

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
NAVOIY-KON METALLURGIYA KOMBINATI
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI**

“TASDIQLAYMAN”
O`quv ishlari bo`yicha prorektor:
_____N.Abdumuzov
« ____ » _____ 2016 y.



AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI

fanidan

**O'QUV-USLUBIY
MAJMUA**

Navoiy – 2016

S. B. Boybutayev. “Avtomatik boshqarish nazariyasi” fanidan o’quv-uslubiy majmua. –Navoiy: NavDKI.-2016 ____ .bet

Mazkur majmuada “Avtomatik boshqarish nazariyasi” fanidan namunaviy dastur, ishchi o’quv dasturi, ma’ruza mashg’ulotlarining ta’lim texnologiyasi va texnologik xaritasi, ma’ruzalar matni, amaliy va tajriba mashg’ulotlari uchun uslubiy ko’rsatmalar, nazorat turlari uchun tayyorlangan topshiriqlar variantlari, test savollari, fandan umumiy nazorat savollari va glossariy (izohli lug’at) jamlangan.

Ushbu o’quv-uslubiy majmua texnika oily o’quv yurtlari “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqaruv (tarmoqlar bo’yicha)” ta’lim yo’nalishining pedagog-o’qituvchilari tavsiya etiladi. Shu bilan birga o’quv-uslubiy majmuadan ilmiy xodimlar, doktorant va tadqiqotchilar hamda “Avtomatik boshqarish nazariyasi” faniga qiziquvchilar foydalanishlari mumkin.

Tuzuvchi: **S.B. Boybutayev**, NDKI «Avtomatlashtirish va boshqaruv» kafedrasida katta o’qituvchisi.

O’quv-uslubiy majmua Navoiy davlat konchilik instituti Energo mexanika fakulteti «Avtomatlashtirish va boshqaruv» kafedrasining 2016 yil “____” avgustdagi № 1 - son yig’ilishida muhokamadan o’tgan va fakultet yig’ilishida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri _____ **t.f.n., dots.Jumayev O.A.**

O’quv-uslubiy majmua Energo-mexanika fakulteti kengashida muhokama etilgan va foydalanishga tavsiya qilingan (2016 yil «____» avgustdagi № 1- son bayonnoma).

Fakul’tet kengashi raisi: _____ **Bozorova S.J.**

O’quv-uslubiy majmua Navoiy davlat konchilik instituti Ilmiy-uslubiy kengashining 2016 yil “____” _____ №1 - sonli qaroriga muvofiq o’quv jarayoniga tatbiq etish uchun tavsiya etilgan.

Ilmiy-uslubiy kengash kotibi _____ **Normatova M.J.**

Kelishildi:

O’quv-uslubiy bo’lim boshlig’i _____ **N.U. Tolipov**

Mundarija

O'quv dasturi	
Ishchi o'quv dasturi	
Baholash mezonlari	
Kalendar reja	
Ma'ruzalar matni (1-qism)	
1 - ma'ruza: Kirish. Asosiy tushunchalar va termenlarning ta'riflari. Boshqarish tizimlariga misollar.	
2 - ma'ruza: Avtomatik boshqarish tizimlarining sinflanishi.	
3 - ma'ruza: Avtomatik boshqarish sistemalarni sinflanishi.	
4 - ma'ruza: Avtomatik boshqarish sistemalardagi ta'sirlar va signallar xarakteristikalar. ABS elementlarini statik xarakteristikalar, chiziqlantirish.	
5 - ma'ruza: Laplas almashtirishining asosiy xossalari.	
6 - ma'ruza: Chizikli sistemalarni dinamik xarakteristikalar. Differensial tenglamalar.	
7 - ma'ruza: Dinamik xarakteristikalar. Uzatish funksiyalari.	
8 - ma'ruza: Dinamik xarakteristikalar. Vaqt va modal xarakteristikalar. Struktur xarakteristikalar.	
9 - ma'ruza: Dinamik xarakteristikalar. Chastotaviy xarakteristikalar.	
10 - ma'ruza: Struktur sxemalarda belgilashlar.	
11 - ma'ruza: Struktur sxemalarni shaklini almashtirishda graflar nazariyasi elementlaridan foydalanish.	
12 - ma'ruza: Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalar. Proporsional zveno. Integrallovchi zveno.	
13 - ma'ruza: Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalar. Aperiodik zveno. Tebranuvchi zveno.	
14 - ma'ruza: Chizikli avtomatik boshqarish sistemalarining turg'unligi. Turg'unlik masalasini quyilshi.	
15 - ma'ruza: Turg'unlikning algebraik mezonlari. Raus va Gurvits turg'unlik mezonlari.	
16 - ma'ruza: Turg'unlikning chastotaviy mezonlari. Mixaylov turg'unlik mezoni.	
17 - ma'ruza: Naykvist turg'unlik mezoni.	
18 - ma'ruza: Turg'unlikning zahiralari va sohalari. D – bo'linish tushunchasi.	
19-	
Ma'ruzalar matni (2-qism)	
1 - ma'ruza: O'tish jarayonlarini tahlili. O'tish jarayonlarini sifat ko'rsatkichlari.	
2 - ma'ruza: Statik rejimlarni tahlili. Statik, astatik va kuzatuvchi sistemalar.	
3 - ma'ruza: Tahlilni chastotaviy usuli. O'tish jarayonini sifatini haqiqiy chastotaviy xarakteristika orqali bahosi.	
4 - ma'ruza: Tahlilni ildizli usuli. O'tish jarayonini ildizli baholari.	
5 - ma'ruza: Ko'p kanalli sistemalarni boshqaruvchanligi va kuzatuvchanligi.	
6 - ma'ruza: ABS larni sintezlashni asosiy tushunchalari. Bir kanalli sistemalarni sintezlash masalasini qo'yilishi.	
7 - ma'ruza: Sintezlashni chastotaviy usuli. Sintezlash masalasini qo'yilishi. Obyektni istalgan va asimptotik LACHX sini qurish.	
8 - ma'ruza: Sintezlashni modalli usuli. Asosiy tushunchalar.	

9 - ma'ruza: Chiziqsiz differensial tenglamalar. Holat fazosi. Chiziqsiz sistemalarda jarayenlarni xususiyatlari.	
10 - ma'ruza: Chiziqsiz sistemalarni turg'unligini. Asosiy tushunchalar.	
11 - ma'ruza: Lyapunovni ikkinchi metodini turg'unlikni tadqiq etishda qo'llash.	
12 - ma'ruza: Turg'unlikni chastotaviy usuli. Absolyut turg'unlik to'g'risida Popov teoremasi.	
13 - ma'ruza: Chiziqsiz sistemalarda jarayenlarni taxlili. Garmonik balans usuli.	
14 - ma'ruza: Chiziqsiz sistemalarni sintezlash. Sintezlash masalasini yechilish sharti.	
15 - ma'ruza: Optimal boshkarish nazariyasi usullari. Masalani kuyilishi. Optimal boshkarish masalalarini sinflanishi.	
16 - ma'ruza: Impulsi va rakamli ABS. Umumiy tushunchalar.	
17 - ma'ruza: Adaptiv boshkarish sistemalarini vazifasi, tuzilishi va tiplari.	
18 - ma'ruza: Etalon modeli sistemalarini adaptiv boshkarish algoritmlari. 1-tartibli chizikli obyektini adaptiv boshkarish algoritmi.	
Amaliy mashg'ulotlar uchun metodik ko'rsatma	
Tajriba mashg'ulotlari uchun metodik ko'rsatma	
Mustaqil ish mavzulari	
Nazorat uchun savollar (JN, ON, YaN)	
Testlar	
Glossariy	
Adabiyotlar	

270

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

Рўйхатта олинди
№ БД – 5311000 – 3.11

2016 йил « 8 » 08



Сўйлаш ва ўрта махсус таълим
вазирлиги

2016 йил « 25 » 08

АВТОМАТИК БОШҚАРИШ НАЗАРИЯСИ

ФАН ДАСТУРИ

Биринч соҳалари:	300 000 – Ишлаб чиқариш техник соҳа 100 000 – Гуманитар соҳа
Таълим соҳалари:	310 000 – Мухандислик иши 110 000 – Педагогика
Таълим йўналишлари:	5311000 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш (кимё, нефть-кимё ва озик- овқат саноати); 5111000 – Касб таълими (Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш)

Тошкент – 2016

Фаннинг ўқув дастури Олий ва ўрта махсус, касб-хунар таълими йўналишлари бўйича Ўқув-услубий бирлашмалар фаолиятини Мувофиқлаштирувчи Кенгашнинг 2016 йил « 8 » 08 даги « 3 » -сонли мажлис баёни билан маъқулланган ҳамда вазирликнинг 201__ йил « 25 » 08 даги « 355 » -сонли буйруғининг 2 -илоvasи билан фан дастури рўйхати тасдиқланган.

Фан дастури Тошкент давлат техника университетида ишлаб чиқилди.

Тузувчилар:

Юсупбеков Н.Р.

- Тошкент давлат техника университети «Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш» кафедраси профессори, т.ф.д., ЎзР ФА академиги;

Игамбердиев Х.З.

- Тошкент давлат техника университети «Бошқаришда ахборот технологиялари» кафедраси профессори, т.ф.д.;

Севинов Ж.У.

- «Бошқаришда ахборот технологиялари» кафедраси доценти, т.ф.н.

Такризчилар:

Исмоилов М.А.

-Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги «Дастурий маҳсулотлар ва аппарат-дастурий мажмуалар яратиш» марказининг Бош илмий ходими, т.ф.д., профессор;

Абдукадиров А.А.

- Тошкент давлат техника университети «Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш» кафедраси профессори, т.ф.д.

Фан дастури Тошкент давлат техника университети Кенгашида кўриб чиқилган ва тасвир килинган (2016 йил « 6 » 07 даги 12 -сонли баённома).

КИРИШ

«Автоматик бошқариш назарияси» фан дастури “Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш” (кимё, нефть-кимё ва озик-овқат саноати) бакалаврият таълим йўналишининг Малака талаблари асосида тузилган. Республикамизда малакали кадрларни билим даражаларини тақомиллаштиришда «Автоматик бошқариш назарияси» фани катта аҳамиятга эга. Шу сабабли, ушбу фан дастурини янада мукамалроқ тузилиши долзарб ҳисобланади.

Фаннинг мақсад ва вазифалари

Фан ўқитилишидан мақсад – автоматик бошқариш назариясини чуқур билган ҳолда замонавий ҳисоблаш машинаси ёрдамида автоматик системаларни яратишда, жорий этишда, амалиётта тавсия этишда, илмий талқиқотларда ва ҳисоблаш ишларини бажариш учун зарур бўлган ва йўналиш бўйича таълим стандарти талаб қилган билимлар, кўникмалар ва тажрибалар даражасини таъминлашдир.

Фаннинг вазифаси – уни ўрганувчиларга:

- автоматик бошқаришнинг асосий тушунчалари, таърифларини;
- система таркибидаги элементларнинг математик моделларини;
- системаларнинг турғунлик мезонларини ҳамда сифат кўрсаткичларини аниқлашни ўргатишдан иборат.

Фан бўйича талабаларнинг тасаввур, билим, кўникма ва малакаларига қўйиладиган талаблар

«Автоматик бошқариш назарияси» фанини ўзлаштириш жараёнида талаба:

- автоматик бошқариш назариясининг ривожланиш тенденциялари;
- саноатда ва техник объектларни автоматлаштириш;
- автоматик системанинг ўрни ва роли ҳақида *тасаввурга эга бўлиши*;
- автоматик бошқаришнинг асосий принципларини;
- автоматик бошқариш системаларининг асосий турлари ва уларнинг математик ифодасини;
- бошқариш системасининг турғунлик ҳолатларини ҳамда сифат кўрсаткичларини баҳолаш усулларини *билиши ва улардан фойдалана олиши*;
- автоматик бошқариш ва ростлашнинг ҳисобларини амалга ошириш;
- замонавий бошқариш системалари ва технологик жараёнларнинг асосий кўрсаткичларини аниқлаш *кўникмаларига эга бўлиши*;
- автоматлаштириш ва бошқариш тизимларининг янги воситаларини йиғиш, ишга тушириш ва улардан фойдаланиш, шунингдек, синаш, фойдаланиш учун топшириш ва уларга техник хизмат кўрсатиш *малакаларига эга бўлиши керак*.

Фаннинг ўқув режадаги бошқа фанлар билан ўзаро боғлиқлиги ва услубий жиҳатдан узвийлиги

«Автоматик бошқариш назарияси» умумқасбий фанлардан бири ҳисобланиб, 5 – ва 6 – семестрларда ўқитилади. Дастурни амалга ошириш ўқув режасида режалаштирилган математик ва табиий (олий математика, физика, назарий механика) ва умумқасбий (электротехника ва электроника, технологик ўлчашлар ва асбоблар) фанларидан етарли билим ва кўникмаларга эга бўлишни талаб этилади.

Фаннинг илм-фан ва ишлаб чиқаришдаги ўрни

Ишлаб чиқаришда эришилган муваффақиятлар ҳамда ютуқлар мамлакатимизнинг иқтисодий ва маданиятини ривожлантириш, шунингдек, аҳолининг турмуш фаровонлигини ошириш учун аҳамиятга эга бўлган sanoatни яратиш учун асос бўлмоқда. Ўз навбатида автоматик бошқариш ишлаб чиқариш самарадорлигини муттасил ошириш, маҳсулот сифатини юқори даражага кўтариш, харажатларни камайтириш, меҳнат шaroитларини яхшилаш ва ишлаб чиқаришда хавфсизлик техникасини таъминлаш учун хизмат қиладиган асосий омил ҳисобланади.

Ишлаб чиқаришни автоматлаштиришдан қўтилган мақсадга эришиш учун технологик жараёнлар ва технологик агрегатлар автоматлаштириш тамойиллари ва имкониятларига тўла амал қилинган ҳолда тайёрланган бўлиши керак. Шунинг учун ушбу фан ва ишлаб чиқариш ажралмас ҳолда бир-бирини тўлдириб боради.

Фанни ўқитишда замонавий ахборот ва педагогик технологиялар

Талабаларнинг автоматик бошқариш назарияси фанини ўзлаштиришлари учун ўқитишнинг илгор ва замонавий усулларидан фойдаланиш, янги информацiи-педагогик технологияларни тадбиқ қилиш муҳим аҳамиятга эгадир. Фанни ўзлаштиришда дарслик, ўқув ва услубий қўлланмалар, маъруза матнлари, таркатма материллар, электрон материллар, виртуал стендлар ҳамда ишчи ҳолатдаги машиналарнинг ишлаб чиқаришдаги намуналари ва макетларидан фойдаланилади. Маъруза, амалий ва лаборатория дарсларида мос равишдаги илгор педагогик технологиялардан фойдаланилади.

АСОСИЙ ҚИСМ

Фаннинг назарий машғулотлари мазмуни

Асосий тушунча ва таърифлар. Бошқариш тўғрисида тушунча. Бошқариш системаларини қуриш принциплари. Автоматик бошқариш

системаларига мисоллар. Бошқаришнинг фундаментал принциплари. Автоматик бошқариш системаларининг синфланиши. Бошқаришнинг фундаментал принциплари. Очик бошқариш принципи. Ғалаёни компенсациялаш принципи. Огиш бўйича ростлаш. Комбинирлашган системалар. Автоматик бошқаришнинг асосий қўривишлари. Стабиллаш. Программали бошқариш. Кузатувчи системалар. Оптимал бошқариш. Адаптив системалар. Ростлашнинг асосий қонуллари.

Автоматик бошқариш системаларининг математик ифодаси. Динамика ва статика тенгламалари. Чизиклантириш. Лаплас алмаштириши. Типик кириш сигналлари. Узатиш функциялари. Частотавий характеристикалар. Вақт характеристикалари. Элементар зенолар ва уларнинг характеристикалари: пропорционал, интегралловчи, дифференциалловчи, аперодик, тебранувчи, консерватив зенолар. Стационар чизикли системаларнинг структурал схемалари. Структур ўзгартириш қондалари. Очик системанинг узатиш функцияси бўйича логарифмик амплитуда частотавий ва логарифмик амплитуда частотавий характеристикаларни куриш.

Чизикли автоматик бошқариш системаларининг турғунлиги. Турғунлик тушунчаси. Турғунлик масаласининг умумий қўйилиши. А.М.Ляпунов теоремаси. Чизикли автоматик бошқариш системасининг турғунлик шароитлари. Турғунликнинг алгебраик мезонлари. Раус турғунлик мезони. Гурвиц турғунлик мезони. Лъенар-Шипар турғунлик мезони. Турғунликнинг частотавий мезонлари. Аргументлар принципи. Михайлов турғунлик мезони. Найквист турғунлик мезони. Логарифмик частотавий характеристика бўйича турғунликнинг тахлили.

Чизикли системаларни ростлашнинг сифатини баҳолаш усуллари. Умумий тушунчалар. Баркарор режимларда ростлаш сифатини баҳолаш. Хатолик коэффициентлари усули. Поғонали сигналлар таъсири орқали ўтиш жараёни сифатини баҳолаш. Гармоник таъсирлар орқали ростлаш сифатини баҳолаш. Ростлаш сифатини баҳолашнинг илдизли усуллари.

Турғунликни таъминлаш, ростлаш сифатини ошириш, чизикли автоматик системаларни синтез қилиш. Умумий ҳоллар. Корректловчи қурилма. Ўзгартирувчи элементлар. Баркарор режимларда аникликни ошириш. Турғунликни таъминлаш ва турғунлик захирасини ошириш. Илдиз годографи бўйича параметрларни танлаш ва корректловчи қурилмаларни синтез қилиш. Логарифмик амплитуда-частотавий характеристика бўйича корректловчи қурилмаларни синтез қилиш.

Ночизикли автоматик бошқариш системалари. Ночизикли системаларни хусусиятлари. Ночизикли системаларнинг статик характеристикалари.

Ночизикли системаларда мавжуд бўладиган мувозанат ҳолатлари. Фазовий фазо усули. Оддий чизикли система учун фазовий траекториялар Ляпунов усули асосида ночизикли системаларни турғунлигининг таҳлили. В.М.Поповнинг мутлок турғунлик мезони. Гармоник баланс усули.

Дискрет автоматик бошқариш системалар. Асосий тушунча ва таърифлар. Дискрет системаларнинг синфланиши. Дискрет системаларни тадқиқ қилишнинг математик апарати. Дискрет функциялар, уларнинг айирмаси ва йигиндиси. Айирмалар (функциялар) тенгламалар. Z алмаштириш ва унинг хоссалари. Идеал импульсли элемент. Дискрет узатиш функцияси. Z алмаштиришнинг алгебраси. Импульсли системанинг частотавий характеристикаси. Импульсли системаларнинг турғунлиги. Турғунлик мезонлари. Гурвиц мезонини дискрет системаларга тадбиқи. Михайлов ва Найквист мезонларининг дискрет системаларга тадбиқи.

Автоматик бошқариш системаларида тасодифий жараёнлар. Тасодифий жараёнлар ва уларни асосий статистик характеристикалари. Тасодифий жараёнларнинг корреляцион функциялари. Тасодифий жараёнларнинг спектрал зичлиги. Чизикли системаларнинг кириш ва чиқишда тасодифий жараёнларнинг корреляцион функциялари ва спектрал зичликлари орасидаги алоқа. Тасодифий таъсирларда бўлган чизикли системаларни ҳисоблаш. Минимал ўртача квадратик хатоли чизикли системаларнинг синтези.

Амалий машғулотларнинг тахминий рўйхати

1. Автоматик бошқариш системаларига мисоллар, уларнинг принципал ва функционал схемалари.
2. Оператор тенгламаларини тузиш ва узатиш функциясини аниқлаш.
3. Чизикли системаларнинг частотавий характеристикаларини куриш.
4. Элементар звенолар ва уларнинг вақт характеристикалари.
5. Структур схемаларни ўзгартириш қоидалари. Берк системаларнинг узатиш функцияларини аниқлаш.
6. Очиқ системаларнинг узатиш функцияси бўйича ЛАЧХ ва ЛФЧХ ларни куришга мисоллар.
7. Чизикли автоматик бошқариш системаларининг турғунлигини таҳлил қилиш. Турғунликнинг алгебрик мезонлари.
8. Турғунликнинг частотавий мезонлари асосида чизикли системаларнинг турғунлигини аниқлаш.
9. Чизикли автоматик бошқариш системаларининг ростлаш сифатини баҳолаш усулларини ўрганиш.
10. Турғунликни таъминлаш ва турғунлик захирасини ошириш.
11. Корректловчи мосламаларни ЛАЧХ лар ёрдамида синтез қилиш.
12. Фазовий фазо усулида ночизикли автоматик бошқариш системаларини тадқиқ қилиш.

13. В.М.Поповнинг мутлоқ турғунлик мезони асосида ночизикли системалар турғунлигини ҳисоблаш.

14. Гармоник баланс усулида ночизикли автоматик бошқариш системаларнинг таҳлили.

15. Автоматик бошқариш системаларида тасодифий жараёнлар бўлган системаларни ҳисоблаш.

16. Тасодифий жараёнларнинг корреляцион функцияларини ҳисоблаш.

17. Тасодифий жараёнларнинг спектрал зичликларини ҳисоблаш.

18. Импульсли автоматик бошқариш системаларининг математик ифодаларини ўрганиш.

19. Импульсли автоматик бошқариш системаларининг турғунлигини таҳлил қилиш.

20. Импульсли автоматик бошқариш системаларининг ростлаш сифатини баҳолаш усулларини ўрганиш.

Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича тавсиялар

Амалий машғулотларда талабалар автоматик бошқариш системаларининг математик ифодаларини, турғунлигини таҳлил қилиш ва ростлаш сифатини баҳолаш усулларини ҳисоблашни ўрганишдир.

Амалий машғулотларини ташкил этиш бўйича кафедра профессор-ўқитувчилари томонидан кўрсатма ва тавсиялар ишлаб чиқилади. Унда талабалар асосий маъруза мавзулари бўйича олган билим ва қўникмаларини амалий масалалар орқали янада бойитиладилар. Шунингдек, дарслик ва ўқув қўлланмалар асосида талабалар билимларини мустаҳкамлашга эришиш, таркатма материаллардан фойдаланиш, илмий мақолалар ва тезисларни чоп этиш орқали талабалар билимини ошириш, масалалар ечиш, мавзулар бўйича тақдимотлар ва кўргазмали куруллар тайёрлаш, конун ва меъёрий ҳужжатлардан фойдалана билиш ва бошқалар тавсия этилади.

Лаборатория ишларининг тахминий рўйхати

1. Очик чизикли системаларни тадқиқ қилиш.
2. Автоматик бошқариш системаларининг вақт ва частотавий характеристикаларини тадқиқ этиш.
3. Чизикли автоматик бошқариш системаларининг турғунлигини тадқиқ этиш.
4. Чизикли системаларнинг ростлаш сифатини ошириш усулларини текшириш.
5. Чизикли система учун ростлагичларни лойиҳалаш.
6. Simulink пакетда бошқариш системаларини лойиҳалаш.
7. Ночизикли бошқариш системаларини моделлаштириш

8. Ночизикли автоматик бошқариш системаларининг турғунлигини тадқиқ этиш.

9. Ночизикли системаларни ростлашнинг сифатини баҳолаш усулларини тадқиқ этиш.

10. Matlab мухитида дастурлаш.

11. Узлуксиз ростлагичларнинг рақамли реализацияси.

12. Импульсли системаларнинг турғунлигини тадқиқ этиш.

13. Импульсли системаларнинг ростлаш сифатини ошириш усулларини текшириш.

14. Автоматик бошқариш системаларида тасодифий жараёнлар бўлган системаларни текшириш.

15. Корреляцион функция ва сигналлар спекторини тадқиқ қилиш.

16. Тасодифий таъсирларда очик чизикли системаларни тадқиқ этиш.

Лаборатория ишларини ташкил этиш бўйича кўрсатмалар

Лаборатория ишлари талабаларда автоматик бошқариш системаларининг турғунлигини таҳлил қилиш, ростлашнинг сифатини баҳолаш ва ошириш, системаларни текшириш бўйича амалий кўникма ва малака ҳосил қилади.

Курс ишини ташкил этиш бўйича услубий кўрсатмалар

Курс иши талабаларни мустақил ишлаш қобилиятини ривожлантириб, ушбу фандан олган тушунча ва таърифлар, чизикли, ночизикли, импульсли, тасодифий жараёнлар таъсирида бўлган автоматик бошқариш системаларининг математик ифодаси, турғунлиги, ростлашнинг сифатини баҳолаш ва ошириш усуллари, синтез қилиш муолажалари ҳақидаги билимларини мустаҳкамлайди.

Курс ишининг намунавий мавзулари

1. Берилган аникликни таъминлайдиган системани узатиш коэффициентини ҳисоблаш.

2. Зарурий элементлардан ташкил топган чизикли системанинг турғунлигини таҳлил қилиш.

3. Системанинг зарурий логарифмик амплитудавий характеристикаси параметрларини ҳисоблаш.

4. Корректловчи қурилмаларни танлаш ва ҳисоблаш.

5. Корректланган автоматик бошқариш системасинининг хатолигини ва ЭХМ ёрдамида ўткинчи жараённи ҳисоблаш.

6. Берилган ночизикли системани гармоник баланс усули бўйича таҳлил қилиш.

Мустақил таълимнинг шакли ва мазмуни

Талаба мустақил таълимни тайёрлашда муайян фаннинг хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги шакллардан фойдаланиш тавсия этилади:

- дарслик ва ўқув қўлланмалар бўйича фан боблари ва мавзуларини ўрганиш;
- тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;
- автоматлаштирилган ўргатувчи ва назорат қилувчи тизимлар билан ишлаш;
- махсус адабиётлар бўйича фанлар бўлимлари ва мавзулари устида ишлаш;
- янги техникаларни, аппаратураларни, жараён ва технологияларни ўрганиш;
- талабанинг ўқув-илмий-тадқиқот ишларини бажариш билан боғлиқ бўлган фанлар бўлимлари ва мавзуларини чуқур ўрганиш;
- фавол ва муаммоли ўқитиш услубидан фойдаланиладиган ўқув машғулотлари;
- масофавий (дистанцион) таълим.

Тавсия этилаётган мустақил ишларнинг мавзулари

1. Чизикли автоматик системаларни математик ифодаси.
2. Статик ва динамик моделлар.
3. Чизикли автоматик ростлаш системалари.
4. Бошқаришнинг асосий принциплари.
5. Автоматик ростлаш системаларига қуйиладиган талаблар.
6. Ростлаш системаларининг статик характеристикалари.
7. Бир ва кўп ўзгарувчилари бўлган звено ва системалар статик тавсифларини аппроксимациялаш.
8. Статик характеристикаларни регрессион усул бўйича аниқлаш.
9. Фурье алмаштириши ва унинг тавсифлари.
10. Ростлашувчи объектларнинг хоссалари.
11. Ўз-ўзидан тўғриланиш хусусияти. Статик, астатик ва нотурғун объектлар.
12. Бир ва кўп сингли объектлар.
13. Юклама.
14. Объектларда кечикиш.
15. Чизикли автоматик бошқариш системаларининг турғунлиги.
16. Турғунлик масаласининг қуйилиши.
17. Турғунликнинг алгебрлик мезонлари.
18. Турғунликнинг частотавий мезонлари.
19. Система параметрлари текислигида турғунлик донрасини куриш.
20. Д – бўлиниш принципи.
21. Кечикишли ва иррационал звеноли системаларининг турғунлиги.
22. Ностационар системалар турғунлиги.
23. Чизикли системаларни ростлашнинг сифатини баҳолаш усуллари.
24. Илдизли годографлар.
25. Ўтиш жараёни сифатининг интеграл баҳолари.
26. Ростлаш сифатини баҳолашнинг частотали усуллари.
27. Автоматик бошқариш системаси сезгирлиги.
28. Импульс ва рақамли автоматик бошқариш системалари.
29. Импульсли автоматик бошқариш системалари ҳақида тушунча.
30. Амплитуда-импульсли модуляция орқали бошқариш системалари турғунлиги ва сифатини текшириш.
31. Кенглик-импульсли модуляциялаш орқали системани текшириш.
32. Частота-импульсли модуляциялаш орқали системани текшириш.

33. Рақамли автоматик бошқариш системалари.
34. Рақамли автоматик бошқариш системаларининг асосий тавсифлари.
35. Рақамли автоматик бошқариш системаларининг динамикасини текшириш.
36. Логарифмик частотали тавсиф усулида дискрет коррекциялашни ҳисоблаш.
37. Оптимал бошқариш системаларини назарияси усуллари.
38. Оптимал бошқариш масаласининг қуйилиши ва таснифланиши.
39. Классик вариацион ҳисоб усули.
40. Логранж қўлатувчилари усули.
41. Понстриягининг максимум принципи.
42. Нормаллик шarti. n та интерваллар ҳақида теорема.
43. Динамик программалаш усули.
44. Оптималлик принципи.
45. Беллман функцияси ва тенгламаси.
46. Бошқарувчанлик ва қўзғатувчанлик.
47. Қўзғатувчанлик ва тикловчанлик.
48. Адаптив системаларни сифланиши.
49. Ўз-ўзини соловчи системалар.
50. Экстремумни қидиришни мунотазам усуллари.
51. Изловчи ўз-ўзини соловчи системалар.
52. Изловсиз ўз-ўзини соловчи системалар.
53. Алоҳида фазо ҳолатларида мослашувчи системалар.
54. Ўқитиш системалари.
55. Мураккаб динамик объектларни интеллектуал бошқаришни ташкил этишнинг концептуал асослари.
56. Билимларни қайта ишлаш ва фойдаланишнинг янги ахборот технологиялари асосида динамик объектларни бошқариш.
57. Бошқариш масаласида интеллектуал технологияларни қўллаш.

ДАСТУРНИНГ ИНФОРМАЦИОН-УСЛУБИЙ ТАЪМИНОТИ

Мазкур фанни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий усуллари, педагогик ва ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган.

- автоматик бошқариш назарияси бўлимига тегишли маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологияларидан;

- автоматик бошқариш системаларининг математик ифодаси, турғунлиги, ростлашнинг сифатини баҳолаш ва ошириш усуллари, синтез қилиш муолажалари, оптимал, адаптив ва интеллектуал бошқариш системаларини параметрларини ҳисоблаш мавзуларида ўтказилган амалий машғулотларда ақлий ҳужум, гуруҳли фикрлаш педагогик технологияларидан;

- турли дастурий пакетлар ёрдамида системаларнинг турғунлигини таҳлил қилиш, ростлашнинг сифатини баҳолаш ва ошириш, системаларни текшириш мавзуларида ўтказилган тажриба машғулотларида кичик гуруҳлар мусобакалари, гуруҳли фикрлаш педагогик технологияларини қўллаш назарда тутилган.

Фойдаланиладиган адабиётлар рўйхати:

Асосий адабиётлар:

1. Yusupbekov N.R., Muxamedov B.I., G'ulomov Sh.M. Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish. –Toshkent: O'qituvchi, 2011. -576 b.
2. Мирахмедов Д.А. Автоматик бошқариш назарияси. –Т.: Ўзбекистон, 1993. -287 б.
3. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.Э., Гуломов Ш.М. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. –Тошкент: Ўқитувчи, 1997. – 704 б.
4. Технологик жараёнларни автоматлаштириш асослари: Ўқув қўлланма. 1,2-қисм. Юсупбеков Н.Р., Игамбердиев Х.З., Маликов А.В. – Тошкент: ТошДТУ, 2007.
5. Основы автоматизации технологических процессов. Учебное пособие, Част 1, II. Н.Р.Юсупбеков, Х.З.Игамбердиев, А.Маликов. –Ташкент: ТашГТУ, 2007.
6. Shankar P. Bhattacharyya, Aniruddha Datta, Lee H. Keel. Linear Control Theory: Structure, Robustness, and Optimization.- USA: CRC Press, 2009.- 924p.

Қўшимча адабиётлар:

1. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004. -742 с.
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. –М.: Изд-во МЭИ, 2004. -400 с.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. -СПб.: Профессия, 2004. - 752 с.
4. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. –СПб.: Петер, 2005. -336 с.

Интернет сайтлари:

1. www.ziyounet.uz
2. www.bookfi.org
3. www.twirpx.com
4. www.lib.ru
5. www.burnlib.com

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI
NAVOIY KON - METALLURGIYA KOMBINATI
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI

ENERGO-MEXANIKA FAKULTETI

Ro‘yxatga olindi:
№ _____
2016 y. «__» _____

“TASDIQLAYMAN”
O‘quv ishlari bo‘yicha prorektor:
_____N.Abduazizov
«__» _____2016 y.

«Avtomatlashtirish va boshqaruv» kafedrasida

“Avtomatik boshqarish nazariyasi” fanining
ISHCHI O‘QUV DASTURI

Bilim soxasi - 300 000 Ishlab chiqarish texnik soxa

Ta’lim sohasi - 310 000 Muxandislik ishi

Ta’lim yo‘nalishi - 5311000 Texnologik jaryonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqaruv (tarmoqlar bo‘yicha)

Semestr	5	6	Jami
Umumiy auditoriya soati	72	72	144
Shu jumladan:			
Ma’ruza	36	36	72
Amaliy mashg‘ulot	18	18	36
Tajriba mashg‘ulot	18	18	36
Mustaqil ta’lim	54	24	78
Kurs ishi		30	30
Jami	126	126	252

Navoiy - 2016 y.

Fanning ishchi o'quv dasturi o'quv, ishchi o'quv reja va o'quv dasturiga muvofiq ishlab chiqildi.

Tuzuvchi:

“Avtomatlashtirish va boshqaruv”
kafedrasida assistenti

_____ Boybutayev S.B.

Fanning ishchi o'quv dasturi “Avtomatlashtirish va boshqaruv” kafedrasining 2016 yilning 25 avgustdagi № 1 – son yig'ilishida muhokamadan o'tgan va fakultet yig'ilishida muhakama qilish uchun tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri _____ dots. Jumayev O.A.

Fanning ishchi o'quv dasturi Energo-mexanika fakulteti kengashida muhokama etilgan va foydalanishga tavsiya qilingan (2016 yil 26 avgustdagi № 1 – son bayonnomasi).

Fakultet kengashi raisi: _____ Bozorova S.J.

Kelishildi:

O'quv-uslubiy bo'lim boshlig'i: _____ Tolipov N.U.

Kirish

Konchilik va kimyo mahsulotlari texnologiyasi O‘zbekiston Respublikasi iqtisodiyotining muhim sohalari bo‘lib hisoblanadi. Har bir viloyatda konchilik va kimyo texnologiyalari korxonalari mavjud bo‘lib, bu korxonalar yangi, sarador zamonaviy texnologiyalar, asbob – uskunalar, nazorat o‘lchov aboblari va boshqaruv tizimlari bilan jihozlangan va jixozlanish davom etmoqda. SHuning uchun ham avtomatlashtirilgan boshqarish va rostdashning ilmiy asoslarini o‘rganib, ishlab chiqarishda modda, muhit, mahsulotlarni nazorat qilish, ularning asosiy ko‘rsatkichlarini o‘lchash hamda boshqarish uslublarini va asboblarini amalda qullash muhim ahamiyatga egadir.

Fan o‘qitilishidan maqsad – avtomatik boshqarish nazariyasini chuqur bilgan holda zamonaviy hisoblash mashinasi yordamida avtomatik sistemalarni yaratishda, joriy etishda, amaliyotga tavsiya etishda, ilmiy tadqiqotlarda va hisoblash ishlarini bajarish uchun zarur bo‘lgan va yo‘nalish bo‘yicha ta‘lim standarti talab qilgan bilimlar, ko‘nikmalar va tajribalar darajasini ta‘minlashdir.

Fanning vazifasi – avtomatik boshqarishning asosiy tushunchalari, ta‘riflari, sistema tarkibidagi elementlarning matematik modellari, sistemalarning turg‘unlik mezonlari hamda sifat ko‘rsatkichlarini aniqlashni talabalar o‘zlashtirishidir.

“Avtomatik boshqarish nazariyasi” o‘quv fanini o‘zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr:

- avtomatik boshqarish nazariyasining rivojlanish tendensiyalari;
- sanoatda va texnik ob‘ektlarni avtomatlashtirish;
- avtomatik sistemaning o‘rni va roli **haqida tasavvurga ega bo‘lishi**;
- avtomatik boshqarishning asosiy prinsiplarini;
- avtomatik boshqarish sistemalarining asosiy turlari va ularning matematik ifodasini;
- boshqarish sistemasining turg‘unlik holatlarini hamda sifat ko‘rsatkichlarini baholash usullarini **bilishi va ulardan foydalana olishi**;
- avtomatik boshqarish va rostdashning hisoblarini amalga oshirish;
- zamonaviy boshqarish sistemalari va texnologik jarayonlarning asosiy ko‘rsatkichlarini aniqlash;
- avtomatlashtirish va boshqarish tizimlarining yangi vositalarini yig‘ish, ishga tushirish va ulardan foydalanish, shuningdek, sinash, foydalanish uchun topshirish va ularga texnik xizmat ko‘rsatish **ko‘nikmalariga ega bo‘lishi kerak**.

“Avtomatik boshqarish nazariyasi” umumkasbiy fani hisoblanib, 5 – va 6 – semestrlarda o‘qitiladi. Dasturni amalga oshirish o‘quv rejasida rejalashtirilgan matematik va tabiiy (oliy matematika, fizika, nazariy mexanika) va umumkasbiy (elektrotexnika va elektronika, texnologik o‘lchashlar va asboblar) fanlaridan etarli bilim va ko‘nikmalarga ega bo‘lishlik talab etiladi.

Ishlab chiqarishda erishilgan muvaffaqiyatlar hamda yutuqlar mamlakatimizning iqtisodiyoti va madaniyatini rivojlantirish, shuningdek, aholining turmush farovonligini oshirish uchun ahamiyatga ega bo‘lgan sanoatni yaratish uchun asos bo‘lmoqda. O‘z navbatida avtomatik boshqarish ishlab chiqarish samaradorligini mutassil oshirish, maxsulot sifatini yuqori darajaga

ko‘tarish, xarajatlarni kamaytirish, mehnat sharoitlarini yaxshilash va ishlab chiqarishda xavfsizlik texnikasini ta‘minlash uchun xizmat qiladigan asosiy omil hisoblanadi.

Ishlab chiqarishni avtomatlashtirishdan kutilgan maqsadga erishish uchun texnologik jarayonlar va texnologik agregatlar avtomatlashtirish prinsiplari va imkoniyatlariga to‘la amal qilgan holda tayyorlangan bo‘lishi kerak. SHuning uchun ushbu fan umumkasbiy fani hisoblanib, ishlab chiqarish texnologik tizimining ajralmas bo‘g‘inidir.

Talabalarning avtomatik boshqarish nazariyasi fanini o‘zlashtirishlari uchun o‘qitishning ilg‘or va zamonaviy usullaridan foydalanish, yangi informatsin-pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muhim ahamiyatga egadir. Fanni o‘zlashtirishda darslik, o‘quv va uslubiy qo‘llanmalar, ma‘ruza matnlari, tarqatma materillar, elektron materillar, virtual stendlar hamda ishchi holatdagi mashinalarning ishlab chiqarishdagi namunalari va maketlaridan foydalaniladi. Ma‘ruza, amaliy va laboratoriya darslarida mos ravishdagi ilg‘or pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi.

FANNING MAZMUNI

Asosiy tushuncha va tamoyillar (4 soat)

Fanni o'qitishdan maqsad va uning vazifalari. Avtomatik boshqarish haqida tushuncha, uning tarix va rivojlanishi. Asosiy tushuncha va terminlarning ta'riflari. Boshqarish tizimlariga misollar. Avtomatik boshqarish sistemalarining sinflanishi.

Avtomatik boshqarish sistemalarini chiziqli elementlarining matematik ifodasi (10 soat)

ABT elementlarining statik va dinamik xarakteristikalari. Dinamika va statika tenglamalari. Chiziqlantirish. Laplas almashtirishi va uning asosiy xossalari. Uzatish funksiyalari. Chastotaviy xarakteristikalar. Modal xarakteristikalar. Vaqt xarakteristikalari. Avtomatik boshqarish sistemalarini chiziqli elementlarini statik va dinamik xarakteristikalarni aniqlashga misollar.

Chiziqli avtomatik boshqarish sistemalarining tipik zvenolari. Avtomatik boshqarish sistemalarining struktur sxemalari (10 soat)

Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalari. Proporsional, integral va differensiallovchi zvenolar. Aperiodik, tebranuvchi, konservativ zvenolar va ularning xarakteristikalari. Statsionar chiziqli sistemalarning struktur sxemalari, tenglamalari va chastotaviy xarakteristikalari. Struktur o'zgartirish qoidalari. Ochiq sistemaning uzatish funksiyasi bo'yicha logarifmik amplitada chastotaviy va logarifmik faza chastotaviy xarakteristikalarni qurish.

Chiziqli avtomatik boshqarish sistemalarining turg'unligi (12 soat)

Turg'unlik tushunchasi. Turg'unlik masalasining umumiy qo'yilishi. A.M.Lyapunov teoremasi. Chiziqli avtomatik boshqarish sistemasining turg'unlik sharoitlari. Turg'unlikning algebraik mezonlari. Raus turg'unlik mezoni. Gurvits turg'unlik mezoni. Lenar-Shipar turg'unlik mezoni. Turg'unlikning chastotaviy mezonlari. Argumentlar prinsipi. Mixaylov turg'unlik mezoni. Naykvist turg'unlik mezoni. Logarifmik chastotaviy xarakteristika bo'yicha turg'unlikning tahlili.

CHiziqli sistemalarni rostdlashning sifatini baholash usullari (8 soat)

Umumiy tushunchalar. Barqaror rejimlarda rostdlash sifatini baholash. Xatolik koeffitsientlari usuli. Pog'onali signallar ta'siri orqali o'tish jarayoni sifatini baholash. Garmonik ta'sirlar orqali rostdlash sifatini baholash. Rostlash sifatini baholashning ildizli usullari.

Turg'unlikni ta'minlash, rostdlash sifatini oshirish, chiziqli avtomatik sistemalarni sintez qilish (6 soat)

Umumiy hollar. Korrektlovchi qurilma. O'zgartiruvchi elementlar. Barqaror rejimlarda aniqlikni oshirish. Turg'unlikni ta'minlash va turg'unlik zahirasini oshirish. Ildiz godografi bo'yicha parametrlarni tanlash va korrektlovchi qurilmalarni sintez qilish. Logarifmik amplituda-chastotaviy xarakteristika bo'yicha korrektlovchi qurilmalarni sintez qilish.

Avtomatik boshqarish sistemalarida tasodifiy jarayonlar (6 soat)

Tasodifiy jarayonlar va ularni asosiy statistik xarakteristikalarini. Tasodifiy jarayonlarning korrelyasion funksiyalari. Tasodifiy jarayonlarning spektral zichligi. Chiziqli sistemlarning kirish va chiqishida tasodifiy jarayonlarning korrelyasion funksiyalari va spektral zichliklari orasidagi aloqa. Tasodifiy ta'sirlarda bo'lgan chiziqli sistemalarni hisoblash. Minimal o'rtacha kvadratik xatoli chiziqli sistemalarning sintezi

Nochiziqli avtomatik boshqarish sistemalari (12 soat)

Nochiziqli sistemalarni xususiyatlari. Nochiziqli sistemalarning statik xarakteristikalarini. Nochiziqli sistemalarda mavjud bo'ladigan muvozanat holatlari. Fazoviy fazo usuli. Oddiy chiziqli sistema uchun fazoviy traektoriyalar Lyapunov usuli asosida nochiziqli sistemalarni turg'unligining taxlili. V.M.Popovning mutloq turg'unlik mezonini. Garmonik balans usuli.

Diskret avtomatik boshqarish sistemalar (18 soat)

Asosiy tushuncha va ta'riflar. Diskret sistemalarning sinflanishi. Diskret sistemalarni tadqiq qilishning matematik apparati. Diskret funksiyalar, ularning ayirmasi va yig'indisi. Ayirmali (funksiyalar) tenglamalar. Z almashtirish va uning xossalari. Ideal impulsli element. Diskret uzatish funksiyasi. Z almashtirishining algebrasi. Impulsli sistemaning chastotaviy xarakteristikasi. Impulsli sistemalarning turg'unligi. Turg'unlik mezonlari. Gurvits mezonini diskret sistemalarga tadbiqu. Mixaylov va Naykvist mezonlarining diskret sistemalarga tadbiqu.

Optimal avtomatik boshqarish sistemalari (10 soat)

Optimal boshqarishni masalasini kuyilishi. Avtomatik boshqarish tizimlarini ta'riflari va ularni kurish masalasini zaruriyligi. Optimallik mezonini. Optimal boshqarishning sintezlash masalasini echish usullari. Bellmanning dinamik dasturlash metodi. Pontryaginning maksimum prinsipi. Optimal boshqarish masalasining tasniflanishi. Maxsus masalalar. Dinamik programmalash usuli. Optimallik prinsipi. Bellman funksiyasi va tenglamasi. Boshkaruvchanlik va kuzatuvchanlik. Kuzatuvchilar. Boshkaruvchanlik. Kuzatuvchanlik va tiklovchanlik.

Adaptiv avtomatik boshqarish sistemalari (4 soat)

Adaptiv sistemalarni sinflanishi. Uz-uzini sozlovchi sistemalar. Ekstremumni kidirishni muntazam usullari. Izlovchi uz-uzini sozlovchi sistemalar. Izlovsiz uz-uzini sozlovchi sistemalar.

Amaliy mashg'ulotlari mavzulari (36 soat)

1. ABSlarga misollar, ularning prinsipal va funksional sxemalari. Operator tenglamalarini tuzish va uzatish funksiyasini aniqlash. Laplas o'zgartirgichining xususiyatlari. (6 soat)
2. Elementar zvenolar va ARSning vaqt va chastotaviy xarakteristikalarini. (4 soat)
3. Struktur sxemalarini o'zgartirish qoidalari. Berk sistemaning uzatish funksiyalarini aniqlash. (2 soat)
4. Ochiq sistemaning uzatish funksiyasi bo'yicha chastotaviy xarakteristikalarini qurishga misollar. (2 soat)
5. Turg'unlikning algebraik mezonlari asosida ARS ning turg'unligi taxlili. (6 soat)
6. Turg'unlikning chastotaviy mezonlari asosida ARS ning turg'unligi taxlili. (4 soat)
7. Chiziqli avtomatik boshqarish sistemalarini sintez qilish. Korrektlovchi qurilma. Turg'unlikni ta'minlash va turg'unlik zaxirasini oshirish. Korrektlovchi moslamalarni LACHX yordamida sintez qilish. (4 soat)
8. V.M.Popovning mutloq turg'unlik mezonlari asosida nochiziqli sistemalar turg'unligini hisoblash. (4 soat)
9. Garmonik balans usulida nochiziqli avtomatik boshqarish sistemalarining taxlili. (4 soat)

Tajriba mashg'ulotlari mavzulari (36 soat)

1. MATLAB dasturining CST va Simulink paketlaridan foydalanib boshqarish sistemalarini loyihalash. (4 soat)
2. Elementar zvenolarning dinamik xarakteristikalarini. (4 soat)
3. Chiziqli ob'ektlarning chastotaviy xarakteristikalarini tekshirish. (4 soat)
4. Dinamik sistemalarini turg'unligini tadqiq etish. (4 soat)
5. Chiziqli avtomatik tizimlarning o'tish jarayonining sifatini tekshirish. (4 soat)
6. Chiziqli avtomatik tizimlarning aniqligini tekshirish. (4 soat)
7. LACHX usuli bo'yicha korrektlovchi qurilmalarning sintezini tekshirish. (4 soat)
8. Tipik nochiziqli element orqali avtomatik boshqarish sistemalarini tadqiq etish. (4 soat)
9. Nochiziqli boshqarish sistemalarini modellashtirish. (4 soat)

Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari:

1. Chiziqli avtomatik sistemalarini matematik ifodasi.
2. Statik va dinamik modellar.
3. Chiziqli avtomatik roslash sistemalarini.
4. Boshqarishning asosiy prinsiplari.
5. Avtomatik roslash sistemalariga quyiladigan talablar.
6. Rostlash sistemalarining statik xarakteristikalarini.
7. Bir va ko'p o'zgaruvchilari bo'lgan zveno va sistemalar statik tavsiflarini approksimatsiyalash.
8. Statik xarakteristikalarini regression usul bo'yicha aniqlash.
9. Fure almashtirishi va uning tavsiflari.
10. Rostlanuvchi ob'ektlarning xossalari.
11. O'z-o'zidan to'g'rilanish xususiyati. Statik, astatik va noturg'un ob'ektlar.

12. Bir va ko'p sig'imli ob'ektlar.
13. Yuklama.
14. Ob'ektlarda kechikish.
15. Chiziqli avtomatik boshqarish sistemalarining turg'unligi.
16. Turg'unlik masalasining quyilishi.
17. Turg'unlikning algebrik mezonlari.
18. Turg'unlikning chastotaviy mezonlari.
19. Sistema parametrlari tekisligida turg'unlik doirasini qurish.
20. D – bo'linish prinsipi.
21. Kechikishli va irratsional zvenoli sistemalarning turg'unligi.
22. Nostatsionar sistemalar turg'unligi.
23. Chiziqli sistemalarni rostlashning sifatini baholash usullari.
24. Ildizli godograflar.
25. O'tish jarayoni sifatining integral baholari.
26. Rostlash sifatini baholashning chastotali usullari.
27. Avtomatik boshqarish sistemasi sezgirligi.
28. Impuls va raqamli avtomatik boshqarish sistemalari.
29. Impulsli avtomatik boshqarish sistemalari haqida tushuncha.
30. Amplituda-impulsli modulyasiya orqali boshqarish sistemalari turg'unligi va sifatini tekshirish.
31. Kenglik-impulsli modulyasiyalash orqali sistemani tekshirish.
32. Chastota-impulsli modulyasiyalash orqali sistemani tekshirish.
33. Raqamli avtomatik boshqarish sistemalari.
34. Raqamli avtomatik boshqarish sistemalarining asosiy tavsiflari.
35. Raqamli avtomatik boshqarish sistemalarining dinamikasini tekshirish.
36. Logarifmik chastotali tavsif usulida diskret korreksiyalashni hisoblash.
37. Optimal boshqarish sistemalarini nazariyasi usullari.
38. Optimal boshqarish masalasining quyilishi va tasniflanishi.
39. Klassik variatsion hisob usuli.
40. Logranj ko'patuvchilari usuli.

Kurs ishi

Kurs ishi talabalarni mustaqil ishlash qobiliyatini rivojlantirib, ushbu fandan olgan tushuncha va ta'riflar, chiziqli, nochiziqli, impulsli, tasodifiy jarayonlar ta'sirida bo'lgan avtomatik boshqarish sistemalarining matematik ifodasi, turg'unligi, rostlashning sifatini baholash va oshirish usullari, sintez qilish muolajalari, optimal, adaptiv va intellektual boshqarish sistemalarini qurish usullari, xususiyatlari hamda ularning prinsiplari haqidagi bilimlarini mustahkamlaydi.

Kurs ishining taxminiy vazifasi quyidagicha:

1. Berilgan aniqlikni ta'minlaydigan sistemani uzatish koeffitsientini hisoblash.
2. Zaruriy elementlardan tashkil topgan chiziqli sistemaning turg'unligini tahlil qilish.
3. Sistemaning zaruriy logarifmik amplitudaviy xarakteristikasi parametrlarini hisoblash.

4. Korrektlovchi qurilmalarni tanlash va hisoblash.
 5. Korrektlangan avtomatik boshqarish sistemasining xatoligini va EHM yordamida o‘tkinchi jarayonini hisoblash.
 6. Berilgan nochiziqli sistemani garmonik balans usuli bo‘yicha tahlil qilish.
- Kurs ishining yakuniy maqsadi talabalarni malakaviy bitiruv ishini bajarishga tayyorlash hisoblanadi.

Kurs ishi 100 ballik baholash tizimida baholanadi. Shundan:

- 40 ball hujjatlarni rasmiylashtirishga ajratilgan
- 30 ball kurs ishini himoyasigi
- 30 boll savollarga berilgan javoblar uchun ajratilgan.

“Avtomatik boshqarish nazariyasi” fanidan
talabalar bilimini reyting tizimi asosida

BAHOLASH MEZONLARI

Ushbu baholash mezonlari O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2013 yil 13 dekabrda 470-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan va O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligida 2013 yil 13 dekabrda 1981-2-son bilan davlat ro‘yxatidan qayta o‘tkazilgan “Oliy ta’lim muassasalarida talabalar bilimni nazorat qilish va baholashning reyting tizimi to‘g‘risidagi Nizom” talablariga muvofiq ishlab chiqilgan.

“Avtomatik boshqarish nazariyasi” fanidan tayyorlangan ushbu baholash mezonni 5311000– “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqaruv” bakalavriat ta’lim yo‘nalishining uchinchi kurs talabalari uchun mo‘ljallangan.

KIRISH

Kadrlar tayyorlash milliy dasturini amalga oshirishning yangi sifat bosqichida oliy ta'lim muassasalarida talabalar bilimini baholash va nazorat qilishning reyting tizimini joriy etishdan maqsad mamlakatimizda ta'lim sifatini oshirish orqali raqobatbardosh yuqori malakali mutaxassislarni tayyorlashdan iboratdir. Oliy o'quv yurtlarida talabalarining bilim darajasi asosan reyting tizimi bo'yicha baholanadi. Talabalar bilimini reyting tizimi asosida baholash – talabaning butun o'qish jarayoni davomida o'z bilimini oshirishi uchun muntazam ishlashi hamda o'z ijodiy faoliyatini takomillashtirishini rag'batlantirishga qaratilgan.

Ushbu baholash mezonlari O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2013 yil 13 dekabrda 470-sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan va O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligida 2013 yil 13 dekabrda 1981-2-son bilan davlat ro'yxatidan qayta o'tkazilgan "Oliy ta'lim muassasalarida talabalar bilimini nazorat qilish va baholashning reyting tizimi to'g'risidagi Nizom" talabalariga muvofiq, O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2009 yil 14 avgustda "Talabalar mustaqil ishlarini tashkil etish" to'g'risidagi 286-sonli buyrug'i ilovasidagi yo'riqnomaga hamda Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2012 yil 15 avgustda 332/1-sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan "Avtomatik boshqarish nazariyasi" fanining o'quv dasturi va ushbu fanning ishchi o'quv dasturi asosida ishlab chiqilgan.

Ushbu baholash mezoni NDKI "Avtomatik boshqarish nazariyasi" fanidan talabalar bilimini baholashda keng foydalanishga tavsiya etilib, ayni paytda talabalar uchun ham mazkur fanni o'zlashtirish jarayonida qanday ballar to'plash mumkinligi haqida tasavvurga ega bo'lish imkonini beradi.

Reyting nazorati jadvallari, nazorat turi, shakli, soni hamda har bir nazoratga ajratilgan maksimal ball, shuningdek joriy va oraliq nazoratlarning saralash ballari haqidagi ma'lumotlar fan bo'yicha birinchi mashg'ulotda talabalarga e'lon qilinadi.

1. Nazorat turlari va baholash tartibi

“Avtomatik boshqarish nazariyasi” fani 5311600-Konchilik ishi va 5311000–“Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqaruv” bakalavriat ta’lim yo’nalishlarining o’quv rejasi bo’yicha 3 kurs 5 va 6 semestrlarda, bo’lib o’tishi mo’ljallangan. Talabalarning bilim saviyasi va o’zlashtirish darajasining Davlat ta’lim standartlariga muvofiqligini ta’minlash uchun quyidagi nazorat turlarini o’tkazish nazarda tutiladi:

joriy nazorat – talabanning “Avtomatik boshqarish nazariyasi” fani mavzulari bo’yicha bilim va amaliy ko’nikma darajasini aniqlash va baholash usuli. Joriy nazorat “Avtomatik boshqarish nazariyasi” fanining xususiyatidan kelib chiqqan holda, tayyorlangan tajriba ishlarini og’zaki so’rov va amaliy ishlari berilgan uy vazifalarini tekshirish va suhbat o’tkazish orqali amalga oshiriladi;

oraliq nazorat – semestr davomida o’quv dasturining tegishli (fanning bir necha mavzularini o’z ichiga olgan) bo’limi tugallangandan keyin talabanning bilim va amaliy ko’nikma darajasini aniqlash va baholash usuli. Oraliq nazorat bir semestrda ikki marta o’tkaziladi, uning shakli yozma ish shaklida o’tkazilib o’quv faniga ajratilgan umumiy soatlar hajmidan kelib chiqqan holda belgilanadi;

yakuniy nazorat – semestr yakunida muayyan fan bo’yicha nazariy bilim va amaliy ko’nikmalarni talabalar tomonidan o’zlashtirish darajasini baholash usuli. YAKuniy nazorat asosan tayanch tushuncha va iboralarga asoslangan “YOzma ish” shaklida o’tkaziladi.

Talabalarning bilim saviyasi, ko’nikma va malakalarini nazorat qilishning reyting tizimi asosida talabanning “Avtomatik boshqarish nazariyasi” fani bo’yicha o’zlashtirish darajasi ballar orqali ifodalanadi.

Har bir fan bo’yicha talabanning semestr davomidagi o’zlashtirish ko’rsatkichi 100 ballik tizimda butun sonlar bilan baholanadi.

Ushbu 100 ball nazorat turlari bo’yicha joriy va oraliq nazoratlarga – 70 ball va yakuniy nazoratga – 30 ball qo’yish bilan taqsimlanadi.

2. Fan bo’yicha reyting jadvali

T/r	Kurs	Semestr	Haftalar soni	Semestrda fanga ajratilgan umumiy soat (reyting balli)	Ma’ruza	Tajriba ishlari	Amaliy mashg’ulotlar	Mustaqil ish soati	Ab-auditoriya ballari Mb-mustaqil ish ballari	Nazorat turlari											Kurs loyihasi mavjud fanlarga	
										Jami soat % hisobida	JN	JN – 1	JN – 2	ON	ON – 1	ON – 2	ΣJN+ON	Saralash balli	YAN	YANni o’tkazish shakli		O’zlashtirish ko’rsatkichi
1	3	5	18	126	36	18	18	54	Ab	70	35	13	13	35	12	12	70	39	30	yozma	100	
									Mb	30												
2	3	6	18	126	36	18	18	24	Ab	100	35	17	18	35	17	18	70	39	30	yozma	100	

5-SEMESTR

3. “AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI” FANIDAN REYTING ISHLANMASI VA MEZONLARI

3.1. Reyting ishlanmasi (5-semestr uchun)

T/r	Nazorat turlari	Soni	Ball va soni	Jami ball
1. JN umumiy 35 ball				
1.1.	Amaliy mashg‘ulotlarni bajarish	8	2x8	16
1.2.	Laboratoriya ishini topshirish	5	2x5	10
1.3.	Mustaqil ish– referat tayyorlash*	1	9	9
2. ON umumiy 35 ball				
2.1.	1 – oraliq nazorat, yozma ish (3 ta savol)	1	4x3	12
2.2.	2 – oraliq nazorat, yozma ish (3 ta savol)	1	4x3	12
2.3.	Mustaqil ish – referat tayyorlash	2	5+6	11
Σ JN+ON				70
3. YaN				
3.1.	Yakuniy nazorat, yozma ish (3 ta savol)	1	10x3=30	30
Jami				100

3.2. Baholash mezonlari (5-semestr uchun)

1.1. Amaliy ish topshiriqlarini to‘la bajargan talabaga 1,7 – 2 ball beriladi, agar to‘la sifatli bajargan lekin berilgan savollarga javob berish darajasiga qarab 1,42 – 1,7 ballgacha beriladi, agar to‘la bo‘lmasa bajarish darajasiga qarab 1,1 – 1,42 ballgacha beriladi. Amaliy ish mavzulari quyidagicha:

1. ABSlarga misollar, ularning prinsipal va funksional sxemalari.
2. Operator tenglamalarini tuzish va uzatish funksiyasini aniklash.
3. Laplas o‘zgartirgichining xususiyatlari.
4. Elementar zvenolar va ARSning vaqt va chastotaviy xarakteristikalarini.
5. Struktur sxemalarini o‘zgartirish qoidalari.
6. Berk sistemaning uzatish funksiyalarini aniqlash.
7. Ochiq sistemaning uzatish funksiyasi bo‘yicha chastotaviy xarakteristikalarini qurishga misollar.
8. Turg‘unlikning algebraik mezonlari asosida ARS ning turg‘unligi taxlili.

1.2. Laboratoriya ishi topshiriqlarini to‘la mustaqil bajargan va amalda qo‘llay oladigan talabaga 1,7 – 2 ball, to‘la mustaqil bajargan va bajarilgan ish hajmiga va sifatiga qarab talabaga 1,42 – 1,7 ballgacha, to‘la bajarmagan talabaga bajarilgan ish hajmiga va sifatiga qarab 1,1 – 1,42 ballgacha beriladi. Laboratoriya ishlari mavzulari quyidagicha:

1. MATLAB dasturing CST va Simulink paketlaridan foydalanib boshqarish sistemalarini loyihalash.
2. Elementar zvenolarning dinamik xarakteristikalarini.
3. Chiziqqli ob‘ektlarning chastotaviy xarakteristikalarini tekshirish.

4. *Dinamik sistemalarni turg'unligini tadqiq etish.*

5. *Chiziqli avtomatik tizimlarning o'tish jarayonining sifatini tekshirish.*

1.3. *Joriy nazorat bo'yicha berilgan talabning mustaqil ishi – quyida berilgan mavzu bo'yicha referat tayyorlanadi:

- referatda mavzu to'liq ochilgan, to'g'ri xulosa chiqarilgan va ijodiy fikrlari bo'lsa - 7,74 – 9 ball
- mavzu mohiyati ochilgan, faqat xulosa bor - 6,39 – 7,74 ballgacha
- mavzu mohiyati yoritilgan, ammo ayrim kamchiliklari bor bo'lsa – 4,95 – 6,39 ballgacha beriladi.

2.1. Oraliq (1 – oraliq) baholash yozma tartibda o'tkazilib, unda 3 ta savolga javob berish so'raladi. Har bir savol 4 ballgacha baholanadi.

- agar savollar mohiyati to'la ochilgan bo'lsa, javoblar to'liq va aniq hamda ijodiy fikrlari bo'lsa – 3,4 – 4 ball
- savollarga umumiy javob berilgan, ammo ayrim faktlar to'liq yoritilmagan bo'lsa - 2,8 – 3,4 ballgacha
- savollarga javob berishga harakat qilingan, chalkashliklar bo'lsa – 2,2 – 2,8 ballgacha beriladi.
- savollarga umuman javob yozmagan yoki savollarda chalkashliklar bo'lsa – 0 – 2,2 ballgacha beriladi.

1-Oraliq nazorat savollari

1. *D – bo'linish tushunchasi*
2. *ABS larning chastotaviy xarakteristikalar*
3. *ABSlardagi ta'sirlar va signallar xarakteristikalar.*
4. *Avtomatik boshqarish sistemalarining sinflanishi*
5. *Avtomatik boshqarishning asosiy ko'rinishlari*
6. *Avtomatlashtirishning maqsadi*
7. *Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.*
8. *Boshqarish to'g'risida tushuncha va uning sxemalari*
9. *Boshqarishning asosiy prinsiplari*
10. *Vaqt xarakteristikalar*
11. *Gurvits mezoni.*
12. *Dinamik xarakteristikalar.*
13. *Differensial tenglamalar.*
14. *Zvenolarni parallel-karama-karshi ulanishi (teskari aloka)*
15. *Ideal differensiallovchi zveno.*

2.2. Oraliq (2 – oraliq) baholash yozma tartibda o'tkazilib, unda 3 ta savolga javob berish so'raladi. Har bir savol 4 ballgacha baholanadi.

- agar savollar mohiyati to'la ochilgan bo'lsa, javoblar to'liq va aniq hamda ijodiy fikrlari bo'lsa – 3,4 – 4 ball

- savollarga umumiy javob berilgan, ammo ayrim faktlar to‘liq yoritilmagan bo‘lsa - 2,8 – 3,4 ballgacha
- savollarga javob yozishga harakat qilingan, chalkashliklar bo‘lsa – 2,2 – 2,8 ballgacha beriladi.
- savollarga umuman javob yozmagan yoki savollarda chalkashliklar bo‘lsa – 0 – 2,2 ballgacha beriladi.

2-Oraliq nazorat savollari

1. *Ideal integrallovchi zveno.*
2. *Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno*
3. *Intergallovchi zveno*
4. *Ketma ket ulanish(boglanish)*
5. *Kuchaytiruvchi (proporsional) zveno*
6. *Kuchirish koidasi*
7. *Laplas almashtirishining asosiy xossalari*
8. *Matematik modellarni qurish*
9. *Mixaylov mezoni.*
10. *Modal xarakteristikalar*
11. *Oddiy avtomatik boshqarish sistemalarining funksional sxemasi*
12. *Parallel ulanish*
13. *Strukturaviy sxemalarni shaklini almashtirishda graflar nazariyasi elementlaridan foydalanish*
14. *Tipik kirish signallari.*
15. *Turg‘unlikning algebraik mezonlari*

2.3. *Oraliq nazorati bo‘yicha berilgan talabning mustaqil ishi uchun berilgan mavzu bo‘yicha referat tayyorlanadi:

- referatda mavzu to‘liq ochilgan, to‘g‘ri xulosa chiqarilgan va ijodiy fikrlari bo‘lsa-4,3–5 (5,2-6) ball
- mavzu mohiyati ochilgan, faqat xulosa bor-3,6–4,3 (4,3-5,2) ballgacha
- mavzu mohiyati yoritilgan, ammo ayrim kamchiliklari bor bo‘lsa–2,8–3,5 (3,3-4,2) ballgacha beriladi.
- savollarga javob bilmagan yoki mustaqil ish bo‘yicha qisman javob berganda–0–2,8 (0-3,3) ballgacha beriladi.

Oraliq nazoratlari uchun mustaqil ish savollari quyidagicha:

1. *Chiziqli avtomatik sistemalarni matematik ifodasi.*
2. *Statik va dinamik modellar.*
3. *Chiziqli avtomatik rostlash sistemalari.*
4. *Boshqarishning asosiy prinsiplari.*
5. *Avtomatik rostlash sistemalariga quyiladigan talablar.*
6. *Rostlash sistemalarining statik xarakteristikalarini.*
7. *Bir va ko‘p o‘zgaruvchilari bo‘lgan zveno va sistemalar statik tavsiflarini approksimatsiyalash.*
8. *Statik xarakteristikalarini regression usul bo‘yicha aniqlash.*
9. *Fure almashtirishi va uning tavsiflari.*

10. Rostlanuvchi ob'ektlarning xossalari.
11. O'z-o'zidan to'g'rilanish xususiyati. Statik, astatik va noturg'un ob'ektlar.
12. Bir va ko'p sig'imli ob'ektlar.
13. Yuklama.
14. Ob'ektlarda kechikish.
15. Chiziqli avtomatik boshqarish sistemalarining turg'unligi.

3.1. Yakuniy baholashda talaba 3 ta savolga yozma javob berishi lozim.

- har bir yozma savolga 10 ball ajratiladi.
- agar savollarning mohiyati to'la ochilgan, asosiy faktlar to'g'ri bayon qilingan bo'lsa – 26 – 30 ball
- savollarga to'g'ri javob berilgan, lekin ayrim kamchiliklari bor bo'lsa – 21 – 26 ballgacha
- berilgan savollarda javoblar umumiy va kamchiliklar ko'proq bo'lsa – 16 – 21 ballgacha beriladi
- savollarga to'g'ri javoblar bo'lmaganda, kamchiliklar ko'p bo'lganda va to'liq bo'lmasa – 0 – 16

“Avtomatik boshqarish nazariyasi” fanidan yakuniy nazorat savollari 5 – semestr uchun

1. D – bo'linish tushunchasi
2. ABS larning chastotaviy xarakteristikalar
3. ABSlardagi ta'sirlar va signallar xarakteristikalar.
4. Avtomatik boshqarish sistemalarining sinflanishi
5. Avtomatik boshqarishning asosiy ko'rinishlari
6. Avtomatlashtirishning maqsadi
7. Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.
8. Boshqarish to'g'risida tushuncha va uning sxemalari
9. Boshqarishning asosiy prinsiplari
10. Vaqt xarakteristikalar
11. Gurvits mezon.
12. Dinamik xarakteristikalar.
13. Differensial tenglamalar.
14. Zvenolarni parallel-karama-karshi ulanishi (teskari aloka)
15. Ideal differensiallovchi zveno.
16. Ideal integrallovchi zveno.
17. Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno
18. Intergallovchi zveno
19. Ketma ket ulanish (boglanish)
20. Kuchaytiruvchi (proporsional) zveno
21. Kuchirish koidasi
22. Laplas almashtirishining asosiy xossalari
23. Matematik modellarni qurish
24. Mixaylov mezon.
25. Modal xarakteristikalar

26. Oddiy avtomatik boshqarish sistemalarining funksional sxemasi
27. Parallel ulanish
28. Strukturaviy sxemalarni shaklini almashtirishda graflar nazariyasi elementlaridan foydalanish
29. Tipik kirish signallari.
30. Turg'unlikning algebraik mezonlari
31. Turg'unlikning zahiralari va sohalari.
32. Turg'unlikning Naykvist mezoni
33. Turg'unlikning chastotaviy mezonlari.
34. Uzatish funksiyalari
35. Holatning differensial tenglamalari
36. Chastotaviy xarakteristikalar
37. Chiziqlantirish
38. Chizikli avtomatik boshqarish sistemalarining turg'unligi.
39. Chizikli sistemalarni strukturali sxemalaridagi belgilashlar
40. Elementar zvenolar
41. Elementar zvenolarning xarakteristikalar

6-SEMESTR

4. “AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI” FANIDAN REYTING ISHLANMASI VA MEZONLARI

1.1. Reyting ishlanmasi (6-semestr uchun)

T/r	Nazorat turlari	Soni	Ball va soni	Jami ball
1. JN umumiy 35 ball				
1.1.	Amaliy mashg‘ulotlarni bajarish	6	3x6	18
1.2.	Laboratoriya ishini topshirish	5	3,4x5	17
2. ON umumiy 35 ball				
2.1.	1 – oraliq nazorat, yozma ish (3 ta savol)	1	5,7x3	17
2.2.	2 – oraliq nazorat, yozma ish (3 ta savol)	1	6x3	18
Σ JN+ON				70
3. YaN				
3.1.	Yakuniy nazorat, yozma ish (3 ta savol)	1	10x3=30	30
Jami				100

4.2. Baholash mezonlari (6-semestr uchun)

1.1. Amaliy ish topshiriqlarini to‘la bajargan talabaga 2,55 – 3,0 ball beriladi, agar to‘la sifatli bajargan lekin berilgan savollarga javob berish darajasiga qarab 2,1 – 2,55 ballgacha beriladi, agar to‘la bo‘lmasa bajarish darajasiga qarab 1,65 – 2,1 ballgacha beriladi. Amaliy mashg‘ulotlar mavzulari quyidagicha:

1. Turg‘unlikning algebraik mezonlari asosida ARS ning turg‘unligi taxlili.
- 2 Turg‘unlikning chastotaviy mezonlari asosida ARS ning turg‘unligi taxlili.
3. CHiziqli avtomatik boshqarish sistemalarini sintez qilish. Korrektlovchi qurilma. Turg‘unlikni ta‘minlash va turg‘unlik zaxirasini oshirish. Korrektlovchi moslamalarni LACHX yordamida sintez qilish.
- 4 V.M.Popovning mutloq turg‘unlik mezoni asosida nohiziqli sistemalar turg‘unligini hisoblash.
5. Garmonik balans usulida nohiziqli avtomatik boshqarish sistemalarning taxlili.

1.2. Laboratoriya ishi topshiriqlarini to‘la mustaqil bajargan va amalda qo‘llay oladigan talabaga 2,89 – 3,4 ball, to‘la mustaqil bajargan va bajarilgan ish hajmiga va sifatiga qarab talabaga 2,38 – 2,89 ballgacha, to‘la bajarmagan talabaga bajarilgan ish hajmiga va sifatiga qarab 1,87 – 2,38 ballgacha beriladi. Laboratoriya ishlari mavzulari quyidagicha:

1. Chiziqli avtomatik tizimlarning o‘tish jarayonining sifatini tekshirish.
2. Chiziqli avtomatik tizimlarning aniqligini tekshirish.
3. LACHX usuli bo‘yicha korrektlovchi qurilmalarning sintezini tekshirish.
4. Tipik nohiziqli elemen orqali avtomatik boshqarish sistemalarini tadqiq etish.
5. Nohiziqli boshqarish sistemalarini modellashtirish.

2.1. Oraliq (1 – oraliq) baholash yozma tartibda o‘tkazilib, unda 2 ta savolga javob berish so‘raladi. Har bir savol 5 – 6 ballgacha baholanadi.

- agar savollar mohiyati to‘la ochilgan bo‘lsa, javoblar to‘liq va aniq hamda ijodiy fikrlari bo‘lsa – 9,5 – 11 ball
- savollarga umumiy javob berilgan, ammo ayrim faktlar to‘liq yoritilmagan bo‘lsa - 7,8 – 9,5 ballgacha
- savollarga javob berishga harakat qilingan, chalkashliklar bo‘lsa - 6 – 7,8 ballgacha beriladi.
- savollarga umuman javob yozmagan yoki savollarda chalkashliklar bo‘lsa – 0 – 6 ballgacha beriladi.

1-Oraliq nazorat savollari

1. *Absolyut turg‘unlikni tekshirish protsedurasi.*
2. *Garmonik balans usuli.*
3. *Optimal boshqarish nazariyasi usuli.*
4. *V.M. Popova teoremasi shartining grafik interpretatsiyasi.*
5. *Nochiziqli sistemalarini sentizlash.*
6. *Optimal boshqarish masalasining sinflanishi.*
7. *Nochiziqli sistemalarda jarayonlarni tahlili.*
8. *Hal qilinadigan muvozanat holati.*
9. *Impulsli va raqamli ABS.*
10. *Fazoviy tekisliklar usuli.*
11. *Hal qilinadigan zaruriy tenglama.*
12. *Adaptiv boshqarish sistemalari.*

2.1. Oraliq (2 – oraliq) baholash yozma tartibda o‘tkazilib, unda 2 ta savolga javob berish so‘raladi. Har bir savol 6 ballgacha baholanadi.

- agar savollar mohiyati to‘la ochilgan bo‘lsa, javoblar to‘liq va aniq hamda ijodiy fikrlari bo‘lsa – 10,3 – 12 ball
- savollarga umumiy javob berilgan, ammo ayrim faktlar to‘liq yoritilmagan bo‘lsa - 8,5 – 10,3 ballgacha
- savollarga javob berishga harakat qilingan, chalkashliklar bo‘lsa – 6,6 – 8,5 ballgacha beriladi.
- savollarga umuman javob yozmagan yoki savollarda chalkashliklar bo‘lsa – 0 – 6,6 ballgacha beriladi.

2-Oraliq nazorat savollari

1. *Hal qilinadigan muvozanat holati.*
2. *Impulsli va raqamli ABS.*
3. *Fazoviy tekisliklar usuli.*
4. *Hal qilinadigan zaruriy tenglama.*
5. *Adaptiv boshqarish sistemalari.*

6. *Kuchaytiruvchi (proporsional) zveno*
7. *Kuchirish koidasi*
8. *Laplas almashtirishining asosiy xossalari*
9. *Matematik modellarni qurish*
10. *Mixaylov mezoni.*
11. *Modal xarakteristikalar*
12. *Oddiy avtomatik boshqarish sistemalarining funksional sxemasi*
13. *Parallel ulanish*
14. *Strukturaviy sxemalarni shaklini almashtirishda graflar nazariyasi elementlaridan foydalanish*

3.1. Yakuniy baholashda talaba 3 ta savolga yozma javob berishi lozim.

- har bir yozma savolga 10 ball ajratiladi.
- agar savollarning mohiyati to‘la ochilgan, asosiy faktlar to‘g‘ri bayon qilingan bo‘lsa – 26 – 30 ball
- savollarga to‘g‘ri javob berilgan, lekin ayrim kamchiliklari bor bo‘lsa – 21 – 26 ballgacha
- berilgan savollarda javoblar umumiy va kamchiliklar ko‘proq bo‘lsa – 16 – 21 ballgacha beriladi
- savollarga to‘g‘ri javoblar bo‘lmaganda, kamchiliklar ko‘p bo‘lganda va to‘liq bo‘lmasa – 0 – 16

“Avtomatik boshqarish nazariyasi” fanidan yakuniy nazorat savollari 6 – semestr uchun

1. *Hal qilinadigan muvozanat holati.*
2. *Impulsli va raqamli ABS.*
3. *Fazoviy tekisliklar usuli.*
4. *Hal qilinadigan zaruriy tenglama.*
5. *Adaptiv boshqarish sistemalari.*
6. *Kuchaytiruvchi (proporsional) zveno*
7. *Kuchirish koidasi*
8. *Laplas almashtirishining asosiy xossalari*
9. *Matematik modellarni qurish*
10. *Mixaylov mezoni.*
11. *Modal xarakteristikalar*
12. *Oddiy avtomatik boshqarish sistemalarining funksional sxemasi*
13. *Parallel ulanish*
14. *Strukturaviy sxemalarni shaklini almashtirishda graflar nazariyasi elementlaridan foydalanish*
15. *Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.*
16. *Boshqarish to‘g‘risida tushuncha va uning sxemalari*
17. *Boshqarishning asosiy prinsiplari*
18. *Vaqt xarakteristikalari*
19. *Gurvits mezoni.*

20. *Dinamik xarakteristikalar.*
21. *Differensial tenglamalar.*
22. *Zvenolarni parallel-karama-karshi ulanishi (teskari aloka)*
23. *Ideal differensiallovchi zveno.*
24. *Ideal integrallovchi zveno.*
25. *Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno*
26. *Tipik kirish signallari.*
27. *Turg'unlikning algebraik mezonlari*
28. *Turg'unlikning zahiralar va sohalari.*
29. *Turg'unlikning Naykvist mezoni*
30. *Turg'unlikning chastotaviy mezonlari.*
31. *Uzatish funksiyalari*
32. *Holatning differensial tenglamalari*
33. *Chastotaviy xarakteristikalar*
34. *Chiziqlantirish*
35. *Chizikli avtomatik boshqarish sistemalarining turg'unligi.*
36. *Chizikli sistemalarni strukturali sxemalaridagi belgilashlar*
37. *Elementar zvenolar*
38. *Elementar zvenolarning xarakteristikalari*

1. Yakuniy baholashda yozma ishni o'tkazish tartibi

Talabalar bilimni reyting tizimi bo'yicha baholashning yozma ish usuli, talabalarda mustaqil fikrlash va o'z fikrini yozma ifodalash ko'nikmalarini rivojlantiradi.

Fanlardan yakuniy nazorat II semestrda yozma ish shaklida o'tkaziladi. Yozma ish savollari va variantlari har o'quv yilining boshida kafedra professor-o'qituvchilari tomonidan yangidan tuzilib, kafedra majlisida muhokama etiladi va tasdiqlanadi.

Yozma ishning har bir varianti bo'yicha qo'yilgan savollarning mazmuni, qamrov darajasi va ahamiyatligi darajasi kafedra mudiri tomonidan tekshirilib, uning imzosi bilan tasdiqlanadi. Yozma ishni o'tkazish asosan II semestrning so'nggi ikki o'quv haftalariga mo'ljallangan bo'lib, u belgilangan haftalardagi mazkur fan bo'yicha o'quv mashg'ulotlari chog'ida o'tkaziladi. Yozma ish variantida 3 ta savol tayanch iboralari bilan keltiriladi. Yozma ishlarni baholash mezonlari yakuniy baholashga ajratilgan 30 balldan kelib chiqqan holda ishlab chiqiladi, ya'ni har bir savolga maksimum 10 balldan to'g'ri keladi. Yozma ish o'tkazilgandan keyin ikki kun davomida professor-o'qituvchilar uni tekshirib baholaydilar va talabalar e'tiboriga etkazadi. Yozma ish hajmi talabaning fan bo'yicha tasavvuri, bilimi, amaliy ko'nikmasini baholash uchun etarli bo'lishi zarur.

6. Reyting natijalarini qayd qilish tartibi

Fanlardan talabaning bilimni baholash turlari orqali to'plagan ballari har bir semestr yakunida professor-o'qituvchi tomonidan reyting qaydnomasi va talabaning reyting daftarchasiga butun sonlar bilan qayd qilinadi.

Foydalaniladigan asosiy darsliklar va o‘quv qo‘llanmalar ro‘yxati

Asosiy adabiyotlar

1. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004. – 742 с.
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. –М.: Изд-во МЭИ. 2004. - 400 с.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. - СПб.: Профессия, 2004. - 752 с.
4. Мирахмедов Д.А. Автоматик бошқариш назарияси.- Т.: Ўзбекистон, 1993. - 287 б.
5. Yusupbekov N.R., Muhammedov B.I., G‘ulomov Sh.M. Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish: texnika oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun darslik. – Т.: O‘qituvchi, 2011.-576 b.
6. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.Э., Гуломов Ш.М. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. –Тошкент: Ўқитувчи, 1997. – 704 б.
7. Технологик жараёнларни автоматлаштириш асослари: Ўқув қўлланма. 1,2-қисм. Юсупбеков Н.Р., Игамбердиев Х.З., Маликов А.В. – Тошкент: ТошДТУ, 2007.
8. Основы автоматизации технологических процессов. Учебное пособие, Част I, II. Н.Р.Юсупбеков, Х.З.Игамбердиев, А.Маликов. –Ташкент: ТашГТУ, 2007.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. Андрющенко В.А. Теория систем автоматического управления: Учеб. Пособие. - Л.: СЗПИ, 1990. - 252 с.
2. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. –СПб.: Петер, 2005, - 336 с.
3. Топчеев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования: [Учеб. пособие для ВУЗов]. - М.: Машиностроение, 1989. - 752 с.

Elektron resurslar

1. www.bookfi.org
2. www.twirpx.com
3. www.lib.ru
4. www.burnlib.com

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI

«AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI»

fanidan

MA’RUZALAR MATNI

NAVOIY 2016

Boybutayev S.B. “Avtomatik boshqarish nazariyasi” fanidan ma’ruzalar matni. - Navoiy, NDKI, 2016 y., - 86 bet.

Ushbu ma’ruzalar matni 5311000 – Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish ta’lim yo‘nalishi talabalari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, unda texnologik jarayonlarni modellashtirish usullari, ularni avtomatlashtirish va boshqarish tizimlarini qurish hamda qurilgan modellarni EHM da hal etish masalalari bayon qilingan. Ma’ruzalar matnidan “Avtomatik boshqarish nazariyasi” fanini o‘rganish va o‘qitishda ham foydalanish mumkin.

“Avtomatlashtirish va boshqaruv” kafedrası

Taqrizchilar: Eshmurodov Z.O., t.f.n., dots., «AB» kaf. NDKI.

Xudoyorov SH.J., f.-m. f. n., dots., «I va AT» NGPI.

KIRISH. BOSHQARISH TO'G'RISIDA TUSHUNCHA. ABN SINING ASOSIY TUSHUNCHALARI. ODDIY AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMALARINING FUNKSIONAL SXEMASI.

Kirish

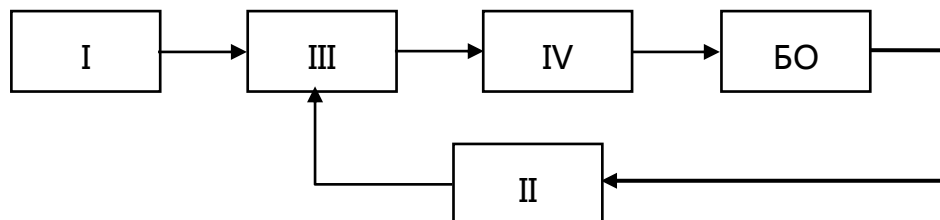
Avtomatika fan va texnikaning avtomatik boshqarish nazariyasi va amaliyoti, avtomatik tizimlarni qurish prinsiplari va texnik jihatlarini o'z ichiga oladi. Avtomatlashtirish – bu texnik jihozlarning qo'llanilishi, matematik usullar va boshqarish tizimlarida, buning natijasida inson qisman yoki butunlay informatsiya olishda o'zgartirish, uzatish va energiyani ishlatishdan ozod bo'ladi.

Avtomatlashtirishning maqsadi – mehnat unumdorligi va ishlab chiqarishning sifatini oshirish rejalarini avtomatlashtirish, optimallashtirish va boshqarish, insonni zararli sharoitlarda ishlashdan ozod qilishdir. U fan va texnikani umumiy rivojlantirish natijasidir. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishning rivojlanishi asosan 50-60 - yillarda boshlangan. Texnika siyosatini maqsad sari yo'naltirilganligi hisobiga kimyoviy ishlab chiqarishning turli sohalarda avtomatlashtirishning darajasi oshdi. Texnologik jihozlanishning yaxlitligi va undagi o'zlashtirilgan texnologik jarayonlarni boshqarishni texnologik jarayonda amalga oshirilishi, texnologik ob'ektni boshqarishni tashkil qiladi. Axborotlarni avtomatlashtirilgan holda yig'ish va qayta ishlashni ta'minlovchi hamda inson faoliyatining turli sohalardagi optimal boshqarish uchun zarur bo'lgan inson-mashina tizimiga – avtomatlashtirilgan boshqarish tizimi (ABT) deyiladi.

Boshqarish to'g'risida tushuncha va uning sxemalari

Kundalik xayotimizda biz xar xil jarayonlarni boshqarishga duch kelamiz. Masalan, korxonada faoliyatini, xarbiy operatsiyalarni, transport vositalarini va hokazo. U yoki bu jarayonni oldiga qo'yilgan maqsad sari yo'naltirishga *boshqarish* deyiladi.

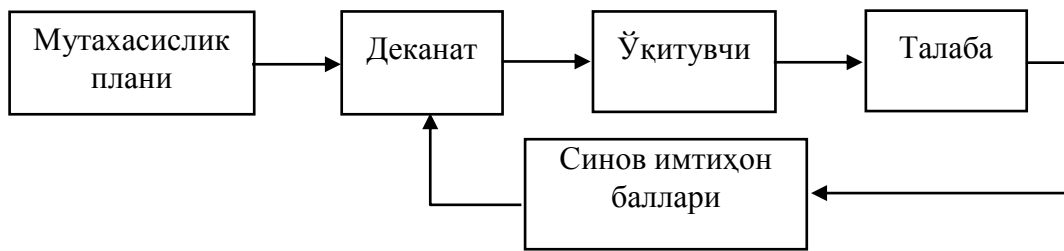
Har qanday jarayonni boshqarish quyidagi to'rtta bosqichdan iborat. Buni sxematik tarzda quyidagicha ifodalash mumkin (1-rasm):



1-rasm. Boshqarish bosqichlari.

bu erda: BO – boshqarish ob'ekti; I – boshqarish maqsadi; II – boshqarish to'g'risida axborot; III – taqqoslash, tahlil etish va qaror qabul qilish; IV – qabul qilingan xabarni bajarish.

Quyida misol tariqasida talabalarni o'qitish jarayonini boshqarishni ko'ramiz.



2-rasm. Talabalarni o'qitish jarayonini boshqarish.

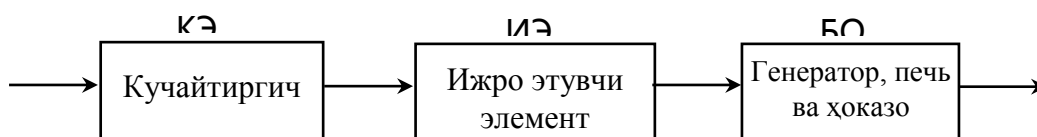
Boshqarish jarayonini hamma bosqichlarini bajarilishini ta'minlaydigan texnik vositalar to'plamiga *boshqarish sistemasi (tizimi)* deyiladi.

Boshqarish jarayonini hamma bosqichlari odam ishtirokisiz bajarilsa *avtomatik boshqarish* deyiladi. Agar biror bosqich odam ishtirokida bajarilsa *avtomatlashtirilgan boshqarish* deyiladi.

Boshqarish jarayonini hamma bosqichlari odam ishtirokisiz bajarilishini ta'minlaydigan texnik vositalar to'plamiga *avtomatik boshqarish sistemasi* deyiladi.

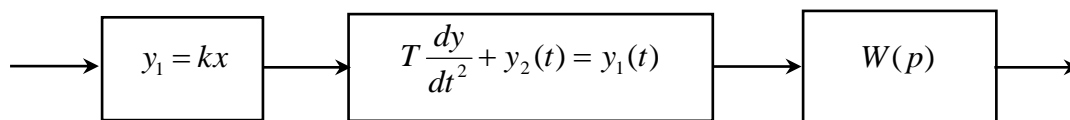
ABSni boshqarishda quyidagi sxemalardan foydalaniladi:

Funksional sxema – bu sxema sistemaning qanday elementdan tashkil topganini bildiradi. Unda har bir elementga mos ravishda shu elementning nomi yoki u bajaradigan funksiyasining nomi keltiriladi.



3-rasm. Funksional sxema.

2. *Strukturaviy sxema (model)* – bu sxema sistemaning matematik modelini bildiradi. Bunda har bir elementga mos ravishda algebraik, differensial, integral tenglamasi yoki qandaydir uzatish funksiyasi keltiriladi.

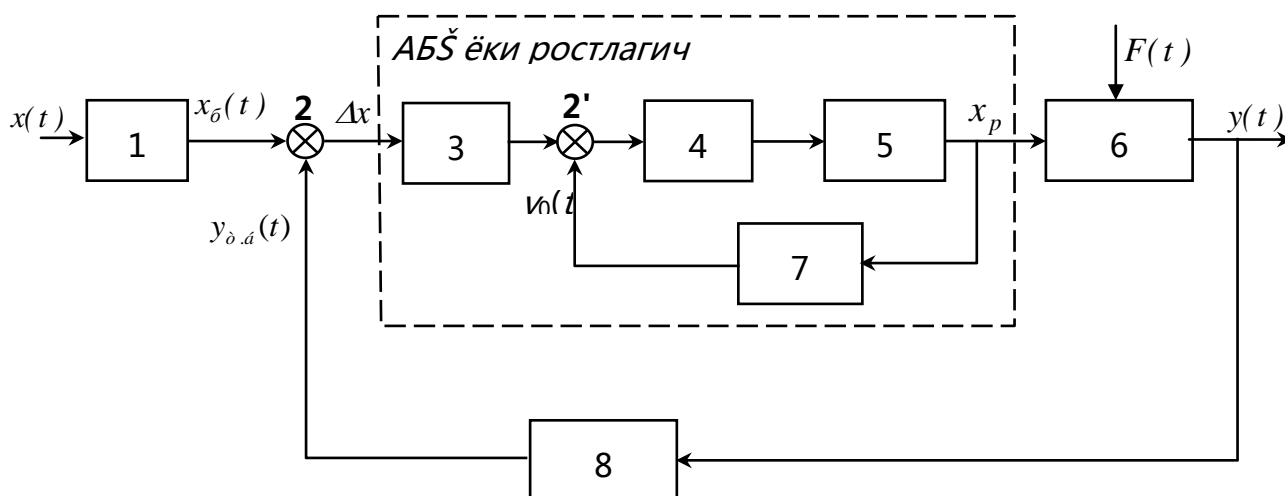


4-rasm. Strukturaviy sxema.

3. *Prinsipial sxema* – bu sxema funksional sxemani kengaytirilgan kurinishi bulib, bunda har bir elementni kengaytirib kursatiladi.

Oddiy avtomatik boshqarish sistemalarining funksional sxemasi

Kirish va chiqish kattaligi bitta bo'lgan sistemani bir o'lchamli sistema deyiladi. Bir o'lchamli oddiy ABS funksional sxemasini quyidagicha qurish mumkin (5-rasm):



5-rasm. Bir o'lchamli oddiy ABS funksional sxemasi.

bu erda $x(t)$ – kirish signali; $y(t)$ – chiqish (rostlanuvchi yoki boshqariluvchi) kattalik; $x_b(t)$ – boshqariluvchi kattalikning berilgan qiymati; $\Delta x = x_b(t) - y_{tb}(t)$ – boshqariluvchi kattalikning berilgan qiymatdan chetlashishi yoki og'ishi; $F(t)$ – qo'zg'atuvchi signal yoki ta'sir; $y_{tb}(t)$ – asosiy teskari bog'lanish signali; $y_0(t)$ – maxalliy teskari bog'lanish signali; x_p – boshqaruvchi, rostlovchi kattalik yoki signal.

1 – topshiriq beruvchi element. Boshqarish maqsadiga muvofiq keladigan boshqarish signallarini tashkil etish uchun mo'ljallangan.

2, 2' – taqqoslovchi yoki solishtiruvchi element. Bunda bir necha signal absolyut qiymati bo'yicha solishtiriladi.

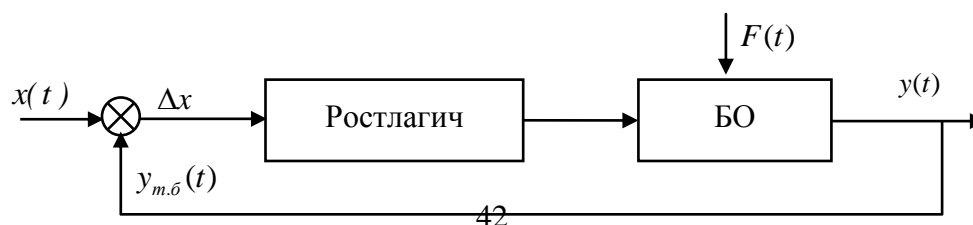
3, 4 – kuchaytiruvchi va o'zgartiruvchi element. Bu boshqarish maqsadiga muvofiq signallarni kuchaytirish va o'zgartirish uchun mo'ljallangan.

5 – ijro etuvchi element. Bu boshqarish maqsadiga muvofiq boshqaruv ob'ektiga ta'sir etuvchi signalni tashkil etish uchun mo'ljallangan.

6 – boshqarish ob'ekti. Bu boshqarish maqsadiga muvofiq, o'z xolatini o'zgartirishi kerak bo'lgan xar qanday fizik tabiatli jarayonlar, qurilmalar va xokazolar bo'lishi mumkin.

7 – mahalliy teskari bog'langan element yoki korrektlovchi qurilma. Bu sistemaning dinamik xususiyatini yaxshilash uchun ishlatiladi.

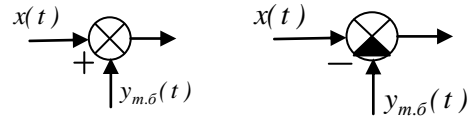
8 – asosiy teskari bog'lanish elementi yoki axborot datchiklari deyiladi. Bu sistemada bulayotgan jarayonlar to'g'risida teskari bog'lanish zanjiri orqali ma'lumot olish uchun mo'ljallangan.



6-rasm. Bir o'lchamli oddiy ABS soddalashtirilgan funksional sxemasi.

Teskari bog'lanish deb, chiqishdagi signalni kirishga berishga aytiladi. Teskari bog'lanish quyidagi turlarga bo'linishi mumkin:

1. Musbat va manfiy teskari bog'lanish



2. Maxalliy va asosiy teskari bog'lanish.;
3. Birlik va nobirlik teskari bog'lanish
 $K = 1;$ $K \neq$
4. Qattiq va elastik teskari bog'lanish.

CHiqish signal kirish signali bilan qo'shilsa *musbat teskari bog'lanish* deyiladi. Agar teskari bog'lanish zanjiri elementning koeffitsienti birga teng bo'lsa, *birlik*, aks xolda *nobirlik teskari bog'lanish* deyiladi.

Bir yoki bir necha elementni qamrab olsa *maxalliy teskari bog'lanish*, butun sistemani qamrab *asosiy teskari bog'lanish* deyiladi.

Qattiq teskari bog'lanish o'tkinchi jarayon va muvozanat rejimda, elastik teskari bog'lanish esa faqat o'tkinchi jarayonda ta'sir etadi.

MA'RUZA №2 BOSHQARISHNING ASOSIY PRINSIPLARI.

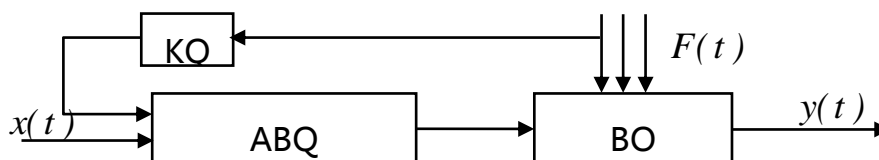
Reja

1. Ochiq boshqarish prinsipi
2. Kompensatsiyalash (g'alayon bo'yicha boshqarish) prinsipi.
3. Og'ish bo'yicha rostlash.

ABS'larni loyihalashda boshqarishning quyidagi 3 ta asosiy prinsiplaridan foydalaniladi:

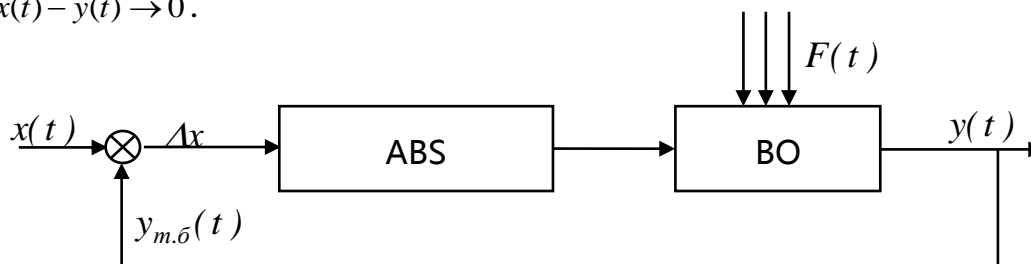
1. *Ochiq boshqarish prinsipi.* Bu prinsipning mohiyati boshqarish algoritmlari faqat berilgan funksiyalashtirish algoritmlari asosida va boshqa g'alayonli omillar bilan boshqarilmaydigan koordinatalari bilan tuzilganligidadir.

2. Bu prinsip asosida boshqarishda chikish koordinatalar ochiq sikl asosida boshqariladi. Lekin talab etilgan boshqarish programmasini amalga oshirish uchun tashqaridan ob'ektga bo'ladigan qo'zg'atuvchi ta'sirlarni kompenslovchi kanal qo'shiladi.

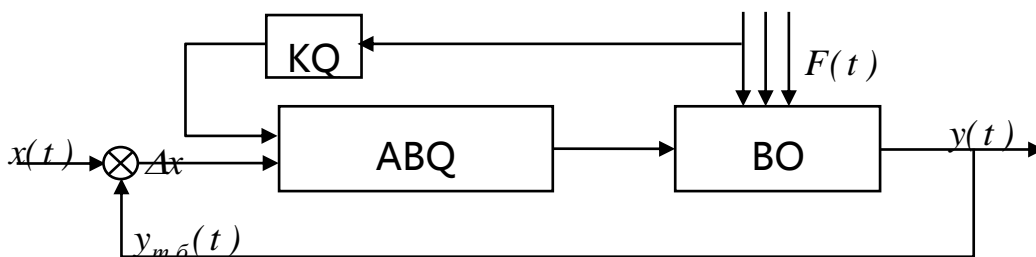


bu erda KQ – kompenslovchi qurilma; $F(t)$ - qo'zg'atuvchi ta'sir.

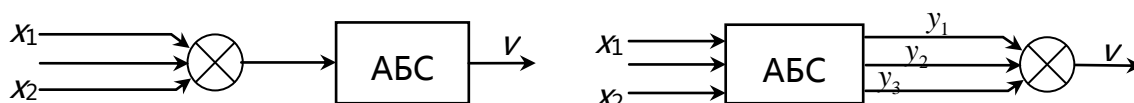
3. *Teskari aloqa prinsipi. Og'ish bo'yicha rostlash.* Boshqarishning kompenslash prinsipidan farqli o'raroq berk sikl (og'ish prinsipi) bo'yicha ishlaydigan boshqarish sistemalari hamma kerak bo'lgan tashqi qo'zg'atuvchi ta'sirni yo'qotishga ishlatiladi. Chunki bunday sistemalarning ishlashi boshqariluvchi kattalik bilan kirish kattaligi orasidagi farqni yo'qotishga intiladi: $\Delta x = x(t) - y(t) \rightarrow 0$.



4. *Kombinirlashgan sistema.* Kerak bo'lgan aniqlik va turg'unlik masalalarni echish uchun kombinirlashgpn prinsipdan foydalaniladi. Bu prinsip asosida qurilgan sistemalarda kompenslovchi qurilmasi bo'lgan ochiq sikl hamda og'ish prinsipiga asoslangan berk sikl bo'ladi. Ilmiy texnikada odatda bu asosida qurilgan texnikani *invariant* deyiladi.



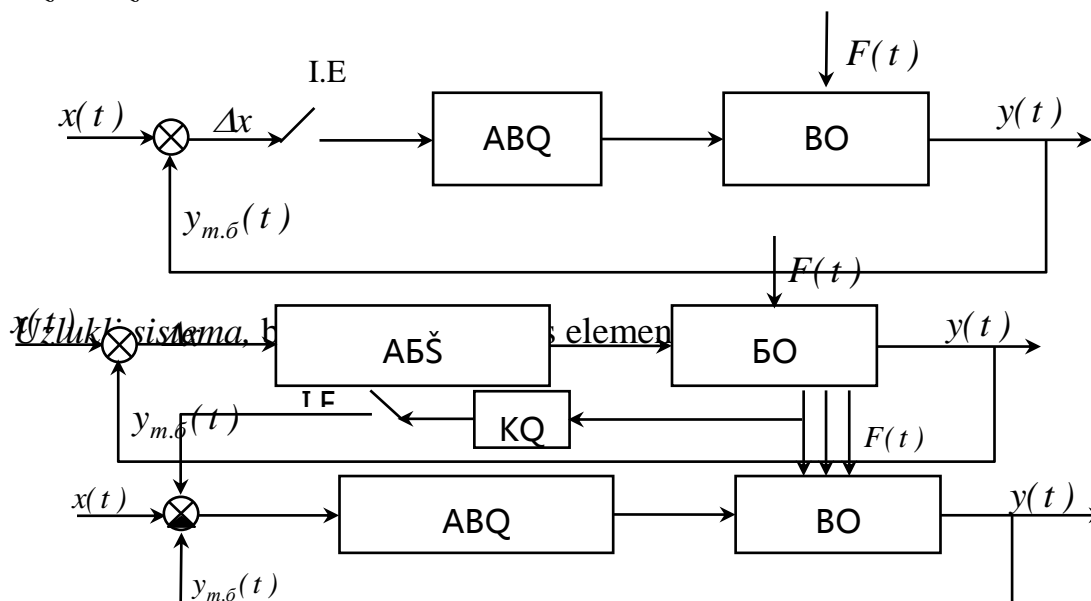
Chiziqli sistemalarda chiqishdagi kattalikning o'garishi kirishidagi kattalikning o'zgarishiga proporsional holatda o'zgaradi.



Agar sistema elementlarining parametrlari vaqt mobaynida o'zgarmasa, bunday sistemalarga *statsionar sistema* deyiladi.

Parametrlar vaqtga bog'liq bo'lmagan sistemalarga *nostatsionar sistema* deb aytiladi.

Uzluksiz sistema



Ham uzlukli ham uzluksiz sistemalar.

Keltirilgan sistemalar *bir o'lchamli konturlar* deyiladi. Agar kirish, chiqish kattaliklari birdan ortiq bo'lsa *ko'p o'lchamli konturlar* deyiladi.

Agar sistema elementlarining xossalari boshqarish ob'ektining fazoviy koordinatalariga bog'liq holda o'zgarsa, *taqsimlangan*, fazoviy koordinatalarga bog'liq bo'lmasa *to'plangan parametrlar sistemalar* deyiladi

Avtomatik boshqarishning asosiy ko'rinishlari

Texnika taraqqiy etishining 1-bosqichida berilgan rostlanuvchi kattaliklarning o'zgarmas qiymatini avtomatik boshqarishning faqat bittagina ko'rinishi amaliyotda

qo'llanar edi. Avtomatik rostlashda uzoq vaqtlar davomida shaxsan shu ko'rinish bor edi. Ularning butunlay esdan chiqmaydigan quyidagi oltita ko'rinishini yuqotmaydigan faqatgina kelajakda emas bugungi kunda ham mavjud ko'rinishlarining soni keyinchalik ko'paydi.

Stabillash. Boshqarish kattaligining doimiyligini ushlab turuvchi tizimlar barqarorlashgan tizimlar deb ataladi. Ularning kerakli qonuni quyidagicha bo'ladi: $X_0(t)=const$.

Statik regulyator rostlanuvchi kattalikning xatoligini o'zgarmas qiymatda ushlab turadi. Statizm-salt yurishdan to belgilangan yurishgacha bo'lgan kuchlanishdagi xatoliklarning o'zgarish kattaligidir. Ayrim tizimlarda statik xatolik qatnashmaydi. Tizimning struktura kuchi nolga teng bo'lgan hollarda va astatik rostlashda u rostlashga o'tadi.

Astatik rostlashga ega bo'lish uchun regulyatorida rostlanuvchi organning joylashishi va rostlanuvchi qiymatning kattaligi orasida rostlanuvchi kattalikning qiymati xoxlagan kuchlanishni ko'tarishi maqsadida mustahkam tobelikdan chetda bo'lishi kerak. Buning uchun rostlash zanjiriga astatik zveno kiritish kerak.

Programmali boshqarish. Dasturiy boshqarishda funksiyalashtirish algoritmi berilgan va dasturlarni qayta ishlovchi $X_0(t)$ maxsus qurilma qurish mumkin. SHunday qilib, 1.2-v rasmda ko'rsatilgan barcha sxemalarda $X_0(t)$ funksiya berilgan, zveno 1 esa bu funksiyani bajaruvchi dasturiy boshqarish sinfiga kiruvchi dastur datchigini o'zida aks ettiradi. Dasturiy boshqarish istalgan boshlang'ich prinsip yoki ularning kombinatsiyasi yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Kuzatuvchi sistemalar. Kuzatuvchi tizimlarda funksiyalashtirish algoritmi oldindan aniq bo'lmaydi. Odatda bunday tizimlarda rostlash kattaligi kuzatilayotgan ayrim tashqi faktorlarda o'zgarishni qayta tiklashi kerak. Avtomatik boshqariluvchi zenit asboblari kuzatuv maqsadlariga qarata tez aylantirilishi kerak. Kuzatiluvchi tizim boshqarishning istalgan boshlang'ich prinsipi asosida to'ldirilgan bo'lishi mumkin va dasturiy boshqarishning munosib tizimidan dastur datchigi o'rniga tashqi omillarni o'zgarishga yaqinlashtiruvchi qurilmani qo'llash bilan farqlanadi.

Sifat ko'rsatkichlari ekstremumini qidiruvchi sistemalar. Jarayon samaradorligi yoki jarayonlarning sifat ko'rsatkichi bilan bir qatorda doimo joriy koordinatalar sistemasining vaqt funksiyasi ifodalangan bo'lishi mumkin. Agar u sifat ko'rsatkichlarini maksimal darajada ushlab tura olsa boshqarishni optimal deb hisoblash mumkin. Masalan, radiopriyomnikni to'lqin uzatuvchi stansiyaning eng katta balandligida qabul qilishga yoki indikator lampasini eng yuqori nurlanishga to'g'rilash. Bunday boshqarish bitta noma'qul xususiyatga ega: to'g'rilash nuqtasi har-xil g'alayonlar ta'sirida bo'lganda ekstremumga qo'shilganligining noma'lumligi ko'rinib turadi. Boshqarishda rostlanuvchi organlarni ekstremumga etkazish uchun unga qandaydir ta'sir ko'rsatish kerak bo'ladi. Shuning uchun ekstremal boshqarish qidirishdan boshlanadi: avval tanlangan qandaydir yo'nalishdagi kichkina sinov xarakterlari o'tkaziladi. Unda bu sinovdagi tizimning reaksiyasi tahlil qilinadi, undan keyin tahlil natijalari bo'yicha impuls ko'rinishidagi tizimni ekstremumga yaqinlashtiruvchi boshqaruv harakatlari hosil qilinadi.

Optimal boshqarish. So'nggi yillarda texnik tizimlardagi ishlab chiqarish jarayonlarining sifatini oshirish kabi tashkiliy boshqaruv tizimlarida ham korxonalar,

tashkilotlar va xalq xo'jaligining tarmoqlarini faoliyatini mukammallashtirish uchun optimal boshqarish usuli qo'llanila boshlandi.

Dinamik texnik tizimlarda boshqarishda o'tish jarayonlarini optimizatsiyalashtirish doimo ahamiyatga ega. Ularda sifat ko'rsatkichi koordinataning faqatgina joriy qiymatlaridan emas, balki ular xarakterining oldingi, hozirgi va keyingi o'zgarishlari bilan xarakterlanadi va ayrim koordinata funktsionallarining xosil bo'lishi yoki vaqti bilan ifodalanadi.

O'xshash dinamik topshiriqlarda optimal boshqarishni topish uchun boshqarish jarayonida qiyin matematik topshiriqlarni variatsion xisoblash usuli bilan yoki matematik dasturlashni tizimni matematik tavsifining ko'rinishiga bog'liq xolda echish talab etiladi.

Adaptiv sistemalar. Aniq sharoitlarda tashqi shovqinlar ba'zan faqatgina koordinata o'zgarishigina emas, balki parametrlarining o'zgarishi aniqlangan ballistik raketalariga o'xshash tizimlarda o'zgarish hosil bo'ladi.

O'zining o'lcham qiymatlarini yo'lovchi holat tahlilining asosiga ko'ra kutilmaganda tashqi sharoitning o'zgarishini, yoki tizimni berilgan ishning sifatini saqlagan holda o'zini tutgan tizimlar adaptiv tizimlar deb ataladi. Adaptatsiya termini biologiyadan olingan bo'lib, unda maqsadlarning o'zgaruvchan faoliyatini saqlagan bo'lsa organizm moslanuvchan bo'ladi. Lekin boshqarish nazariyasida adaptatsiya haqidagi tushunchalar ataylab qisqartirilgan: unga moslanuvchanlikning shunday ko'rinishlari kiradiki, ular boshqaruvchi qurilmaning parametrlarini o'zgartirish yo'li bilan yoki bajargan ishining natijalariga ko'ra tizimning sxemasini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Adaptiv tizimlar ba'zan parametr qiymatlarining o'zgarishiga ko'ra o'zi to'g'rilanuvchan deb ataladi, struktura va boshqarish algoritmi o'zgaruvchan tizimlar esa o'zi tashkillanuvchan adaptiv tizimlar deb ataladi.

Rostlashning asosiy qonunlari. Ob'ektda boshqaruvchi ta'sir inersionsiz boshqarish qurilmasi yordamida ishlab chiqilsa boshqarish qonunlari o'zaro bog'liq bo'ladi.

Qonunlarni ta'riflashda o'lchamsiz o'zgaruvchan ta'sirlarni qo'llash ancha oson bo'ladi:

$$\varepsilon = \Delta x / x_a \quad \mu = U / U_a \quad \text{bu erda } x_b \text{ va } U_a \text{ bazaviy qiymat.}$$

Proporsionallik qonuni: $\mu = k_p \varepsilon$

Regulyator shu qonunga bo'ysungan xollarda boshqarishni boshqarishni proporsional deb atash mumkin. O'zgarimas k_p -regulyatorning uzatishlar soni deyiladi, teskari kattaliklar esa regulyatorning statizmi deyiladi. Regulyatorning statizmi o'sishi bilan birga rostdash statizmi xam o'sib boradi.

Integral qonuni (I):

$$\mu = \frac{1}{T} \int_0^1 \varepsilon dt \quad \text{ili} \quad d\mu / dt = \varepsilon / T$$

O'zgarimas vaqt birligi T ni integrallashning o'zgarimas vaqti deb ataladi. Astatik integral regulyator yordamida ko'rilayotgan oddiy astatik rostdash sxemasini amalga oshiriladi.

Proporsional-integral qonun (PI):

$$\mu = k_p \left(\varepsilon + \frac{1}{T} \int_0^1 \varepsilon dt \right)$$

Ba'zan uni integral korreksiyalashning proporsional qonuni deb ataladi. Proporsional-integral regulyator astatik rostdashni xam ta'minlaydi. Bunda tenglamaning $d\mu/dt = k_p(d\varepsilon/dt + \varepsilon/T)$ ko'rinishga kelishiga ishonish mumkin.

Muvozanatlilik $\varepsilon = 0$ bo'lganda o'zgaras xarakatlarning muvozanat xolati $d\mu/dt = 0$; $d\varepsilon/dt = 0$ bo'lishi kerak. Proporsional-integral-differensial qonun (PID).

T_I va T_D integrallash va differensiallashning o'zgaras vaqti deb ataladi. Proporsional-integral-differensial regulyator astatik rostdashni xam ta'minlaydi. Jarayonning sifatini oshirish uchun rostdash qonuniga $d\varepsilon/dt$ kiritiladi.

MA'RUZA № 3.

AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMALARINING SINFLANISHI.

Reja

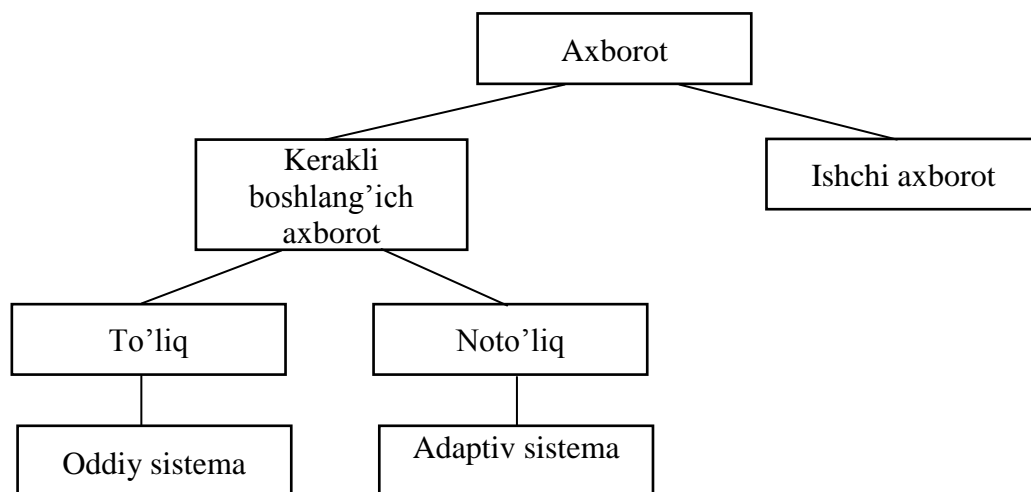
1. *Avtomatik boshqarish sistemalarining sinflanishi.*
2. *Programmali boshqarish.*
3. *Kuzatuvchi sistemalar.*

ABSlari asosan quyidagi ikkita klassifikatsion belgilarga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi:

1. Sistema va boshqarish ob'eki haqidagi axborotga bog'liq holda.
2. Sistemaning ichki dinamik xususiyatlariga asoslangan holda.

Birlamchi mabasi tajribaga asoslangan holda tekshirilayotgan ob'ekt to'g'risidagi har qanday ma'lumotlar majmuasiga *axborot* deyiladi.

Axborot *kerakli boshlang'ich axborot* va *ishchi axborotlarga* bo'linadi. Kerakli boshlang'ich axborot to'liq va noto'liq bo'ladi.

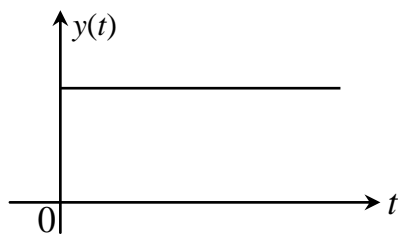


1-rasm. *Sistema va boshqarish ob'eki haqidagi axborotga bog'liq holda sinflanishi.*

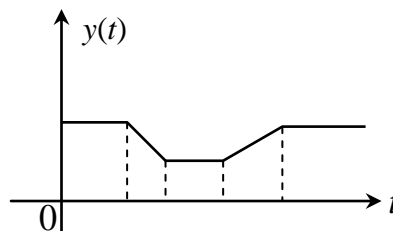
Tashqi ta'sir o'zgarishiga moslashish xususiyatiga ega bo'lgan sistemalarni *o'zini-o'zi avtomatik tarzda sozlovchi* yoki *adaptiv sistemalar* deyiladi. Bunday sistemalarda kerakli boshlang'ich axborot noto'liq bo'ladi.

Kerakli boshlang'ich axborot to'liq bo'lgan sistemalar *oddiy sistemalar* deyiladi va ular uch turga bo'linadi:

1. *Stabillashgan sistema* yoki *avtomatik rostlovchi sistema*. Bunday sistemalarda boshqariluvchi kattalik oldindan ma'lum bo'lgan qonun bo'yicha o'zgaradi (2-rasm).



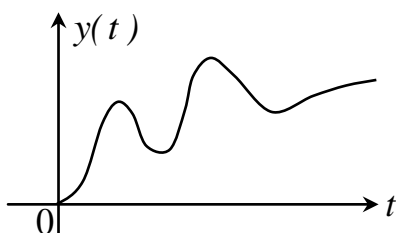
2-rasm. *Stabillashgan sistema*



5-rasm. *Programmali boshqarish sistemalari*

2. *Programmali boshqarish sistemalari.* Bunda sistemalarda boshqarilayotgan kattalik berilgan qiymati oldindan belgilangan programma bo'yicha o'zgaradi (3-rasm). Misol uchun, avtomatik stanok.

3. *Kuzatuvchi sistemalar.* Bu sistemalarda boshqarilayotgan kattalikning berilgan qiymati juda keng chegarada ixtiyoriy qonun bo'yicha o'zgarishi mumkin (4-rasm). Misol uchun, radiolakator antenna.



4-rasm. *Kuzatuvchi sistemalar.*

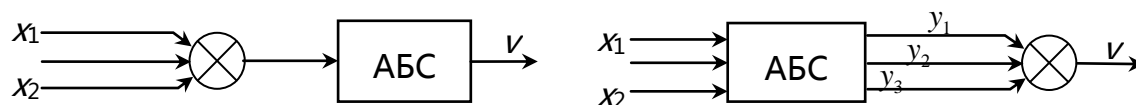
Sistemaning ichki dinamik xususiyatiga asoslangan turlari.

Bunday sistemalar quyidagi turlarga bo'linadi:

- a) chiziqli va nochiziqli;
- b) statsionar va nostatsionar;
- v) uzluksiz va uzlukli (diskret);
- g) to'plangan va taqsimlangan parametrlil;
- d) bir konturli va ko'p konturli.

Ustlash (superpozitsiya) uslini qo'llash mumkin bo'lgan sistemalar *chiziqli sistemalar* deyiladi.

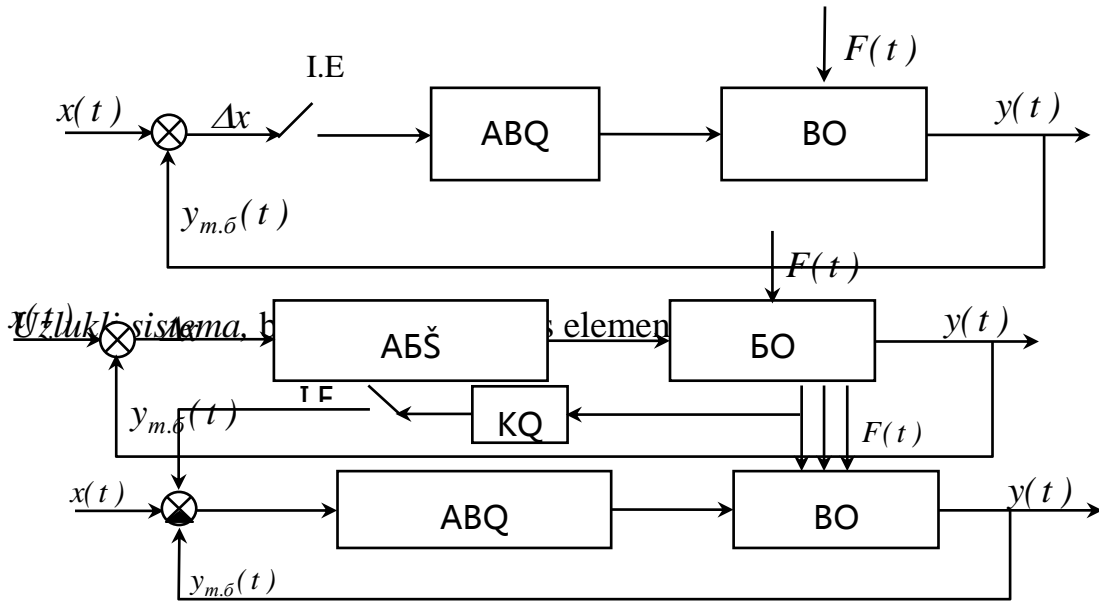
Chiziqli sistemalarda chiqishdagi kattalikning o'garishi kirishidagi kattalikning o'zgarishiga proporsional holatda o'zgaradi.



Agar sistema elementlarining parametrlari vaqt mobaynida o'zgarmasa, bunday sistemalar *statsionar sistema* deyiladi.

Parametrlar vaqtga bog‘liq bo‘lmagan sistemalar *nostatsionar sistema* deb atiladi.

Uzluksiz sistema



Ham uzlukli ham uzluksiz sistemalar.

Keltirilgan sistemalar *bir o‘lchamli konturlar* deyiladi. Agar kirish, chiqish kattaliklari birdan ortiq bo‘lsa *ko‘p o‘lchamli konturlar* deyiladi. Agar sistema elementlarining xossalari boshqarish ob’ekting fazoviy koordinatalariga bog‘liq holda o‘zgarsa, *taqsimlangan, fazoviy koordinatalarga bog‘liq bo‘lmasa to‘plangan parametrli sistemalar* deyiladi

Avtomatik boshqarishning asosiy ko‘rinishlari

Texnika taraqqiy etishining 1-bosqichida berilgan rostlanuvchi kattaliklarning o‘zgarimas qiymatini avtomatik boshqarishning faqat bittagina ko‘rinishi amaliyotda qo‘llanar edi. Avtomatik rostlashda uzoq vaqtlar davomida shaxsan shu ko‘rinish bor edi. Ularning butunlay esdan chiqmaydigan quyidagi oltita ko‘rinishini yuqotmaydigan faqatgina kelajakda emas bugungi kunda ham mavjud ko‘rinishlarining soni keyinchalik ko‘paydi.

Stabillash. Boshqarish kattaligining doimiyligini ushlab turuvchi tizimlar barqarorlashgan tizimlar deb ataladi. Ularning kerakli qonuni quyidagicha bo‘ladi: $X_0(t)=const$.

Statik regulyator rostlanuvchi kattalikning xatoligini o‘zgarimas qiymatda ushlab turadi. Statizm-salt yurishdan to belgilangan yurishgacha bo‘lgan kuchlanishdagi xatoliklarning o‘zgarish kattaligidir. Ayrim tizimlarda statik xatolik qatnashmaydi. Tizimning struktura kuchi nolga teng bo‘lgan hollarda va astatik rostlashda u rostlashga o‘tadi.

Astatik rostlashga ega bo‘lish uchun regulyatorda rostlanuvchi organning joylashishi va rostlanuvchi qiymatning kattaligi orasida rostlanuvchi kattalikning qiymati xoxlagan kuchlanishni ko‘tarishi maqsadida mustahkam tobelikdan chetda bo‘lishi kerak. Buning uchun rostlash zanjiriga astatik zveno kiritish kerak.

Programmali boshqarish. Dasturiy boshqarishda funksiyalashtirish algoritmi berilgan va dasturlarni qayta ishlovchi $X_0(t)$ maxsus qurilma qurish mumkin. Shunday qilib, 1.2-v rasmda ko'rsatilgan barcha sxemalarda $X_0(t)$ funksiya berilgan, zveno 1 esa bu funksiyani bajaruvchi dasturiy boshqarish sinfiga kiruvchi dastur datchigini o'zida aks ettiradi. Dasturiy boshqarish istalgan boshlang'ich prinsip yoki ularning kombinatsiyasi yordamida amalga oishirilishi mumkin.

Kuzatuvchi sistemalar. Kuzatuvchi tizimlarda funksiyalashtirish algoritmi oldindan aniq bo'lmaydi. Odatda bunday tizimlarda rostlash kattaligi kuzatilayotgan ayrim tashqi faktorlarda o'zgarishni qayta tiklashi kerak. Avtomatik boshqariluvchi zenit asboblarda kuzatuv maqsadlariga qarata tez aylantirilishi kerak. Kuzatiluvchi tizim boshqarishning istalgan boshlang'ich prinsipi asosida to'ldirilgan bo'lishi mumkin va dasturiy boshqarishning munosib tizimidan dastur datchigi o'rniga tashqi omillarni o'zgarishga yaqinlashtiruvchi qurilmani qo'llash bilan farqlanadi.

Sifat ko'rsatkichlari ekstremumini qidiruvchi sistemalar. Jarayon samaradorligi yoki jarayonlarning sifat ko'rsatkichi bilan bir qatorda doimo joriy koordinatalar sistemasining vaqt funksiyasi ifodalangan bo'lishi mumkin. Agar u sifat ko'rsatkichlarini maksimal darajada ushlab tura olsa boshqarishni optimal deb hisoblash mumkin. Masalan, radiopriyomnikni to'lqin uzatuvchi stansiyaning eng katta balandligida qabul qilishga yoki indikator lampasini eng yuqori nurlanishga to'g'rilash. Bunday boshqarish bitta noma'qul xususiyatga ega: to'g'rilash nuqtasi har-xil g'alayonlar ta'sirida bo'lganda ekstremumga qo'shilganligining noma'lumligi ko'rinib turadi. Boshqarishda rostlanuvchi organlarni ekstremumga etkazish uchun unga qandaydir ta'sir ko'rsatish kerak bo'ladi. Shuning uchun ekstremal boshqarish qidirishdan boshlanadi: avval tanlangan qandaydir yo'nalishdagi kichkina sinov xarakterlari o'tkaziladi. Unda bu sinovdagi tizimning reaksiyasi tahlil qilinadi, undan keyin tahlil natijalari bo'yicha impuls ko'rinishidagi tizimni ekstremumga yaqinlashtiruvchi boshqaruv harakatlari hosil qilinadi.

Optimal boshqarish. So'nggi yillarda texnik tizimlardagi ishlab chiqarish jarayonlarining sifatini oshirish kabi tashkiliy boshqaruv tizimlarida ham korxonalar, tashkilotlar va xalq xo'jaligining tarmoqlarini faoliyatini mukammallashtirish uchun optimal boshqarish usuli qo'llanila boshlandi.

Dinamik texnik tizimlarda boshqarishda o'tish jarayonlarini optimizatsiyalashtirish doimo ahamiyatga ega. Ularda sifat ko'rsatkichi koordinataning faqatgina joriy qiymatlaridan emas, balki ular xarakterining oldingi, hozirgi va keyingi o'zgarishlari bilan xarakterlanadi va ayrim koordinata funksionallarining xosil bo'lishi yoki vaqti bilan ifodalanadi.

O'xshash dinamik topshiriqlarda optimal boshqarishni topish uchun boshqarish jarayonida qiyin matematik topshiriqlarni variatsion hisoblash usuli bilan yoki matematik dasturlashni tizimni matematik tavsifining ko'rinishiga bog'liq xolda echish talab etiladi.

Adaptiv sistemalar. Aniq sharoitlarda tashqi shovqinlar ba'zan faqatgina koordinata o'zgarishigina emas, balki parametrlarining o'zgarishi aniqlangan ballistik raketalariga o'xshash tizimlarda o'zgarish hosil bo'ladi.

O'zining o'lcham qiymatlarini yo'lovchi holat tahlilining asosiga ko'ra kutilmaganda tashqi sharoitning o'zgarishini, yoki tizimni berilgan ishning sifatini saqlagan holda

o'zini tutgan tizimlar adaptiv tizimlar deb ataladi. Adaptatsiya termini biologiyadan olingan bo'lib, unda maqsadlarning o'zgaruvchan faoliyatini saqlagan bo'lsa organizm moslanuvchan bo'ladi. Lekin boshqarish nazariyasida adaptatsiya xaqidagi tushunchalar ataylab qisqartirilgan: unga moslanuvchanlikning shunday ko'rinishlari kiradiki, ular boshqaruvchi qurilmaning parametrlarini o'zgartirish yo'li bilan yoki bajargan ishining natijalariga ko'ra tizimning sxemasini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Adaptiv tizimlar ba'zan parametr qiymatlarining o'zgarishiga ko'ra o'zi to'g'rilanuvchan deb ataladi, struktura va boshqarish algoritmi o'zgaruvchan tizimlar esa o'zi tashkillanuvchan adaptiv tizimlar deb ataladi.

Rostlashning asosiy qonunlari. Ob'ektda boshqaruvchi ta'sir inersionsiz boshqarish qurilmasi yordamida ishlab chiqilsa boshqarish qonunlari o'zaro bog'liq bo'ladi.

Qonunlarni ta'riflashda o'lchamsiz o'zgaruvchan ta'sirlarni qo'llash ancha oson bo'ladi:

$$\varepsilon = \Delta x / x_a \quad \mu = U / U_a \quad \text{bu erda } x_b \text{ va } U_a \text{ bazaviy qiymat.}$$

Proporsionallik qonuni: $\mu = k_p \varepsilon$

Regulyator shu qonunga bo'ysungan xollarda boshqarishni boshqarishni proporsional deb atash mumkin. O'zgarmas k_p -regulyatorning uzatishlar soni deyiladi, teskari kattaliklar esa regulyatorning statizmi deyiladi. Regulyatorning statizmi o'sishi bilan birga rostlash statizmi xam o'sib boradi.

Integral qonuni (I):

$$\mu = \frac{1}{T} \int_0^1 \varepsilon dt \quad \text{ili} \quad d\mu / dt = \varepsilon / T$$

O'zgarmas vaqt birligi T ni integrallashning o'zgarmas vaqti deb ataladi. Astatik integral regulyator yordamida ko'rilayotgan oddiy astatik rostlash sxemasini amalga oshiriladi.

Proporsional-integral qonun (PI):

$$\mu = k_p \left(\varepsilon + \frac{1}{T} \int_0^1 \varepsilon dt \right)$$

Ba'zan uni integral korreksiyalashning proporsional qonuni deb ataladi. Proporsional-integral regulyator astatik rostlashni xam ta'minlaydi. Bunda tenglamaning $d\mu / dt = k_p (d\varepsilon / dt + \varepsilon / T)$ ko'rinishga kelishiga ishonish mumkin.

Muvozanatlilik $\varepsilon = 0$ bo'lganda o'zgarmas xarakatlarning muvozanat xolati $d\mu / dt = 0$; $d\varepsilon / dt = 0$ bo'lishi kerak. Proporsional-integral-differensial qonun (PID).

T_I va T_D integrallash va differensiallashning o'zgarmas vaqti deb ataladi. Proporsional-integral-differensial regulyator astatik rostlashni xam ta'minlaydi. Jarayonning sifatini oshirish uchun rostlash qonuniga $d\varepsilon / dt$ kiritiladi.

MA'RUZA № 4.

ADAPTIV SISTEMALAR.

Reja

1. *Adaptiv sistemalar.*
2. *Optimal boshqarish sistemalari.*
3. *Kuzatuvchi sistemalar.*

Adaptiv sistemalar. Aniq sharoitlarda tashqi shovqinlar ba'zan faqatgina koordinata o'zgarishigina emas, balki parametrlarining o'zgarishi aniqlangan ballistik raketalariga o'xshash tizimlarda o'zgarish hosil bo'ladi.

O'zining o'lcham qiymatlarini yo'lov holat tahlilining asosiga ko'ra kutilmaganda tashqi sharoitning o'zgarishini, yoki tizimni berilgan ishning sifatini saqlagan holda o'zini tutgan tizimlar adaptiv tizimlar deb ataladi. Adaptatsiya termini biologiyadan olingan bo'lib, unda maqsadlarning o'zgaruvchan faoliyatini saqlagan bo'lsa organizm moslanuvchan bo'ladi. Lekin boshqarish nazariyasida adaptatsiya haqidagi tushunchalar ataylab qisqartirilgan: unga moslanuvchanlikning shunday ko'rinishlari kiradiki, ular boshqaruvchi qurilmaning parametrlarini o'zgartirish yo'li bilan yoki bajargan ishining natijalariga ko'ra tizimning sxemasini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Adaptiv tizimlar ba'zan parametr qiymatlarining o'zgarishiga ko'ra o'zi to'g'riylanuvchan deb ataladi, struktura va boshqarish algoritmi o'zgaruvchan tizimlar esa o'zi tashkillanuvchan adaptiv tizimlar deb ataladi.

Optimal boshqarish sistemalari. So'nggi yillarda texnik tizimlardagi ishlab chiqarish jarayonlarining sifatini oshirish kabi tashkiliy boshqaruv tizimlarida ham korxonalar, tashkilotlar va xalq xo'jaligining tarmoqlarini faoliyatini mukammallashtirish uchun optimal boshqarish usuli qo'llanila boshlandi.

Dinamik texnik tizimlarda boshqarishda o'tish jarayonlarini optimizatsiyalashtirish doimo ahamiyatga ega. Ularda sifat ko'rsatkichi koordinataning faqatgina joriy qiymatlaridan emas, balki ular xarakterining oldingi, hozirgi va keyingi o'zgarishlari bilan xarakterlanadi va ayrim koordinata funksionallarining xosil bo'lishi yoki vaqti bilan ifodalanadi.

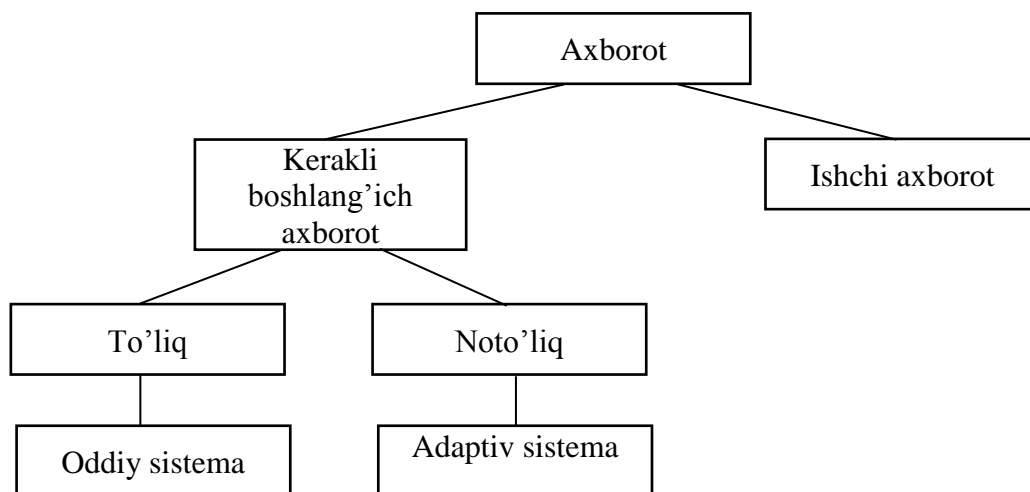
O'xshash dinamik topshiriqlarda optimal boshqarishni topish uchun boshqarish jarayonida qiyin matematik topshiriqlarni variatsion hisoblash usuli bilan yoki matematik dasturlashni tizimni matematik tavsifining ko'rinishiga bog'liq xolda echish talab etiladi.

ABS'lari asosan quyidagi ikkita klassifikatsion belgilarga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi:

3. Sistema va boshqarish ob'ekti haqidagi axborotga bog'liq holda.
4. Sistemaning ichki dinamik xususiyatlariga asoslangan holda.

Birlamchi mabasi tajribaga asoslangan holda tekshirilayotgan ob'ekt to'g'risidagi har qanday ma'lumotlar majmuasiga *axborot* deyiladi.

Axborot *kerakli boshlang'ich axborot* va *ishchi axborotlarga* bo'linadi. Kerakli boshlang'ich axborot to'liq va noto'liq bo'ladi.

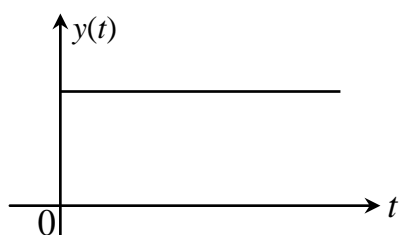


1-rasm. Sistema va boshqarish ob'ekti haqidagi axborotga bog'liq holda sinflanishi.

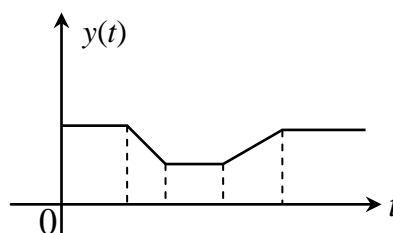
Tashqi ta'sir o'zgarishiga moslashish xususiyatiga ega bo'lgan sistemalarni *o'zini-o'zi avtomatik tarzda sozlovchi* yoki *adaptiv sistemalar* deyiladi. Bunday sistemalarda kerakli boshlang'ich axborot noto'liq bo'ladi.

Kerakli boshlang'ich axborot to'liq bo'lgan sistemalar *oddiy sistemalar* deyiladi va ular uch turga bo'linadi:

4. *Stabillashgan sistema* yoki *avtomatik rostlovchi sistema*. Bunday sistemalarda boshqariluvchi kattalik oldindan ma'lum bo'lgan qonun bo'yicha o'zgaradi (2-rasm).



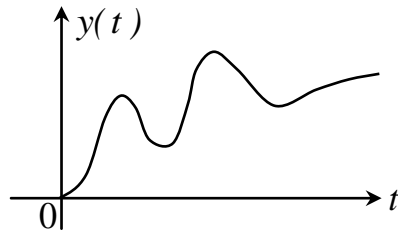
2-rasm. Stabillashgan sistema



5-rasm. Programmali boshqarish sistemalari

5. *Programmali boshqarish sistemalari*. Bunda sistemalarda boshqarilaytgan kattalik berilgan qiymati oldindan belgilangan programma bo'yicha o'zgaradi (3-rasm). Misol uchun, avtomatik stanok.

6. *Kuzatuvchi sistemalar.* Bu sistemalarda boshqarilayotgan kattalikning berilgan qiymati juda keng chegarada ixtiyoriy qonun bo'yicha o'zgarishi mumkin (4-rasm). Misol uchun, radiolakator antenna.



4-rasm. Kuzatuvchi sistemalar.

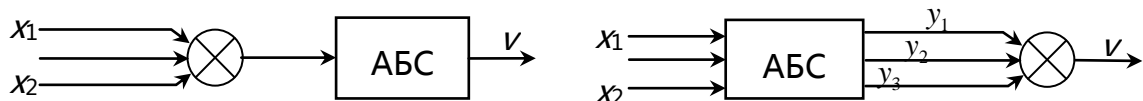
Sistemaning ichki dinamik xususiyatiga asoslangan turlari.

Bunday sistemalar quyidagi turlarga bo'linadi:

- a) chiziqli va nochiziqli;
- b) statsionar va nostatsionar;
- v) uzluksiz va uzlukli (diskret);
- g) to'plangan va taqsimlangan parametrlil;
- d) bir konturli va ko'p konturli.

Ustlash (superpozitsiya) uslini qo'llash mumkin bo'lgan sistemalar *chiziqli sistemalar* deyiladi.

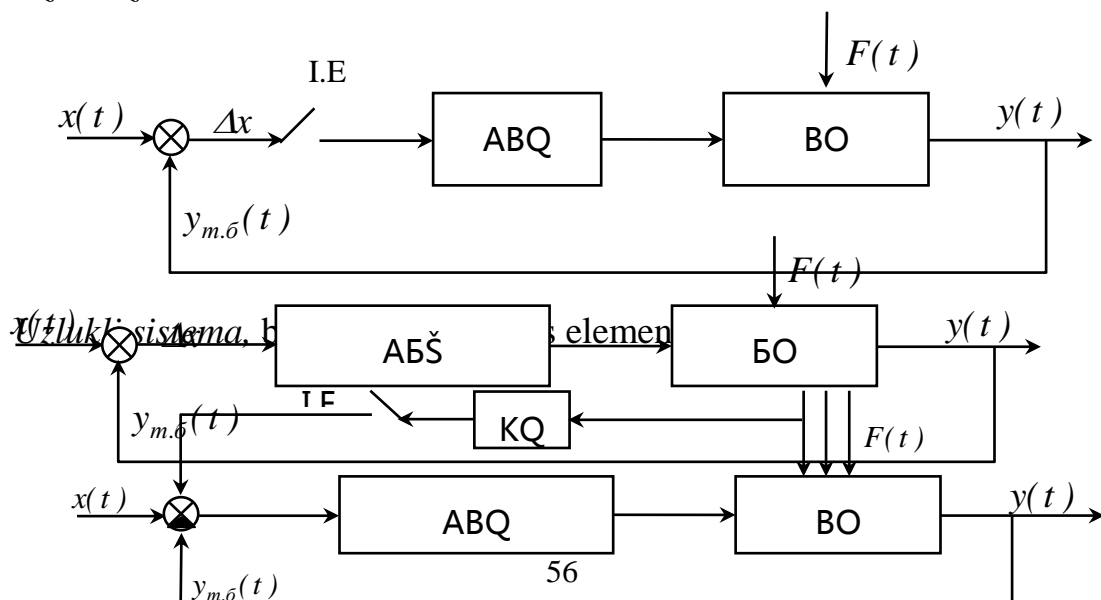
Chiziqli sistemalarda chiqishdagi kattalikning o'garishi kirishidagi kattalikning o'zgarishiga proporsional holatda o'zgaradi.



Agar sistema elementlarining parametrlari vaqt mobaynida o'zgarmasa, bunday sistemalar *statsionar sistema* deyiladi.

Parametrlar vaqtga bog'liq bo'lmagan sistemalar *nostatsionar sistema* deb aytiladi.

Uzluksiz sistema



Ham uzlukli ham uzluksiz sistemalar.

Keltirilgan sistemalar *bir o'lchamli konturlar* deyiladi. Agar kirish, chiqish kattaliklari birdan ortiq bo'lsa *ko'p o'lchamli konturlar* deyiladi.

Agar sistema elementlarining xossalari boshqarish ob'ektining fazoviy koordinatalariga bog'liq holda o'zgarsa, *taqsimlangan*, fazoviy koordinatalarga bog'liq bo'lmasa *toplangan parametrli sistemalar* deyiladi

Avtomatik boshqarishning asosiy ko'rinishlari

Texnika taraqqiy etishining 1-bosqichida berilgan rostlanuvchi kattaliklarning o'zgarmas qiymatini avtomatik boshqarishning faqat bittagina ko'rinishi amaliyotda qo'llanar edi. Avtomatik rostlashda uzoq vaqtlar davomida shaxsan shu ko'rinish bor edi. Ularning butunlay esdan chiqmaydigan quyidagi oltita ko'rinishini yuqotmaydigan faqatgina kelajakda emas bugungi kunda ham mavjud ko'rinishlarining soni keyinchalik ko'paydi.

Stabillash. Boshqarish kattaligining doimiyligini ushlab turuvchi tizimlar barqarorlashgan tizimlar deb ataladi. Ularning kerakli qonuni quyidagicha bo'ladi: $X_0(t)=const$.

Statik regulyator rostlanuvchi kattalikning xatoligini o'zgarmas qiymatda ushlab turadi. Statizm-salt yurishdan to belgilangan yurishgacha bo'lgan kuchlanishdagi xatoliklarning o'zgarish kattaligidir. Ayrim tizimlarda statik xatolik qatnashmaydi. Tizimning struktura kuchi nolga teng bo'lgan hollarda va astatik rostlashda u rostlashga o'tadi.

Astatik rostlashga ega bo'lish uchun regulyatorlarda rostlanuvchi organning joylashishi va rostlanuvchi qiymatning kattaligi orasida rostlanuvchi kattalikning qiymati xoxlagan kuchlanishni ko'tarishi maqsadida mustahkam tobelikdan chetda bo'lishi kerak. Buning uchun rostlash zanjiriga astatik zveno kiritish kerak.

Programmali boshqarish. Dasturiy boshqarishda funksiyalashtirish algoritmi berilgan va dasturlarni qayta ishlovchi $X_0(t)$ maxsus qurilma qurish mumkin. Shunday qilib, 1.2-v rasmda ko'rsatilgan barcha sxemalarda $X_0(t)$ funksiya berilgan, zveno 1 esa bu funksiyani bajaruvchi dasturiy boshqarish sinfiga kiruvchi dastur datchigini o'zida aks ettiradi. Dasturiy boshqarish istalgan boshlang'ich prinsip yoki ularning kombinatsiyasi yordamida amalga oishirilishi mumkin.

Kuzatuvchi sistemalar. Kuzatuvchi tizimlarda funksiyalashtirish algoritmi oldindan aniq bo'lmaydi. Odatda bunday tizimlarda rostlash kattaligi kuzatilayotgan ayrim tashqi faktorlarda o'zgarishni qayta tiklashi kerak. Avtomatik boshqariluvchi zenit asboblari kuzatuv maqsadlariga qarata tez aylantirilishi kerak. Kuzatiluvchi tizim boshqarishning istalgan boshlang'ich prinsipi asosida to'ldirilgan bo'lishi mumkin va dasturiy boshqarishning munosib tizimidan dastur datchigi o'rniga tashqi omillarni o'zgarishga yaqinlashtiruvchi qurilmani qo'llash bilan farqlanadi.

Sifat ko'rsatkichlari ekstremumini qidiruvchi sistemalar. Jarayon samaradorligi yoki jarayonlarning sifat ko'rsatkichi bilan bir qatorda doimo joriy koordinatalar sistemasining vaqt funksiyasi ifodalangan bo'lishi mumkin. Agar u sifat ko'rsatkichlarini maksimal darajada ushlab tura olsa boshqarishni optimal deb

hisoblash mumkin. Masalan, radiopriyomnikni to'liq uzatuvchi stansiyaning eng katta balandligida qabul qilishga yoki indikator lampasini eng yuqori nurlanishga to'g'rilash. Bunday boshqarish bitta noma'qul xususiyatga ega: to'g'rilash nuqtasi har-xil g'alayonlar ta'sirida bo'lganda ekstremumga qo'shilganligining noma'lumligi ko'rinib turadi. Boshqarishda rostlanuvchi organlarni ekstremumga etkazish uchun unga qandaydir ta'sir ko'rsatish kerak bo'ladi. Shuning uchun ekstremal boshqarish qidirishdan boshlanadi: avval tanlangan qandaydir yo'nalishdagi kichkina sinov xarakatlari o'tkaziladi. Unda bu sinovdagi tizimning reaksiyasi tahlil qilinadi, undan keyin tahlil natijalari bo'yicha impuls ko'rinishidagi tizimni ekstremumga yaqinlashtiruvchi boshqaruv harakatlari hosil qilinadi.

Optimal boshqarish. So'nggi yillarda texnik tizimlardagi ishlab chiqarish jarayonlarining sifatini oshirish kabi tashkiliy boshqaruv tizimlarida ham korxonalar, tashkilotlar va xalq xo'jaligining tarmoqlarini faoliyatini mukammallashtirish uchun optimal boshqarish usuli qo'llanila boshlandi.

Dinamik texnik tizimlarda boshqarishda o'tish jarayonlarini optimizatsiyalashtirish doimo ahamiyatga ega. Ularda sifat ko'rsatkichi koordinataning faqatgina joriy qiymatlaridan emas, balki ular xarakterining oldingi, hozirgi va keyingi o'zgarishlari bilan xarakterlanadi va ayrim koordinata funktsionallarining xosil bo'lishi yoki vaqti bilan ifodalanadi.

O'xshash dinamik topshiriqlarda optimal boshqarishni topish uchun boshqarish jarayonida qiyin matematik topshiriqlarni variatsion hisoblash usuli bilan yoki matematik dasturlashni tizimni matematik tavsifining ko'rinishiga bog'liq xolda echish talab etiladi.

Adaptiv sistemalar. Aniq sharoitlarda tashqi shovqinlar ba'zan faqatgina koordinata o'zgarishigina emas, balki parametrlarining o'zgarishi aniqlangan ballistik raketalariga o'xshash tizimlarda o'zgarish hosil bo'ladi.

O'zining o'lcham qiymatlarini yo'lovchi holat tahlilining asosiga ko'ra kutilmaganda tashqi sharoitning o'zgarishini, yoki tizimni berilgan ishning sifatini saqlagan holda o'zini tutgan tizimlar adaptiv tizimlar deb ataladi. Adaptatsiya termini biologiyadan olingan bo'lib, unda maqsadlarning o'zgaruvchan faoliyatini saqlagan bo'lsa organizm moslanuvchan bo'ladi. Lekin boshqarish nazariyasida adaptatsiya xaqidagi tushunchalar ataylab qisqartirilgan: unga moslanuvchanlikning shunday ko'rinishlari kiradiki, ular boshqaruvchi qurilmaning parametrlarini o'zgartirish yo'li bilan yoki bajargan ishining natijalariga ko'ra tizimning sxemasini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Adaptiv tizimlar ba'zan parametr qiymatlarining o'zgarishiga ko'ra o'zi to'g'rilanuvchan deb ataladi, struktura va boshqarish algoritmi o'zgaruvchan tizimlar esa o'zi tashkillanuvchan adaptiv tizimlar deb ataladi.

Rostlashning asosiy qonunlari. Ob'ektda boshqaruvchi ta'sir inersionsiz boshqarish qurilmasi yordamida ishlab chiqilsa boshqarish qonunlari o'zaro bog'liq bo'ladi.

Qonunlarni ta'riflashda o'lchamsiz o'zgaruvchan ta'sirlarni qo'llash ancha oson bo'ladi:

$$\varepsilon = \Delta x / x_a \quad \mu = U / U_a \quad \text{bu erda } x_b \text{ va } U_b \text{ bazaviy qiymat.}$$

Proporsionallik qonuni: $\mu = k_p \varepsilon$

Regulyator shu qonunga bo'ysungan xollarda boshqarishni boshqarishni proporsional deb atash mumkin. O'zgarmas k_p -regulyatorning uzatishlar soni deyiladi, teskari kattaliklar esa regulyatorning statizmi deyiladi. Regulyatorning statizmi o'sishi bilan birga roslash statizmi xam o'sib boradi.

Integral qonuni (I):

$$\mu = \frac{1}{T} \int_0^1 \varepsilon dt \quad \text{ili} \quad d\mu/dt = \varepsilon/T$$

O'zgarmas vaqt birligi T ni integrallashning o'zgarmas vaqti deb ataladi. Astatik integral regulyator yordamida ko'rilayotgan oddiy astatik roslash sxemasini amalga oshiriladi.

Proporsional-integral qonun (PI):

$$\mu = k_p \left(\varepsilon + \frac{1}{T} \int_0^1 \varepsilon dt \right)$$

Ba'zan uni integral korreksiyalashning proporsional qonuni deb ataladi. Proporsional-integral regulyator astatik roslashni xam ta'minlaydi. Bunda tenglamaning $d\mu/dt = k_p (d\varepsilon/dt + \varepsilon/T)$ ko'rinishga kelishiga ishonish mumkin.

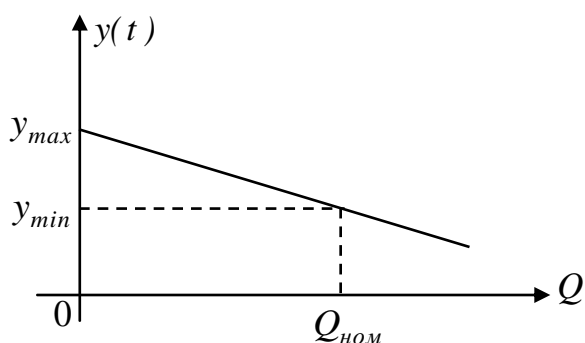
Muvozanatlilik $\varepsilon = 0$ bo'lganda o'zgarmas xarakatlarning muvozanat xolati $d\mu/dt = 0$; $d\varepsilon/dt = 0$ bo'lishi kerak. Proporsional-integral-differensial qonun (PID).

T_I va T_D integrallash va differensiallashning o'zgarmas vaqti deb ataladi. Proporsional-integral-differensial regulyator astatik roslashni xam ta'minlaydi. Jarayonning sifatini oshirish uchun roslash qonuniga $d\varepsilon/dt$ kiritiladi.

MA'RUZA №5
AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMALARDAGI TA'SIRLAR VA
SIGNALLAR XARAKTERISTIKALARI. ABS ELEMENTLARINI STATIK
XARAKTERISTIKALARI, CHIZIQLANTIRISH.

Statik va astatik rostdash

Yuklamaning har qanday muvozanat qiymatiga boshqariluvchi kattalikning yangi muvozanat qiymati to'g'ri kelsa, bunday rostdashga *statik rostdash* deyiladi.



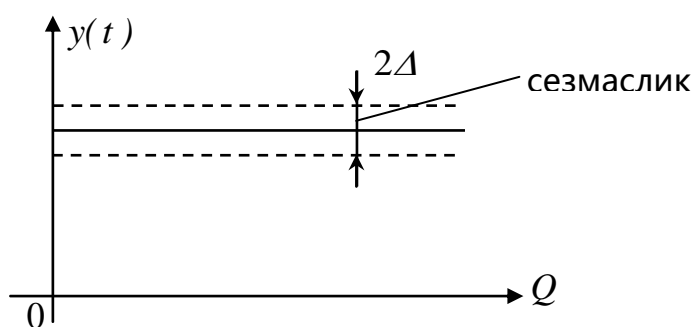
3.1-rasm. Statik rostdash.

$$\delta_{cm} \% = \frac{y_{max} - y_{min}}{y_{min}} \cdot 100\% - \text{statizm, } Q - \text{yuklama.}$$

Yuklamaning har qanday muvozanat qiymatiga boshqariluvchi kattalikning bir xil qiymati to'g'ri kelsa, bunday boshqarishga *astatik boshqarish* deyiladi.

Astatik sistemalarda boshqariluvchi kattalik bilan boshqariluvchi organ o'rtasidagi bog'liqlik yo'qotilgan bo'lib, bu bog'lanish sistemaga quyidagicha astatik zveno kiritilishi bilan amalga oshiriladi.

Integrallash amalini bajaruvchi elementga *astatik zveno* deyiladi.



2-рasm. Астатик ростлаш.

ABSlarning dinamik va statik tenglamalari

ABSlar asosan ikkita rejimda ishlaydi: statik (barqaror) va dinamik.

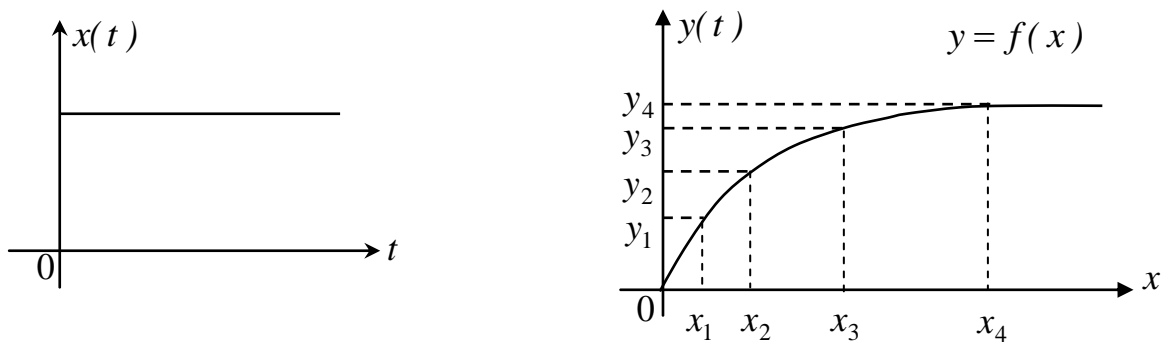
ABSlari statik (barqaror) rejimda ishlaganda:

a) Ob'ektga kiruvchi moda yoki energiya miqdori, undan chiqadigan moda yoki energiya miqdoriga teng bo'g'ishi kerak, $x=y$.

b) Rostlanuvchi yoki boshqaruvchi parametr vaqt davomida o'zgarmas bo'lishi kerak ya'ni $y(t)=const$.

v) ABSsining rostlash organi harakatsiz turishi kerak.

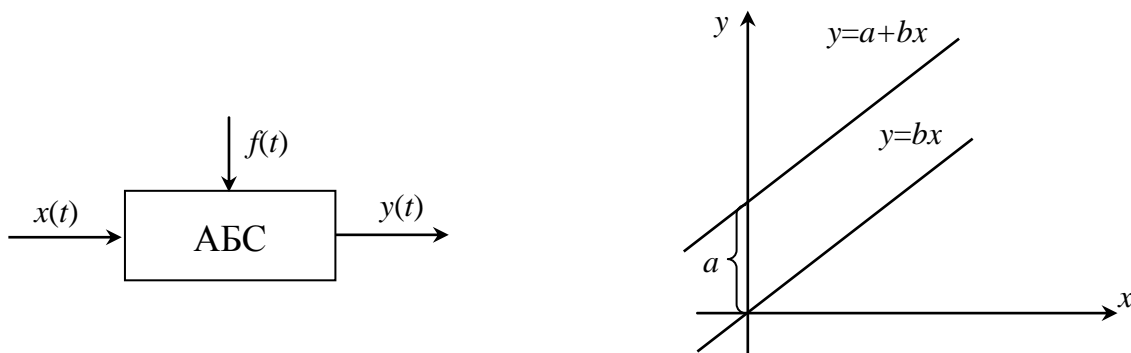
Statik rejimda kirish kattaligi bilan chiqish kattaligi grafik ko'rinishda yoki ma'lum algebraik tenglama ko'rinishida berilishi mumkin. Agar chiqish kattaligi kirish kattaligi bilan Chiziqli bog'langan bo'lsa, shu bog'danishni ifodalovchi tenglama to'g'ri *Chiziqli tenglama* deyiladi, ya'ni $y=b+ax$, $y=ax$. Sistemaning turg'un holatini ifodalovchi sistemaga *statik tenglama* deyiladi.



3-rasm.

Sistemaning asosiy ish rejimi bu dinamik rejim hisoblanadi. Chunki bu rejimda sistemaga har xil signallar ta'sir etib, sistema harakatda bo'ladi va bu harakat differensial tenglama orqali ifodalanadi.

Sistemaning dinamik holatini ya'ni (o'tkinchi jarayon) holatini ifodalovchi tenglamaga *dinamik tenglama* deyiladi.



4-rasm.

Demak dinamik rejimni ifoda etuvchi differensial tenglama shu holatning o'zini, harakat tezligini hamda harakatning tezlanishini ifoda etadi.

$$F(y, \dot{y}, \ddot{y}, x, \dot{x}) + f = 0, \quad (1)$$

bunda x, f – kirish kattaligi; y – chiqish kattaligi. (1) tenglama dinamik rejimning tenglamasi.

Statik rejimda esa, $y=const$; $x= const$;

$$F(y;0;0;0;x;0) + f = 0. \quad (2)$$

Chiziqlantirish

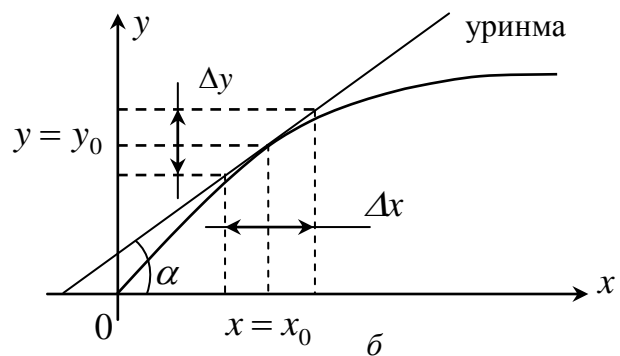
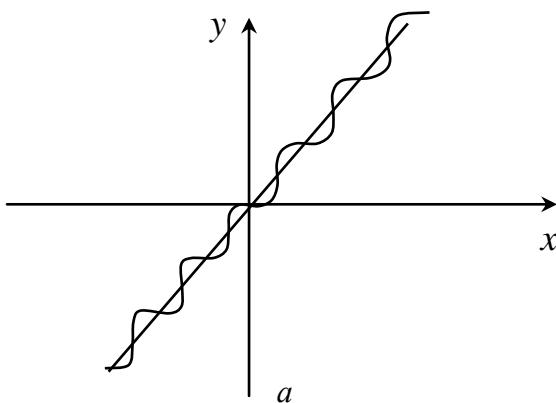
Chiziqlantirish ikki xil bo‘ladi:

1. o‘rtacha qiymatni olish usuli;
2. kichik og‘ish usuli.

Real sharoitlarda ABSlarni elementlari egri Chiziqli xarakterga ega. Demak u elementlardagi jarayonlar noChiziqli differensial tenglama bilan ifodalaniladi. NoChiziqli differensial tenglamalarning umumiy echimi bo‘lmaganligi sababli bu elementlarning xarakteristikalarini Chiziqli differensial tenglamalar bilan almashtiriladi.

NoChiziqli differensial tenglamani Chiziqli differensial tenglama bilan almashtirish Chiziqlantirish deyiladi.

1. Agar egri Chiziqli shunday ko‘rinishda bo‘lsa, o‘rtacha qiymatni olish usuli qo‘llaniladi (5a-rasm).



5-rasm. O‘rtacha qiymatni olish usuli (a) va kichik og‘ish usuli (b) tavsiflari.

2. *Kichik og‘ish usuli.* Bu usulda elementning statik xarakteristikasi $y=f(x)$ kirish signalining ma’lum x_0 qiymatida Teylor qatoriga yoyiladi (b-rasm).

$$y = y_0 + \frac{dy}{dx} \Delta x + \frac{d^2 y}{dx^2} \Delta x^2 + \frac{d^3 y}{dx^3} \Delta x^3 + \dots$$

Agar $\Delta x \rightarrow 0$ ikkinchi va uchinchi tartibli tenglamalar nolga teng bo‘lib tenglama $y = y_0 + \frac{dy}{dx} \Delta x$ bo‘li qoladi, u holda $\Delta y = y - y_0 = \frac{dy}{dx} \Delta x$; $\Delta y = \alpha \cdot \Delta x$.

Chiziqlantirishning bu usullarini qo‘llash shartlari:

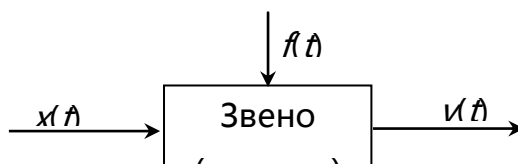
1. $\Delta x, \Delta y$ - juda kichik bo‘lishi kerak;
2. $y = f(x)$ - funksiya uzluksiz funksiya bo‘lishi kerak.

MA'RUZA №6
LAPLAS ALMASHTIRISHINING ASOSIY XOSSALARI.

Tipik kirish signallari

Sistemada bo'layotgan jarayonni o'rganish uchun uni ifoda etuvchi differensial tenglamaning echimini yoki bu tenglamani qandaydir yo'l bilan topish kerak.

Buning uchun kirish signali vaqtga bog'liq bo'lishi shart. ABSlarida $x(t)$ va $f(t)$ signallarini kirish signallari deyiladi, $y(t)$ ni chiqish signali yoki kirish signalidan olingan reaksiya deb ataladi.



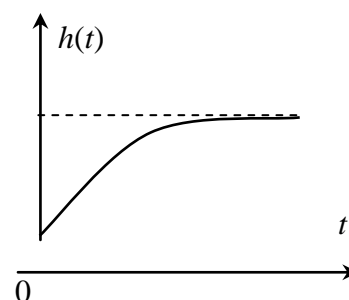
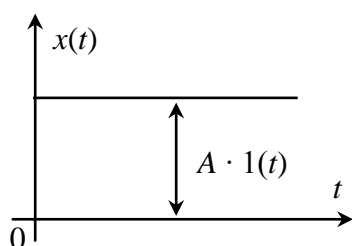
1 – rasm.

Sistemaning dinamik xususiyatlarini aniqlashtirishda quyidagi tipik kirish signallaridan foydalaniladi:

1. *Birlik pog'onali signal yoki pog'onali funksiya.*

$x(t) = A \cdot 1(t)$ bilan ifodalanib, $A = \text{const}$

$$1(t) = \begin{cases} 1 & \text{azap } t \geq 0 \\ 0 & \text{azap } t < 0 \end{cases} \text{ birlik pog'onali funksiya}$$



2 – rasm.

$$x(t) = \begin{cases} A \cdot 1(t) & \text{azap } t \geq 0 \\ 0 & \text{azap } t < 0 \end{cases} \text{ bu degani o'zgarmas kuchlanish ulash deganidir.}$$

Misol sifatida o'zgarmas tokni ulashni keltirish mumkin.

Sistemaga yoki zvenoning pog'onali signaldan olingan reaksiyasiga *o'tkinchi xarakteristika* deb ataladi va $h(t)$ bilan belgilanadi.

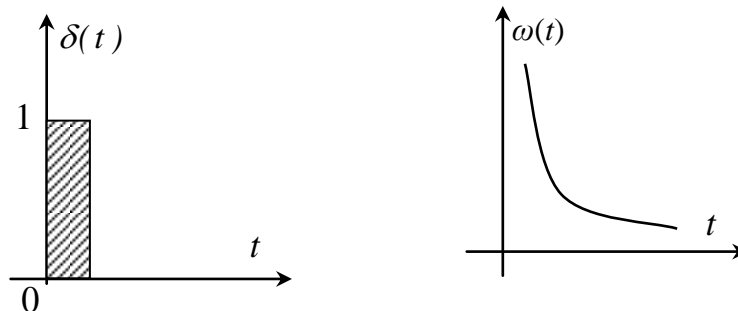
Pog'onali signal Laplas tasviri $L\{A \cdot 1(t)\} = A \frac{1}{p}$;

2. *Impul'sli signal (funksiya).*

$$x(t) = A \cdot \delta(t), \quad A = \text{const.}$$

$\delta(t)$ ning amplitudasi 0 da ∞ ga teng bo'lib, davomiyligi cheksiz kichik bo'lgan funksiyaga aytiladi.

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty & \text{azap } t = 0; \\ 0 & \text{azap } t \neq 0. \end{cases} \quad \int_0^{\infty} \delta(t) dt = 1$$



3 – rasm.

$\delta(t)$ ning Laplas tasviri birga teng, ya'ni $L\{\delta(t)\} = 1$.

Sistema yoki zvenoning birlik impulsli funksiyadan olingan reyaksiyaga *impulsli o'tkinchi xarakteristika* yoki *vazn funksiyasi* deyiladi va $\omega(t)$ bilan belgilanadi.

3. *Garmonik (sinusoidal) signal (funksiya).*

Bu signal kaqiqiy yoki kompleks ko'rinishda bo'lishi mumkin

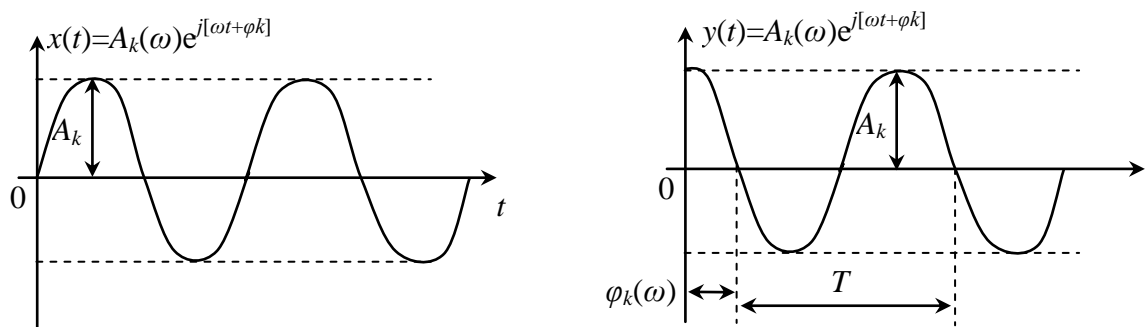
$$x(t) = A_k(\omega) \sin(\omega t + \varphi_k(\omega));$$

$$x(t) = A_k(\omega) \cos(\omega t + \varphi_k(\omega)).$$

$$\dot{x}(t) = A_k(\omega) [\cos(\omega t + \varphi_k) + j \sin(\omega t + \varphi_k)] = A_k(\omega) e^{j(\omega t + \varphi_k)} - \text{kompleks ko'rinishi.}$$

$A_k(\omega) = 1$ - kirish signallarining amplitudasi; $\varphi_k(\omega) = 0$ - kirish signalining fazasi; ω - chastotasi, $\omega = \frac{2\pi}{T}$; T - davr, $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

Chiziqli statsionar bir o'lchamli sistemaning kirishiga $x(t) = A_k(\omega) e^{j(\omega t + \varphi_k(\omega))}$ signal ta'siri berilganda uning chiqishidagi majburiy tebranishlari kirish signalining tebranishlari chastotasiga teng chastota bilan tebranish kosil qiladi. Lekin chiqish tebranishlari amplitudasi $A_k(\omega)$ va fazasi $\varphi_k(\omega)$ kirish tebranishlari amplitudasi va fazasidan farqli bo'lgan garmonik qonun bo'yicha o'zgaradi.



4 – rasm.

Sistema yoki zvenoning garmonik signaldan olingan reaksiyasiga *chastotaviy xarakteristika* deyiladi.

- 4) $x(t) = A * t$ – chiziqli signallar.
- 5) $x(t) = A * t^2$ – kvadrat signallar.
- 6) $x(t) = A * t^3$ – kub signallar.

ABS larning chastotaviy xarakteristikalari

Chiziqli statsionar sistemalarni tasvirlashda chastotali xarakteristikalar juda muhim rol o'ynaydi. Bir o'lchamli chiziqli statsionar sistemaning umumiy ko'rinishdagi operator tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n) y(p) = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m) x(p).$$

Uzatish funksiyasining ta'rifiga ko'ra

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n} = \frac{P(p)}{Q(p)}.$$

$W(j\omega)$ funksiyaning uzatish funksiyasi $W(p)$ dan $p = j\omega$ bilan almashtirish orqali olinadi va *chastotaviy uzatish funksiyasi* deyiladi

$$W(j\omega) = \frac{b_0 (j\omega)^m + b_1 (j\omega)^{m-1} + b_2 (j\omega)^{m-2} + \dots + b_m}{a_0 (j\omega)^n + a_1 (j\omega)^{n-1} + a_2 (j\omega)^{n-2} + \dots + a_n}.$$

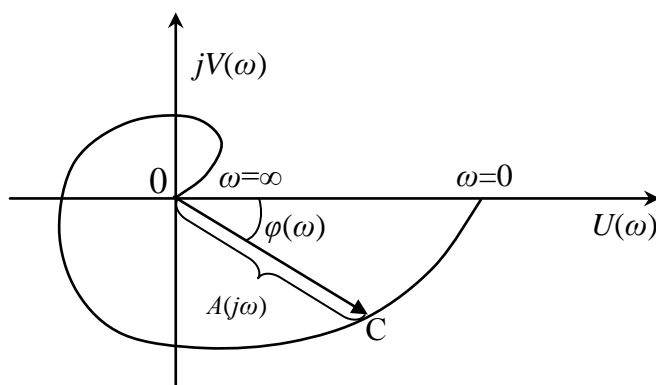
Chastotaviy uzatish funksiya $W(j\omega)$ chatota deb ataluvchi kaqiqiy o'zgaruvchi « ω » ga bog'liq bo'lgan kompleks funksiyadir.

$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$ - algebraik ko'rinishi;

$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$ - darajali ko'rinishi,

bu erda $U(\omega)$ - kaqiqiy qism; $V(\omega)$ - mavkum qism; $A(\omega)$ - amplituda; $\varphi(\omega)$ - faza.

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} ; \varphi(\omega) = \text{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)}$$



8 – rasm.

Kompleks tekisligida $W(j\omega)$ funksiyasini \overline{OC} vektor orqali ifodalash mumkin. Bu vektorning uzunligi chastotali uzatish funksiyasining amplitudasi « A »ga vektorning kaqiqiy musbat oq bilan xosil qilgan burchagi fazasi « φ »ga teng bo'ladi (1-rasm).

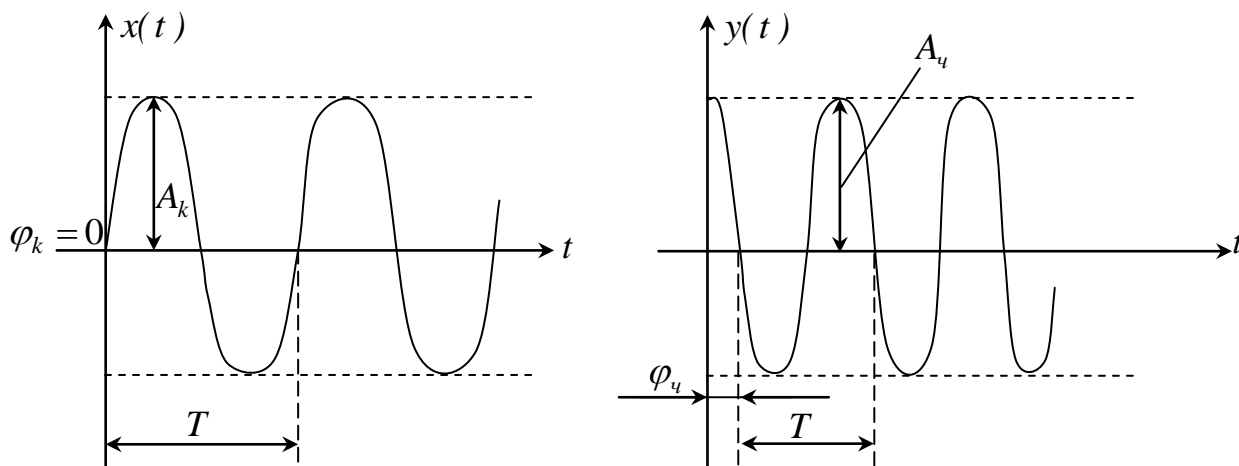
CHastota noldan chiksiz ($0 < \omega < \infty$) oraliqda o'zgarganda \overline{OC} vektorning kompleks tekisligida chizgan egri chizig'iga *amplituda-fazali xarakteristika* (AFX)

deyiladi, yoki boshqa qilib aytganda AFX deb kompleks tekisligida chastotaning o'zgarishiga qarab amplituda va fazaning o'zgarishiga aytish mumkin.

CHastotali uzatish funksiyasining *amplitudasi* chiqish signalining amplitudasini kirish signalining amplitudasiga nisbatan necha marotaba kattaligini ko'rsatadi. CHastotali uzatish funksiyasining moduli amplitudasini beradi, ya'ni

$$A(\omega) = \text{mod } W(j\omega) = \frac{A_u(\omega)}{A_k(\omega)}; \text{ chastotali uzatish funksiyasining argumenti chiqish va}$$

kirish signallari orasidagi burchak siljishini ko'rsatadi, ya'ni $\varphi(\omega) = \arg W(j\omega)$;



9 – rasm.

$$W(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = \frac{A_u(\omega)e^{j[\omega t + \varphi_u]}}{A_k(\omega)e^{j[\omega t + \varphi_k]}} = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

$A(\omega)$ - kuchaytirishning amplitudasi

$$A(\omega) = \frac{A_{\text{chik}}(\omega)}{A_{\text{kir}}(\omega)}; \varphi(\omega) = \varphi_{\text{chik}} - \varphi_{\text{kir}}.$$

$W(j\omega)$ - amplituda fazaviy xarakteristika (AFX);

$U(\omega)$ - kaqiyiy chastotaviy xarakteristika (KCHX);

$V(\omega)$ - mavkum chastotaviy xarakteristika (MCHX);

$A(\omega)$ - amplituda chastotaviy xarakteristika (ACHX);

$\varphi(\omega)$ - faza chastotaviy xarakteristika (FCHX).

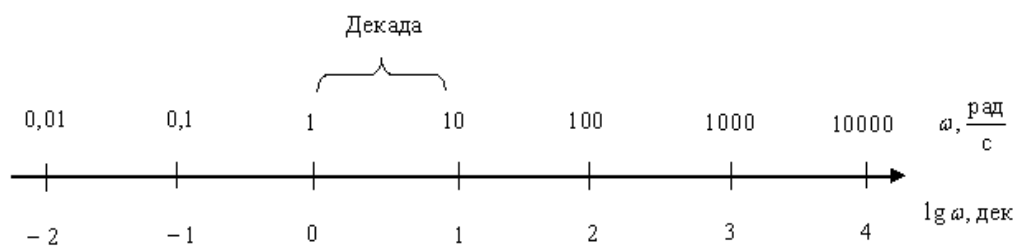
Bu xarakteristikalarning kammasi oddiy chiziqli masshtabda chiziladi. YUqoridagi xarakteristikalardan tashqari quyidagi ikkita logarifmik xarakteristika kam mavjuddir.

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$ funksiya - *logarifmik amplituda chastotaviy xarakteristika* (LACHX) deyiladi. Amplitudaning $\lg \omega$ ga nisbatan chizilgan grafigiga *logarifmik amplituda chastotaviy xarakteristika* (LACHX) deyiladi. $\varphi(\omega)$ ni $\lg \omega$ ga nisbatan chizilgan grafigiga *logarifmik fazo-chastotaviy xarakteristika* (LFCHX) deyiladi.

$\lg \omega$ ning o'lchov birligi «dakada», bir dekada chastotaning o'n marta oshishini bildiradi.

$L(\omega)$ ning o'lchov birligi «detsibell» quvvatni o'n marta ko'paytirish bir bellni beradi, ya'ni $1\text{d}\beta = \frac{1}{10} \text{bell}$.

$$L(\omega) = 10 \lg P(\omega) = 10 \lg U \cdot I = 10 \lg A^2(\omega) = 20 \lg A(\omega).$$



MA'RUZA 7.
CHIZIQLI SISTEMALARNI DINAMIK XARAKTERISTIKALARI.
DIFFERENSIAL TENGLAMALAR

REJA:

1. Umumiy tushunchalar. Xolatning differensial tenglamalari.
2. Matematik modelni kurish

Sistemaning *dinamik xarakteristikalari* (matematik modeli) deb vaqt davomida uning holatini aniqlash(hisoblash) imkonini beradigan hamda analitik yoki grafik yoki jadval ko'inishdagi ifodasini tushunamiz.

1. Umumiy tushunchalar. Holatning differensial tenglamalari.

Ko'p hollarda boshqarish obyektining matematik modeli sifatida turli shakllarda ifodalangan differensial tenglamalardan foydalaniladi.

Chiziqli ko'pkanalli obyektlar quyidagi ko'inishdagi tenglamalar sistemasi bilan ifodalanadi:

$$\dot{x} = Ax + Bu. \quad (1)$$

Bu yerda $x \in R^n$ - holat vektori, n – obyektning tartibi; $u \in R^m$ - boshqariladigan ta'sirlar vektori, $m \leq n$; A – koeffitsiyentlarning kvadrat matritsasi; B - koeffitsiyentlarning to'g'riburchakli matritsasi.

(1) tenglama *holatning differensial tenglamalari* deb ataladi..

Obyektning chiqish o'zgaruvchilari quyidagi ko'inishda berilgan *chiqish tenglamasi* ga asosan o'zgaradi

$$y=Cx, \quad (2)$$

Bu yerda $y \in R^m$ - chiqish vektori; C - koeffitsiyentlarning to'g'riburchakli matritsasi.

(1) va (2) tenglamalar *chiziqli statsionar obyekt*ni ifodalaydi. Agar uning parametrlari vaqt bo'yicha o'zgarsa, u holda bunday obyekt **nostatsionar deyiladi**. Uning matematik modeli (1)-(2) lar orqali ifodalanib, bu yerda: $A=A(t)$; $B=B(t)$; $C=C(t)$ munosabatlar o'rinli bo'ladi.

Bir kanalli obyektⁿⁱ tavsiflash uchun skalyar differensial tenglamalardan foydalaniladi:

$$y^{(n)} + a_n y^{(n-1)} + \dots + a_2 \dot{y} + a_1 y = bu, \quad (3)$$

Bu tenglamani ham tegishli o'zgartirishlar kiritgandan so'ng (1) va (2) ko'inishga keltirish mumkin. $u \in R^1$ i $y \in R^1$.

1-Misol. Modeli quyidagi tenglama bilan ifodalangan bir kanalli obyektning holat tenglamasini yozing

$$\ddot{y} + 3\dot{y} + y = u.$$

Yechish:

1) Agar holat o'zgaruvchisi sifatida chiqish parametrini va uning hosilasini tanlasak, ya'ni $x_1 = y$; $x_2 = \dot{y}$, u holda holatning sodda (kanonik) tenglamasini quyidagi ko'rinishda olamiz:

$$\begin{cases} x_1 = x_2; \\ \dot{x}_2 = -x_1 - 3x_2 + u; \\ y = x_1; \end{cases} \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -3 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}; \quad C = [1 \quad 0].$$

2) Agar holat o'zgaruvchilarini quyidagicha tanlasak, ya'ni: $x_1 = y$; $x_2 = \dot{y} + 3y$; u holda holatning yangi tenglamasiga ega bulamiz:

$$\begin{cases} x_1 = -3x_1 + x_2; \\ \dot{x}_2 = -x_1 + u; \\ y = x_1; \end{cases} \quad A = \begin{bmatrix} -3 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}; \quad C = [1 \quad 0].$$

Umumiy xolda birkanalli obyekt kuyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$y^{(n)} + a_n y^{(n-1)} + \dots + a_1 y = b_m u^{(m)} + \dots + b_0 u; \quad n \geq m, \quad (4)$$

Bu tenglamadan (1)-(2) kurinishdagi vektorli –matritsali tenglamalar sistemasi utish mumkin.

Bu utishni kuyidagi misolda kurish mumkin.

2-misol. **Matematik modeli** $\ddot{y} + \dot{y} + 3y = 2\dot{u} + u$. **tenglama bilan ifodalanadigan obyektning xolat tenglamasini yezing.**

Yechish:

Xolat uzgaruvchilarini kuyidagicha tanlab $x_1 = y$, $x_2 = \dot{y} - 2u$ xolat tenglamasi va obyektning matritsasiga ega bulamiz:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + 2u; \\ \dot{x}_2 = -3x_1 - x_2 + 3u; \\ y = x_1; \end{cases} \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -3 & -1 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \end{bmatrix}; \quad C = [1 \quad 0].$$

Shunday kilib, chizikli boshkarish obyektlarining dinamik xarakteristikalari sifatida (1) - (2), (3), yeki (4) kurinishdagi differensial tenglamalardan foydalaniladi.

3. Matematik modellarni qurish

Obyektning matematik modelini qurish protsedurasini quyidagi etaplarga bo'lish mumkin:

- **Obyektning gnoseologik (xayoliy) modelini qurish.** Berilgan texnik topshiriqdan so'ng yoki obyektning ishlash rejimlarini o'rgangandan so'ng muhandisda dastlab obyektning modeli haqida xayoliy tasavvur paydo bo'ladi. Keyinroq bu xayoliy model aniqlashtirilib, matematik model ko'rinishigakeltiriladi.
- Obyektning xarakterini ifodalaydigan **erksiz(bog'liqsiz) o'zgaruvchilar** aniqlanadi va ularning o'lchovlariga aniqlik kiritiladi. Bunda boshqariluvchi ta'sirlarning soni chiqish o'zgaruvchilar sonidan kichik bo'lmasligi, ya'ni ($\dim u \geq \dim y$) bo'lishi shart. Holat o'zgaruvchilarini o'lchovi chiqish o'zgaruvchilar o'lchovidan kichik bo'lmasligi, ya'ni ($\dim x \geq \dim y$) bo'lishi

shart. G'alayonli ta'sirlar o'lchovi M –ixtiyoriy bo'lib hamda y, x, u o'lchovlari bilan umumun bog'liq emas.

- Obyektda ro'y beradigan jarayonlarning **fizik qonuniyatlari aniqlanadi.**
- Obyektning tenglamasi, avtomatik boshqarish nazariyasi nuqtai-nazaridan, **standart ko'rinishga keltiriladi.**

Matematik model, uni qurish jarayonidagi farazlar hamda soddalashtirishlar hisobiga ko'ra, hech qachon o'rganiladigan obyektning aynan va to'la qonli ifodalaymaydi. Shuning uchun, qo'yilgan maqsadga bog'liq ravishda, quriladigan matematik modellar bir-biridan farq qilishi mumkin.

Xulosa qilib aytganda obyektning modeli qurishda, bir-biriga o'ta zid bo'lgan quyidagi:

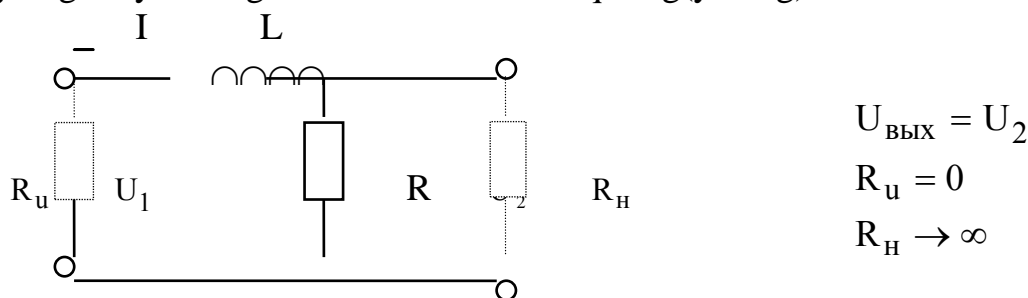
1) model haqiqiy sistemani barcha xossalari to'la qonli ifodalashi ;

2) turli tadqiqotlar olib borilishi uchun u murakkab bo'lmasda, sodda ko'rinishga ega bo'lishi

kerak degan talablar o'rtasidagi kompromiss variantni izlash kerak.

3-Misol.

Quyidagi obyektning matematik modelini quring(yozing)



$$\begin{aligned} U_{\text{BYIX}} &= U_2 \\ R_u &= 0 \\ R_H &\rightarrow \infty \end{aligned}$$

1- Rasm. Obyektning sxemasi.

Obyektdagi jarayonlar Kirxgof qonunlari asosida o'zgarsa, ya'ni:

$$U_1 = LI + RI ;$$

$$U_2 = RI ;$$

ABN nuqtai-nazaridan obyektning standart tavsifiga o'tamiz. Buning uchun chiqish miqdori sifatida U_2 kuchlanishni tanlab, ya'ni $y = U_2$; boshqaruvchi ta'sir sifatida U_1 ($u = U_1$) kuchlanish, g'olat o'zgaruvchisi sifatida esa - tok, ($x = I$) zanjirda oqadigan tokni belgilaymiz. Kiritilgan belgilashlardan so'ng obyektning tenglamasini quyidagicha yozib olamiz::

$$\begin{cases} L\dot{x} + Rx = u ; \\ y = Rx ; \end{cases}$$

Bundan so'ng esa holat tenglamasini hosil qilamiz:

$$\begin{cases} \dot{x} = ax + bu; \\ y = cx; \end{cases} \quad \text{bu yerda } \text{где } a = R/L, b = 1/L, c = R.$$

ABSlarining zvenolari har xil fizikaviy tabiatga, ishlash prinsipiga, konstruktiv formaga hamda sxemalarga bo‘linishi mumkin. Lekin bu zvenolarning dinamik xususiyatlarini o‘rganishda, tadqiq qilishda uning chiqishidagi hamda kirishidagi kattaliklarni bog‘lovchi tenglama muhim rol o‘ynaydi.

Matematik ifodasi differensial tenglama bilan ifodalanadigan zvenolarga *dinamik zveno* deyiladi.

Tipik dinamik zveno deb, tartibi ikkidan yuqori bo‘lmagan differensial tenglama bilan ifodalanadigan zvenolarga aytiladi. Ularga asosan quyidagi zvenolar kiradi:

1. *Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno.*
2. *Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.*
3. *Ideal integrallovchi zveno.*
4. *Ideal differensiallovchi zveno.*
5. *Tebranuvchi zveno.*
6. *Birinchi tartibli tezlatuvchi zveno.*
7. *Ikkinchi tartibli tezlatuvchi zveno.*

Quyida shu zvenolarning vaqt hamda chastotali xarakteristikalarini ko‘rib chiqamiz.

1. Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno. Bu zvenoning umumiy tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$y(t) = K \cdot x(t), \quad (1)$$

bu erda K – uzatish koeffitsienti.

Bunday zvenoning chiqishidagi kattalik kirishidagi kattalikka nisbatan proporsional ravishda o‘zgaradi.

Bu zvenoga elektron kuchaytirgich, potensiometr, taxogenerator kabi elementlar misol bo‘la oladi (1-rasm.)

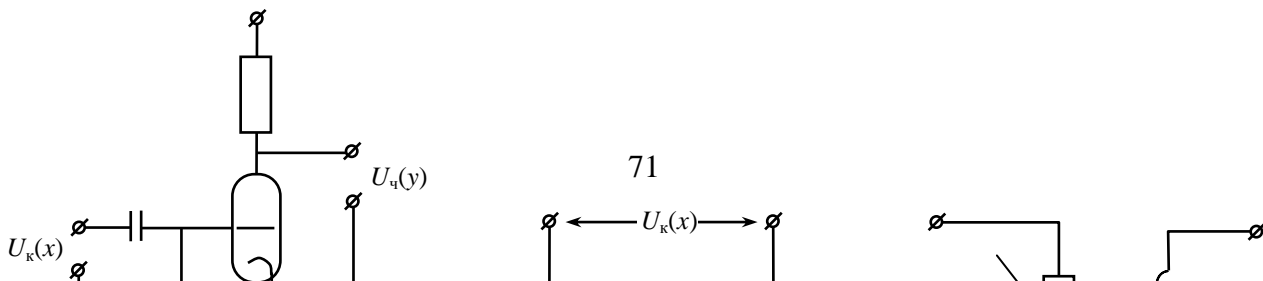
(1) tenglamaga Laplas almashtirishlarini kiritamiz

$$y(p) = K \cdot x(p), \quad (2)$$

bundan

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = K. \quad (3)$$

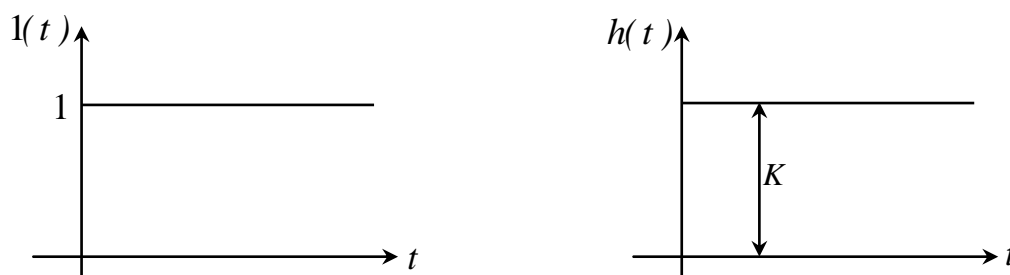
SHunday qilib, proporsional zvenoning uzatish funksiyasi kuchaytirish koeffitsienti « K » ga teng bo‘ladi.



1-rasm. Elektron kuchaytirgich (a); potensiometr (b); taxogenerator (v), bu erda « ω » o'qning aylanish tezligi.

Uzatish funksiyasi orqali zveno yoki sistemaning vaqt xarakteristikalarini aniqlash mumkin

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ K \frac{1}{p} \right\} = K \cdot 1(t). \quad (4)$$

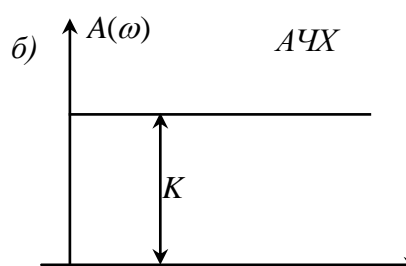
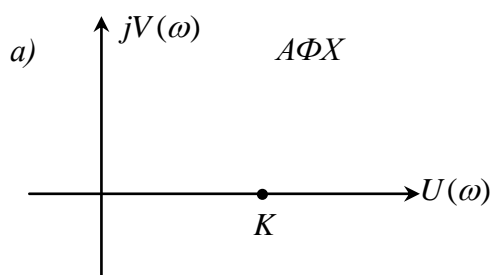


CHastotaviy uzatish funksiyasini aniqlash uchun uzatish funksiyasi $W(p)$ da « p » ni « $j\omega$ » bilan almashtiriladi

$$W(j\omega) = K; \quad A(\omega); \quad \varphi(\omega) = 0,$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K.$$

Bu zvenolarning chastotali xarakteristikalari 2-rasmda keltirilgan.



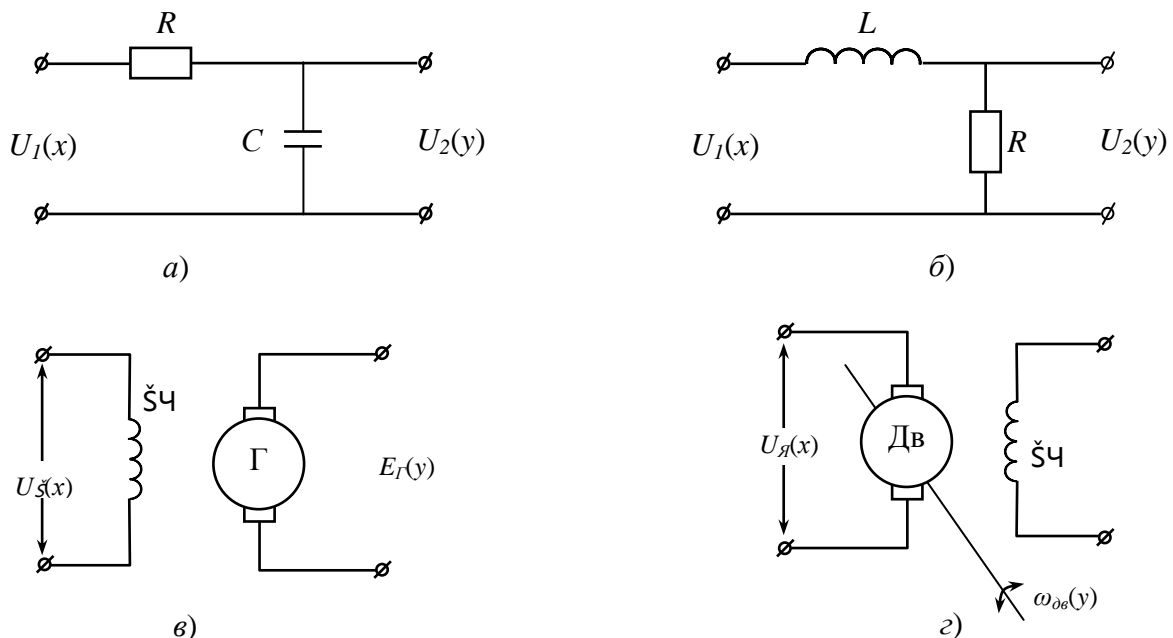
2-rasm. Amplituda-fazali (a); amplituda-chastotali (b); faza-chastotali (v); logarifmik amplituda chastotali (g) xarakteristikalar.

2. Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno. Bu zvenoning tenglamasi qo‘yidagi ko‘rinishga ega.

$$y(t) + T \frac{dy(t)}{dt} = K \cdot x(t) \quad (5)$$

bu erda K – uzatish koeffitsienti; T – vaqt doimiyliigi.

RC, RL – zanjirlari, o‘zgarmas tok generatori va dvigatellari bu zvenoga misol bo‘la oladi (3-rasm).



3-rasm. RC zanjiri (a); LR zanjiri (b); o‘zarmas tok generatori (v); o‘zarmas tok dvigateli (g).

(5) tenglamaga Laplas o‘zgartirishini kiritib, bu zvenoning uzatish funksiyasini aniqlaymiz

$$y(p) + Tp \cdot y(p) = Kx(p),$$

bundan

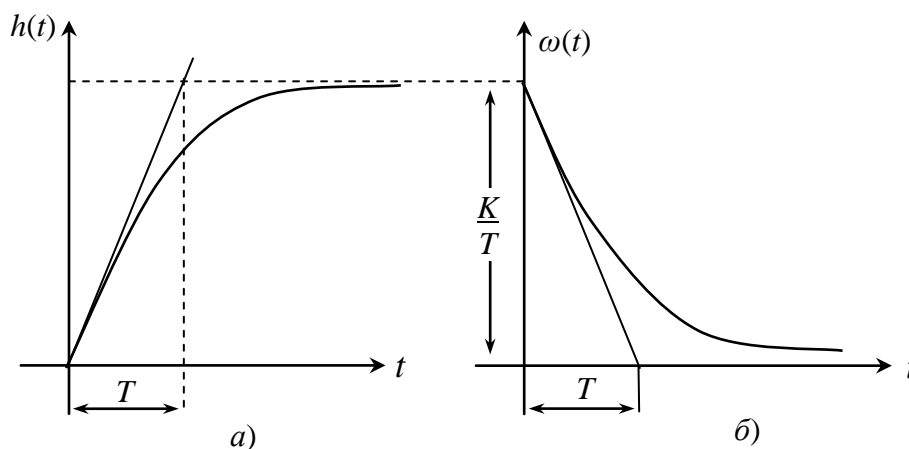
$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{1+Tp}. \quad (6)$$

Inersial zvenoning o'tkinchi funksiyasi

$$h(t) = L^{-1}\left\{W(p) \frac{1}{p}\right\} = L^{-1}\left\{\frac{K}{1+Tp} \cdot \frac{1}{p}\right\} = K(1 - e^{-\frac{t}{T}})1(t) \quad (7)$$

eksponenta qonuni bo'yicha o'zgaradi (4-rasm). Impulslil o'tkinchi funksiyani quyidagicha aniqlash mumkin (4b-rasm).

$$\omega(t) = h'(t) = L^{-1}\{W(p)\} = L^{-1}\left\{\frac{K}{1+pT}\right\} = \frac{K}{p} e^{-\frac{t}{T}} 1(t) \quad (8)$$



4-rasm. O'tkinchi xarakteristika (a); impulslil o'tkinchi xarakteristika (b).

Zvenoning chastotali uzatish funksiyasini hamda uning chastotali xarakteristikalarini aniqlash uchun uzatish funksiyasi $W(p)$ da « p »ni « $j\omega$ » bilan almashtirish kerak (5-rasm).

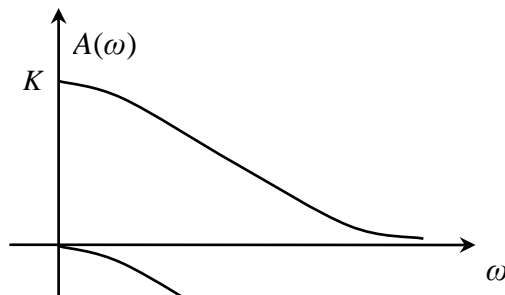
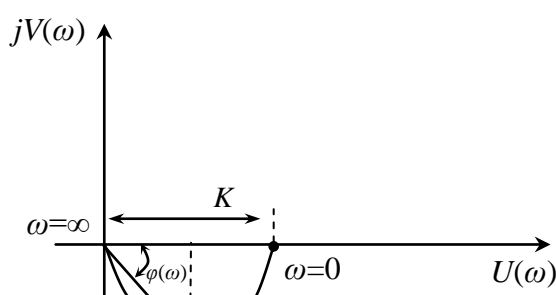
$$W(j\omega) = \frac{K}{1+j\omega T} = \frac{K(1-j\omega T)}{(1+j\omega T)(1-j\omega T)} = \frac{K}{1-\omega^2 T^2} - j \frac{K\omega T}{(1+\omega^2 T^2)} = U(\omega) + jV(\omega)$$

$$U(\omega) = \frac{K}{(1-\omega^2 T^2)} - \text{haqiqiy qism};$$

$$V(\omega) = \frac{K\omega T}{(1+\omega^2 T^2)} - \text{mavhum qism}.$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{k}{\sqrt{1+\omega^2 T^2}};$$

$$\varphi(\omega) = \text{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\text{arctg} \omega T;$$



5-rasm. Amplituda-fazali xarakteristika (a); amplituda-chastotali va faza-chastotali xarakteristika (b).

Zvenoning logarifmik amplituda chastotali xarakteristikasi (LACHX) quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

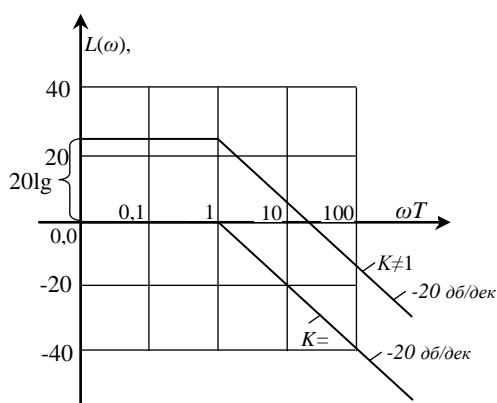
$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \left[\frac{K}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \right] = 20 \lg k - 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2 T^2}.$$

Bu zvenoning asimptotik LACHXni

$$L_a(\omega) = \begin{cases} 20 \lg K, & 0 < \omega < 1 \text{ ёки } 0 < \omega < \frac{1}{T} \text{ булганда,} \\ 20 \lg K - 20 \lg \omega T, & \omega T > 1 \text{ ёки } \omega > \frac{1}{T} \text{ булганда,} \end{cases}$$

tenglama bilan ifodalanadi.

SHunday qilib, chastotaning $0 < \omega < \frac{1}{T}$ oralig'idagi qiymatlarida $K=1$ bo'lganda $L(\omega)$ xarakteristikasi absissa o'qi bilan mos tushadi, chunki $L(\omega) = 20 \lg 1 = 0$. Agar $K \neq 1$ bo'lsa, unda shu chastota oralig'ida $L(\omega)$ xarakteristikasi $20 \lg K$ balandlikda absissa o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziq bo'ladi. $\omega T > 1$ yoki $\omega > \frac{1}{T}$ bo'lganda $L_a(\omega) = -20 \lg \omega T$ ga teng bo'ladi (6-rasm).



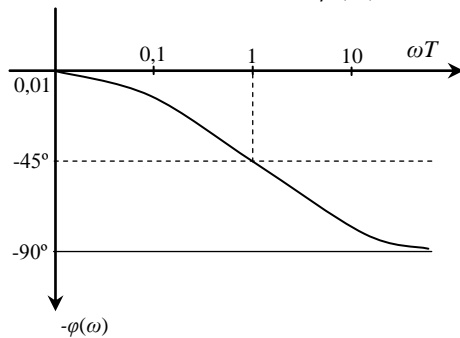
$$\begin{aligned} \omega T = 1, & \quad L(\omega) = 0 \text{ dB}; \\ \omega T = 10, & \quad L(\omega) = -20 \text{ dB}; \\ \omega T = 100, & \quad L(\omega) = -40 \text{ dB}. \end{aligned}$$

6-rasm.

Shunday qilib, inersial zvenoning LACHX si tutash chastota $\omega = \frac{1}{T}$ yoki $\omega T = 1$ gacha hech qanday o'zgarishsiz qoladi vash u chastotadan keyin -20 db/dek og'ish bo'yicha o'zgaradi.

Haqiqiy LACHX $L(\omega)$ asimptotik $L_a(\omega)$ xarakteristikadan birmuncha farq qiladi va bu farq faqat tutash chastota $\omega = \frac{1}{T}$ yoki $\omega T = 1$ da eng kata qiymatga ega bo'lib, u taxminan $-3,03$ db ga teng, ya'ni $L(\omega) = L(1) = -20 \lg \frac{1}{\sqrt{1+(1)^2}} = -20 \lg \frac{1}{\sqrt{2}} = -3,03 \text{ db}$.

Amaliyotda LACHX ni aniq ko'rish talab qilinmaydi. SHuning uchun uni ikkita bir-biri bilan tutushgan to'g'ri chiziq ko'rinishida quriladi. Logarifmik faza-chastotali xarakteristika $\varphi(\omega) = -\arctg \omega T$ ifoda yordamida aniqlanadi (7-rasm).



$$\begin{aligned} \omega T = 0, & \quad \varphi(\omega) = 0^\circ; \\ \omega T = 1, & \quad \varphi(\omega) = -45^\circ; \\ \omega T = \infty, & \quad \varphi(\omega) = -90^\circ. \end{aligned}$$

7 – rasm.

Tutash $\omega = \frac{1}{T}$ yoki $\omega T = 1$ chastotada $\varphi(\omega) = -\arctg 1 = -45^\circ$ ga teng bo'lib, shu chastotaga nisbatan LFCHX ning simmetriyaligi uning o'ziga xos xarakterli fazilati hisoblanadi.

3. Ideal integrallovchi zveno. Bu zveno

$$y(t) = K \int_0^t x(t) dt, \quad (9)$$

tenglama bilan ifodalanadi. Bu erda K – uzatish koeffitsienti. Unga elektr sig'im, induktivlik, aylanma o'q va x.k. misol bo'la oladi.

(9) tenglamani Laplas bo'yicha tasviri qo'yidagi ko'rinishga ega:

$$y(p) = \frac{K}{p} x(p), \quad (10)$$

zvenoning uzatish funksiyasi

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{p}. \quad (11)$$

Bu zvenoni yana astatik zveno deb ham yuritiladi.

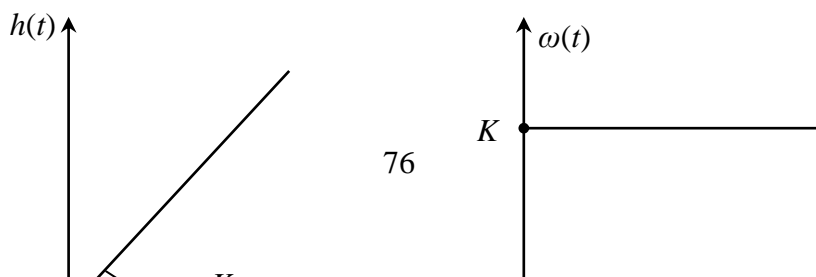
Integral zvenoning o'tkinchi funksiyasi

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{K}{p} \cdot \frac{1}{p} \right\} = K \cdot t \cdot 1(t) \quad (12)$$

va impulsli o'tkinchi funksiyasi (vazn funksiyasi)

$$\omega(t) = h'(t) = K \quad (13)$$

8b-rasmda keltirilgan.

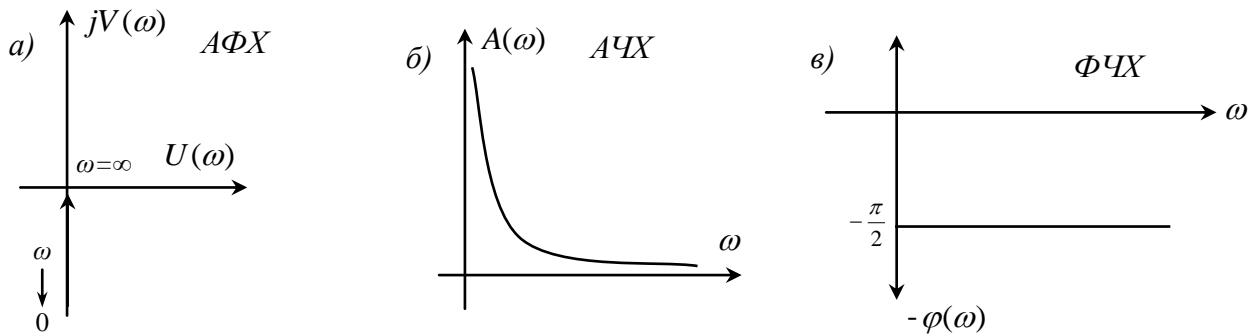


8-rasm. O‘tkinchi xarakteristika (a); impulsli o‘tkinchi xarakteristika (b).

Integral zvenoning chastotali uzatish funksiyasi

$$W(j\omega) = \frac{K}{j\omega} = \frac{K}{\omega} e^{-j\frac{\pi}{2}} \quad (14)$$

bo‘lib, unda $A(\omega) = \frac{K}{\omega}$ – amplituda chastotali funksiya; $\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$ – faza chastotali funksiyalar (9-rasm).

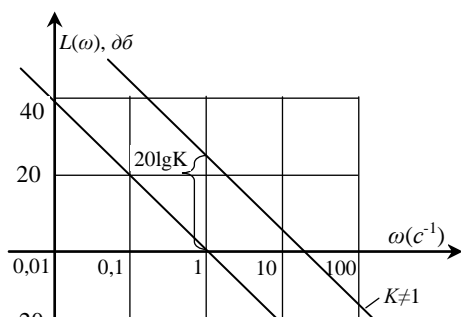


9-rasm. Amplituda-fazali (a); amplituda-chastotali (b); faza-chastotali (v) xarakteristikalar.

Zvenoning AFX si (14) ifodaga muvofiq kompleks tekisligining manfiy mavhum o‘qi bilan mos tushadi va chastota $0 < \omega < \infty$ bo‘lganda koordinata o‘qi boshiga tomon yo‘nalgan bo‘ladi.

Logarifmik amplituda chastotali xarakteristika (LACHX)

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \frac{K}{\omega} = 20 \lg K - 20 \lg \omega$ ifoda yordamida aniqlanadi (10-rasm).



$$\begin{aligned} \omega = 1, & \quad L(\omega) = 0 \text{ dB}; \\ \omega = 10, & \quad L(\omega) = -20 \text{ dB}; \\ \omega = 100, & \quad L(\omega) = -40 \text{ dB}; \\ \omega = 0,1, & \quad L(\omega) = 20 \text{ dB}; \\ \omega = 0,01, & \quad L(\omega) = 40 \text{ dB}. \end{aligned}$$

10- rasm.

Demak, bu zvenoning $L(\omega)$ xarakteristikasi koordinatalari $\omega=1$ va $20 \lg K$ bo'lgan nuqtadan o'tgan og'ma to'g'ri chiziq bo'lib, chastota bir dekadaga ko'payganda $L(\omega)$ ordinatasi 20 db ga kamayadi. SHuning uchun $L(\omega)$ xarakteristikasining og'ishi -20 db/dek (minus 20 detsebell bir dekadaga deb o'qiladi).

MA'RUZA №8
DINAMIK XARATERISTIKALAR. UZATISH FUNKSIYALARI.

Ideal differensiallovchi zveno. Bu zveno

$$y(t) = K \cdot \frac{dx}{dt}, \quad (15)$$

tenglama bilan ifodalanadi. Bunda K – uzatish koeffitsienti. Unga elektr sig'ım, induktivlik, taxogenerator (agar kirish kattaliga o'qning aylanish tezligi emas, burchak burilishi bo'lsa) misol bo'la oladi.

(15) tenglamani Laplas bo'yicha o'zgartirib, zvenoning uzatish funksiyasini aniqlaymiz

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = Kp. \quad (16)$$

Bunda o'tkinchi $h(t)$ va impulsli o'tkinchi $\omega(t)$ funksiyalarni aniqlaymiz

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ Kp \cdot \frac{1}{p} \right\} = K \cdot \delta(t) \quad (17)$$

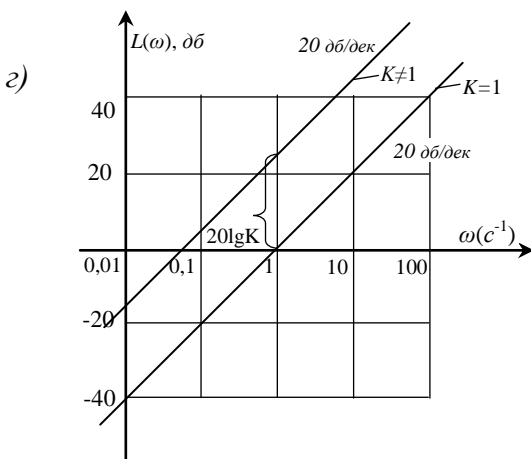
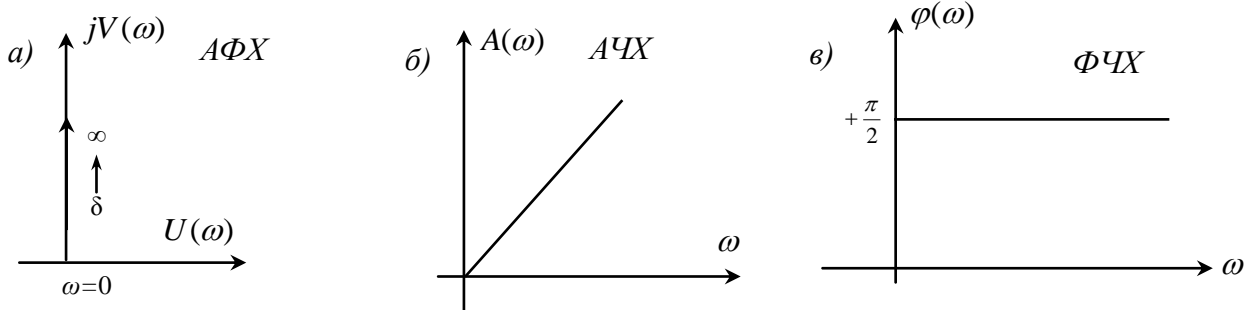
$$\omega(t) = h'(t) = K \cdot \delta(t) \quad (18)$$

(16) ifodada « p » ni « $j\omega$ » bilan almashtirib chastotali uzatish funksiyasini

$$W(j\omega) = K \cdot j\omega = K \cdot \omega e^{j\frac{\pi}{2}} \quad (14)$$

hamda chastotali xarakteristikalarini aniqlaymiz (13-rasm). Unda $A(\omega) = K\omega$ – amplituda chastotali funksiya; $\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2}$ – faza chastotali funksiya;

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K + 20 \lg \omega$ – logarifmik amplituda chastotali funksiya.



13-rasm. Amplituda-fazali (a); amplituda-chastotali (b); faza-chastotali (v); logarifmik amplituda chastotali (g) xarakteristikalar.

SHunday qilib, bu zvenoning AFX si kompleks tekisligining musbat mavhum o'qi bilan mos tushib, chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda yuqoriga qarab yo'naladi. LACHXsi esa koordinatalari $\omega=1$ va $L(\omega) = 20 \lg K$ bo'lgan nuqtadan o'tgan to'g'ri chiziqdir. SHuning uchun $L(\omega)$ xarakteristikasining og'ishi $+20 \text{db/dek}$ (plyus 20detsebell bir dekadaga deb o'qiladi).

Tebranuvchi zveno. Bu zveno ikkinchi tartibli tenglama bilan ifodalanadi.

$$y(t) + 2\xi T \frac{dy}{dt} + T^2 \frac{d^2y}{dt^2} = K \cdot x(t) \quad (20)$$

bunda $0 < \xi < 1$ oralig'idagi qiymatga ega bo'lib, so'nish darajasi (koeffitsienti) deyiladi.

Bu holda $1 + 2\xi pT + p^2 T^2 = 0$ xarakteristik tenglama kompleks ildizlarga ega bo'ladi. Zvenoning vaqt doimiyligi rezonans chastota ω_0 bilan $T = \frac{1}{\omega_0}$ ifoda bilan bog'langan bo'lib, rezonans tebranish davri « T_0 » dan « 2π » marta kichikdir

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \cdot T.$$

Elektr tebranuvchi zanjir, elastik mexanik sistema bu zvenoga misol bo'la oladi.

(20) tenglamani Laplas tasviri bo'yicha

$$y(p) + 2p\xi T y(p) + T^2 p^2 y(p) = Kx(p) \quad (21)$$

zvenoning funksiyasi aniqlanadi.

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{1 + 2\xi pT + p^2 T^2} \quad (22)$$

CHastotali uzatish funksiyasini aniqlash uchun (22) ifodada « p » ni « $j\omega$ » bilan almashtiramiz.

$$W(j\omega) = \frac{K}{1 + 2\xi j\omega T + (j\omega)^2 T^2} = \frac{K[(1 - \omega^2 T^2) - j\omega 2\xi T]}{[(1 - \omega^2 T^2) + j\omega 2\xi T][(1 - \omega^2 T^2) - j\omega 2\xi T]};$$

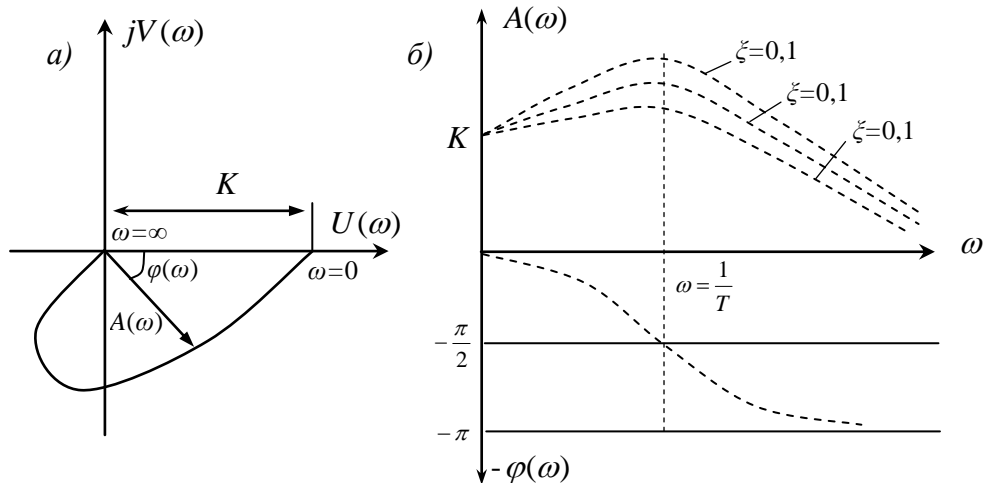
$$U(\omega) = \frac{K(1 - \omega^2 T^2)}{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2} \quad - \text{haqiqiy qism};$$

$$V(\omega) = -\frac{K\xi\omega T}{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2} \quad - \text{mavhum qism};$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{K}{\sqrt{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2}} \quad - \text{amplituda chastotali funksiya};$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\arctg \frac{2\xi\omega T}{1 - \omega^2 T^2} \quad - \text{faza chastotali funksiya}.$$

15-rasmda tebranuvchi zvenoning chastotali xarakteristikalari keltirilgan.

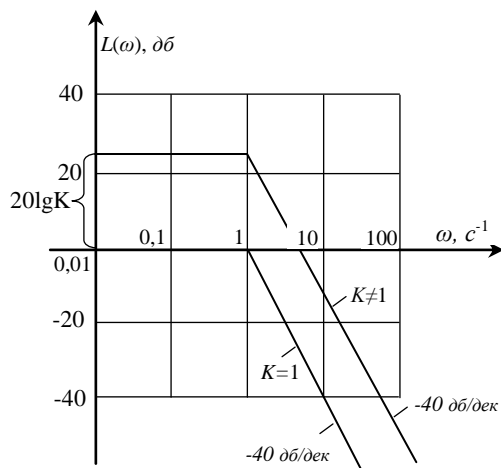


15-rasm. a) Amplituda fazali; b) amplituda chastotali va faza chastotali xarakteristikalar

Bu zvenolarning LACHX si ko‘rilayotganda quyidagi asimtotik tenglamadan foydalaniladi:

$$L_a(\omega) = \begin{cases} 20 \lg K, & \omega T \leq 1 \text{ ёки } \omega \leq \frac{1}{T} \text{ булганда;} \\ 20 \lg K - 40 \lg \omega T, & \omega T > 1 \text{ ёки } \omega > \frac{1}{T} \text{ булганда.} \end{cases}$$

tutash chastota $\omega = \frac{1}{T}$ gacha bu zvenoning LACHX si absissa o‘qi bilan mos tushadi, undan keyin -40 db/dek og‘ishga ega bo‘ladi (16-rsam).



16-rasm.

Tebranuvchi zvenoning LAFX si $\varphi(\omega) = -\arctg \frac{2\zeta\omega T}{1 - \omega^2 T^2}$ ga teng bo‘lib, bu xarakteristikaning 0° dan -180° gacha o‘zgaradi (15b-rasm).

$$\omega T = 0; \quad \varphi(\omega) = 0$$

$$\omega T = 0; \quad \varphi(\omega) = -90^\circ$$

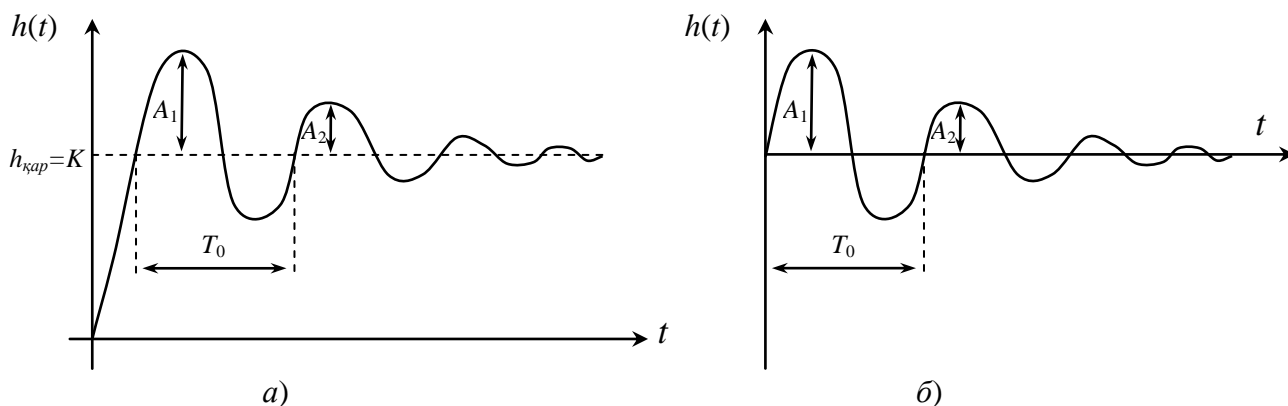
$$\omega T = \infty; \quad \varphi(\omega) = -\pi$$

tebranuvchi zvenoning o‘tkinchi funksiyasi

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{K}{p^2 T^2 + 2\xi p T + 1} \cdot \frac{1}{p} \right\} = K \left[1 - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\beta} e^{-\alpha t} \cdot \sin(\beta t + \varphi_0) \right].$$

bu erda $\alpha = \frac{\xi}{T}$; $\beta = \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T}$; $\varphi_0 = \arctg \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{d}$; impulsli o'tkinchi (vazn) xarakteristikasi $\omega(t) = h'(t) = \frac{K(\alpha^2 + \beta^2)}{\beta} e^{-\alpha t} \sin \beta t$ ga teng.

17-rasmda tebranuvchi zvenoning vaqt xarakteristikalari keltirilgan.



17-rasm. a) o'tkinchi xarakteristika; b) impulsli o'tkinchi (vazn) xarakteristika.

Tebranuvchi zvenoning uzatish funksiyasi $W(p)$ dan so'nish koeffitsienti « ξ » ning qiymatiga qarab quyidagi ikkita tipik bo'lmagan zvenolarning uzatish funksiyasini olish mumkin:

a) **Konservativ zveno** ($\xi = 0$). Uzatish funksiyasi

$$W(p) = \frac{K}{1 + p^2 T^2} \quad (23)$$

Chastotali xarakteristikalari quyidagicha ifodalanadi (18-rasm).

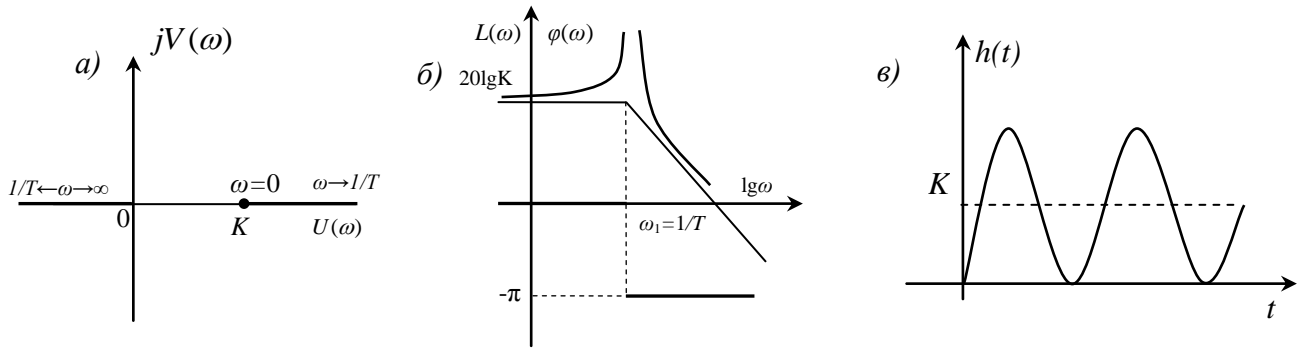
$$W(j\omega) = \frac{K}{1 - \omega^2 T^2} \text{ – amplituda faza chastotali funksiyasi;}$$

$$A(j\omega) = \frac{K}{1 - \omega^2 T^2} \text{ – amplituda chastotali funksiya;}$$

$$\varphi(\omega) = \begin{cases} 0; & \omega < \frac{1}{T} \text{ булганда;} \\ -\pi; & \omega \geq \frac{1}{T} \text{ булганда.} \end{cases} \text{ – faza chastotali funksiya;}$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K - 40 \lg \omega T \text{ – logarifmik amplituda chastotali funksiya.}$$

Konservativ zvenoning o'tkinchi funksiyasi $h(t) = K(1 - \cos \omega_1 t)$; $\omega_1 = \frac{1}{T}$ bo'lib, amplitudasi « K » ga teng bo'lgan ω_1 chastotali senuvchi bo'lmagan garmonik tebranishlarni ifodalaydi (18v-rasm).



18-rasm. a) AFX; b) LACHX va LFCHX; v) oetkinchi xarakteristika.

MA'RUZA № 9.

DINAMIK XARAKTERISTIKALAR. VAQT VA MODAL XARAKTERISTIKALAR. STRUKTUR XARAKTERISTIKALAR.

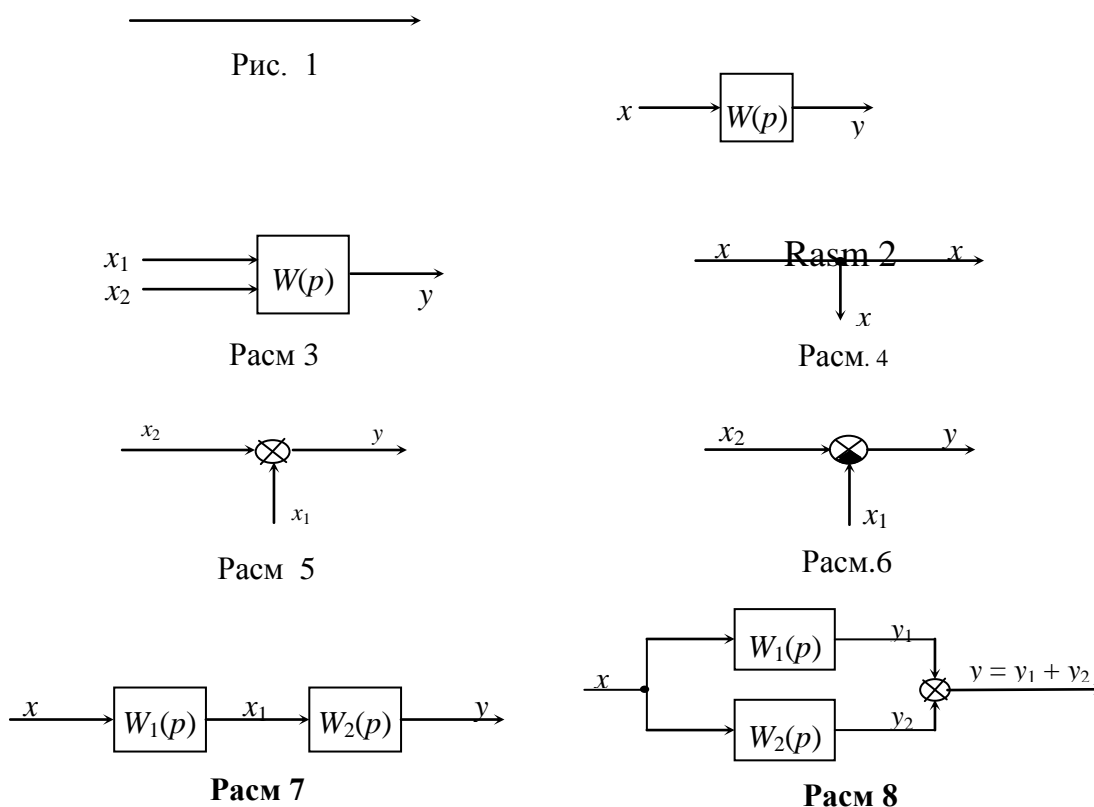
Odatda ABS larni uzatish funksiyalari anik bulgan dinamik zvenolar kombinatsiyasi sifatida karash mumkin. ABS ni dinamik zvenolarni uzatish funksiyalari bilan birgalikda ular orasidagi alokalarni grafik kurinishda kursatilishi uning strukturali sxemasi deb ataladi..

Chiziqli sistemalarni strukturali sxemalaridagi belgilashlar

Strukturali sxemalarda kuyidagicha belgilashlar kabul kilingan:

- 1.Signalni uzatish liniyasi(chizigi) (1 rasm).
- 2.Yunaltirilgan haraktning bitta kirishli va bitta chiqishli dinamik zvenosi (2-rasm).
- 3.Ikkita kirishli dinamik zveno (3-rasm).
- 4.Tugun eki tarkalish tuguni. (.4-rasm).
- 5.Summatoy $y=x_1+x_2$ (Rasm .5).
- 6.Taqqoslash qurilmasi $y=x_2-x_1$ (Rasm .6).

Boglanish(birlashishlarni) asosiy kurinishlari bilan tanishamiz



1. Ketma ket ulanish (boglanish) (Rasm .7).

Quyidagiga ega bulamiz $X_1(p) = W_1(p)X(p)$; $Y(p) = W_2(p)X_1(p) = W_1(p)W_2(p)X(p) = W_{\text{ekv}}(p)X(p)$, bu erda $W_{\text{ekv}}(p) = W_1(p)W_2(p)$.

Umumiy xolda $W_{\text{эKB}}(p) = \prod_{i=1}^N W_i(p)$, bu erda $W_{\text{ekv}}(p)$ – ekvivalentn uzatish funksiyasi; N – ketma-ket ulangan zvenolar soni.

Shunday qilib, ketma-ket ulangan zvenolarning uzatish funksiyasi ulangan zvenolarning uzatish funksiyalarini kupaytmasiga teng.

2. Parallel ulanish (rasm .8).

Quyidagiga ega bulamiz $Y(p) = Y_1(p) + Y_2(p) = W_1(p)X(p) + W_2(p)X(p) = [W_1(p) + W_2(p)]X(p) = W_{\text{ekv}}(p)X(p)$.

Umumiy xolda $W_{\text{эKB}}(p) = \sum_{i=1}^N W_i(p)$, ya'ni. parallel ulangan zvenolarning uzatish funksiyasi ulangan zvenolarning uzatish funksiyalarini yigindisiga teng.

➤ **Misol.** Strukturali sxemasi chizmada keltirilgan sistemani ekvivalent uzatish funksiyasi topilsin. (rasm 9).

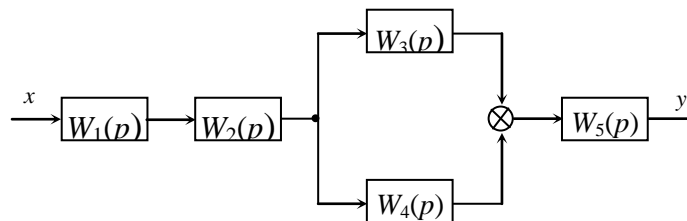


Рис.9

Yuqorida keltirilgan tengliklardan foydalani, quyidagiga ega bulamiz:

$$W_{\text{ekv}}(p) = W_1(p)W_2(p)[W_3(p) + W_4(p)]W_5(p).$$

3. Zvenolarni parallel-karama-karshi ulanishi (teskari aloka) (Rasm.10).

Bu erda $\Delta = x - y_1$ – boshqariladigan miqdorning joriy qiymatini berilgan qiymatdan chetlanishi.

$x \rightarrow y$ kanal buyicha uzatish funksiyasini topamiz: $W_{xy}(p)$.

SHunday kilib,

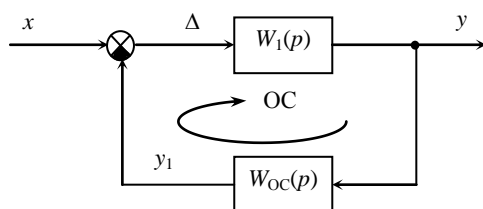
$$\Delta(p) = X(p) - Y_1(p) = X(p) - W_{\text{OC}}(p)Y(p). \quad (1)$$

Ikkinchi tomondan,

$$\Delta(p) = \frac{Y(p)}{W_1(p)}. \quad (2)$$

(1) va (2) tengliklarni chap va ung tomonlarinini tenglashtirib:

$$W_{xy}(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)W_{\text{OC}}(p)} = W_{\text{OKB}}(p)$$

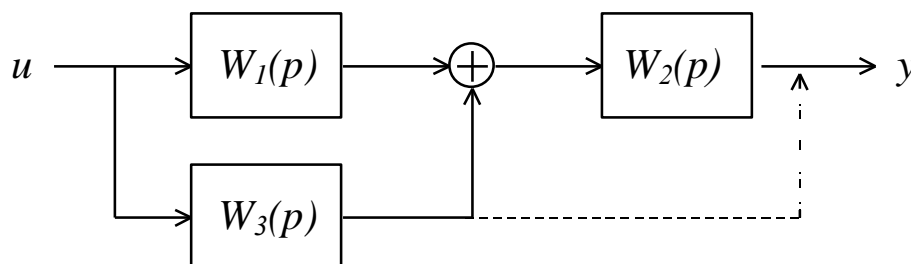


Расм 10

4. Kuchirish qoidasi

Ba'zan, strukturali aalmashtirishlarda sistemani umumiy uzatish funksiyasini olish maqsadida signalni quyilish nuqtasini zveno orqali utkazish mumkin.

Misol sifatida, agar sistemada signalni quyilish nuqtasi chiqishga quyilisa u xolda sistema strukturali sxemasi qanday xolda uzgarishini urganamiz.

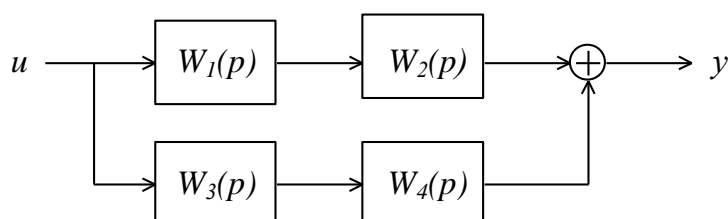


Rasm. 11. Berilgan sistemani strukturali sxemasi

Agar uning uzatish funksiyasi quyidagi kurinishga ega bulsa

$$W(p) = W_2(p)[W_1(p) + W_3(p)] . \quad (5)$$

Quyilish nuqtasini kuchirganda quyidagi qoidaga amal qilish kerak: *sistemaning uzatish funksiyasi uzgarishsiz qolishi kerak*. Shu sababli uzgartirilgan sistema quyidagi kurinishga ega buladi:



Rasm. 12. Almashtirilgan sistemani strukturali sxemasi

12 rasmda keltirilgan sistemaning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = W_1(p)W_2(p) + W_3(p)W_4(p) . \quad (6)$$

(5) dagi uzatish funksiyasini (6) tenglashtirib $W_4(p)$, ni aniqlaymiz,

$$W_4(p) = W_2(p) . \quad (7)$$

Strukturali usulni qullanilish soxasi

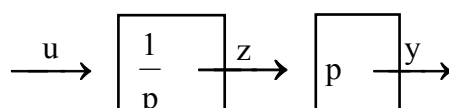
Strukturaviy usul chiziqli sistemalarni hisoblash uchun qulay usul, ammo uzining kamchiliklariga ega. Ya'ni, usulda faqat uzatish funksiyalaridan foydalaniladi, shuning uchun u faqat nolli boshlang'ich qiymatlarda foydalanish mumkin.

Agar haqiqiy sistemada boshlang'ich shartlar nolga teng bulmasa, u xolda quyidagi qoidadan foylanish mumkin: xar qanday almashtirishda sistemaning tartibi pasaymasligi kerak, ya'ni uzatish funksiyasidagi surat va maxrajlarda bir xil ifoda qisqartirilmasligi kerak..

Uxshash ifodalarni qisqartirish xisobiga, sistemaning kerakli zvenolari qisqarib ketishi mumkin

Misol

Ikkita ketma-ket ulangan zvenolardan iborat(integrallovchi va differensiallovchi zvenolar).



Rasm. 13. Sistemani strukturali sxemasi

Strukturali almashtirishlardan foydalanib sistemani uzatish funksiyasini topamiz:

$$W(p) = 1/p * p = 1 .$$

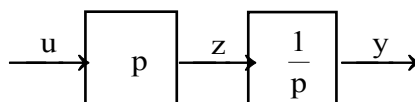
Bundan shunday xulosaga kelish mumkiniki, kuruladigan zvenolar juftligi inersiyasiz zvenodir, ya'ni chikishdagi signal kirish signalini takrorlaydi.. Shunday qilib,

$$z(t) = z(0) + \int_0^t u(\tau) d\tau ,$$

bu erda $z(0)$ – boshlangich shartlar. Chikish signalini olamiz

$$y(t) = \dot{z}(t) = u(t)$$

Zvenolarni urnini almashtirib



Bu sistemaning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = p * 1/p = 1 .$$

Nazorat savollari

1. ABS zvenolarini ulaydigan tipik sxemalarni sanab bering?
2. Ketma-ket ulangan zvenolarni uzatish funksiyasi qanday aniklanadi?
3. Ketma-ket ulangan zvenolarni qanday kilib birta zvenoga keltirish mumkin?
4. Parallel ulangan zvenolarni qanday kilib birta zvenoga keltirish mumkin?

MA'RUZA № 10.

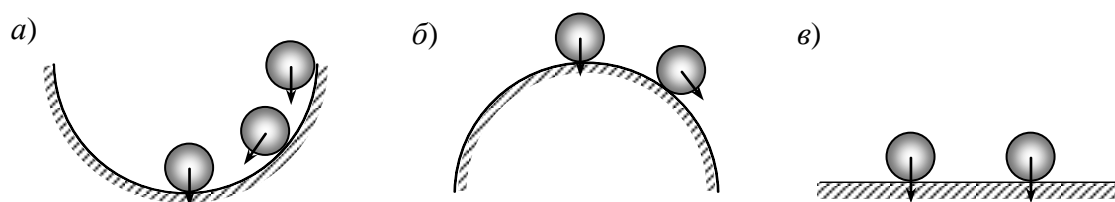
CHIZIQLI AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMALARINING TURG'UNLIGI. TURG'UNLIK MASALASINI QUYILSHI.

Turg'unlik to'g'risida tushuncha

ABSlarni ishlash qobiliyatiga qo'yilgan talab, ularning turli xil tashqi qo'zg'atuvchi ta'siriga nosezgir bo'lishiga mo'ljallangan bo'lishidir.

Agarda sistema turg'un bo'lsa, unda u tashqi qo'zg'atuvchi ta'sirlarga bordosh bera oladi va o'zining muvozanat holatidan chiqarilganda yana ma'lum aniqlikda shu holatiga qaytib keladi. Agarda sistema noturg'un bo'lsa, unda u tashqi qo'zg'atuvchi ta'sir natijasida muvozanat holati atrofida cheksiz katta amplitudaga ega bo'lgan tebranishlar hosil qiladi yoki muvozanat holatidan cheksiz uzoqlashadi.

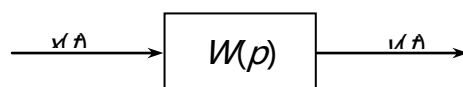
Agarda har qanday cheklangan kirish kattaligining absolyut qiymatida chiqish kattaligi ham cheklangan qiymatga ega bo'lsa, bunday sistema *turg'un* deb yuritiladi (1-rasm.).



1-rasm. a, v turg'un xolatlar; b noturg'un xolat.

Turg'unlik shartlari. Lyapunov teoremlari.

Kirish kattaligi $x(t)$ va chiqish kattaligi $y(t)$ bo'lgan sistemani ko'rib chiqamiz (2-rasm).



2-rasm.

Sistemaning xarakat tenglamasini umumiy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y(t) = b_0 \frac{d^m x}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_m x(t). \quad (1)$$

Sistemaning turg'un yoki noturg'unligini ko'rish uchun (1) tenglamaning echimini aniqlash kerak bo'ladi.

$$y(t) = y_s(t) + y_m(t), \quad (2)$$

bu erda $y_m(t)$ – (1) tenglamaning xususiy echimi bo'lib (majburiy tashkil etuvchi), sistemada muvozanat rejimini ifodalaydi; $y_e(t)$ – (1) tenglamaning o'ng tomoni nolga

teng bo'lgandagi umumiy echimi bo'lib (erkin tashkil etuvchisi), u tenglamaning o'tkinchi rejimini ifodalaydi.

$$t \rightarrow \infty \text{ bo'lganda } y_y(t) \rightarrow 0 \quad (3)$$

bo'lishi sistemaning turg'unligini ifodalaydi.

Agar (3) shart bajarilsa, unda sistema turg'un bo'ladi. (1) tenglamaning o'tkinchi (erkin) tashkil etuvchisi $y_e(t)$

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y(t) = 0 \quad (4)$$

tenglamaning echimini ifodalaydi.

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, uning echimi (1) tenglamaning o'ng tomonidagi b_i koeffitsientga va $x(t)$ funksiyaning o'zgarish xarakteriga bog'liq emas ekan. (3) shartga ko'ra, sistemaning turg'unligi yoki noturg'unligi koeffitsientlar b_i va kirish kattaligi $x(t)$ funksiyaga bog'liq emas ekan

Demak, sistemaning turg'unligi uning ichki xususiyati bo'lib, unga ta'sir etuvchi signallarga bog'liq emas.

(4) tenglamaning echimini aniqlash uchun xarakteristik tenglamani olamiz:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0, \quad (5)$$

bu erda p_1, p_2, \dots, p_n – (5) xarakteristik tenglamaning ildizlari bo'lib, ular xar xil bo'lsin, unda (4) tenglamaning echimini quyidagi ko'rinishda ko'rsatish mumkin:

$$y_y(t) = \sum_{i=1}^n c_i e^{p_i t} \quad (6)$$

s_i – sistemaga quyilgan boshlang'ich shartlar bo'ytcha aniqlanadigan ixtiyoriy o'zgarmas son.

Shunday qilib, chiziqli sistemaning turg'unligini xarakteristik tenglamaning ildizlari aniqlar ekan. Ildizlar esa haqiqiy, kompleks va mavhum bo'lishi mumkin.

Chiziqli sistema uzatish funksiyasi $W(p)$ ning hamma qutblari haqiqiy qismining manfiy ishoraga ega bo'lishi uning **turg'un bo'lishining zarur va etarli sharti** hisoblanadi.

Uzatish funksiyasining maxrajidagi polinom ildizlarini uzatish funksiyasining qutblari suratidagi polinom ildizlarini uzatish funksiyasining *nollari* deyiladi.

Ochiq sistema uchun

$$W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}. \quad (7)$$

Ochiq sistema uzatish funksiyasining xarakteristik tenglamasi $Q(p)=0$ ning ildizlari haqiqiy qismining manfiy bo'lishi ochiq sistemaning turg'un bo'lishining etarli va zarur shartidir.

Berk sistema uchun

$$\Phi(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)} = \frac{\frac{P(p)}{Q(p)}}{1+\frac{P(p)}{Q(p)}} = \frac{P(p)}{Q(p)+P(p)} = \frac{B(p)}{A(p)}, \quad (8)$$

$A(p)=1+W(p)=0$ – berk sistemaning xarakteristik tenglamasi.

Berk sistema xarakteristik tenglamasi $A(p)=0$ ildizlari *haqiqiy qismining manfiy bo'lishi uning turg'un bo'lishining etarli va zaruriy shartidir.*

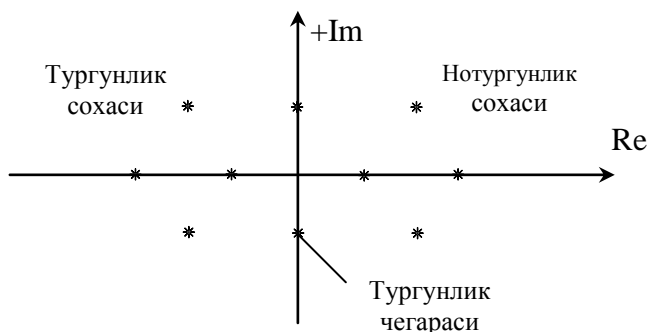
Turg'unlikning bu sharti A.M.Lyapunov tomonidan *nochiziqli sistemalarning chiziqlantirilgan tenglamalari uchun isbotlandi* va qo'llanildi. Quyida bu teoremani isbotsiz keltiramiz:

1 – teorema: *Agar chiziqlantirilgan sistema xarakteristik tenglamasi hamma ildizlarining haqiqiy qismi manfiy bo'lsa, unda real sistema xam turg'un bo'ladi, ya'ni juda kichik nochiziqli hadlari sistemaning turg'unlik xolatiga ta'sir ko'rsata olmaydi.*

2 – teorema: *Agarda chiziqlantirilgan sistema xarakteristik tenglamasining birorta ildizi musbat haqiqiy qismga ega bo'lsa, unda real sistema noturg'un bo'ladi, ya'ni juda kichik nochiziqli hadlari sistemani turg'un qila olmaydi.*

3 – teorema: *Agar chiziqlantirilgan sistema xarakteristik tenglamasining ildizlari mavhum yoki nolga teng bo'lsa, unda real sistema turg'unlik chegarasida bo'ladi, bunda juda kichik nochiziqli xadlar o'tkinchi jarayon ko'rinishini tubdan o'zgartirib yuborishi, hamda real sistemani turg'un yoki noturg'un holatga keltirishi mumkin.*

SHunday qilib, sistema turg'unligini tadqiq etish uining xarakteristik tenglamasi ildizlarining ishorasini aniqlashdan, ya'ni xarakteristik tenglama ildizlarini kompleks tekisligida mavhum o'qqa nisbatan qanday joylashganligini aniqlashdan iborat ekan.



Kompleks tekisligida xarakteristik tenglama ildizlarining mavhum o'qqa nisbatan joylashganligini aniqlaydigan qoidalarga *turg'unlik me'zonlari* deyiladi.

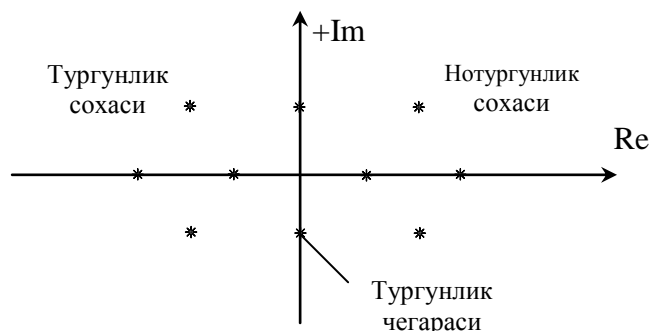
Sistemaning turg'unlik masalalarini echishda quyidagi turg'unlik mezonlaridan foydalaniladi:

- 1) Turg'unlikning algebraik mezonlari:
 - a) *Gurvits mezoni;*
 - b) *Rauss mezoni.*
- 2) Turg'unlikning chastotaviy mezonlari:
 - a) *Mixaylov mezoni;*
 - b) *Naykvist mezoni;*
 - v) *Turg'unlikning logarifmik mezoni.*
- 3) D – bo'linish usuli.

MA'RUZA №11

TURG'UNLIKNING ALGEBRAIK MEZONLARI. RAUS VA GURVITS TURG'UNLIK MEZONLARI.

Sistema turg'unligini tadqiq etish uning xarakteristik tenglamasi ildizlarining ishorasini aniqlashdan, ya'ni xarakteristik tenglama ildizlarini kompleks tekisligida mavhum o'qqa nisbatan qanday joylashganligini aniqlashdan iborat. YA'ni



Kompleks tekisligida xarakteristik tenglama ildizlarining mavhum o'qqa nisbatan joylashganligini aniqlaydigan qoidalarga *turg'unlik me'zonlari* deyiladi.

Sistemaning turg'unlik masalalarini echishda quyidagi turg'unlik mezonlaridan foydalaniladi:

- 1) Turg'unlikning algebraik mezonlari:
 - a) *Gurvits mezonlari*;
 - b) *Rauss mezonlari*.
- 2) Turg'unlikning chastotaviy mezonlari:
 - a) *Mixaylov mezonlari*;
 - b) *Naykvist mezonlari*;
 - v) *Turg'unlikning logarifmik mezonlari*.
- 3) D – bo'linish usuli

. Agar xarakteristik tenglama yuqori darajali bulsa u xolda uning ildizlarini aniqlash murakkab masaladir. SHu sababli xarakteristik tenglamaning ildizlarini aniqlamasdan bevosita tenglama koeffitsientlari asosida xulosa beradigan turg'unlik mezonlari yaratilgan. ABNda esa algebraik mezonlardan eng ko'p ishlatiladiganlari bu Raus va Gurvits mezonlari bo'lib, biz asosan Gurvits mezonini ko'rish bilan cheklanamiz, chunki ularning mazmuni bir bo'lib, bayonlash shakli har xildir.

ABS ning xarakteristik tenglamasi berilgan bo'lsin

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0. \quad (9)$$

SHu xarakteristik tenglama koeffitsientlaridan tuzilgan jadvalga Gurvits aniqlovchisi yoki determinanti deyiladi.

Gurvits aniqlovchisini tuzishda quyidagi qoidaga rioya qilish kerak:

- 1) bosh diogonal bo'yicha « a_1 » dan to « a_n » gacha o'sish tartibi bilan yozib chiqiladi;
- 2) bosh diogonalga nisbatan qatorlarning pastga tomon indeklari kamayuvchi, yuqoriga tomon indeklari o'sib boruvchi koeffitsientlar bilan to'ldiriladi;

3) indekslari noldan kichik hamda «n» dan katta bo'lgan koeffitsientlar o'rniga nollar yoziladi;

4) Gurovits aniqlovchisining yuqori tartibi xarakteristik tenglamaning darajasiga teng bo'ladi;

5) Gurovits aniqlovchisining oxirgi tartibi $\Delta_n = a_n \cdot \Delta_{n-1}$ ga tengdir.

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \cdot & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \cdot & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \cdot & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & a_n \end{vmatrix}$$

Gurovits mezonining ta'rifi:

Agarda $a_0 > 0$ bo'lib, Gurovitsning hamma aniqlovchilari noldan katta bo'lsa, u holda sistema turg'un bo'ladi, ya'ni $a_0 > 0$ bo'lganda $\Delta_1 > 0$; $\Delta_2 > 0$; $\Delta_3 > 0 \dots \Delta_n > 0$ bo'lishi kerak. $\Delta_n = a_n \cdot \Delta_{n-1}$ bo'lishi Gurovits aniqlovchisining tuzilish strukturasi kelib chiqadi. SHunga ko'ra, agar $\Delta_n = a_n \cdot \Delta_{n-1} = 0$ bo'lsa, sistema turg'unlik chegarasida bo'ladi. Bu tenglik esa ikki holda, ya'ni $a_n = 0$ yoki $\Delta_{n-1} = 0$ bo'lganda bajarilishi mumkin.

Agarda $a_n = 0$ bo'lsa, unda tekshirilayotgan sistema turg'unlik holatining aperiodik chegarasida bo'ladi (ya'ni xarakteristik tenglamaning bitta ildizi nolga teng bo'ladi).

Agarda $\Delta_{n-1} = 0$ bo'lsa, unda tekshirilayotgan sistema turg'unlik holatining tebranma chegarasida bo'ladi (ya'ni xarakteristik tenglama juft mavhum ildizga ega bo'ladi).

Endi $n=1,2,3,4$ ga teng bo'lgan tenglamalar bilan ifodalangan sistemalar uchun Gurovits mezonining shartlarini ko'rib chiqamiz.

a) $n=1, \quad a_0 p + a_1 = 0.$

Bunda $a_0 > 0$; $\Delta_1 = a_1 > 0$ turg'unlik sharti bo'ladi. Demak, birinchi tartibli sistemalar turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglama koeffitsientlarining musbat bo'lishi etarlidir.

b) $n=2, \quad a_0 p^2 + a_1 p + a_2 = 0.$

Bunda turg'unlik shartlari quyidagicha bo'ladi:

$$a_0 > 0; \quad \Delta_1 = a_1 > 0; \quad \Delta_2 = a_1 \cdot a_2 > 0$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & 0 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 \cdot 0 = a_1 a_2 > 0$$

Demak, ikkinchi tartibli tenglama bilan ifodalangan sistemalarning turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglama koeffitsientlarining musbat bo'lishi etarli shart hisoblanadi.

b) $n=3, \quad a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0$

Turg'unlikning zaruriy shartlari:

$$a_0 > 0; \quad \Delta_1 = a_1 > 0;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$$

$$\Delta_3 = a_3 \cdot \Delta_2 > 0$$

SHunday qilib, uchunchi tartibli tenglama bilan ifodalangan sistema turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglama koeffitsentlarining musbat bo'lishi etarli bo'lmay, bunda $(a_1 a_2 - a_0 a_3) > 0$ tengsizlikning bajarilishi zarur shart hisoblanadi.

$$g) \quad n = 4, \quad a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 = 0$$

Turg'unlik shartlari:

$$a_0 > 0; \quad \Delta_1 = a_1 > 0;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0;$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = a_1 a_2 a_3 + 0 + 0 - 0 - a_0 a_3^2 - a_1^2 a_4 = a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 > 0;$$

$$\Delta_4 = a_4 \cdot \Delta_3.$$

To'rtinchi tartibli tenglama bilan ifodalangan sistemalar turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglama koeffitsentlarining musbat bo'lishidan tashqari yana ikki $(a_1 a_2 - a_0 a_3) > 0$, $a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 > 0$ shartlar bajarilishi kerak.

Xarakteristik tenglamaning darajasi «n» ortgan sari yuqoridagi kabi bajarilishi kerak bo'lgan shartlar ham ko'payib boradi. SHuning uchun turg'unlikning Gurvits mezonining $n \leq 4$ bo'lgan sistemalar uchun qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi.

Misollar:

1. $12p^3 + 10p^2 + 8p + 10 = 0$ xarakteristik tenglama berilgan bo'lsin.

Bunda $a_0 = 12 > 0$, $a_2 = 8 > 0$,

$a_3 = 10 > 0$, $a_3 = 10 > 0$

Gurvits mezonining etarli sharti bajarilgan. Endi zarur shartini aniqlaymiz. Buning uchun

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 = 10 \cdot 8 - 12 \cdot 10 = -40 > 0$$

Noldan kichik bo'lganligi sababli sistema noturg'un bo'ladi.

$$\Delta_3 = a_3 \cdot \Delta_2 = 10 \cdot (-40) = -400 < 0.$$

2. $0.1p^4 + 6p^3 + 4p^2 + p + 4 = 0$ tenglama berilgan bo'lsin.

Bunda $a_0 = 0.1 > 0$, $a_1 = 6 > 0$, $a_2 = 4 > 0$,

$a_3 = 1 > 0$, $a_4 = 4 > 0$.

$$\Delta_2 = a_1 a_2 - a_0 a_3 = 6 \cdot 4 - 0.1 \cdot 1 = 24 - 0.1 = 23.9 > 0;$$

$$\Delta_3 = a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 = 1 \cdot 23.9 - 2^2 \cdot 4 = 23.9 - 16 = 7.9 > 0.$$

$$\Delta_4 = a_4 \Delta_3 = 4 \cdot 7.9 = 31.6 > 0.$$

Gurvits mezonining etarli va zaruriy sharti bajarilganligi sababli sistema turg'un.

3. $3p^5+10p^4+5p^3-7p^2+p+100=0$ tenglama berilgan bo'lsin.

Bunda $a_0=3>0$, $a_1=10>0$, $a_2=5>0$,
 $a_3=-7<0$, $a_4=1>0$, $a_5=100>0$.

$a_3=-7$ manfiy ishorali bo'lganligi sababli Gurvits mezonining zaruriy sharti bajarilmayapti. SHuning uchun bu sistema noturg'un.

Kiritik kuchaytirish ko'effitsientini aniqlash

$D(p)=(1+pT_1)(1+pT_2)(1+pT_3)+K=0$ xarakteristik tenglama berilgan bo'lsin.

Bunda K – ochiq sistemaning kuchaytirish ko'effitsienti; T_1, T_2, T_3 – sistemadagi dinamik zvenolarning vaqt doimiysi.

Turg'unlikning Gurvits mezonini qo'llanib, ochiq sistemaning kuchaytirish ko'effitsientining chegara (kritik) qiymati « K_{kr} » ni vaqt doimiylari T_1, T_2, T_3 ning funksiyasi sifatida aniqlaymiz. Buning uchun berilgan xarakteristik tenglamani quyidagi ko'rinishda yozib olamiz.

$$D(p)=T_1T_2T_3p^3+(T_1T_2+T_1T_3+T_2T_3)p^2+(T_1+T_2+T_3)p+1+K=a_0p^3+a_1p^2+a_2p+a_3=0$$

$$a_0=T_1T_2T_3p^3; \quad a_1=T_1T_2+T_1T_3+T_2T_3;$$

$$a_2=T_1+T_2+T_3; \quad a_3=1+K.$$

Uchinchi tartibli sistema turg'un bo'lishi uchun Gurvits mezoniga binoan quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

$$a_0=0; \quad \Delta_1=a_1>0; \quad \Delta_2=a_1 \cdot a_2 - a_0a_3 > 0.$$

Bizning misolimizda hamma ko'effitsientlar musbat, shuning uchun quyidagi shart bajarilsa, sistema turg'un bo'ladi

$$(T_1T_2+T_1T_3+T_2T_3)(T_1+T_2+T_3) > T_1T_2T_3(1+K),$$

$$K_{sp} < 1 + \frac{T_1}{T_2} + \frac{T_1}{T_3} + \frac{T_2}{T_3} + 1 + \frac{T_2}{T_1} + 1 + \frac{T_3}{T_2} + \frac{T_3}{T_1} - 1$$

Agar $T_1 = T_2 = T_3$ bo'lsa, unda kritik kuchaytirish ko'effitsienti $K_{kr} = 8$ ga teng bo'ladi.

Demak, vaqt doimiylari T_1, T_2, T_3 ni o'zgartirish bilan ochiq sistemaning kuchaytirish ko'effitsientini o'zgartirish mumkin.

MA'RUZA №12

TURG'UNLIKNING CHASTOTAVIY MEZONLARI.

Mixaylovning turg'unlik mezoni o'zining mohiyati jixatdan argumentlar prinsipining geometrik tasviridir.

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0 \quad (1)$$

harakteristik tenglama berilgan bo'lsin. Bu erda $D(p)$ polinomni xarakteristik polinom deb ataladi.

Sistema turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglamaning hamma ildizlari kompleks tekisligining chap yarim tekisligida joylashishi, ya'ni o'ng ildizlar soni $l=0$ bo'lishi kerak. U holda argumentlar prinsipiga muvofiq $\Delta_{0 < \omega < \infty} \arg D(j\omega) = n \frac{\pi}{2}$ yoki $\Delta_{-\infty < \omega < \infty} \arg D(j\omega) = n\pi$ shart bajarilishi kerak.

CHastota $-\infty < \omega < \infty$ o'zgarganda $D(j\omega)$ vektroning kompleks tekisligidagi geometrik o'rniga Mixaylov gadografi deyiladi.

$$D(j\omega) = a_0 (j\omega)^n + a_1 (j\omega)^{n-1} + \dots + a_n = U(\omega) + jV(\omega),$$

bunda $U(\omega) = (a_n - a_{n-2}\omega^2 + a_{n-4}\omega^4 - \dots)$ haqiqiy qism bo'lib, u chastotaga nisbatan juft funksiyadir, ya'ni $U(\omega) = U(-\omega)$.

Mavhum qism esa chastotaga nisbatan toq funksiya bo'ladi.

$$V(\omega) = \omega(a_{n-1} + a_{n-3}\omega^2 - a_{n-5}\omega^4 + \dots),$$

$$V(-\omega) = -V(\omega).$$

SHunday qilib,

$$D(\omega) = U(\omega) - jV(\omega)$$

bo'ladi.

Mixaylov mezonining ta'rifi:

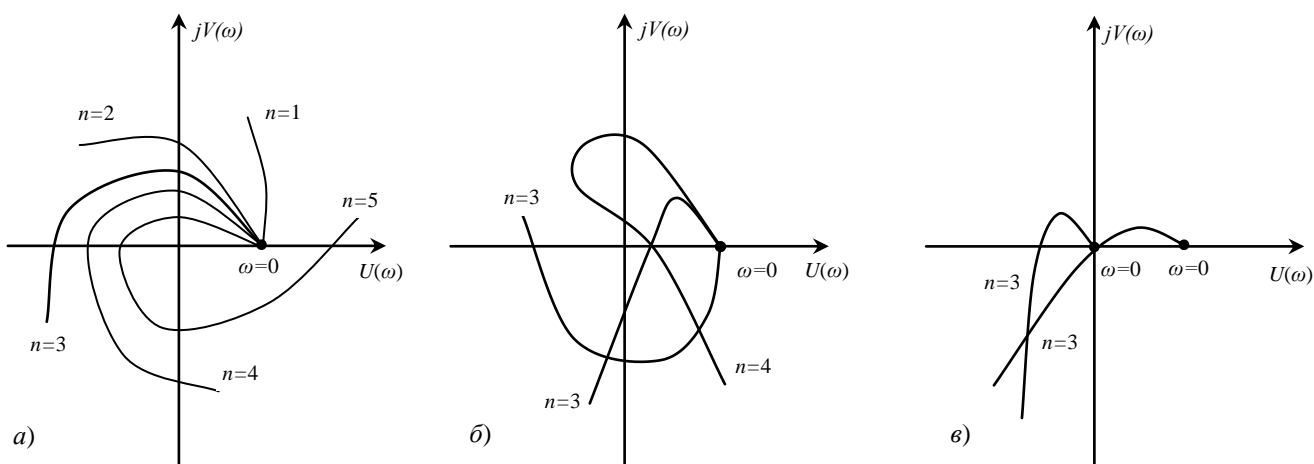
Agar chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda Mixaylov gadografi haqiqiy musbat o'qdan boshlab koordinata boshi atrofida musbat (soat strelkasiga qarshi) yo'nalishda $n \frac{\pi}{2}$ burchakka burilsa, u holda sistema turg'un bo'ladi (bu erda «n» xarakteristik tenglamaning darajasi).

1a-rasmda turg'unlik shartlari uchun Mixaylov gadograflarining ko'rinishlari keltirilgan.

Mixaylov gadografi taxlil etilganda, unda quyidagi natija kelib chiqadi.

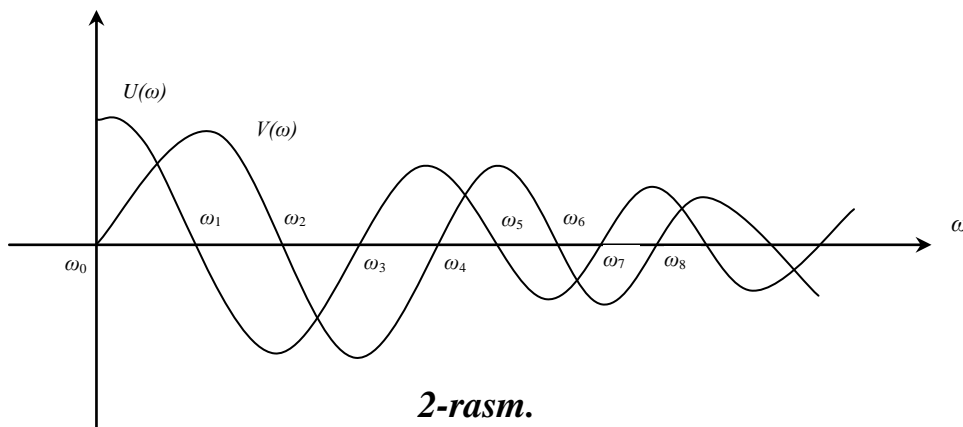
Mixaylov gadografi koordinata tekisligida kvadratlarni ketma-ket kesib o'tganda, u haqiqiy va mavhum o'qlarni birin-ketin kesib o'tadi.

Mixaylov gadografi haqiqiy o'qni kesib o'tganda, uning mavhum funksiyasi $V(\omega)$ nolga aylanadi, mavhum o'qni kesib o'tganda esa Mixaylovning haqiqiy funksiyasi $U(\omega)$ nolga aylanadi.



1-rasm. a) sistemaning turg'unlik shartlari; b) sistemaning noturg'unlik shartlari; v) sistemaning turg'unlik chegaralari shartlari uchun Mixaylov gadograflarining ko'rinishlari.

SHuning uchun gadografning haqiqiy va mavhum o'qlarni kesib o'tgan nuqtalaridagi chastotaning qiymati $U(\omega) = 0$ (a), $V(\omega) = 0$ (b) tenglamalarining ildizlari bo'lishi kerak. 2-rasmda bu funksiyalarning grafigi keltirilgan.



2-rasm.

Bu egri chiziqlarning absissa o'qi bilan kesishgan nuqtalari (a) va (b) tenglamalarning ildizlarini bildiradi.

Agar $\omega_0, \omega_2, \omega_4, \dots$ (b) tenglamaning ildizlari $\omega_1, \omega_3, \omega_5, \dots$ esa (a) tenglamaning ildizlari bo'lib, shu bilan birga $\omega_0 < \omega_2 < \omega_4$ va $\omega_1 < \omega_3 < \omega_5$ bo'lsa, unda sistema turg'un bo'lishi uchun $\omega_0 < \omega_1 < \omega_2 < \omega_3 < \omega_4 < \omega_5$ tengsizlik bajarilishi kerak.

Misol 1: $2p^3 + 6p^2 + 10p + 15 = 0$ xarakteristik tenglama berilgan bo'lsin. Mixaylov mezonini yordamida sistemaning turg'unligini tekshiring.

Buning uchun xarakteristik tenglamada « p » ni « $j\omega$ » bilan almashtiramiz va haqiqiy hamda mavho‘m qismlarga ajratamiz.

$$2(j\omega)^3 + 6(j\omega)^2 + 10(j\omega) + 15 = 0$$

$$U(\omega) = 15 - 6\omega^2$$

$$V(\omega) = \omega(10 - 2\omega^2)$$

a) $\omega = 0$ bo‘lsa $U(\omega) = 15$; $V(0) = 0$;

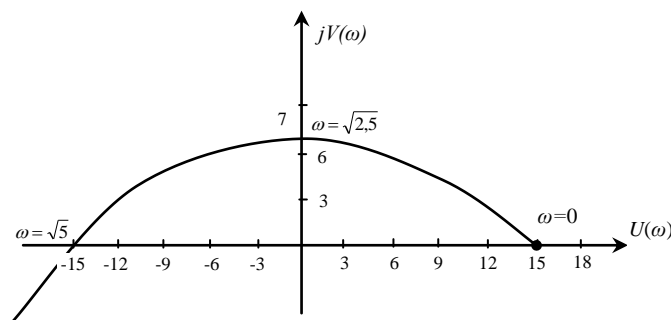
b) $U(\omega) = 0$; $15 - 6\omega^2 = 0$ $\omega^2 = 15/6 = 2.5$;

$$V(\sqrt{2.5}) = \sqrt{2.5}(10 - 2 \cdot 2.5) = \sqrt{2.5} \cdot 5 = 7$$
;

v) $V(\omega) = 0$; $(10 - 2\omega^2) = 2$ $\omega^2 = 5$;

$$U(\sqrt{5}) = 15 - 6 \cdot 5 = -15.$$

SHu qiymatlar asosida Mixaylov gadografini chizamiz (3-rasm).



3 – rasm.

Mixaylov gadografi uchta kvadratni ketma-ket kesib o‘tyapti, ya’ni I, II va III – choraklarni. SHuning uchun sistema turg‘un, chunki xarakteristik tenglamaning darajasi $n=3$ teng.

MIXAYLOV TURG'UNLIK MEZONI.

Mixaylovning turg'unlik mezoni o'zining mohiyati jixatdan argumentlar prinsipining geometrik tasviridir.

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0 \quad (1)$$

harakteristik tenglama berilgan bo'lsin. Bu erda $D(p)$ polinomni xarakteristik polinom deb ataladi.

Sistema turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglamaning hamma ildizlari kompleks tekisligining chap yarim tekisligida joylashishi, ya'ni o'ng ildizlar soni $l=0$ bo'lishi kerak. U holda argumentlar prinsipiga muvofiq $\Delta_{0 < \omega < \infty} \arg D(j\omega) = n \frac{\pi}{2}$ yoki $\Delta_{-\infty < \omega < \infty} \arg D(j\omega) = n\pi$ shart bajarilishi kerak.

Chastota $-\infty < \omega < \infty$ o'zgarganda $D(j\omega)$ vektroning kompleks tekisligidagi geometrik o'rniga Mixaylov gadografi deyiladi.

$$D(j\omega) = a_0 (j\omega)^n + a_1 (j\omega)^{n-1} + \dots + a_n = U(\omega) + jV(\omega),$$

bunda $U(\omega) = (a_n - a_{n-2}\omega^2 + a_{n-4}\omega^4 - \dots)$ haqiqiy qism bo'lib, u chastotaga nisbatan juft funksiyadir, ya'ni $U(\omega) = U(-\omega)$.

Mavhum qism esa chastotaga nisbatan toq funksiya bo'ladi.

$$V(\omega) = \omega(a_{n-1} + a_{n-3}\omega^2 - a_{n-5}\omega^4 + \dots),$$

$$V(-\omega) = -V(\omega).$$

Shunday qilib,

$$D(\omega) = U(\omega) - jV(\omega)$$

bo'ladi.

Mixaylov mezonining ta'rifi:

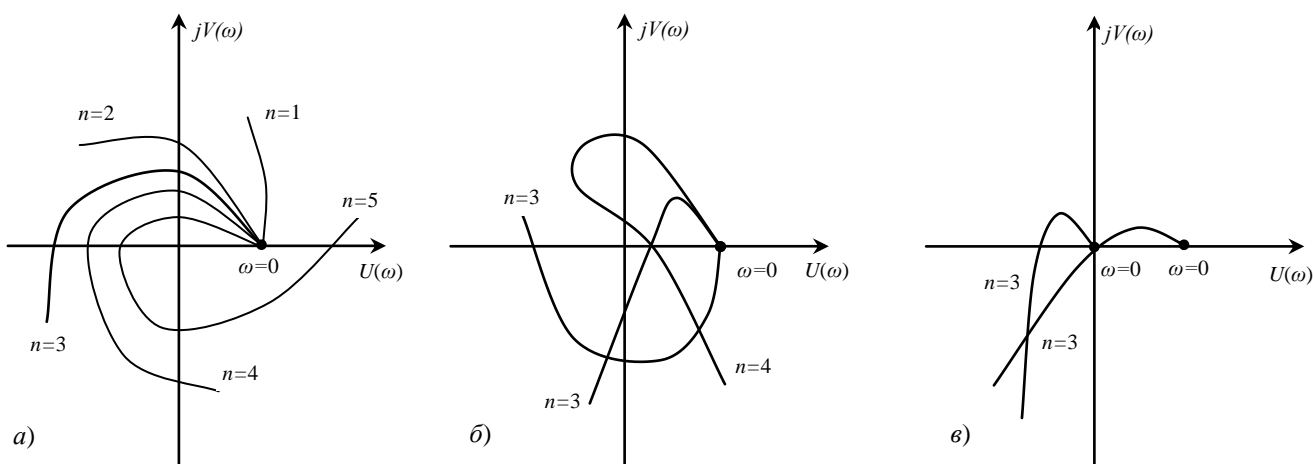
Agar chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda Mixaylov gadografi haqiqiy musbat o'qdan boshlab koordinata boshi atrofida musbat (soat strelkasiga qarshi) yo'nalishda $n \frac{\pi}{2}$ burchakka burilsa, u holda sistema turg'un bo'ladi (bu erda «n» xarakteristik tenglamaning darajasi).

1a-rasmda turg'unlik shartlari uchun Mixaylov gadograflarining ko'rinishlari keltirilgan.

Mixaylov gadografi taxlil etilganda, unda quyidagi natija kelib chiqadi.

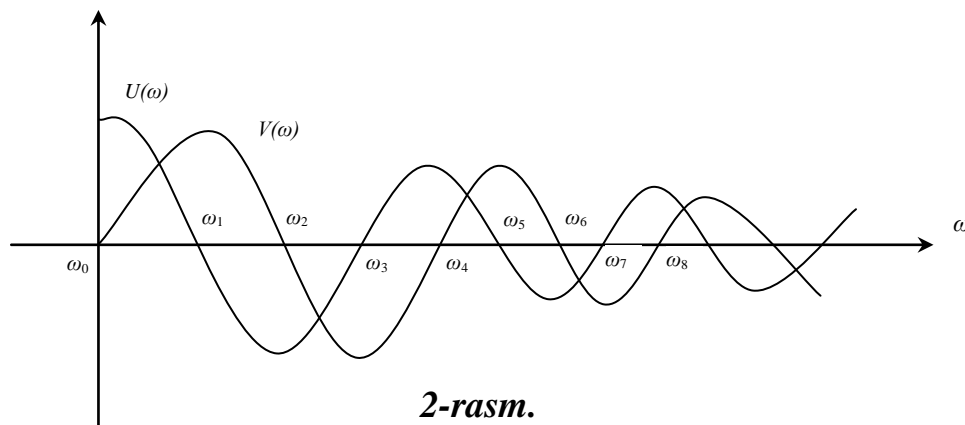
Mixaylov gadografi koordinata tekisligida kvadratlarni ketma-ket kesib o'tganda, u haqiqiy va mavhum o'qlarni birin-ketin kesib o'tadi.

Mixaylov gadografi haqiqiy o'qni kesib o'tganda, uning mavhum funksiyasi $V(\omega)$ nolga aylanadi, mavhum o'qni kesib o'tganda esa Mixaylovning haqiqiy funksiyasi $U(\omega)$ nolga aylanadi.



1-rasm. a) sistemaning turg'unlik shartlari; b) sistemaning noturg'unlik shartlari; v) sistemaning turg'unlik chegaralari shartlari uchun Mixaylov gadograflarining ko'rinishlari.

SHuning uchun gadografning haqiqiy va mavhum o'qlarni kesib o'tgan nuqtalaridagi chastotaning qiymati $U(\omega) = 0$ (a), $V(\omega) = 0$ (b) tenglamalarining ildizlari bo'lishi kerak. 2-rasmda bu funksiyalarning grafigi keltirilgan.



2-rasm.

Bu egri chiziqlarning absissa o'qi bilan kesishgan nuqtalari (a) va (b) tenglamalarning ildizlarini bildiradi.

Agar $\omega_0, \omega_2, \omega_4, \dots$ (b) tenglamaning ildizlari $\omega_1, \omega_3, \omega_5, \dots$ esa (a) tenglamaning ildizlari bo'lib, shu bilan birga $\omega_0 < \omega_2 < \omega_4$ va $\omega_1 < \omega_3 < \omega_5$ bo'lsa, unda sistema turg'un bo'lishi uchun $\omega_0 < \omega_1 < \omega_2 < \omega_3 < \omega_4 < \omega_5$ tengsizlik bajarilishi kerak.

Misol 1: $2p^3 + 6p^2 + 10p + 15 = 0$ xarakteristik tenglama berilgan bo'lsin. Mixaylov mezoni yordamida sistemaning turg'unligini tekshiring.

Buning uchun xarakteristik tenglamada « p » ni « $j\omega$ » bilan almashtiramiz va haqiqiy hamda mavho‘m qismlarga ajratamiz.

$$2(j\omega)^3 + 6(j\omega)^2 + 10(j\omega) + 15 = 0$$

$$U(\omega) = 15 - 6\omega^2$$

$$V(\omega) = \omega(10 - 2\omega^2)$$

$$a) \omega = 0 \text{ bo'lsa } U(\omega) = 15; \quad V(0) = 0;$$

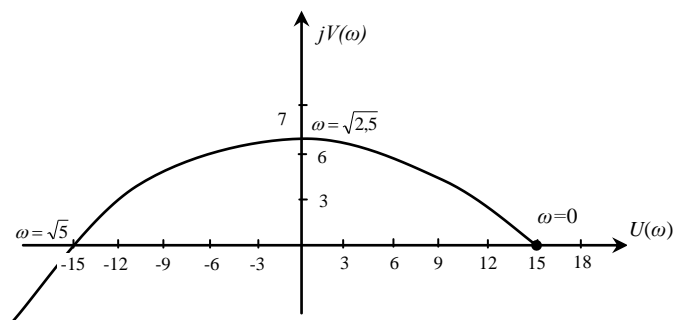
$$b) U(\omega) = 0; \quad 15 - 6\omega^2 = 0 \quad \omega^2 = 15/6 = 2.5;$$

$$V(\sqrt{2.5}) = \sqrt{2.5}(10 - 2 \cdot 2.5) = \sqrt{2.5} \cdot 5 = 7;$$

$$v) V(\omega) = 0; \quad (10 - 2\omega^2) = 2 \quad \omega^2 = 5;$$

$$U(\sqrt{5}) = 15 - 6 \cdot 5 = -15.$$

SHu qiymatlar asosida Mixaylov gadografini chizamiz (3-rasm).



3 – rasm.

Mixaylov gadografi uchta kvadratni ketma-ket kesib o‘tyapti, ya’ni I, II va III – choraklarni. SHuning uchun sistema turg‘un, chunki xarakteristik tenglamaning darajasi $n=3$ teng.

TURG'UNLIKNING NAYKVIST MEZONI

Turg'unlikning Naykvist mezoni ochiq sistemaning amplituda faza xarakteristikasi (AFX) bo'yicha berk sistemaning turg'unligini tekshirish imkoniyatini beradi. Ochiq sistemaning AFX sini esa ham analitik ham tajriba yo'li bilan olish mumkin.

Turg'unlikning bu mezoni aniq ravshan fizik ma'noga ega, ya'ni bu mezon ochiq sistemaning statsionar chastotali xususiyatlarini berk sistemaning nostatsionar xususiyatlari bilan bog'laydi.

Ochiq sistemaning uzatish funksiyasi $W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$ berilgan bo'lsin. Bu erda $Q(p) = 0$ – ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi. Berk sistemaning uzatish funksiyasi:

$$\Phi(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)} = \frac{\frac{P(p)}{Q(p)}}{1+\frac{P(p)}{Q(p)}} = \frac{P(p)}{Q(p)+P(p)},$$

$$A(p) = 1+W(p) = 1+\frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{Q(p)+P(p)}{Q(p)} \quad (1)$$

Berk sistemaning xarakteristik tenglamasi:

$Q(p)+P(p)$ – berk sistemaning xarakteristik polinomini ifodalaydi.

$Q(p)$ – polinomi « n » darajaga ega;

$P(p)$ – polinom « m » darajaga ega.

Sistemani ishga tushirish uchun doimo $m < n$ bo'lishi kerak. SHuning uchun $Q(p)+P(p)$ polinom « n » darajaga ega bo'ladi.

Ochiq sistemaning o'zi turg'un va noturg'un holarda bo'lishi mumkin. Biz mana shu ikki holatda berk sistemaning turg'unligini tekshirib ko'ramiz.

a) Ochiq sistema turg'un holatda.

Xarakteristik tenglamaning o'ng ildizlari soni $l=0$. Mixaylov mezoniga muvofiq ochiq sistema xarakteristik tenglamasi argumentining o'zgarishi:

$$\Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} \quad (0 < \omega < \infty)$$

Endi berk sistema turg'un bo'lishini talab etamiz. Unda quyidagi tenglik bajarilishi lozim:

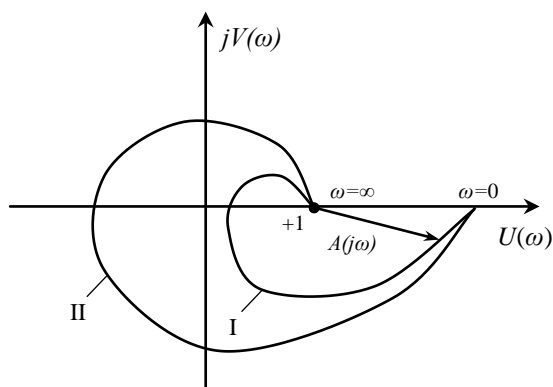
$$\Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] = n \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

(1) ifodaga muvofiq berk sistemaning xarakteristik tenglamasining argument o'zgarishi:

$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] - \Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - n \frac{\pi}{2} = 0. \quad (3)$$

SHunday qilib, berk sistema turg'un bo'lishi uchun chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $A(j\omega)$ vektorining koordinata o'qi atrofidagi burchak burilishi (argument o'zgarishi) nolga teng bo'lishi kerak yoki chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda berk sistema AFXsi $A(j\omega)$ koordinata boshini, ya'ni $(0; 0)$ nuqtani o'z ichiga olmasligi kerak.

$A(j\omega) = 1 + W(j\omega)$ gazografining ko'rinishi 1-rasmda ko'rsatilgan.

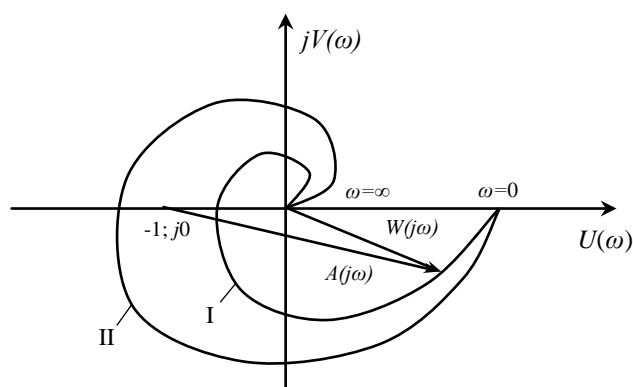


1 – rasm. I – berk sistema turg'un; II – berk sistema noturg'un.

Lekin sistemaning AFX $A(j\omega) = 1 + W(j\omega)$ si ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ sidan faqat «+1» gagina.

SHuning uchun yuqorida keltirilgan Naykvist mezonining ta'rifini ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ ga tadbiiq etganimizda Naykvist mezonini quyidagicha ta'riflash mumkin:

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ si chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $(-1; j0)$ kritik nuqtani o'z ichiga olmasligi kerak (2-rasm).



2 – rasm. I – berk sistema turg'un; II – berk sistema noturg'un.

b) Ochiq sistema noturg'un.

Bunda ochiq sistema xarakteristik tenglamasi « l » o'ng ildizga ega, ya'ni $l \neq 0$, unda argumentlar prinsipiga muvofiq

$$\Delta \arg Q(j\omega) = (n-2l) \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

bo'ladi.

Agar sistemaning turg'un bo'lishi talab etilsa, unda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] = n \frac{\pi}{2}. \quad (5)$$

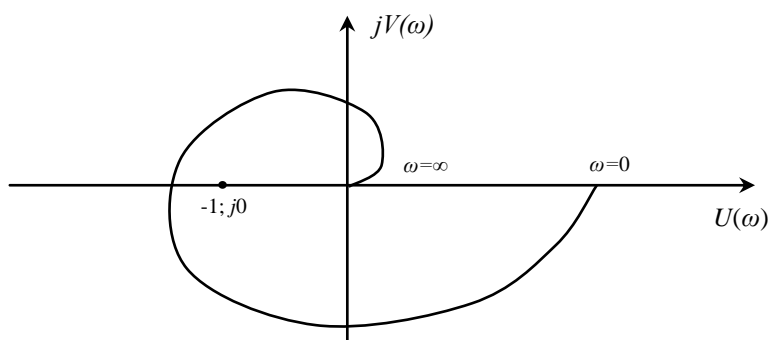
U holda $A(j\omega) = 1 + W(j\omega)$ vektorining argument o'zgarishi

$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] - \Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - (n-2l) \frac{\pi}{2} = l\pi \quad (6)$$

bo'ladi. YA'ni $A(j\omega)$ vektorining koordinata o'qining boshi atrofidagi summar burchak burilishi turg'un berk sistema uchun « $l\pi$ » ga teng bo'lishi lozim.

Bundan Naykvist mezonining quyidagi ta'rifi kelib chiqadi:

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ si kritik nuqta $(-1; j0)$ ni $l/2$ marta o'z ichiga olishi kerak; bunda l - ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni (3-rasm).

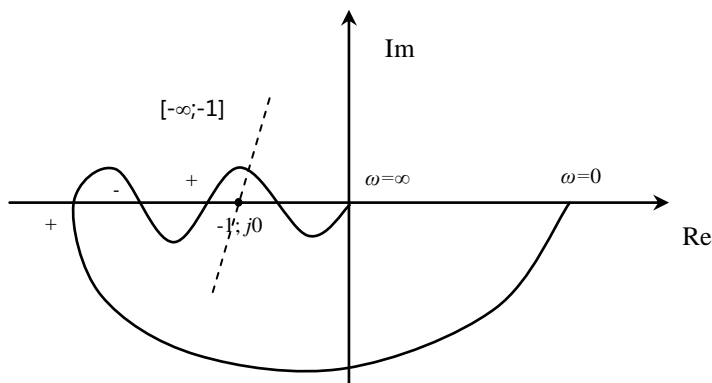


3-rasm.

$W(j\omega)$ gadografi $(-1; j0)$ nuqtani bir marta o'z ichiga olyapti. SHuning uchun bunda ochiq sistemaning o'ng ildizlar soni $l = 2$, chunki $l/2 = 1 \Rightarrow l = 2$. Demak ochiq sistemaning o'ng ildizlar soni $l = 2$ bo'lsa, berk sistema ham noturg'un bo'ladi.

Amaliy masalalarni echishda YA.Z.Sыpkin taklif etgan «o'tish qoidasini» qo'llash maqsadga muvofiqdir.

$W(j\omega)$ xarakteristikani o'tishi deganda shu xarakteristikaning kompleks tekisligida manfiy haqiqiy o'qni $(-1; j0)$ nuqtaning chap tomonini, ya'ni $[-\infty; -1]$ kesmani chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda pastdan yuqoriga kesib o'tsa, musbat o'tish yuqoridan pastga kesib o'tsa, manfiy o'tish deyiladi (4-rasm).

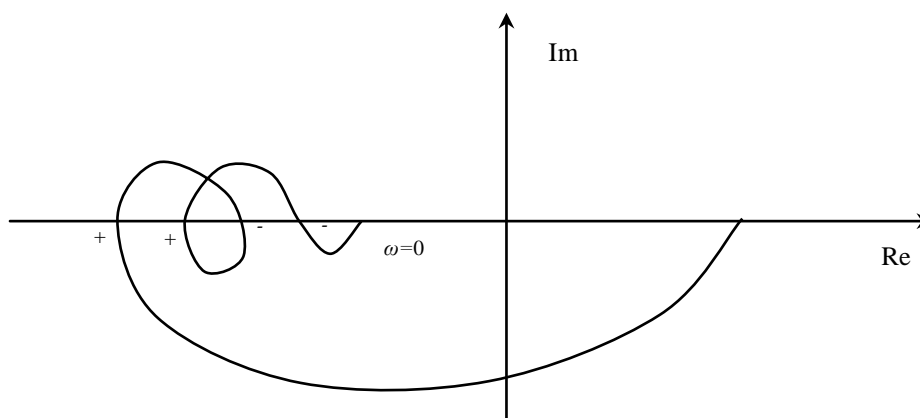


4 – rasm.

Yuqorida aytilganlarni e'tiborga olgan holda Naykvist mezonini quyidagicha ta'riflash mumkin:

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistemaning AFXsining chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgariganda $[-\infty; -1]$ kesma orqali musbat va manfiy o'tishlarning ayirmasi $l/2$ ga teng bo'lishi kerak. Bunda l - ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni.

Agar ochiq sistemaning AFXsi $\omega=0$ bo'lganda $[-\infty; -1]$ kesmada boshlansa yoki $\omega=\infty$ bo'lganda shu kesmada tugasa, unda bunday o'tishni yarim o'tish deyiladi (5-rasm).



5 – rasm.

Statik ochiq sistemaning $W(j\omega)$ xarakteristiklari chastota o'zgariganda yopiq kontur hosil qiladi.

Ideal integrallagich zvenosi bo'lgan astatik ochiq sistemalarning $W(j\omega)$ xarakteristiklari chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgariganda yopiq kontur hosil qilmaydi.

v) Astatik sistema uchun Naykvist mezonini qo'llash.

Astatik sistemaning AFX

$$W(j\omega) = \frac{P(j\omega)}{(j\omega)^v Q(j\omega)}, \quad (7)$$

ko‘rinishga ega bo‘lib, yopiq kontur hosil qilmaydi.

Bunday sistemalar uchun ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi nol ildizga ega bo‘lib, quyidagi ko‘rinishda yozilishi mumkin.

$$Q(p) = p^\nu Q_1(p), \quad (8)$$

bu erda ν - astatizm darajasi, ya‘ni sistemadagi ideal integral zvenolar soni; $Q(p)$ - nol ildizga ega bo‘lmagan polinom.

Astatik sistemaalarning AFXsi (5) ifodaga ko‘ra $\omega=0$ bo‘lganda ∞ bo‘ladi. SHuning uchun kritik $(-1; j0)$ nuqtani «kontur ichida» yoki «kontur tashqarisida» ekanligini aniqlash qiyinlashadi, ya‘ni $W(j\omega)$ xarakteristikasi $(-1; j0)$ kritik nuqtani o‘z ichiga oladimi yoki yo‘qmi ekanligini aytish mumkin bo‘lmay qoladi. O‘z navbatida berk sistemaning turg‘unlik masalalarini echish qiyinlashadi.

Sistema tarkibidagi ideal integrallovchi zvenolar chastota $0 < \omega < \infty$ o‘zgarganda $-\nu \frac{\pi}{2}$ burchak o‘zgarishini beradi. Bunda ν – ketma-ket ulangan idal integrallovchi zvenolar soni.

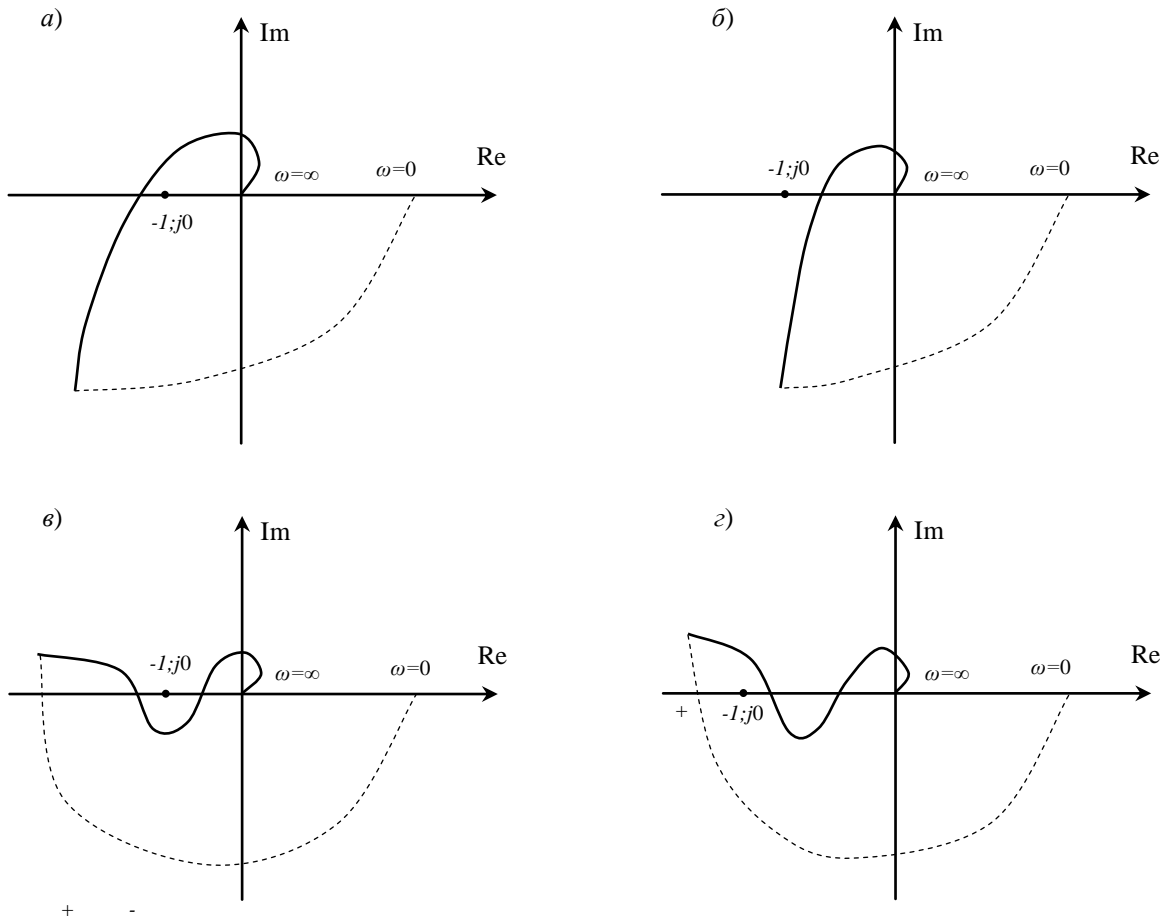
Shuning uchun $\Delta \arg A(j\omega)$ ni hisoblash uchun $W(j\omega)$ gadografi cheksiz katta radiusga ega bo‘lgan aylananing yoyi bilan musbat haqiqiy yarim o‘qqa qadar to‘ldiriladi ($l=0$ yoki juft son bo‘lganda). Unda Naykvist mezoni quyidagicha ta‘riflash mumkin:

Agar ochiq sistemaning « ∞ » radiusga ega bo‘lgan aylaning yoyi bilan to‘ldirilgan ochiq sistemaning $W(j\omega)$ xarakteristikasi chastota $0 < \omega < \infty$ o‘zgarganda kritik $(-1; j0)$ nuqtani $l/2$ marta o‘z ichiga olsa, berk astatik sistema turg‘un bo‘ladi. Bunda l - ochiq sistema tarakteristik tenglamasining o‘ng ildizlar soni.

6-rasmda ochiq sistema turg‘un bo‘lgan ($l=0$) xolda berk sistemaning turg‘o‘nligini aniqlashga misollar keltirilgan.

6-rasmda keltirilgan gadograflardan ko‘rinib turibdiki, agar sistema turg‘un bo‘lsa, u holda kritik $(-1; j0)$ nuqta « ∞ » radiusga ega bo‘lgan aylananing yoyi bilan to‘ldirilgan ochiq sistema AFX ning tashqarisida yotadi. Agar bu nuqta shu xarakteristikaning ichida bo‘lsa, unda sistema noturg‘un bo‘ladi.

Agar ochiq sistema turg‘un bo‘lsa, ($l=0$), unda AFX manfiy haqiqiy yarim o‘qni $[-\infty; -1]$ kesmada kesib o‘tadi yoki bu kesmani juft marta kesib o‘tadi. Agar $[-\infty; -1]$ kesmani kesib o‘tishlar soni toq bo‘lsa, unda berk sistema noturg‘un bo‘ladi.



6-rasm. a) $v=1$ berk sistema noturg'un; b) $v=1$ berk sistema turg'un;
 v) $v=2$ berk sistema turg'un; g) $v=2$ berk sistema noturg'un;

Ochiq sistema yoki uning tarkibidagi birorta zvenoning tenglamasi noma'lum bo'lsa-yu, lekin ochiq sistemaning $W(j\omega)$ AFX si tajriba yo'li bilan olingan bo'lsa, unda bunday sistemaning turg'unligini tekshirish uchun faqatgina Naykvist mezonini qo'llash mumkin. Bu esa Naykvist turg'unlik mezonining boshqa turg'unlik mezonlaridan afzalligini ko'rsatadi. Bundan tashqari kechikuvchi sistemalarning turg'unligini tekshirishda faqatgina Naykvist mezonini qo'llash mumkin.

Ma'ruza № 15.

Turg'unlikning zahiralari va sohalari. D – bo'linish tushunchasi

Asosiy ta'riflar va tushunchalar

Turg'unlikning Naykvist mezonini ochiq sistemaning amplituda faza xarakteristikasi (AFX) bo'yicha berk sistemaning turg'unligini tekshirish imkoniyatini beradi. Ochiq sistemaning AFX sini esa ham analitik ham tajriba yo'li bilan olish mumkin.

Turg'unlikning bu mezonini aniq ravshan fizik ma'noga ega, ya'ni bu mezon ochiq sistemaning statsionar chastotali xususiyatlarini berk sistemaning nostatsionar xususiyatlari bilan bog'laydi.

Ochiq sistemaning uzatish funksiyasi $W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$ berilgan bo'lsin. Bu yerda $Q(p) = 0$ – ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi. Berk sistemaning uzatish funksiyasi:

$$\Phi(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)} = \frac{\frac{P(p)}{Q(p)}}{1+\frac{P(p)}{Q(p)}} = \frac{P(p)}{Q(p)+P(p)},$$
$$A(p) = 1+W(p) = 1+\frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{Q(p)+P(p)}{Q(p)} \quad (1)$$

Berk sistemaning xarakteristik tenglamasi:

$Q(p)+P(p)$ – berk sistemaning xarakteristik polinomini ifodalaydi.

$Q(p)$ – polinomi « n » darajaga ega;

$P(p)$ – polinom « m » darajaga ega.

Sistemani ishga tushirish uchun doimo $m < n$ bo'lishi kerak. Shuning uchun $Q(p)+P(p)$ polinom « n » darajaga ega bo'ladi.

Ochiq sistemaning o'zi turg'un va noturg'un holarda bo'lishi mumkin. Biz mana shu ikki holatda berk sistemaning turg'unligini tekshirib ko'ramiz.

a) Ochiq sistema turg'un holatda.

Xarakteristik tenglamani o'ng ildizlari soni $l=0$. Mixaylov mezoniga muvofiq ochiq sistema xarakteristik tenglamasi argumentining o'zgarishi:

$$\Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} \quad 0 < \omega < \infty$$

Endi berk sistema turg'un bo'lishini talab etamiz. Unda quyidagi tenglik bajarilishi lozim:

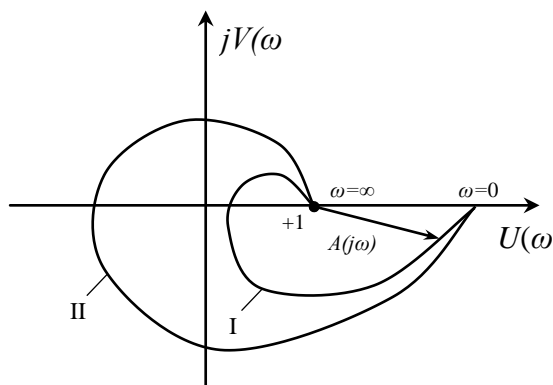
$$\Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] = n \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

(1) ifodaga muvofiq berk sistemaning xarakteristik tenglamasining argument o'zgarishi:

$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] - \Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - n \frac{\pi}{2} = 0. \quad (3)$$

Shunday qilib, berk sistema turg'un bo'lishi uchun chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $A(j\omega)$ vektorining koordinata o'qi atrofidagi burchak burilishi (argument o'zgarishi) nolga teng bo'lishi kerak yoki chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda berk sistema AFXsi $A(j\omega)$ koordinata boshini, ya'ni $(0; 0)$ nuqtani o'z ichiga olmasligi kerak.

$A(j\omega) = 1 + W(j\omega)$ gazografining ko'rinishi 1-rasmda ko'rsatilgan.

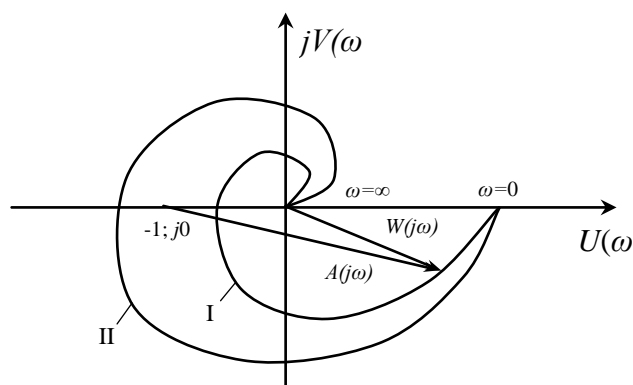


1 – rasm. I – berk sistema turg'un; II – berk sistema noturg'un.

Lekin sistemaning AFX $A(j\omega) = 1 + W(j\omega)$ si ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ sidan faqat «+1» gagina.

Shuning uchun yuqorida keltirilgan Naykvist mezonining ta'rifini ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ ga tadbiq etganimizda Naykvist mezonini quyidagicha ta'riflash mumkin:

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ si chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $(-1; j0)$ kritik nuqtani o'z ichiga olmasligi kerak (2-rasm).



2 – rasm. I – berk sistema turg'un; II – berk sistema noturg'un.

b) Ochiq sistema noturg'un.

Bunda ochiq sistema xarakteristik tenglamasi « l » o'ng ildizga ega, ya'ni $l \neq 0$, unda argumentlar prinsipiga muvofiq

$$\Delta \arg Q(j\omega) = (n-2l) \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

$0 < \omega < \infty$

bo'ladi.

Agar sistemaning turg'un bo'lishi talab etilsa, unda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] = n \frac{\pi}{2}. \quad (5)$$

$0 < \omega < \infty$

U holda $A(j\omega) = 1 + W(j\omega)$ vektorining argument o'zgarishi

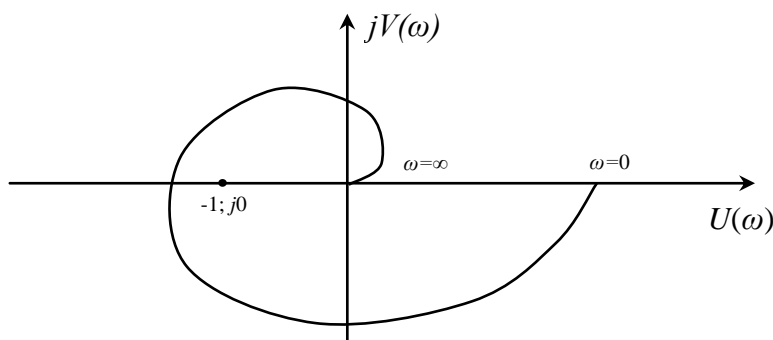
$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] - \Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - (n-2l) \frac{\pi}{2} = l\pi \quad (6)$$

$0 < \omega < \infty$

bo'ladi. YA'ni $A(j\omega)$ vektorining koordinata o'qining boshi atrofidagi summar burchak burilishi turg'un berk sistema uchun « $l\pi$ » ga teng bo'lishi lozim.

Bundan Naykvist mezonining quyidagi ta'rifi kelib chiqadi:

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ si kritik nuqta $(-1; j0)$ ni $l/2$ marta o'z ichiga olishi kerak; bunda l - ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni (3-rasm).

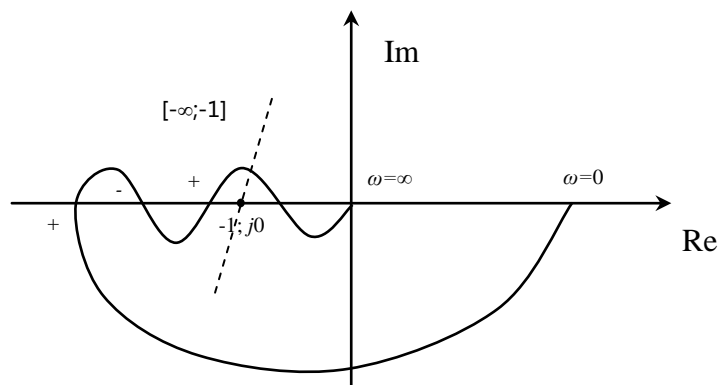


3-rasm.

$W(j\omega)$ gadografi $(-1; j0)$ nuqtani bir marta o'z ichiga olyapti. Shuning uchun bunda ochiq sistemaning o'ng ildizlar soni $l = 2$, chunki $l/2 = 1 \Rightarrow l = 2$. Demak ochiq sistemaning o'ng ildizlar soni $l = 2$ bo'lsa, berk sistema ham noturg'un bo'ladi.

Amaliy masalalarni yechishda Y.Z.Sipkin taklif etgan «o'tish qoidasini» qo'llash maqsadga muvofiqdir.

$W(j\omega)$ xarakteristikani o'tishi deganda shu xarakteristikaning kompleks tekisligida manfiy haqiqiy o'qni $(-1; j0)$ nuqtaning chap tomonini, ya'ni $[-\infty; -1]$ kesmani chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda pastdan yuqoriga kesib o'tsa, musbat o'tish yuqoridan pastga kesib o'tsa, manfiy o'tish deyiladi (4-rasm).

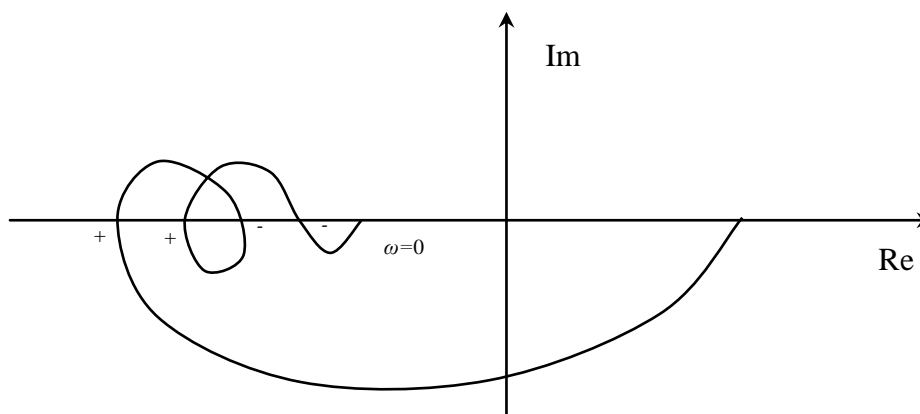


4 – rasm.

Yuqorida aytilganlarni eʼtiborga olgan holda Naykvist mezonini quyidagicha taʼriflash mumkin:

Berk sistema turgʻun boʻlishi uchun ochiq sistemaning AFXsining chastota $0 < \omega < \infty$ oʻzgarganda $[-\infty; -1]$ kesma orqali musbat va manfiy oʻtishlarning ayirmasi $l/2$ ga teng boʻlishi kerak. Bunda l - ochiq sistema xarakteristik tenglamasining oʻng ildizlar soni.

Agar ochiq sistemaning AFXsi $\omega=0$ boʻlganda $[-\infty; -1]$ kesmada boshlansa yoki $\omega=\infty$ boʻlganda shu kesmada tugasa, unda bunday oʻtishni yarim oʻtish deyiladi (5-rasm).



5 – rasm.

Statik ochiq sistemaning $W(j\omega)$ xarakteristiklari chastota oʻzgarganda yopiq kontur hosil qiladi.

Ideal integrallagich zvenosi boʻlgan astatik ochiq sistemalarning $W(j\omega)$ xarakteristiklari chastota $0 < \omega < \infty$ oʻzgarganda yopiq kontur hosil qilmaydi.

v) Astatik sistema uchun Naykvist mezonini qoʻllash.

Astatik sistemaning AFX

$$W(j\omega) = \frac{P(j\omega)}{(j\omega)^v Q(j\omega)}, \quad (7)$$

koʻrinishga ega boʻlib, yopiq kontur hosil qilmaydi.

Bunday sistemalar uchun ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi nol ildizga ega bo'lib, quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin.

$$Q(p) = p^\nu Q_1(p), \quad (8)$$

bu yerda ν - astatizm darajasi, ya'ni sistemadagi ideal integral zvenolar soni; $Q(p)$ - nol ildizga ega bo'lmagan polinom.

Astatik sistemaalarning AFXsi (5) ifodaga ko'ra $\omega=0$ bo'lganda ∞ bo'ladi. Shuning uchun kritik $(-1; j0)$ nuqtani «kontur ichida» yoki «kontur tashqarisida» ekanligini aniqlash qiyinlashadi, ya'ni $W(j\omega)$ xarakteristikasi $(-1; j0)$ kritik nuqtani o'z ichiga oladimi yoki yo'qmi ekanligini aytish mumkin bo'lmay qoladi. O'z navbatida berk sistemaning turg'unlik masalalarini yechish qiyinlashadi.

Sistema tarkibidagi ideal integrallovchi zvenolar chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $-\nu \frac{\pi}{2}$ burchak o'zgarishini beradi. Bunda ν - ketma-ket ulangan idal integrallovchi zvenolar soni.

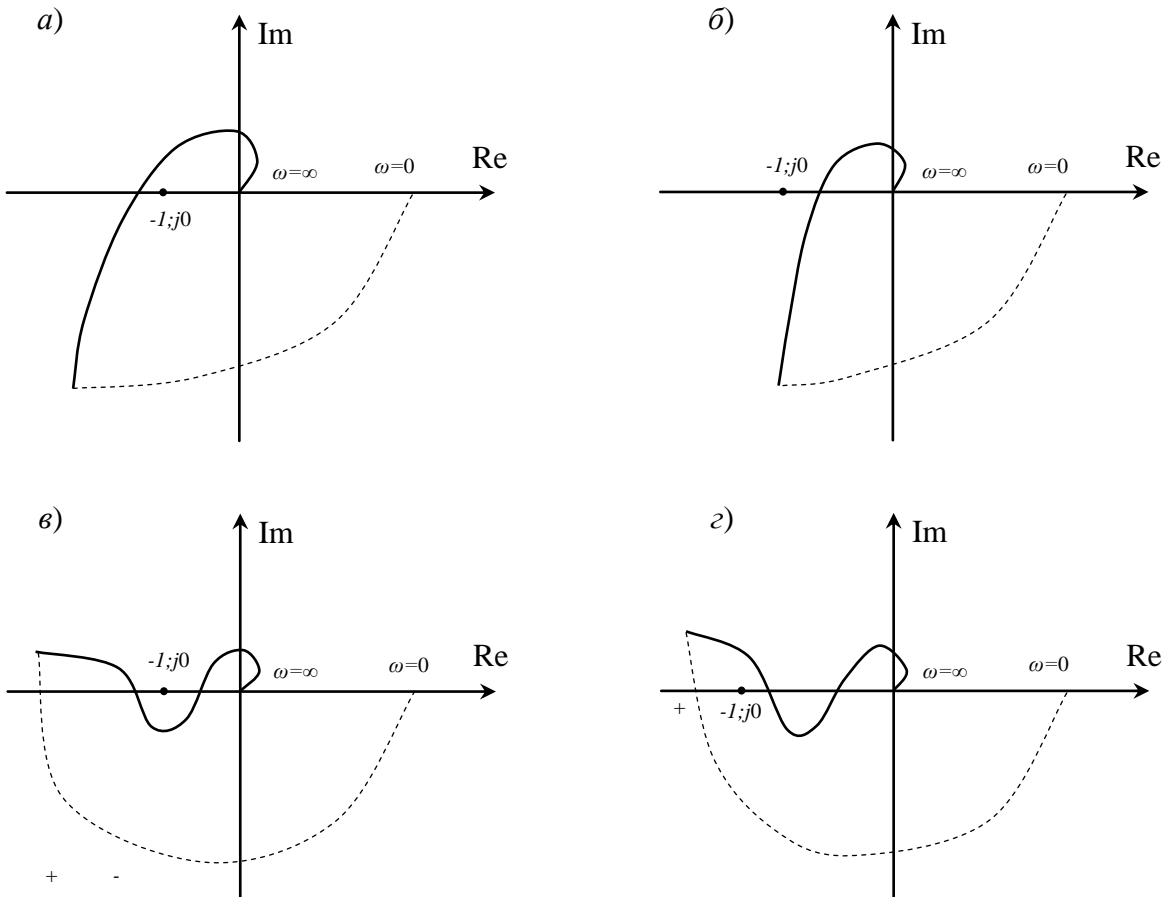
Shuning uchun $\Delta \arg A(j\omega)$ ni hisoblash uchun $W(j\omega)$ gadografi cheksiz katta radiusga ega bo'lgan aylananing yoyi bilan musbat haqiqiy yarim o'qqa qadar to'ldiriladi ($l=0$ yoki juft son bo'lganda). Unda Naykvist mezoni quyidagicha ta'riflash mumkin:

Agar ochiq sistemaning « ∞ » radiusga ega bo'lgan aylaning yoyi bilan to'ldirilgan ochiq sistemaning $W(j\omega)$ xarakteristikasi chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda kritik $(-1; j0)$ nuqtani $l/2$ marta o'z ichiga olsa, berk astatik sistema turg'un bo'ladi. Bunda l - ochiq sistema tarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni.

6-rasmda ochiq sistema turg'un bo'lgan ($l=0$) xolda berk sistemaning turg'olonligini aniqlashga misollar keltirilgan.

6-rasmda keltirilgan gadograflardan ko'rinib turibdiki, agar sistema turg'un bo'lsa, u holda kritik $(-1; j0)$ nuqta « ∞ » radiusga ega bo'lgan aylananing yoyi bilan to'ldirilgan ochiq sistema AFX ning tashqarisida yotadi. Agar bu nuqta shu xarakteristikaning ichida bo'lsa, unda sistema noturg'un bo'ladi.

Agar ochiq sistema turg'un bo'lsa, ($l=0$), unda AFX manfiy haqiqiy yarim o'qni $[-\infty; -1]$ kesmada kesib o'tadi yoki bu kesmani juft marta kesib o'tadi. Agar $[-\infty; -1]$ kesmani kesib o'tishlar soni toq bo'lsa, unda berk sistema noturg'un bo'ladi.



6-rasm. a) $v=1$ berk sistema noturg'un; b) $v=1$ berk sistema turg'un;
 v) $v=2$ berk sistema turg'un; g) $v=2$ berk sistema noturg'un;

Ochiq sistema yoki uning tarkibidagi birorta zvenoning tenglamasi noma'lum bo'lsa-yu, lekin ochiq sistemaning $W(j\omega)$ AFX si tajriba yo'li bilan olingan bo'lsa, unda bunday sistemaning turg'unligini tekshirish uchun faqatgina Naykvist mezonini qo'llash mumkin. Bu esa Naykvist turg'unlik mezonining boshqa turg'unlik mezonlaridan afzalligini ko'rsatadi. Bundan tashqari kechikuvchi sistemalarning turg'unligini tekshirishda faqatgina Naykvist mezonini qo'llash mumkin.

Ma'ruza №16.

BARQAROR REJIMLARDA ROSTLASH SIFATINI BAHOLASH.

Biror avtomatik rostlash tizimining amalda ishlatilishi uning turg'unlik talablarini bajarishiga bog'liq (bular faqat zarur bo'lgan shartlardir). ART ning ishlatilishi uchun yetarli bo'lgan shart - tizimning talab qilingan rostlash sifatini ta'minlash qobiliyatidir. Bu sifat rostlash tizimidagi o'tish jarayonlarining shakliga bog'liq.

Tizimning turli parametrlari rostlash jarayoniga ko'rsatilgan differensial yoki xarakteristik tenglamalarning umumiy ko'rinishini yechish uchun lozim.

Agar tizim to'rtinchi tartibdan yuqori bo'lsa yechish mumkin bo'lmaydi, chunki uning ildizlari radikallar orqali ifodalanmaydi. Shuning uchun, rostlash sifati, ya'ni turg'unlik darajasi, bilvosita integral yoki xususiy tahlil yordamida baholanadi. Amalda rostlash sifatini integral baholash usuli bilan baholash keng tarqalgan.

Integral baholash usuli - ma'lum integralni rostlanadigan parametrdan chetga chiqishida hisoblashga asoslanib, differensial tenglamalarni yechishni talab qilmaydi. Rostlash sifatini chiziqli kvadratik va tuzatilgan kvadratik baholash usullari mavjud. Bu baholashlar rostlash jarayonining bir yo'la ikki tomonini: so'nish tezligi va o'tish jarayonidagi rostlanuvchi parametrdan chetga chiqish kattaligini ta'riflaydi.

Chiziqli integral baholash I_1 . O'tish jarayonining sifati rostlanuvchi parametrdan berilgan qiymatdan chetga chiqishi va rostlash vaqti orqali aniqlanadi. O'tish jarayonining egri chizig'i ostidagi yuza bu ikki faktorni o'z ichiga olib, shu yuza qanchalik kichik bo'lsa, qolgan shartlardagi rostlash jarayonining sifati shuncha yaxshi bo'ladi. Rostlashning vazifasi tizimdagi o'tish xarakteristikasi sifatining I_1 chiziqli integral baholashning eng kichik qiymatini ta'minlashdan iborat:

$$I_1 = \int_0^{\infty} \varphi dt$$

Chiziqli integral baholashning mezonning kamchiligi uning nodavriy jarayonlarga yaqin bo'lgan jarayonlarni ta'minlovchi tizimlar uchun ishlatilishidir. Tebranishli o'tish jarayonlarining sifatini baholash uchun bu mezondan foydalanib bo'lmaydi, chunki o'tish jarayonining musbat yarim to'lqinlari manfiy yarim to'lqinlar bilan almashib turadi; bu yarim to'lqinlar yuzasining ishorasi ham ketma-ket qarama-qarshi ishoralar bilan almashinib turadi.

Kvadratik integral baholash I_2 . Nodavriy va tebranishli o'tish jarayonlari uchun rostlash jarayonining sifatini kvadratik integral baholash I_2 usulini qo'llash maqsadga muvofiqdir:

$$I_2 = \int_0^{\infty} \varphi^2 dt$$

Bunday baholash $\varphi^2(t)$ egri chiziq va absissalar o'qi bilan cheklangan yuzani hosil qiladi. φ tengsizlikning ishorasi o'zgarganda rostlanuvchi kattalikning berilgan qiymatining chizig'ini ikki tomonida joylashgan yuzalarining mutloq qiymatini

jamlashga halaqit bermaydi. Alohida yuzalarning qiymatini hisoblashda ordinataning o'rniga uning kvadratik qiymati hisobga olinadi.

Bu mezonning ma'nosi shundaki, I_2 integral kattalik qancha kichik bo'lsa, rostlashning sifati shuncha yaxshi bo'ladi. Shunday qilib, kvadratik integral balansni qo'llash I_2 integralning eng kichik qiymatini ta'minlovchi parametrlar izlashni nazarda tutadi.

I_2 integral baholashning minimal qiymatga ega bo'lgan ikkita (masalan S_0 va S_1 parametrini topish kerak bo'lsa, integral baholashni shu S_0 va S_1 parametrlar funksiyasida yozish va $I_2(S_0, S_1)$ funksiyaning xususiy hosilalarini nolga tenglashtirish kerak:

$$I_2 = f(S_0, S_1) \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial I_2(S_0, S_1)}{\partial S_0} &= 0 \\ \frac{\partial I_2(S_0, S_1)}{\partial S_1} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2) tizim bo'yicha I_2 integral baholashning minimumini qanoatlantiradigan S_0 va S_1 parametrlar aniqlanadi. Ba'zan ko'rilayotgan S_0 va S_1 parametrlar bo'yicha I_2 minimumga ega bo'lmasligi mumkin. Bunday hollarda boshqa faktorlarga ko'ra tuzilgan tarmoqdagi I_2 baholashning eng kichik qiymati bo'yicha optimal parametrlar tanlanadi.

Shuni ham qayd qilish kerakki, turli o'tish jarayonlariga ega bo'lgan ART lar bir xil kattalikni baholash bilan ham ta'riflanishi mumkin. Shuning uchun, I_2 baholash kichik bo'lgan o'tish jarayoni solishtirilayotgan jarayondan yaxshiroq deb ta'kidlash o'rinli bo'lavermaydi. Rostlash jarayonining sifatini aniqlashdagi kvadratik integral baholash usulining asosiy kamchiligi ham shundadir.

Tuzatilgan kvadratik integral baxrolash I_3 . Rostlash jarayonining sifatini tuzatilgan kvadratik integral usul I_3 bo'yicha baholashni A. A. Feldbaum taklif etgan:

$$I_3 = \int_0^{\infty} \left[\varphi^2 + K_2 \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right] \cdot dt;$$

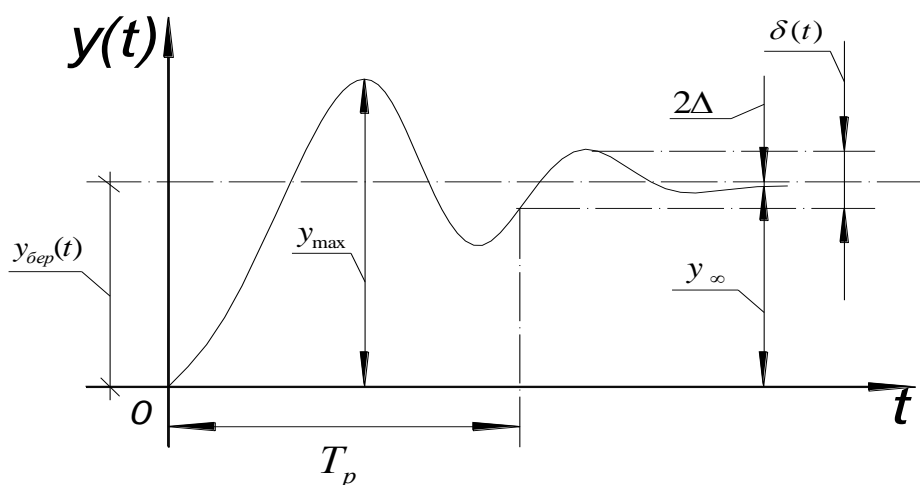
bu yerda, K - o'tish jarayonidagi egri chiziqning vaqt doimiysi.

Integral kvadratik baholash. K vaznli $\frac{d\varphi}{dt}$ hosilani kiritish o'tish jarayoni tezligining rostlash sifatiga ko'rsatgan ta'sirini e'tiborga olish imkonini beradi.

Istalgan ART sintezining vazifasi I_3 integralning eng kichik qiymatini ta'minlovchi shartlarni topishdan iborat. I_3 integralning minimumlashtirish xususiyati uning mukammal jarayonining eksponentasiga to'g'ri kelishida I_3 integral baholashning minimumi rostlash tizimida o'tayotgan jarayonning va monoton ekanligidan dalolat beradi.

ABS o'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlari

ABSning o'tish jarayoni turg'unlik talablariga javob bera olish bilan birga texnologik jarayon yoki agregatning ishlash talablariga muvofiq sifat ko'rsatkichlariga ham ega bo'lishi zarur. Aks xolda ABS o'zining asosiy vazifasini bajara olmaydi. O'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlarini aniqlash uchun odatda sistemaning turli tipik kirish ta'sirlariga javob reaksiyasi, ya'ni o'tish funksiyasining grafigi analiz qilinadi. ABS ish jarayonida yetarli darajadagi tezkorlik bilan yangi qaror holatga o'ta olishi, berilgan qiymatiga nisbatan chiqish kattaligini ma'lum bir yetarli aniqlikda ushlab turishi, ya'ni chiqish kattaligining ayni qiymatining berilganidan qaror holatdagi og'ishi, o'tish jarayonida chiqish kattaligining maksimal og'ish kattaligi va jarayonning tebranuvchanligi kabi ko'rsatkichlar o'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlari deyiladi.



1-rasm. ABS ning o'tish jarayoni grafigi

ABSning ishlash aniqligi turli qaror rejimlardagi chiqish kattaligining ayni qiymati bilan berilgan qiymati orasida farq $\delta(t)$ (3.6-rasm) bilan baholanadi.

Amalda ABSlar qoniqarli ishlashi uchun $\delta \leq 0,05 y_\infty$, ya'ni chiqish kattaligining ayni qiymati barqarorlashgan qiymatining 5% dan katta bo'lmasligi kerak.

Sistemaning tezkorligi rostlash vaqti bilan baholanadi va u kirish ta'siri berilgan ondan boshlab, to chiqish kattaligi ayni qiymatining berilganidan farqi $\varepsilon(t) \leq \Delta = (0,03...0,05)y_\infty$ bo'lganda tugaydi.

Chiqish kattaligining o'tish jarayonidagi maksimal og'ishi o'tarostlash ko'rsatkichi orqali baholanadi:
$$\sigma = \frac{y_{\max} - y_\infty}{y_\infty} \cdot 100\%,$$
 bu yerda y_{\max} - chiqish

kattaligining o'tish jarayonidagi maksimal qiymati.

O'tish jarayoni vaqti (T_p)dagi chiqish kattaligining yarim tebranishlar soni sistemaning *tebranuvchanligini* miqdoran baholaydi. Ushbu ko'rsatkich va o'tarostlash asosan sistemaning turg'unlik zahirasiga bog'liq bo'lib, uning bilvosita ko'rsatkichlari bo'la oladi. Sistema qanchalik turg'unlik chegarasiga yaqin bo'lsa, shunchalik σ va $n_{me\ddot{o}}$ qiymati katta bo'ladi. Sistema texnologik jarayon talablariga javob beradigan tezkorlikka ega bo'lishi, hamda $\sigma \leq 20\%$ va $n_{me\ddot{o}} \leq 2...3$ kabi ko'rsatkichlarga ega bo'lishi kerak.

Avtomatik sistema ishlash sifatining dinamik ko'rsatkichlari (roslash vaqti - t_p , o'tarostlash σ va o'tish jarayoning tebranuvchiligi $n_{me\sigma}$) yuqorida takidlanganidek, sistema o'tish jarayonining grafigini analiz qilish orqali aniqlanadi. Bu grafikni tajriba yo'li bilan,elekton(EHM) yoki analog(AHM) hisoblash mashinalarida modellashtirish yoki hisoblash (analitik) usullari bilan olish mumkin.

Tajriba usuli bilan o'tish jarayonining grafigi olish uchun ABS, ya'ni boshqarish obyekti va boshqaruvchi qurilma (rostlagich) zarur o'lchov, qayt qiluvchi asbob va qurilmalar bilan jihozlangan bo'lishi kerak. Bunday sistemaga birlik kirish ta'siri $1(t)$ berilib, chiqish kattaligi $y(t)$ ning o'zgarishi yozib (qayt kilib) olinadi va shular asosida o'tish jarayoni egri chizig'i quriladi. Bu usulning kamchiligi- uni har doim ham amalga oshirib bo'lmaydi, chunki loyihalash davrida bo'lajak ABSning u yoki bu qismi yetishmasligi mumkin, yetarli aniqlikda o'lchash qiyinligi va amalga oshirish uchun qimmat baho qurilma kerakligidir.

Modellashtirish usuli o'tish jarayoni tavsiflovchi differensial tenglamalarni AHM va EHMlarda yechishdan iborat. AHMni qo'llash ancha sodda sistemalarni tadqiqod qilish qulay, tezda o'tish jarayoni grafigini yaqqol, ya'ni raqamlar va jadvallarsiz, ossillografda olish mumkin. Lekin bunda yetarli aniqlik ta'minlanmasligi va tenglamalarni tartibi oshgan sari ularni yechish ko'plab elektr sxemalarni yig'ish bilan bog'liqligi va zamonaviy keng imkoniyatli shaxsiy EHMlarni paydo bo'lishi AVMLarni amaliyotdan siqib chiqarmoqda. Xozirda murakkab ABSlarni tadqiqot qilish imkonini beradigan EXM lar uchun ko'plab dasturlar ishlab chiqilgan. Shulardan biri siz amaliy mashg'ulotlarda o'z shaxsiy topshirig'izdagi ABSni xisoblashda qo'llaydigan SIAM (sistema avtomatizipovannogo modelipovaniya i papametpichekoy optimizatsii) dasturidir. SIAM keng miqyosdagi dinamik sistemalarni analiz va sintez qilishdagi ilmiy va injenerlik xisoblarini avtomatlashtirish uchun mo'ljallangan bo'lib, uning yordamida quyidagilarni amalga oshirish mumkin:

- imitatsion modellashtirish;
- papametpik optimallashtirish;
- chactotaviy xapaktepictikalarni qurish.

SIAMda sistemaning matematik modellari tipik dinamik zvenolar bloklaridan iborat struktup sxemalar ko'ri-nishida kiritiladi. Dasturning 4.1x vepciyasida quyidagi oddiy differensial tenglamalar sistemasini sonli integrallash metodlari qo'llanilishi mumkin:

-4-taptibda aniqlikni va avtomatik tarzda integpallash qadamini tanlashni ta'minlaydigan Kutta-Mepcon metodi;

-5-taptibda aniqlikni va avtomatik tarzda integpallash qadamini tanlashni ta'minlaydigan Felberg metodi;

-4-taptibda aniqlikni ta'minlaydigan o'zgarmas integpallash qadamli Punge-Kutta metodi;

-2-taptibda aniqlikni ta'minlaydigan o'zgarmas integpallash qadamli Eyley metodi.

SIAMda immitatsion modellashtirish mobayinida xar qanday blokning chiqish kattaligining o'zgarish qonuniyati grafiklarini bevosita ekranda kuzatish imkoniyati mavjud.

O'tish jarayoni grafigini olishning *hisoblash usuli* differensial tenglamalarni yechish va chastotaviy metodlarga asoslangan. Differensial tenglamalarini yechish klassik, operator va b. usullarda amalga oshirilishi mumkin. Operatsion usul yuqorida ko'rib chiqilgan Laplas almashtirishi metodiga asoslangan bo'lib, ushbu almashtirishning maxsus adabiyotlarda berilgan jadvallaridan foydalanish asosida amalga oshiriladi. Klassik usul xisoblashda ma'lum qiyinchiliklar bo'lishi sababli, ayniqsa tenglama tartibi 3 va undan yuqori hollarda, odatda kam qo'llaniladi. Amaliyotda differensial tenglamalarni yechmasdan o'tish jarayoni egri chizig'ini qurish imkonini beradigan bir qancha taqribiy usullar, shuningdek sistema sifat ko'rsatkichlarini o'tish jarayoni egri chizig'ini qurmasdan bilvosita baholash metodlari qo'llaniladi. Shulardan biri V.V. Solodovnikov tomonidan ishlab chiqilgan trapetsiya usulini ko'rib chiqamiz.

XATOLIK KOEFFITSIENTLARI USULI.

Obyektning g'alayonlanish paydo bo'lganidan so'ng odam yoki avtomat rostlagich yordamisiz yana muvozanat holatiga qaytish xususiyati *o'z-o'zidan to'g'rilanish* deyiladi. o'z-o'zidan to'g'rilanishning sonli qiymati o'z-o'zidan to'g'rilanish darajasi (koeffitsiyenti) va tarqalish tezligi orqali baholanadi.

O'z-o'zidan to'g'rilanish darajasi ρ g'alayonlovchi ta'sirning shu ta'sir natijasida sodir bo'ladigan rostlanuvchi kattalikning chetga chiqishiga bo'lgan nisbatiga teng:

$$\rho = \frac{d(g_1 - g_2)}{d\Delta\alpha} = \frac{d\Delta g}{d\Delta\alpha};$$

bu yerda, g_1 -obyektdagi modda yoki energiyaning nisbiy qo'shilishi; g_2 -obyektdagi modda yoki energiyaning nisbiy ayirmasi sarfi; $g\Delta$ - rostlanuvchi obyektidagi ko'rilayotgan vaqt mobaynida yoki energiyaning qo'shilishi va sarfining nisbiy ayirmasi; $\Delta\alpha$ - rostlanuvchi obyektning nisbiy chetga chiqishi; ρ - o'z-o'zidan to'g'rilanish darajasi o'lchovsiz kattalik.

Chiziqli obyektlar uchun $\rho = const$ o'z-o'zidan to'g'rilanish koeffitsiyenti kirish signalining ko'rilayotgan o'tish kanali bo'yicha obyektning kuchayish koeffitsiyentiga teskari kattalikdir. Shuning uchun, ρ qancha katta bo'lsa, rostlanuvchi obyektning bir qiymatli g'alayonlovchi ta'sir kuchidagi qoldiqli chetga chiqishi shuncha kichik bo'ladi.

O'z-o'zidan to'g'rilanish qobiliyatiga ega bo'lmagan ($\rho = 0$) obyektlar neytral yoki astatik deyiladi. G'alayonlovchi ta'sir bo'lmasa, bunday obyektlar rostlanuvchi kattalikning istalgan qiymatida muvozanat holatda bo'ladi. Agar muvozanat holati buzilsa, rostlanuvchi kattalikning o'zgarish tezligi g'alayonlanish kattaligiga to'g'ri mutanosib bo'ladi. o'z-o'zidan to'g'rilanish rostlanuvchi obyektning kirishida ham, chiqishida ham mavjud bo'lishi mumkin. Nollik qiymatidan tashqari, u musbat yoki manfiy bo'lishi mumkin.

o'z-o'zidan to'g'rilanishi ma'lum ($\rho < 0$) qiymatga ega bo'lgan obyektlar modda yoki energiyaning berilishi va iste'moli o'rtasidagi tenglikni tiklash qobiliyatiga ega. Bunday obyektlar *turg'un* yoki *statik* deyiladi.

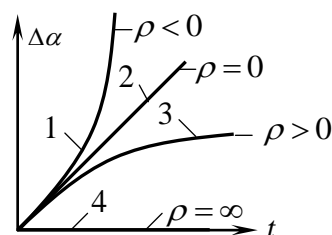
Agar o'z-o'zidan to'g'rilanish darajasi $\rho = \infty$ bo'lsa, obyekt *ideal* o'z-o'zidan to'g'rilanishiga ega bo'ladi. Bu demak, obyekt o'zining muvozanat holati va rostlanuvchi kattaligining o'zgarish qiymatini har qanday g'alayonlovchi ta'sirlar qiymatida ham saqlab qoladi.

o'z-o'zidan to'g'rilanish ($\rho < 0$) bo'lmagan obyektlarning statsionar rejimi muvozanat holati bo'zilganda qayta tiklanmaydi. Bunday obyektlar *noturg'un* deyiladi.

Ichki energiya manbaiga ega bo'lmagan sodda obyektlar, odatda, *turg'un* bo'ladi. Bunday manbalari bo'lgan fizik tizimlar (masalan, tizimda o'tayotgan

jarayon ekzotermik reaksiya bilan birgalikda ketishi mumkin) noturg'un bo'lishi mumkin. Bu kabi obyektlarni rostdash qiyinlashadi, ayrim hollarda esa ular avtomatlashtirish imkoni umuman bo'lmaydi.

1-rasmda statik, astatik, noturg'un obyektlar va ideal o'z-o'zidan obyektlarning tarqalish egri chiziqlari keltirilgan. Shuni ham aytish kerakki, o'z-o'zidan to'g'rilanishli obyektlar uchun avtomat rostdagichning-hojati yo'q. Lekin, ideal o'z-o'zidan to'g'rilanish anish qobiliyatiga ega bo'lgan asosiy kattalikni obyektida texnologik jarayonni rostdash uchun rostdanuvchi kattalik sifatida rostdash talablariga to'g'ri keladigan yordamchi kattalikni tanlash kerak. Masalan bir komponentli suyuqlikning doimiy bosimda qaynash jarayonini rostdash kerak.



1-rasm. Rostlash obyektlarining yugurish egri chiziqlari.

1-noturg'un obyekt; 2 - neytral obyekt; 3 - turg'un obyekt; 4 - ideal, o'z-o'zidan to'g'rilanadigan obyekt $\Delta\alpha$ - rostdanuvchi kattalikning nisbiy chetga chiqishi.

Apparatning moddani qaynatish uchun yetarli bo'lgan issiqligi har qanday qiymatda bo'lsa ham, suyuqlikning qaynash temperaturasi doimiy bo'lgani uchun asosiy kattalik hisoblangan qaynash temperaturasining rostdagichidan foydalanmaslikka to'g'ri keladi. Bir komponentli suyuqlikning qaynash intensivligini boshqarish uchun yordamchi rostdanuvchi kattalik sifatida (agar apparatning gidravlik qarshiligidan o'tadigan bug' tezligining o'zgarishi natijasida bosim deyarli o'zgarsa) bug'lanuvchi suyuqlikning bug' bosimi (agar suyuqlik bug'lanish tezligining doimiy kerak bo'lsa), issiqlik tashuvchining apparatga uzatish temperaturasi tezligi yoki (o'zgaruvchi yukli bug'lalatgichning ishini ta'minlash kerak bo'lsa) issiqlik tashuvchining uzatish tezligi va qayta ishlanayotgan suyuqlik o'rtasidagi munosabatlari tanlanadi.

Turli obyektlar uchun o'z-o'zidan to'g'rilanish jarayonining o'tish vaqti turlicha bo'ladi. Bu vaqt rostdanuvchi kattalikning o'zgarish tezligining g'alayonlovchi ta'siri qiymatiga bo'lgan nisbatidan iborat tarqalish tezligi orqali ta'riflanadi. Tarqalish tezligini ba'zan rostdanuvchi obyektning sezgirligi deyiladi. Bu ko'rsatkichlarning fizik ma'nosi shundaki, u tarqalish vaqtiga teskari qiymatli kattalikdir. *Tarqalish vaqti* deb, chiqish kattaligining modda yoki energiyaning kirishi va chiqishi o'rtasidagi maksimal nobalanslik holatidagi noldan o'zining nominal qiymatiga yetguncha o'zgarish vaqtiga aytiladi. Nazariy jihatdan cheksizlikka teng tarqalish tezligi kirish parametrining o'zgarish vaqtidagi chiqish parametrining o'zgarishi bir onda sodir bo'lishini bildiradi.

Muxandislik amaliyotida ABS larning turg'unligini tahlil etishda ochiq sistemaning logarifmik chastotaviy xarakteristikasi (LCHX) dan keng foydalaniladi. Chunki ochiq sistemaning asimptotik LACHXsini qurish AFXni qurishdan ancha oson va qulaydir.

Sistemaning turg'unligi ochiq sistema $W(j\omega)$ AFXsining $[-\infty; -1]$ kesmada manfiy haqiqiy yarim o'qni kesib o'tishlar soni bilan bog'liqdir. SHuning uchun ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ bilan LCHXsi orasidagi bog'liqlikni aniqlab olamiz.

Ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ manfiy haqiqiy o'qni kesib o'tganda, LFCHX $-\pi(2l+1)$ chiziqlarning birini kesib o'tadi. $i=0,1,2,3,\dots$ sistemaning turg'unligi nuqtai nazaridan olganda, bu o'tishlar soni kritik $(-1; j0)$ nuqtaning o'ng tomonida, $|W(j\omega)| < 1$ AFX ning moduli birdan kichik bo'lganda, ya'ni LACHX ordinatalari manfiy $L(\omega) = 20\lg|W(j\omega)| < 0$ bo'lganda sodir etilsa, unda bu o'tishlar sistemaning turg'unligiga hech qanday xavf tug'dirmaydi.

Shu sababli $L(\omega) = 20\lg|W(j\omega)| < 0$ bo'lagi sistemaning turg'unligini tekshirilayotganda unchalik axamiyat kasb etmaydi.

$W(j\omega)$ xarakteristikaning $[-\infty; -1]$ kesma orqali musbat o'tishiga (pastdan yuqoriga) LFCHX ning $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chiziqni yuqoridan pastga (musbat o'tish) kesib o'tishi $W(j\omega)$ xarakteristikaning $[-\infty; -1]$ kesma orqali manfiy o'tishiga (yuqoridan pastga) LFCHX ning $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chiziqni pastdan yuqoriga (manfiy) o'tishi to'g'ri keladi.

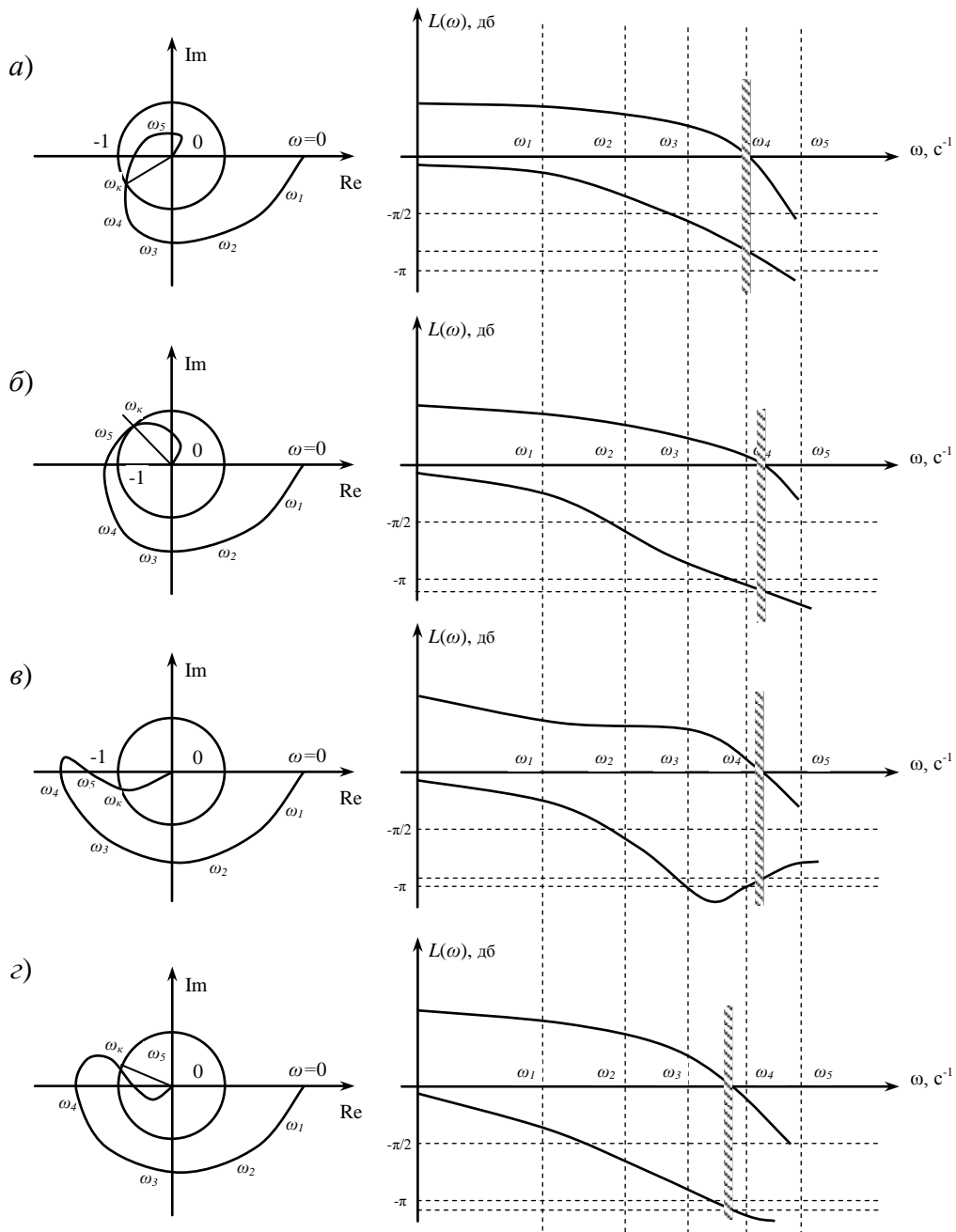
YUqorida aytilganlarni hisobga olib, turg'unlikning logarifmik mezonini qo'yidagicha ta'riflash mumkin:

Agar ochiq sistemaning LFCHX $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chizig'idan o'tgan musbat va manfiy o'tishlari ayirmasi $l/2$ ga teng bo'lsa, berk sistema turg'un bo'ladi. Bunda l – ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlari soni.

1-rasmda ochiq sistema turg'un bo'lgan holda, berk sistema turg'un yoki noturg'un holatlariga to'g'ri keladigan logarifmik xarakteristikalaridan misollar keltirilgan.

Berk sistemaning turg'unligini tekshirish LACHX ning musbat ordinasiga to'g'ri kelgan bo'lagida tekshirilgan, rasmda u shrixlangan chiziq bilan ko'rsatilgan. Logarifmik xarakteristikalar bilan birga ularga mos tushadigan ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ xarakteristikalarini ham keltirilgan.

$W(j\omega)$ xarakteristikasining radiusi birga teng bo'lgan aylana bilan kesishiga LACHX ning absissa o'qi bilan kesishi to'g'ri keladi va bu chastotani kesish chastotasi deyiladi va ω_k bilan belgilanadi.



2-rasm.

$W(j\omega)$ xarakteristikasining manfiy haqiqiy o'q bilan kesishgan nuqtasiga LFCHX ning π to'g'ri chizig'ini kesib o'tishi to'g'ri keladi va bu chastotani ω_y o'tish chastotasi deyiladi.

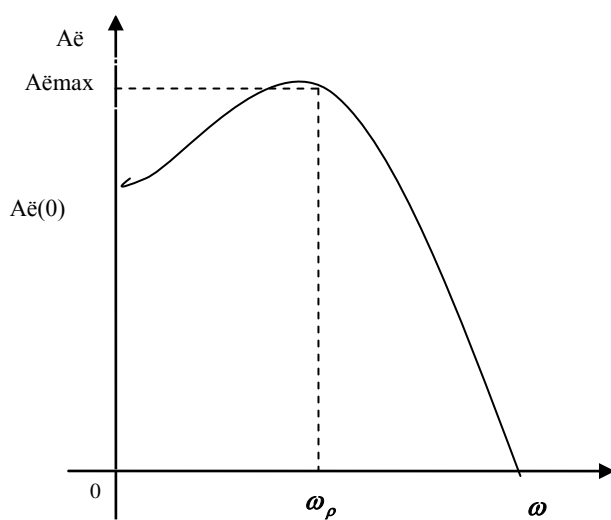
Agar ochiq sistema turg'un ($l=2$) bo'lsa, unda berk sistema turg'un bo'lishi uchun $\omega_\kappa < \omega_y$ sharti bajarilishi kerak. Aks xolda berk sistema noturg'un bo'ladi.

1a,v – rasmlarda keltirilgan xarakteristikalar berk sistemaning turg'un holatiga to'g'ri keladi, 1a,v – rasmlarda keltirilgan xarakteristikalar esa berk sistemaning noturg'un holatiga to'g'ri keladi.

MA'RUZA № 18

POG'ONALI SIGNALLAR TA'SIRI ORQALI O'TISH JARAYONI SIFATINI BAHOLASH.

Chastotaviy sifat mezonlari chastota xarakteristikasi bo'yicha tizimda kechadigan o'tkinchi jarayonlarning sifati to'g'risida fikr yuritish imkonini beradi. Amplituda chastota xarakteristikasi (ACHX) va faza chastota xarakteristikasi (FCHX) o'zaro bir-biri bilan ma'lum bo'qlikka ega. Shuning uchun yopiq tizimning faqat birgina AIXX bo'yicha o'tkinchi jarayonning sifat ko'rsatkichlari xaqida fikr yuritish mumkin. ACHX bo'yicha tizim o'tkinchi jarayonining vaqti va tebranuvchanligini ba'kolash mumkin.



1. rasm. Yopiq tizimning amplituda chastota xarakteristikasi.

Tebranuvchanlik tavsifning nisbiy maksimumi qiymati bo'yicha aniqlanadi, ya'ni

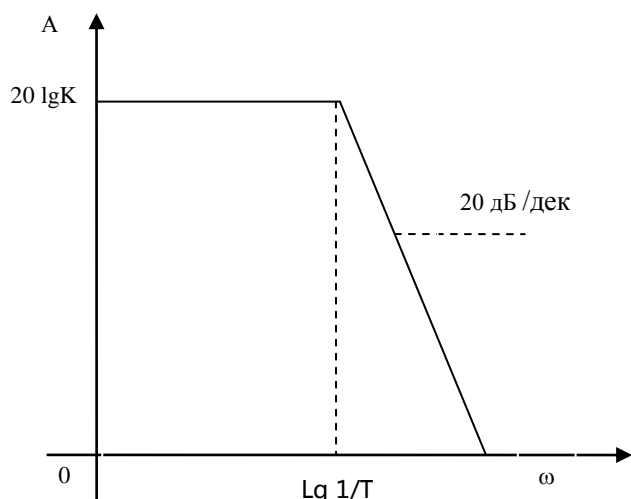
$$M = \frac{A\ddot{e}_{\max}}{A\ddot{e}(0)} = \frac{A\ddot{e}(\omega_p)}{A\ddot{e}(0)}, \quad (1)$$

bu modullar nisbati bo'lib, odatda $M=1,1 \div 1,5$ optimal nisbat hisoblanadi.

Bunda o'tkinchi jarayon ACHX rezonans cho'qqisidagi ω_p chastotasiga teng sust tebranishga ega bo'ladi.

O'tkinchi jarayon vaqtini t_p ni $A\omega(\omega)$ tavsifining kengligi bilan aniqlanadi. Bu kolda bo'lanish quyidagicha bo'ladi: tizim chastota tavsifi qanchalik keng bo'lsa, o'tkinchi jarayon shunchalik qisqa ya'ni t_p shunchalik xam bo'ladi. Bunday teskari bo'lanish bilan namunaviy elementar zvenolar bo'yicha tanishmiz.

Masalan, aperiodik zveno uchun $w(\rho) = \frac{K}{T_p + 1}$. ACHX kengligi zveno vaqt doimiyligiga teskari proporsionaldir, shu bilan birga bu zveno o'tish xarakteristikasidagi o'tish vaqti $t_p = (3 \div 4) T$ ga teng.



2. rasm. Aperiodik zvenoning amplituda chastota xarakteristikasi.

Tebranuvchi zvenoda esa chastota tavsifining kengligi va t_p shunga o'xshash T_1 vaqt doimiyliigi orqali bo'langan bo'lib, bu vaqt doimiyliigi zvenoning qanday inersiyaga ega ekanligi belgilaydi.

Muxandislik amaliyotida ABS larning turg'unligini tahlil etishda ochiq sistemaning logarifmik chastotaviy xarakteristikasi (LCHX) dan keng foydalaniladi. Chunki ochiq sistemaning asimptotik LACHXsini qurish AFXni qurishdan ancha oson va qulaydir.

Sistemaning turg'unligi ochiq sistema $W(j\omega)$ AFXsining $[-\infty; -1]$ kesmada manfiy haqiqiy yarim o'qni kesib o'tishlar soni bilan bog'liqdir. SHuning uchun ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ bilan LCHXsi orasidagi bog'liqlikni aniqlab olamiz.

Ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ manfiy haqiqiy o'qni kesib o'tganda, LFCHX $-\pi(2l+1)$ chiziqlarning birini kesib o'tadi. $i = 0, 1, 2, 3, \dots$ sistemaning turg'unligi nuqtai nazaridan olganda, bu o'tishlar soni kritik $(-1; j0)$ nuqtaning o'ng tomonida, $|W(j\omega)| < 1$ AFX ning moduli birdan kichik bo'lganda, ya'ni LACHX ordinalari manfiy $L(\omega) = 20\lg|W(j\omega)| < 0$ bo'lganda sodir etilsa, unda bu o'tishlar sistemaning turg'unligiga hech qanday xavf tug'dirmaydi.

Shu sababli $L(\omega) = 20\lg|W(j\omega)| < 0$ bo'lagi sistemaning turg'unligini tekshirilayotganda unchalik ahamiyat kasb etmaydi.

$W(j\omega)$ xarakteristikaning $[-\infty; -1]$ kesma orqali musbat o'tishiga (pastdan yuqoriga) LFCHX ning $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chiziqni yuqoridan pastga (musbat o'tish) kesib o'tishi $W(j\omega)$ xarakteristikaning $[-\infty; -1]$ kesma orqali manfiy o'tishiga (yuqoridan pastga) LFCHX ning $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chiziqni pastdan yuqoriga (manfiy) o'tishi to'g'ri keladi.

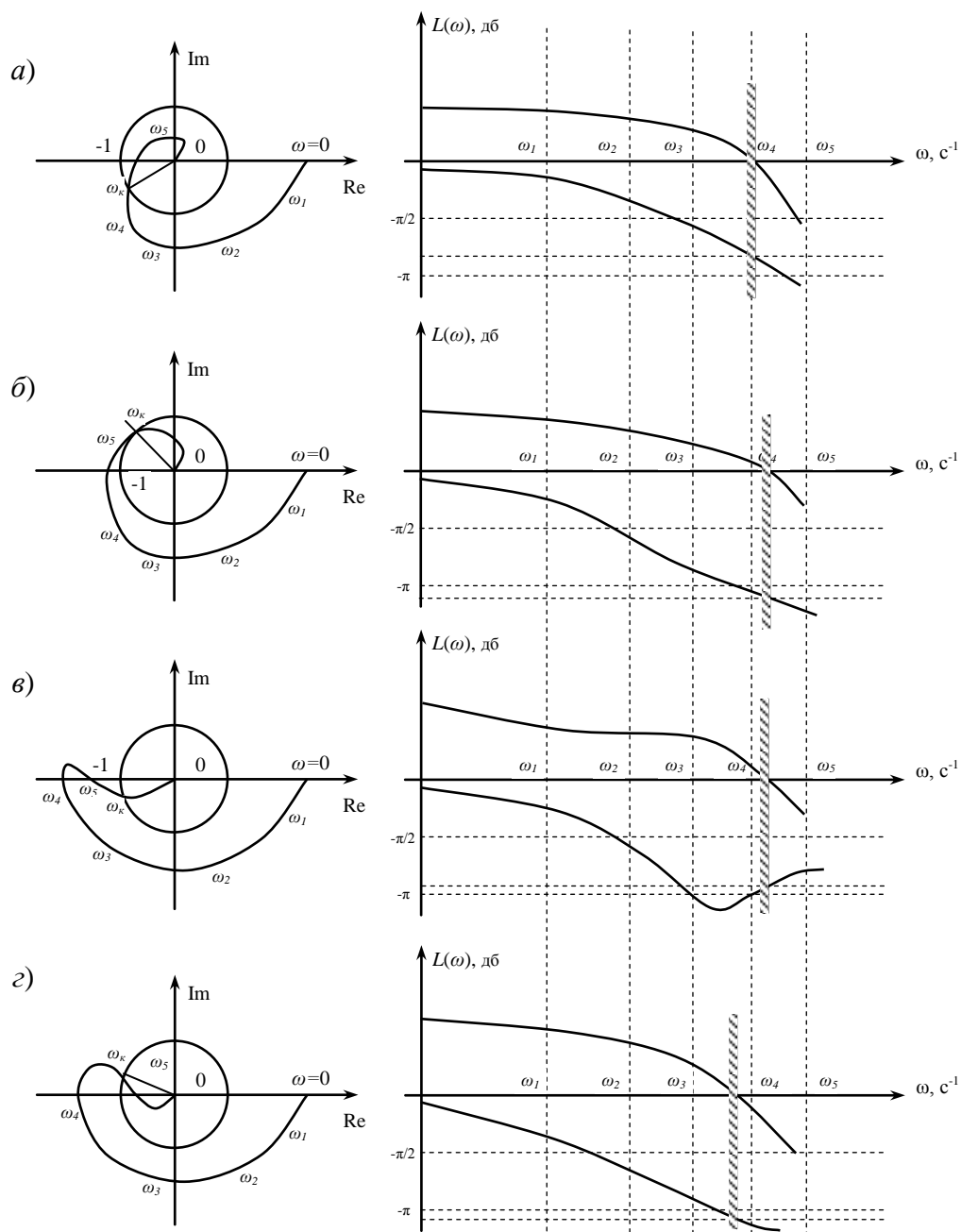
YUqorida aytilganlarni hisobga olib, turg'unlikning logarifmik mezonini qo'yidagicha ta'riflash mumkin:

Agar ochiq sistemaning LFCHX $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chizig'idan o'tgan musbat va manfiy o'tishlari ayirmasi $l/2$ ga teng bo'lsa, berk sistema turg'un bo'ladi. Bunda l – ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlari soni.

3-rasmda ochiq sistema turg'un bo'lgan holda, berk sistema turg'un yoki noturg'un holatlariga to'g'ri keladigan logarifmik xarakteristikalaridan misollar keltirilgan.

Berk sistemaning turg'unligini tekshirish LACHX ning musbat ordinatasiga to'g'ri kelgan bo'lagida tekshirilgan, rasmda u shrixlangan chiziq bilan ko'rsatilgan. Logarifmik xarakteristikalar bilan birga ularga mos tushadigan ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ xarakteristikalar ham keltirilgan.

$W(j\omega)$ xarakteristikasining radiusi birga teng bo'lgan aylana bilan kesishiga LACHX ning absissa o'qi bilan kesishi to'g'ri keladi va bu chastotani kesish chastotasi deyiladi va ω_k bilan belgilanadi.



3-rasm.

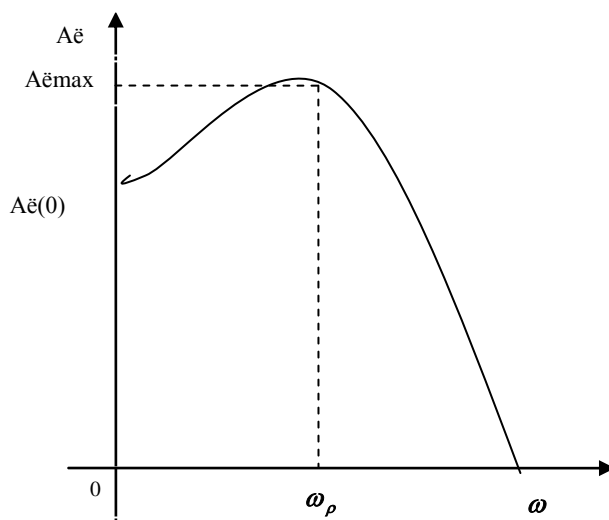
$W(j\omega)$ xarakteristikasining manfiy haqiqiy o‘q bilan kesishgan nuqtasiga LFCHX ning π to‘g‘ri chizig‘ini kesib o‘tishi to‘g‘ri keladi va bu chastotani ω_y o‘tish chastotasi deyiladi.

Agar ochiq sistema turg‘un ($l=2$) bo‘lsa, unda berk sistema turg‘un bo‘lishi uchun $\omega_\kappa < \omega_y$ sharti bajarilishi kerak. Aks xolda berk sistema noturg‘un bo‘ladi.

1a,v – rasmlarda keltirilgan xarakteristikalar berk sistemaning turg‘un holatiga to‘g‘ri keladi, 1a,v – rasmlarda keltirilgan xarakteristikalar esa berk sistemaning noturg‘un holatiga to‘g‘ri keladi.

GARMONIK TA'SIRLAR ORQALI ROSTLASH SIFATINI BAHOLASH.

Chastotaviy sifat mezonlari chastota xarakteristikasi bo'yicha tizimda kechadigan o'tkinchi jarayonlarning sifati to'g'risida fikr yuritish imkonini beradi. Amplituda chastota xarakteristikasi (ACHX) va faza chastota xarakteristikasi (FCHX) o'zaro bir-biri bilan ma'lum bo'qliklikka ega. Shuning uchun yopiq tizimning faqat birgina AIXX bo'yicha o'tkinchi jarayonning sifat ko'rsatkichlari xaqida fikr yuritish mumkin. ACHX bo'yicha tizim o'tkinchi jarayonining vaqti va tebranuvchanligini baholash mumkin.



1. rasm. Yopiq tizimning amplituda chastota xarakteristikasi.

Tebranuvchanlik tavsifning nisbiy maksimumi qiymati bo'yicha aniqlanadi, ya'ni

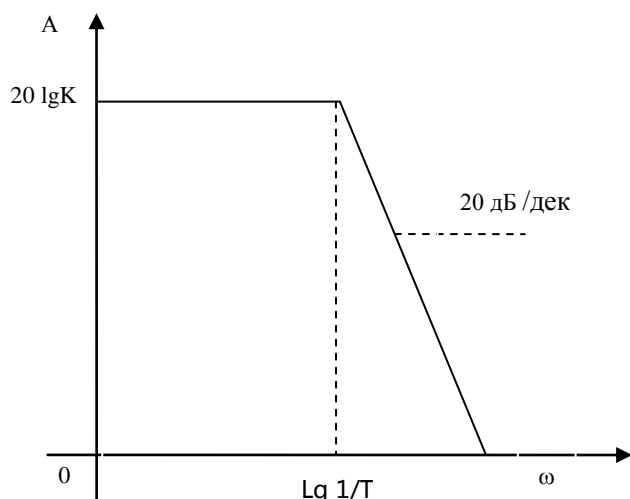
$$M = \frac{A_{\dot{\epsilon} \max}}{A_{\dot{\epsilon}(0)}} = \frac{A_{\dot{\epsilon}(\omega_{\rho})}}{A_{\dot{\epsilon}(0)}}, \quad (1)$$

bu modullar nisbati bo'lib, odatda $M=1,1 \div 1,5$ optimal nisbat hisoblanadi.

Bunda o'tkinchi jarayon ACHX rezonans cho'qqisidagi ω_{ρ} chastotasiga teng sust tebranishga ega bo'ladi.

O'tkinchi jarayon vaqtini t_p ni $A_{\dot{\epsilon}(\omega)}$ tavsifining kengligi bilan aniqlanadi. Bu kolda bo'lanish quyidagicha bo'ladi: tizim chastota tavsifi qanchalik keng bo'lsa, o'tkinchi jarayon shunchalik qisqa ya'ni t_p shunchalik xam bo'ladi. Bunday teskari bo'lanish bilan namunaviy elementar zvenolar bo'yicha tanishmiz.

Masalan, aperiodik zveno uchun $w(\rho) = \frac{K}{T_{\rho} + 1}$. ACHX kengligi zveno vaqt doimiyligiga teskari proporsionaldir, shu bilan birga bu zveno o'tish xarakteristikasidagi o'tish vaqti $t_p = (3 \div 4) T$ ga teng.



2. rasm. Aperiodik zvenoning amplituda chastota xarakteristikasi.

Tebranuvchi zvenoda esa chastota tavsifining kengligi va t_p shunga o'xshash T_1 vaqt doimiyliigi orqali bo'langan bo'lib, bu vaqt doimiyliigi zvenoning qanday inersiyaga ega ekanligi belgilaydi.

Muxandislik amaliyotida ABS larning turg'unligini tahlil etishda ochiq sistemaning logarifmik chastotaviy xarakteristikasi (LCHX) dan keng foydalaniladi. Chunki ochiq sistemaning asimptotik LACHXsini qurish AFXni qurishdan ancha oson va qulaydir.

Sistemaning turg'unligi ochiq sistema $W(j\omega)$ AFXsining $[-\infty; -1]$ kesmada manfiy haqiqiy yarim o'qni kesib o'tishlar soni bilan bog'liqdir. SHuning uchun ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ bilan LCHXsi orasidagi bog'liqlikni aniqlab olamiz.

Ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ manfiy haqiqiy o'qni kesib o'tganda, LFCHX $-\pi(2l+1)$ chiziqlarning birini kesib o'tadi. $i = 0, 1, 2, 3, \dots$ sistemaning turg'unligi nuqtai nazaridan olganda, bu o'tishlar soni kritik $(-1; j0)$ nuqtaning o'ng tomonida, $|W(j\omega)| < 1$ AFX ning moduli birdan kichik bo'lganda, ya'ni LACHX ordinalari manfiy $L(\omega) = 20\lg|W(j\omega)| < 0$ bo'lganda sodir etilsa, unda bu o'tishlar sistemaning turg'unligiga hech qanday xavf tug'dirmaydi.

Shu sababli $L(\omega) = 20\lg|W(j\omega)| < 0$ bo'lagi sistemaning turg'unligini tekshirilayotganda unchalik ahamiyat kasb etmaydi.

$W(j\omega)$ xarakteristikaning $[-\infty; -1]$ kesma orqali musbat o'tishiga (pastdan yuqoriga) LFCHX ning $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chiziqni yuqoridan pastga (musbat o'tish) kesib o'tishi $W(j\omega)$ xarakteristikaning $[-\infty; -1]$ kesma orqali manfiy o'tishiga (yuqoridan pastga) LFCHX ning $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chiziqni pastdan yuqoriga (manfiy) o'tishi to'g'ri keladi.

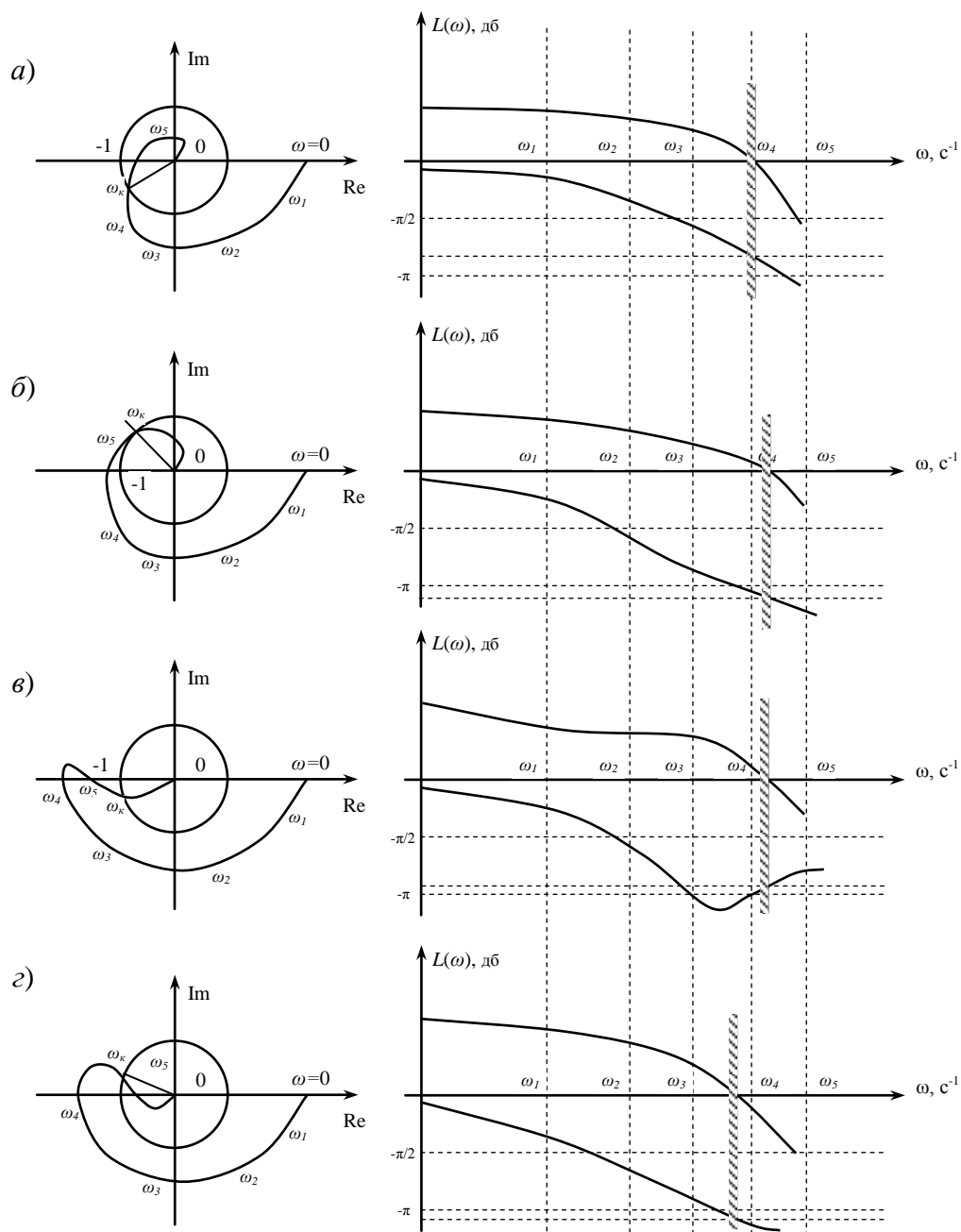
YUqorida aytilganlarni hisobga olib, turg'unlikning logarifmik mezonini qo'yidagicha ta'riflash mumkin:

Agar ochiq sistemaning LFCHX $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chizig'idan o'tgan musbat va manfiy o'tishlari ayirmasi $l/2$ ga teng bo'lsa, berk sistema turg'un bo'ladi. Bunda l – ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlari soni.

3-rasmda ochiq sistema turg'un bo'lgan holda, berk sistema turg'un yoki noturg'un holatlariga to'g'ri keladigan logarifmik xarakteristikalaridan misollar keltirilgan.

Berk sistemaning turg'unligini tekshirish LACHX ning musbat ordinatasiga to'g'ri kelgan bo'lagida tekshirilgan, rasmda u shrixlangan chiziq bilan ko'rsatilgan. Logarifmik xarakteristikalar bilan birga ularga mos tushadigan ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ xarakteristikalar ham keltirilgan.

$W(j\omega)$ xarakteristikasining radiusi birga teng bo'lgan aylana bilan kesishiga LACHX ning absissa o'qi bilan kesishi to'g'ri keladi va bu chastotani kesish chastotasi deyiladi va ω_k bilan belgilanadi.



3-rasm.

$W(j\omega)$ xarakteristikasining manfiy haqiqiy o‘q bilan kesishgan nuqtasiga LFCHX ning π to‘g‘ri chizig‘ini kesib o‘tishi to‘g‘ri keladi va bu chastotani ω_y o‘tish chastotasi deyiladi.

Agar ochiq sistema turg‘un ($l=2$) bo‘lsa, unda berk sistema turg‘un bo‘lishi uchun $\omega_\kappa < \omega_y$ sharti bajarilishi kerak. Aks xolda berk sistema noturg‘un bo‘ladi.

1a,v – rasmlarda keltirilgan xarakteristikalar berk sistemaning turg‘un holatiga to‘g‘ri keladi, 1a,v – rasmlarda keltirilgan xarakteristikalar esa berk sistemaning noturg‘un holatiga to‘g‘ri keladi.

ROSTLASH SIFATINI BAHOLASHNING ILDIZLI USULLARI.

Biror avtomatik rostlash tizimining amalda ishlatilishi uning turg'unlik talablarini bajarishiga bog'liq (bular faqat zarur bo'lgan shartlardir). ART ning ishlatilishi uchun yetarli bo'lgan shart - tizimning talab qilingan rostlash sifatini ta'minlash qobiliyatidir. Bu sifat rostlash tizimidagi o'tish jarayonlarining shakliga bog'liq.

Tizimning turli parametrlari rostlash jarayoniga ko'rsatilgan differensial yoki xarakteristik tenglamalarning umumiy ko'rinishini yechish uchun lozim.

Agar tizim to'rtinchi tartibdan yuqori bo'lsa yechish mumkin bo'lmaydi, chunki uning ildizlari radikallar orqali ifodalanmaydi. Shuning uchun, rostlash sifati, ya'ni turg'unlik darajasi, bilvosita integral yoki xususiy tahlil yordamida baholanadi. Amalda rostlash sifatini integral baholash usuli bilan baholash keng tarqalgan.

Integral baholash usuli - ma'lum integralni rostlanadigan parametrdan chetga chiqishida hisoblashga asoslanib, differensial tenglamalarni yechishni talab qilmaydi. Rostlash sifatini chiziqli kvadratik va tuzatilgan kvadratik baholash usullari mavjud. Bu baholashlar rostlash jarayonining bir yo'la ikki tomonini: so'nish tezligi va o'tish jarayonidagi rostlanuvchi parametrning chetga chiqish kattaligini ta'riflaydi.

Chiziqli integral baholash I₁. O'tish jarayonining sifati rostlanuvchi parametrning berilgan qiymatdan chetga chiqishi va rostlash vaqti orqali aniqlanadi. O'tish jarayonining egri chizig'i ostidagi yuza bu ikki faktorni o'z ichiga olib, shu yuza qanchalik kichik bo'lsa, qolgan shartlardagi rostlash jarayonining sifati shuncha yaxshi bo'ladi. Rostlashning vazifasi tizimdagi o'tish xarakteristikasi sifatining I_1 chiziqli integral baholashning eng kichik qiymatini ta'minlashdan iborat:

$$I_1 = \int_0^{\infty} \varphi dt$$

Chiziqli integral baholashning mezonning kamchiligi uning nodavriy jarayonlarga yaqin bo'lgan jarayonlarni ta'minlovchi tizimlar uchun ishlatilishidir. Tebranishli o'tish jarayonlarining sifatini baholash uchun bu mezondan foydalanib bo'lmaydi, chunki o'tish jarayonining musbat yarim to'lqinlari manfiy yarim to'lqinlar bilan almashib turadi; bu yarim to'lqinlar yuzasining ishorasi ham ketma-ket qarama-qarshi ishoralar bilan almashinib turadi.

Kvadratik integral baholash I₂. Nodavriy va tebranishli o'tish jarayonlari uchun rostlash jarayonining sifatini kvadratik integral baholash I_2 usulini qo'llash maqsadga muvofiqdir:

$$I_2 = \int_0^{\infty} \varphi^2 dt$$

Bunday baholash $\varphi^2(t)$ egri chiziq va absissalar o'qi bilan cheklangan yuzani hosil qiladi. φ tengsizlikning ishorasi o'zgarganda rostlanuvchi kattalikning berilgan qiymatining chizig'ini ikki tomonida joylashgan yuzalarining mutloq qiymatini

jamlashga halaqit bermaydi. Alohida yuzalarning qiymatini hisoblashda ordinataning o'rniga uning kvadratik qiymati hisobga olinadi.

Bu mezonning ma'nosi shundaki, I_2 integral kattalik qancha kichik bo'lsa, rostlashning sifati shuncha yaxshi bo'ladi. Shunday qilib, kvadratik integral balansni qo'llash I_2 integralning eng kichik qiymatini ta'minlovchi parametrlar izlashni nazarda tutadi.

I_2 integral baholashning minimal qiymatga ega bo'lgan ikkita (masalan S_0 va S_1 parametrini topish kerak bo'lsa, integral baholashni shu S_0 va S_1 parametrlar funksiyasida yozish va $I_2(S_0, S_1)$ funksiyaning xususiy hosilalarini nolga tenglashtirish kerak:

$$I_2 = f(S_0, S_1) \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial I_2(S_0, S_1)}{\partial S_0} &= 0 \\ \frac{\partial I_2(S_0, S_1)}{\partial S_1} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2) tizim bo'yicha I_2 integral baholashning minimumini qanoatlantiradigan S_0 va S_1 parametrlar aniqlanadi. Ba'zan ko'rilayotgan S_0 va S_1 parametrlar bo'yicha I_2 minimumga ega bo'lmasligi mumkin. Bunday hollarda boshqa faktorlarga ko'ra tuzilgan tarmoqdagi I_2 baholashning eng kichik qiymati bo'yicha optimal parametrlar tanlanadi.

Shuni ham qayd qilish kerakki, turli o'tish jarayonlariga ega bo'lgan ART lar bir xil kattalikni baholash bilan ham ta'riflanishi mumkin. Shuning uchun, I_2 baholash kichik bo'lgan o'tish jarayoni solishtirilayotgan jarayondan yaxshiroq deb ta'kidlash o'rinli bo'lavermaydi. Rostlash jarayonining sifatini aniqlashdagi kvadratik integral baholash usulining asosiy kamchiligi ham shundadir.

Tuzatilgan kvadratik integral baxrolash I_3 . Rostlash jarayonining sifatini tuzatilgan kvadratik integral usul I_3 bo'yicha baholashni A. A. Feldbaum taklif etgan:

$$I_3 = \int_0^{\infty} \left[\varphi^2 + K_2 \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right] \cdot dt;$$

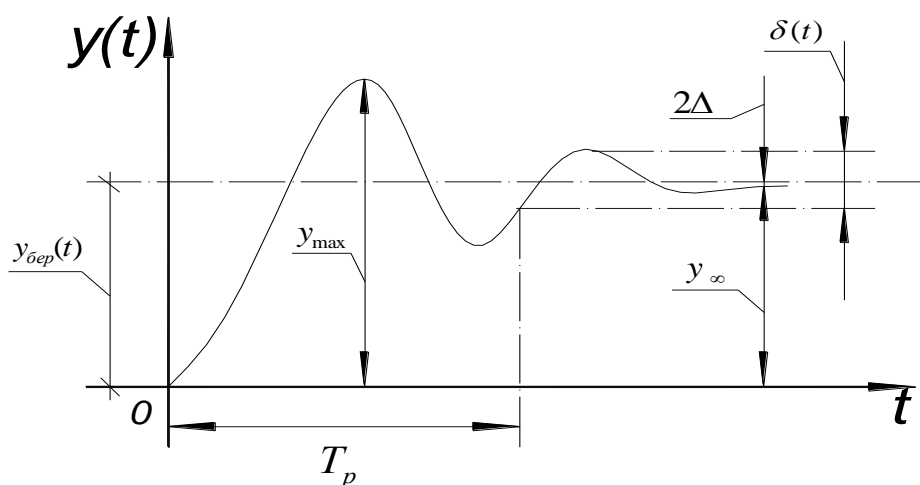
bu yerda, K - o'tish jarayonidagi egri chiziqning vaqt doimiysi.

Integral kvadratik baholash. K vaznli $\frac{d\varphi}{dt}$ hosilani kiritish o'tish jarayoni tezligining rostlash sifatiga ko'rsatgan ta'sirini e'tiborga olish imkonini beradi.

Istalgan ART sintezining vazifasi I_3 integralning eng kichik qiymatini ta'minlovchi shartlarni topishdan iborat. I_3 integralning minimumlashtirish xususiyati uning mukammal jarayonining eksponentasiga to'g'ri kelishida I_3 integral baholashning minimumi rostlash tizimida o'tayotgan jarayonning va monoton ekanligidan dalolat beradi.

ABS o'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlari

ABSning o'tish jarayoni turg'unlik talablariga javob bera olish bilan birga texnologik jarayon yoki agregatning ishlash talablariga muvofiq sifat ko'rsatkichlariga ham ega bo'lishi zarur. Aks xolda ABS o'zining asosiy vazifasini bajara olmaydi. O'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlarini aniqlash uchun odatda sistemaning turli tipik kirish ta'sirlariga javob reaksiyasi, ya'ni o'tish funksiyasining grafigi analiz qilinadi. ABS ish jarayonida yetarli darajadagi tezkorlik bilan yangi qaror holatga o'ta olishi, berilgan qiymatiga nisbatan chiqish kattaligini ma'lum bir yetarli aniqlikda ushlab turishi, ya'ni chiqish kattaligining ayni qiymatining berilganidan qaror holatdagi og'ishi, o'tish jarayonida chiqish kattaligining maksimal og'ish kattaligi va jarayonning tebranuvchanligi kabi ko'rsatkichlar o'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlari deyiladi.



1-rasm. ABS ning o'tish jarayoni grafigi

ABSning ishlash aniqligi turli qaror rejimlardagi chiqish kattaligining ayni qiymati bilan berilgan qiymati orasida farq $\delta(t)$ (3.6-rasm) bilan baholanadi.

Amalda ABSlar qoniqarli ishlashi uchun $\delta \leq 0,05 y_\infty$, ya'ni chiqish kattaligining ayni qiymati barqarorlashgan qiymatining 5% dan katta bo'lmasligi kerak.

Sistemaning tezkorligi rostlash vaqti bilan baholanadi va u kirish ta'siri berilgan ondan boshlab, to chiqish kattaligi ayni qiymatining berilganidan farqi $\varepsilon(t) \leq \Delta = (0,03...0,05)y_\infty$ bo'lganda tugaydi.

Chiqish kattaligining o'tish jarayonidagi maksimal og'ishi o'tarostlash ko'rsatkichi orqali baholanadi:
$$\sigma = \frac{y_{\max} - y_\infty}{y_\infty} \cdot 100\%,$$
 bu yerda y_{\max} - chiqish

kattaligining o'tish jarayonidagi maksimal qiymati.

O'tish jarayoni vaqti (T_p)dagi chiqish kattaligining yarim tebranishlar soni sistemaning *tebranuvchanligini* miqdoran baholaydi. Ushbu ko'rsatkich va o'tarostlash asosan sistemaning turg'unlik zahirasiga bog'liq bo'lib, uning bilvosita ko'rsatkichlari bo'la oladi. Sistema qanchalik turg'unlik chegarasiga yaqin bo'lsa, shunchalik σ va $n_{me\ddot{o}}$ qiymati katta bo'ladi. Sistema texnologik jarayon talablariga javob beradigan tezkorlikka ega bo'lishi, hamda $\sigma \leq 20\%$ va $n_{me\ddot{o}} \leq 2...3$ kabi ko'rsatkichlarga ega bo'lishi kerak.

Avtomatik sistema ishlash sifatining dinamik ko'rsatkichlari (roslash vaqti - t_p , o'tarostlash σ va o'tish jarayoning tebranuvchiligi $n_{me\sigma}$) yuqorida takidlanganidek, sistema o'tish jarayonining grafigini analiz qilish orqali aniqlanadi. Bu grafikni tajriba yo'li bilan,elekton(EHM) yoki analog(AHM) hisoblash mashinalarida modellashtirish yoki hisoblash (analitik) usullari bilan olish mumkin.

Tajriba usuli bilan o'tish jarayonining grafigi olish uchun ABS, ya'ni boshqarish obyekti va boshqaruvchi qurilma (rostlagich) zarur o'lchov, qayt qiluvchi asbob va qurilmalar bilan jihozlangan bo'lishi kerak. Bunday sistemaga birlik kirish ta'siri $1(t)$ berilib, chiqish kattaligi $y(t)$ ning o'zgarishi yozib (qayt kilib) olinadi va shular asosida o'tish jarayoni egri chizig'i quriladi. Bu usulning kamchiligi- uni har doim ham amalga oshirib bo'lmaydi, chunki loyihalash davrida bo'lajak ABSning u yoki bu qismi yetishmasligi mumkin, yetarli aniqlikda o'lchash qiyinligi va amalga oshirish uchun qimmat baho qurilma kerakligidir.

Modellashtirish usuli o'tish jarayoni tavsiflovchi differensial tenglamalarni AHM va EHMlarda yechishdan iborat. AHMni qo'llash ancha sodda sistemalarni tadqiqod qilish qulay, tezda o'tish jarayoni grafigini yaqqol, ya'ni raqamlar va jadvallarsiz, ossillografda olish mumkin. Lekin bunda yetarli aniqlik ta'minlanmasligi va tenglamalarni tartibi oshgan sari ularni yechish ko'plab elektr sxemalarni yig'ish bilan bog'liqligi va zamonaviy keng imkoniyatli shaxsiy EHMlarni paydo bo'lishi AVMLarni amaliyotdan siqib chiqarmoqda. Xozirda murakkab ABSlarni tadqiqot qilish imkonini beradigan EXM lar uchun ko'plab dasturlar ishlab chiqilgan. Shulardan biri siz amaliy mashg'ulotlarda o'z shaxsiy topshirig'izdagi ABSni xisoblashda qo'llaydigan SIAM (sistema avtomatizipovannogo modelipovaniya i papametpichekoy optimizatsii) dasturidir. CIAM keng miqyosdagi dinamik sistemalarni analiz va sintez qilishdagi ilmiy va injenerlik xisoblarini avtomatlashtirish uchun mo'ljallangan bo'lib, uning yordamida quyidagilarni amalga oshirish mumkin:

- imitatsion modellashtirish;
- papametpik optimallashtirish;
- chactotaviy xapaktepictikalarni qurish.

CIAMda sistemaning matematik modellari tipik dinamik zvenolar bloklaridan iborat struktup sxemalar ko'ri-nishida kiritiladi. Dasturning 4.1x vepciyasida quyidagi oddiy differensial tenglamalar sistemasini sonli integrallash metodlari qo'llanilishi mumkin:

-4-taptibda aniqlikni va avtomatik tarzda integpallash qadamini tanlashni ta'minlaydigan Kutta-Mepcon metodi;

-5-taptibda aniqlikni va avtomatik tarzda integpallash qadamini tanlashni ta'minlaydigan Felberg metodi;

-4-taptibda aniqlikni ta'minlaydigan o'zgarmas integpallash qadamli Punge-Kutta metodi;

-2-taptibda aniqlikni ta'minlaydigan o'zgarmas integpallash qadamli Eyley metodi.

CIAMda immitatsion modellashtirish mobayinida xar qanday blokning chiqish kattaligining o'zgarish qonuniyati grafiklarini bevosita ekranda kuzatish imkoniyati mavjud.

O'tish jarayoni grafigini olishning *hisoblash usuli* differensial tenglamalarni yechish va chastotaviy metodlarga asoslangan. Differensial tenglamalarini yechish klassik, operator va b. usullarda amalga oshirilishi mumkin. Operatsion usul yuqorida ko'rib chiqilgan Laplas almashtirishi metodiga asoslangan bo'lib, ushbu almashtirishning maxsus adabiyotlarda berilgan jadvallaridan foydalanish asosida amalga oshiriladi. Klassik usul xisoblashda ma'lum qiyinchiliklar bo'lishi sababli, ayniqsa tenglama tartibi 3 va undan yuqori hollarda, odatda kam qo'llaniladi. Amaliyotda differensial tenglamalarni yechmasdan o'tish jarayoni egri chizig'ini qurish imkonini beradigan bir qancha taqribiy usullar, shuningdek sistema sifat ko'rsatkichlarini o'tish jarayoni egri chizig'ini qurmasdan bilvosita baholash metodlari qo'llaniladi. Shulardan biri V.V. Solodovnikov tomonidan ishlab chiqilgan trapetsiya usulini ko'rib chiqamiz.

KORREKTLOVCHI QURILMA. O'ZGARTIRUVCHI ELEMENTLAR.

Biror avtomatik rostdash tizimining amalda ishlatilishi uning turg'unlik talablarini bajarishiga bog'liq (bular faqat zarur bo'lgan shartlardir). ART ning ishlatilishi uchun yetarli bo'lgan shart - tizimning talab qilingan rostdash sifatini ta'minlash qobiliyatidir. Bu sifat rostdash tizimidagi o'tish jarayonlarining shakliga bog'liq.

Tizimning turli parametrlari rostdash jarayoniga ko'rsatilgan differensial yoki xarakteristik tenglamalarning umumiy ko'rinishini yechish uchun lozim.

Agar tizim to'rtinchi tartibdan yuqori bo'lsa yechish mumkin bo'lmaydi, chunki uning ildizlari radikallar orqali ifodalanmaydi. Shuning uchun, rostdash sifati, ya'ni turg'unlik darajasi, bilvosita integral yoki xususiy tahlil yordamida baholanadi. Amalda rostdash sifatini integral baholash usuli bilan baholash keng tarqalgan.

Integral baholash usuli - ma'lum integralni rostlanadigan parametrdan chetga chiqishida hisoblashga asoslanib, differensial tenglamalarni yechishni talab qilmaydi. Rostdash sifatini chiziqli kvadratik va tuzatilgan kvadratik baholash usullari mavjud. Bu baholashlar rostdash jarayonining bir yo'la ikki tomonini: so'nish tezligi va o'tish jarayonidagi rostlanuvchi parametrning chetga chiqish kattaligini ta'riflaydi.

Chiziqli integral baholash I. O'tish jarayonining sifati rostlanuvchi parametrning berilgan qiymatdan chetga chiqishi va rostdash vaqti orqali aniqlanadi. O'tish jarayonining egri chizig'i ostidagi yuza bu ikki faktorni o'z ichiga olib, shu yuza qanchalik kichik bo'lsa, qolgan shartlardagi rostdash jarayonining sifati shuncha yaxshi bo'ladi. Rostdashning vazifasi tizimdagi o'tish xarakteristikasi sifatining I_1 chiziqli integral baholashning eng kichik qiymatini ta'minlashdan iborat:

$$I_1 = \int_0^{\infty} \varphi dt$$

Chiziqli integral baholashning mezonning kamchiligi uning nodavriy jarayonlarga yaqin bo'lgan jarayonlarni ta'minlovchi tizimlar uchun ishlatilishidir. Tebranishli o'tish jarayonlarining sifatini baholash uchun bu mezondan foydalanib bo'lmaydi, chunki o'tish jarayonining musbat yarim to'lqinlari manfiy yarim to'lqinlar bilan almashib turadi; bu yarim to'lqin-lar yuzasining ishorasi ham ketma-ket qarama-qarshi ishoralar bilan almashinib turadi.

Kvadratik integral baholash I₂. Nodavriy va tebranishli o'tish jarayonlari uchun rostdash jarayonining sifatini kvadratik integral baholash I_2 usulini qo'llash maqsadga muvofiqdir:

$$I_2 = \int_0^{\infty} \varphi^2 dt$$

Bunday baholash $\varphi^2(t)$ egri chiziq va absissalar o'qi bilan cheklangan yuzani hosil qiladi. φ tengsizlikning ishorasi o'zgarganda rostlanuvchi kattalikning berilgan qiymatining chizig'ini ikki tomonida joylashgan yuzalarining mutloq qiymatini

jamlashga halaqit bermaydi. Alohida yuzalarning qiymatini hisoblashda ordinataning o'rniga uning kvadratik qiymati hisobga olinadi.

Bu mezonning ma'nosi shundaki, I_2 integral kattalik qancha kichik bo'lsa, rostlashning sifati shuncha yaxshi bo'ladi. Shunday qilib, kvadratik integral balansni qo'llash I_2 integralning eng kichik qiymatini ta'minlovchi parametrlar izlashni nazarda tutadi.

I_2 integral baholashning minimal qiymatga ega bo'lgan ikkita (masalan S_0 va S_1 parametrini topish kerak bo'lsa, integral baholashni shu S_0 va S_1 parametrlar funksiyasida yozish va $I_2(S_0, S_1)$ funksiyaning xususiy hosilalarini nolga tenglashtirish kerak:

$$I_2 = f(S_0, S_1) \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial I_2(S_0, S_1)}{\partial S_0} &= 0 \\ \frac{\partial I_2(S_0, S_1)}{\partial S_1} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2) tizim bo'yicha I_2 integral baholashning minimumini qanoatlantiradigan S_0 va S_1 parametrlar aniqlanadi. Ba'zan ko'rilayotgan S_0 va S_1 parametrlar bo'yicha I_2 minimumga ega bo'lmasligi mumkin. Bunday hollarda boshqa faktorlarga ko'ra tuzilgan tarmoqdagi I_2 baholashning eng kichik qiymati bo'yicha optimal parametrlar tanlanadi.

Shuni ham qayd qilish kerakki, turli o'tish jarayonlariga ega bo'lgan ART lar bir xil kattalikni baholash bilan ham ta'riflanishi mumkin. Shuning uchun, I_2 baholash kichik bo'lgan o'tish jarayoni solishtirilayotgan jarayondan yaxshiroq deb ta'kidlash o'rinli bo'lavermaydi. Rostlash jarayonining sifatini aniqlashdagi kvadratik integral baholash usulining asosiy kamchiligi ham shundadir.

Tuzatilgan kvadratik integral baxrolash I_3 . Rostlash jarayonining sifatini tuzatilgan kvadratik integral usul I_3 bo'yicha baholashni A. A. Feldbaum taklif etgan:

$$I_3 = \int_0^{\infty} \left[\varphi^2 + K_2 \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right] \cdot dt;$$

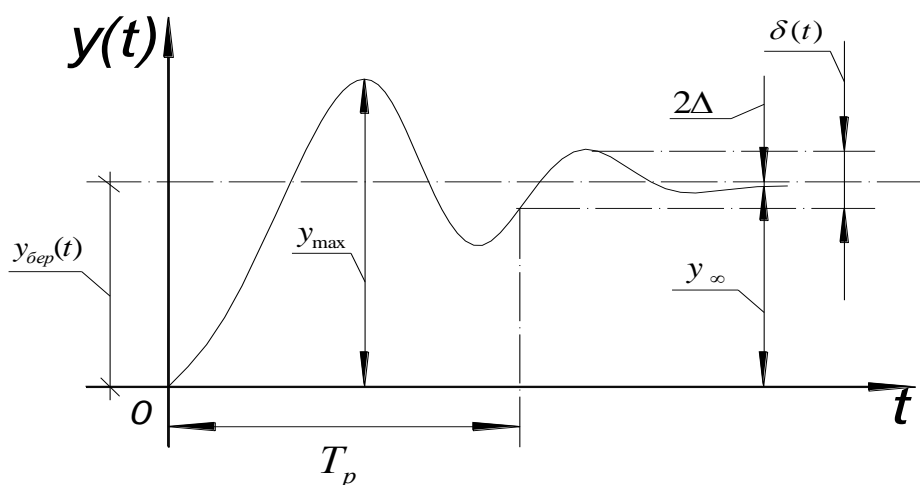
bu yerda, K - o'tish jarayonidagi egri chiziqning vaqt doimiysi.

Integral kvadratik baholash. K vaznli $\frac{d\varphi}{dt}$ hosilani kiritish o'tish jarayoni tezligining rostlash sifatiga ko'rsatgan ta'sirini e'tiborga olish imkonini beradi.

Istalgan ART sintezining vazifasi I_3 integralning eng kichik qiymatini ta'minlovchi shartlarni topishdan iborat. I_3 integralning minimumlashtirish xususiyati uning mukammal jarayonining eksponentasiga to'g'ri kelishida I_3 integral baholashning minimumi rostlash tizimida o'tayotgan jarayonning va monoton ekanligidan dalolat beradi.

ABS o'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlari

ABSning o'tish jarayoni turg'unlik talablariga javob bera olish bilan birga texnologik jarayon yoki agregatning ishlash talablariga muvofiq sifat ko'rsatkichlariga ham ega bo'lishi zarur. Aks xolda ABS o'zining asosiy vazifasini bajara olmaydi. O'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlarini aniqlash uchun odatda sistemaning turli tipik kirish ta'sirlariga javob reaksiyasi, ya'ni o'tish funksiyasining grafigi analiz qilinadi. ABS ish jarayonida yetarli darajadagi tezkorlik bilan yangi qaror holatga o'ta olishi, berilgan qiymatiga nisbatan chiqish kattaligini ma'lum bir yetarli aniqlikda ushlab turishi, ya'ni chiqish kattaligining ayni qiymatining berilganidan qaror holatdagi og'ishi, o'tish jarayonida chiqish kattaligining maksimal og'ish kattaligi va jarayonning tebranuvchanligi kabi ko'rsatkichlar o'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlari deyiladi.



1-rasm. ABS ning o'tish jarayoni grafigi

ABSning ishlash aniqligi turli qaror rejimlardagi chiqish kattaligining ayni qiymati bilan berilgan qiymati orasida farq $\delta(t)$ (3.6-rasm) bilan baholanadi. Amalda ABSlar qoniqarli ishlashi uchun $\delta \leq 0,05 y_\infty$, ya'ni chiqish kattaligining ayni qiymati barqarorlashgan qiymatining 5% dan katta bo'lmasligi kerak. Sistemaning tezkorligi rostlash vaqti bilan baholanadi va u kirish ta'siri berilgan ondan boshlab, to chiqish kattaligi ayni qiymatining berilganidan farqi $\varepsilon(t) \leq \Delta = (0,03...0,05)y_\infty$ bo'lganda tugaydi.

Chiqish kattaligining o'tish jarayonidagi maksimal og'ishi o'tarostlash ko'rsatkichi orqali baholanadi:
$$\sigma = \frac{y_{\max} - y_\infty}{y_\infty} \cdot 100\%,$$
 bu yerda y_{\max} - chiqish

kattaligining o'tish jarayonidagi maksimal qiymati.

O'tish jarayoni vaqti (T_p)dagi chiqish kattaligining yarim tebranishlar soni sistemaning *tebranuvchanligini* miqdoran baholaydi. Ushbu ko'rsatkich va o'tarostlash asosan sistemaning turg'unlik zahirasiga bog'liq bo'lib, uning bilvosita ko'rsatkichlari bo'la oladi. Sistema qanchalik turg'unlik chegarasiga yaqin bo'lsa, shunchalik σ va $n_{me\delta}$ qiymati katta bo'ladi. Sistema texnologik jarayon talablariga javob beradigan tezkorlikka ega bo'lishi, hamda $\sigma \leq 20\%$ va $n_{me\delta} \leq 2...3$ kabi ko'rsatkichlarga ega bo'lishi kerak.

Avtomatik sistema ishlash sifatining dinamik ko'rsatkichlari (roslash vaqti - t_p , o'tarostlash σ va o'tish jarayoning tebranuvchiligi $n_{me\sigma}$) yuqorida takidlanganidek, sistema o'tish jarayonining grafigini analiz qilish orqali aniqlanadi. Bu grafikni tajriba yo'li bilan,elekton(EHM) yoki analog(AHM) hisoblash mashinalarida modellashtirish yoki hisoblash (analitik) usullari bilan olish mumkin.

Tajriba usuli bilan o'tish jarayonining grafigi olish uchun ABS, ya'ni boshqarish obyekti va boshqaruvchi qurilma (rostlagich) zarur o'lchov, qayt qiluvchi asbob va qurilmalar bilan jihozlangan bo'lishi kerak. Bunday sistemaga birlik kirish ta'siri $1(t)$ berilib, chiqish kattaligi $y(t)$ ning o'zgarishi yozib (qayt kilib) olinadi va shular asosida o'tish jarayoni egri chizig'i quriladi. Bu usulning kamchiligi- uni har doim ham amalga oshirib bo'lmaydi, chunki loyihalash davrida bo'lajak ABSning u yoki bu qismi yetishmasligi mumkin, yetarli aniqlikda o'lchash qiyinligi va amalga oshirish uchun qimmat baho qurilma kerakligidir.

Modellashtirish usuli o'tish jarayoni tavsiflovchi differensial tenglamalarni AHM va EHMlarda yechishdan iborat. AHMni qo'llash ancha sodda sistemalarni tadqiqod qilish qulay, tezda o'tish jarayoni grafigini yaqqol, ya'ni raqamlar va jadvallarsiz, ossillografda olish mumkin. Lekin bunda yetarli aniqlik ta'minlanmasligi va tenglamalarni tartibi oshgan sari ularni yechish ko'plab elektr sxemalarni yig'ish bilan bog'liqligi va zamonaviy keng imkoniyatli shaxsiy EHMlarni paydo bo'lishi AVMLarni amaliyotdan siqib chiqarmoqda. Xozirda murakkab ABSlarni tadqiqot qilish imkonini beradigan EXM lar uchun ko'plab dasturlar ishlab chiqilgan. Shulardan biri siz amaliy mashg'ulotlarda o'z shaxsiy topshirig'izdagi ABSni xisoblashda qo'llaydigan SIAM (sistema avtomatizipovannogo modelipovaniya i papametpichekoy optimizatsii) dasturidir. CIAM keng miqyosdagi dinamik sistemalarni analiz va sintez qilishdagi ilmiy va injenerlik xisoblarini avtomatlashtirish uchun mo'ljallangan bo'lib, uning yordamida quyidagilarni amalga oshirish mumkin:

- imitatsion modellashtirish;
- papametpik optimallashtirish;
- chactotaviy xapaktepictikalarni qurish.

CIAMda sistemaning matematik modellari tipik dinamik zvenolar bloklaridan iborat struktup sxemalar ko'ri-nishida kiritiladi. Dasturning 4.1x vepciyasida quyidagi oddiy differensial tenglamalar sistemasini sonli integrallash metodlari qo'llanilishi mumkin:

-4-taptibda aniqlikni va avtomatik tarzda integpallash qadamini tanlashni ta'minlaydigan Kutta-Mepcon metodi;

-5-taptibda aniqlikni va avtomatik tarzda integpallash qadamini tanlashni ta'minlaydigan Felberg metodi;

-4-taptibda aniqlikni ta'minlaydigan o'zgarmas integpallash qadamli Punge-Kutta metodi;

-2-taptibda aniqlikni ta'minlaydigan o'zgarmas integpallash qadamli Eyley metodi.

CIAMda immitatsion modellashtirish mobayinida xar qanday blokning chiqish kattaligining o'zgarish qonuniyati grafiklarini bevosita ekranda kuzatish imkoniyati mavjud.

O'tish jarayoni grafigini olishning *hisoblash usuli* differensial tenglamalarni yechish va chastotaviy metodlarga asoslangan. Differensial tenglamalarini yechish klassik, operator va b. usullarda amalga oshirilishi mumkin. Operatsion usul yuqorida ko'rib chiqilgan Laplas almashtirishi metodiga asoslangan bo'lib, ushbu almashtirishning maxsus adabiyotlarda berilgan jadvallaridan foydalanish asosida amalga oshiriladi. Klassik usul xisoblashda ma'lum qiyinchiliklar bo'lishi sababli, ayniqsa tenglama tartibi 3 va undan yuqori hollarda, odatda kam qo'llaniladi. Amaliyotda differensial tenglamalarni yechmasdan o'tish jarayoni egri chizig'ini qurish imkonini beradigan bir qancha taqribiy usullar, shuningdek sistema sifat ko'rsatkichlarini o'tish jarayoni egri chizig'ini qurmasdan bilvosita baholash metodlari qo'llaniladi. Shulardan biri V.V. Solodovnikov tomonidan ishlab chiqilgan trapetsiya usulini ko'rib chiqamiz.

BARQAROR REJIMLARDA ANIQLIKNI OSHIRISH.

Biror avtomatik rostdash tizimining amalda ishlatilishi uning turg'unlik talablarini bajarishiga bog'liq (bular faqat zarur bo'lgan shartlardir). ART ning ishlatilishi uchun yetarli bo'lgan shart - tizimning talab qilingan rostdash sifatini ta'minlash qobiliyatidir. Bu sifat rostdash tizimidagi o'tish jarayonlarining shakliga bog'liq.

Tizimning turli parametrlari rostdash jarayoniga ko'rsatilgan differensial yoki xarakteristik tenglamalarning umumiy ko'rinishini yechish uchun lozim.

Agar tizim to'rtinchi tartibdan yuqori bo'lsa yechish mumkin bo'lmaydi, chunki uning ildizlari radikallar orqali ifodalanmaydi. Shuning uchun, rostdash sifati, ya'ni turg'unlik darajasi, bilvosita integral yoki xususiy tahlil yordamida baholanadi. Amalda rostdash sifatini integral baholash usuli bilan baholash keng tarqalgan.

Integral baholash usuli - ma'lum integralni rostlanadigan parametrdan chetga chiqishida hisoblashga asoslanib, differensial tenglamalarni yechishni talab qilmaydi. Rostdash sifatini chiziqli kvadratik va tuzatilgan kvadratik baholash usullari mavjud. Bu baholashlar rostdash jarayonining bir yo'la ikki tomonini: so'nish tezligi va o'tish jarayonidagi rostlanuvchi parametrning chetga chiqish kattaligini ta'riflaydi.

Chiziqli integral baholash I₁. O'tish jarayonining sifati rostlanuvchi parametrning berilgan qiymatdan chetga chiqishi va rostdash vaqti orqali aniqlanadi. O'tish jarayonining egri chizig'i ostidagi yuza bu ikki faktorni o'z ichiga olib, shu yuza qanchalik kichik bo'lsa, qolgan shartlardagi rostdash jarayonining sifati shuncha yaxshi bo'ladi. Rostdashning vazifasi tizimdagi o'tish xarakteristikasi sifatining I_1 chiziqli integral baholashning eng kichik qiymatini ta'minlashdan iborat:

$$I_1 = \int_0^{\infty} \varphi dt$$

Chiziqli integral baholashning mezonning kamchiligi uning nodavriy jarayonlarga yaqin bo'lgan jarayonlarni ta'minlovchi tizimlar uchun ishlatilishidir. Tebranishli o'tish jarayonlarining sifatini baholash uchun bu mezondan foydalanib bo'lmaydi, chunki o'tish jarayonining musbat yarim to'lqinlari manfiy yarim to'lqinlar bilan almashib turadi; bu yarim to'lqin-lar yuzasining ishorasi ham ketma-ket qarama-qarshi ishoralar bilan almashinib turadi.

Kvadratik integral baholash I₂. Nodavriy va tebranishli o'tish jarayonlari uchun rostdash jarayonining sifatini kvadratik integral baholash I_2 usulini qo'llash maqsadga muvofiqdir:

$$I_2 = \int_0^{\infty} \varphi^2 dt$$

Bunday baholash $\varphi^2(t)$ egri chiziq va absissalar o'qi bilan cheklangan yuzani hosil qiladi. φ tengsizlikning ishorasi o'zgarganda rostlanuvchi kattalikning berilgan qiymatining chizig'ini ikki tomonida joylashgan yuzalarining mutloq qiymatini

jamlashga halaqit bermaydi. Alohida yuzalarning qiymatini hisoblashda ordinataning o'rniga uning kvadratik qiymati hisobga olinadi.

Bu mezonning ma'nosi shundaki, I_2 integral kattalik qancha kichik bo'lsa, rostlashning sifati shuncha yaxshi bo'ladi. Shunday qilib, kvadratik integral balansni qo'llash I_2 integralning eng kichik qiymatini ta'minlovchi parametrlar izlashni nazarda tutadi.

I_2 integral baholashning minimal qiymatga ega bo'lgan ikkita (masalan S_0 va S_1 parametrini topish kerak bo'lsa, integral baholashni shu S_0 va S_1 parametrlar funksiyasida yozish va $I_2(S_0, S_1)$ funksiyaning xususiy hosilalarini nolga tenglashtirish kerak:

$$I_2 = f(S_0, S_1) \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial I_2(S_0, S_1)}{\partial S_0} &= 0 \\ \frac{\partial I_2(S_0, S_1)}{\partial S_1} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2) tizim bo'yicha I_2 integral baholashning minimumini qanoatlantiradigan S_0 va S_1 parametrlar aniqlanadi. Ba'zan ko'rilayotgan S_0 va S_1 parametrlar bo'yicha I_2 minimumga ega bo'lmasligi mumkin. Bunday hollarda boshqa faktorlarga ko'ra tuzilgan tarmoqdagi I_2 baholashning eng kichik qiymati bo'yicha optimal parametrlar tanlanadi.

Shuni ham qayd qilish kerakki, turli o'tish jarayonlariga ega bo'lgan ART lar bir xil kattalikni baholash bilan ham ta'riflanishi mumkin. Shuning uchun, I_2 baholash kichik bo'lgan o'tish jarayoni solishtirilayotgan jarayondan yaxshiroq deb ta'kidlash o'rinli bo'lavermaydi. Rostlash jarayonining sifatini aniqlashdagi kvadratik integral baholash usulining asosiy kamchiligi ham shundadir.

Tuzatilgan kvadratik integral baxrolash I_3 . Rostlash jarayonining sifatini tuzatilgan kvadratik integral usul I_3 bo'yicha baholashni A. A. Feldbaum taklif etgan:

$$I_3 = \int_0^{\infty} \left[\varphi^2 + K_2 \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right] \cdot dt;$$

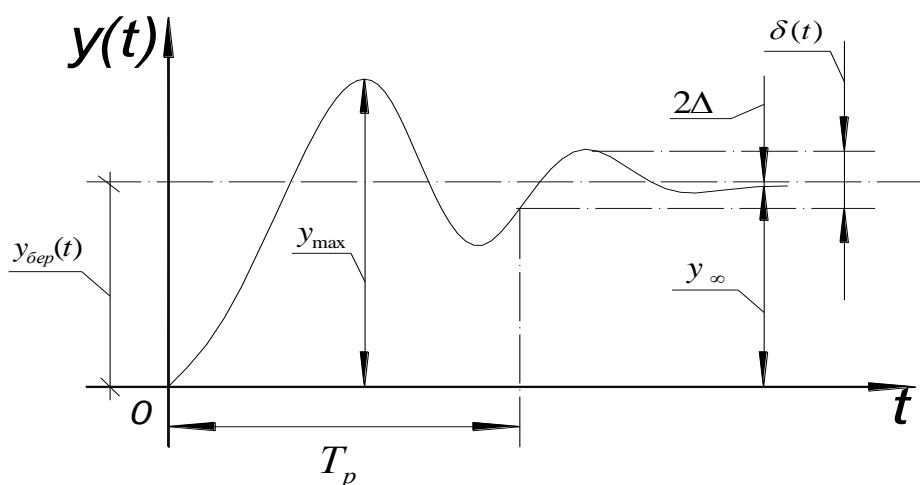
bu yerda, K - o'tish jarayonidagi egri chiziqning vaqt doimiysi.

Integral kvadratik baholash. K vaznli $\frac{d\varphi}{dt}$ hosilani kiritish o'tish jarayoni tezligining rostlash sifatiga ko'rsatgan ta'sirini e'tiborga olish imkonini beradi.

Istalgan ART sintezining vazifasi I_3 integralning eng kichik qiymatini ta'minlovchi shartlarni topishdan iborat. I_3 integralning minimumlashtirish xususiyati uning mukammal jarayonining eksponentasiga to'g'ri kelishida I_3 integral baholashning minimumi rostlash tizimida o'tayotgan jarayonning va monoton ekanligidan dalolat beradi.

ABS o'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlari

ABSning o'tish jarayoni turg'unlik talablariga javob bera olish bilan birga texnologik jarayon yoki agregatning ishlash talablariga muvofiq sifat ko'rsatkichlariga ham ega bo'lishi zarur. Aks xolda ABS o'zining asosiy vazifasini bajara olmaydi. O'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlarini aniqlash uchun odatda sistemaning turli tipik kirish ta'sirlariga javob reaksiyasi, ya'ni o'tish funksiyasining grafigi analiz qilinadi. ABS ish jarayonida yetarli darajadagi tezkorlik bilan yangi qaror holatga o'ta olishi, berilgan qiymatiga nisbatan chiqish kattaligini ma'lum bir yetarli aniqlikda ushlab turishi, ya'ni chiqish kattaligining ayni qiymatining berilganidan qaror holatdagi og'ishi, o'tish jarayonida chiqish kattaligining maksimal og'ish kattaligi va jarayonning tebranuvchanligi kabi ko'rsatkichlar o'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlari deyiladi.



1-rasm. ABS ning o'tish jarayoni grafigi

ABSning ishlash aniqligi turli qaror rejimlardagi chiqish kattaligining ayni qiymati bilan berilgan qiymati orasida farq $\delta(t)$ (3.6-rasm) bilan baholanadi. Amalda ABSlar qoniqarli ishlashi uchun $\delta \leq 0,05 y_\infty$, ya'ni chiqish kattaligining ayni qiymati barqarorlashgan qiymatining 5% dan katta bo'lmasligi kerak.

Sistemaning tezkorligi rostlash vaqti bilan baholanadi va u kirish ta'siri berilgan ondan boshlab, to chiqish kattaligi ayni qiymatining berilganidan farqi $\varepsilon(t) \leq \Delta = (0,03...0,05)y_\infty$ bo'lganda tugaydi.

Chiqish kattaligining o'tish jarayonidagi maksimal og'ishi o'tarostlash ko'rsatkichi orqali baholanadi:
$$\sigma = \frac{y_{\max} - y_\infty}{y_\infty} \cdot 100\%,$$
 bu yerda y_{\max} - chiqish

kattaligining o'tish jarayonidagi maksimal qiymati.

O'tish jarayoni vaqti (T_p)dagi chiqish kattaligining yarim tebranishlar soni sistemaning *tebranuvchanligini* miqdoran baholaydi. Ushbu ko'rsatkich va o'tarostlash asosan sistemaning turg'unlik zahirasiga bog'liq bo'lib, uning bilvosita ko'rsatkichlari bo'la oladi. Sistema qanchalik turg'unlik chegarasiga yaqin bo'lsa, shunchalik σ va $n_{me\ddot{o}}$ qiymati katta bo'ladi. Sistema texnologik jarayon talablariga javob beradigan tezkorlikka ega bo'lishi, hamda $\sigma \leq 20\%$ va $n_{me\ddot{o}} \leq 2...3$ kabi ko'rsatkichlarga ega bo'lishi kerak.

Avtomatik sistema ishlash sifatining dinamik ko'rsatkichlari (roslash vaqti - t_p , o'tarostlash σ va o'tish jarayoning tebranuvchiligi $n_{me\sigma}$) yuqorida takidlanganidek, sistema o'tish jarayonining grafigini analiz qilish orqali aniqlanadi. Bu grafikni tajriba yo'li bilan,elekton(EHM) yoki analog(AHM) hisoblash mashinalarida modellashtirish yoki hisoblash (analitik) usullari bilan olish mumkin.

Tajriba usuli bilan o'tish jarayonining grafigi olish uchun ABS, ya'ni boshqarish obyekti va boshqaruvchi qurilma (rostlagich) zarur o'lchov, qayt qiluvchi asbob va qurilmalar bilan jihozlangan bo'lishi kerak. Bunday sistemaga birlik kirish ta'siri $1(t)$ berilib, chiqish kattaligi $y(t)$ ning o'zgarishi yozib (qayt kilib) olinadi va shular asosida o'tish jarayoni egri chizig'i quriladi. Bu usulning kamchiligi- uni har doim ham amalga oshirib bo'lmaydi, chunki loyihalash davrida bo'lajak ABSning u yoki bu qismi yetishmasligi mumkin, yetarli aniqlikda o'lchash qiyinligi va amalga oshirish uchun qimmat baho qurilma kerakligidir.

Modellashtirish usuli o'tish jarayoni tavsiflovchi differensial tenglamalarni AHM va EHMlarda yechishdan iborat. AHMni qo'llash ancha sodda sistemalarni tadqiqod qilish qulay, tezda o'tish jarayoni grafigini yaqqol, ya'ni raqamlar va jadvallarsiz, ossillografda olish mumkin. Lekin bunda yetarli aniqlik ta'minlanmasligi va tenglamalarni tartibi oshgan sari ularni yechish ko'plab elektr sxemalarni yig'ish bilan bog'liqligi va zamonaviy keng imkoniyatli shaxsiy EHMlarni paydo bo'lishi AVMLarni amaliyotdan siqib chiqarmoqda. Xozirda murakkab ABSlarni tadqiqot qilish imkonini beradigan EXM lar uchun ko'plab dasturlar ishlab chiqilgan. Shulardan biri siz amaliy mashg'ulotlarda o'z shaxsiy topshirig'izdagi ABSni xisoblashda qo'llaydigan SIAM (sistema avtomatizipovannogo modelipovaniya i papametpichekoy optimizatsii) dasturidir. CIAM keng miqyosdagi dinamik sistemalarni analiz va sintez qilishdagi ilmiy va injenerlik xisoblarini avtomatlashtirish uchun mo'ljallangan bo'lib, uning yordamida quyidagilarni amalga oshirish mumkin:

- imitatsion modellashtirish;
- papametpik optimallashtirish;
- chactotaviy xapaktepictikalarni qurish.

CIAMda sistemaning matematik modellari tipik dinamik zvenolar bloklaridan iborat struktup sxemalar ko'ri-nishida kiritiladi. Dasturning 4.1x vepciyasida quyidagi oddiy differensial tenglamalar sistemasini sonli integrallash metodlari qo'llanilishi mumkin:

-4-taptibda aniqlikni va avtomatik tarzda integpallash qadamini tanlashni ta'minlaydigan Kutta-Mepcon metodi;

-5-taptibda aniqlikni va avtomatik tarzda integpallash qadamini tanlashni ta'minlaydigan Felberg metodi;

-4-taptibda aniqlikni ta'minlaydigan o'zgarmas integpallash qadamli Punge-Kutta metodi;

-2-taptibda aniqlikni ta'minlaydigan o'zgarmas integpallash qadamli Eyley metodi.

CIAMda immitatsion modellashtirish mobayinida xar qanday blokning chiqish kattaligining o'zgarish qonuniyati grafiklarini bevosita ekranda kuzatish imkoniyati mavjud.

O'tish jarayoni grafigini olishning *hisoblash usuli* differensial tenglamalarni yechish va chastotaviy metodlarga asoslangan. Differensial tenglamalarini yechish klassik, operator va b. usullarda amalga oshirilishi mumkin. Operatsion usul yuqorida ko'rib chiqilgan Laplas almashtirishi metodiga asoslangan bo'lib, ushbu almashtirishning maxsus adabiyotlarda berilgan jadvallaridan foydalanish asosida amalga oshiriladi. Klassik usul xisoblashda ma'lum qiyinchiliklar bo'lishi sababli, ayniqsa tenglama tartibi 3 va undan yuqori hollarda, odatda kam qo'llaniladi. Amaliyotda differensial tenglamalarni yechmasdan o'tish jarayoni egri chizig'ini qurish imkonini beradigan bir qancha taqribiy usullar, shuningdek sistema sifat ko'rsatkichlarini o'tish jarayoni egri chizig'ini qurmasdan bilvosita baholash metodlari qo'llaniladi. Shulardan biri V.V. Solodovnikov tomonidan ishlab chiqilgan trapetsiya usulini ko'rib chiqamiz.

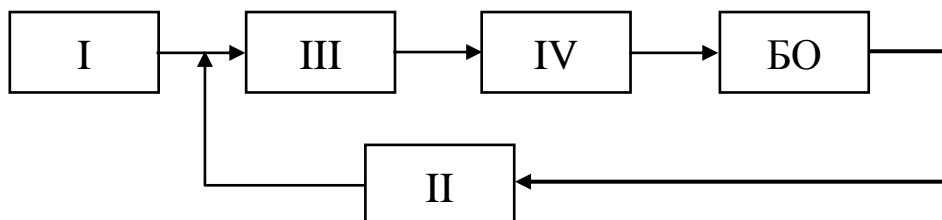
1-ma`ruza

O`tish jarayonlarini tahlili. O`tish jarayonlarini sifat ko`rsatkichlari.

U yoki bu jarayonni oldiga q yilgan maqsad sari yo`naltirishga boshqarish deyiladi. (masalan: avtomobil boshqarish)

Xar qanday jarayonni boshqarish quyidagi to`rtta holatdan iborat.

Sxematik tarzda buni quyidagicha ifodalash mumkin



BO – boshqarish ob`ekti;

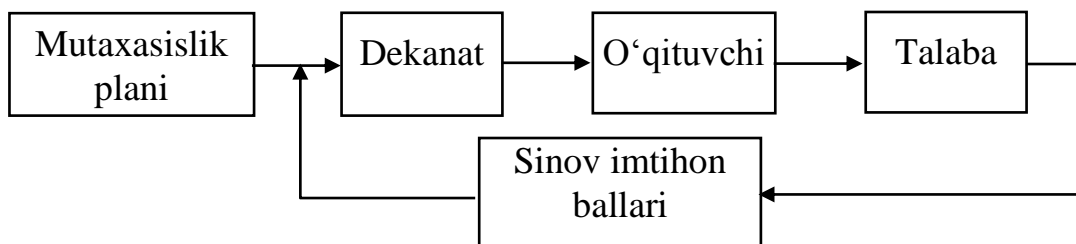
I – boshqarish maqsadi;

II – boshqarish to`g`risida axborot;

III – taqqoslash, tahlil etish va qaror qabul qilish;

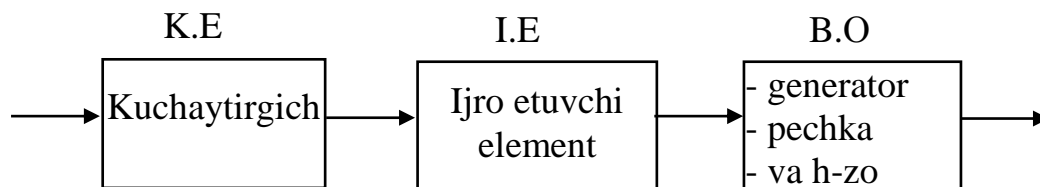
IV – qabul qilingan xabarni bajarish;

O`quv jarayonini boshqarishni ham quyidagicha ta`riflash mumkin.

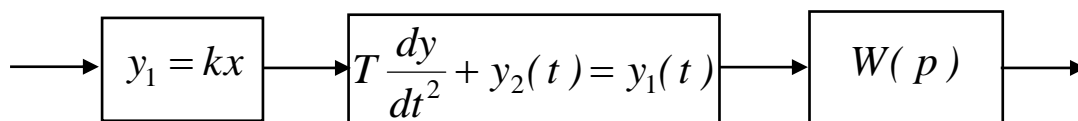


ABSni boshqarishda uchta ramziy sxema yoki modellardan iborat.

1. Funktsional sxema – bunday sxemada sistema tarkibidagi elemenlar soni yoki shu elemenlarning bajaradigan funksiyasi beriladi.



2. Strukturaviy sxema (model) bu ABSni matematik ifodasini ko`rsatadi.

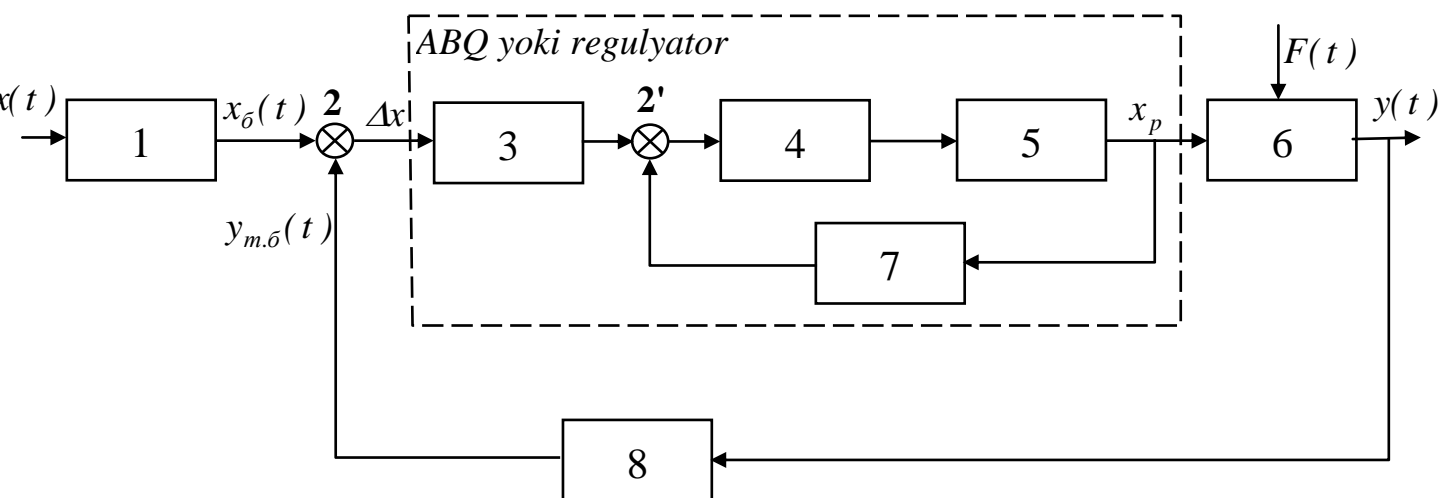


Bunda xar bir elementga taalluqli bulgan tenglama (algebraik, differensial, integral) yoki kandaydir bir uzatish funksiyasi keltiriladi.

3. Prinsipial sxema – bu sxema funksional sxemani kengaytirilgan kurinishi bulib, bunda xar bir elementni kengaytirib kursatiladi. Masalan:

ABS'larning funksional sxemasi

Bir ulchamli oddiy ABS funksional sxemasini quyidagicha kurish mumkin:



$X(t)$ – kirish signali;

$y(t)$ – chiqish (rostlanuvchi yoki boshqariluvchi) kattalik;

$x_b(t)$ – boshqariluvchi kattalikning berilgan qiymati;

$\Delta x = x_b(t) - y_{tb}(t)$ – boshqariluvchi kattalikning berilgan qiymatdan chetlashishi yoki ogishi;

$F(t)$ – quzgatuvchi signal yoki ta'sir;

$Y_{tb}(t)$ – asosiy teskari boglanish signali;

$y_0(t)$ – maxalliy teskari boglanish signali;

x_p – boshqaruvchi, rostlovchi kattalik yoki signal.

1 – topshiriq beruvchi element, boshqarish maqsadiga muvofik keladigan boshqarish signallarini tashkil etish uchun muljallangan.

2 – 2' – taqqoslovchi yoki solishtiruvchi element. Bunda bir necha signal absolyut bulsa solishtiriladi.

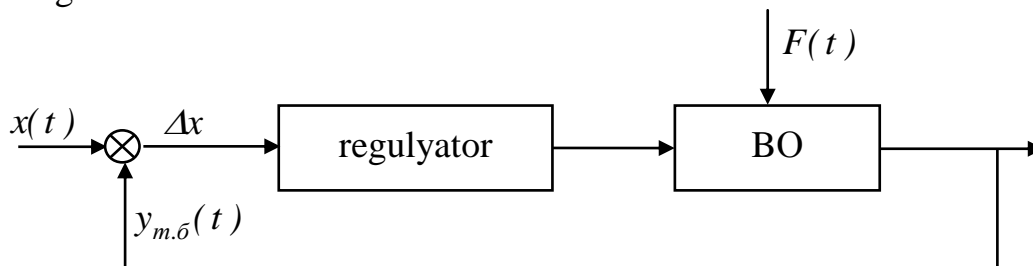
3 – 4 – kuchaytiruvchi va uzgartiruvchi element. Bu boshqarish maqsadiga muvofik signallarni kuchaytirish va uzgartirish uchun muljallangan.

5 – ijro etuvchi element, bu boshqarish maqsadiga muvofik boshkaruv ob'ektiga ta'sir etuvchi signalni tashkil etish uchun muljallangan.

6 – boshqarish ob`ekti, bu boshqarish maksadiga muvofik, uz xolatini uzgartirishi kerak bulgan xar kandy fizik tabiatli jarayonlar, kurilmalar va xokazolar bulishi mumkin.

7 – maxalliy teskari boglangan element yoki korrektlovchi kurilma. Bu sistemaning dinamik xususiyatini yaxshilash uchun ishlatiladi.

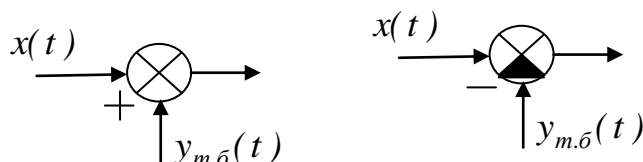
8 – asosiy teskari boglanish elementi yoki axborot datchiklari deyiladi. Bu sistemada bulayotgan jarayonlar tugrisida teskari boglanish zanjiri orkali ma`lumot olish uchun muljallangan.



Teskari boglanish deb, chiqishdagi signalni kirishga berishga aytiladi. Teskari boglanish quyidagi turlarga bulinishi mumkin:

5. Musbat va manfiy teskari boglanish;
6. Birlik va nobirlik teskari boglanish;
7. Maxalliy va asosiy teskari boglanish.;
8. Kattik va elastik teskari boglanish.

Musbat teskari boglanish chiqish signal kirish signali bilan kushilsa, musbat teskari boglanish deyiladi.



Agar teskari boglanish zanjiri elementning koeffisienti birga teng bulsa, birlik, aks xolda nobirlik teskari boglanish deyiladi.

Maxalliy teskari boglanish bir yoki bir necha elementni kamrab olsa, asosiy teskari boglanish butun sistemani kamrab oladi.

Kattik teskari boglanish utkinchi jarayon va muvozanat rejimda, elastik teskari boglanish esa fakat utkinchi jarayonda ta`sir etadi.

ABSlarga aniq misollar

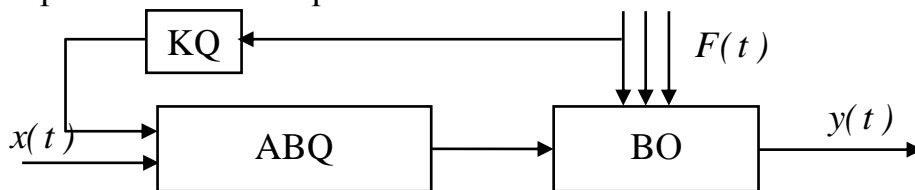
2-ma`ruza

Statik rejimlarni tahlili. Statik, astatik va kuzatuvchi sistemalar

ABSlarni loyixalashda boshqarish nazariyasining quyidagi prinsiplaridan foydalaniladi:

1. Kompenslash prinsipi (PU po vozmushayushemu vozdeystviyu, PU s kompensiruyushim ustroystvam). Bu prinsip asosida boshqarishda chiqish

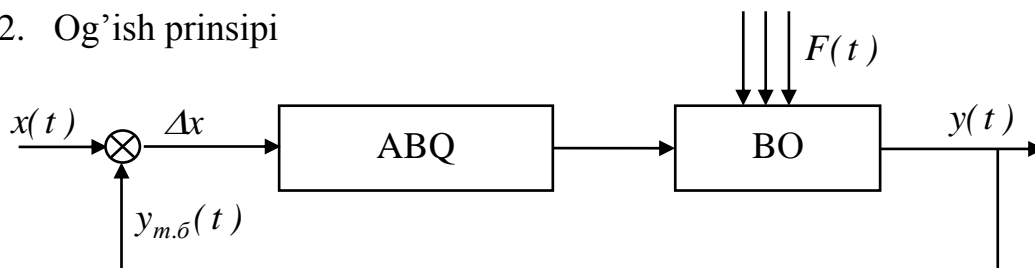
koordinatalar ochiq sikl asosida boshqariladi. Lekin talab etilgan yuoshqarish programmasini amalga oshirish uchun tashqaridan ob`ektga bo`ladigan qo`zg`atuvchi ta`sirlarni kompenslovchi kanal qo`shiladi.



KQ – kompenslovchi qurilma

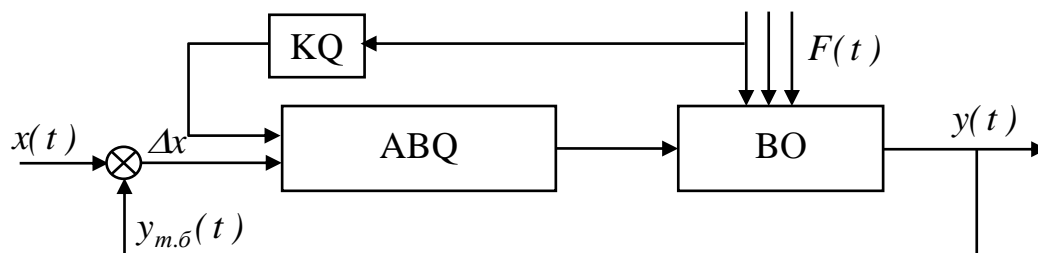
$F(t)$ - qo`zg`atuvchi ta`sir

2. Og`ish prinsipi



$$\Delta x = x(t) - y(t) \rightarrow 0$$

3. Kombinirlashgan sistema



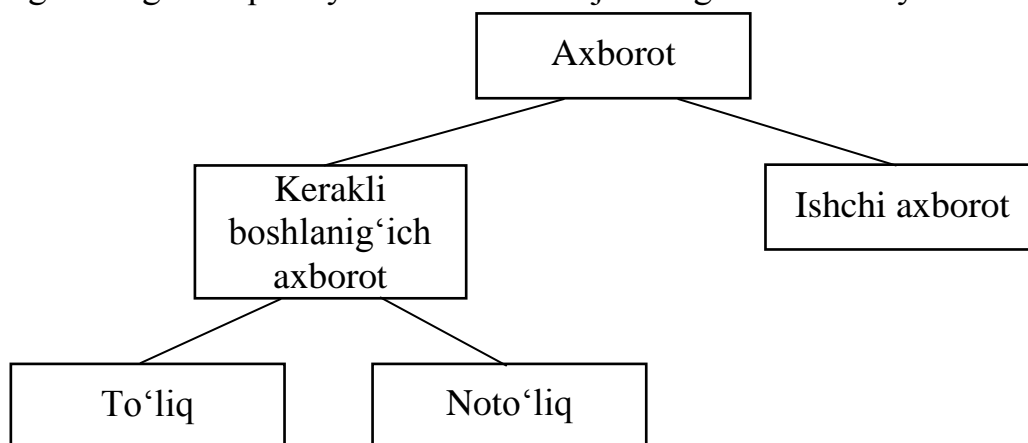
ABSlarning klassifikasiyasi

ABSlari asosan quyidagi ikkita klassifikasion belgilarga ko`ra quyidagi turlarga bo`linadi.

5. Sistema va boshqarish ob`eki haqidagi axborotga bog`liq holda.

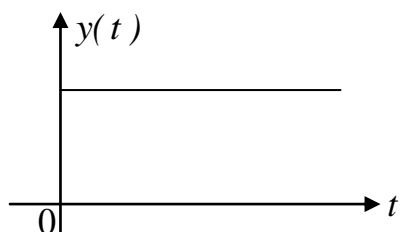
6. Sistemaning ichki dinamik xususiyatlariga asoslangan holda.

Birlamchi mabasi tajribaga asoslangan holda tekshirilayotgan ob`ekt to`g`risidagi har qanday ma`lumotlar majmuasiga axborot deyiladi.



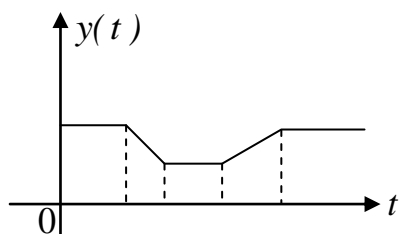
Oddiy sistema uch turga bo'linadi:

7. Stabillashgan sistemasi yoki avtomatik rostdash sistemasi.



8. programmali boshqarish sistemalari. Bunda sistemalarda boshqarilayotgan kattalik berilgan qiymati oldindan belgilangan programma bo'yicha o'zgaradi.

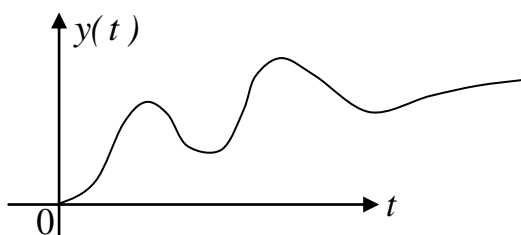
Misol uchun: avtomatik stanok.



9. taqlidiy (kuzatuvchi) sistemalar.

Bu sistemalarda boshqarilayotgan kattalikning berilgan qiymati juda keng chegarada ixtiyoriy qonun bo'yicha o'zgarishi mumkin.

Misol uchun: radiolakator antenna.



Sistemaning ichki dinamik xususiyatiga asoslangan turlari.

Bunday sistemalar quyidagi turlarga bo'linadi.

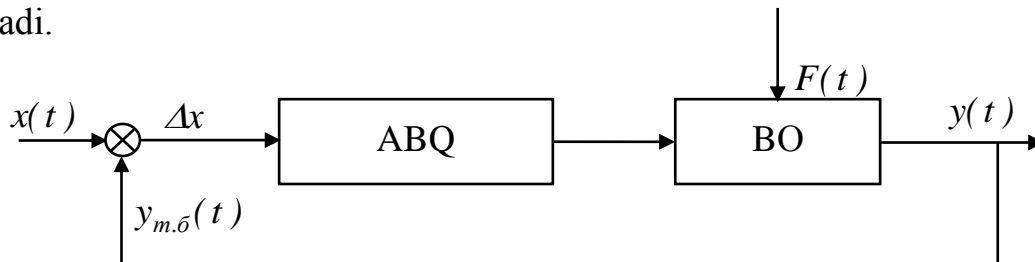
1. Chiziqli hamda nochiziqli
2. Stasionar va nostasionar
3. o'zluksiz va uzlukli
4. To'plangan va taqsimlangan parametrlri
5. bir konturli va ko'pkonturli

superpozitsiya prinsipini qo'llash mumkin bo'lgan sistemalar chiziqli sistemalar deyiladi.

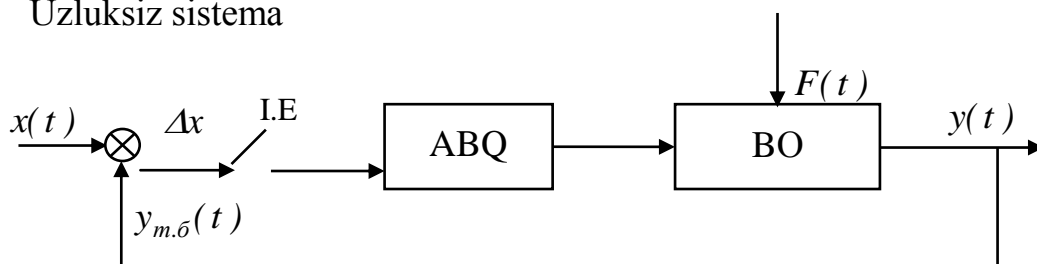
Chiziqli sistemalarda chiqishdagi kattalikning o'garishi kirishidagi kattalikning o'zgarishiga proporsional holatda o'zgaradi.



Nostasionar sistema deb parametrlar vaqtga bog'liq bo'lmagan sistemalar aytiladi.

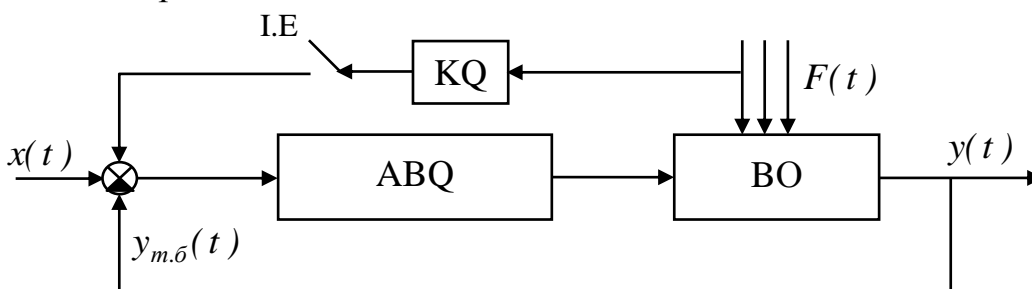


Uzluksiz sistema



Uzluqli sistema

IE – impul's elementi



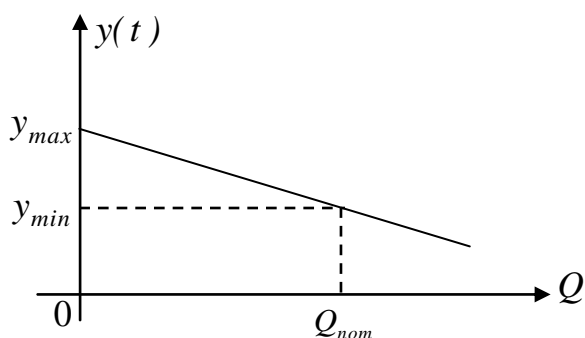
Xam uzluqli ham uzluksiz sistemalar

Keltirilgan sistemalar bir o'lchamli konturlar deyiladi.

Agar kirish, chiqish kattaliklari birdan ortiq bo'lsa ko'p o'lchamli konturlar deyiladi.

Statik va astatik rostdash

Yuklamaning har qanday muvozanat qiymatiga boshqariluvchi kattalikning yangi muvozanat qiymati to'g'ri kelsa, bunday rostdashga statik rostdash deyiladi.



Statik rostdash

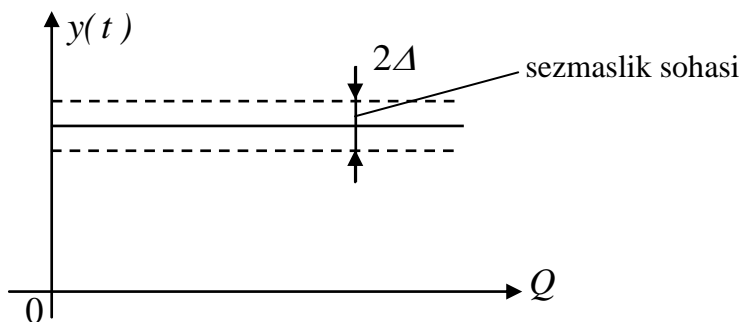
$$\delta_{cm} \% = \frac{y_{max} - y_{min}}{y_{min}} \cdot 100\% \text{ - statizm}$$

Q - yuklama.

Yuklamaning har qanday muvozanat qiymatiga boshqariluvchi kattalikning bir xil qiymati to'g'ri kelsa, bunday boshqarishga astatik boshqarish deyiladi.

Astatik sistemalarda boshqariluvchi kattalik bilan boshqariluvchi organ o'rtasidagi bog'liqlik yo'qotilgan bulib, bu bog'lanish sistemaga quyidagicha astatik zveno kiritilishi bilan amalga oshiriladi.

Astatik zveno deb integrallashni bajaradigan sistemaga aytiladi.



Astatik rostdash

Laplas o'zgartirishi

Quyidagi integral yordamida haqiqiy o'zgaruvchi «t» ga ega bo'lgan $f(t)$ funksiyasini kompleks o'zgaruvchi «p» ga ega bo'lgan $\varphi(p)$ funksiyaga almashtirishga Laplas almashtirishi deyiladi.

$$\varphi(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dp = L\{f(t)\} \quad (1)$$

L – Laplas to'g'ri o'zgartirishining belgisi

$\varphi(p)$ – funksiya Laplas o'zgartirishi bo'yicha tasviri

$f(t) \div \varphi(p)$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{\alpha-j\infty}^{\alpha+j\infty} \varphi(p) e^{pt} dp = L^{-1}\{\varphi(p)\} \quad (2)$$

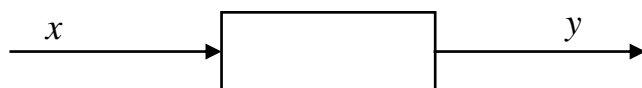
L^{-1} – Laplas teskari almashtirishi

3-ma`ruza

Tahlilni chastotaviy usuli. O'tish jarayenini sifatini haqiqiy chastotaviy xarakteristika orqali bahosi.

ABSlar asosan ikkita rejimda ishlaydi dinamik barqaror ya`ni statik rejim
ABSsi barqaror ya`ni statik rejimda ishlaydi:

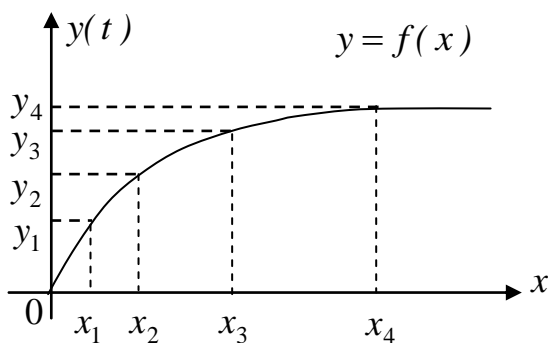
1. Ob`ektga keladigan moda yoki energiya miqdori, undan chiqadigan moda yoki energiya miqdoriga teng bo`gishi kerak. $y=x/$
2. Boshkarilayotgan yoki rostlanayotgan parametr vaqt davomida o`xgarmas bo`lishi kerak.



$$y = const$$

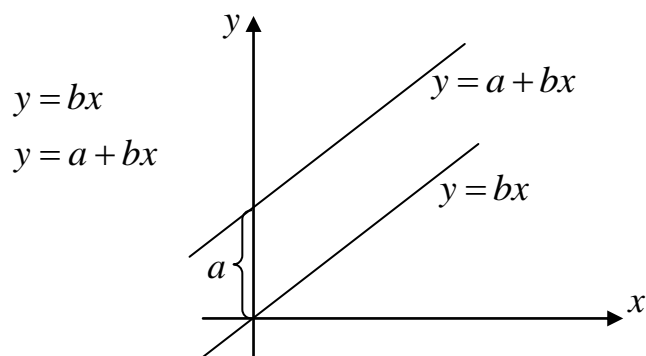
3. ABSsining rostlash organi xarakatsizturishi kerak

Statik rejimda kirish kattaligi bilan chiqish kattaligi grafik ko`rinishda yoki ma`lum algebraik tenglama ko`rinishida berilishi mumkin .



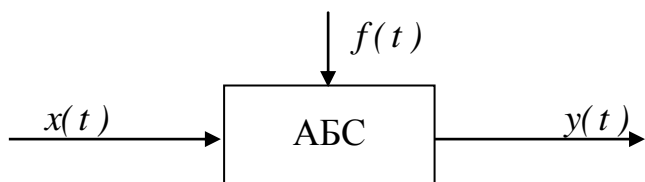
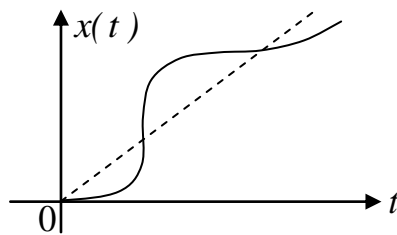
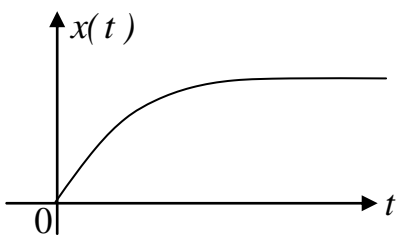
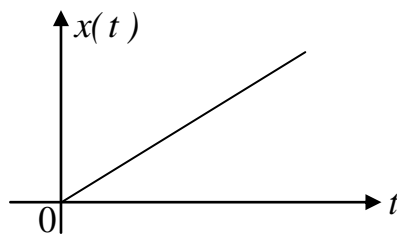
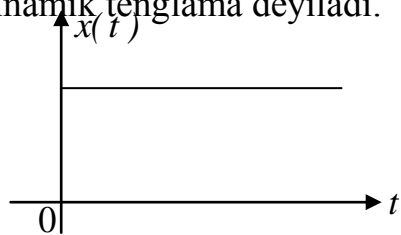
Agar chiqish kattaligi kirish kattaligi bilan chiziqli bog`langan bo`lsa, shu bog`danishni ifodalovchi tenglama to`g`ri chiziqli tenglama deyiladi.

Umumiy ko`rinishi quyidagicha



Sistemaning asosiy ish rejimibu dinamik rejim hisoblanadi. Chunki bu rejimda sistemaga har xil signallar ta`sir etib, sistema harakatda bo`ladi va bu harakat differensial tenglama orqali ifodalanadi.

Sistemaning turg'un holatini ifodalovchi tenglamaga statik tenglama deyilsa, uning dinamik holatini ya'ni (o'tkinchi jarayon) holatini ifodalovchi tenglamaga dinamik tenglama deyiladi.



Demak dinamik rejimni ifoda etuvchi differensial tenglama shu holatning o'zini, harakat tezligini hamda harakatning tezlanishini ifoda etadi.

$$F(y, \dot{y}, \ddot{y}, x, \dot{x}) + f = 0 \quad (1)$$

bunda x, f – kirish kattaligi
 y – chiqish kattaligi

(1) tenglama dinamik rejimning tenglamasi.

Statik rejimda esa $y = \text{const}$; $x = \text{const}$;

$$F(y; 0; 0; x; 0) + f = 0 \quad (2)$$

Chiziqlantirish

Chiziqlantirish ikki xil bo'ladi:

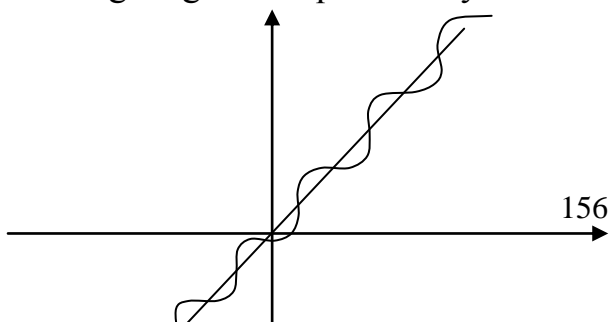
4. O'rtacha qiymatni olish usuli

5. Kichik og'ish usuli.

Real sharoitlarda ABSlarni elementlari egri chiziqli xarakterga ega. Demak u elementlardagi jarayonlar nochiziqli differensial tenglamabilan ifodalaniladi. Nochiziqli differensial tenglamalarning umumiy echimi bo'lmaganligi sababli bu elementlarning xarakteristikalarini chiziqli differensial tenglamalar bilan almashtiriladi.

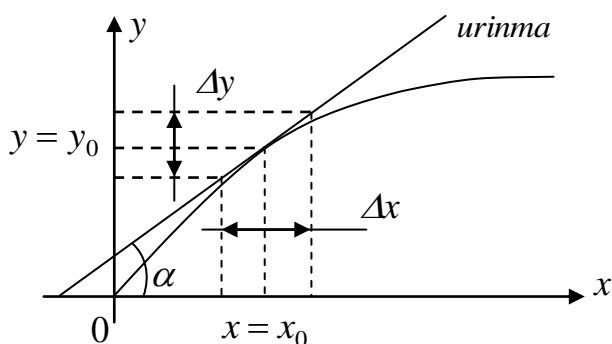
Chiziqlantirish deb nochiziqli differensial tenglamani chiziqli differensial tenglama bilan almashtiriladi.

1. Agar egri chiziqli shunday ko'rinishda bo'lsa birinchi usul qo'llaniladi



2. Kichik og'ish usuli. Bu usulda elementning statik xarakteristikasi $y=f(x)$ kirish signalining ma'lum x_0 qiymatida Teylor qatoriga yoyiladi.

$$y = y_0 + \frac{dy}{dx} \Delta x + \frac{d^2 y}{dx^2} \Delta x^2 + \frac{d^3 y}{dx^3} \Delta x^3 + \dots$$

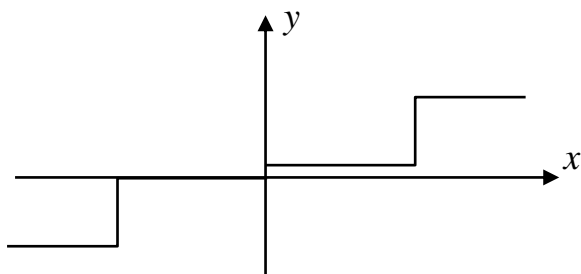


Agar $\Delta x \rightarrow 0$ ikkinchi va uchinchi tartibli tenglamalar nolga teng bo'lib tenglama

$$y = y_0 + \frac{dy}{dx} \Delta x \text{ bo'li qoladi, u holda } \Delta y = y - y_0 = \frac{dy}{dx} \Delta x; \Delta y = \alpha \cdot \Delta x.$$

Chiziqlantirishning bu usullarini qo'llash shartlari:

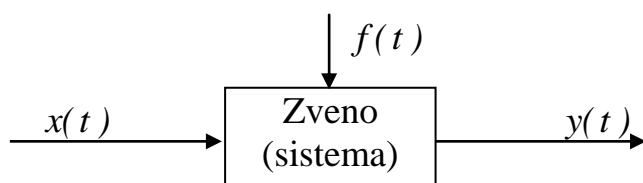
1. $\Delta x, \Delta y$ - juda kichik bo'lishi kerak;
2. $y = f(x)$ - funksiya uzluksiz funksiya bo'lishi kerak



Bularni sushbonelineynost` deyiladi, bunday funksiyalarni chiziqlantirib bo'lmaydi.

4-ma`ruza

Tahlilni ildizli usuli. O'tish jarayenini ildizli baholari.



Avtomatik sistema yoki zvenoni ichida bo'layotgan jarayonni o'rganish shu sistemaning ifoda etadigan tenglamaning sistema

Qop ketgan yozuvlar bor

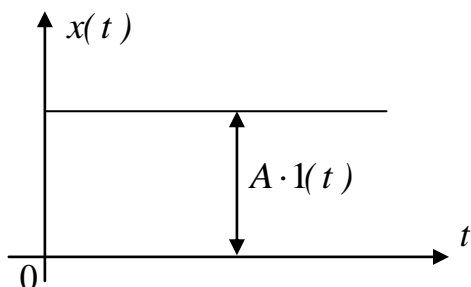
Sistemaning dinamik xususiyatlarini aniqlash uchun differensial tenglamaning echimlarni qandaydir boshqa usul bilan aniqlashga to'g'ri keladi. Buni bajarish uchun kirish signali vaqtga bog'liq bo'lishi shart. ABSlarida $x(t)$ va $f(t)$ signallarini kirish signallari deyiladi, $y(t)$ ni chiqish signali yoki kirish signalidan olingan reaksiya deb ataladi. Sistemaning dinamik xususiyatlarini aniqlashtirishda quyidagi tipik kirish signallaridan foydalaniladi

4. Birlik pog'onali funksiya .

$x(t) = A \cdot I(t)$ bilan ifodalanib

$$A = \text{const} \quad I(t) = \begin{cases} 1; & t \geq 0 \\ 0; & t < 0 \end{cases} \text{ birlik pog'onali funksiya}$$

$$x(t) = \begin{cases} A \cdot I(t); & t \geq 0 \\ 0; & t < 0 \end{cases} \text{ bu degani o'zgarmas kuchlanish ulash deganidir.}$$



Misol sifatida o'zgarmas tokni ulashni keltirish mumkin

Sistemaga yoki zvenoning pog'onali signaldan olingan reaksiyasiga o'tkinchi xarakteristika deb ataladi va $h(t)$ bilan belgilanadi.

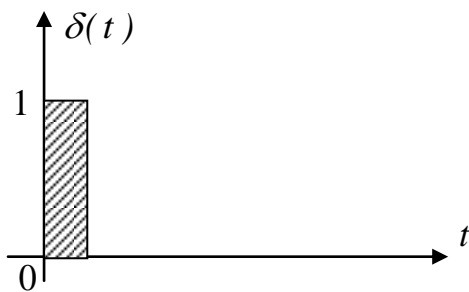
$$\text{Pog'onali signal Laplas tasviri } L\{A \cdot I(t)\} = A \frac{1}{p};$$

5. Birlik impul'sli signal (funksiya)

$$x(t) = A \cdot \delta(t) \quad A = \text{const}$$

$\delta(t)$ ning amplitudasi 0 da ∞ ga teng bo'lib davomiyligi cheksiz kichik bo'lgan funktsiyaga aytiladi.

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty; & t = 0 \\ 0; & t \neq 0 \end{cases}$$



$$\int_0^{\infty} \delta(t) dt = 1$$

$\delta(t)$ ning Laplas tasviri birga teng

$$L\{\delta(t)\} = 1$$

Sistema yoki zvenoning birlik impul'sli funksiyadan olingan reyaksiyaga impul'sli o'tkinchi xarakteristika yoki vazn funksiyasi deyiladi va $\omega(t)$ bilan belgilanadi.

6. O'tkinchi xarakteristika yoki sinusoidal signal.

Bu signal haqiqiy yoki kompleks ko'rinishda bo'lishi mumkin

$$x(t) = A_k(\omega) \sin(\omega t + \varphi_k(\omega))$$

$$x(t) = A_k(\omega) \cos(\omega t + \varphi_k(\omega))$$

$A_k(\omega) = 1$ - kirish signallarining amplitudasi;

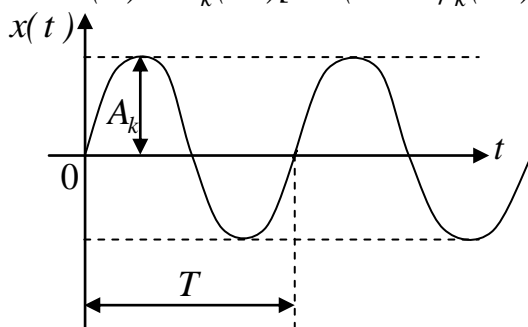
$\varphi_k(\omega) = 0$ - kirish signalining fazasi;

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ - chastotasi}$$

$$T \text{ - davr; } T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Bularning hammasi haqiqiy ko'rinishda berilishidir. kompleks ko'rinishda quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$x(t) = A_k(\omega) [\cos(\omega t + \varphi_k(\omega)) + j \sin(\omega t + \varphi_k(\omega))]$$



Chiziqli, stasionar sistemaning $x(t) = A_k(\omega) e^{j(\omega t + \varphi_k(\omega))}$ signal ta'siridan hosil bo'lgan majburiy tebranishlari kirish signalining tebranishlari chastotasiga teng chastota bilan tebranish hosil qiladi. Lekin chiqish tebranishlari amplitudasi va fazasi kirish tebranishlari amplitudasi va fazasidan farq qiladi.

Sistema yoki zvenoning garmonik signaldan olingan reaksiyasiga chastotaviy xarakteristika deyiladi.

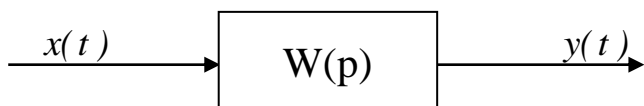
4) $x(t) = A * t$ – chiziqli signallar

5) $x(t) = A * t^2$ – kvadrat signallar

6) $x(t) = A * t^3$ – kub signallar

5-ma`ruza

Ko'p kanalli sistemalarni boshqaruvchanligi va kuzatuvchanligi.



Bir o'lchamli uzluksiz stasionar differensial chiziqli sistemaning quyidagi umumiy ko'rinishda ko'rish mumkin

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y(t) = b_0 \frac{d^m x}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + x(t) \quad (1)$$

statsionar funksiya $W(p)$ deb boshlang'ich shartlari nol bo'lganida chiqish signalining apas tasviriga bo'lgan nisbatiga aytiladi.

$$W(p) = \left. \frac{y(p)}{x(p)} \right|_{t=0} \quad (2)$$

(1) tenglamaga Laplas almashtirishini kiritamiz $\frac{d}{dt} = p$;

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n) y(p) = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m) x(p) \quad (3)$$

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n} = \frac{P(p)}{Q(p)}$$

$P(p) = b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m$ - m darajali ko'phad

$Q(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n$ - n darajali ko'phad

Sistemani amalga oshirish uchun $m < n$ shart bajarilishi kerak.

$W(p)$ $h(t)$ $\omega(t)$ ni ko'rib chiqamiz

$$y(p) = W(p) \cdot x(p) \quad (4)$$

a) $x(t) = I(t) \quad x(p) = \frac{1}{p} \Rightarrow (4)$

$$y(p) = W(p) \frac{1}{p}$$

$$y(t) = h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\}$$

$\frac{1}{p}$ - birlik pog'onali signal tasviri

b) $x(t) = \delta(t) \quad x(p) = 1 \Rightarrow (4)$

$$y(p) = W(p) \cdot 1$$

$$y(t) = \omega(t) = L^{-1} \{ W(p) \}$$

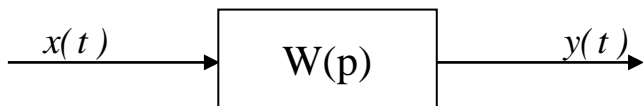
$$\omega(t) = h'(t) \quad h(t) = \int_0^t \omega(t) dt$$

misol qilib RL zanjiri va uning kirish va chiqish qarshiliklari orqali uzatish funksiyasi keltirib chiqarilgan.

Qop ketgan yozuvlar bor

6-ma`ruza

ABS larni sintezlashni asosiy tushunchalari. Bir kanalli sistemalarni sintezlash masalasini qo'yilishi.



Chiziqli stasionar sistemaning operator ko'rinishini umumiy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin.

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n) y(p) = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m) x(p) \quad (1)$$

Uzatish funksiyasining ta'rifiga ko'ra

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n} = \frac{P(p)}{Q(p)} \quad (2)$$

$W(j\omega)$ funksiyaning uzatish funksiyasi $W(p)$ dan $p = j\omega$ bilan almashtirish orqali olinadi va chastotaviy uzatish funksiyasi deyiladi.

$$W(j\omega) = \frac{b_0 (j\omega)^m + b_1 (j\omega)^{m-1} + b_2 (j\omega)^{m-2} + \dots + b_m}{a_0 (j\omega)^n + a_1 (j\omega)^{n-1} + a_2 (j\omega)^{n-2} + \dots + a_n}$$

Chastotaviy uzatish funksiya $W(j\omega)$ chatota deb ataluvchi haqiqiy o'zgaruvchi ω ga bog'liq bo'lgan kompleks funksiyadir.

$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$ - algebraik ko'rinishi

$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$ - darajali ko'rinishi

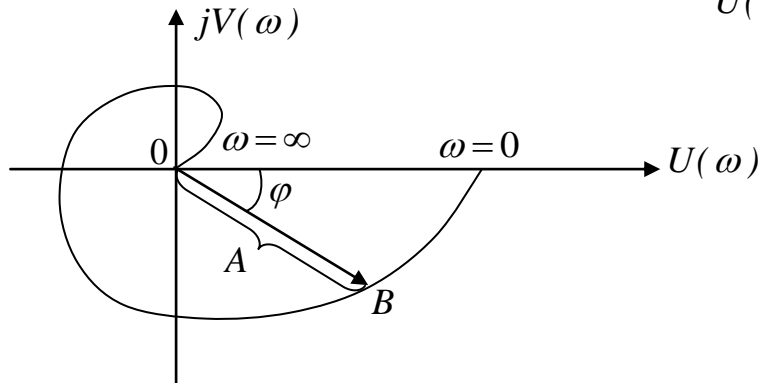
$U(\omega)$ - haqiqiy qism

$V(\omega)$ - mavhum qism

$A(\omega)$ - amplituda

$\varphi(\omega)$ - faza

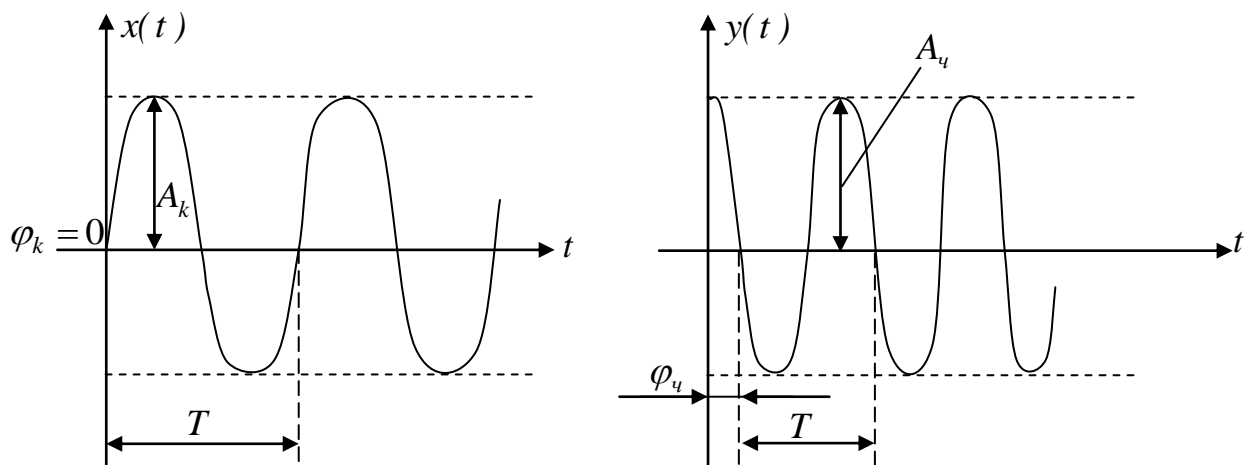
$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} ; \varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)}$$



AFX deb kompleks teksligida amplituda bilan faza o'zgarishiga aytiladi.

$$A(\omega) = \text{mod } W(j\omega) = \frac{A_u(\omega)}{A_k(\omega)}$$

$$\varphi(\omega) = \text{arg } W(j\omega)$$



$$W(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = \frac{A_u(\omega)e^{j(\omega t + \varphi_u)}}{A_k(\omega)e^{j(\omega t + \varphi_k)}} = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

$A(\omega)$ - kuchaytirishning amplitudasi

$$A(\omega) = \frac{A_{\text{chik}}(\omega)}{A_{\text{kir}}(\omega)} \quad \varphi(\omega) = \varphi_{\text{chik}} - \varphi_{\text{kir}}$$

$W(j\omega)$ - amplituda fazaviy xarakteristika (AFX)

$U(\omega)$ - haqiqiy chastotaviy xarakteristika (XChX)

$V(\omega)$ - mavhum chastotaviy xarakteristika (MChX)

$A(\omega)$ - amplituda chastotaviy xarakteristika (AChX)

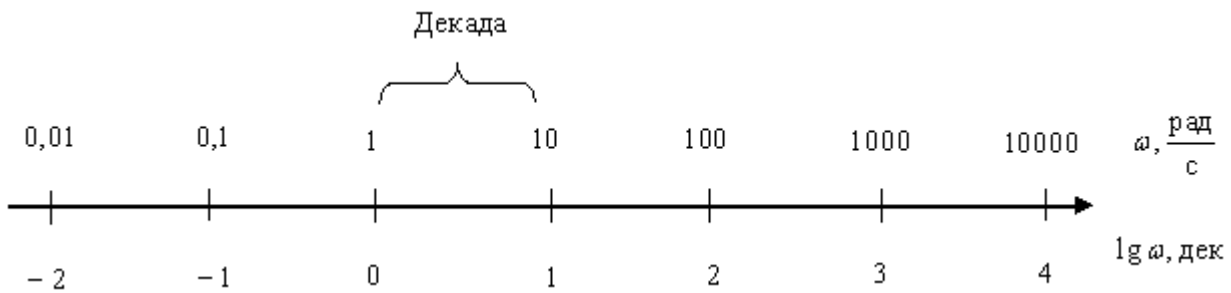
$\varphi(\omega)$ - faza chastotaviy xarakteristika (FChX)

Bu xarakteristikalarning hammasi oddiy chiziqli masshtabda chiziladi. Yuqoridagi xarakteristikalardan tashqari quyidagi ikkita logarifmik xarakteristika ham mavjuddir.

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$ - logarifmik amplituda chastotaviy xarakteristika (LACHX). Amplitudaning $\lg \omega$ ga nisbatan chizilgan grafigiga logarifmik amplituda chastotaviy xarakteristika deyiladi. $\lg \omega$ ning o'lchov birligi «dakada», bir dekada chastotaning o'n marta o'zgarishini bildiradi.

$L(\omega)$ ning o'lchov birligi «desibell» quvvatni o'n marta ko'paytirish bir bellni beradi.

$$10\alpha = \frac{1}{10} \text{ белл}$$



7-ma`ruza

Sintezlashni chastotaviy usuli. Sintezlash masalasini qo'yilishi. Obektni istalgan va asimptotik LACHX sini qurish.

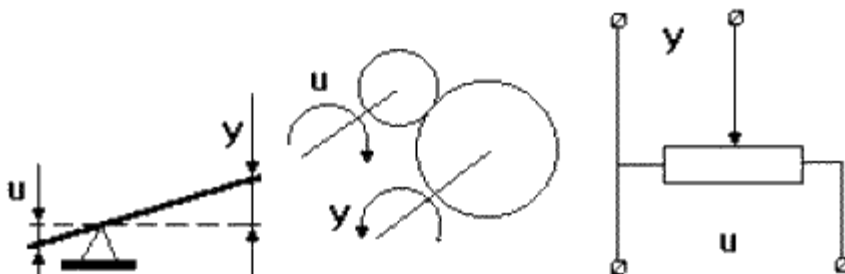
ABSlarining o'tish jarayonining xarakterini sistema tarkibidagi elementlarning dinamik xususiyatlariga bog'liq holda ko'rish mumkin. Sistema tarkibidagi elementlar bajaradigan ishi, konstruktiv formasi, ishlash prinsipi hamda berilgan sxemasiga qarab har xil bo'lishi mumkin. Lekin bu elementlar har xil konstruktiv formaga va bajaradigan ishiga qaramasdan bir xil dinamik xususiyatga ega bo'lgan tipik zvenolarga bo'linadi.

Dinamik zveno deb tartibi ikkidan yuqori bo'lmagan differensial tenglama bilan ifodalanadigan elementlar to'plamiga aytiladi. Xar bir dinamik zveno elementning yo'naltirilgan harakatini ifodalaydi, ya'ni elementdagi bir fizik kattalikni ikkinchi fizik kattalikka o'zgartirish bir yo'nalishda (kirishdan chiqish tomonga) qarab o'tadi. Zvenoning dinamik xususiyatini o'tkinchi xarakteristikadan tashqari Yana impul'sli hamda chastotaviy xarakteristikalar bilan ifodalash mumkin. Tipik dinamik zvenolar ularda kechayotgan o'tkinchi jarayon xarakteristikasiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi.

1. Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno.

$y = k \cdot x$ (1) tenglama bilan ifodalanadi.

M: elektron kuchaytirgich, potenciometr, taxogenerator hmisol bo'la oladi.



(1) tenglamaga laplas almashtirishlarini kiritamiz

$$y(p) = k \cdot x(p) \quad (2)$$

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = k \quad (3)$$

$$h(t) = L^{-1}\left\{W(p)\frac{1}{p}\right\} = L^{-1}\left\{k\frac{1}{p}\right\} = kI(t)$$

$$\omega(t) = h'(t) = k \cdot 1'(t) = k\delta(t);$$

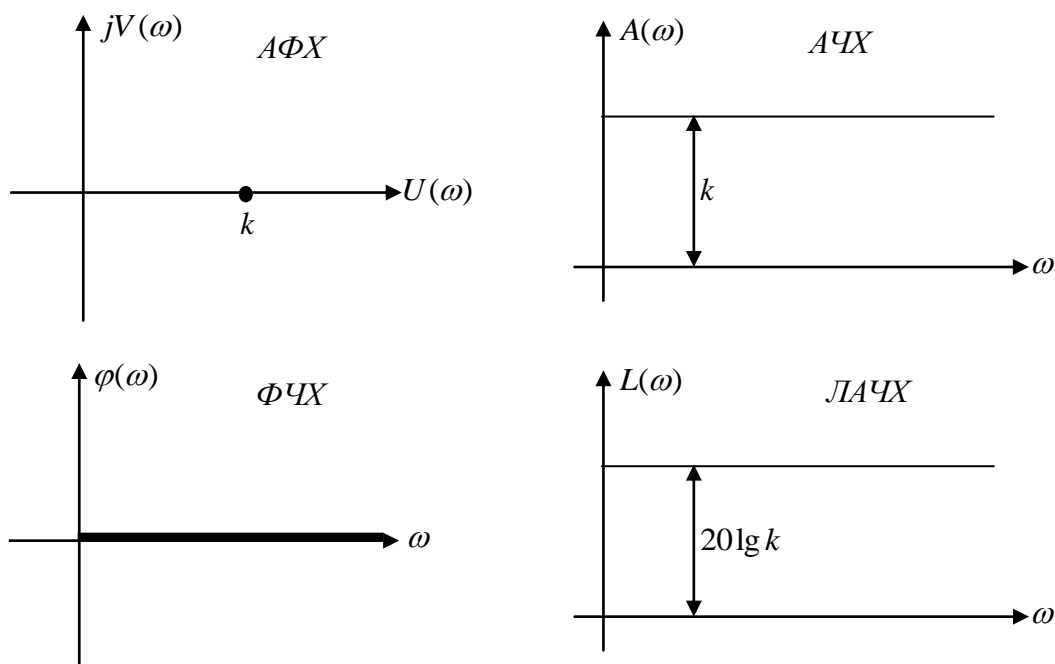
Bu zveno uchun chastotaviy xarakteristikani olamiz, $p = j\omega$.

$W(j\omega) = k$ - amplituda fazaviy xarakteristika (AFX)

$A(\omega) = k$ - amplituda chastotaviy xarakteristika (AChX)

$\varphi(\omega) = 0$ - faza chastotaviy xarakteristika (FChX)

$L(\omega) = 20\lg A(\omega) = 20\lg k$



2. Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno

Bu zveno quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.

$$T \frac{dy}{dt} + y(t) = kx(t) \quad (1)$$

misol qilib RC, RL – zanjirlari, o'zgarmas tok generatori, o'zgarmas tok motori, pech, payal`nik, dazmolni olish mumkin.

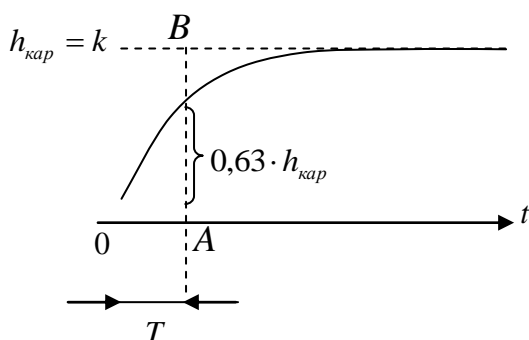
Laplas almashtirishini qo'llaymiz

$$Tp \cdot y(p) + y(p) = kx(p) \quad (2)$$

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{k}{1+pT} \quad (3) \quad k - \text{uzatish koeffitsienti, } T - \text{vaqt diomiysi}$$

$$h(t) = L^{-1}\left\{W(p) \frac{1}{p}\right\} = L^{-1}\left\{\frac{k}{1+pT} \cdot \frac{1}{p}\right\} = k\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right);$$

$$\omega(t) = L^{-1}\{W(p)\} = h'(t) = \frac{k}{T} e^{-\frac{t}{T}}$$



$$h(t) = k\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) = k\left(1 - e^{-1}\right) = k\left(1 - \frac{1}{e}\right) = k\left(1 - \frac{1}{2,7}\right) = k(1 - 0,37) = 0,63 \cdot k$$

$$h'(t) = \frac{k}{T} e^{-\frac{t}{T}}; \quad t=0; \quad h'(0) = \frac{k}{T};$$

$$h'(0) = \operatorname{tg} \alpha; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{OA};$$

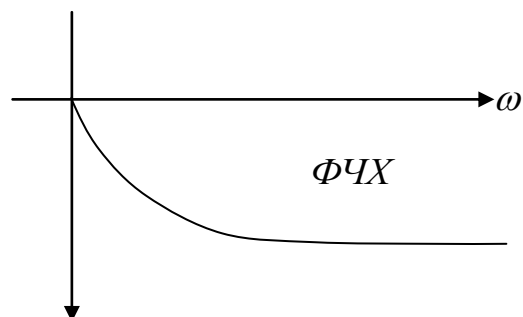
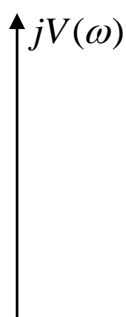
$$h'(0) = \frac{k}{T} = \frac{AB}{OA} \Rightarrow OA = \frac{AB \cdot T}{k} = T$$

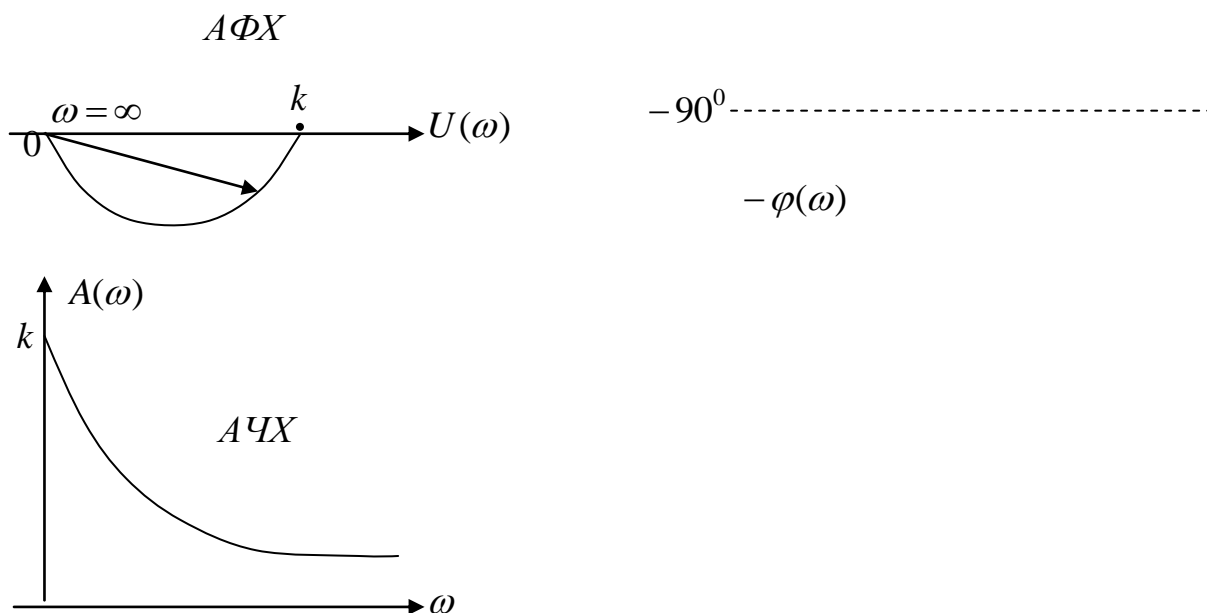
$$W(j\omega) = \frac{k}{1+j\omega T} = \frac{k(1-j\omega T)}{(1+j\omega T)(1-j\omega T)} = \frac{k}{(1-\omega^2 T^2)} - j \frac{k\omega T}{(1+\omega^2 T^2)}$$

$$U(\omega) = \frac{k}{(1-\omega^2 T^2)}; \quad V(\omega) = \frac{k\omega T}{(1+\omega^2 T^2)};$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{k}{\sqrt{1+\omega^2 T^2}}$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\operatorname{arctg} \omega T; \quad \omega = \frac{1}{T} - \text{tutash chatotasi}$$



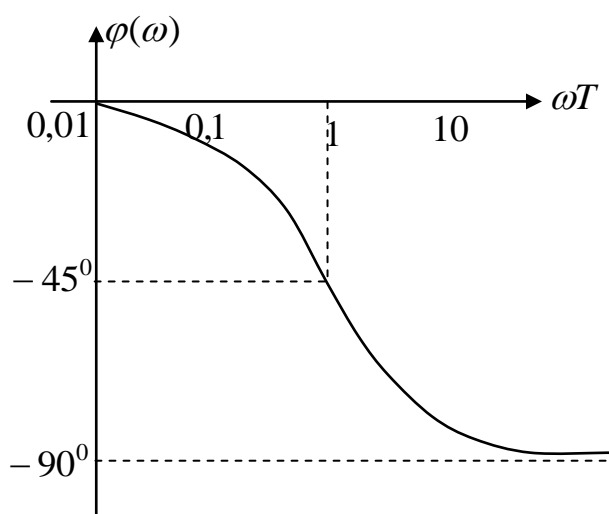
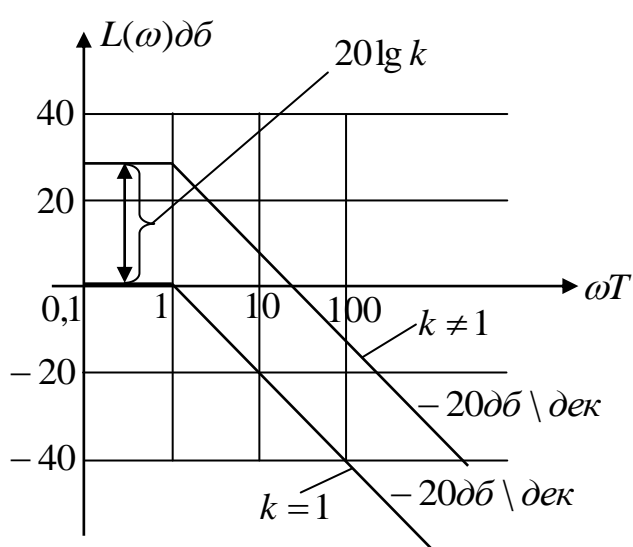


$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2 T^2}$$

Amalda LACHXni aniq chizish talab qilinmaganligi sababli asimptotik LACHXni tenglamasini quyidagi tenglama ko'rinishida yozish mumkin.

$$L_a(\omega) = \begin{cases} 20 \lg k, & \text{agar } \omega T < 1 \text{ yoki } \omega < \frac{1}{T} \\ 20 \lg k - 20 \lg \omega T, & \text{agar } \omega T > 1 \text{ yoki } \omega > \frac{1}{T} \end{cases}$$

$$\varphi(\omega) = -\arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\arctg(\omega T)$$



6. Tebranuvchi zveno

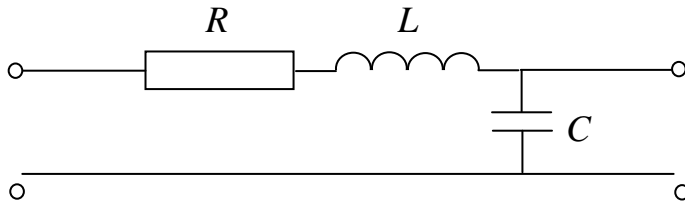
$$T^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + 2dT \frac{dy}{dt} + y(t) = kx(t) \quad (1)$$

k - uzatish koeffitsienti

$0 < d < 1$ - so'nish koeffitsienti

T - vaqt doimiysi

Agar $0 < d < 1$ oralig'ida bo'lsa $p^2 T^2 + 2dpT + 1 = 0$ ildizlari kompleks ildiz bo'lib $p_{1,2} = -\alpha \pm j\beta$



Elektr tebranuvchi sxema $T = \frac{1}{\omega_0}$; ω_0 - rezonans chastotasi

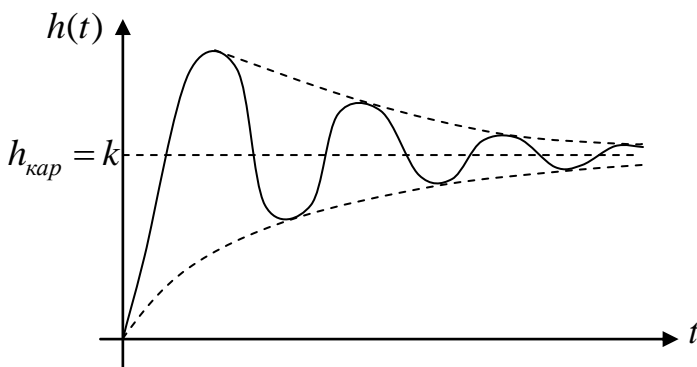
Laplas almashtirishini kiritamiz

$$p^2 T^2 y(p) + 2dpT y(p) + y(p) = kx(p) \quad (2)$$

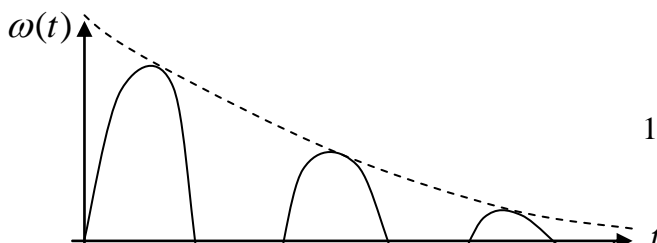
$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{k}{p^2 T^2 + 2dpT + 1};$$

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{k}{p^2 T^2 + 2dpT + 1} \cdot \frac{1}{p} \right\} = k \left[1 - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\beta} e^{-\alpha t} \sin(\beta t + \varphi_0) \right]$$

$$\alpha = \frac{d}{T}; \quad \beta = \frac{\sqrt{1-d^2}}{T}; \quad \varphi_0 = \arctg \frac{\sqrt{1-d^2}}{d};$$



$$\omega(t) = h'(t) = \frac{k(\alpha^2 + \beta^2)}{\beta} e^{-\alpha t} \sin \beta t$$



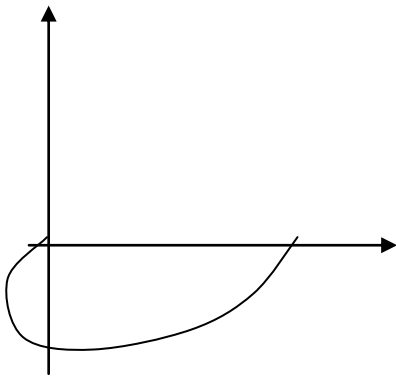
$$W(p) = \frac{k}{(j\omega)^2 T^2 + 2dTj\omega + 1} = \frac{k[(1 - \omega^2 T^2) - j\omega 2dT]}{[(1 - \omega^2 T^2) + j\omega 2dT][(1 - \omega^2 T^2) - j\omega 2dT]};$$

$$U(\omega) = \frac{k(1 - \omega^2 T^2)}{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4d^2 \omega^2 T^2};$$

$$V(\omega) = -\frac{kd\omega T}{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4d^2 \omega^2 T^2};$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{k}{\sqrt{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4d^2 \omega^2 T^2}};$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\operatorname{arctg} \frac{2d\omega T}{1 - \omega^2 T^2};$$



$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \sqrt{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4d^2 \omega^2 T^2};$$

$$L_a(\omega) = \begin{cases} 20 \lg k, & \text{агар } \omega T < 1 \text{ җеки } \omega < \frac{1}{T} \\ 20 \lg k - 20 \lg \omega T, & \text{агар } \omega T > 1 \text{ җеки } \omega > \frac{1}{T} \end{cases}$$

$$\varphi(\omega) = -\operatorname{arctg} \frac{2d\omega T}{1 - \omega^2 T^2};$$

Tebranuvchi zvenoning so'nish koeffisienti d ning qiymatiga qarab uning uzatish funksiyasidan quyidagi tipik bo'lmagan ikkita zvenoni keltirib chiqarish mumkin.

A) konservativ zveno ($d = 0$)

$$W(p) = \frac{k}{1 + p^2 T^2};$$

LC – zanjiri misol bo'la oladi.

$$h(t) = k(1 - \cos \omega t) \quad \omega = \frac{1}{T} \text{ - tutuash chastotasi}$$

$$W(j\omega) = \frac{k}{1 + (j\omega)^2 T^2} = \frac{k}{1 - \omega^2 T^2};$$

$$\varphi(\omega) = \begin{cases} 0, \text{ agar } \omega T < 1 \text{ ku } \omega < \frac{1}{T} \\ -\pi, \text{ agar } \omega T \geq 1 \text{ ku } \omega \geq \frac{1}{T} \end{cases}$$

B) ikkinchi tartibli inersial zveno ($d \geq 1$)

$$W(p) = \frac{k}{(1 + pT)^2} \text{ agar } d = 1$$

$$W(p) = \frac{k}{(1 + pT_1)(1 + pT_2)} \quad T_{1,2} = \frac{T}{d \pm \sqrt{d^2 - 1}};$$

1. ideal integrallovchi zveno

$$y(t) = k \int_0^t x(t) dt \quad (1)$$

misol qilib C, L konturlar, aylanuvchi mexanizmlar, reduktorni olishimiz mumkin

Laplas almashtirishi quyidagicha

$$y(p) = k \frac{1}{p} x(p) \quad (2)$$

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{k}{p}; \quad k \text{ - uzatish koeffisienti (sek}^{-1}\text{)}$$

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{k}{p} \cdot \frac{1}{p} \right\} = k \cdot t \cdot I(t)$$

$$\omega(t) = h'(t) = k \cdot I'(t)$$

$$W(j\omega) = \frac{k}{j\omega} = \frac{k}{\omega} e^{-j\frac{\pi}{2}};$$

$$W(j\omega) = \frac{k(-j\omega)}{j\omega(-j\omega)} = \frac{-jk\omega}{\omega^2};$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\frac{\pi}{2};$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{k}{\omega};$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \omega;$$

4a. Real integrallovchi zveno.

$$T \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = kx(t) \quad (1) \quad k - \text{uzatish koeffisienti}$$

misol qilib o'zgaras tok motorni keltirish mumkin

Laplas almashtirish kiritamiz

$$\frac{d}{dt} = p; \quad p^2 T^2 y(p) + py(p) = kx(p) \quad (2)$$

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{k}{p(1 + pT)};$$

k - uzatish koeffisienti (sek^{-1})

T - vaqt doimiysi

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{k}{p(1 + pT)} \cdot \frac{1}{p} \right\} = k \left[t - T(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \right] I(t)$$

$$\omega(t) = h'(t) = k(1 - e^{-\frac{t}{T}}) I'(t)$$

$$W(j\omega) = \frac{k}{j\omega(1 + j\omega T)} = \frac{k}{j\omega - \omega^2 T} = \frac{k(-j\omega - \omega^2 T)}{(j\omega - \omega^2 T)(-j\omega - \omega^2 T)} = -\frac{k\omega^2 T}{\omega^2 - \omega^4 T^2} - j \frac{k\omega}{\omega^2 - \omega^4 T^2}$$

$$U(\omega) = -\frac{k\omega^2 T}{\omega^2 - \omega^4 T^2}; \quad jV(\omega) = -\frac{k\omega}{\omega^2 - \omega^4 T^2};$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{k}{\omega \sqrt{1 + \omega^2 T^2}};$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{1}{\omega T};$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \omega - 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2 T^2}$$

Bu zvenoning asimptotik LAChXsi quyidagicha

$$L_a(\omega) = \begin{cases} 20 \lg k - 20 \lg \omega, & \text{agar } \omega T < 1 \text{ kuni } \omega < \frac{1}{T} \\ 20 \lg k - 20 \lg \omega - 20 \lg \omega T, & \text{agar } \omega T > 1 \text{ kuni } \omega > \frac{1}{T} \end{cases}$$

2. Ideal differensiallovchi zveno

$$y(t) = k \frac{dx}{dt} \quad (1)$$

Misol qilib elektr sig'im va induktivlik, taxogenerator keltirish mumkin.

Laplas almashtirishini kiritamiz

$$y(p) = kp x(p) \quad (2)$$

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = kp \quad (3)$$

k - uzatish koeffitsienti (sek^{-1})

$$W(j\omega) = kj\omega = k\omega e^{j\frac{\pi}{2}}$$

$$U(\omega) = 0; \quad jV(\omega) = k\omega$$

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2}; \quad A(\omega) = k\omega$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg \omega$$

5.b) Real differensiallovchi zveno

$$T \frac{dy}{dt} + y(t) = k \frac{dx}{dt} \quad (1)$$

misol qilib CR va RL konturi

$$Tp \cdot y(p) = kp x(p)$$

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{kp}{1 + pT};$$

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{kp}{1 + pT} \cdot \frac{1}{p} \right\} = \frac{k}{T} e^{-\frac{t}{T}} \cdot I(t);$$

$$\omega(t) = \frac{k}{T} (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \cdot I'(t);$$

Bu ideal integrallovchi zveno xam borligini bildiradi

$$W(j\omega) = \frac{kj\omega}{1 + j\omega T}$$

$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}}; \quad \varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \arctg \omega T$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg \omega - 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2 T^2}$$

$$L_a(\omega) = \begin{cases} 20 \lg k + 20 \lg \omega, & \text{agar } \omega T < 1 \\ 20 \lg k + 20 \lg \omega - 20 \lg \omega T, & \text{agar } \omega T > 1 \end{cases}$$

3. Birinchi tartibli tezlatuvchi zveno

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = k(1 + pT);$$

$$U(\omega) = k; \quad jV(\omega) = k\omega T$$

$$A(\omega) = k\sqrt{1 + \omega^2 T^2};$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \omega T;$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2 T^2}$$

$$L_a(\omega) = \begin{cases} 20 \lg k, & \text{agar } \omega T < 1 \\ 20 \lg k - 20 \lg \omega T, & \text{agar } \omega T > 1 \end{cases}$$

4. Ikkinchi tartibli tezlatuvchi zveno

$$W(p) = k(1 + 2dpT + p^2 T^2)$$

jadval bor

8-ma`ruza

Sintezlashni modalli usuli. Asosiy tushunchalar.

$W(p)$ ning hamma nollari yoki qutblarining haqiqiy qismi manfiy ishoraga ega bo'lgan zvenolarni minimal fazali yoki noturg'un zveno deyiladi.

Uzatish funksiyasi $W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$ ning noli deb $P(p) = 0$ tenglamaning

ildizlariga aytiladi. Uzatish funksiyasi $W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$ ning qutblari deb xarakteristik tenglama $Q(p) = 0$ tenglamaning ildizlariga aytiladi.

Uzatish funksiyasining nollari yoki qutblari musbat haqiqiy qismga ega bo'lsa, bunday zvenolar noturg'un yoki nominal zveno deyiladi.

Minimal fazali turdagi zvenolar yana o'zi tekislanuvchi zvenolvr ham deyiladi.

1. Noturg'un inersial zveno.

$$W(p) = \frac{k}{-1 + pT};$$

$$W(j\omega) = \frac{k}{-1 + j\omega T} = \frac{k(-1 - j\omega T)}{(-1 + j\omega T)(-1 - j\omega T)};$$

$$U(\omega) = -\frac{k}{1 + \omega^2 T^2}; \quad V(\omega) = -\frac{k\omega T}{1 + \omega^2 T^2};$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{k}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}};$$

$$\varphi(\omega) = \pi + \operatorname{arctg} \omega T;$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \omega T;$$

9-ma`ruza

Sintezlashni modalli usuli. Asosiy tushunchalar.

Struktur sxemani o'zgartirish qoidalari.

Sistema tarkibidagi zvenolar ketma-ket va parallel ulanish mumkin

1) ketma-ket ulangan zvenolar

$W_i(p)$ -berilgan

$W_{ym}(p)$ -topish kerak

$$W_{ym}(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot \dots \cdot W_n(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p);$$

2) Zvenolarini parallel ulanishi.

Bu holda «n»ta zvenolarning kirishiga bita signal ta'sir etadi, chiqish signallari esa qo'shiladi.

$$W_{ym}(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = W_1(p) + W_2(p) + W_3(p) + \dots + W_n(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p);$$

3) Zvenolarning teskari bog'lanish zanjiri orqali ulanishi.

$W_m(p)$ - to'g'ri ulangan

$W_{m.\delta}(p)$ - teskari bog'langan

$$y(p) = W_m(p) \cdot \Delta x(p) \quad (1)$$

$\Delta x(p) = x(p) \pm W_{m.\delta}(p)$ (2) bunda musbat teskari bog'lanish uchun «+» ishora, manfiy teskari bog'lanish uchun esa «-» ishora olinadi.

$$y_{m.\delta}(p) = W_{m.\delta}(p) \cdot y(p); \quad (3)$$

(3) tenglamani (2) tenglamaga qo'yib quyidagini olamiz

$$y(p) = W_m(p) [x(p) \pm W_{m.\delta}(p) y(p)];$$

$$y(p) [1 \mp W_m(p) \cdot W_{m.\delta}(p)] = W_m(p) \cdot x(p);$$

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{W_m(p)}{1 \mp W_m(p) W_{m.\delta}(p)}; \quad (4) \text{ bu erda musbat teskari bog'lanish}$$

uchun «-» ishora, manfiy teskari bog'lanish uchun esa «+» ishora olinadi.

Ochiq sistemaga birlik manfiy teskari bog'lanish kiritganimizda quyidagicha bo'ladi.

$W(p)$ - ochiq sistemaning uzatish funksiyasi

$\Phi(p)$ - berk sistemaning uzatish funksiyasi

(4) formulaga ko'ra

$$\Phi(p) = \frac{W(p)}{1 + W(p)};$$

Summatorni ko'chirish

$$y = W_1 \cdot W_2 \cdot x + W_2 \cdot F;$$

$$y = W_1^{-1} \cdot W_1 \cdot W_2 \cdot F + W_1 \cdot W_2 \cdot x = W_2 [F + W_1 \cdot x];$$

$$y = W_1 \cdot W_2 \cdot x + W_2 \cdot F = W_2 [W_1 \cdot x + F];$$

Tugunni ko'chirish

$$y_1 = W_1 \cdot x;$$

$$y_1 = W_1 \cdot W_2 \cdot W_2^{-1} \cdot x = W_1 \cdot x;$$

$$y_1 = W_1 \cdot x;$$

Ochiq sistemaning uzatish funksiyasibo'yicha chastotaviy xarakteristikalarini qurish.

Ochiq sistemaning chastotaviy xarakteristikasi $W(j\omega)$ ya'ni holatini o'rganishda juda muhim rol o'ynaydi.

Agar ketma-ket ulangan har bir zvenoning uzatish funksiyasi $W_i(j\omega)$ ma'lum

bo'lsa unda ochiq sistemaning uzatish funksiyasi $W(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p)$ ga etng bo'ladi.

Bunda ochiq sistemaning AFXsi

$$W(j\omega) = W_1(j\omega) \cdot W_2(j\omega) \cdot W_1(j\omega) \cdot \dots \cdot W_n(j\omega) =$$

$$= \prod_{i=1}^n W_i(p) = A_1(\omega) \cdot A_2(\omega) \cdot \dots \cdot A_n(\omega) \cdot e^{j[\varphi_1(\omega) + \varphi_2(\omega) + \dots + \varphi_n(\omega)]};$$

Demak zvenolari ketma-ket ulangan ochiq sistemaning AFXsini qurish uchun har bir belgilangan chastotada ayrim zvenolar amplitudasini ko'paytirib hosil bo'lgan vektorni umumiy faza ostida yo'naltirish kerak.

Misol

$$W_1(p) = \frac{k}{1 + pT}; \quad W_2(p) = \frac{1}{p};$$

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) = \frac{k}{p(1 + pT)};$$

$$W_1(p) = \frac{k_1}{1 + pT_1}; \quad W_2(p) = \frac{k_2}{1 + pT_2}; \quad k_1 < k_2$$

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) = \frac{k_1 \cdot k_2}{(1 + pT_1) \cdot (1 + pT_2)};$$

$$W_1(p) = \frac{k_1}{1 + pT_1} = \frac{1}{1 + 2p}; \quad W_2(p) = \frac{1}{p};$$

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) = \frac{1}{p(1 + 2p)};$$

$p = j\omega$ almashtirishi kiritib quyidagi ifodani olishimiz mumkin

$$W(j\omega) = \frac{1}{j\omega(1 + 2j\omega)} = \frac{1 \cdot (j\omega + 2\omega^2)}{(j\omega - 2\omega^2) \cdot (j\omega + 2\omega^2)};$$

$$U(\omega) = \frac{2}{(1 + 4\omega^2)}; \quad V(\omega) = -j \frac{1}{\omega(1 + 4\omega^2)};$$

Zvenolari ketma ket ulangan ochiq sistemaning LACHXsini qurish AFXsini qurishdan ko'ra bir muncha osonroqdir, chunki

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \left[\prod_{i=1}^n A_i(\omega) \right] = 20 \lg A_1(\omega) + 20 \lg A_2(\omega) + \dots + 20 \lg A_n(\omega)$$

;

Demak ochiq sistemaning LACHXsini qurganda har bir ayrim zvenoning LACHXlarini qo'shish kerak bo'ladi.

$$\varphi(\omega) = \sum_{i=1}^n \varphi_i(\omega) = \varphi_1(\omega) + \varphi_2(\omega) + \dots + \varphi_n(\omega);$$

$$\text{Misol uchun: } W(p) = \frac{k_1 k_2 k_3}{(1 + pT_1)(1 + pT_2)(1 + pT_3)};$$

10-ma`ruza

Chiziqsiz sistemalarni turg'unligini. Asosiy tushunchalar.

Biror bir sistemani turg'unligini va uning sifat ko'rsatkichlarini aniqlash uchun o'tkinchi jaraayon quriladi. Ma'lumki o'tkinchi jarayon o'tish funksiyasini topish bilan xarakterlanadi. Xisoblash texnikasini rivojlanishi natijasida ularga moslashgan turli xil usullar qo'llanilmoqda. Bularga sonli integrallash usullari ya'ni Eyler metodi Runge-Kutta va boshqalar misol bo'la oladi. Shu usullarni ko'rib chiqaylik.

ABSni struktur sxemasi berilgan bo'lsin.

I. Sistemaning umumiy $W(p)$ topiladi.

$$W_o(p) = \frac{W_o(p)}{1 + W_o(p) \cdot W_{m.o}(p)}$$

$$W_o(p) = \frac{k_1 k_2 k_3 (T_2 p + 1)}{p(T_1 p + 1)(T_3 p + 1)}; \quad W_{m.o}(p) = k_4$$

$$W_6(p) = \frac{k_1 k_2 k_3 (T_2 p + 1)}{p(T_1 p + 1)(T_3 p + 1)} = \frac{k_1 k_2 k_3 (T_2 p + 1)}{p(T_1 p + 1)(T_3 p + 1) + k_1 k_2 k_3 k_4 (T_2 p + 1)}$$

$$h(t) = L^{-1} \left\{ \frac{W_6(p)}{p} \right\} = L^{-1} \left[\left\{ \frac{k_1 k_2 k_3 (T_2 p + 1)}{p(p(T_1 p + 1)(T_3 p + 1) + k_1 k_2 k_3 k_4 (T_2 p + 1))} \right\} \right]$$

$h(t)$ ni topish uchun hosil bo'lgan munosabatning maxrajidagi polinomni ildizlari topiladi.

$$p(p(T_1 p + 1)(T_3 p + 1) + k_1 k_2 k_3 k_4 (T_2 p + 1)) = 0,$$

$$p_1 = 0$$

so'ngra p_2, p_3, p_4 ildizlari topiladi va ko'paytma shakliga keltirib olamiz

$$\frac{k_1 k_2 k_3 (T_2 p + 1)}{(p - p_1)(p - p_2)(p - p_3)(p - p_4)}$$

so'ngra oddiy ko'paytuvchilarga bo'lamiz

$$\frac{A}{p - p_1} + \frac{B}{p - p_2} + \frac{C}{p - p_3} + \frac{D}{p - p_4}$$

Noma'lum A, B, C, D larni topish uchun

$$A(p - p_2)(p - p_3)(p - p_4) + B(p - p_2)(p - p_3)(p - p_4) +$$

$$+ C(p - p_2)(p - p_3)(p - p_4) + D(p - p_2)(p - p_3)(p - p_4) = k_1 k_2 k_3 p T_2 + k_1 k_2 k_3$$

Bundan chiziqli tenglamalar sistemasi tuziladi va bu sistemadan A, B, C, D lar topiladi.

11-ma'ruza

Lyapunovni ikkinchi metodini turg'unlikni tadqiq etishda qo'llash

Turg'unlik to'g'risida tushuncha.

ABSlarni ishlash qobiliyatiga qo'yilgan talab, ularning turli xil tashqi qo'zg'atuvchi ta'sirlarga nosezgir bo'lishiga mo'ljallangan bo'ladi. Agarda sistema turg'un bo'lsa, unda u tashqi qo'zg'atuvchi ta'sirlarga bordosh bera oladi hamda muvozanat holatidan chiqarilganda Yana ma'lum aniqlikda shu holatiga qaytib keladi.

Agarda sistema noturg'un bo'lsa, unda u tashqi qo'zg'atuvchi ta'sir natijasida muvozanat holati atrofida cheksiz katta amplitudaga ega bo'lgan tebranishlar hosil qiladi yoki muvozanat holatidan cheksiz uzoqlashadi. Agarda har qanday cheklangan kirish kattaligining absolyut qiymatida chiqish kattaligi ham cheklangan qiymatga egabo'lsa, bunday sistema turg'un deb yuritiladi.

Kirish kattaligi $x(t)$ va chiqish kattaligi $y(t)$ bo'lgan sistemani ko'rib chiqamiz.

Sistemaning holat tenglamasini umumiy ko'rinishda quyidagicha ko'rish mumkin:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y(t) = b_0 \frac{d^m x}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_m x(t) \quad (1)$$

$$(1) \text{ tenglamaning echimi } y(t) = y_s(t) + y_m(t) \quad (2)$$

$y_m(t)$ – (1) tenglamaning xususiy echim bo'lib, (majburiy tashkil etuvchi) sistemada muvozanat rejimini ifodalaydi.

$y_e(t)$ – (1) tenglamaning o'ng tomoni 0 ga teng bo'lgandagi umumiy echimi (erkin tashkil etuvchisi), sistemada o'tkinchi jarayonni ifodalaydi.

$t \rightarrow \infty$ intilganda $y_s(t) \rightarrow 0$ (3) intilishi sistemaning turg'unligini ifodalaydi, ya'ni agar (3) shart bajarilsa, unda sistema turg'un bo'ladi.

(1) tenglamaning erkin tashkil etuvchisi $y_e(t)$

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y(t) = 0 \quad (4)$$

tenglamaning echimini ifodalaydi.

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, uning echimi $y_e(t)$ birinchi tenglamaning o'ng tomonidagi b_i koeffisientga va $x(t)$ funksiya o'zgarish xarakteriga bog'liq emas.

(3) shartga ko'ra sistemaning turg'unligi uning ichki xususiyati bo'lib, unga ta'sir etuvchi signallarga bog'liq emas.

(4) tenglamani xarakteristik tenglamasini ko'rib chiqamiz

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0 \quad (5)$$

p_1, p_2, \dots, p_n – xarakteristik tenglama ildizlari bo'lib, ular xar xil bo'lsin.

$$\text{Unda } y_s(t) = \sum_{i=1}^n c_i e^{p_i t} \quad (6)$$

S_i – boshlang'ich shartlarga bog'liq bo'lgan o'zgarmas son.

a) $P_i = \pm \alpha$

b) $P_{1,2} = \pm \alpha \pm j\beta$

v) $P_i = \pm j\beta$

Shunday qilib, sistemaning turg'unligini xarakteristik tenglamaning ildizlari aniqlar ekan.

Xarakteristik tenglamaning ildizlari xaqiqiy qismining manfiy ishoraga ega bo'lishi sistema turg'unligining etarli va zaruriy shartidir.

$W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$ - ochiq sistemaning uzatish funksiyasi.

Uning xarakteristik tenglamasi $Q(p)$ ning ildizlari manfiy bo'lishi kerak.

Berk sistema uchun $\Phi(P) = \frac{W(p)}{1+W(p)}$, berk sistema turg'un bo'lishi uchun

$A(p) = 1+W(p) = 0$ manfiy ishoraga teng bo'lishi kerak.

Lyapunov bu sistemalarni ishlab chiqib, chiziqlantirilgan teorema xosil qilgan. Turg'unlikning bu shartlari Lyapunov tomonidan nochiziqli sistemalarning chiziqlantirilgan tenglamalari uchun isbotlandi va qo'llanildi.

Lyapunov teoremlari:

1 – Teorema: Agarda chiziqlantirilgan sistemaning xarakteristik tenglamasining xama ildizlari manfiy xaqiqiy qismga ega bo'lsa, unda real sistema turg'un bo'ladi, ya'ni juda kichik nochiziqlixadlar sistemaning turg'unligiga ta'sir eta olmaydi.

2 – Teorema: Agarda chiziqlantirilgan sistemaning xarakteristik tenglamasining birorta ildizidan xaqiqiy qismga ega bo'lsa, unda real sistema noturg'un bo'ladi va juda kichik nochiziqli xadlar sistemani turg'un qila olmaydi.

3 – Teorema: Agar chiziqlantirilgan sistema xarakteristik tenglamasi 0 yoki juft mavxum ildizga ega bo'lsa, unda real sistema turg'unlik chegarasida bo'ladi va juda kichik nochiziqli xadlar o'tkinchi jarayonni tubdan o'zgartirishi mumkin, hamda real sistemani turg'un yoki noturg'un xolatga keltirishi mumkin.

Kompleks tekisligida xarakteristik tenglama ildizlarining qanday joylashganligini aniqlaydigan qoidalarga turg'unlik mezonlar yoki kriteriylari bor.

Turg'unlikning quyidagi mezonlari mavjud:

- 1) Turg'unlikning algebraik mezoni
 - a) Gurvis mezoni;
 - b) Rauss mezoni.
- 2) Chastotaviy mezonlari
 - a) Mixaylov mezoni;
 - b) Naykvist mezoni;
 - v) Turg'unlikning logarifmik mezoni.
- 3) D – bo'linish usuli.

12-ma`ruza

Turg'unlikni chastotaviy usuli. Absolyut turg'unlik to'g'risida Popov teoremasi.

$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0$ (1) tenglama xarakteristik tenglama berilgan bo'lsin. Shu xarakteristik tenglamaning koeffisientlaridan tuzilgan jadvalga Gurvis aniqlovchisi yoki determinanti deyiladi.

Gurvis aniqlovchisini tuzishning qoidasi

- 6) Bosh diogonal bo'yicha a_1 dan a_n koeffisientgacha indeksi o'sish tartibida yoziladi;
- 7) Bosh diogonalga nisbatan ustunlarining yuqori tomon indeklari ortib borish tomon, paski tomon indeklari kamayuvchi koeffisientlar bilan to'ldiriladi;
- 8) Koeffisientlarning 0 dan kichik va n dan katta bo'lgan koeffisientlari o'rniga nollar yoziladi;
- 9) Gurvis aniqlovchisining yuqori tartibi xarakteristik tenglama darajasiga tengdir;
- 10) Oxirgi determinantni $\Delta_n = a_n \Delta_{n-1}$ ga teng.

Gurvis mezonining ta'rifi

Sistema turg'un bo'lishi uchun $a_0 > 0$ bo'lgan xolda Gurvis aniqlovchiining xammasi 0 dan katta bo'lishi kerak.

$$\Delta_1 > 0, \Delta_2 > 0, \dots, \Delta_n > 0.$$

Agar determinant 0 dan katta bo'lsa, turg'un, 0 dan kichik bo'lsa, noturg'un, 0 ga teng bo'lsa, turg'unlik chegarasida bo'ladi.

Turg'unlik chegarasida bo'lishi uchun

a) $a_n = 0$ b) $\Delta_{n-1} = 0$ bo'lishi kerak.

$n = 1, 2, 3, 4$ bo'lgan tenglamalar uchun terq'unlik shartlarini ko'rib chiqamiz

1) $n = 1$ $a_0 p + a_1 = 0$ birinchi tartibli tenglama

Zaruriy shart $a_0 > 0$ bo'lishi kerak, etarli shart esa $\Delta_1 = a_1 > 0$ bo'lishi kerak.

2) $n = 2$ ikkinchi tartibli tenglama $a_0 p^2 + a_1 p + a_2 = 0$

Zaruriy shart $a_0 > 0$ bo'lishi kerak, etarli shart esa

$$\Delta_1 = a_1 > 0$$

$$\Delta_2 = a_1 \cdot a_2 > 0 \text{ etarli shart.}$$

3) $n = 3$ $a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0$

Zaruriy shart $a_0 > 0$ bo'lishi kerak, etarli shart esa

$$\Delta_1 = a_1 > 0$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$$

$$\Delta_3 = a_3 \Delta_2 > 0 \text{ bo'lishi kerak.}$$

4) $n = 4$ to'rtinchi tartibli tenglama $a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 = 0$

Zaruriy shart $a_0 > 0$ bo'lishi kerak, etarli shart esa

$$\Delta_1 = a_1 > 0$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = a_1 a_2 a_3 + 0 + 0 - 0 - a_1^2 a_4 + a_0 a_3^2 = a_3 (a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 > 0$$

$$\Delta_4 = a_4 \cdot \Delta_3 > 0 \text{ bo'lishi kerak.}$$

$$\text{Misol: } 12p^3 + 10p^2 + 8p + 10 = 0$$

Zaruriy sharti: $a_0 = 12 > 0$, $a_1 = 10 > 0$, $a_2 = 8 > 0$, $a_3 = 10 > 0$

Etarli sharti: $\Delta_1 = a_1 = 10 > 0$,

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 10 & 10 \\ 12 & 8 \end{vmatrix} = 10 \cdot 8 - 12 \cdot 10 = -40 < 0$$

$\Delta_3 = a_3 \Delta_2 = 10 \cdot (-40) = -400 < 0$ etarlilik sharti bajarilmaganligi uchun sistema noturg'un.

Ochiq sistemaning kritik kuchaytirish koeffisientini aniqlash.

Quyidagi uzatish funksiya berilgan bo'lsin

$$W(p) = \frac{k}{(1 + pT_1)(1 + pT_2)(1 + pT_3)};$$

k - sistemaning kuchaytirish koeffisienti (sek^{-1})

T_1, T_2, T_3 - sistemaning vaqt doimiylarisi.

$$\Phi(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)} = \frac{\frac{k}{(1+pT_1)(1+pT_2)(1+pT_3)}}{1+\frac{k}{(1+pT_1)(1+pT_2)(1+pT_3)}} = \frac{k}{(1+pT_1)(1+pT_2)(1+pT_3)+k};$$

$$A(p) = 1 + W(p) = (1 + pT_1)(1 + pT_2)(1 + pT_3) + k = 0;$$

$$A(p) = (1 + pT_1)(1 + pT_2)(1 + pT_3) + k = [p^3 T_1 T_2 T_3 + p^2(T_1 T_2 + T_2 T_3 + T_1 T_3) + p(T_1 + T_2 + T_3) + 1 + k];$$

$$a_0 = T_1 T_2 T_3 > 0$$

$$a_1 = (T_1 T_2 + T_2 T_3 + T_1 T_3) > 0$$

$$a_2 = T_1 + T_2 + T_3 > 0$$

$$a_3 = 1 + k > 0$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 = (T_1 T_2 + T_2 T_3 + T_1 T_3)(T_1 + T_2 + T_3) - T_1 T_2 T_3(1 + k) > 0$$

$$(T_1 T_2 + T_2 T_3 + T_1 T_3)(T_1 + T_2 + T_3) - T_1 T_2 T_3(1 + k) > 0$$

$$(T_1 T_2 + T_2 T_3 + T_1 T_3)(T_1 + T_2 + T_3) > T_1 T_2 T_3(1 + k)$$

$$k < \frac{T_1}{T_3} + \frac{T_3}{T_2} + 1 + \frac{T_2}{T_3} + 1 + \frac{T_2}{T_1} + \frac{T_3}{T_1} - 1$$

agar $T_1 = T_2 = T_3$ bo'lsa $k < 8$ demak $k_{kp} = 8$ k_{kp} - kritik koeffisient

agar $k < k_{kp}$ bo'lsa sistema turg'un

agar $k > k_{kp}$ bo'lsa sistema noturg'un

13-ma`ruza

Chiziksiz sistemalarda jarayenlarni taxlili. Garmonik balans usuli

Turg'unlikning chasotaviy mezonlari avtomatik sistemalarning chasotaviy xarakteristikalarining ko'rinishiga qarab ularning turg'unlik holatlarini tekshirishga imkon beradi. Turg'unlikning chasotaviy mezonlari grafo-analitik mezon bo'lib sistemalarning turg'unligini tekshirishda juda keng qo'llaniladi, chunki bu mezonlar yordamida yuqori darajali sistemalarning turg'unlik holatini tekshirish ancha oson va qulaydir va ular juda geometrik tasvirga egadir.

Argumentlar prinsipi.

Turg'unlikning chasotaviy mezonlari asosida kompleks o'zgaruvchi funksiyalar nazariyasidan ma'lum bo'lgan argumentlar prinsipi yotadi. Biz shu prinsipni qisqacha bayonini ko'rib chiqamiz

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n = 0 \quad (1)$$

xarakteristik tenglama berilgan bo'lsin.

Bu tenglamani Bezu tenglamasi orqali quyidagiga keltirishimiz mumkin.

$$D(p) = a_0 (p - p_1)(p - p_2)(p - p_3) \cdot \dots \cdot (p - p_n) \quad (2)$$

bunda $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ - xarakteristik tenglamaning ildizlari yig'indisidir.

p_1 ildizni vekior ko'rinishda tasvirlash mumkin $p_1 = -\alpha_1 + j\beta_1$

$p = j\omega$ almashtirish bajarib quyidagiga ega bo'lamiz

$$D(j\omega) = a_0(j\omega - p_1)(j\omega - p_2)(j\omega - p_3) \dots (j\omega - p_n) \quad (3)$$

$D(j\omega)$ ni amplitudasi quyidagicha

$$|D(j\omega)| = a_0 |j\omega - p_1| |j\omega - p_2| \dots |j\omega - p_n| \quad (4)$$

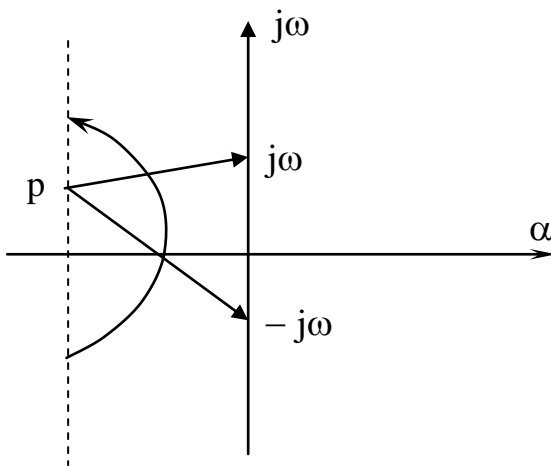
$$\arg D(j\omega) = \sum_{i=1}^n \Delta \arg(j\omega - p_i) \quad (5)$$

$-\infty < \omega < \infty$

$$\Delta \arg D(j\omega) = \sum_{i=1}^n \Delta \arg(j\omega - p_i) \quad (6)$$

$-\infty < \omega < \infty$

vektorning $-\infty < \omega < \infty$ o'zgarishi shu kompleks ildizlarning argumenti o'zgarishlarining yig'indisiga tengdir (6) formula bo'yicha $\Delta D(j\omega)$ vektorining argument o'zgarishi $\Delta \arg D(j\omega)$ ni kompleks tekisligida joylashishini bilish lozim ekan



a) Kompleks tekisligining p_1 ildiz chap

tomonida joylashishi

Chastota $-\infty < \omega < \infty$ o'zgarganda mavhum o'q bo'yicha pastdan yuqoriga $j\omega - p_1$ vektori soat strelkasiga qarshi yo'nalishda buriladi.

b) p_1 ildiz kompleks tekisligining o'ng tomonida joylashgan bo'lsin. Chastota

$-\infty < \omega < \infty$ o'zgarganda mavhum o'q bo'yicha pastdan yuqoriga o'zgarganda

$$\Delta \arg D(j\omega - p_1) = +\pi \quad (7)$$

$-\infty < \omega < \infty$

$$\Delta \arg D(j\omega - p_1) = +\pi \quad (8)$$

$-\infty < \omega < \infty$

$D(p) = 0$ karakteristik tenglamaning l ta ildizi o'ng ildizi o'ng ildiz ya'ni musbat ildiz bo'lsin $(n-l)$ tasi chap (manfiy) ildiz bo'lsa (7) va (8) formulalarni e'tiborga olib $\Delta \arg D(j\omega)$ ni o'zgarishini quyidagicha hisoblash mumkin.

$$\Delta \arg D(j\omega) = (n-l)\pi - l\pi = (n-2l)\pi \quad (9)$$

$-\infty < \omega < \infty$

yoki $\Delta \arg D(j\omega) = (n-2l)\frac{\pi}{2}$ (10) bo'ladi.

(9) va (10) formulalarni argumentlar prinsipining ifodasi deyiladi va quyidagicha o'qiladi.

$D(j\omega)$ vektor argumentining o'zgarishi chastota 0 dan ∞ gacha o'zgarganda chap elkasi $(n-2l)\pi$ gacha o'zgarishi shart.

14-ma`ruza

Chiziksiz sistemalarni sintezlash. Sintezlash masalasini yechilish sharti.

$A(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0$ (1) xarakteristik tenglama berilgan bo'lsin.

Sistema turg'un bo'lishi uchun o'ng ildizlar soni 0 ga teng bo'lishi kerak $l=0$

$\Delta \arg A(j\omega) = n\pi$ yoki $\Delta \arg A(j\omega) = n\frac{\pi}{2}$

$A(j\omega)$ vektor argumentining o'zgarishi chastota $-\infty < \omega < \infty$ gacha o'zgarsa, u holda u $n\pi$ ga yoki $n\frac{\pi}{2}$ ga teng bo'lishi zarur va etarli.

$A(p)$ ni $D(p)$ ga aolmashtirib $D(p)=0$ xarakteristik polinomning kompleks tekisligidagi geometrik o'rniga **Mixaylov godografi** deyiladi.

Mixaylov godografini tuzish uchun xarakteristik tenglamadagi p ni $j\omega$ bilan almashtiramiz va haqiqiy, mavhum qismlarga ajratiladi.

$D(j\omega) = a_0(j\omega)^n + a_1(j\omega)^{n-1} + \dots + a_n = U(\omega) + jV(\omega)$

haqiqiy qism $U(\omega) = a_n - a_{n-2}\omega^2 + a_{n-4}\omega^4 - \dots$

mavhum qism $V(\omega) = \omega(a_{n-1} - a_{n-3}\omega^2 + a_{n-5}\omega^4 - \dots)$

Mixaylov mezonning ta`rifi.

Agar chastota 0 dan ∞ gacha o'zgarganda Mixaylov godografi musbat haqiqiy o'qdan boshlanib, soat ko'rsatkichi (strelkasi)ga qarshi (musbat yo'nalishda)

koordinata boshi atrofida $n\frac{\pi}{2}$ burchakka burilsa unda sistema turg'un bo'ladi.

n xarakteristik tenglamaning darajasi.

Misol: $2p^3 + 4p^2 + 6p + 10 = 0$

$2(j\omega)^3 + 4(j\omega)^2 + 6(j\omega) + 10 = 0$

$U(\omega) = 10 - 4\omega^2$

$V(\omega) = \omega(6 - 2\omega^2)$

A) $\omega = 0$ $U(0) = 10$ $V(0) = 0$

B) $U(0) = 0$ $10 - 4\omega^2 = 0$ $\omega^2 = 2.5$ $V(\sqrt{2.5}) = \sqrt{2.5}(6 - 2 \cdot 2.5) = 1.5$

V) $V(\omega) = 0$ $(6 - 2\omega^2) = 0$ $\omega^2 = 3$ $U(\sqrt{3}) = 10 - 4 \cdot 3 = -2$

Bu godograf birin ketin soat ko'rsatkichi bo'yicha faqat I, II va III – choraklarni kesib o'tadi. Kritik kuchaytirish koeffisienti godograf turg'unlik chegarasida bo'lgan holda tekshiriladi.

15-ma`ruza

Optimal boshkarish nazariyasi usullari. Masalani quyilishi. Optimal boshqarish masalalarini sinflanishi

Turg'unlikning Naykvist mezoni ochiq sistemaning amplituda-fazaviy xarakteristikasi bo'yicha berk siseining turg'unligini tekshiriladi. Ochiq sistemaning AFXsini esa ham analitik ham taxriba yo'li bilan aniqlash mumkin. Turg'unlikning Naykvist mezoni schiq ravshan fizik ma'noga egadir, ya'ni u ochiq sistemaning stasionar xususiyatlari bilan bog'laydi.

$$W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$$

$P(p)$ - darajasi « m »ga teng bo'lgan algebraik polinom

$Q(p)$ - darajasi « n »ga teng bo'lgan algebraik polinom, har doim $m < n$ bo'lishi shart.

$\Phi(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)}$ berk sistemaning uzatish funksiyasi $Q(p) = 0$ - ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi.

$$A(p) = 1 + W(p) = 1 + \frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{Q(p) + P(p)}{Q(p)} \quad (1)$$

$Q(p) + P(p)$ ni berk sistemaning xarakteristik polinomi deyiladi. Bu polinomning darajasi « n »ga teng.

A) **Ochiq sistema turg'un.** ($l = 0$) o'ng ildizlar soni 0ga teng.

Argumentlar prinsipiga asosan $\Delta_{-\infty < \omega < \infty} \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2}$ teng bo'lishi kerak. Endi

berk sistema turg'un bo'lishini talab qilamiz. Unda $\Delta_{-\infty < \omega < \infty} \arg [Q(j\omega) + P(p)] = n \frac{\pi}{2}$

bo'lishi kerak. $A(j\omega)$ - vektorining argumentlar o'zgarishi (1) formulaga asosan

$$\Delta_{-\infty < \omega < \infty} \arg A(j\omega) = \Delta_{-\infty < \omega < \infty} \arg [Q(j\omega) + P(p)] - \Delta_{-\infty < \omega < \infty} \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - n \frac{\pi}{2} = 0$$
 oxirgi ifodaga ko'ra

$A(j\omega)$ vektorining koordinata boshiga nisbatan burchak burilishi 0ga teng bo'lishi kerak yoki bo'lmasa berk sistema turg'un bo'lishi uchun uning AFXsi $A(j\omega)$ koordinata boshini ya'ni (0;0) nuqtani o'z ichiga olmasligi kerak

I – berk sistema turg'un

II – berk sistema noturg'un.

$$A(j\omega) = 1 + W(j\omega) \text{ berk sistemaning AFXsi.}$$

Berk sistemaning AFXsi $A(j\omega) = 1 + W(j\omega)$ bo'lib, ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ dan +1gagina farq qiladi. Shuning uchun Naykvist mezonini quyidagicha ta'riflash mumkin.

Ta'rif: Berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistemaning AFXsi chastota 0dan ∞ gacha o'zgarganda kritik nuqta $(-1; j0)$ ni o'z ichiga olmasa berk sistema turg'un bo'ladi.

B) Ochiq sistema noturg'un. ($l \neq 0$) o'ng ildizlar soni Odan farqli.

Argumentlar prinsipiga ko'ra $\Delta \arg Q(j\omega) = (n-2l) \frac{\pi}{2}$
 $-\infty < \omega < \infty$

$\Delta \arg [Q(j\omega) + P(p)] = n \frac{\pi}{2}$ $A(j\omega)$ vektorining summar o'zgarishi (1) formulaga asosan quyidagicha bo'ladi.

$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(p)] - \Delta \arg A(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - (0-2l) \frac{\pi}{2} = 2l \frac{\pi}{2} = \pi$$

demak berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistemaning AFXsi kritik nuqta $(-1; j0)$ ni $l/2$ marta o'z ichiga olishi kerak, bunda l - ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni.

$$l = \frac{l}{2} \Rightarrow l = 2 \quad l = 2 \text{ dan katta bo'lmasa noturg'un bo'ladi.}$$

Bu kriteriy faqat eksperimental ishlarda qo'llaniladi.

Amaliy masalalarni echishda Sipkin Ya. Z tomonidan taklif etilgan o'tishlar qoidasidan foydalaniladi. Ochiq sistema AFXsining o'tishi deganda chastota Odan ∞ gacha o'zgarganda $W(j\omega)$ xarakteristikaning $[-\infty; -1]$ kesmada manfiy haqiqiy o'qni kesib o'tishi tushuniladi. Agar bu o'tish pastdan yuqoriga bo'lsa musbat, yuqoridan pastga bo'lsa manfiy o'tish deyiladi. Utishlar qoidasini e'tiborga olib Naykvist mezonini quyidagicha ta'riflash mumkin.

Ta'rif: Berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistemaning AFXsi chastota $(0; \infty)$ o'zgarganda $[-\infty; -1]$ kesmada musbat va manfiy o'tishlar ayirmasi $l/2$ ga teng bo'lishi kerak bunda l - ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni.

Ochiq sistemaning AFXsi $\omega = 0$ da $[-\infty; -1]$ kesmada boshlansa, yoki $\omega = \infty$ da shu kesmada tamom bo'lsa, bunday o'tishni yarim o'tish deyiladi.

Naykvist turg'unlik mezonining astatik sistema uchun qo'llanilishi

Yuqorida ko'rib chiqilgan statik sistemalarning AFXsi berk kontur hosil qiladi.

Astatik sistemaning AFXsi esa $W(j\omega) = \frac{P(j\omega)}{(j\omega)^\nu Q(j\omega)}$ (1) ko'rinishga ega bo'lib,

berk kontur hosil qilmaydi. Bunday sistemalar uchun ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi 0 ildizga ega bo'lib, quyidagi ko'rinishga egadir.

$Q(p) = p^\nu Q_1(p)$ bunda ν - astatik (ideal integral) zvenosining soni

$Q(p)$ - esa 0 ildizga ega bo'lmagan polinom

astatik sistemaalarning AFXsi (1) ifodaga ko'ra $\omega = 0$ bo'lganda $W(j\omega) \rightarrow \infty$ cheksizlikka intiladi. Shuning uchun kritik nuqta $(-1; j0)$ ni ochiq sistema AFXsining ichida yoki tashqarisida ekanligini aniqlash qiyinlashadi.

Bu savolga javob berish uchun ochiq sistemaning AFXsini radiusi ∞ katta bo'lgan aylananing yoyi bilan musbat haqiqiy o'qqacha to'ldiriladi hamda aykvist mezonini qo'llaniladi.

Naykvist mezonining ta'rifi

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun radiusi ∞ bo'lgan aylaning yoyi bilan to'ldirilgan ochiq sistemaning AFXsi kritik nuqta $(-1;j0)$ ni chastota $(0;\infty)$ ga o'zgarganda $l/2$ marta o'z ichiga olishi kerak. Bunda l - ochiq sistema tarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni

Turg'unlikning logarifmik kriteriysi.

Muxandislik amaliyotida ABSlarning turg'unligini tekshirish uchun ochiq sistemaning LChXdan keng foydalaniladi. Chunki ochiq sistemaning asimptotik LChXsini qurish AFXni qurishdan ancha oson va qulaydir.

Sistemaning turg'unligi ochiq sistema AFXsi $W(j\omega)$ ning $(-\infty;-1)$ kesmada manfiy haqiqiy uqni kesib o'tish soni bilan bog'liqdir. Shuning uchun ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ bilan LChXsi orasidagi bog'liqlikni ko'ramiz. Ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ manfiy haqiqiy o'qni kesib o'tganda LFChX $-\pi$ to'g'ri chizig'ini kesib o'tadi. Sistemaning turg'unligi nuqtai nazaridan olganda bu o'tishlar soni kritik nuqtaning o'ng tomonida, ya'ni $[-1;0]$ kesmada $|W(j\omega)| < 1$ Bo'lganda kichik xolda ya'ni $L(\omega) = 20lg|W(j\omega)| < 0$ oblostda sodir bo'lsa, unda bu o'tishlar sistemaning turg'unligida hech qanday xavf solmaydi.

$$\omega = \omega_k; A(\omega_k) = 1$$

$$L(\omega_k) = 20lg A(\omega_k) = 0$$

$$\omega = \omega_y; \varphi(\omega_y) = -\pi$$

Demak ochiq sistema turg'un bo'lganda berk sistema turg'un bo'lishi uchun kesish chastotasi o'tish chastotasidan kichik bo'lish shart $\omega_k < \omega_y$ ochiq sistema noturg'un bo'lganda berk sistemaning turg'unligini aniqlash uchun o'tishlar qoidasidan foydalanamiz.

Ochiq sistema AFXsi $W(j\omega)$ ning manfiy haqiqiy o'qni $[-\infty;-1]$ kesmada musbat o'tishga (pastdan yuqoriga) LFChXning $L(\omega) > 0$ sohasida $-\pi$ tug'ri chizig'ini yuqoridan pastga (musbat) o'tishi tug'ri keladi.

$W(j\omega)$ xarakteristikasining manfiy haqiqiy o'qning $[-\infty;-1]$ kesmada manfiy (yuqoridan pastga) o'tishiga LFChXning $L(\omega) = 0$ sohsida $-\varphi(\omega)$ chizig'ining pastdan yuqoriga (manfiy) o'tishi to'g'ri keladi.

Yuqoridagilarni inobatga olib Naykvist mezonini quyidagicha ta'riflash mumkin.

Agar ochiq sistema noturg'un bo'lsa berk sistema turg'un bo'lishi uchun LFChXning $L(\omega) > 0$ sohasidagi $-\pi$ to'g'ri chizig'ini musbat va manfiy o'tishlar ayirmasi $l/2$ ga teng bo'lishi kerak bunda l - ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni

Agar sistema faqat turg'un yoki noturg'un inersial zveno, ideal integrallovchi zveno va tebranuvchi zvenolardan tashkil topgan bo'lsa, unda tarkibida ikkita idual

integrallovchi zveno, yoki bita ideal integrallovchi va bitta noturg'universal zveno bo'lsa, bunday sistema strukturasi jihatdan noturg'un sistema deyiladi.

16-ma`ruza

Impulsli va raqamli ABS. Umumiy tushunchalar.

Avtomatik sistemani tekshirganda o'tkinchi jarayonning sifatini ta'minlashga doir masalalarni echishga to'g'ri keladi. O'tkinchi jarayonning aniqligini va rostdash bir tekisligini xarakterlovchi sifat ko'rsatkichlarga o'tkinchi jarayon tezkorligi (o'tkinchi jarayon vaqti) tebranishlar soni (o'tkinchi jarayonning tebranishlar soni) hamda o'tarostlash kiradi.

O'zgaras koeffisientli chiziqli differensial tenglama bilan ifodalangan chiziqli sistema berilgan bo'lsin

Kirish kattaligi $x(t)$ o'zgarganda sistemaning chiqishidagi $y(t)$ kattalikni o'zgarishini quyidagicha ifodalash mumkin

$$y(t) = y_0(t) + y_M(t) \quad (1)$$

bunda $y(t)$ - sistemani ifoda etuvchi tenglamaning umumiy echimi

$y_0(t)$ - shu echimning erkin tashkil etuvchisi

agar $y_0(t)$ karra ildizga ega bo'lmasa, unda

$$y_0(t) = \sum_{i=1}^n C_i e^{p_i t}$$

bunda C_i - sistemaning parametrlari va boshlang'ich shartlarga bog'liq bo'lgan o'zgaras son

p_i - berk sisitemaning xarakteristik tenglamasi $A(p) = 0$ ildizlaridir.

$y_M(t)$ - kirish signali $x(t)$ ning o'zgarishiga bog'liq bo'lgan o'tkinchi jarayonni qaror rejimini ifodalovchi majburiy tashkil etuvchidir.

(1) tenglamadan ko'rinib turibdiki, o'tkinchi jarayonning sifatini uning $y_0(t)$ va $y_M(t)$ tashkil etuvchilari yordamida aniqlash mumkin shu nuqtai nazardan qaraganda rostdash jarayonining sifatini aniqlash yoki baholash ikki guruhga bo'linadi.

Birinchi guruh. O'tkinchi jarayon $y_0(t)$ ning sifat ko'rsatkichi

Ikkinchi guruh. Sistemaning aniqligini belgilovchi o'tkinchi jarayonning majburiy tashkil etuvchi xarakterlovchi ko'rsatkichlari.

O'tkinchi jarayon egri chizig'i bo'yicha aniqlangan sifat ko'rsatkichlarini sistemaning sifatini bevosita baholash usuli deyiladi.

O'tkinchi jarayon egri chizig'ini tajriba hamda nazariy olish mumkin. Ayrim hollarda yuqori tartibli sistemalar uchun o'tkinchi jarayon egri chizig'ini aniqlash aniqlash ancha qiyinchilik tug'diradi. Shunday hollarda o'tkinchi jarayon egri chizig'ini aniqlamasdan turib shu jarayonning sifatini baholashga imkon beruvchi usuni sifat ko'rsatkichlarini baholashning bilvosita usuli deyiladi.

Sifat ko'rsatkichning bilfosita usullari quyidalardir:

1. so'nish usuli
2. interval usuli
3. chastotaviy usul.

17-ma`ruza

Adaptiv boshkarish sistemalarini vazifasi, tuzilishi va tiplari.

Sistemaning pog'onali signaldan olgan reaksiyasiga o'tkinchi funksiya deyiladi.

Sistemaning o'tkinchi xarakteristikasi bo'yicha quyidagilarga sifat ko'rsatkichini aniqlash mumkin.

1) t_p - rostlanish vaqti yoki o'tkinchi jarayon vaqti, rostlanuvchi qiymat o'zining qaror qiymatiga ma'lum Δ darajada aniq bo'lishi kerak ya'ni $|h_{max} - h_{kap}| \leq \Delta$
 $\Delta = (2 \div 5)\% h_{kap}$ bu texnik qiymatda beriladi.

2) O'ta rostlash $\sigma\% = \frac{h_{max} - h_{kap}}{h_{kap}} \cdot 100\%$ odatda $h_{kap} = 1$ chunki birlik pog'onali singal berayotirmiz.

O'rta va kichik quvvatlar uchun $\sigma = (10 \div 20)\%$ katta quvvatli sistemalar uchun $\sigma = (30 \div 40)\%$

3) Tebranishlar soni μ .

$h(t)$ xarakteristikani tebranishlar soni.

Odatda $\mu \leq (1 \div 2)$ ayrim hollarda $\mu \leq (3 \div 4)$

4) Oshish vaqti t_H (vremya virastaniya) bu $h(t)$ xarakteristika h_{kap} qiymatining birinchi uchrashgan nuqtasidir.

5) t_{max} - $h(t)$ xarakteristikaning maksimal qiymatga erishishga ketgan vaqt

6) $\omega = \frac{2\pi}{T}$ tebranish chastotasi (davri)

7) χ - so'nish dekrementi, $\chi = \left| \frac{h_{max} - h_{kap}}{h_{mix} - h_{kap}} \right| \cdot 100\%$ fizik ma'nosi o'tkinchi

xarakteristikaning so'nish tezligini bildiradi.

Pog'onali signalda sistemada uchta ko'rinish bo'lishi mumkin.

- 1) Monoton jarayon
- 2) Aperiodik jarayon
- 3) Tebranuvchi jarayon

$h(t)$ ni nazariy tomondan topadigan bo'lsak

$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\}$ orqali bajaramiz.

Garmonik signal ta'siridagi rostlashning sifat ko'rsatkichlari

Bu holda rostlashning sifat ko'rsatkichlarini chastotaviy xarakteristikalari AChX, AFX, LChX orqali topiladi.

Sifat ko'rsatkichlariga quyidagilar kiradi.

- 1) Tebranishlar ko'rsatkichi M .

- 2) Rezonans chastota ω_p .
- 3) O'tkazish yo'li ω_y .
- 4) Kesish chastota ω_k .
- 5) Amplituda va faza bo'yicha zapas $\Delta L, \gamma$.

Berk sistemaning amplituda-chastotaviy xarakteristikasi bo'yicha quyidagi sifat ko'rsatkichini aniqlash mumkin.

1. $M = \frac{A_{\sigma_{max}}(\omega)}{A_{\sigma}(0)}$ ga teng tebranishlarga moyilligini bildiradi. M qancha katta bo'lsa o'tkinchi jarayonning sifat ko'rsatkichi shuncha yomon bo'ladi, agar $A_{\sigma}(0) = 1$ bo'lsa, $M = A_{\sigma_{max}}(\omega)$ $M = (1,1 \div 1,4)$ bo'lsa yaxshi undan yuqori si bo'lmaydi.

Bunda biz qanday ko'rinishda bo'lishini bilamizu ammo qancha vaqt ketishini bilmaymiz.

2. rezonans chastotada signal eng yuqori qiymat bilan o'tadi.
3. ω chastota ($0 \div \omega_0$) bo'lgan intervalda bo'lganda, berk sistemaning amplitudasi $A_{\sigma}(\omega_0) = 0,707 A_{\sigma}(0)$ bo'lib, agar $A_{\sigma}(0) = 1$ bo'lsa u holda $A_{\sigma}(\omega_0) = 0,707$ bo'ladi.
4. kesish chastotasida amplituda birga teng bo'ladi $\omega = \omega_k$, $A_{\sigma}(\omega_k) = 1$ jarayonga ketgan vaqt esa $t_p \approx \frac{(1 \div 2)2\pi}{\omega_k}$ $t_{max} \approx \frac{\pi}{\omega_k}$;

5. bu zapaslarni aniqlaganimizda asosan AFX yordamida aniqlaymiz.

va faza bo'yicha zapas γ aniqlanadi $\omega = \omega_y$, $\varphi(\omega_y) = -\pi$ va amplituda bo'icha zapas aniqlanadi, ya'ni $\Delta h, \Delta L$

$\gamma \geq 30^0$ yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan qiymat $\Delta L \geq (8 \div 16)$ dB

ABSlarning muvozanat rejimidagi xatolig'lar.

Chiziqli ABSlarining sifatini baholashdagi baholashning to'g'ri usullaridan biri bu sistemaning muvozanat rejimidagi xatoligidir. Quyidagi sistema berilgan bo'lsin

Berk sistemaning muvozanat rejimidagi xatolig'ini aniqlash uchun uning xatolik bo'yicha uzatish funksiyasini topamiz.

$$\Delta x(p) = x(p) - y(p) \quad (1)$$

bunda $\Delta x(p)$ - xatolikning Laplas tasviri

$x(p)$ - kirish signalining Laplas tasviri

$y(p)$ - chiqish signalining Laplas tasviri

$$y(p) = W(p) \cdot \Delta x(p) \quad (2)$$

(2) tenglamani (1) tenglamaga qo'yamiz va quyidagini hosil qilamiz

$$\Delta x(p) = x(p) - W(p) \cdot \Delta x(p) \quad (3)$$

$$\Delta x(p) [1 + W(p)] = x(p)$$

$$\Delta x(p) = \frac{1}{1+W(p)} \cdot x(p) \quad (4)$$

$$\Phi_{\Delta}(p) = \frac{\Delta x(p)}{x(p)} = \frac{1}{1+W(p)} \quad (5)$$

(5) formula berk sistemaning xatolik bo'yicha uzatish funksiyasi $W(p)$ - ochiq sistemning uzatish funksiyasi ikki polinomning nisbati ko'rinishida berilgan bo'lsin.

$$W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{k(1+b_1p+b_2p^2+b_3p^3+\dots+b_m p^m)}{p^v(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+a_n p^n)}; \quad (6)$$

(6)-tenglamani (4)-tenglamaga qo'yamiz

$$\begin{aligned} \Delta x(p) &= \frac{x(p)}{1+W(p)} = \frac{x(p)}{1+\frac{k(1+b_1p+b_2p^2+b_3p^3+\dots+b_m p^m)}{p^v(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+a_n p^n)}} = \\ &= \frac{x(p)p^v(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+a_n p^n)}{p^v(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+a_n p^n)+k(1+b_1p+b_2p^2+b_3p^3+\dots+b_m p^m)} \\ \Phi_{\Delta} &= \frac{p^v(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+a_n p^n)}{p^v(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+a_n p^n)+k(1+b_1p+b_2p^2+b_3p^3+\dots+b_m p^m)} \quad (7) \end{aligned}$$

(7)-ifodani Teylor qatoriga yoyamiz.

$$\Phi_{\Delta} = C_0 + C_1p + \frac{C_2}{2!} p^2 + \frac{C_3}{3!} p^3 + \dots + \frac{C_n}{n!} p^n \quad (8)$$

(8)- va (4)- ifodaga ko'ra berk sistemaning xatoligini Laplas tasviri kuyidagicha

$$\Delta x(p) = (C_0 + C_1p + \frac{C_2}{2!} p^2 + \frac{C_3}{3!} p^3 + \dots + \frac{C_n}{n!} p^n)x(p) \quad (9)$$

(9) ifodada originalni topsak

$$\Delta x(t) = C_0x(t) + C_1x'(t) + \frac{C_2}{2!} x''(t) + \dots + \frac{C_n}{n!} x^{(n)}(t) \quad (10)$$

$\Delta x(t)$ - berk sistemaning muvozanat rejimidagi xatoligi.

$C_0, C_1, C_2, \dots, C_n$ - xatolik koeffisientlari deyiladi va ular quyidagicha aniqlaniladi.

$$C_0 = \lim_{p \rightarrow 0} \Phi_{\Delta}(p);$$

$$C_1 = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} [\Phi_{\Delta}(p) - C_0];$$

$$C_2 = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p^2} [\Phi_{\Delta}(p) - C_0 - C_1p];$$

.....

$$C_n = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p^n} [\Phi_{\Delta}(p) - C_0 - C_1p - \dots - C_{n-1}p^{n-1}];$$

C_0 - statik xatolik;

C_1 - tezlik bo'yicha xatolik;

C_2 - tezlantish bo'yicha xatolik;

a) statik sistemadagi muvozanat rejimidagi xatoligi

$$\Phi_{\Delta} = \frac{1}{1+pT} = \frac{1+pT}{1+pT+k}$$

$$C_0 = \lim_{p \rightarrow 0} \Phi_{\Delta}(p) = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1+pT}{1+pT+k} = \frac{1}{1+k};$$

$$C_1 = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} [\Phi_{\Delta} - C_0] = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} \left[\frac{1+pT}{1+pT+k} - \frac{1}{1+k} \right] =$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} \left[\frac{1+pT+k+kpT-1-pT-k}{(1+pT+k)(1+k)} \right] = \frac{kT}{(1+k)^2}$$

$$\Delta x(t) = C_0 x(t) + C_1 x'(t) = \frac{1}{1+k} \cdot x(t) + \frac{kT}{(1+k)^2} \cdot x'(t) \quad - \quad \text{astatik sistemaning}$$

muvozanat rejimidagi xatoligidir.

1) sistemaning kirishiga pog'onali signal bergandagi xatoligi $x(t) = A$

$$\Delta x(t) = \frac{1}{1+k} \cdot A + \frac{kT}{(1+k)^2} \cdot 0;$$

2) sistemaning kirishiga $x(t) = A \cdot t$ ko'rinishdagi signal beramiz u holda sistemaning xatoligi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\Delta x(t) = \frac{1}{1+k} \cdot At + \frac{kT}{(1+k)^2} \cdot A;$$

$$t \rightarrow \infty, \Delta x(t) \rightarrow \infty;$$

demak statik sistemalar pog'onali signallar ta'sirida ishlashi kerak ekan.

b) astatik sistemadagi muvozanat rejimidagi xatoligi

Astatik sistema dab tarkibida ideal integrallovchi zveno bo'lgan sistemaga aytiladi.

$$\Phi_{\Delta}(p) = \frac{1}{1+W(p)} = \frac{1}{1+\frac{k}{p(1+pT)}} = \frac{p(1+pT)}{p(1+pT)+k};$$

$$C_0 = \lim_{p \rightarrow 0} \Phi_{\Delta}(p) = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{p(1+pT)}{p(1+pT)+k} = 0$$

$$C_1 = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} [\Phi_{\Delta} - C_0] = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} \left[\frac{p(1+pT)}{p(1+pT)+k} - 0 \right] = \frac{1}{k};$$

$$C_2 = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p^2} [\Phi_{\Delta}(p) - C_0 - C_1 p] = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p^2} \left[\frac{p(1+pT) - p^2(1+pT) - kp}{[p(1+pT)+k]} \cdot k \right] =$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p^2} \left[\frac{kp + kp^2T - p^2(1+p^2T) - kp}{[p(1+pT)+k]} \cdot k \right] = \lim_{p \rightarrow 0} \left[\frac{kT - 1 - pT}{kp + p^2Tk + k^2} \right] = \frac{kT - 1}{k^2};$$

$$\Delta x(t) = C_0 x(t) + C_1 x'(t) + C_2 x''(t) = 0 \cdot x(t) + \frac{1}{k} \cdot x'(t) + \frac{kT-1}{2! \cdot k^2} x''(t);$$

muvozanat rejimidagi xatoligi

1) sistemaning kirishiga pog'onali signal bergandagi xatoligi $x(t) = A$

$$\Delta x(t) = 0 \cdot A + \frac{1}{k} \cdot 0 + \frac{kT-1}{2! \cdot k^2} \cdot 0 = 0;$$

demak astatik sistemalardagi pog'onali signal ta'sirida muvozanat rejimida xatolik yo'q ekan.

2) sistemaning kirishiga $x(t) = A \cdot t$ ko'rinishdagi signal beramiz u holda sistemaning xatoligi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\Delta x(t) = 0 \cdot A + \frac{1}{k} \cdot A + \frac{kT-1}{2! \cdot k^2} \cdot 0 = \frac{A}{k};$$

3) sistemaning kirishiga $x(t) = A \cdot t^2$ ko'rinishdagi signal beramiz u holda sistemaning xatoligi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\Delta x(t) = 0 \cdot A \cdot t^2 + \frac{1}{k} \cdot A \cdot t^2 + \frac{kT-1}{2! \cdot k^2} \cdot A;$$

$$\Delta x(t) \underset{t \rightarrow \infty}{\Rightarrow} \infty;$$

demak sistemaga ideal integrallovchi zvenolarni kiritish bilan $x(t) = A \cdot t^n$ ko'rinishdagi signal ta'siridagi sistemalarning muvozanat rejimidagi xatoligini yo'qotish mumkin ekan.

Lekin har bir ideal integrallovchi zvenoni kiritilishi sistemaning turg'unlik holatini yomonlashtiradi. Shuning uchun avtomatik sistemalarni loyihalashda sistemaning aniqlik va turg'unlik masalalarini echishda kompromiss echim qidirish kerak bo'ladi. Sistemaning aniqligini uning kuchaytirish koefitsientini oshirish bilan ham ko'paytirish mumkin.

18-ma`ruza

Etalon modeli sistemalarini adaptiv boshkarish algoritmlari. 1-tartibli chizikli obektni adaptiv boshkarish algoritmi

Baholashning bu usuli rostlanuvchi kattalik orttirmasining qiymatini va so'nish tezligini birgalikda aniqlashga imkon beradi.

ABS'larning sifatini integral baholashning eng oddiyi quyidagi integrlardir.

$$I_1 = \int_0^{\infty} \Delta y(t) dt \quad (1)$$

$\Delta y(t)$ - bu rostlanuvchi miqdorning yangi qaror qiymatdan farqi yoki orttirmasi. Turg'un bo'lgan sistemalarda $t \rightarrow \infty$ da $\Delta y(t) \rightarrow 0$ intiladi.

I_1 - integralni chizikli integral deyiladi va bu integralning qiymati qancha kichik bo'lsa o'tkinchi jarayon sifatida shuncha yaxshi bo'ladi.

Agar bu ko'rinishda bo'lsa

$I_1' = \int_0^{\infty} |\Delta y(t)| dt$ buj uda katta xatolik bilan hisoblanadi.

Tebranuvchi jarayonlarni hisoblashda kvadrat integraldan foydalaniladi.

$$I_2 = \int_0^{\infty} \Delta y^2(t) dt \quad (2)$$

I_1, I_2 da pog'onali signal ta'siridagi jarayonni hisodlash mumkin. Lekin biz bilamizki sistemaga faqatgina pog'onali signal ta'sir etmaydi. Bunda biz quyidagi integraldan foydalanamiz.

$$\Delta I_3 = \int [\Delta y^2(t) + \Delta y^2(t)T^2] dt$$

T - ekstremalning vaqt doimiysi.

Agar biz sistemaga pog'onali signal bersak biz I_1, I_2 integrallardan sistemaning sifatini baholashimiz mumkin. Agar boshqa signal berilsa, u holda biz I_3 integraldan foydalanamiz.

ABSlarning sifatini baholashning chastotaviy usullari

Odatda ABSlarini tekshirishda va o'tkinchi jarayon sifatini baholashda berk sistemaning haqiqiy chastotaviy xarakteristikasi $P(\omega)$ quriladi shu xarakteristika yordamida o'tkinchi jarayon egri chizig'ini qurish hamda o'tkinchi jarayonning sifat ko'rsatkichini kurish mumkin. Berk sistemaning $P(\omega)$ xarakteristikasini qurishning uch xil yo'li bor.

1) berk sistemaning uzatish funksiyasi yordamida. $\Phi(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)}$ da $p \rightarrow j\omega$ almashtirish bajariladi hamda haqiqiy va mavhum qismlarga ajratiladi.

$$\Phi(j\omega) = \frac{W(j\omega)}{1+W(j\omega)} = P(\omega) + Q(j\omega)$$

ω_k - musbat chastotalar intervali.

$F(0)$ - xarakteristikaning balandligi.

2) ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ va haqiqiy doiraviy diagramma yordamida quriladi.

3) ochiq sistemaning $L(\omega)$ va $\varphi(\omega)$ va maxsus nomogramma yordamida.

Keyin $P(\omega)$ bilan ω orasidagi grafik quriladi.

Berk sistemaning haqiqiy chastotaviy xarateristikasi yordamida o'tkinchi jarayonning sifatini bilvosita baholash mumkin.

1)

xar bir $P(\omega)$ ga mos $h(t)$ to'g'ri keladi.

2) $P(0) = h(\infty)$

3) $P(\omega) \cdot a = h(t) \cdot a$

4) agar $P(\omega)$ monoton kamayuvchi funktsiya bo'lsa $h(t)$ rostlashsizotadi.

5)

6)

$$\sigma\% \leq \frac{1,18P_{max}(\omega) - P(0)}{p(0)} \cdot 100\%$$

7) $\frac{\pi}{\omega_n} < t_p < \frac{4\pi}{\omega_n}$

8)

$P(\omega)$ biror nuqtada uzilish bo'lsa o'tkinchi jarayon noturg'un bo'ladi.

Chiziqli ABSlarni sintez qilish va stabilash.

Ochiq sistemaning kuchaytirish koeffitsienti k ni ko'paytirish bilan sistemaning statik aniqligini oshirish mumkin. Chunki $\Delta x = \frac{1}{1+k} x(t)$ lekin kuchaytirish koeffitsienti k ning oshishi berk sistemaning turg'unlik zapaslari kamayishiga olib keladi hamda sistemani noturg'un qilib qo'yishi mumkin.

Juda ko'p hollarda sistemaning talab qilingan aniqligi hamda turg'unligiga erishish uchun uning tarkibiga korrektlovchi moslamalar kiritiladi. Sistemaning dinamik xususiyatlarini yaxshilashni ta'minlovchi funktsional elementga korrektlovchi moslama deyiladi. Korrektlovchi moslamalar sistema elementlariga parallel, ketma-ket va qarshi parallel yoki teskari bog'lanishli zanjir yordamida ulanadi.

1) korrektlovchi moslamalarni ketma-ket ulash.

$$W_3(p) = W_{km}(p) \cdot W_1(p) \cdot W_2(p) = W_{km}(p) \cdot W_0(p)$$

$W_3(p)$ - zaruriy sistemaning (korrektlangan) uzatish funktsiyasi.

$W_{km}(p)$ - korrektlovchi moslamaning uzatish funktsiyasi

$W_0(p)$ - berilgan yoki korrektlanmagan sistemaning uzatish funktsiyasi.

Korrektlovchi moslama taqqoslovchi elementdan so'ng yoki birlamchi kuchaytirgichdan so'ng ulanishi mumkin taqqoslovchi elementdan hosil bo'lgan Δx signalning qiymati kichik bo'lganligi sababli korrektlovchi moslamani birlamchi kuchaytirgichdan so'ng ulanishi maqsadga muvofiqdir.

2) korrektlovchi moslamani parallel ulash

Bunday ulash amalda ishlatilmaydi.

3) korrektlovchi moslamani qarshi parallel ulash.

(teskari bog'lanish zanjiri yordamida ulash)

$$W_3(p) = \frac{W_{\sigma}(p)}{1 \pm W_{\kappa M}(p)W_{\sigma}(p)}$$

+ - manfiy teskari bog'lanish uchun

- - musbat teskari bog'lanish uchun

Qamrab olingan zvenoning uzatish funksiyasiga teskari bog'lanishning ta'siri.

Teskari bog'lanishni quyidagi turlari mavjud.

- 1) Musbat va manfiy teskari bog'lanish.
- 2) Birlik va nobirlik teskari bog'lanish.
- 3) Maxalliy va asosiy teskari bog'lanish.
- 4) Qattiq va elastik teskari bog'lanish.

Qattiq teskari bog'lanish ham o'tkinchi rejimda ham muvozanat rejimda ta'sir etadi va inersiyasiz zveno $W_{m\sigma}(p) = k_0$ yordamida amalga oshiriladi. Elastik teskari bog'lanish esa faqat o'tkinchi rejimda ta'sir etadi hamda ideal differensiallanuvchi zveno orqali bajariladi. $W_{m\sigma}(p) = k_0(p)$

+ - manfiy teskari bog'lanish uchun

- - musbat teskari bog'lanish uchun

$$a) W_{\sigma}(p) = \frac{k}{1 + pT}$$

$$W_3(p) = \frac{\frac{k}{1 + pT}}{1 \pm \frac{k}{1 + pT} \cdot W_{m\sigma}(p)} = \frac{k}{1 + pT \pm k \cdot W_{m\sigma}(p)}$$

1) Qattiq manfiy teskari bog'lanish

$$W_3(p) = \frac{k}{1 + pT + k \cdot k_0} = \frac{\frac{k}{1 + k \cdot k_0}}{1 + p \cdot \frac{k}{1 + k \cdot k_0}} = \frac{k_3}{1 + p \cdot k_3}$$

manfiy teskari bog'lanish ulash bilan biz kuchaytirish koeffitsientini kamaytirdik, inersionlik kamaydi.

2) Qattiq musbat teskari bog'lanish.

$$W_3(p) = \frac{k}{1 + pT - k \cdot k_0} = \frac{\frac{k}{1 - k \cdot k_0}}{1 + p \cdot \frac{k}{1 - k \cdot k_0}} = \frac{k_3}{1 + p \cdot k_3}$$

$$k_3 = \frac{k}{1 - k \cdot k_0}; T_3 = p \cdot \frac{k}{1 - k \cdot k_0};$$

Agar $k \cdot k_0 > 1$ bo'lsa inersial zveno noturg'un bo'lib qoladi.

3) Elastik manfiy teskari bog'lanish

$$W_3(p) = \frac{k}{1 + pT + k \cdot k_0 p} = \frac{k}{1 + p(T + k \cdot k_0)};$$

4) Elastik musbat teskari bog'lanish.

$$W_3(p) = \frac{k}{1 + pT - k \cdot k_0 p} = \frac{k}{1 + p(T - k \cdot k_0)};$$

Agar $k \cdot k_0 > 1$ bo'lsa inersial zveno noturg'un bo'lib qolishi mumkin.

b) $W_6(p) = \frac{k}{p}$

$$W_3(p) = \frac{\frac{k}{p}}{1 \pm \frac{k}{p} W_{m.6}(p)} = \frac{k}{1 \pm k \cdot W_{m.6}(p)};$$

1) Qattiq manfiy teskari bog'lanish.

$$W_3(p) = \frac{k}{p + k \cdot k_0} = \frac{\frac{1}{k_0}}{\frac{1}{k \cdot k_0} p + 1} = \frac{k_9}{pT_9 + 1};$$

$$k_9 = \frac{1}{k_0}; T_9 = \frac{1}{k \cdot k_0};$$

2) Qattiq musbat teskari bog'lanish.

$$W_3(p) = \frac{k}{p - k \cdot k_0} = \frac{\frac{1}{k_0}}{\frac{1}{k \cdot k_0} p - 1} = \frac{k_9}{pT_9 - 1};$$

sistema noturg'un bo'lib qoladi.

Korrektlovchi moslamalarni LACHX yordamida sintez qilish.

Bu usul Solodovnikov V. V. Tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib ochiq sistemaning LACHXsi va uning berk sistemaning statik hamda dinamik xususiyatlari orasidagi bog'liqlikka asoslangandir. Bu usul minimal fazali tipdagisistemalar uchun qo'llaniladi. Shuning uchun ochiq sistemaning LACHXsini qurib chiqamiz.

Zaruriy LACHXni qurish.

Ochiq sistemaning LACHXsi loyihalashtirilayotgan sistemaga qo'yiladigan talablar:

- talab etilgan kuchaytirish koeffisienti;
- sistemaning astotizmi, o'tkinchi jarayon vaqti hamda ruxsat etilgan o'tarostlash qiymati asosida quriladi.

Agarda kesish chastotasi ω_k da LACHXning og'ishi $-20\delta\delta / \partial \epsilon k$ ga teng bo'lsa, berk sistemaning turg'un bo'lishligi amalda isbot etilgandir.

Ochiq sistemaning LACHXsini uch qismga bo'lish mumkin.

1. Quyi chastotali qism.
 2. O'rta chastotali qism.
 3. Yuqori chastotali qism.
- 1) Zaruriy LChXning quyi chastotaviy qismi sistemaning aniqligini balgilaydi. Sistemaning aniqligi esa ochiq sistemaning kuchaytirish koeffisienti hamda uning astotizm darajasi bilan belgilanadi. Shuning uchun zaruriy LChXning quyi chastotali balandlikda -20vdb/dek og'ishga ega bo'lgan to'g'ri chiziq o'tkaziladi.
 - 2) O'rta chastotaviy qism muhim ahamiyatga egadir. Chunki u berk sistemaning turg'unligini hamda o'tkinchi jarayon sifat ko'rsatkichini aniqlaydi.

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI**

«AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI»

fanidan

**amaliy mashg‘ulotlarni bajarish bo‘yicha
uslubiy qo‘llanma**

Navoiy

Boybutayev S.B. «Avtomatik boshqarish nazariyasi» fanidan tajriba ishlarini bajarish bo'yicha uslubiy qo'llanma. - Navoiy, NDKI, 2015y., - 36 bet.

Ushbu qo'llanma 5311000 – Texnologik jaryonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqaruv (tarmoqlar bo'yicha) ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, chizikli sistemalarni tadqiq etish masalalarini o'z ichiga olgan.

Uslubiy ko'rsatma – «Avtomatik boshqarish nazariyasi» fanining o'quv dasturi asosida tuzilgan.

«Avtomatlashtirish va boshqaruv» kafedrası

Taqrizchilar: Eshmurodov Z.O., t.f.n., dots., «AB» kaf. NDKI.

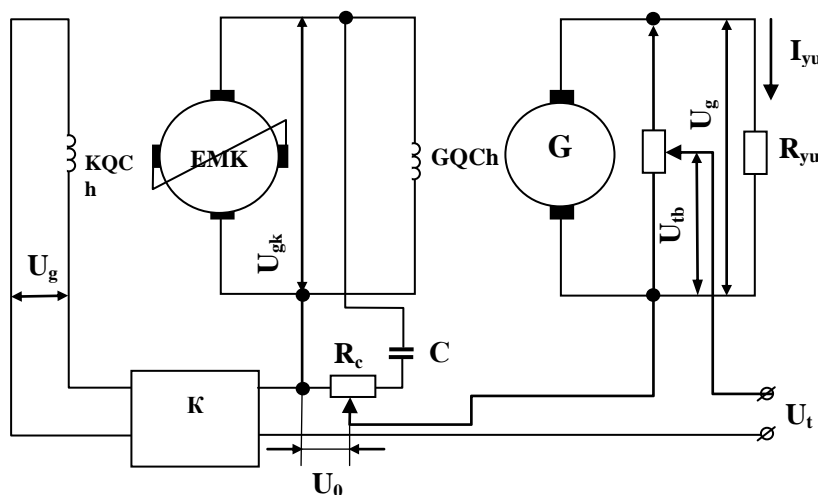
Xudoyorov SH.J.,f.-m. f. n., dots., «I va AT» NDPI.

1. Prinsipial sxemalar bo'yicha funksional sxemalar tuzish

1.1-masala

O'zgaras tok generatori kuchlanishini avtomatik rostlash tizimining funksional sxemasini tuzish.

Rostlash tizimining prinsipial sxemasi 1.1-rasmda keltirilgan. Tizim quyidagicha ishlaydi: rostlanadigan kattalik – generator U_g kuchlanishiga proporsional teskari bog'lanish kuchlanishi $U_{t.b.}$ taqqoslash kuchlanishi U_t bilan solishtiriladi. $U_t - U_{t.b.}$ kuchlanishlar farqi elektron kuchaytirgich K, generator G ning qo'zg'atuvchisi hisoblangan ko'ndalang maydonli elektromashinaviy kuchaytirgichi EMK ning manba boshqarish chulg'ami BCh kirishiga keladi. Tizimning dinamik ustuvorligini ta'minlash uchun EMK kuchlanishi bo'yicha kondensator C va rostlovchi qarshilik R_s yordamida amalga oshiriladigan mo'tadillovchi mahalliy teskari bog'lanish nazarda tutilgan. Asosiy teskari bog'lanish kattaligi rostlagich qarshilik R_o orqali o'rnatiladi.



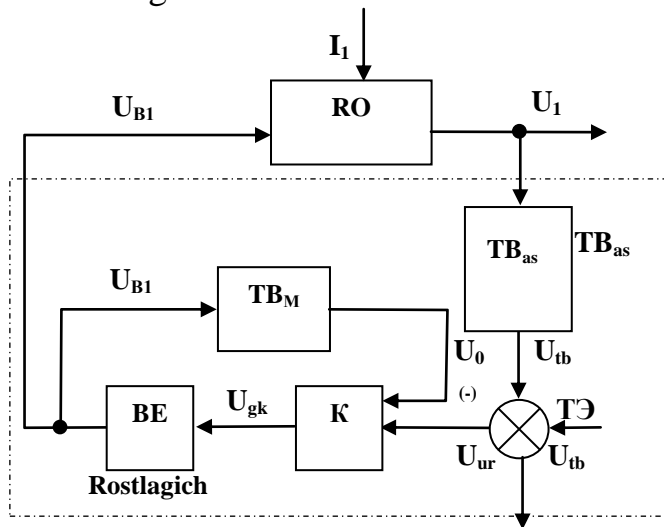
1.1-rasm. O'zgaras tok generatori kuchlanishini avtomatik rostlash tizimining soddalashtirilgan prinsipial sxemasi

Avtomatik rostlash tizimini funksional bo'laklarga ajratganda, birinchi navbatda generator G ni ko'rsatamiz. Uni rostlash ob'ekti RO sifatida qaraymiz. Generatorga rostlovchi ta'sir hisoblangan qo'zg'atish kuchlanishi U_{gq} va to'lqinlantiruvchi ta'sir – I_{yu} yuklama toki ta'sir qiladi.

Rostlanadigan U_g kuchlanishi asosiy teskari bog'lanish elementi TB_{as} orqali $U_{t.b}$ kuchlanishiga aylantiriladi va taqqoslash elementi TE yordamida U_t kuchlanishi bilan solishtiriladi. Kuchaytirgich elementi sifatida elektron kuchaytirgich K qabul qilingan, EMK esa ushbu holda bajaruvchi element BE hisoblanadi.

SR_s mo'tadillovchi konturni mahalliy teskari bog'lanish elementi TB_m sifatida tasavvur qilamiz. Uning kirish kattaligi EMK kuchlanishi, chiqish kattaligi kuchaytirgich kirishiga beriladigan mahalliy teskari bog'lanish signali hisoblanadi $U_t - U_{t.b.}$ asosiy signaldan hisoblanadigan U_0 kuchlanishidir.

Generator kuchlanishini rostlash tizimini keltirilgan elementlarga bo'lgach, 1.2-rasmda keltirilgan funksional sxema hosil bo'ladi.

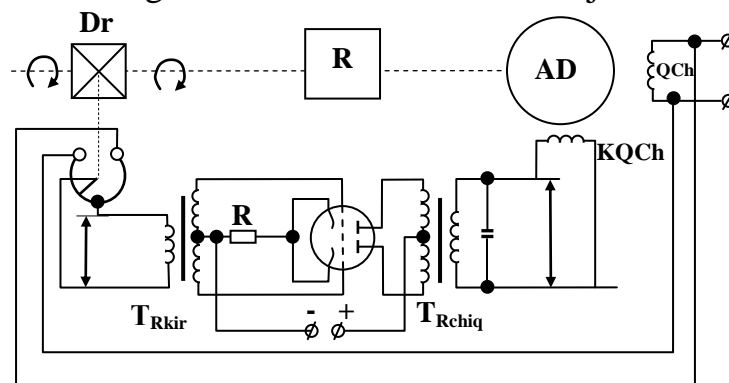


1.2-rasm. O'zgarmas tok generatori kuchlanishini avtomatik rostlash tizimining funksional sxemasi

1.2-masala

Ikki fazali asinxron dvigatelli AD oddiy kuzatuvchi tizimning funksional sxemasini tuzing.

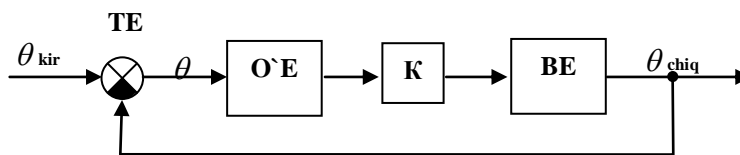
Kuzatuvchi tizimning prinsipial sxemasi 1.3-rasmda keltirilgan. Tizim quyidagi prinsip bo'yicha ishlaydi. Tizimning kirish va chiqish o'qi holatini P potensiometr harakatlantirgichi bog'langan DR mexanik differensial taqqoslaydi. Ikkilangan triod L asosida yig'ilgan bir kaskadli U lampali kuchaytirgichda P potensiometr dan olinadigan U_s kuchlanish kuchaytiriladi. Ikki fazali asinxron dvigatelning boshqaruvchi chulg'amiga kuchaytirgichning chiqish kuchlanishi U_k beriladi. Asinxron dvigatelning boshqaruvchi chulg'ami potensiometr ulangan o'zgaruvchan kuchlanish manbaidan ta'minot oladi. Chiqish transformatorining ikkinchi chulg'amiga parallel ulangan S kondensator, U_k kuchlanishini dvigatel qo'zg'atish chulg'amining kuchlanishiga moslashtirish vazifasini bajaradi.



1.3-rasm. Ikki fazali asinxron sodda dvigatelli kuzatuvchi tizimning prinsipial sxemasi

Mexanik diferensialni taqqoslash elementi TE, potensiometrni o'zgartiruvchi element O'E deb qabul qilsak, 1.4-rasmda keltirilgan funksional sxemaga ega

bo`lamiz. Sxemada asinxron dvigatel reduktor bilan birga bitta bajaruvchi elementda BE joylashtirilgan.



1.4-rasm. Kuzatuvchi tizimning funksional sxemasi

1.3-masala

Asinxron taxogenerator ATG va ikki fazali AD asinxron dvigatelli kuzatuvchi tizimni funksional sxemasini tuzing.

Tizimning ishlash prinsipi 1.5-rasmdagi tasvir orqali izohlanishi mumkin. Kuzatuvchi tizimning kirish va chiqish o`qlari P_1 topshiriq va P_2 qayta ishlovchi potensimetrlarning harakatlantirgichiga bog`langan. $\Theta = \Theta_{kir} - \Theta_{chiq}$ xatoligiga proporsional potensimetrlardan olingan kuchlanish asinxron taxogeneratorning teskari bog`lanishidan olinadigan U_0 kuchlanishiga algebraik qo`shiladi va ikki kaskaddan iborat lampali kuchaytirgich kirishiga keladi. Birinchi kaskad fazoinversli bo`lib, L1 lampasida yig`ilgan. Birinchi kaskad dastlabki kuchaytirishni amalga oshiradi, ikki taktli so`nggi kaskadlar (L1, L2 lampalar)ni boshqaradi. Bu kaskadlar Tr_{chiq} tranzistori orqali asinxron dvigatelning boshqaruvchi chulg`amida ishlaydi. Dvigatel` chulg`amidagi S kondensator ta`minot kuchlanishini boshqaruv chulg`amidagi kuchlanishga nisbatan 90^0 fazaga aylantiradi. Kuzatuvchi tizim boshqaruvchi va qayta ishlovchi signallar elektrik kattalik yig`indisi shaklida taqqoslanadigan distansion tizimlar qatoriga kiradi.

Tizimning funksional sxemasi 1.6,a-rasmda keltirilgan. Sxemada ikkita o`zgartiruvchi element O`E mavjudligi, kirish va chiqish o`qlaridan tashqari, ularga proporsional P_1 va P_2 potensimetrlardan olinadigan U_{p1} va U_{p2} kuchlanishlarning burilish burchagi taqqoslanadi. Tizimning qolgan elementlari – lampali kuchaytirgich, tizimning chiqish o`qining $\Omega_{\chi\mu\kappa}$ aylanish tezligini U_0 kuchlanishga aylantiruvchi asinxron taxogenerator yordamida amalga oshiriluvchi mahalliy va teskari bog`lanish va reduktorli dvigateldan iborat.

1.6,a-rasmda keltirilgan sxema bitta o`zgartiruvchi elementga ega ekvivalent sxemaga aylantirilishi mumkin (1.6,b-rasm). Bu sxemada kirish signallari bevosita taqqoslanadi. U_{p1} va U_{p2} kuchlanishlarini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$U_{p1} = k_{n1}\Theta_{\kappa\mu\psi}, U_{p2} = k_{n2}\Theta_{\chi\mu\kappa}$$

Bu erda, k_{n1} , k_{n2} – potensimetrlarni uzatish koeffitsientlari.

Ikkinchi taqqoslash elementiga beriladigan potensimetr kuchlanishlarining farqi

$$U_p = U_{p1} - U_{p2} = k_{n1}\Theta_{\kappa\mu\psi} - k_{n2}\Theta_{\chi\mu\kappa} \quad (1.1)$$

Muvofiqlashtirish bo`lmasa, nolga teng bo`lishi kerak. Bundan kelib chiqadiki:

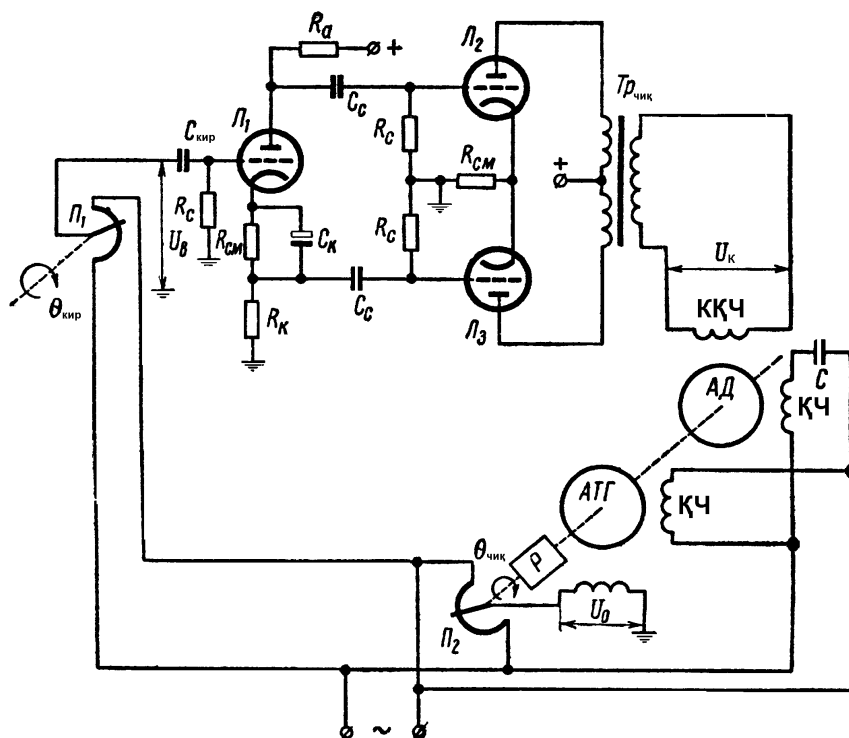
$$k_{n1}\Theta_{\kappa\mu\psi} = k_{n2}\Theta_{\chi\mu\kappa}$$

bunda, $\Theta_{\kappa\mu\psi} = \Theta_{\chi\mu\kappa}$, $k_{n1} = k_{n2} = k_n$ bo`lishi kerak.

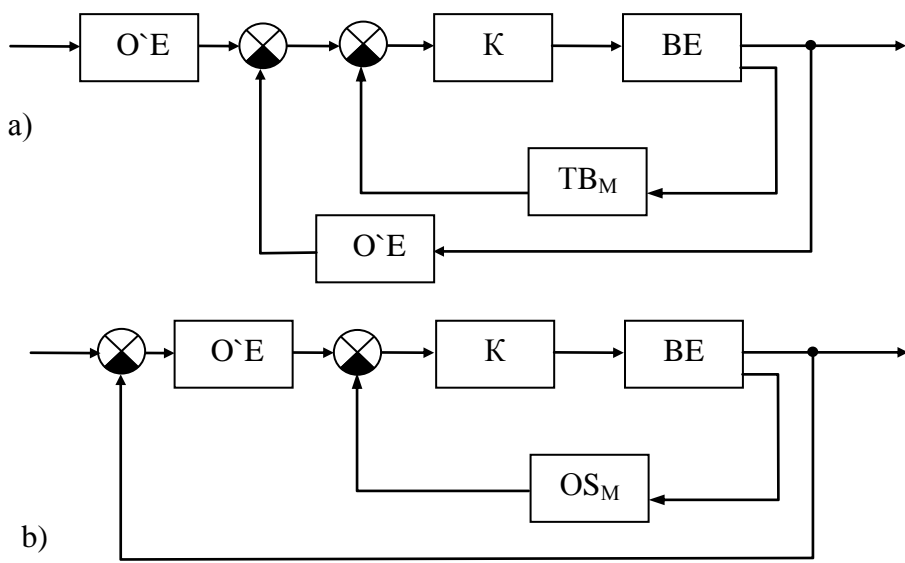
(1.1) ifodaga k_n ni qo`yib, quyidagi ifodaga ega bo`lamiz:

$$U_p = k_n (\Theta_{\kappa\mu\psi} - \Theta_{\chi\mu\kappa}) = k_n \Theta$$

Bu esa 1.6,b-rasmda keltirilgan funksional sxemaga mos keladi.



1.5-rasm. Ikki fazali asinxron dvigatelli kuzatuvchi tizimning prinsipial sxemasi



1.6-rasm. Kuzatuvchi tizimning funksional sxemasi.

2. Differensial tenglamalar va bo`g`inlarning uzatish funksiyalari

2.1-masala

Elektr zanjirining (2.1-rasm) U_1 va U_2 kuchlanishga nisbatan uzatish funksiyasi va differensial tenglamasini toping.

Echish: 2.1-rasmda keltirilgan elektr zanjirining uzatish funksiyasini topishda qarshilikning operator formasi – pL –induktiv, $\frac{1}{pC}$ –sig`im, R –aktiv qarshiliklardan

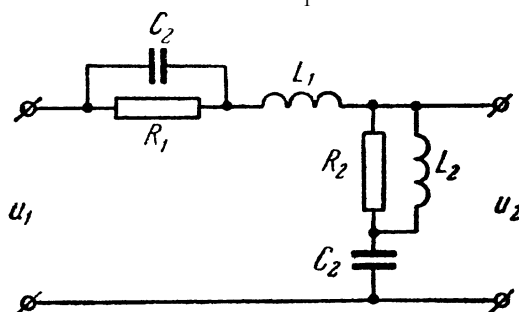
(bu erda, $p = \frac{d}{dt}$ – differensiallash ramzi yoki operatori) foydalanish qulaydir.

2.1-rasmdagi elektr zanjirini ekvivalent sxemaga (2.2-rasm) aylantiramiz:

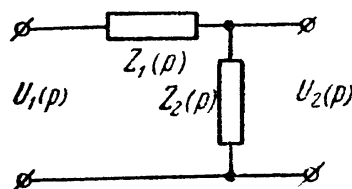
$$Z_1(p) = \frac{\frac{1}{pC_1} R_1}{R_1 + \frac{1}{pC_1}} + pL_1 = \frac{R_1(T_1 p^2 + T_{1L} p + 1)}{T_{1C} p + 1}, \quad (2.1)$$

$$Z_2(p) = \frac{R_2 L_2 p}{R_2 + L_2 p} + \frac{1}{C_2 p} = \frac{R_2(T_2^2 p^2 + T_{2L} p + 1)}{p(T_{2C} + T_2^2 p)}, \quad (2.2)$$

$$T_1 = \sqrt{C_1 L_1}, \quad T_{2L} = \frac{L_1}{R_1}, \quad T_{1C} = R_1 C_1, \quad T_2 = \sqrt{C_2 L_2}, \quad T_{2L} = \frac{L_2}{R_2}, \quad T_{2C} = R_2 C_2 \text{ (sek)} \quad (2.3)$$



2.1-rasm. 1-masala uchun sxema



2.2-rasm. Ekvivalent sxema

Ketma-ket ulangan qarshiliklarda kuchlanish tushuvi qarshilikka proporsional bo`lgani uchun ekvivalent zanjirning uzatish funksiyasi quyidagicha topiladi:

$$W(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = \frac{Z_{\text{chik}}(p)}{Z_{\text{kir}}(p)} = \frac{Z_2(p)}{Z_1(p) + Z_2(p)} \quad (2.4)$$

(2.1), (2.2) ni (2.4) ga qo`yib, elektr zanjirning uzatish funksiyasini topamiz:

$$W(p) = \frac{R_2(b_0 p^3 + b_1 p^2 + b_2 p + b_3)}{R_2(b_0 p^3 + b_1 p^2 + b_2 p + b_3) + R_1(d_0 p^4 + d_1 p^3 + d_2 p^2 + d_3 p)} \quad (2.5)$$

$$b_0 = T_2^2 T_{1C}, \quad b_1 = T_2^2 + T_{2L} T_{1C}, \quad b_2 = T_{2L} + T_{1C}, \quad b_3 = 1,$$

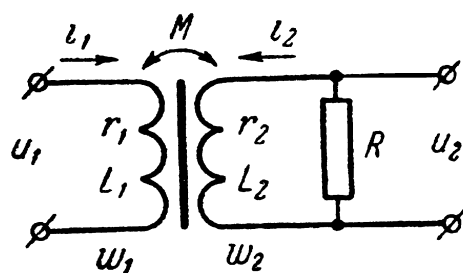
$$d_0 = T_1^2 T_2^2, \quad d_1 = T_1^2 T_{2C} + T_2^2 T_{1L}, \quad d_2 = T_{1L} T_{2C} + T_2^2, \quad d_3 = T_{2C},$$

Ko`rilayotgan elektr sxemaning kuchlanishga nisbatan differensial sxemasi quyidagi ko`rinishga ega:

$$[R(b_0 p^3 + \dots + b_3) + R_1(d_0 p^4 + \dots + d_3 p)]u_2(t) = R_2(b_0 p^3 + \dots + b_3)u_1(t) \quad (2.6)$$

2.2-masala

Transformatorning (2.3-rasm) u_1 va u_2 kuchlanishga nisbatan differensial tenglamasi va uzatish funksiyasini toping. Transformatorning elektrik ko`rsatkichlari 2.3-rasmda keltirilgan.



2.3-rasm. 2.2-masala uchun sxema

Echish: Transformatorning birinchi va ikkinchi chulg`ami zanjiridagi kuchlanish muvozanatining differensial tenglamasi quyidagi ko`rinishga ega:

$$u_1 = r_1 i_1 + L_1 p i_1 + M p i_2 \quad (2.6)$$

$$0 = r_2 i_2 + L_2 p i_2 + M p i_1 + u_2 \quad (2.7)$$

Bu erda, r_1, L_1, i_1 – birlamchi chulg`am qarshiligi, induktivligi, toki; r_2, L_2, i_2 – ikkilamchi chulg`amning qarshiligi, induktivligi, toki; R – yuklamaning qarshiligi; u_1, u_2 – transformatorning kirish va chiqish kuchlanishlari; M - chulg`amlarning o`zaro induksiyaviy koeffisienti.

(2.6) tenglamadan tok ifodasini (2.7) ifodaga qo`ysak, transformatorning differensial tenglamasini topamiz:

$$\left[\frac{L_1 L_2 - M^2}{r_1 (R + r_2)} p^2 + \frac{L_2 r_1 + L_1 (R + r_2)}{r_1 (R + r_2)} p + 1 \right] u_2(t) = - \frac{MR}{r_1 (R + r_2)} p u_1(t) \quad (2.8)$$

yoki

$$[(T_1 T_2 - T_3^2) p^2 + (T_1 + T_2) p + 1] u_2(t) = -k \tau_1 p u_1(t) \quad (2.9)$$

Bu erda,

$$T_1 = \frac{L_1}{r_1}, T_2 = \frac{L_2}{R + r_2}, \tau_1 = \frac{M}{r_1}, T_3 = \sqrt{\frac{M^2}{r_1 (R + r_2)}} \text{ (sek)}, k = \frac{R}{R + r_2}.$$

Po`lat o`zakli transformatorlarda bog`lanish koeffisienti $\frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$ birga yaqin

bo`lgani uchun $M \approx \sqrt{L_1 L_2}$, $L_1 L_2 - M^2 \approx 0$ yoki $T_1 T_2 - T_3^2 \approx 0$ bo`ladi. Bunda (2.9) transformatorning tenglamasi soddalashadi:

$$[(T_1 + T_2) p + 1] u_2(t) = -k \tau_1 p u_1(t) \quad (2.10)$$

Salt yurish rejimi uchun quyidagiga ega bo`lamiz:

$$(T_1 p + 1) u_2(t) = -\tau_1 p u_1(t)$$

(2.10) differensial tenglama asosida kuchlanish bo`yicha transformatorning uzatish funksiyasini quyidagicha yozish mumkin:

$$W(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = - \frac{k \tau_1 p}{(T_1 + T_2) p + 1}$$

Bu ifodadan ko`rinib turibdiki, transformator inersial differensial bo`g`in hisoblanadi. Transformatorning differensial tenglamasidagi manfiy ishora chiqish kuchlanishining fazasi kirish kuchlanishidan 180° ga farq qilishini ko`rsatadi.

2.3-masala

Sust RC elektr zanjirining (2.4-rasm) u_1 va u_2 kuchlanishga nisbatan differensial tenglamasi va uzatish funksiyasini toping.

Echish: Ko`prik elka toki

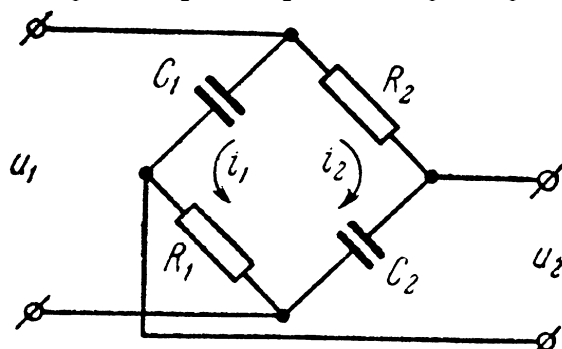
$$i_1 = \frac{u_1 C_1 p}{T_1 p + 1}, \quad i_2 = \frac{u_1 C_2 p}{T_2 p + 1}, \quad T_1 = R_1 C_1, \quad T_2 = R_2 C_2, \quad p = \frac{d}{dt}.$$

Unda,

$$u_2(t) = \frac{1}{C_2 p} i_2(t) - R_1 i_1(t) = \frac{1 - T_1 T_2 p^2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} u_1(t)$$

Bu ifodadan differensial tenglama kelib chiqadi:

$$(T_1 p + 1)(T_2 p + 1) u_2(t) = (1 - \tau_1^2 p^2) u_1(t) \quad (2.11)$$



2.4-rasm. 2.3-masala uchun sxema

Uzatish funksiyasi quyidagiga teng:

$$W(p) = \frac{1 - \tau_1^2 p^2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} = \frac{1 - T_1 T_2 p^2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \quad (2.12)$$

Bu erda, $\tau_1^2 = T_1 T_2$.

2.4-masala

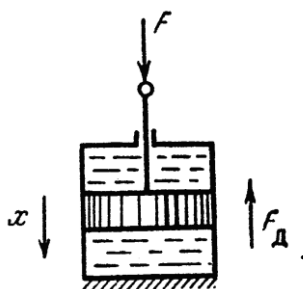
Elektr zanjirda (2.4-rasm) $C_1 = C_2$, $R_1 = R_2$ bo`lganda, elektr zanjirning uzatish funksiyasini toping.

2.5-masala

Gidravlik dempferning (2.5-rasm) uzatish funksiyasini toping (Xarakat qiluvchi massalar ta`siri hisoblanmaydi, kirish kattaligi sifatida F kuch, chiqish kattaligi sifatida x porshen siliji olinsin).

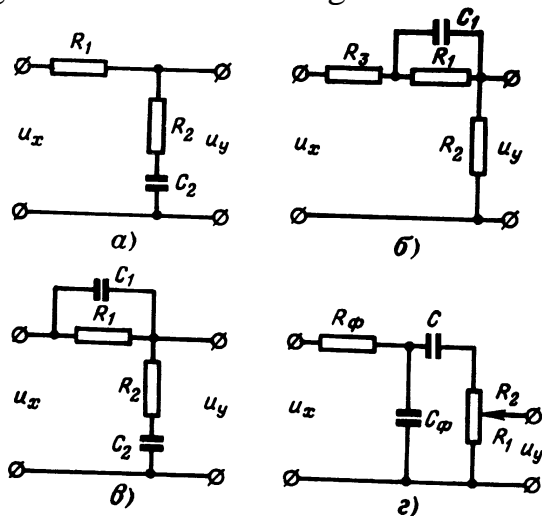
Echish: F kuchga qarshi $F_d = c_1 x$ (c_1 —dempferlash koefitsienti) dempferlash kuchi mavjud. Unda quyidagiga ega bo`lamiz: $px = kF$, bu erda $k = c_1^{-1}$. Bundan

uzatish funksiyasi kelib chiqadi: $W(p) = \frac{X(p)}{F(p)} = \frac{k}{p}$



2.6-masala

2.6-rasmda keltirilgan tasvir konturlarning differensial tenglamasini toping.



2.6-rasm. 2.6-masala uchun rasm

3. Tuzilmaviy (strukturaviy) sxemalar va ularni o`zgartirish

3.1-masala

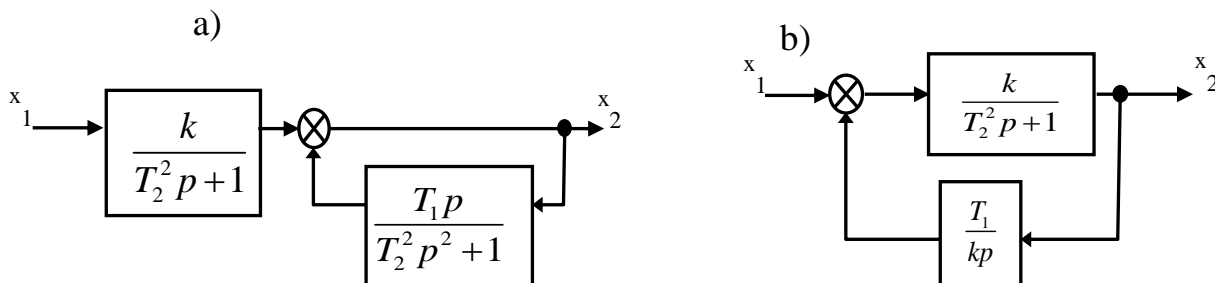
Quyidagi keltirilgan differensial tenglama orqali ifodalanadigan dinamik bo`g`inni teskari bog`linishli ketma-ket va differensial bo`g`inga o`zgartiring:

$$(T_2^2 p + T_1 p + 1)x_2 = \kappa x_1 \tag{3.1}$$

Echish: (3.1) differensial tenglamani quyidagi shaklga keltiramiz:

$$x_2 = \frac{k}{T_2^2 p^2 + 1} x_1 - \frac{T_1 p}{T_2^2 p^2 + 1} x_2 \tag{3.2}$$

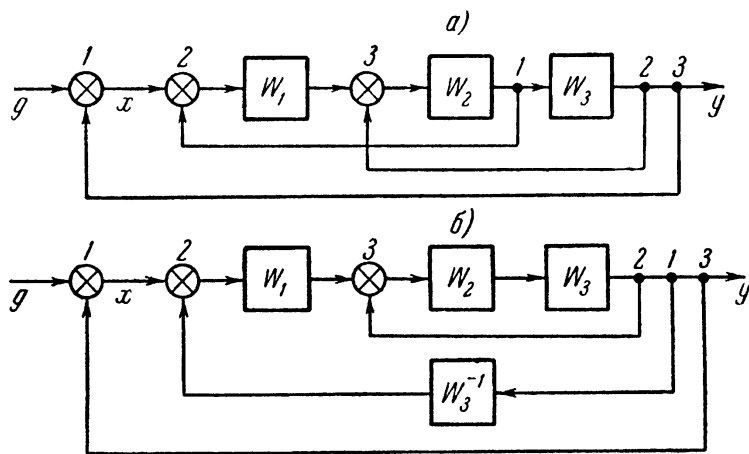
(3.2) tenglama bo`yicha tuzilmaviy sxema tuzamiz (3.1,a-rasm). Bu sxemadagi jamlovchi yoki taqqoslash elementini ko`chiramiz. Sxemani soddalashtirib, 3.1,b-rasmdagi sxemaga kelamiz.



3.1-rasm. 3.1-masala uchun tuzilmaviy sxema

3.2-masala

Tuzilmaviy sxemasi 3.2,a-rasmda keltirilgan avtomatik tizimdagi yopiq tizimning uzatish sxemasini toping.



3.2-rasm. 3.2-masala uchun tuzilmaviy sxema

Echish: 3.2,a-rasmdagi kesishgan bog`liqlardan xolos bo`lib olamiz. Buning uchun 1-tugunni signal harakati bo`yicha W_3 bo`g`inidan olib o`tamiz (3.2,b-rasm). Olingan tuzilmaviy sxema bo`yicha uzatish funksiyasini topamiz:

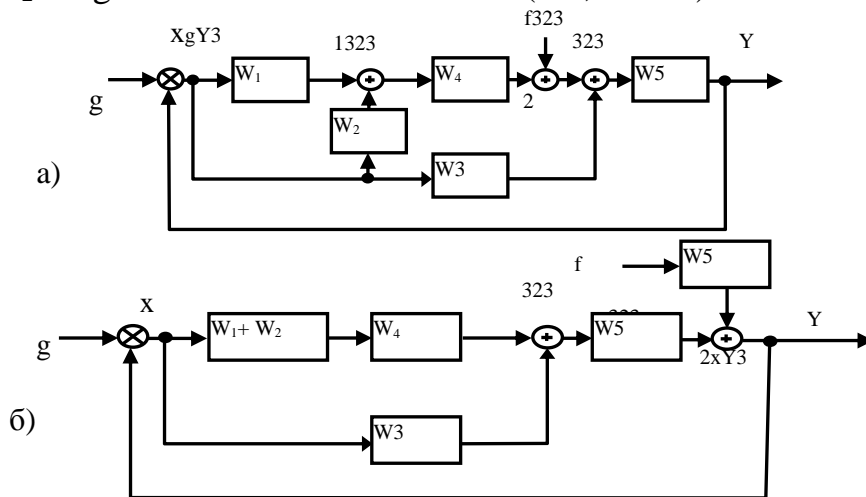
$$\Phi(p) = \frac{W_1 W_2 W_3}{1 + W_1 W_2 + W_1 W_2 W_3}$$

3.3-masala

3.3,a-rasmda tuzilmaviy sxemasi ko`rsatilgan avtomatik tizimni differensial tenglamasini $y(t)$ boshqaruvchi va $f(t)$ toydiruvchi kattaliklarga nisbatan toping. Bunda,

$$W_1(p) = k_1, \quad W_2(p) = \varphi, \quad W(p) = k_3, \quad W_4 = \frac{k_4}{T_1 p + 1}, \quad W_5 = \frac{k_5}{T_2^2 p^2 + T_3 + 1}$$

Echish: Birinchi navbatda avtomatik tizimning $F_1(r)$ toydiruvchi ta`sir bo`yicha uzatish funksiyasini topamiz. Buning uchun 2-jamlovchini W_5 bo`g`inidan o`tkazib va W_1 va W_2 bo`g`inlarini birlashtiramiz (3.3,b-rasm).



3.3-rasm. 3.3-masala uchun tuzilmaviy sxema

Berilgan va toydiruvchi ta`sir bo`yicha yopiq tizimning uzatish funksiyasini topamiz:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{G(p)} = [(W_1 + W_2)W_4 + W_3]W_5$$

va toydiruvchi ta'sir bo'yicha:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{F(p)} = W_5(p)$$

unda,

$$\Phi_f(p) = \frac{H(p)}{F(p)} = \frac{W_f(p)}{1+W(p)} = \frac{d_0p + d_1}{a_0p^3 + a_1p^2 + a_2p + a_3}$$

Bu erda, $Y(p)$, $F(p)$ – $y(t)$ boshqaruvchi va $f(t)$ toydiruvchi ta'sirning ifodasi, $p = c + jw$ – kompleks o'zgaruvchi,

$$d_0 = k_5T_1, \quad d_1 = k_5, \quad a_0 = T_1T_2^2, \quad a_1 = T_2^2 + T_1T_3, \quad a_2 = T_1 + T_3 + k_4k_5\tau + k_3k_5T_1,$$

$$a_3 = 1 + k_3k_5 + k_1k_4k_5$$

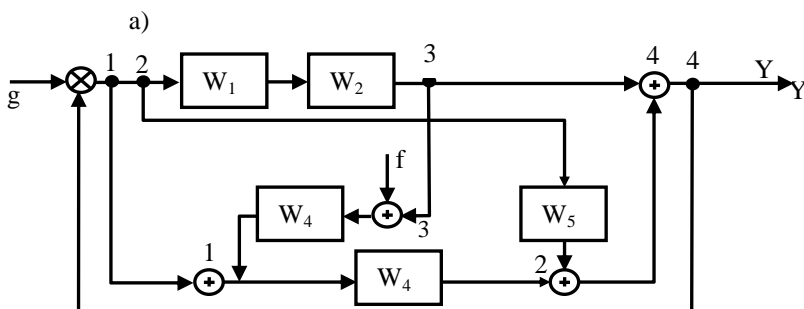
bu erdan differensial tenglama kelib chiqadi:

$$(a_0p^3 + a_1p^2 + a_2p + a_3)y(t) = (d_0p + d_1)f(t), \quad p = \frac{d}{dt}$$

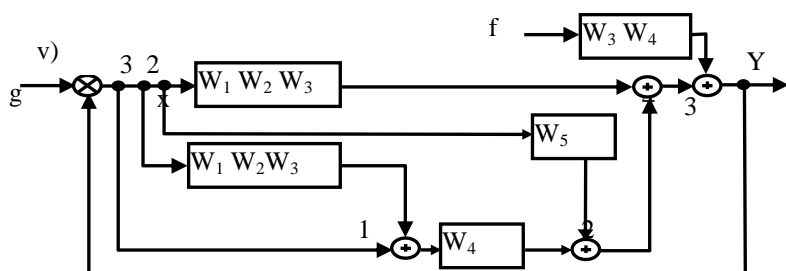
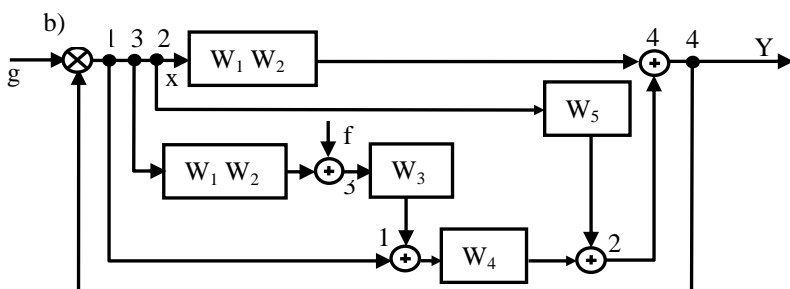
3.4-masala

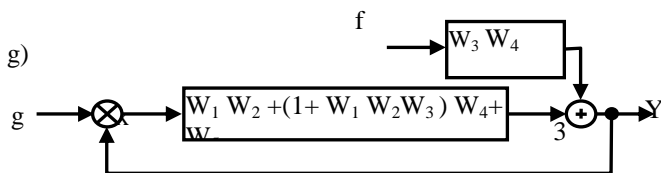
3.4,a-rasmda keltirilgan avtomatik tizimning boshqaruvchi va toydirma ta'sirga nisbatan uzatish funksiyasini toping.

Echish: Tuzilmaviy sxemani soddalashtiramiz(3.4,b,v,g-rasm). 3.4,g-rasmga binoan quyidagilarni topamiz:



$$W(p) = W_1W_2 + (1 + W_1W_2W_3)W_4 + W_5, \quad W_f(p) = W_3W_4$$





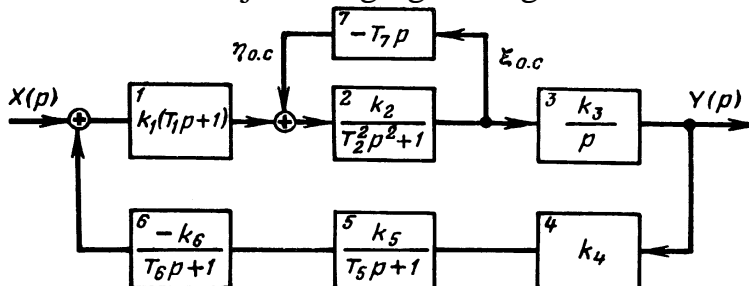
3.4-rasm. 3.4-masala uchun tuzilmaviy sxema

3.5-masala

3.5-rasmda keltirilgan tuzilmaviy sxema uchun

a) signal yo`nalishi bo`yicha tugunni tugun orqali va bo`g`in orqali ko`chirish qoidasi, shuningdek signalga teskari yo`nalishda jamlovchini jamlovchi va bo`g`in orqali ko`chirish qoidalarini qo`llab 2-bo`g`inda-gi 7-teskari bog`lanishni 5-bo`g`inga ko`chiring;

b) yangi sxemada ishlash rejimi o`zgargan bo`g`inlarni ko`rsating.



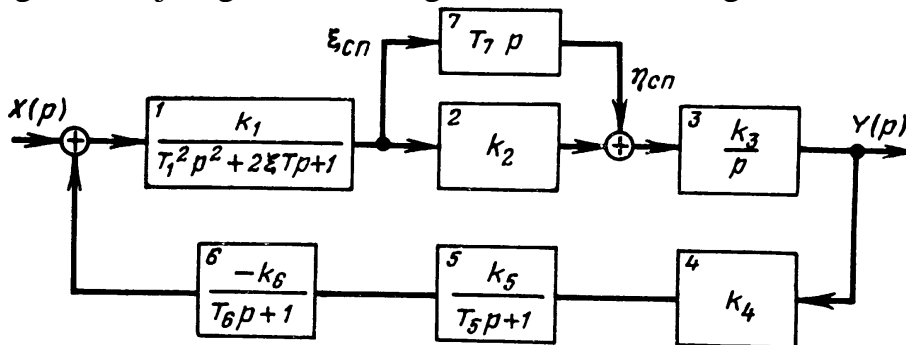
3.5-rasm. 3.5-masala uchun tuzilmaviy sxema

3.6-masala

3.6-rasmda keltirilgan tuzilmaviy sxema uchun

a) 2-bo`g`indagi 7-parallel bog`lanishni 5-bo`g`inga ko`chiring;

b) berilgan va bajarilgan sxemaning ekvivalik shartlariga baho bering.



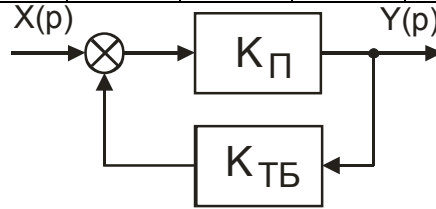
3.6-rasm. 3.6-masala uchun tuzilmaviy sxema

3.7-masala

$W(p) = k_{II}$ uzatish funksiyali kuchaytiruvchi bo`g`in teskari bog`lanishga ega (3.7-rasm). Jadvalda keltirilgan k_{II} va $k_{T.B.}$ qiymatlarida k kuchaytirish koeffisientini aniqlang.

Ko`rsatkich	Variantlar							
	1	2	3	4	5	6	7	8

k_{Π}	10	10	10	10	10	10	10	30
$k_{T.B.}$	0,01	0,09	0,099	0,2	1	10	20	100
Teskari bog'lanish belgisi	+	+	+	+	-	-	-	-



3.7-rasm. 3.7-masala uchun tuzilmaviy sxema

4. Dinamik bo'g'lar tavsifi

4.1 Bo'g'larining amplituda-faza (xarakteristika) tavsiflari

4.1-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega bo'g'ning amplituda-faza tavsifini toping:

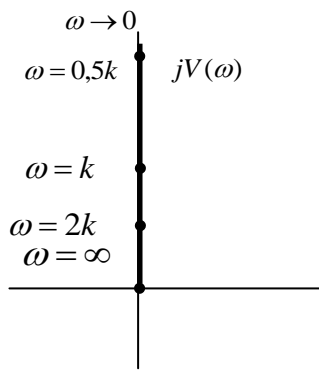
$$W(p) = \frac{k}{p}$$

Echish: Bo'g'ning amplituda-faza tavsifini topishda p Laplas operatorini $j\omega$ bilan almashtiramiz:

$$W(p) = \frac{k}{j\omega}$$

Bo'g'inni aniq va mavhum qismlarga ajratamiz: $U(\omega) = 0$ – aniq qism, $V(j\omega) = \frac{k}{\omega}$ – mavhum qism. ω ga qiymat berib jadval tuzamiz va jadval asosida tavsif yasaymiz:

ω	$V(j\omega)$	$U(\omega)$
$0,5k$	2	0
k	1	0
$2k$	0,5	0
∞	0	0



4.1-rasm. Integral bo'g'ning amplituda-faza tavsifi

4.2-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega bo`g`inning amplituda-faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{k}{p^2}$$

4.3-masala

4.2-rasmda keltirilgan RC zanjirining amplituda-faza tavsifini toping ($R=1 \text{ kOm}$, $S=10 \text{ mkF}$).

Echish: Zanjirning chastotaviy uzatish funksiyasi quyidagiga teng:

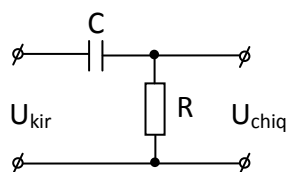
$$W(j\omega) = \frac{j\omega T}{1 + j\omega T} \quad (4.1)$$

Bu erda, $T = RC = 10^3 \cdot 10^{-5} = 10^{-2} \text{ c}$

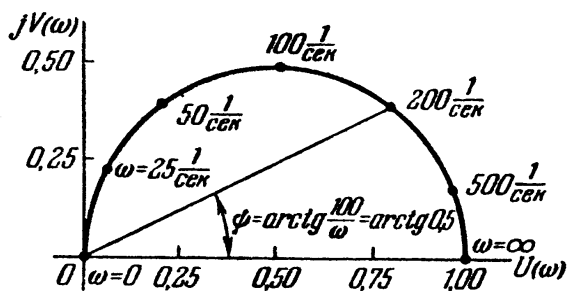
(4.1) ifodani quyidagi ko`rinishga keltirib olamiz (aniq va mavhum qismlarga ajratamiz):

$$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) = \frac{\omega^2 T^2}{1 + \omega^2 T^2} + j \frac{\omega T}{1 + \omega^2 T^2} = \frac{10^{-4} \omega^2}{1 + 10^{-4} \omega^2} + j \frac{10^{-2} \omega}{1 + 10^{-4} \omega^2} \quad (4.2)$$

ω ga qiymat berib, $U(\omega)$ aniq va $V(\omega)$ mavhum qismlarning qiymatlarini aniqlab, amplituda-faza tavsifi quriladi (4.3-rasm).



4.2-rasm. Differensial bo`g`in



4.3-rasm. Differensial bo`g`in va uning amplituda-faza tavsifi

Kompleks sonning argumenti quyidagiga teng:

$$\psi = \arg W(j\omega) = \text{arctg} \frac{1}{\omega T} = \text{arctg} \frac{100}{\omega} \quad (4.3)$$

4.4-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega aperiodik bo`g`inning amplituda-faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{k}{1 + Tp} = \frac{5}{1 + 0.1p}$$

4.5-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega ikkinchi tartibli aperiodik bo`g`inning amplituda-faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{k}{(1+T_1 p)(1+T_2 p)}, \quad k=8, \quad T_1=80 \text{ msec}, \quad T_2=12 \text{ msec}$$

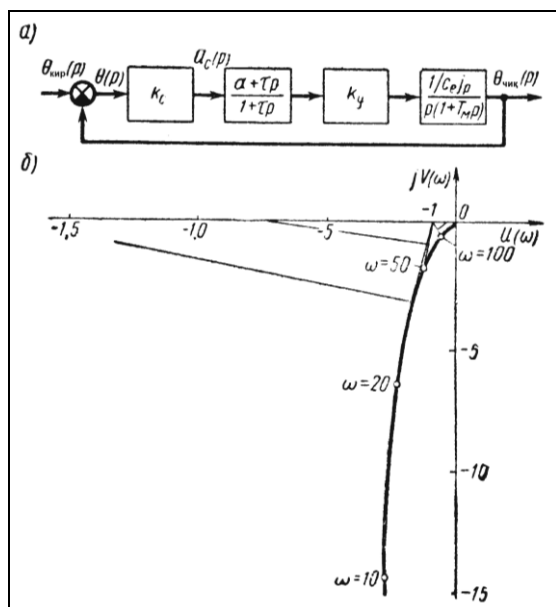
4.6-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega tebranma bo`g`inning amplituda-faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{k}{1+2\xi T p + T^2 p^2}, \quad k=1, \quad \xi=0,15, \quad T=0,02 \text{ sek}$$

4.7-masala

4.4-rasmda keltirilgan sust differensial konturli kuzatuvchi tizimning amplituda-faza tavsifini quring.



4.4-rasm. Sust differensial konturli kuzatuvchi tizimning amplituda-faza tavsifi
Tizim ko`rsatkichlari:

$$k_c = 28 \text{ e/pad}; \quad k_y = 1158; \quad c_e = 0.18 \frac{\text{e}}{\text{pad} \cdot \text{sek}}; \quad j_p = 400; \quad T_m = 0.04 \text{ sek}; \quad \alpha = 0,333; \quad \tau = 0,01 \text{ sek}$$

izimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{k_c k_y \frac{1}{c_e j_p} (\alpha + \tau p)}{p(1 + \tau p)(1 + T_m p)} = \frac{D(\alpha + \tau p)}{p(1 + \tau p)(1 + T_m p)}, \quad D = \frac{k_c k_y}{c_e j_p}$$

4.8-masala

Aperiodik bo`g`inning amplituda-chastota, faza-chastota va amplituda-faza tavsiflarini tuzing.

Uzatish koeffitsientini $k = 1$, vaqt o`zgarmassini $T = 2.5; 0.5 \text{ sek}$ deb olamiz.

Aperiodik bo`g`inning uzatish funksiyasi quyidagiga teng:

$$W(p) = \frac{k}{1 + T p}$$

p operatorini $j\omega$ ga almashtirib, amplituda-chastota va faza-chastota tavsiflariga mos ravishda ega bo`lamiz:

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}}$$

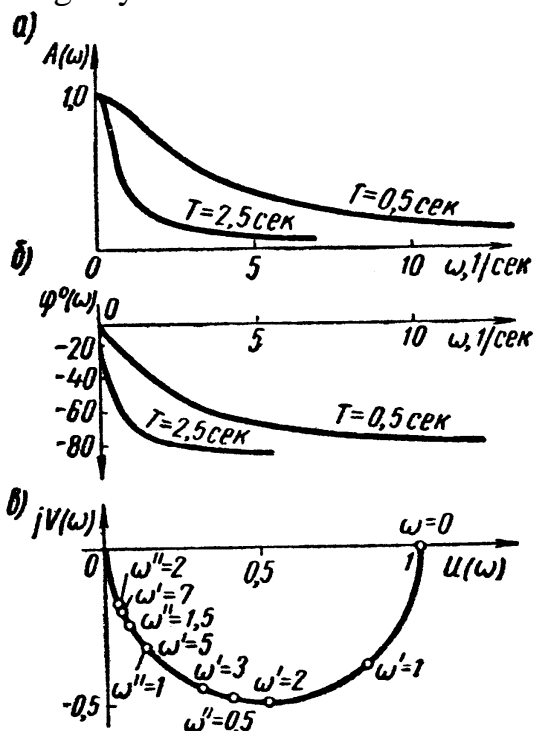
$$\varphi(\omega) = \arg[W(j\omega)] = -\arctg \omega T$$

ω ga qiymatlar berib, $A(\omega)$ va $\varphi(\omega)$ ni topamiz. Xisoblashlarning natijasi 4.1-jadvalda ko`rsatilgan. Bu jadvalga muvofiq $A(\omega)$ va $\varphi(\omega)$ tavsiflari quriladi (4.5-rasm).

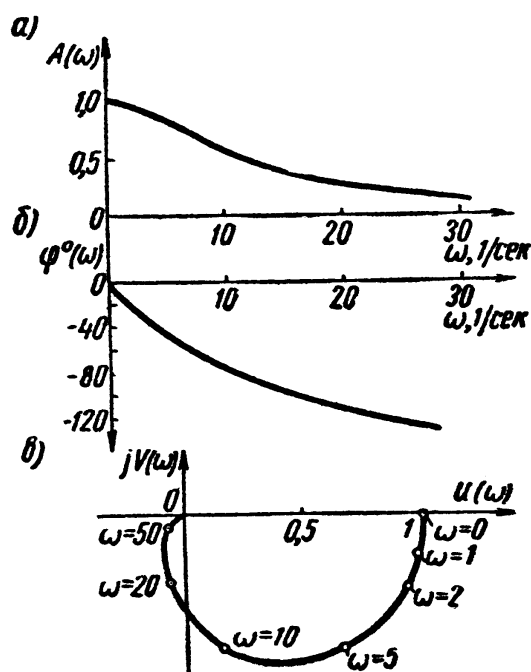
4.1-jadval

T = 2.5			T = 0.5		
ω	$A(\omega)$	$\varphi(\omega)$	ω	$A(\omega)$	$\varphi(\omega)$
0.5	0.622	-51°6'	1	0.895	-26°36'
1	0.372	-68°24'	2	0.708	-46°
1.5	0.258	-75°6'	3	0.554	-56°18'
2	0.195	-78°48'	5	0.372	-68°12'
2.5	0.158	-81°	7	0.279	-74°
3	0.127	-82°6'	10	0.196	-78°42'
20	0.02	-86°30'	50	0.04	-87°48'

Aperiodik bo`g`inning amplituda-faza tavsifi (4.5-rasm) to`rtinchi kvadrantda joylashgan, diametri k kesimga teng, haqiqiy o`qda ($\frac{k}{2}; j0$) koordinata markazida joylashgan yarim doirani ifoda etadi.



4.5-rasm. Aperiodik bo`g`inning chastotaviy tavsiflari: a – amplituda; b – faza; v – amplituda-faza.



4.6-rasm. Ketma-ket ulangan aperiodik bo`g`inning chastotaviy tavsiflari: a – amplituda; b – faza; v – amplituda-faza.

4.9-masala

Ikkita ketma-ket ulangan aperiodik bo`g`inning amplituda-chastota, faza-chastota va amplituda-faza tavsiflarini tuzing.

Umumiy uzatish koeffisientini $k = k_1 = k_2 = 1$, vaqt o`zgarmasini $T_1 = 0.05 \text{ cek}; T_2 = 0.12 \text{ cek}$ deb olamiz.

Aperiodik bo`g`inning uzatish funksiyasi quyidagiga teng:

$$W(p) = \frac{k}{(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)}$$

p operatorini $j\omega$ ga almashtirib, amplituda-chastota va faza-chastota tavsiflariga mos ravishda ega bo`lamiz:

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{k}{\sqrt{(1 + \omega^2 T_1^2)(1 + T_2^2 \omega^2)}} = \frac{1}{\sqrt{(1 + 0.05^2 \omega^2)(1 + 0.12^2 \omega^2)}}$$

$$\varphi(\omega) = \arg[W(j\omega)] = -(\arctg \omega T_1 + \arctg \omega T_2)$$

$$= -(\arctg 0.05 \omega + \arctg 0.12 \omega)$$

ω ga qiymatlar berib, $A(\omega)$, $\varphi(\omega)$ va $W(j\omega)$ ni topamiz. Xisoblashlar natijasi 4.2-jadvalda ko`rsatilgan. Bu jadvalga muvofiq $A(\omega)$, $\varphi(\omega)$ va $W(j\omega)$ tavsiflari quriladi (4.6-rasm).

4.2 -jadval

ω	$A(\omega)$	$\varphi(\omega)$
1	0.99	-10^0
2	0.968	-19^0
5	0.83	-45^0
10	0.572	$-76^0 30'$
20	0.272	$-112^0 30'$
50	0.061	$-148^0 30'$
0	1	0

4.2. Bo`g`inlarning logorifmik amplituda-faza (xarakteristika) tavsiflari

4.10-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega aperiodik bo`g`inning logarifmik amplituda faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{100}{1 + 0,05p} \quad (4.4)$$

Echish: (1) ifodaga mos keluvchi logarifmik amplituda tavsifi quyidagiga teng:

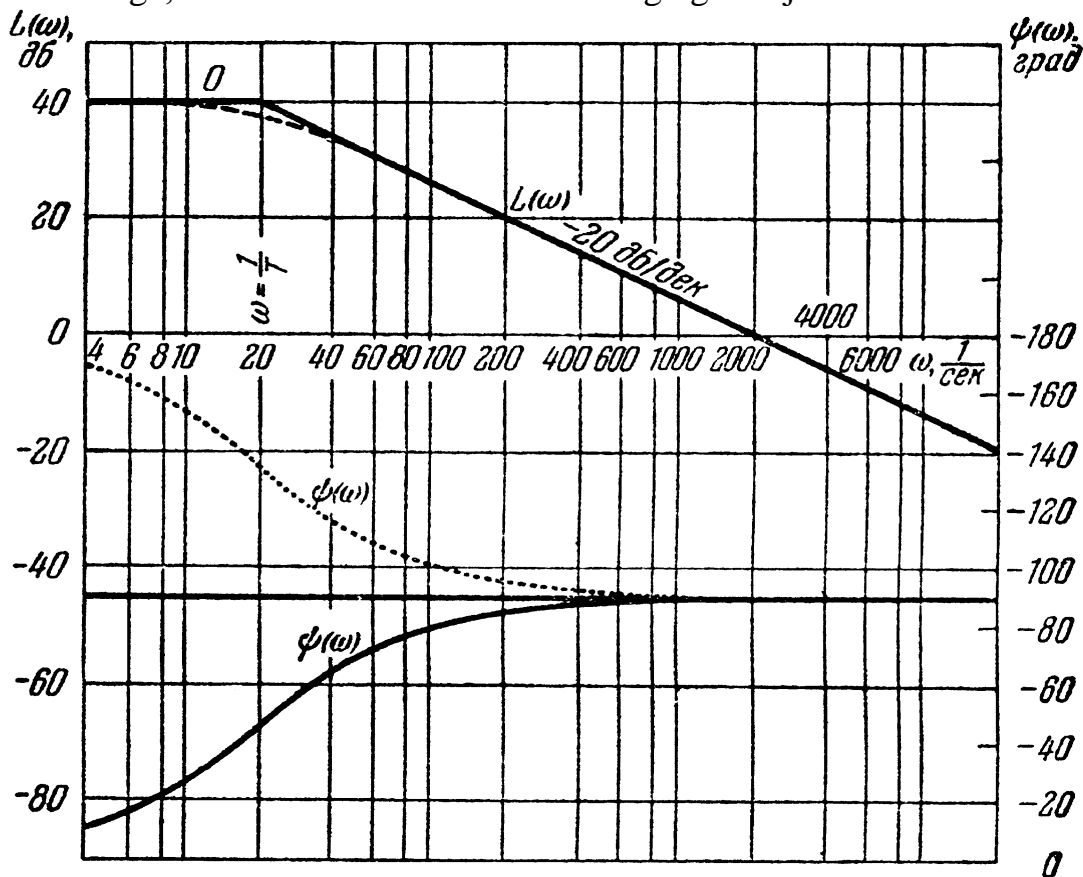
$$L(\omega) = 20 \lg |W(j\omega)| = 20 \lg \frac{k}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} \quad (4.5)$$

(4.4) ifodaga mos keluvchi asimptotik logarifmik amplituda tavsif 4.6-rasmda ko`rsatilgan. Absissa o`qi bo`yicha ωT kattaligi logarifmik masshtabda, ordinata o`qi bo`yicha $L(\omega)$ kattaligi desibelda joylashtirilgan.

(4.5) ifodaga muvofiq asimptotik L.A.T. (logarifmik amplituda tavsifi) $\omega T = 1$ nuqtada sinishga ega. Sinishdan chap tarafdanda tavsif gorizontaal chiziq bo`ladi va $20lgk$ balandlikda joylashadi. Sinishdan o`ng tarafdanda $-20lgk$ og`ishga ega. Chastota o`qi bilan tavsifning kesishish nuqtasi, ya`ni ω_x kesishish chastotasi quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

$$L(\omega_x) \approx 20lg \frac{k}{\omega_x T} = 0 \text{ yoki } \omega_x = \frac{k}{T}.$$

Tavsifning eng katta og`ish nuqtasi $\omega T = 1$ nuqtaga to`g`ri keladi, (4.5) ifodadan hisoblansa, 3 dB ga teng. $\omega T = 0.5$ va $\omega T = 2$ da tavsifning qiymati taxminan 1dB ga, $\omega T = 1 \pm 1$ hududda tavsifning og`ishi juda kichik bo`ladi.



4.7-rasm. Tizimning logarifmik tavsiflari

Bo`g`inning faza tavsifi (4.4) ifodaga muvofiq aniqlanadi:

$$\psi(\omega) = \arg W(j\omega) = -\arctg \omega T \quad (4.6)$$

Kichik chastotalar hududida $\psi(\omega) \rightarrow 0$ faza nolga intiladi, katta chastotalar hududida $\psi(\omega) \rightarrow 90^\circ$ ga intiladi, $\omega T = 1$ da $\psi(\omega) = 45^\circ$ ga teng. (4.6) ifodadan faza tavsifi, $\omega T = 1$, $\psi(\omega) = 45^\circ$ nuqtaga nisbatan simmetrikligi aniqlanadi.

(4.4) ifodada keltirgan aperiodik bo`g`inning faza tavsifi (4.5) ifodaga muvofiq quriladi (4.7-rasm).

Tavsifni qurishda quyidagi jadvaldan foydalanildi:

ωT	0	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	∞
$\psi(\omega T)$, grad	0	$-2^\circ 50'$	$5^\circ 40'$	$11^\circ 20'$	$26^\circ 30'$	-45°	$63^\circ 30'$	$78^\circ 40'$	$84^\circ 20'$	$87^\circ 10'$	-90°

4.11-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega aperiodik bo`g`inning $L = 20 \lg[W(j\omega)]$ logarifmik amplituda i $\psi(\omega)$ faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{100}{1 + 0,05p}$$

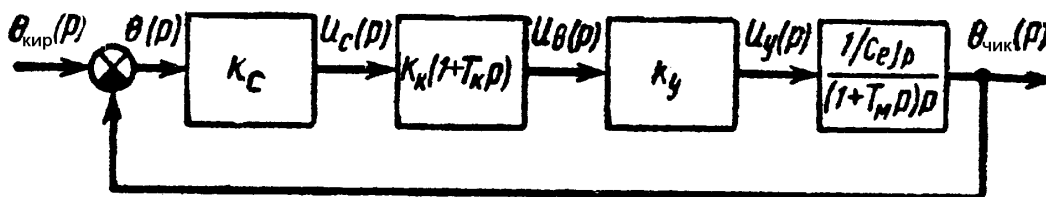
4.12-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega aperiodik bo`g`inning $L = 20 \lg[W(j\omega)]$ logarifmik amplituda i $\psi(\omega)$ faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{32}{(1 + 0,01p)(1 + 0,22p)}$$

4.13-masala

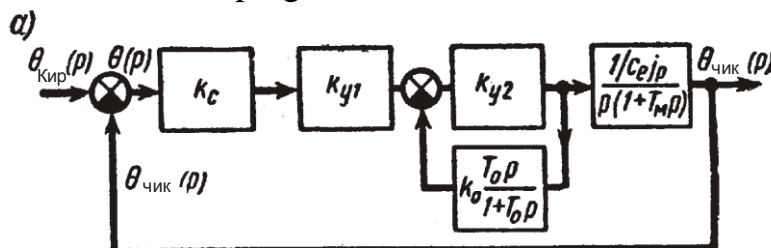
4.8-rasmda keltirilgan tuzilmaviy sxemaning $L = 20 \lg[W(j\omega)]$ logarifmik amplituda i $\psi(\omega)$ faza tavsifini toping.



4.8-rasm. O`zgaruvchan tok rostlagichli kuzatuvchi tizimning tuzilmaviy sxemasi

4.14-masala

4.9-rasmda keltirilgan tuzilmaviy sxemaning $L = 20 \lg[W(j\omega)]$ logarifmik amplituda i $\psi(\omega)$ faza tavsifini toping.



4.9-rasm. O`zgaruvchan tok rostlagichli kuzatuvchi tizimning tuzilmaviy sxemasi

4.15-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega aperiodik bo`g`inning $L = 20 \lg[W(j\omega)]$ logarifmik amplituda i $\psi(\omega)$ faza tavsifini toping

$$W(p) = \frac{100}{1 + 0,05p}$$

5. Tizimlarning (sistemalarning) turg`unligi

5.1 Raus-Gurvisa mezoni bo`yicha tizim turg`unligini tekshirish

5.1-masala

Avtomatik rostlash tizimi turg`unligini Gurvisa mezoni bo`yicha tekshiring. Tizimning tavsifiy tenglamasi quyidagi ko`rinishga ega:

$$p^3 + 1.48p^2 + 4.6p + 4 = 0$$

Gurvisa mezoni bo`yicha uchinchi darajali tenglamalar uchun (ijobiy koefisientlardan tashqari) quyidagi tenglik bajarilishi lozim:

$$\Delta_2 = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$$

Bu erda, Δ_2 – ikkinchi darajali aniqlik.

Bu holda $a_0=1$; $a_1=1,48$; $a_2=4,6$; $a_3=4$.

$$\Delta_2 = 1.48 * 4.6 - 1 * 4 = 2.8 > 0$$

Demak, tizim turg`un.

5.2-masala

Avtomatik rostdash tizimi turg`unligini Gurvisa mezoni bo`yicha tekshiring.

Tizimning tavsifiy tenglamasi quyidagi ko`rinishga ega:

$$p^6 + 0.212p^5 + 2.42p^4 + 36.2p^3 + 228p^2 + 1408 = 0$$

Gurvisa mezoni bo`yicha oltinchi darajali tenglamalar uchun (ijobiy koefisientlardan tashqari) quyidagi tenglik bajarilishi lozim:

$$\Delta_2 = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0;$$

$$\Delta_3 = a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 > 0;$$

$$\Delta_4 = (a_1 a_2 - a_0 a_3)(a_3 a_4 - a_2 a_5) - (a_1 a_4 - a_0 a_5)^2 > 0;$$

$$\Delta_5 = a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1(a_1 a_4 - a_0 a_5) > 0;$$

$$\Delta_6 = (a_1 a_2 - a_0 a_3)[a_5(a_4 a_3 - a_2 a_5) + a_6(2a_1 a_5 - a_3^2)] + (a_1 a_4 - a_0 a_5)[a_1 a_2 a_6 - a_5(a_1 a_4 - a_0 a_5)] - a_1^3 a_6^2 > 0$$

Bu erda, Δ_2 , Δ_3 , Δ_4 , Δ_5 , Δ_6 – ikkinchi, uchinchi, to`rtinchi, beshinchi, oltinchi daraja aniqlagichlari.

Bu holda yuqoridagi shartlar bajarilmasligi sababli tizim turg`un emas.

5.3-masala

Avtomatik rostdash tizimi turg`unligini Raus mezoni bo`yicha tekshiring.

Tizimning tavsifiy tenglamasi quyidagi ko`rinishga ega:

$$0.0008p^5 + 0.03p^4 + 1.36p^3 + 4p^2 + 52.5p + 50 = 0$$

Raus jadvalini tuzamiz:

$a_0 = 0.0008$	$a_2 = 1.36$	$a_4 = 52.5$
$a_1 = 0.03$	$a_3 = 4$	$a_5 = 50$
$b_1 = \frac{1.36 * 0.03 - 4 * 0.0008}{0.03} = 1.25$	$b_2 = \frac{52.5 * 0.03 - 50 * 0.0008}{0.03} = 51.2$	$b_3 = 0$
$c_1 = \frac{4 * 1.25 - 0.03 * 51.2}{1.25} = 2.77$	$c_2 = \frac{1.25 * 50 - 0.03 * 0}{1.25} = 50$	$c_3 = 0$
$d_1 = \frac{2.77 * 51.2 - 50 * 1.25}{2.77} = 28.6$	$d_2 = \frac{2.77 * 0 - 1.25 * 0}{2.77} = 0$	$d_3 = 0$
$e_1 = \frac{28.6 * 50 - 2.77 * 0}{28.6} = 50$	$e_2 = 0$	$e_2 = 0$

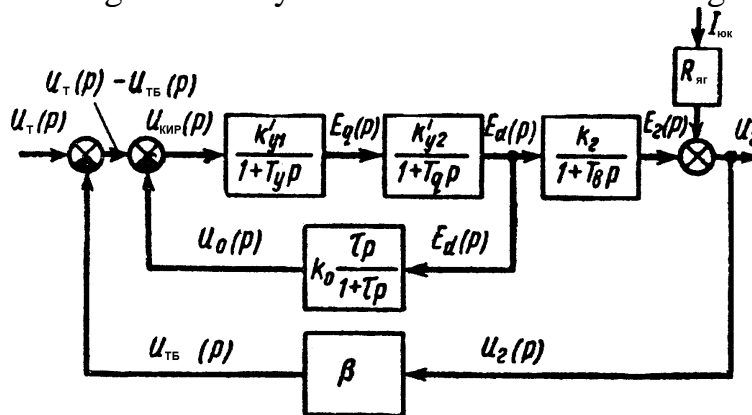
Jadvaldagi qiymatlardan quyidagi xulosaga kelish mumkin:

$a_0 > 0$, $a_1 > 0$, $b_1 > 0$, $c_1 > 0$, $d_1 > 0$, $e_1 > 0$ bo`lgani uchun tizim turg`un.

5.4-masala

Generator kuchlanishini avtomatik rostlash tizimi turg'unligini Gurvisa mezoni bo'yicha tekshiring.

Rostlash tizimining tuzilmaviy sxemasi 5.1-rasmda keltirilgan.



5.1-rasm. Generator kuchlanishini avtomatik rostlash tizimining tuzilmaviy sxemasi
Tuzilmaviy sxemani soddalashtirib, quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 = 0$$

bu erda,

$$a_0 = 0,256 \cdot 10^{-6}; a_1 = 0,167 \cdot 10^{-3}; a_2 = 0,0244; a_3 = 0,54; a_4 = 41.$$

Gurvisa mezoni bo'yicha to'rinchi darajali tenglamalar uchun (ijobiy koeffisientlardan tashqari) quyidagi tenglik bajarilishi lozim:

$$\Delta_3 = a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 > 0;$$

Koeffisientlar qiymatini yuqoridagi formulaga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta_3 = 0,54(0,167 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0244 - 0,256 \cdot 10^{-6} \cdot 0,54) - (0,167 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 41 = 0,98 \cdot 10^{-6} > 0;$$

Demak, tizim turg'un.

5.5-masala

Gurvisa mezoni bo'yicha kuzatuvchi tizim turg'unligini tekshiring.

Tizimning tavsifiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$0,0003 p^4 + 0,0337 p^3 + 0,43 p^2 + 51,2 p + 24,8 = 0$$

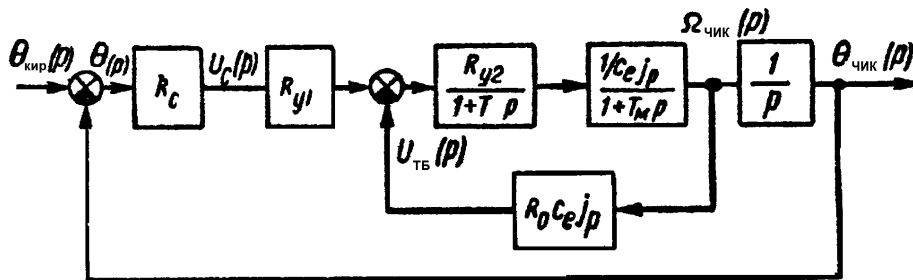
5.6-masala

Ikki ko'rsatkich tekisligida tezlik bo'yicha teskari bog'lanishli tizimning turg'unlik chegarasini aniqlang.

Tizimning tuzilmaviy sxemasi 5.2-rasmda ko'rsatilgan. k_{y1} birinchi kaskad kuchaytirgichi va k_0 teskari bog'lanish koeffisienti funksiyalarining turg'unlik chegarasini topamiz.

Tizim ko'rsatkichlari:

$k_c = 0.4 \frac{\text{В}}{\text{град}}; k_{y2} = 5.2; c_e = 0,014 \frac{\text{В}}{\text{град/сек}}; j_p = 297; T_q = 0.06 \text{ сек}; T_m = 0,1 \text{ сек}.$



5.2-rasm. Tezlik bo`yicha teskari bog`lanishli tizimning tuzilmaviy sxemasi
Avval, yopiq tizimning uzatish funksiyasini topish kerak:

$$W_1(p) = \frac{\frac{1}{1 + T_q p} * \frac{c_e j p}{1 + T_m p}}{1 + \frac{k_{y2}}{1 + T_q p} * \frac{c_e j p}{1 + T_m p} * k_0 c_e * j p}$$

Ushbu ifodani soddalashtirgandan so`ng, quyidagiga ega bo`lamiz:

$$W_1(p) = \frac{\frac{k_{y2}}{c_e j p}}{(1 + T_q p)(1 + T_m p) + k_{y2} k_0}$$

Ochiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = k_c k_{y1} W_1(p) \cdot \frac{1}{p} = \frac{k_c k_{y1} k_{y2} \frac{1}{c_e j p}}{[(1 + T_q p)(1 + T_m p) + k_{y2} k_0] p}$$

$D = k_c k_{y1} k_{y2} \frac{1}{c_e j p}$ belgilashni kiritamiz va ochiq tizimning yakuniy uzatish funksiyasiga ega bo`lamiz:

$$W(p) = \frac{D}{T_q T_m p^3 + (T_q + T_m) p^2 + (1 + k_{y2} k_0) p}$$

Bu uzatish funksiyasi tizimning tavsifiy tenglamasini topamiz:

$$a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0$$

Bu erda,

$$a_0 = T_q T_m; a_1 = T_q + T_m; a_2 = 1 + k_{y2} k_0; a_3 = D = \frac{k_c k_{y2} k_{y1}}{c_e j p}$$

Tizim ko`rsatkichlarining sonli qiymatlarini yuqoridagi ifodaga qo`yamiz:

$$a_0 = 0,06 * 0,1 = 0,006;$$

$$a_1 = 0,06 + 0,1 = 0,16;$$

$$a_2 = 1 + 5,2 k_0;$$

$$a_3 = D = \frac{0,4 * 5,2}{0,014 - 297} k_{y1}$$

Gurvisa bo`yicha turg`unlik shartlari:

$$a_0 > 0; a_1 > 0; a_2 > 0; a_3 > 0;$$

$$\Delta_2 = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0;$$

Birinci to'rtta shart $k_0 > 0, k_{y1} > 0$ bo'lganda bajariladi. So'nggi shartdan quyidagiga ega bo'lamiz: $0.16(1+5.2k_0) - 0.006 \cdot 0.5k_{y1} > 0$

bu erdan,

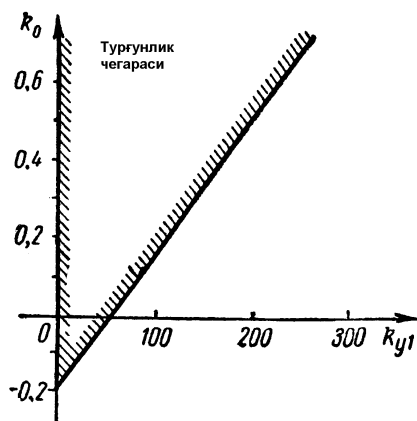
$$k_0 > 0.0036k_{y1} - 0.192$$

Bu tengsizlik tizim turg'unligi shartini ifoda qiladi. Turg'unlik chegarasi $(-0.192; j0)$ koordinatali nuqtadan $\arctg 0.0036$ burchak ostida $(-0.192; j0)$ koordinatali nuqtadan o'tuvchi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$k_0 = -0.192$ qiymati turg'unlik chegarasi hisoblanadi. Buni quyidagi tenglama ham isbotlab turibdi:

$$a_2 = 1 + 5.2k_0 > 0; \Rightarrow k_0 > -\frac{1}{5.2} = -0.192$$

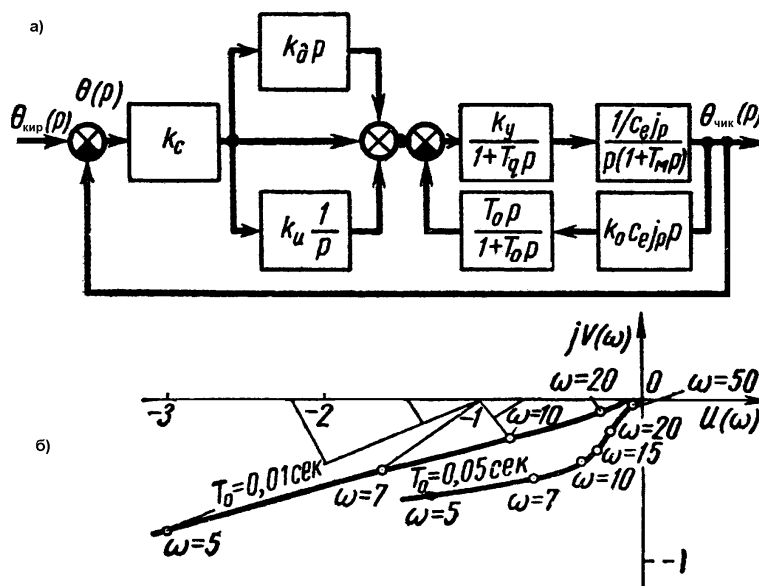
k_0, k_{y1} ko'rsatkichlari tekisligidagi turg'unlik chegarasi 5.3-rasmda ko'rsatilgan.



5.3-rasm. k_0, k_{y1} ko'rsatkichlari tekisligidagi kuzatuvchi tizimning turg'unlik chegarasi

5.7-masala

5.4-rasmda tasvirlangan tezlik bo'yicha teskari bog'lanshga ega, integrallovchi va differensiallovchi bo'g'inli kuzatuvchi tizimning Raus mezoni bo'yicha turg'unligini tekshiring.



5.4-rasm. Tezlik bo'yicha teskari bog'lanshga ega, integrallovchi va differensiallovchi bo'g'inli kuzatuvchi tizim tuzilmaviy sxemasi

$$k_c = 50 \frac{\text{В}}{\text{град}}; k_y = 200; k_{\text{н}} = 1 \frac{1}{\text{с}}; k_0 = 0,1; k_{\text{д}} = 0,01 \text{сек}; c_e = 0,7 \frac{\text{В}}{\text{град/сек}}; j_p = 143; T_q = 0,12 \text{сек}; T_0 = 0,1 \text{сек}.$$

Tavsifiy tenglama:

$$a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + a_5 = 0$$

5.8-masala

Tizim tavsifiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$p^3 + p^2 + 2p + 1 = 0$$

Tizim turg'unligini aniqlang.

5.9-masala

Tizimning tavsifiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$5p^3 + 2p^2 - 3p + 1 = 0$$

Tizim turg'unligini aniqlang.

5.10-masala

Yopiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{p(1+Tp)}$$

Yopiq tizim turg'unligining shartini aniqlang.

5.11-masala

Ochiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{p^2}, K = 100 \text{сек}^{-2}$$

Ochiq tizim turg'unligini aniqlang.

5.12-masala

Yopiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{p^2(1+Tp)},$$

$K = 20 \text{cek}^2$ – tizimning tezlik bo'yicha koeffitsienti;

$T = 0,01 \text{cek}$ – vaqt o'zgarmasi;

Yopiq tizim turg'unligini aniqlang.

5.13-masala

Yopiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{p^2(1+T_1p)(1+T_2p)},$$

$K = 50 \text{cek}^2$ – yopiq tizimning umumiy uzatish koeffitsienti;

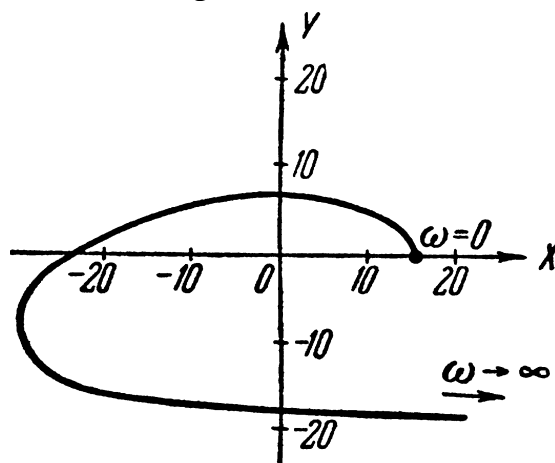
$T_1 = 1 \text{cek}, T_2 = 0,05 \text{cek}$ – vaqt o'zgarmissi.

Yopiq tizim turg'unligining aniqlang.

5.2 Mixaylov mezoni bo'yicha tizim turg'unligini tekshirish

5.14-masala

Avtomatik boshqarish tizimi to'rtinchi tartibli tavsifiy tenglamaga ega. Mixaylov chizig'i 5.5-rasmda keltirilgan. Avtomatik tizim turg'unligini aniqlang.



5.5-rasm. 5.14-masala uchun Mixaylov chizig'i

Echish: Chiziq Mixaylov mezoni talablarini bajargani, ya'ni koordinata choraklarini ketma-ket bosib o'tgani sababli tizim turg'unidir.

5.15-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega elektromexanik kuzatuvchi tizimning Mixaylov mezoni bo'yicha turg'unligini aniqlang:

$$W(p) = \frac{K}{p(1+T_y p)(1+T_m p)}$$

$K = 58 \text{cek}^2$ – yopiq tizimning umumiy uzatish koeffitsienti;

$T_m = 0,57 \text{cek}$ – dvigatelning vaqt o'zgarmasi.

$T_y = 0,01 \text{cek}$ – kuchaytirgichning vaqt o'zgarmasi.

Echish: yopiq tizimning tavsifiy polinomi:

$$D(p) = p(1+T_y p)(1+T_m p) + K = T_y T_m p^3 + (T_y + T_m)p^2 + p + K$$

Mixaylov chizig`ini qurish uchun $D(j\omega)$ funksiyasining mavhum va haqiqiy qismlarini ajratib olamiz:

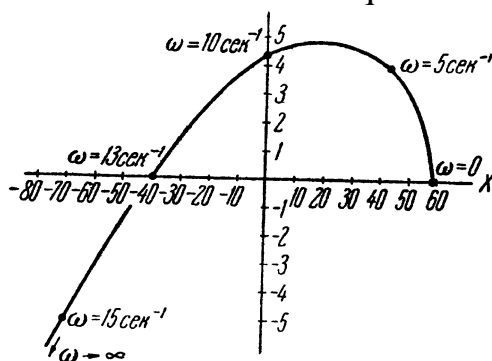
$$X(\omega) = \operatorname{Re} D(j\omega) = K - (T_y + T_m)\omega^2 = 58 - 0.58\omega^2$$

$$Y(\omega) = \operatorname{Im} D(j\omega) = \omega - T_y T_m \omega^3 = \omega - 5.7 \cdot 10^{-3} \omega^3$$

$X(\omega)$ va $Y(\omega)$ ni ω chastotaning bir nechta qiymatlari uchun hisoblaymiz va jadvalga kiritamiz.

ω, cek^{-1}	$X(\omega)$	$Y(\omega)$
0	58	0
5	44	4
10	0	4.5
13	-40	0
15	-70	-5
∞	$-\infty$	$-\infty$

Jadvaldagi ma'lumotlarga asoslanib, Mixaylov chizig`ini tuzamiz (5.6-rasm). Mixaylov chizig`i kvadrantlardan ketma-ket o'tmoqda. Demak, tizim turg'un.



5.6-rasm. 5.15-masala uchun Mixaylov chizig`i

5.16-masala

Yopiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{-1 + Tp},$$

K – yopiq tizimning kuchaytirish koeffisienti

$T > 0$ – vaqt o'zgarmasi.

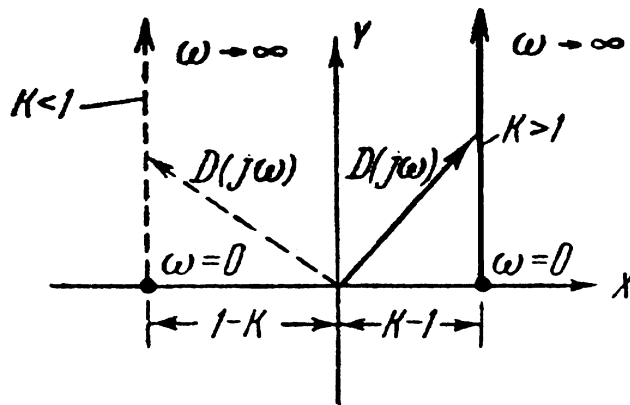
Mixaylov mezonidan foydalanib, tizim turg'unligi shartini toping.

Echish: yopiq tizimning tavsifiy polinomi uzatish funksiyasini mahraj va kasrdagi polinomlarning yig'indisiga teng:

$D(j\omega)$ vektorini tavsifiy polinomda r ni $j\omega$ ga almashtirib hosil qilamiz:

$$D(j\omega) = j\omega T + K - 1 = X(\omega) + jY(\omega), X(\omega) = K - 1, Y(\omega) = \omega T$$

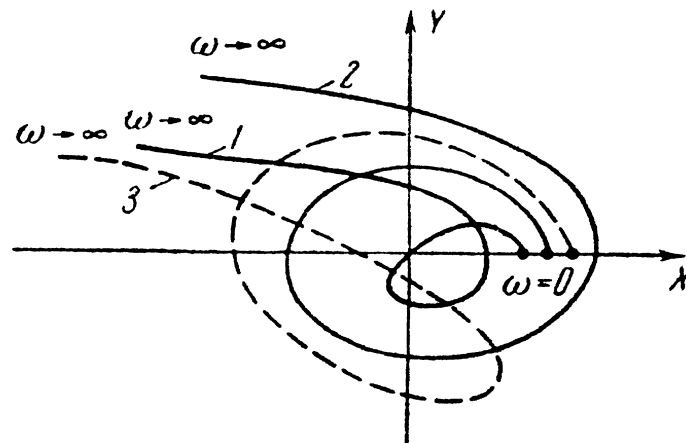
Tizim turg'un bo'lishi uchun $D(j\omega)$ vektori ω chastotasi 0 dan ∞ gacha o'zgarganda, $\varphi = \frac{\pi}{2}$ burchakka o'zgarishi etarli va kerak (5.7-rasm). $K < 1$ da Mixaylov chizig`i ikkinchi kvadrantda joylashgan va ω chastotasi 0 dan ∞ gacha o'zgarganda $D(j\omega)$ vektorining o'zgarish burchagi $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ ga, $K > 1$ da esa, $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ga teng. Demak, yopiq tizim $K > 1$ da turg'un.



5.7-rasm. 5.16-masala uchun $D(j\omega)$ vektorining godografi

5.17-masala

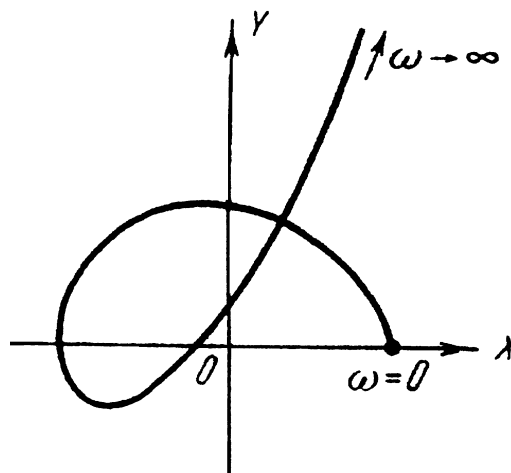
Avtomatik boshqaruv tizimining tavsifiy polinomi oltinchi tartibga ega. 5.8–rasmda tizimning turli koʻrsatkichlari uchun Mixaylov chizigʻi berilgan. Tizim turgʻunligini aniqlang.



5.8-rasm. 5.17-masala uchun Mixaylov chizigʻi

5.18-masala

Avtomatik boshqaruv tizimining tavsifiy polinomi oltinchi tartibga ega. 5.9–rasmda tizimning Mixaylov chizigʻi keltirilgan. Tavsifiy tenglamaning musbat va manfiy mavhum qismlaridagi ildizlar sonini aniqlang.



5.9-rasm. 5-masala uchun Mixaylov chizigʻi

Echish: ω chastotasi 0 dan ∞ gacha oʻzgaranda $D(j\omega)$ vektorining oʻzgarish burchagi:

$$\varphi = n \frac{\pi}{2} - l\pi \quad (5.1)$$

Bu erda, n –tavsifiy tenglamaning tartibi; l –musbat mavhum qismdagi ildizlar soni.

ω chastotasi 0 dan ∞ gacha o'zgarib barcha $D(j\omega)$ vektori o'zgarish burchagi $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ga teng ekanligi 5.9-rasmdan ko'rinadi.

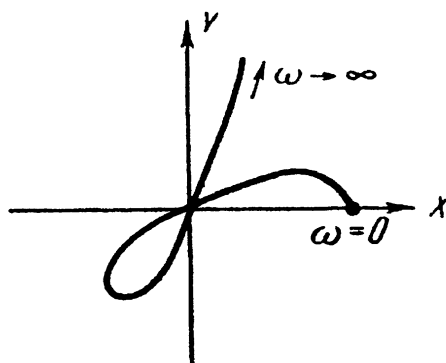
(5.1) ifodaga burchakning qiymati $n=5$ va qo'yib, musbat mavhum qismdagi ildizlar soniga ega bo'lamiz:

$$l = \frac{5 \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2}}{\pi} = 2$$

Mixaylov chizig'i koordinata boshidan o'tmaydi, shuning uchun manfiy mavhum qismdagi ildizlar soni $n - l = 5 - 2 = 3$ ga teng.

5.19-masala

5.10-rasmda beshinchi tartibli avtomatik boshqaruv tizimining Mixaylov chizig'i berilgan. Tavsifiy tenglama ildizlarining ildiz tekisligida joylashishini tuzing.



5.10-rasm. 5.19-masala uchun Mixaylov chizig'i

5.20-masala

Yopiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{p(1+T_1p)(1+T_2p)(1+T_3p)}$$

Bu erda, K -yopiq tizimning umumiy uzatishi koeffisienti,

$T_1 = 0,5 \text{cek}$, $T_2 = 0,1 \text{cek}$, $T_3 = 0,02 \text{cek}$ vaqt o'zgarmlari.

Mixaylov mezonni yordamida tizim turg'unlik chegarasida bo'ladigan yopiq tizimning umumiy uzatish koeffisienti K qiymatini aniqlang.

Echish: yopiq tizimning tavsifiy ko'p hadi:

$$D(p) = p(1+T_1p)(1+T_2p)(1+T_3p) + K = T_1T_2T_3p^4 + (T_1T_2 + T_1T_3 + T_2T_3)p^3 + (T_1 + T_2 + T_3)p^2 + p + K$$

T_1, T_2, T_3 larning o'rniga qiymatlarini qo'yib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$D(p) = p(1+T_1p)(1+T_2p)(1+T_3p) + K = 10^{-3} p^4 + 62 \cdot 10^{-3} p^3 + 610 \cdot 10^{-3} p^2 + p + K$$

$D(j\omega)$ vektorini tavsifiy polinomda r ni $j\omega$ ga almashtirib hosil qilamiz:

$$D(j\omega) = X(\omega) + jY(\omega)$$

$$X(\omega) = K - 610 \cdot 10^{-3} \omega^2 + 10^{-3} \omega^4,$$

$$Y(\omega) = \omega - 62 \cdot 10^{-3} \omega^3$$

Tizim turg'unlik chegarasida bo'lganda, koordinata boshidan o'tadi:

$$X(\omega) = K - 610 \cdot 10^{-3} \omega^2 + 10^{-3} \omega^4 = 0 \quad (5.2)$$

$$Y(\omega) = \omega - 62 \cdot 10^{-3} \omega^3 = 0 \quad (5.3)$$

Bu ifodadan chastota qiymatini topamiz:

$$\begin{aligned} \omega - 62 \cdot 10^{-3} \omega^3 &= 0 \\ \omega(1 - 62 \cdot 10^{-3} \omega^2) &= 0 \\ 62 \cdot 10^{-3} \omega^2 &= 1 \\ \omega^2 &= (62 \cdot 10^{-3})^{-1} \text{cek}^{-2} \end{aligned} \quad (5.4)$$

(5.4) ni (5.2) ifodaga qo'yib, K ni qiymatini topamiz:

$$K = \frac{610 \cdot 10^{-3}}{62 \cdot 10^{-3}} - \frac{10^{-3}}{62^2 \cdot 10^{-6}} = 9,6$$

5.21-masala

Yopiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{p(1 + \xi T_1 p + T_1^2 p^2)(1 + T_2 p)(1 + T_3 p)}$$

Bu erda, K – yopiq tizimning umumiy uzatishi koeffisienti, ξ – dempferlash koeffisienti;

$$T_1 = 0,05 \text{cek}, T_2 = 0,2 \text{cek}, T_3 = 0,1 \text{cek} \text{ vaqt o'zgarmaslari.}$$

Mixaylov mezoni yordamida tizim turg'unlik chegarasida bo'ladigan K yopiq tizimning umumiy uzatish koeffisienti qiymatini aniqlang.

5.22-masala

Avtomatik tizim turg'unligini Mixaylov mezoni yordamida aniqlang. Tizimning tavsifiy tenglamasi:

$$a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + a_5 = 0$$

Bu erda,

$$a_0 = 0,15 \cdot 10^{-2} \text{cek}^5, a_1 = 5 \cdot 10^{-2} \text{cek}^4, a_2 = 0,6 \text{cek}^3, a_3 = 4 \text{cek}^2, a_4 = 20 \text{cek}, a_5 = 500$$

5.23-masala

Avtomatik tizimning tavsifiy ko'phadi:

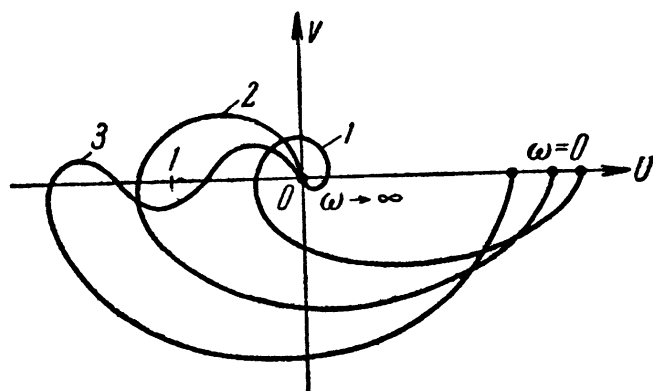
$$D(p) = 2 \cdot 10^{-4} p^6 + 80 \cdot 10^{-4} p^5 + 3 \cdot 10^{-1} p^4 + 1,24 p^3 + 10 p^2 + 40 p + 34$$

Tizim turg'unligini aniqlang.

5.3 Naykvist mezoni bo'yicha tizim turg'unligini tekshirish

5.24-masala

Ochiq holda turg'un tizimning amplituda-faza tavsifi 5.11-rasmda keltirilgan. Yopiq tizimning turg'unligini aniqlang.



5.11-rasm. 5.24-masala uchun A.F.T.

5.25-masala

Elektromexanik kuzatuvchi tizimning yopiq holdagi uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{p(1+T_m p)(1+T_y p)}$$

Bu erda, $K = 100 \text{cek}^{-1}$ – kuzatuvchi tizimning tezlik bo`yicha zichligi, $T_m = 0,02 \text{cek}$ – dvigatel o`zgarmas vaqti; $T_y = 0,02 \text{cek}$ – kuchaytirgich o`zgarmas vaqti.

Naykvist mezonidan foydalanib, elektromexanik tizimning turg`unligini aniqlang.

Echish: amplituda-faza tavsifini (AFT) qurish uchun amplituda chastota tavsifi $A(\omega)$ ni va faza chastota tavsifi $\psi(\omega)$ ni aniqlab olamiz:

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \left| \frac{K}{j\omega(1+j\omega T_m)(1+j\omega T_y)} \right| = \frac{K}{\omega \sqrt{1+(\omega T_m)^2} \sqrt{1+(\omega T_y)^2}} = \frac{100}{\omega \sqrt{1+(\omega \cdot 0,1)^2} \sqrt{1+(\omega \cdot 0,02)^2}},$$

$$\psi(\omega) = \arg W(j\omega) = \arg \frac{K}{j\omega(1+j\omega T_m)(1+j\omega T_y)} = -90^\circ + \psi_1 + \psi_2,$$

$$\psi_1(\omega) = -\arctg \omega T_m = \arctg 0,1\omega,$$

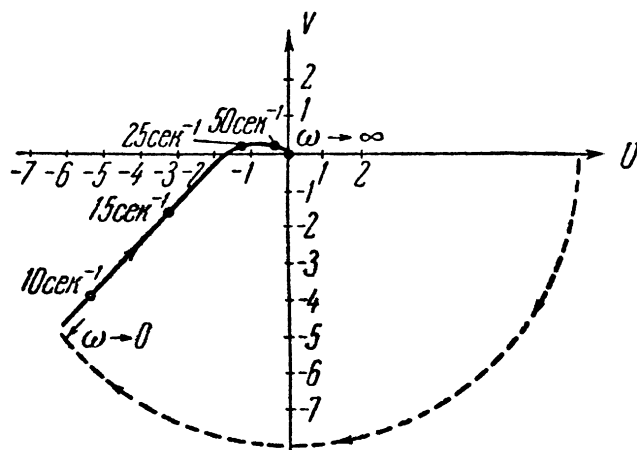
$$\psi_2(\omega) = -\arctg \omega T_y = -\arctg 0,02\omega.$$

$A(\omega), \psi(\omega), \psi_1(\omega), \psi_2(\omega)$ ni ω chastotani bir nechta qiymatlari uchun hisoblab, jadval tuzamiz:

5.1-jadval

ω, cek^{-1}	0	5	10	15	25	50	100
A	∞	18	6.9	3.56	1.32	0.28	0.045
ψ, grad	-90	-122	-144	-153	-184	-214	-238
ψ_1, grad	0	-26	-45	-56	-68	-79	-84
ψ_2, grad	0	-6	-11	-17	-26	-45	-64

Ushbu jadvalga asoslanib, AFTni quramiz (5.12-rasm).



5.12-rasm. Yopiq tizimning AFT

Yopiq tizimi AFT si (-1,0) nuqtadan o'tmoqda. Demak, tizim turg'un emas.

5.26-masala

Naykvist turg'unlik mezonidan foydalanib, 5.25-masalada berilgan tizimni quyidagi ko'rsatkichlar uchun turg'unligini tekshiring:

- a) $K = 50 \text{сек}^{-1}, T_m = 0,1 \text{сек}, T_y = 0,025 \text{сек}$
- b) $K = 200 \text{сек}^{-1}, T_m = 0,02 \text{сек}, T_y = 0,002 \text{сек}$
- v) $K = 50 \text{сек}^{-1}, T_m = 0,1 \text{сек}, T_y = 0,005 \text{сек}$

5.27-masala

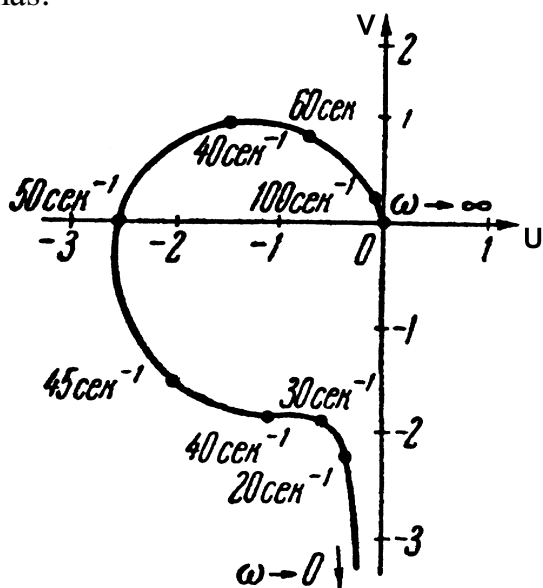
Bir o'qli gireskopik mo'tadillashtirgichning ochiq holdagi uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{p(1 + 2\xi T_r p + T_r^2 p^2)}$$

$K = 40 \text{сек}^{-1}, T_r = 0,02 \text{сек}, \xi = 0,15$

Naykvist mezonidan foydalanib, girostabilizatorning yopiq holatdagi turg'unligini aniqlang.

Echish: tizimning ochiq holatdagi AFTsi 5.13-rasmda keltirilgan. Girostabilizator turg'un emas.



5.13-rasm. 4-masala uchun AFT

5.28-masala

Statik turg'un ob'ektni ochiq holatdagi uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K(1+\tau p)}{p(1+T_1 p)(1+T_0^2 p^2)}$$

Bu erda, $K=1$ —ochiq tizimning kuchaytirish koeffisienti,

$\tau=0,1\text{cek}$ —rostlovchi qurilmaning o'zgaras vaqti; $T_1=0,2\text{cek}$ —bajaruvchi

qurilmaning o'zgaras vaqti, $T_0=0,5\text{cek}$ —ob'ektning o'zgaras vaqti.

Naykvist mezonidan foydalanib, yopiq tizimning turg'unligini aniqlang.

Echish: ochiq tizimning amplituda chastota tavsifi:

$$A(\omega) = \frac{K\sqrt{1+(\omega\tau)^2}}{\sqrt{1+(\omega T_1)^2} \cdot |1-(\omega_0 T_0)^2|} = \frac{\sqrt{1+(0,1\omega)^2}}{\sqrt{1+(0,2\omega)^2} \cdot |1-(0,5\omega)^2|}$$

Faza chastota tavsifi:

$$\psi(\omega) = \begin{cases} \arctg \omega\tau - \arctg \omega T_1 = \arctg 0,1\omega - \arctg 0,2\omega, \omega < \frac{1}{T_0} = 2\text{cek}^{-1} \text{ da} \\ \arctg \omega\tau - \arctg \omega T_1 - 180^\circ = \arctg 0,1\omega - \arctg 0,2\omega - 180^\circ, \omega > \frac{1}{T_0} = 2\text{cek}^{-1} \text{ da} \end{cases}$$

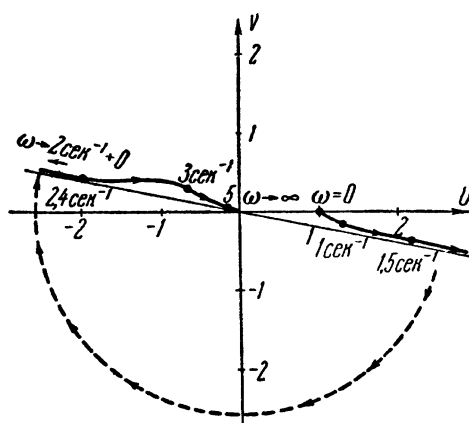
$A(\omega), \psi(\omega)$ ni ω chastotani bir nechta qiymatlari uchun hisoblab, jadval

tuzamiz:

5.2-jadval

ω, cek^{-1}	0	1	1.5	$\omega \rightarrow 2-0$	$\omega \rightarrow 2+0$	2.4	3	5	∞
A	1	1.33	2.2	∞	∞	2.1	0.7	1.15	0
ψ, grad	0	-6	-9	-11	-191	-192	-204	-198	-180

Jadvaldagi ma'lumotlarga asoslanib, ochiq tizimning AFT sini quramiz (5.14-rasm).



5.14-rasm. 5-masala uchun AFT

Yopiq tizimi AFT si $(-1,0)$ nuqtadan o'tmoqda. Demak, tizim turg'un emas.

5.29-masala

Yopiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K(1+\tau p)}{p(1+T_1 p)(1+T_2 p)(1+T_0^2 p^2)}$$

bu erda, $K=1$ —ochiq tizimning kuchaytirish koeffisienti,

$\tau = 0,4\text{сек}$ – rostlovchi qurilmaning o`zgarmas vaqti;
 $T_1 = 0,2\text{сек}, T_2 = 0,1\text{сек}$ – bajaruvchi qurilmaning o`zgarmas vaqti,
 $T_0 = 0,5\text{сек}$ – ob`ektning o`zgarmas vaqti.

Naykvist mezonidan foydalanib, yopiq tizim turg`unligini aniqlang.

5.30-masala

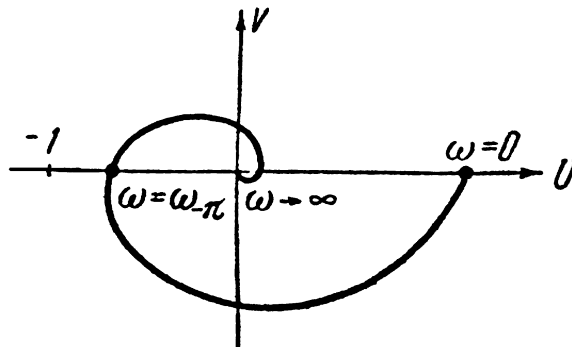
Yopiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{(1+Tp)^n}$$

Bu erda, $K > 0, T > 0, n > 0$

Naykvist mezonidan foydalanib, yopiq tizim turg`unligini aniqlang.

Echish: ochiq tizimning AFT si 5.15-rasmda keltirilgan.



5.15-rasm. 7-masala uchun AFT

Tizimning faza chastotaviy tavsifi:

$$\psi(\omega) = -n \arctg \omega T$$

$$\psi(\omega) = -n \arctg \omega T = -\pi$$

da $\omega = \omega_{-\pi}$ chastota qiymatini aniqlaymiz:

$$\omega_{-\pi} = \frac{tg \frac{\pi}{n}}{T}$$

Tizim turg`un bo`lishi uchun quyidagi shart bajarilishi etarli:

$$\left| W(j\omega) \right|_{\omega=\omega_{-\pi}} = \frac{K}{(\sqrt{1 + (\omega T)^2})^n} \Bigg|_{\omega=\omega_{-\pi}} < 1$$

Ushbu ifodadan turg`unlik shartini aniqlaymiz:

$$K < (\sqrt{1 + tg^2 \frac{\pi}{n}})^n = \frac{1}{\cos^n \frac{\pi}{n}}$$

5.31-masala

Yopiq tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{K}{p(1+Tp)^n}$$

bu erda, $K > 0, T > 0$

Naykvist mezonidan foydalanib, yopiq tizimning turg`unligini aniqlang.

Foydalanilgan adabiyotlar ro`yxati

1. Vasil`ev D.V., Chuich V.G. Sistemi avtomaticheskogo upravleniya. M.: Visshaya shkola, 1967.
2. Sbornik zadach po teorii avtomaticheskogo regulirovaniya i upravleniya. (Pod red. V.A. Bessekerskogo) M.:Nauka, 1969.
3. Zadachnik po teorii avtomaticheskogo upravleniya. (Pod obsh. red. Shatalova A.S.) M.:Energiya,1971.
4. Osnovi teorii avtomaticheskogo regulirovaniya. (Pod red. Krutova V.I.). M.: Mashinostroenie, 1984.
5. E.I. Yurevich. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. M.: Energiya, 1975.
6. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. (Pod obsh. red. Netushila A.V.) Chast` 1,2. M.: Visshaya shkola, 1972.
7. <http://www.ispu.ru>
8. <http://www.matlab.ru>

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI**

«AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI»

fanidan

**tajriba ishlarini bajarish bo‘yicha
uslubiy qo‘llanma**

Navoiy

Boybutayev S.B. «Avtomatik boshqarish nazariyasi» fanidan tajriba ishlarini bajarish bo'yicha uslubiy qo'llanma. - Navoiy, NDKI, 2016 y., - 40 bet.

Ushbu qo'llanma 5311000 – Texnologik jaryonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqaruv (tarmoqlar bo'yicha) ta'lim yo'nalishi talabarlari uchun mo'ljallangan bo'lib, unda «Avtomatik boshqarish nazariyasi» fanidan tajriba ishlarini bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar bayon qilingan. Tajriba ishlarini bajarish davomida talabalar boshqarish sistemalarini xarakteristikalarini o'rganishda EHMdan to'g'ri foydalanish, sistemalarni kompyuterli modellashtirish bo'yicha amaliy ko'nikma va tajriba hosil qiladi.

«Avtomatlashtirish va boshqaruv» kafedrası

Taqrizchilar: Eshmurodov Z.O., t.f.n., dots., «AB» kaf. NDKI.

Xudoyorov SH.J.,f.-m. f. n., dots., «I va AT» NDPI.

1 – Tajriba ishi.

Avtomatik boshqarish tizimidagi topshiriq beruvchi qurilmasining aniqligining tahlili.

1.1. Ishdan maqsad

MatLAB amaliy dasturi tarkibiga kiruvchi **Simulink** dasturi bilan tanishish. Tadqiq etilayotgan ARS struktura sxemasini dasturda tasvirlash va zvenolar bog`lanishining stukturaviy o`zgartirishlar ko`nikmasini mustahkamlash.

1.2. Jixozlanish.

IBM PC tipidagi shaxsiy EXM, **MatLAB** dasturi.

1.3. Nazariy qism.

Uzatish funksiyasi deb chiqish kattaligi **Y(s)** ning Laplas tasviri kirish kattaligi **X(s)** ning Laplas tasviriga boshlang`ich shartlar **0** ga teng bo`lgandagi nisbatiga aytiladi.

$$W(S) = \frac{Y(S)}{X(S)} \Big|_{t=0}$$

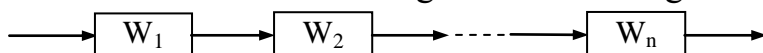
Uzatish funksiyasining umumiy ko`rinishi:

$$W(S) = \frac{b_0 S^{m-1} + b_1 S^{m-2} + \dots + b_m}{a_0 S^n + a_1 S^{n-1} + \dots + a_n}$$

MatLAB dasturida uzatish funksiyasi aynan shunday ko`rinishda kiritiladi. Zaruriy shart $n > m$ bo`lib, bu sistemaning fizik amalga oshirish sharti hisoblanadi.

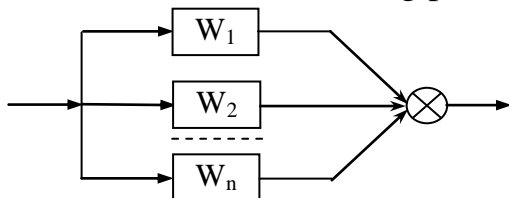
Strukturalarni o`zgartirish qoidalari:

1. Sistema zvenolarining ketma – ket bog`lanishi.



$$W_{um} = W_1 \cdot W_2 \cdot \dots \cdot W_n$$

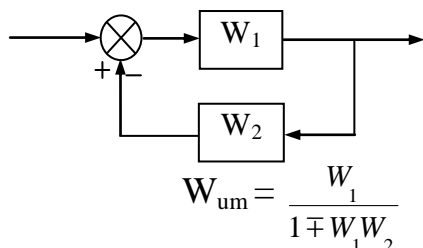
2. Sistema zvenolarining parallel bog`lanishi.



$$W_{um} = W_1 + W_2 + \dots + W_n$$

3. Sistema zvenolarining teskari bog`lanishi

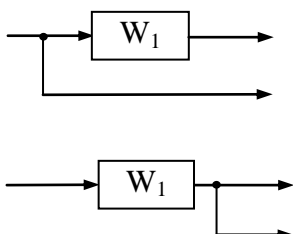
a) musbat va manfiy teskari bog`lanishli strukturalar



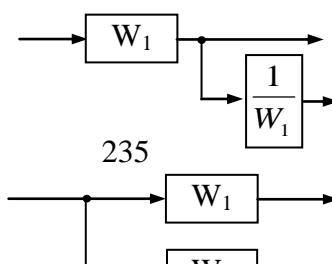
$$W_{um} = \frac{W_1}{1 \mp W_1 W_2}$$

4. Tugunlarni elementlararo ko`chirish

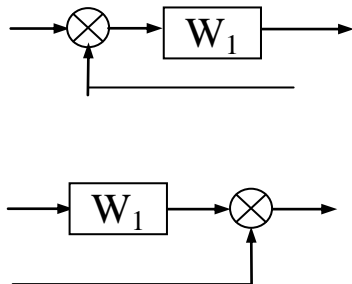
berilgan struktur sxemasi



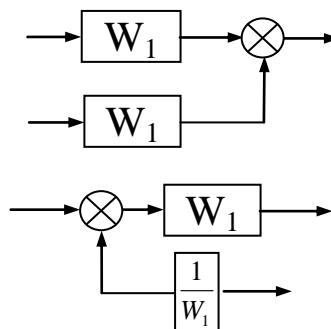
ekvivalent struktur sxema



5. Summatorni elementlararo ko`chirish berilgan struktur sxema

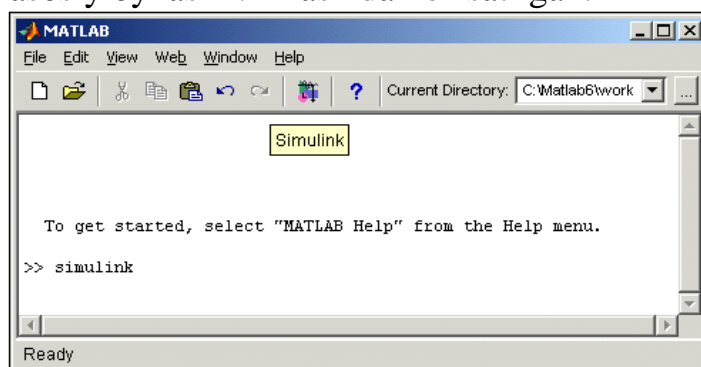


ekvivalent struktur sxema



1.4. Ishni bajarish buyicha metodik ko`rsatma.

Tajriba ishini bajarish uchun avval [MatLAB](#) dasturini ishga tushirish zarur. [MatLAB](#) dasturining asosiy oynasi 1.1- rasmda ko`rsatilgan.

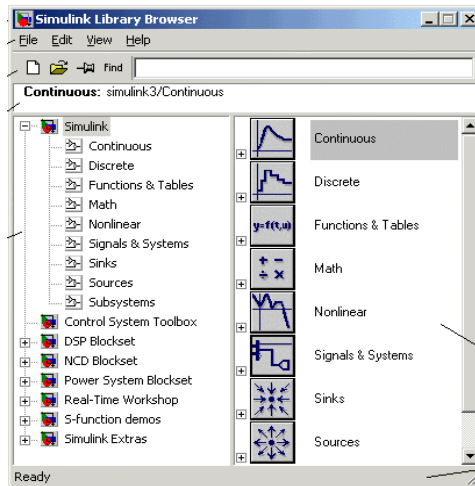


1.1.-rasm. [MatLAB](#) dasturining asosiy saxifasi.

[MatLAB](#) dasturining asosiy oynasi ekranda hosil bo`lgandan so`ng, **Simulink** qism dasturini ishga tushirish kerak. Buni quyidagi uchta usuldan biri yordamida amalga oshirish mumkin:

- [MatLAB](#) dasturi asosiy saxifasining instrumentlar panelidagi **Simulink** tugmasi bosish orqali;
- [MatLAB](#) asosiy saxifasining buyruqlar qatoriga **simulink** buyrug`ini yozish va Enter klavishasini bosish orqali;
- **File** menyusidagi **Open...** punktini bajarib, modellar fayli (**.mdl**-fayl) ni ochish orqali.


Oxirgi variant tayyor modellar ustida xisoblash amallarini bajarish uchun qulay xisoblanadi, ammo bu usulda qo`shimcha bloklar kiritish mumkin emas. Birinchi va ikkinchi usullarni qo`llash natijasida **Simulink** kutubxonasi bo`limlari ochiladi (1.2 -rasm).

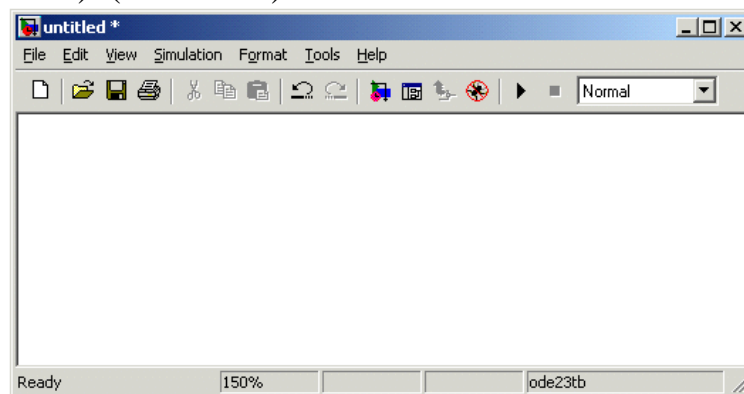


1.2.- rasm. **Simulink** kutubxonasi bo`limlari.

Model strukturasi tuzish.

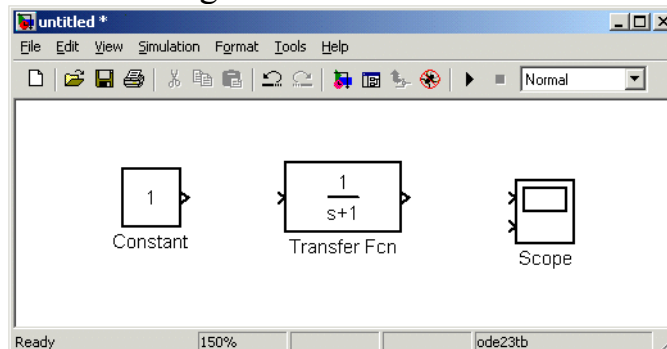
Simulink muxitida model tuzish uchun quyidagi punktlar ketma – ketligini bajarish kerak:

1. [File/New/Model](#) buyrug`i yordamida yoki instrumentlar panelidagi  tugmani qo`llash yordamida yangi model faylini tuzish (bu erda va keyinchalik, «/» belgisi yordamida ketma-ket bajarish uchun tanlash lozim bo`lgan programma menyusi punktlari ko`rsatiladi). (1.3. -rasm)



1.3.- rasm. Model tuzish oynasi.

2. [Model oynasiga bloklarni qo`yish](#). Buning uchun mos keluvchi kutubxona bo`limini ochish kerak (Masalan, **Sources** – Istochniki). Keyin esa kursor bilan kerakli blok tanlanadi va sichqonchani chap tugmachasini bosib quyib yubormagan holda, blokni tuzilgan saxifaga «ko`chirib o`tkaziladi». 1.4-rasmda bloklardan tashkil topgan model saxifasi keltirilgan.

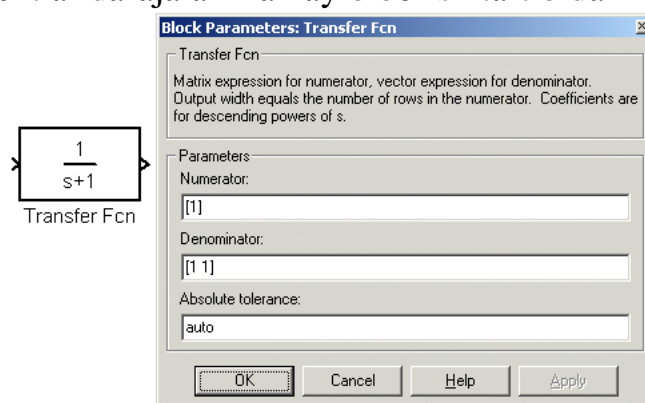


1.4- rasm. Bloklardan tashkil topgan model oynasi.

Blokni o`chirish uchun o`chirilishi lozim bo`lgan blok tanlanadi (kursor bilan uning rasmini ko`rsatish va sichqonchanning chap tugmachasini bosish orqali), so`ngra klaviaturadagi **Delete** klavishi bosiladi.

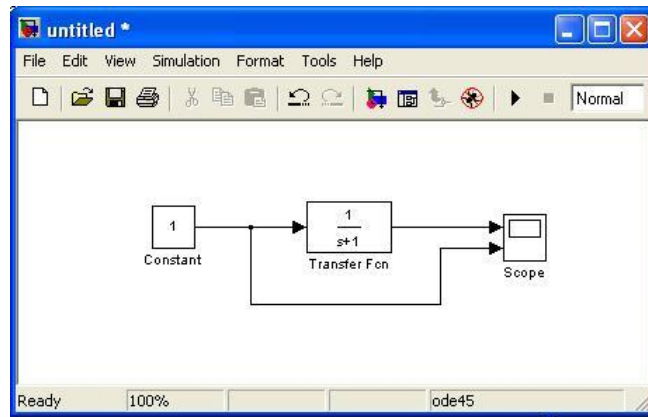
Blok o`lchamlarini o`zgartirish uchun o`zgartirilishi lozim bo`lgan blokni tanlash kerak, sichkoncha bilan blok burchaklaridan biri belgilanadi va chap tugmachasini bosgan xolda blok o`lchamlari o`zgartiriladi (bu holda kursor ikki tomonga qaragan strelka ko`rinishiga ega bo`ladi).

- Agar extiyoji bo`lsa, dastur tomonidan o`rnatilgan parametrlarni o`zgartirish mumkin. Buning uchun kursor yordamida tanlangan blokda sichqonchanning chap tugmachasini ikki marotaba bosish kerak. Natijada, ushbu blok parametrlarini taxrir qilish saxifasi ochiladi. Sonli parametrlarni kiritish jarayonida butun sonlar vergul bilan emas, balki nuqta bilan ajratilishini inobatga olish zarur. O`zgartirishlar kiritib bo`lgandan so`ng saxifani **OK** tugmachasini bosish orqali yopish kerak. 1.5- rasmda misol tariqasida uzatish funksiyasini modellashtiruvchi blok va ushbu blok parametrlarini taxrirlovchi saxifa ko`rinishi keltirilgan. Bu oynadagi **Numerator** qatoriga uzatish funksiyasini suratidagi ko`pxadni koeffisientlar darajalari kamayib borish tartibida kiritiladi. **Denominator** qatoriga uzatish funksiyasini maxrajidagi ko`pxadni koeffisientlar darajalari kamayib borish tartibida kiritiladi.



1.5.-rasm. Uzatish funksiyasi bloki va berilgan blok parametrlarini taxrirlash oynasi.

- [Bloklar o`rtasida bog`lanishlar bajarish.](#) Kutubxonadan kerakli barcha bloklarni sxemada joylashtirgandan so`ng sxema elementlarini bog`lashni bajarish zarur. Bloklarni bog`lash uchun kursor bilan blokning «chiqish»ini belgilash, so`ngra sichqonchanning chap tugmachasini bosgan holda chiziqni (liniyani) keyingi blok kirishiga keltirish kerak. Shundan so`nggina klavishani qo`yib yuborish mumkin. Tarmoqlanish nuqtasini xosil qilish uchun kursorni ulanish chizig`ida kerak bo`lgan tugunga olib kelish va sichqonchanning o`ng klavishasini bosgan xolda chiziqni tortish zarur. Chiziqni o`chirish uchun o`chirilishi lozim bo`lgan chiziqni tanlash talab etiladi (bloklar ustida bajarilgani kabi), so`ngra klaviaturadagi **Delete** klavishasini bosish lozim. 1.6- rasmda bloklar o`rtasida bog`lash amali bajarilgan model sxemasi keltrilgan.



1.6.-rasm. Bloklar o`rtasida bog`lanish bajarilgan model.

5. Xisoblash sxemasini tuzgandan so`ng uni oynadagi **File/Save As...** menyu punktini tanlab, xamda fayl nomi va papkani ko`rsatib, diskda fayl ko`rinishida saqlash lozim. Shuni inobatga olish kerakki, fayl nomi 32 simvoldan oshmasligi, xarfdan boshlanishi hamda kirill va maxsus simvollardan tashkil topmagan bo`lishi kerak. Shu talablar fayl yo`li uchun ham ahamiyatli (fayl saqlanadigan papkalarga). Sxemani qayta taxrirlash jarayonlarida saqlash uchun **File/Save** menyu punktidan foydalanish etarli. **Simulink** qism dasturini qayta ishga tushirganda sxemani yuklash kutubxona nazorat qiluvchi saxifadagi yoki [MatLAB](#) asosiy saxifasidagi **File/Open** menyu punkti yordamida amalga oshiriladi.

1.5. Ishni bajarish tartibi.

1. [MatLAB](#) dasturi ishga tushiriladi.
2. **Simulink** qism dasturi ishga tushiriladi.
3. Yangi model fayli tuziladi.
4. Bibliotekadan talaba o`zining variantiga mos bloklarni model oynasiga joylashtiradi.
5. Bloklar orasidagi bog`lanishlar o`rnatiladi.
6. Blok parametrlari o`zgartiriladi.
7. Model fayli kerakli nom bilan saqlanadi.
8. Tuzilgan model strukturasi bosmaga chiqariladi.

1.6. Sinov savollari

1. Uzatish funksiyasini hamda nollari va qutblarini aniqlang.
2. Uzatish funksiyasini fizik amalga oshirish shartini ko`rsating.
3. Ketma-ket, parallel va teskari bog`langan zvenolarning uzatish funksiyasini hisoblash formulalarini keltiring.
4. Tugunlarni va summatorni elementlararo ko`chirish qoidalari.
5. Berk sistema uzatish funksiyasi va xatolik signalini hisoblash formulalarini keltiring va ta`rif baring.

2-Tajriba ishi.

Burchak tezlik o'zgartkichli-taxogeneratorning statik tavsifini tekshirish va uzatish koeffitsientini aniqlash.

2.1. Ishdan maqsad

O'tkinchi jarayonni qurish bilan tanishish. Tipik dinamik zvenolar va ularning o'tkinchi hamda impul'sli o'tkinchi jarayon xarakteristikalarini qurish.

2.2. Jixozlanish

IBM PC tipidagi shaxsiy EXM va [MatLAB](#) dasturi.

2.3. Masalaning qo'yilishi.

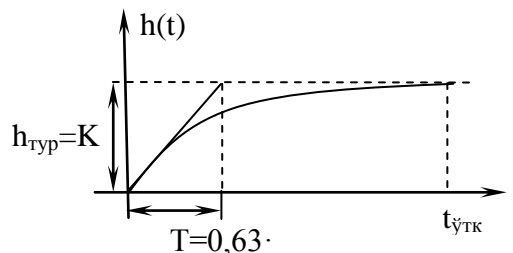
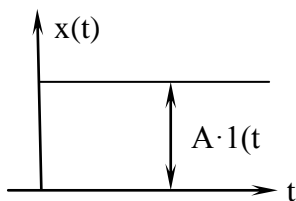
1. O'tkinchi jarayon xarakteristikalarini olish usullari va grafiklarini o'zgartirish imkoniyatlari bilan tanishish.
2. Tipik dinamik zvenolar vaqt xarakteristikalarini tadqiq qilish.

2.4. Nazariy qism.

Asosiy tipik kirish signallari:

- pog'onali signal (funksiya);
- impul'sli signal (funksiya);
- garmonik signal (funksiya).

Sistema (zveno)larning birlik pog'onali ta'sirga bo'lgan reaksiyasiga o'tkinchi jarayon yoki o'tish funksiyasi deyiladi va $h(t)$ bilan belgilanadi.



$$x = A \cdot 1(t); \quad A = \text{const};$$

$$1(t) = \begin{cases} 1, & \text{булса } t \geq 0 \\ 0, & \text{булса } t < 0 \end{cases}$$

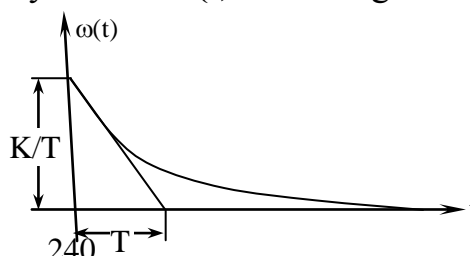
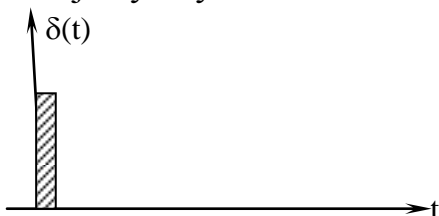
$$L\{A \cdot 1(t)\} = A \frac{1}{p}$$

$t_{o'tk}$ – o'tkinchi jarayon davomiyligi – chiqish signali turg'unlashgunga bo'lgan vaqt.

$T = \tau$ – vaqt doimiysi.

$$\text{Bunda, } T = t \cdot h(t) = k(1 - 0,37) \cdot 1(t) = 0,63k.$$

Sistema (zveno)larning birlik impul'sli ta'sirga bo'lgan reaksiyasi impul'sli o'tkinchi jarayon yoki vazn funksiyasi deyiladi va $\omega(t)$ bilan belgilandi.



$$x(t) = A \cdot \delta(t); \quad A = \text{const};$$

$$\delta(t) = \begin{cases} 0, & \text{булса } t \geq 0 \\ \infty, & \text{булса } t = 0 \end{cases}$$

$$\int_0^{\infty} \delta(t) dt = 1.$$

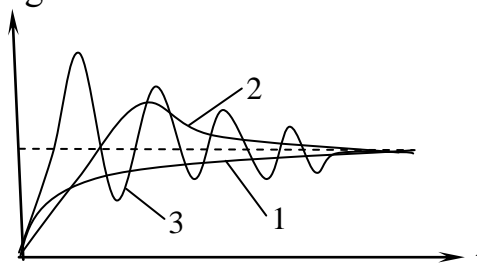
$$A \rightarrow \infty; \quad \Delta t \rightarrow 0$$

O`kinchi va impul`sli o`tkinchi funksiyalar jarayonning vaqt xarakteristikalarini xosil qiladi – bu signal kattaligi o`zgarishning vaqtga bog`liqligidir.

Sistema (zveno) larning garmonik ta`sirga bo`lgan reaksiyasi chastotaviy xarakteristika deyiladi.

O`tkinchi jarayon quyidagicha bo`lishi mumkin:

1. Monoton;
2. Aperiodik;
3. Tebranuvchan.



Pog`onali ta`sirda rostlanish sifati quyidagi parametrlar bo`yicha aniqlanadi:

- t_p – rostlanish vaqti yoki o`tkinchi jarayon vaqti (yo`l qo`yilishi mumkin xatolik zonasi 2Δ ga o`tgungacha bo`lgan vaqt).

$$|h(t) - h_{\infty}(t)| \leq \Delta$$

- $\sigma\% = \frac{h_{\max}(t) - h_{\infty}(t)}{h_{\max}(t)} \cdot 100\%$

Qayta rostlash o`rnatilgan qiymatdan o`tkinchi jarayon grafigining maksimal

og`ishini karakterlaydi; kichik va o`rta quvvatli sistemalar uchun yo`l qo`yilgan

qiymat

$$\sigma\% = (10 \div 20)\%$$

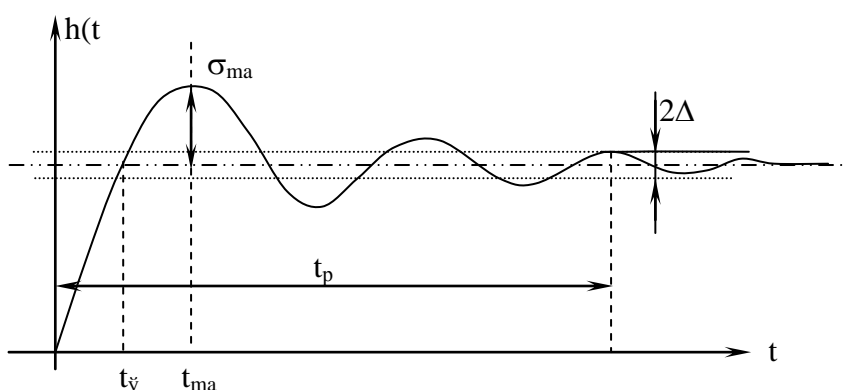
$$\sigma\% = (30 \div 40)\% \text{ -- yuqori quvvatli sistemalar uchun, } \sigma\% \text{ - odatda } 17\% \text{ dan ko`p}$$

emas.

- o`sib borish vaqti t_0 – o`rnatilgan qiymat bilan o`tkinchi jarayon egri chizig`i og`ishining birinchi kesishish nuqtasi absissasi;
- t_{\max} – birinchi maksimum qiymatga erishish vaqti;

- chastota va tebranish davri $\omega = \frac{2\pi}{T}; \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$
- so`nish dekrementi o`tkinchi jarayonning so`nish tezligini xarakterlaydi.

$$\chi\% = \frac{|h_{\max}(t) - h_{\infty}(t)|}{|h_{\min}(t) - h_{\infty}(t)|} \cdot 100\%$$



Tipik dinamik zveno deb, tartibi ikkidan yuqori bo`lmagan differensial tenglamalar bilan ifodalanuvchi elementlar to`plamiga aytiladi.

1. Inersiyasiz (proporsional) zveno

$$y(t) = k \cdot x(t); \quad W(p) = k;$$

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ k \cdot \frac{1}{p} \right\} = k \cdot 1(t).$$

2. Birinchi tartibli inersial zveno

$$T \frac{dy}{dt} + y(t) = k \cdot x(t); \quad W(p) = \frac{k}{T \cdot p + 1};$$

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{k}{1 + pT} \cdot \frac{1}{p} \right\} = k \cdot (1 - e^{-t/T}) \cdot 1(t);$$

$$\omega(t) = h'(t) = L^{-1} \{ W(p) \} = \frac{k}{T} e^{-t/T} \cdot 1'(t)$$

T – vaqt doimiysi;

k – uzatish koeffisienti.

3. Tebranuvchi zveno

$$T^2 \frac{d^2y}{dt^2} + 2dT \frac{dy}{dt} + y(t) = k \cdot x(t); \quad W(p) = \frac{k}{T^2 p^2 + 2dTp + 1};$$

0 < d < 1 – so`nish (darajasi) koeffisienti.

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{k}{T^2 p + 2dT p + 1} \cdot \frac{1}{p} \right\} =$$

$$= k \cdot \left[1 - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\beta} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin(\beta \cdot t + \varphi_0) \right];$$

$$\text{Bunda: } \alpha = \frac{d}{T}, \quad \beta = \frac{\sqrt{1-d^2}}{T}, \quad \varphi_0 = \text{arctg} \frac{\sqrt{1-d^2}}{d};$$

$$\omega(t) = h'(t) = \frac{k(\alpha^2 + \beta^2)}{\beta} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin \beta t.$$

4. Integrallovchi zveno

$$y(t) = k \int_0^t x(t) dt; \quad W(p) = \frac{k}{p};$$

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{k}{p} \cdot \frac{1}{p} \right\} = k \cdot t \cdot 1(t);$$

$$\omega(t) = h'(t) = k \cdot 1'(t)$$

5. ideal differensiallovchi zveno

$$y(t) = k \frac{dx}{dt}; \quad W(p) = kp;$$

$$h(p) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ k \cdot p \cdot \frac{1}{p} \right\} = k \cdot \delta(t);$$

$$\omega(t) = h'(t) = k \cdot \delta'(t);$$

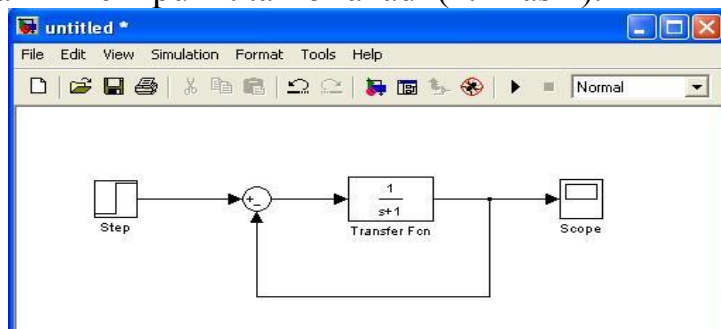
2.5. Ishni bajarish buyicha metodik kursatma.

[MatLAB](#) dasturi asosiy saxifasi ochilgandan keyin **Simulink** qism dasturini ishga tushirish kerak. Buning uchun 1 – tajriba ishida ko'rsatilgan uchta usulning biridan foydalanamiz.

Modelning o'tkinchi xarakteristikasini olish.

1. Sistemaning birlik pog'onali ta'sirga bo'lgan reaksiyasi **h(t)** – o'tish funksiyasini olish. Modelning kirishiga birlik pog'onali ta'sir xosil qilib beruvchi blok (**Step**) qo'yiladi va chiqishda shu funksiyaning grafiini ko'rsatuvchi (**Scope**) bloki qo'yiladi.
2. Sistemani ishga tushirish uchun **Simulink** saxifasi instrumentlar panelidagi (**Start**) tugmasi bosiladi. O'tkinchi jarayon grafigini ko'rish uchun esa **Scope** bloki ustiga kursor keltirilib, sichqonchanning chap tugmachasi ikki marta tez bosiladi.

[Yopiq sistema](#) o'tish funksiyasini olish uchun modelda teskari bog'lanish zanjiri amalga oshiriladi va ikkinchi punkt takrorlanadi (2.1-rasm).

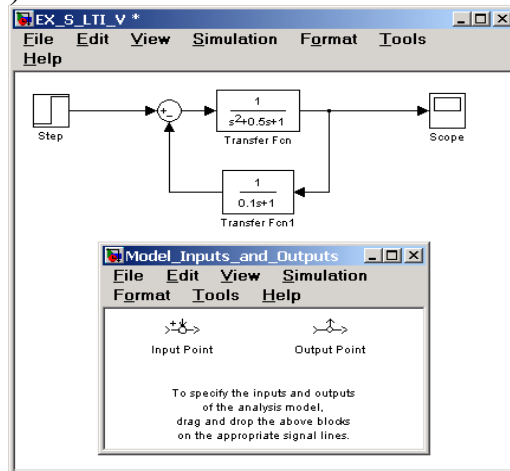


2.1-rasm. Teskari bog'lanishli model sxemasi.

Sistemaning vazn funksiyasini olish.

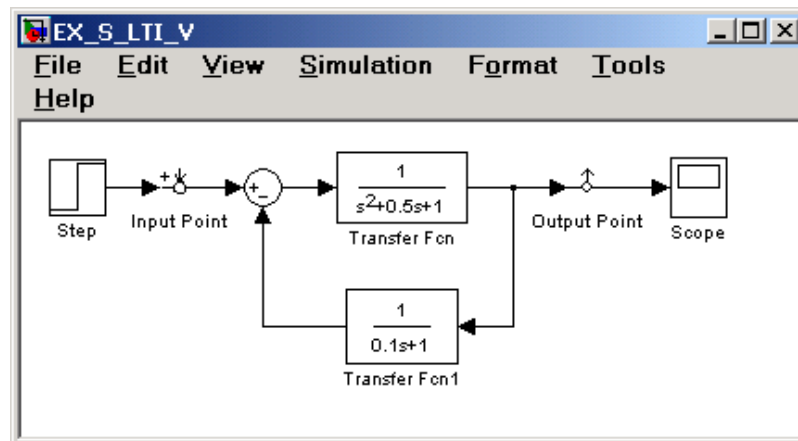
Buning uchun **Simulink LTI-Viewer** qism dasturini ishga tushirish lozim. Bu quyidagicha amalga oshiriladi:

1. **Simulink**-modeli sahifasida **Tools\Linear Analysis...** komandasini bajarilganda **Model_Inputs_and_Outputs** sahifasi hamda **Simulink LTI-Viewer** bo`sh sahifasi ochiladi (2.2-rasm).



2.2-rasm. **Simulink LTI-Viewer** bo`sh sahifasi.

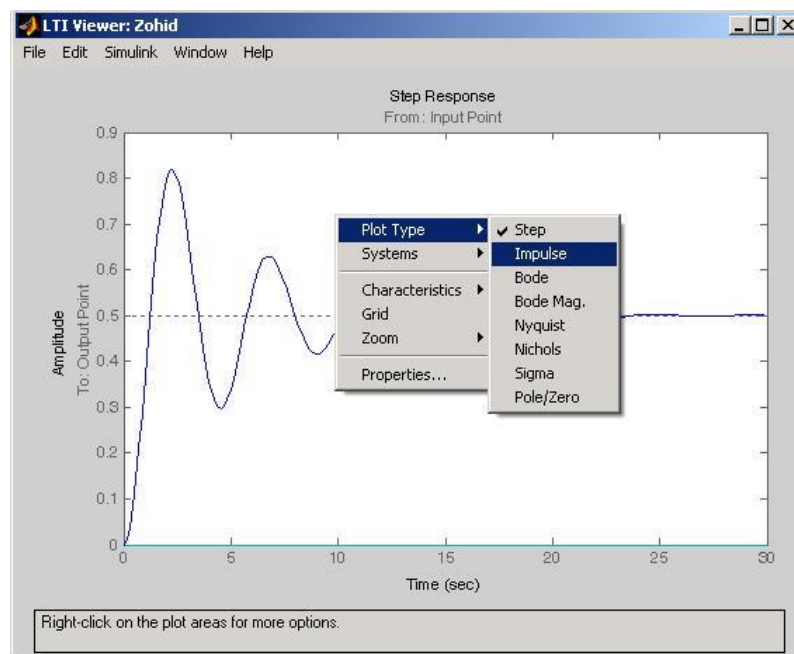
2. [Sistema kirishiga Input Point bloki va chiqishiga Output Point blokini o`rnatiladi](#) (2.3-rasm).



2.3-rasm. **Input Point** bloki va **Output Point** bloki o`rnatilgan model.

3. **LTI Viewer** sahifasida **Simulink\Get Linearized Model** komandasi bajariladi.

Bunda ekranda sistemaning birlik pogonali signalga bulgan reaksiyasi $h(t)$ -xarakteristika xosil buladi. Sitemaning vazn funksiyasini chikarish uchun **LTI Viewer** saxifasida sichkonchanning chap klavishasini bosiladi unda xarakteristikani uzgartirish darchasi paydo buladi. U erdan **Impulse** punkti tanlaniladi (2.4-rasm).



2.4-rasm.. LTI Viewer sahifasi.

2.6. Ishni bajarish tartibi.

1. MatLAB dasturi ishga tushiriladi.
2. Simulink qism dasturi ishga tushiriladi.
3. Variant bo`yicha kerakli sistema modeli tuziladi.
4. Sistemani o`tkinchi jarayon xarakteristikasini olish uchun **Scope** bloki ochiladi so`ngra instrumentlar panelidagi **Start** tugmachasi bosiladi.
5. Sistemaning impul`sli signalga bo`lgan reaksiyasini olish uchun **Simulink LTI-Viewer** sahifasi ochiladi.
6. Sistema kirishiga **Input Point** bloki va chiqishiga **Output Point** blokini o`rnatiladi.
7. **LTI Viewer** sahifasida **Simulink\Get Linearized Model** komandasi bajariladi.
8. Hosil bo`lgan oynada sichqoncha yordamida **Impulse** punkti tanlaniladi.
9. Modelning parametrlarini o`zgartiriladi va o`zgartirilgan model xarakteristikalarini olinib oldingi olingan xarakteristikalar bilan solishtirilib analiz qilinadi.
10. Xarakteristikalar bosmaga chiqariladi.

2.7. Sinov savollari.

1. O`tkinchi va impulsi o`tkinchi funksiyalar.
2. Quyidagi zvenolar uchun vaqt xarakteristikalarini keltiring:
 - Aperiodik zveno
 - Tebranuvchi zveno
 - Integrallovchi zveno
 - Differensiallovchi zveno
3. Quyidagi zvenolarda vaqt xarakteristikalar manfiy birlik teskari aloqa ta`sirida qanday o`zgaradi.
 - Aperiodik zveno
 - Tebranuvchi zveno

- Integrallovchi zveno
 - Differensiallovchi zveno
4. Kiritilgan uzatish funksiyalar parametrlarini o'zgartirish qanday amalga oshiriladi?

3-Tajriba ishi.

Induktiv o'zgartkichlarni uchta (to'g'ridan-to'g'ri, ko'prik va differensial elektr) ulash sxemalari bo'yicha statik tavsifini tekshirish va uzatish koeffitsientini aniqlash.

3.1. Ishdan maqsad

Amplituda va faza chastotaviy xarakteristikalarini qurish. Amplituda va faza chastotaviy xarakteristikalar va ularning bog'liqligini tadqiq etish. Chastotaviy xarakteristikalarini xisoblash, ularni qurish va tahlil qilish.

3.2. Jixozlanish

IBM PC tipidagi shaxsiy EXM va [MatLAB](#) dasturi.

3.3. Masalaning qo'yilishi.

1. Dasturning chastotaviy xarakteristikalarini qurish imkoniyatlari bilan tanishish.
2. **Simulink LTI-Viewer** qism dasturi yordamida chastotaviy xarakteristikalarini qurish.
3. Tipik dinamik zvenolarning chastotaviy xarakteristikalarini tadqiq etish.

3.4. Nazariy qism.

$W(p)$ uzatish funksiyasidan $p=j\omega$ almashtirish yo'li bilan chastotaviy uzatish funksiyasi $W(j\omega)$ olishimiz mumkin.

Chastotaviy uzatish funksiya yoki kompleks kattalikli funksiya $W(j\omega)$ haqiqiy o'zgaruvchi ω ga bog'liq, tarkibi haqiqiy $U(\omega)$ va mavhum $V(\omega)$ qismlardan iboratdir.

$$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) \text{ -- algebraik ko'rinishi.}$$

$$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)} \text{ -- darajali ko'rinishi.}$$

bu erda $A(\omega)$ –amplituda chastotaviy xarakteristika (AFX) yoki Chastotaviy uzatish funksiyasining moduli.

$\varphi(\omega)$ - signal fazasi

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)}$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)}$$

Amplituda fazaviy xarakteristika (AFX) – chastota 0 dan ∞ gacha o'zgarganda chastotaviy uzatish funksiya moduli godografi yoki chastotaviy uzatish funksiyasi fazalarining kompleks tekisligidagi chastotaga bog'liqlik grafigidir.

$$A(\omega) = \text{mod} W(j\omega) = \frac{A_{\text{yuk}}(\omega)}{A_{\text{kup}}(\omega)} \text{ -modul}$$

Chastotaviy uzatish funksiyasining yuqoridagi 2 ta yozilish formasidan quyidagi xarakteristikalarini keltirishimiz mumkin:

- $W(j\omega)$ – AFX-amplituda-fazaviy xarakteristika;

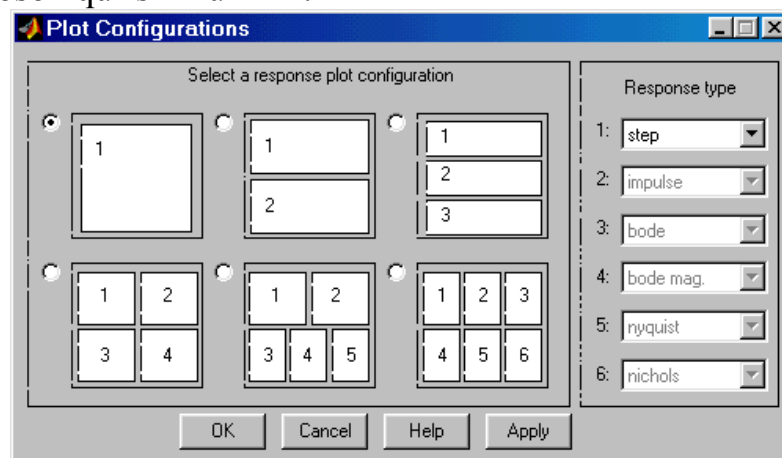
- $A(\omega)$ – AChX- amplituda-chastotaviy xarakteristika;
- $\varphi(\omega)$ – FChX- faza-chastotaviy xarakteristika;
- $U(j\omega)$ – HChX- haqiqiy-chastotaviy xarakteristika;
- $V(j\omega)$ – MChX- mavhum-chastotaviy xarakteristika;
- $L(j\omega)$ – logarifmik amplituda-chastotaviy xarakteristika

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$$

Rostlash jarayonining turg'unligi masalasini tadqiq etishda chastotaviy xarakteristikalar muhim rol o'ynaydi.

3.5. Ishni bajarish bo'yicha metodik ko'rsatma

Simulink LTI-Viewer instrumenti **Control System Toolbox** amaliy dasturi tarkibiga kiradi va chiziqli avtomatik sistemalarni analiz qilish uchun mo'ljallangan. Ushbu instrument yordamida tadqiq qilinayotgan sistemaning chastotaviy xarakteristikalarini oson qurish mumkin.



3.4-rasm. **Plot Configuration** sahifasi

Sistemaning chastotaviy xarakteristikalarini olish uchun 2-tajriba ishidagi **Simulink LTI-Viewer** bilan ishlash ketma-ketligi bajarilib, **LTI Viewer** sahifasidagi **Edit\Plot Configuration...** komandasini bajarish kerak. Bu komandani bajarish natijasida **Plot Configuration** sahifasi ochiladi (3.4-rasm).

Ochilgan sahifada aks etuvchi grafiklar sonini (**Select a response plot configuration** panelida) va turlari (**Response type** panelida) tanlashimiz mumkin.

Quyidagi grafik (diagramma)larni qurish mumkin.

- **step** – birlik pog'onali ta'sirga bo'lgan reaksiyasi;
- **impulse** – birlik impulsli ta'sirga bo'lgan reaksiyasi;
- **bode** – logarifmik amplituda va faza chastotaviy xarakteristika;
- **bode mag** -- logarifmik amplituda chastotaviy xarakteristika;
- **nyquist** – Naykvist diagrammasi;
- **nichols** – Nikols godografi;
- **sigma** – Singulyar soni;
- **pole/zero** – sistemaning qutb va nollari.

3.6. Ishni bajarish tartibi.

1. **MatLAB** dasturi ishga tushiriladi.

2. **Simulink** qism dasturi ishga tushiriladi.
3. Variant bo`yicha kerakli sistema modeli tuziladi.
4. Sistemaning chastotaviy xarakteristikalarini qurish uchun **Simulink LTI-Viewer** sahifasi ochiladi.
5. Sistema kirishiga **Input Point** bloki va chiqishiga **Output Point** blokini o`rnatiladi.
6. **LTI Viewer** sahifasida **Simulink\Get Linearized Model** komandasi bajariladi.
7. **LTI Viewer** sahifasidagi **Edit\Plot Configuration...** komandasini bajariladi.
8. Hosil bo`lgan oynadan kerakli xarakteristikalar tanlanadi.
9. Model parametrlarini o`zgartiriladi va qaytadan xarakteristikalar olinib avvalgi xarakteristikalar bilan solishtirilib o`rganiladi.
10. Natijalar bosmaga chiqariladi.

3.7. Sinov savollari.

1. Chastotaviy xarakteristikalarini gapirib bering (AFX, FChX, AChX).
1. Quyidagi zvenolar uchun chastotaviy xarakteristikalarini keltiring:
 - Aperiodik zveno
 - Tebranuvchi zveno
 - Integrallovchi zveno
 - Differensiallovchi zveno
2. Quyidagi zvenolarda chastotaviy xarakteristikalar manfiy birlik teskari aloqa ta`sirida qanday o`zgaradi.
 - Aperiodik zveno
 - Tebranuvchi zveno
 - Integrallovchi zveno
 - Differensiallovchi zveno

4-Tajriba ishi.

Chiziqli va burchakli rezistorli o`zgartkichlaning statik tavsiflarini tekshirish va uzatish koeffitsientlarini aniqlash.

4.1. Ishdan maksad.

Avtomatik boshqarish sistemalarida turg`unlik masalarini echish, turg`unlik shartlari va mezonlarini o`rganish. [MatLAB](#) dasturi yordamida sistemaning turg`unligini tekshirish.

4.2. Jixozlanish

IBM PC tipidagi shaxsiy EXM va [MatLAB](#) dasturi.

4.3. Masalaning kuyilishi.

1. Dinamik sistemalarning turg'unligini aniqlash mezonlari bilan tanishish.
2. Sistemaning turg'unligini Naykvist mezonini bo'yicha aniqlash.

4.4. Nazarish kism.

Turg'unlikning Naykvist mezonini ochiq sistemaning amplituda faza xarakteristikasi (AFX) buyicha berk sistemaning turg'unligini tekshirish imkonini beradi. Ochiq sistemaning AFX sini esa analitik, xamda esperimental yo'l bilan olish mumkin.

Turg'unlikning bu mezonini aniq ravshan fizik ma'noga ega, ya'ni bu mezon ochiq sistemaning stasionar chastotali xususiyatlarini berk sistemaning nostasionar xususiyatlari bilan bog'laydi. Ochiq sistemaning uzatish funksiyasi $W(p)=P(p)/Q(p)$ berilgan bo'lsin. Bu vrda: $Q(p)$ - ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi. Berk sistemaning uzatish funksiyasi:

$$\Phi(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)} = \frac{\frac{P(p)}{Q(p)}}{1+\frac{P(p)}{Q(p)}} = \frac{P(p)}{Q(p)+P(p)},$$

$$A(p) = 1+W(p) = 1+\frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{Q(p)+P(p)}{Q(p)} \quad \text{-- berk sistemaning xarakteristik tenglamasi.}$$

$Q(p)+P(p)$ - berk sistemaning xarakteristik polinomini ifodalaydi.

$Q(p)$ - polinomi "n" darajaga ega.

$R(p)$ - polinomi "m" darajaga ega.

Sistemani ishga tushirish uchun doimo $m < n$ bo'lishi kerak. Shuning uchun $[Q(p)+R(p)]$ polinomi ham "n" darajaga ega bo'ladi. Ochiq sistemaning o'zi turg'un va noturg'un holatda bo'lishi mumkin. Biz mana shu ikki holatda berk sistemaning turg'unligini tekshirib ko'ramiz.

Ochiq sistema turg'un holatda.

Xarakteristik tenglamaning o'ng ildizlar soni $l=0$ Mixaylov mezoniga muvofiq ochik sistema xarakteristik tenglamasi argumentining o'zgarishi:

$$\Delta \arg Q(j\omega) - n \frac{\pi}{2}$$

$0 < \omega < \infty$

Endi berk sistema turg'un bo'lishini talab etamiz. Unda quyidagi tenglik bajarilishi lozim:

$$\Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] = n \frac{\pi}{2}$$

$0 < \omega < \infty$

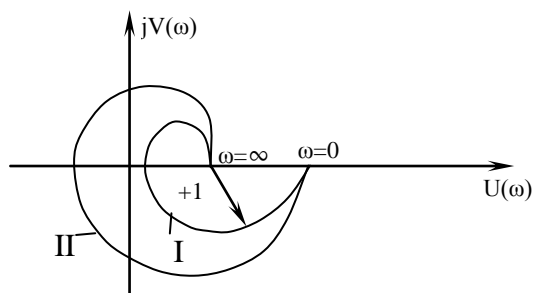
(4.1) ifodaga muvofiq berk sistema xarakteristik tenglamasining argument o'zgarishi:

$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] - \Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - n \frac{\pi}{2} = 0$$

$0 < \omega < \infty$

Shunday qilib, berk sistema turg'un bo'lishi uchun chastota. $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $A(j\omega)$ vektorning koordinata o'qi atrofidagi burchak burilishi (argument o'zgarishi) nolga teng bo'lish kerak, yoki chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda berk sistema AFX $A(j\omega)$

koordinata boshini, ya'ni (0;0) nuqtani o'z ichiga olmasligi kerak. $A(j\omega)=1+W(j\omega)$ godografining ko'rinishi 4.1-rasmida ko'rsatilgan.



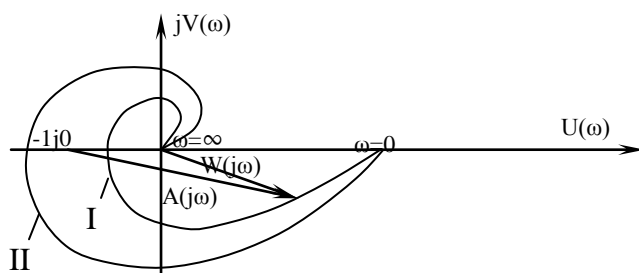
I-berk sistema turg'un.
II-berk sistema noturg'un.

4.1-rasm.

Lekin berk sistemaning AFX $A(j\omega)=1+W(j\omega)$ ochik sistemaning AFX $W(j\omega)$ dan faqat «+1»gagina farq qiladi.

Shuning uchun yuqorida keltirilgan Naykvist mezonining ta'rifini ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ ga tadbiq etganimizda Naykvist mezonini quyidagicha ta'riflash mumkin.

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda (-1;j0) kritik nuqtani o'z ichiga olmasligi kerak. (4.2-rasi).



I-berk sistema turg'un.
II-berk sistema noturg'un.

4.2-rasm.

Ochiq sistema noturg'un.

Bunda ochiq sistema xarakteristik tenglamasi l o'ng ildizga ega ya'ni $l \neq 0$, unda argumentlar prinsipiga muvofiq.

$$\Delta \arg Q(j\omega) = (n - 2l) \frac{\pi}{2} \quad 0 < \omega < \infty$$

bo'ladi.

Agar sistemaning turg'un bo'lishini talab etsak, unda quyidagi shart bajarilish kerak:

$$\Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] = n \frac{\pi}{2} \quad 0 < \omega < \infty$$

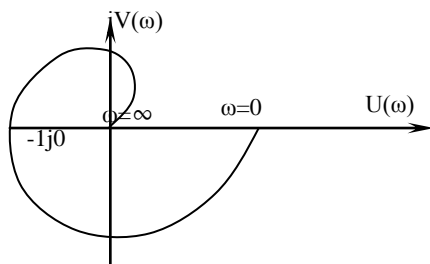
u holda $A(j\omega)=1+W(j\omega)$ vektorining argument o'zgarishi

$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] - \Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - (n - 2l) \frac{\pi}{2} = l\pi \quad 0 < \omega < \infty$$

bo'ladi, ya'ni $A(j\omega)$ vektorining koordinata o'zining boshi atrofida summar burchak burilishi turg'un berk sistema uchun « $l\pi$ » ga teng bo'lishi lozim.

Bundan Naykvist mezonining quyidagi ta'rifi kelib chiqadi.

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ kritik nuqta $(-1; j0)$ ni $l/2$ marta o'z ichiga olishi kerak; bunda l -ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni (4.3-rasm).



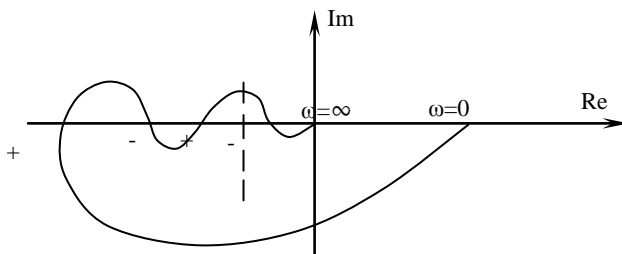
4.3-rasm

$W(j\omega)$ godografi $(-1; j0)$ nuqtani bir marta o'z ichiga olayapti. Shuning uchun bunda ochiq sistemaning o'ng ildizlar soni $l=2$, chunki $l/2=1 \Rightarrow l=2$. Demak ochiq sistema o'ng ildizlar soni $l=2$ bo'lganda berk sistema turg'un bo'ladi. $l \neq 2$ bo'lsa, berk sistema ham noturg'un bo'ladi.

Amaliy masalalarni echishda Ya. 3. Sipkin taklif etgan "o'tish qoidasini" qo'llash maqsadga muvofiqdir.

$W(j\omega)$ xarakteristikani o'tish deganda shu xarakteristikaning kompleks tekisligida manfiy haqiqiy o'qni $(-1; j0)$ nuqtaning chap toponida, ya'ni $(-\infty; -1)$ kesmada kesib o'tishi nazarda tutiladi.

Agar $W(j\omega)$ xarakteristikasi kritik nuqta $(-1; j0)$ ning chap tomonini, ya'ni $(-\infty; -1)$ kesmani chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda pastdan yuqoriga kesib o'tsa, musbat o'tish yuqoridan pasga kesib o'tsa, manfiy o'tish deyiladi (4.4-rasm).

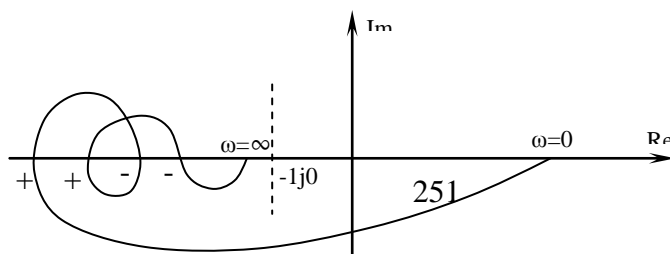


4.4-rasm.

Yuqorida aytilganlarni e'tiborga olgan xolda Naykvist mezoniii quyidagicha ta'riflash mumkin.

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistema AFX $W(j\omega)$ ning chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $(-\infty; -1)$ kesma orqali musbat va manfiy o'tishlarining ayirmasi $l/2$ ga teng bo'lishi kerak. Bunda l -ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni.

Agar $W(j\omega)$ xarakteristikasi $\omega = 0$ bo'lganda $(-\infty; -1)$ kesmada boshlansa, yoki $\omega = \infty$ bo'lganda shu kesmada tugasa, unda $W(j\omega)$ xarakteristikaning bu kesmadan o'tishini yarim o'tish deyiladi. (4.5-rasm).



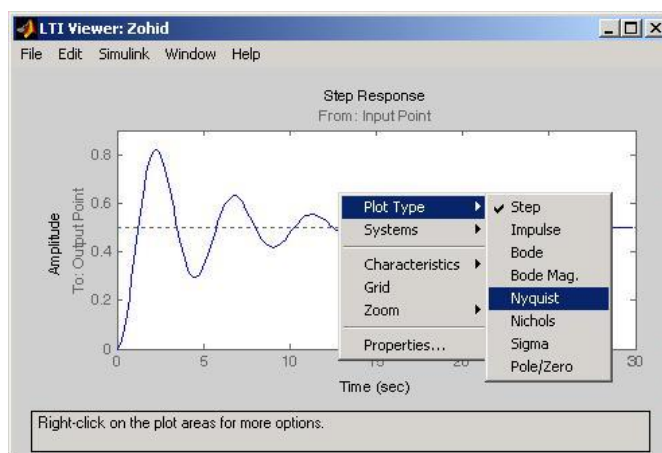
4.5-rasm.

Statik ochiq sistemalarning xarakteristikalari chastota o'zgarganda yopik kontur xosil kiladi.

Ideal integrallovchi eavnosi bo'lgan astatik ochiq sistemalarning $W(j\omega)$ xarakteristikalari chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda yopik kontur hosil qilmaydi.

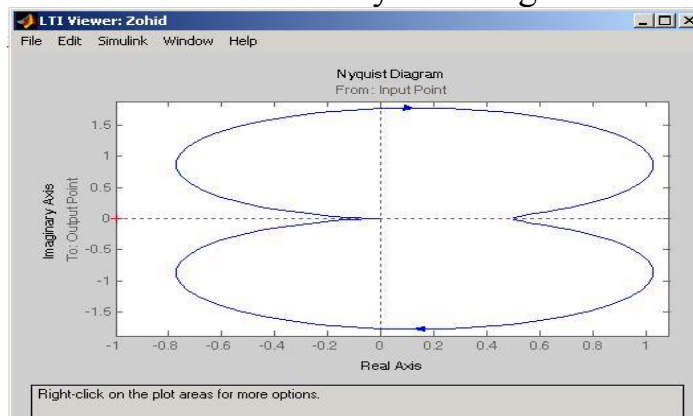
4.5. Ishni bajarish bo'yicha metodik ko'rsatma.

Sistemalarning turgunligini Naykvist mezoni buyicha tekshirganimizda kerakli sistema modeli struktura sxemasi ochiladi yoki tuziladi. So'ngra 3-tajriba ishida ko'rsatilganidek **Simulink**-modeli sahifasida **Tools\Linear Analysis...** punkti orqali sistema kirishiga **Input Point** bloki va chiqishiga **Output Point** bloki o'rnatiladi. **LTI Viewer** sahifasida **Simulink\Get Linearized Model** komandasi bajariladi. Bunda ekranda sistemaning birlik pogonali signalga bulgan reaksiyasi $h(t)$ -xarakteristikasi hosil buladi. Sistemaning Naykvist diagrammasini chikarish uchun **LTI Viewer** saxifasida sichkonchanning chap tugmachasi bosiladi unda xarakteristikani o'zgartirish oynasi hosil bo'ladi.(4.6-rasm.)



4.6-rasm.

U erdan **nyquist** punktini tanlanaladi va Naykvist diagrammasi olinadi (4.7-rasm).



4.7-rasm.

4.6. Ishni bajarish tartibi.

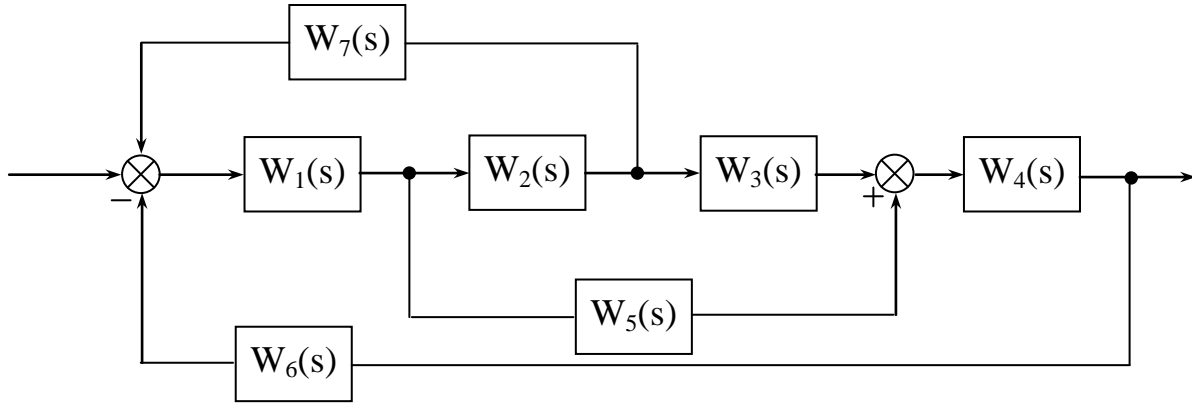
1. **MatLAB** dasturi ishga tushiriladi.

2. **Simulink** qism dasturi ishga tushiriladi.
3. Variant bo`yicha kerakli sistema modeli tuziladi.
4. Sistemaning chastotaviy xarakteristikalarini qurish uchun **Simulink LTI-Viewer** sahifasi ochiladi.
5. Sistema kirishiga **Input Point** bloki va chiqishiga **Output Point** blokini o`rnatiladi.
6. **LTI Viewer** sahifasida **Simulink\Get Linearized Model** komandasi bajariladi.
7. **LTI Viewer** sahifasida sichkonchani chap tugmachasi bosiladi va undan Naykvist diagrammasi tanlaniladi.
8. Model parametrlarini o`zgartiriladi va o`zgartirilgan modeldan Naykvist diagrammasi olinib avvalgisi bilan taqqoslanadi.
9. Diagramma bosmaga chiqariladi.
10. Qurilgan diagrammadan sistemaning turg`unligi tekshiriladi.

4.7. Sinov savollari.

1. Dinamik sistemalarning turg`unligi.
2. Turg`unlikning Gurvis mezonlari.
3. Turg`unlikning chastotaviy mezonlari.
4. Turg`unlikning Naykvist mezonlari.
 - Ochiq sistema turg`un holatda.
 - Ochiq sistema noturg`un holatda.

Variantlar:



№	Uzatish funksiyalari										
	1-tartibli inersial zveno		Intergallovchi zveno	Proporsio-nal zveno	Tebranuvchi zveno			Differensiallovchi zveno	1-tartibli inersial zveno		Proporsio-nal zveno
	K	T	K	K	K	d	T	K	K	T	K
1	W ₁		W ₃	W ₅	W ₇			W ₆	W ₂		W ₄
	0	0	1	9	1	0,2	0,3	3	2	10	1
2	W ₃		W ₇	W ₄	W ₁			W ₅	W ₆		W ₂
	1	0,1	0	10	2	0,1	0,6	4	22	7	19
3	W ₇		W ₅	W ₄	W ₆			W ₁	W ₂		W ₃
	2	0,5	2	0	4	0,8	2	2	18	0,7	3
4	W ₆		W ₁	W ₃	W ₂			W ₄	W ₇		W ₅
	14	10	3	11	0	0	0	1	1	0,2	5
5	W ₅		W ₂	W ₆	W ₃			W ₇	W ₁		W ₄
	5	0,9	1	18	3	0,5	1	0	2	0,2	3
6	W ₁		W ₃	W ₅	W ₇			W ₆	W ₂		W ₄
	2	1	4	17	5	0,9	2	6	0	0	5
7	W ₃		W ₇	W ₄	W ₁			W ₅	W ₆		W ₂
	8	0,4	3	22	2	0,7	3	3	8	9	0
8	W ₇		W ₅	W ₄	W ₆			W ₁	W ₂		W ₃
	9	5	2	0	4	0,4	0,9	4	7	7	10
9	W ₆		W ₁	W ₃	W ₂			W ₄	W ₇		W ₅
	10	8	0	30	6	0,3	1,3	7	9	5	30
10	W ₅		W ₂	W ₆	W ₃			W ₇	W ₁		W ₄
	0	0	5	1	1	0,6	0,8	2	14	10	26
11	W ₃		W ₇	W ₄	W ₁			W ₅	W ₆		W ₂
	22	9	0	2	3	0,1	2,5	6	11	9	22
12	W ₇		W ₅	W ₄	W ₆			W ₁	W ₂		W ₃
	24	7	1	0	7	0,55	3	5	15	3	20
13	W ₆		W ₁	W ₃	W ₂			W ₄	W ₇		W ₅
	15	6	2	6	0	0	0	4	19	7	19
14	W ₅		W ₂	W ₆	W ₃			W ₇	W ₁		W ₄
	30	4	4	8	6	0,15	2	0	10	5	11
15	W ₁		W ₃	W ₅	W ₇			W ₆	W ₂		W ₄
	7	3	5	7	5	0,8	1	2	0	0	0,8
16	W ₇		W ₅	W ₄	W ₆			W ₁	W ₂		W ₃
	9	2	3	9	4	0,65	2,9	7	24	0,8	0
17	W ₆		W ₁	W ₃	W ₂			W ₄	W ₇		W ₅
	3	5	2	14	3	0,3	4	0	26	8	21
18	W ₅		W ₂	W ₆	W ₃			W ₇	W ₁		W ₄
	4	0,2	4	0	8	0,5	2	1	29	8	17
19	W ₁		W ₃	W ₅	W ₇			W ₆	W ₂		W ₄
	26	10	0	11	1	0,63	0,7	5	30	2	12
20	W ₃		W ₇	W ₄	W ₁			W ₅	W ₆		W ₂
	19	0,8	3	15	2	0,7	0,7	4	0	0	16

5-Tajriba ishi.

Elektromagnit relening statik tavsifini tekshirish, asosiy elektrli va vaqt parametrlarini aniqlash.

Ishning maqsadi: imitatsion modellashtirish usulini qo'llash orqali EHMda model tuzish va tasodifiy jarayonning taqsimot funksiyasini qurish.

1.Nazariy qism

Model qurish va ularni tadbiiq qilishda statistik tajribalar usuli juda keng qo'llaniladi. Bu usul tasodifiy sonlarni rostdlashga asoslangan usul, ya'ni bu usulda tasodifiy kattaliklar extimolini taqsimot qiymatlari beriladi. Statistik modellashtirish deganda EHM yordamida modellashtirilayotgan sistemada borayotgan jarayonlarni statik ma'lumotlar olishni tushuniladi. Statistik modellashtirish yordamida tekshirilayotgan sistema ishlash jarayonida modellashtiruvchi algoritmi barcha tasodifiy ta'sirlar va barcha ta'sirlar orasidagi o'zaro bog'liqlikni hisobga olgan holda tuziladi. Statistik modellashtirish usuli birinchidan stoxastik sistemalar va ikkinchidan detirmenik masalalarni yechishda ko'proq qo'llaniladi.

Tasodifiy kattalik deb tajribalar natijasida oldindan ma'lum bo'lmagan qabul qilishi mumkin bo'lgan qiymatlardan birini qabul qilishi mumkin bo'lgan kattalikka aytiladi. Tasodifiy kattaliklar diskret (alohida qiymatlar qabul qiluvchi) va muntazam kattaliklarga bo'linadi.

Tasodifiy kattalikning o'rta qiymati tajriba vaqtida olingan barcha natijalarning oddiy o'rta qiymatidan iborat. Diskret tasodifiy kattalik x m_1 tajribada x_1 va m_2 tajribada x_2 qiymatlarni qabul qilayotgan bo'lsin.

U holda

$$\bar{x}_n = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_r m_r}{m_1 + m_2 + \dots + m_r} = \frac{\sum_{i=1}^r x_i m_i}{n}$$

Bu yerda $n = \sum_{i=1}^r m_i$ - o'tkazilgan tajribalarning umumiy soni.

Ushbu tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\bar{x}_n = x_1 \frac{m_1}{n} + x_2 \frac{m_2}{n} + \dots + x_r \frac{m_r}{n} = \sum_{i=1}^r x_i P_i^*$$

Bu yerda $P_i^* = \frac{m_i}{n}$ - tasodifiy kattalik x ning statistik ehtimoli.

Agar $n \rightarrow \infty$ bo'lsa $P_i^* \rightarrow P_i$ bo'ladi.

Ehtimollar nazariyasida matematik kutilish tushunchasi juda kata o'rin egallaydi. Tasodifiy kattalikning matematik kutilishi quyidagicha izlanadi.

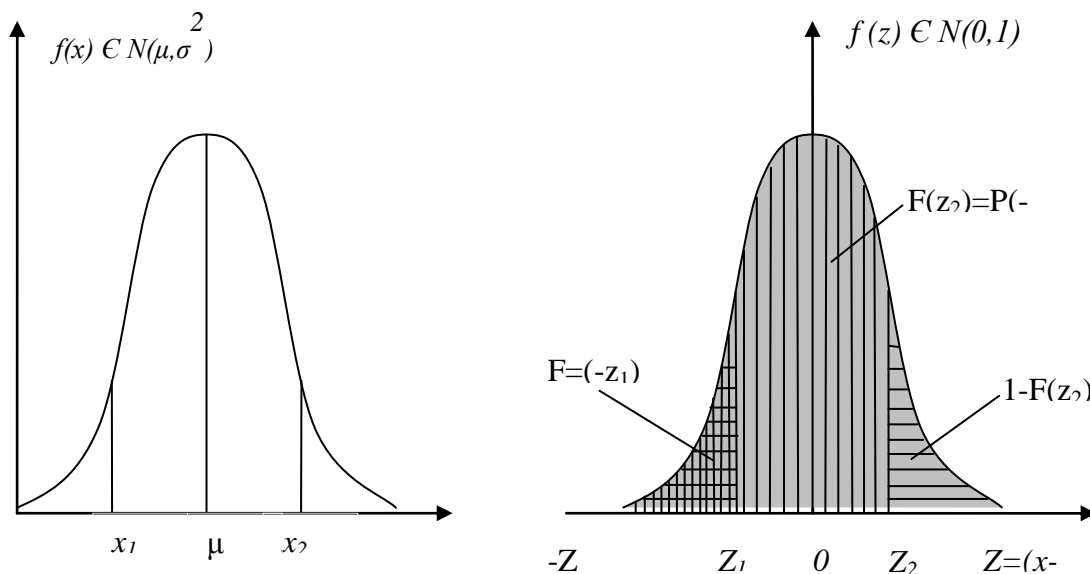
$$\langle x \rangle \bar{x} = \sum_{i=1}^r x_i \cdot p_i$$

Tasodifiy kattalikning mumkin bo'lgan umumiy qonunlarini ko'rib chiqamiz.

Normal taqsimot.

$$P(x_1 < x < x_2) = F\left(\frac{x_2 - \mu}{\sigma}\right) - F\left(\frac{x_1 - \mu}{\sigma}\right) = F(z_2) - F(z_1)$$

Ushbu ehtimollikning grafik ko'rinishi quyidagicha



2. Amaliy qism.

Masalaning quyilishi:

Biror stoxastik xarakterga ega bo'lgan v_r sistema mavjud bo'lsin. Bu sistema quyidagi kattaliklar yoki quyidagi munoabatlar bilan ifodalansin:

Kirish signali: $x = 1 - e^{-\lambda}$. Bu sistema quyidagi ifodalangan tasodifiy kattalik $v = 1 - e^{-\varphi}$ ta'sir qilmoqda. Bu yerda λ va φ tasodifiy kattaliklar va ularni taqsimot reaksiyasi ma'lum deb hisoblaymiz.

Modellashtirishdan maqsad chiqish signali u ning matematik ko'rinishni aniqlash $M[y]$. Eng sodda holda matematik kutilishning baxo funksiyasini quyidagicha topishimiz mumkin: $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$; Bu yerda y_i y ning tasodifiy qiymati; N – tajribalar soni.

Shuningdek chiqish funksiyasi va kirish hamda g'alayonlar orasida quyidagi bog'liqlik mavjud: $y = \sqrt{x^2 + v^2}$.

Ushbu hol uchun v_r sistemaning strukturali sxemasini keltiramiz.

B_1 va B_2 – hisoblagich,

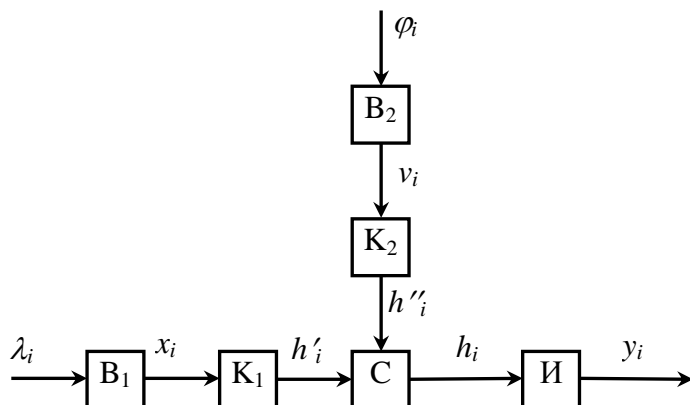
$$x_i = 1 - e^{-\lambda};$$

$$v_i = 1 - e^{-\varphi};$$

$$x_i^2 = (1 - e^{-\lambda})^2; = h_i'$$

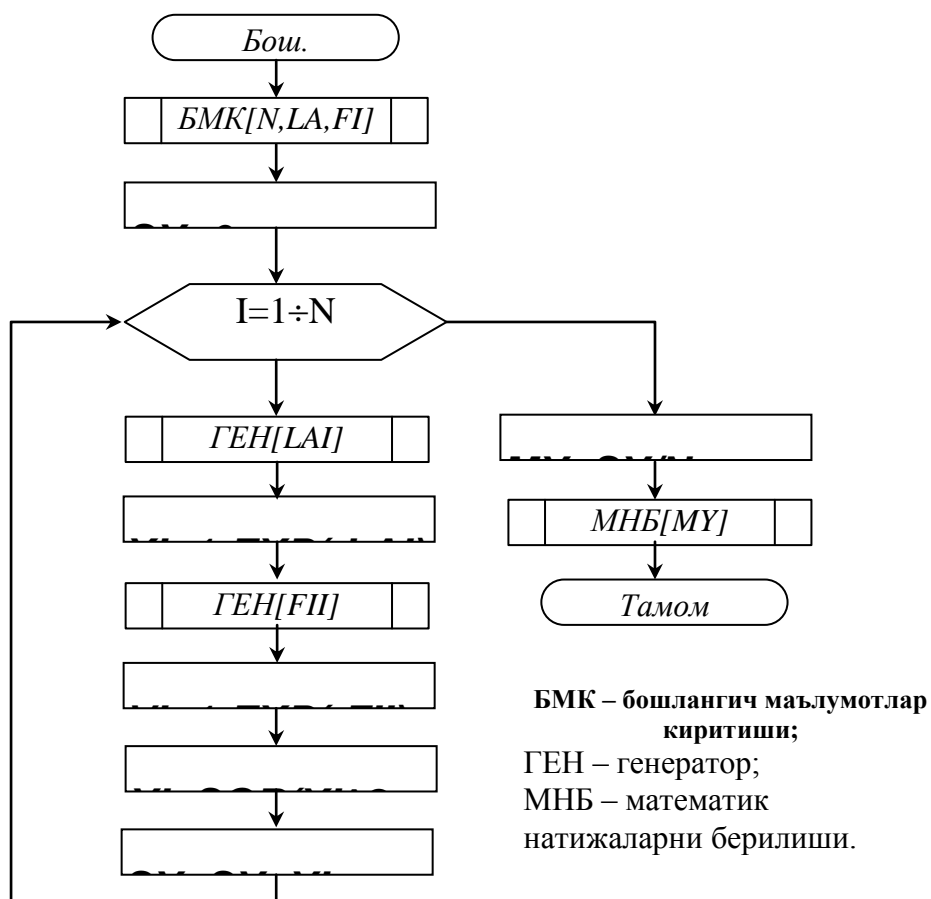
$$v_i^2 = (1 - e^{-\varphi})^2; = h_i''$$

$$h_i = h'_i + h''_i \Rightarrow y_i = \sqrt{h_i} = \sqrt{(1 - e^{-\lambda})^2 + (1 - e^{-\varphi})^2}.$$



1-rasm. Strukturaviy sxema.

S_R sistemasini modellashtiruvchi algoritm ko‘rinishi quyida keltirilgan (2 - rasm).



БМК – бошлангич маълумотлар киритиши;
 ГЕН – генератор;
 МНБ – математик натижаларни берилиши.

3. Ishni bajarish tartibi:

2 – расм.

- 1) keltirilgan blok sxema asosida berilgan masala uchun programma tuzilsin;

- 2) talaba reyting daftarchasining oxirgi ikki raqamining birinchisi λ va ikkinchisi φ ning qiymati deb olinsin;
- 3) berilgan qiymatlarni dasturga kiritish orqali tasodifiy jarayonning grafigini olinsin;
- 4) olingan grafikdan foydalanib ush bu tasodifiy jarayon uchun taqsimot funksiyasini aniqlansin;
- 5) olingan natijalar asosida laboratoriya ishi uchun hisobot tayyorlasin.

4. Tekshirish uchun savollar.

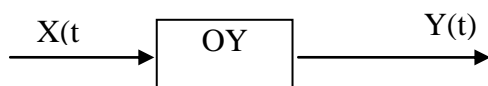
- 1) Laboratoriya ishining maqsadi nimadan iborat?
- 2) Statistik modellashtirishning mohiyatini tushuntiring?
- 3) Immitatsion model nima va uning bosqichlari?
- 4) Tasodifiy jarayonning taqsimot qonuni deganda nimani tushunasiz va u qanday quriladi?

6-Tajriba ishi.

Namunaviy dinamik zvenolarning modelini, o'tish tavsiflarini tekshirish va uzatish koeffitsetnlarini aniqlash.

Ishning maqsadi: Ikkita eksponenta yig'indisi ko'rinishida tezlanish egri chizig'ini approksimatsiyalash va obyektning uzatish funksiyasini topish.

1. Nazariy qism.



Sistemaning uzatish funksiyasi deb sistemaning boshlang'ich shartlardagi chiqish signali Laplas almashtirilishining kirish signali Laplas almashtirilishiga nisbatiga aytiladi.

$$W(P) = \frac{Y(P)}{X(P)}$$

Bu yerda $P = \frac{d}{dt}$ operator bo'lib differensiallash operatsiyasini bajaradi.

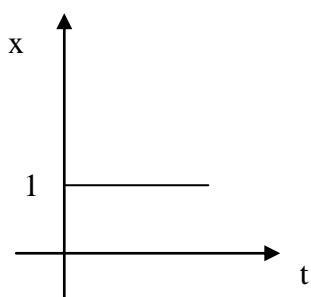
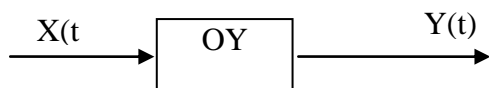
Agar sistema bir necha kirishga ega bo'lsa ulardan biriga nisbatan uzatish funksiyasini aniqlash uchun boshqa kirish signallari o'zgarmas deb hisoblanadi.

$$a_0 y^n(t) + a_1 y^{n-1}(t) + \dots + a_n = kx(t) \quad x(p) = \int_{-J}^J x(t) e^{-pt} dt$$

Laplas almashtirilishi haqiqiy o'zgaruvchi t dan kompleks soha o'zgaruvchisi $p = j\omega$ ga o'tish uchun kerak. Bu esa hisoblash ishlarini soddalashtirish va sistemani chastota sohasida tekshirish uchun kerak.

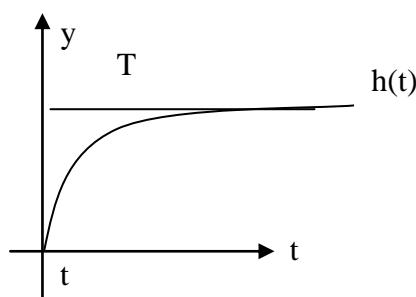
Boshqarish sistemalarining muhim xarakteristikalarini sifatida o'tish va impulsli o'tish funksiyalari va ularning grafiklarida vaqt xarakteristikalarini keltirish mumkin.

Sistemaning o'tish funksiyasi deb sistemaning kirishiga bir pog'onali birlik signal berilganda chiqish signalining o'zlarishini ifodalovchi funksiyaga aytiladi.



$$1(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t \geq 0 \\ 0 & \text{при } t < 0 \end{cases}$$

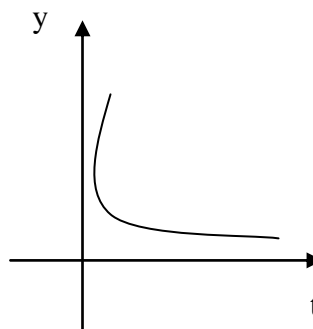
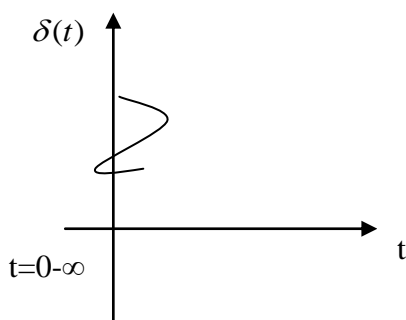
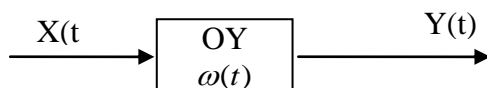
Bir pog'onali ta'sir



h(t) o'tish funksiyasi

O'tish funksiyasi odatda $h(t)$ orqali belgilanadi va bu funksiya sistemaning bir pog'onali tasiriga nol bo'lgan boshlang'ich shartlarda reaksiyasini tavsiflaydi va o'tish funksiyasini grafigi deb yuritiladi.

Impuls o'tish yoki vazn funksiyasi deb sistemaning birlik impuls tasiriga nisbatan nol bo'lgan shartdagi ko'rsatadigan reaksiyasiga aytiladi.



$$\delta(t) = \begin{cases} \infty & \text{при } t = 0 \\ 0 & \text{при } t \neq 0 \end{cases}$$

Fizik jixatdan birlik impulsni juda tor birlik maydonni chegaralovchi impuls sifatida qarash mumkin. Matematik nuqtaiy nazardan $\delta(t)$ funksiya bilan tavsiflanadi.

$\delta(t)$ uchun darak sharti ko'rsatiladi

$$\int_{-s}^s \delta(t) dt = 1$$

2. Amaliy qism.

Tezlanish egri chizig'ini olish bo'yicha tajribalar barqaror rejimda, talab qilingan kanal bo'yicha 0,2-0,3 K_{nom} kattalikdagi pog'onali g'alayonni berish yo'li bilan o'tkaziladi. Tajriba 0,98 Y_{bar} gacha aniqlikda yangi barqaror holat o'rnatilguncha o'tkaziladi.

Egri chiziqqa sof kechikish qismi ajratiladi – T_0 . Koordinata boshi o'ngga T_0 ga va tepaga Y_{nom} ga suriladi. Yangi koordinatalar – $h(t)$ va t da ma'lumotlar jadvali tuziladi. $H(\infty)$ aniqlanadi.

Tezlanish egri chizig'i ikkita eksponenta yig'indisi bo'yicha approksimatsiyalanadi

$$h(t) = C_0 + C_1 e^{-\lambda_1 t} + C_2 e^{-\lambda_2 t}$$

Buning uchun quyidagi minimallashtirish masalasi yechiladi

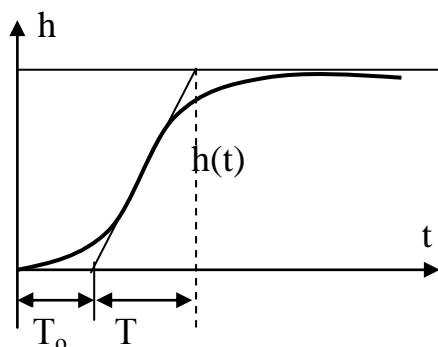
$$R(\lambda_1, \lambda_2) = \sum_{i=1}^n (h_{\text{экс}}(t_i) - h(t_i))^2 \rightarrow \min$$

bunda qo'yidagi cheklanish hisobga olinadi:

$$\begin{cases} C_0 + C_1 + C_2 = 0 \\ C_1 + C_2 \lambda = 0 \\ C_0 = h(\infty) \end{cases}$$

Tenglamalardan S_1 va S_2 chiqarib tashlanadi va masala ikki o'zgaruvchili funksiyaning shartsiz minimumini qidirishga aylanadi.

Optimizatsiya masalasi koordinata bo'yicha tushish usuli yordamida yechiladi. Bu kattalik $f(x)$ - birlik pog'onali funksiya deb belgilanadi.



Rostlash obyekti $W(p)$ uzatish funksiyasi va $h(t)$ uzatish funksiyasi egri chizig'i o'zaro quydagicha bog'langan.

$$h(t) = L^{-1}\{W(p)/p\}$$

bu yerda L^{-1} sistema Laplas teskari almashtirish belgisi.

3. Ishni bajarish tartibi.

1. Programma bibliotekasidan «MOSU1.BAS» programmasi o'qiladi, yoki studentlar tomonidan tuzilgan programma kiritiladi.
2. Programma tekstida qayd etilgan, instruksiyaga mos keladigan, boshlang'ich ma'lumotlar kiritiladi.
3. EHM bilan muloqat rejimida minimum qidiriladi.
4. Agar tuzatma koeffitsentlarning joriy qiymatidan 3-5% kichik bo'lsa, qidirish tugatiladi.
5. Ohirgi hisob-kitob natijasi va programma teksti pechatlash qurilmasiga chiqariladi.
6. Eksperimental va approksimatsiyalangan tezlanish egri chizig'i quriladi.
7. Rostlash obyektining uzatish funksiyasi aniqlanadi

$$W(p) = \frac{K}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \cdot e^{-pT_0}$$

Bu yerda k - S_0 ning alayon kattaligiga nisbati $T_1 = \frac{1}{\lambda_1}$, $T_2 = \frac{1}{\lambda_2}$

4. Tekshirish uchun savollar.

- 1) Faol va passiv tajribalarga ta'rif bering.

- 2) Uzatish funksiyasi deganda nimani tshunasiz va u qanday aniqlanadi?
- 3) Obyektning o'tish xarakteristikasini olish uchun qanday tajriba olib borishimiz lozim?
- 4) Obyektning dinamik xarakteristikalari qanday aniqlanadi?
- 5) Approksimatsiyaning qanday usullarini bilasiz?

7-Tajriba ishi.

Teskari aloqali aylana taransformatorli o'zgartkichli kuzatuvchi avtomatik tizimni strukturasi, ishlash prinsini o'rganish va harakat tavsifining tahlili.

Ishning maqsadi: texnologik obyektlarning modelini ortogonal reja asosida metodik qurish bilan tanishish.

1.Nazariy qism.

Texnologik rejalarini jarayonning chiqish parametrlariga ta'sirini ko'rsatuvchi $y=f(x)$ bog'lanish bahosini aktiv tajribada x faktorni qanday o'zgartirish yo'li bilan o'zgarishlarni nazorat qilish orqali amalga oshiriladi. Odatda aktiv tajribada x_0 (nol) nuqtasi berilgan bog'lanishni olish kerak bo'lgan faktorli fazoga joylashtiriladi. Soddaroq bo'lish uchun tajribani rejalashtirish nazariyasida tajriba hajmini osonlikcha hisoblab beruvchi rejalar belgilari kiritilgan. Xususan, rejalar ma'lum kategoriyalar bo'yicha belgilash kiritiladi.

$$N=m^k \quad (1)$$

bu yerda N – tajribalar soni; k – faktorlar soni; m –faktorlar o'zgarayotgan sathlar soni.

Birinchi darajali rejalarda faktorlar 2-sathda o'zgarganligi uchun, ya'ni $m=2$ bo'lganda (1) chi tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$N=2^k \quad (2)$$

2 chi tenglama orqali ifodalangan va hamma sathlarning barcha kombinatsiyalarini o‘z ichiga kamrab olgan rejalar to‘la faktorli rejalar deyiladi.

To‘la faktorli tajribalar rejaları 3 asosiy xususiyatga ega:

$$1) \sum_{i=1}^N x_{ij} = 0; \quad j = \overline{1, k} \quad \text{Simmetriya xususiyati}$$

$$2) \sum_{i=1}^N x_{ij} = N; \quad j = \overline{1, k} \quad \text{Normallashtirish xossasi}$$

$$3) \sum_{\substack{i=1 \\ j>l}}^N x_{cj} \cdot x_{il} = 0; \quad j, l = \overline{1, k} \quad \text{Ortoganallik xossasi}$$

Ushbu xossalar yordamida tajribalar sonini ancha kamaytirish imkoniyatiga shuningdek, tajribani soddalashtirish va tekshirish imkoniyatiga ega bo‘lamiz.

Ikki faktor ortoganalligi deganda ular orasida umuman bog‘liqlik yo‘qligi tushuniladi. Agar biror bir faktor muhim ahamiyatga ega bo‘lmasa, bunday faktor tenglamadan olib tashlanadi va bu boshqa parametrlarga ta’sir qilmaydi.

2. Amaliy qism.

Birinchi tartibli, 3 faktorli ($K=3$) modelni (2^3 reja asosida) kurish kerak bo‘lsin:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3$$

Quyidagi jadvalda reja matritsasi, tajriba va tahlil natijalari keltirilgan. Faraz qilaylik tajriba jarayonida u_{i1} va y_{i2} parallel tajribalar o‘tkazilgan.

№	x_1	x_2	x_3	y_{i1}	y_{i2}	\bar{y}_i	τ_i^2	\hat{y}	$(\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2$
1.	-	+	-	y_{11}	y_{12}				
2.	+	+	-	y_{21}	y_{22}				
3.	+	+	+	y_{31}	y_{32}				
4.	-	-	+	y_{41}	y_{42}				
5.	-	+	-	y_{51}	y_{52}				
6.	+	-	-	y_{61}	y_{62}				

7.	+	-	+	y_{71}	y_{72}				
8.	+	-	+	y_{81}	y_{82}				

Model qurishni javob funksiyasining o'rtacha qiymatlarini topishdan boshlaymiz.

$$\bar{y}_i = \frac{1}{M} \sum_i y_i \ell \quad \text{Bu yerda } m \text{ parallel tajribalar soni.}$$

Tajribaning har bir nuqtasida dispersiyalarni topamiz:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{u=1}^m (y_{iu} - \bar{y}_i)^2}{m-1}$$

va dispersiyalar yig'indisini hisoblaymiz

$$\sum_{i=1}^N S_i^2 .$$

Keyingi bosqichda quyidagi nisbat tuziladi:

$$G = \frac{\tau_{\max}^2}{\sum_{i=1}^N \tau_i^2}$$

Agar dispersiyalar birjinsli bo'lsa, $G_{\max} < G_p(N, m-1)$ (bu yerda $G_p(N, m-1)$ jadvalda keltirilgan Koxren mezonining qiymatlari) qayta tiklanish dispersiyasi hisoblanadi:

$$S_{\hat{\sigma}\hat{\sigma}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N}$$

Modelning regressiyasi koeffitsiyentlari aniqlanadi: $b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} \bar{y}_i .$

Natijada birinchi darajali regressiya tenglamalarini yozish mumkin bo'ladi:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 .$$

Regressiya koeffitsiyenti naqadar e'tiborga loyiq ekanligini tekshiramiz, ya'ni faktorning javob funksiyasiga ko'p yoki kam ta'sir chegarasini xarakterlovchi qandaydir kritik sathni aniqlovchi koeffitsiyentlar dispersiyalarini hisoblaymiz:

$$\tau^2(b_j) = \frac{\tau_{mx}^2}{Nm}$$

Regressiya koeffitsiyentining chegaraviy qiymati yoki ishonchli chegarasini quyidagicha topamiz:

$$t_j(t) = \frac{|b_j|}{\tau^2(b_j)}$$

va dispersiyani baholaymiz:

$$S_{\hat{e}\hat{e}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N - l}$$

l -modelning hisoblanayotgan koeffitsiyentlar soni.

Fisher kriteriysi:

$$F = \frac{S_{\hat{e}\hat{e}}^2}{S_{\hat{o}\hat{e}\hat{e}}^2}$$

$F_1 \leq F_2(f_1, f_2)$ bo'lganda modelning adekvatligi rad etilmaydi va uni berilgan texnologik jarayonni optimallashtirish uchun ishlatish mumkin. Aks holda $F_1 > F_2(f_1, f_2)$ bo'lganda model adekvat emas va undan foydalanish mumkin emas.

3. Ishni bajarish tartibi.

- 1) Talaba o'ziga berilgan variantdagi y_{i1} va y_{i2} uchun qiymatlarni EHMga kiritadi.
- 2) Jadvalda berilgan ustunlar asosida olingan natijalardan foydalanib Koxren me'zoning hisobiy va jadval natijalari tekshiriladi.
- 3) Agar tajribalar Koxren me'zoni bo'yicha qayta takrorlansa, Student me'zoni bo'yicha model koeffitsiyentlari muhimlikka tekshiriladi.
- 4) Olingan model Fisher me'zoni bo'yicha adekvatlikka tekshiriladi.

4. Tekshirish uchun savollar.

- 1) Tajribani rejalashtirish usulining mohiyati nimadan iborat?
- 2) To'liq faktorlar eksperimentining qanday xossalari bor?
- 3) Qanday me'zon asosida dispersiyaning bir jinsligi aniqlanadi?
- 4) Matematik model koeffitsiyentlari qaysi me'zon asosida muhimlikka tekshiriladi?
- 5) Modelning adekvatlik shartlari qanday?

8-Tajriba ishi.

Chiziqli tizimlarni avtomatik boshqarishni ustivorlik va sifat tahlili.

Ishning maqsadi. Korrelyatsion taxlil usulidan foydalangan holda obyekt modelini tuzish va o'zgaruvchilar orasidagi bog'liqlikni aniqlash.

1. Nazariy qism.

Statistikani usullari ularni qo'llanilishi nuqtaiy nazaridan ikki xil usulga bo'linadi.

1. O'rganilayotgan tasodifiy kattaliklarning no'malum haraktiristikalarini hisoblashga yo'naltirilgan usul.
2. O'rganilayotgan kattaliklar o'zaro aloqalarini (korrelaksiya) aniqlashga yo'naltirilgan usul.

Korrelyatsion taxlilda X va Y - bu ko'p martalab tajribani qaytarganda juft xolda yuzaga keladigan teng xuquqli ikki o'lchanuvchang tasodifiy kattaliklaridir. Korrelyatsiya taxlilining vazifasi - X va Y kattaliklarni bir vaqtda nazorat qilinayotgan qiymatlarni qayta ishlashdan va ular orasidagi aloqani aniqlashdan iborat.

n xajimli o'lchashlar natijasida n ta juft ma'lumot olingan bo'lsin

$$(X_1 Y_1); (X_2 Y_2); (X_3 Y_3) \dots (X_n Y_n)$$

Ush bu natijalarini taxlil qilish X va Y qiymatlarining o'rta arifmetik qiymatlari \bar{X} \bar{Y} hamda empirik dispersiyalarini S_x^2 S_y^2 hisoblashdan boshlanadi

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad S_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Endi bizni X va Y orasidagi aloqa mavjudligi qiziqtiradi. Bu ma'lumotni bizga empirik kovariatsiya funksiyasi beradi.

$$Cov(x : y) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}).$$

Empirik kovariatsiya X va Y kattaliklar orasidagi aloqaning zichligini ko'rsatadi. Kovariatsiya funksiyasi o'lchovli kattalik bo'lib, hisoblash ishlarida ancha noqulayliklar tug'diradi. Shuning uchun kovariatsiyani $S_x S_y$ o'rta kvadratik og'ishlar orqali normallashtirib korrelyatsiya koeffitsientining empirik qiymati topiladi.

$$r_{xy} = \frac{\overset{n}{Cov}(x : y)}{S_x S_y}$$

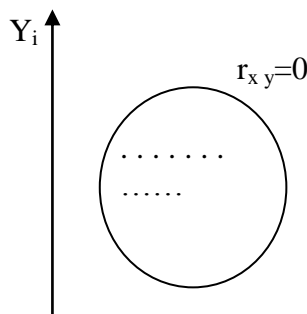
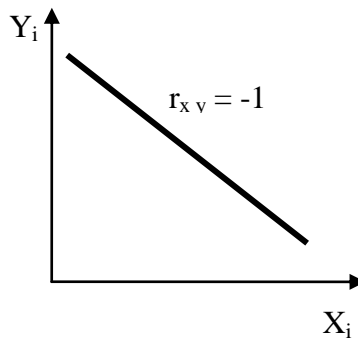
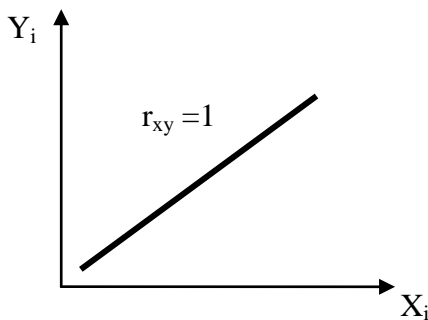
Korrelyatsiya koeffitsenti o'lchovsiz kattalik bo'lib X va Y kattaliklar orasidagi aloqa darajasini ko'rsatadi:

$$r_{xy} = \left(\frac{1}{n-1}\right) \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y},$$

yoki, bir parametrlilik regressiya tenglamalarining koeffitsiyentlari xisolangan bo'lsa:

$$r_{xy} = \frac{b_1 S_x}{S_y} = b_1 \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}}$$

Korrelyatsiya koeffitsenti $[-1:1]$ bo'lgan qiymatlarni qabul qiladi.



Ikki o'zgaruvi uchun qilingan taxil X_i o'zgaruvchili hol uchun quydagicha qo'llaniladi. Ko'p o'lchovli tasodifiy X vektor olamiz bu vektor quydagicha keltirilgan bo'lsin.

$$X = (X_{1i} X_{2i} \dots X_{pi}) i = 1, 2, \dots, n$$

R – Faktorlar soni
 i – tajriba nomeri
 n – tajribalar soni

Ushbu tasodifiy vektor komponentlarining orasidagi barcha juftlik korrelyatsiyalari empirik kovariatsion matritsasini hosil qiladi $CoV(X_n: X_n)$ Ushbu matritsaning diagonal elementlari faktorlar soniga teng bo'lib har bir faktorning empirik dispersiyasidan tashkil topgan bo'ladi. Matritsaning o'zi esa $R \times R$ o'lchamli kvadrat matritsadan iboratdir:

$$V_q^n = \begin{bmatrix} S_{X1}^2 & Cov(x_1, x_2) & \dots & Cov(x_1, x_p) \\ Cov(x_1, x_2) & S_{X2}^2 & \dots & Cov(x_2, x_p) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{X1}^2 & Cov(x_1, x_2) & \dots & Cov(x_1, x_p) \\ Cov(x_p, x_1) & Cov(x_p, x_2) & \dots & S_{Xp}^2 \end{bmatrix}_{p \cdot p}$$

Ushbu matritsa elementlarini o'rta arifmetik S_{XK} va S_{Xi} orqali normallashtirib empirik korrelyatsiya matritsasini ko'rib chiqamiz.

$$r_{xy} = \frac{Cov(xy)}{S_x S_y}$$

$$R_x^n = \begin{bmatrix} 1 & r_{x_1, x_2} & \dots & r_{x_1, x_p} \\ r_{x_2, x_1} & 1 & \dots & r_{x_2, x_p} \\ r_{x_p, x_1} & r_{x_p, x_2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Korrelyatsion matritsaning eng muxim xususiyatlaridan biri - ushbu matritsa aniqlovchisining quyidagi shartni bajarilishidir $0 \leq |R_x| \leq 1$

Korrelyatsion matritsa aniqlovchisini \bar{X} vektor komponentlar orasidagi aloqaning chuqirligini ko'rsatadi. Agar $|R_x| \rightarrow 1$ \bar{X} vektor komponentlari bir biriga bog'liq emas deb tushiniladi.

Agar $|R_x| \rightarrow 0$, aksincha aloqa juda yaqin deb tushiniladi.

9-Tajriba ishi.

Rostlanuvchi o'zgarmas tokli elektr yuritmaning strukturasi, ishlash rejimlarini o'rganish va harakat tavsifining tahlili.

Regressiya taxlili dispersiyalarning birjinsligi o'rnatilgandan kegin o'tkaziladi.

$$G_{\max} \leq G_p(N, m-1) \quad G_{\max} = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^n S_i^2}; \quad S_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y}_i)^2}{m-1} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Bu yerda

m – parallel tajribalar soni.

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{u=1}^m y_{iu}}{m}$$

Kegingi bosqichda tiklanish dispersiyasi xisoblanadi:

$$S_{\text{soch}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2}{N}$$

va bu dispersiyaning erkinlik darajasi aniqlanadi:

$$f = \frac{|b_j|}{S_{bj}}$$

bu yerda S_{bj} - j koeffitsiyentining o'rtakvadratlik og'ishi.

F – kriteriyasi bo'yicha S_{kolod}^2 , bilan taqqoslanadi:

$$S_{\text{kolod}}^2 = \left(\frac{1}{N-n-1} \right) \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2;$$

3. Ishni bajarish tartibi.

1) Talaba o'ziga berilgan variantdagi ma'lumotlar asosida bir faktorli hol uchun kirish va chiqish signallari orasidagi bog'liqlik darajasini aniqlovchi dastur tuzadi.

2) Dastur asosida ma'lumotlarni EHMga kiritib kirish va chiqish signallari orasidagi bog'liqlik darajasi haqida korrelyatsiya koeffitsiyenti qiymatiga qarab xulosa yozadi.

3) Variantdagi ma'lumotlar asosida ko'p faktorli hol uchun chiqish signallari orasidagi bog'liqlik darajasini aniqlovchi dastur tuzadi.

4) Dastur asosida ma'lumotlarni EHMga kiritib chiqish signallari orasidagi bog'liqlik darajasi haqida korrelyatsiya matritsasining aniqlovchisi qiymatiga qarab xulosa yozadi.

5) Olingan natijalar asosida laboratoriya ishi uchun hisobot tayyorlanadi.

4. Tekshirish uchun savollar.

- 1) Ushbu laboratoriya ishining maqsadi qanday?
- 2) Korrelyatsiya koeffitsiyentining fizik ma'nosini tushitiring.
- 3) Bir faktorli hol uchun korrelyatsiya koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
- 4) Korrelyatsiya matritsasining aniqlovchisi qiymatiga ko'ra faktorlar orasidagi bog'liqlik qanday aniqlanadi?
- 5) Olingan natijalar asosida xisobot tayyorlang.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Besekerskiy V.A., Popov E.P. Teoriya sistem avtomaticheskogo regulirovaniya. M.: 1976.
2. Voronov A.A. Osnovi teoriya avtomaticheskogo upravleniya. M.: 1980.
3. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. ch.I pod.red. Voronova A.A. M.: 1986
4. Metodi teoriya avtomaticheskogo upravleniya. 1-tom. pod.red. N.D.Egupova. M.:2000.
5. Dorf R., Bishop R. Sovremennie sistemi upravleniya. M.: 2002.
6. <http://www.ispu.ru>
7. <http://www.matlab.ru>

1.1.
Ta'l

1-Mavzu

Kirish. Asosiy tushunchalar.

im berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-2 soat</i>	Talabalar soni: 12 – 40 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1. Kirish. Boshqaruvning maqsadlari, shakllari va vazifalari.</p> <p>2. Avtomatika taraqqiyotining qisqacha tarixi.</p> <p>3. Avtomatik boshqaruv tizimlari haqida tushuncha.</p> <p>4. Avtomatik rostdash sxemalariga sxemalariga misollar.</p>
<p><i>O'quv mashg'ulotining maqsadi:</i> o'quv kursi bo'yicha umumiy tushuncha berish. Fanni o'rganish obyektlari tug'risida ma'lumot berib, avtomatik boshqaruvning asosiy tushunchalari bilan tanishtirish.</p>	
<p><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> o'quv kursining maqsadi va vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; Fanning predmeti va rivojlanish bosqichlarini tushuntirish; O'zbekistonda va jahonda avtomatika sohasida izlanishlar olib borgan olimlar haqida ma'lumotlar berish; Boshqaruv tizimlari to'g'risida ma'lumot berish; Texnik tizimlarni boshqarish fanining boshqa fanlar bilan bog'liqligini to'g'risida tushuncha berish; 	<p><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> o'quv kursining maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzularni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; Texnik tizimlarni boshqarish fanining rivojlanish bosqichlarini tushuntirib beradi. Mamlakatimizda avtomatika sohasiga hissa qushgan olimlar faoliyati haqida ma'lumot beradi; Boshqaruv tizimlari asosiy tushunchalari to'g'risida ma'lumot beradi;
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish masalasi. Avtomatlashtirish elementlari, vositalari va sistemalari ma'ruza mashg'ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta'lim beruvchi</i>	<i>Ta'lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	1. Mavzu bo'yicha o'quv mazmunini tayyorlash. 2. Kirish ma'ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorash. 3. Talabalar o'quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. 4. O'quv kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro'yxatini ishlab chiqish.	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	1.1. O'quv kursi nomini aytadi. Ekranga kursning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi mavzular ro'yxatini beradi va ularga qisqacha ta'rif beradi 1.2. Birinchi mashg'ulot mavzusi, uning maqsadi va o'quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi. 1.3. Talabalar o'quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi 1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.	Tinglaydilar. Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo'yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi 2.2. "Texnik tizimlarni boshqarish" fanini rivojlanishida hissa qushgan mamlakatimiz va jahonning yetakchi olimlari tug'risida ma'lumot beradi 2.2. Boshqaruv tizimlari elementlari asosiy tushunchalari haqida ma'lumot beradi 2.3. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi: ✓ Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish sohasiga hissa qushgan qanday olimlarni bilasiz? ✓ NKMKda texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishning o'rni qanday va unda faoliyat olib borayotgan mutaxassislar to'g'risida nimalarni bilasiz. 2.4. Boshqaruv zanjirlarning funksional tarkibi va boshqaruv prinsiplarini tushuntirib beradi.	Tinglaydilar, yozadilar. Talabalar berilgan savollarga javob beradilar. Tinglaydilar, yozadilar.
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	3.1. Mavzu bo'yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. 3.2. Mustaqil ishlash uchun texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish sohasi rivojlanishida hissa qushgan	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

2-Mavzu	Avtomatlashtirishning funksional sxemalari.	
	mamlakatimiz olimlari va xorijdagi soha olimlari ishlari bilan tanishish. Boshqaruv tizimlarining funksional sxemalari, tarkibiy elementlari, avtomatlashtirish va boshqaruvning funksional elementlari haqida tushunchalarga ega bo'lish va insert texnikasi asosida mazkur o'quv materialini o'rganib kelish vazifasini beradi:	

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 50 gacha	
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza	
<i>Ma'ruza rejasi</i>	1. Shartli belgilanishlar. 2. Avtomatik qurilma va asboblarning shartli belgilanishiga misollar.	
<i>O'quv mashg'ulotining maqsadi:</i> Texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish vositalari va elementlari, qo'llanish sohalari va asosiy xususiyatlari buyicha umumiy tushuncha berish.		
<i>Pedagogik vazifalar:</i>	<i>O'quv faoliyati natijalari:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish vositalari va elementlari asosida tushuncha berish; • Boshqarish vositalari va elementlarining rivojlanish bosqichlarini tushuntirish; • Texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish vositalari va elementlari, qo'llanish sohalari va asosiy xususiyatlari buyicha umumiy tushuncha berish. • Avtomatik qurilma va asboblarning shartli belgilanishiga to'g'risida ma'lumot berish; 	<ul style="list-style-type: none"> • o'quv kursining maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzularni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; • Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish vositalari tushuntirib beradi. • Boshqaruv tizimlari asosiy tushunchalari to'g'risida ma'lumot beradi; 	
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat	
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy	
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar	
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya	
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob	

2.2. Avtomatlashtirishning funksional sxemalari ma'ruza mashg'ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta'lim beruvchi</i>	<i>Ta'lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	1. Mavzu bo'yicha o'quv mazmunini tayyorlash. 2. Kirish ma'ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorash. 3. Talabalar o'quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. 4. O'quv kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro'yxatini ishlab chiqish.	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	1.1. Texnologik jarayonlarning turlari. Texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlari. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda qo'llaniladigan vositalar haqida tushuncha va ularga qisqacha ta'rif beradi 1.2. Ikkinchi mashg'ulot mavzusi, uning maqsadi va o'quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi. 1.3. Talabalar o'quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi 1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.	Tinglaydilar. Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo'yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi 2.2. Avtomatlashtirish va boshqaruv tizimlarining elementlari va vositalarining asosiy xususiyatlari haqida tushuncha beriladi 2.2. Boshqaruv tizimlari elementlari funksional tarkibi va asosiy guruxlari haqida tushuncha beriladi 2.3. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi: ✓ O'lchov o'zgartirgichlarining harfli belgilanishi haqida gapiring? ✓ Ikkinchi va uchunchi guruh harflarining farqi nimada? 2.4. Avtomatik rostdash sistemalarida ishlatiladigan qurilmalarning shartli belgilanishini tushuntirib beradi.	Tinglaydilar, yozadilar. Talabalar berilgan savollarga javob beradilar. Tinglaydilar, yozadilar.
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	3.1. Mavzu bo'yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. 3.2. Avtomatlashtirishning funksional sxemalari haqida tushunchalarga ega bo'lish va insert texnikasi asosida mazkur o'quv materialini o'rganib kelish vazifasini beradi:	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

3-Mavzu	Avtomatik boshqarish tizimlarining klassifikatsiyasi	
<i>Mashg'ulot vaqti-2 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha	
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza	
<i>Ma'ruza rejasi</i>	1. Avtomatik boshqarish tizimlarining klassifikatsiyasi. 2. Avtomatik sistemalar elementlarining klassifikatsiyasi	
<i>O'quv mashg'ulotining maqsadi:</i> Avtomatik va avtomatlashtirilgan texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlari. Texnologik jarayonlarni avtomatik roslash va roslashning vazifalari		
<i>Pedagogik vazifalar:</i>	<i>O'quv faoliyati natijalari:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Avtomatik roslash sistemalari va avtomatik roslash sistemalarining klassifikatsiyalari haqida tushuncha berish; • Avtomatik roslash sistemalarining klassifikatsiyalanishning asosiy belgilari haqida tushuncha; • Avtomatik roslash sistemalarining afzalliklari va kamchiliklarini to'g'risida ma'lumot berish; 	<ul style="list-style-type: none"> • o'quv kursining maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzularni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; • Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqaruv fanining rivojlanish boshqichlarini tushuntirib beradi. • Boshqaruv tizimlari asosiy tushunchalari to'g'risida ma'lumot beradi; 	
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat	
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy	
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar	
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'tV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya	
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob	

3.2. “Avtomatik boshqarish tizimlarining klassifikatsiyasi” ma’ruza mashg‘ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1.Mavzu bo’yicha o’quv mazmunini tayyorlash.</p> <p>2.Kirish ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorash.</p> <p>3.Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1.Mavzu nomini aytadi. Ekranga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi mavzular ro’yxatini beradi va ularga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2 Uchinchi mashg‘ulot mavzusi, uning maqsadi va o’quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo’yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2. Avtomatik boshqarish tizimlarining klassifikatsiyasi haqida tushuncha beriladi.</p> <p>Avtomatik sistemalar elementlarining klassifikatsiyasi haqida tushuncha beriladi.</p> <p>2.3. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <p>✓ Avtomatik boshqarish sistemalari nomlanish bo’yicha qanday klassifikatsiyalanadi?</p> <p>Avtomatik elementlar funksional nomlanishi bo’yicha qanday klassifikatsiyalanadi?</p>	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	<p>3.1. Mavzu bo’yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi.</p> <p>3.2. Mustaqil ishlash uchun avtomatik boshqarish tizimlarining klassifikatsiyasi va avtomatik sistemalar elementlarining klassifikatsiyasi haqida tushunchalarga ega bo’lish va insert texnikasi asosida mazkur o’quv materialini o’rganib kelish vazifasini beradi:</p>	<p>Savollar beradilar.</p> <p>Vazifani yozib oladilar.</p>

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

4-Mavzu	Adaptiv boshqaruv tizimlar.	
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 50 gacha	
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza	
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adaptiv boshqarish sistemalarining nomlanish. 2. Adaptiv boshqarish sistemalarining turlari va strukturalari. 3. Adaptiv boshqarish masalasining quyilishi. 	
<p style="color: blue;"><i>O'quv mashg'ulotining maqsadi:</i> o'quv kursi bo'yicha umumiy tushuncha berish. Fanni o'rganish obyektlari tug'risida ma'lumot berib, avtomatik boshqaruvning asosiy tushunchalari bilan tanishtirish.</p>		
<p style="text-align: center;"><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi, rostdash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirishda qo'llaniladigan boshqaruv tamoyillari bilan tanishuv. • Boshqaruv tizimlari to'g'risida ma'lumot berish; • Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirishda qo'llaniladigan boshqaruv tamoyillari bilan tanishtiradi 		<p style="text-align: center;"><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; • Avtomatik rostdash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot • Boshqaruv tizimlari asosiy tushunchalari to'g'risida ma'lumot beradi; • Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirishda qo'llaniladigan boshqaruv tamoyillari bilan tanishtiradi
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat	
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy	
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar	
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya	
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob	

4.2. “Adaptiv boshqaruv tizimlari” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	1. Mavzu bo’yicha o’quv mazmunini tayyorlash. 2. Kirish ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorash. 3. Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. 4. O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini ishlab chiqish.	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekranga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi va ularga qisqacha ta’rif beradi 1.2. To’rtinchi mashg’ulot maqsadi va o’quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi. 1.3. Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi 1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.	Tinglaydilar. Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo’yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi 2.2. Adaptiv boshqarish sistemalarining nomlanish haqida ma’lumot. beradi Adaptiv boshqarish sistemalarining turlari va strukturalari bilan tanishtiradi 2.3. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi: ✓ O’z-o’zini tashkil etuvchi sistema deb qanday sistemalarga aytiladi? 2.4. O’z-o’zini sozlovchi sistemalarni tushuntirib beradi.	Tinglaydilar, yozadilar. Talabalar berilgan savollarga javob beradilar. Tinglaydilar, yozadilar.
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	3.1. Mavzu bo’yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. 3.2. Mustaqil ishlash uchun adaptiv boshqarish sistemalarining nomlanish, adaptiv boshqarish sistemalarining turlari va strukturalari haqida tushunchalarga ega bo’lish va insert texnikasi asosida mazkur o’quv materialini o’rganib kelish vazifasini beradi:	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

Ta'lim

5-Mavzu	Avtomatik rostdash tizimlarini modellashtirish
----------------	--

berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-2 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1. O'zgarimas tok elektrodvegateli.</p> <p>2. Rostlashning asosiy prinsiplari</p>
<p><i>O'quv mashg'ulotining maqsadi:</i> o'quv kursi bo'yicha umumiy tushuncha berish. Fanni o'rganish obyektlari tug'risida ma'lumot berib, avtomatik boshqaruvning asosiy tushunchalari bilan tanishtirish.</p>	
<p><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi, rostdash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • Texnologik o'lchashlar haqida ma'lumot. O'lchash usullarining tasnifi. • O'lchash vositalari va ularning tasnifi, xatoliklari • Boshqaruv tizimlari to'g'risida ma'lumot berish; • Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirishda qo'llaniladigan boshqaruv tamoyillari bilan tanishtiradi • 	<p><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; • Texnologik o'lchashlar haqida ma'lumot. • O'lchash usullarining tasnifi. • O'lchash vositalari va ularning tasnifi, xatoliklari
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

5.2. “Avtomatik rostdash tizimlarini modellashtirish” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo’yicha o’quv mazmunini tayyorlash.</p> <p>2. Texnologik o’lchashlar haqida ma’lumot. O’lchash usullarining tasnifi. O’lchash vositalari va ularning tasnifi, xatoliklari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorash.</p> <p>3. Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekranga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. Beshinchi mashg’ulot mavzusi, uning maqsadi va o’quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo’yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2. O’zgarmas tok elektrodvegateli haqida ma’lumot beradi Rostlashning asosiy prinsiplari tushintiradi</p> <p>2.2. O’lchash vositalari va ularning tasnifi, xatoliklari tug’risida ma’lumot beradi</p> <p>2.3. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <p>✓ Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish sohasiga hissa qushgan qanday olimlarnibilasiz?</p> <p>✓ Yopiq avtomatik sistemalarni rostdash haqida nimalarni bilasiz.</p> <p>2.4. .Kombenatsion avtomatik boshqarish sistemari xaqida tushintiradi</p>	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

6-Mavzu	Avtomatik rostdash tizimlarining statikasi	
<i>Mashg'ulot vaqti-2 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha	
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza	
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1. Statik xarakteristikalar.</p> <p>2. Zvenolarning ketma-ket bog'lanishi.</p> <p>3. Zvenolarn parallel bog'lanishi.</p>	
<p>• O'quv mashg'ulotining maqsadi: Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari loyihalarida ishlatiladigan shartli harfiy belgilanishlar va ularning mazmuni va mohiyatlari haqida ma'lumot. berish</p>		
<i>Pedagogik vazifalar:</i>	<i>O'quv faoliyati natijalari:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi, Texnologik o'lchashlar va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostdash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • Texnologik o'lchashlar haqida ma'lumot. O'lchash usullarining tasnifi. Signallarni qayta ishlash usullari • O'lchash vositalari va ularning tasnifi, xatoliklarini kompensatsiyalash 	<ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; • Texnologik o'lchashlar va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. • O'lchash usullarining tasnifi. • Avtomatlashtirish sxemalarida qo'llaniladigan shartli belgilar o'rganiladi • O'lchash vositalari va ularning tasnifi, xatoliklarini kompensatsiyalash usullari o'rganiladi. 	
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat	
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy	
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar	
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya	
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob	

6.2. “Avtomatik rostdash tizimlarining statikasi” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo’yicha o’quv mazmunini tayyorlash.</p> <p>2. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari loyihalarida ishlatiladigan shartli harfiy belgilanishlar va ularning mazmuni va mohiyatlari, xatoliklari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorash.</p> <p>3. Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekranga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. Oltinchi mashg’ulot mavzusi, uning maqsadi va o’quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo’yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2. Statik xarakteristikalar haqida ma’lumot beradi Zvenolarning ketma-ket bog’lanishini tushintiradi Zvenolarning parallel bog’lanishini tug’risida ma’lumot beradi</p> <p>2.3. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish sohasiga hissa qushgan qanday olimlarnibilasiz? ✓ Statik elementlar haqida nimalarni bilasiz. <p>2.4. Zvenolarni teskari aloqa bo’yicha bog’lanishi haqida tushintiradi</p>	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

7-Mavzu	Avtomatik rostdash tizimlarining dinamikasi.	
<i>Mashg'ulot vaqti-2 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha	
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza	
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1. Dinamik xarakteristikalar.</p> <p>2. Differensial tenglamalar va chiziqlantirish.</p> <p>3. Laplas almashtirishi</p>	
<p><i>O'quv mashg'ulotining maqsadi:</i> . Sodda dinamik zvenolar va ularning tavsiflari.</p> <p>•2. Texnologik jarayonlarni rostdash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari haqida ma'lumot. berish</p>		
<i>Pedagogik vazifalar:</i>	<i>O'quv faoliyati natijalari:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi, Texnologik o'lchashlar va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostdash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • Texnologik o'lchashlar haqida ma'lumot. O'lchash usullarining tasnifi. Signallarni qayta ishlash usullari • O'lchash vositalari va ularning tasnifi, xatoliklarini kompensatsiyalash 	<ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; • Sodda dinamik zvenolar va ularning tavsiflari. • Texnologik jarayonlarni rostdash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari • Zvenolarni parallel va ketma-ket ulash usullari. • Boshqaruv zanjirlarini struktur tahlil qilish usullari 	
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat	
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy	
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar	
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya	
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob	

7.2. “Avtomatik rostdash tizimlarining dinamikasi.” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo’yicha ma’ro’za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>2.Sodda dinamik zvenolar va ularning tavsiflari.</p> <p>Texnologik jarayonlarni rostdash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o’zaro bog’lanish turlari. Zvenolarni parallel va ketma-ket ulash usullari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorash.</p> <p>3. Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekranga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. Yettinchi mashg’ulot mavzusi, uning maqsadi va o’quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo’yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2. Dinamik xarakteristikalar haqida ma’lumot beradi.</p> <p>2.3. Differensial tenglamalar va chiziqqtirish tug’risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Zvenolarni parallel va ketma-ket ulash usullari ? ✓ Laplas almashtirishi haqida nimalarni bilasiz. <p>2.5..Zvenolarning o’zaro bog’lanish turlari tug’risida tushuncha beriladi</p>	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

8-Mavzu	Avtomatik rostdash sistemalarining chastotaviy xarakteristikalarini.
----------------	--

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-2 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Amplituda-faza xarakteristikalar. 2. Faza-chastotaviy xarakteristikalar. 3. Logarifmik chastotaviy xarakteristikalar
<p><i>O'quv mashg'ulotining maqsadi:</i> Gidromexanik jarayonlarning turlari. Mexanik jarayonlarning turlari. Massa almashinish jarayonlari haqida boshlang'ich haqida ma'lumot.</p> <p>berish</p>	
<p><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi, Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; • Mexanik jarayonlarning turlari. haqida ma'lumot. berish • Hidromexanik jarayonlarning turlari haqida ma'lumot. berish • Massa almashinish jarayonlari haqida boshlang'ich tushunchalar beriladi 	<p><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; • Hidromexanik jarayonlarning turlari. • Mexanik jarayonlarning turlari. • Massa almashinish jarayonlari haqida boshlang'ich tushunchalar o'rganiladi.
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

8.2. “Avtomatik rostdash sistemalarining chastotaviy xarakteristikalari.” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo‘yicha ma’ro‘za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>2. Gidromexanik jarayonlarning turlari. Mexanik jarayonlarning turlari. Massa almashinish jarayonlari</p> <p>ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash.</p> <p>3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O‘quv kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekranga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. Sakkizinchi mashg’ulot mavzusi, uning maqsadi va o‘quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo‘yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2. Amplituda-faza xarakteristikalar haqida ma’lumot bering?</p> <p>2.3. Logarifmik chastotaviy xarakteristikalar tug‘risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <p>Faza-chastotaviy xarakteristikalar haqida nimalarni bilasiz.</p>	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim	9-Mavzu	Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalarini
---------------	----------------	---

berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-4 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1.Proporsionallavchi zvenolar.</p> <p>2.Differensiallovchi zvenolar</p> <p>3. Inegrallovchi zvenolar.</p>
<p>•O'quv mashg'ulotining maqsadi: Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot . Mikroprotssessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari haqida ma'lumot. berish</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi, Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni mikropro-sessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostlash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • 	<p style="text-align: center;"><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; •Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni rostlash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari •Mikroprotssessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari.
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

9.2. “Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalari” ma’ruza mashg‘ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo‘yicha ma’ro‘za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari. Mikroprotsessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash.</p> <p>3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O‘quv kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekraniga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. To‘qqizinchi mashg‘ulot mavzusi, uning maqsadi va o‘quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (145 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo‘yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2 Proporsionallavchi zvenolar haqida ma’lumot beradi.</p> <p>2.3. Differensiallovchi zvenolar tug‘risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aperiodik zvenolar to‘g‘risida ma’lumot bering ? ✓ Ikkinchi tartibli zvenolar xaqida nimalarni bilasiz. 	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim

10-Mavzu	Avtomatik rostdash sistemalarining strukturaviy sxemasi
-----------------	---

berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-4 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1.Ko'chirish qoidalari.</p> <p>2.Struktur sxemalaran foydalangan holda uzatish funksiyalaridan holat tenglamalarga o'tish.</p> <p>3. Struktur metotdan foydalanish sohalari.</p>
<p>•O'quv mashg'ulotining maqsadi: Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot . Mikroprotessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari haqida ma'lumot. berish</p>	
<p><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi, Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni mikropro-sessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostdash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • 	<p><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; •Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni rostdash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari •Mikroprotessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari.
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

10.2. “Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalari” ma’ruza mashg‘ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo‘yicha ma’ro‘za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari. Mikroprotsessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash.</p> <p>3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O‘quv kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekraniga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. O‘ninchi mashg‘ulot mavzusi, uning maqsadi va o‘quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (145 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo‘yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2 Ko‘chirish qoidalari haqida ma’lumot beradi.</p> <p>2.3. Struktur sxemalaran foydalangan holda uzatish funksiyalaridan holat tenglamalarga o‘tish tug‘risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Strktur meodlar to‘g‘risida ma’lumot bering ? ✓ Matritsalar xaqida nimalarni bilasiz. 	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim	11-Mavzu	Algebraik turg'unlik mezonlari.
---------------	-----------------	---------------------------------

berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-4 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1.Asosiy tushunchalar.</p> <p>2.Chiziqli sistemalar turg'unliginng umumiy shartlari.</p> <p>3. Turg'unlikning zaruriy shartlar.</p>
<p>•O'quv mashg'ulotining maqsadi: Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot . Mikroprotessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari haqida ma'lumot. berish</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi, Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni mikropro-sessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostlash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • 	<p style="text-align: center;"><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; •Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni rostlash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari •Mikroprotessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari.
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

11.2. “Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalari” ma’ruza mashg‘ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo‘yicha ma’ro‘za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari. Mikroprotsessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash.</p> <p>3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O‘quv kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekraniga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. O‘n birinchi mashg‘ulot mavzusi, uning maqsadi va o‘quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (145 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo‘yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2 Chiziqli sistemalar turg‘unliginng umumiy shartlari haqida ma’lumot beradi.</p> <p>2.3. Turg‘unlikning zaruriy shartlar tug‘risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fizik turg‘unlik to‘g‘risida ma’lumot bering ? ✓ Noturg‘un sistemalar xaqida nimalarni bilasiz. 	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim	12-Mavzu	Gurvits va Raus turg'unlik mezonlari
---------------	-----------------	--------------------------------------

berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-4 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1.Gurvits turg'unlik mezoni.</p> <p>2. Rauss turg'unlik mezoni</p>
<p>•O'quv mashg'ulotining maqsadi: Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot . Mikroprotessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari haqida ma'lumot. berish</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi, Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •.Texnologik jarayonlarni mikropro-sessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostlash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • 	<p style="text-align: center;"><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; •Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •.Texnologik jarayonlarni rostlash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari •Mikroprotessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari.
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

12.2. “Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalari” ma’ruza mashg‘ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo‘yicha ma’ro‘za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari. Mikroprotsessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash.</p> <p>3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O‘quv kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekraniga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. O‘n ikkinchi mashg‘ulot mavzusi, uning maqsadi va o‘quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (145 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo‘yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2 Turg‘unlik mezonlari haqida ma’lumot beradi.</p> <p>2.3. Gurvits va Rauss turg‘unlik mezonlari tug‘risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Turg‘unlik mezonlari to‘g‘risida ma’lumot bering ? ✓ Algebraik turg‘unlik mezonlari haqida nimalarni bilasiz. 	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim	13-Mavzu	Chastotaviy turg'unlik mezonlari
---------------	-----------------	----------------------------------

berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-4 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1.Chastotaviy xarakteristikalarini aniqlash.</p> <p>2.Logorifmik chastotaviy xarakteristikalariga misollar.</p>
<p>•O'quv mashg'ulotining maqsadi: Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot . Mikroprotessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari haqida ma'lumot. berish</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi, Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni mikropro-sessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostlash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • 	<p style="text-align: center;"><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; •Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni rostlash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari •Mikroprotessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari.
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'tV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

13.2. “Chastotaviy turg‘unlik mezonlari” ma’ruza mashg‘ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo‘yicha ma’ro‘za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari. Mikroprotsessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash.</p> <p>3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O‘quv kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekranga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. O‘n uchinchi mashg‘ulot mavzusi, uning maqsadi va o‘quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (145 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo‘yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2 Proporsionallavchi zvenolar haqida ma’lumot beradi.</p> <p>2.3. Differensiallovchi zvenolar tug‘risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aperiodik zvenolar to‘g‘risida ma’lumot bering ? ✓ Ikkinchi tartibli zvenolar xaqida nimalarni bilasiz. 	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim	14-Mavzu	Mixaylov va Naykvist turg'unlik mezonlari
---------------	-----------------	---

berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-4 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	1. Mixaylov turg'unlik mezoni 2. Naykvist turg'unlik mezoni
<p>• O'quv mashg'ulotining maqsadi: Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot . Mikroprotessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari haqida ma'lumot. berish</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi, Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. • Texnologik jarayonlarni mikropro-sessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostlash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • 	<p style="text-align: center;"><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; • Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. • Texnologik jarayonlarni rostlash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari • Mikroprotessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari.
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'tV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

14.2. “Mixaylov va Naykvist turg‘unlik mezonlari” ma’ruza mashg‘ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo‘yicha ma’ro‘za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari. Mikroprotsessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash.</p> <p>3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O‘quv kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekranga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. O‘n turtinchi mashg‘ulot mavzusi, uning maqsadi va o‘quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (145 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo‘yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2 Proporsionallavchi zvenolar haqida ma’lumot beradi.</p> <p>2.3. Differensiallovchi zvenolar tug‘risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aperiodik zvenolar to‘g‘risida ma’lumot bering ? ✓ Ikkinchi tartibli zvenolar xaqida nimalarni bilasiz. 	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim	15-Mavzu	O'tish jarayonlarining sifat ko'rsakichlari.
---------------	-----------------	--

berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-4 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1.Proporsionallavchi zvenolar.</p> <p>2.Differensiallovchi zvenolar</p> <p>3. Inegrallovchi zvenolar.</p>
<p>•O'quv mashg'ulotining maqsadi: Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot . Mikroprotssessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari haqida ma'lumot. berish</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi, Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni mikropro-sessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostlash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • 	<p style="text-align: center;"><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; •Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni rostlash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari •Mikroprotssessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari.
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

15.2. “O‘tish jarayonlarining sifat ko‘rsakichlari” ma’ruza mashg‘ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo‘yicha ma’ro‘za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari. Mikroprotsessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash.</p> <p>3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O‘quv kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekranga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. O‘n beshinchi mashg‘ulot mavzusi, uning maqsadi va o‘quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (145 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo‘yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2 Proporsionallavchi zvenolar haqida ma’lumot beradi.</p> <p>2.3. Differensiallovchi zvenolar tug‘risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aperiodik zvenolar to‘g‘risida ma’lumot bering ? ✓ Ikkinchi tartibli zvenolar xaqida nimalarni bilasiz. 	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim	16-Mavzu	Statik ish rejimining tahlili.
---------------	-----------------	--------------------------------

berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-4 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1.Proporsionallavchi zvenolar.</p> <p>2.Differensiallovchi zvenolar</p> <p>3. Inegrallovchi zvenolar.</p>
<p>•O'quv mashg'ulotining maqsadi: Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot . Mikroprotssessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari haqida ma'lumot. berish</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi, Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni mikropro-sessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostlash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • 	<p style="text-align: center;"><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; •Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni rostlash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari •Mikroprotssessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari.
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

16.2. “Statik ish rejimining tahlili” ma’ruza mashg‘ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo‘yicha ma’ro‘za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari. Mikroprotsessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash.</p> <p>3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O‘quv kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekranga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. O‘n oltinchi mashg‘ulot mavzusi, uning maqsadi va o‘quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (145 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo‘yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2 Proporsionallavchi zvenolar haqida ma’lumot beradi.</p> <p>2.3. Differensiallovchi zvenolar tug‘risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aperiodik zvenolar to‘g‘risida ma’lumot bering ? ✓ Ikkinchi tartibli zvenolar xaqida nimalarni bilasiz. 	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

Ta'lim	17-Mavzu	O'tish jarayonlarining sifat ko'rsakichlarini baholash
---------------	-----------------	--

berish texnologiyasining modeli

<i>Mashg'ulot vaqti-4 soat</i>	Talabalar soni: 20 – 50 gacha
<i>Mashg'ulot shakli</i>	Kirish-axborotli ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi</i>	<p>1.Proporsionallavchi zvenolar.</p> <p>2.Differensiallovchi zvenolar</p> <p>3. Inegrallovchi zvenolar.</p>
<p>•O'quv mashg'ulotining maqsadi: Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot . Mikroprotssessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari haqida ma'lumot. berish</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Pedagogik vazifalar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi, Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni mikropro-sessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari va qurilmalarining ishlash tamoyillari haqida ma'lumot. berish • rostlash tizimlarining ishlash prinsiplari haqida ma'lumot vazifalari, o'tiladigan mavzularga tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida tushuncha berish; • 	<p style="text-align: center;"><i>O'quv faoliyati natijalari:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Mavzuning maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzuni tuzilmaviy mantiqiy chizma asosida sharhlab beradi; •Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqida ma'lumot. •Texnologik jarayonlarni rostlash tizimlarini tashkil etuvchi zvenolarning o'zaro bog'lanish turlari •Mikroprotssessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari.
<i>Ta'lim berish usullari</i>	Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat
<i>Ta'lim berish shakllari</i>	Ommaviy, jamoaviy
<i>Ta'lim berish vositalari</i>	O'quv qo'llanma, proyektor, slaydlar
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og'zaki nazorat: savol-javob

17.2. “O‘tish jarayonlarining sifat ko‘rsakichlarini baholash” ma’ruza mashg‘ulotining texnologik xaritasi

<i>Ish bosqichlari va vaqti</i>	<i>Faoliyat mazmuni</i>	
	<i>Ta’lim beruvchi</i>	<i>Ta’lim oluvchilar</i>
Tayyorgarlik bosqichi.	<p>1. Mavzu bo‘yicha ma’ro‘za jarayoni mazmunini tayyorlash.</p> <p>Zamonaviy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari. Mikroprotsessorli boshqarish tizimlari elementlari va vositalari ma’ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash.</p> <p>3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish.</p> <p>4. O‘quv kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxatini ishlab chiqish.</p>	
1. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	<p>1.1. Mavzu nomini aytadi. Ekraniga mavzuning tuzilmaviy mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzuga qisqacha ta’rif beradi</p> <p>1.2. O‘n yettinchi mashg‘ulot mavzusi, uning maqsadi va o‘quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi.</p> <p>1.3. Talabalar o‘quv faoliyatini baholash mezonlari bilan tanishtiradi</p> <p>1.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p>
2-bosqich Asosiy bosqich (145 daqiqa)	<p>2.1. Power Point dasturi yordamida slaydlarni namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo‘yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi</p> <p>2.2 Proporsionallavchi zvenolar haqida ma’lumot beradi.</p> <p>2.3. Differensiallovchi zvenolar tug‘risida ma’lumot beradi</p> <p>2.4. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aperiodik zvenolar to‘g‘risida ma’lumot bering ? ✓ Ikkinchi tartibli zvenolar xaqida nimalarni bilasiz. 	<p>Tinglaydilar, yozadilar.</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozadilar.</p>

“Avtomatik boshqarish nazatiyasi” fanidan mustaqil ish mavzulari

№	FIO	Mavzular	Imzo
1.		Sarfni avtomatik rostdash tizimlari	
2.		Sathni avtomatik rostdash tizimlari	
3.		Bosimni avtomatik rostdash tizimlari	
4.		Haroratni avtomatik rostdash tizimlari	
5.		Relelarning turlari	
6.		Birlamchi datchiklar	
7.		Kontaktli zanjirlar.	
8.		Boshqarish prinsiplari	
9.		Maydonli tranzistorlar	
10.		Maydonsiz tranzistorlar	
11.		Diodlarning turlari	
12.		Ijro mexanizmlari	
13.		Asinxron dvegatellar	
14.		Sinxron dvegatellar	
15.		Fotodiodlar	
16.		Manometrlar	

1. D – bo‘linish tushunchasi.
2. ABS larning chastotaviy xarakteristikolari.
3. ABSlardagi ta’sirlar va signallar xarakteristikolari.
4. Avtomatik boshqarish sistemalarining sinflanishi.
5. Avtomatik boshqarishning asosiy ko‘rinishlari.
6. Avtomatlashtirishning maqsadi.
7. Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.
8. Boshqarish to‘g‘risida tushuncha va uning sxemalari.
9. Boshqarishning asosiy prinsiplari.
10. Gurvits mezoni.
11. Dinamik xarakteristikalar.
12. Differensial tenglamalar.
13. Zvenolarni parallel-karama-karshi ulanishi (teskari aloqa).
14. Ideal differensiallovchi zveno.
15. Ideal integrallovchi zveno.
- 16.** Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno.
17. Intergallovchi zveno.
18. Ketma ket ulanish (bog‘lanish).
19. Kuchaytiruvchi (proporsional) zveno.
20. Kuchirish qoidasi.
21. Matematik modellarni qurish
22. Mixaylov mezoni.
23. Modal xarakteristikalar.
24. Parallel ulanish.
25. Strukturaviy sxemalarni shaklini almashtirishda graflar nazariyasi elementlaridan foydalanish.
26. Tipik kirish signallari.
27. Turg‘unlikning algebraik mezonlari.
- 28.** Turg‘unlikning zahiralari va sohalari.
29. Turg‘unlikning Naykvist mezoni.
30. Turg‘unlikning chastotaviy mezonlari.
31. Uzatish funksiyalari.
32. CHastotaviy xarakteristikalar.
33. CHizikli sistemalarni strukturali sxemalaridagi belgilashlar.
34. CHiziqli avtomatik boshqarish sistemalarining turg‘unligi.
35. Elementar zvenolar.
36. Elementar zvenolarning xarakteristikolari.

$$1. \quad W(P) = \frac{R(P)}{Q(P)} = \frac{b_0 P^m + b_1 P^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 P^n + a_1 P^{n-1} + \dots + a_n}$$

- a) dinamik zveno tenglamasi
- b) dinamik zveno differensial tenglamasi
- v) Statsionar sistema differensial tenglamasi
- g) Zvenoning operator kurinishdagi uzatish funksiyasi
- d) Laplas tasvirida uzatish funksiyasi

$$2. \quad W(S) = \frac{X(S)}{U(S)} = \frac{b_0 S^m + b_1 S^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 S^n + a_1 S^{n-1} + \dots + a_n}$$

- a) chizikli sistema differensial tenglamasi
- b) Statsionar sistemani simvolik yozish formulasi
- v) Laplas tasvirida uzatish funksiyasi
- g) operator kurinishida uzatish funksiyasi
- d) Dinamik zveno differensial funksiyasi

$$3. \quad Q(P)y = R(P)U$$

- a) chizikli xarakteristik tenglamasi
- b) Dinamik zveno uzatish funksiyasi
- v) operator kurinishida uzatish funksiyasi
- g) sistemaning operator kurinishidagi differensial tenglamasi
- d) sistemani chiziklantirish

$$4. \quad y(t) = W_n(P)U(t) + W_f(P)f(t)$$

- a) Chizikli ikki kirishli statsionar sistemani simvolik shaklda yozish
- b) Superpozitsiya prinsipi
- v) Statsionar zveno uzatish funksiyasi
- g) ta'sir operatori
- d) sistemaning xususiy operatori

$$5. \quad W(j\omega) = k, U(\omega) = k, V(\omega) = 0, A(\omega) = k, \varphi(\omega) = 0, W(S) = k$$

- a) Birinchi tartibli ilgari yuruvchi zveno Differensiallovchi zveno
- b) Integrallovchi zveno
- v) Differensiallovchi zveno
- g) tebranuvchi zveno
- d) proporsional zveno

$$6. \quad W(j\omega) = jk\omega, W(\omega) = 0, V(\omega) = k\omega, A(\omega) = k\omega, \varphi = \pi/2, W(S) = kS$$

- a) ilgari yuruvchi zveno tebranuvchi zveno
- b) Integrallovchi zveno
- v) tebranuvchi zveno
- g) inersion zveno
- d) Differensiallovchi zveno

$$7. \quad W(j\omega) = -jk/\omega, U(\omega) = 0, V(\omega) = -k/\omega, A(\omega) = k/\omega, \varphi(\omega) = -\pi/2, W(S) = k/S$$

- a) tebranuvchi zveno
- b) Integrallovchi zveno
- v) Differensiallovchi zveno
- g) Birinchi tartibli shakllantiruvchi zveno
- d) Birinchi tartibli aperiodik zveno

8.

$$W(j\omega) = k(Tj\omega + 1), U(\omega) = k, V(\omega) = kT(\omega), A(\omega) = k\sqrt{(T\omega)^2 + 1}, \varphi(\omega) = \operatorname{arctg}(T\omega), W(S) = k(T + S + 1)$$

- a) tebranuvchi zveno
- b) Differensiallovchi zveno
- v) Integrallovchi zveno
- g) aperiodik zveno
- d) ilgari yuruvchi zveno

9.

$$W(j\omega) = \frac{k}{Tj\omega + 1}, U(\omega) = \frac{k}{(T\omega)^2 + 1}, V(\omega) = \frac{kT\omega}{(T\omega)^2 + 1}, A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{(T\omega)^2 + 1}}, \varphi(\omega) = -\operatorname{arctg}(\omega T), W(S) = k/(TS + 1)$$

- a)) tebranuvchi zveno
- b) aperiodik zveno
- v) integrallovchi zveno
- g) kechikuvchi zveno
- d) ilgari yuruvchi zveno

10.

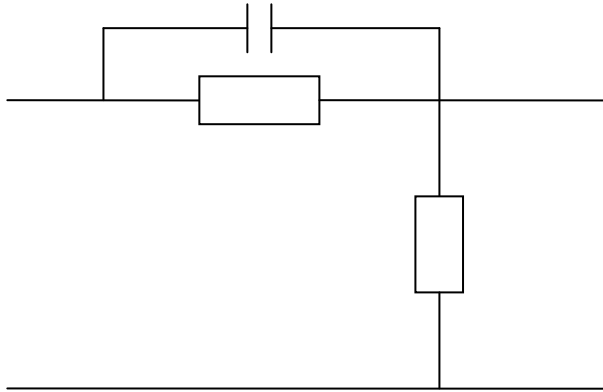
$$W(j\omega) = k[1 - (T\omega)^2 + j2\xi T\omega], U(\omega) = k[1 - (T\omega)^2], \\ V(\omega) = 2k\xi TV, A(\omega) = k\sqrt{[1 - (T\omega)^2 + 2\xi T\omega]^2}, \\ W(S) = k(T^2 S^2 + 2\xi TS + 1), \quad 0 \leq \xi < 1$$

- a) tebranuvchi zveno
- b) ikkinchi tartibli ilgari yuruvchi zveno
- v) toza kechikish zvenosi
- g) Integrallovchi – differensiallovchi zveno
- d) ikkinchi tartibli aperiodik zveno

11.

$$W(j\omega) = \frac{k}{[1 - (T\omega)^2]^2 + j2\xi T\omega}, U(\omega) = \frac{k[1 - (T\omega)^2]}{[1 - (T\omega)^2]^2 + (2\xi T\omega)^2}, V(\omega) = \frac{2k\xi T\omega}{[1 - (T\omega)^2]^2 + (2\xi T\omega)^2}, \\ A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{[1 - (T\omega)^2]^2 + (2\xi T\omega)^2}}, W(S) = k/(T^2 S^2 + 2\xi TS + 1), \quad 0 \leq \xi < 1$$

- a) Integrallovchi-differensiallovchi zveno
- b) tebranuvchi zveno
- v) ikkinchi tartibli ilgari yuruvchi zveno
- g) toza kechikuvchi zveno
- d) konservativ zveno



12.

a) Integrallovchi, differensiallovchi zveno $G_0 \frac{(1+T_1P)(1+T_2P)}{(1+T_2P)(1+T_4P)}$

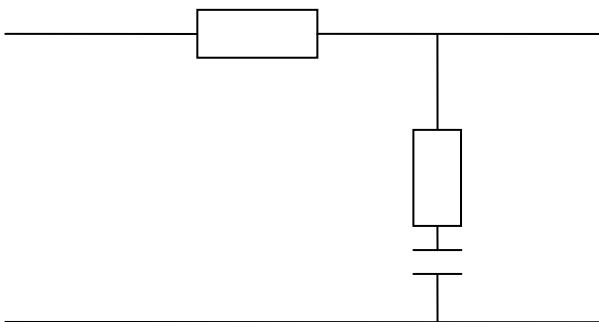
b) differensiallovchi zveno $G_0 \frac{1+T_1P}{1+T_2P}$

v) Integrallovchi zveno $G_0 \frac{1+T_2P}{1+T_1P}$

g) $W_{\vartheta}(P) = \frac{k}{1+T_3P}, k = \frac{1}{1+\omega_0^2 T^2}, T_{\vartheta} = \frac{T}{1+\omega_0^2 T^2}$

d) Integrallovchi zveno $\frac{1+T_2P}{1+T_1P}$

13.



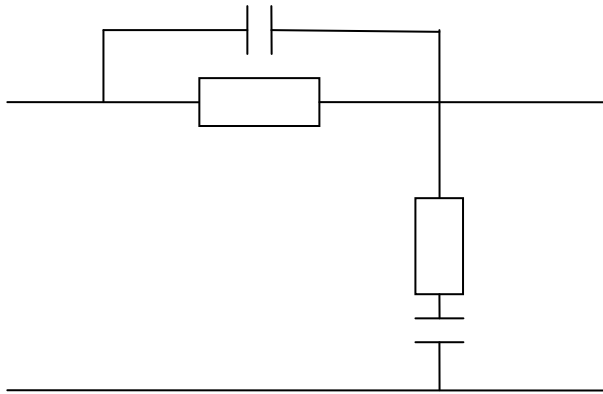
a) Integrallovchi zveno $\frac{1+T_2P}{1+T_1P}$

b) faza suruvchi zveno $\frac{1-TP}{1+TP}$

v) differensiallovchi zveno $G_0 \frac{1+T_1P}{1+T_2P}$

g) fazasuruvchi zveno $\frac{1-TP}{1+TP}$

d) $W_{\vartheta}(P) = \frac{k}{1+T_3P}, k = \frac{1}{1+\omega_0^2 T^2}, T_{\vartheta} = \frac{T}{1+\omega_0^2 T^2}$



14.

a) differensiallovchi zveno $G_0 \frac{1+T_1P}{1+T_2P}$

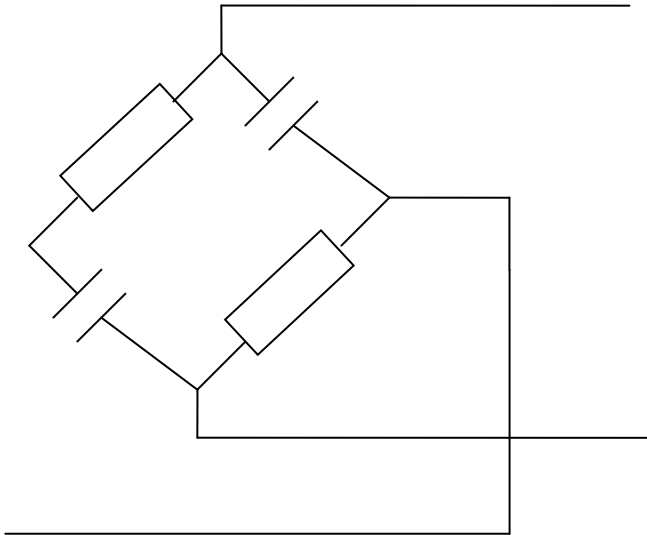
b) Integrallovchi zveno $\frac{1+T_2P}{1+T_1P}$

v) Integrallovchi-differensiallovchi zveno $\frac{(1+T_1P)(1+T_2P)}{(1+T_3P)(1+T_4P)}$

g) $W_{\mathcal{D}}(P) = \frac{1}{1+T.P}, T_{\mathcal{D}} = 2 \frac{L}{R}, k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

d) $W_{\Pi\mathcal{B}}(P) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = k_{\Pi\mathcal{B}}$

15.



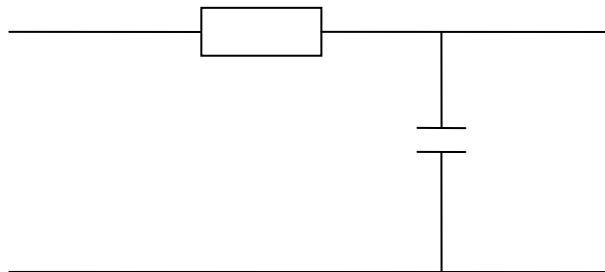
a) Integrallovchi zveno $\frac{1+T_2P}{1+T_1P}$

b) fazasuruvchi zveno $\frac{1-TP}{1+TP}$

v) differensiallovchi zveno $G_0 \frac{1+T_1P}{1+T_2P}$

$$g) W_{\text{IB}}(P) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = k_{\text{IB}}$$

$$d) W_{\text{IB}}(P) = \frac{1 + T_1 P}{1 + T_1 P};$$



RC - занжир

16.

$$a) W_{\text{Э}}(P) = \frac{k}{1 + T_{\text{Э}} P}, k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}, T_{\text{Э}} = \frac{2CR_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

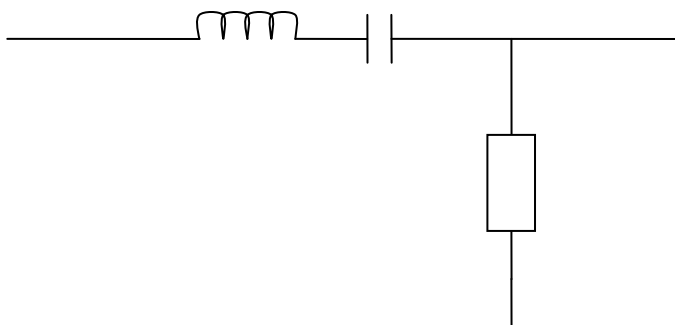
$$b) W_{\text{Э}}(P) = \frac{1}{1 + T P}, T_{\text{Э}} = 2 \frac{L}{R}, k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$v) W_{\text{Э}}(P) = \frac{k}{1 + T_{\text{Э}} P}, k = \frac{1}{1 + \omega_0^2 T^2}, T_{\text{Э}} = \frac{T}{1 + \omega_0^2 T^2}$$

$$g) W_{\text{IB}}(P) = \frac{1 + T_1 P}{1 + T_1 P};$$

$$d) W_{\text{IB}}(P) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = k_{\text{IB}}$$

17. Резонансовчи LCR занжир



$$a) W_{\text{Э}}(P) = \frac{k}{1 + T_{\text{Э}} P}, k = \frac{1}{1 + \omega_0^2 T^2}, T_{\text{Э}} = \frac{T}{1 + \omega_0^2 T^2}$$

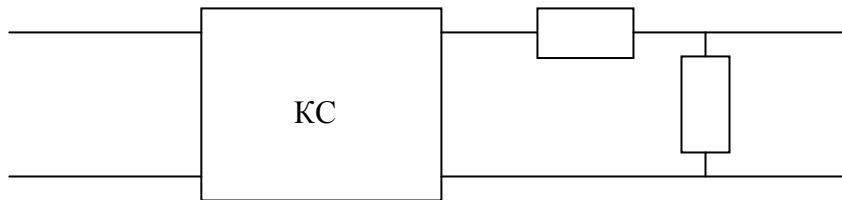
$$b) W_{\text{Э}}(P) = \frac{1}{1 + T_{\text{Э}} P}, k \geq 1, T_{\text{Э}} = \frac{k}{2\omega_0}$$

$$v) W_3(P) = \frac{k}{1+T_3P}, k = \frac{R_2}{R_1+R_2}, T_3 = 2 \frac{L}{R}$$

$$g) W_{\text{ИЗ}}(P) = \frac{(1+T_1P)(1+T_2P)}{(1+T_3P)(1+T_4P)};$$

$$d) W_{\text{ИЗ}}(P) = \frac{1+T_2P}{1+T_1P}; \quad (T_1 \succ T_2)$$

18.



$$a) \text{Integrallovchi passiv zveno} \quad W_{\text{ИЗ}}(P) = \frac{1+T_2P}{1+T_1P}; \quad (T_1 \succ T_2)$$

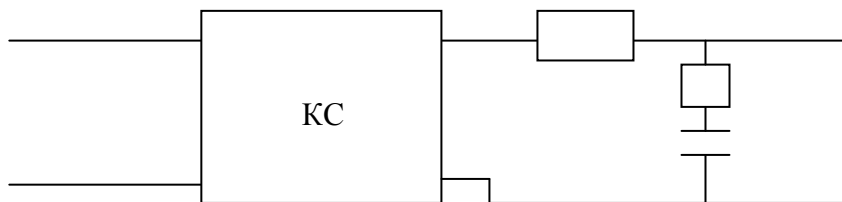
$$b) \text{differensiallovchi-passiv zveno} \quad W_{\text{ИЗ}}(P) = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{1+T_1P}{1+T_2P}; \quad (T_1 \succ T_2)$$

$$v) \text{kuchlanish bulgich} \quad W_{\text{ИЗ}}(P) = \frac{R_2}{R_1+R_2} = k_{\text{ИЗ}}$$

$$g) W_{\text{ИЗ}}(P) = \frac{R_2}{R_1+R_2} = k_{\text{ИЗ}}$$

$$d) W_{oc}(P) = \frac{r_2}{r_1+r_2} \cdot \frac{T_2P}{1+T_1P};$$

19.



$$a) \text{differensiallovchi-passiv zveno} \quad W_{\text{ИЗ}}(P) = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{1+T_2P}{1+T_1P};$$

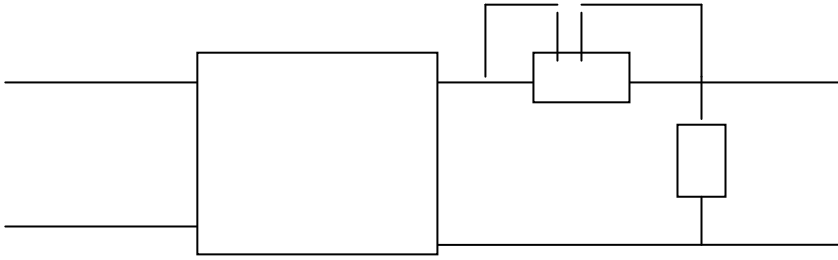
$$b) \text{Integrallovchi passiv zveno} \quad W_{\text{ИЗ}}(P) = \frac{1+T_1P}{1+T_1P};$$

$$v) \text{Kuchlanish bulgich} \quad W_{\text{ИЗ}}(P) = \frac{R_2}{R_1+R_2} = k_{\text{ИЗ}}$$

$$g) W_{oc}(P) = \frac{r_2}{r_1+r_2} \cdot \frac{1}{1+T_1P};$$

$$d) W(P) = \frac{R(P)}{Q(P)} + kx^2;$$

20.



a) Integrallovchi-differensiallovchi zveno $W_{\Pi 3}(P) = \frac{(1+T_1P)(1+T_2P)}{(1+T_3P)(1+T_4P)}$;

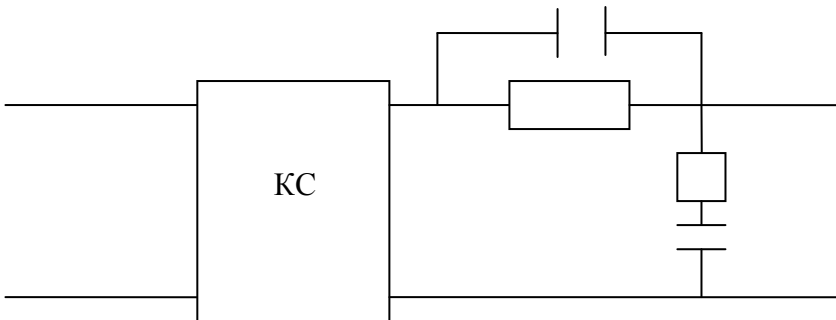
b) kuchlanish bulgich $W_{\Pi 3}(P) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = k_{\Pi 3}$

v) differensiallovchi-passiv zveno $W_{\Pi 3}(P) = \frac{T_2 \cdot (1+T_1P)}{T_1 \cdot (1+T_2P)}$;

g) $W(P) = \frac{R(P)}{Q(P)} + kx^2$;

d) $W(P) = W_k \cdot W_{oc}$;

21.



a) Integrallovchi-passiv zveno $W_{\Pi 3}(P) = \frac{1+T_2P}{1+T_1P}$; ($T_1 > T_2$)

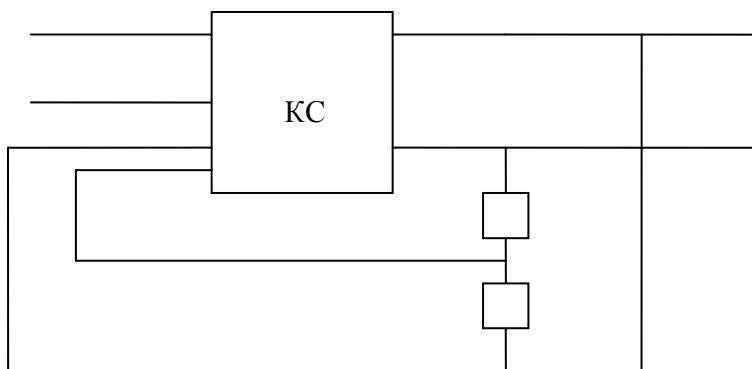
b) Integrallovchi-differensiallovchi zveno $W_{\Pi 3}(P) = \frac{(1+T_1P)(1+T_2P)}{(1+T_3P)(1+T_4P)}$;

v) differensiallovchi-passiv zveno $W_{\Pi 3}(P) = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{1+T_1P}{1+T_2P}$;

g) $W_{\mathcal{O}}(P) = \frac{1}{1+T_3P}$, $k \geq 1$, $T_{\mathcal{O}} = \frac{k}{2\omega_0}$

d) $G_0 \frac{1+T_1P}{1+T_2P}$

22.



a) aperiodik differensiallovchi zveno $W_{oc}(P) = \frac{r_1}{r_1 + r_2} \cdot \frac{T_2 P}{(1 + T_1 P)(1 + T_2 P)}$;

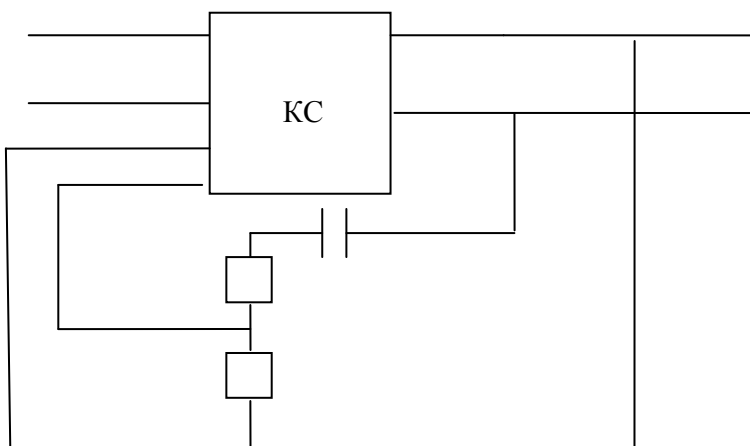
b) aperiodik zveno $W_{oc}(P) = \frac{r_2}{r_1 + r_2} \cdot \frac{T_2 P}{1 + T_1 P}$;

v) kuchlanish bulgich $W_{oc}(P) = \frac{r_2}{r_1 + r_2} = k_{oc}$;

g) $W(P) = \frac{W_k}{1 + W_p}$;

d) $W_{\omega}(P) = \frac{k}{1 + T_{\omega} P}$, $k = \frac{1}{1 + \omega_0^2 T^2}$, $T_{\omega} = \frac{T}{1 + \omega_0^2 T^2}$

23.



a) kuchlanish bulgich $W_{oc}(P) = \frac{r_2}{r_1 + r_2} = k_{oc}$;

b) differensiallovchi zveno $W_{oc}(P) = \frac{r_2}{r_1 + r_2} \cdot \frac{T_2 P}{1 + T_2 P}$;

v) aperiodik zveno $W_{oc}(P) = \frac{r_2}{r_1 + r_2} \cdot \frac{1}{1 + T_1 P}$;

g) $W_{\Pi 3}(P) = \frac{(1 + T_1 P)(1 + T_2 P)}{(1 + T_3 P)(1 + T_4 P)}$;

d) $W_{\Pi 3}(P) = \frac{1 + T_1 P}{1 + T_1 P}$;

24. Elementar zveno deb nimaga aytiladi?

a) Avtomatik boshkaruv tizimining xar kanday matematik modeli

kuyidagi tenglama bilan izoxlanadi: $W(P) = \frac{R(P)}{Q(P)} + kx^2$;

b) $W(P) = W_k \cdot W_{oc}$;

v) $W(P) = \frac{W_k}{1 + W_p}$;

g) kuyidagi tenglama bilan izoxlanadi: $W(P) = \frac{R(P)}{Q(P)} + kx^2$;

d) barchasi tugri

25. Zvenoning uzatish funksiyasi?

a) galayonlashtiruvchi operatorning xususiy operatorga nisbati b) $k = u/x$

v) $\eta = \Delta y / y$

g) impulsni elementning ekvivalent sxemasi

d) tugri javob yuk

26. Berk konturli avtomatik tizim deb nimaga aytiladi?

a) agar tizimda kayta aloka zanjiri mavjud bulsa

b) avtomatik tizim asosiy kayta aloka zanjiridan tashkari xususiy va parallel kayta aloka zanjirlaridan tashkil topadi.

v) zanjirni ajratganda parallel va kayta alokali zanjirlar xosil buladi

g) barcha aniklovchilari 0 dan katta bulsa

d) xamma javoblar tugri

27. $U = f(t)$ utish funksiya bilan ifodalangan utish jarayonlarini asosan kuyidagi uch guruxga ajratish mumkin.

a)) monoton, davriy tebranuvchi, aperiodik

b) tebranuvchi, aperiodik, sinxron

v) statik, astatik, dinamik

g) tebranuvchi, integral, differensial

d) tugri javob yuk.

28. Xatolik buyicha yopik zanjirli avtomatik tizimning uzatish funksiyasi

a) $K_{ou}(P) = \frac{\mathcal{E}}{x_{nup}}$;

b) $K_{ou}(P) = 1 - K_T(P);$

v) $K_{ou}(P) = \frac{1}{1 + k(P)};$

g) barcha xulosalar tugri

d) xamma javoblar tugri

29. Avtomatik tizm funksional elementlarini uch ta asosiy guruxga bulish mumkin:

a) birlamchi sezgir elementlari, oralik elementlari, bajaruvchi mexanizmlar

b) Integrallovchi, integrallovchi-differensiallovchi, differensiallovchi

v) elektrik, pnevmatik, yarim utkazgichli

g) uzatuvchi, kabul kiluvchi, amaliy bloklar

d) tugri javob yuk

30. Avtomatik tizim kaysi paytda statik tizim deb ataladi.

a)) statik xatolik 0 ga teng bulsa

b) statik xatolik 0 dan farkli bulsa

v) statik xatolik 0 dan kichik bulsa

g) statik xatolik kuyidagicha chegaralangan $-1 < \varepsilon < 0,1$

d) barcha javob tugri

31. Avtomatik tizim struktur zanjiri kuyidagilarni ifodalaydi.

a) tizim kanday elementlardan iborat va zvenolarning boglanish tarkibini kursatadi.

b) berilgan topshirik ta'siriga kura tizimning xatolik buyicha uzatish funksiyasini aniklaydi

v) tizim turgunligini kursatadi.

g) korrektlovchi zvenolarning karama-karshi parallel boglanishlarni kursatadi.

d) tugri javob yuk

32. Gurvits turgunlik mezoni kuyidagicha buladi:

a) $\Delta_i > 0, \quad i = S \div n$

b) $a_0 \geq 0, \quad \Delta_1 \geq 0, \quad \Delta_2 = a_1 \cdot a_3 \geq 0, \quad \Delta_3 = a_3 \cdot \Delta_2 \geq 0$

v) $\Delta_1 = a, \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_2 a_5 \\ a_0 a_4 \end{vmatrix}; \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_3 a_5 a_0 \\ a_2 a_0 a_6 \\ a_0 a_2 a_4 \end{vmatrix};$

g) xamma javoblar koniktiradi.

d) xamma javoblar konikarli

33. Dinamik tizimning asosiy sifat kursatkichi

a) joriy xatolik, tizimning turgunligi

b) $e'(t) = x(t) - x^0(t)$

v) $x(t) = Wx\rho(P);$

g) tizimning turgunligi

d) tugri javob yuk

34. Tizimning sifatining sonli kursatkichlari

- a) xatolik koeffitsentlari
- b) xususiy tenglama koeffitsentlari
- v) xususiy tenglamaning barcha anik- chilari
- g) xususiy tenglamaning ildizlari
- d) xamma javoblar tugri

35. Berilgan ta'sirga kura tizimning xatolik uzatish funksiyasi

- a) $W_{cg}(S) = \frac{1}{[1 + W(S)]}$
- b) $W_{xf} = W / [1 + W_1 \cdot W_2]$
- v) $W_{xf} = 1 / [(1/W_2) + W_1]$
- g) barcha xulosalar notugri
- d) tugri javob mavjud emas

36. Avtomatik tizim tashki galayon buyicha kaysi paytda astatik xisoblanadi

- a) ketma-ket boglangan integral zvenolar urtasidagi takkoslash elementga tashki galayon ulangan
- b) $C_{go} = C_{g1} = C_{g2-1} = 0, \quad C_{g2} \neq 0$
- v) $a(r+1)$ – koeffitsiyent noldan farkli
- g) $C_{go} = W_{eg}(0) = 0$
- d) xammasi tugri

Glossariy (izohli lug‘at)

Avtomatika - fan va texnikaning bir tarmog‘i aniqrog‘i texnik kibernetikaning bir bo‘limi bo‘lib, u avtomatik boshqarish sistemalari(ABS)ning texnikaviy vositalarini yaratish va ularning ishini tashkil qilishning nazariy va amaliy asoslari bilan birga avtomatik boshqarish nazariyasini o‘z ichiga oladi.

Avtomat - texnik boshqarish qurilmasi bilan jixozlangan va odam ishtiro-kisiz ish bajaradigan mashina yoki qurilmadir. (yunoncha automatos -«o‘zi harakatlanuvchi» so‘zidan olingan).

Avtomatlashtirish - u yoki bu protsesslarga avtomatlarni joriy etish jarayoni bo‘lib, ishlab chiqarishni mexanizatsiyalash va elektrlashtirishga asoslanadi.

Boshqarish - har qanday mashina yoki qurilma ishlab chiqarish sharoitida o‘z vazifasini bajarishi uchun uni ishga tushurish, zarur bo‘lganda ish rejimini o‘zgartirish, to‘xtatish va x.k. operatsiyalarni bajarish.

Boshqariluvchi obyekt (BO) - ish jarayonida avtomatik ravishda boshqariladigan mashina yoki qurilma (bir necha qurilmalar).

Avtomatik boshqarish sistemasi (ABS) - o‘zaro ta’sirlanuvchi boshqarish qurilmasi (BŠ) bilan boshqariluvchi obyekt (BO)lar majmusidir.

Stabillash - bu IAda Bon ing chiqish kattaligi bir xilda (o‘zgarmas) ushlab turiladi, saqlanadi, ya’ni $u(t)=const$. Bunday IA qo‘llanilgan ABS *stabillovchi sistema* deyiladi. Obyektning chiqish kattaligini stabillovchi **boshqarish qurilmasi (BQ) avtomatik rostlagich** deb ham ataladi.

Programmali boshqarish - bunda chiqish kattaligini oldindan berilgan programma bo‘yicha o‘zgaradi. Ushbu IA amalga oshirilgan sistemalar *programmali ABSlar* deyiladi.

Taqlidiy (kuzatuvchi) boshqarish - IA chiqish kattaligini kirish kattaligining o‘zgarishini takrorlashni ko‘zda tutadi. Bunda kirish kattaligining o‘zgarishi oldindan ma’lum emas. Ko‘zatuvchi IAli sistema o‘ziga xos quvvat kuchaytirgich vazifasini bajaradi, ya’ni g‘alayonlanish mavjud bo‘lganda kirish kattaligini o‘zgarishini aniq qayta takrorlash vazifasini bajaradi.

O'zimoslanuvchi (adaptiv) boshqarishda BO chiqish kattaligi shunday o'zgarishini ko'zda tutadiki, bunda obyekt uchun berilgan ish sifati saqlanib turadi. Ish jarayonida bunday sistema o'z parametrlarini o'zgartirishi xam mumkin.

Topshirgich element(TE) - rostlagichga topshiriq berish, ya'ni u boshqariluvchi kattalik uchun etalon bo'lgan (berilgan) qiymatni ishlab berish.

Qabul elementi(KE) (yoki o'lchagich, sezgir element) - boshqaruv kattalikning ayni qiymati xaqida ma'lum bir fizik ko'rinishdagi ma'lumot olish vazifasini bajaradi.

Taqqoslash elementi(TqE) - boshqariluvchi kattalikning berilgan - etalon qiymati $x_0(t)$ bilan uning ayni, xaqiqiy qiymati $y(t)$ taqqoslanadi.

Boshqaruvchi element(BE) - boshqarish algoritmi asosida boshqarish signalini shakllantiradi. Odatda BEga kelayotgan signal kam quvvatli bo'lganligi sababli bu signal ko'pincha ijro elementini xarakatga keltirish uchun yetarli bo'lgan quvvatgacha kuchaytiriladi.

Ijrochi element(IE) - boshqarish signalini boshqaruvchi ta'sir $U(t)$ ga o'zgartirib beradi va BOning boshqaruv organiga ta'sir qiladi. Agar obyektning boshqaruv(rostlash) organi mexanik siljishi orqali xarakatga keltirilsa IEni ijro mexanizmi deb xam ataladi.

Korrektlovchi element(KrE) - rostlash jarayonining dinamik xossalarini yaxshilash uchun xizmat qiladi va sistemaga asoslangan zaruriyat bo'lgandagina kiritilishi mumkin.

Prinsipial sxemalar - ABS qismlarining va umuman o'zining tuzilishi va ishlash prinsipini ifodalaydi. Bu sxemalarda sistemaga kiruvchi barcha elementlar va ular o'rtasidagi bog'lanishlar amaldagi GOSTlar talablariga rioya qilgan xolda ifodalanishi kerak.

Funksional sxemalar - sistemada, uning ayrim qism va elementlarida borayotgan jarayonlarni ifodalaydi. Xar qanday avtomatik sistemada o'lchash, taqqoslash, o'zgartirish, kuchaytirish, korreksiyalash(tuzatish,tugrilash), ijro etish jarayonlari amalga oshiriladi va bu vazifalarni funksional elementlar bajaradi. ABSning funksional elementlar va ular orasidagi bog'lanishlar ko'rinishidagi sxemasi *funksional sxema* deb ataladi.

Struktur sxemalar - (ayrim adabiyotlarda algoritmik xam deb ataladi). Funksional elementlari tipik dinamik zvenolar bilan ifodalangan ABSning sxemasiga shu sistemaning *struktur sxemasi* deb ataladi.

Funksional-texnologik sxemalar - turli texnologik obyektlarni avtomatik nazorat(ANS), boshqarish(ABS) va rostdash(ARS)sistemalarini ifodalashda qo'llaniladi. Bu sxemalarda obyektidagi texnologik jarayonni avtomatlashtirishning strukturasi va *Funksional-texnologik sxemalar* turli texnologik obyektlarni avtomatik nazorat(ANS), boshqarish(ABS) va rostdash(ARS)sistemalarini ifodalashda qo'llaniladi.

Адабиётлар

1. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004 г.
2. Востриков А.С. Французова Г.А. Теория автоматического регулирования. М.: «Высшая школа» 2004. -365 с.
3. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Том 1-2. М.: «Высшая школа» 2003.
4. 4.Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. -СПб.: Профессия, 2004. - 752 с.
5. Основы автоматизации технологических процессов. Учебное пособие, Част I, II. Н.Р.Юсупбеков, Х.З.Игамбердиев, А.Маликов. Ташкент, ТашГТУ, 2007.
6. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.Э., Гуломов Ш.М. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. «Ўқитувчи», Тошкент, 1997. -352б.
7. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления/ Под редакцией В. А. Бесекерского. - М.: Наука, 1978.
8. Французова Г.А., Шпилевая О.Я., Юркевич В.Д. Сборник задач по теории автоматического управления. Часть 1, 2. – Новосибирск. Изд. НГТУ -2004.
9. Юсуфбеков Н.Р., Маликов А. Автоматлаштирилган бошқариш назарияси 1, 2 қисм. Ўқув қуланмаси. Тошкент, 1993.
10. Воронов А.А. Теория автоматического уравнения. Том 1-2. М.: «Высшая школа» 1986.
11. Юревич Е.И. Теория автоматического уравнения. М.: «Высшая школа».-1986.
12. Клавдиев А.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах. Часть 1,2.-Санкт Петербург.СПб:СЗТУ.-2005.
13. Игамбердиев Х.З. Базаров М.Б. , Севинов Ж. У..Зарипов О.О. Методические указания к выполнению практических работ по курсу «Теория автоматического управления». Часть 1,2.-Навои.НавГГИ.-2008.
14. Базаров М.Б. Хамидов Б.Т. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Теория автоматического управления». Часть 1. Навои.НавГГИ.-2008.
15. Интернет маълумотлари:
<http://www.toehelp.ru/theory/tau/contents.html>.
<http://www.zdo.vstu.edu.ru/html/course.html>. <http://kiryushin.boom.ru/uts/plit.html>