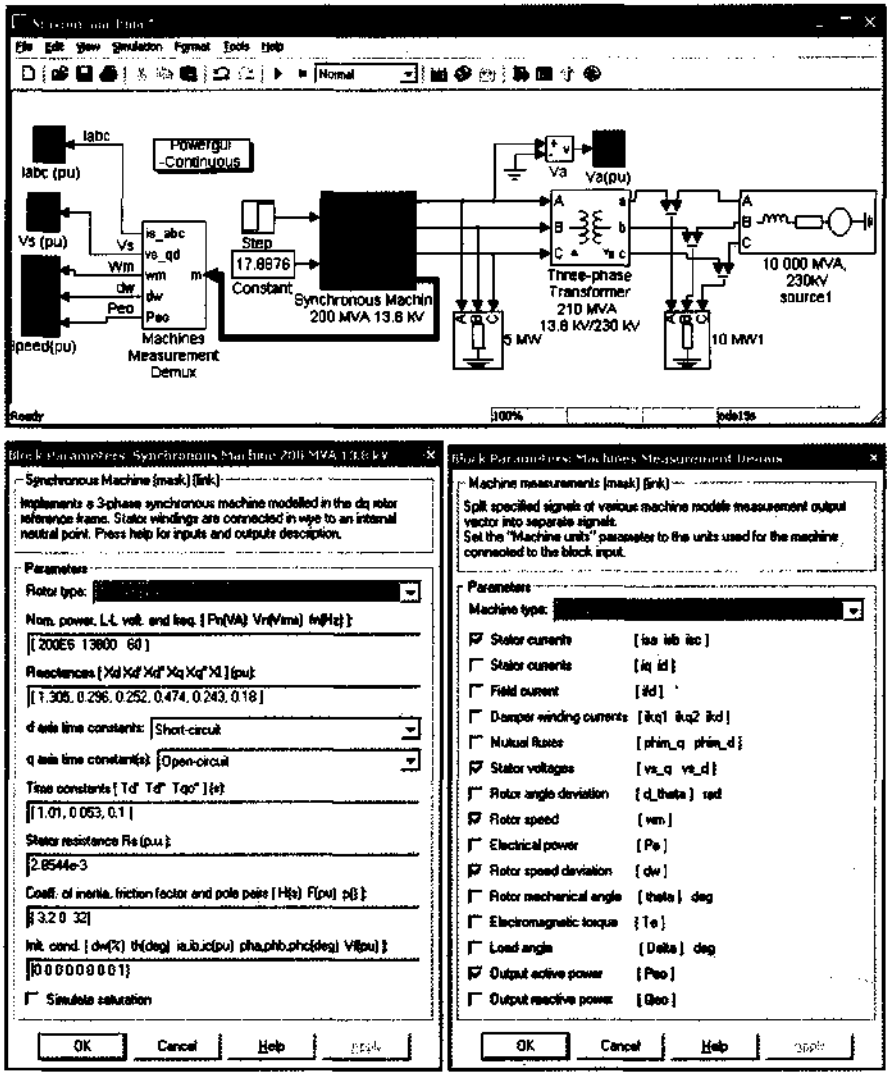
Display Vfd which produces nominal Vt

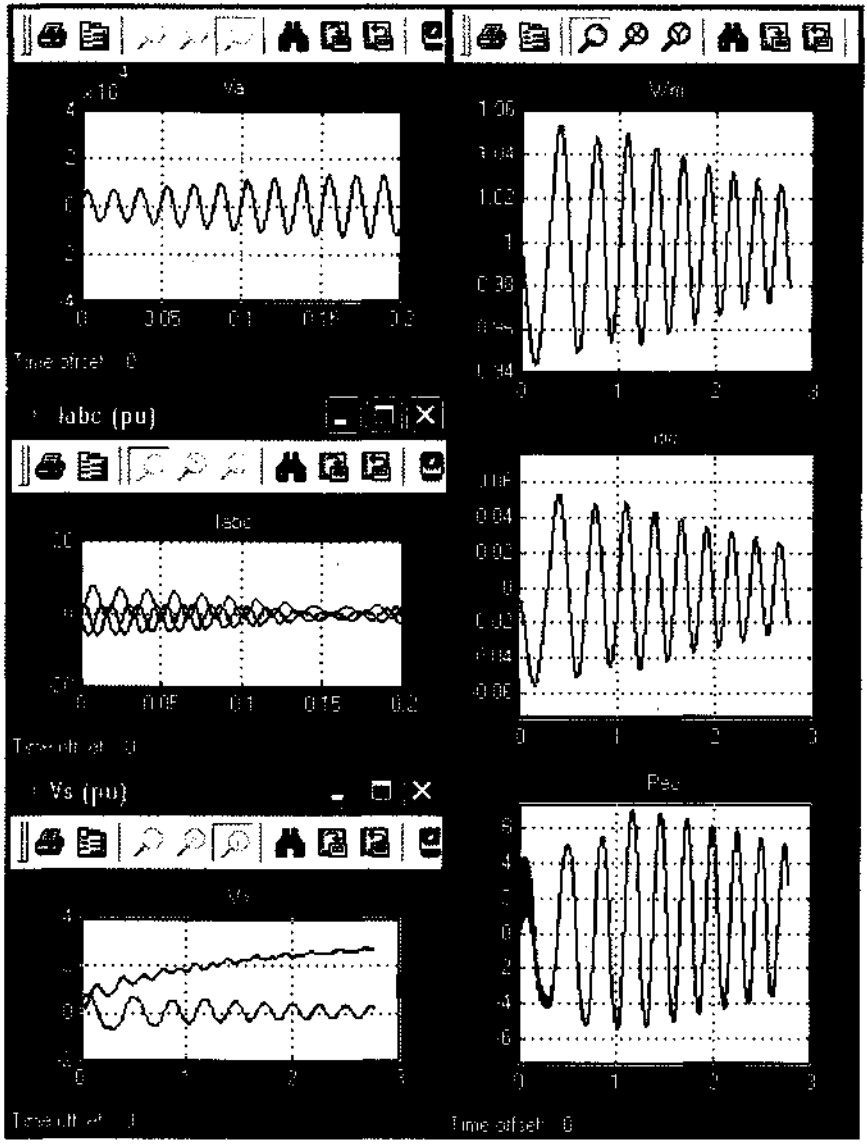
[Чиқиш кучланиши Vt(В) номинал бўладиган қўзғатиш чўлғамидаги кучланишнинг Vfd(В) қийматини акс эттириш].

Синхрон машина моделининг Synchronous Machine pu Standard варианти учун статор, ротор ва қўзғатиш чўлғамларининг параметрлари ўрнига машинанинг кўндаланг ва бўйлама ўқлар бўйича реактив қаршиликлари ва вақт доимийлари берилади.

Мисол:

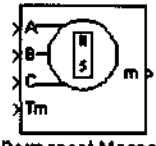
Синхрон генератордан фойдаланишга мисол 14.7.4.2-расмда келтирилган.





14.7.4.2-расм. Синхрон генератордан фойдаланишга мисол

Пиктограммаси:



Permanent Magnet Synchronous Machine

Вазифаси:

Доимий магнитга эга бўлган классик синхрон машинанинг модели бўлиб ҳисобланади. Бундай машиналарда ҳаволи оралиқ катта бўлганлиги сабабли, моделда магнит занжирининг тўйиниши ҳисобга олинмаган. Моделнинг A, B ва C портлари машина статор чўлғамининг чиқишлари вазифасини бажаради. Кириш порти T_m орқали қаршилик моменти берилади. Моделнинг m чиқиш портида 10 элементдан иборат бўлган қуйидаги вектор сигналлар шаклланади:

1-3: статор чўлғамининг токлари — i_a, i_b, i_c, [A];

4-5: статор токларининг q ва d ўқларига проекциялари — i_q ва i_d,[A];

6-7: статор кучланишларининг q ва d ўқларига проекциялари — V_d ва V_q, [A];

8: роторнинг тезлиги ω_r, [рад/с];

9: роторнинг бурилиш бурчаги θ, [рад]

10: электромагнит момент T_e [Н·м].

Машина ўзгарувчиларини ўлчанаётган ўзгарувчиларнинг чиқиш векторидан ажратиб олишни қулайлаштириш учун SimPowerSystems библиотекасида Machines Measurement Demux блоки мавжуд.

Моделнинг электр қисми ротор билан боғланган тенгламалар системаси билан ифодаланади:

$$\frac{d}{dt}i_d = \frac{1}{L_d}\upsilon_d - \frac{R}{L_d}i_d + \frac{L_q}{L_d}p\omega_r i_q$$

$$\frac{d}{dt}i_q = \frac{1}{L_q}\upsilon_q - \frac{R}{L_q}i_q + \frac{L_d}{L_q}p\omega_r i_d - \frac{\lambda p\omega_r}{L_q}$$

$$T_e = 1.5p[\lambda i_q + (L_d - L_d)i_d i_d]$$

Роторнинг ҳамма ўзгарувчилари ва параметрлари статорга келтирилган.

Юқорида келтирилган тенгламалар системасида қуйидаги белгиланишлар қабул қилинган:

L_q, L_d – статорнинг q ва d ўқлари бўйича индуктивликлари;

R — статор чўлғамининг актив қаршилиги;

iq, *id* — статор токининг q ва d ўқларига проекциялари;

Vq, *Vd* — статор кучланишининг q ва d ўқларига проекциялари;

ω_r — роторнинг бурчак тезлиги;

λ — доимий магнитнинг статор чўлғамида ҳосил қилувчи магнит оқими;

p — қутблар жуфтликларининг сони;

T_e — электромагнит момент.

Моделнинг механик қисми қуйидаги тенгламалар билан ифодаланади:

$$\frac{d}{dt}\omega_r = \frac{1}{J}(T_e - F\omega_r - T_m)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega_r$$

бу ерда

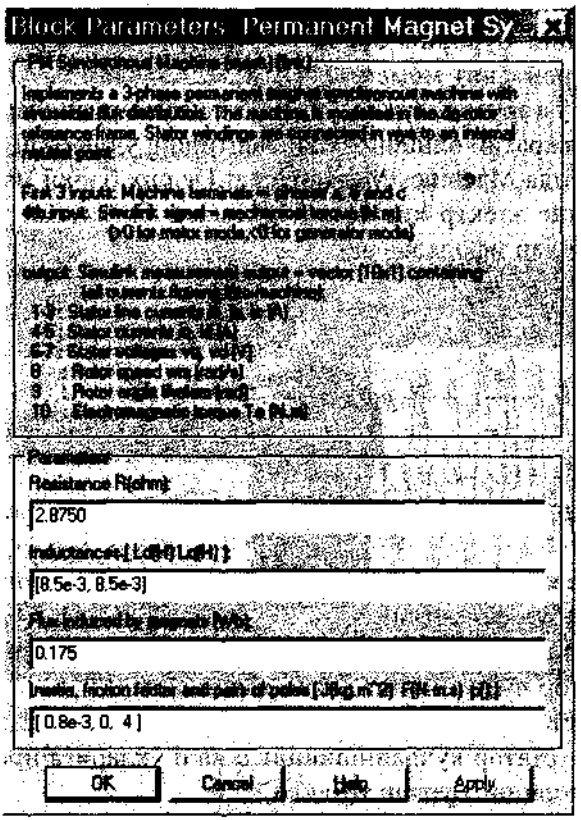
J — ротор ва юкламанинг натижавий инерция моменти;

F — ротор ва юкламанинг қайишқоқ ишқаланиш коэффициенти;

θ — ротор ҳолатининг бурчаги;

T_m — қаршилик моменти.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Resistance R(ohm):

[Статорнинг актив қаршилиги R (Ом)].

Inductances [Ld(H) Lq(H)]:

[Бўйлама ва кўндаланг ўқлар бўйича статорнинг индуктивликлари Ld(Ом) Lq(Ом)].

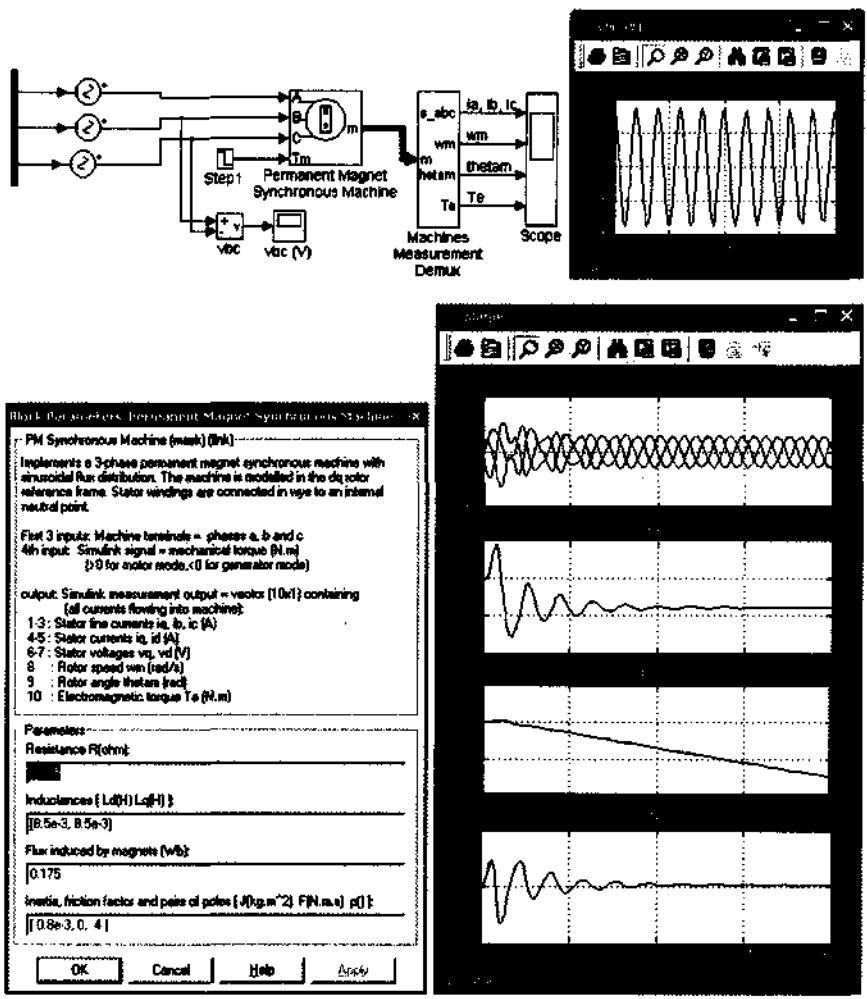
Flux induced by magnets (Wb):

[Қўзғатиш оқими (Вб)].

Inertia, friction factor and pairs of poles [J(kg.m^2) F(N.m.s) p()]:

[Инерция моменти J (кг*м^2), ишқаланиш коэффициенти F(Н*м*с) ва қутблар жуфтликларининг сони р].

Доимий магнитли синхрон машинанинг двигател режимида ишлашига мисол 14.7.5.1-расмда келтирилган.



14.7.5.1-расм. Доимий магнитли синхрон машинанинг двигател режимида ишлаши

Моделнинг механик қисми қуйидаги тенгламалар билан ифодаланади:

$$\frac{d}{dt}\omega_r = \frac{1}{J}(T_e - F\omega_r - T_m)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega_r$$

бу ерда

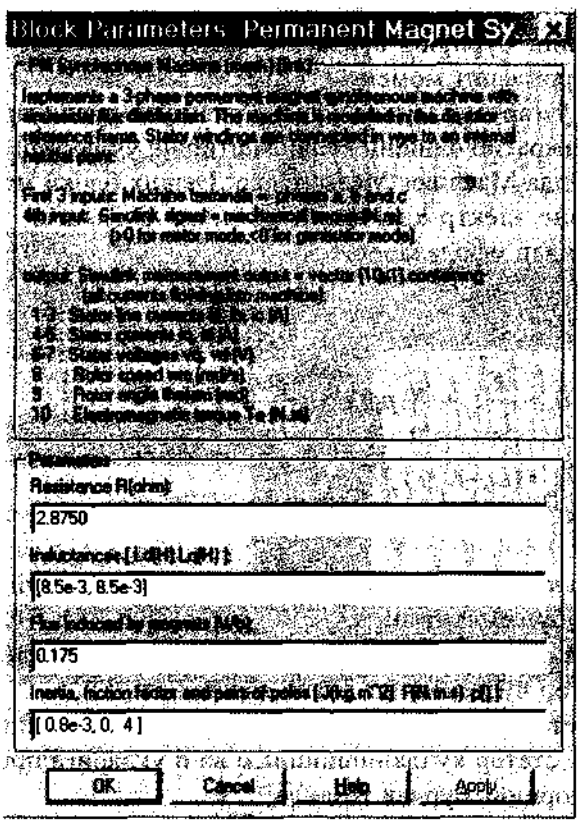
J — ротор ва юкламанинг натижавий инерция моменти;

F — ротор ва юкламанинг қайишқоқ ишқаланиш коэффициенти;

θ — ротор ҳолатининг бурчаги;

T_m — қаршилик моменти.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Resistance R(ohm):

[Статорнинг актив қаршилиги R (Ом)].

Inductances [Ld(H) Lq(H)]:

[Бўйлама ва кўндаланг ўқлар бўйича статорнинг индуктивликлари Ld(Ом) Lq(Ом)].

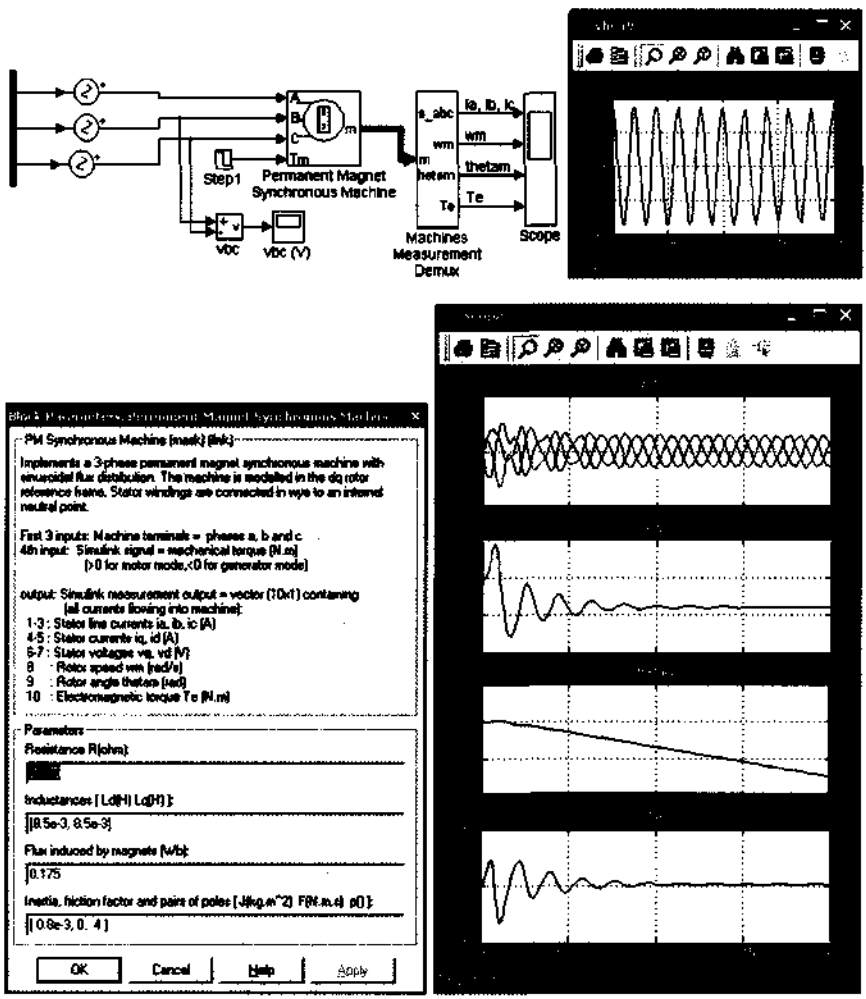
Flux induced by magnets (Wb):

[Қўзғатиш оқими (Вб)].

Inertia, friction factor and pairs of poles [J(kg.m^2) F(N.m.s) p()]:

[Инерция моменти J (кг*м^2), ишқаланиш коэффициенти F(Н*м*с) ва қутблар жуфтликларининг сони p].

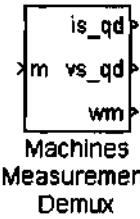
Доимий магнитли синхрон машинанинг двигател режимида ишлашига мисол 14.7.5.1-расмда келтирилган.



14.7.5.1-расм. Доимий магнитли синхрон машинанинг двигател режимида ишлаши

14.7.6. Электр машинасининг ўзгарувчиларини ўлчаш блоки Machines Measurement Demux

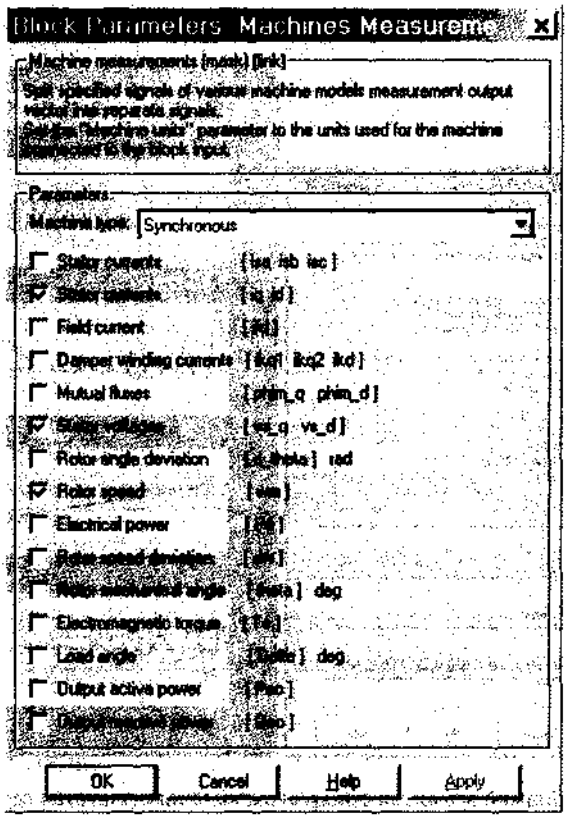
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Блок электр машинанинг ўлчанадиган ўзгарувчилар векторидан керакли ҳолат ўзгарувчиларини ажратиб олиш учун мўлжалланган. Блок синхрон ва асинхрон машиналарнинг моделлари билан биргаликда ишлайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Machine type:

[Машинанинг тури]. Қуйидаги рўйхатдан танланади:

Simplified synchronous — соддалаштирилган синхрон машина;

Synchronous — синхрон машина;

Asynchronous — асинхрон машина;

Permanent magnet synchronous — доимий магнитли синхрон машина.

Машинанинг танланган турига боғлиқ ҳолда блок параметрларининг ойнасида чиқиш ўзгарувчиларининг мос тўпламлари акс эттирилади. Қуйида ҳар хил турдаги машиналар учун ўзгарувчилар тўпламлари келтирилган.

Синхрон машина учун:

Stator currents [isa isb isc] — статор чўлғамидаги токлар;

Stator currents [iq id] — статор токларининг q ва d ўқларига проекциялари;

Field current [ifd] — синхрон машинанинг қўзғатиш токи;

Damper winding currents [ikq1 ikq2 ikd] — синхрон машина демпфер чўлғами токларининг проекциялари;

Mutual fluxes [phim_q phim_d] — магнитловчи оқимнинг q ва d ўқларига проекциялари;

Stator voltages [vs_q vs_d] — статор кучланишларининг q ва d ўқларига проекциялари;

Rotor angle deviation [d_theta] rad — синхрон машина ротори бурчагининг оғиши (юклама бурчаги);

Rotor speed [wm] — роторнинг тезлиги;

Electrical power [Pe] — электромагнит қувват;

Rotor speed deviation [dw] — ротор тезлигининг оғиши;

- Rotor mechanical angle [theta] deg — роторнинг бурилиш бурчаги;
- Electromagnetic torque [Te] — электромагнит момент;

Load angle [Delta] deg — синхрон машинанинг юклама бурчаги;

Output active power [Peo] — чиқишдаги актив қувват;

Output reactive power [Qeo] — чиқишдаги реактив қувват.

Синхрон машинанинг соддалаштирилган модели:

- Line currents [isa isb isc] — статорнинг фаза токлари;

Terminal voltages [va vb vc] — статор чўлғамининг қисмаларидаги фаза кучланишлари;

• Internal voltages [ea eb ec] — статорнинг фаза ЭЮК лари;

• Rotor angle [thetam] rad — роторнинг бурилиш бурчаги;

Rotor speed [wm] — роторнинг тезлиги;

Electrical power [Pe] — электромагнит қувват.

Доимий магнитли синхрон машина:

• Stator currents [ia ib ic] — статор токлари;

Stator currents [is_q is_d] — статор токларининг q и d ўқларига проекциялари;

Stator voltages [vs_q vs_d] — статор кучланишларининг q и d ўқларига проекциялари;

Rotor speed [wm] — роторнинг тезлиги;

• Rotor angle [thetam] rad — роторнинг бурилиш бурчаги;

• Electromagnetic torque [Te] N.m — электромагнит момент.

Асинхрон машина:

Rotor currents [ira irb irc] — ротор чўлғамидаги токлар;

Rotor currents [ir_q ir_d] — ротор токларининг q ва d ўқларга проекциялари;

Rotor fluxes [phir_q phir_d] — ротор оқимларининг q ва d ўқларга проекциялари;

Rotor voltages [vr_q vr_d] — статор кучланишларининг q ва d ўқларга проекциялари;

Stator currents [ia, ib, ic] A — статор токлари;

Stator currents [is_q is_d] A — статор токларининг q ва d ўқларга проекциялари;

Stator fluxes [phis_q phis_d] — статор оқимларининг q ва d ўқларга проекциялари;

Stator voltages [vs_q vs_d] V — статор кучланишларининг q ва d ўқларга проекциялари;

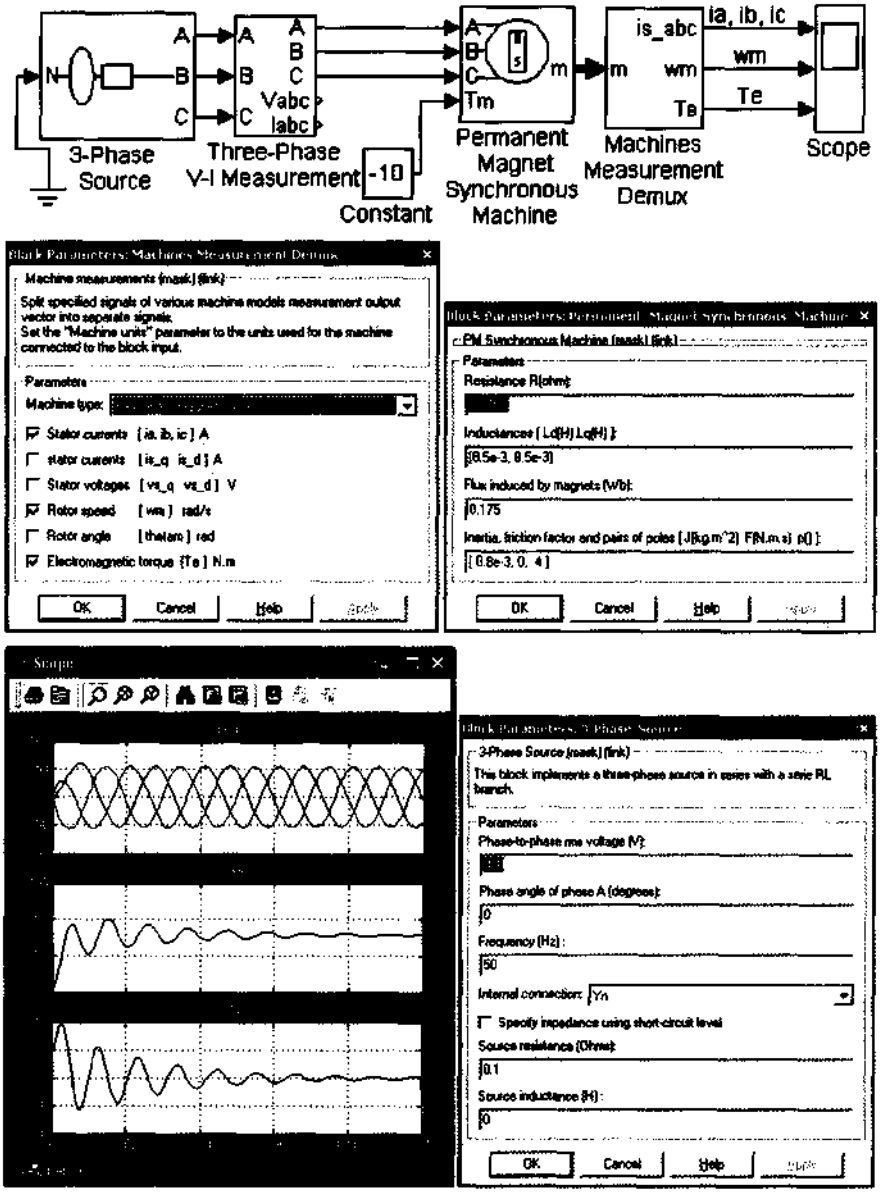
Rotor speed [wm] rad/s — роторнинг тезлиги;

Electromagnetic torque [Te] N.m — электромагнит момент;

Rotor angle [thetam] rad — роторнинг бурилиш бурчаги.

Ўлчанаётган ўзгарувчилар векторидан керакли ўзгарувчини ажратиб олиш учун уни байроқча билан белгилаш керак.

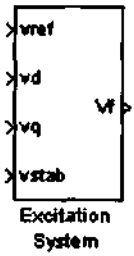
Электр машинасининг ўзгарувчиларини ўлчаш блокидан фойдаланишга мисол 14.7.6.1-расмда келтирилган



14.7.6.1-расм. Электр машинасининг ўзгарувчиларини ўлчаш блокидан фойдаланишга мисол

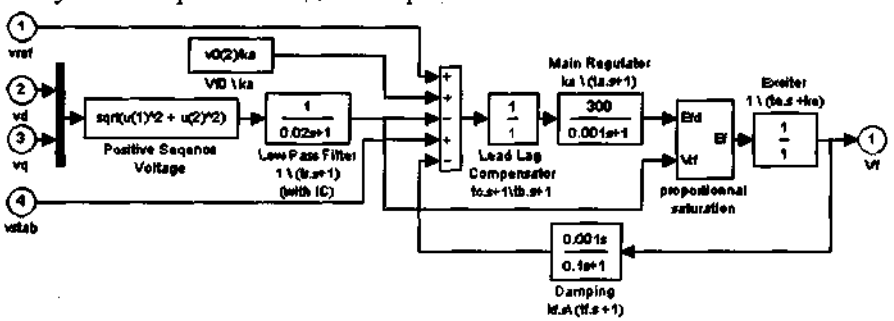
14.7.7. Синхрон машинанинг қўзғатиш системаси Excitation System

Пиктограммаси:



Вазифаси:

Блок синхрон машина қўзғатиш системасининг модели бўлиб ҳисобланади. У генератор режимида ишлаётган электр машинанинг қисмаларидаги кучланишни ростлаш имкониятини беради. Синхрон машина қўзғатиш системасининг модели (14.7.7.1-расм) қўзғаткич ва кучланиш ростлагичдан иборат.



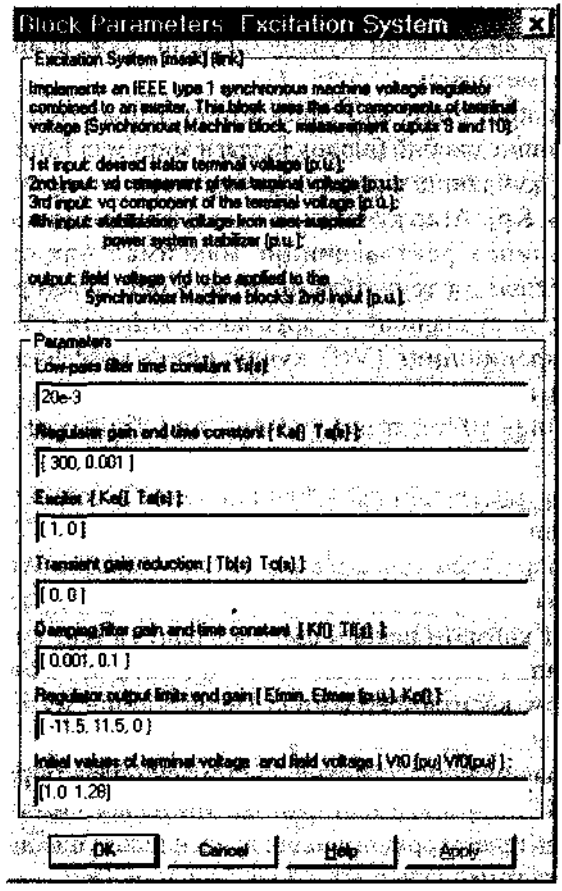
14.7.7.1-расм. Синхрон машина қўзғатиш системасининг модели

Блокнинг биринчи киришига (vref) статор қисмаларидан олиниши зарур бўлган кучланишнинг қиймати берилади. Блокнинг иккинчи (vd) ва учинчи (dq) киришларига статор кучланишининг q ва d ўқларига проекцияларининг жорий қийматлари узатилади. Блокнинг тўртинчи киришидан (vstab) машина қувватини стабиллаш контурини ҳосил қилиш учун фойдаланиш мумкин. Ҳамма кириш ва чиқиш ўзгарувчилари нисбий бирликларда (p.u.) бўлади.

Қўзғаткичнинг модели қўзғатиш кучланиши (Vf) ва ростлагичнинг чиқиш кучланиши (Ef) орасидаги узатиш функцияси кўринишида ифодаланган:

$$\frac{V_{fd}(s)}{e_f(s)} = \frac{1}{Ke+sTe}$$

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Low-pass filter time constant Tr(s):

[Қуйи частоталар фильтрининг вақт доимийси Tr(c)]. Кучланиш датчиги фильтрининг вақт доимийси (14.76-расм).

Regulator gain and time constant [Ka() Ta(s)]:

[Регуляторнинг кучайтириш коэффициенти Ка ва вақт доимийси Та].

Exciter [Ke() Te(s)]:

[Қўзғаткич моделининг кучайтириш коэффициенти Ке ва вақт доимийси Те].

Transient gain reduction [Tb(s) Tc(s)]:

[Стабилизаторнинг вақт доимийлари Tb ва Tc].

Damping filter gain and time constant [Kf() Tf(s)]:

[Реал дифференциалловчи звенонинг кучайтириш коэффициенти Kf ва вақт доимийси Tf]. Тескари боғланишни амалга ошириш учун фойдаланиладиган қўзғатиш кучланишининг ҳосиласини ҳисобловчи блокнинг параметрлари.

Regulator output limits and gain [Efmin, Efmax (p.u.), Kp()]:

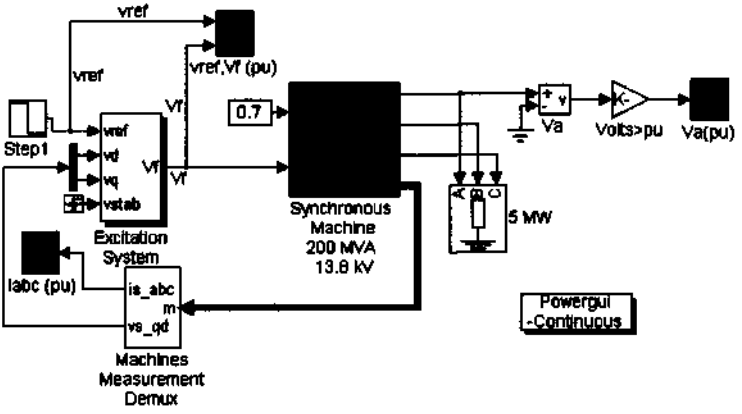
[Ростлагичнинг нисбий бирликлардаги минимал Efmin ва максимал Efmax чиқиш кучланишларининг қийматлари ва унинг кучайтириш коэффициенти Kp]. Агар кучайтириш коэффициентининг Kp қиймати нолга тенг олинса ростлагичнинг максимал чиқиш кучланиши ўзгармас ва Efmax га тенг бўлади. Агар Kp>0 бўлса ростлагичнинг максимал чиқиш кучланиши ўзгарувчан ва қиймати генератор қисмаларидаги кучланишнинг (Vtf) кучайтириш коэффициентига (Kp) кўпайтмасига тенг бўлади.

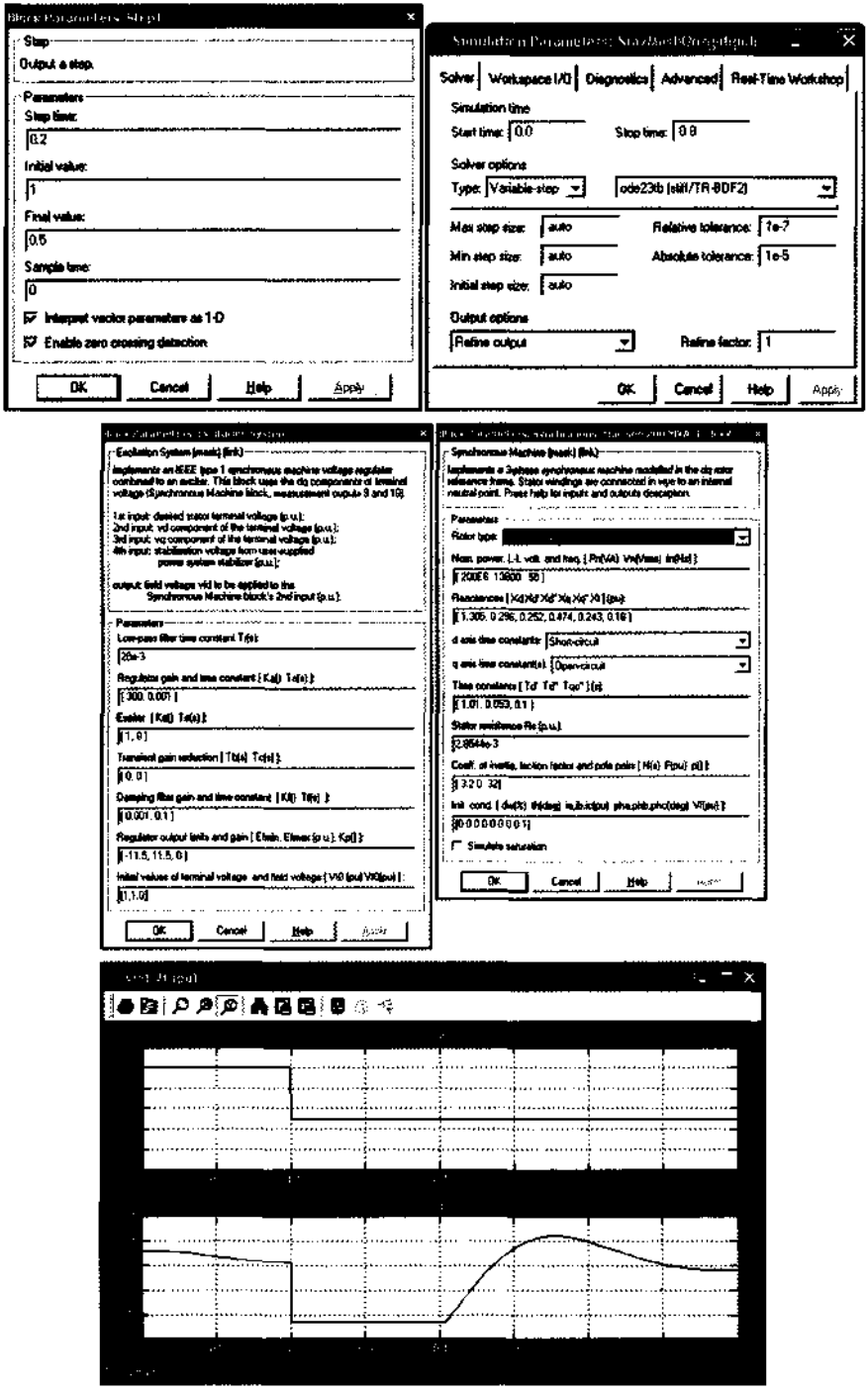
Initial values of terminal voltage and field voltage [Vt0(pu) Vf0(pu)]:

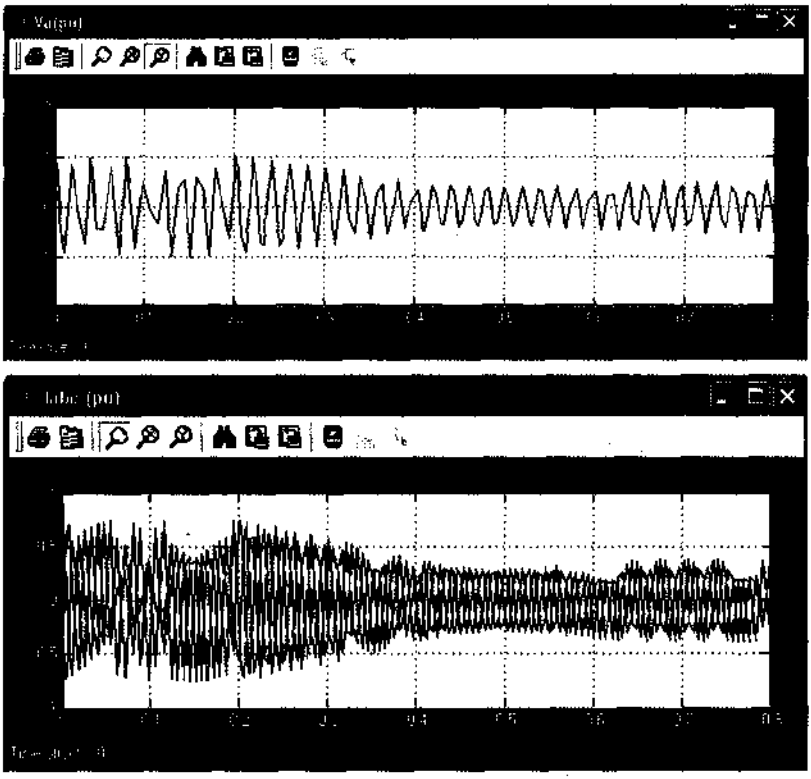
[Генератор қисмаларидаги кучланишнинг бошланғич қиймати Vt ва қўзғатиш кучланишининг бошланғич қиймати Vf]. Агар бошланғич шартлар тўғри танланса моделлаш жараёни шаклланган режимдан бошланиши мумкин. Бунинг учун генератор қисмаларидаги кучланишнинг қиймати нисбий бирликларда1 га тенг қилиб берилади. Қўзғатиш кучланишининг бошланғич қиймати эса PowerGui блокининг Load Flow воситаси ёрдамида ҳисобланиши мумкин.

Мисол:

Синхрон машинанинг қўзғатиш системаси билан биргаликда ишлашига мисол 14.7.7.2-расмда келтирилган. Мисолда t = 0.2 с га тенг бўлган вақт моментида генераторнинг чиқиш кучланишини нисбий бирликларда 1 дан 0,5 га ўзгартириш учун топшириқ берилган. Осциллограммалардан топшириқнинг қандай бажарилишини кўриш мумкин.



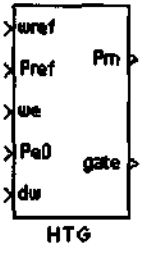

Step
Output a step.
Parameters
Step time:
0.2
Initial value:
1
Final value:
0.5
Sample time:
0
Interpret vector parameters as 1-D
Enable zero crossing detection
OK
Cancel
Help
Apply
Solver
Workspace I/O
Diagnostics
Advanced
Real-Time Workshop
Simulation time
Start time: 0.0
Stop time: 9.9
Solver options
Type: Variable-step
ode23tb (stiff/TR-BDF2)
Max step size: auto
Relative tolerance: 1e-7
Min step size: auto
Absolute tolerance: 1e-5
Initial step size: auto
Output options
Refine output
Refine factor: 1
OK
Cancel
Help
Apply
Excitation System (mask) (link)
Low-pass filter time constant T(r):
20e-3
Regulator gain and time constant [Ka() Ta(s)]:
[300, 0.001]
Exciter [Ke() Te(s)]:
[1, 0]
Transient gain reduction [Tb(s) Tc(s)]:
[0, 0]
Damping filter gain and time constant [Kf() Tf(s)]:
[0.001, 0.1]
Regulator output limits and gain [Efmin, Efmax (p.u.); Kp()]:
[-11.5, 11.5, 0]
Initial values of terminal voltage and field voltage [Vt0 (pu) Vf0(pu)]:
[1.1, 0]
OK
Cancel
Help
Synchronous Machine (mask) (link)
Parameters
Rotor type:
Nom. power, L-L volt. and freq. [Pn(VA) Vn(Vrms) fn(Hz)]:
[200E6, 13800, 60]
Reactances [Xd Xd' Xd" Xq Xq" Xl] (pu):
[1.305, 0.296, 0.252, 0.474, 0.243, 0.18]
d axis time constants:
Short-circuit
q axis time constants:
Open-circuit
Time constants [Td' Td" Tq0"] (s):
[1.01, 0.053, 0.1]
Stator resistance Rs (p.u.):
2.9544e-3
Coeff. of inertia, friction factor and pole pairs [H(s) Ff(pu) p()]:
[3.2, 0, 32]
Init. cond. [dw(%) th(deg) ia,ib,ic(pu) pha,phb,phc(deg) Vf(pu)]:
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
Simulate saturation
OK
Cancel
Help



14.7.7.2-расм. Синхрон машинанинг қўзғатиш системаси билан биргаликда ишлашига мисол

14.7.8. Ростлагичли гидравлик турбина Hydraulic Turbine and Governor

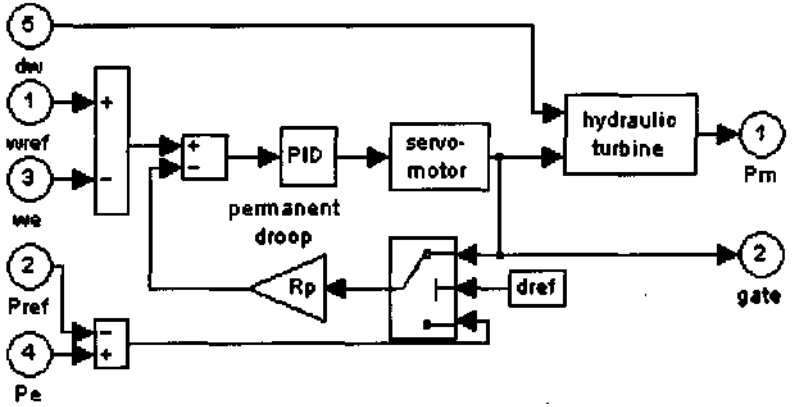
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Блок ростлаш системасига эга бўлган гидравлик турбинанинг модели бўлиб ҳисобланади. Ростлаш системаси пропорционал-

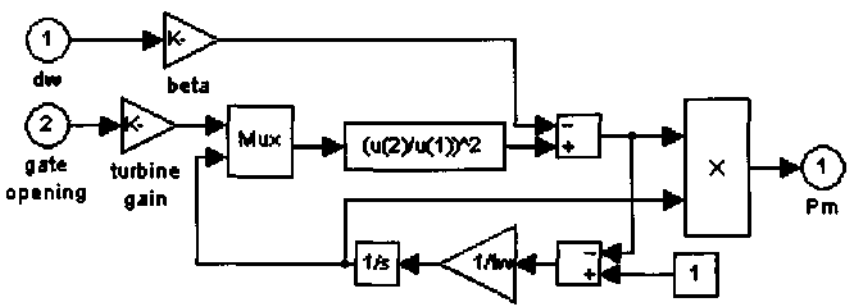
дифференциал (ПИД) ростлагич ва бошқарувчи сервомотордан иборат. Моделнинг умумий схемаси 14.7.8.1-расмда кўрсатилган.



14.7.8.1-расм. ***Ростлаш системасига эга бўлган гидравлик турбинанинг модели***

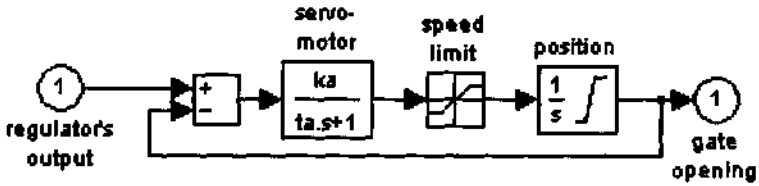
Блокнинг биринчи иккита киришига керакли бурчак тезликнинг (wref) ва қувватнинг (Pref) қиймати берилади. Блокнинг учинчи ва тўртинчи киришларига тезликнинг (we) ва актив қувватнинг (Pe) ҳақиқий қийматлари келтирилади. Бешинчи киришга эса синхрон генератор ротори тезлигининг оғиши (dw) берилади. Блокнинг чиқиш сигналлари бўлиб синхрон генераторнинг мос киришига бериладиган механик қувват (Pm) ва турбина затворининг очилиш катталиги (gate) ҳисобланади. Агар тескари боғланиш сифатида тезликнинг оғиши эмас балки затворнинг ҳолати тўғрисидаги сигналдан фойдаланилса блокнинг 2 ва 4 киришлари ҳеч қаерга уланмаслиги мумкин. Блокнинг ҳамма кириш ва чиқиш катталиклари нисбий бирликларда ўлчанади.

Гидравлик турбинанинг ўзи 14.7.8.2-расмда кўрсатилган чизиқли бўлмаган система билан моделланади.



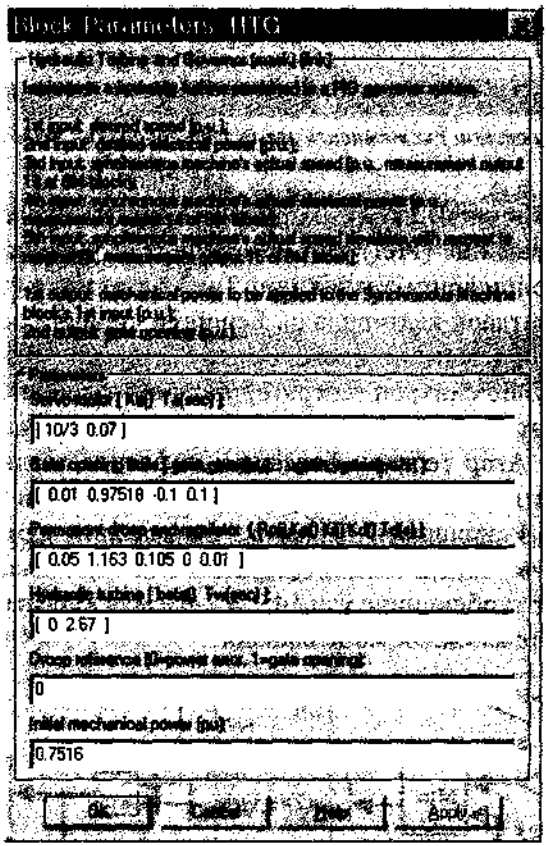
14.7.8.2-расм. Гидравлик турбинанинг модели

Турбинанинг затворини бошқарувчи серводвигател иккинчи тартибли система билан моделланади (14.7.8.3-расм).



14.7.8.3-расм. Турбинанинг затворини бошқарувчи серводвигателнинг модели

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Servo-motor [Ka() Ta(sec)]:

[Серводвигателнинг параметрлари] Серводвигател моделининг параметрлари: кучайтириш коэффициенти Ка ва вақт доимийси Та.

Gate opening limits [gmin, gmax(pu) vgmin, vgmax(pu/s)]:

[Затворни ростлаш чегаралари gmin, gmax(н.б.) vgmin, vgmax (н.б./с)]. Затвор координаталарининг максимал ва минимал қийматлари gmin, gmax (н.б.) ҳамда затвор силжиш тезлигининг максимал ва минимал қийматлари vgmin, vgmax (н.б./с).

Permanent droop and regulator [Rp() Kp() Ki() Kd() Td(s)]:

[Ростлагичнинг параметрлари]. Ростлагич тескари боғланиш занжирининг узатиш коэффициенти Rp, ПИД-ростлагич пропорционал (Kp) ва интеграл (Ki) қисмларининг кучайтириш коэффициентлари, ПИД-ростлагич реал дифференциалловчи звеносининг кучайтириш коэффициенти ва унинг вақт доимийси (Td).

Hydraulic turbine [beta() Tw(sec)]:

[Гидравлик турбинанинг параметрлари beta() Tw(c)]. Тезлик оғишини демпфирлаш коэффициенти beta ва турбина гидравлик қисми моделининг вақт доимийси Tw(c).

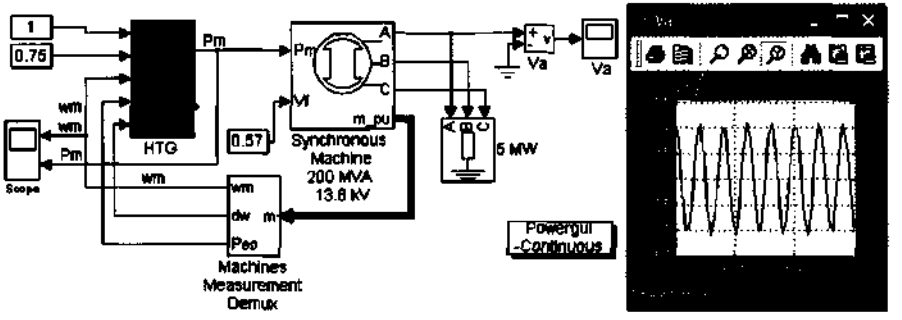
Droop reference (0=power error, 1=gate opening):

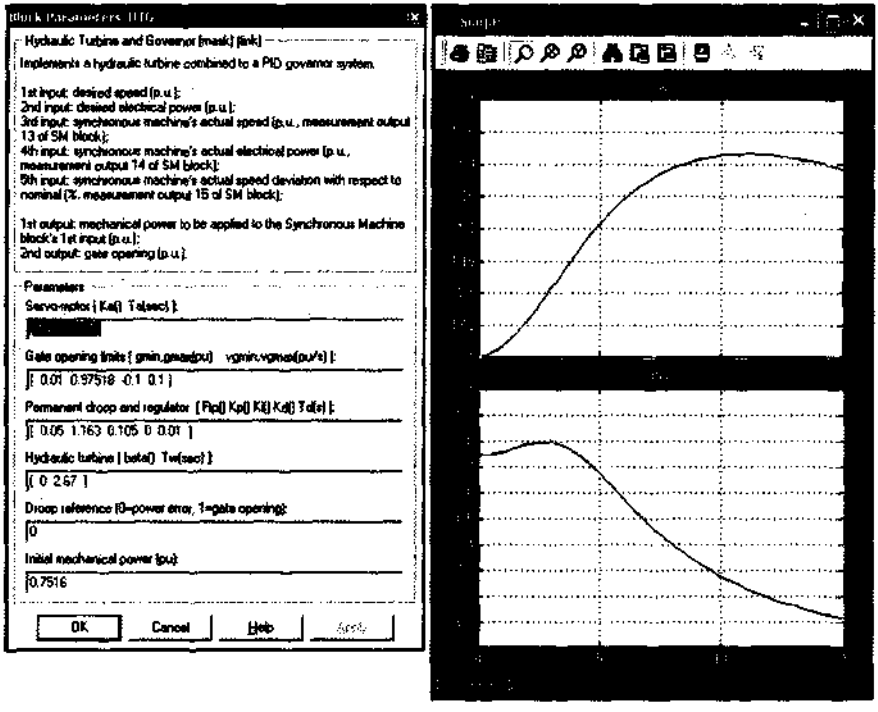
[Тескари боғланиш тури]. Тескари боғланиш сигналининг кўринишини белгилайди: 1 — затворнинг ҳолати, 0 — электр қувватнинг девиацияси. Initial mechanical power (pu):

[Механик қувватнинг бошланғич қиймати (н.б.)].

Мисол:

Актив юкламага ишловчи гидрогенераторнинг турбина билан биргаликдаги модели 14.7.8.4-расмда келтирилган. Осциллограммаларда синхрон генераторнинг киришига бериладиган механик қувват (Pm), турбина валининг айланиш тезлиги (wm) ва генераторнинг А фазасидаги чиқиш кучланиши (V_A) кўрсатилган.

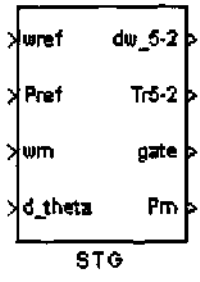




14.8.4-расм. Актив юкламага ишловчи гидрогенераторнинг турбина билан биргаликдаги модели

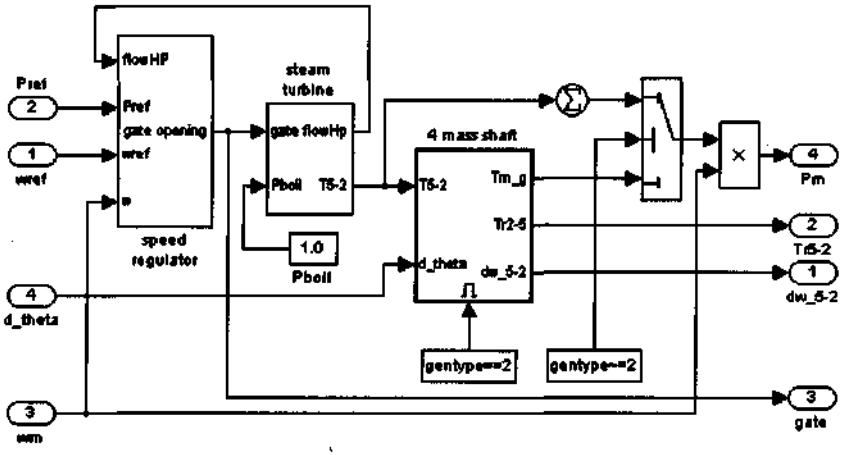
14.7.9. Ростлагичли буғ турбинаси Steam Turbine and Governor

Пиктограммаси:



Вазифаси:

Блок ростлаш системасига эга бўлган буғ турбинасининг модели бўлиб ҳисобланади. Турбинанинг вали кўп массали (тўртта массагача) система сифатида моделланиши мумкин. Моделнинг схемаси 14.7.9.1-расмда кўрсатилган.



14.7.9.1-расм. Ростлагичли буғ турбинасининг модели

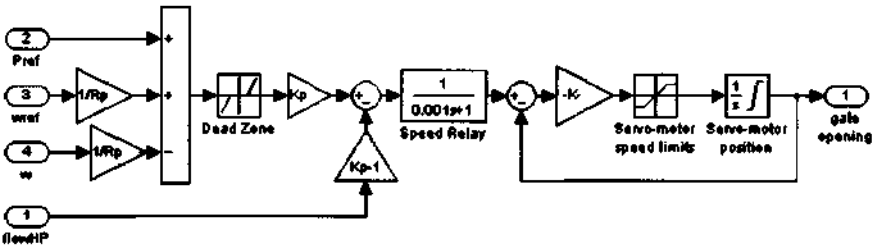
Блокнинг биринчи икки киришига бурчак тезлигининг (wref) ва қувватнинг (Pref) керакли қийматлари берилади. Блокнинг учинчи ва тўртинчи киришларига синхрон генератор тезлигининг (we) ва юклама бурчагининг ҳақиқий қийматлари келтирилади.

Блокнинг чиқиш сигналлари қуйидагилар:

- кўп массали вал моделининг ҳар бир қисми учун тезланишлар оғишларининг вектори (dw_5-2);
- кўп массали вал моделининг ҳар бир қисми учун моментнинг қийматлари (Tr_5-2);
- синхрон машина блокининг киришига узатиладиган механик қувват (Pm);
- турбина затворининг очилиш катталиги (gate).

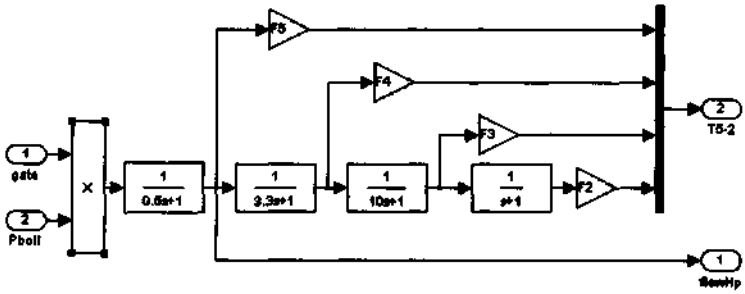
Юклама бурчагидан ташқари ҳамма кириш ва чиқиш катталиклари нисбий бирликларда ўлчанади.

Ростлаш системаси пропорционал-дифференциал (ПИД) ростлагич, тезлик релеси ва бошқарувчи сервомотордан иборат. Моделнинг умумий схемаси 14.7.9.2-расмда кўрсатилган.



14.7.9.2-расм. Турбина ростлаш системасининг модели

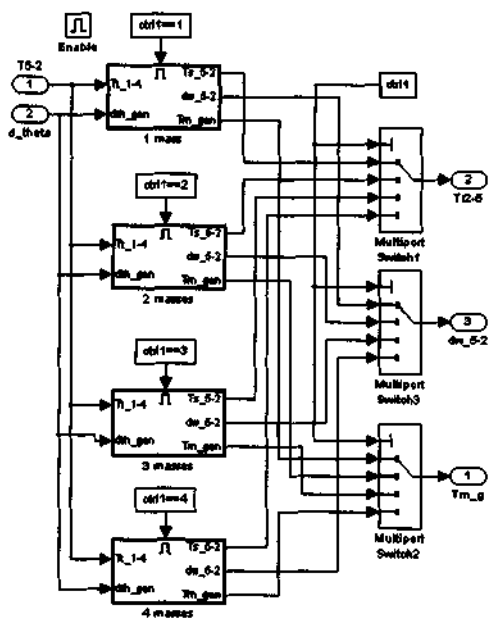
Турбинанинг ўзи 14.7.9.3-расмда кўрсатилган тўрт компонентли чизикли бўлмаган система кўринишида моделланади.



14.7.9.3-расм. ***Турбинанинг модели***

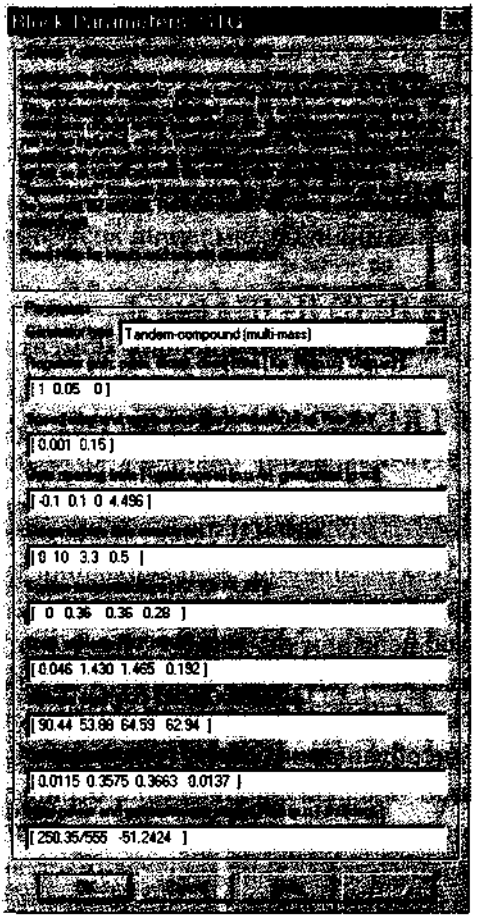
Буғ турбинаси ҳар бири биринчи тартибли узатиш функцияси билан моделланган тўртта каскадга эга. Биринчи каскад буғ йиғгич бўлиб, қолган учта каскад трубопровод ёки иккиламчи иситкич бўлиши мумкин. Қозон (котел) моделланмаган. Қозондаги босим ўзгармас ва 1 н.б.га тенг деб олинади. F2-F5 элементлар турбинанинг қувватини валнинг турли каскадлари орасида тақсимлаш учун ишлатилади.

Турбина валининг модели тўрт массали система кўринишида бажарилган (14.7.9.4-расм). Турбинага энг яқин масса 2 тартиб рақамга эга, синхрон генераторга энг яқини эса 5 тартиб рақам билан белгиланади.



14.7.9.4-расм. Турбина валининг модели

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Generator type

[Роторнинг тури]. Қуйидаги рўйхатдан олинади:

- Tandem-compound (single mass) — бир массали;
- Tandem-compound (multi-mass) — кўп массали.

Regulator gain, perm. droop, dead zone [Kp Rp(p.u.) Dz(p.u.)]: [Ростлагичнинг параметрлари]. Ростлагичнинг кучайтириш коэффициенти Kp, тескари боғланишни сусайтириш коэффициенти Rp(н.б.) ва ростлагич сезмайдиган зонанинг кенглиги Dz(н.б.).

Speed relay and servo-motor time constants [Tsr Tsm] (s): [Тезлик релеси ва серводвигателнинг вақт доимийлари [Tsr Tsm] (с). Gate opening limits [vgmin,vgmax (p.u./s) gmin, gmax (p.u.)]:

[Затворнинг ростлаш чегаралари [gmin, gmax(н.б.vgmin, vgmax (o.e./c)]]. Затвор координаталарининг максимал и минимал қийматлари gmin, gmax (o.e.) ва затвор силжиш тезлигининг максимал ва минимал қийматлари vgmin, vgmax (н.б./c).

Steam turbine time constants [T2 T3 T4 T5] (s):

[Турбинанинг вақт доимийлари [T2 T3 T4 T5] (c)].

Turbine torque fractions [F2 F3 F4 F5]:

[Вал бўйича моментнинг тақсимланиш коэффициентлари [F2 F3 F4 F5]].

Coeff. of inertia [H2 H3 H4 H5] (s):

[Вал ташкил этувчиларининг инерция моментлари [H2 H3 H4 H5] (s)].

Stiffness coeff. [K12 K23 K34 K45] (pu/rad):

[Вал ташкил этувчиларининг бикирлик коэффициентлари [K12 K23 K34 K45] (н.б./рад):]

Damping factors [D2 D3 D4 D5] (p.u. T/p.u. dw):

[Вал ташкил этувчиларининг демпфирланиш коэффициентлари [D2 D3 D4 D5] (н.б. T/ н.б.dw):]

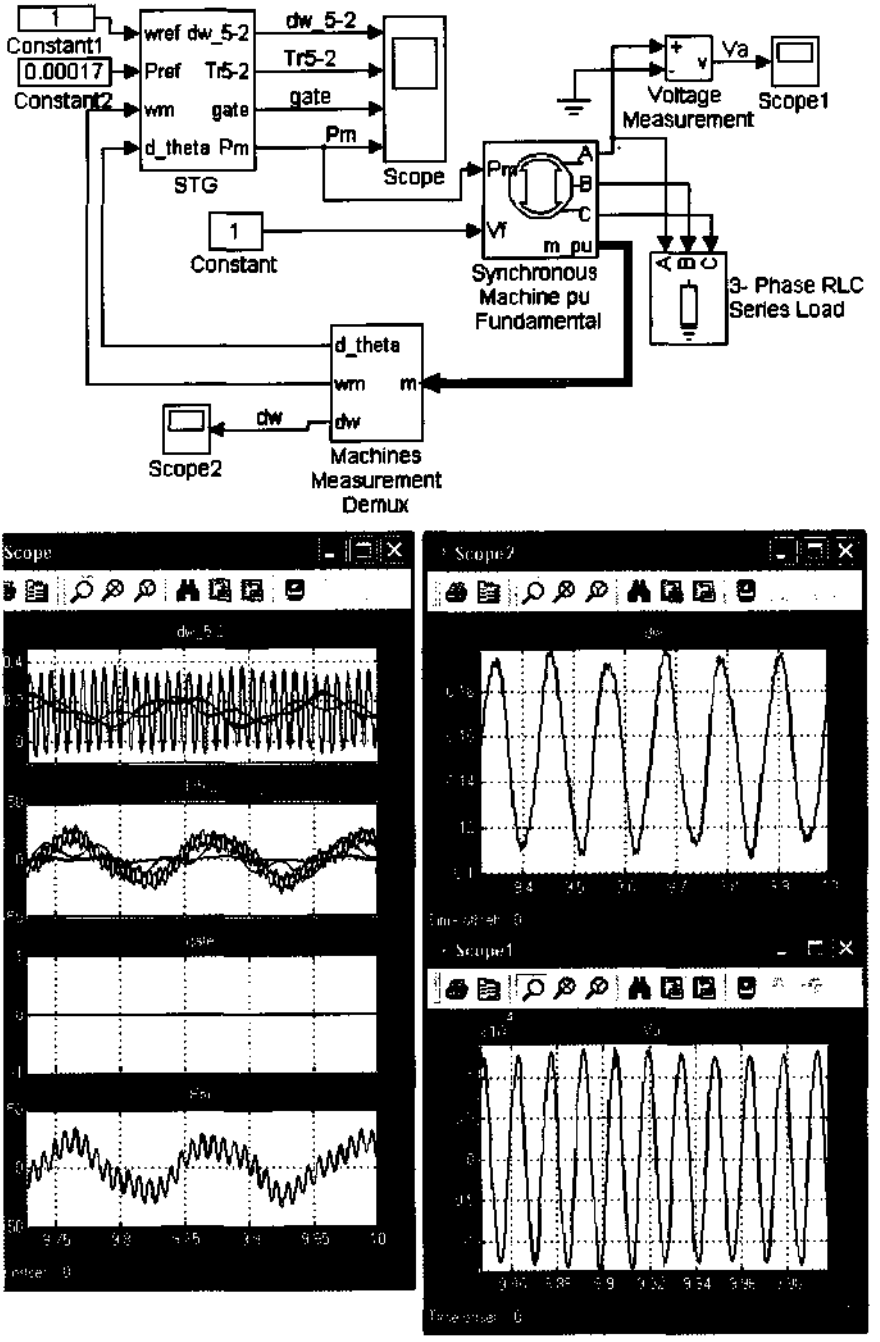
Initial power and generator rotor angle [Pm0 (p.u.) th0(deg)]:

[Механик қувватнинг бошланғич қиймати ва генератор валининг бурилиш бурчаги [Pm0 (н.б.) th0(град)]]. Параметрлар PowerGui блоки ёрдамида ҳисобланиши мумкин. Бир массали системада фақат механик қувватнинг бошланғич қийматини бериш талаб қилинади.

Агар кўп массали системада тўртта массанинг ҳаммасини моделлаш талаб қилинмаса, валнинг моделланмаётган қисмлари учун инерция моментларининг қийматлари нолга тенг бўлиши керак. Фойдаланилмаётган массага мос бикирлик коэффициентлари ва сўниш декрементлари ҳисобга олинмайди. Вал массаларидан бир қисми моделланмаса қолган массалар генератор йўналишида силжитилади. Фойдаланилмаётган массалар учун моментнинг вал бўйича тақсимланиш коэффициенти нолга тенг бўлиши керак. Аммо, валнинг инерция коэффициентлари нолга тенг бўлган қисмлари учун моментнинг тақсимланиш коэффициенти нолга тенг бўлмаслигига ҳам йўл қўйилади.

Мисол:

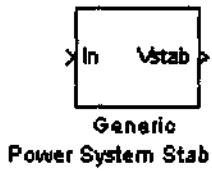
Актив юкламага ишловчи синхрон генератор ва буғ турбинасининг модели 14.7.9.5-расмда кўрсатилган. Расмда шаклланган режим учун айрим ўзгарувчиларнинг графиклари ҳам келтирилган.



14.7.9.5-расм. Актив юкламага ишловчи синхрон генератор ва буғ турбинасининг модели

14.7.10. Энергосистеманинг универсал стабилизатори Generic Power System Stabilizer

Пиктограммаси:

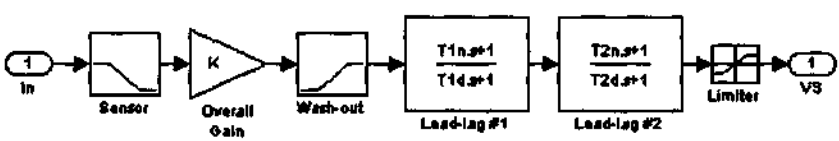


Вазифаси:

Энергосистеманинг универсал стабилизатори блокидан (PSS) синхрон генераторнинг қўзғатишини бошқариш йўли билан ротирининг демпфирловчи хусусиятларини яхшилаш учун фойдаланиш мумкин. Энергосистема ишининг бузилиши генератор ротори тезлигининг тебранишига олиб келиши мумкин. Энергосистеманинг турғунлигини сақлаб қолиш учун бундай тебранишлар сўндирилиши керак.

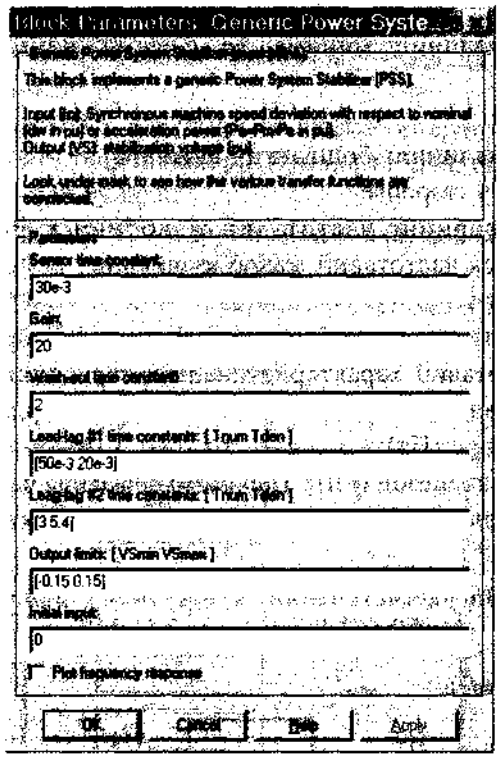
Generic Power System Stabilizer блокининг чиқиш сигнали (Vstab) генераторнинг қўзғатиш системаси учун кириш сигнали бўлиб хизмат қилади. Блокнинг кириш сигнали сифатида роторнинг тезлик бўйича хатолиги (dw) ёки генераторнинг механик қуввати ва электр қуввати орасидаги фарқ олиниши мумкин.

Стабилизаторнинг модели қуйи частоталар фильтри, асосий кучайтиргич ва юқори частоталар фильтридан иборат. Фазани компенсацияловчи система кетма-кет уланган иккита биринчи тартибли звенолардан иборат. Ушбу звенолар қўзғатиш кучланиши ва синхрон машинанинг электромагнит айлантирувчи моменти орасидаги фаза кечикишини компенсация қилиш учун хизмат қилади. Стабилизатор моделининг схемаси 14.7.10.1-расмда кўрсатилган.



14.7.10.1-расм. ***Стабилизатор моделининг схемаси***

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Sensor time constant:

[Датчикнинг вақт доимийси]. Кириш сигналини фильтрлаш учун хизмат қилувчи қуйи частоталар фильтрининг вақт доимийси (с).

Gain:

[Кучайтириш коэффициенти]. Стабилизаторнинг умумий кучайтириш коэффициенти.

Wash-out time constant:

[Юқори частоталар фильтрининг вақт доимийси].

Lead-lag #1 time constants: [Tnum Tden]

[Фаза бўйича компенсация системаси биринчи звеносининг вақт доимийси

[Tnum Tden]]. Tnum — суратнинг вақт доимийси, Tden — махражнинг вақт доимийси.

Leag-lag #2 time constants: [Tnum Tden]

[Фаза бўйича компенсация системаси иккинчи звеносининг вақт доимийси [Tnum Tden]]. Tnum — суратнинг вақт доимийси, Tden — махражнинг вақт доимийси.

Output limits: [VSmin VSmax]

[Чиқиш сигналининг минимал ва максимал қийматлари [VSmin VSmax]].

Initial input:

[Кириш сигналининг бошланғич қиймати].

Plot frequency response

[Стабилизаторнинг частотавий жавобини қуриш]. Байроқча ўрнатилган бўлса частотавий жавоб қурилади.

Magnitude in dB

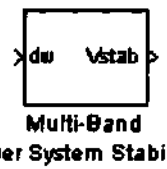
[Сигнал аплитудасининг ўзгариши дБ ларда]. Байроқча белгиланган бўлса частотавий характеристикадаги сигналнинг амплитудаси дБ ларда ўлчанади, акс ҳолда — нисбий бирликларда бўлади.

Frequency range (Hz):

[Частотавий диапазон (Гц)]. Параметр сифатида частотавий характеристикаси қурилиши зарур бўлган частоталар вектори берилади.

14.7.11. Энергосистеманинг кўп кутбли стабилизатори Multiband Power System Stabilizer

Пиктограммаси:



Вазифаси:

Энергетик системада содир бўладиган шикастланишлар ва нуқсонлар электр генераторларнинг электромеханик тебранишларига олиб келиши мумкин. Системанинг турғунлигини сақлаш учун бундай тебранишлар эффектив равишда сўндирилиши керак. Электромеханик тебранишлар қуйидаги тўртта категория бўйича ажратилиши мумкин:

Локал тебранишар: генератор ва электр станциясининг қолган қисми ўртасида ёки электр станцияси ва энергетик системанинг қолган қисми ўртасида бўлиши мумкин. Одатда бундай тебранишларнинг частотаси 0.8 ва 4.0 Гц оралиғидаги диапозонда бўлади.

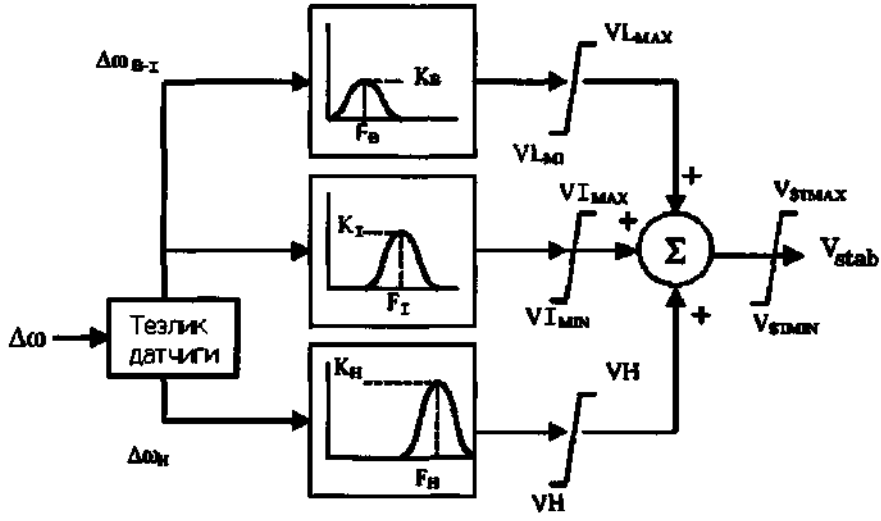
Станциялар орасидаги тебранишлар: бир-бирига яқин иккита электр станцияси орасида кузатилади. Бундай тебранишларнинг частотаси 1 дан 2 Гц гача бўлиши мумкин.

Гуруҳий тебранишлар: электростанцияларнинг иккита катта гуруҳлари орасида бўлиши мумкин. Частотаси — одатда 0.2 дан 0.8 Гц гача бўлган ораликда.

Глобал тебранишлар: системадаги ҳамма генераторларнинг фаза бўйича мос тушувчи тебранишлари. Бундай тебранишларнинг частотаси 0.2 Гц атрофида бўлади.

Шундай қилиб, жуда катта (икки декадагача) диапазондаги тебранишларни сўндириш талаб қилинади.

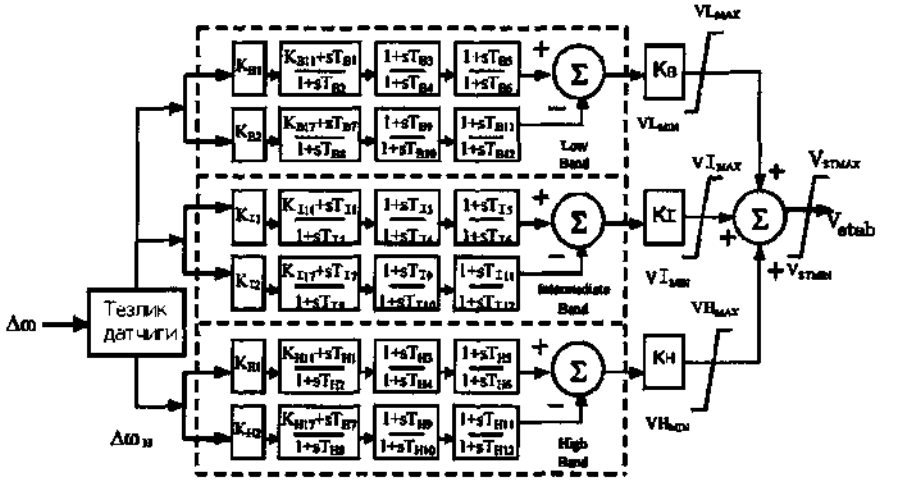
Стабилизаторнинг соддалаштирилган схемаси 14.7.11.1-расмда кўрсатилган.



14.7.11.1-расм. ***Стабилизаторнинг соддалаштирилган схемаси***

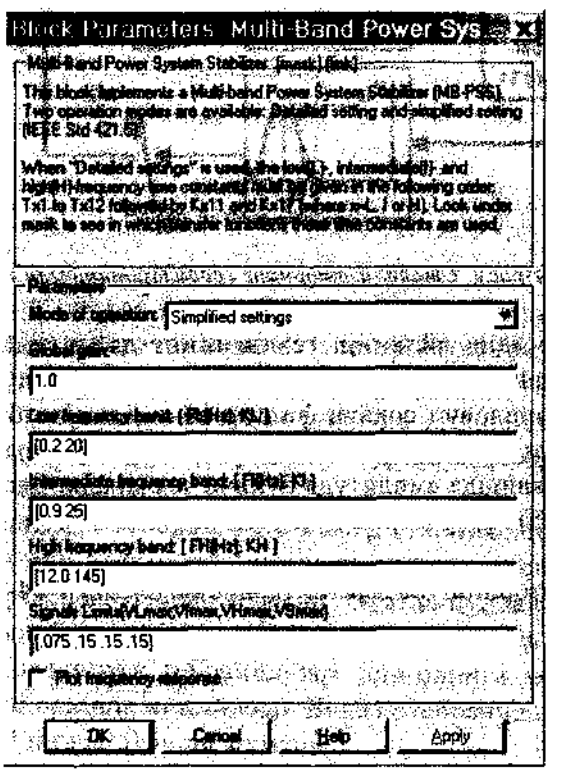
Генератор вали айланиш тезлигининг датчигидан келадиган сигнал учта каналга бўлинади. Ҳар бир каналда маълум частоталар диапазонида ишловчи соҳали фильтр ва амплитуда бўйича сигнал чеклагич мавжуд. Фильтрлангандан кейин учала сигнал йиғилади ва қўшимча равишда амплитуда бўйича чекланади. Блокнинг чиқиш сигнали (Vstab) генераторни қўзғатиш системаси учун кириш сигналидир.

Стабилизаторнинг батафсил таркибий схемаси 14.7.11.2-расмда кўрсатилган.



14.7.11.2-расм. ***Стабилизаторнинг батафсил таркибий схемаси***

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Mode of operation:

[Параметрларни бериш режими]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:

- Simplified settings — параметрларни соддалаштирилган кўринишда бериш;
- Detailed settings — параметрларни батафсил кўринишда бериш.

Global gain

[Умумий кучайтириш коэффициенти]. Стабилизаторнинг умумий кучайтириш коэффициенти.

Low frequency band: [FL(Hz), KL]

[Қуйи частоталар фильтрининг параметрлари [FL(Гц), KL]]. Параметр вектор кўринишида берилади. Унинг биринчи элементи — марказий частота (Гц), иккинчи элементи — фильтр узатиш коэффициентининг максимал қиймати. Параметр Simplified settings режими учун ўринли.

Intermediate frequency band: [FI(Hz), KI]

[Ўрта частотали фильтрнинг параметрлари [FL(Гц), KL]]. Параметр вектор кўринишида берилади. Унинг биринчи элементи — марказий частота (Гц), иккинчи элементи — фильтр узатиш коэффициентининг максимал қиймати. Параметр Simplified settings режими учун ўринли.

High frequency band: [FH(Hz), KH]

[Юқори частотали фильтрнинг параметрлари [FL(Гц), KL]]. Параметр вектор кўринишида берилади. Унинг биринчи элементи — марказий частота (Гц), иккинчи элементи — фильтр узатиш коэффициентининг максимал қиймати. Параметр Simplified settings режими учун ўринли.

Low frequency gains: [KL1, KL2, KL]

[Қуйи частоталар каналининг кучайтириш коэффициентлари [KL1, KL2, KL]].

Параметр Detailed settings режимида ўринли.

Low frequency time constants (s):

[Қуйи частоталар каналининг вақт доимийси]. Параметр вектор кўринишида берилади [TB1 TB2 TB3 TB4 TB5 TB6 TB7 TB8 TB9 TB10 TB11 TB12 KB11 KB17]. Параметр Detailed settings режимида ўринли.

Intermediate frequency gains: [KI1, KI2, KI]

[Ўрта частоталар каналининг кучайтириш коэффициентлари [KI1, KI2, KI]].

Параметр Detailed settings режимида ўринли.

Intermediate frequency time constants (s):

[Ўрта частоталар каналининг вақт доимийси]. Параметр вектор кўринишида берилади [TI1 TI2 TI3 TI4 TI5 TI6 TI7 TI8 TI9 TI10 TI11 TI12 KI11 KI17].

Параметр Detailed settings режимида ўринли.

High frequency gains: [KH1, KH2, KH]

[Юқори частоталар каналининг кучайтириш коэффициентлари [KH1, KH2, KH]]. Параметр Detailed settings режимида ўринли.

High frequency time constants (s):

[Юқори частоталар каналининг вақт доимийси]. Параметр вектор кўринишида берилади [TH1 TH2 TH3 TH4 TH5 TH6 TH7 TH8 TH9 TH10 TH11 TH12 KH11 KH17]. Параметр Detailed settings режимида ўринли.

Signals Limits(VLmax,VImax,VHmax,VSmax)

[Чеклаш сатҳлари]. Чиқиш сигналини чеклаш сатҳлари: VLmax — паст частоталар каналида, VImax — ўрта частоталар каналида, VHmax — юқори частоталар каналида, VSmax — натижавий сигналнн чеклаш сатҳи.

Plot frequency response

[Стабилизаторнинг частотавий жавобини қуриш]. Байроқча ўрнатилган бўлса частотавий жавоб қурилади.

Magnitude in dB

[Сигнал амплитудасининг ўзгариши дБ ларда]. Байрокча белгиланган бўлса частотавий характеристикадаги сигналнинг амплитудаси дБ ларда ўлчанади, акс ҳолда — нисбий бирликларда бўлади.

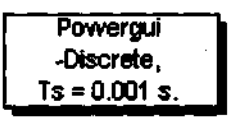
Frequency range (Hz):

[Частотавий диапазон (Гц)]. Параметр сифатида частотавий характеристикаси қурилиши зарур бўлган частоталар вектори берилади.

15. POWERGUI — ЭНЕРГЕТИК ТИЗИМЛАРНИ МОДЕЛЛАШ ПАКЕТИНИНГ ГРАФИК ИНТЕРФЕЙСИ

15.1. *Powergui* — Фойдаланувчининг график интерфейси

Пиктограммаси:

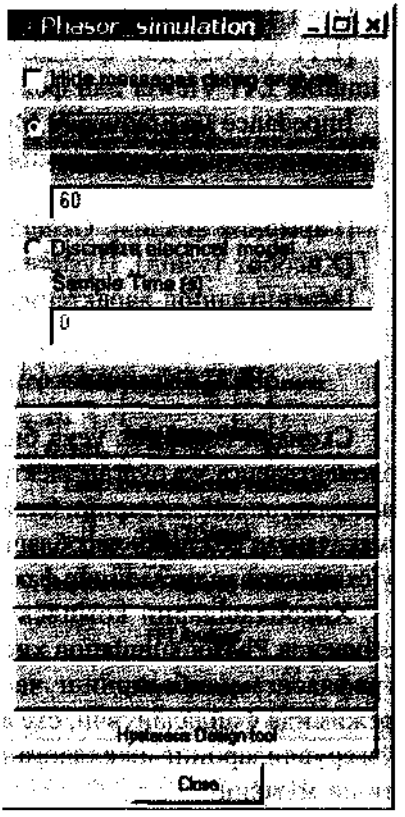


Вазифаси:

Блок қуйидаги масалаларни ечиш имкониятини беради:

- схемани комплекс усул билан ҳисоблаш;
- шаклланган (қарор топган) режимни ҳисоблаш;
- моделни дискретлаш;
- бошланғич шартларни бериш;
- электр машиналарига эга бўлган уч фазали схемаларни ҳисоблашлар шаклланган режимдан бошланадиган қилиб инициаллаш;
- схемани Simulink LTI-Viewer инструменти ёрдамида анализ қилиш;
- занжирнинг тўла қаршилигини (импедансини) аниқлаш;
- гармоник анализни бажариш;
- ҳисоботни ҳосил қилиш;
- ночизиқли трансформатор модели учун магнитланиш характеристикасининг файлини ҳосил қилиш.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Hide messages during analysis [Анализ давом этаётганда хабарларни беркитиш].

Байроқча белгиланган бўлса ҳисоблашларни бажариш давомида MATLABнинг командалар ойнасига ахборотлар чиқарилмайди.

Phasor simulation [Схемани комплекс усул билан ҳисоблаш]. Байроқча белгиланган бўлса ҳисоблашлар комплекс усул билан бажарилади. Бунда манбаларнинг частотасини Frequency графасида киритиш керак.

Frequency (Hz) [Частота (Гц)]. Схемани комплекс усул билан ҳисоблашда манбаларнинг частотаси. Анализнинг бошқа турларида ушбу параметрга кириб бўлмайди.

Discretize electrical model [моделни дискретлашни бажа-

риш]. Байроқча белгиланган бўлса модел дискретланади. Бу ҳолда дискретлаш қадамини Sample time графасида бериш керак.

Sample time (s)

[Дискретлаш қадами]. Параметрга моделни дискретлаш режими ўрнатилган бўлса кириш мумкин. Бу ҳолда блокнинг пиктограммасида ушбу параметрнинг катталиги кўрсатилади.

Steady State Voltages and Currents

[Кучланишлар ва токларнинг шаклланган қийматлари]. Ўзгарувчиларнинг шаклланган қийматларини ҳисоблаш. Кнопка босилганда ўзгарувчиларнинг қийматлари кўрсатилган ойна очилади.

Initial states Setting

[Бошланғич қийматларни ўрнатиш]. Ушбу кнопка босилганда ўзгарувчиларнинг бошланғич қийматлари акс эттирилган ойна очилади. Бошланғич қийматларни ўзгартириш мумкин. Ўзгартирилган бошланғич қийматлардан ўтиш жараёнларини ҳисоблашда фойдаланилади.

Load Flow and Machine Initializations

[Электр машиналарга эга бўлган схемаларни инициаллаш].

Use LTI Viewer

[LTI Viewer дан фойдаланиш]. Схемани таҳлил қилиш учун Simulink LTI Viewer дан фойдаланиш.

Impedance vs Frequency Measurements

[Занжирнинг импедансини аниқлаш]

FFT Analysis

[Гармоник анализ]. Generate Report

[Ҳисобот тузиш]. Hysteresis Design Tool

[Магнитланиш характеристикасини ҳисоблаш].

15.2. Схемани комплекс усул билан ҳисоблаш

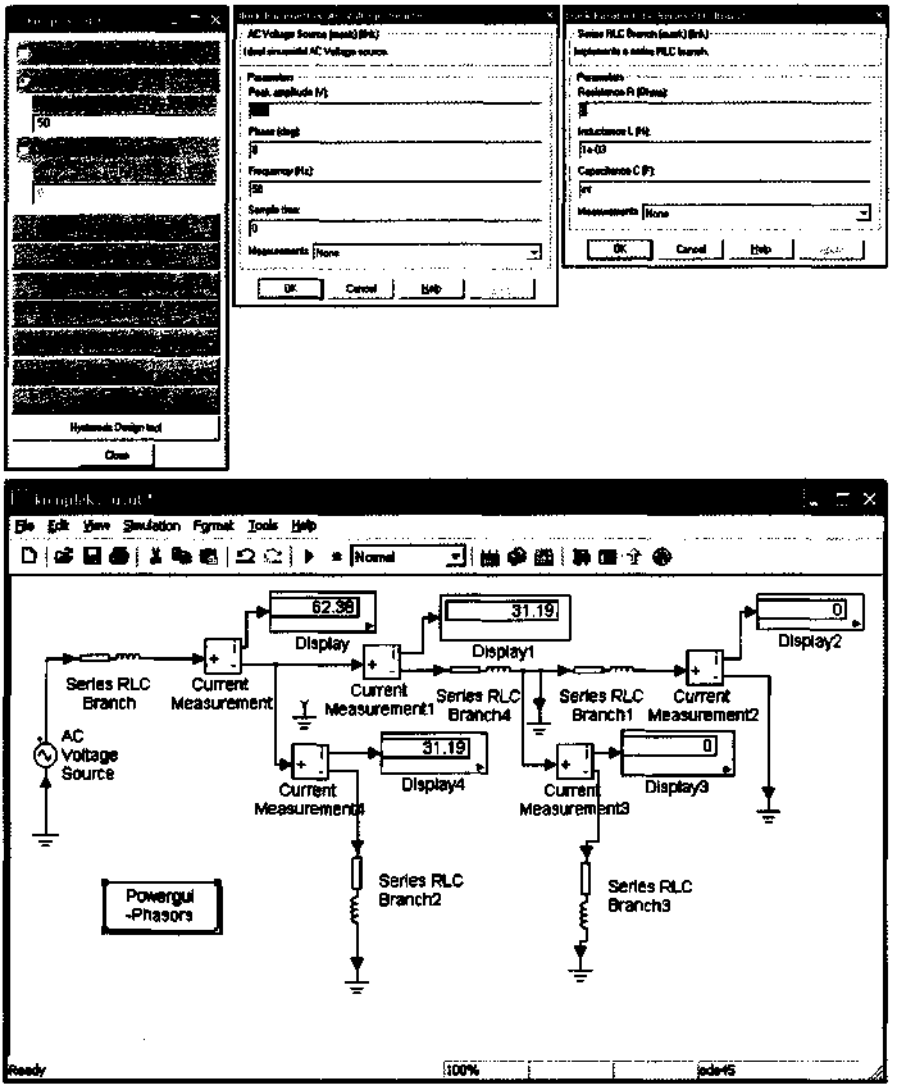
Схемани комплекс усул билан ҳисоблаш (Phasor simulation) калит элементларига эга бўлган электр схемалар учун ўзгарувчиларнинг фақат шаклланган қийматларини билиш зарур бўлганда бажарилади. Бу ҳолда шаклланган режимни ҳисоблашнинг Steady-State тури қулай эмас, чунки у схемадаги калитларнинг фақат бошланғич ҳолати учун бажарилади.

Ҳисоблашларни комплекс усул билан бажариш учун Powergui ойнасида Phasor simulation ҳисоблаш режими танланади ва Frequency графкасига манбаларнинг частотаси киритилади. Phasor simulation режимида фойдаланувчи, схемадаги ҳар хил коммутациялар вақтида, ўзгарувчиларнинг шаклланган қийматлари қандай ўзгаришини кузатиши мумкин.

Мисол:

Электр схемани комплекс усул билан ҳисоблашга мисол 15.1-расмда келтирилган. Ўлчанаётган катталик сифатида занжирдаги токларнинг амплитуда қийматлари олинган.

Комплекс усулдан жуда мураккаб схемаларни ҳисоблашда ҳам ўтиш жараёнларини ҳисоблаш турғун ечимни бермаганда фойдаланиш мумкин.



15.1-расм. Электр схемани комплекс усул билан ҳисоблашга мисол

15.3. Моделларни дискретлаш

Электр моделни дискретлаш ҳисоблаш тезлигини кескин орттириш имкониятини беради. Дискретлаш қадамининг катталиги Powergui блокининг ойнасида берилади. Дискретлаш Тастина усулидан (трапециялар усули ёрдамида белгиланган қадам билан интеграллаш) фойдаланиб бажарилади. Электр машиналарнинг моделларини дискретлашда ёпиқ алгебраик контурларни йўқотиш учун Эйлернинг тўғридан-тўғри усули ишлатилади. Ҳисоблашнинг аниқлиги дискретлаш қадамининг катталигига боғлиқ. Дискретлаш қадами катта бўлганда аниқлик пасайиши мумкин. Дискреташ қадамининг керакли қийматини танлаш учун қадамларнинг бир неча қийматларида ҳисоблашлар бажарилади ва натижалар узлуксиз модел учун олинган натижалар билан таққосланади. Таққослаш натижаларига асосан энг катта қадам танланади. Одатда 50 Гц частотада ишловчи тизимлар учун дискретлаш қадамини 20-50 мкс олиш мумкин. Тўла бошқарилувчи калитларни ўз ичига олувчи тизимлар (IGBT транзисторлар, GTO тиристорлар, сунҳий коммутацияли схемалар ва ҳ.к.) учун дискретлаш қадамини кескин камайтириш керак. Масалан, 8 кГц частотада ишловчи кенглик-импульс модуляцияли инвертор учун дискретлаш қадами 1 мкс атрофида берилади. Дискрет схемаларни ҳисоблашда бошқариш тизимлари узлуксиз ёки дискрет бўлиши мумкин, лекин дискрет бўлганда энг катта ҳисоблаш тезлигига эришилади.

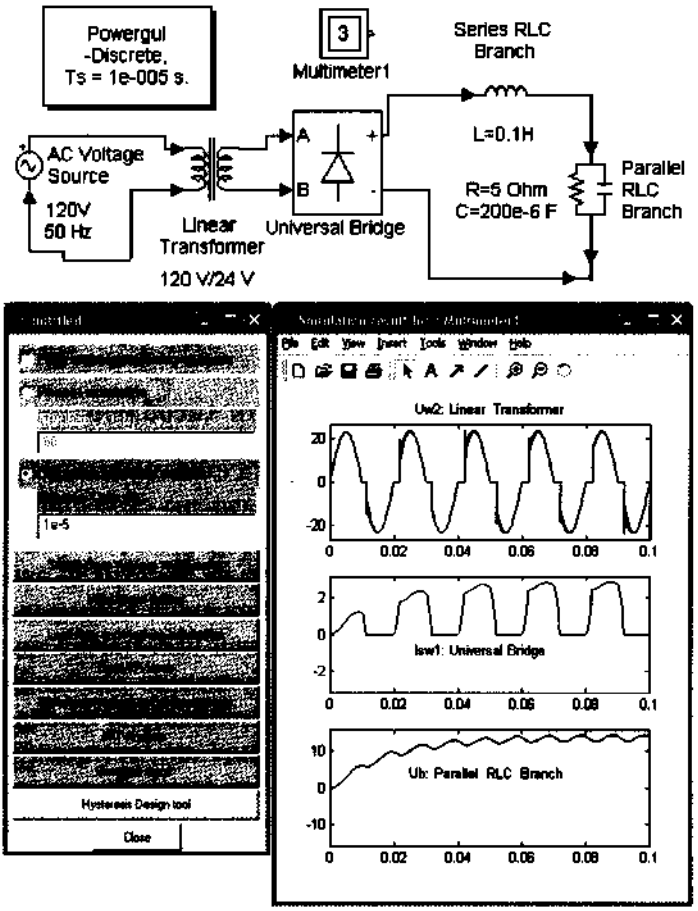
Дискретлашни бажаришда қуйидаги чекланишларни ҳисобга олиш зарур:

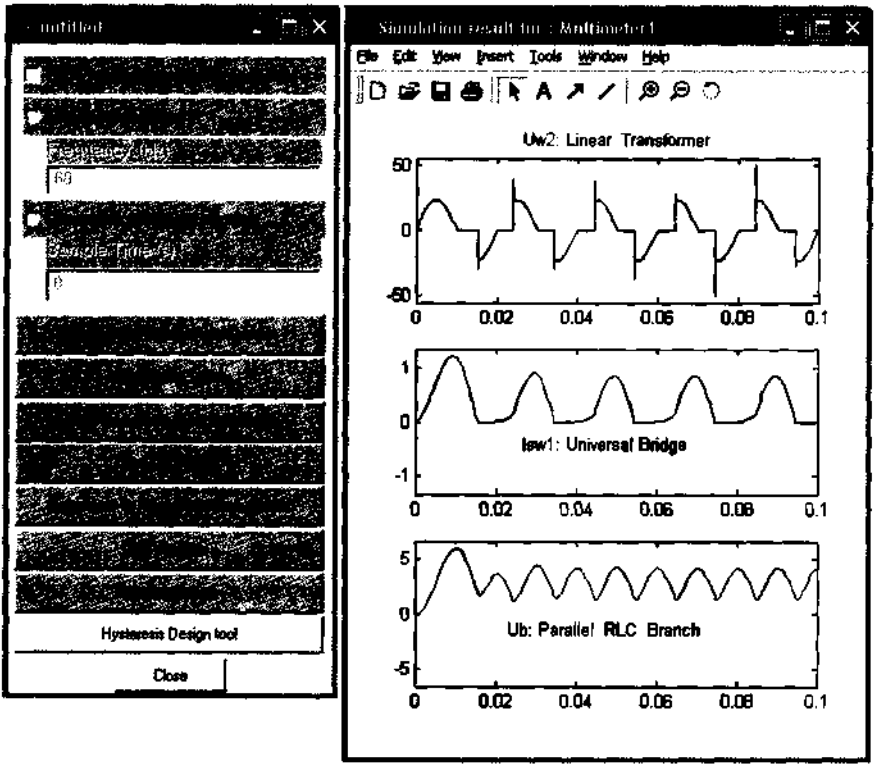
1. Тўла бошқарилувчи ярим ўтказгичли қурилмаларни (IGBT, GTO ёки MOSFET) дискретлаш, улар Universal Bridge блокининг таркибига киргандагина бажарилади. Агар бундай қурилмалар алоҳида ишлатилаётган бўлса дискретлаш бажарилмайди ва моделни ҳисоблаш бошланганда хатолик тўғрисидаги ахборотга эга бўлган ойна ҳосил бўлади.
2. Электр машиналар дискрет режимда моделланганда ечимнинг тебранишлари юзага келиши мумкин. Бунинг олдини олиш учун таъминлаш манбалари кичик қаршиликка эга бўлган резистор орқали электр машиналарга уланади. Қаршиликнинг катталиги машинанинг қуввати ва дискретлаш қадамининг қиймати орқали аниқланади. Масалан, 60 Гц частотада ишловчи тизим учун дискретлаш қадами 25 мкс бўлганда резисторда ажралиб чиқадиган қувват машинанинг номинал қувватига нисбатан тахминан 2,5 % бўлиши керак. Дискретлаш қадами орттирилганда резисторнинг қуввати ҳам орттирилади. Масалан, қуввати

200 МВА бўлган синхрон машина учун моделнинг дискретлаш қадами 50 мкс бўлганда қўшимча резисторда машинанинг номинал қувватига нисбатан 5% ёки 10 МВт қувват ажралиб чиқиши талаб қилинади. Дискретлаш қадами 20 мкс бўлганда эса резисторнинг қувватини 4 МВт олиш мумкин.

3. Уланган ҳолатдаги диодлар ва тиристорларнинг индуктивликлари (Lon) нолга тенг қилиб берилган бўлиши керак. Агар Lon параметр нолга тенг бўлмаса у мажбурий равишда нолга тенглаштирилади ва SimPowerSystem бу тўғрида огоҳлантирувчи хабар беради.

Мисол: Актив-сиғимли юкламага ишловчи бир фазали кўприкли тўғрилагичнинг модели 15.2-расмда кўрсатилган. Расмда трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидаги кучланиш, кўприк диодларидан биридаги ток ва юкламадаги кучланишнинг дискрет ҳамда узлуксиз моделлар ёрдамида олинган осциллограммалари ҳам келтирилган.





15.2-расм. Актив-сиғимли юкламага ишловчи бир фазали кўприкли тўғрилагичнинг модели

15.4. Шаклланган режимни ҳисоблаш

Powergui блокининг Steady-State режими схемаларни ўзгармас токда ҳисоблаш имкониятини беради. Ҳисоблашлар схеманинг t=0 вақт моментидаги ҳолати учун бажарилади. Steady-State режимида моделнинг ҳолат ўзгарувчилари ҳамда манбалар ва ночизиқли элементлар ўзгарувчиларининг қийматлари Powergui блокининг ойнасида акс эттирилади. Ҳисоблашлар схемадаги манбаларнинг частотасига тенг бўлган частотада ёки схемада фақат ўзгармас кучланиш манбалари бўлса нолга тенг бўлган частотада бажарилади. Натижаларни таъсир қилувчи ёки амплитудавий қийматлар кўринишида акс эттириш мумкин. Ҳисоблашлар ўзгарувчан кучланишда бажарилганда ўзгарувчиларнинг фазавий силжишларини ҳам Powergui блокининг ойнасида кўриш мумкин. Схемада калит элементлари бўлганда ҳисоблашлар калитларнинг бошланғич ҳолатлари учун бажарилади.

Натижаларни акс эттириш учун Powergui блокининг Steady-State режимида қуйидаги созлашарни бажариш мумкин:

Units [Ўлчаш системаси]. Ўлчаш системасини танлаш:

- Peak values — амплитудавий қийматлар;
- RMS values — таъсир этувчи қийматлар.

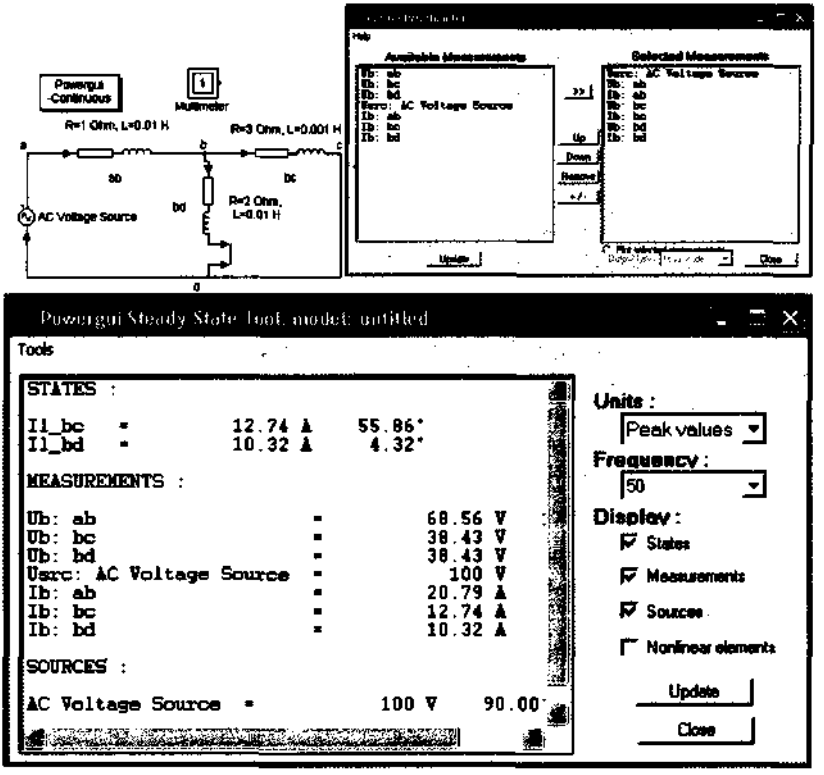
Frequency [Частота]. Манбаларнинг частотаси, Гц.

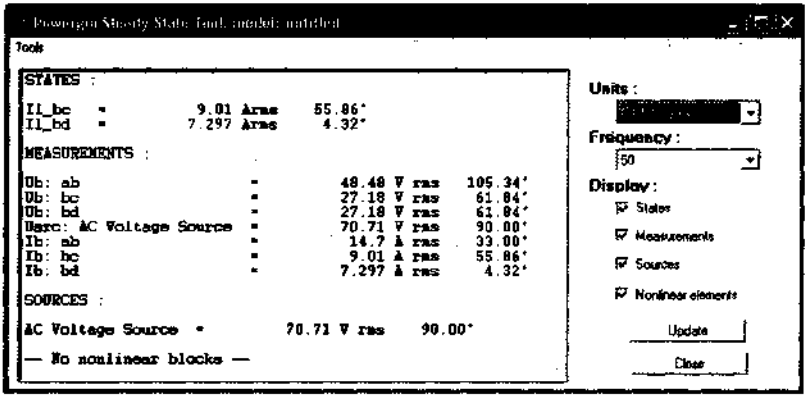
Display [Акс эттириладиган ўзгарувчилар]. Мос байроқчаларни белгилаш йўли билан қуйидаги ҳисобий ўзгарувчиларни акс эттириш мумкин:

- States — ҳолат ўзгарувчилари (индуктивликлардаги токлар ва конденсаторлардаги кучланишлар);
- Measurements — ўлчанадиган ўзгарувчилар, яъни ўлчаниши учун ток ва кучланиш датчиклари ўрнатилган ўзгарувчилар;
- Sources — манбаларнинг кучланишлари;
- Nonlinear — ночизиқли элементларнинг ток ва кучланишлари.

Мисол:

Электр занжири ва унинг шаклланган режимини учун ҳисоблаш натижалари 15.3-расмда келтирилган.





15.3-расм. Электр занжири ва унинг шаклланган режимини учун ҳисоблаш натижалари

15.5. Таркибида электр машиналари бўлган уч фазали схемаларни инициаллаш

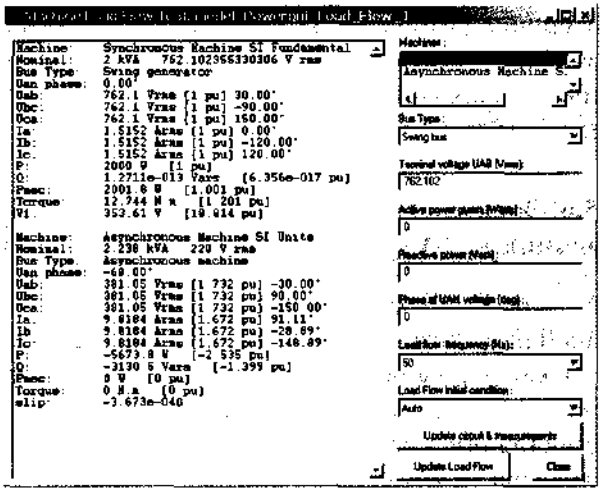
- **Таркибида электр машиналари бўлган уч фазали схемаларни шаклланган режимдан** (синусоидал токлар ва ўзгармас тезликларда) ҳисоблашни бошлаш учун аввал схемани инициаллаш зарур. Бундай инициаллаш Powergui блокининг Load Flow and Machine Initialization режимида бажарилади. Инициаллаш таркибида синхрон ва асинхрон машиналар ҳамда 3-Phase Dynamic Load блоклари бўлган схемалар учун амалга оширилади. Инициаллашни бажариш учун Load Flow and Machine Initialization ойнасининг чап қисмига бошланғич маълумотлар киритилади (15.4-расм). Электр машинасининг турига боғлиқ ҳолда бошланғич маълумотлар ўзгариши мумкин:
- Machines: [Машиналар]. Моделда мавжуд бўлган электр машиналарнинг рўйхати.
- Bus type [Шинанинг тури]. Параметр бериладиган машина параметрларининг рўйхатини аниқлайди. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:
- P&V Generator — Актив қувват ва номинал линия кучланиши (таъсир қилувчи қиймати) берилади;
- P&Q Generator — актив ва реактив қувват берилади;
- Swing Bus — линия кучланиши (таъсир қилувчи қиймати), кутиладиган актив қувват ва UAN кучланишнинг бошланғич фазаси (эл. градусларда) берилади. Шинанинг бундай тури кувватни икки йўналишда узатишни кўзда тутади, шу сабабли

схемадаги синхрон машиналардан камида биттаси учун бундай шина қўйилиши керак.

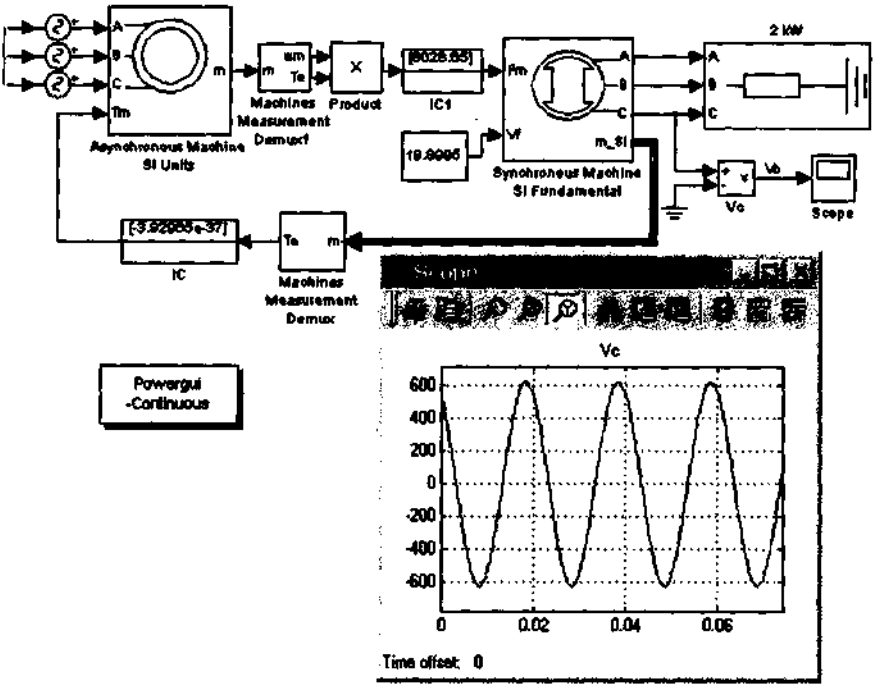
- Terminal voltage UAB (Vrms) — [UAB кучланиш (таъсир қилувчи қиймати)]. Active power (Watts) — [Актив қувват (Вт)].
- Reactive power (Vars)] — [Реактив қувват (Вар)].
- Phase of UAN voltage (deg) — [UAN кучланишнинг бошланғич фазаси (эл. град).]
- Mechanical power (Watts) — [Механик қувват(Вт)]. Параметр асинхрон машина учун берилади.
- Load flow frequency — [Частота].
- Load Flow initial condition — [Бошланғич шартлар]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:
  - Auto — ҳисоблаш аниқланган бошланғич шартлар учун бажарилади;
  - Start from previous solution — олдинги ҳисобнинг натижалари кейинги ҳисоблар учун бошланғич шарт сифатида олинади.

Схемага ўзгартиришлар киритилганда бошланғич шартларни қайта ҳисоблаш Update circuit & measurements кнопкасини босиш йўли билан бажарилади.

Update Load Flow кнопкаси босилганда ҳисобланган бошланғич шартлар электр машиналар блокларининг параметрларига автоматик тарзда ёзилади. Бундан ташқари, агар блокларнинг кириш сигналларини (юклама моменти, кириш қуввати ва ҳ.к.) ўзгартириш зарур бўлса керакли қийматларга эга бўлган ахборот чиқарилади. Ушбу қийматларни IC блоклар ёрдамида бериш керак.



15.4-расм. Таркибида электр машиналари бўлган уч фазали схемаларни инициаллаш



15.5-расм. Ротори асинхрон двигател ёрдамида ҳаракатга келтирилади актив юкламага ишловчи синхрон генераторни моделлаш

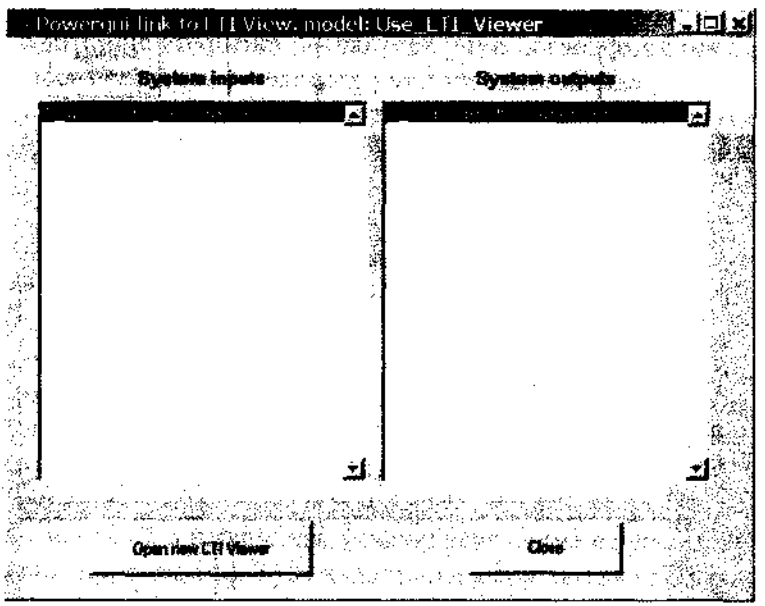
Мисол:

15.5-расмда кўрсатилган схемада актив юкламага ишловчи синхрон генераторнинг ротори асинхрон двигател ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Осциллограммада генераторнинг С фазасидаги кучланиш кўрсатилган. Осциллограммадан бошланғич кучланишнинг нолга тенг эмаслигини кўриш мумкин.

15.6. Электр схемаларни таҳлил қилиш учун Simulink LTI-Viewer воситасидан фойдаланиш

Control System Toolbox таркибига кирувчи Simulink LTI-Viewer воситаси Simulink да чизиқли тизимларни таҳлил қилиш учун қулай восита бўлиб ҳисобланади. Унинг ёрдамида бирлик импульс ёки поғонали таъсирга тизимнинг реакциясини аниқлаш, частотавий характеристикаларни қуриш, тизимнинг умумий узатиш функциясининг ноллари ва қутбларини аниқлаш, Найквист годографини қуриш ва бошқа масалаларни ечиш мумкин. Ушбу имкониятларнинг

ҳаммасидан электр схемаларни таҳлил қилишда фойдаланиш мумкин. Simulink LTI-Viewer электр схемаларни таҳлил қилиш учун Powergui муҳитидан Use LTI Viewer кнопкаси ёрдамида чақирилади. LTI-Viewer ишга тушганда фойдаланувчи таҳлил қилиш учун кириш (System inputs) ва чиқиш (System outputs) ўзгарувчиларини кўрсатиши мумкин (15.6-расм).

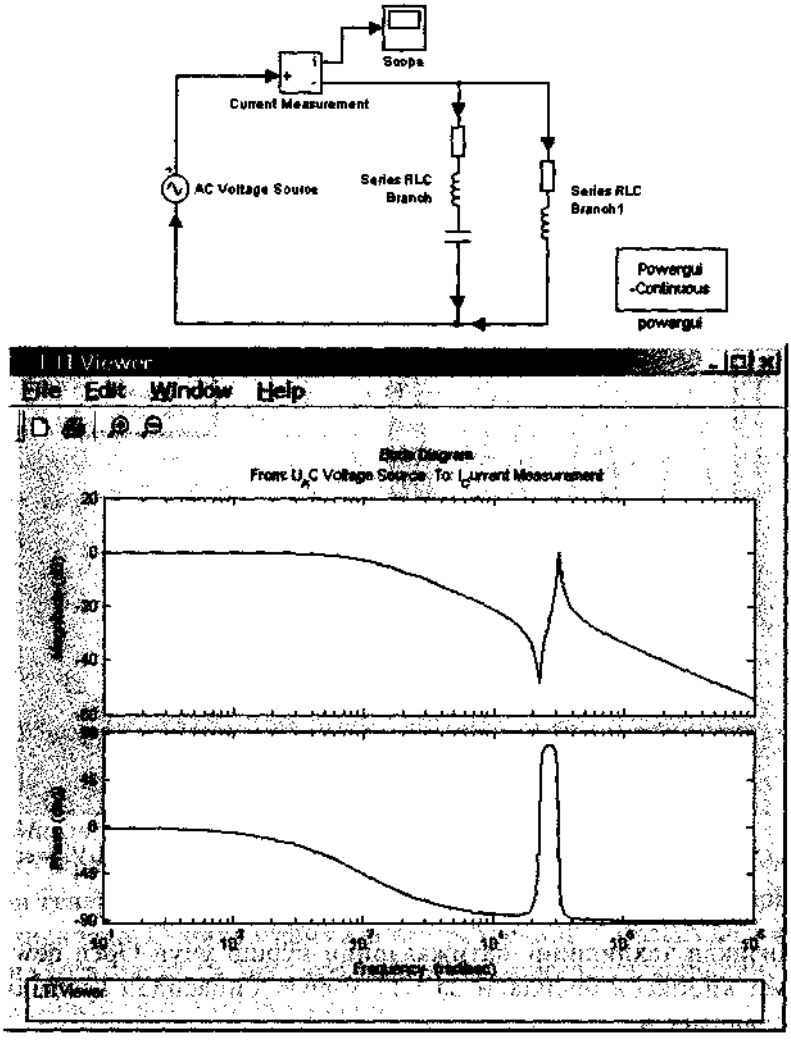


15.6-расм. Электр схемаларни таҳлил қилиш учун Simulink LTI-Viewer воситасидан фойдаланиш

Чизиқли таҳлилнинг натижаларини кўриш учун Open new LTI Viewer кнопкаси босилади ва LTI Viewer ойнасидан графикнинг тури танланади.

Мисол:

15.7-расмда электр схемаси ва уни таҳлил қилиш натижалари кўрсатилган. Графиклардан таъминлаш манбасининг частотаси ўзгарганда манба токининг амплитудаси ва фазасининг ўзгаришини кўришимиз мумкин.



15.7-расм. Электр схемаси ва уни таҳлил килиш натижалари кўрсатилган

15.7. Занжирнинг импедансини аниқлаш

Электр занжирининг тўла қаршилигини ҳисоблаш учун схема моделида Impedance Measurements блоки ўрнатилган бўлиши керак. Электр занжири ёпиқ бўлиши шарт. Агар занжирнинг алоҳида (ёпиқ бўлмаган) участкасининг импедансини ўлчаш керак бўлса у умумий қаршиликка сезиларли таъсир қилмайдиган катта қаршилик билан шунтланади. Натижаларни кўриш учун Impedance vs Frequency

Measurements кнопкаси босилади. Натижада Powergui Impedance Measurement ойнаси очилади.

Натижаларни акс эттириш учун қуйидаги созлашлардан фойдаланиш мумкин:

Axis [Ўқлар]. Графиклар ўқларининг хусусиятлари созланади:

- Logarithmic Impedance — импеданс учун логарифмик шкала;
- Linear Impedance — импеданс учун чизиқли шкала;
- Logarithmic Frequency — частота учун логарифмик шкала;
- Linear Frequency — частота учун чизиқли шкала.

Range (Hz) [Частоталар диапозони (Гц)]. Импедансни ҳисоблаш учун частота бўйича диапазон. Параметр вектор кўринишида берилади.

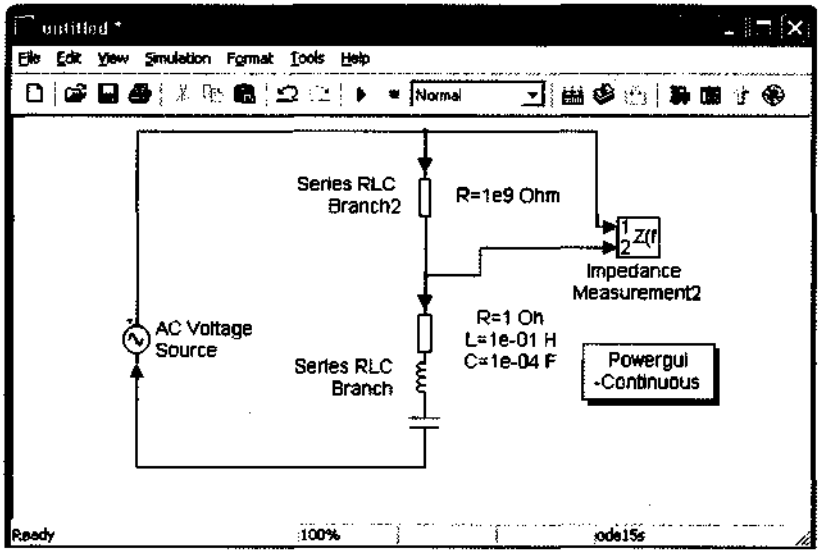
Grid [Сетка]. Графикда масштаб сеткаси бўлади.

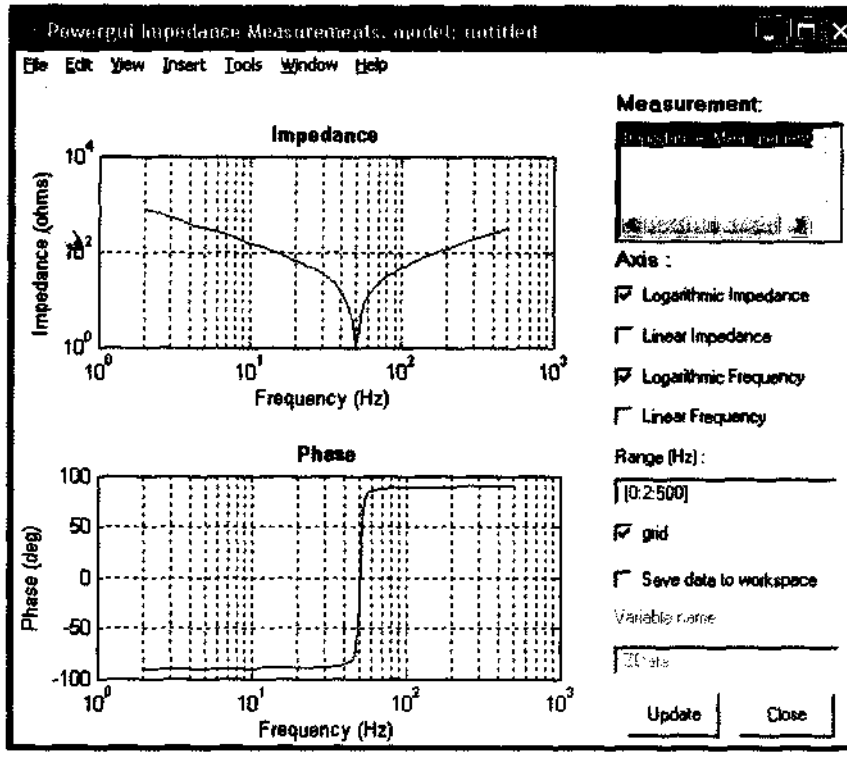
Save data to workspace [Маълумотларни MATLABнинг ишчи соҳасига ёзиш. Байроқча белгиланган бўлса натижалар MATLABнинг ишчи соҳасига ёзилади.

Variable name [Ўзгарувчининг номи]. Натижаларни MATLABнинг ишчи соҳасига ёзиш учун ўзгарувчининг номи. Маълумотлар биринчи устунида частота ва иккинчи устунида импеданс (комплекс сон) бўлган матрица кўринишида сақланади.

Мисол:

15.8-расмда тўла қаршилиги ўлчанадиган схема ва уни ҳисоблаш натижалари кўрсатилган. Тўла қаршилиги ўлчанаётган схема қаршилиги 1000 Мом бўлган резистор билан шунтланган.





15.8-расм. Тўла қаршилиги ўлчанадиган схема ва уни ҳисоблаш натижалари

15.8. Гармоник таҳлил

Гармоник таҳлилни амалга ошириш учун тадқиқ қилинаётган сигналлар MATLABнинг ишчи соҳасига узатилган бўлиши крак. Бу ишни Scope осциллографни мос равишда созлаб ёки To Workspace блокидан фойдаланиб бажариш мумкин. Узатиладиган маълумотларнинг формати Structure With Time («вақт» майдонига эга бўлган структура) кўринишида бўлиши керак. Моделни ҳисоблаш жараёни тугагандан кейин Powergui блокининг ойнасини очиб ундаги FFT Analysis (FFT — тезкор Фурье ўзгартиришлари) кнопкасини босиш керак. Натижаларни акс эттириш учун очилган Powergui FFT Tools ойнасидаги Display кнопкаси босилади. Гармоник таҳлил процедурасини созлаш Powergui FFT Tools ойнасида бериладиган қуйидаги параметрлар ёрдамида амалга оширилади:

Structure [Структура]. Таҳлил қилинадиган маълумотларни ўз ичига оладиган ўзгарувчининг номи.

Input [Кириш]. Кириш сигналининг меткаси (боғланиш линиясининг Signal name параметри).

Start time (s) [Бошланғич вақт (с)]. Гармоник таҳлил бажариладиган вақт интервалининг бошланғич вақти.

Number of cycles [Даврлар сони]. Тадқиқ қилинаётган сигналнинг гармоник таҳлил бажариладиган даврларининг сони.

Variable name [Ўзгарувчининг номи]. Гармоник таҳлилни бажариш учун маълумотларни ўз ичига олувчи MATLABнинг ишчи соҳасидаги ўзгарувчининг номи.

Display FFT window [Тезкор Фурье ўзгартиришлари (FFT) ойнасини кўрсатиш]. Сигналнинг гармоник таҳлил бажариладиган вақт интервалида кўрсатиш. Агар ушбу параметр танланган бўлса юқоридаги графикда кириш сигнали фақат берилган вақт интервали учун акс эттирилади.

Display entire signal [Сигналнинг тўла кўрсатиш]. Агар ушбу параметр танланган бўлса юқоридаги графикда кириш сигнали ҳисобланган интервал учун тўла кўрсатилади.

Fundamental frequency (Hz) [Базавий частота]. Тадқиқ қилинаётган сигнал биринчи гармоникасининг частотаси.

Max frequency (Hz) [Максимал частота]. Ҳисобланиши зарур бўлган энг юқори гармониканинг частотаси.

Frequency axis [Частоталар ўқи]. Частота ўқининг градуировкаси:

- Hertz — горизонтал ўқда гармоникалар частоталари Гц ларда кўрсатилади;
- Harmonic order — горизонтал ўқда гармоникалар частоталари Гц ларда кўрсатилади.

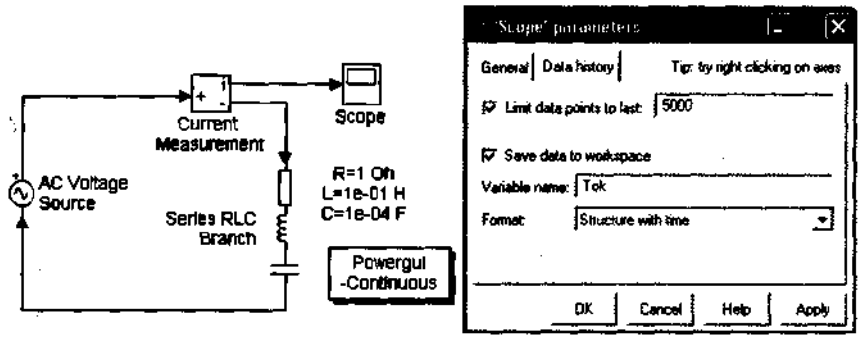
Display style [Акс эттириш усули]. Параметр натижалар қандай акс эттирилишини белгилайди:

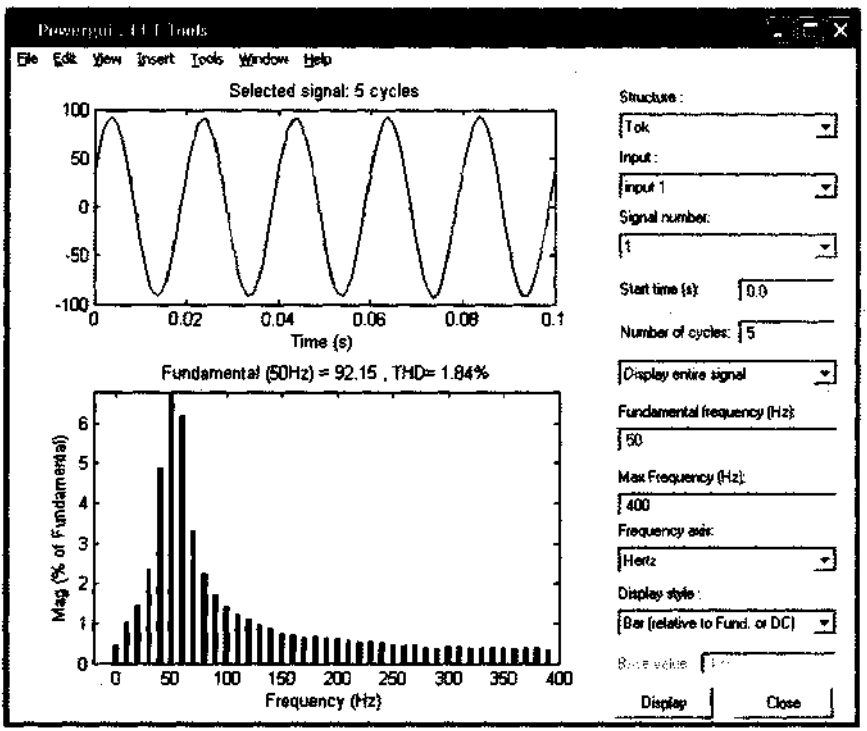
- Bar (relative to Fund. or DC) — гистограмма (биринчи ёки нолинчи гармоникага нисбатан % ларда);
- List (relative to Fund. or DC) — рўйхат (биринчи ёки нолинчи гармоникага нисбатан % ларда);
- Bar (relative to specified base) — гистограмма (берилган базавий қийматга нисбатан нисбий бирликларда);
- List (relative to specified base) — рўйхат (берилган базавий қийматга нисбатан нисбий бирликларда).

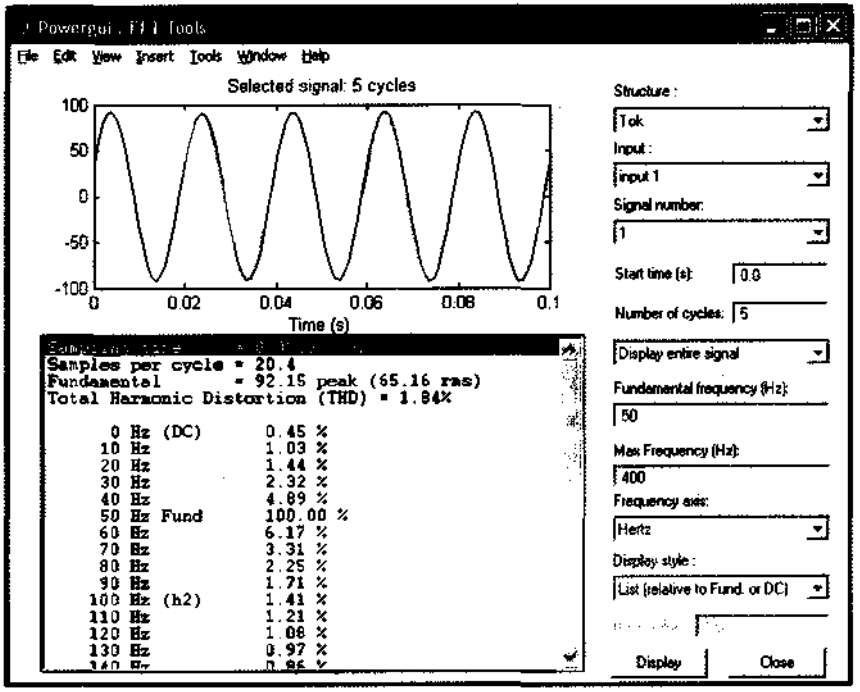
Base value [Базавий қиймат].

Мисол: 15.9-расмда RLC занжирдаги ток учун гармоник таҳлил кўрсатилган. Гармоник таҳлилни амалга ошириш учун тадқиқ

қилинаётган сигналнн MATLABнинг ишчи соҳасига узатиш учун осциллограф (Scope) мос равишда созланган. Таҳлил қилинадиган маълумотларни ўз ичига оладиган ўзгарувчига «Tok» номи берилган. Узатиладиган маълумотларнинг (токнинг) формати Structure With Time («вақт» майдонига эга бўлган структура) кўринишида танланган.





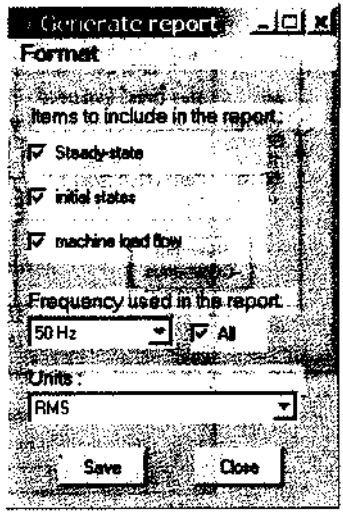


15.9-расм. RLC занжирдаги ток учун гармоник таҳлил

15.9. Ҳисобот тузиш

Powergui блоки ўлчанаётган ўзгарувчиларнинг шаклланган режимдаги қийматлари, манбаларнинг ток ва кучланишлари, ночизиқли моделлар ва схеманинг ҳолат ўзгарувчиларини қийматларини ўз ичига олувчи ҳисобот тузиши мумкин.

Ҳисобот гер кенгайтмали матнли файлда сақланади. Ҳисоботни ҳосил қилиш учун Powergui блокининг ойнасида Generate report кнопкаси босилгандан кейин очиладиган Generate report ойнасида (15.10-расм) ҳисоботга киритиладиган бўлимлар кўрсатилади.



15.10-расм. Generate report ойнаси

Ҳисоботнинг мазмунини созлашда қуйидаги параметрларни ўзгартириш мумкин:

Items to include in the report [Ҳисоботга киритиладиган бўлимлар]. Ҳисоботга қуйидаги бўлимларни киритиш мумкин:

- Steady-State — ўлчанадиган ўзгарувчиларнинг шаклланган режимдаги қийматлари;
- initial states — ўзгарувчиларнинг бошланғич қийматлари;
- machine load flow — Электр машиналар юкламасининг параметрлари;

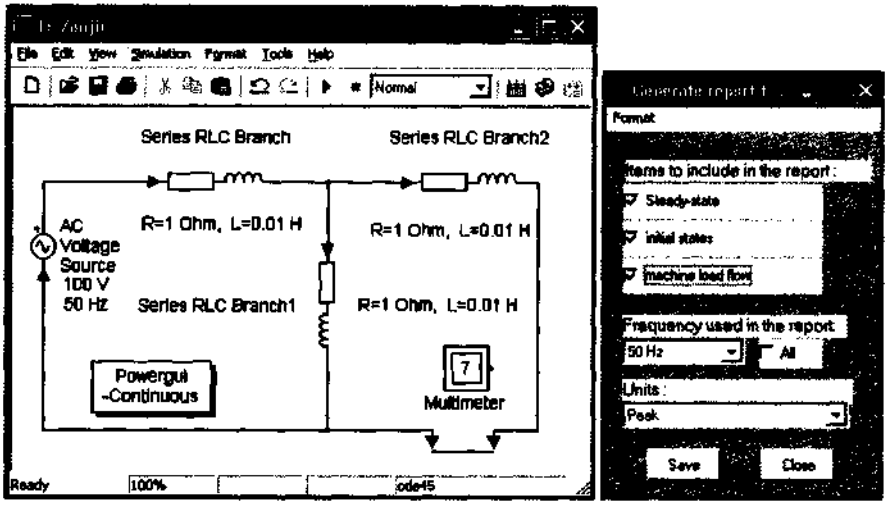
Frequency used in the report [Ҳисоботда фойдаланиладиган частота]. Ушбу параметр ёрдамида танланган частотада ҳисобланган маълумотлар ҳисоботда сақланади.

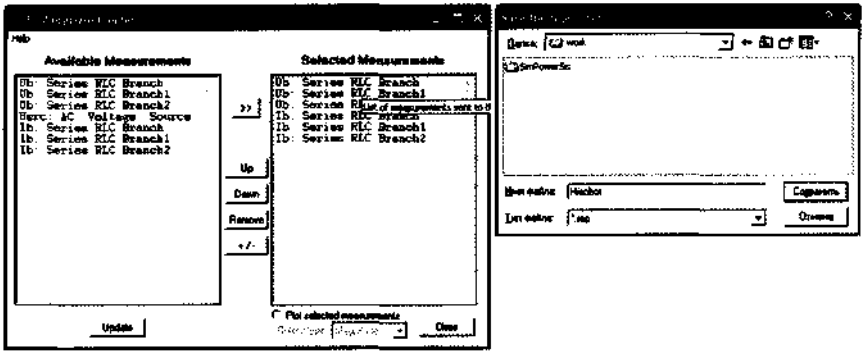
Units [Ўлчаш тизими]. Ўлчаш тизимини танлаш:

- Peak values — амплитудавий қийматлар;
- RMS values — таъсир этувчи қийматлар.

1-мисол:

Электр занжирини ҳисоблашнинг шаклланган режимдаги қийматларини ўз ичига олувчи ҳисобот тузишга мисол 15.11-расмда келтирилган.





C:\MATLAB6p5\work\Untitled*

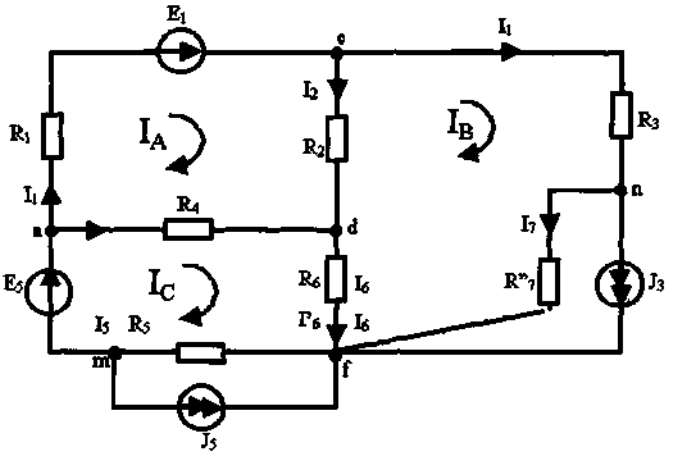
File Edit View Text Debug Breakpoints Web Window Help

```
1  SimPowerSystems Report.
2  generated by powergui,
3  10-Aug-2006 10:43:10
4
5  Model : new Simulink model.
6  [1] Steady-State voltages and currents:
7
8  States at 50 Hz :
9  Il_Series RLC Branch1  =          31.8 A   -17.44°
10 Il_Series RLC Branch2  =          31.8 A   -17.44°
11
12 Measurements at 50 Hz :
13 Ub: Series RLC Branch    =         66.67 V     0.00°
14 Ub: Series RLC Branch1   =         33.33 V     0.00°
15 Ub: Series RLC Branch2   =         33.33 V     0.00°
16 Usrc: AC Voltage Source  =           100 V     0.00°
17 Ib: Series RLC Branch    =          63.6 A   -17.44°
18 Ib: Series RLC Branch1   =          31.8 A   -17.44°
19 Ib: Series RLC Branch2   =          31.8 A   -17.44°
20
21 Sources at 50 Hz :
22 AC Voltage Source  =          100 V     0.00°
23
24 Nonlinear elements at 50 Hz :
25
26 [2] Initial values of States Variables:
27
28 Il_Series RLC Branch1  =        -9.531 A
29 Il_Series RLC Branch2  =        -9.531 A
30
31 [3] Machine Load Flow solution:
32 There is no machine block in the model
```

Ln 32 Col 1

15.11-расм. Электр занжирини ҳисоблашнинг шаклланган режимдаги кийматларини ўз ичига олувчи ҳисобот тузишга мисол

2-мисол: Қуйидаги электр занжир (15.12-расм)

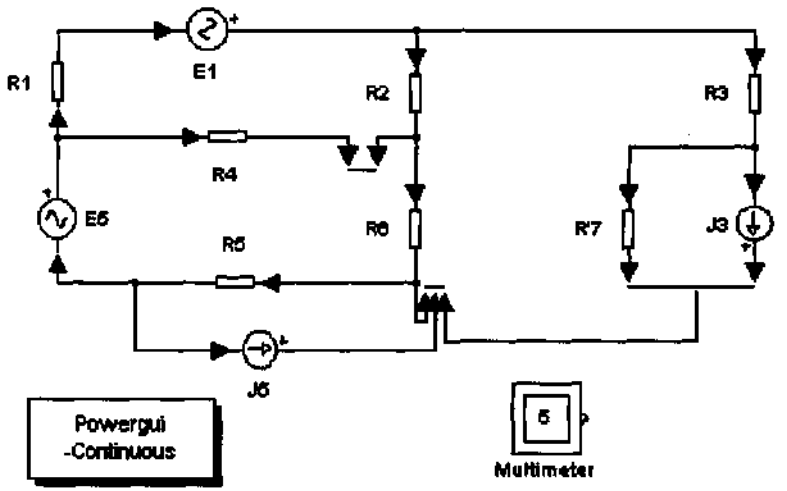


15.12-расм. Электр занжир

ва унинг элементларининг параметрлари берилган:

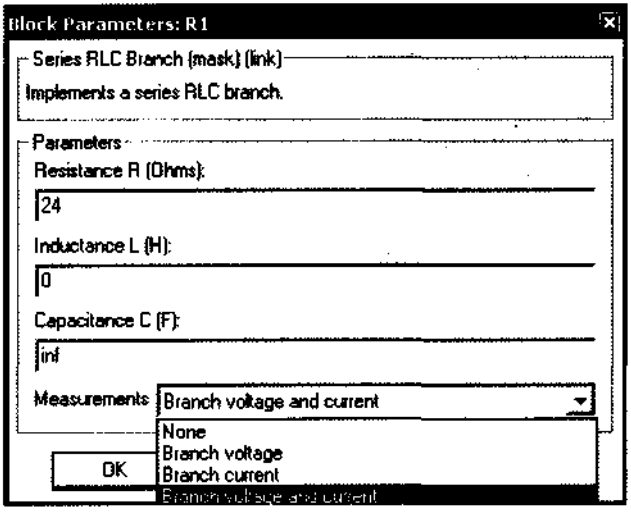
Э.Ю.К.		Ток манбаси		Қаршиликлар						
		J_3	J	R_1	R_2	R_3	R_4	R	R_6	R_7

1. Занжирни ҳисоблаш учун MATLAB муҳитида унинг моделини тузамиз (15.13-расм).



15.13-расм. Электр занжирнинг MATLAB муҳитидаги модели

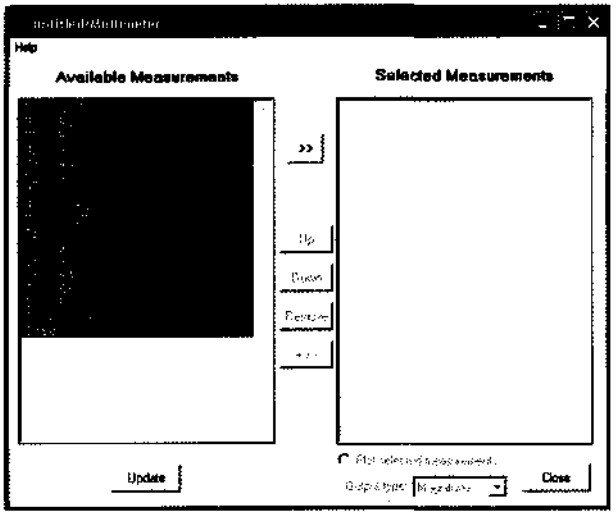
2. Ўлчанадиган катталикларни, яъни, схема элементларининг ток ва кучланишларини Multimetr блокига ўтказилади. Қуйидаги расмда R1 қаршиликдаги ток ва кучланишларни (Branch voltage and current) Multimetr блокига ўтказиш кўрсатилган (15.14-расм).



15.14-расм. Ўлчанадиган катталикларни Multimetr блокига ўтказиш

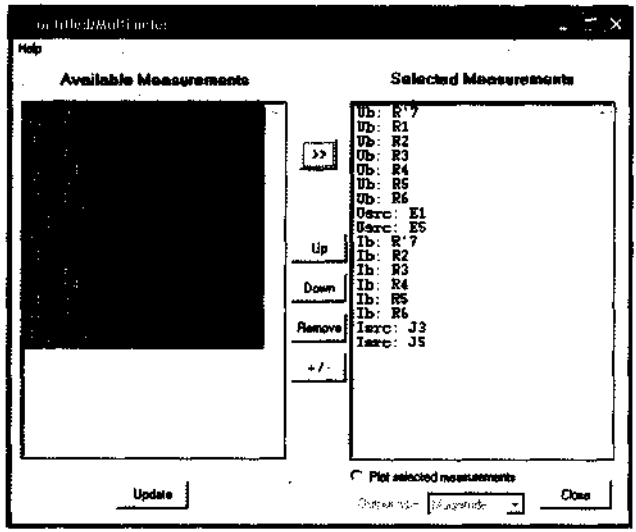
Қолган элементларнинг ҳам ўлчанадиган катталикларини Multimetr блокига ўтказилади.

3. Multimetr блокини очилади (15.15-расм).



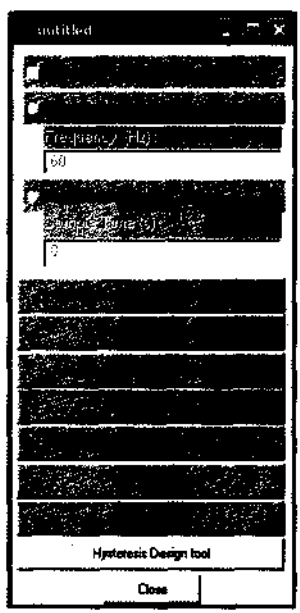
15.15-расм. Multimetr блокининг ойнаси

4. Ўлчанадиган катталикларни белгилаб >> тугмасини босилади (15.16-расм).



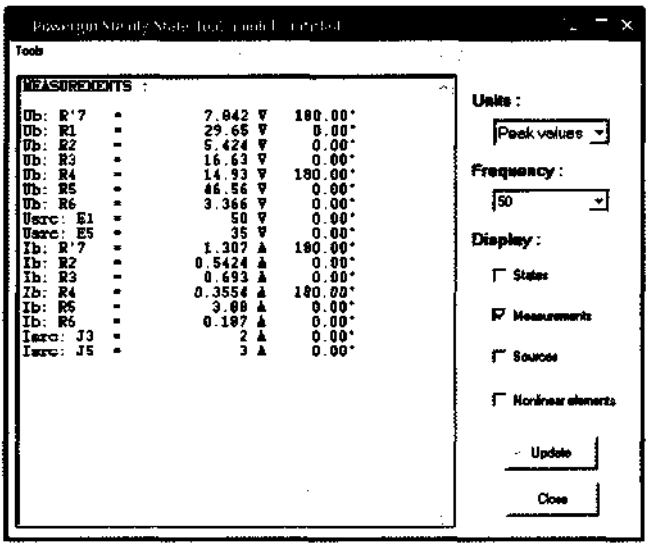
15.16-расм. Ҳисоботда келтириладиган катталикларни танлаш

5.Моделни ишга туширилади ва моделлаш(ҳисоблаш) тугагандан кейин Powergui блокини очилади (15.17-расм).



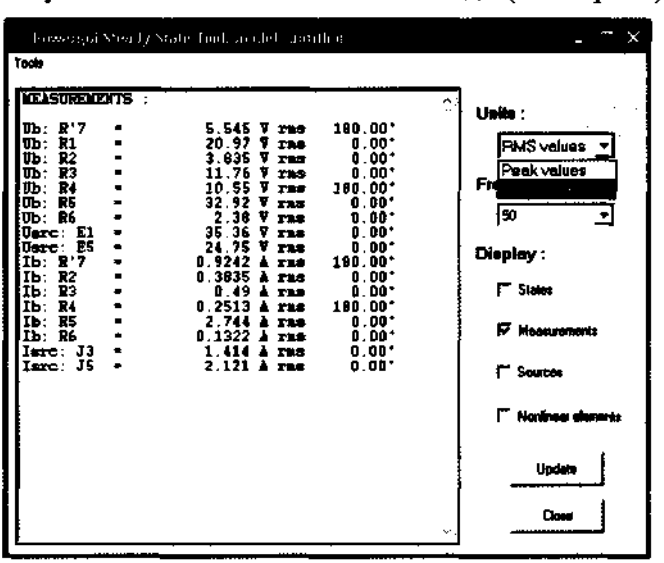
15.17-расм. Powergui блокининг ойнаси

6. Powergui блокидаги Steady State Voltages and Currents бўлимини очилади ва унда схемадаги ҳамма элементларнинг ток ва кучланишларининг амплитуда қийматларини кўриб чиқилади (15.18-расм):



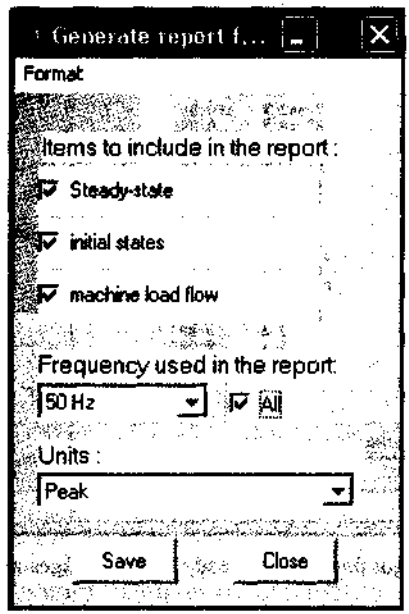
15.18-расм. Powergui блокидаги Steady State Voltages and Currents бўлими

7. Ток ва кучланишларининг таъсир этувчи қийматларини кўриш учун Units бўлимида RMS values ни танланади (15.19-расм):



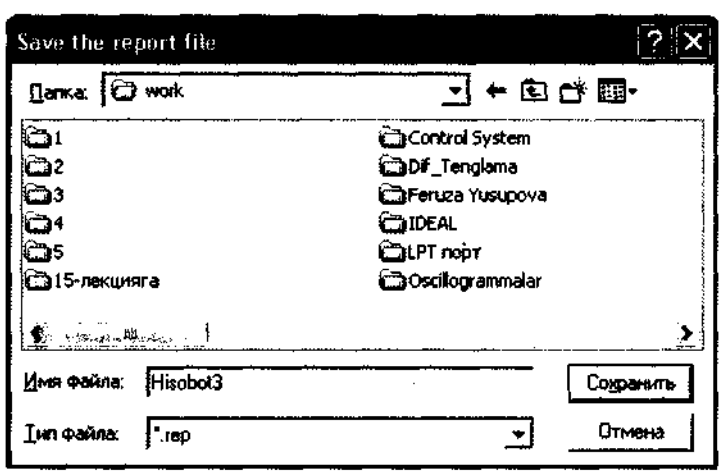
15.19-расм. Ток ва кучланишларининг таъсир этувчи қийматларини танлаш

8. Ҳисобот тузиш учун Powergui блокини очинг ва ундаги Generate report кнопкаси босинг. Ҳисоботга киритиладиган бўлимларни кўрсатилади (15.20-расм):



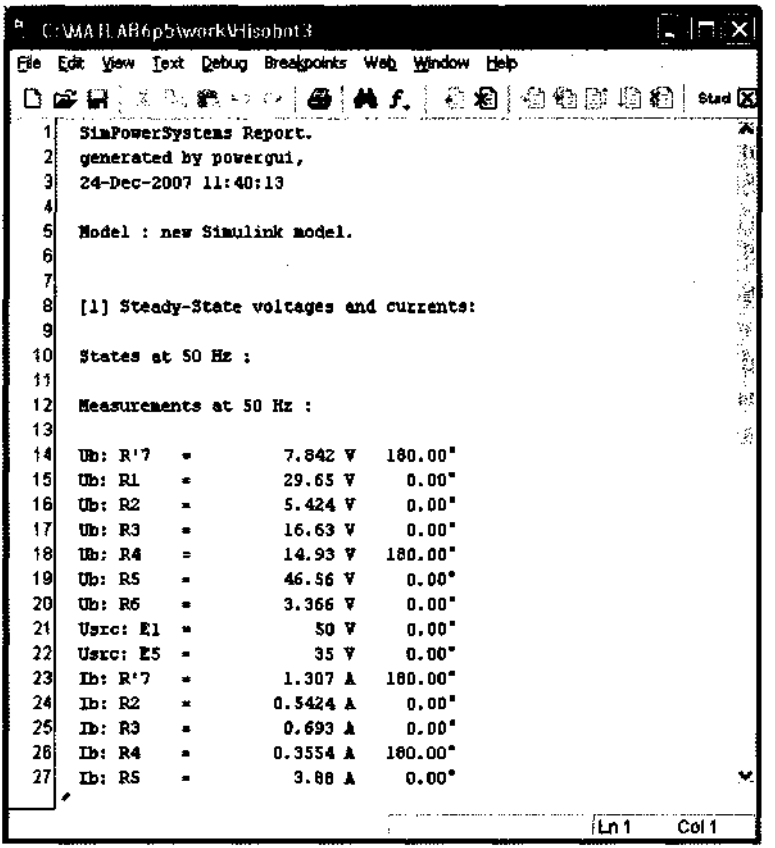
15.20-расм. Powergui блокининг Generate report ойнаси

9. Ҳисоботни .rep кенгайтмали матнли файлда сақлаш учун Save кнопкасини босилади ва ном бериб дискда сақланади (15.21-расм):



15.21-расм. Ҳисоботни .rep кенгайтмали матнли файлда сақлаш

10. Ҳисоботни кўриш учун сақланган файл очилади (15.22-расм).



15.22-расм. Сақланган файлнинг таркиби

11. Ҳисоботнинг тўлиқ матнини кўриш учун уни алмаштириш буферига олиб бошқа дастурга, масалан, Word дастурига ўтказилади.

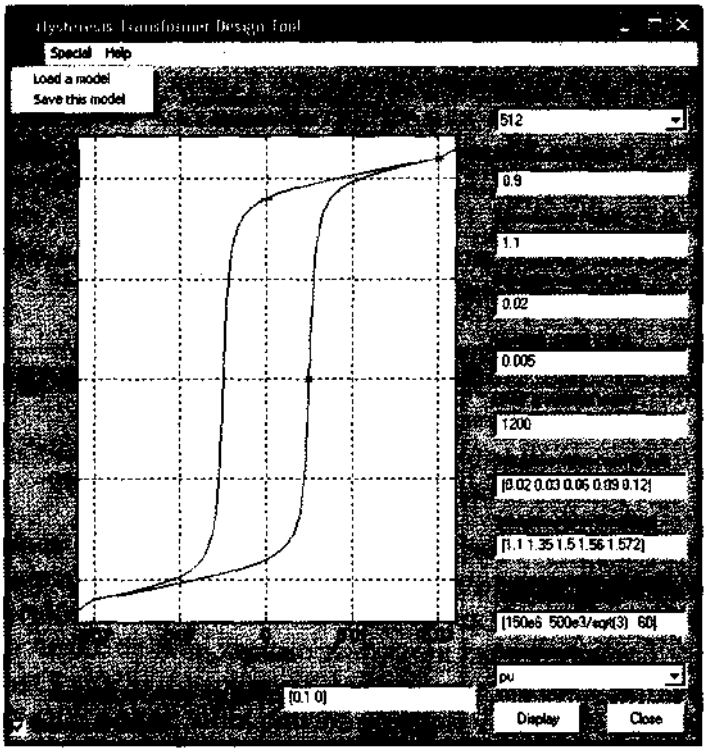
15.10. Магнитланиш характеристикасини ҳисоблаш воситаси Hysteresis Design Tool

Ушбу восита магнитланиш эгри чизиғининг маълумотларига эга бўлган mat-файлни ҳосил қилиш имкониятини беради. Ҳосил қилинган файл кейинчалик электр машиналар ва трансформаторларни моделлашда ишлатилиши мумкин.

Магнитланиш характеристикасини ҳисоблаш воситасини ишга тушириш учун Powergui ойнасидаги Hysteresis Design Tool кнопкаси

босилгандан кейин очиладиган ойнада (15.11-расм) қуйидаги параметрларнинг қийматлари киритилади:

- Segments [Участкалар]. Магнитланиш эгри чизиғини аппроксимацияловчи чизиқли участкалар сони.
- Remanent flux Fr [Қолдиқ магнит оқим]. Магнит оқимнинг 1 нуқтадаги (15.11-расм) қиймати.
- Saturation Flux [Тўйиниш оқими]. Магнит оқимнинг 2 нуқтадаги (15.11-расм) қиймати.
- Saturation current Is [Тўйиниш токи]. Токнинг 2 нуқтадаги (15.11-расм) қиймати. Coercive current Ic [Магнитсизлантирувчи ток]. Токнинг 3 нуқтадаги (15.11-расм) қиймати.
- dF/dI at coercive current [Магнитсизлантирувчи токнинг қиймати учун dF/dI коэффициент]. Магнитсизлантирувчи токнинг қиймати учун эгри чизиқнинг оғиш коэффициенти.
- Saturation region currents [Токнинг қиймати]. Тўйиниш участкаси учун токлар қийматларининг вектори. Вектордаги элементлар сони Saturation region fluxes параметри векторининг ўлчамига тенг бўлиши керак. Характеристиканинг фақат мусбат шохчаси учун қийматлар берилиши талаб қилинади.
- Saturation region fluxes [Оқимларнинг қийматлари]. Тўйиниш участкаси учун оқимлар қийматларининг вектори. Вектордаги элементлар сони Saturation region currents параметри векторининг ўлчамига тенг бўлиши керак. Характеристиканинг фақат мусбат шохчаси учун қийматлар берилиши талаб қилинади.
- Transfo Nominal Parameters [P(VA), V(Vrms), f(Hz)] [Ўзгартиришнинг номинал параметрлари [P(ВА), V(В), f(Гц)]]. Ушбу қийматлар, агар гистерезис эгри чизиғи нисбий бирликларда берилган бўлса, абсолют бирликлар системасига ўтиш учун ишлатилади.
- Parameter units [Ўлчов бирликларининг системаси]. Қиймати қуйидаги рўйхатдан олинади:
  - pu — нисбий бирликлар системаси;
  - SI — Си халқаро системаси.
- Zoom around hysteresis [Гистерезис соҳасини кенгайтириб кўрсатиш]. Байроқча белгиланган бўлса графикда характеристиканинг фақат гистерезис соҳаси акс эттирилади.
- Tolerances [TOL_F (% Fs) TOL_I (% Ic)] [Оқимни (Fs дан % ларда) ва токни (Ic дан % ларда)] ҳисоблаш хатоликлари. Агар Special менюсидаги Tools\Tolerances командаси бажарилган бўлсагина ушбу параметр ўринли.



15.11-расм. Магнитланиш эгри чизиғи

Магнитланиш эгри чизиғини ёзиб олиш учун File менюсидаги Save this model командасидан фойдаланилади. Магнитланиш эгри чизиғининг қийматларини Special\EMTP\Save in EMTP format командаси ёрдамида матнли файлда ҳам сақлаш мумкин.

16. MATLABДА МАХСУС ГРАФИКА

16.1. Анимацияли графика

6.1.1. Нуқтанинг текисликда ҳаракатланиши

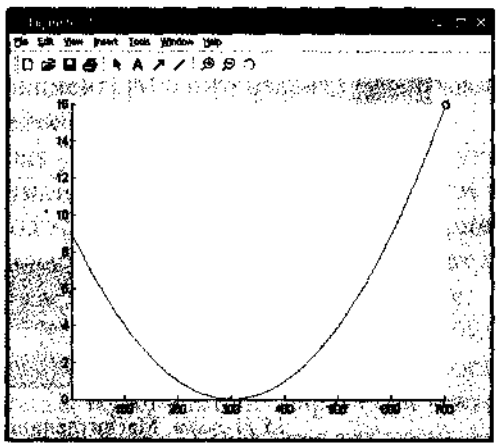
Нуқтанинг текисликда ҳаракатланиш траекториясини акс эттириш учун comet командасидан фойдаланилади. Бунда нуқта изга эга бўлган кометанинг ядросини эслатади. Ушбу команда қуйидаги кўринишларда қўлланилади:

- comet (y) — «комета»нинг *y* вектор билан берилган траектория бўйича ҳаракатланишини акс эттиради;

- comet (x,y) — «комета»нинг *y* ва *x* векторлар жуфтлиги билан берилган траектория бўйича ҳаракатланишини акс эттиради;
- comet (x,y,p) — аввалги командага ўхшаш, фақат комета изининг узунлигини ҳам кўрсатиш мумкин. Кометанинг изи бошқа рангга бўялган бўлади, у p*length(y) кўринишида берилади (length(y) — у векторнинг ўлчами, p<1, сукут бўйича p = 0,1).

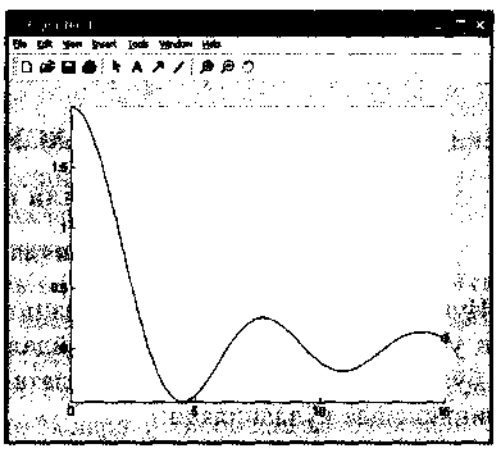
Қуйида comet командасидан фойдаланишга мисоллар келтирилган (16.1, 16.2 ва 16.3-расмлар):

```
>> x=-3:0.01:4;
>> y=x.^2;
>> comet(y2)
```



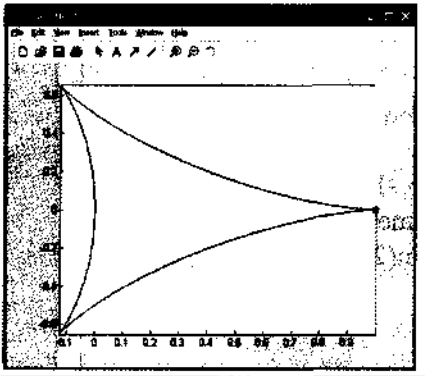
16.1-расм. comet (y) командасига мисол

```
>> x=0:0.01:15;
>> comet(x,2*sin(x)./x)
```



16.2-расм. comet (x,y) командасига мисол

```
>> t = 0:.01:2*pi;
>> x = cos(2*t).*(cos(t).^2);
>> y = sin(2*t).*(sin(t).^2);
>> comet(x,y,0.3);
```



16.3-расм. comet (x,y,p) командасига мисол

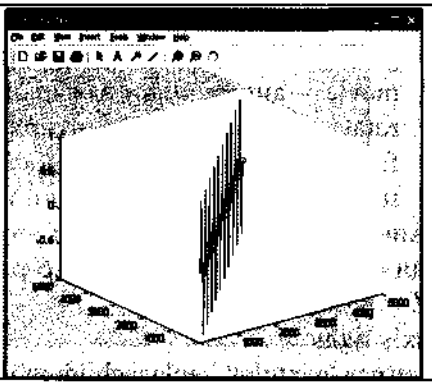
16.1.2. Нуқтанинг фазода ҳаракатланиши

Нуқтанинг уч ўлчамли фазода ҳаракатанишини кузатиш учун қуйидаги кўринишларга эга бўлган comet3 командасидан фойдаланилади:

- comet3(z) — нуқтанинг z вектор билан берилган уч ўлчамли эгри чизиқ бўйича ҳаракатланишини акс эттиради;
- comet3 (x,y,z) — «комета» нуқтанинг фазода [x(i),y(i),z(i)] нуқталар билан аниқланадиган эгри чизиқ бўйича ҳаракатланишини акс эттиради;
- comet3(x,y,z,p) — аввалги командага ўхшаш, фақат комета изининг узунлигини ҳам кўрсатиш мумкин. Кометанинг изи p*length(y) кўринишида берилади (length(y) — y векторнинг ўлчами, p<1, сукут бўйича p = 0,1).

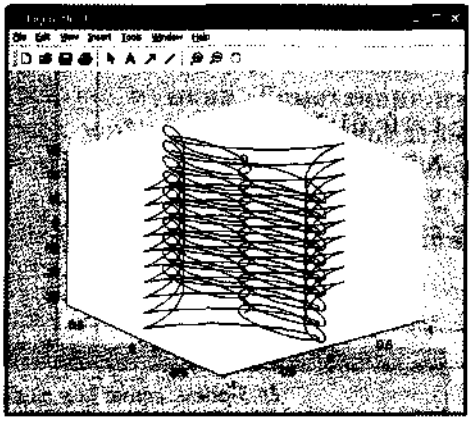
Қуйида (16.4 ва 16.5 — расмлар) comet3 командасидан фойдаланишга мисоллар келтирилган.

```
t = -10*pi:pi/250:10*pi;
z=(cos(2*t).^2).*sin(t),
(sin(2*t).^2).*cos(t),t;
comet3(z);
```



16.4-расм. Comet3 (z) командасига мисол

```
t = -10*pi:pi/250:10*pi;
comet3((cos(2*t).^2).*sin(t),
(sin(2*t). ^2).*cos(t),t);
```



16.5-расм. Comet3 (x,y,z) командасига мисол

Нуқтанинг икки ва уч ўлчамли фазодаги ҳаракати энг содда анимациялардан бўлишига қарамасдан динамик масалаларни график визуаллаштириш имкониятларини кенгайтиради.

16.1.3. Анимациянинг асосий воситалари

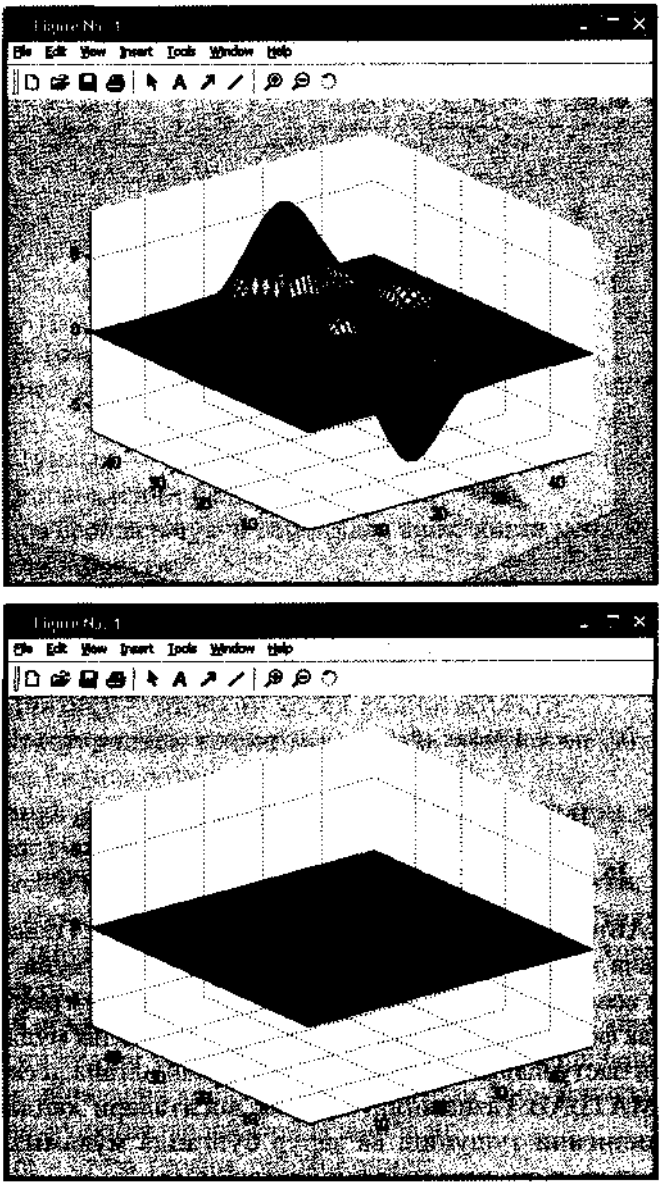
Мураккаб анимациялар учун мультипликация техникасидан фойдаланилади. Бу ҳолда тасвирнинг қатор кадрлари ҳосил қилинади ва ҳар бир кадр маълум вақт давомида кўринади. Кейин у ўчирилади, унинг ўрнига янги кадр ҳосил бўлади. Агар қўшни кадрлар орасидаги фарқ катта бўлмаса объект ҳаракатланаётгандай бўлади. MATLAB тизимида анимацияни амалга оширувчи асосий командалар қуйидагилардир:

- capture —видеотасвирнинг нусхаларини тўплаш;
- getframe — анимация кадрларини ҳосил қилиш;
- movie —анимацияни бажариш;
- rotate — фигурани айлантириш;
- frame2im — кадрни график образга ўзгартириш;
- im2frame — график образни кадрга ўзгартириш.

Анимацияни амалга ошириш учун getframe ва movie командаларидан фойдаланишга мисол (16.6-расм):

```
Z = peaks; surf(Z)
axis tight
set(gca,'nextplot','replacechildren');
for j = 1:20
```

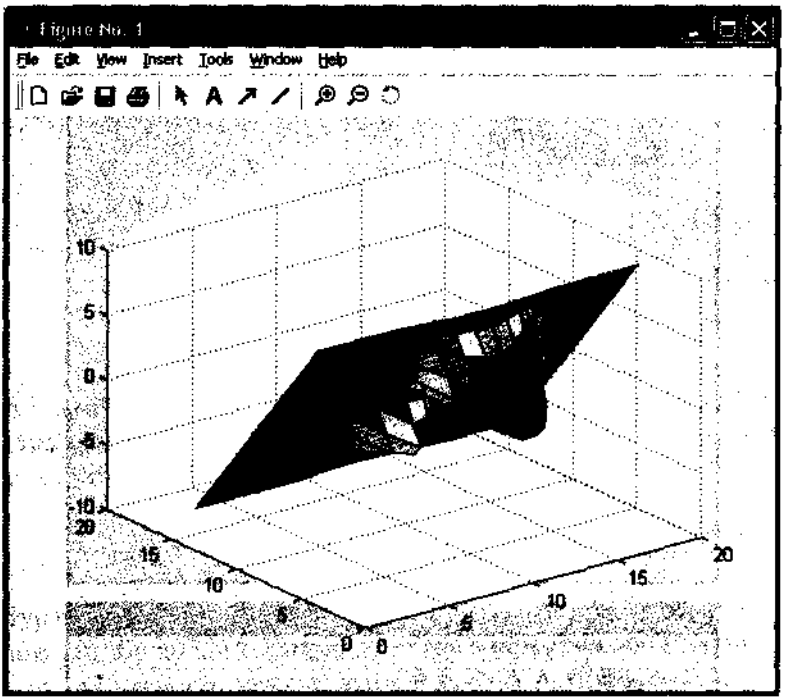
```
surf(sin(2*pi*j/20)*Z,Z)
F(j) = getframe;
end
movie(F,20) % Figuraning tebranishi yigirma marta ko'rsatiladi
```



16.6-расм. Анимацияни амалга ошириш учун getframe ва movie командаларидан фойдаланишга мисол (биринчи ва сўнгги кадрлар)

График объектни координаталари [1 0 0] бўлган ўққа нисбатан 120 градусга буришга мисол *(16.7-расм)*:

```
h = surf(peaks(20));
rotate(h,[1 0 0],120)
```



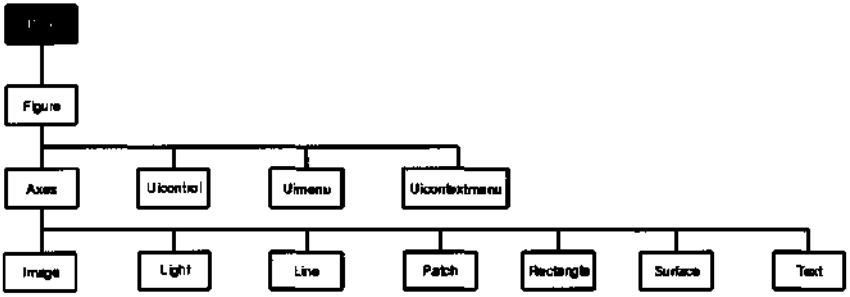
16.7-расм. График объектни 120 градусга буришга мисол

16.2. Дескрипторли (handle) графика

16.2.1. Дескрипторли графиканинг объектлари

MATLABнинг график воситалари *дескрипторли* (тавсифловчи) ёки бошқача айтганда handle графика деб аталувчи қуйи даражали графикага асосланади. Бундай графика MATLABнинг график командаларини ва фойдаланувчининг интерфейсини объектга мўлжалланган усул билан дастурлашни таъминлайди. Умуман олгана дескрипторли графика MATLAB тизимининг график воситалари қандай амалга оширилганлигини тушуниш ва зарур бўлганда мукаммал график дастурларни яратиш имкониятини беради.

Дескрипторли графиканинг марказий тушунчаси график объектдир. График объектларнинг иерархияси 16.8-расмда кўрсатилган.



16.8-расм. График объектларнинг иерархияси

График объектларнинг қуйидаги турлари мавжуд:

- root (илдиз) — компьютер экранига мос келувчи бирламчи объект;
- figure (расм) — график ойнани яратувчи объект;
- uicontrol (фойдаланувчи томонидан аниқланган бошқариш элементи) — фойдаланувчи интерфейсини яратиш объекти;
- axes (ўқлар) — графикнинг figure объект ининг ойнасида жойлашиш соҳасини белгиловчи объект;
- uimenu (фойдаланувчи томонидан аниқланган меню) — менюни яратиш объекти;
- uicontextmenu (фойдаланувчи томонидан аниқланган контекст меню) — контекст менюни яратиш объекти;
- image (образ) — растрли графикани яратиш объекти;
- line (чизиқ) — чизиқни ҳосил қилиш объекти;
- patch (тўғрилаш, таҳрирлаш, ямоқ) — бўялган фигураларни ҳосил қилиш объекти;
- rectangle (тўғри бурчакли тўртбурчак) — бўялган тўғри бурчакли тўртбурчакни ҳосил қилиш объекти;
- surface (сирт, юза) — сиртни ҳосил қилиш объекти;
- text (матн) — матнли ёзувларни ҳосил қилиш объекти;
- light (ёруғлик) — ёритилганлик эффектларини ҳосил қилиш объекти.

График объектлар ўзоро боғланган ва ҳар хил чегаравий эффектларни ҳосил қилиш учун бир-бирига мурожаат қилишлари мумкин.

График ойналарни ҳосил қилиш ва уларни бошқаришда қуйидаги команда ва функциялардан фойдаланилади:

- figure — тоза график ойнани очиш;
- gcf — figure график ойнасининг дескрипторини олиш;
- elf —график ойнани тозалаш;

- shg — аввал ўралган (йиғилган, кичиклаштирилган) график ойнани кўрсатиш;
- close (ёпиш) — график ойнани ёпиш;
- refresh (янгилаш) — график ойнани янгилаш.

Координата ўқларини ҳосил қилиш ва уларни бошқариш учун қуйидаги командалар хизмат қилади:

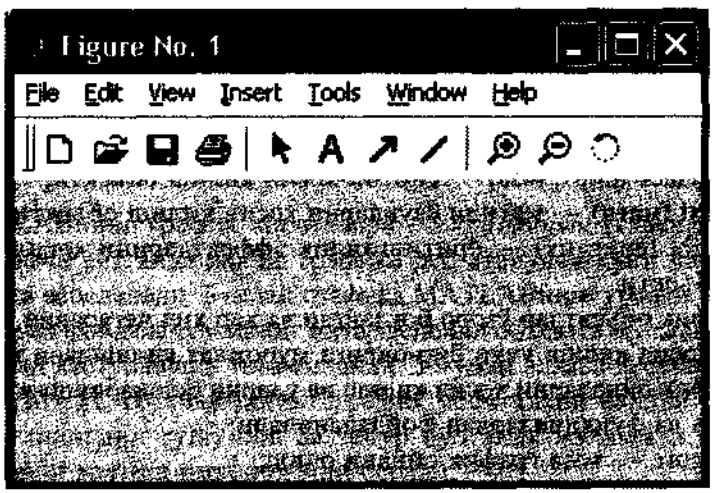
- axes (ўқлар) —координата ўқларини ҳосил қилиш;
- box (яшик) — расмнинг атрофига тўртбурчак жойлаштириш;
- cla — жорий координата ўқларидан ҳамма график объектларни олиб ташлаш (йўқотиш);
- gca — axes график объектининг дескрипторини олиш;
- hold — координата ўқларини сақлаш;
- ishold — hold командасининг статусини текшириш (1, агар ўқлар сақланган бўлса ва 0 акс ҳолда).

Ушбу командалардан одатдаги (юқори даражали) графикада ҳам фойдаланиш мумкин, масалан, ҳосил қилинган графикнинг координата ўқларидан ҳамма график объектларни олиб ташлаш учун.

16.2.2. Дескрипторли графика объектларидан фойдаланишга мисоллар

MATLABнинг командалар ойнасига figure командасини киритиб ENTERни боссак экранда тоза график ойна очилади (16.9-расм):

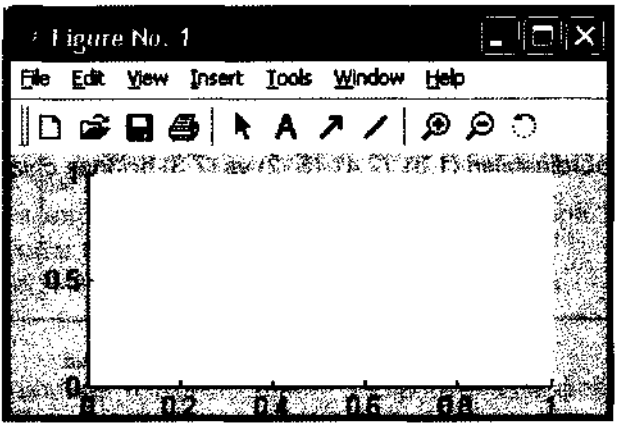
```
>> figure
```



16.9-расм. График ойнани очиш

Командалар ойнасида axes командасини бажарсак координата ўқлари ҳосил бўлади (16.10-расм):

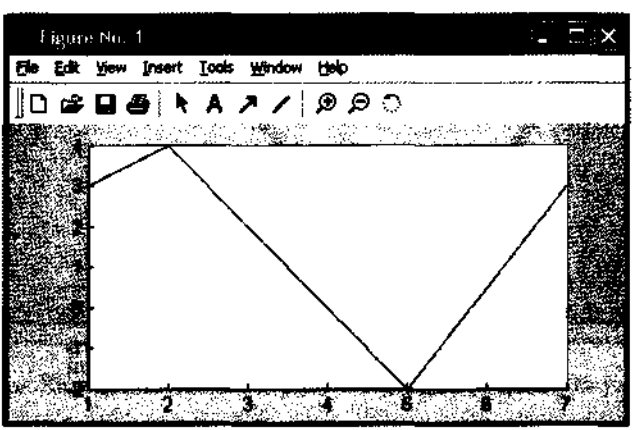
```
>> axes
```



16.10-расм. Координата ўкларини ҳосил қилиш

Координаталари (1,3), (2,4), (5,-2) ва (7,3) бўлган чизиқ ҳосил қилиш керак бўлсин. Бунинг учун line объектидан фойдаланамиз (16.11-расм):

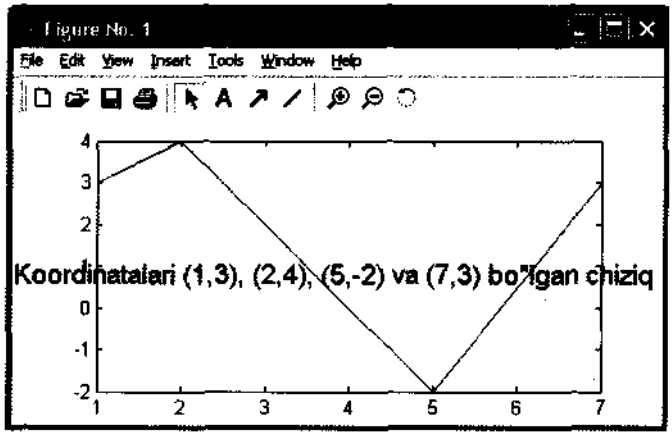
```
» line([1 2 5 7],[3 4 -2 3])
```



16.11-расм. Чизиқ ҳосил қилиш

График ойнада ёзув ҳосил қилиш учун text командаси ишлатилади (16.12-расм):

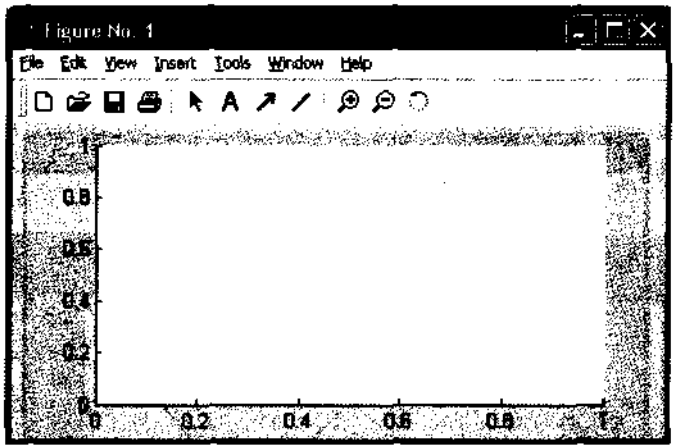
```
text(0.02,0.8,'Koordinatalari (1,3), (2,4), (5,-2) va (7,3) bo'lgan chiziq
',’FontSize’,14)
```



16.12-расм. График ойнада ёзув хосил килиш

Агар cla команасини бажарсак график объектлар олиб ташланади (16.13-расм):

```
>> cla
```



16.13-расм. График объектларни олиб ташлаш

16.2.3. Объектларнинг дескрипторлари

Дескрипторли графика объектлари тушунчаси билан объектларнинг махсус характеристикаси — *дескриптор* (тавсифлагич) боғланган. Уни қандайдир сон кўринишидаги объектларнинг ўзига хос идентификатори («аниқловчиси», «танувчиси») деб тушуниш мумкин.

MATLAB дескрипторларнинг қиймати бўйича объектларни аниқлайди, масалан root объекларининг дескриптори доимо 0 (нол)га тенг, figure объект дескриптори эса график ойнанинг тартиб рақамини кўрсатувчи бутун сон бўлади. Қолган объектларнинг дескрипторлари эса сузувчи нуқтали бутун сонлар кўринишига эга.

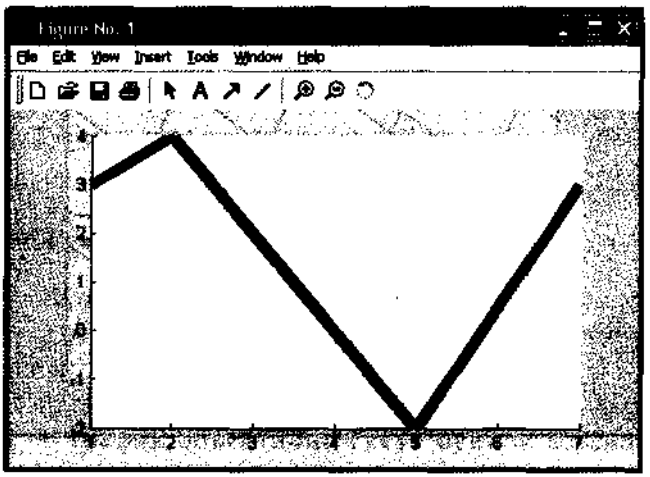
Дескрипторлар объектнинг фақат ички тавсифини беради. Улар объектнинг одатдаги параметрлари билан яққол боғлиқликка эга эмас. Бундан ташқари, MATLABнинг ҳар хил версияларида бир хил бўлмаслиги ҳам мумкин.

Қуйидаги мисолда чизилган чизиқнинг дескриптори 3.0038 га ва у h ўзгарувчиси билан белгиланган:

```
>> h=line([1 2 5 7],[3 4 -2 3])
h =
3.0038
```

Энди чизиқнинг параметрларини дескрипторидан фойдаланиб set командаси ёрдамида (16.14-расм) ўзгартиришимиз мумкин (масалан чизиқнинг қалинлигини):

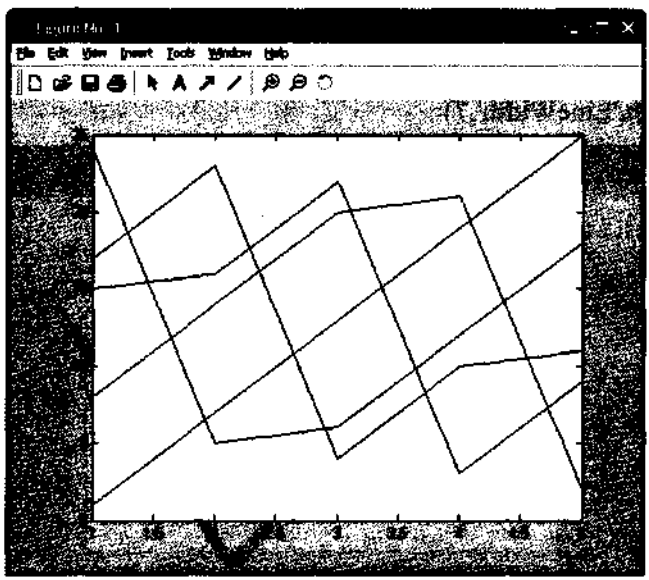
```
>> set(h,'LineWidth',7)
```



16.14-расм. Чизиқнинг параметрларини set командаси ёрдамида ўзгартириш

Агар битта команда ёрдамида олинадиган объектлар биттадан кўп бўлса уларнинг дескрипторлари вектор кўринишида бўлади. Масалан, қуйидаги команда ёрдамида битта ойнада сеҳрли матрица элементларининг қийматлари бўйича бешта график қурилади ва ҳар бир график ўз дескрипторига эга (h(1)=3.0039, h(2)=102.0037, h(3)=103.0018, h(4)=104.0029 ва h(5)=105.0016):

```
>> A=magic(5)
A =
17 24 1 8 15
23 5 7 14 16
4 6 13 20 22
10 12 19 21 3
11 18 25 2 9
>> h=plot(A)
h =
3.0039
102.0037
103.0018
104.0029
105.0016
```

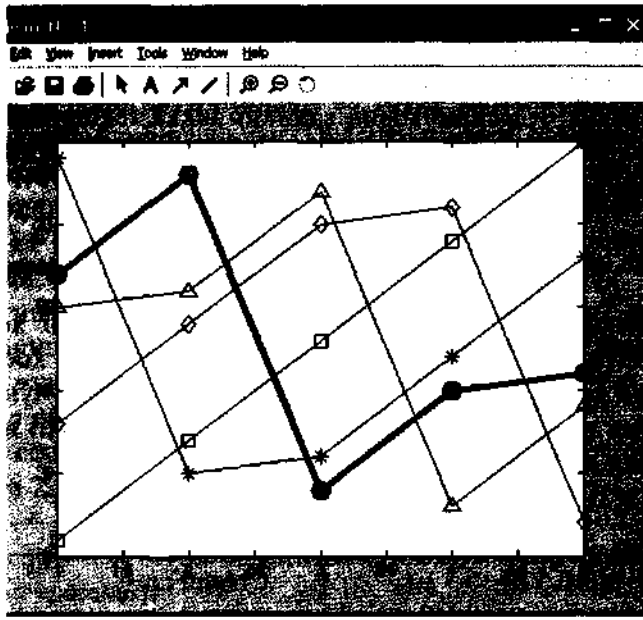


16.15-расм. Вектор кўринишида дескрипторлардан фойдаланиш

Дескрипторлар орқали ҳар бир графикка алоҳида мурожаат қилиш ва унинг параметрларини ўзгартириш мумкин, масалан:

```
>> set(h(1),'LineWidth',3)
>> set(h,'MarkerSize',10)
>> set(h(1),'Marker','o')
>> set(h(2),'Marker','.')
>> set(h(2),'Marker','*')
```

```
>> set(h(3),'Marker','s')
>> set(h(4),'Marker','d')
>> set(h(5),'Marker','^')
```



16.16-расм. Дескрипторлар орқали ҳар бир графикка алоҳида мурожаат қилиш ва унинг параметрларини ўзгартириш

16.2.4. График объектлар устида бажариладиган амаллар

График объектлар учун қуйидаги амалларни қўллаш мумкин:

- set — график объектнинг хоссаларини (параметрларини) ўрнатиш;
- get — график объектнинг хоссаларини олиш (чиқариш);
- reset — график объектнинг сукут бўйича хоссаларини тиклаш;
- delete — ҳосил қилинган график объектни ўчириб ташлаш;
- gco — жорий график объектнинг дескрипторини қайтаради;
- gcbo — функцияси бажарилаётган объектнинг дескрипторини қайтаради;
- gcbf — функцияси бажарилаётган объектга эга бўлган ойнанинг дескрипторини қайтаради;
- drawnow — бажарилиши кечиктирилган навбатдаги график командани бажаради;

- findobj — берилган хоссаларга эга бўлган объектни излайди;
- copyobj —объект ва ундан ҳосил бўлган объектларнинг нусхасини олади.

Бундан ташқари объектлар устида амаллар бажариш билан боғлиқ бўлган учта утилита мавжуд:

- closereq — талабга биноан ойнани ёпиш;
- ishandle —дескрипторни ҳақиқийликка текшириш;
- newplot — nextPlot билан ўзгартирилган объектнинг хоссаларини тиклаш.

16.2.4. Объектларнинг хоссалари — get командаси

Дескрипторли графиканинг ҳар бир объекти унинг хоссаларини аниқловчи кўплаб параметрларга эга. Объектнинг хоссаларини кўриш учун get командасидан фойдаланилади. Мисол учун юқорида келтирилган сеҳрли матрицанинг графигидаги иккинчи чизиқнинг хоссаларини кўрайлик:

```
>> get(h(2))
```

Color = [0 0.5 0]	CreateFcn =
EraseMode = normal	DeleteFcn =
LineStyle = -	BusyAction = queue
LineWidth = [1]	HandleVisibility = on
Marker = *	HitTest = on
MarkerSize = [10]	Interruptible = on
MarkerEdgeColor = auto	Parent = [101.006]
MarkerFaceColor = none	Selected = off
XData = [1 2 3 4 5]	SelectionHighlight = on
YData = [24 5 6 12 18]	Tag =
ZData = []	Type = line
BeingDeleted = off	UIContextMenu = []
ButtonDownFcn =	UserData = []
Children = []	Visible = on
Clipping = on	

17. МАЪЛУМОТЛАРНИ ҚАБУЛ ҚИЛИШ ВОСИТАЛАРИ

17.1. Маълумотларни қабул қилиш воситалари тўғрисида

Маълумотларни қабул қилиш воситалари MATLAB да ҳосил қилинган M-файл функциялар ва MEX-файлларнинг динамик боғланишлар библиотекасидан (DLLлар) иборат. У аналог киритиш, аналог чиқариш ва рақамли киритиш/чиқариш ост тизимларини ўз ичига олади. Маълумотлар компьютернинг овоз картаси (платаси) ва LPT1-LPT3 параллел портлардан фойдаланиб киритилади ва чиқарилади.

Киритиш/чиқариш воситалари функцияларининг рўйхатини MATLABнинг командалар ойнасида қуйидаги командани бажариб кўриш мумкин (фақат бир қисми келтирилган):

```
>> help daq
Data Acquisition Toolbox.
Version 2.2 (R13) 28-Jun-2002

Data acquisition object construction (Маълумотларни қабул қилиш объектини яратиш).
daq/analoginput — Construct analog input object (Аналог киритиш объектини яратиш).
daq/analogoutput — Construct analog output object (Аналог чиқариш объектини яратиш).
daq/digitalio — Construct digital input/output object (Рақамли киритиш/чиқариш объектини яратиш).
Getting and setting parameters (Параметрларни олиш ва ўрнатиш).
daqdevice/get — Get value of data acquisition object property (Маълумотларни қабул қилиш объектининг параметрларини олиш).
daqdevice/set — Set value of data acquisition object property (Маълумотларни қабул қилиш объектининг параметрларини ўрнатиш).
setverify — Set and return value of data acquisition object property (Маълумотларни қабул қилиш объекти хоссаларининг қийматини ўрнатиш ва қайтириш).
Execution (Бажариш).
daqdevice/start — Start object running (Объектнинг ишлашини бошлаш).
stop — Stop object running and logging/sending (Объектнинг ишлашини ва маълумотларни қайд қилиш/узатишни тўхтатиш).
```

trigger — Manually initiate logging/sending for running object (*Ишлатиладиган объект учун қайд қилиш/узатишни қўлда киритиш*).
waittilstop — Wait for the object to stop running (*Объект ишлашининг тўхтатилишини кутиш*).
Analog input functions (Аналог киритиш функциялари).
addchannel — Add channels to analog input object (*Аналог киритиш объектига каналларни қўшиш*).
addmuxchannel — Add mux'd channels to analog input object (*Аналог киритиш объектига мультиплексорли каналларни қўшиш*).
flushdata — Remove data from engine (*Маълумотларни ўчириш*).
getdata — Return acquired data samples (*Олинган маълумот намуналарини қайтариш*).
getsample — Immediately acquire a single sample (*Ягона намунани дарҳол олиш*).
...
Ҳар қандай М-файл функциянинг коди билан танишиш учун
type function_name
командаси бажарилади, масалан:
type addline

MATLAB нинг ташқи қурилмалар билан маълумотлар алмашиш тизими қуйидаги ост тизимлардан иборат:

- аналог киритиш (analog input);
- аналог чиқариш (analog output);
- рақамли киритиш/чиқариш (digital input/output);
- ҳисоблагич/таймер (counter/timer).

17.2. Маълумотларни овоз картаси орқали қабул қилиш

Овоз картасининг чизиқли киришини белгилаб қуйидаги мисолни бажарсак иккита киришдан келаётган маълумотлар олинади ва уларнинг графиги қурилади (17.1-расм).

1. Овоз картаси учун аналог кириш ai объекти ҳосил қилинади:

```
ai = analoginput('winsound');
```

2. Ҳосил қилинган объектга иккита канал қўшилади:

```
addchannel(ai,1:2);
```

3. Дискретлаш частотаси (SampleRate) ва қабул қилинадиган дискрет қийматлар сони (SamplesPerTrigger) киритилади:

```
set(ai,'SampleRate',8100)
set(ai,'SamplesPerTrigger',250)
```

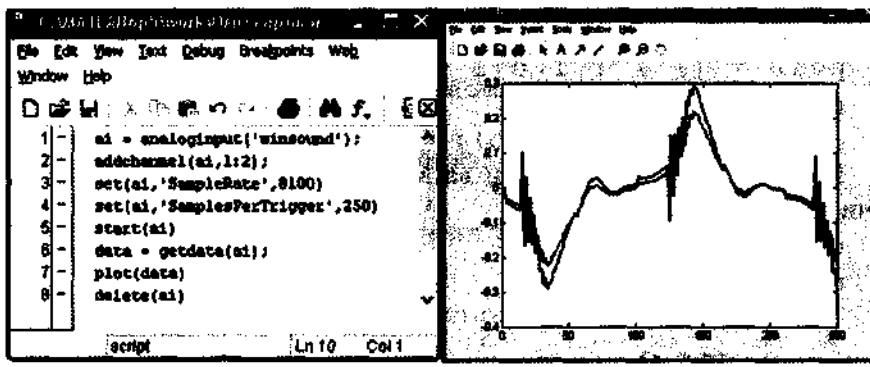
4. Маълумотларни қабул қилишни бошланади **(start)**, ҳамма маъ-

лумотлар қабул қилингандан **(getdata)** кейин уларнинг графигини қурилади **(plot)**:

```
start(ai)
data = getdata(ai);
plot(data)
```

5. Олинган маълумотларни хотирадан ва MATLAB нинг ишчи соҳасидан ўчириб ташланади:

```
delete(ai)
clear ai
```



17.1-расм. Овоз платаси орқали маълумотларни қабул қилиш

17.3. Маълумотларни овоз картаси орқали чиқариш

Овоз картаси учун аналог чиқариш объектини ҳосил қилинади:

```
ao = analogoutput('winsound');
```

Ҳосил қилинган объектга иккита канал қўшилади:

```
addchannel(ao,1:2);
```

Дискретлаш частотасини киритилади:

```
set(ao,'SampleRate',44100)
```

Output data — Чиқиш сигналлари ҳосил қилинади ва уларни чиқариш учун каналларга тақсимланади:

```
data = sin(linspace(0,2*pi*500,44100)');
putdata(ao,[data data])
```

Чиқариш ишга туширилади:

```
start(ao)
```

Маълумотларни хотирадан ва MATLAB нинг ишчи соҳасидан ўчириб ташланади:

```
delete(ao)
clear ao
```

17.4. Рақамли қийматларни ўқиш ва ёзиш

Рақамли қийматларни ўқиш ва ёзиш учун компьютернинг параллел портидан (LPT) фойдаланиш мумкин:

Рақамли киритиш/чиқариш объектини ҳосил қиламиз:

```
(dio = digitalio('parallel','LPT1');)
```

Унга маълумотларни чиқаришга мўлжалланган саккизта канал қўшамиз:

```
addline(dio,0:7,'out');
```

Чиқиш қийматларининг массивини ҳосил қиламиз ва уларни чиқариш каналларига ёзамиз:

```
pval = [1 1 1 1 0 1 0 1];
putvalue(dio,pval)
gval = getvalue(dio);
```

Маълумотларни хотирадан ва MATLAB нинг ишчи соҳасидан ўчириб ташлаймиз:

```
delete(dio)
clear dio
```

17.5. Овоз картасига каналларни қўшиш

Аналог киритиш объекти ҳосил қилинади:

```
ai = analoginput('winsound');
```

Фақат битта канал қўшиш учун `addchannel` командасидан фойдаланилади:

```
addchannel(ai,1);
```

Бу ҳолда автоматик равишда моно канал ҳосил бўлади. Қуйидаги командани бажариб битта (моно) канал ҳосил қилинганлигини кўришимиз мумкин:

```
ai.Channel.ChannelName
ans =
•Mono
```

Агар иккита канал қўшилса овоз картаси стерео режимига ўтади. Каналларни биттадан қўшиш ёки иккала канални бир йўла киритиш мумкин:

```
addchannel(ai,1);
addchannel(ai,2);
```

Қуйидаги командани бажариб иккита (стерео) канал ҳосил қилинганлигини кўришимиз мумкин:

```
ai.Channel.ChannelName
```

```
ans =
'Left'
'Right'
```

Стерео режимдан моно режимга ўтиш учун фақат иккинчи канал олиб ташланади. Агар биринчи канални олиб ташламоқчи бўлсак хатолик тўғрисида ахборот чиқади:

```
delete(ai.Channel(1))
??? Error using ==> daqchild/delete
Channel 1 cannot be deleted before channel 2
for device Winsound.(Биринчи канал иккинчи ка-
налдан аввал олиб ташланиши мумкин эмас)
```

Иккинчи канални олиб ташлаймиз:

```
delete(ai.Channel(2))
```

Энди овоз картаси моно режимига ўтади.

17.6. Дискретлаш частотасини танлаш

Дискретлаш частотаси (SampleRate) 1 секундда олинадиган маълумотлар (намуналар) сонини кўрсатади. Қуйидаги мисолда дискретлаш частотаси 44,1кГц олинган, яъни, 1 секундда аналог сигналнинг кетма-кет 44100 нуқтасининг қийматлари олинади:

```
ai = analoginput('winsound');
addchannel(ai,1);
addchannel(ai,2);
set(ai,'SampleRate',44100)
```

Қўйилиши мумкин бўлган дискретлаш частоталарининг диапозонини `propinfo` функцияси ёрдамида кўриш мумкин:

```
ValidRates = propinfo(ai,'SampleRate')
ValidRates =
Type: 'double'
Constraint: 'Bounded'
ConstraintValue: [8000 44100]
DefaultValue: 8000
ReadOnly: 0
ReadOnlyRunning: 1
DeviceSpecific: 0
```

17.7. Триггерлардан фойдаланиш

Триггерлар immediate (бевосита), manual (қўл) ва software (дастурий) триггерларга бўлинади. Маълумотлар фақат триггер ишлаган моментлардагина олиниши мумкин, яъни улар ёрдамида аналог сигнални рақамлига айлантириш учун зарур бўлган дискретлаш частотаси ўрнатилади.

Очиқ DAQ объектларни аниқлаймиз ва уларнинг ишлашини тўхтатамиз:

```
openDAQ = daqfind;
for i = 1:length(openDAQ),
stop(openDAQ(i));
end
```

17.7.1. Бевосита триггер (immediate trigger)

Бевосита триггер бириктирилган триггер бўлиб START кодандаси берилиши билан дарҳол маълумотларни регистрация қилишни бошлаш имкониятини беради.

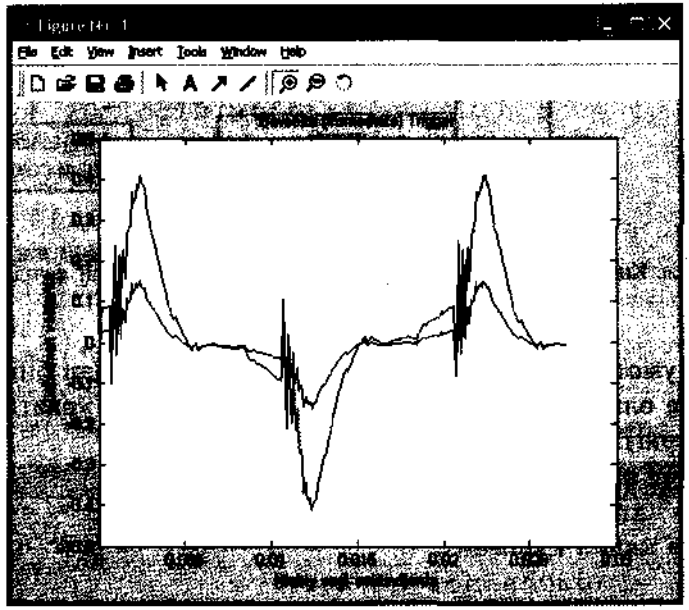
Қуйидаги мисолда аналог кириш объектини ҳосил қилинган (ai) ва унга иккита канал қўшилган. Бунда овоз платасини (winsound) стерео режимида ишга тушуриш мумкин. Дискретлаш частотасини 10000 Гц ўрнатамиз (1 секунд давомида аналог сигналнинг 10000 нуқтаси тўғрисидаги маълумот рақамли кўринишга ўтказилади). Триггернинг SamplesPerTrigger хоссасининг қийматини 300 оламиз, яъни 300 та нуқта тўғрисидаги маълумот хотирага олинади. Олинган маълумотни GETDATA функцияси ёрдамида data ўзгарувчисига тақдим қилинади. Маълумотлар ўлчами триггернинг SamplesPerTrigger хоссасининг қиймати ва каналлар сони билан белгиланади:

```
ai = analoginput('winsound');
addchannel(ai, [1 2]);
set(ai, 'SampleRate', 10000);
set(ai, 'SamplesPerTrigger', 300);
set(ai, 'TriggerType', 'immediate');

start(ai);
[data,time] = getdata(ai);
size(data)
ans =
300 2
```

Маълумотлар 300/10000=0,03 секунд, яъни SamplesPerTrigger/

SampleRate нисбат билан белгиланувчи вақт давомида олинади. Олинган маълумотларнинг вақт бўйича графигини курамиз (17.2-расм):

```
plot(time,data);
zoom on;
title('Bevosita (Immediate) Trigger');
xlabel('Nisbiy vaqt sekundlarda');
ylabel('Kuchlanish voltlarda');
```

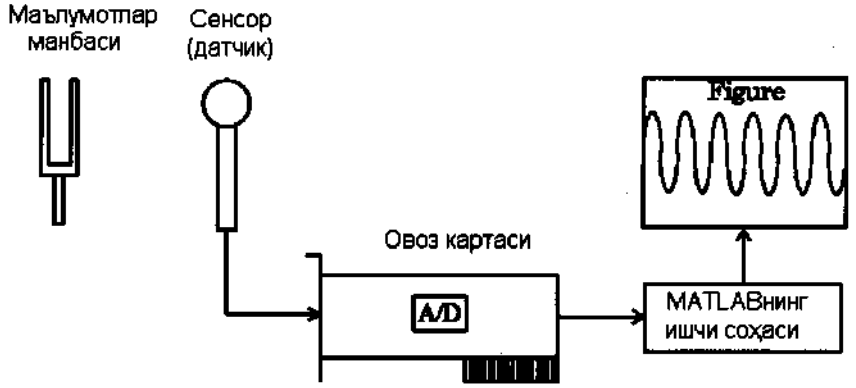


17.2 -расм. Олинган маълумотларнинг вақт бўйича графиги

Мавжуд триггерлар рўйхатини MATLABнинг командалар ойнасида `set(ai,'TriggerType')` командасини бажариб кўриш мумкин:

```
openDAQ = daqfind;
for i = 1:length(openDAQ),
stop(openDAQ(i));
end
ai = analoginput('winsound');
addchannel(ai, [1 2]);
set(ai,'TriggerType')
[ Manual | {Immediate} | Software ]
```

Қуйидаги мисолда кириш сигнали частотавий таҳлил қилинган ва унинг фундаментал частотаси аниқланган. Мосламанинг таркиби 17.3-расмда кўрсатилган.



17.3-расм. Кириш сигналини частотавий таҳлил қилиш ва унинг фундаментал частотаси аниқлаш мосламасининг таркиби

Маълумотларни овоз картасининг битта каналидан бир секунд давомида олинади. Дискретлаш частотаси 8000 Гц ўрнатилган ва мануал триггердан фойдаланилган.

Аналог кириш объектини ҳосил қиламиз:

```
AI = analoginput('winsound');
```

Битта канал қўшамиз:

```
chan = addchannel(AI,1);
```

Объектнинг хоссаларини ўрнатамиз. Кейинги таҳлилларда фойдаланиш учун blocksize ва Fs ўзгарувчиларини киритамиз:

```
duration = 1; %1 sekund davomida ma'lumot oli-
nadi
set(AI,'SampleRate',8000) %diskretlash chas-
totasi
ActualRate = get(AI,'SampleRate');
set(AI,'SamplesPerTrigger',duration*ActualRat
e)
set(AI,'TriggerType','Manual')
blocksize = get(AI,'SamplesPerTrigger');
Fs = ActualRate;
```

Объект ҳамда мануал триггерни ишга туширамиз ва маълумотларни қабул қиламиз:

```
start(AI)
```

```
trigger(AI)
data = getdata(AI);
```

Объектни хотира ва MATLAB нинг ишчи соҳасидан ўчириб ташлаймиз:

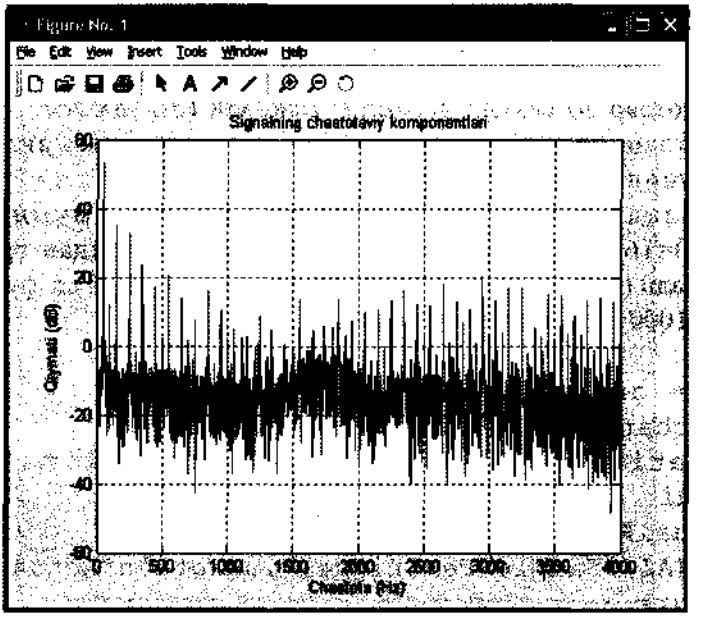
```
delete(AI)
clear AI
```

Маълумотларни частотавий таҳлил қиламиз:

```
xfft = abs(fft(data));
% Avoid taking the log of 0.
index = find(xfft == 0);
xfft(index) = 1e-17;
mag = 20*log10(xfft);
mag = mag(1:floor(blocksize/2));
f = (0:length(mag)-1)*Fs/blocksize;
f = f(:);
```

Натижаларни чиқарамиз:

```
plot(f,mag)
grid on
ylabel('Qiymati (dB)')
xlabel('Chastota (Hz)')
title('Signalning chastotaviy komponentlari')
```



17.4 -расм. Сигналнинг частотавий таркиби

Олинган графикдан (17.4-расм) фундаментал частотани аниқлашимиз мумкин. Фундаментал частотани MATLAB нинг командалар ойнасида қуйидаги командани бажариб топишимиз қулайроқ ва аниқроқдир:

```
[ymax,fundamental_chastota]= max(mag);
ymax
fundamental_chastota
```

Enter клавишаси босилса натижа чиқади:

```
ymax =
53.1428

fundamental_chastota =
51
```

Демак фундаментал частота 51 Гц.

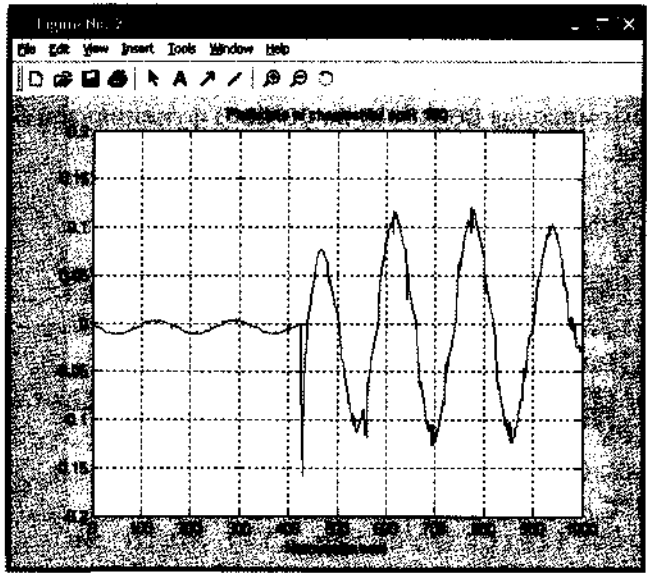
17.7.2. Маълумотларни дастлабки кўриб чиқиш учун peekdata функциясидан фойдаланиш

Маълумотларни дастлабки кўриб чиқиш учун peekdata функциясидан фойдаланиш мумкин. Бунда олинган маълумотлар кетма-кет қисмларга бўлиниб экранга чиқарилади. Кейинчалик объектнинг хоссаларига керакли ўзгартиришлар киритилади.

Қуйидаги мисолда peekdata функциясидан фойдаланилган. Маълумотлар 20 секунд давомида олинади (`duration = 20`). Дискретлаш частотасининг қиймати яққол олинмаганлиги сабабли унинг сукут бўйича қиймати `SampleRate=8000Гц` ўрнатилади. Олинадиган қийматларнинг умумий сони 20*8000=160000. Олинадиган қийматлар 1000 тадан графикка чиқарилади (`plot(zeros(1000,1))`), яъни peekdata функцияси 160000/1000=160 марта чақирилади.

```
AI = analoginput('winsound');
addchannel(AI,1);
duration = 20; % Yigirma sekund ma'lumot
olinadi
ActualRate = get(AI,'SampleRate');
set(AI,'SamplesPerTrigger',duration*ActualRate)
figure
set(gcf,'doublebuffer','on') %Grafikning
```

```
tebranishini kamaytirish
  P = plot(zeros(1000,1));
  T = title([sprintf('Peekdata ni chaqirishlar
soni:'), num2str(0)]);
  xlabel('Namunalar soni'), axis([0 1000 -0.2
0.2]), grid on
  start(AI)
  i = 1;
  while AI.SamplesAcquired < AI.SamplesPer-
Trigger
  while AI.SamplesAcquired < 1000*i
  end
  data = peekdata(AI,1000);
  set(P,'ydata',data);
  set(T,'String',[sprintf('Peekdata ni
chaqirishlar soni: '),num2str(i)]);
  drawnow
  i = i + 1;
  end
  waittilstop(AI,2)
  delete(AI)
  clear AI
```



17.5 -расм. **Peekdata функциясидан фойдаланишга мисол**

Дискретлаш частотасининг қийматини MATLAB нинг командалар ойнасида қуйидаги команда ёрдамида кўришимиз мумкин:

```
propinfo(AI,'SampleRate')
```

Ушбу команда ишлагандан кейин дискретлаш частотасининг қиймати 8000 дан 44100 Гц гача бўлиши мумкинлиги (ConstraintValue) ва унинг сукут бўйича қиймати (DefaultValue) 8000 Гц эканлигини кўришимиз мумкин.

```
ans =
Type: 'double'
Constraint: 'Bounded'
ConstraintValue: [8000 44100]
DefaultValue: 8000
ReadOnly: 0
ReadOnlyRunning: 1
DeviceSpecific: 0
```

17.7.3. Қабул қилинган маълумотларни қайта ишлаш учун чиқариб олиш

Қабул қилинган маълумотларни қайта ишлаш учун чиқариб олиш учун getdata функциясидан фойдаланилади. Масалан, ai объектидан 1000 та намунани чиқариб олиш ва уларни data ўзгарувчисига тақдим қилиш учун

```
data = getdata(ai,1000);
```

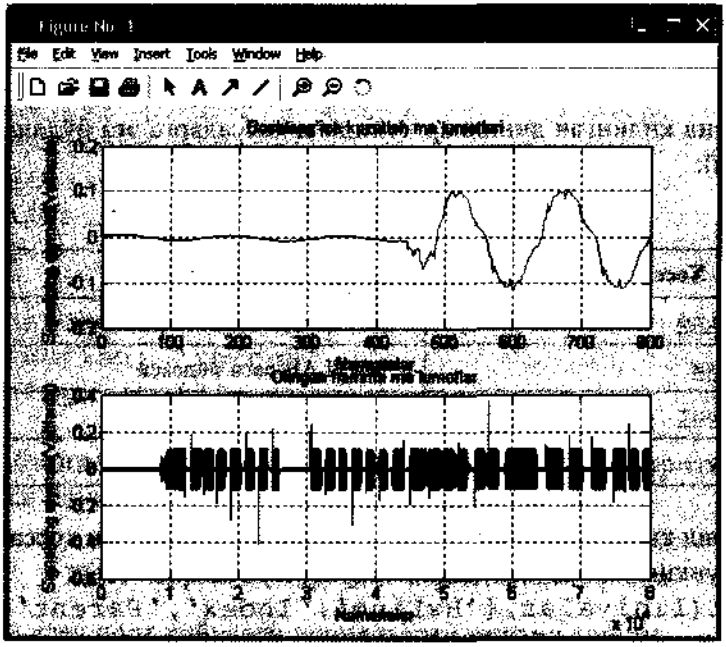
ифодадан фойдаланиш мумкин.

Қуйидаги мисолда peekdata ва getdata функциялари биргаликда ишлатилган.

```
AI = analoginput('winsound');
chan = addchannel(AI,1);
duration = 10; % Ten second acquisition
set(AI,'SampleRate',8000)
ActualRate = get(AI,'SampleRate');
set(AI,'SamplesPerTrigger',duration*ActualRate)
preview = duration*ActualRate/100;
subplot(211)
set(gcf,'doublebuffer','on')
P = plot(zeros(preview,1)); grid on
title('Boshlang`ich kuzatish ma`lumotlari')
xlabel('Namunalar')
```

```
   ylabel('Signalning qiymati(Voltlarda)')
   start(AI)
   while AI.SamplesAcquired < preview
   end
   while AI.SamplesAcquired < duration*Actual-
Rate
   data = peekdata(AI,preview);
   set(P,'ydata',data)
   drawnow
   end
   data = getdata(AI);
   subplot(212), plot(data), grid on
   title('Olingan hamma ma`lumotlar')
   xlabel('Namunalar')
   ylabel('Signalning qiymati(Voltlarda)')
   delete(AI)
   clear AI
```

Дастурнинг ишлаши натижасида иккита график олинади. Уларнинг биринчиси маълумотларнинг бир қисми учун ва иккинчиси олинган ҳамма маълумотлар учун қурилади.



17.6 -расм. **Peekdata ва getdata функциялари биргаликда ишлатилишига мисол**

17.8. Рақамли киритиш/чиқариш

Рақамли киритиш /чиқариш ост тизими (DIO) рақамли сигналларни узатиш учун хизмат қилади. DIO объекти параллел порт билан боғланиши мумкин.

17.8.1. Параллел порт

Компьютерда учта параллел портдан (LPT1, LPT2 ёки LPT3) фойдаланиш мумкин. Уларнинг ўн олтилик системадаги адреслари мос ҳолда 378, 278 ва 3BC. MATLABда адреси 378 бўлган LPT1 портдан фойдаланилади. Ушбу порт учун DIO объекти қуйидагича ҳосил қилинади:

```
dio = digitalio('parallel','LPT1');
```

Рақамли I/O объектга линияларни қўшиш учун addline функциясидан фойдаланилади:

```
liniyalar = addline(dio,0:7,'out');
```

Ҳосил қилинган liniyalar классини whos командаси ёрдамида кўриш мумкин:

```
whos liniyalar
Name Size Bytes Class
liniyalar 8x1 536 dioline object

Grand total is 13 elements using 536 bytes
```

Ҳосил қилинган линиялар қуйидаги хоссаларга эга бўлади (17.1-жадвал):

17.1-жадвал

Хоссанинг номи	Тавсифи
HwLine	Аппаратдаги идентификатори
Index	MATLAB даги индекси
Parent	Қайси объектнинг авлоди
Type	Линиянинг тури

Ҳосил қилинган линияларнинг юқорида кўрсатилган хоссаларини get функцияси ёрдамида акс эттириш мумкин:

```
get(liniyalar,{'HwLine','Index','Parent','Type'})
ans =
```

```
[0]     [1]     [1x1 digitalio]    'Line'
[1]     [2]     [1x1 digitalio]    'Line'
[2]     [3]     [1x1 digitalio]    'Line'
[3]     [4]     [1x1 digitalio]    'Line'
[4]     [5]     [1x1 digitalio]    'Line'
[5]     [6]     [1x1 digitalio]    'Line'
[6]     [7]     [1x1 digitalio]    'Line'
[7]     [8]     [1x1 digitalio]    'Line'
```

Линия ва портларнинг характеристикаларини daqhwinfo функцияси ёрдамида қайтарилади (акс эттирилади).

```
hwinfo = daqhwinfo(dio);
```

Ҳар бир порт учун характеристикалар:

```
hwinfo.Port(1)
ans =
ID: 0
LineIDs: [0 1 2 3 4 5 6 7]
Direction: 'in/out'
Config: 'line'
hwinfo.Port(2)
ans =
ID: 2
LineIDs: [0 1 2 3 4 5 6 7]
Direction: 'in/out'
Config: 'port'
hwinfo.Port(3)
ans =
ID: 3
LineIDs: [0 1 2 3 4 5 6 7]
Direction: 'in/out'
Config: 'port'
```

Ушбу информация 32 линиянинг ҳар бирини киритиш ёки чиқариш учун фойдаланиш мумкинлигини кўрсатади.

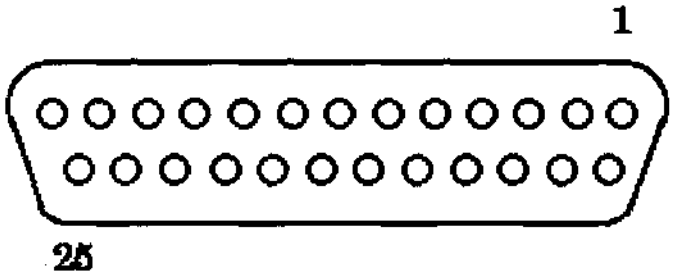
17.8.2. Параллел портнинг характеристикалари

Параллел порт қуйидаги линиялардан ташкил топган:

- Саккизта маълумотлар линиялари;

- Тўртта бошқариш линиялари;
- Бешта ҳолат линиялари.

Физик параллел портнинг линияларига кириш учун компьютердаги 25 киришга эга бўлган қабул қилувчи разъёмдан фойдаланилади. Унинг кўриниши 17.7-расмда кўрсатилган.



17.7-расм. Параллел портнинг25 киришга эга бўлган разъёми

Линиялар мантиқий сатҳлардан фойдаланади. Фақат 1, 11,14 ва 17 киришлар инвертирланган бўлади. Ерга 18-25 киришлар уланади. Қолган 17 кириш учта портга ажратилган ва уларнинг вазифалари 17.1-жадвалда келтирилган.

17.1-жадвал

Port	Киришлар	Тавсифи
0	2-9	Маълумотларни киритиш/чиқариш учун саккизта линия
1	10-13 ва 15	Бешта ҳолат линиялари
2	1, 14, 16 ва 17	Тўртта бошқариш линиялари

Айрим ҳолларда 0 портдаги линиялар бир йўналишли бўлиб фақат чиқишга ишлаши мумкин. Уларнинг иккала йўналишда ҳам ишлаши учун компьютернинг BIOS сида EPP (Enhanced Parallel Port- *Кенгайтирилган параллел порт*) ёки ECP (Extended Capabilities Port-*Имкониятлари кенгайтирилган порт*) режимини белгилаш керак бўлади.

Параллел портнинг характеристикаларини `daqhwinfo` функцияси ёрдамида кўриш мумкин:

```
hwinfo = daqhwinfo(dio);
hwinfo.Port(1)
ans =
```

```
ID: 0
LineIDs: [0 1 2 3 4 5 6 7] (2...9-киришлар)
Direction: 'in/out'
Config: 'port'
hwinfo.Port(2)
ans =

ID: 1
LineIDs: [0 1 2 3 4] (10, 11, 12, 13 ва 15-
киришлар)
Direction: 'in'
Config: 'port'
hwinfo.Port(3)
ans =

ID: 2
LineIDs: [0 1 2 3] (1, 14, 16 ва 17-
киришлар)
Direction: 'in/out'
Config: 'port'
```

Ушбу информация маълумотларни киритиш учун 17 чиқишнинг ҳаммасидан, чиқариш учун эса 12 чиқишдан фойдаланиш мумкинлигини кўрсатади.

Мурожаат қилишни соддалаштириш учун киритиш/чиқариш `LineName` хоссасининг қиймати порт чиқишининг тартиб рақами билан бир хил қилиб олинган. Масалан, 0 дан 7 гача бўлган аппарат линиялари учун 1 дан 8 гача бўлган MATLAB индекслари берилган.

Агар зарур бўлса индексларни алмаштириш мумкин, масалан:

```
liniyalar(1).HwLine=1;
liniyalar(2).HwLine=0
```

```
Index: LineName: HwLine: Port: Direction:
1      'Pin2'    1       0      'Out'
2      'Pin3'    0       0      'Out'
3      'Pin4'    2       0      'Out'
4      'Pin5'    3       0      'Out'
5      'Pin6'    4       0      'Out'
```

6	'Pin7'	5	0	'Out'
7	'Pin8'	6	0	'Out'
8	'Pin9'	7	0	'Out'

Индексларни алмаштиришнинг бошқача йўли ҳам бор:

```
dio.Line(3).HwLine = 3;
dio.Line(4).HwLine = 2
```

Index:	LineName:	HwLine:	Port:	Direction:
1	'Pin2'	1	0	'Out'
2	'Pin3'	0	0	'Out'
3	'Pin4'	3	0	'Out'
4	'Pin5'	2	0	'Out'
5	'Pin6'	4	0	'Out'
6	'Pin7'	5	0	'Out'
7	'Pin8'	6	0	'Out'
8	'Pin9'	7	0	'Out'

Линияларга тавсифий ном бериш учун `addline` функцияси ишлатилади, масалан биринчи линияга `TrigLine` номи берилиши керак бўлсин:

```
delete(dio)
clear dio
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,0,'out','TrigLine')
addline(dio,1:7,'out')
```

Index:	LineName:	HwLine:	Port:	Direction:
1	'TrigLine'	0	0	'Out'

Index:	LineName:	HwLine:	Port:	Direction:
2	'Pin3'	1	0	'Out'
3	'Pin4'	2	0	'Out'
4	'Pin5'	3	0	'Out'
5	'Pin6'	4	0	'Out'
6	'Pin7'	5	0	'Out'
7	'Pin8'	6	0	'Out'
8	'Pin9'	7	0	'Out'

Бундан ташқари `LineName` хоссасидан ҳам фойдаланиш мумкин:

```
delete(dio)
clear dio
```

```
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,0:7,'out')
dio.Line(1).LineName = 'TrigLine'
```

Index:	LineName:	HwLine:	Port:	Direction:
1	'TrigLine'	0	0	'Out'
2	'Pin3'	1	0	'Out'
3	'Pin4'	2	0	'Out'
4	'Pin5'	3	0	'Out'
5	'Pin6'	4	0	'Out'
6	'Pin7'	5	0	'Out'
7	'Pin8'	6	0	'Out'
8	'Pin9'	7	0	'Out'

Энди линиянинг янги номидан унга мурожаат қилиш учун фойдаланишимиз мумкин. Масалан линиядан киритиш учун фойдаланиш зарур бўлсин:

```
dio.TrigLine.Direction = 'in'
```

Index:	LineName:	HwLine:	Port:	Direction:
1	'TrigLine'	0	0	'In'
2	'Pin3'	1	0	'In'
3	'Pin4'	2	0	'In'
4	'Pin5'	3	0	'In'
5	'Pin6'	4	0	'In'
6	'Pin7'	5	0	'In'
7	'Pin8'	6	0	'In'
8	'Pin9'	7	0	'In'

Биринчи линиянинг йўналишини киритишга ўзгартирсак қолган линияларнинг ҳам йўналиши ўзгарди. Демак 0 порт фақат бир йўналишда ишлаши мумкин экан. Уни иккала йўналишда ҳам ишлайдиган қилиш учун компьютернинг BIOS сида EPP (Enhanced Parallel Port- *Кенгайтирилган параллел порт*) ёки ECP (Extended Capabilities Port-*Имкониятлари кенгайтирилган порт*) режимини белгилаш керак.

17.8.3. Линияларни киритишга мисоллар

Саккизта киритиш линиясини қўшиш:

```
addline(dio,0:7,'in');
```

Тўртта киритиш ва тўртта чиқариш линиясини 0 портга қўшиш:

```
addline(dio,0:7,{'in','in','in','in','out',
'out','out','out'});
```

Параллел LPT1 портнинг ҳамма чиқишлари киритиш йўналишида ишлаши мумкин:

```
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,[0:16],{'in'})
delete(dio)
clear dio
```

Index:	LineName:	HwLine:	Port:	Direction:
1	'Pin2'	0	0	'In'
2	'Pin3'	1	0	'In'
3	'Pin4'	2	0	'In'
4	'Pin5'	3	0	'In'
5	'Pin6'	4	0	'In'
6	'Pin7'	5	0	'In'
7	'Pin8'	6	0	'In'
8	'Pin9'	7	0	'In'
9	'Pin15'	0	1	'In'
10	'Pin13'	1	1	'In'
11	'Pin12'	2	1	'In'
12	'Pin10'	3	1	'In'
13	'Pin11'	4	1	'In'
14	'Pin1'	0	2	'In'
15	'Pin14'	1	2	'In'
16	'Pin16'	2	2	'In'
17	'Pin17'	3	2	'In'

Параллел LPT1 портнинг 1-9, 14, 16 ва 17-чиқишлари маълумотларни чиқариш режимида ҳам ишлай олади:

```
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,[0:7,13,14,15,16],{'out'})
delete(dio)
clear dio
```

Index:	LineName:	HwLine:	Port:	Direction:
1	'Pin2'	0	0	'Out'
2	'Pin3'	1	0	'Out'

```
    3       'Pin4'       2        0        'Out'
    4       'Pin5'       3        0        'Out'
    5       'Pin6'       4        0        'Out'
    6       'Pin7'       5        0        'Out'
    7       'Pin8'       6        0        'Out'
    8       'Pin9'       7        0        'Out'
    9       'Pin1'       0        2        'Out'
   10      'Pin14'       1        2        'Out'
   11      'Pin16'       2        2        'Out'
   12      'Pin17'       3        2        'Out'
```

Киритиш/чиқариш амалларини соддалаштириш мақсадида маълумотларни чиқариш учун параллел портнинг 2-9 чиқишларидан ва маълумотларни киритиш учун 1, 14, 16, 17 чиқишларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ:

```
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,[0:7],{'out'})
addline(dio,[13,14,15,16],{'in','in','in','i
n'})
delete(dio)
clear dio
```

```
Index:  LineName:  HwLine:  Port:  Direction:
  1       'Pin2'       0       0       'Out'
  2       'Pin3'       1       0       'Out'
  3       'Pin4'       2       0       'Out'
  4       'Pin5'       3       0       'Out'
  5       'Pin6'       4       0       'Out'
  6       'Pin7'       5       0       'Out'
  7       'Pin8'       6       0       'Out'
  8       'Pin9'       7       0       'Out'

Index:  LineName:  HwLine:  Port:  Direction:
  9       'Pin1'       0       2       'In'
 10      'Pin14'       1       2       'In'
 11      'Pin16'       2       2       'In'
 12      'Pin17'       3       2       'In'
```

17.8.4. Рақамли киритиш/чиқариш объекти (DIO) линияларининг қийматларини ёзиш ва ўқиш

Рақамли киритиш/чиқариш объектига линиялар қўшилгандан кейин линияларга қийматлар ёзиш ва линияларнинг қийматларини ўқиш мумкин. Линияларга қийматларни ёзиш учун putvalue функциясидан фойдаланилади. Унинг аргументи сифатида ўнли қиймат ёки иккилик векторни киритиш мумкин. Иккилик вектор мантиқий массив бўлиб унинг биринчи устунида энг кичик қиймат ва сўнгги устунида энг катта қиймат бўлади. Масалан, ўнли 23 сони иккилик кўринишда [1 1 1 0 1] бўлади, яъни, [1 1 1 0 1] = $2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^4$. Ўнли сонларни иккилик кўринишга dec2binvec функциясидан фойдаланиб ҳам ўтказиш мумкин.

Қуйидаги мисолда параллел портга 23 сони ёзилган:

```
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,0:7,'out');
data = 23;
putvalue(dio,data)
```

Бошқача кўринишда ҳам киритиш мумкин:

```
putvalue(dio.Line(1:8),data)
```

Иккилик кўринишда киритиш учун аввал data = 23 сонни иккилик кўринишга ўтказамиз:

```
bvdata = dec2binvec(data,8);
putvalue(dio,bvdata)
putvalue(dio.Line(1:8),bvdata)
```

Иккилик кўринишда киритишнинг бошқача йўли ҳам мавжуд:

```
bvdata = logical([1 1 1 0 1 0 0 0]);
putvalue(dio,bvdata)
```

17.8.5. Рақамли қийматларни ўқиш

Бир ёки бир неча линиядаги рақамли қийматларни ўқиш учун getvalue функциясидан фойдаланилади. Унинг кириш аргументи сифатида рақамли киритиш/чиқариш объекти олинади.

Қуйидаги мисолда dio объекти ҳосил қилинган ва унга саккизта чиқариш линияси қўшилган, уларга 23 сони ёзилган ва getvalue функцияси ёрдамида ўқилган:

```
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,0:7,'out');
data = 23;
putvalue(dio,data)
portval = getvalue(dio)

portval =

     1     1     1     0     1     0     0     0
```

Бир неча линиядаги информацияни ҳам ўқиш мумкин:

```
lineval = getvalue(dio.Line(1:5))
lineval =
   1     1     1     0     1
```

Иккилик векторни ўнли сонга айлантириш учун `binvec2dec` функциясиан фойдаланилади:

```
out = binvec2dec(lineval)
out =
23
```

Фақат битта линиядаги маълумотни ўқиш учун унинг индекси кўрсатилади, масалан, бешинчи линиядаги маълумотни ўқиймиз:

```
lineval = getvalue(dio.Line(5))
lineval =
   1
```

Чиқаришга йўналтирилган линияларнинг қийматлари сукут бўйича 0 га ва киритишга йўналтирилган линияларнинг қийматлари сукут бўйича 1 га тенг бўлади:

```
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,0:7,'out');
portval = getvalue(dio)

portval =

   0     0     0     0     0     0     0     0

delete(dio)
clear dio
dio = digitalio('parallel','LPT1');
```

```
addline(dio,0:7,'in');
portval = getvalue(dio)

portval =

   1     1     1     1     1     1     1     1
```

Рақамли қийматларни ёзиш ва ўқишга мисол:

1. Рақамли киритиш/чиқариш объектини ҳосил қиламиз

```
dio = digitalio('parallel','LPT1');
```

2. Саккизта чиқиш линиясини қўшамиз

```
addline(dio,0:7,'out');
```

3. Биринчи тўртта линияга 13 қийматни ўнли кўринишда, кейин иккилик вектор кўринишида ёзамиз ва уларни ўқиймиз

```
data = 13;
putvalue(dio.Line(1:4),data)
val1 = getvalue(dio);
val1

val1 =
   1     0     1     1     0     0     0     0

bvdata = dec2binvec(data);
putvalue(dio.Line(1:4),bvdata)
val2 = getvalue(dio);
val2 =
   1     0     1     1     0     0     0     0
```

4. Сўнгги тўртта линияларга 3 қийматни ўнли кўринишда ёзамиз ва иккилик кўринишда ўқиймиз

```
data = 3;
putvalue(dio.Line(5:8),data)
val3 = getvalue(dio.Line(5:8));

val3 =
   1     1     0     0

bvdata = dec2binvec(data,4);
putvalue(dio.Line(5:8),bvdata)
val4 = getvalue(dio.Line(5:8));
```

```
val4 =
   1     1     0     0
```

5. Сўнгги тўртта линиянинг қийматларини тескари тартибда ўқиймиз

```
val5 = getvalue(dio.Line(8:-1:5));

val5 =
   0     0     1     1
```

6. Яратилган киритиш/чиқариш объектини хотирадан ва MATLAB нинг ишчи соҳасидан ўчирамиз

```
delete(dio)
clear dio
```

17.8.6. Timer ҳодисаларини генерация қилиш

Timer рақамли киритиш/чиқариш объекти линияларидаги қийматларни вақт бўйича ёзиб олиш имкониятини беради. Timer хоссалари 17.2-жадвалда келтирилган.

17.2-жадвал

Хоссанинг номи	Тавсифи
Running	Объект ишлаётганлигини кўрсатади
TimerFcn	M-file қайтарилиш функциясининг таймерга киритилган вақт ўтгандан кейин бажарилишини аниқлайди
TimerPeriod	Таймер ҳодисалари орасидаги вақтни кўрсатади

Таймер ёрдамида назорат қилинаётган объектнинг ҳолатини кузатиб туриш мумкин.

Рақамли объектни ишга тушириш учун start функциясидан фойдаланилади:

```
start(dio)
```

Қуйидаги мисолда олти секунд давомида ҳар бир секундда таймер ҳодисаси юз беради.

```
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,0:7,'in');
```

```
set(dio,'TimerFcn',@daqcallback)
set(dio,'TimerPeriod',1.0)

start(dio)
pause(6)

delete(dio)
clear dio
```

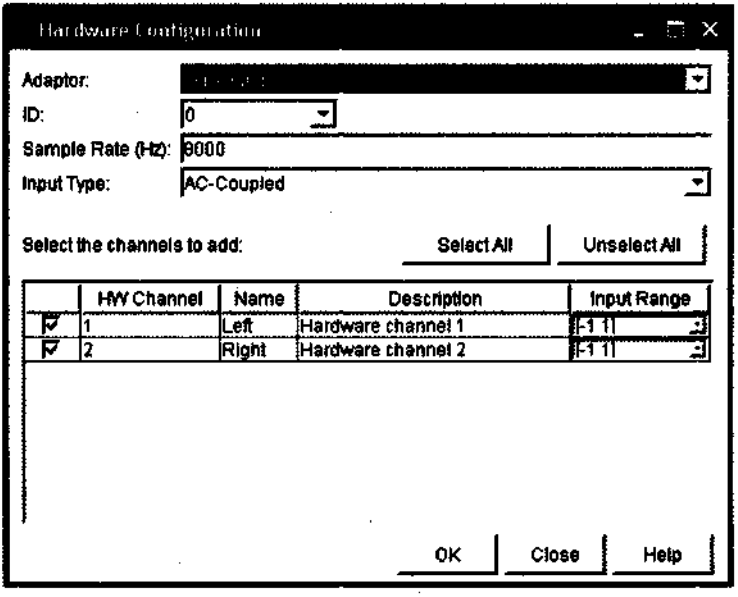
17.9. Маълумотларни қабул қилувчи осциллограф

17.9.1. Осциллографни ишга тушуриш

Осциллограф ўзгарувчи маълумотларни дисплейга чиқарувчи график интерфейс бўлиб ҳисобланади. Уни M-file дан ёки MATLAB нинг командалар ойнасида softscope командасини бажариш йўли билан очиш мумкин (17.8-расм):

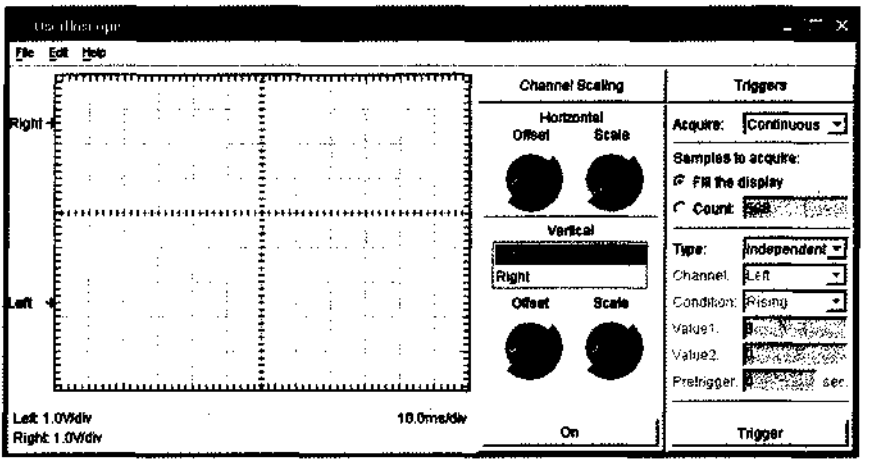
```
softscope
```

Юқоридаги команда бажарилгандан кейин қурилма конфигурацияси ойнаси очилади. Унда киритиш қурилмалари биттадан кўп бўлса улардан бирини танлаш, дискретлаш частотасини ўзгартириш ва каналларни танлаш мумкин.



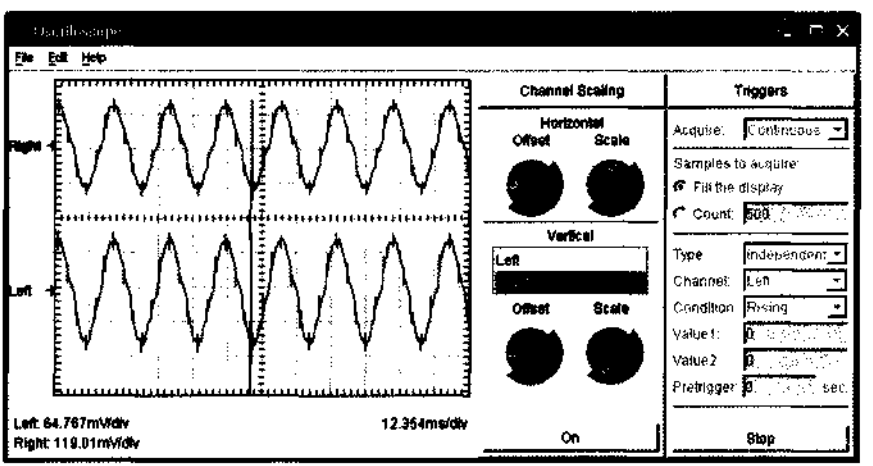
17.8-расм. Осциллографни очиш

Ойнадаги ОК тугмаси босилса осциллограф очилади (17.9-расм):



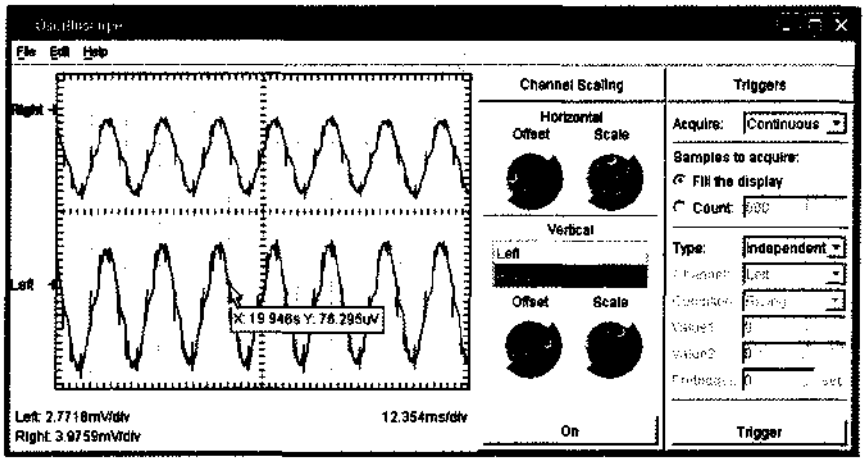
17.9-расм. Осциллографни ишга тушириш

Осциллографни ишга тушириш учун унинг пастки ўнг бурчагидаги **Trigger** тугмаси босилади. Сигналларни тезлик билан масштаблаш учун осциллографнинг устида сичқончанинг ўнг тугмаси босилади ва қалқиб чиқувчи менюдан **Autoscale** танланади (17.10-расм).



17.10-расм. Сигналларни тезлик билан масштаблаш

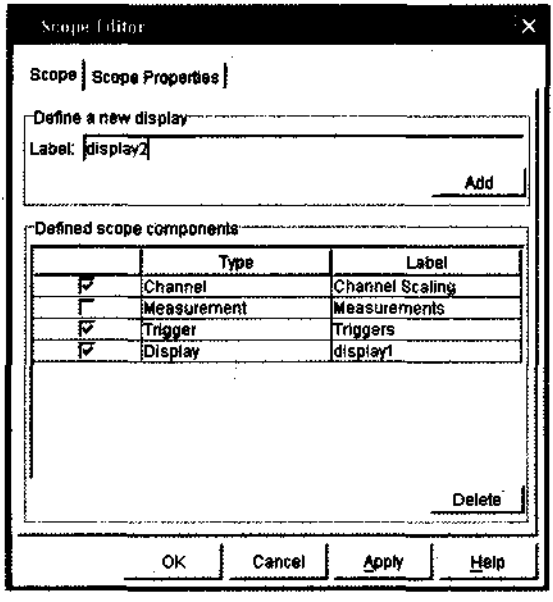
Айрим нуқталардаги сигнал ва вақтнинг қийматларини кўриш учун сичқончанинг курсори керакли нуқтага олиб келинади (17.11-расм).



17.11 -расм. Айрим нуқталардаги сигнал ва вақтнинг қийматларини кўриш

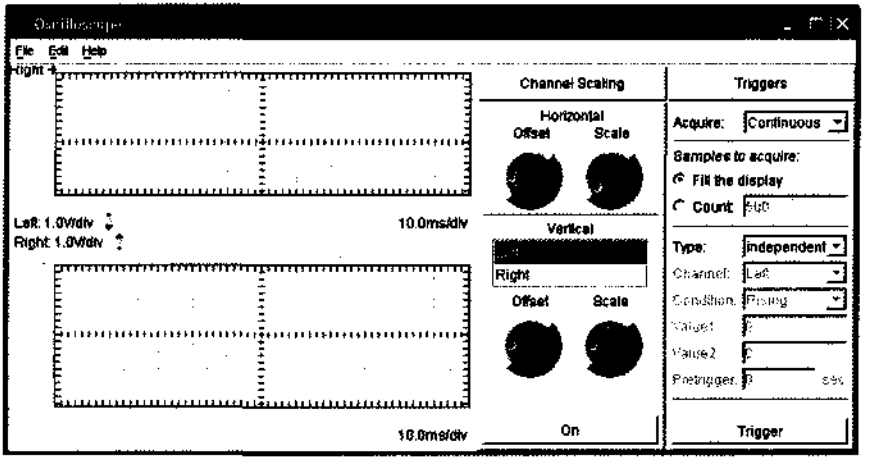
17.9.2. Қўшимча дисплейларни ҳосил қилиш

Қўшимча дисплей ҳосил қилиш учун осциллографнинг **Edit** менюсидан **Scope** ни танлаймиз ва унинг Label бўлимида янги дисплейнинг номини, масалан, `display2` деб ёзамиз ва ADD тугмасини босамиз (17.12-расм).



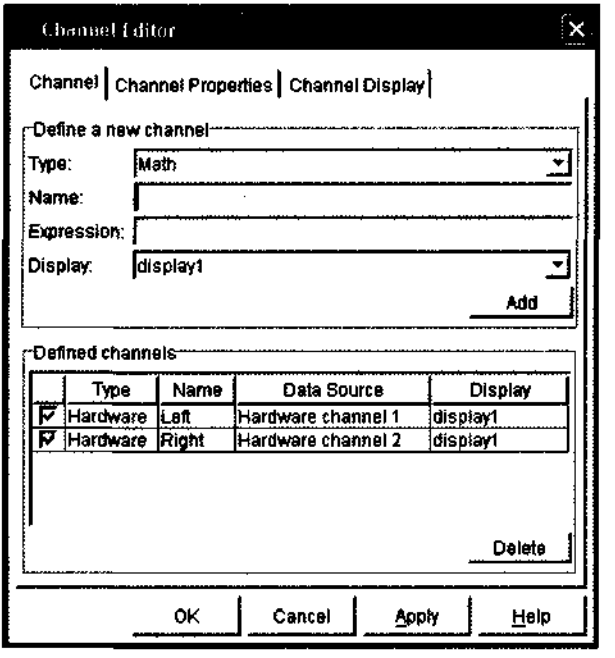
17.12-расм. Қўшимча дисплей ҳосил қилиш

Ойнадаги OK тугмасини боссак осциллографда иккита дисплей ҳосил бўлади (17.13-расм).



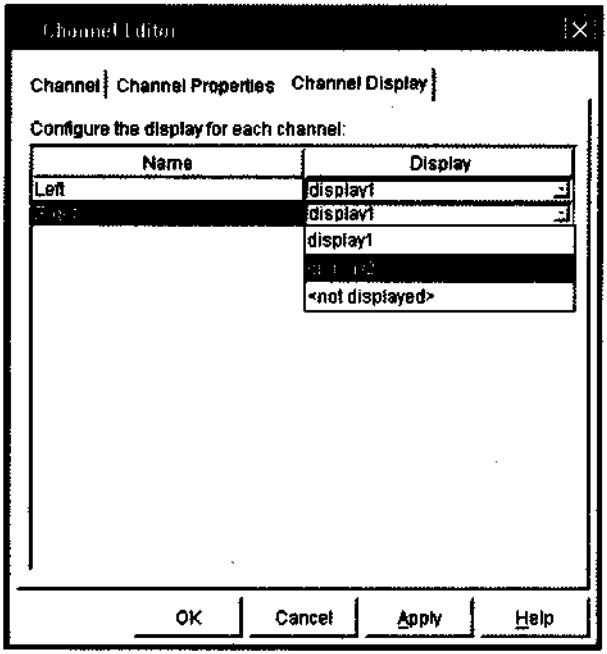
17.13 -расм. Осциллографда ҳосил қилинган дисплейлар

Осциллографнинг Edit менюсидан Channel бўлимини танлаймиз. Channel Editor ойнаси ҳосил бўлади (17.14-расм).



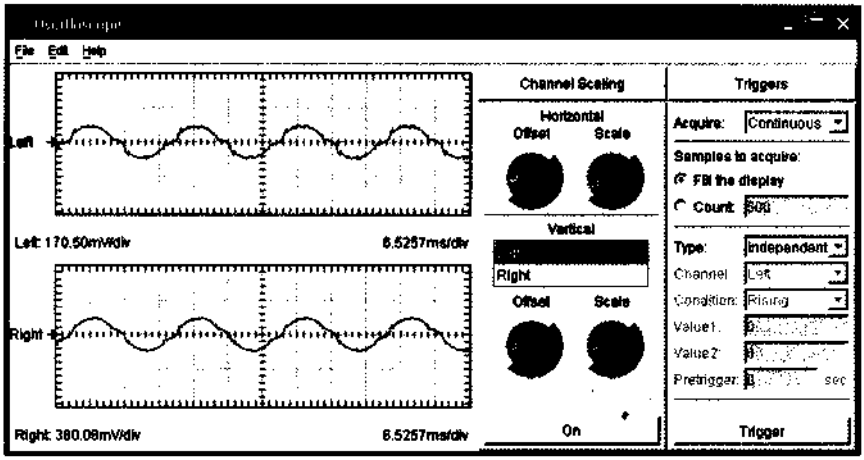
17.14 -расм. Осциллографнинг Channel Editor ойнаси

Channel Editor ойнасида Channel Display бўлимини танлаймиз ва каналларни дисплейларга тақсимлаймиз (17.15-расм).



17.15-расм. Каналларни дисплейларга тақсимлаш

ОК тугмасини босамиз ва Trigger тугмасини босиб осциллографни ишга тушурамиз (17.16-расм).



17.16 -расм. Осциллографни ишга тушуриш

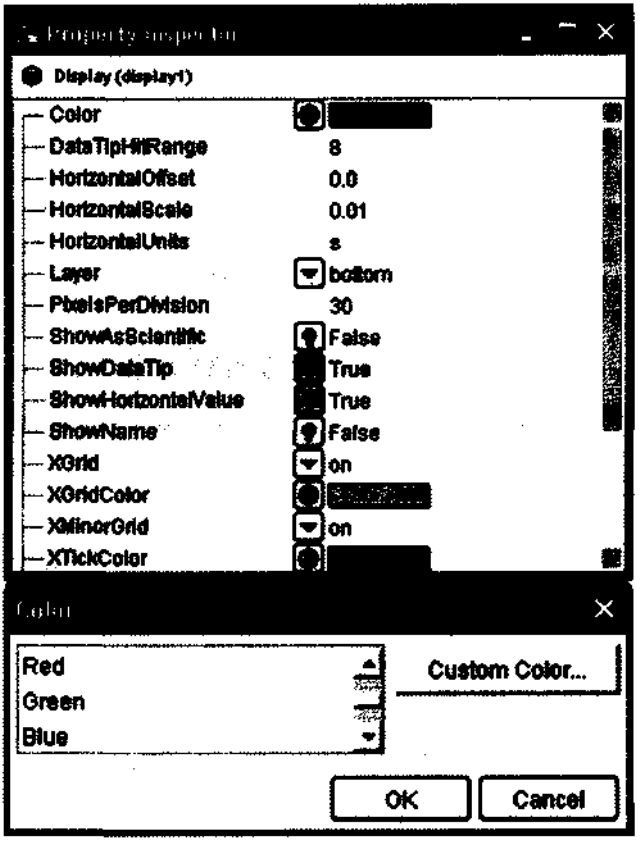
17.9.3. Дисплей хоссаларининг конфигурациясини танлаш

Дисплей хоссаларига киришнинг икки йўли бор:

Property Inspector — осциллограф дисплейининг устида сичқончанинг ўнг тугмаси босилади қалқиб чиқувчи менюдан **Edit Properties** бўлими танланади;

Scope Editor GUI — осциллографнинг **Edit** менюсидан **Scope... бўлими танланади**, ҳосил бўладиган **Scope Editor ойнасидан Scope Properties** бўлими танланади.

Биринчи йўл билан дисплей хоссалари очилганда Property Inspector ойнаси чиқади. Ундаги `Color` хоссасининг устида сичқончанинг чап тугмаси босилади ва керакли ранг танланади, OK босилади (17.17-расм).



17.17 -расм. Дисплей хоссаларининг конфигурациясини танлаш

Иккинчи йўл билан дисплей хоссалари очилганда Scope Editor ойнаси чиқади. Унда ҳам ранг танлаш юқоридагига ўхшаш.

17.9.4. Математик ва ҳавола (reference) каналлари

Осциллографда аппарат каналларига қўшимча равишда ҳавола ва математик каналларни қўшиш мумкин:

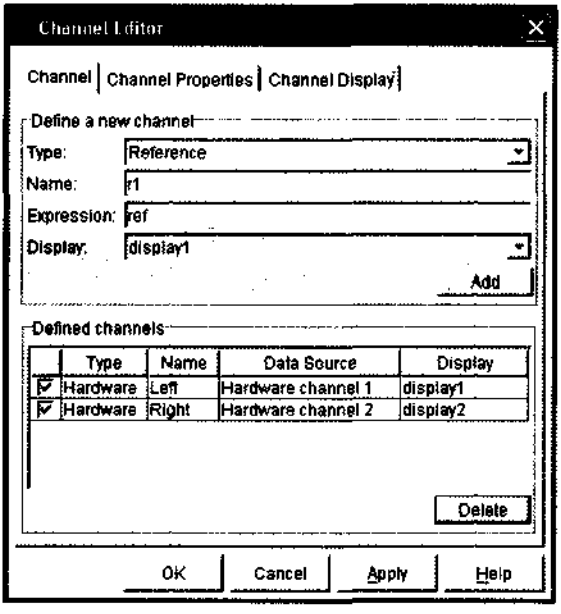
- Ҳавола каналлари билан боғланган маълумотлар MATLAB ўзгарувчилари ва ифодалари ёрдамида шакллантирилади;
- Математик каналлар билан боғланган маълумотлар аппарат, математик ёки ҳавола каналларидаги маълумотлар асосида MATLAB да ҳисобланади.

Ҳавола каналини ҳосил қилишга мисол.

1. MATLAB нинг командалар ойнасида графиги кўрсатилиши керак бўлган ифодани шакллантириш алгоритмини ёзамиз, масалан

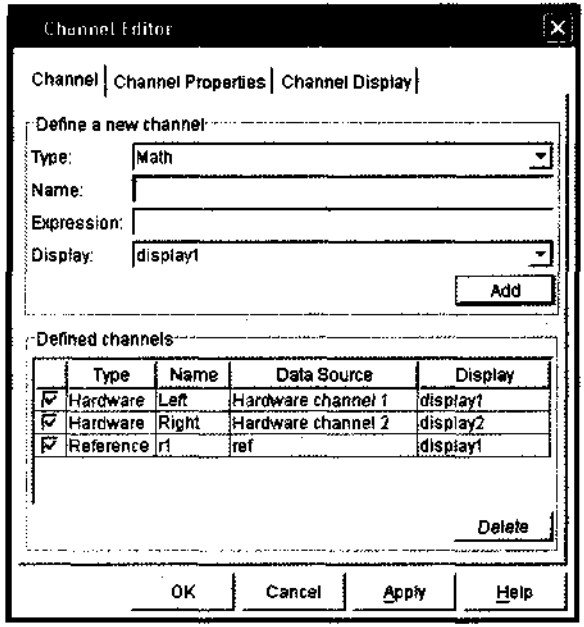
```
t = 0:0.0001:0.2;
w = 314;
ref = 2.7*sin(w*t);
```

2. Осциллографнинг **Edit** менюсидан **Channel** бўлимини танлаймиз. **Channel Editor** ойнаси очилади. Унинг **Type** бўлимидаги пастга қараган стрелкани босиб **Reference** ни танлаймиз. **Name** бўлимига қўшиладиган каналнинг номини ёзамиз, масалан, r1. **Channel Editor** ойнасининг Expression бўлимига графиги кўрсатилиши керак бўлган ифоданинг номини ёзамиз, масалан, ref. Diplay бўлимида эса қайси дисплейда кўрсатилиши кераклигини кўрсатамиз (17.18-расм).



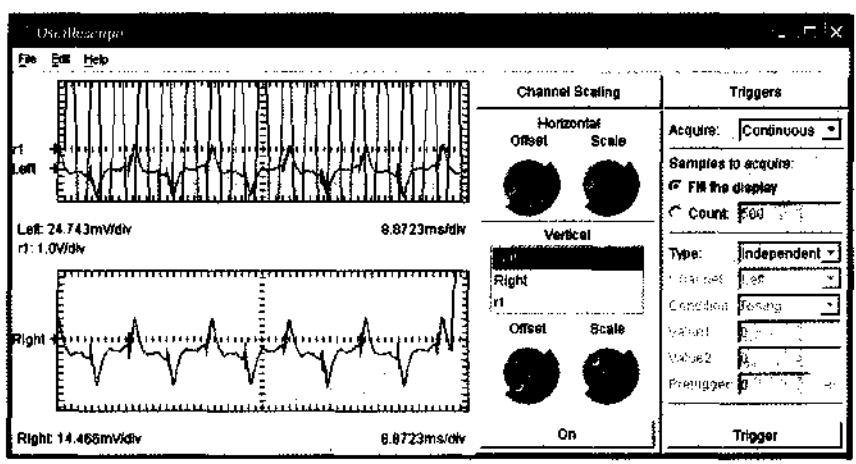
17.18-расм. Ҳавола каналини ҳосил қилиш

3. Add тугмасини босамиз (17.19-расм).



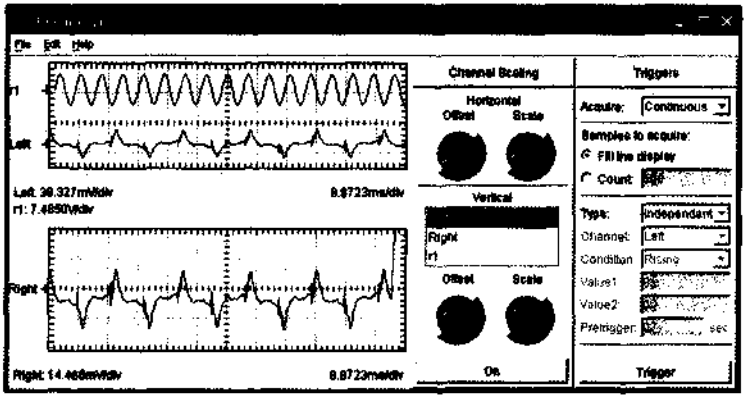
17.19-расм. Channel Editor ойнасининг Add тугмаси босилгандан кейинги кўриниши

4. OK тугмасини босамиз (17.20-расм).



17.20-расм. Ҳавола каналига эга бўлган осциллограф

5. Дисплейнинг устида сичқончанинг ўнг тугмасини босиб ҳосил бўлган менюдан Autoscale ни танлаймиз (17.21-расм).



17.21-расм. Сигналларнинг масштабини Autoscale командаси ёрдамида ўзгартириш

Математик канални ҳосил қилишга мисол:

1. **Edit менюсидан Channel** бўлимини танлаймиз. **Channel Editor** ойнаси очилади.

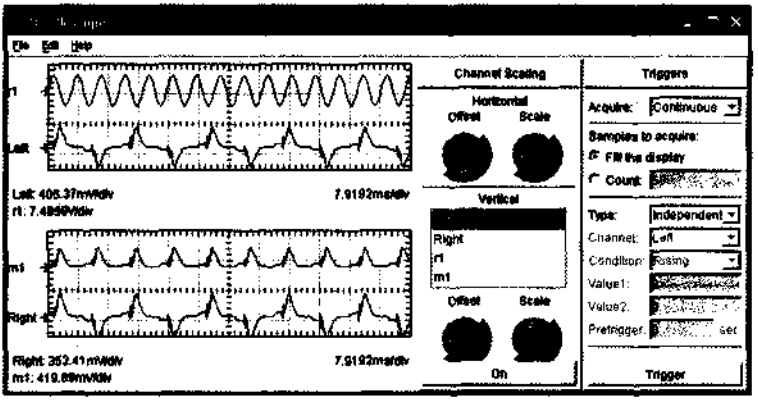
2. Унинг **Type** бўлимидаги пастга қараган стрелкани босиб **Math** ни танлаймиз. **Name** бўлимига қўшиладиган каналнинг номини ёзамиз, масалан, m1.

3. **Channel Editor** ойнасининг Expression бўлимига каналлардаги маълумотлар билан боғланган ифодани ёзамиз, масалан:

Abs(Rigth)

Бунда ўнг каналдаги маълумотлар абсолют қийматларининг графиги ҳосил қилинади.

4. **Channel Editor** ойнасининг Display бўлимида эса қўшилаётган канал қайси дисплейда кўрсатилишини белгилаймиз, масалан, display2 да кўрсатамиз ва Add кейин эса OK ни босамиз (17.22-расм).



17.22-расм. Ҳосил қилинган математик канал m1

17.9.5. Каналларни йўқотиш

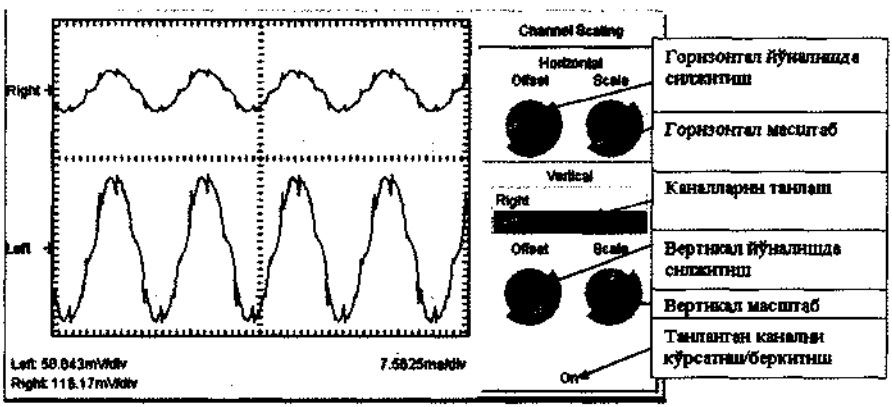
Edit менюсидан Channel бўлимини танлаймиз, Channel Editor ойнаси очилади:

Қўшимча каналларни йўқотиш учун унинг Channel бўлимининг **Defined channels** қисмида қўшимча канални белгилаймиз ва Delete ни босамиз;

Асосий канални кўринмайдиган қилиш учун учун **Channel Display** ойнасининг **Display** ойнасида `not displayed` танланади.

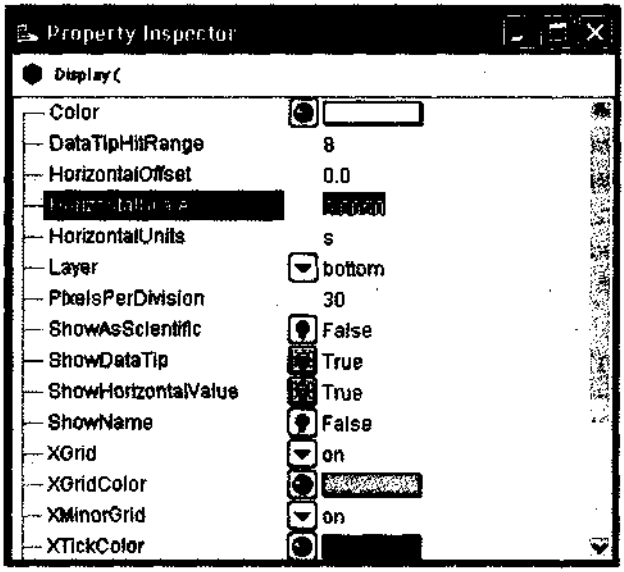
17.9.6. Каналлар маълумотларини масштаблаш

Осциллографдаги каналларни силжитиш ва масштаблаш мумкин. Горизонтал йўналишдаги масштаблаш ва силжитиш ҳамма каналлар, вертикал йўналишда эса фақат танланган каналлар учун бажарилади. On/Off кнопкаси ёрдамида танланган канални беркитиш ёки кўрсатиш мумкин. Масштабни ўзгартириш учун сичқончанинг чап тугмаси Scale белгисининг устида босилиб керакли томонга айлантирилади (17.23-расм).

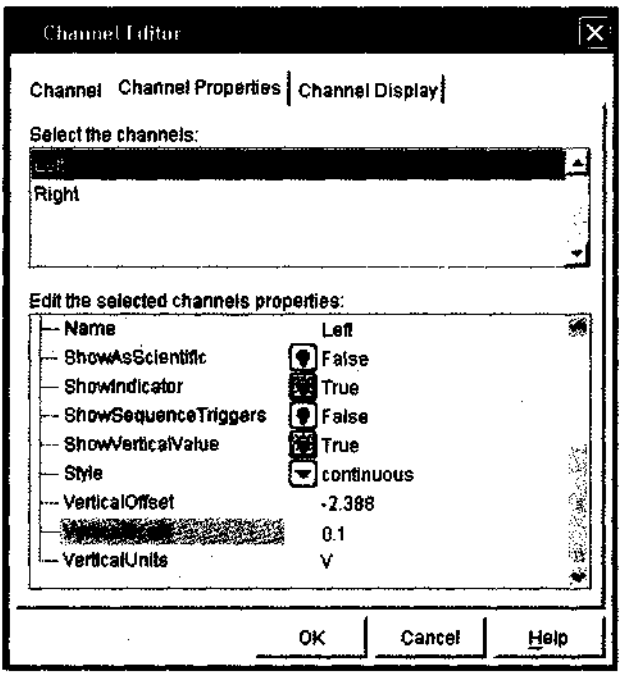


17.23 -расм. Осциллографдаги каналларни силжитиш ва масштаблаш

Горизонтал ва вертикал масштабларнинг аниқ қийматларини Property Inspector (17.24-расм) ва Channel Editor (17.25-расм) ойналарида ўрнатиш мумкин (17.24 ва 17.25-расмларда горизонтал масштаб 0,005 секунд ва вертикал масштаб 0,1 вольт ўрнатилган).



17.24-расм. Горизонтал ва вертикал масштабларнинг аниқ қийматларини Property Inspector ойнасида ўрнатиш

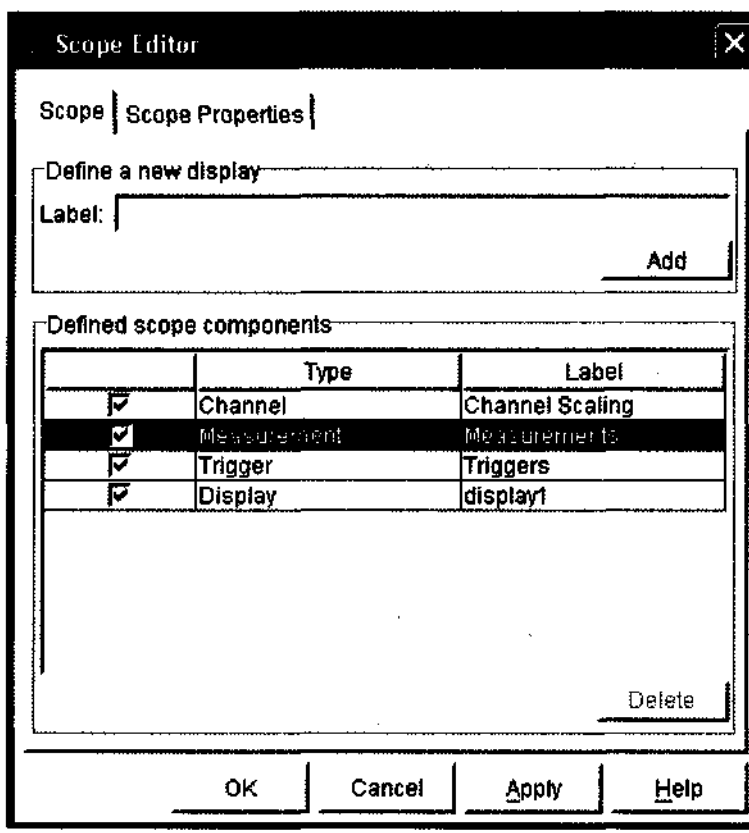


17.25 -расм. Горизонтал ва вертикал масштабларнинг аниқ қийматларини Channel Editor ойнасида ўрнатиш

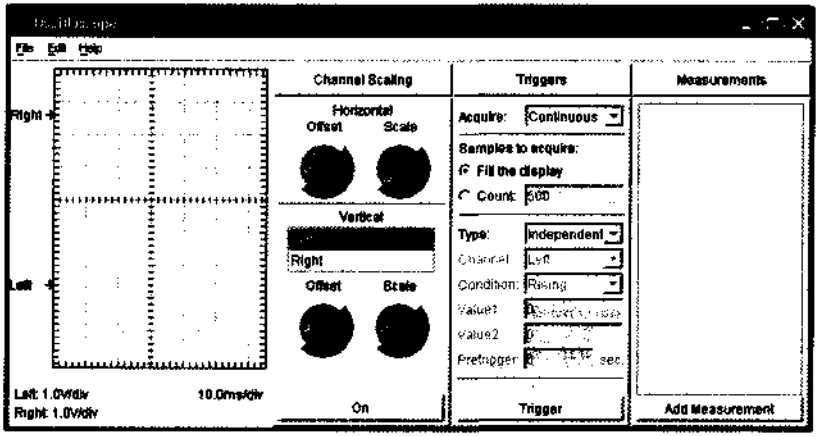
17.9.7. Ўлчашларни ҳосил қилиш

Осциллограф ёрдамида ўлчов бирликларига эга бўлган кўплаб ўлчашларни амалга ошириш мумкин. Бунда бириктирилган ўлчаш турларидан фойдаланиш ёки янги ўлчаш турларини киритиш мумкин. Сукут бўйича ўлчашлар панели осцилографга киритилмаган бўлади. Уни қўшиш учун қуйидаги йўлларнинг биридан фойдаланиш мумкин:

- **Channel Scaling** панелида сичқончанинг ўнг тугмаси босилади ва қалқиб чикувчи менюдан **Add Measurement** танланади;
- **Edit менюсидан Measurement** бўлими белгиланади;
- **Edit менюсидан** Scope бўлими танланади ва ҳосил бўладиган Scope Editor панелида (17.26-расм) **Measurement пункти белгиланади**. Ушбу ҳолда бўш **Measurement панели ҳосил бўлади** (17.27-расм).

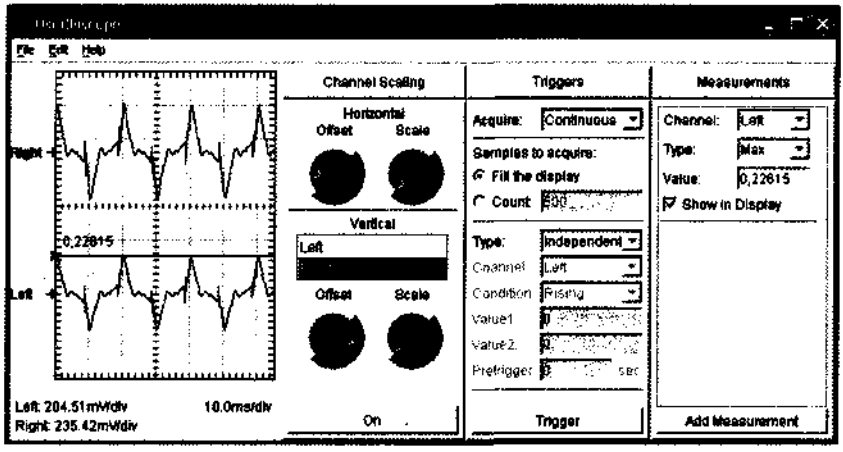


17.26-расм. Scope Editor панели



17.27-расм. Бўш Measurement панели

Ўлчашларни киритиш ёки улар мавжуд бўлса янгиларини қўшиш учун **Add Measurement** кнопкаси босилади ва **Measurements панелининг Channel бўлимида канал ва Type бўлимида зарур бириктирилган ўлчаш тури танланади**. Масалан 17.28- расмда чап каналдаги сигналнинг максимал қиймати ўлчанган.



17.28-расм. Чап(Left) каналдаги сигналнинг максимал қиймати ўлчаш

17.9.8. Янги ўлчаш турларини киритиш

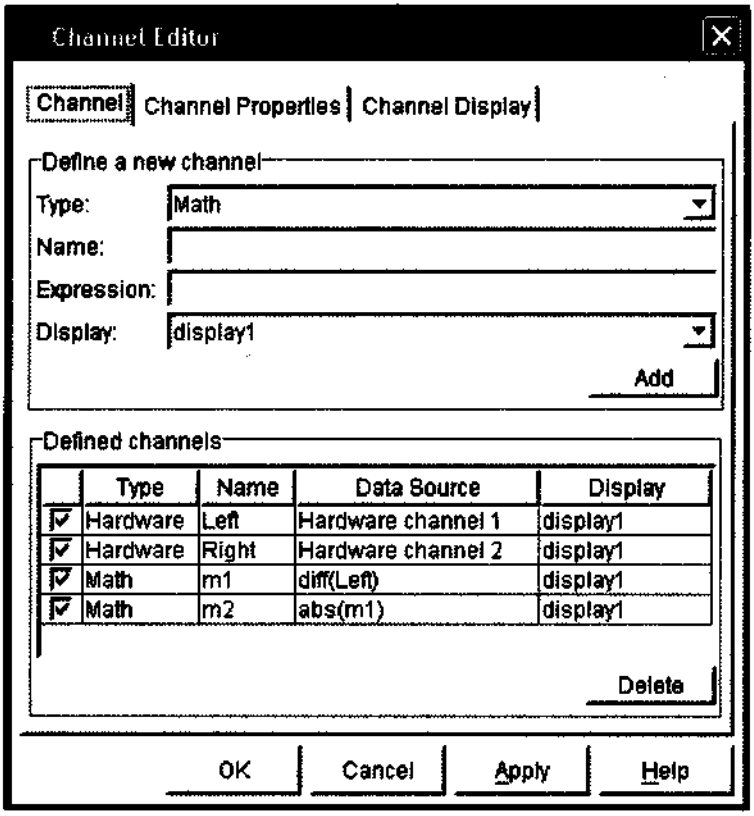
Бириктирилган ўлчаш турлари етарли бўлмаса янги ўлчаш турлари киритилади. Бунда маълумотлар массивини қабул қилиб скаляр қиймат қайтарувчи MATLAB функциясидан фойдаланилади. Янги

ўлчаш турларини киритиш учун қуйидаги икки йўлдан биридан фойдаланиш мумкин:

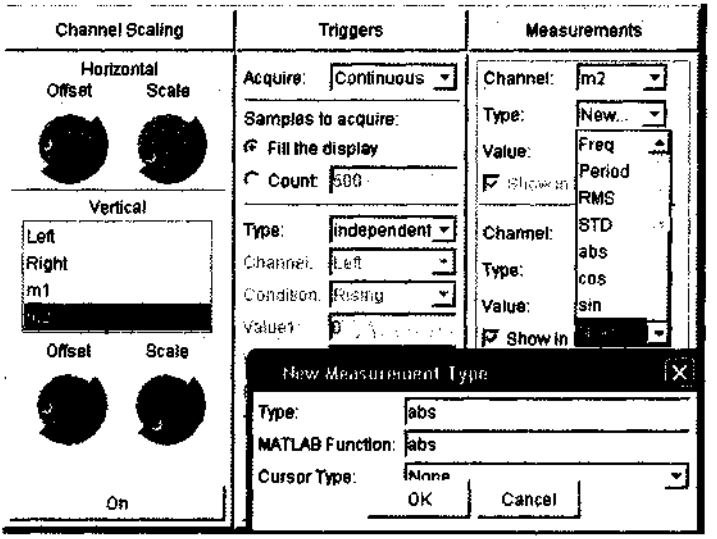
Measurements ойнасидаги **Type** менюсининг **New** бўлимини танлаш;

Measurement Editor ойнасидаги **Measurement Type** ост ойнасидан фойдаланиш.

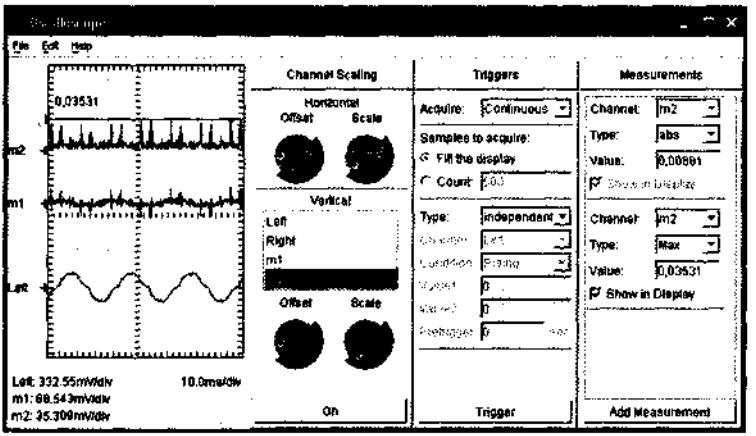
Қуйидаги мисолда Left каналдаги сигнал ҳосиласининг осциллограммасини олиш учун m1 математик канал ва m1 каналдаги сигналнинг абсолют қийматининг осциллограммасини ҳосил қилиш учун m2 математик канал киритилган (17.29-расм). Кейин m2 математик каналдаги сигналнинг абсолют қийматини ўлчаш учун учун янги ўлчаш тури киритилган. Бундан ташқари максимал қийматни ўлчаш учун бириктирилган ўлчаш туридан ҳам фойдаланилган (17.30-расм). Янги киритилган математик каналлар ва ўлчашларнинг ишлаш натижалари 17.31-расмда келтирилган.



17.29-расм. Математик каналларни киритиш



17.30-расм. Янги ўлчаш турини киритиш



17.31-расм. Янги киритилган математик каналлар ва ўлчашларнинг ишлаш натижалари

17.9.9. Маълумотларни экспорт қилиш

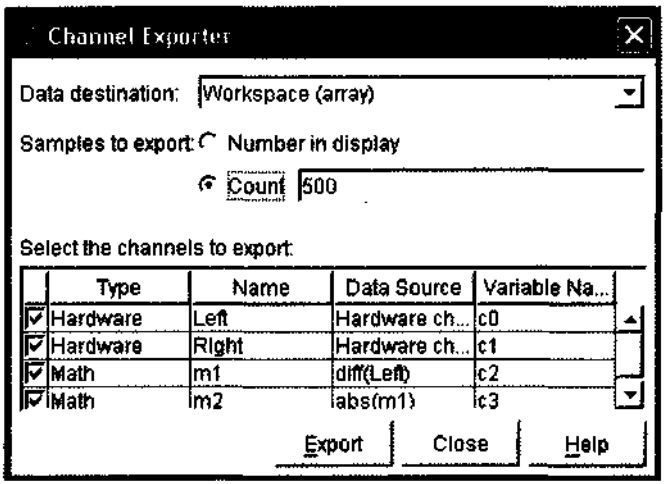
Қуйидаги маълумотларни MATLAB ишчи соҳасига, график кўринишда ёки MAT-файл кўринишида экспорт қилиш мумкин:

- Каналлар маълумотлари — маълумотлар аппарат каналлари, математик каналлар ёки илова каналлари билан боғланган бўлади.
- Ўлчашлар маълумотлари — маълумотлар ўлчашлар билан боғлиқ бўлади;

- Уларнинг айримлари, масалан, горизонтал ва вертикал курсор маълумотларга эга бўлмаслигини назарда тутиш керак.

Канал маълумотларини экспорт қилиш учун **File менюсида Export ва кейин Channels** бўлимлари танланади. Канал маълумотлари каналнинг график интерфейси билан биргаликда экспорт қилинади.

Қуйидаги мисолда кўрсатилган фойдаланувчининг график интерфейси горизонтал ва вертикал масштабларга эга бўлган иккита аппарат ва иккита математик каналлардаги маълумотларнинг 500 тадан намунасини MATLAB ишчи соҳасига матрица кўринишида экспорт қилиш учун созланган. Маълумотларни ишчи соҳада сақлаш учун мос равишда c0, c1,c2 ва c3 ўзгарувчилардан фойдаланилган (17.32-расм).



17.32-расм. График интерфейсни маълумотларни ишчи соҳага экспорт қилиш учун созлаш

Export ва кейин Close тугмаларини боссак маълумотлар MATLAB нинг ишчи соҳасида сақланади. Маълумотлар сақланганлигини текшириб кўришимиз мумкин. Бунинг учун MATLAB нинг командалар ойнасида c0 командасини терамиз ва Enter ни босамиз маълумотлар катта ҳажмга эга бўлганлиги сабабли факт уларнинг бошланғич қисми келтирилган):

```
>> c0
c0 =
Columns 1 through 6
-0.1570 -0.1418 -0.1368 -0.1406 -0.1340 -0.1423
Columns 7 through 12
```

-0.1496 -0.1488 -0.1474 -0.1545 -0.1537 -0.1503

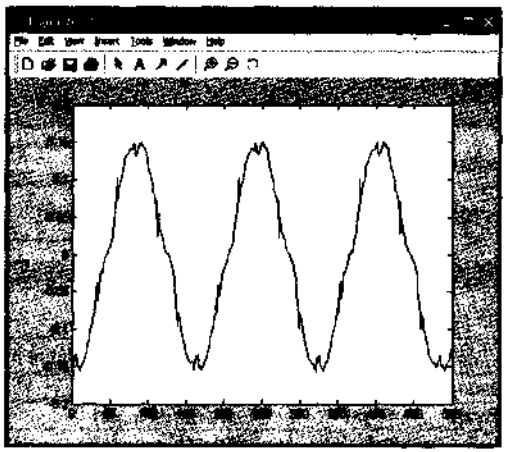
Columns 13 through 18

-0.1474 -0.1460 -0.1449 -0.1427 -0.1393 -0.1353

Columns 19 through 24 ...

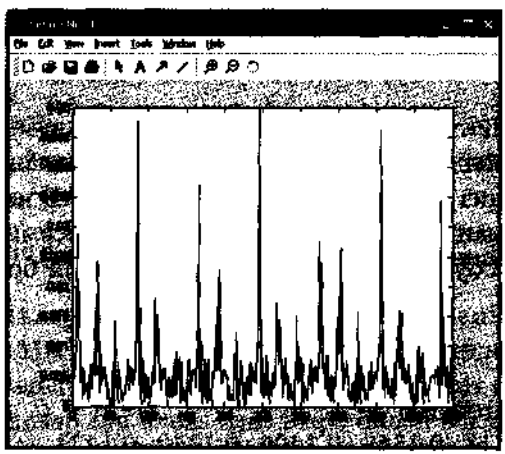
Худди шунга ўхшаш равишда бошқа ўзгарувчиларни ҳам кўришимиз мумкин. Сақланган маълумотларнинг осциллограммадаги маълумотларга мос келишини текшириб кўриш учун уларнинг графикларини қуриб кўришимиз ҳам мумкин:

```
t=1:500;
plot(t,c0)
```



17.33-расм. Сақланган маълумотларнинг графиги (c0 учун)

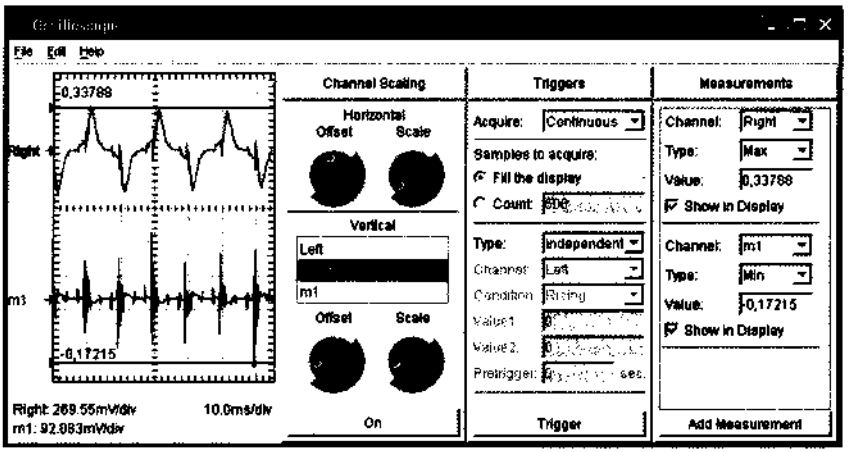
```
plot(t,c3)
```



17.34-расм. Сақланган маълумотларнинг графиги (c3 учун)

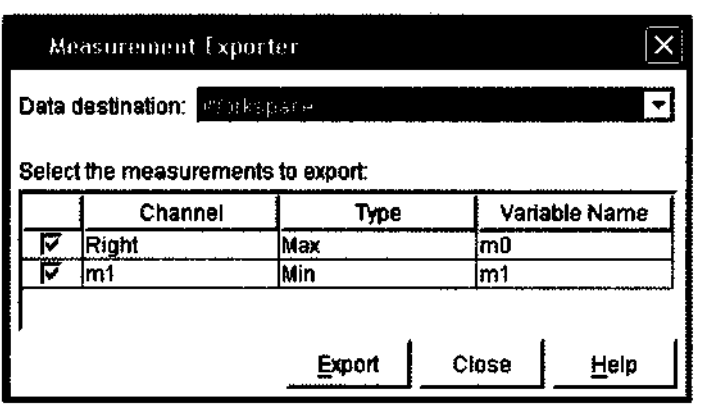
Ўлчаш маълумотларини экспорт қилиш учун **File->Export-> Measurement** танланади.

Қуйидаги 17.35-расмда Right каналдаги сигналнинг максимал қиймати ва m1 математик каналдаги сигналнинг минимал қиймати ўлчанган.



17.35-расм. Ўлчанган маълумотлар

Ўлчанган қийматларни ишчи соҳага экспорт қиламиз. Бунинг учун юқорида айтилганидек **File->Export->Measurement** танланади ва ҳосил бўлган **Measurement Exporter** ойнасида **Export** тугмасини босамиз. Бу ерда **Right** каналдаги сигналнинг максимал қиймати **m0** ўзгарувчига ва ва **m1** математик каналдаги сигналнинг минимал қиймати **m1** ўзгарувчига тақдим қилинганлигини кўриш мумкин (17.36-расм).



17.36-расм. Ўлчанган қийматларни ишчи соҳага экспорт қилиш

Ўлчанган қийматлар ишчи соҳага ўтганлигини MATLAB нинг командалар ойнасида m0 ва m1 командаларини бажариб текшириб кўришимиз мумкин:

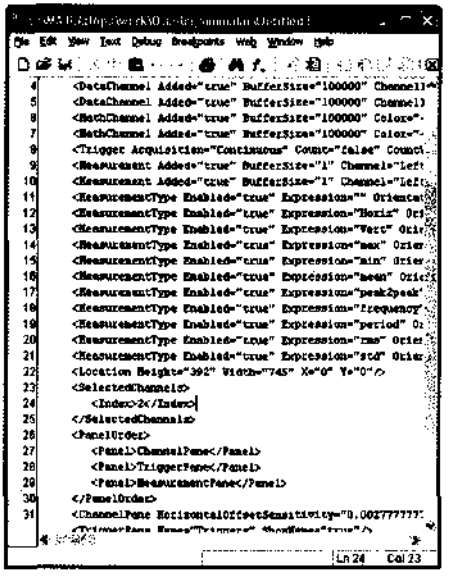
```
>> m0
m0 =
0.3379

>> m1
m1 =
-0.1722
```

17.9.10. Осциллограф конфигурациясини сақлаш

Осциллогафнинг конфигурациясини softscope файлга сақлаш мумкин. Softscope файл ўзида матнли файлни сақлайди ва қуйидагиларга эга бўлади:

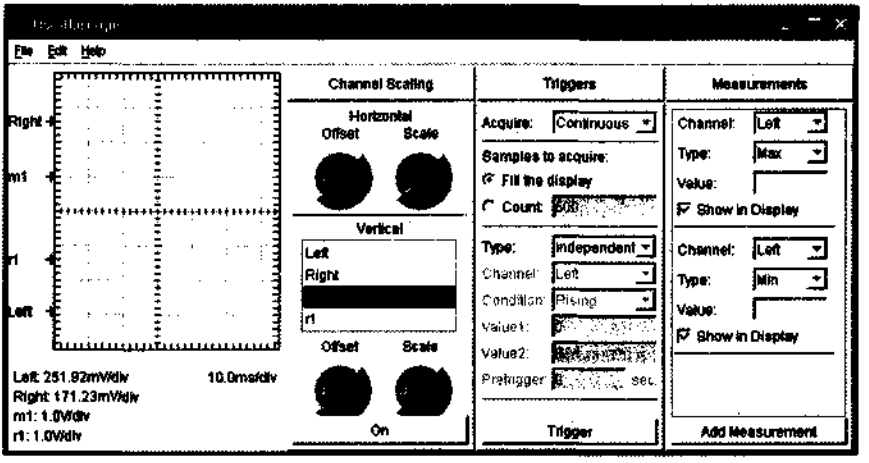
- Аппарат воситаларининг конфигурацияси;
- Қийматларнинг хоссалари;
- Экраннинг позицияси.

Softscope файлни **File** менюсидан **Save** ёки **Save As** командасини танлаш йўли билан ҳосил қилинади. Агар Softscope файл сақланаётганда `si` кенгайтмаси кўрсатилмаса матнли файл ҳосил бўлади (17.37-расм):



17.37-расм. Матали Softscope файл

Softscope файл сақланаётганда `si` кенгайтмаси кўрсатилса осциллографнинг кўриниши сақланади:



17.38-расм. Softscope файлда сақланган осциллографнинг кўриниши

17.10. Компьютер параллел портидаги чиқиш сигналларини овоз картасининг киришидаги сигналлар билан боғлаш

Компьютер параллел портидаги чиқиш сигналларини овоз картасининг киришидаги сигналлар билан боғлаш мумкин. Масалан, қуйидаги дастур кириш сигналининг 240-қиймати нолдан кичик бўлганда параллел портнинг 4-линиясидаги чиқиш сигналининг мантиқий қиймати нолга, акс ҳолда бирга тенг бўлишини таъминлайди.

```
d=data(240)
d =
0.2777
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,0:7,'out');
if d<0
putvalue(dio.Line(4),0)
else
putvalue(dio.Line(4),1)
end

ChiqishSignali = getvalue(dio.Line(4))
ChiqishSignali =
1
```

Юқорида келтирилган овоз картаси ва параллел портдан фойдаланиш дастурининг m-файл кўринишидаги тўлиқ матни қуйидагича:

```
openDAQ = daqfind;
for i = 1:length(openDAQ),
stop(openDAQ(i));
end
ai = analoginput('winsound');
addchannel(ai, [1 2]);
set(ai, 'SampleRate', 10000);
set(ai, 'SamplesPerTrigger', 300);
set(ai, 'TriggerType', 'immediate');

start(ai);
[data,time] = getdata(ai);
size(data)
plot(time,data);
zoom on;
title('Bevosita (Immediate) Trigger');
xlabel('Nisbiy vaqt sekundlarda');
ylabel('Kuchlanish voltlarda');
d=data(240)
dio = digitalio('parallel','LPT1');
addline(dio,0:7,'out');
if d<0
putvalue(dio.Line(4),0)
else
putvalue(dio.Line(4),1)
end

ChiqishSignali = getvalue(dio.Line(4))
```

18. MATLAB-7 ДАГИ ЎЗГАРИШЛАР

MATLAB-7 да ишчи муҳит ва ундаги компонентларнинг имкониятлари кенгайтирилган. Бир неча файллар ва график ойналар билан бир вақтда ишлаш анча қулайлашган. М-файлларни таҳрирлаш ойнаси, график ойна ва ўзгарувчилар браузери ишчи соҳага жойлаштирилиши мумкин. Ишчи соҳанинг кўринишини хотирада сақлаш ва кейинги иш сеансида уни қайта тиклаш мумкин. Массивлар таҳрирлагичи ва ўзгарувчилар браузери энди маълумотларни визуаллаштириш воситаларига эга.

График воситалар қисман ўзгартирилган. Графиклар таҳрирлагичи ўрнини маълумотларни визуаллаштириш учун хизмат қилувчи инте-

рактив муҳит эгаллаган. У график функцияларга мурожаат қилишни талаб қилмайди. Ушбу муҳит графикларни таҳрир қилиш учун қатор компонентларга эга. Графикларда математик формулаларни LaTeX форматида ёзиш мумкин. Бундан ташқари графикларга янги объектларни, масалан, ёзувлар, геометрик фигуралар ва ҳар хил турдаги стрелкаларни киритиш мумкин. Ушбу изоҳ берувчи объектларни маълум координаталарга эга бўлган нуқта билан боғлаб қўйиш мумкин. Улар масштаб ўзгарганда ҳам ўз ҳолатини ўзгартирмайди (координаталари ўзгармайди).

График объектларнинг таркиби қисман ўзгартирилган. Унга объектлар тўплами устида бир турдаги амалларни бажаришни осонлаштирувчи объект-гуруҳлар қўшилган.

Иловаларни дастурлаш ва созлаш жараёнида код анализатори M-Lint алгоритмнинг ишлашини тезлаштириш ва хотирадан фойдаланишни оптималлашнинг эффектив усулларини кўрсатиб бериши мумкин. М-файллар таҳрирлагичи шартли тўхташ нуқтаси билан таъминланган.

М-файллар билан ишлашнинг янгича усули таклиф қилинган — командалар блоклари ячейкалар бўлиб, керакли кетма-кетликда бажарилиши ва иш натижаларини MS Word, MS Power Point, HTML ёки LaTeX каби кенг тарқалган форматлардан бирида, автоматик тарзда ҳосил қилинадиган ҳисобот кўринишида сақлаш мумкин.

Визуал дастурлаш муҳитига янги объектлар, масалан улабузгичлар ва улар билан ишлашни соддалаштирувчи панел киритилган. График интерфейсга эга бўлган иловалар ActiveX-компонентларидан ҳам фойдаланиши мумкин.

MATLAB даги янгиликлар тўғрисидаги батафсил маълумотни Math Works компаниясининг сайтидан (**http://www.mathworks.com**) олиш мумкин. MATLAB пакетини такомиллаштириш ва унинг дастурий таъминоти билан Math Works компаниясининг 1000 дан ортиқ ходимлари шуғулланади.

Ҳозирги вақтда (2005 йилгача бўлган маълумот) MATLAB пакетининг қуйидаги версиялари мавжуд:

1. MATLAB 5 — декабр 1996 й.
2. MATLAB 5.1 — май 1997 й.
3. MATLAB 5.3 (Release 11, Rll) — январ 1999 й.
4. MATLAB 6.0 (R12) — ноябр 2000 й.
5. MATLAB 6.1 (R12.1) — июн 2001 й.
6. MATLAB 6.5 (R13) — июн 2002 й.
7. MATLAB 6.51 (R13SP1) — август 2003 й.

8. MATLAB 7.0 (R14) — июн 2004 й.

MATLAB 7 да аввалги версияларга нисбатан қуйидаги янгиликлар мавжуд:

- 12 янги компонент қўшилган ва аввалги версиялардаги кўпчилик компонентларнинг функционал имкониятлари кенгайтирилган;
- аввалги версиялардаги 28 та компонент жиддий янгиланган;
- MATLAB муҳитининг интерфейси кескин ўзгартирилган;
- график ойналарни бошқариш имкониятлари кенгайтирилган;
- аниқланган хатоликлар тузатилган.

Янгиликлар ва тузатишларнинг тўла рўйхати 274 бетдан иборат бўлган «MATLAB 7.0 Release Notes» ҳужжатида келтирилган.

MATLAB 7 пакети билан ишлаш учун компьютер ва дастурий таъминотга қуйидаги талаблар қўйилади:

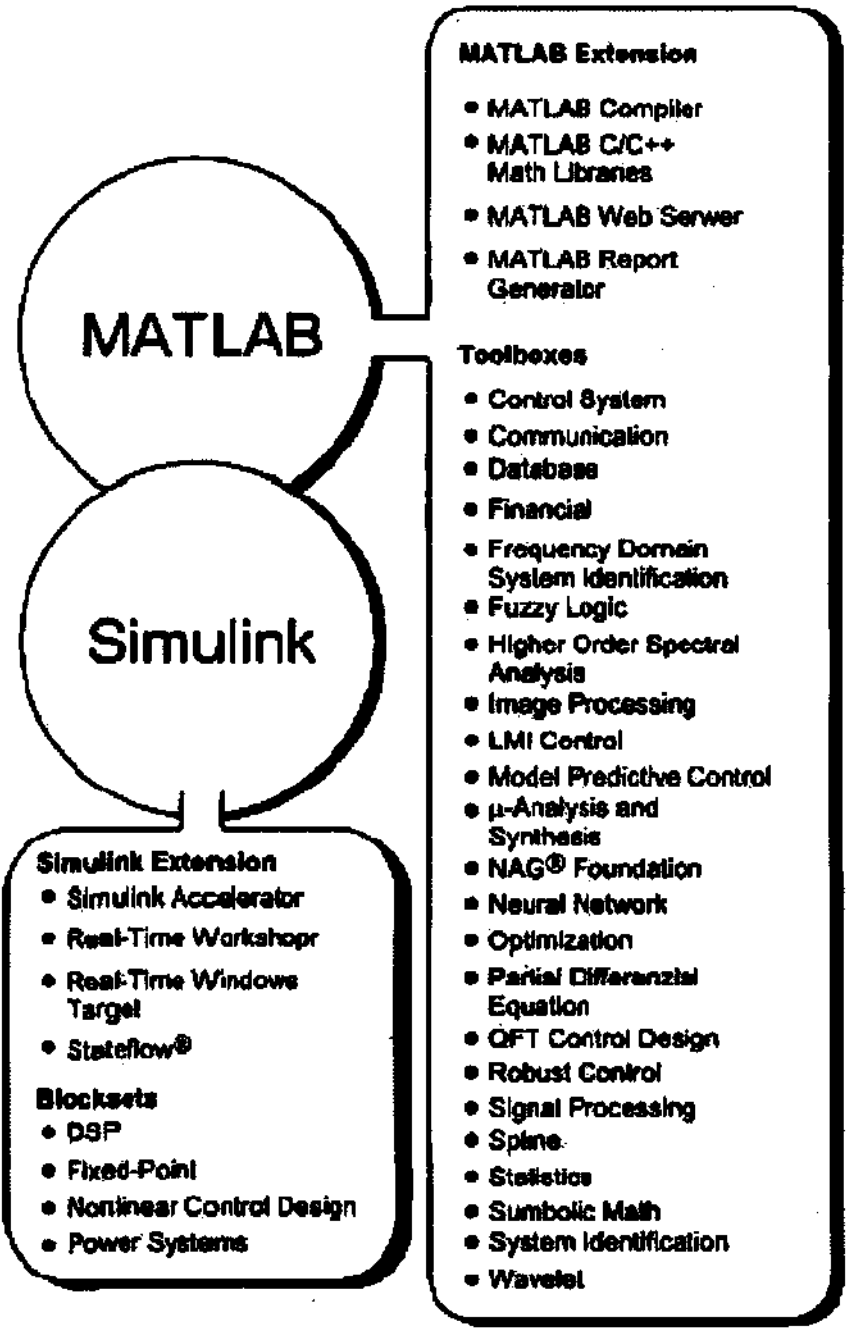
- Pentium 3, Pentium 4, Pentium M, Xeon, AMD Athlon, Athlon XP ёки Athlon MP процессорига эга бўлган компьютер;
- операцион система Microsoft Windows XP, Windows NT 4.0 (Service Pack 5 ёки 6) ёки Windows 2000 (Service Pack 3 ёки 4) бўлиши керак;
- камида 256 Мбайт оператив хотира (512 Мбайт бўлиши мақсадга мувофиқ);
- ўртача комплектациядаги MATLAB винчестерда 1 Гбайт жойни эгаллайди;
- MATLAB Notebook нинг ишлаши учун Microsoft Word (Office 2000 ёки Office XP таркибида).

Хусусий mex-файлларни генерация қилиш учун қуйидаги трансляторлардан бири бўлиши керак:

- Compaq Visual Fortran (5.0, 6.1 ёки 6.5 версияси);
- Microsoft Visual C/C++ (5.0, 6.0 ёки 7.0 версияси);
- Borland C/C++ (5.0 ёки 5.02 версияси);
- Borland C++Builder (3.0, 4.0, 5.0 ёки 6.0 версияси);
- WATCOM (10.6 ёки 11 версияси);
- LCC 2.4 (MATLAB билан боғланган).

Online-ҳужжатларни ўқиш учун Netscape Navigator (4.0 ёки ундан юқори версияси) ёки Microsoft Internet Explorer (4.0 ёки ундан юқори версияси), Adobe Acrobat Reader (3.0 ёки ундан юқори версияси).

MATLAB тизими асосий кенгайтмаси Simulink билан биргаликда фойдаланувчиларга етказиб берилади. Simulink имитацион моделларни визуал-йўналтирилган тарзда тайёрлаш ва бажариш имкониятини беради. MATLAB+ Simulink тизимининг тўла таркиби 18.1-расмда кўрсатилган.



18.1-расм. MATLAB+ Simulink тизимининг тўла таркиби

MATLAB 7 версияси қўшимча компонентларининг тўла рўйхати 18.1-жадвалда келтирилган. Биринчи устунда * символи билан аввалги версияларидагига нисбатан жиддий такомиллаштирилган компонентлар кўрсатилган, янги қўшилган компонентлар эса ** символи билан белгиланган.

18.1-жадвал

№	MATLAB компоненти	Вазифаси
1*	Simulink, ver 6.0	Динамик системаларни моделлаш ва таҳлил қилиш
2	Aerospace Blockset, ver 1.6	Учиш аппаратлари, ракеталар ва ҳаракатлантирувчи мосламаларни моделлаш (Simulink асосида)
3**	Bioinformatics Toolbox, ver 1.1	Биология ва генетикада тажриба маълумотларини таҳлил қилишнинг математик усуллари
4	COMA Reference Blockset, veM.i	IS-95A (code division multiple access, CDMA) стандарти бўйича симсиз коммуникация системаларини лойиҳалаш ва моделлаш
5*	Blockset, ver 3.0	Communications Toolbox учун функциялар библиотекаси (модуляция, кодлаш, декодлаш)
6*	Communications Toolbox, vet 3.0	Коммуникацион тизимларни ишлаб чиқиш ва уларни реал вақт масштабида моделлаш
7	Control System Toolbox, ver 6.0	Тескари боғланишли автоматик ростлаш тизимларини моделлаш, таҳлил қилиш ва лойиҳалаш
8	Curve Fitting Toolbox, ver 1.1.1	Тажриба маълумотларини қайта ишлаш (аппроксимация, текислаш, интерполяция, экстраполяция)
9	Data Acquisition Toolbox, ver 2.5	Компьютерга уланган ўлчаш комплексларини қўллаб қувватлаш учун муҳит. Аналог ва рақамли ост тизимлар (рақамли аналог ўзгартиришларни ҳам ўз ичига олиши мумкин) билан маълумот алмашишни ташкил қилиш.
10*	Database Toolbox, ver 3.0	Маълумотлар базасида сақланаётган ахборотни таҳлил қилиш ва визуаллаш. Маълумотларни SQL тилидаги сўровлардан фойдаланиб танлаш
11	Datafeed Toolbox, ver 1.5	Молиявий маълумотлар серверлари билан алоқани ташкил қилиш
12	Dials & Gauges Block-set, ver 1.2	Бошқариш панелларини шакллантириш учун ҳар хил турдаги шкалалар ва ўлчов приборларига эга бўлган график примитивлар библиотекаси
13	Embedded Target Infineon C166 Microcontrollers, ver 1.1	C166 турдаги микроконтроллерлар асосида ўлчов-бошқарув комплексларини лойиҳалаш ва моделлаш

14	Embedded Target for Motorola HC12,ver1.1	Motorola фирмасининг микроконтроллерлари асосида ўлчов-бошқарув комплексларини лойиҳалаш ва моделлаш
15*	Embedded Target tot Motorola MPCS55. ver 2.0	Motorola фирмасининг микроконтроллерлари асосида ўлчов-бошқарув комплексларини лойиҳалаш ва моделлаш
16	Embedded Target for OSEC/VDX, veM.1	OSEC/VDX турдаги микроконтроллерлар асосида ўлчов-бошқарув комплексларини лойиҳалаш ва моделлаш
17**	Embedded Target for Texas Instruments C2000DSP, ver 1.0	Texas Instruments фирмасининг микроконтроллерлари асосида ўлчов-бошқарув комплексларини лойиҳалаш ва моделлаш
18*	Embedded Target for Texas Instruments C6000DSP, ver2.1	Texas Instruments фирмасининг микроконтроллерлари асосида ўлчов-бошқарув комплексларини лойиҳалаш ва моделлаш
19	Excel Link, ver 2.2	MATLAB функциялари ва Microsoft Excel электрон жадваллари орасида ўзаро алоқани ташкил қилиш
20	Extended Symbolic Math, ver 3.1	Аналитик ҳисоблашларнинг кенгайтирилган пакети
21**	Filter Design HDL Coder, ver 1.0	Рақамли фильтрларда HDL-кодлаш
22*	Filter Design Toolbox, ver 3.0	Рақамли фильтрларни лойиҳалаш ва имитация ҳамда таҳлил қилиш
23*	Financial Derivatives Toolbox, ver 3.0	Фоизли ставкалар, молиявий ҳосилалар ва тавакалларни таҳлил қилиш ва визуаллаш
24	Financial Time Scries Toolbox, ver 2.1	Молиявий бозор маълумотларини вақт бўйича қаторлар усули билан таҳлил қилиш
25	Financial Toolbox, ver 2.4	Молиявий бошқарув масалаларини ечиш ва таҳлил натижаларини график кўринишда тақдим қилиш учун интеграллаштирилган муҳит
26	Fixed-Income Toolbox, ver 1.0.1	Фиксация қилинган фойдани башорат қилиш.
27**	Fixed Point Toolbox, ver 1.0	Ностандарт форматдаги сонлар устида амаллар бажариш
28	Fuzzy Logic Toolbox, ver 2.1.3	«Норавшан мантиқ» аппарати асосида тизимларни моделлаш ва таҳлил қилиш
29	GARCH Toolbox, ver 2.0.1	Бир ўлчамли GAHCH-моделлар (General Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) ёрдамида молиявий бозорларнинг ўзгарувчанлигини таҳлил қилиш

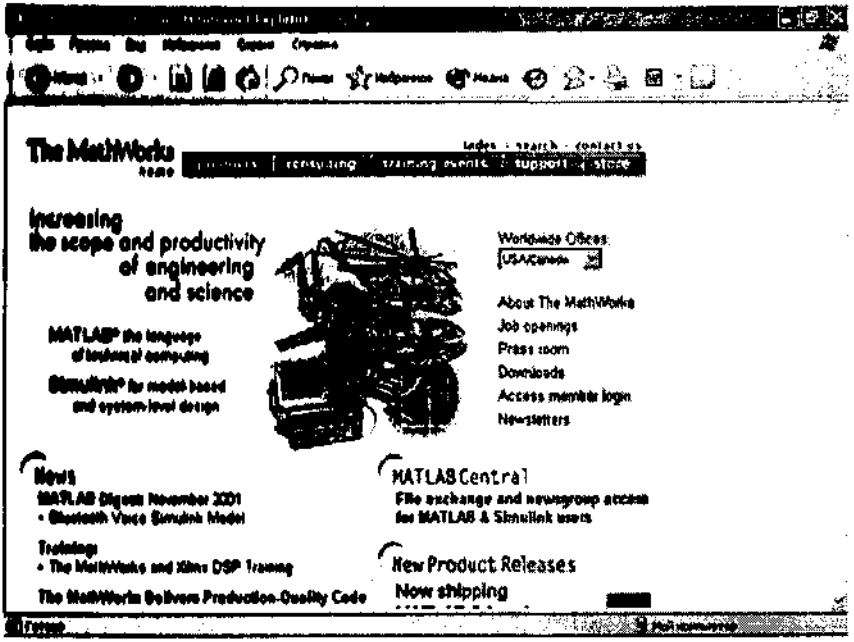
30**	Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox, ver 1.0.1	Генетик алгоритм ва тўғридан-тўғри излаш
31	Image Acquisition Toolbox, ver 1.5	График маълумотларни ўзаро алмаштиришни ташкил қилиш
32	Image Processing Toolbox, ver 3.2	Тасвирларни қайта ишлаш (таҳлил қилиш, фильтрлаш, икки ўлчамли ўзгартиришлар, тиклаш ва ҳ.к.)
33*	Instrument Control Toolbox, ver 2,9	IEEE-488, HPIB, VISA протоколлари форматида ташқи приборлар билан маълумотлар ва бошқарувчи сигналлар алмашинувини амалга ошириш
34	LMI Control Toolbox, ver 1.0.9	Чизиқли матрицавий тенгсизликлар (Linear Matrix Inequality, LMI) билан тавсифланувчи тизимларни моделлаш ва таҳлил қилиш
35	Link for Code Composer Studio, ver 1.3.1	MATLAB билан Texas Instruments фирмасининг интеграллаштирилган ишлаб чиқиш муҳити (IDE) орасидаги боғланишни ташкил қилиш (Code Composer Studio, CCS)
36**	Link for ModelSim vet 1.1.1	MATLAB билан ModelSim (қаттиқ қобиқли моделлаш) орасидаги боғланишни ташкил қилиш
37	MATLAB Builder for COM, veil.1	MATLAB лойиҳаларини COM-объектларга айлантирувчи компилятор
38	MATLAB Builder for Excel, ver 1.2	MATLAB дастурларини Excel модулларига конвертация қилиш
39*	MATLAB Compiler, ver 4.0	m-файлларни C, C++ кодларига айлантирувчи компилятор
40*	MATLAB Report Generator, ver 2.0	Ҳар хил форматларда (RTF, HTML, XML, SGML) ҳисоботлар яратиш
41	MATLAB Web Server, ver 1.2.3	Интернет фойдаланувчиларига MATLAB-иловаларини серверда бажариш имкониятини берувчи Web-сервер сервиси
42*	Mapping Toolbox, ver 2.0.2	Жойларнинг хариталарини рақамли қайта ишлаш ва визуаллаш
43*	Model Predictive Control Toolbox, ver 2.0	Кириш ва чиқиш маълумотлари катта миқдорда бўлган мураккаб тизимларни таҳлил қилиш ва бошқариш
44	Model-Based Calibration Toolbox, ver 2.1	Тажрибаларни лойиҳалаш, статистик моделлаш ва мураккаб тизимларни калибрлаш (бир ўлчамга келтириш)
45	Mu-Analysisand Synthesis Toolbox, ver 3,0.8	Юқори тартибли турғун чизиқли бошқариш тизимларини таҳлил ва синтез қилишнинг замонавий усуллари

46	Neural Network Toolbox, ver 4.0.3	Қийин формализацияланувчи масалаларни ечиш учун суньий нейрон тармокларни қўллаш
47**	OPC Toolbox, ver 1.0	Реал вақт тизимларида (OLE for Process Control, OPC) маълумотларни алмашиш учун саноат стандартларини қўллаб қувватлаш.
48*	Optimization Toolbox, ver3.0	Чекланишларга эга бўлган кўп ўзгарувчили функцияларнинг экстремумларини излаш, чизикли бўлмаган тенгламаларни ечиш
49	Partial Differential Equation Toolbox, ver 1.0.5	Хусусий хосилали дифференциал тенгламалар системаларининг ечимларини излаш ва визуаллаш
50**	RF Blockset,ver1.0	Симсиз алока тизимларини моделлаш ва тадкик килиш
51**	RF Toolbox, ver 1.0	Симсиз алоқа тизимларини моделлаш ва тадқиқ килиш
52	Real-Time Windows Target, ver 2.5	Интерфейси Simulink услубида бўлган моделларни яратиш ва уларни реал вакт режимида бошкариш
53*	Real-Time Workshop, ver 6.0	Simulink блокли диаграммалари асосида кенгайтирилган С-форматдаги дастурларни хосил килиш
54*	Real-Time Workshop Embedded Coder, ver 4.0	Real-Time Workshop пакети ёрдамида тайёрланган дастурларни хотирадан фойдаланиш, ишлаш тезлиги ва коднинг ўкилиши кулайлиги бўйича оптималлаш
55	Robust Control Toolbox, ver 2.0.10	Эхтимолий таъсирларга турғун бўлган бошқариш тизимларини анализ ва синтез қилиш
56*	Signal Processing Blockset, ver 6.0	Simulink библиотекалари, сигналларни рақамли кўринишда кайта ишлаш тизимларини лойиҳалаш ва моделлашга мўлжалланган. Аввалги версиялардаги номи — DSP Block-set (Digital Signal Processing, DSP)
57	Signal Processing Toolbox, ver 6.0	Рақамли ва аналог сигналларни кайта ишлаш
58	SimMechanics, ver 2.2	Simulink аппарати асосида қаттиқ кобикли механик тизимларни моделлаш
59	SimPowerSystems, ver 3.1	Simulink аппарати асосида электр куч тизимларини моделлаш
60	Simulink Accelerator, ver 6.0	Simulink муҳитида тайёрланган дастурларнинг унумдорлигини орттириш
61**	Simulink Control Design, ver 1.0	Simulink муҳитида моделларни куриш жараёнини бошқариш
62*	Simulink Fixed Point, ver 1.0	Simulink муҳитида якка катлам аниқликдаги ҳисобларни таъминлаш (аввалги номи Fixed-Point Biockset)

63**	Simulink Parameter Estimation, ver 1.0	Simulink мухитида моделларнинг параметрларини танлаб олиш
64*	Simulink Report Generator, ver 2.0	Simulink пакети моделлари ва маълумотларни ўз ичига олган ҳисоботларни яратиш
65*	Simulink Response Optimization, ver 2.0	Ночизикли чекланишларга эга бўлган автоматик ростлаш тизимларини лойиҳалаш, имитация ва анализ қилиш (аввалги номи Nonlinear Control Design Biockset)
66**	Simulink Verification and Validation, vet 1.0	Simulink мухитида моделларнинг тўғри қўлланилиши ва қўлланилиши мумкинлигини назорат килиш
67	Spline Toolbox, ver 3.2.1	Сплайн-аппроксимация учун процедуралар библиотекаси
68*	Stateflow, ver 6.0	Чекли автоматлар назарияси асосида ҳодисалар билан бошқарилувчи тизимларни моделлаш
69*	Stateflow Coder, ver 6.0	Stateflow моделлари асосида тузилган дастурларни оптималлаш
70*	Statistics Toolbox, ver 5.0	Эҳтимолий таҳлил методларининг тўплами ва статистик тадқиқот натижаларини визуаллаш
71	Symbolic Math Toolbox, ver 3.1	Maple пакети ядроси асосида символли ҳисоблашлар
72*	System Identification Toolbox., ver 6.0.1	Кириш ва чиқиш сигналларини таҳлил қилиш асосида тизимларни идентификация қилиш (математик моделини олиш)
73*	Virtual Reality Toolbox, ver 4,0	VRML (Virtual Reality Modeling Language) тили асосида уч ўлчамли виртуал реаллик кўринишларини яратиш
74*	Wavelet Toolbox, ver 3.0	Ҳар хил кўринишдаги сигнал ва тасвирларни анализ ва синтез қилиш учун узлуксиз «дискрет вейвлет-ўзгартиришлар»
75	xPC Target, ver 2.5 xPC Target Embedded Option, ver 2.5	Компьютернинг автоном режимида ёки унинг сервер билан боғлиқлигида реал вақт тизимларини моделлаш ва тестлаш

19. MATLAB ИНТЕРНЕТДА

MATLAB пакетларини ишлаб чиқувчи Mathworks компанияси ўз маҳсулотларини информацион қўлаб-қувватлашни амалга оширади. Узлуксиз янгиланиб турувчи MathWorks фирмаси web-сайтининг (www.mathworks.com) бош саҳифаси 19.1-расмда келтирилган.



19.1-расм. MathWorks фирмаси web-сайтининг бош саҳифаси

Ушбу сайтда ўз маҳсулотларини реклама қилишдан ташқари фирма ишлаб чиқарган дастурий маҳсулотларнинг тавсифлари, янгиликлар, иш тўғрисида эълонлар ва бошқа кўплаб ахборотлар келтирилган.

Mathworks фирмаси ўз маҳсулотларини синаш учун бериши мумкин. Бунинг учун кўрсатилган анкетани тўлдириш ва зарур маҳсулотни танлаш етарли. Кейин анкетада кўрсатилган адресга парол юборилади. Ушбу паролдан фойдаланиб керакли дастурий маҳсулот ва уни ўрнатиш учун зарур файллар Интернет орқали олиниши ва ундан бир ой давомида бепул фойдаланиш мумкин. Ҳар қандай фойдаланувчи PDF-файллар кўринишидаги MATLAB ҳужжатларининг тўла тўпламини ва инглиз тилидаги мавжуд Toolboxes библиотекаси материалларинини бепул олиши мумкин.

Softline компаниясининг сайтида (http://www.softline.ru) реклама материалларидан ташқари MATLAB пакетларининг фан ва техника масалаларини ечишда қўлланилиши тўғрисида рус тилидаги мақолаларни топиш мумкин. Exponenta математик сайтида (http://www.exponenta.ru) ҳам бошқа математик дастурлар билан бир қаторда MATLAB тизими тўғрисида ҳам кўплаб материаллар тўпланган.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. СПб.: КОРОНА принт, 2001. 302с.

Герман-Галкин С.Г. Лабораторные работы на ПК. — СПб.: Учитель и ученик, КОРОНА принт, 2002. — 304с.

Герман-Галкин, Г.А. Кардонов. «Электрические машины. Лабораторные работы на ПК». — СПб.: КОРОНА принт, 2003. — 256 с. ил.

Гультпяев А.К. Визуальное моделирование в среде MatLab. СПб.: Питер, 2000. — 429 с.

Дьяконов В.П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. — 576с.

Дьяконов В.П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основы применения. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. — 800с.

Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MatLab. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2002. 602с.

Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MatLab 5. Система символьной математики. М.: Нолидж, 2001.

Дьяконов В.П. SIMULINK-4. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2002. — 601 с.

Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя. СОЛОН-Пресс, 2004.

Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании. СОЛОН-Пресс, 2003.

Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MATLAB. СОЛОН-Пресс. 2004.

Кривилев А. Основы компьютерной математики с использованием системы MATLAB. Лекс-Книга, 2005.

Потемкин В. MatLab 5.x. — Киев: Ирина; СПб: BHV, 2000. — 381с.

Потемкин В. Вычисления в среде MATLAB. Диалог-МИФИ. 2004.

Черных И. Simulink: среда создания инженерных приложений. Диалог-МИФИ, 2003.

«Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies,» IEEE Standard 421.5-1992, August, 1992

IEEE Working Group on Prime Mover and Energy Supply Models for System Dynamic Performance Studies, «Hydraulic Turbine and Turbine Control Models for Dynamic Studies,» IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 1, February, 1992, pp. 167-179.

МУНДАРИЖА

Сўз боши 3
1. MATLABнинг имкониятлари 6
1.1. MATLAB версияларининг имкониятлари 6
1.1.1. MATLAB 4.x версиясининг имкониятлари 6
1.1.2. MATLAB 5.x версиясининг имкониятлари 7
1.1.3. MATLAB 6 версиясининг имкониятлари 9
1.2. Бошқа дастурий тизимлар билан интеграциялашуви 11
1.3. Матрицавий амалларга йўналтирилганлиги 11
1.4. Тизимнинг кенгаювчанлиги 12
1.5. Кучли дастурлаш воситалари 13
1.6. MATLABни ишга тушириш ва диалог режимида ишлаш 14
1.7. MATLAB матр таҳрирлагичининг буйруқлари 16
1.8. Ойнани бошқариш буйруқлари 16
1.9. MATLAB суперкалькулятор ролида 17
1.10. Сессия сатрларини кўчириш 21
2. MATLABнинг асосий объектлари 21
2.1. Математик ифодалар 21
Ҳақиқий ва комплекс сонлар 22
2.2. Константалар ва тизим ўзгарувчилари 23
2.3. Матнли изоҳлар 25
2.4. Ўзгарувчилар ва уларга қийматлар бериш 25
2.5. Ўзгарувчиларнинг аниқланишларини йўқотиш 26
2.6. Операторлар ва функциялар 27
2.7. Икки нукта (:) операторининг қўлланилиши 29
2.8. Хатоликлар ва уларни бартараф қилиш 31
2.9. Сонларнинг форматлари 32
2.10. Векторлар ва матрицаларни шакллантириш 34
2.10.1. Вектор ва матрицаларнинг хусусиятлари 34
2.10.2. Матрицаларни транспонирлаш ва элементларининг йиғиндисини ҳисоблаш 36
2.10.3. Матрицаларнинг устунлари ва сатрларини ўчириш 37
3. Ишчи соҳа ва сессия матни бўйича амаллар 38
3.1. Ишчи соҳани дефрагментация қилиш 38
3.2. Сессия ишчи соҳасини сақлаш 38
3.3. Кундалик юритиш 39
3.4. Сессиянинг ишчи соҳасини юклаш 41
3.5. Ҳисоблашларни тўхтатиш 41
3.6. Тизим билан ишлашни тугаллаш 41

4. Маълумотнома ва намуналар билан ишлаш 42
4.1. Командалар сатридан интерактив маълумотнома олиш 42
4.2. Конкрет объект бўйича маълумотнома 42
4.3. Объектлар гуруҳи учун маълумот олиш 43
4.4. Калит сўзлар бўйича маълумотнома 43
5. Операторлар ва функциялар 44
5.1. Арифметик операторлар ва функциялар 44
5.2. Нисбатлар операторлари ва уларнинг функциялари 45
5.3. Мантиқий операторлар 48
5.4. Элементар функциялар 49
5.4.1. Алгебраик ва арифметик функциялар 49
5.4.2. Яхлитлаш ва ишора функциялари 51
5.4.3. Math --- математик функциялар библиотекаси 52
5.5. Функциялар калькуляторидан фойдаланиш 54
6. Ҳисоблашларни график визуаллаштириш асослари 56
6.1. Бир ўзгарувчили функцияларнинг графигини қуриш 56
6.2. Ягона ойнада бир неча функциянинг графигини қуриш 57
6.3. График функция fplot 58
6.4. Устунли диаграммалар 59
6.5. Уч ўлчамли графикларни қуриш 59
6.6. Графикларни сичқонча ёрдамида айлантириш 60
6.7. Графикларнинг контекст менюси 62
6.8. Икки ўлчамли графикларни таҳрирлаш асослари 63
6.8.1. Графикларнинг линияларини форматлаш 63
6.8.2. Таянч нуқталар маркерларини форматлаш 64
6.8.3. Бир неча функция графигининг линия ва маркерларини форматлаш 68
6.8.4. Графикларнинг ўқларини форматлаш 69
6.8.5. Ёзув ва стрелкаларни тўғридан-тўғри графикка қўйиш 71
6.8.6. Графикнинг ўлчамларини ўзгартириш ва легенда 72
6.8.7. График ойнада графикни силжитиш 72
6.8.8. График лупани қўллаш 73
6.9. Графикларни тўғри чизиқ кесмалари ёрдамида қуриш 74
6.10. Логарифмик масштабда график қуриш 78
6.11. Ярим логарифмик масштабда график қуриш 80
6.12. Устунли диаграммалар 81
6.13. Функция дискрет қийматларининг графиги 82
6.14. Векторларнинг графиклари 83
6.15. Титул ёзувини ўрнатиш 84
6.16. Графикнинг ўқларига ёзувларни жойлаштириш 84
6.17. Графикнинг исталган жойига матн киритиш 85
6.18. Матнни сичқонча ёрдамида графикка жойлаштириш 87
6.19. Графикка легенда (тушунтиришлар) киритиш 87
6.20. График ўқларининг хусусиятларини бошқариш 89
6.21. Тўр (сетка)ни улаш ва узиш 91
6.22. Графикларни устма-уст қўйиш 92
6.23. График ойнани қисмларга бўлиш 93
6.24. Графикнинг масштабини ўзгартириш 94

7. Сонли усуллар 96
7.1. Чизиқли тенгламалар системасини ечишнинг элементар воситалари 96
7.2. Бир ўзгарувчи функциясининг нолларини ҳисоблаш 98
7.3. Бир ўзгарувчили функцияни минималлаштириш 101
7.4. Бир неча ўзгарувчининг функциясини минималлаштириш 102
7.5. Ҳосилани аппроксимациялаш 103
7.5.1. Лапласианни аппроксимациялаш 103
7.5.2. Ҳосилани чекли айирмалар билан аппроксимациялаш 105
7.6. Сонли интеграллаш 106
7.7. Оддий дифференциал тенгламаларни ечиш 107
7.8. Оддий дифференциал тенгламаларнинг ечимлари 108
7.9. Оддий дифференциал тенгламаларнинг ечимларидан фойдаланиш 109
8. MATLAB тизимида дастурлаш асослари 112
8.1. Дастурлашнинг асосий воситалари 112
8.2. Маълумотларнинг асосий турлари 112
8.3. Дастурлаш турлари 113
8.4. MATLAB тизимида операторлар, командалар ва функцияларнинг икки томонламалиги 114
8.5. Айрим чекланишлар 115
8.6. Сценария ва функцияларнинг m-файллари 115
8.7. Функцияларда ўзгарувчилар статуси 117
8.8. m-файл-функциянинг таркиби 119
8.9. Остфункцияларнинг ишлатилиши 121
8.10. Хатоликларни қайта ишлаш 121
8.11. Аргументларининг сони ўзгарувчи функциялар 123
8.12. Диалогли киритиш 125
8.13. Шартли оператор if 126
8.14 . For...end цикли 127
8.15. Улаб-узгичнинг конструкцияси 128
8.16. Ҳисоблашларда паузалар (тўхталишлар) ҳосил қилиш 129
8.17. C ва Fortran тиллари учун кодларни ҳосил қилиш 131
8.17.1. C тили учун кодларни ҳосил қилиш 131
8.17.2. Fortran тили учун кодларни ҳосил қилиш 133
9. Notebook 134
9.1. Notebook асослари 134
9.2. Notebook конфигурациясини танлаш ва уни ўрнатиш 134
9.3. M-Book ҳосил қилиш 135
9.4. Мавжуд M-Bookни очиш 137
9.5. Word ҳужжатни M-Book ҳужжатга айлантириш 137
9.6. MATLAB буйруқларини M-Bookга киритиш 138
9.7. Маълумотларнинг бир-бирига мослигини таъминлаш 139
9.9. Циклдардан фойдаланиш 140
9.10. Чикариш ячейкасини ўчириб ташлаш 142
9.11. M-bookдаги бўш сатрларни йўқотиш 142
9.12. M-book графикларининг ўлчамларини ўзгартириш 143
9.13. Notebookдан фойдаланишга мисоллар 145
9.13.1. Дифференциал тенгламани ode23 ечгич ёрдамида ечиш 145

9.13.2. Дифференциал тенгламани ode45 ечгич ёрдамида ечиш ... 146
9.13.3. Ечимларнинг фазавий графиклари ... 147
9.14. Функцияларни минималлаш ... 148
9.14.1. Бир ўзгарувчили функцияларни минималлаш ... 148
9.14.2. Бир неча ўзгарувчили функциянинг минимумини аниклаш ... 153
10. Control System Toolbox-автоматик бошкариш тизимларини моделлаш ... 155
10.1. Чизикли тизимларнинг моделлари ... 155
10.2. Шаклланган режимдаги кучайтириш коэффициенти ... 158
10.3. Импульс характеристика ... 159
10.4. Ўтиш характеристикаси ... 160
10.5. Частотавий характеристика ... 161
10.6. Кутблар ва ноллар ... 164
10.7. LTI-Viewer модулидан фойдаланиш ... 166
11. Simulink пакети ... 170
11.1. Simulink ... 170
11.2. Simulinkни ишга тушириш ... 171
11.3. Simulink библиотекаси бўлимлари ... 173
11.4. Модел яратиш ... 173
11.5. Модел ойнаси ... 176
11.6. Блоклар билан амаллар ... 178
11.7. Объектларни форматлаш ... 181
11.8. Ҳисоблаш параметрларини ўрнатиш ва уни бажариш ... 182
11.9. Жараёнларни кузатиш ва кайд килиш учун виртуал приборлар библиотекаси (Sinks) ... 185
11.10. Ночизикли блоклар библиотекаси Nonlinear (Discontinuities) ... 191
11.11. Сигналлар манбаларининг библиотекаси (Sources) ... 193
11.12. Subsystem — ост тизимлар ... 194
11.12.1. Виртуал ва монолит ост тизимлар (Subsystem ва Atomic Subsystem) ... 197
11.12.2. Сигналнинг сатҳи бўйича бошкарилувчи ост тизим Enabled Subsystem ... 197
11.12.3. Сигнал фронти билан бошкарилувчи ост тизим Triggered Subsystem ... 199
11.12.4. Сигналнинг сатҳи ва фронти билан бошкарилувчи ост тизим Enabled and Triggered Subsystem ... 201
11.12.5. S-функция билан бошкариладиган ост тизим Function-call subsystem ... 201
11.12.6. Шартли оператор блоки If ... 202
11.12.7. Улаб-узгич блоки Switch Case ... 204
12. Simulink библиотекаларининг блоклари ... 205
12.1. Sources — сигналлар манбалари ... 205
12.1.1. Ўзгармас сигнал манбаси Constant ... 205
12.1.2. Синусоидал сигнал манбаси Sine Wave ... 206
12.1.2.1. Узлуксиз тизимлар учун чикиш сигналини жорий вакт бўйича шакллантириш ... 206
12.1.2.2. Дискрет тизимлар учун чикиш сигналини вактнинг жорий киймати бўйича шакллантириш ... 207

12.1.2.3. Чикиш сигналини модел вақти ва битта даврдаги хисобий кадамлар сони бўйича шакллантириш ... 207
12.1.3. Чизикли ўзгарувчи таъсир манбаси Ramp ... 208
12.1.4. Поғонали сигнал генератори Step ... 209
12.1.5. Сигналлар генератори Signal Generator ... 210
12.1.6. Текис тақсимланган тасодифий сигналлар манбаси Uniform Random Number ... 211
12.1.7. Нормал тақсимланган тасодифий сигналлар манбаси Random Number ... 212
12.1.8. Импульс сигнал манбаси Pulse Generator ... 212
12.1.9. Чизикли ўзгарадиган частота генератори Chirp Generator ... 213
12.1.10. Оқ шовкин генератори Band-Limited White Noice ... 214
12.1.11. Вақт бўйича сигнал манбаси Clock ... 215
12.1.12. Рақамли вақт сигналининг манбаси Digital Clock ... 216
12.1.13. Маълумотларни файлдан ўқиш блоки From File ... 216
12.1.14. Маълумотларни ишчи соҳадан ўқиш блоки From Workspace ... 217
12.1.15. Нол сатҳли сигнал блоки Ground ... 218
12.1.16. Даврий сигнал блоки Repeating Sequence ... 219
12.2. Sinks — приборлар (сигнал қабул қилгичлар) ... 221
12.2.1. Осциллограф Scope ... 221
12.2.2. Осциллограф Floating Scope ... 226
12.2.3. Граф кургич XY Graph ... 227
12.2.4. Рақамли дисплей Display ... 229
12.2.5. Моделлашни тўхтатиш блоки Stop Simulation ... 230
12.2.6. Маълумотларни файлда сақлаш блоки To File ... 231
12.2.7. Маълумотларни ишчи соҳада сақлаш блоки To Workspace ... 232
12.2.8. Terminator блоки ... 234
12.3. Continuous — аналог блоклар ... 234
12.3.1. Ҳосилани ҳисоблаш блоки Derivative ... 234
12.3.2. Интегралловчи блок Integrator ... 236
12.3.3. Memory блоки ... 240
12.3.4. Узатиш функциясининг блоки Transfer Fcn ... 241
12.3.5. Узатиш функцияси блоки Zero-Pole ... 243
12.3.6. Динамик объект моделининг блоки State-Space ... 244
12.4. Discrete — дискрет блоклар ... 246
12.4.1. Дискрет кечиктириш блоки Unit Delay ... 246
12.4.2. Нолинчи тартибли экстраполятор блоки Zero-Order Hold ... 246
12.4.3. Биринчи тартибли экстраполятор блоки First-Order Hold ... 248
12.4.4. Дискрет интегратор блоки Discrete-Time Integrator ... 248
12.4.5. Дискрет узатиш функцияси блоки Discrete Transfer Fcn ... 250
12.4.6. Дискрет узатиш функцияси блоки Discrete Zero-Pole ... 251
12.4.7. Дискрет фильтр блоки Discrete Filter ... 252
12.4.8. Динамик объект моделининг блоки Discrete State-Space ... 253
12.5. Nonlinear — ночизикли блоклар ... 255
12.5.1. Чеклаш блоки Saturation ... 255
12.5.2. Сезмаслик зонасига эга бўлган блок Dead Zone ... 255
12.5.3. Релели блок Relay ... 257

12.5.4. Сатҳ бўйича квантлаш блоки Quantizer 258
12.5.5. Люфт блоки Backlash 258
12.5.6. Улаб узгич блоки Switch 259
12.5.7. Кўп киришли улаб узгич блоки Multiport Switch 260
12.5.10. Улаб узгич блоки Manual Switch 262
12.6. Math — математик амаллар блоклари 262
12.6.1. Модулни ҳисоблаш блоки Блок Abs 262
12.6.2. Йиғиндини ҳисоблаш блоки Sum 264
12.6.3. Кўпайтириш блоки Product 264
12.6.4. Сигналнинг ишорасини аниклаш блоки Sign 267
12.6.5. Кучайтиргичлар Gain ва Matrix Gain 267
12.6.6. Ползунокли регулятор Slider Gain 270
12.6.7. Скаляр кўпайтириш блоки Dot Product 270
12.6.8. Математик функцияларни ҳисоблаш блоки Math Function 271
12.6.9. Тригонометрик функцияларни ҳисоблаш блоки Trigonometric Function 273
12.6.10. Комплекс соннинг ҳакиқий ва (ёки) мавҳум қисмини ҳисоблаш блоки Complex to Real-Imag 274
12.6.11. Комплекс соннинг модули ва (ёки) аргументини ҳисоблаш блоки Complex to Magnitude-Angle 275
12.6.12. Ҳакиқий ва мавҳум қисмига асосан комплекс сонни ҳисоблаш блоки Real-Imag to Complex 276
12.6.13. Комплекс сонни модули ва аргументига асосан ҳисоблаш блоки Magnitude-Angle to Complex 277
12.6.14. Минимал ёки максимал қийматларни аниклаш блоки MinMax 278
12.6.15. Сон қийматларни яхлитлаш блоки Rounding Function 279
12.6.16. Нисбат амалларини ҳисоблаш блоки Relational Operator 280
12.6.17. Мантиқий амаллар блоки Logical Operation 282
12.6.18. Иккилик кўринишдаги бутун сонлар устида мантиқий амаллар блоки Birwise Logical Operator 283
12.6.19. Комбинатор мантик блоки Gombinatorical Logic 285
12.6.20. Алгебраик контур блоки Algebraic Constraint 286
12.7. Signal&Systems — сигналларни ўзгартириш блоклари ва ёрдамчи блоклар 288
12.7.1. Мультиплексор Mux 288
12.7.2. Демультиплексор Demux 289
12.7.3. Шинали шакллантиргич блоки Bus Creator 291
12.7.4. Шинали селектор блоки Bus Selector 292
12.7.5. Селектор блоки Selector 294
12.7.6. Массив элементларига янги қийматларни тақдим этиш блоки Assignment 295
12.7.7. Сигналларни бирлаштириш блоки Merge 296
12.7.8. Сигналларни матрицага бирлаштириш блоки Matrix Concatenation 298
12.7.9. Сигналларни узатиш блоки Goto 298
12.7.10. Сигнални қабул қилиш блоки From 300
12.7.11. Сигналнинг кўриниш белгиси блоки Goto Tag Visibility 300
12.7.12. Умумий хотира соҳасини ҳосил қилувчи блок Data Store

Memory ... 301
12.7.13. Маълумотларни хотиранинг умумий соҳасига ёзиш блоки Data Store Write ... 302
12.7.14. Маълумотларни хотиранинг умумий соҳасидан ўқиш блоки Data Store Read ... 302
12.7.15. Сигнал турини ўзгартирувчи блок Data Type Conversion ... 303
12.7.16. Сигналнинг ўлчамини ўзгартириш блоки Reshape ... 304
12.7.17. Сигналнинг ўлчамини аниқлаш блоки Width ... 305
12.7.18. Сигналнинг берилган бўсағавий кийматни кесиб ўтиш моментини аниқлаш блоки Hit Crossing ... 306
12.7.19. Сигналнинг бошланғич кийматини ўрнатиш блоки IC ... 306
12.7.20. Информацион блок Model Info ... 307
12.8. Function & Tables — функция ва жадваллар блоки ... 308
12.8.1. Функцияни киритиш блоки Fcn ... 308
12.8.2. MATLAB функциясини киритиш блоки Fcn ... 310
12.8.3. Даражали кўпҳадни бериш блоки Polynomial ... 311
12.8.4. Бир ўлчамли жадвал блоки Look-Up Table ... 312
12.8.5. Икки ўлчамли жадвал блоки Look-Up Table(2D) ... 314
12.8.6. Кўп ўлчамли жадвал блоки Look-Up Table (n-D) ... 315
12.8.7. Бевосита кириш мумкин бўлган жадвал блоки Direct Loop-Up Table (n-D) ... 317
12.9. LTI-вьювер билан ишлаш ... 318
12.9.1. LTI-вьюверни Linear analysis... командаси ёрдамида чақириш ... 318
12.9.2. Тизимнинг ҳолатини танлаш ... 321
12.9.3. Чизикли тизимларнинг график характеристикаларини танлаш ... 322
12.9.4. Графикларни кўрсатиш конфигурациясини танлаш ... 323
13. Sim Powers System пакети ... 324
13.1. Электр энергияси манбалари Electrical Sources библиотекаси ... 325
13.2. Пассив элементлар библиотекаси Elements ... 326
13.3. Sim Powers System библиотекаси моделларининг кириш ва чиқишларини ўзаро боғловчи блоклар (Connector) ... 328
13.4. Ўлчаш блоклари Measurements ... 330
1.3.5. Уч фазали занжирлар библиотекаси Three-Phase Library ... 331
13.6. Интерактив SPTool қобиғи ... 332
13.6.1. SPTool қобиғи ... 332
13.6.2. Сигналларни импорт қилиш ... 333
13.6.3. Сигналларни кўриб чиқиш ... 335
13.6.4. Сигналларнинг спектрларини ҳосил қилиш ... 336
13.7. Simulink Blocksets/SimPowerSystems библиотекасидаги блокларнинг пиктограммаларини ўзгартириш ... 336
14. SimPowerSystems блокларининг библиотекаси ... 338
14.1. Библиотеканинг таркиби ва асосий хусусиятлари ... 338
14.2. Electrical Sources — электр энергияси манбалари ... 347
14.2.1. Идеал ўзгармас кучланиш манбаси DC Voltage Source ... 347
14.2.2. Идеал ўзгарувчан кучланиш манбаси AC Voltage Source ... 348
14.2.3. Идеал ўзгарувчан ток манбаси AC Current Source ... 350
14.2.4. Controlled Voltage Source Бошқарилувчи кучланиш манбаси ... 352

14.2.5. Бошқарилувчи ток манбаси Controlled Current Source 354
14.2.6. Уч фазали кучланиш манбаси 3-Phase Source 356
14.2.7. Уч фазали дастурланувчи кучланиш манбаси 3-Phase Programmable Voltage Source 359
14.3. Connectors улагичлар 363
14.3.1. Ерга улагич Ground 363
14.3.2. Нейтрал Neutral 364
14.3.3. L-кўринишли улагич L connector 365
14.3.4. T-кўринишдаги улагич T connector 366
14.3.5. Шина Bus Bar 367
14.4 Measurements ўлчаш ва назорат курилмалари 369
14.4.1. Ток ўлчагич Current Measurement 369
14.4.2. Кучланиш ўлчагич Voltage Measurement 370
14.4.3. Мультиметр Multimeter 372
14.4.4. Уч фазали ўлчагич Three — Phase V — I Measurement 375
14.4.5. Тўла каршилик ўлчагичи Impedance Measurement 378
14.5. Elements электротехник элементлар 380
14.5.1. Кетма-кет RLC-занжир Series RLC Branch 380
14.5.2. Параллел RLC-занжир Parallel RLC Branch 381
14.5.3. Кетма-кет RLC-юклама Series RLC Load 383
14.5.4. Параллел RLC-юклама Parallel RLC Load 386
14.5.5. Уч фазали кетма-кет RLC-занжир 3-Phase Series RLC Branch 388
14.5.6. Уч фазали параллел RLC-занжир 3-Phase Parallel RLC Branch 390
14.5.7. Уч фазали кетма-кет RLC-юклама 3-Phase Series RLC Load 391
14.5.8. Уч фазали параллел RLC-юклама 3-Phase Parallel RLC Load 393
14.5.9. Уч фазали динамик юклама 3-Phase Dynamic Load 395
14.5.10. Яшиндан химояловчи разрядник Surge Arrester 398
14.5.11. Ўзаро индуктивлик Mutual Inductance 401
14.5.12. Уч фазали ўзаро индуктивлик 3-Phase Mutual Inductance Z1-Z0 403
14.5.13. Ўзгарувчан ток виключатели (ўчиргичи) Breaker 404
14.5.14. Уч фазали ўзгарувчан ток виключатели 3-Phase Breaker 407
14.5.15. Уч фазали киска туташтиргич 3-Phase Fault 410
14.5.16. Параметрлари жамланган электр узатиш линияси PI Section Line 413
14.5.17. Параметрлари жамланган уч фазали электр узатиш линияси 3-Phase PI Section Line 416
14.5.18. Параметрлари таксимланган электр узатиш линияси Distributed Parameters Line 418
14.5.19. Уч фазали уч чўлғамли трансформатор Three-phase Transformer (Three Windings) 421
14.5.20. Уч фазали чизикли трансформатор (12-чикишли) Three-phase Linear Transformer (12-terminals) 425
14.5.21. Бирламчи чўлғами зигзагга уланган уч фазали трансформатор Zigzag Phase-Shifting Transformer 426
14.5.22. Чизикли трансформатор Linear Transformer 429
14.5.23. Ночизикли трансформатор Saturable Transformer 432
14.5.24. Уч фазали икки чўлғамли трансформатор Three-phase Transformer (Two Windings) 437

14.6. Power Electronics — куч электроникаси элементлари ... 441
14.6.1. Куч диодининг модели Diode ... 441
14.6.2. Тиристор Thyristor, Detailed Thyristor ... 443
14.6.3. Тўла бошқарилувчи тиристор GTO Thyristor ... 447
14.6.4. Биполяр IGBT транзистор ... 450
14.6.5. Mosfet транзистор ... 453
14.6.6. Идеал калит Ideal Switch ... 456
14.6.7. Универсал кўприк Universal Bridge ... 459
14.6.8. Кенглик-импульс ўзгарткич бошқариш схемасининг виртуал моделлари ... 463
14.6.8.1. Симметрик бошқарилувчи бир елкали кенглик-импульс ўзгарткич ... 463
14.6.8.2. КИЎни бошқариш схемасининг виртуал модели ... 467
14.6.8.3. Кўприкли кенглик-импульс ўзгарткич ... 469
14.6.8.4. Симметрик бошқариладиган кўприкли КИЎнинг виртуал модели ... 471
14.7. Machines — электр машиналар ... 475
14.7.1. Ўзгармас ток машинаси DC Machine ... 475
14.7.2. Асинхрон машина Asynchronous Machine ... 480
14.7.3. Синхрон машинанинг соддалаштирилган модели Simplified Synchronous Machine ... 487
14.7.4. Синхрон машина Synchronous Machine ... 490
14.7.6. Электр машинасининг ўзгарувчиларини ўлчаш блоки Machines Measurement Demux ... 500
14.7.7. Синхрон машинанинг қўзғатиш системаси Excitation System ... 504
14.7.8. Ростлагичли гидравлик турбина Hydraulic Turbine and Governor ... 508
14.7.9. Ростлагичли буғ турбинаси Steam Turbine and Governor ... 512
14.7.10. Энергосистеманинг универсал стабилизатори Generic Power System Stabilizer ... 518
14.7.11. Энергосистеманинг кўп кутбли стабилизатори Multiband Power System Stabilizer ... 520
15. Powergui — Энергетик тизимларни моделлаш пакетининг график интерфейси ... 524
15.1. ***Powergui*** — Фойдаланувчининг график интерфейси ... 524
15.2. Схемани комплекс усул билан ҳисоблаш ... 526
15.3. Моделларни дискретлаш ... 528
15.4. Шаклланган режимни ҳисоблаш ... 530
15.5. Таркибида электр машиналари бўлган уч фазали схемаларни инициаллаш ... 532
15.6. Электр схемаларни таҳлил қилиш учун Simulink LTI-Viewer воситасидан фойдаланиш ... 534
15.7. Занжирнинг импедансини аниқлаш ... 536
15.8. Гармоник таҳлил ... 538
15.9. Ҳисобот тузиш ... 541
15.10. Магнитланиш характеристикасини ҳисоблаш воситаси Hysteresis Design Tool ... 549
16. MATLABда махсус графика ... 551

16.1. Анимацияли графика ... 551
6.1.1. Нуқтанинг текисликда ҳаракатланиши ... 551
16.1.2. Нуқтанинг фазода ҳаракатланиши ... 553
16.1.3. Анимациянинг асосий воситалари ... 554
16.2. Дескрипторли (handle) графика ... 556
16.2.1. Дескрипторли графиканинг объектлари ... 556
16.2.2. Дескрипторли графика объектларидан фойдаланишга мисоллар ... 558
16.2.3. Объектларнинг дескрипторлари ... 560
16.2.4. График объектлар устида бажариладиган амаллар ... 563
16.2.4. Объектларнинг ҳоссалари — get командаси ... 564
17. Маълумотларни қабул қилиш воситалари ... 565
17.1. Маълумотларни қабул қилиш воситалари тўғрисида ... 565
17.2. Маълумотларни овоз картаси оркали қабул қилиш ... 566
17.3. Маълумотларни овоз картаси оркали чиқариш ... 567
17.4. Рақамли қийматларни ўқиш ва ёзиш ... 568
17.5. Овоз картасига каналларни қўшиш ... 568
17.6. Дискретлаш частотасини танлаш ... 569
17.7. Триггерлардан фойдаланиш ... 570
17.7.1. Бевосита триггер (immediate trigger) ... 570
17.7.2. Маълумотларни дастлабки кўриб чиқиш учун peekdata функциясидан фойдаланиш ... 574
17.7.3. Қабул қилинган маълумотларни қайта ишлаш учун чиқариб олиш ... 576
17.8. Рақамли киритиш/чиқариш ... 578
17.8.1. Параллел порт ... 578
17.8.2. Параллел портнинг характеристикалари ... 579
17.8.3. Линияларни киритишга мисоллар ... 583
17.8.4. Рақамли киритиш/чиқариш объекти (DIO) линияларининг қийматларини ёзиш ва ўқиш ... 586
17.8.5. Рақамли қийматларни ўқиш ... 586
17.8.6. Timer ҳодисаларини генерация қилиш ... 589
17.9. Маълумотларни қабул қилувчи осциллограф ... 590
17.9.1. Осциллографни ишга тушуриш ... 590
17.9.2. Қўшимча дисплейларни ҳосил қилиш ... 592
17.9.3. Дисплей хоссаларининг конфигурациясини танлаш ... 595
17.9.4. Математик ва ҳавола (reference) каналлари ... 596
17.9.5. Каналларни йўқотиш ... 599
17.9.6. Каналлар маълумотларини масштаблаш ... 599
17.9.7. Ўлчашларни ҳосил қилиш ... 601
17.9.8. Янги ўлчаш турларини киритиш ... 602
17.9.9. Маълумотларни экспорт қилиш ... 604
17.9.10. Осциллограф конфигурациясини сақлаш ... 608
17.10. Компьютер параллел портидаги чиқиш сигналларини овоз картасининг киришидаги сигналлар билан боғлаш ... 609
18. MATLAB-7 даги ўзгаришлар ... 610
19. MATLAB Интернетда ... 618