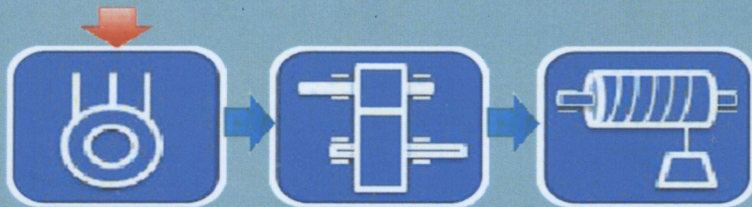
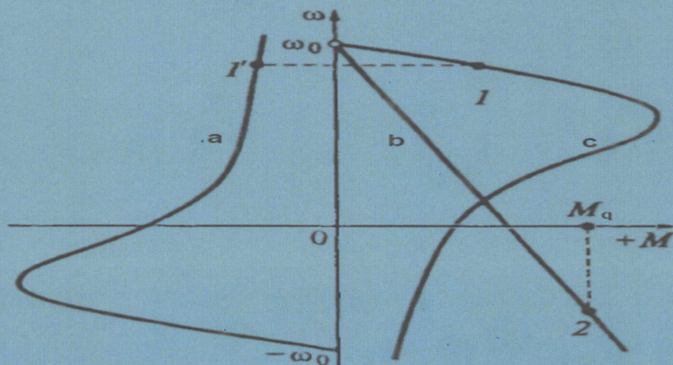


ELEKTR YURITMA ASOSLARI



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI**

A.A.XASHIMOV, M.M.MIRXAYDAROV

ELEKTR YURITMA ASOSLARI

DARSLIK

Toshkent 2021

UO'K 62-83(075.8)

KBK 31.291ya7

X 30

Xashimov A.A., Mirxaydarov M.M.

Elektr yuritma asoslari [Matn] : darslik / A.A. Xashimov, M.M. Mirxaydarov. -
Toshkent : "Umid Design", 2021.-364 b.

ISBN 978-9943-7417-9-9

Ushbu dasrlıkda elektr yuritma haqida umumiy tushunchalar, uning zamonaviy mashinasozlik ishlab chiqarishidagi roli va o'rnı haqida, elektr yuritmalarning tarkibi va yaratilish printsiplari, xususiyatlari va tavsiflari haqidagi ma'lumotlar, elektr yuritmalarni boshqarish usullari va printsiplari haqida, sozlanuvchi elektr yuritmalarning zamonaviy tizimlari va elementlar bazasi haqida umumiy ma'lumotlar, shuningdek elektr yuritmalarni loyihalash va tanlashdagi umumiy yondashishlar keltirilgan.

Излагаются общие представления об электроприводе, его месте и роли в современном машинном производстве, сведения о составе и принципах построения электроприводов, свойствах и характеристиках электроприводов, принципах управления электроприводами, об элементной базе и современных системах регулируемого электропривода, приводятся общие подходы к выбору и проектированию электроприводов.

General ideas about the electric drive, its place and role in modern machine production, information about the composition and principles of construction of electric drives, properties and characteristics of electric drives, principles of control of electric drives, the element base and modern systems of controlled electric drives are presented, general approaches to the selection and design of electric drives are presented.

Taqrizchilar:

Siddiqov I.X., Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, T.F.D., Prof.

Abidov Q.G. Toshkent Davlat Texnika Universiteti, T.F.D., Prof.

UO'K 62-83(075.8)

KBK 31.291ya7

X 30

ISBN 978-9943-7417-9-9

MUNDARIJA

KIRISH	15
1. ELEKTR YURITMA HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR	16
1.1. Elektr yuritmaning qo‘llanilish maqsadi va vazifalari.....	16
1.2. Zamonaviy mashinaviy texnologiyalarda elektr yuritmaning roli.....	24
1.3. Elektr yuritma tuzilishi.....	26
1.4. Elektryuritmalar sinflanishi.....	31
1.5. Nazorat savollari.....	36
2. ELEKTR YURITMA MEXANIKASI ASOSLARI	37
2.1. Motor va ishchi mexanizmning mexanik xarakteristikalari.....	37
2.2. Elektr motorning motor va tormoz rejimlari.....	43
2.3. Elektr yuritmaning harakat tenglamasi.....	45
2.4. Keltirilgan mexanik bo‘g‘in.....	50
2.5. Takrorlash uchun nazorat savollari.....	56
3. ROSTLANMAYDIGAN ELEKTR YURITMA	57
3.1. Umumiy ma‘lumotlar.....	57
3.2. Asinxron motorlarning elektrmexanik xususiyatlari.....	59
3.2.1. Asinxron motorni ishlash prinsipi.....	59
3.2.2. Asinxron motorning mexanik xarakteristikalari.....	64
3.2.3. Faza rotorli asinxron motorni yurgazish.....	71
3.2.4. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor xarakteristikalarining asosiy jihatlari.....	76
3.2.5. Motor rejimida ishlaydigan asinxron motorning energetik diagrammasi.....	80
3.2.6. Asinxron motor iste‘mol kuchlanishini o‘zgartirish.....	82
3.2.7. Asinxron motorlarning tormoz rejimlari.....	85
3.2.8. Ko‘p tezlikli asinxron motorlarning mexanik xarakteristikalari.....	93
3.3. Sinxron elektr motorlarining mexanik xarakteristikalari.....	96
3.3.1. Sinxron motorning ishlash prinsipi.....	96
3.3.2. Sinxron motorning ish rejimlari.....	101

3.3.3. Sinxron motor qo'zg'atish tokini boshqarish.....	104
3.4. Bir fazali asinxron motorlar.....	108
3.5. Nazorat uchun savollar.....	110
4. ELEKTR YURITMANI ROSTLASHNING UMUMIY	
PRINSIPLARI.....	112
4.1. Rostlanadigan elektr yuritma – avtomatlashtirilgan elektr yuritmaning asosiy ko'rinishi.....	112
4.2. Tezlikni rostdash sifat ko'rsatkichlari.....	115
4.3. Nazorat uchun savollar.....	122
5. O'ZGARMAS TOK MOTORLI ROSTLANUVCHI ELEKTR	
YURITMALAR.....	124
5.1. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorlarining elektromexanik xarakteristikalari.....	124
5.2. Tiristorli o'zgartgich – o'zgarmas tok motori tizimi bo'yicha elektr yuritmalar.....	136
5.3. Ketma – ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorli elektr yuritma.....	151
5.4. Keng impulsli rostdlanadigan o'zgarmas tok elektr yuritmalari.....	160
5.5. Nazorat savollari.....	165
6. O'ZGARUVCHAN TOK MOTORLI ROSTLANUVCHI	
ELEKTR YURITMALAR.....	167
6.1. Asinxron motorni rostdash usullari.....	167
6.2. Tezligi chastotali rostdlanuvchi elektr yuritma.....	170
6.3. Bevosita bog'lanishli chastota o'zgartirgichi – asinxron motor tizimli elektr yuritma.....	179
6.4. Avtonom invertorli chastota o'zgartirgich – asinxron motor tizimli elektr yuritma.....	183
6.5. Asinxron ventilli kaskadlar va ikki tomonlama ta'minotli motorlar...	189
6.5.1. Ikki ta'minotli motorlar.....	196
6.6. Ventilli motor.....	201

6.6.1. Tranzistorli kommutator doimiy magnitli ventilli motor sxemasi bo'yicha elektr yuritma.....	202
6.6.2. Tiristorli – kommutator sinxron motor tizimi bo'yicha elektr yuritma.....	207
6.7. Takrorlash uchun nazorat savollari.....	209
7. INDUKTORLI, QADAMLI VA CHIZIQLI MOTORLI ELEKTR YURITMALAR.....	211
7.1. Ventil – induktorli elektr yuritma.....	211
7.2. Qadamli motorli elektr yuritma.....	212
7.3. Chiziqli motorli elektr yuritmalar.....	216
7.4. Nazorat savollari.....	220
8. ELEKTR YURITMADA O'TKINCHI JARAYONLAR.....	220
8.1. Umumiy ma'lumotlar.....	220
8.2. Elektr yuritmaning mexanik inersionligi orqali aniqlanadigan o'tkinchi jarayonlari.....	225
8.3. O'zgarmas tok elektr yuritmasining o'tkinchi jarayonlari.....	229
8.4. Nazorat savollari.....	239
9. ELEKTR YURITMALARNI BOSHQARISH APPARATLARI, JIHOZLARI VA TIZIMLARI.....	240
9.1. Elektr yuritmalarni boshqarish va himoyalash apparatlari.....	240
9.2. Kontaktsiz mantiqiy elementlar.....	244
9.3. Mexanik va elektrik parametrlar datchiklari.....	247
9.4. Rostlagichlar.....	253
9.5. Elektr yuritmalarni mikroprotsessorli boshqarish vositalari.....	256
9.6. Elektr yuritmalarni boshqarishning komplektli qurilmalari.....	260
9.7. Nazorat savollari.....	262
10. ELEKTR YURITMALARNING BOSHQARISH SXEMALARI VA ANDOZAVIY QISMLARI.....	263
10.1. Elektrik himoyalar.....	263
10.2. Elektr yuritmalarni rele - kontaktorli boshqarish.....	265

10.3. Elektr yuritmalarni roslash tizimlarini tuzish prinsiplari.....	273
10.4. Yopiq konturli roslash tizimlari tasnifi.....	276
10.5. Jamlovchi kuchaytirgich bilan o'zgarmas tok elektr yuritmasining roslash tizimi.....	280
10.6. Elektr yuritma parametrlarini bo'ysinuvchi roslashli ko'p konturli tizimlari.....	285
10.7. Chastotali – roslanuvchi asinxron elektr yuritmalarni andozaviy boshqarish tizimlari	297
10.8. Nazorat uchun savollar.....	303
11. ELEKTR YURITMALARNING ENERGETIK	
TAVSIFLARI.....	303
11.1. Elektr yuritmaning energetik ko'rsatkichlari.....	303
11.2. O'tish rejimlaridagi energiya isroflar.....	308
11.3. Motorning qizishi va sovushi.....	310
11.4. Elektr yuritma vositalari yordamida energiyani tejash.....	315
11.5. Takrorlash uchun savollar.....	319
12. ISHLAB CHIQRISH MEXANIZMLARINING	
AVTOMATLASHTIRILGAN ELEKTR YURITMALARINI	
LOYIHALASH ASOSLARI.....	320
12.1. Elektr yuritmalarga qo'yiladigan umumiy talablar.....	320
12.2. Elektr yuritmani loyihalash ketma – ketligi.....	322
12.3. Yuklanish diagrammalari va taxogrammlar.....	322
12.4. Quvvatni hisoblash va elektrmotor turini tanlash	327
12.5. Rostlanuvchi elektr yuritmaning asosiy tizimlari.....	337
12.6. Komplekt elektr yuritmalar.....	339
12.7. Nazorat uchun savollar	349
Glossariy	350
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.....	357

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ	16
1.1. Задачи и цели применения электропривода.....	16
1.2. Роль электропривода в современных машинных технологиях.....	24
1.3. Структура электропривода.....	26
1.4. Классификация электроприводов.....	31
1.5. Контрольные вопросы для самопроверки.....	36
2. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	37
2.1. Механические характеристики двигателя и рабочего механизма...37	
2.2. Двигательный и тормозной режимы работы электродвигателя.....	43
2.3. Уравнение движения электропривода.....	45
2.4. Приведенное механическое звено.....	50
2.5. Контрольные вопросы для самопроверки.....	56
3. НЕРЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД	57
3.1. Общие сведения.....	57
3.2. Электромеханические свойства асинхронных двигателей.....	59
3.2.1. Принцип работы асинхронного двигателя.....	59
3.2.2. Механические характеристики асинхронного двигателя.....	64
3.2.3. Пуск асинхронного двигателя с фазным ротором.....	71
3.2.4. Особенности характеристик асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.....	76
3.2.5. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя при работе в двигательном режиме.....	80
3.2.6. Изменение напряжения питания асинхронного двигателя.....	82
3.2.7. Тормозные режимы асинхронных двигателей.....	85
3.2.8. Механические характеристики многоскоростных асинхронных двигателей.....	93
3.3. Электромеханические характеристики синхронных электродвигателей.....	96

3.3.1. Принцип работы синхронного двигателя.....	96
3.3.2. Режимы работы синхронного двигателя.....	101
3.3.3. Регулирование тока возбуждения синхронного двигателя.....	104
3.4. Однофазные асинхронные двигатели.....	108
3.5. Контрольные вопросы для самопроверки.....	110
4. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	112
4.1. Регулируемый электропривод – основной вид автоматизи- рованного электропривода.....	112
4.2. Показатели регулирования скорости.....	115
4.3. Контрольные вопросы для самопроверки.....	122
5. РЕГУЛИРУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ С ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	124
5.1. Электромеханические характеристики двигателей постоянного тока независимого возбуждения.....	124
5.2. Электроприводы по системе ТП – ДПТ.....	136
5.3. Электропривод с ДПТ ПВ.....	151
5.4. Электроприводы постоянного тока с широтно-импульсным регулированием.....	160
5.5. Контрольные вопросы для самопроверки.....	165
6. РЕГУЛИРУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ С ДВИГАТЕЛЯМИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.....	167
6.1. Способы регулирования асинхронного двигателя.....	167
6.2. Асинхронный электропривод с частотным регулированием скорости.....	170
6.3. Электропривод по системе НПЧ – АД.....	179
6.4. Электропривод по системе преобразователь частоты типа автономный инвертор – асинхронный двигатель.....	183
6.5. Асинхронные вентильные каскады и двигатели двойного питания.....	189

6.5.1. Двигатели двойного питания.....	196
6.6. Вентильный двигатель.....	201
6.6.1. Электропривод по системе транзисторный коммутатор – вентильный двигатель с постоянными магнитами.....	202
6.6.2. Электропривод по системе тиристорный коммутатор – СД.....	207
6.7. Контрольные вопросы для самопроверки.....	209
7. ИНДУКТОРНЫЕ, ШАГОВЫЕ И ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ.....	211
7.1. Вентильно-индукторный электропривод.....	211
7.2. Электропривод с шаговым двигателем.....	212
7.3. Электропривод с линейными двигателями.....	216
7.4. Контрольные вопросы для самопроверки.....	220
8. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ.....	220
8.1. Общие сведения.....	220
8.2. Переходные процессы, определяемые механической инерционностью электропривода.....	225
8.3. Переходные процессы в электроприводе постоянного тока.....	229
8.4. Контрольные вопросы для самопроверки.....	239
9. АППАРАТЫ И УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ.....	240
9.1. Аппаратура управления и защиты электроприводов.....	240
9.2. Безконтактные логические элементы.....	244
9.3. Датчики механических и электрических параметров.....	247
9.4. Регуляторы.....	253
9.5. Микропроцессорные средства управления электроприводами.....	256
9.6. Комплектные устройства управления электроприводами.....	260
9.7. Контрольные вопросы для самопроверки.....	262
10. ТИПОВЫЕ УЗЛЫ И СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ.....	263
10.1. Электрические защиты.....	263

10.2	Релейно-контакторное управление электроприводами.....	265
10.3	Принципы построения систем регулирования электроприводов..	273
10.4	Классификация замкнутых систем регулирования.....	276
10.5	Система регулирования электропривода постоянного тока с суммирующим усилителем.....	280
10.6	Многоконтурные системы с подчиненным регулированием параметров электропривода.....	285
10.7.	Типовые системы управления асинхронными частотно- регулируемыми электроприводами.....	297
10.8.	Контрольные вопросы для самопроверки.....	303
11. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ		
	ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ.....	303
11.1	Энергетические показатели электропривода.....	303
11.2	Потери энергии в переходных режимах.....	308
11.3	Нагрев и охлаждение двигателя.....	310
11.4	Энергосбережение средствами электропривода.....	315
11.5	Контрольные вопросы для самопроверки.....	319
12. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ		
	ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ	
	МЕХАНИЗМОВ.....	320
12.1	Общие требования, предъявляемые к электроприводу.....	320
12.2	Последовательность проектирования электропривода.....	322
12.3	Нагрузочные диаграммы и тахограммы.....	322
12.4	Расчет мощности и выбор типа электродвигателя.....	327
12.5	Основные системы регулируемого электропривода.....	337
12.6	Комплектные электроприводы.....	339
12.7	Контрольные вопросы для самопроверки.....	349
	Глоссарий	350
	Список литературы	357

CONTENT

INTRODUCTION	15
1. GENERAL INFORMATION ABOUT ELECTRIC DRIVES	16
1.1. Purpose and functions of the electric drive.....	16
1.2. The role of the electric drive in modern machine technologies.....	24
1.3. Structure of the electric drive.....	26
1.4. Classification of electric drives.....	31
1.5. Control questions for self-testing.....	36
2. FUNDAMENTALS OF ELECTRIC DRIVE MECHANICS	37
2.1. Mechanical characteristics of the engine and working mechanism.....	37
2.2. Motor and brake modes of the electric motor.....	43
2.3. Equation of motion of the electric drive.....	45
2.4. Reduced mechanical link.....	50
2.5. Control questions for self-checking.....	56
3. UNREGULATED ELECTRIC DRIVE	57
3.1. General information.....	57
3.2. Electromechanical properties of asynchronous motors.....	59
3.2.1. Principle of operation of an asynchronous motor.....	59
3.2.2. Mechanical characteristics of an asynchronous motor.....	64
3.2.3. Starting an asynchronous motor with a phase rotor.....	71
3.2.4. Characteristics Of asynchronous motors with closed-loop rotor.....	76
3.2.5. Energy diagram of an asynchronous motor when operating in motor mode.....	80
3.2.6. Changing the supply voltage of an asynchronous motor.....	82
3.2.7. Braking modes of asynchronous motors.....	85
3.2.8. Electromechanical characteristics of multi-speed motors asynchronous motors.....	93

3.3. Electromechanical characteristics of synchronous motors electric motors.....	96
3.3.1. Principle of operation of the synchronous motor.....	96
3.3.2. Operating Modes of the synchronous motor.....	101
3.3.3. Regulation of the excitation current of the synchronous motor.....	104
3.4. Singlephase asynchronous motors.....	108
3.5. Control questions for self-testing.....	110
4. GENERAL PRINCIPLES OF REGULATION	
ELECTRIC DRIVE.....	112
4.1. Adjustable electric drive – the main type of automated electric drive. ninety three.....	112
4.2. Indicators speed control.....	115
4.3. Control questions for self-ehamination.....	122
5. ADJUSTABLE ELECTRIC DRIVES WITH MOTORS DC.....	124
5.1. Electromechanical characteristics of DC motors independent excitation.....	124
5.2. Electric Drives in the thyristor Converter-motor system direct current.....	136
5.3. Drive with DC motors with serial excitation.....	151
5.4. DC electric drives with pulse width regulation.....	160
5.5. Control questions for self-checking.....	165
6. ADJUSTABLE ELECTRIC DRIVES WITH MOTORS ALTERNATING CURRENT. ONE HUNDRED FORTY.....	167
6.1. Control methods of the induction motor.....	167
6.2. Asynchronous electric drive with frequency speed control.....	170
6.3. Electric drive in the frequency Converter system with direct connection-asynchronous motor.....	179
6.4. Electric Drive on the system frequency Converter type Autonomous inverter-asynchronous motor.....	183

6.5. Asynchronous valve stages and motors dual power supply.....	189
6.5.1. Dual power Motors.....	196
6.6. Valve motor.....	201
6.6.1. Electric drive system transistor switch-valve permanent magnet motor.....	202
6.6.2. Electric drive system thyristor commutator - synchronous motor.....	207
6.7. Control questions for self-checking.....	209
7. INDUCTOR, STEPPER AND LINENYE	
ELECTRIC DRIVES	211
7.1. Valve-inductor electric drive.....	211
7.2. Electric drive with stepper motor.....	212
7.3. Electric Drive with linear motors.....	216
7.4. Control questions for self-testing.....	220
8. TRANSIENTS IN AN ELECTRIC DRIVE	220
8.1. General information.....	220
8.2. Transients determined by the mechanical inertia of the electric drive..	225
8.3. Transients in a DC electric drive.....	229
8.4. Control questions for self-checking.....	239
9. CONTROL DEVICES AND DEVICES	240
9.1. Control and protection Equipment for electric drives.....	240
9.2. Contactless logic elements.....	244
9.3. Sensors for mechanical and electrical parameters.....	247
9.4. Regulators.....	253
9.5. Microprocessor controls for electric drives.....	256
9.6. Complete control devices for electric drives.....	260
9.7. Control questions for self-testing.....	262
10. TYPICAL NODES AND CONTROL SCHEMES	
ELECTRIC DRIVES	263
10.1. Electrical protection.....	263
10.2. Relay-contactor control of electric drives.....	265

10.3. Principles of construction of control systems for electric drives.....	273
10.4. Classification of closed control systems.....	276
10.5. Control system for a DC electric drive with the summing amplifier... ..	280
10.6. Multi-loop system with a subordinate regulation parameters of the electric drive.....	285
10.7. Typical control systems for asynchronous frequency Controlled electric drives.....	297
10.8. Control questions for self-checking.....	303
11. ENERGY CHARACTERISTIC ELECTRIC DRIVES.....	303
11.1. Energy indicators of the electric drive.....	303
11.2. Energy losses in transient modes.....	308
11.3. heating and cooling of the engine.....	310
11.4. Energy saving by means of an electric drive.....	315
11.5. Control questions for self-testing.....	319
12. GENERAL ISSUES OF DESIGN OF ELECTRIC DRIVES OF PRODUCTION.....	320
12.1. General requirements for the electric drive.....	320
12.2. Design sequence of the electric drive.....	322
12.3. Load diagrams and tachograms.....	322
12.4. Calculation of power and choice of motor type.....	327
12.5. Basic systems of controlled electric drive.....	337
12.6. Complete electric drives.....	339
12.7. Control questions for self-checking.....	349
Glossary	350
List of references.....	357

Kirish

«Elektr yuritma asoslari» fani quyidagi yonalishlar bo'yicha mutaxassislarni tayyorlashda oquv dasturining umumkasbiy fanlari qismiga kiradi:

«5310700 – elektrtexnika, elektrmexanika va elektrtexnologiya»

«5310200 – elektrenergetika»

Barcha elektrtexnik mutaxassisliklari talabalari tomonidan organiladi.

Kitobning mazmun va mohiyati yuqoridagi yonalishlar bo'yicha davlat ta'lim standartlari talablariga toliq javob beradi.

Hozirgi zamonda elektr yuritmaning rivojlanishi, mashinasozlik ishlab chiqarishidagi, kommunal xo'jalikdagi, meditsinadagi va insonlarning boshqa sohalardagi faoliyatida uning rolini ortib borishi barcha yonalishdagi muxandis – elektriklar uchun avtomatlashtirilgan elektr yuritma asoslarini bilish zaruratini yuklamoqda. Mazkur oquv kursi texnikaning murakkab jabhasi bo'lgan avtomatlashtirilgan elektr yuritma uchun kirish hisoblanadi.

Darslik mashinasozlik mutaxassisliklari talablari uchun kurs va diplom loyihalarining elektr qismini bajarishda foydali bo'lishi mumkin.

Mazkur fanning vazifalari: talabalarga elektr yuritma haqida tassavur hosil qilishlari uchun umumiy ma'lumotlar berish, uning zamonaviy mashinasozlik ishlab chiqarishidagi roli va orni haqida tushunchalar, elektr yuritmalarning tarkibi haqida kerakli ma'lumotlarni berish, elektr yuritmalarni yaratish prinsiplari va ular ishlashining fizik xususiyatlarini korsatish, elektr yuritmaning asosiy tizimlari bilan tanishtirish, talabani texnikaning turli sohalarida qo'llaniladigan elektr yuritmalarni tanlash, loyihalash va ishlatish bilan bog'liq bo'lgan nisbatan sodda texnik masalalarni yechishga orgatish.

Darslikda energiyani elektrmexanik o'zgartirish asoslari, ishchi mashinalar mexanikasi, o'zgarmas va o'zgaruvchan tok motorli elektr yuritmalardagi fizik jarayonlar, ularning xususiyatlari va tavsiflari, elektr yuritmani boshqarish prinsiplari, elektr yuritmani loyihalash va tanlash bo'yicha ko'rsatmalar, shuningdek zamonaviy elektr yuritmalarning element bazalari haqida ma'lumotlar

hamda keng tarqalgan avtomatlashtirilgan elektr yuritma tizimlari haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Zamonaviy elektr yuritmalarning chuqurlashtirilgan nazariyasi va ularni ishlab chiqarishga texnik tatbiq etish savollari maxsus fanlar kurslarida o'rganiladi.

Ushbu nashrning alohida jihatlaridan biri, bunda rostlanuvchan elektr yuritmani boshqarish tushunchasi kengroq yoritilgan va ancha mukammallashtirilgan.

1. ELEKTR YURITMA HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR

1.1. Elektr yuritmaning qo'llanilish maqsadi va vazifalari

Elektr yuritma elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirib berish uchun xizmat qiladigan texnik tizimdir. U sanoatda, qishloq xo'jaligida, transportda, meditsinada, kommunal va ijtimoiy-maishiy sohada hamda kishilik jamiyatining boshqa jabhalarida texnologik jarayonlarni amalga oshirish uchun qo'llaniladi. Aksariyat mashinalar, agregatlar, texnologik liniyalar va komplekslar elektr yuritma orqali xarakterga keltiriladi.

Biroq elektr yuritmaning vazifasi faqat elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirib berish bilan cheklanmaydi, u birmuncha kengroqdir. Har bir ish bajaruvchi mashinani boshqarish zarurati bor, ya'ni mashinalar motorlarini zarurat bo'lganda o'chirish yoki yurgazish talab qilinadi, yoki texnologik jarayonni boshqarish uchun motorlar tezligini, quvvatini, aylanish yo'nalishini o'zgartirish va rostlash talab qilinadi, shuningdek ularning xavfsiz aylanishini ta'minlash uchun zarur bo'lgan himoya vositalarini (qurilmalarini) qo'llash talab qilinadi. Ana shunday holatlarda elektr yuritmaga murojaat qilinadi.

Ishchi mashina va texnologik kompleks bir nechta organlardan tarkib topganda har biri alohida elektr yuritma bilan xarakterga keltiriluvchi bu ishchi organlarni texnologik jarayon talablari asosida bir biriga mos ravishda boshqarish vazifasi ham elektr yuritmaga yuklatiladi.

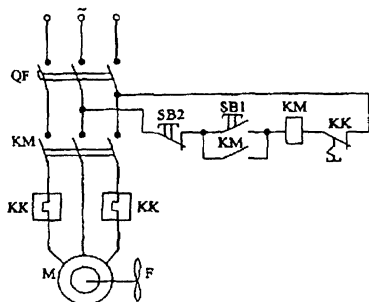
Ishchi mashinani boshqarish avtomatlashtirilgan yoki dasturlangan boshqaruv moslamalari yordamida operator tomonidan qolaki yoki avtomatik

tarzda amalga oshirilishi mumkin. Agar boshqarish qolaki amalga oshirilsa ham operator vazifasini yengillashtirish va texnologik jarayonni aniqligini oshirish maqsadida boshqaruv kompleksining ba'zi mexanizmlari avtomatlashtiriladi.

Elektr yuritmaning ikkinchi vazifasi sifatida ish bajaruvchi mashinalar harakatini keltirishimiz mumkin. Bu boshqaruv qolaki, yarim avtomatik va avtomatik tarzda amalga oshirilishi mumkin.

Shunday qilib zamonaviy elektr yuritma - mashina ishchi organini harakatga keltirish va texnologik jarayonni boshqarish uchun mo'ljallangan texnik tizim deyishimiz mumkin bo'ladi.

Elektr yuritma ikki vazifasining hamohangligi, ya'ni elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirish hamda mexanik energiyaning ko'rsatkichlarini boshqarish (quvvat, zo'riqish, aylanish momenti, tezlik, tezlanish, siljish masofasi va og'ish burchagi) elektr yuritmasining mashina ishlab chiqarishdagi o'rni va vazifasini belgilaydi.



1.1 - rasm. Ventilyator elektr yuritmasi sxemasi

Elektr yuritmalarga oid ba'zi bir misollarni va ularning vazifalarini ko'rib chiqamiz 1.1- rasmda xonani shamollatish uchun mo'ljallangan ventilyator elektr yuritmasining elektr sxemasi ko'rsatilgan. Ventilyator parragini aylantirish uchun kerak bo'lgan mexanik energiyani elektr energiya orqali hosil qilish uchun asinxron motordan (M) foydalaniladi. Biroq elektr yuritmaning tarkibi faqat motor bilan cheklanib qolmaydi. Ventilyator ishlashi uchun motorni yoqish va o'chirish talab qilinadi. Boshqarishni bu vazifasi magnitli yuritgich KM va boshqaruv

tugmalari orqali amalga oshiriladi. SV1 «Yo‘q» tugmasini bosganimizda magnitli yuritgich KM cholg‘ami tarmoqdan energiya olib yuritgichning asosiy kuch kontaktalarini ishga tushirish orqali motorni elektr energiyasi tarmog‘iga ulaydi. O‘zining normal ochiq (n.o.) blok kontakti bilan (KM) yuritgich «Yo‘q» tugmasini shuntlaydi va tugma qo‘yib yuborilganda ham bu blok-kontakt yopiq holatda qolib motorga elektr energiyasini otishini ta‘minlab beradi. Motorni o‘chirish magnitli yuritgich KM cholgamiga berilayotgan energiya ta‘minotini uzuvchi SB2 «O‘ch» tugmasini bosish bilan amalga oshiriladi.

1.1 - rasmda ko‘rsatilgan boshqaruv sxemasi 2 xil ko‘rinishdagi himoyaga ham ega: a) tok o‘tkazuvchi simlar va motor stator cho‘lgamlarini qisqa tutashuv tokidan himoyalash, bunda himoya maxsus maksimal uzgichli QF avtomatik o‘chirgich orqali amalga oshiriladi.

b) motorni o‘ta yuklanishdan himoyalash magnitli yuritgichga o‘rnatilgan (KK) issiqlik relelari orqali amalga oshiriladi.

Ikkinchi misol sifatida liftlarning elektr yuritmasini ko‘rib chiqamiz. Lift – bu yo‘lovchilarni vertikal yo‘nalishda xarakatlantiruvchi avtomatlashtirilgan elektrmexanik qurilmadir. Yo‘lovchi liftga kirib unga kerakli bo‘lgan qavat tugmasini bosganida lift kabinasi va shaxtasining eshiklari avtomatik tarzda yopiladi. Lift kabinasi kerakli yo‘nalishda harakatga keladi, va kerakli qavatda to‘xtaydi, bu vaqtda lift kabinasi va shaxtasi eshiklari avtomatik tarzda ochiladi. Elektrmexanik tizimning elektr motori reduktor orqali po‘lat arqonlar o‘rnatilgan shkiylarni aylantirib elektr energiyasini mexanik energiyasiga aylantirish yo‘li bilan mexanik tizimni harakatga keltiradi. Ikkinchi elektrmexanik tizim eshiklarni ochib-yopish mexanizmidir. Bu tizim elektr motor va kinematik mexanik qismlardan iborat bo‘ladi.

Liftni boshqarish tizimi eshiklarni boshqarish, kabina harakati yo‘nalishini tanlash, ravon yurgazish, ma‘lum tezliklardagi harakatni ta‘minlash, tormoz berish va kabinani aniq to‘xtatish kabi vazifalarni bajaradi. Kabinani aniq to‘xtatish va yo‘lovchilarni kabinadagi qulayliklarini ta‘minlash uchun harakat tezligini ma‘lum qonuniyat bo‘yicha rostlash kerak bo‘ladi. Buning uchun harakat tezligi 1,4 m/s

gacha bo'lgan liftlarda ikki tezlikli asinxron motorlar, tezkor xarakatlanadigan liftlarda esa tezligi ravon rostanadigan elektr yuritmalar qo'llaniladi. Liftni boshqarish tizimi harakatni boshqarishdan tashqari yolovchilar xavfsizligini va nosozliklarsiz ishlashni ta'minlab beruvchi hamda kabina holatini aniqlab beruvchi kerakli himoya va blokirovkalarni ham o'z tarkibiga oladi.

Uchinchi misol sifatida ko'p funksiyali avtomatik maishiy kir yuvish mashinasining elektrmexanik tizimini ko'rib chiqamiz. Mashina quyidagi elektrmexanik qurilmalardan iborat: barabanni aylantiruvchi ko'p tezlikli elektrmotor; elektrnasos, elektrik klapanlar; dasturli boshqarish apparatlari. O'rnatilgan dasturga ko'ra mashina kir yuvish, chayqash va uni siqish, suvni quyish va to'kish operatsiyalarini bajaradi. Turli elektrik va mexanik elementlar ishlashi dasturli boshqarish tuzilmasi bilan funksional bog'langan. Alohida elementning ishini alohida ajratilmaydi, chunki ular texnologik jarayonni ta'minlash uchun yagona avtomatik elektrmexanik tizimni tashkil qiladi. Bunda elektrmexanik tizimi tarkibiga texnologik jarayonni bajarish uchun kerak bo'ladigan elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirib beradigan elektrmotorlar va bu jarayonni boshqarish uchun boshqaruv tuzilmalari kiradi.

Energiyani tejash texnologiyalarini yaratishda asosiy vazifalardan biri elektr yuritma zimmasiga tushadi. Ko'pchilik texnologik jarayonlar katta elektr energiya sarfi bilan bog'liqdir, lekin har doim ham bu sarflar tog'ridan-tog'ri ishlab chiqarish samaradorligi bilan bog'liq bo'lavermaydi.

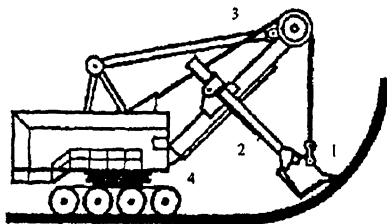
Issiqlik ta'minoti va suv ta'minoti tizimlari bunga misol bo'la oladi. Istemolchiga issiq yoki sovuq suvni yetkazib beruvchi nasos qurilmalari avvallari rostanmaydigan elektr yuritma bilan jixozlanar edi. Bunda nasoslarning unumdorligi (quvvati) rostanmas edi yoki quvurlardagi drossellar (klapanlar) orqali rostanlar edi. Vaholanki kerakli unumdorlik sutka va yil davomida doim ozgarib turadi. Quvurlardagi drossellar orqali rostlashni avtomatik tarzda amalga oshirib bo'lmaydi va u samarasiz energiya isrofi bilan bog'liq bo'ladi.

Oxirgi yillarda nasos elektr yuritmalari asinxron motorlarini tezligini rostdlashning texnik vositalari paydo bo'lishi bilan birga issiqlik va suv ta'minoti tizimida ham rostlanuvchi elektryuritmalar qo'llanila boshlandi.

Nasosning rostlanuvchi elektr yuritmasi ikki vazifani bajaradi: elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradi va qurilmaning ishlash jarayonini boshqaradi. Bunda suvning bosimi va sarfini kerakli darajada ushlab turishga e'tibor beriladi. Bu tizim elektr energiyasini 30% gacha, suvni 25% gacha, issiqlikni 10% gacha tejash imkonini beradi. Ko'rib chiqilgan misol shuni ko'rsatadiki, mexanizm ishchi organi tezligini rostlash imkoniyatini ta'minlovchi elektr yuritma texnologik jarayonlarni optimal olib borish uchun keng imkoniyatlarga ega, xususan elektr energiyasini tejimli ishlatishni ta'minlaydi.

Mashina ishchi organi tezligini rostlash ko'pchilik mashina va mexanizmlar ishlashining asosiy shartlaridan biri bo'lib qoladi.

Shu xususda mexanik kurak turidagi tog' ekskavatori mexanizmlari elektr yuritmasini ishlashi bilan tanishib chiqamiz (1.2 - rasm).



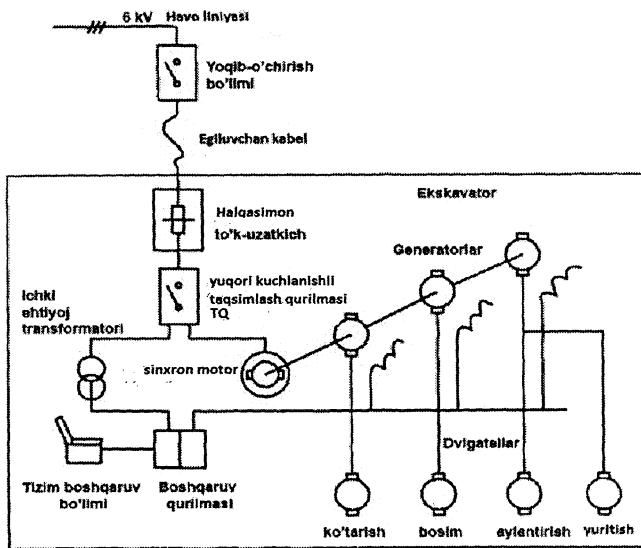
1.2 - rasm. Mexanik kurak turidagi tog' ekskavatori

Ekskovatorning ishchi organi uning kurakli cho'michi (1) hisoblanadi. Kurakli cho'mich oq (3)da sharnir bilan mahkamlangan suriluvchi dasta (2)ning uchiga qotirilgan. Tog' jinslarini sindirish va cho'michni to'ldirish bir vaqtning o'zida ikki harakat orqali, ya'ni dastaning surilishi yordamida, kurakning ilgariylanma harakati va po'lat arqon yordamida kurakning yuqoriga ko'tarilish harakati orqali amalga oshiriladi. Undan keyin cho'michdagi tog' jinslarini to'kish uchun cho'mich kerakli balandlikka ko'tarilgandan so'ng platforma (4) yordamida

kerakli burchakka, kerakli tomonga buriladi va cho‘mich boshatiladi. Bu harakatlar sikli kerakli hajmdagi tog‘ jinslari yig‘ilguncha takrorlanadi.

1.3 - rasmda ekskavator elektromexanik majmuasining tarkibiy sxemasi keltirilgan.

Harakatlanuvchi mashina sifatida ekskavatorning elektr ta‘minoti 6kV yoki 10kV kuchlanishli egiluvchan kabellar orqali amalga oshiriladi. Bu kabel ulanuvchi punktga yoqib o‘chirish bolimiga ulanadi. Elektrenergiyani ekskavator bortiga uzatish uchun xalqasimon tok qabul qilgichdan foydalaniladi. Yuqori kuchlanishli zanjirni kommutatsiyalash va himoyalash uchun yuqori kuchlanishli taqsimlash qurilmasi (TQ) xizmat qiladi, undan elektrmahinali o‘zgartgich agregatining sinxron motori ta‘minlanadi.



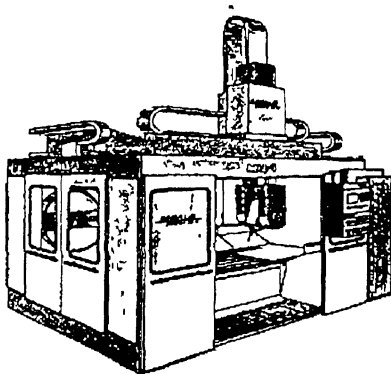
1.3 - rasm. Tog‘ ekskavatori elektrmexanik majmuasining tarkibiy tuzilishi

Ko‘tarish, cho‘michga bosim berish, burilish va siljish (yurish) kabi ekskavatorning asosiy harakatlarining elektr yuritmalari alohida o‘zgarmas tok generatorlar orqali ta‘minlanuvchi o‘zgarmas tok motorlari bilan amalga oshiriladi. Elektr yuritmani boshqarish uchun esa boshqaruv qurilmasi va mashinistning pult-

kreslosi xizmat qiladi. Ekskavator elektr yuritmasining mexanik qismiga reduktor, baraban-arqonli uzatma, bosim yuritmasining reyka-tishli uzatmasi va boshqa elementlar kiradi. Ekskovatorning aloxida mexanizmlari elektrmexanik tizimlarini birlashtiruvchi umumiy boshqarish sxemasi qazishni olib borish jarayonini tashkil qilishning eng yaxshi sharoitlarini ta'minlash asosida quriladi. Jarayonni boshqarishning eng asosiy shartlaridan biri elektr yuritmalar ishining yuqori dinamikasini ta'minlashdir. Ishlab chiqarish unumdorligi yuqori bo'lishi uchun qazish sikli 20-30 sek.ni tashkil qilishi kerak. 5-20 m³ gacha hajmga ega bo'lgan cho'michli ekskavatorning og'irligi bir necha yuzlab tonnaga teng bo'ladi, cho'mich hamda boshqa harakatlanuvchi mexanizmlar og'irligi ham katta bo'ladi. Shuning bilan bir vaqtda ekskavtor cho'michning harakati boshqaruv dastalari harakatiga aniq mos kelishi kerak. Tog' jinlarini maydalashda cho'mich sinib ketmasligi uchun unga berilayotgan bosim nazorat ostida bo'lishi kerak. Tizimni tezkor boshqarish jarayonida ekskavator mexanik qismlarining mexanik inertsiasini inobatga olish talab qilinadi. Bu esa elektr yuritmani boshqarishning murakkab avtomatik tizimlarini qo'llashni talab etadi.

Raqamli dasturiy boshqariluvchi metall qirquvchi dastgohlar juda murakkab elektr yuritmaga ega bo'ladi. Bunday dastgoh berilgan dastur bo'yicha detallarga avtomatik tarzda yuqori aniqlik bilan ishlov berish uchun xizmat qiladi. Dastgoh quyidagilarni o'z ichiga oladi: metallarni qirqishni amalga oshiruvchi bosh yuritma, detalni berilgan dastur bo'yicha qirqish uchun qirquvchi asbobni aniq pozitsiyasini saqlagan holda aniq harakatini ta'minlab beruvchi bir yoki bir nechta uzatish mexanizmlari yuritmalari. Bosh harakat va uzatish elektr yuritmasi uchun tezlikni aniq boshqarish xarakterlidir, boshqa uzatish mexanizmlari uchun esa holatni aniq tanlash xarakterlidir. Bosh harakat uchun tezlikni rostlash chegarasi 1000:1ni tashkil qiladi, uzatishni rostlash uchun esa 10000:1 ni tashkil qiladi. Shu bilan bir vaqtda berilgan tezlikni yuqori aniqlikda ushlab turish ham talab etiladi. Detalga ishlov berish uchun qirquvchi asbob holatini rostlash bir necha mikronlarni tashkil qiladi. Shunday qilib zamonaviy metall qirquvchi dastgoh

(1,4 - rasm) yuqori aniqlikni ta'minlovchi avtomatik elektr yuritmalardan tashkil topgan elektromexanik tuzilmalar yigindisidan iborat.



1.4 - rasm. MTS-1 modeli ishlov beruvchi markaz.

Transport sohasiga tegishli yana bir misol keltiramiz. Hozirgi vaqtda butun dunyoda, ayniqsa AQSH va Yaponiyada elektromobillar keng tarqalmoqda. «General Motors» firmasi tomonidan zamonaviy ichki yonuv motorli avtomabillardan hech bir korsatkichlari bilan qolishmaydigan elektromobil yaratildi. Elektromobilning asosiy afzalligi bo'lgan ekologik xavfsizligi yaqin 10 yilliklarda uning keng maqomda ishlatilishini ta'minlaydi. Elektromobilning ikkita sxemasi mavjud: gibrid va zaryadlanuvchi qurilmali. Har ikkala sxemada ham avtomobilni harakatga keltiruvchi motorlar uning g'ildiraklariga joylashtiriladi. Gibrid elektromobillarda motorlarning elektr ta'minoti bir rejimda, ya'ni tejamli rejimda ishlab turuvchi ichki yonuv motori orqali ta'minlanadi. Ichki yonuv motori generatorni aylantirib, yon tomonlarda joylashgan akkumlyator batareyalarni zarayadlab turadi. Xarakatlantiruvchi o'zgaruvchan tok elektrmotorlari yarim o'tkazgichli o'zgartirgichlar orqali o'zgaruvchan tokni oladilar.

Zarayadlash qurilmali elektromobillarda ichki yonuv motorli generator bo'lmaydi. Harakatlantiruvchi elektrmotorlar energiyani davriy zaryadlantirilib turuvchi akkumlyator batareyalardan oladilar.

Elektr yuritma tarkibiga gildiraklar elektr motorlari, elektr ta'minoti manbasi, chastota o'zgartirgichi, tezlikni sozlovchi boshqaruv tizimi hamda akkumlyatorni qayta zaryadlash xususiyatiga ega bo'lgan elektrik rekuperativ tormoz tizimi kiradi.

Yuqorida keltirilgan misollar va ular kabi misollarni ko'plab sanash mumkinligi shuni ko'rsatadiki, elektr yuritma har qanday ishlab chiqarish mashinasi yoki texnologik majmuaning asosiy qismidan biri bo'lib qoladi. Bu odatda ishchi mashinaning eng murakkab va qimmat qismi bo'ladi. Elektr yuritmani loyihalash, tayyorlash va ishlatish yuqori malaka va turli texnik bilimlarni talab qiladi.

1.2. Zamonaviy mashinaviy texnologiyalarda elektr yuritmaning roli

Zamonaviy sanoat va qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi, transport, kommunal xo'jalik, hayot ta'minoti va ijtimoiy-maishiy sohalari turli texnologik jarayonlarni qo'llash bilan bevosita bog'liqdir. Ulardan ko'pchiligi ishchi mashina va mexanizmalarni qo'llashga asoslangan. Bu ishchi mashinalarni turlari va soni beqiyosdir. Qayerda texnologik mashina qo'llanilsa o'sha yerda elektr yuritma ham bo'ladi. Deyarli barcha mexanik energiya orqali harakat bilan bog'liq bo'lgan texnologiyalar elektr yuritma bilan amalga oshiriladi. Bundan faqatgina ba'zi bir transport va qishloq xo'jaligi mashinalari mustasno (avtomobil, traktor va b.). Lekin bu sohalarda ham elektr yuritmani ishlatish istiqbo'li aynan haqiqat bo'lib qolmoqda.

Elektr yuritma elektr energiyasining asosiy iste'molchisidir. Rivojlangan mamlakatlarda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyaning 60% dan ortig'i elektr yuritmalar ulushiga tushadi.

Elektr yuritmalar ozining texnik xarakteristikalariga ko'ra quvvati bo'yicha, aylanish tezligi bo'yicha, konstruktiv tuzilishi va boshqa ko'rsatkichlari bilan turlanadi. Prokat stanlari, gazni bosimini oshirish stantsiyalari va boshqa noyob mashinalar elektr yuritmalari quvvati bir necha ming kilovatgacha yetadi. Avtomatika va asbobsozlik sohasiga tegishli qurilmalar elektr yuritmalari quvvati

bir necha vatt bo'lishi mumkin. Maishiy asboblarda elektr yuritmalari quvvati 10 dan 1000 vT gacha, stanoklarda elektr yuritmalari 0,25kVdan 100 kVgacha bo'ladi va x.k.. Elektr yuritma quvvati diapazoni juda kengdir. Shuningdek, aylanish tezligi bo'yicha ham elektr yuritma diapazoni juda ham keng. Masalan, «sentrifuga» larning aylanish tezligi 100000 ayl/min.gacha yetadi. Ba'zi bir mexanizmlarniki esa 1 ayl/mindan kam bo'ladi.

Aksariyat ishchi mashina va mexanizmlarda elektr motorlari orqali harakatga keltiriladi. Motor reduktor, transmissiya, krivoship-shatunli mexanizm kabi harakatni mashinaga uzatib beruvchi mexanik qurilmalar hamda nazorat-boshqaruv tuzilmalari bilan birgalikda ishchi mashinalar ishlashining energetik, kinematik va kibernetik asosini tashkil etuvchi elektr mexanik tizim bo'lib xizmat qiladi.

Prokat stani, ekskavator kabi bir nechta ishchi organlarga yoki bir nechta o'zaro uzviy bog'liq bo'lgan texnologik jarayonlardan tashkil topgan murakkab texnologik mashina komplekslarida elektr energiyasini taqsimlovchi va boshqaruvchi tizimlar bilan ularning elektr yuritmalari birgalikda mashinaning elektrmexanik majmuasini tashkil qiladi.

Ishlov berish tezligining kattaligi, texnologik operatsiyalarning yuqori va mo'tadil aniqlikda bajarilishi yuqori dinamikali, avtomatik boshqaruvli elektr yuritmalarni qo'llashni taqozo etadi. Texnologik jarayonlarni amalga oshirishda moddiy va energetik tejamlilikka intilish texnologik jarayonni optimallashtirish bilan bir qatorda elektr yuritmani ham optimallashtirishni taqozo qildi. XX asr oxirlarida erishilgan mashinasozlik ishlab chiqarishining texnik rivojlanishi pog'onasida elektrmexanik komplekslar va tizimlar texnologik qurilmalar, mashina va mexanizmlarining texnologik imkoniyatlari va texnik darajasini aniqlaydigan bo'lib qoldi.

Zamonaviy elektr yuritmalarni yaratish elektrtexnika, avtomatika, mikroelektronika va kompyuter texnikasi yutuqlaridan unumli foydalanishga asoslanadi. Bular fanning tez rivojlanayotgan jaxyasi bo'lib elektrmexanik tizimlar rivojining yuqori dinamikasini ta'minlaydi.

Oxirgi 10 yillikda avtomatlashtirilgan elektr yuritma intensiv tezkor rivojlanishga erishdi. Birinchidan bu mashinasozlikning umumiy rivojlanishi, texnik talablar, ishlov berish aniqligining oshishi va ishlab chiqarilayotgan maxsulotlar sifatini mo'tadil ta'minlash kabi korsatkichlarda namoyon bo'ladi.

Ikkinchidan elektr yuritmaning faqatgina sanoatda emas balki kundalik turmushda, qishloq xo'jaligida, transportda, tibbiyotda va maishiy elektr qurilmalarida qo'llanishi bilan namoyon bo'ladi.

Uchinchidan elektr energiyasini intensiv ishlab chiqarish bilan birga uni tejimli va samarali ishlatishga e'tibor berila boshlandi. Elektr energiyasidan elektrmexanik yo'nalishda foydalanish samaradorligini oshirish keng ko'lamda elektr yuritma rivojlanishi bilan bog'liq. Bunda fikr elektrmexanikada faqatgina elektr energiyasi yo'qotilishida ketmayapti, balki avtomatik boshqaruvchi elektr yuritmani qo'llash bilan texnologik jarayonlar optimallasishi va energiya sarfi kamaytirilishi nazarda tutilmoqda.

Mashinasozlik va boshqa sohalardagi texnik rivojlanishning jadallashishi, texnik vositalar avlodlarining eskirish muddatlarini qisqarishi avtomatlashtirilgan elektr yuritma tizimlarini va ular elementlarini rivojlantirish bo'yicha yangi vazifalar qo'yadi. Mexanik harakat bilan bog'liq bo'lgan yangi texnologiyalar bevosita avtomatlashtirilgan boshqaruvli elektr yuritmalarni qo'llashga asoslanmoqda.

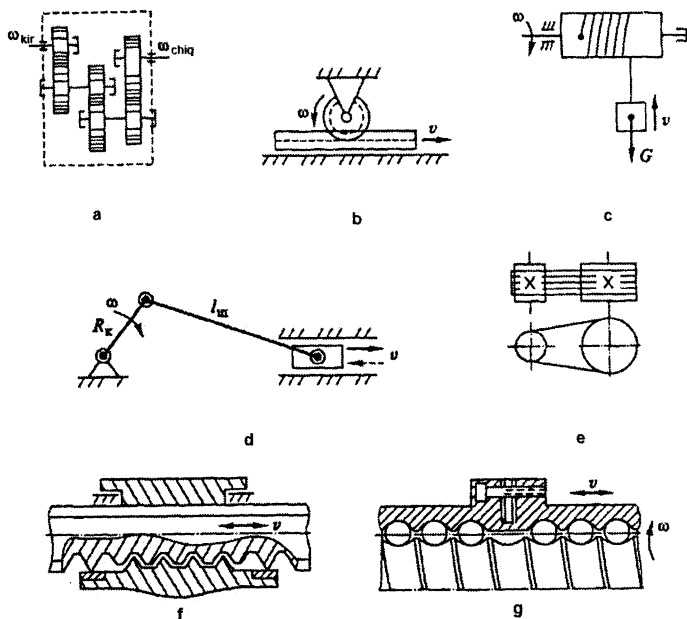
1.3 Elektr yuritma tuzilishi

Elektr yuritma – bu elektrli yurgizuvchi, uzatuvchi, energiyani o'zgartiruvchi va axborot boshqaruv tuzilmalaridan tashkil topgan texnik tizim bo'lib, u mashina ishchi organlarini harakatga keltirish va maqsadli boshqarish uchun xizmat qiladi.

Elektrli yurgizuvchi tuzilma – bu energiyani o'zgartirib beruvchi elektrmexanik tizim bo'lib, u elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradi. Motorlar hosil qiladigan mexanik energiya (harakat) turiga qarab aylantiruvchi, chiziqli harakatlanuvchi, qadamli va titratuvchi turlarga bo'linadi. Aksariyat holatlarda aylanma harakatni beruvchi motorlar qo'llaniladi.

Elektrmotordan mashinaning ishchi qismiga harakatni uzatish uchun quyidagi uzatma mexanizmlaridan foydalaniladi: reduktor, transmissiya, tasmali uzatma, arqonli uzatma, krivaship-shatunli mexanizm, vint-gayka uzatmasi va x.k.

(1.5 - rasm). Uzatish mexanizmi mexanizmga kirayotgan tezlikning, mexanizmdan chiqayotgan tezlikka nisbati ko'rinishidagi uzatish koeffitsienti bilan xarakterlanadi. Nasos, ventilyator kabi ba'zi bir mashinalarda uzatish mexanizmi bo'lmaydi.

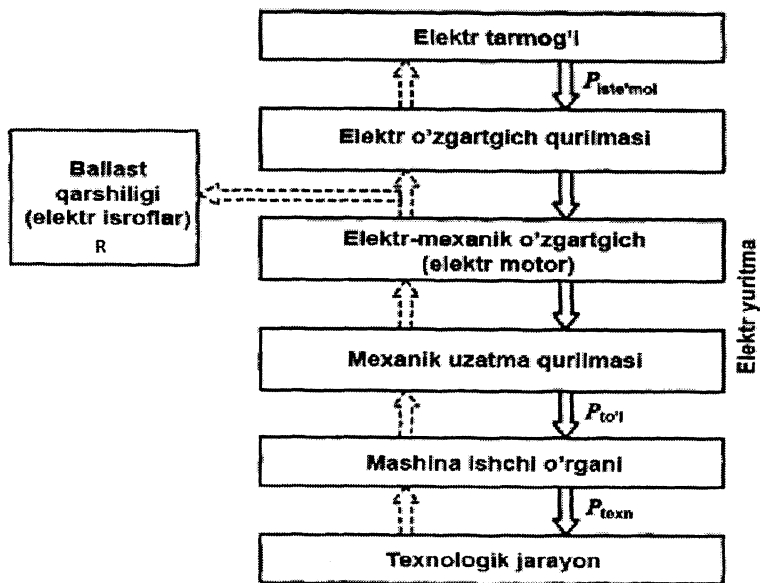


1.5 - rasm. Mexanik uzatish tuzilmalari: a- reduktor; b- tishli-reykali uzatma; c- baraban- arqonli uzatma; d- krivoship-shatunli mexanizm; e- tasmali uzatma; f- vintli uzatma; g- sharik-vintli uzatma.

O'zgartiruvchi tuzilma elektr energiyasini o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Bu tuzilmalar elektr uzatmaning ba'zi parametrlarini (tezlik, aylanish momenti) o'zgartirish (roslash) uchun ishlatiladi. Masalan, elektr yuritmalar elektr tarmog'idan 50gts chastotaga ega bo'lgan 220, 380, 660, 6000 va 10 000 V

kuchlanish oladi. Ba'zi ishchi qismlar uchun esa chastotani yoki tok kuchini yoki kuchlanish turini (masalan o'zgaruvchan kuchlanishdan o'zgarmas kuchlanishga) o'zgartirish talab qilinadi. Bu holda mos ravishda chastotani o'zgartirish uchun chastota o'zgartirgichlar, tok kuchini o'zgartirish uchun transformatorlar hamda o'zgarmas kuchlanish yoki tok kuchi olish uchun to'g'irlagichlardan foydalaniladi. Odatda o'zgartiruvchi qurilmalar rostlanuvchi elektr yuritmalarda qo'llaniladi va ular aksariyat holatlarda yarim o'tkazgichli kuch elementlari – diod, boshqariluvchi tristor va tranzistorlar asosida qurilgan bo'ladi.

Elektr yurgizuvchi uzatuvchi va o'zgartiruvchi qurilmalar elektr yuritmaning elektrik qismidan (manba, o'zgartirgich, elektrmotor) va mexanik qismi (siljувchi element, mexanik uzatma, mashina ishchi organi)dan iborat kuch kanalini tashkil qiladi (1.6 - rasm).



1.6 - rasm. Elektr yuritmaning kuch kanali

Elektr yuritma motor rejimida ishlaganda tarmoqdan kelayotgan elektr energiyasi elektrmotor yordamida mexanik energiyaga aylantiriladi. Bu mexanik energiya esa texnologik jarayonni bajarish uchun mashina ishchi organiga uzatiladi (metallarni kesish, nasoslarning ishlashi, yuk ko'tarish va x.k.) kuch kanalining barcha bolimlarida energiyaning bir qismi yo'qotiladi. Shuning uchun elektr energiyani o'zgartirish va uzatish vaqtida isroflarni kamaytirishga harakat qilish kerak. Elektr yuritmaning energetik samaradorligi foydali ish koeffitsenti ko'rsatkichi bilan belgilanadi. Bu ko'rsatkich ishchi organdagi foydali quvvat (P_{foy}) ning ishlatilgan (P_{ishl}) quvvatga nisbati bilan aniqlanadi.

$$\eta_{e.yu} = P_{\text{foy}} / P_{\text{ishl}} = \eta_{o'zg} * \eta_{e.m} * \eta_u$$

Yoki bu ko'rsatkich elektr o'zgartirgich, elektromexanik o'zgartirgich va uzatma foydali ish koeffitsentlarining ko'paytmasiga teng bo'ladi.

Yuqoridagi formulada:

$\eta_{e.yu}$ – elektr yuritmaning F.I.K.i

P_{foy} – foydali quvvat

P_{ishl} – ishlatilgan quvvat

$\eta_{o'zg}$ – elektr o'zgartirgichning F.I.K.i

$\eta_{e.m}$ – elektromexanik o'zgartirgichning F.I.K.i

η_u – uzatmaning F.I.K.i

To'liq ishchi mexanizmining foydali ish koeffitsentini aniqlash uchun yuritma F.I.K.ni ishchi mashina F.I.K.ga ko'paytirish kerak:

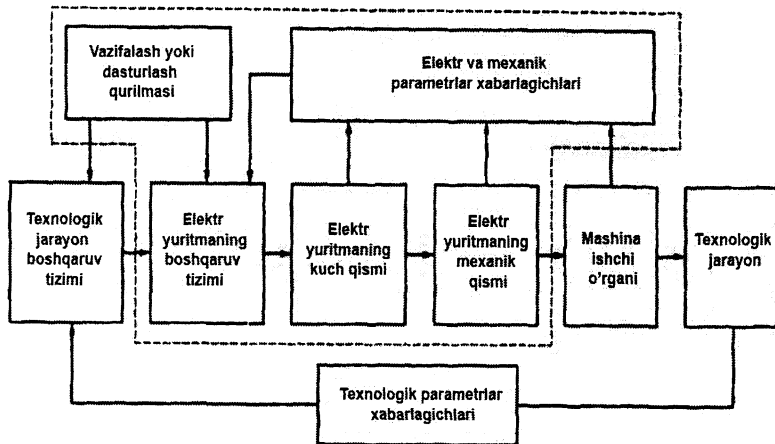
$$\eta = P_{\text{tex}} / P_{\text{ishl}} = \eta_{e.yu} * \eta_{i.m}$$

bunda : P_{tex} – berilgan texnologiya uchun zarur bo'lgan quvvat

$\eta_{i.m}$ – ishchi mashinaning F.I.K. si.

Elektr yuritmalar nafaqat motor (harakatlantiruvchi) rejimda, balki tormoz (toxtatish) rejimida ham ishlatiladi (yukni tushirish, kran yuritishni to'xtatish va x.k.). Bunday holatlarda tushayotgan yukning potentsial energiyasi yoki harakatlanayotgan massaning kinetik energiyasi kabi tormozlanish energiyalari generator rejimida ishlaydigan elektromexanik o'zgartirgichga uzatiladi. Bu energiya, agar ishlatilgan energiyani qayta tiklash talab qilinsa, energiya manbaiga qaytariladi. Agar energiyani qayta tiklash talab qilinmasa bu energiya ballast qarshiligi (R) orqali yoqotiladi. (1.6 - rasm).

Elektr yuritmaning asosiy vazifalaridan biri o'zgartirilgan mexanik energiyaning boshqarishdir, ya'ni texnologik jarayonini boshqarish. Uni elektr yuritma tarkibiga kiruvchi axborot-boshqarish tuzilmasi amalga oshiradi. Elektr yuritmaning umumiy tuzilishi 1.7 - rasmda ko'rsatilgan. Bu yerda uzlukli chiziq bilan elektr yuritma tarkibiga kiruvchi va yuritmaning kuch va axborot kanallarini tashkil etuvchi tizimning elementlari chizilgan.



1.7 - rasm. Avtomatlashtirilgan elektromexanik tizimning tuzilishi

Axborot-boshqaruv tuzilmasi boshqaruv apparatlari va himoya tizimidan tashkil topadi. Boshqaruv apparatlari ulanish, yurgazish, to'xtatish amallarini bajaradi. Himoya tizimi esa halokatli holatlardan, ishlash rejimining anormal holatlaridan, shuningdek, elektron va mikroprotsessorlarni boshqaruv tizimining noto'g'ri parametrlaridan himoya qiladi. Axborot va boshqaruv tizimlarining qo'shilmasi elektr yuritmaning axborot kanalini tashkil qiladi. Axborot kanali texnologik jarayon talablariga ko'ra elektr yuritma parametrlarini boshqaradi. Boshqaruv tizimining asosiy vazifalaridan biri elektr energiyasini kamroq ishlatib texnologik jarayonlarni amalga oshirishdir.

Keyingi yillarda elektr yuritmalarning axborot kanali aksariyat hollarda boshqaruvchi hisoblash texnikasi: sanoat kompyuterlari, dasturlanuvchi kontrollerlar, mikroprotsessorli vosita va tizimlarni qo'llash bilan amalga oshirilmoqda. Bu esa, o'z o'rnida alohida elektr yuritmalarni boshqaruvini yuqoriroq darajadagi boshqarish imkonini beruvchi, hamma ishlab chiqarish mashinalarini boshqaruvini umumlashtiruvchi va berilgan texnologik jarayonga xizmat qiluvchi avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari (TJABT)dan amalga oshirishni taqozo etadi.

1.4. Elektryuritmalar sinflanishi

Ishchi mashinalarning keng turlanganligi bilan bog'liq holda turli texnologik qurilmalarda qo'llaniladigan elektr yuritmalar o'zining texnologik imkoniyatlari, sxemaviy va konstruktiv ijrosi hamda avtomatlashtirilganlik darajasi bilan xilma xildir.

Elektryuritmalar individual va guruhli bo'ladi. Agar mashinaning har bir ishchi organi o'zining elektr yuritmasi bilan xarakatga keltirilsa uni individual elektryuritmalari deyiladi. Bunday yuritma bir yoki ko'p motorli bo'lishi mumkin. Guruhli elektryuritmalarda bitta motor bir necha ishchi organlarni xarakatga keltiradi. Bunda ishchi mashinaning kinematik zanjiri ishchi organlarni alohida boshqarish uchun maxsus mexanik qurilmalar: boshqariluvchi muftalar, uzatish qutilari, friksionlar va boshqa qurilmalar qo'llanilishi hisobiga murakkablashib ishchi

organlarni boshqaruvi qiyinlashadi. Texnikani rivojlanishi bilan guruhli elektr yuritmalar ornini ko'plab individual elektr yuritmalar egallamoqda.

Elektr yuritmalarning alohida sifatlariga ko'ra sinflanishi 1.1 jadvalda berilgan.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritmalar sinflanishi

1.1.jadval

Sinflanish belgisi	Sinflanishi
Elektr yuritma harakatga keltiruvchi ishchi a'zolar soniga kora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Individual 2. Ko'p motorli 3. Guruhli
Elektr motorning harakat turiga kora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aylanma harakatli 2. Chiziqli harakatli 3. Ko'p koordinata bo'yicha harakatlanuvchi
Motorning ishchi a'zo bilan biriktirilishiga ko'ra	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduktorli 2. Reduktorsiz 3. Konstruktiv-integratsiyalashgan
Rostlanishi bo'yicha	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rostlanmaydigan 2. Rostlanadigan
Asosiy nazoratdagi parametr bo'yicha	<ol style="list-style-type: none"> 1. Moment bo'yicha rostlanadigan 2. Tezlik bo'yicha rostlanadigan 3. Holat bo'yicha rostlanadigan
Boshqarish turi bo'yicha	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qo'lda boshqariladigan 2. Yarim avtomatli boshqariladigan 3. Yopiq konturli tezlikni avtomatik boshqarish tizimi 4. Yopiq konturli holatni boshqaradigan 5. Dasturli boshqariladigan 6. Kuzatuvchi

Maxsus qadamlı elektr motorlarga asoslangan ko'p koordinatli elektr yuritmalar Rossiya mahalliy ishlanmasi bo'lib zamonaviy, yuqori aniqlikda ishlaydigan robot texnikasida, yig'uv avtomatlarida va boshqa mashinalarda keng ko'lamda ishlatiladi. Ko'p koordinatli yuritmalar ishchi organing fazodagi ko'p yo'nalishlar bo'yicha harakat qilishini ta'minlaydi.

Elektr motorlar mashina ishchi organi bilan bevosita yoki biror kinematik bo'g'in orqali birlashtiriladi (bog'lanadi). Ishchi organ bilan elektr motorlarning bevosita bog'lanishi ventilyator va nasos kabi yuqori tezlikli mashinalarda ishlatiladi. Boshqa mashinalarda, ya'ni ishchi organ tezligi elektrmotor nominal tezligidan kam bo'lganda, ularni bog'lash uchun tezlikni kamaytirib, ishchi valdagi quvvatni oshirib beruvchi reduktorlardan foydalaniladi.

Yuqori aniqlikda ishlaydigan mashina va mexanizmlar uchun motor va ishchi organ orasida mexanik uzatmalardan foydalanmaslikka harakat qilinadi. Lekin, bunda elektrmotorlarning o'lchami va og'irligi ortib ketadi, chunki bu parametrlar shu quvvatli motorlarning nominal tezligiga teskari proporsionaldir.

So'nggi yillarda asosan yuqori aniqlikdagi elektr yuritmalar uchun elektr motor bilan ishchi organni konstruktiv jihatdan birlashtirishga harakat qilinmoqda. Bunday konstruktiv-integrallashgan elektr yuritmalar uchun elektrshpindellar va motor-g'ildiraklar misol bo'la oladi.

Texnikadagi yangi yo'nalishlardan biri elektrmexanik modullarni yaratish bo'lib kelmoqda. Bu modullar tarkibiga ishchi organ, rostlash tizimiga ega bo'lgan elektrmexanik tuzilma (motor) va mikroprotessorli boshqarish tuzilmasi kiradi. Mexatron deb nom olgan bunday modullar robotlarda hamda raqamli dasturli boshqaruvli dastgohlarda qo'llaniladi.

Rostlanuvchan deganda elektr yuritmaning tezligini, tezlanishini yoki momentni o'zgartirish yohud bir xil qiymatda ushlab turish tushuniladi.

Tarixan shunday bo'lganki, amaldagi elektr yuritmalarning asosiy qismi qisqa tutashtirilgan asinxron elektr motorlari asosida bajarilgan. Ularda esa oddiy ta'minot manbaida moment va tezlikni rostlash imkoniyati bo'lmaydi. Bir tezlikli asinxron elektr motorlarning modifikatsiyasi ikki tezlikli va uch tezlikli elektr

motorlardir. Ko'p tezlikli motorlarga ega bo'lgan elektr yuritmalar ikki yoki uchta aniq ishchi tezliklar hosil qilish imkonini beradi, lekin berilgan diapozonda tezlikni rostdash imkoniyatini bermaydi. Bunday yuritmalarga reostat-kontaktorli boshqaruvchi yuritmani kiritishimiz mumkin. Bunday yuritmalar moment va tezlanishni rostdash imkonini bermaydi, shuningdek, vaqt bo'yicha tezlikni o'zgartirishning kerakli xarakterini shakllantira olmaydi. Shuning uchun ko'p tezlikli hamda kontaktorli boshqaruvli elektr motorlar bu darslikda rostdlanadigan yuritma tarzida ko'rilmaydi.

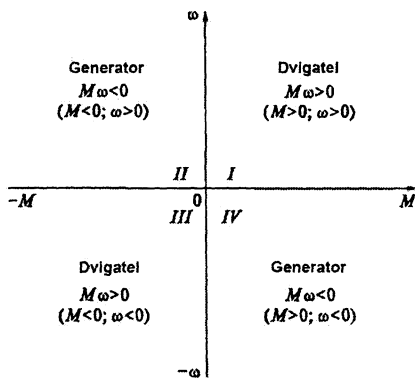
Darslikka kiritilgan rostdlanuvchi elektr yuritma tushunchasi o'z ichiga quyidagi funktsiyalarni oladi:

- berilgan diapazonda kerakli tezlikni o'rnatish;
- g'alayonli ta'sirlar bo'lganda o'rnatilgan tezlik qiymatini berilgan aniqlikda stabilashtirish;
- yuritma motorining harakat va tormozlanish rejimlari paytidagi moment olish va tezlanish olishni rostdash;
- vaqt bo'yicha tezlik o'zgarishining berilgan aniqlikdagi kerakli xarakterini shakllantirish.

Zamonaviy tendensiyalardan biri rostdlanadigan elektr yuritmalarni kengroq qo'llashdir.

Texnologik talablarga ko'ra elektr yuritma quyidagi parametrlardan biri bo'yicha rostdlanuvchanlikni ta'minlashi kerak: moment, tezlik va mashina ishchi organi holati.

Momentni rostdlash asosiy parametr sifatida taranglik talab qilinadigan dastgohlarda qo'llaniladi. Masalan g'altakka o'ram o'rash mashinalari. Aksariyat hollarda rostdlashning asosiy parametri bo'lib tezlik xizmat qiladi. Dastgoxlar bosh harakat mexanizmi, prokat stanlari kletlari, konveerlar, ta'minlagichlar, nasoslar va boshqa shu kabi mashinalarda o'zining texnologiyasiga ko'ra tezlikni rostdlash asosiy parametr bo'lib qoladi. Shunday mashinalar borki ularda ishchi organ holati alohida ahamiyat kasb etadi. Bunday elektr yuritmalar holat bo'yicha rostdlanadi.



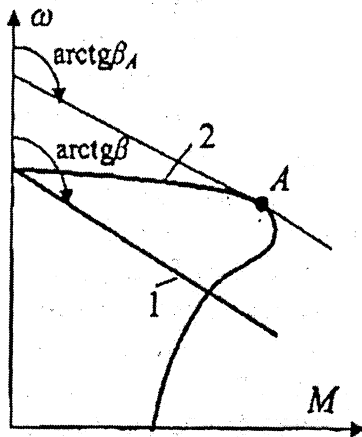
2.2 - rasm. $M - \omega$ koordinatalari

2.2 - rasmda ko'rsatilganidek M va ω koordinata oqlari maydonni 4 ta kvadrantga bo'linadi. I kvadrantda motorning ishlashi motor rejimda bo'lib, uning aylanish tezligi musbat ekanligi ko'rinib turibdi. II kvadrantda esa tormoz rejimidagi ishni ko'ramiz. III kvadrantda motor rejimda ishlaydi va aylanish tezligi manfiy yo'nalishda bo'ladi. IV kvadratda tormoz rejimida ishlayotgan motor va aylanish tezligining manfiy ekanligini ko'ramiz.

Aksariyat hollarda I va II choraklardagi ish faoliyati bo'yicha olingan mexanik xarakteristikalaridan foydalaniladi.

Mexanik xarakteristikani belgilovchi asosiy parametrlardan biri bikirlik hisoblanadi.

$$\beta = \frac{dM}{d\omega} \approx \frac{\Delta M}{\Delta \omega} \quad (2.1)$$



2.3 - rasm. Mexanik xarakteristikalarining bikirligini aniqlash

Agar mexanik xarakteristika to'g'ri chiziqli bo'lsa uning bikirligi o'zgarmas bo'lib, mexanik xarakteristika chizig'i va ordinata o'qi orasidagi burchakning arktangensiga tengdir. (2.3 - rasm 1-chiziq.)

Agar mexanik xarakteristika egri chiziqli bo'lsa, uning bikirligi o'zgaruvchan bo'lib, bikirligi aniqlanayotgan nuqtada o'tkazilgan urinma chiziq hamda ordinata orasidagi burchak arktangensiga teng bo'ladi. (2.3 - rasm, A nuqta, 2-chiziq.)

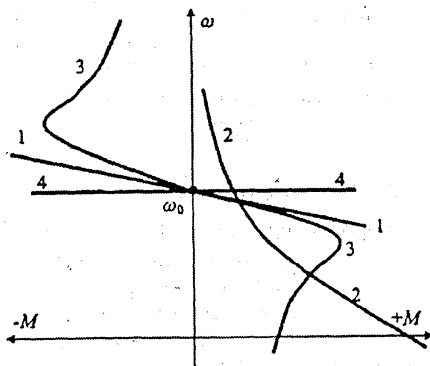
Bikirlik – motor valiga qo'yilgan momentni qabul qila olish qobiliyatini belgilaydi. 2.1 formuladan

$$\Delta\omega = \frac{\Delta M}{\beta}$$

Odatda moment oshirilgan sari aylanish tezligi pasayishga moyil bo'ladi, shuning uchun bikirlik β manfiy ko'rsatkichga ega bo'ladi.

Agar tizimga ΔM miqdordagi moment yuklanganda, aylanish tezligi kichik $\Delta\omega$ miqdorga kamaysa bu mexanik xarakteristika bikir deyiladi. Agar tizimga o'sha ΔM yuklamasi berilganda aylanish tezligi sezilarli darajada o'zgarsa, bu mexanik xarakteristika yumshoq deyiladi.

2.4 - rasmda aylanma xarakatli elektr motorlarning tabiiy mexanik xarakteristikalarini keltirilgan:



2.4 - rasm. Motorlarning tabiiy mexanik xarakteristikalari.

1. Erkin qo'zg'aluvchili, o'zgarmas tokli;
2. Ketma-ket qo'zg'atuvchili, o'zgarmas tokli;
3. Asinxron;
4. Sinxron.

1-mustaqil qo'zg'alishli o'zgarmas tok motori. Uning mexanik xarakteristikasi barcha nuqtalarda bir xil bo'lib, yuqori bikirlikka ega.

2-ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori: bu mexanik xarakteristikaning bikirligi doimiy emas, u momentning kichik yuklamalarida kam bo'lib, moment yuklamasi oshgan sayin oshib boradi.

3-asinxron motor: uning mexanik xarakteristikasi ikki qismdan iborat:

Ishchi-manfiy ko'rsatkichli o'zgarmas yuqori bikirlik hamda egri chiziqli o'zgaruvchan musbat ko'rsatkichli bikirlik;

Xarakteristikaning ikkinchi qismi faqatgina motorni yurgazish paytida kuzatiladi.

4-sinxron motor: u absolyut bikir bo'lgan mexanik xarakteristikaga ega.

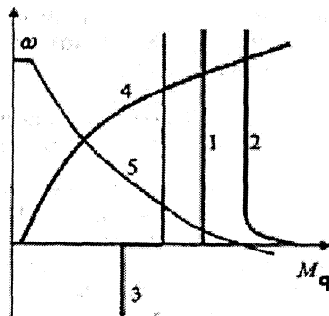
2.4 - rasmda keltirilgan xarakteristikalar tabiiy xarakteristikalar deyiladi. Bu xarakteristikalar oddiy yurgazish sxemasiga, kuchlanish va manba chastotasining mo'tadilligiga, motor chulg'amlarida qo'shimcha elementlarning bo'lmagan holatlariga taalluqlidir.

Sun'iy mexanik xarakteristikalar (rostlanuvchi) rostdash va boshqarish maqsadida manba kuchlanishi va boshqa parametrlari o'zgartirilganda yoki motor chulg'ami zanjiriga qarshilik va yarim o'tkazgichli elementlar kiritilganda vujudga keladi.

Mashina ishchi organida hosil qilinadigan xarakatga qarshilik qilish momenti M_q o'z navbatida tezlikning funksiyasiga aylanishi mumkin.

Ishchi mashina validagi qarshilik momentining val aylanish tezligiga bog'liqligi $M_q=f(\omega)$ ishchi mashinaning mexanik xarakteristikasi deyiladi. Bu ko'rsatkich asosan $M - \omega$ koordinata tizimining I kvadratida ko'rsatiladi.

2.5 - rasmda bir nechta ishchi mashinalarning mexanik xarakteristikalari ko'rsatilgan. 1-xarakteristika qirquvchi ishchi organiga ega bo'lgan mashinalarga taalluqli; agar kesgichda kesish qalinligi o'zgarmas bo'lsa, bu mashinaning qarshilik momenti uning tezligiga bog'liq bo'lmaydi. 2-xarakteristika asosan qarshilik momenti ishqalanish kuchiga bog'liq bo'lgan holatlarga taalluqli. Bunda ham qarshilik momenti tezlikka bog'liq bo'lmaydi, biroq mexanizmi yurgazish paytida tinch holatdagi ishqalanish kuchidan xosil bo'ladigan moment, xarakatdagi ishqalanish kuchidan xosil bo'ladigan momentdan ancha oshib ketishi mumkin.



2.5 - rasm. Bir nechta ishchi mashinalar qarshilik momentining tezlikka bog'liqligi.

3-xarakteristika yuk ko'tarish mashinalariga tegishli. Bunda qarshilik asosan og'irlik kuchi hisobiga paydo bo'ladi. Bu xarakteristikaning asosiy jihati shundaki,

yuk ko'tarilayotgandagi qarshilik momenti tushirilayotgandagiga nisbatan bir qancha oshib ketadi. Bu esa uzatmalardagi mexanik isroflar bilan izohlanadi.

4-xarakteristika turbomexanizmlar uchun (nasos, ventilyator, kompressor) mexanizm validagi moment bevosita uning tezligiga bog'liqdir. Masalan ventilyator uchun quyidagi bog'liqlik mavjud $M=K\omega^2$

5-xarakteristika o'rash moslama va mashinalariga tegishli. Ular uchun quvvat doimiyligi asosiy texnologik talab hisoblanadi.

Shuni aytib o'tish joizki, mashinaning mexanik xarakteristikalari orqali aniqlanadigan ishchi mashina validagi momentlar motor tezligi o'zgarishidan hosil bo'ladigan momentning dinamik tashkil etuvchisini e'tiborga olmaydi.

2.2. Elektr motorning motor va tormoz rejimlari

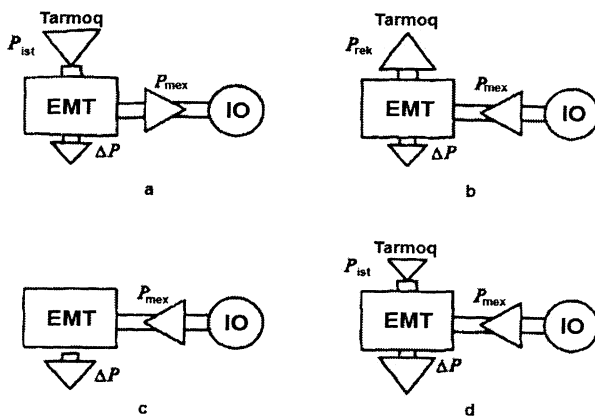
Har qanday elektr mashina energiyani elektrmexanik o'zgartgichi kabi ikki xil rejimda: elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beruvchi motor rejimida va mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantirib beruvchi tormoz (generator) rejimida ishlashi mumkin. Motor rejimda (2.6 - rasm, a) tarmoqdan olinayotgan P manba quvvati, quvvat isroflari ΔP ni hisobga olgan holda elektr yuritmaning mexanizmlari yordamida mexanik energiyaga aylantiriladi va mashinaning ishchi organiga (IO) uzatiladi.

Tormoz rejimi esa o'zining energetik xarakteristikalari bo'yicha turlicha bo'lishi mumkin.

Rekuperativ generatorli tormoz rejimi (2.6 - rasm, b); bu rejimda elektr mashinasidan olingan kinetik energiya yoki mashina ishchi organlaridan olinadigan potentsial energiya elektr motorning valiga uzatilib, uni xuddi generator sifatida ishlatish imkonini beradi. Natijada generatorda hosil qilingan elektr mashina isroflaridan xoli bo'lgan elektr energiyasi tarmoqqa uzatiladi. Bu rejim energetik tomondan ko'proq foydali hisoblanadi, ya'ni tormozlanish energiyasidan unumli foydalaniladi.

Dinamik tormozlanish rejimi (2.6 - rasm, c) bu rejimda tormozlanishi paytida motor tarmoqdan uziladi va qarshilik bilan yuklangan avtonom generator

sifatida ishlaydi; tormozlanishdan hosil bo'ladigan energiya valga ta'sir qilib undan song elektr energiyasi hosil qilinadi, bu elektr energiyasi esa mashinadagi elektr isroflarga va yakor chulg'amiga ulangan tormozlash qarshiligiga sarflanadi.



2.6 - rasm. Elektr yuritma ish rejimlarining energetik diagrammasi

Teskari ulanish rejimi (2.6 - rasm, d); bu rejimda mexanizمنى xarakatlantirayotgan motor teskari yo'nalishda aylantiriladi. Bunda motor tarmoqdan olayotgan energiya va valga ta'sir qilayotgan tormozlanish mexanik energiyasidan foydalaniladi. Bu energiyalar yigindisi motordagi energiya isroflar va tizimga ulangan qarshiliklarga sarflanadi. Bu rejimda katta energiya isroflari kuzatiladi.

Ba'zan teskari ulanish rejimi yuk ko'tarish mexanizmlari elektr yuritmalarida yukni tushirish paytida tormozlanishni kuchaytirish uchun ishlatiladi.

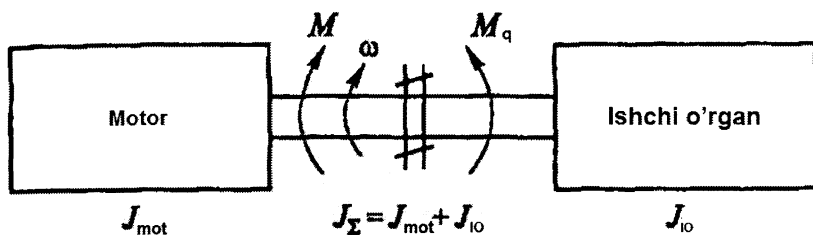
Energetik diagrammalarni tahlil qilganimizda shuni inobatga olish kerakki, agar tormozlanishda texnologik jarayon davom etayotgan bo'lsa tormozlanishdan hosil bo'lgan kinetik energiyaning ma'lum bir qismi foydali ishni bajarish uchun yo'naltiriladi.

2.3. Elektr yuritmaning harakat tenglamasi

Mahkamlangan o'qqa nisbatan aylanma harakatni amalga oshiruvchi mexanik tizimga ikki turdagi moment ta'sir qiladi: motordan hosil bo'ladigan aylanish momenti M va ishchi organdan hosil bo'ladigan qarshilik momenti M_q (2.7 - rasm)

$$M = M_q \quad \text{yoki} \quad M - M_q = 0 \quad (2.1)$$

bo'lsa, bunda mexanik tizim turg'unlashgns aylanish tezligi bilan harakatlanadi ($\omega = \omega_{\text{turg.}}$) yoki tizim tinch holatda bo'ladi ($\omega = 0$).



2.7 - rasm. Mahkamlangan o'qqa nisbatan aylanma xarakatlanuvchi mexanik tizimga qo'yilgan momentlar.

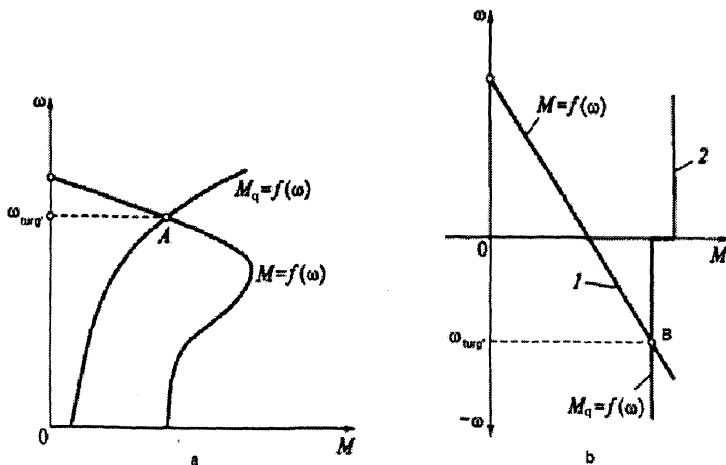
Bu holat Nyuton mexanikasining birinchi qonuniga ya'ni inertsiya qonuniga to'g'ri keladi. Aylanma harakatdagi jismlar uchun u quyidagicha bo'ladi: mahkamlangan aylanish o'qiga ega bo'lgan jismlarga qo'yilgan moment ularni o'z holatlaridan chiqarmagunga qadar ular tinch holatda yoki tekis aylanish holatida bo'ladilar.

$$\frac{d\omega}{dt} = 0, \quad \sum_1^m M_i = 0. \quad (2.2)$$

ya'ni, valga qo'yilgan momentlar yig'indisi nolga teng bo'lsa, bu mexanik tizim turg'unlashgan tezlik $\omega_{\text{turg.}}$ bilan aylanadi (yoki tinch holatda bo'ladi).

Ilgarilama harakat uchun esa o'rnatilgan rejim formulasi quyidagicha bo'ladi: $\frac{dv}{dt} = 0, \quad \sum_1^m F_s = 0$. ya'ni, jisimga qo'yilgan kuchlar vektor yig'indisi nolga teng bo'lsa, bu jism turg'unlashgan tezlik $V_{\text{turg.}}$ bilan harakat qiladi yoki tinch holatda bo'ladi.

Xarakteratga qarshilik momenti odatda statik moment deyiladi, chunki (2.2) formulaga binoan bu moment elektr yuritmaning o'rnatilgan rejimini belgilaydi.



2.8 - rasm. Elektr yuritma o'rnatilgan rejimi tezligini grafik aniqlash.

Motor momenti hamda statik moment bevosita tezlikka bog'liqdir. Motor va ishchi mexanizmining xarakteristikalari aniq bo'lganda mexanizmning o'rnatilgan ish rejimi tezligini grafik usul bilan aniqlash qulayroqdir. 2.8 - rasm a da ventilyator va asinxron motordan tashkil topgan mexanik tizimning tezligini grafik usulda aniqlash ko'rsatilgan. Ventilyator va motor mexanik xarakteristikalarining kesishish nuqtasi A nuqta (2.2) shartda ko'rsatilgan o'rnatilgan ish rejimiga mos keladi.

2.8 - rasm b da yuk ko'tariluvchi lebyodkaning yukni tushirish rejimidagi mexanik xarakteristikalari ko'rsatilgan (tezlik manfiy). 2- chiziq lebyodka yurgazish motorini, yukni tormoz bilan tushirish maqsadida, teskari ulangandagi mexanik xarakteristika chizigi. B nuqta esa bu chiziq bilan lebyodka mexanik xarakteristika chizigi kesishish nuqtasi bo'lib, momentlar muvozanatini bildiradi $M=M_q$, ya'ni o'rnatilgan xarakteristikani bildiradi.

Statik moment aktiv va reaktiv turlarga bo'linadi.

M_{qa} mashina ishchi organiga qo'yilgan aktiv qarshilik momenti bo'lib bu moment og'irlik kuchi hisobiga (yuk ko'taruvchi mashina va mexanizmlar), shamol kuchi ta'sirida (minorali kran), paydo bo'ladi; aktiv qarshilik momenti xarakatga to'sqinlik qilishi yoki monelik qilishi mumkin. Shunga ko'ra, agar M_{qr} ta'siri aylanish tezligi bilan bir hil bo'lsa u musbat ishorali bo'ladi.

M_{qr} mashina ishchi organiga qo'yiladigan reaktiv qarshilik momenti, ishchi organ xarakatiga qarshi reaksiyasi sifatida namoyon bo'lib doimo xarakatga qarshilik qiladi (masalan, metall kesuvchi dastgoxdagi kesuvchi kuch momenti), $\omega=0$ bo'lganda $M_{qr}=0$ bo'ladi; reaktiv qarshilik momentiga podshipnik va kinematik sxemalardagi elementlar ishqalanish kuchi misol bo'la oladi; ishqalanish kuchi doimo xarakatga to'sqinlik qiladi.

Statik moment aktiv va reaktiv momentlar yig'indisiga teng bo'ladi:

$$M_q = M_{q,a} + M_{q,r} \quad (2.3)$$

Barcha moment ishoralari aylanish tezligi ishorasiga nisbatan aniqlanadi. Agar statik qarshilik momenti aylanishga monelik qilsa u musbat, agar to'sqinlik qilsa u manfiy ishorali bo'ladi. Motor aylanish momenti va statik moment yig'indisi motor valiga qo'yiladigan umumiy moment qiymatini beradi.

$$M_{\Sigma} = M_{q,a} + M_{q,r} \quad (2.4)$$

yoki

$$M_{\Sigma} = \pm M_{\overline{F}} M_{q,a} - M_{q,r} \quad (2.5)$$

Agar motor motor rejimda ishlasa (2.5) formuladagi motor momenti M musbat, va agar motor tormozlanish rejimida ishlasa bu moment manfiy ishorali bo'ladi. Bu formuladagi aktiv moment $M_{q,a}$ agar motor aylanishiga monelik qilsa musbat, xarakatga to'sqinlik qilsa manfiy ishorali bo'ladi.

Agar (2.3)ni e'tiborga olsak (2.5) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M_{\Sigma} = M - M_q \quad (2.6)$$

Shuningdek, ilgari tanilgan xarakat uchun mos ravishda:

$$F_{\Sigma} = \overline{F} + \overline{F}_q = \pm \overline{F}_{qa} \mp \overline{F}_{qr} = \overline{F} - \overline{F}_q$$

bunda $\overline{F}, \overline{F}_q, \overline{F}_{qa}, \overline{F}_{qr}$ - mos ravishda xarakatga qarshilik qiluvchi kuchlar tashkil etuvchilari hamda chiziqli motor kuch vektorlari.

Agar umumiy moment $M_{\Sigma}=0$ bo'lsa, mexanik tizim tinch holatda yoki tekis xarakat holatida bo'ladi. Agar umumiy moment "0"ga teng bo'lmasa mexanik tizim tezligining o'zgarishi yuzaga keladi: M_{Σ} musbat bo'lsa tezlanish, M_{Σ} manfiy bo'lsa sekinlashish. $M_{\Sigma}\neq 0$ bo'lgandagi rejim o'tuvchi yoki dinamik rejim deyiladi.

Tezlikni o'lchash Nyutonning ikkinchi qonuni – dinamika qonuni bilan amalga oshiriladi. Unga ko'ra kuch impulsi xarakat miqdori o'zgarishiga teng.

$$F_{\Sigma} dt = d(mV).$$

Kuch impulsi umumiy kuch vektorining uning ta'sir qilish vaqtiga ko'paytmasini bildiruvchi vektordir. Harakat miqdori tezlik vektorining jism massasi kopaytmasiga teng bo'lgan vektordir.

Agar jism massasi o'zgarmas bo'lsa,

$$F_{\Sigma} = m \frac{dv}{dt} = m * a \quad (2.7)$$

Bu qonun belgilaydiki agar natijaviy kuch nolga teng bo'lmasa jism - miqdori massa va kuch qiymatiga bog'liq bo'lgan tezlanish oladi yoki sekinlashadi.

Qo'zg'almas oqda aylanuvchi jism uchun Nyutonning ikkinchi qonuni quyidagicha bo'ladi: moment impulsi xarakat miqdori o'zgarishiga teng bo'ladi.

$$M_{\Sigma} dt = d(J\omega) \quad (2.8)$$

Xarakat miqdori – aylanayotgan jism inertsia momentining uning burchak tezligi ko'paytmasiga teng.

Inertsia momenti $J(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$ – fizik jism ilgari lanma xarakatidagi massasini aniqlovchi kattalikdir. U qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan jism inertsiasini darajasini bildiradi. Massasi m ga teng bo'lgan material nuqtaning inertsia momenti, jism massasining jismdan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa kvadratiga ko'paytmasiga teng $J = mR^2$.

Jismining inertsia momenti esa bu jismini tashkil qiluvchi material nuqtalar inertsia momentlari yig'indisiga teng. U jism massasi va o'lchamlari orqali ko'rsatilishi mumkin. Aylanma jismlar inertsia momentlari katalog va so'rovnomalarda keltiriladi. Ba'zan kataloglarda moment GD^2 qiymati beriladi. Inertsia momentini topish uchun bu qiymat 4 ga bo'linadi $J = GD^2/4$.

Shuni ta'kidlash kerakki, aylanayotgan jismning inertsionligi nafaqat uning massasiga, balki diametriga ham bog'liq bo'ladi. Bir hil massaga ega bo'lgan, lekin diametri katta bo'lgan jism inertsiya momenti katta bo'ladi. Shuning uchun inertsionligi kichik motorlar rotori diametri kichik va uzunligi uzunroq qilib ishlashga xarakat qilinadi.

Va aksincha ishchi mashina kinematik zanjiri tarkibida maxovik bo'lsa, bu motor rotori diametrini kattalashtiradi.

Agar inertsiya momenti o'zgarmas bo'lsa, Nyutonning ikkinchi qonuni tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M_{\Sigma} = J \frac{d\omega}{dt} \quad (2.9)$$

M_{Σ} moment mexanik tizimning dinamikasini bildirgani uchun ko'pincha natijaviy moment M_{Σ} ni dinamik moment deyiladi.

$$M_{din} = M_{\Sigma} = J \frac{d\omega}{dt} \quad (2.10)$$

(2.5) ni inobatga olsak,

$$M - M_q = J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \quad (2.11)$$

ko'rinishga keladi. Nyutonning ikkinchi qonunini aks ettiruvchi bu tenglik elektr yuritmaning xarakat tenglamasi deyiladi.

Bu tenglamada barcha momentlar elektr motorining valiga qo'yilgan bo'lib, J_{Σ} inertsiya momenti esa valga bog'liq mexanik xarakatni vujudga keltiruvchi barcha massalar inertsiya momentini bildiradi. Ilgarilanma xarakat uchun elektr yuritmaning xarakat tenglamasi mos ravishda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$F - F_q = m \frac{dv}{dt} \quad (2.12)$$

bunda: F – motor kuchi

F_q – motor shtogida paydo bo'ladigan xarakatga qarshilik kuchi

m – motor shtogiga boglangan siljuvchi elementlar massasi

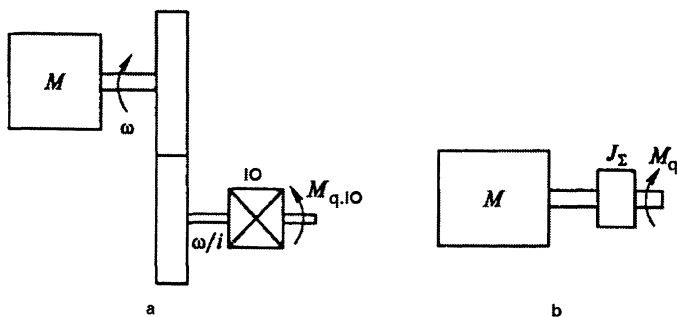
v – motor shtogining chiziqli tezligi

2.4. Keltirilgan mexanik bog‘g‘in

Agar mashinaning ishchi organi elektr motor vali bilan bevosita bog‘langan bo‘lsa, elektrmexanik tizim xarakterini taxlil qilish uchun motor va ishchi organi mexanik tizim deb qabul qilib, bu tizim uchun (2.11) xarakter tenglamasidan foydalanish mumkin bo‘ladi. Bunday kinematik sxema ventilyator, nasos kabi mashinalar uchun xarakterlidir. Biroq aksariyat holatlarda mashinaning ishchi organi elektr motori bilan bevosita emas, balki turli uzatmalar bilan bog‘langan bo‘ladi. Bunday holatlarda taxlil uchun (2.11) tenglamani qo‘llab bo‘lmaydi, chunki M va M_q momentlar turli vallarga qo‘yilgan hamda inertsion massalar turli tezlik bilan aylanadilar.

Xarakter tenglamasini qo‘llash uchun esa barcha qarshilik momentlari va inertsiya momentlarini valga keltirish, ya‘ni elektr motorni valiga keltirish vazifasi paydo bo‘ladi. Bunday keltirish faqatgina xisob-kitob bilan amalga oshiriladi.

Momentlarni keltirish printsipti quvvatlar tengligini saqlashga asoslanadi. Inertsiya momentlari kinetik energiyani saqlanishi printsiptiga asosan motor valiga keltiriladi.



2.9 - rasm. Qarshilik va inertsiya momentlarini motor valiga keltirish

Agar mashina ishchi organi (IO) motor vali bilan uzatish soniga ega bo‘lgan reduktor orqali bog‘lansa (2.9 - rasm, a), ishchi organ qarshilik momenti $M_{q.i.o}$ ni motor valiga keltirish uchun quvvatlar tengligi sharti qanoatlantirilishi kerak.

$$M_{q.i.o} * \omega_{i.o} = M_q \omega \quad (2.13)$$

Bunda: $M_{q.i.o}$ – xarakterga qarshilik momenti (statik moment)

$\omega_{i.o}$ – ishchi organ burchak tezligi

M_q – elektr motor valiga keltirilgan qarshilik momenti

ω – elektr motor vali aylanish tezligi.

Agar mexanik tizim reduktoridagi isroflar inobatga olinsa, (2.13) tenglamaga foydali ish koeffitsientini kiritish mumkin, unda

$$M_{q.i.o} * \omega_{i.o} = M_q * \omega * \eta_{red}$$

Shunday qilib, ishchi organ validagi statik moment aniq bo'lsa, elektr motor valiga keltirilgan statik moment quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$M_s = \frac{M_{q.i.o}}{\omega / \omega_{i.o} * \eta_{red}} = \frac{M_{q.i.o}}{i * \eta_{red}} \quad (2.14)$$

Umumiy qoida: statik momentni elektr motor valiga keltirish uchun ishchi organ validagi xaqiqiy statik momentni reduktor uzatish soni hamda foydali ish koeffitsientiga bo'lish kerak.

Ishchi organdagi inertsia momenti $J_{i.o}$ ni motor valiga keltirish uchun kinetik energiya tengligi shartiga amal qilinishi lozim.

$$\frac{J_{i.o} * \omega_{i.o}^2}{2} = \frac{J_{i.o.kel} * \omega^2}{2}$$

Bundan, avval motorga keltirilgan inertsia momenti $J_{i.o.kel}$ quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$J_{i.o.kel} = \frac{J_{i.o}}{i^2} \quad (2.15)$$

Umumiy qoida: inertsia momentini motor valiga keltirish uchun kinematik bo'g'in inertsia momentini uzatish soni kvadratiga bo'lish kerak.

Statik moment va inertsia momentlarini motor valiga keltirish bilan haqiqiy kinematik sxema o'rniga (2.9 ram, b) xisobiy kinematik sxemani xosil qilamiz. Bu sxema asosida esa elektr yuritmaning harakat tenglamasidan foydalanishimiz mumkin bo'ladi:

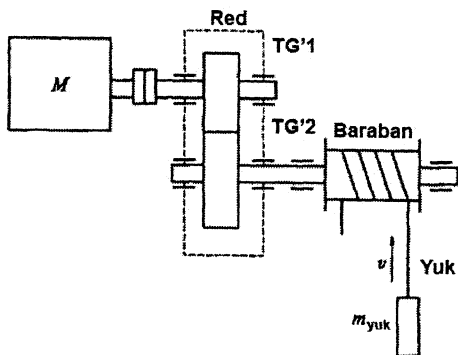
$$M - M_q = (J_{rotor} + J_{i.o.kel}) * \frac{d\omega}{dt} \text{ yoki } M - M_q = J_{\Sigma} * \frac{d\omega}{dt}$$

Ishchi mashinalarning ba'zi bir kinematik sxemalarida ilgari noma xarakatli bo'g'in mavjud bo'ladi. Bunga misol tariqasida yuk ko'taruvchi lebyodkaning kinematik sxemasini ko'rib chiqamiz (2.10 - rasm). Bunda aktiv statik moment lebyodka ilgagidagi yukning og'irlik kuchi tomonidan hosil qilinadi:

$$G = m_{yuk} g$$

Bu moment lebyodka barabaniga qo'yilgan bo'lib, quyidagiga teng :

$$M_{q(bar.)} = m_{yuk} * g * R_{bar}$$



2.10 - rasm. Yuk ko'taruvchi lebyodkaning kinematik sxemasi.

Yuk ko'tarilayotgan holat uchun statik momentni motor valiga keltirish uchun (2.14) formuladan foydalanamiz:

$$M_q = \frac{M_{q(bar.)}}{i * \eta_{red}} = \frac{m_{yuk} * g R_{bar}}{i * \eta_{red}}$$

Bunday holatning asosiy jixati shundan iboratki, yukni ko'tarish va tushirish paytidagi statik momentlar turlicha bo'ladi. Yukni ko'tarish paytida reduktordagi ishqalanish kuchlari xisobiga motor valiga keltirilgan qarshilik momenti birmuncha yuqori bo'ladi. Yukni tushirish paytida esa aktiv qarshilik momenti hisobiga ishqalanish kuchlari yukning tormozlanishiga sarflangani sababli motor valiga keltirilgan statik moment qiymati birmuncha kamroq bo'ladi. Shuning uchun yukni tushirish holatida uzatma foydali ish koeffitsientini (2.14) formula suratida ko'ramiz:

$$M_q = \frac{M_{q(bar.)}}{i} * \eta_{red}, \quad (2.16)$$

Ta'kidlash kerakki, bu hususiyat faqatgina aktiv statik momentni keltirishda mohiyat kasb etadi.

Mexanik tizimning umumiy inertsia momentini topish uchun aylanish jismlari massalarini keltirish formulasi (2.15) dan hamda ilgari tanilgan xarakteristikalar bilan jismlar massasini keltirish uchun kinetik energiyalarni tengligi printsiptan foydalanamiz :

$$\frac{m_{yuk} \cdot v^2}{2} = \frac{J_{yuk} \cdot \omega^2}{2} ,$$

Bunda, J_{yuk} - V tezlik bilan ilgari tanilgan harakatlanayotgan m_{yuk} - jism massasining, ω tezlik bilan aylanayotgan motor valiga keltirilgan inertsia momenti.

$$V = \omega_{bar} \cdot R_{bar} \text{ bo'lgani uchun } J_{yuk} = \frac{m_{yuk} \cdot R_{bar}^2}{i_2} ,$$

Shunda 2.9 - rasmdagi holatga ko'ra ko'rilayotgan mexanik tizimning motor valiga keltirilgan umumiy inertsia momenti quyidagicha bo'ladi:

$$J_{\Sigma} = J_{rot} + J_{bog.1} + \frac{J_{bog.2} + J_{bar} + m_{yuk} \cdot R_{bar}^2}{i_2} ,$$

Bunda, J_{rot} - rotor inertsia momenti

J_{bar} - baraban inertsia momenti

$J_{bog.1}$ - $J_{bog.2}$ - 1 va 2 bo'g'inlar inertsia momentlari

Yukni ko'tarish rejimi uchun elektr yuritmaning xarakteristikalarini quyidagicha bo'ladi:

$$M - \frac{m_{yuk} \cdot R_{bar}^2}{i \cdot \eta_{red}} = (J_{rot} + J_{bog.1} + \frac{J_{bog.2} + J_{bar} + m_{yuk} \cdot R_{bar}^2}{i_2}) \frac{d\omega}{dt} .$$

Elektr yuritmaning mexanik qismi quyidagilarni o'z ichiga oladi: elektr motorning rotori (yakori), mashinaning ishchi organi, transmissiya hamda mexanik uzatmalar tizimini. Agar mexanik qismning barcha elementlari barcha harakatlarda teng yoki proporsional tezlikka ega bo'lsa, bunday mexanik tizim bikir tizim sifatida ko'rilishi mumkin. Bunday holatda parametrlarni motor valiga keltirish formulalaridan foydalanib, tizimni J_{Σ} keltirilgan inertsia momentiga ega bo'lgan bikir mexanik bo'g'in sifatida ko'rish mumkin va bu bo'g'inning dinamik xarakteristikalarini tahlil qilish uchun (2.11) elektr yuritmaning xarakteristikalarini

tenglamasidan foydalanish mumkin. Bunday mexanik tizimni bir massali tizim deyiladi.

Aksariyat holatlarda ishchi mashinaning kinematik sxemasi val, bikir mufta, tasmali uzatma kabi bikir elementlarga ega bo'ladi. Tishli uzatmalarda esa tishli ilashma orasidagi kichik tirqishni inobatga olishga to'g'ri keladi. Bunday holatlarda ishchi mashinaning kinematik tizimini bikir bir massali deb bo'lmaydi. Ayni holda katta aniqlikda ishlaydigan mashinalar elektr yuritmalarga taalluqli.

Bu holatda tizim harakat jarayonining matematik yechimi birmuncha murakkablashadi va kompyutyerda modellashtirishni talab qiladi.

Masala 2.1 Kinematik sxemaga ega bo'lgan yuk ko'taruvchi leybodka (2.10 - rasm) 1000 kg gacha yukni ko'tara oladi. Yukning maksimal ko'tarilish tezligi 1 m/s:

Yukni ko'tarish va tushirish paytidagi tezlanish va sekinlanish (tormozlanish) $0,25 \text{ m/s}^2$ ga teng. Barabanning inersiya momenti $1,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$; reduktorning yetaklovchi va yetaklanuvchi tishli g'ildiraklari inersiya momentlari mos ravishda $0,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ va $5,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ga teng. Motorning maksimal aylanish tezligi 600 ayl/min . Reduktor foydali ish koeffitsienti $0,9$. Yukni kotarish balandligi 24 m baraban radiusi $0,25 \text{ m}$. Yukni kotarish davridagi elektr motor validagi tezlik va momentning o'zgarish diagrammasi qurilsin.

Echish :

1. Yukni ko'tarishdagi tezlanish va sekinlanish vaqti

$$t_1 - t_3 = \frac{v_{maks}}{a} = \frac{1,0}{0,25} = 4 \text{ s.}$$

2. t_1 va t_3 vaqt oralig'idagi yukning siljigan yo'li

$$S_1 = S_3 = \frac{at^2}{2} = \frac{0,25 \cdot 4^2}{2} = 2 \text{ m.}$$

3. Maksimal tezlik bilan yurish vaqti

$$t_2 = \frac{H - (S_1 + S_3)}{v_{maks}} = \frac{24 - (2 + 2)}{1} = 20 \text{ s.}$$

4. Motorning maksimal aylanish tezligi

$$\omega_{maks} = \frac{\pi \cdot n_{maks}}{30} = \frac{3,14 \cdot 600}{30} = 62,8 \text{ 1/s}$$

5. Barabanning maksimal aylanish tezligi

$$\omega_{6.maks} = \frac{v_{maks}}{R_6} = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ 1/s}$$

6. Reduktorning uzatish nisbati

$$i = \frac{\omega_{maks}}{\omega_{6.maks}} = \frac{62,8}{4} = 15,7 \text{ 1/s}$$

7. Baraban validagi statik moment

$$M_{q(b)} = m_{gr} g R_6 = 1000 * 9,81 * 0,25 = 2452 \text{ Nm}$$

8. Motor valiga keltirilgan statik moment

$$M_q = \frac{M_{q(b)}}{i * \eta_{red}} = \frac{2452}{15,7 * 0,9} = 174 \text{ Nm}$$

9. Mexanik tizimning motor valiga keltirilgan umumiy inersiya momenti

$$J_{\Sigma} = J_{rot} + J_{bog.1} + \frac{J_{bog.2} + J_{bar} + m_{yuk} * R_{bar}^2}{i^2} =$$

$$= 1,5 + 0,1 + \frac{5 + 90 + 1000 * 0,25^2}{15,7^2} = 2,2 \text{ kgm}^2$$

10. t_1 vaqtida motor tezlik olish davridagi motor validagi moment

$$M = M_{qs} + J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} = 174 + 2,2 \frac{62,8}{4} = 211 \text{ Nm}$$

11. Motorda maksimal tezlikka erishilgan davrdagi motor validagi moment

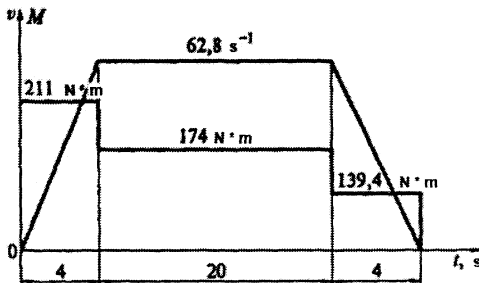
$$M = M_q = 174 \text{ Nm}$$

12. Motorni to'xtatish davridagi motor validagi moment.

$$M = M_q + J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} = 174 - 2,2 \frac{62,8}{4} = 139,4 \text{ Nm.}$$

Yuqoridagi hisob kitob natijalariga ko'ra tezlik va moment diagrammasini

2.11 - rasmda ko'rsatilgandek quramiz.



2.11 - rasm. Motor validagi tezlik va moment diagrammasi.

2.5 Takrorlash uchun nazorat savollari.

1. Motor va ishchi mashinalarning mexanik xarakteristikallari nimalarni anglatadi?
2. Motor va ishchi mashinaning mexanik harakteristikalaridan foydalangan holda, aniq rejimda ishlayotgan mashinaning tezligini qanday aniqlash mumkin?
3. Mexanik harakteristikallarning bikirlligi (qattiqlligi) nima va u nimani aniqlaydi?
4. Xaraktlantiruvchi rejimda ishlaydigan tizimning harakteristikallari mexanik harakteristikallari $M - \omega$ maydonning qaysi kvadratida joylashadi?
5. Sinxron motorning mexanik harakteristikallari qanaqa bikirlikka ega bo'ladi?
6. Yuk ko'taradigan mexanizmning mexanik harakteristikallari qanaqa bikirlikka ega bo'ladi?
7. Elektr yuritmalar qanday tormozlanish rejimlarida ishlay oladi?
8. O'rnatilgan rejimda ishlayotgan tizimda motor validagi umumiy (dinamik) moment nimaga teng?
9. Bikir (qattiq) mexanik tizimga ta'rif bering?
10. Aylanish jismining inertsia momentining o'lcham birligi qanaqa?
11. Agar mashinaning ishchi organi elektr motor vali bilan uzatma bo'g'inlari orqali bog'langan bo'lsa, elektr yuritmaning harakat tenglamasidan foydalanish uchun nima qilish kerak?
12. Motor valiga statik momentni keltirish printsipi nima?
13. Agar ishchi organ va motor orasida mexanik uzatma bo'lsa, ishchi organ inertsia momentini motor valiga keltirish uchun nima qilish kerak?
14. Elektr yuritmaning noturg'un harakati qanday holalarda yuz beradi?
15. Qanday ishchi mashinalarda qarshilik momenti tezlikni kvadratiga proporsional?

3. ROSTLANMAYDIGAN ELEKTR YURITMA.

3.1. Umumiy ma'lumotlar

Rostlanmaydigan elektr yuritma deganda doimiy tezlik bilan (sezilarsiz darajada o'zgaradigan) ishlaydigan yuritma nazarda tutiladi. Shuningdek, rostlanmaydigan yuritmaga ko'p tezlikli asinxron motorlar bilan ishlaydigan hamda rele kontaktorli boshqariladigan faza rotorli asinxron motorli elektr yuritmalarni ham kiritamiz.

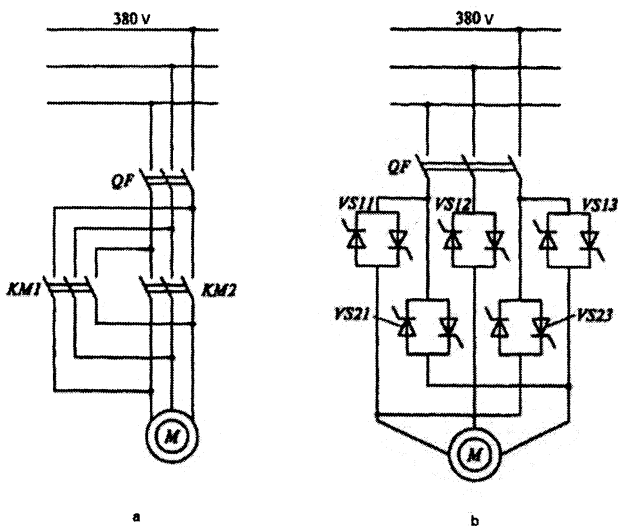
Rostlanmaydigan elektr yuritmaning keng tarqalgan turlariga quyidagilar kiradi: qisqa tutashgan rotorli asinxron motorli elektr yuritma, faza rotorli asinxron motorli elektr yuritma, sinxron motorlar asosidagi elektr yuritmalar.

Rostlanmaydigan elektr yuritmalarga har qanday oraliq elektr energiyasini qayta o'zgartiruvchilarsiz (chastota o'zgartirgichi va kuchlanish rostlagich) elektr motorini to'g'ridan to'g'ri ulash xosdir. Rostlanmaydigan qisqa tutashgan rotorli asinxron elektr motorlar uchun odatda quyidagi boshqaruv qo'llaniladi: motorni yurgazish va ochirish, aylanish yo'nalishini o'zgartirish, ba'zan motorni elektrik tormozlash. Sinxron motorli elektr yuritma uchun esa yuqoridagilardan tashqari qo'zg'atish tokini rostlash ham talab etiladi. Faza rotorli asinxron motorlar ishlatilganda yurgazishni bir maromda amalga oshirish uchun va yurgazish tokini kamaytirish maqsadida rotor zanjiriga yurgazish paytida qo'shimcha qarshilik ulanadi. Motor tezlikka erishgan sari bu qarshilik bosqichma – bosqich kamaytiriladi.

Rostlanmaydigan elektr yuritmalarni boshqaruvi aksariyat holatlarda kontaktli boshqaruv va himoya apparatlari yordamida amalga oshiriladi. Oxirgi vaqtlarda asinxron motorlar chulg'amlarini ulash uchun tiristorli ulagich ko'rinishdagi kontaktsiz apparatlardan ham foydalaniladi. 3.1 - rasmda qisqa tutashgan rotorli motorni kontaktli va kontaktsiz apparatlar yordamida ulash va teskari aylantirish sxemalari keltirilgan.

3.1 - rasm a) da ko'rsatilganidek, KM1 kontaktlarini ulash bilan motor "oldinga" yo'nalishda yurgiziladi. Aylanish yo'nalishini teskari o'zgartirish uchun

stator chulg'amlariga fazalarni ulash tartibini o'zgartirish kerak. Shuning uchun motorni "orqaga" yo'nalishda yurgazish uchun KM2 kontaktori ulanadi. Kontaktsiz tiristorli yurgizgichlarni qo'llaganda kontaktorlarni har bir qutblari ikki tiristor bilan almashtiriladi 3.1 - rasm b). Bu tiristorlar teskari parallel ravishda ulanadi. VS11, VS12, VS13 tiristorlarning boshqaruv elektrodlariga impul's berilganda motor "oldinga" yo'nalishda ulanadi. VS21, VS12, VS23 tiristorlarining boshqaruv elektrodlariga impul's berilganda esa motor teskari yo'nalishda ulanadi. Qisqa tutashuv toklaridan himoyalaniish QF avtomatik uzgich orqali amalga oshiriladi.



3.1 - rasm. Qisqa tutashgan rotorli asinxron motorni ulash sxemalari.

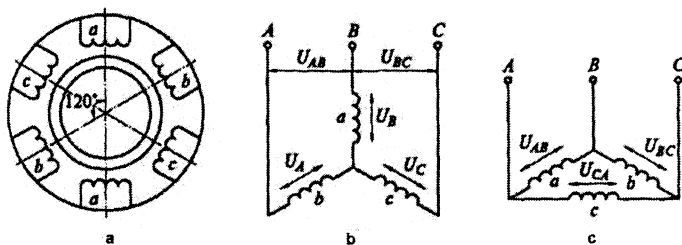
a) kontaktli yurg'izgich; b) tiristorli yurg'izgich bilan.

Yurituvchi elektr motorning asosiy ish rejimiga tegishli bo'lgan nominal ma'lumotlar qiymatlari rostanmaydigan elektr yuritmaning asosiy karakteristikasi hisoblanadi. Yuritma nominal quvvati uzoq muddatli ishlash rejimida yoki berilgan boshqa ish rejimida ishlaganidagi qizish shartiga asosan hisoblangan motor validagi quvvat ko'rinishida aniqlanadi. Nominal berilgan parametrlarga

manbadagi kuchlanish va chastota, aylanish tezligi, chulg'amlardagi tok, foydali ish koeffitsienti va $\cos \varphi$ kabi nominal ish rejimi ko'rsatkichlar ham kiradi.

3.2. Asinxron motorlarning elektr mexanik xususiyatlari

3.2.1. Asinxron motorni ishlash prinsipi



3.2 - rasm. Asinxron motorning faza chulg'amlari chizmasi

Sanoatda, qishloq xo'jaligida va boshqa sohalarda qo'llaniladigan elektr motorlari ichida eng keng ko'lamda qo'llaniladigan asinxron motorlardir. Elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beruvchi asosiy vosita shular deyishimiz mumkin. Asinxron motor uch fazali o'zgaruvchan tokli induksion elektrik mashinadir. Motor statorida o'zaro 120° burchak ostida joylashtirilgan uchta chulg'am bo'ladi. (3.2 - rasm. a). 3.2 a - rasmda ko'rsatilganidek $2 P_p = 2$ bo'lsa chulg'amlar 120° ga, agar qutb juftlari (P_p) kop bo'lsa, chulg'amlar orasidagi burchak $120^\circ / P_p$ ni tashkil qiladi.

Asinxron motor statori faza chulg'amlari ikki usulda, yulduz (3.2 - rasm. b) hamda uchburchak (3.2 - rasm. c) usulda ulanadi. Odatda o'rta va kam quvvatli asinxron motorlari 380/220v nominal kuchlanish uchun loyixalanadi. Bunda manba kuchlanishi 380 V bo'lsa, chulg'amlar yulduzcha usulida, agar manba kuchlanishi 220V bo'lsa chulg'amlar uchburchak(Δ)usulda ulanadi. Har ikkala holatda ham motor statorining faza chulg'amiga berilayotgan kuchlanish 220Vni tashkil qiladi.

Asinxron motorning ishlash prinsipi statorda elektr magnit maydonini tashkil qilishga asoslangan. Chulgʻamlarning $120^\circ / P_p$ gradusga siljirilganligi tufayli hamda uchala kuchlanish fazasining vaqtinchalik siljishi tufayli. (U_a , U_b va U_c kuchlanish fazalari 120 elektrik gradus, yaʼni $2\pi/3$ radianga siljigan) motor chulgʻamlaridagi toklar natijasida hosil qilinadigan magnit yurituvchi kuchlar umumiy vektori \vec{F} stator aylanasi boʻylab quyidagi tezlik bilan ravon koʻchib boradi.

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{P_n}, \quad (3.3)$$

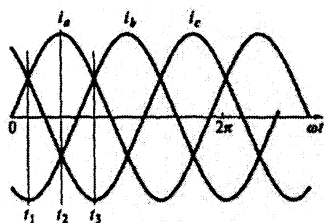
bunda: f_1 - stator sinusoidal tok chastotasi

r_n - mashina qutb juftliklari soni

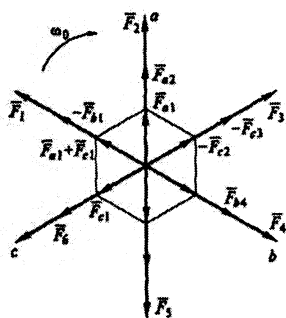
Havo tirqishlari teng, mashina simmetrik va stator chulgʻamlari teng taqsimlanganligi uchun magnit yurituvchi kuch (MYuK) magnit oqimini hosil qiladi. Bu magnit oqimi umumiy vektori fazoda ω_0 tezlik bilan aylanadi. Stator chulgʻamida aylanayotgan magnit maydoni hosil boʻlish prinsipini 3.3 - rasmda kuzatishimiz mumkin. 3.3 - rasm a da 3 fazali toklar tizimi epyurasi keltirilgan (a , b , c faza chulgʻamlaridagi $\omega^*t=2\pi f_1^*t$ vaqtga bogʻliq boʻlgan toklarning oniy qiymati) t_1 vaqtdagi statordagi magnit yurituvchi kuchlar umumiy vektorining fazodagi holatini koʻrib chiqamiz.

$$F_1 = \vec{F}_{a1} + \vec{F}_{b1} + \vec{F}_{c1} = (\vec{i}_a + \vec{i}_b + \vec{i}_c)w.$$

a chulgʻamning magnit yuritish kuchi vektori \vec{F}_{a1} “ a ” oqi boʻyicha musbat yoʻnalishda yoʻnalgan $0,5 J_{a,max}$ ga teng boʻladi. Bu b ; c chulgʻami magnit yuritish kuchi vektori “ c ” oqi boʻyicha musbat yoʻnalishda yoʻnalgan va $0,5 J_{a,max}$ ga teng. $\vec{F}_{a1} + \vec{F}_{c1}$ vektorlar yigʻindisi « b » boʻyicha manfiy yoʻnalishda yoʻnalgan; bu yigʻindidan “ b ” chulgʻami magnit yuritish vektori xosil boʻladi va u $J_{v,max}$ ga teng boʻladi. Bu vektorlar yigʻindisi fazoviy \vec{F}_1 vektorni xosil qiladi; \vec{F} vektor 3.3 - rasm b da koʻrsatilgan fazoviy holatni egallaydi va qiymati $3/2 J_{max}$ ga teng boʻladi.



a



b

3.3 - rasm. Aylanuvchan elektrmagnit maydon hosil bo'lishi

$\omega t = \frac{\pi}{3}$ vaqt o'tgandan keyin (50 Gts chastota bo'lganda 1/300 s dan keyin)

t₂ "a" chulg'amaning m.y.u.k vektori F_{a2} maksimal musbat qiymatga ega bo'ladi, "b" va "c" chulg'amlarining m.y.u.k vektori esa yarim manfiy qiymatga ega bo'ladi. F_2 umumiy vektor bu paytda 3.3 b - rasmda ko'rsatilganidek F boshlang'ich holatiga nisbatan 60° fazoviy burchakka soat mili bo'yicha siljiydi.

Xulosa qilish mumkinki, t_3 vaqt paytida stator chulg'amlaridagi m.y.u.k vektorlari F_3 holatga o'tadi, ya'ni soat mili bo'yicha siljishni davom ettiradi. Manba kuchlanish vaqti davomida m.y.u.k umumiy vektori F soat mili bo'yicha F_4 , F_5 , F_6 holatlarni egallagan holatda to'liq aylanib chiqadi.

Kuchlanish fazalarini ulash ketma-ketligini o'zgartirganda (masalan 3.2 - rasm b, c dagi b va c fazalari almashtirilsa), magnit oqimi umumiy vektori teskari yo'nalishga o'zgaradi, ya'ni stator chulg'amida toklar yordamida xosil qilinayotgan magnit maydoni aylanishi o'zgarishiga o'quvchi ozi ishonch xosil qilishi mumkin.

Agar motor qutb juftliklari soni l dan ko'p bo'lsa stator aylanasi bo'ylab joylashgan chulg'amlar soni ko'payadi. Ya'ni, agar qutb juftliklari soni $P_n = 2$ bo'lsa, barcha faza chulg'amlari aylananing birinchi yarmida hamda ikkinchi yarmida alohida tarzda 3 tadan joylashadi. Bu holda stator magnitli xarakat kuchi vektori \vec{F} bir kuchlanish davrida aylanani yarim uzunligiga siljiydi, ya'ni 180° ga buriladi va statorning magnit maydoni aylanish tezligi 2 marta kam bo'ladi.

Xulosa qilib aytganda statorning magnit maydoni aylanish tezligi ω_0 (yoki sinxron tezlik) mashina qutb juftliklariga teskari proporsionaldir. Bu qiymatlar 3.1 jadvalda keltirilgan.

Asinxron motorlar aylanish tezligining
qutb juftliklari soniga bog'liqligi

3.1 Javdal

Qutb juftliklari soni	Stator elektrmagnit maydoni burchak tezligi 1/s	Asinxron motorning sinxron tezligi ayl/min.	Motorning taxminiy nominal tezligi ayl/min.
2 P_n= 2	$\omega_0 = 314$	$n_0 = 3000$	2940
2 P_n= 4	$\omega_0 = 157$	$n_0 = 1500$	1450
2 P_n= 6	$\omega_0 = 104,6$	$n_0 = 1000$	980
2 P_n= 8	$\omega_0 = 78,5$	$n_0 = 750$	735
2 P_n= 10	$\omega_0 = 62,8$	$n_0 = 600$	585
2 P_n= 12	$\omega_0 = 52,3$	$n_0 = 500$	490

Asinxron motorlar rotorining konstrusiyasiga ko'ra 2 xil bo'ladi: faza rotorli va qisqa tutashgan rotorli. Faza rotorli motorlar rotorida taqsimlangan 3 fazali chulg'am bo'ladi. Ular odatda «yulduz» ulanadi. Chulg'am uchlari kontakt xalqalariga ulanadi. Bu xalqalar orqali rotorning elektr zanjirlari uchlari mashinadan chiqarilib yurgazish qarshiliklariga ulanadi. Qisqa tutashgan rotorli motorlarda chulg'am sterjen ko'rinishida bajarilib, rotor ikki tomonidan xalqalar bilan qisqa tutashtirib mahkamlanadi. Rotordagi bu sterjenlarni uch fazali qisqa tutashtirilgan chulg'am sifatida ko'rishimiz mumkin.

Asinxron motordagi elektromagnit moment M statoridagi aylanuvchi magnit maydoni F , hamda rotor tokini tashkil qiluvchisi bilan o'zaro ta'sirlashuvi natijasida xosil bo'ladi.

$$M = 3k \Phi I_{2a} \quad (3.4)$$

Rotor toki E_2 elektr yurituvchi kuch xisobiga paydo bo'ladi. Bu elektr yurituvchi kuch rotorda aylanayotgan magnit maydoni orqali induksiyalanadi. Rotor siljimag turganda asinxron motor qisqa tutashgan chulg'amli transformator sifatida yoki yurgazish qarshiligi bilan yuklangan transformator sifatida ishlaydi. Aylanmay turgan rotor chulg'amlarida hosil bo'lgan elektr yurituvchi kuch faza nominal elektr yurituvchi kuchi deyiladi (E_{2n}). Bu elektr yurituvchi kuch taxminan statorning faza kuchlanishining transformatsiya koeffitsientiga bo'linganiga teng bo'ladi:

$$E_{2n} = U_1 / k_t \quad (3.5)$$

Aylanayotgan motor rotoridagi elektr yurituvchi kuch E_2 qiymati hamda bu E.Yu.K. chastotasi f_2 (demak rotordagi tok chastotasi ham) aylanayotgan magnit maydonining chulg'am simlarini kesib o'tish chastotasiga bog'liq bo'ladi (qisqa tutashgan rotorli motorda - sterjenlarni). Bu chastota stator maydoni tezligi ω_0 va rotor maydoni tezdigi ω farqi bilan aniqlanadi. Bu farq absolyut sirpanish deb aytiladi

$$s_{\text{abs.}} = \omega_0 - \omega \quad (3.6)$$

Muayyan chastotali (50 Gts) kuchlanish tarmog'iga ulangan asinxron motor ish rejimini tahlil qilishda odatda nisbiy sirpanish kattaligidan foydalaniladi:

$$s = \frac{s_{\text{abs.}}}{\omega_0} = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \quad (3.7)$$

Motor rotori aylanmay turganda $S=1$ ga teng bo'ladi. Motor harakat rejimida ishlaganda E.Yu.K. ning eng katta qiymati aylanmay turgan rotorda bo'ladi (E_{2n}); tezlik oshib borgan sari E_2 E.Yu.K. kamayib boradi:

$$E_2 = E_{2n} * s \quad (3.8)$$

Xuddi shuningdek, rotor E.Yu.K. va tokining chastotasi f_2 , rotor aylanmay turganda stator toki chastotasi f_1 ga teng bo'ladi, va tezlik oshib borishi bilan sirpanishga proporsional ravishda kamayib boradi.

$$f_2 = f_1 * s. \quad (3.9)$$

Nominal rejimda rotor tezligi maydon tezligidan kam farq qiladi va nominal sirpanish 1.5 dan 200 kW gacha quvvatga ega bo'lgan umumiy motorlar uchun bor-yo'g'i 2-3 % ni tashkil qiladi, katta quvvatli motorlar uchun esa 1% . Mos ravishda nominal rejimda rotor E.Yu.K. , $s=1$ bo'lgandagi nominal E.Yu.K. dan 1-3 %ini tashkil qiladi. Rotor toki chastotasi nominal rejimda bor yo'g'i 0.5-1.5 Gts bo'ladi. $S=0$ bo'lganda, ya'ni rotor tezligi maydon tezligiga teng bo'lganda, E_2 rotor E.Yu.K. i hamda I_2 rotor toki nolga teng bo'ladi. Bunday rejim ideal erkin aylanish rejimi deyiladi.

E.Yu.K. chastotasi va rotor tokining sirpanishiga bog'liqligi asinxron motor mexanik xarakteristikalarining o'ziga hosligini aniqlaydi.

3.2.2. Asinxron motorning mexanik xarakteristikalari

Chulg'amlari qisqa tutashtirilgan faza rotorli asinxron motorni ko'rib chiqamiz.

(3.4) da ko'rganimizdek, motor momenti statorga keltirilgan rotor tokining I_{2a} aktiv tashkil qiluvchisi hamda Φ oqimga proporsionaldir. Chulg'amlarda hosil qilinadigan oqim iste'mol qilinayotgan kuchlanish qiymati va chastotasiga bog'liq bo'ladi:

$$\Phi = \frac{U_1}{K * \omega_0} \quad (3.10)$$

Rotor toki I_2 quyidagiga teng:

$$I_2 = \frac{E_2 * \pi * s}{Z_2} \quad (3.11)$$

bunda Z_2 – rotor chulg'ami fazasining to'liq qarshiligi

Shuni e'tiborga olish kerakki, rotor chulg'ami induktiv qarshiligi x_2 o'zgaruvchan kattalik bo'lib, u rotor toki chastotasiga bog'liq, demakki sirpanishga ham bog'liq bo'ladi.

$$x_2 = 2 \pi f_2 L_2 = 2 \pi f_2 S L_2$$

Rotor aylanmay turganda, sirpanish $S=1$ bo'lganda rotor chulg'ami induktivligi eng yuqori qiymatda bo'ladi. Aylanish tezligi oshib borishi bilan (ya'ni sirpanish kamayib boradi) rotorning induktiv qarshiligi x_2 kamayib borib, nominal tezlikka erishilganda bor yo'g'i $S=1$ holatdagi qarshilikning 1-3 %ini tashkil qiladi.

$x_{2s=1} = x_{2 \text{ nom.}}$ deb belgilab, quyidagini hosil qilamiz :

$$x_2 = x_{2 \text{ nom.}} \cdot S \quad (3.12)$$

u holda

$$I_2 = \frac{E_{2n} \cdot s}{\sqrt{(x_{2n} \cdot s)^2 + r_2^2}} \quad (3.13)$$

Rotor tokining aktiv tashkil qiluvchisi

$$I_{2a} = I_2 \cdot \cos\varphi_2 = \frac{E_{2n} \cdot r_2 \cdot s}{(x_{2n} \cdot s)^2 + r_2^2} \quad (3.14)$$

bunda

$$\cos\varphi_2 = \frac{r_2}{\sqrt{(x_{2n} \cdot s)^2 + r_2^2}} \quad (3.15)$$

Transformatsiya koeffitsienti $k_t = \frac{U_1}{E_{2n}}$ ni hisobga olgan holda rotor zanjiri parametrlarini stator chulg'amiga keltiramiz. Parametrlarni keltirish quvvatlar saqlanishi prinsipiga asosan amalga oshiriladi.

$$E_2' = E_2 \cdot K_r; I_2' = \frac{I_2}{K_r}; r_2' = r_2 \cdot r^2 \quad (3.16)$$

$$X_2' = x_2 \cdot r^2$$

(3.16) dagilarni e'tiborga olgan holda :

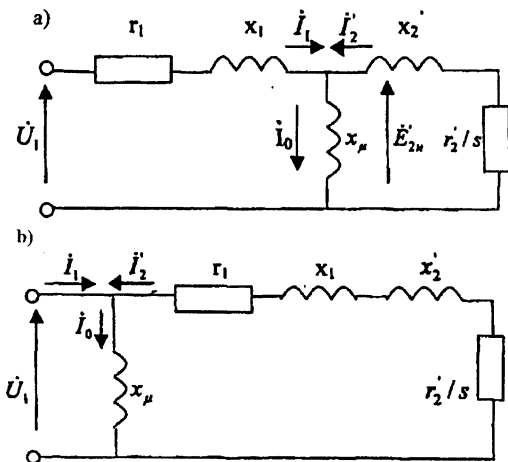
$$I_2' = \frac{E_{2n}' \cdot s}{\sqrt{(x_{2n}' \cdot s + r_2'^2)}} \text{ va } I_{2a}' = \frac{E_{2n}' \cdot r_2' \cdot s}{(x_{2n}' \cdot s)^2 + r_2'^2} \quad (3.17)$$

(3.17) formulada sur'at va maxrajini s ga bo'lib quyidagini hosil qilamiz:

$$I_2' = \frac{E_{2n}'}{\sqrt{(x_{2n}')^2 + (r_2'/s)^2}} \quad (3.18)$$

(3.18) dagi sur'at va mahrajini s ga bo'lish matematik amali (3.18) tenglikning mohiyatini o'zgartirmaydi. Xaqiqatda, (3.13) formulada ko'rganimizdek sirpanishga faqatgina x_2 rotorning induktiv qarshiligi bog'liq bo'ladi,

r_2 aktiv qarshilik esa o'zgarmas bo'lib qolaveradi. (3.18) formulani qo'llash (3.4) - rasmda ko'rsatilganidek asinxron motor almashtirish sxemalarini tuzish uchun foydalaniladi.



3.4 - rasm. Asinxron motorni almashtirish sxemasi.

Rostlanmaydigan elektr yuritmani tahlil qilish uchun bu sxemani soddalashtirishimiz mumkin. Buning uchun magnitlanish konturini motor qisqichlariga o'tkazamiz. Soddalashtirilgan II simon sxema bu 3.4 - rasmda keltirilgan. Bu sxemadan kelib chiqib, rotor tokini aniqlaymiz:

$$I'_{2} = \frac{U_1}{\sqrt{x_k^2 + (r_1 + \frac{r_2}{s})^2}} \quad (3.19)$$

bunda $x_k = x_l + x'_{2n}$ – qisqa tutashuv induktiv qarshiligi

Rotor tokining aktiv tashkil etuvchisi quyidagicha bo'ladi:

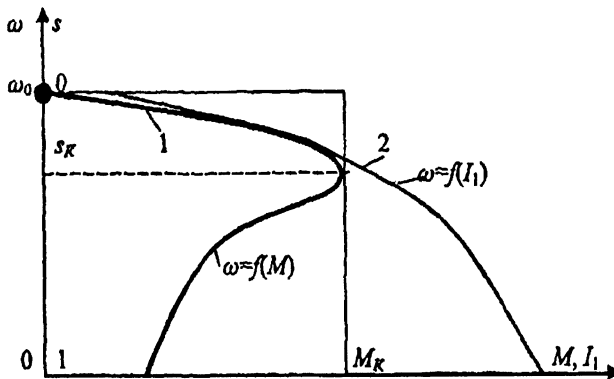
$$I'_{2a} = \frac{U_1 \cdot \frac{r_2}{s}}{\sqrt{x_k^2 + (r_1 + \frac{r_2}{s})^2}} \quad (3.20)$$

(3.10) hamda (3.20)ni (3.4) formulaga qo'yib asinxron motor momenti ko'rinishini topamiz:

$$M = \frac{3U_1^2 \cdot \frac{r_2}{s}}{\omega_0 [x_k^2 + (r_1 + \frac{r_2}{s})^2]} \quad (3.21)$$

Bu ko'rinish asinxron motorning mexanik xarakteristikasi $S=f(M)$ ni aks ettiradi.

Chulg'amlari qisqa tutashirilgan faza rotorli asinxron motorning xarakteristikasi 3.5 - rasmda keltirilgan.



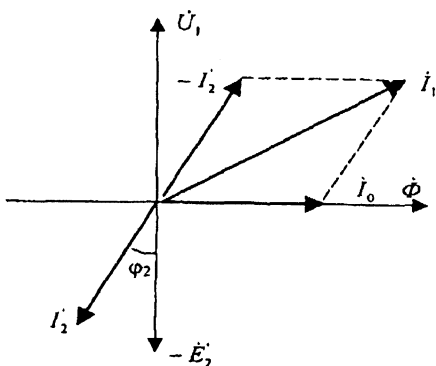
3.5 - rasm. Chulg'amlari qisqa tutashirilgan faza rotorli asinxron motorning taxminiy mexanik (1) va elektromexanik (2) xarakteristikalari.

Shu joyda motorning elektromexanik xarakteristikasi $S=f(I_1)$ ham ko'rsatilgan. Bu xarakteristika 3.6 - rasmdagi asinxron motor vektor diagrammasi orqali ham aniqlanadi, $I_1=I_0+I_2$.

Magnitlanish tokini reaktiv deb qabul qilib, quyidagini hosil qilamiz;

$$I_1 = \sqrt{(I_0 + I_2 \sin \varphi_2)^2 + (I_2 \cos \varphi_2)^2} = \sqrt{I_0^2 + I_2^2 + 2I_0 I_2 \sin \varphi_2} \quad (3.22)$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{x_k}{\sqrt{(r_1 + \frac{r_2}{s})^2 + x_k^2}} \quad (3.23)$$



3.6 - rasm. Asinxron dvigatelning soddalashtirilgan vektor diagrammasi.

$\frac{dM}{dS}$ ni 0ga tenglashtirib, asinxron motor momenti maksimal qiymati M_k va unga mos keladigan sirpanishning kritik qiymati S_k ni topamiz.

$$M_k = \frac{3U_1^2}{2 \omega_0 (\sqrt{r_1^2 + x_k^2})} \quad (3.24)$$

Moment maksimal qiymatini nominal qiymatiga nisbati asinxron motor zo'riqish qobilyati deyiladi.

$$\lambda = \frac{M_k}{M_n} \quad (3.25)$$

$$S_k = \pm \frac{r_2}{\sqrt{r_1^2 + x_k^2}} \quad (3.26)$$

bunda, S_k –kritik sirpanish; (+) belgisi bu qiymat xarakat rejimiga tegishli ekanini bildiradi; (-) belgi esa generator rejimini bildiradi.

(3.24) va (3.25) larni e'tiborga olgan xolda (3.21)

formulani qo'llash uchun birmuncha qulay ko'rinishga keltirish mumkin.

$$M = \frac{2M_k(1 + as_k)}{s_k / s + s / s_k + 2as_k} \quad (3.27)$$

(3.27) formula Kloss formulasi deyiladi.

15 kW dan ortiq quvvatga ega bo'lgan motorlarda r_1 katta qiymatga ega emas, 50 Gts chastotada esa X_k dan ancha kam bo'ladi. Shuning uchun yuqoridagi formulalarda r_1 ni e'tiborga olmasak ham bo'ladi. Unda

$$M_k = \frac{3U_1^2}{2\omega_0 r_k} \quad (3.28)$$

$$S_k = \frac{r_2}{x_k}, \quad \text{yoki} \quad S_k = S_n (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) \quad (3.29)$$

r_1 ni e'tiborga olmasak Kloss formulasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M = \frac{2M_k}{s_k / s + s / s_k}. \quad (3.30)$$

Asinxron motorning posportida berilganlarini, ya'ni nominal momenti M_n , sirpanish nominal qiymati S_n hamda, motor zo'riqish qobilyati λ ni bilgan holda (3.29) va (3.30) lardan foydalanib uning mexanik xarakteristikalarini aniqlashimiz mumkin.

3.5 - rasmda korsatilgan asixron motorning mexanik xarakteristikalarini tahlil qilib koramiz. U egri chiziqli bo'lib ikki qismdan iborat. Birinchisi – sirpanish 0 dan S_k gacha bo'lgan ishchi qism. Bu qism chiziqli ko'rinishga yaqin va manfiy bikirlikka ega. Bu yerda motor hosil qilayotgan moment stator toki I_1 ga hamda rotor toki I_2 ga taxminan proportsional bo'ladi. Xarakteristikalarning bu qismida $S < S_k$ bo'lgani uchun (3.30) formula mahrajidagi ikkinchi bo'linma birinchisiga nisbatan juda kichik qiymatda bo'ladi. Shuning uchun uni inobatga olmasa ham bo'ladi.

Unda mexanik xarakteristikaning ishchi qismini chiziqli xolda korishimiz mumkin bo'ladi:

$$M = \frac{2M_k}{S_k} s \text{ yoki } M = \frac{M_n}{S_n} s \quad (3.31)$$

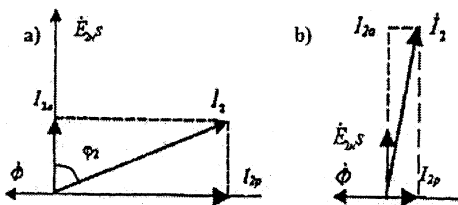
S_k katta qiymatga ega bo'lganda ($S > S_k$), mexanik xarakteristikaning ikkinchi qismi egri chiziqlardir va tizim bikirligi β musbat bo'ladi. Sirpanish ortishi bilan motor toki ham ortib boradi, shunga qaramay moment aksincha kamayib boradi. Agar asinxron motor rotor chulg'amлари tashqi zanjirda qisqa tutashtirilgan bo'lsa, bunday motorning yurgazish toki ($\omega=0, S=0$) juda katta bo'ladi va nominal tokdan 10-12 barobar ortib ketadi. Shu paytning o'zida yurgazish momenti nominal momentning 0,4 -0,5 barobarida ko'rsatiladiki qisqa tutashgan rotorli motorlar uchun yurgazish toki ($5,5+7$) I_n bo'ladi va yurgazish momenti ($0,9+1.3$) M_n bo'ladi.

Bunday nomutanosiblikni, ya'ni yurgazish toki va yurgazish momenti qiymatini turli nisbatlarda bo'lishini tushuntirish uchun rotor zanjirining vektor diagrammalarini 3 xil holat uchun ko'rib chiqamiz:

a) sirpanish katta bo'lganda (xarakteristikaning yurgazish qismi); b) sirpanish kichik bo'lganda (xarakteristikaning ishchi qismi). Yurgazish paytida ($S=1$ bo'lganda) rotor toki iste'mol tarmog'i chastotasiga teng bo'ladi ($f_2=50$ Gts). Rotor chulg'ami induktiv qarshiligi (3.12) juda katta va rotorning aktiv qarshiligi r_2 dan ancha yuqori, tok kuchi esa rotor E.Yu.K. dan φ_2 katta burchakka orqada qoladi, ya'ni rotor toki asosan reaktiv. Bu holatda rotor E.Yu.K.i katta bo'lgani uchun ($E_{2,S=1} = E_{2n}$), yurgazish toki juda yuqori bo'ladi. Biroq $\cos \varphi_2$ ning kichik bo'lganligi tufayli rotorning aktiv tashkil qiluvchisi I_{2a} uncha katta bo'lmaydi, demak, motor hosil qilayotgan moment ham uncha katta bo'lmaydi.

Motor tezligi oshib borganda sirpanish kamayadi, rotor E.Yu.K.i, rotor toki chastotasi, rotorning induktiv qarshiligi proporsional ravishda kamayadi. Mos ravishda rotor va statorning to'liq tok qiymati kamayadi. Biroq $\cos \varphi_2$ oshgani sababli rotor tokining aktiv tashkil etuvchisi ortadi, shuningdek, motor momenti ham ortadi.

Motorning sirpanish S_k kamayganda rotor tokining chastotasi shunchalik kamayadiki, induktiv qarshilik aktiv qarshilikdan pasayib ketadi va rotor toki deyarli aktiv tokka teng bo'lib qoladi (3.7 - rasm.b) motor momenti esa rotor tokiga proporsional bo'ladi.



3.7 - rasm. Asinxron motor rotor zanjirining vektor diagrammasi

a) sirpanish katta bo'lganda; b) sirpanish kichik bo'lganda.

Demak, agar motor nominal sirpanishi $S=2\%$ bo'lsa, yurgazish parametrlariga kora rotor toki chastotasi 50 barobar kamayib ketadi, mos ravishda rotorning induktiv qarshiligi ham kamayadi. Shuning uchun motor rotorini E.Yu.K.i ham 50 barobar kamayishiga qaramay, uning qiymati rotorda nominal tok hosil qilish uchun yetarli bo'ladi. Bu esa motorda nominal moment hosil bo'lishini ta'minlaydi. Shunday qilib, asinxron motor mexanik xarakteristikalarining o'ziga hosligi rotor induktiv qarshiligining sirpanishga bog'liqligi bilan aniqlanadi.

3.2.3 Faza rotorli asinxron motorni yurgazish

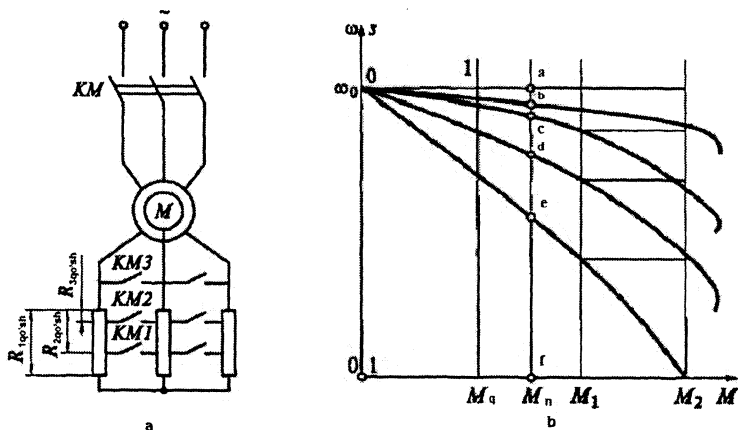
Yuqorida aytilganlardan kelib chiqib shuni aytish kerakki faza rotorli motorni yurgazish uchun yurgazish tokini kamaytirish va yurgazish momentini oshirish choralarini korish kerak bo'ladi. Shu maqsadda rotor zanjiriga qo'shimcha aktiv qarshilik kiritiladi.(3.24;3.26) formulalardan aktiv qarshilik kiritish motor maksimal momentini o'zgartirmaydi, faqatgina kritik sirpanish qiymatini o'zgartiradi:

$$s_k = \frac{r_2' + R_{2q}'}{x_k} \quad (3.32)$$

bunda R_{2q}' – rotor zanjiridagi qo'shimcha qarshilikning statorga keltirilgan qiymati.

Qo'shimcha aktiv qarshilikni kiritish rotor zanjirining toliq qarshiligini oshiradi. Natijada yurgazish toki kamayadi va rotor zanjirining $\cos \varphi_2$ si ortadi. Bularning natijasida esa rotor tokining aktiv tashkil etuvchisi ortadi va motorning yurgazish momenti oshishiga olib keladi.

Odatda motor rotori zanjiriga sektsiyalangan qarshilik kiritiladi. Bu qarshilikning pog'onalari esa yurgazish kontaktori bilan muvofiqlashtiriladi. Reostatli yurgazish xarakteristikalarini (3.30) formula orqali hisoblash mumkin. Bunda S_k qiymati va yurgazish qarshiligining xar bir pog'onasiga to'g'ri keladigan $R_{2,kosh}$ inobatga olinadi. Qo'shimcha qarshiliklarni ulash sxemasi hamda ularga mos keladigan reostatli mexanik xarakteristikalari 3.8 - rasmda ko'rsatilgan. Mexanik xarakteristikalar motor ideal erkin ishlaganda uchrashish nuqtasiga ega, bu esa stator elektromagnit maydoni aylanish tezligi ω_0 ga teng. Xarakteristika ishchi qismining bikirligi rotor zanjiri umumiy aktiv qarshiligi $r_2 + R_{qosh}$ oshib borishi bilan kamayadi. Motorni yurgazishda avval to'liq qo'shimcha qarshilik kiritiladi. Motor momenti M_{fl} qarshilik momenti M_q ga yaqinlashgandagi qarshiligining bir qismi K_1 kontaktori bilan uziladi va motor $R_{\lambda qosh}$ qo'shimcha qarshilik kattaligidagi xarakteristikaga otadi. Bunda motor momenti M_1 qiymatgacha oshadi. Motor keyingi tezlanishi bilan birga K_2 kontaktor bilan yurgazish qarshiligining ikkinchi pog'onasi tutashtiriladi. K_3 kontaktorining kontaktalari ulanganda motor tabiiy xarakteristikaga o'tadi va 1 nuqtaga tegishli tezlik bilan ishlaydi.



3.8 - rasm. a) yurgazish qarshiliklarini ulash sxemasi

b) faza rotorli asinxron motorning reostatli mexanik xarakteristikalari

Toliq qo‘shimcha qarshiligi $R_{1\text{ qosh.}} = R_{2n}$ (be/af)

Qarshilikning birinchi pog‘onasi $R_{1\text{ qosh.}} - R_{2\text{ qosh.}} = R_{2n}$ (de/ae)

Qarshilikning ikkinchi pog‘onasi $R_{2\text{ qosh.}} - R_{3\text{ qosh.}} = R_{2n}$ (cd/ae)

Qarshilikning uchinchi pog‘onasi $R_{3\text{ qosh.}} = R_{2n}$ (bc/ae)

ab kesma rotor faza chulg‘aming qarshiligi $r_2 = R_{2n}$ (ab/ae) ga proporsional.

Yuqorida keltirilgan munosabatlarda R_{2n} – rotorning nominal qarshiligi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{2n} = \frac{E_{2n,\text{lin}}}{\sqrt{3} \cdot I_{2n}},$$

bunda: $E_{2n,\text{lin}} - s=1$ bo‘lgandagi rotorning chiziqli E.Yu.K i

I_{2n} – rotorning nominal toki

3.1 masala. 3- pog‘onali reostatli yurgazish sxemasiga ega bo‘lgan metallurgiya sohasi krani faza rotorli MTN611-6 markali asinxron motorning tabiiy mexanik xarakteristikalari hisoblansin va yurgazish xarakteristikasi qurilsin. Yurgazish qarshiliklari qiymati aniqlansin.

Motoring asosiy berilganlari:

Uzoq vaqt ishlagandagi nominal quvvati 75 kW

Nominal aylanish tezligi $n_{\text{nom}}=950$ ayl/min

Statorning kuchlanishi $U_1=380$ V

Rotor xalqalaridagi nominal kuchlanish $E_{2n,\text{lin}}=270$ V

Motor maksimal momenti $M_k=2610N_m$

Rotorning nominal toki $I_{2n}=108$ A

Motor validagi yurgazish paytidagi qarshilik momenti motor nominal momentiga teng qilib olinsin.

Motor nominal momenti

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{75000}{99,4} = 754 \text{ nm},$$

bunda $\omega_n = \frac{2\pi L_n}{60} = 99,4$ 1/s .

Motorning zoriqish qobilyati

s	1	0,8	0,6	0,4	0,33	0,2	0,1	0,05
s/s_k	3,0	2,42	1,81	1,21	1	0,6	0,3	0,15
s_k/s	0,33	0,41	0,55	0,82	1	1,65	3,3	6,6
M/M_n	2,07	2,44	2,93	3,4	3,46	3,21	1,92	1,0

$$\frac{M_k}{M_n} = \frac{2610}{754} = 3,46$$

Nominal sirpanish

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0} = \frac{1000 - 950}{1000} = 0,05$$

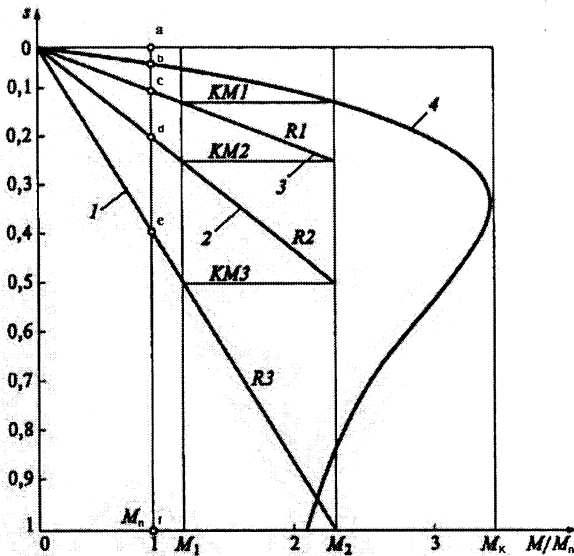
Tabiiy xarakteristikada kritik sirpanish

$$s_v = s_n (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,05 (3,46 + \sqrt{3,46^2 - 1}) = 0,33$$

Tabiiy xarakteristikalarni quyidagi formula bilan keltirib chiqaramiz

$$\frac{M}{M_n} = \frac{2\lambda}{\frac{s_k}{s} + \frac{s}{s_k}}$$

Xisob-kitoblarga ko'ra qurilgan tabiiy xarakteristikalar 3.9 - rasmda keltirilgan.



3.9 - rasm. Faza rotorli asinxron motorning tabiiy va ishga tushirish mexanik xarakteristikalari

Ishga tushirish xarakteristikalarini hisoblash uchun M_2 moment qiymatlarini berishimiz kerak. Bunda reostat pog'onalari qayta ulanishi kerak, ya'ni $M_2=1,2M_n$

M_1 ishga tushirish momentining qiymatlari quyidagi formula bilan aniqlanadi (3.9 - rasmga qarang)

$$M_1 = \lambda' M_n$$

$$\lambda' = \sqrt[m+1]{\frac{1}{s_n \cdot M/M_n}} = \sqrt[4]{\frac{1}{0,05 \cdot 1,2}} = 2$$

bunda m - pog'onalar soni

$$M_1 = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ demak } M_1 < M_k$$

Ishga tushirish mexanik xarakteristikalarini qurish momentlar 0 dan $M_1=2,4$ gacha bo'lganda oraliqda xarakteristikaning ishchi qismi chiziqli xarakterga ega deb olgan holda amalga oshiriladi. Birinchi ishga tushirish xarakteristikasini, ya'ni rotor zanjiriga ishga tushirish qarshiliklari to'liq kiritilgan holat uchun ($S=0, M=0$) koordinatali nuqta hamda ($S=1, M= M_1$) koordinatali nuqtalarni birlashtirish yo'li

bilan hosil qilamiz. Bu xarakteristikada motor birinchi pog'ona xarakteristikasi va M_2 momentni qayta ulash chizigi bilan kesishgan holatdagi tezlikkacha (sirpanishgacha) erishadi. Undan keyin ishga tushirish qarshiligining bir qismi K_1 kontaktori orqali tutashtiriladi (3.8 - rasmga qarang), va motor ikkinchi pog'ona xarakteristikasida ishlashga otadi. M_1 moment chizigining cho'qqi nuqtalarini erkin aylanish nuqtasi bilan tutashtirib ikkinchi yurgazish xarakteristikasini quramiz. Xuddi shuningdek uchinchi pog'ona xarakteristikasini ham quramiz.

Yuqorida ishga tushirish qarshiliklarini grafik usul bilan aniqlash korsatildi. Har bir pog'ona ishga tushirish qarshiligini nazariy usul bilan ham topish mumkin. Ishga tushirish qarshiligi pog'onalarini hisoblash uchun rotorning nominal qarshiligini topamiz.

$$R_{2n} = \frac{E_{2n} \cdot I_{2n}}{\sqrt{3} \cdot I_{2n}} = \frac{270}{\sqrt{3} \cdot 108} = 1,44 \text{ Om}$$

Uchinchi pog'ona qarshiligi

$$R_{3,qosh} = R_{2n} S_n (\lambda' - 1) = 1,44 * 0,05(2-1) = 0,072 \text{ Om}$$

Ikkinchi pog'ona qarshiligi

$$R_{2,qosh} - R_{3,qosh} = R_{3,qosh} * \lambda' = 0,072 * 2 = 0,144 \text{ Om}$$

Birinchi pog'onalar qarshiligi

$$R_{1,qosh} - R_{2,qosh} = (R_{2,qosh} - R_{3,qosh}) \lambda' = 0,144 * 2 = 0,2880 \text{ Om}$$

Toliq qushimcha qarshilik

$$R_{1,qosh} = 0,288 + 0,144 + 0,072 = 0,504 \text{ Om}$$

3.2.4. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor xarakteristikalarining asosiy jihatlarini

Faza rotorli motorlarda yurgazish xarakteristikalarini shakllantirish uchun rotor zanjiriga qo'shimcha qarshiliklar kiritiladi va motor tezlik oshishi bilan bu qarshilik kamaytirib boriladi.

Qisqa tutashtirilgan rotorli motorlarda rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritishning iloji yo'q. Biroq xuddi shunday natijaga to'kni otkazgich sirtiga chiqarish effektini qollash yoli bilan erishish mumkin. Bu hodisaning mohiyati

quyidagicha. Elektromagnit induktsiyasi qonuniga kora otkazgichdan o'zgaruvchan tok otayotganida unda E.Yu.K. induktsiyalanadi. Bu E.Yu.K. tokka qarshi yonalgan bo'ladi.

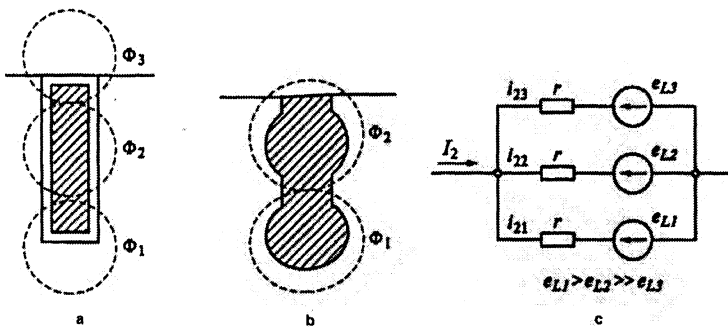
$$e_L = - \frac{dF}{dt} = - L \frac{d(I_m \sin \omega t)}{dt} = - L \omega I_m \cos \omega t \quad (3.33)$$

yoki

$$e_L = - 2\pi f L I_m \cos \omega t$$

Bu E.Yu.K. qiymati I_m tokining qiymatiga, uning chastotasiga va induktivligiga bog'liq. Shuningdek, o'tkazuvchi atrof-muhitiga ham bog'liq bo'ladi. Agar otkazuvchi havoda bo'lsa muhitning magnit otkazuvchanligi juda kichik bo'ladi. Demak L induktivlik ham kam bo'ladi. Bunday xolda chastota 50 Gts ($\omega=314 \text{ 1/s}$) bo'lganda ozidan induktsiyalanish E.Yu.K.i sezilarsiz bo'ladi. Agar otkazuvchi magnit otkazuvchining ichiga joylashtirilgan bo'lsa boshqa gap. Unda induktivlik bir necha barobar ortib, ozidan induktsiyalanish E.Yu.K.i oshadi. Bu E.Yu.K. tokka qarshi yonalgan bo'lib, tok otishiga tosqinlik qiluvchi induktiv qarshilik vazifasini bajaradi.

Ozidan induktsiyalanish E.Yu.K.ining otkazuvchi (rotor chulg'ami sterjeni) motor rotori magnit otkazuvchi ariqlari ichiga joylashtirilgan holatini ko'rib chiqamiz.(3.10.a- rasm) kesimni shartli ravishda uch bo'lakka bo'lib olamiz, ular o'zaro parallel ulangan bo'lsin. Sterjenning pastki qismidan o'tayotgan tok Φ_1 oqimni hosil qiladi, bu oqimning magnit kuch chiziqlari magnit o'tkazgichda uchrashadi. O'tkazgichning bu qismida E_{L1} ozidan induktsiyalanish E.Yu.K.ning qiymati katta qiymatga erishadi, u esa i_{21} tokiga qarshi yonalgan.



3.10.- rasm. a) qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motor chuqur ariqchali rotor konstruksiyasi; b) ikkilangan katakli konstruksiya; c) tokni siqib chiqarish effekti

Sterjenning yuqori qismidan oʻtadigan i_{21} tok Φ_3 oqimini hosil qiladi, biroq bu oqimning kuch chiziqlari havoda uchrashganligi sababli Φ_3 oqimning qiymatiga nisbatan E_{L3} E.Yu.K. E_{L1} E.Yu.K. dan ancha kam boʻladi.

Yuqorida aytilgan ozidan induksiyalanish E.Yu.K.ining sterjen balandligi boʻylab taqsimlanishi faqat rotor toki chastotasi 50 Gts ga yaqin boʻlgan holatga mosdir. (3.33 ga karang). Bunday holatda sterjenning barcha uchta qismi parallel ulangan boʻlgani uchun (3.10, c - rasm) I_2 rotor toki sterjen yuqori qismidan oʻtadi. Bu hodisa tokni ariqcha yuzasiga chiqarish effekti deyiladi.

Bunda sterjenning effektiv yuzasi, yaʼni tok oʻtadigan qismi, rotor chulgʻami sterjenni umumiy yuzasiga nisbatan bir necha barobar kam boʻladi. Shunday qilib rotorning aktiv qarshiligi r_2 ortadi. Taʼkidlashimiz kerakki, oʻzidan induksiyalanish E.Yu.K.i tok chastotasiga bogʻliq ekan (yaʼni sirpanishga ham) r_2 va x_2 qarshiliklar ham sirpanish funksiyasi boʻlib qoladi.

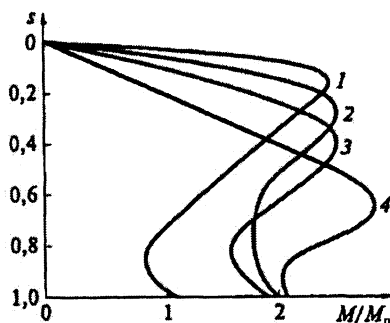
Yurgazish paytida, sirpanish katta boʻlganda, r_2 qarshilik oshib boradi (rotor zanjirga qoʻshimcha qarshilik kiritilganga oʻxshash). Motor tezlik olishi bilan bir vaqtda motor sirpanishi kamayib boradi, tokni yuzaga chiqarish effekti sustlashadi, tok oʻtkazgich yuzasi boʻylab pastga karab tarqala boshlaydi, va r_2 qarshilik minimal qiymatda boʻladi.

r_2 qarshiligining bunday avtomatik o'zgarishiga binoan qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlarni ishga tushirish omadli kechadi: ishga tushirish toki nominal tokning 5-6 barobariga teng keladi, ishga tushirish momenti esa nominal momentining 1,1-1,3 barobariga teng keladi.

Asinxron motorlarni loyihalashda ishga tushirish xarakteristikalarini parametrlarini moslashtirish ariqcha shaklini o'zgartirish hamda sterjen materiali qarshiligini (qotishma tarkibini) o'zgartirish yoli bilan amalga oshiriladi. Chuqurlashtirilgan ariqchalar bilan bir qatorda ikkilangan ariqcha konstruksiyasi ham qo'llaniladi (3.10, b - rasm). Shuningdek noksimon ko'rinishga ega bo'lgan ariqchalar ham qo'llaniladi.

3.11 - rasmda qisqa tutashtirilgan asinxron motorlar asosiy turlari uchun mexanik xarakteristikalar keltirilgan. Bu - rasmga kora:

- 1) normal bajarilgan motor (oddiy)
- 2) sirpanishi oshirilgan motor
- 3) yurgazish momenti oshirilgan motor
- 4) metallurgiya-kranlari turlari uchun motorlar.



3.11 - rasm. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlarning taxminiy mexanik xarakteristikalari

Normal ijrodagi qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar juda keng miqyosdagi ishchi mashina va mexanizmlarda, avvalambor uzoq muddatli ish rejimida ishlaydigan mexanizmlar yuritmalari uchun qo'llaniladi. Bu turdagi motorlar uchun F.I.K.ning yuqori bo'lishi va sirpanishning kichik qiymatda

bo'lishi hosdir. Katta sirpanishli sohaning asosiy muammosi momentning minimalligidir.

Sirpanishi oshirilgan motorlar biroz yumshoqroq bikirlikka ega bo'lgan mexanik xarakteristikalarini namoyon etadi. Ular quyidagi xollarda qo'llaniladi: 2 va undan ortiq motorlar bitta umumiy val uchun ishlatilganda; yuklamasi davriy o'zgaradigan mexanizmlar uchun; xarakat qarshiligini kinetik energiya hisobiga yengish zarurati bo'lganda; qisqa vaqtda qaytariladigan harakatli mexanizmlarda.

Yurgazish momenti oshirilgan motorlar yurgazish sharoitlari yuklamali bo'lgan mexanizmlarda ishlatiladi.

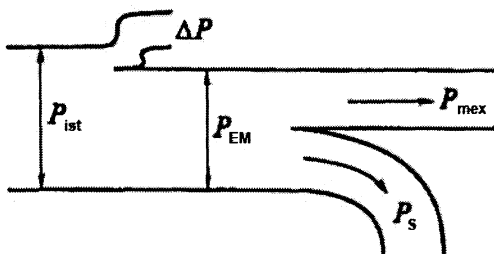
Kran-metallurgiya turkumidagi motorlar qisqa vaqt ichida tez-tez ochirib yurgizib ishlatiladigan mexanizmlarda qo'llaniladi. Bu motorlar katta o'ta yuklanish qobiliyatiga, yuqori yurgazish momentiga va yuqori mexanik mustahkamlikka ega bo'lib energetik ko'rsatkichlari pastroq.

Qisqa tutashtirilgan asinxron motorlar mexanik xarakteristikalarining nazariy hisobi yetarli darajada murakkabdir. Shuning uchun mexanik xarakteristikani taxminan 4 ta nuqta orqali ko'rish mumkin: erkin aylanish holatida ($S=0$); M_k maksimal bo'lganda; ishga tushirish momenti nominal bo'lganda M_N ; va ishga tushirish boshlanishida moment minimal bo'lganda M_{min} . Bu xarakterli nuqtalarning berilganlari kataloglarga va motorlar bo'yicha so'rovnomalarga kiritiladi. Qisqa tutashtirilgan asinxron motor mexanik xarakteristikasi ishchi qismning hisobi (sirpanish 0 dan S_k gacha bo'lganda) Kloss formulasi bilan olib borilishi mumkin. (3.27, 3.30). Chunki ishchi rejimda tokni yuzaga chiqarish effekti deyarli sezilmaydi.

3.2.5. Motor rejimida ishlaydigan asinxron motorning energetik diagrammasi

Asinxron motorning motor rejimida ishlashi sirpanishning 1 dan 0 gacha qiymatiga to'g'ri keladi, shuningdek, ishchi rejim oralig'i sirpanish S_k dan katta bo'lmagandagi tezliklar oralig'iga to'g'ri keladi. Sirpanishning S_k dan 1 gacha oralig'ida motor rotoridagi isroflar birmuncha ortadi va shu sababli mexanik xarakteristikaning bu qismida motorning ishga tushish davrida bo'ladi. Asinxron

motoring turli sirpanish qiymatida elektr energiyasi oqimining taqsimlanishini tahlil qilamiz. 3.12 - rasmda asinxron motoring energetik diagrammasi keltirilgan.



3.12 - rasm. Asinxron motoring energetik diagrammasi

Motor erishadigan P_{istem} quvvati, chulg'amlar va stator polatidagi isroflarni hisobga olmaganda (ΔP_{ni}), elektromagnit quvvatga $-P_{em}$ ga ya'ni elektromagnit maydonning aylanishi quvvatiga aylanadi deymiz. Asinxron motor bir vaqtning o'zida ham motor ham transformator sifatida ishlagani uchun, elektromagnit quvvat 2 kanalga bo'linadi. Elektromagnit quvvatining bir qismi P_{mex} mexanik quvvatga aylanadi, bu quvvat asinxron motor valiga uzatiladi. Bu quvvat aylanayotgan elektromagnit maydoni va rotor tokining aktiv tashkil etuvchisining o'zaro toqnashuvi natijasida yuzaga keladi. Elektromagnit quvvatning ikkinchi qismi esa rotor chulg'amiga elektrik quvvat sifatida singadi, bu xodisa transformatorning ikkilamchi chulg'amini eslatadi.

Elektromagnit quvvat stator maydoni tezligi ω_0 ning m momentga ko'paytmasiga teng (M –asinxron motor validagi moment).

$$P_{em} = M\omega_0 \quad (3.34)$$

Elektromagnit quvvat ikkita tashkil etuvchidan iborat

$$P_{em} = P_{mex} + P_s \quad (3.35)$$

Mexanik quvvatni quyidagicha tasvirlasak bo'ladi

$$P_{mex} = M + \omega \quad (3.36)$$

Rotor chulg'amiga singiriladigan elektrik quvvat (3.34) va (3.36)ga kora quyidagicha bo'ladi

$$P_s = P_{em} - P_{mex} = M\omega_0 - M * \omega = M\omega_0 * s \quad (3.37)$$

Bundan ko'rinadiki sirpanish quvvatti P_s , rotor chulg'amida hosil bo'lib motor validagi quvvatga hamda sirpanishga proporsionaldir.

Bu quvvat rotor chulg'amidagi isroflar sifatida taqsimlanadi (faza rotorli motorlari uchun esa yurgazish paytida yurgazish qarshiliklaridagi isroflar).

Asinxron motorlarni loyihalashda va ishlatishda elektr energiyasini isrofni kamaytirish va F.I.K.ni oshirish maqsadida sirpanish quvvatini kamaytirishga harakat qilinadi. Asinxron motorlar shunday loyihalanadiki, uning nominal sirpanishi bir necha foizni tashkil qilsin. Asinxron motorli elektr yuritmalarning tejimli ishlashini ta'minlash uchun ular minimal sirpanish bilan ishlashi ta'minlanadi. Bu qoida rostlanadigan asinxron elektr yuritmalar uchun ham amal qilishi kerak. Istesno tariqasida asinxron motorlarni yurgazishni kaskadli sxemasini keltirishimiz mumkin, bunda sirpanish quvvati foydali ishlatiladi.

3.2.6. Asinxron motor iste'mol kuchlanishini o'zgartirish

Asinxron motordagi magnit oqimning qiymati iste'mol kuchlanishga proporsional. Rotor E.Yu.K. va rotor toki qiymati esa stator kuchlanishiga proporsionaldir. Shuning uchun asinxron motor momenti shuningdek, maksimal moment U_1 kuchlanish kvadratiga proporsional bo'ladi (3.21 va 3.24 ga qarang). Bu shart-sharoitlar asinxron motorni yurgazish paytida kuchlanishning ozgina bo'lsa ham kamaytirish mumkin emasligini aniqlaydi. Agar yurgazish paytida kuchlanish 30% gacha kamayib ketsa, uning maksimal momenti 2 barobargacha kamayib ketadi. Buning natijasida motor arzimagan statik moment bilan to'xtab qolishi va yurgazish toki ta'sirida qolib ketishi mumkin. Motorning bunday ish rejimi halokatli (avariyaviy) rejim deyiladi. Shunday holat motor yuklama ostida yurgizganda ham ro'y berishi mumkin. Yuqorida aytilgan holatlar sust elektr zanjirlarida sodir bo'lib, motor halokatiga ko'proq olib keladi. Bundan himoyalanish uchun maxsus ximoya vositalaridan foydalanish maslahat beriladi.

Shu bilan bir qatorda ba'zi hollarda motorni tezligini rostlash yoki motorni ravon yurgazish uchun statorga beriladigan kuchlanish ataylab kamaytiriladi.

Asinxron motorlar tezligini is'temol kuchlanishini o'zgartirish orqali rostlash rotorning qizib ketishiga olib kelishi mumkin, shuning uchun bunday usul alohida hollarda qo'llaniladi:

- Tezlikni nominal qiymatiga nisbatan sezilarsiz darajada kamaytirish imkonini bo'lganda;
- Motor validagi momentni nominal qiymatga nisbatan kamaytirish yoli bilan;
- Yuqori sirpanishli motorlar ishlatilganda.

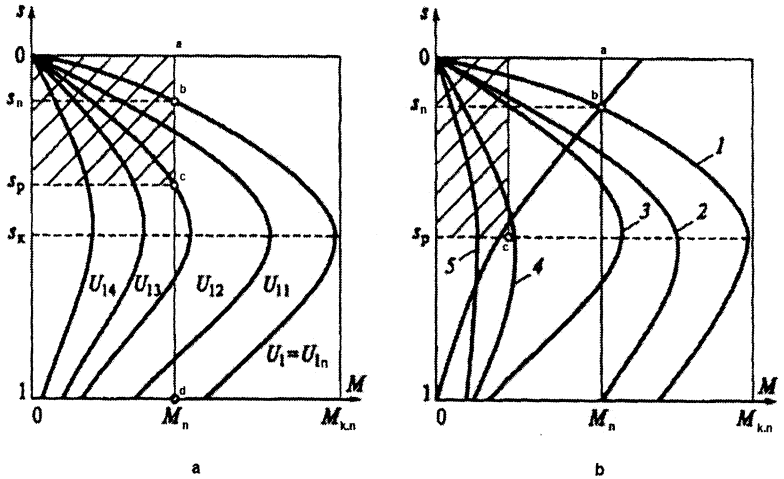
Qisqa tutashtirilgan asinxron motor yuqori sirpanishga ega bo'lganda stator kuchlanishini rostlash mexanik xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz. (3.13 - rasmi)

U_1 kuchlanish kamaytirilganda motorning kritik sirpanishi hamda erkin aylanish tezligi ω_0 o'zgarmas bo'lib qoladi. Motorning maksimal momenti M_k esa taxminan kuchlanish kamayishining kvadratiga proporsional ravishda kamayadi. Mos ravishda motor mexanik xarakteristikasining bikirligi ham kamayadi. Tezlikni rostlash $\omega_0 \div \omega_0(1 - S_k)$ oralig'ida mumkin bo'ladi.

Motor validagi moment $M_s = M_n$ nominal momentga teng bo'lib, o'zgarmas qiymatga ega deb qabul qilaylik. Kuchlanishning U_{12} gacha kamayishi vaqtida motor $\omega_0 (1 - S_r)$ ga teng bo'lgan tezlik bilan hamda S_r sirpanish bilan ishlaydi. Asinxron motor energetik diagrammasiga (3.37) asosan motor rotoridagi isroflar ko'rinishida namoyon bo'ladigan sirpanish quvvati P_s quyidagiga teng:

$P_s = M_n \cdot \omega_0 \cdot S_p$ va u shtrixlangan O abS_p to'rtburchak yuzasiga proporsionaldir. $P_{em} = M_q \cdot \omega_0$ elektrmagnit quvvat $Oadl$ yuzaga proporsionaldir. Shunda motor validagi foydali quvvat $M_{mex} = M_c \cdot \omega = M_c \cdot \omega_0 (1 - S_r)$. S_r cdl yuzaga proporsional bo'ladi. Sirpanish quvvati (motor konstruksiyasi uning tarqalishiga mo'ljallangan bo'ladi) $Oab S_n$ yuzaga proporsional. Bu yuzani shtrixlangan ($O abS_n$) yuza bilan $O abS_r$ solishtiramiz. $O abS_r$ yuza motor «c» nuqtasida ishlaganda rotordagi isroflarni bildiradi. U rotordagi nominal isroflardan taxminan 3 barobar kop. Tabiiyki motor uzoq vaqt davomida ushbu rejimda ishlaganda u qiziydi va motor ishdan chiqadi. Bunday holatdan qutilish uchun, ya'ni qizdirishsiz rostlash imkoniyati bo'lishi uchun motor berilgan quvvatini 3

barobar oshirish kerak bo'ladi yoki intensiv sovutishli mahsus konstruksiyani qo'llash kerak bo'ladi.



3.13 - rasm. Iste'mol kuchlanishini roslash paytidagi asinxron motorning mexanik xarakteristikalari

a) moment o'zgarmas bo'lganda b) yuklamaning ventilyatorli momentida

Agar qarshilik momenti M_q tezlik pasayganida nominal momentdan sezilarli kichik bo'lsagina manba kuchlanishini o'zgartirish bilan motor tezligini roslash o'rinni bo'ladi. Rostlashning bunday usuli ba'zan nasoslar va ventilyatorlar yuritmalari qo'llaniladi. Chunki ularda tezlikning kamayishi bilan valdagi qarshilik momenti birdan kamayib ketadi. Bu holat 3.13 b - rasmda ko'rilgan. Modomiki, tezlik kamayishi bilan M_q ning qiymati tezlik kamayishining kvadrati darajasida kamayar ekan, sirpanish quvvati P_3 tezlik kamayishi bilan uncha sezilarli darajada oshmaydi. Agar motor validagi yuklama ventilyatorli xarakterga ega bo'lsa, sirpanish quvvatining maksimal qiymati val nominal tezligidagi maksimal quvvatining 15% ni tashkil qiladi. Shuning uchun ventilyator va nasoslarning yuritmalari uchun sirpanishi 1,5-2 martagacha oshirilgan holda berilgan quvvatni oshirish kifoya qiladi.

Asinxron motorlar statorida kuchlanishni kamaytirish motordagi yurgazish tokini kamaytirish uchun ham qo'llaniladi. Bu usul, agar motor validagi qarshilik momenti yurgazish paytida $0,3-0,4 M_n$ dan oshib ketmasa qo'l keladi (erkin aylanish bilan yurgiziladigan nasos va ventilyatorlar). Bunday holatda iste'mol kuchlanishini stator chulg'amiga o'rnatilgan tristorli kuchlanish rostlagichlar orqali pasaytiriladi, keyin motor tezlikni olib bo'lishi bilan nominal qiymatgacha ko'tariladi. Bu bilan kamaytirilgan yurgazish tokli va pasaytirilgan dinamik yuklamali ishchi mashinalarning ravon ishga tushirilishi ta'minlanadi.

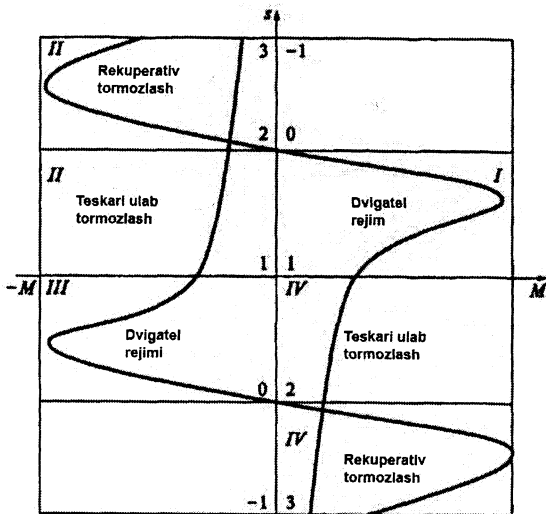
3.2.7. Asinxron motorlarning tormoz rejimlari

Asinxron motorning to'liq mexanik xarakteristikalari M-S maydonining barcha kvadratlaridagi holat 3.14 - rasmda ko'rsatilgan.

Asinxron motor 3 ta tormoz rejimlarida ishlaydi: rekuperativ tormozlanish, dinamik tormozlanish, teskari ulab tormozlanish. Bundan tashqari kondensatorli tormozlanish tushunchasi ham mavjud.

Agar rotor tezligi stator elektromagnit maydoni tezligidan katta bo'lsa bunda rukuperativ generatorli tormozlanish vujudga keladi. Bunda sirpanish manfiy qiymatga ega bo'ladi $\omega > \omega_0; S < 0$.

Motor rotori sinxron tezlikdan o'zib ketishi va undan yuqori qiymatgacha ko'tarilishi uchun uning valiga tashqi, aylanish tezligi yo'nalishiga mos keluvchi moment ta'sir qildirilishi lozim. Bunday holat masalan ko'taruvchi lebyodkaning yukni tushirish rejimida bo'lishi mumkin.

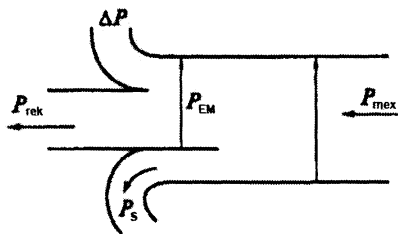


3.14 - rasm. Asinxron motorning to'liq mexanik xarakteristikasi

Asinxron motorning rekuperativ tormozlanish rejimidagi mexanik xarakteristikalari motorning motor rejimidagi xarakteristikalariga mos keladi. Xarakteristikalarni Kloss formulasi bo'yicha xisoblash mumkin (3.27). Rekuperativ rejimdagi maksimal moment motor rejimidagi maksimal momentdan ancha katta. Rekuperativ rejim uchun

$$M_k = \frac{3U_1^2}{2\omega_0(\sqrt{r_1^2 + x_k^2})}$$

Motor generator rejimida ishlaganda maksimal momentning bir muncha katta bo'lishi quyidagicha izohlanadi: motor rejimida statordagi isroflar (r_1) valdagi momentni pasaytiradi, generator rejimida esa ana shu isroflarni qoplash uchun valdagi moment ko'proq bo'lishi kerak.

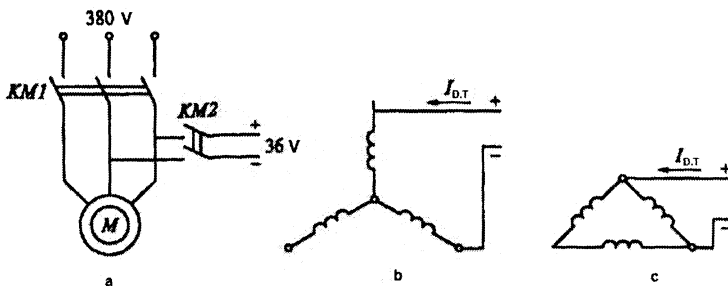


3.15 - rasm. Rekuperativ tormozlanish rejimidagi asinxron motorning energetik diagrammasi

Rekuperativ tormozlanish rejimidagi energetik balans quyidagicha aniqlanadi (3.15 - rasm). Motorga uzatilayotgan mexanik quvvat aylanayotgan maydonning P_{em} elektrmagnit quvvatiga hamda motor rotori zanjiriga transformatsiyalanadigan elektrik quvvatiga aylanadi. (3.35) mohiyatiga ko'ra

$$P_{mex} = P_{em} - P_s = M\omega_0 - M\omega_0 s$$

Elektrmagnit quvvat (statordagi isroflar inobatga olinmaganda) iste'mol manbasiga beriladi, sirpanish quvvati esa rotor zanjirida tarqalib ketadi. Shuni ta'kidlaymizki, asinxron dvigatel rekuperativ tormozlanish rejimida ishlab chiqaradigan aktiv quvvatni tarmoqqa beradi va elektrmagnit maydonini xosil qilish uchun esa generator rejimida tarmoqdagi reaktiv quvvat bilan almashishi kerak. Shuning uchun asinxron motor tarmoqdan uzilganda o'zi mustaqil generator rejimida ishlay olmaydi. Biroq bu motor reaktiv quvvat manbasi sifatida kondensatorli batareyalariga ulanishi mumkin (3.19 - rasmga qarang).



3.16 - rasm. Dinamik tormozlanish rejimida asinxron motorni ulash sxemalari

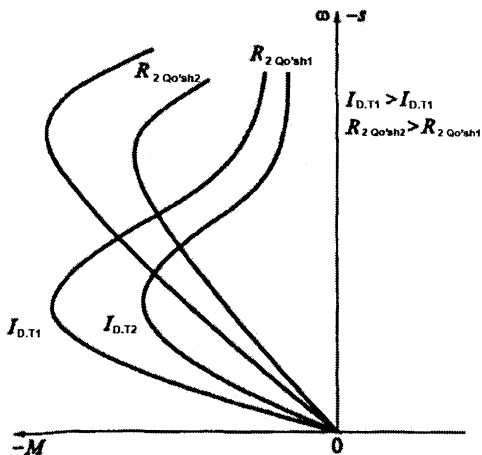
Dinamik tormozlanish usuli stator chulg'amlari o'zgaruvchan tok tarmog'idan uzilib, o'zgarmas kuchlanish manbaiga ulanishi bilan xarakterlanadi

(3.16 - rasmga qarang). Stator chulg'amlarini o'zgarmas tok bilan yuklanganda harakatsiz elektromagnit maydoni hosil qilinadi, ya'ni stator maydoni aylanish tezligi $\omega_{0,d,t}=0$ bo'ladi.

Sirpanish esa quyidagiga teng bo'ladi:

$$S_{d,t} = - \frac{\omega}{\omega_{0,n}}$$

bunda, $\omega_{0,n}$ – stator maydonining nominal aylanish tezligi

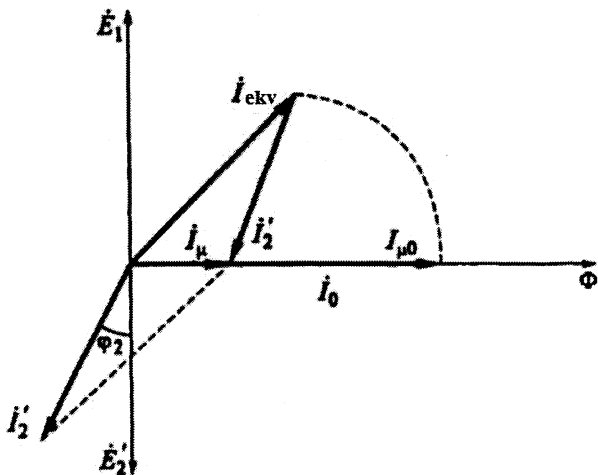


3.17 - rasm. Dinamik tormozlanish rejimidagi asinxron motorning mexanik xarakteristikalari

Mexanik xarakteristikalar ko'rinishi rekuperativ tormozlanish rejiminikiga o'xshash (3.17 - rasm). Boshlang'ich nuqta sifatida koordinata boshi olinadi. Dinamik tormozlanish intensivligini roslash uchun stator chulg'amidagi qo'zg'atuvchan tok $I_{d,t}$ ning qiymatini o'zgartirish lozim bo'ladi. Bu tok qiymati qancha katta bo'lsa motor shunchalik katta tormoz momentini xosil qiladi. Biroq shuni inobatga olish kerakki, $I_{d,t} > I_{ln}$ bo'lganda motor magnit zanjiri to'lib toshib ketadi.

Faza rotorli asinxron motorlar uchun ham tormoz momentini roslashni rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritish yo'li bilan amalga oshirish mumkin.

Qoʻshimcha qarshilik kiritish effekti asinxron motorni yurgazishdagiga oʻxshash boʻladi: $\cos \varphi_2$ yaxshilanishi bilan motorning kritik sirpanishi ortadi, va motorning katta aylanish tezliklarida tormoz momenti ham ortadi. Dinamik tormozlanish rejimida ishlayotgan sinxron motor ishini oʻzgarmas tokda ($f_1=0$) ishlaydigan uch fazali asinxron motorning ishi sifatida koʻrish mumkin. Ikkinchi farqi shundaki, stator chulgʻamlari kuchlanish manbaidan emas tok manbaidan oziqlanadi. Yana shuni inobatga olish kerakki, dinamik tormozlanish sxemasida tok uchta faza chulgʻamlaridan emas, ikkita faza chulgʻamidanda otadi.



3.18 - rasm. Dinamik tormozlanish rejimidagi asinxron motorning vektor diagrammasi

Harakteristikalarini hisoblash uchun $I_{d,t}$ ekvivalent toki bilan almashtirish kerak. Bu tok esa (I_{ekv}) uchta faza chulgʻamidanda oʻtib osha $I_{d,t}$ toki hosil qiladigan magnitlash kuchini hosil qiladi.

3.16. b sxemasi uchun $I_{ekv} = 0,816 I_{d,t}$

3.16. c sxemasi uchun $I_{ekv} = 0,472 I_{d,t}$

Yuqorida aytilgan hususiyatlarni inobatga olib dinamik tormozlanish rejimida ishlaydigan asinxron mashinaning vektor diagrammasi quyidagi nisbat bilan aniqlanadi (3.18 - rasm):

$$I_{\mu} = I_{ekv} + I'_{2}$$

Magnitlanish toki I_{ekv} o'zgaras bo'lgandagi rotor tokiga bog'liq bo'ladi. Sirpanish ortishi bilan magnitlanish toki rotor reaktiv toki ta'sirida kamayib boradi.

Mexanik xarakteristikalarini taxminiy hisoblash (motor to'yinishini inobatga olmay) soddalashtirilgan formulasi motor rejimidagi Kloss formulasiga o'xshash bo'ladi:

$$M = \frac{2M_{dtk}}{S_{dt}/S_{dtk} + S_{dtk}/S_{dt}}$$

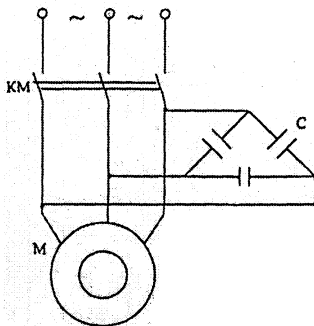
bu yerda:
$$M_{dtk} = \frac{3x_{\mu}^2 I_{ekv}^2}{2\omega_0 (x_2 + x_{\mu})}, \quad S_{dtk} = \frac{r_2 + R_{2qosh}}{x_2 + x_{\mu}}$$

Shuni alohida ko'rsatish kerakki, dinamik tormozlanish rejimidagi kritik sirpanish motor rejimidagi kritik sirpanishdan ancha kam bo'ladi, chunki $X_{\mu} \gg X_k$. Motor motor rejimidagi maksimal momentga teng bo'lgan maksimal tormozlanish momentini hosil qilish uchun I_{ekw} tok I_0 magnitlanish tokidan 2–4 barobar ko'p bo'lishi kerak. O'zgaras tokli iste'mol manbasi kuchlanishi nominal qiymatdan ancha kam bo'ladi va taxminan quyidagiga teng bo'ladi:

$$U_{d,i} = (2,5 - 4) I_{ekv} r_1$$

Dinamik tormozlanish rejimida ishlaydigan asinxron motor energetik jihatdan generator sifatida ishlaydi. U rotor zanjirining qarshiligi bilan yuklanadi va motoriga kelayotgan barcha mexanik quvvat tormozlanish paytida elektrik quvvatga aylanadi va rotor zanjiri qarshiliklarini qizdirishga sarflanadi.

Dinamik tormozlanish rejimidagi asinxron mashinani qo'zg'atish nafaqat stator chulg'amiga o'zgaras tok berish bilan, balki o'z-o'zini qo'zg'atish rejimini qo'llab, stator zanjiriga kondensatorlar ulash yo'li bilan ham amalga oshirilishi mumkin (3.19 - rasm). Bunday usul asinxron motorlarning kondensatorli tormozlanishi deyiladi. Energetik mohiyati jihatidan tormozlanishning bunday usuli dinamik tormozlanishga o'xshashdir. Chunki, valdan kelayotgan energiya elektr energiyasiga aylanadi va motor rotoridagi isroflar ko'rinishida taqsimlanadi.



3.19 - rasm.

Kondensatorlar orqali o'z-o'zidan qo'zg'atiladigan, dinamik tormozlanish rejimidagi asinxron motorni ulash sxemasi.

Asinxron motorni o'z-o'zidan qo'zg'atish quyidagicha yuzaga keladi. Rotordagi qoldiq oqimlar ta'sirida stator chulg'amida E.Yu.K. vujudga keladi, uning ta'sirida esa kondensatorlar orqali o'tadigan magnitlovchi tok hosil bo'ladi. Natijada mashinadagi oqim ortadi va vujudga kelgan E.Yu.K. hamda magnitlash toki ham ortadi. O'z-o'zini qo'zg'atish rejimi yuqori va pastki chegaralari hamda tormozlanish momenti kondensatorlar sig'imiga bog'liq bo'ladi. Tormozlanishning bunday usuli kam quvvatli (5 kW gacha) elektr yuritmalarda qo'llaniladi. Chunki katta sig'imli kondensator talab qilinadi.

Teskari ulanish usuli bilan tormozlanish ikki holatda bo'lishi mumkin:

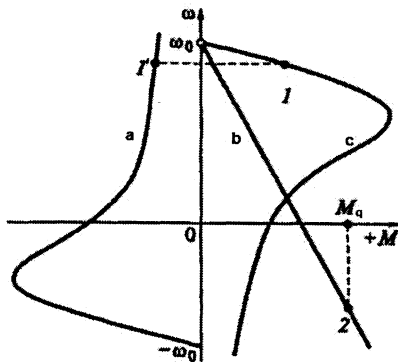
- birinchidan, motor ishlayotganda uni birdan to'xtatish zarurati bo'lganda; bu maqsadda fazalarni ulash tartibi o'zgartiriladi;
- ikkinchidan, elektrmexanik tizim tushirilayotgan yuk ta'sirida teskari yo'nalishda aylanayotganda; bu holatda motor yukni ko'tarish rejimiga ulanadi va yukni tushirish tezligi chegaralanadi.

Xar ikkala holatda ham statorning maydoni va motor rotori har xil tomonga aylanadi. Teskari ulanish rejimida motor sirpanishi doimo 1 dan katta bo'ladi.

$$s_{t,u} = \frac{\omega_0 + \omega}{\omega_0} > 1$$

Birinchi holatdagi tormozlanishda (t.1) ishlayotgan motor, fazalarni ulash tartibi o'zgartirilgandan song t.1 tormozlash rejimiga o'tadi, va yuritma tezligi M_1 tormozlash momenti hamda M_q statik moment ta'sirida tez kamaya boshlaydi (3.20 - rasmga qarang).

Tezlik kamayib nolga yaqinlashganda motorni ochirish kerak, aks xolda u teskari aylanib ketishi mumkin.



3.20 - rasm. Asinxron motorni teskari ulab tormozlash rejimi.

1,1' -«Oldinga» va «orqaga» ulanishdagi tabiiy mexanik tavsiflar.

2-rotor zanjiriga qo'shimcha qarshiliklar ulangan fazaviy rotorli motorning mexanik tavsiflari.

Ikkinchi holatda mexanik tormoz olingandan so'ng yuqoriga harakat uchun ulangan motor tushirilayotgan yuk og'irlik kuchi ta'sirida teskari yo'nalishda 2 nuqtaga tegishli bo'lgan tezlik bilan aylanadi. Yukni og'irlik kuchini yengish uchun teskari ulanish rejimi faqatgina faza rotorli motorlarda qo'llaniladi. Bunda rotor zanjiriga qarshilik ulanadi. Bunga 3.20 - rasmdagi 1-«oldinga» va «orqaga» ulanganda tabiiy va 2-mexanik harakteristikalar to'g'ri keladi. 2- rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik ulangan holatdagi fazarotorli motorning mexanik harakteristikalari.

Energetik jihatdan teskari ulanish rejimi juda ham noqulaydir. Bu rejimda qisqa tutashtirilgan asinxron motorlar uchun tok kuchi yurituvchi tok kuchidan 10 barobargacha ortib ketishi mumkin. Rotor zanjiridagi isroflar motor qisqa tutashuvi

isrofidan va tormozlanish paytida valga beriladigan quvvat isroflaridan tashkil topadi:

$$\Delta P_{ies,ul} = M_t * \omega_0 + M_t * \omega$$


Qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlar uchun teskari ulanish rejimini bir necha sekundgina qo'llash mumkin. Faza rotorli motorlardan foydalanilganda esa teskari ulanish rejimini qo'llaganda rotor zanjiriga albatta qo'shimcha qarshilik ulanish shart. Bu holatda ham isroflar katta bo'ladi, biroq ularni qo'shimcha qarshiliklar yordamida muvofiqlashtiriladi.

3.2.8. Ko'p tezlikli asinxron motorlarning mexanik xarakteristikalari

Modomiki, (3.3)ga asosan stator elektrmagnit maydonining aylanish tezligi motor qutb juftliklari P_n soniga bog'liq bo'lar ekan, qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlarning shunday modifikatsiyalari borki, ularda qutb juftliklari sonini 2,3,4 taga ko'paytirib, bir nechta tezlikli motor hosil qilish imkonini beradi. Qutb juftliklari sonini oshirish konstruktiv jihatdan ikki xil usul bilan amalga oshirish mumkin. Birinchi usulda motor ariqchalariga ikki yoki uchta o'zaro bog'liq bo'lmagan va turli P_n soniga ega bo'lgan chulg'amlar o'rnatish mumkin. Bunda motor o'lchamlari ancha kattalashadi, lekin qutb juftliklari sonini hohlagancha ko'paytirish mumkin.

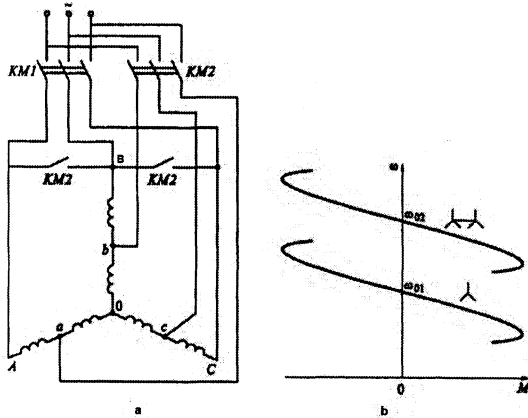
Ikkinchi usulda ikki xil qutb juftliklarini hosil qilish uchun bir xil chulg'amning o'zidan foydalaniladi. Turli P_n sonini hosil qilish uchun esa chulg'am seksiyalarini qayta ulash bilan amalga oshiriladi.

Ko'proq tarqalgan usullar yulduz-qo'shyulduz va uchburchak-qo'shyulduz usullari hisoblanadi.

Yulduz-qo'shyulduz  sxemasini ko'rib chiqamiz. (3.21 - rasmga qarang). Bu sxemada har bir faza chulg'ami 2ta seksiyadan tashkil topadi. Ular parallel yoki ketma-ket ulanish mumkin. Paralel ulanishda kuchlanish chulg'amining o'rta nuqtalariga keltiriladi, chulg'am boshlanishi esa o'zaro tutashtiriladi. Ikkita parallel ulangan chulg'amlar tizimi hosil bo'ladi, ular

qo'shyulduz (Δ) sxemasi bo'yicha ulangan. Bunday ulanish qutb sonining kam bo'lishiga mos keladi. 3.21 b - rasmdagi mexanik xarakteristika shu sxemaga mos keladi.

Chulg'am seksiyalari ketma-ket ulanganda qutb juftliklari soni 2 marta oshadi, shuning uchun bu holatda motor tezligi 2 marta kamayadi.



3.21 - rasm. Chulg'amlari Δ sxemasi bo'yicha ulangan ikki tezlikli asinxron motorning sxemasi (a) va mexanik harakteristikalari (b)

Masalan, agar ulanish sxemasi bo'lsa, qutb juftliklari soni $P_n=2$ ga teng bo'ladi va nominal tezlik 1470 ayl/min bo'ladi. Chulg'am ulanishini yulduz (Δ) sxemasiga otkazsak, qutb juftliklari soni $P_n=4$ ga teng bo'ladi, nominal aylanish tezligi 735 ayl/minga teng bo'ladi.

Chulg'amlardagi uzoq ta'sir etuvchi ruxsat etilgan tok o'zgarmas bo'lib qolganligi uchun, motor validagi nominal quvvat quyidagicha bo'ladi:

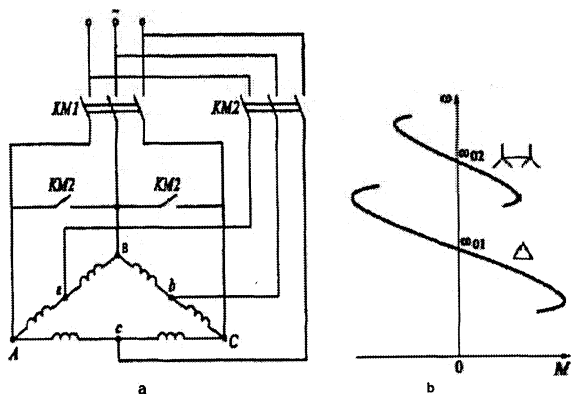
$$\left| \begin{array}{c} | \\ | \\ \Delta \end{array} \right| \text{ sxemasi uchun } P_{mot} = 3U_1 I_1 \cos\varphi_n,$$

$$\left| \begin{array}{c} | \\ \Delta \end{array} \right| \text{ sxemasi uchun } P_{mot} = 3U_1 I_1 \cos\varphi_n$$

ya'ni, yuqori tezlikdagi motor quvvati past tezlikdagiga nisbatan taxminan 2 barobar kop bo'ladi. Biroq, uzoq ta'sir etuvchi ruxsat etilgan nominal moment ozgarmay qoladi $M_n = P_n / \omega_n$

Uchburchak-qōshyulduz sxemasini ko'rib chiqamiz (3.22 - rasm). Bu sxemada chulg'amlarni qōshyulduz usulida ulash yuqori tezlikka mos keladi.

Yarim chulg'amlarni ketma-ket ulaganda esa va ularni uchburchak usulida ulaganda qutb juftliklari soni 2 marta oshadi, shunga mos ravishda motor tezligi 2 marta kamayadi.



3.22 - rasm. Ikki tezlikli asinxron motorning ulanish sxemasi (a) va mexanik xarakteristikalari (b)

Bu sxema bo'yicha motor quvvati quyidagicha bo'ladi:

$$P_{dv} = 3 \sqrt{3} U_1 I_{1n} \cos \varphi \eta_n$$

bunda U_1 – faza iste'mol kuchlanishi.

Chulg'amlarni Δ usulida ulaganda uzoq ta'sir etuvchi ruxsat etilgan moment qōshyulduz usulida ulanganiga nisbatan $\sqrt{3}$ marta kop bo'ladi. Shunday qilib, har ikkala ulanishda ham motor o'z quvvatini saqlab qoladi.

Ikki va kōp tezlikli motorlar shunday paytlarda ishlatiladiki, bunda texnologik jarayon shartlari bo'yicha elektrmotorlarning tezligi turlicha bo'lishi talab qilinsin.

3.3. Sinxron elektr motorlarining mexanik xarakteristikalarini

3.3.1. Sinxron motorning ishlash prinsipi

Katta quvvatga ega bo'lgan (160 kW dan yuqori) elektr yuritmalari uchun elektrmagnit qo'zg'atishli sinxron motorlar keng miqyosda qo'llaniladi. Bunday motorni yurgazish sxemasi 3.23 - rasmda korsatilgan.

Sinxron motor statorining konstruksiyasi asinxron motor statorining konstruksiyasiga oxshash bo'ladi. Statorning uch fazali chulg'amlaridan o'tayotgan tok magnitlash kuchlarini hosil qilib bu kuchlar vektorlarining teng ta'sir etuvchisi statorning fazoda aylanuvchi elektrmagnit maydonini (Φ_1) hosil qiladi. Stator maydonining aylanish tezligi (3.3)ga asosan quyidagiga teng bo'lib sinxron motorning ishchi tezligini beradi:

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{P_n}$$

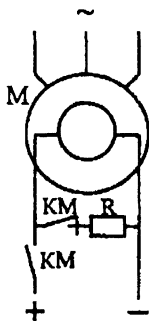
Sinxron motor rotorida qo'zg'atish chulg'ami joylashtiriladi. Bu chulg'am mustaqil o'zgarmas tok manbai bilan ta'minlanadi. Qo'zg'atish toki Φ_0 elektromagnit maydonini hosil qiladi. Bu maydon rotorga nisbatan qo'zg'almas bo'lib, o'rnatilgan rejim bo'yicha ω_0 tezlikda rotor bilan birga aylanadi. Rotor maydonining magnit kuch chiziqlari sinxron tarzda aylanayotgan statorning elektrmagnit maydoni bilan ilashishadi. Stator va rotor maydonlarining ozaro ta'sirlashuvi sinxron mashina validasi elketrmagnit moment hosil qiladi.

$$M = k \bar{\Phi}_1 \times \bar{\Phi}_0 \quad (3.8)$$

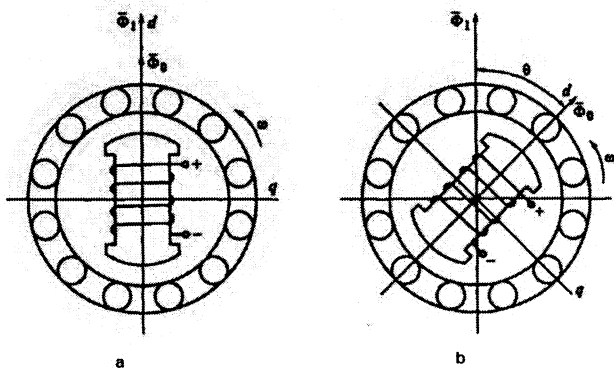
Yuklanish bo'lmaganda stator maydoni vektori $\bar{\Phi}_1$ va rotor maydoni vektori $\bar{\Phi}_0$ fazoda mos tushadi (3.24 a - rasm) va birgalikda ω_0 tezlik bilan aylanadi.

Motor validasi qarshilik paydo bo'lishi bilan $\bar{\Phi}_1$ va $\bar{\Phi}_0$ vektorlari ajraladi (prujina chozilishiga oxshab) va ozaro θ burchak hosil qiladi. Bu burchak yuklama burchagi deyiladi. Agar $\bar{\Phi}_0$ vektor $\bar{\Phi}_1$ vektordan ortda qolsa (3.24 b - rasm) sinxron mashina motor rejimida ishlaydi va uning validasi elektrmagnit moment musbat ishorali bo'ladi. Agar sinxron mashina boshlangich motor bilan aylantirilib, generator rejimida ishlayotgan bo'lsa, rotorning maydon vektori stator maydon

vektoridan ($-\theta$) burchakka oldinda bo'ladi, va mashina validagi elektrmagnit moment manfiy ishorali bo'ladi. Bu holatni prujining cho'zilish-siqilishiga o'xshatish mumkin. $\theta = \frac{\pi}{2}$ bo'lganda moment maksimal qiymatga erishadi $M_{maks.}$. Agar mashina validagi yuklama $M_{maks.}$ dan katta bo'lsa, mashina sinxron rejimi buziladi va mashina mo'tadillikdan chiqadi.



3.23 - rasm. Sinxron motorni ulash sxemasi



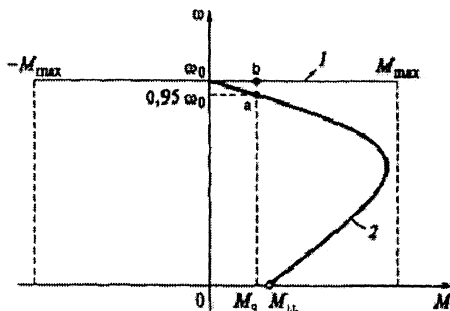
3.24 - rasm. Sinxron motor elektromagnit maydonining fazoviy vektorlari

a) erkin aylanish, b) val yuklanganligi

Sinxron mashinaning mexanik xarakteristikasi abtssisa oqiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqni anglatadi, va $u \pm M_{maks.}$ moment qiymatlari bilan cheklanadi (3.25 - rasm.). Mexanik xarakteristikaning bikirligi cheksiz bo'ladi.

Motor rotori sinxron tezlik bilan aylangani uchun unda sirpanish bo'lmaydi va stator elektrmagnit maydonining barcha quvvati P_{cm} mexanik quvvatga aylanadi. Agar statordagi isroflar inobatga olinmasa $P_{cm} = 3U_1 I_1 \cos\varphi = M\omega_0$, bundan esa

$$M = \frac{3U_1 I_1 \cos\varphi}{\omega_0} \quad (3.39)$$



3.25- rasm. Sinxron dvigatelning mexanik xarakteristikasi.

1- sinxron rejim xarakteristikalari;

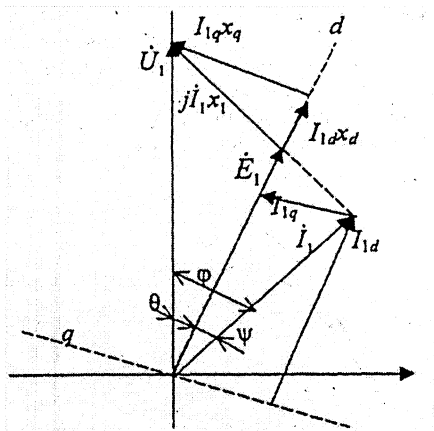
2 – yurgizish xarakteristikasi (asinxron rejim)

Noayon qutbli sinxron mashinaning vektor diagrammasini ko'rib chiqamiz (3.26 - rasm). Noayon qutbli rotorli motor magnitlanishga nisbatan simmetrik konstruksiyaga ega. Statorning aktiv qarshiligini inobatga olmagan holda quyidagini hosil qilamiz:

$$U_1 - E_1 = jI_1 x_1$$

Bunda

E_1 – rotor bilan aylanayotgan Φ_0 maydon stator chulg'amida qo'zg'ayotgan E.Yu.K.



3.26 - rasm. Sinxron motor vektor diagrammasi.

Vektor diagrammasidan

$$U_1 \sin \theta = I_1 x_1 \cos (\varphi - \theta)$$

$$\text{yoki } I_1 = \frac{U_1 \sin \theta}{x_1 \cdot \cos (\varphi - \theta)}$$

$$U_1 \cos \varphi = E_1 \cos (\varphi - \theta).$$

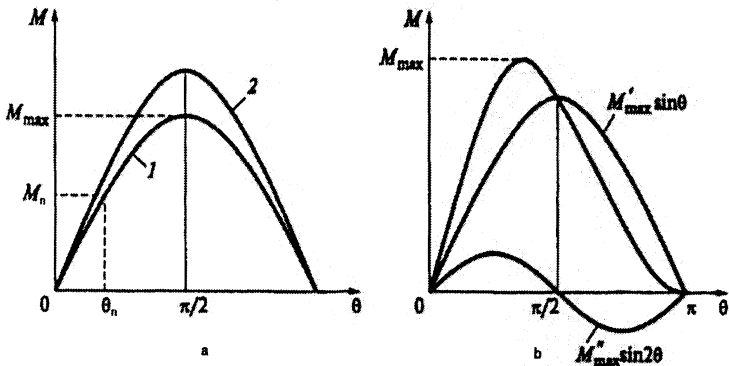
Bu qiymatlarni (3.39)ga qo'yib noaniq qutbli sinxron mashina burchak xarakteristikalarini ifodasini topamiz.

$$M = \frac{3U_1 E_1}{\omega_0 x_1} * \sin \theta \quad (3.40)$$

Bu ifodadan hamda unga mos keluvchi burchak xarakteristikasidan (3.27 - rasm.) ko'rinadiki, sinxron mashina yuklamasining ortishi bilan yuklanish burchagi ortib boradi va $\theta = \frac{\pi}{2}$ bo'lganda moment maksimal qiymatga ega bo'ladi. E_1 E.Yu.K. va Φ_0 magnit maydoni proportsionalligini inobatga olib, ya'ni I_q qo'zg'atish toki bilan ($E_1 = K_q I_q$) ko'ramizki, sinxron mashinaning maksimal momenti quyidagiga teng bo'ladi.

$$M_{max} = \frac{3U_1 t_{uy} k_{uy}}{\omega_0 x_1} \quad (3.41)$$

Ya'ni sinxron motor maksimal momenti (asinxrondan farqli ravishda) birinchidan iste'mol qiymatiga bogliq bo'ladi va qandaydir oraliqlarda qo'zg'atish tokiga (magnit zanjiri toyinmagan paytda) proporsional bo'ladi. (3.41) nisbatdan kelib chiqqan holda kop vaziyatlarda sinxron motorni qo'zg'atishni avtomatik boshqarish sxemalarida motoring yuklanish qobiliyatini o'zgarishsiz saqlash maqsadida qo'zg'atish tokini avtomatik tarzda oshirish nazarda tutiladi (zarb yuklamasi tushganda yoki iste'mol kuchlanish qiymati kamayganda).



3.27 - rasm. Sinxron motorning burchak xarakteristikasi

a) noaniq qutbli

b) aniq qutbli

1. qo'zg'atish meyoriy oqimda bo'lganda, 2. qo'zg'atish o'zgartirilganda Nosimmetrik magnit zanjiriga ega bo'lgan aniq qutbli konstruksiyali sinxron motor uchun rotor maydoni hosil qiladigan momentdan tashqari reaktiv moment ham hosil bo'ladi. Bu reaktiv moment rotorning maxsus holatga ya'ni magnit oqimi yoli uchun magnit singdirilishi maksimal qiymatga ega bo'ladigan holatga intilish paytida namoyon bo'ladi. Bunday motoring burchak xarakteristikasi quyidagi tenglama bilan izohlanadi (3.27 b - rasm).

$$M = \frac{3U_1 E_1}{\omega_0 x_d} \sin \theta + \frac{3U_1^2}{2\omega_0} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta$$

Bunda x_q va x_d - ko'ndalang hamda boylama oqlar bo'yicha induktiv qarshilik.

3.3.2. Sinxron motorning ish rejimlari.

Sinxron motor sinxron rejimda ishlaganda bitta ishchi tezlikka ega bo'ladi. Shuning uchun bu motorlarni yurgazish asinxron rejimda amalga oshiriladi. Buning uchun rotor konstruksiyasida qisqa tutashtirilgan chulg'am nazarda tutilgan. Uning konstruksiyasi asinxron motor qisqa tutashtirilgan rotorning ariqchasiga (olmaxon qafasi katagiga) o'xshaydi. 3000 ayl/min. tezlikka ega bo'lgan sinxron motorlarda rotor katta o'lchamiga ega bo'ladi va bu rotorning jismining ozi yurgazish katagi rolini oynaydi. Motor sinxronosti tezligiga erishgunga qadar qisqa tutashtirilgan asinxron motor singari 3.25 - rasmdagi 2 – mexanik xarakteristika bilan ishlaydi. Sinxronosti tezligiga erishganda (a nuqtasi), ya'ni kamida $0,95 \omega_0$ bo'lganda, qo'zg'atish chulg'amiga o'zgarimas tok yuboriladi va motor sinxronlikka intiladi hamda sinxron rejimni bildiruvchi b nuqtadagi ishga otadi.

Sinxron tezlik bilan ishlash rejimi o'rnatilganda yurgazish katagidan tok otmaydi. Rotorning yurgazish (olmaxon qafasi) katagi qisqa vaqt ishlash rejimiga hisoblanadi va bu asinxron rejimda uzoq vaqt (20 – 30 s dan kop) ishlashga ruxsat berilmaydi.

Yurgazish (olmaxon qafasi) katagi rejimini ta'minlashdan tashqari sinxron rejimda o'tkinchi jarayonlarni mo'tadillovchi dempfer chulg'ami vazifasini ham o'taydi.

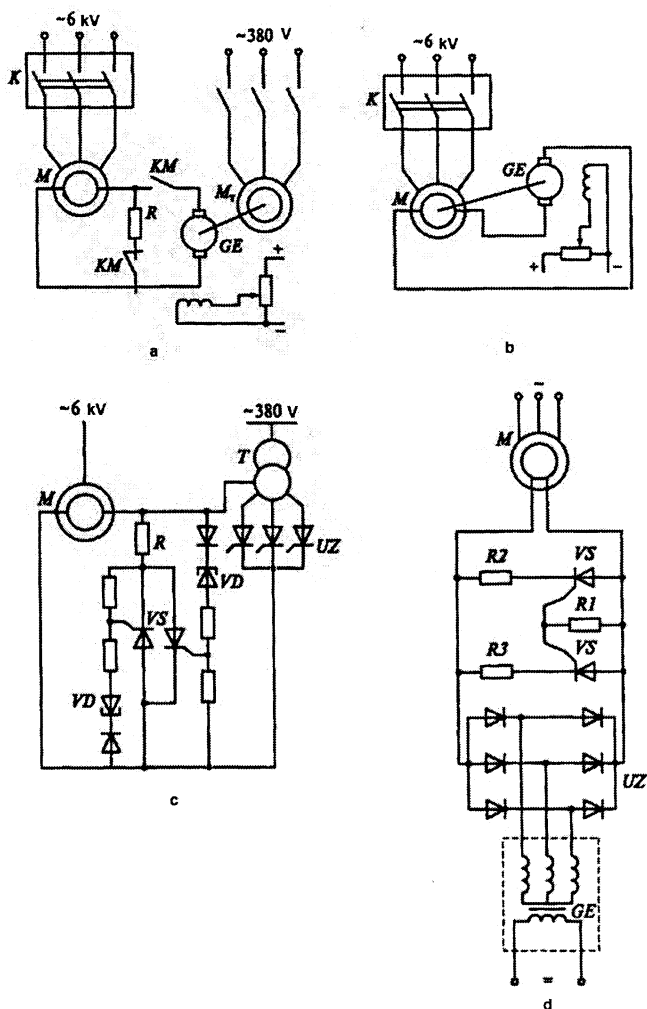
Sanoat uchun mo'ljallangan sinxron motorlar elektrmagnit qo'zg'atish uchun tokni mustaqil o'zgarimas tok manbaidan oladilar. Bunday manbalar sifatida quyidagilardan foydalaniladi: o'zgarimas tok generatorlari (qo'zg'atuvchi), ular sinxron motor bilan bitta valda joylashishi mumkin (3.28 b - rasm) yoki alohida dvigatel bilan aylantirilishi mumkin (3.28 a - rasm), yoxud sinxron dvigatel bilan bir valda joylashgan o'zgaruvchan tok generatori bo'lishi mumkin, shuningdek, sanoat manbasidan olingan tokni tiristorli

to'g'irlagichlar orqali o'zgarimas tokka aylantirib beriladi. (3.28 c - rasm). Agar generatordan o'zgaruvchan tok olinsa (3.28 d - rasm) yarim o'ktazgichli to'g'irlagichlar sinxron mashinaning rotoriga joylashtiriladi, natijada qo'zg'atish chulg'amiga alohida cho'tkalar o'rnatishning zarurati qolmaydi va sinxron mashina kontaktsiz ko'rinishga keladi.

Berilgan tezlikka erishish paytida, ya'ni motor asinxron rejimda ishlayotganda qo'zg'atuvchi kuchlanish o'chirilgan holda rotor chulg'amiga ulanishi mumkin (yopiq ulangan qo'zg'atuvchi sxemasi), shuningdek, qo'zg'atish chulg'amida KM kontaktori orqali uzilgan bo'lishi ham mumkin (3.23 va 3.28 - rasmlar sxemalariga qarang). Ohirgi holatda qo'zg'atish chulg'ami qarshilikka ulanadi yoki qisqa tutashtiriladi. Tezlik olish paytida qo'zg'atish chulg'ami uchlarini ochiq qoldirish mumkin emas, bu holatda chulg'amda katta sirpanish hisobiga katta sirpanish E.Yu.K. to'planishi mumkin.

Qo'zg'atuvchi sifatida tiristorli o'zgartirgich yoki rotor bilan aylanadigan to'g'irlagich ishlatilganda yurgazish paytida qo'zg'atish chulg'ami shuntlovchi tiristor yordamida qisqa tutashtiriladi.

3.28 – c - rasmdagi sxemani ko'rib chiqamiz. Motorni asinxron rejimda yurgazish paytida tiristorli o'zgartirgichdagi (U_d) kuchlanish nolga teng bo'ladi. Qo'zg'atish chulg'amida sirpanish E.Yu.K. induksiyalanadi. Uning ta'sirida VD stabilitron orqali yordamchi VS tiristori ochiladi va qo'zg'atish chulg'ami razryad qarshiliklarga (R) ulanadi. Motor sinxronosti tezligiga erishganda E.Yu.K. kamayadi, stabilitron yopiladi va VS tiristori razryad qarshiliklarini uzadi, undan so'ng esa qo'zg'atish chulg'amiga o'zgartirgichdan (U_d) o'zgarimas tok kuchlanishi uzatiladi. 3.28. - rasm



3.28 - rasm.

Sinxron mashinalarning qo'zgatish sxemalari

Keyingi yillarda sinxron mashina konstruksiyasiga o'rnatilgan (kiritilgan) qo'zg'atuvchilar ishlatila boshlandi. (3.28 - rasm). Qo'zg'atuvchi G generatordan tashkil topib uning rotori sinxron motorning valiga (M) joylashtirilgan. Bundan tashqari uning tarkibiga boshqarilmaydigan to'g'irlagich, VS yordamchi tiristor iva

R_2R_3 razryad qarshiliklari ham kiradi. Bu elementlar ham sinxron motor valiga joylashtiriladi. Qo'zg'atish tokini boshqarish qo'zg'atgich G ning qo'zg'atish tokini o'zgartirish yoli bilan amalga oshiriladi. Sinxronosti tezligiga erishilgandan so'ng qo'zg'atish chulg'amini shuntlovchi zanjirlar uziladi va chulg'amga o'zgarms tok beriladi. Undan keyin motor sinxronlashishga intiladi, uning tezligi sinxron qiymatga erishadi va natijada motor sinxron rejimda ishlay boshlaydi.

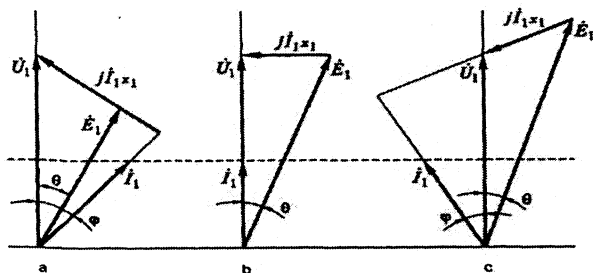
3.3.3. Sinxron motor qo'zg'atish tokini boshqarish.

Sinxron rejimda ishlayotgan motor qo'zg'atish tokini rostlash odatda qo'zg'atishni avtomatik rostlash tizimi (ART) orqali amalga oshiriladi. Qo'zg'atish ART 2 ta asosiy funktsiyani bajaradi.

Birinchisi – sinxron rejimda turgun ishlashni ta'minlash. Yuklama o'tirilganda yoki iste'mol kuchlanish qiymati pasayib ketganda qo'zg'atishni A.R.T. qo'zg'atish tokini kamaytiradi, buning natijasida sinxron rejimdagi motorning maksimal momenti oshadi. (3.27 - rasm).

Ikkinchisi – motor statori zanjirida aylanayotgan reaktiv quvvatni avtomatik rostlashni amalga oshiradi.

Sinxron motorlarning asosiy afzalliklaridan biri stator zanjirida aylanadigan reaktiv quvvat qiymatini rostlash imkoniyati borligidadir. Shuningdek, bu quvvatni generatsiya qilish imkonining borligidadir.



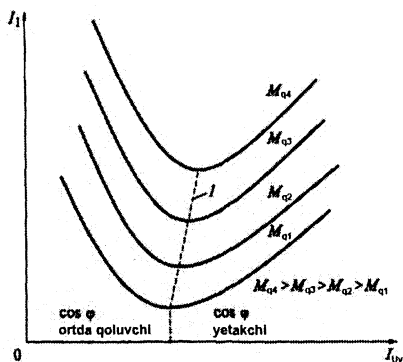
3.29 - rasm. Sinxron motorning turli qo'zg'atuvchi tok va valdagi bir xil yuklama holatidagi vektor diagrammalari

Korxonalarda asinxron motorlar bilan bir qatorda sinxron motorlarni ishlatish butun korxonaga bo'yicha iste'mol qilinadigan reaktiv quvvat kamaytirish imkonini va korxonaga energiya tizimidagi $\cos\varphi$ ning me'yoriy qiymatini ishlash imkonini beradi.

Motor statori zanjiridagi reaktiv quvvatni qo'zg'atish tokini o'zgartirish yo'li bilan rostdash imkoniyati 3.29 - rasmdagi vektorlar diagrammalarida ko'rsatilgan. (a) vektor diagrammasi nominal qiymatdan kam bo'lgan qo'zg'atish tokiga mos keladi; stator toki I_1 vektori tarmoq kuchlanishi \dot{U}_1 vektoridan φ burchakka ortda qolayapti, ya'ni motor ortda qolayotgan $\cos\varphi$ bilan ishlayapti (reaktiv quvvat «Iste'mol qilinayapti»). Qo'zg'atish toki kopaytirilganda stator chulg'amida paydo bo'ladigan E_1 E.Yu.K. ko'payadi va shunday qiymatga yetishish mumkinki unda stator toki I_1 faza bo'yicha \dot{U}_1 kuchlanish bilan mos keladi, ya'ni $\cos\varphi = 1$ bo'ladi. Rejim energetik jihatdan sinxron motorlar uchun foydali bo'ladi, chunki statordagi isroflar minimal qiymatda bo'ladi.

Agar qo'zg'atish tokini yanada ko'paytirsak, stator toki faza bo'yicha \dot{U}_1 kuchlanishni ortda qoldiradi, $\cos\varphi$ oldinga o'tib oladi va sinxron motor reaktiv quvvatni generatsiya qiladi (3.29 v - rasm).

Sinxron motori stator tokining qo'zg'atish tokiga bog'liqligi sinxron motorning U - simon xarakteristikalarini bilan aks ettiriladi. (3.30 - - rasm).



3.30 - rasm. Sinxron motorning U - simon xarakteristikalarini

3.2 – masala.

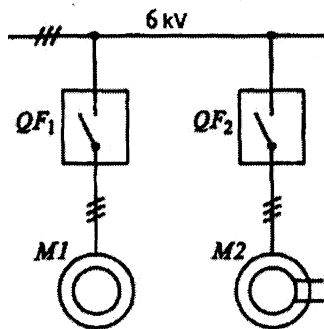
Ikkita motor (3.31 - rasm):

M_1 – qisqa tutashtirilgan rotorli va

M_2 – sinxron, 6 kV shinadan quvvat oladilar. M_1 motori validagi doimiy nominal yuklama bilan ishlaydi. M_2 motori validagi doimiy nominal yuklamaning 50% bilan ishlaydi. Motorlarning ishlash rejimi – uzoq muddatli.

Aniqlash kerak:

- motorlarning ta'minlayotgan shinalardagi $\cos\varphi = 1$ bo'lishi uchun sinxron motor qo'zg'atish chulg'amida qanday tok o'rnatishi kerak?



3.31 - rasm. Motorlarni ulash sxemasi.

Motorlarning texnik ko'rsatkichlari:

Sinxron motor – SD2 rusumli, stator kuchlanishi $U_{11} = 6000V$; quvvati $P_n = 800$ kW, statorning nominal toki $I_{1n} = 90A$; aylanish tezligi 1000 ayl/min, qo'zg'atish nominal toki $I_{un} = 175A$, nominal F.I.K. $\eta_n = 95,6$; nominal quvvat koeffitsienti $\cos\varphi_n = 0,9$ (oldinlama).

Asinxron motor – turi AN2 – 15-57-10, kuchlanish $U_{11} = 6000V$, stator nominal toki – 80A, nominal tezligi – 952 ayl / min, $\cos\varphi = 0,8$.

Yechim:

Asinxron motor statori zanjirida aylanadigan reaktiv quvvat

$$Q_{AD} = \sqrt{3}U_{1L}I_{1N}\sin\varphi_N = \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 80 \cdot 0,6 = 500 \text{ kVA.}$$

Bu reaktiv quvvatni kompensatsiyalash uchun sinxron motor ilgarilanma $\cos\varphi$ bilan va I_r reaktiv tok bilan ishlash kerak.

$$I_r = \frac{Q_{AD}}{\sqrt{3}U_{1L}} = \frac{500000}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 48,2A.$$

Valdagi yuklama nominal qiymatining 50% ga teng bo'lganda stator tokining aktiv tashkil etuvchisi

$$I_a = \frac{0,5R_{n,SD}}{\sqrt{3}U_{1L}\eta_{n,CD}} = \frac{0,5 \cdot 800000}{\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 0,95} = 40,6A.$$

Ushbu rejimda sinxron motor statorining to'liq toki

$$I_1 = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} = \sqrt{40,6^2 + 48,2^2} = 63A.$$

Ushbu rejimda sinxron motorning quvvat koeffitsienti

$$\cos\varphi_{CD} = \frac{I_a}{I_1} = \frac{40,6}{63} = 0,644 \text{ (ilgari)}$$

Ko'rilayotgan rejimda sinxron motor qo'zg'atish toki qiymatini aniqlash uchun sinxron motorning burchak xarakteristikalarini aniqlash tenglamasining (3.40) soddalashgan ko'rinishidan foydalanamiz.

Avval sinxron motorning x_1 va E_{1N} parametrlarini nominal rejim shartlariga asosan aniqlab olamiz:

$$M_n = \frac{3U_1 E_1}{\omega_0 \cdot x_1} \cdot \sin\theta_n,$$

Berilgan motor yuklanish qobiliyati

$$M_{maks}/M_n = 2 \text{ bo'lgani uchun } \sin\theta_n = 0,5 \text{ yoki } \theta = 30^\circ$$

3.26 - rasmdagi vektor diagrammasiga ko'ra

$$U_{1F}\sin\theta = I_1 x_1 \cos(\varphi - \theta) \quad (3.42)$$

Nominal rejim uchun

$$x_1 = \frac{U_1 f \cdot \sin\theta_n}{I_{1N} \cos(\varphi_n - \theta_n)} = \frac{3470 \cdot 0,5}{90 \cos(-\arccos 0,9 - 30^\circ)} = 34,4 \text{ Om}$$

$$E_{1n} = \frac{M_n \omega_0 x_1}{3U_{1F} \sin\theta_n} = \frac{800000 \cdot 34,4}{3 \cdot 3470 \cdot 0,5} = 5290V.$$

(3.42) dan quyidagini hosil qilamiz

$$U_{1F} \sin \theta = I_{1X_1} (\cos \varphi \cdot \cos \theta + \sin \varphi \cdot \sin \theta),$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{I_{1X_1} \cos \varphi}{U_{1N} - I_{1X_1} \sin \varphi}.$$

Berilgan rejim uchun

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{63,344 \cdot 0,644}{3470 - 63,344 \cdot (-0,77)} = 0,27$$

$$\sin \theta = 0,277$$

Burchak xarakteristikasi tenglamasidan (3.40) berilgan rejimga mos keluvchi E_1 qiymatni topamiz.

$$E_1 = \frac{M \cdot \omega_0 \cdot x_1}{3U_{1F} \cdot \sin \theta} = \frac{3824 \cdot 104,6 \cdot 34,4}{3 \cdot 3470 \cdot 0,277} = 4770 \text{ B.}$$

Bunda $M = 0,5M_n = 0,5 \cdot \frac{R_n}{\omega_0} = 0,5 \cdot \frac{800000}{104,6} = 3824 \text{ Nm.}$

E_1 E.YU.K. qo'zg'atish tokiga proporsional deb faraz qilib, berilgan rejim uchun qo'zg'atish tokini quydagicha topamiz:

$$I_u = I_{u0} \frac{E_1}{E_{1n}} = 175 \frac{4770}{5290} = 157,8 \text{ A.}$$

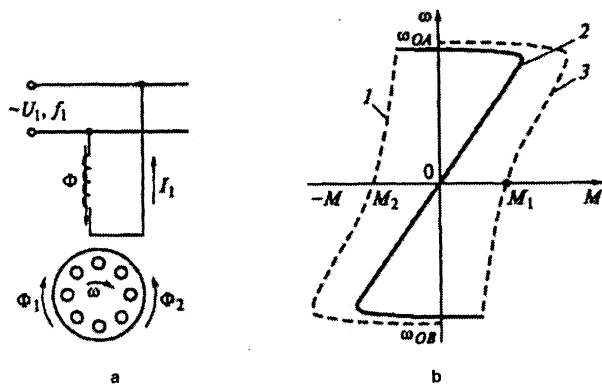
3.4. Bir fazali asinxron motorlar

Maishiy maqsadlarda ishlatiladigan quvvati 5 kW gacha bo'lgan ishchi mashinalar yuritmalari uchun odatda bir fazali asinxron motorlar ishlatiladi. Bunday motorlarni ishlatish zarurati elektr energiyasi ta'minoti sifatida bir fazali o'zgaruvchan tok manbai bo'lganda tug'iladi.

Bir fazali asinxron motorlar statori ikki chulg'amdan iborat bo'ladi: ishchi va yurg'izuvchi. Motorlar rotori olmaxon katagi ko'rinishidagi qisqa tutashtirilgan sterjenlardan bajariladi. Motoring ishchi chulg'ami (3.32 a - rasm) bir fazali o'zgaruvchan tok manbaiga ulanadi (odatda faza nol). Bu chulg'amdan o'tayotgan bir fazali tok uch fazali motorlardagi singari emas balki aylanmaydigan, pulslanadigan magnit maydonini hosil qiladi. Pulslanadigan maydonni bir xil

tezlikli $\omega_0 = 2\pi f_1 / p_n$, ikki qarama – qarshi tomonga aylanuvchi, lekin bir xil amplitudali ikkita maydonga ajratish mumkin.

Bu aylanayotgan maydonlarga 3.32 b - rasmdagi 1 va 2 mexanik xarakteristikalar mos keladi. Motorning natijaviy mexanik xarakteristikasi (3 - xarakteristika) bir xil tezlikli 1 va 2 – xarakteristikalari momentini qo‘shish yo‘li bilan hosil qilinadi. Xarakteristikaning asosiy xususiyati shundaki, yurgazish momenti nolga teng bo‘ladi ($\omega = 0$ bo‘lganda), natijada tinch turgan motorni yurgazish imkoni bo‘lmaydi. Shuning uchun bir fazali asinxron motorlarni yurgazish uchun qo‘shimcha yurgazish chulg‘ami ishlatiladi. Bu chulg‘am stator ariqchalarida 90° ga siljirilgan holda joylashtiriladi. Odatda motor yurgazilgandan keyin yurgazish chulg‘ami o‘chiriladi. Yurgazish chulg‘ami kondensator (sig‘im) orqali ulanganda yaxshi yurgazish xarakteristikalariga erishiladi.



3.32 - rasm. Bir fazali asinxron motorning sxemasi (a) va mexanik xarakteristikalari (b)

Zarurat bo‘lganda oddiy uch fazali qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarni ham bir fazali o‘zgaruvchan tok bilan ishlatish mumkin. Bu holatda yurg‘izuvchi chulg‘am sifatida uchta faza chulg‘amidani biri ishlatiladi. Bu faza chulg‘ami 90° li sijnishni hosil qilish maqsadida tarmoqqa kondensator orqali ulanadi. 10 kW gacha quvvatga ega bo‘lgan uch fazali asinxron motorlarni bir fazali (220V) o‘zgaruvchan tarmoqqa ulash uchun har 1 kW nominal quvvatga 30 mF

miqdoridagi kondensator ishlatiladi. Kondensatorning 600 V gacha kuchlanishga chidamli bo'lgan metall – qog'oz turidan foydalanish maslaxat beriladi.

3.5. Nazorat uchun savollar.

1. Asinxron motor aylanish yo'nalishini o'zgartirish uchun nima qilish kerak?
2. Asinxron motorning nominal aylanish tezligi 735 ayl/min. Bu motorning qutblar juftligi soni nechta?
3. Faza rotorli asinxron motor pasportida ko'rsatilishicha, rotorning nominal E.YU.K. $E_r = 240V$. Motor qanday tezlikda aylanganda rotor xalqalaridagi kuchlanish yuqoridagi qiymatga teng bo'ladi?
4. Asinxron motor maksimal momenti uning iste'mol kuchlanishi qiymatiga qay darajada bog'liq bo'ladi.
5. Asinxron motor kritik sirpanishini o'zgartirish uchun nima qilish kerak?
6. Sirpanishning qanday qiymatlarida asinxron motor rekuperativ tormozlanish yoki teskari ulanish rejimida ishlaydi?
7. Asinxron motor rotor chulg'ami induktiv qarshiligi qiymati nimaga bog'liq bo'ladi?
8. Nima uchun qisqa tutashtirilgan asinxron motor yurgazish toki nominal tokining $5,5 \div 6$ barobarini tashkil qiladiyu, yurgazish momenti esa nominal qiymatga yaqin bo'ladi?
9. Asinxron motor dinamik tormozlanish usulidan qanday foydalaniladi?
10. Ko'p tezlikli asinxron motor qutb juftliklari sonini o'zgartirish prinsipini tushuntiring?
11. Agar asinxron motor uning validagi moment nominal bo'lganda va u iste'mol kuchlanishini kamaytirish yo'li bilan sinxron tezlikning 70% tezligi bilan ishlayotgan bo'lsa asinxron motor rotoridagi isroflar nimaga teng bo'ladi?
12. Faza rotorli asinxron motorning rotor zanjiriga yurgazish paytida ulanadigan qo'shimcha qarshilik nima uchun kerak?
13. Sinxron motorning burchak xarakteristikasi nimani anglatadi?

14. Sinxron motor rotoridagi qisqa tutashtirilgan chulg'am (olmaxon katagi) nima uchun xizmat qiladi?
15. Sinxron motorni qo'zg'atish uchun qanday tok manbalaridan foydalaniladi?
16. Sinxron motorni qo'zg'atish toki nima maqsadda rostlanadi?
17. Sinxron motor stator zanjiridagi quvvat koeffitsienti ilgarilanma bo'lishi uchun nima qilish kerak?
18. Sinxron motor $\cos\phi = 1$ bo'lgan rejimda ishlayotgan edi. Valdagi xuddi shu yuklamada qo'zg'atish toki oshirilsa, stator toki qanday o'zgaradi?
19. Asinxron motor 980 ayl/min nominal tezlikka ega. U nominal rejimda ishlaganda rotor toki chastotasi qanday bo'ladi.

4. ELEKTR YURITMANI ROSTLASHNING UMUMIY PRINSIPLARI.

4.1. Rostlanadigan elektr yuritma – avtomatlashtirilgan elektr yuritmaning asosiy ko‘rinishi.

Rostlanadigan elektr yuritmalarni texnologik mashina va mexanizmlarda qo‘llash odatda quyidagi holatlardan biri bilan bog‘liq bo‘ladi:

- texnologik jarayon yurishini tezkor boshqaruv zarurati (yuk ko‘tarish kranlari, ekskavatorlar, reversli prokat stanlari va boshqa mashina elektr yuritmalari);

- aniq texnologik rejimni o‘rnatish va uni saqlash zarurati (uzluksiz jo‘valash stanlari, qog‘oz preslash mashinalari, tekstil sanoati pardoqlash agregatlari va boshqa mashinalar elektr yuritmalari);

- texnologik jarayonni taxrir qilish zarurati (dozatorlar va ta‘minlagichlar elektr yuritmalari);

- materialga ishlov berish rejimini avtomatik boshqarish (raqamli dasturli boshqarish dastgoxlari elektr yuritmasi);

- texnologik jarayon elektr energiyasi sarfini optimallashtirish zarurati (nasoslar, ventilyatorlar va kompressorlar elektr yuritmalari).

Keltirilgan holatlar ro‘yxati rostlanadigan elektr yuritmani qo‘llash zaruriyligi va maqsadga muvofiqligi shartlarini bildiradi va u bundan ham keng bo‘lishi mumkin.

Ishchi mashina va mexanizmlarning rivojlanishi bilan hamda yuqori texnologiyalar kirib kelishi bilan rostlanadigan elektr yuritmalarga talab sezilarli darajada oshdi va avtomatlashtirilgan rostlanuvchi elektr yuritmalar barcha texnologik jabxalardagi ishchi mashina va agregatlar energetik va kibernetik (boshqaruv soxasi bo‘yicha) asosini tashkil qiladi.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritma ikki texnologik vazifani bajaradi:

- berilgan texnologik jarayonni bajarish uchun elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirish;

- quyidagi me'zonlarni inobatga olgan holda texnologik jarayonni boshqarish: maksimal samaradorlikni ta'minlash; ishlov berish aniqligi va sifatini ta'minlash; energiya sarfi tejamlilikini ta'minlash. Boshqarishning aniq vazifalari juda ham keng bo'lib, ular texnologik jarayon xarakteriga ko'ra aniqlanadi.

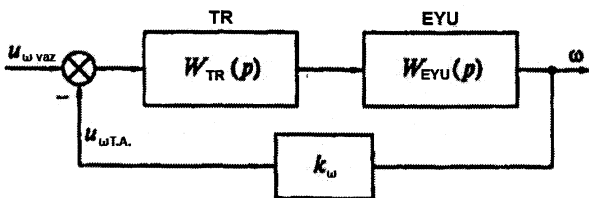
Avtomatlashtirilgan elektr yuritmaning ikkinchi funksiyasi to'liq elektr yuritmaning xarakatini xarakterlovchi kattaliklarni rostdash bilan bog'liq (masalan, tezlik, moment, ishchi organ holati). Bu funksiyani faqatgina rostlanuvchi elektr yuritma orqali amalga oshirish mumkin. Bu maqsadda mexanik va gidravlik rostdash vositalaridan (variator, uzatish qutisi, gudromufta) foydalanish bugungi kunda texnika va iqtisodiy jihatdan o'zini oqlamoqda.

Rostlanuvchi elektr yuritma deganda tezlik yoki momentni berilgan diapazonda silliq (ravon) va aniq rostdashni ta'minlaydigan elektr yuritma tushuniladi. Biroq rostlanuvchi elektr yuritmaga talab bu bilan chegaralanmaydi. Rostlanuvchi elektr yuritmani boshqarish tizimi shuningdek, tezlik moment va yuritmaning boshqa parametrlari o'zgarganda o'tkinchi jarayon boshlang'ich xarakterini ta'minlash ham kerak.

Elektrmotorlar iste'mol tarmog'iga oddiy sxema bilan ulanganda o'zining elektrmexanik xususiyatlari bilan elektr yuritma xarakatining sifatli rostdanishini ta'minlab bera olmaydi. Shuning uchun elektr yuritmani rostdash maqsadida elektr motorga berilayotgan yoki undan olinayotgan elektr energiyasini o'zgartirib turishga to'g'ri keladi. Elektr energiyani o'zgartirish yarim o'tkazgichli o'zgartgichlar yordamida amalga oshiriladi.

O'zgartirilgan elektr energiya parametrlarini rostdash bilan (chastotasi, kuchlanish, impulsanish turi) rostlanuvchi yuritma uchun talab qilingan mexanik va dinamik xarakteristikalarini olishga erishiladi. Yarim o'tkazgichli o'zgartgichlar parametrlarini boshqarish uchun avtomatik rostdashning ichki konturlari xizmat qiladi. Ular E.YU.K., qozg'atish toki rostlanuvchisi va boshqalardir. Bu ma'noda rostlanuvchi elektr yuritma doimo avtomatlashtirilgan bo'ladi. Ya'ni yuritmaning xarakteristikalarini shakllantiruvchi avtomatik boshqaruv vositalariga ega bo'ladi.

Rostlashning tashqi konturlari elektr yuritmani xarakterini izoxlovchi o'zgaruvchilarni aniqlaydi: tezlik va ishchi organ holatini. Odatda bu rostlash konturlari yopiq bo'ladi. Ya'ni rostlanadigan parametrlar bilan teskari bog'lanishga ega bo'ladi. 4.1. - rasmda tezlikni rostlash yopiq konturli sxemasi keltirilgan.



4.1 - rasm. Tezlikni rostlash konturining tuzilish sxemasi.

$u_{\omega \text{ vaz}}$ – tezlik vazifalanishi; $u_{\omega \text{ t.a}}$ – tezlik bo'yicha teskari bog'lanish signali; TR -tezlik rostlagichi, $W_{TR}(P)$ – TR uzatish funksiyali. k_{ω} – tezlik bo'yicha teskari bog'lanish koeffitsienti; $W_{EYU}(P)$ – ichki rostlanish konturi bilan uzatma funksiyasi.

Kerakli tezlikning berilishi u_{vaz} qo'l bilan (ekskovator mashinisti, kran boshqaruvchisi, operator) yoki avtomatik tarzda shakllantirilishi mumkin (dastgoxlardagi raqamli dasturiy boshqarish tizimi), yuqori irearxiyadagi avtomatlashtirilgan tizim texnologik rostlagichlar boshqarish qurilmalari orqali ham shakllantirilishi mumkin.

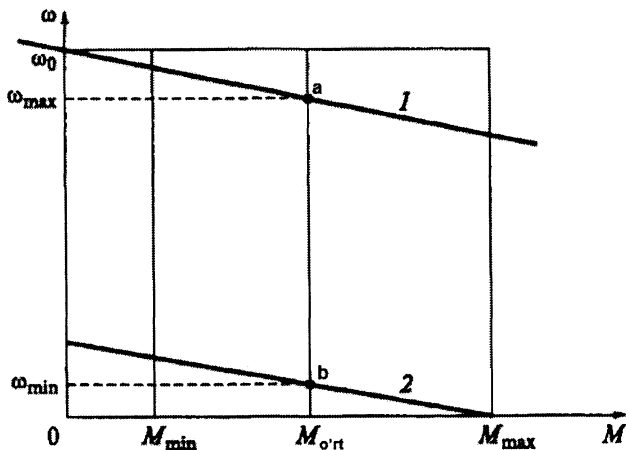
Tezlik rostlagichning uzatish funksiyasi $W_{TR}(P)$ shunday tanlanadiki, bunda talab qilinadigan rostlash sifati ham statik (diapazon, aniqlik) ham dinamik (tezkorlik, o'ta rostlanish, tebranuvchanlik) ko'rsatkichlar jixatidan aniq ta'minlanishi kerak.

Motorlar, yarim o'tkazgichli elektr energiya o'zgartkichlari, datchiklar va avtomatik rostlash tizimlari birgalikda rostlanuvchi elektr yuritma tizimini tashkil qiladi. Bu tizimlar birinchidan elektr motor turi bilan farqlanadi. Qolaversa motorni ta'minlovchi yarim o'tkazgichli elektr energiyasi o'zgartirgichlari turlari bilan ham farqlanadi.

Tezlikni rostdash – texnologik jarayon talabiga ko‘ra tezlikni boshqaruv tizimi vositasida majburiy o‘zgartirishdir. Bunday rostdash tizimiga boshqaruv ta‘sirini kiritish yo‘li bilan amalga oshiriladi. Biroq, tezlik o‘zgarish boshqaruv ta‘sirida ham amalga oshirilishi mumkin. Bu holat tezlikni mo‘tadillashtirish vazifasi qo‘yilganda kuzatiladi.

4.2. Tezlikni rostdash sifat ko‘rsatkichlari.

Elektr yuritma tezligini rostdashni xarakterlovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biri rostdash diapazonidir. Rostlash diapazoni D – bu elektr yuritmaning erishilgan (o‘rnatilgan) maksimal tezligining minimal tezlikka nisbatidir. Bunda motor validagi yuklamaning ma‘lum oraliqlaridagi o‘zgarishi holati nazarda tutiladi. Rostlash diapazoni qiymatini aniqlash 4.2 – rasmda keltirilgan.



4.2 - rasm. Tezlik bo‘yicha rostdash diapazonini aniqlash.

Elektr yuritma to‘g‘ri chiziqli mexanik xarakteristikalarga ega deb tasavvur qilamiz. 1- chiziq mexanik xarakteristikaning tezligi bo‘yicha maksimal qiymatiga mos keladi.

Yuritmaning rostlanuvchi xarakteristikalari pastga qarab 1 – xarakteristikaga parallel ravishda siljib boradi deb faraz qilaylik, unda bu xarakteristika ham o'sha bikirlik β ga ega bo'ladi. Bu esa zamonaviy boshqariladigan yuritmalarning aksariyatiga xosdir. Talab qilinadigan maksimal momentni ta'minlaydigan quyi chegaraviy xarakteristika 2 – xarakteristika bo'ladi. Uning rostlash diapazoni maksimal tezlikni minimal tezlikga nisbatiga teng bo'ladi. U esa berilgan maksimal va minimal momentlarning o'rtacha qiymati sifatida aniqlanadi. [8].

$$M_{o'r} = \frac{M_{maks} - M_{min}}{2} \quad D = \frac{\omega_{maks}}{\omega_{min}} = \frac{\omega_a}{\omega_b} \quad (4.1)$$

4.2 - rasmdagi grafikka ko'ra quyidagini topamiz.

$$\omega_{maks} = \omega_0 - \frac{M_{maks} + M_{min}}{2\beta};$$

$$\omega_{min} = \frac{M_{maks} - M_{min}}{2\beta};$$

Bu qiymatlarni (4.1) ga qo'yib hosil qilamiz:

$$D = \frac{2\beta \cdot \omega_0 - M_{maks} - M_{min}}{M_{maks} - M_{min}}; \quad (4.2)$$

Bunda,

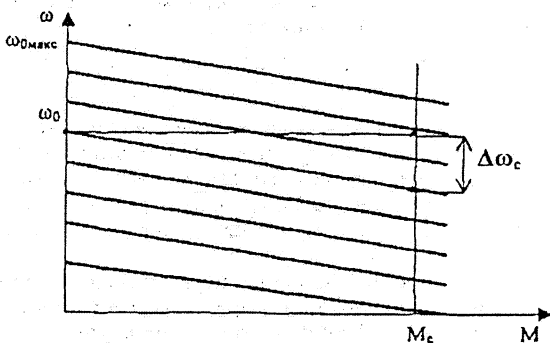
β – bikirlikning absolyut qiymati.

(4.2) formuladan ko'rinadiki, rostlash diapazoni yuritma mexanik xarakteristikasining bikirligiga bog'liq bo'ladi: bikirlik qancha katta bo'lsa, rostlash diapazoni ham shuncha katta bo'ladi.

Rostlash sifatining ikkinchi ahamiyatini ko'rsatkichi tezlikni rostlash aniqligidir. $\Delta\omega_s$ statik xatolik yoki yuklama quyilishi yoki (olinishi)ga elektr yuritmaning reaksiyasini (ta'sirlanishini) bildiradi. Agar bir chizikli mexanik xarakteristikaga ega bo'lgan rostlanuvchi elektr yuritmani taxlil qilsak (boshqaruv ta'siriga qarab β doimiy bikirlik bilan pastga ravon siljiydigan), unda absolyut statik xatolik quyidagiga teng bo'ladi (4.3 - rasm):

$$\Delta\omega_s = \frac{M_s}{\beta} \quad (4.3)$$

Bu hatolik bikirlik doimiy bo'lganda butun rostlash diapazoni bo'yicha bir xil bo'ladi.



4.3 - rasm. Statik xatolikni aniqlash.

Hatolikning nisbiy kattaligi absolyut xatolikning tezlikning bazaviy qiymatiga nisbati bilan aniqlanadi. Berilgan tezlik (bazaviy tezlik) qancha kam bo'lsa nisbiy xatolik shuncha ko'p bo'ladi.

$$\Delta_s = \frac{\Delta\omega_s}{\omega_{baz}} \quad (4.4)$$

(4.3) va (4.4) lardan ko'rinadiki, statik xatolikning kattaligi mexanik xarakteristikalar bikirligiga teskari proporsionaldir: bikirlik qancha katta bo'lsa, statik xatolik shuncha kam bo'ladi.

Berilgan tezlikni rostlash diapazoni quyi tezligining qiymati ω_{min} talab etiladigan rostlash aniqligi (statizm) bilan ham cheklanishi mumkin. (4.4)ga binoan berilgan minimal tezlik qancha kam bo'lsa, nisbiy kattalik sifatida berilgan tezlikni saqlash aniqligi shuncha yomon bo'ladi. Shuning uchun berilgan aniqlikni bajarish sharti quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta_s = \frac{\Delta\omega_s}{\omega_{min}} \leq \Delta_{chekl.}$$

Quyidagini inobatga olib,

$$\Delta\omega = \frac{M_{maks} - M_{min}}{2\beta}$$

hosil qilamiz

$$\omega_{min} = \frac{M_{maks} - M_{min}}{2\beta \cdot \Delta_{chekl}}$$

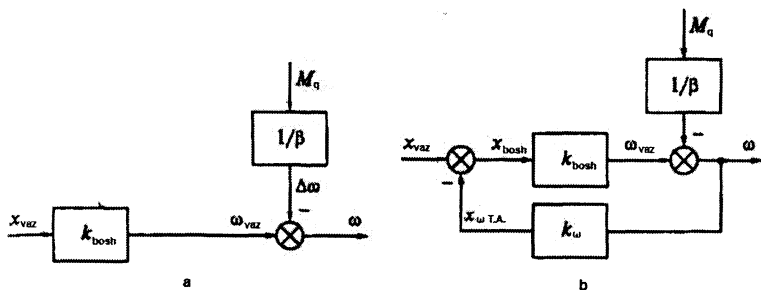
Unda berilgan aniqlikni ta'minlash shartiga ko'ra tezlikni rostdlash diapazoni quyidagicha bo'ladi:

$$D = \frac{\omega_{maks}}{\omega_{min}} = \frac{\Delta_{chekl} \cdot (2\beta\omega_0 - M_{maks} - M_{min})}{M_{maks} - M_{min}}$$

Odatda ochiq boshqaruv tizimli elektr yuritma mexanik xarakteristikalarining bikirligi kerakli rostdlash diapazoni va statik aniqlikka erishish uchun yetarli bo'lmaydi. Shuning uchun rostlanadigan elektr yuritmalarda qoida sifatida tezlik bo'yicha yopiq rostdlash tizimi ishlatiladi.

Elektr yuritmaning mexanik xarakteristikalariga manfiy teskari aloqaning ta'sirini ko'rib chiqamiz.

4.4 - rasmda. Eлектr yuritmaning ochiq boshqaruv tizimli (a) va yopiq boshqaruv tizimli (b) tarkibiy sxemalari keltirilgan.



4.4 - rasm. Chiziqli mexanik xarakteristikalariga ega bo'lgan elektr yuritmaning tuzilish sxemasi.

a) ochiq; b) tezlik bo'yicha yopiq

ochiq boshqaruv tizimida tezlik $\omega_{vaz} = K_{bosh} \cdot x_{vaz}$. Bo'yicha aniqlanadi. (4.4. a - rasm) M_q yuklama qo'yilganda hosil bo'ladigan statik xatolik kattaligi mexanik

xarakteristikalar bikirligiga bog'liq bo'ladi. (4.3. - rasmga qarang). Ochiq boshqaruv tizimi avtomatik tarzda bu xatolikni yoki kamaytira olmaydi.

Nazorat parametri bilan manfiy teskari aloqadagi bikirlikka ega bo'lgan yopiq boshqaruv tizimida (ushbu holatda tezlik bo'yicha), bu parametrlar kattaligi tezlik datchigi orqali K_ω uzatish koeffitsienti bilan, manfiy ishora bilan roslash tizimi qabuliga uzatiladi.

$$x_{\omega \text{ t.a}} = K_\omega \cdot \omega \quad (4.6)$$

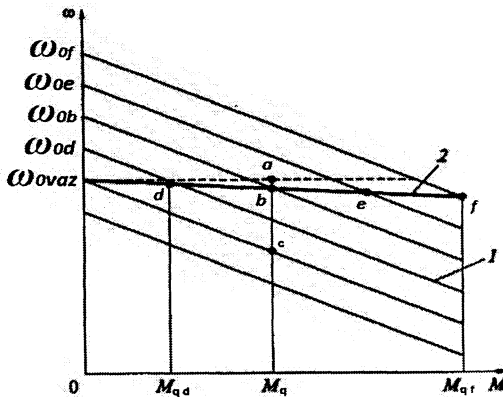
Shunday qilib, tezlikni roslash xatolik kattaligi bo'yicha amalga oshiriladi, ya'ni berilgan va xaqiqiy tezliklar farqi bilan.

$$X_{bosh} = x_{vaz.} - x_{\omega \text{ t.a.}} \quad (4.7)$$

Manfiy teskari aloqa ta'siri mexanizmini ko'rib chiqamiz. (4.5 - rasm).

1 – xarakteristika – ochiq boshqaruv tizimli yuritma mexanik xarakteristikalari bo'lsin. Agar $\omega_{0vaz.}$ tezlik qiymati berilgan bo'lsa u unda $M_q = 0$ bo'lganda yuritma berilgan tezlik bilan ishlaydi. M_q yuklamasi qo'yilishi bilan va ochiq roslash tezligi bilan motor tezligi $\Delta\omega$ kattalikka, a b kesimga proporsional bo'lgan kattalikka kamayadi. Bunda motor $\omega_{0vaz.}$ b chiziq bilan aniqlanadigan, β bikirlikka ega bo'lgan mexanik xarakteristikada ishlaydi va tezlik cho'kishi quyida kattalik bilan aniqlanadi.

$$\Delta\omega_q = M_q / \beta$$



4.5 - rasm. Tezlik bo'yicha manfiy teskari aloqaning xarakati tushunchasi.

Yopiq rostlash tizimida tezlikning o'zgarish jarayoni boshqacha kechadi. Yuklama qo'yilgandan keyin tezlik kamaya boshlaydi. Bunda teskari aloqa signali ham kamaya boshlaydi ($K_{\omega} \cdot \omega$), natijada farq ($x_{vaz.} - x_{\omega \text{ t.a.}}$) oshib boradi, undan keyin esa tezlikni berish signali oshadi ($\omega_{vaz.}$)

$$\omega_{vaz.} = K_{bosh} (x_{vaz.} - x_{\omega \text{ t.a.}}) \quad (4.8)$$

Erkin aylanish tezligini berish signali oshishi ω_{0b} , kattalikkacha oshib boradi va motor avtomatik tarzda ω_{0b} . – b mexanik xarakteristikaga o'tadi, o'tish jarayoni tugagandan so'ng b nuqtada ishlay boshlaydi. Natijada a b kesma bilan aniqlanadigan erishilgan tezlik xatoligi $\Delta\omega_{yopiq}$ ochiq tizimdagiga nisbatan ancha kam bo'ladi.

$$\frac{\Delta\omega_{s.yopiq}}{\Delta\omega} = \frac{ab}{ac} \quad (4.9)$$

Agar statik moment M_{qd} ga teng bo'lsa, yuritma d nuqtada ishlaydi. Agar statik moment $M_q = M_{qf}$ bo'lsa yuritma f nuqtada ishlaydi.

Biz ko'ramizki, yopiq tizim mexanik xarakteristikasi $\omega_{0 \text{ vaz}}$ d-b-e-f nuqtalar to'plamini belgilaydi. Bu nuqtalar esa erkin aylanishdagi tezlikning turli qiymatlariga mos keladigan ochiq tizimning mexanik xarakteristikalariga to'g'ri keladi. Yopiq tizim mexanik xarakteristikasining bikirligi β_{yopiq} (2- chiziq) ochiq tizim xarakteristikasi bikirligidan yuqori bo'ladi.

Yopiq tizimning mexanik xarakteristikasi quyidagicha bo'ladi:

$$\omega = \omega_0 - \frac{M_q}{\beta_{yopiq}},$$

bu yerda, ω_0 (4.8) formuladan aniqlanadi, q

$$\omega = K_{bosh} (x_{vaz.} - x_{\omega \text{ t.a.}}) - \frac{M_q}{\beta},$$

yoki

$$\omega = K_{bosh} x_{vaz.} - K_{bosh} K_{\omega} \cdot \omega - \frac{M_q}{\beta},$$

bundan esa

$$\omega = \frac{K_u \cdot x_{vaz}}{1 + K_{bosh} \cdot K_{\omega}} - \frac{m_q}{\beta(1 + K_{bosh} \cdot K_{\omega})}$$

$K_{\omega}K_{bosh} = K$ deb belgilab, uni ochiq tizimni kuchaytirish koeffitsienti deymiz, va quyidagini hosil qilamiz.

$$\omega = \frac{K_{bosh} \cdot x_{yoz}}{1+K} - \frac{m_q}{\beta(1+K)},$$

yoki

$$\omega = K_u \cdot x_{yopiq} - \frac{m_q}{\beta_{yopiq}};$$

bu yerda

$$\beta_{yopiq} = \beta (1+K) \quad (4.10)$$

Biz ko'ramizki yopiq tizimda mexanik xarakteristikaning bikirligi ochiq tizimdagi mexanik xarakteristikaning bikirligiga nisbatan $(1+K)$ marotaba oshadi. Natijada statik xatolik $(1+K)$ marta kamayadi.

$$\Delta\omega_{q,yopiq} = \frac{\Delta\omega_q}{1+K} \quad (4.11)$$

Buni (4.9) bilan solishtirib quyidagini hosil qilamiz (4.5 - rasm):

$$\frac{a \ b}{a \ c} = \frac{1}{1+K}.$$

Shunday qilib manfiy teskari aloqani kiritish bilan yuritma mexanik xarakteristikalarining bikirligi oshiriladi, statik xatolik kamaytiriladi, tezlikni boshqarish diapazoni kengaytiriladi. Tezlik bo'yicha teskari aloqaning kiritilishi shuningdek yuritmaning dinamik xarakteristikasiga ham ta'sir ko'rsatadi, ya'ni yuritmaning tez xarakatlanishi oshadi. Rostlash sifati ko'rsatkichlari keyingi bobda (8 – bobda) ko'riladi.

4.1 masala. Elektr yuritma bikirligi $\beta = 10$ N.m.s. bo'lgan mexanik xarakteristikalariga ega. Nominal moment $M_n = 50$ N.m. erkin aylanish tezligi yuqori qiymati $\omega_0 = 104,6$ 1/s.

Berilgan elektr yuritma ta'minlaydigan tezlikni rostlash diapazoni kattaligi topilsin.

Qo'shimcha berilganlar: motor validagi moment quyidagi oraliqlarda o'zgaradi:

$$0,15 M_n \leq M_s \leq 1,2 M_n$$

Berilgan tezlikni saqlash $D = 100$ bo'lishi uchun mexanik xarakteristika bikirligi qanday bo'lishi kerak?

$$D = \frac{\omega_{maks}}{\omega_{min}} = \frac{\Delta_{chek} (2\beta \cdot \omega_0 - M_{maks} - M_{min})}{M_{maks} - M_{min}} = \frac{0,1 (2 \cdot 10 \cdot 104,6 - 1,2 \cdot 50 - 0,15 \cdot 50)}{1,2 \cdot 50 - 0,15 \cdot 50} = 3,86$$

Rostlash diapazoni $D_1 = 100$ bo'lishi uchun mexanik xarakteristika bikirligi quyidagi qiymatga ko'tarilishi kerak:

$$\beta = \frac{D(M_{maks} - M_{min}) + \Delta_{chek} (M_{maks} + M_{min})}{2\omega_0 \cdot \Delta_{chek}} = \frac{100(1,2 \cdot 50 - 0,15) + 0,1 (1,2 \cdot 50 + 0,15 \cdot 50)}{2 \cdot 104,6 \cdot 0,1} = 250.$$

Mexanik xarakteristikaning bikirligini tezlik bo'yicha yopiq rostlash tizimini qo'llash va ochiq tizimning kuchaytirish koeffitsienti oshirish yo'li bilan ko'tarishga erishiladi.

4.3 Nazorat uchun savollar

1. Rostlanuvchi elektr yuritmaning qo'llash zarurati texnik talablarini ayting?
2. Tezlik bo'yicha rostlash diapazoni nima?
3. Elektr yuritma tezligini diapazoni qaysi parametriga bog'liq?
4. Absolyut va statik xatolar farqi nima?

- 5 . Elektr yuritma mexanik xarakteristikasi bikirligini oshirish uchun qanday teskari aloqa qo'llaniladi?
- 6 . Yopiq boshqaruv tizimli elektr yuritma mexanik xarakteristikasi bikirligi ochiq boshqaruv tizimlariga nisbatan necha barobar ko'payadi? (oshadi).
- 7 . Tezlik bo'yicha yopiq boshqaruv tizimi qo'llanilganda uning statik xatoligi ochiq boshqaruv tizimlariga nisbatan necha marta kamayadi?
- 8 . Tezlik bo'yicha yopiq boshqaruv tizimi yuritma mexanik xarakteristikasi qanday bo'ladi.
- 9 . Elektr yuritmani roslash diapazonini oshirish uchun qanday tadbirlar qo'llaniladi?
- 10 . Tezlik bo'yicha manfiy teskari aloqani kiritish yuritma statik xarakteristikalarini yaxshilash bo'yicha nimani beradi?

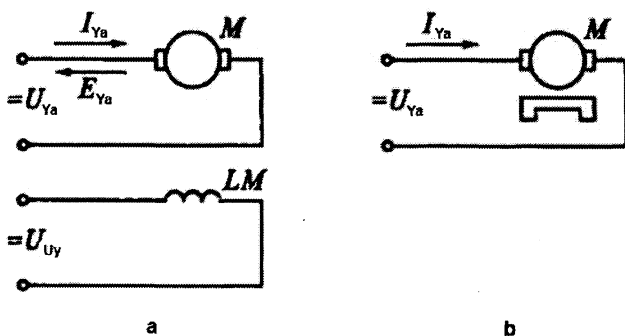
5. O'ZGARMAS TOK MOTORLI ROSTLANUVCHI ELEKTR YURITMALAR.

5.1. Mustaqil qo'zg'atishli, o'zgarmas tok motorlarining elektrmexanik xarakteristikalari.

O'zgarmas tok motorlari odatiy ravishda rostlanuvchi elektr yuritmaning asosi bo'lib kelgan va texnikaning barcha jabhalarida keng qo'llaniladi.

O'zgarmas tok motorlari mustaqil, ketma – ket va aralash qo'zg'atishli bo'lishlari mumkin. Qo'zg'atish sxemasiga qarab motorlarning elektrmexanik xarakteristikalari juda ham turli ko'rinishda bo'ladi.

Mustaqil qo'zg'atishli motorlar qo'zg'atishni elektrmagnit manbadan (5.1 a - rasm), va doimiy magnitdan (5.1 b - rasm) olishi mumkin. Doimiy magnitdan foydalanish quvvati 20 kW gacha bo'lgan yuqori dinamikali motorlarda ishlatiladi.



5.1 - rasm. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini ulash sxemasi

a) elektrmagnit bilan qo'zg'atishli;

b) doimiy magnit bilan qo'zg'atishli.

Mustaqil qo'zg'atishli motorni reverslash (aylanish yo'nalishini o'zgartirish) kuchlanish qutublarini almashtirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bu kuchlanish motor yakoriga yoki qo'zg'atish chulg'amiga beriladi.

Motor yakori zanjiriga beriladigan kuchlanish o'rnatilgan rejimda yakor zanjiridagi qarshiliklardagi kuchlanish pasayishi va yakordagi E.YU.K. ga qarshi muvozanatlashadi. Yakordagi E.YU.K. yakor chulg'amida, u qo'zg'atish chulg'ami hosil qilgan elektromagnit maydonda aylanganda hosil bo'ladi. (5.1 a - rasm).

$$U_{ya} = E_{ya} + R_{ya} I_{ya}. \quad (5.1)$$

R_{ya} – yakor zanjiri qarshiligi. Bu qarshilik yakor chulg'ami qarshiligi R_{oya} , qo'shimcha qutblar chulg'mami qarshiligi $R_{q,q}$, kompensatsiya chulg'am qarshiligi $R_{k,ch}$, motor iste'mol manbasi ichki qarshiligi R_n lardan iborat.

$$R_{ya} = R_{oya} + R_{q,q} + R_{k,ch} + R_n$$

Yakor E.YU.K.

$$E_{ya} = k\Phi\omega \quad (5.2)$$

ga teng.

Bunda Φ – qo'zg'atish oqimi.

$k = P_n \cdot N / 2 \pi a$ - motorning konstruktiv doimiysi.

P_n – mashina qutb juftlari soni,

N – yakor chulg'ami aktiv o'tkazgichlar soni,

A – yakor chulg'ami parallel shoxlar soni.

motor hosil qiladigan moment yakor toki va qo'zg'atish oqimiga proporsional

$$M = k \cdot \Phi \cdot I_{ya} \quad (5.3)$$

(5.1), (5.2) va (5.3) tenglamalardan tezlikning yakor tokiga $\omega = f(I_{ya})$ bog'liqligini ko'rishimiz mumkin. Bu kattalik motorning elektr mexanik xarakteristikasi bo'lib, tezlikning momentga bog'liqligi $\omega = f(M)$ yuritmaning mexanik xarakteristikasidir.

$$\omega = \frac{U_{ya}}{k\Phi} - \frac{R_{ya} I_{ya}}{k\Phi} \quad (5.4)$$

$$\omega = \frac{U_{ya}}{k\Phi} - \frac{R_{ya}M}{(k\Phi)^2} \quad (5.5)$$

Agar dvigatel barcha rejimlarda doimiy qo'zg'atish oqimi bilan ishlasa, $k\Phi$ kattalikni o'zgarmas (doimiy) sifatida qabul qilishi mumkin.

$$k\Phi = C \quad (5.6)$$

Unda yuqorida keltirilgan tenglamalar quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M = CI_{ya} \quad (5.7)$$

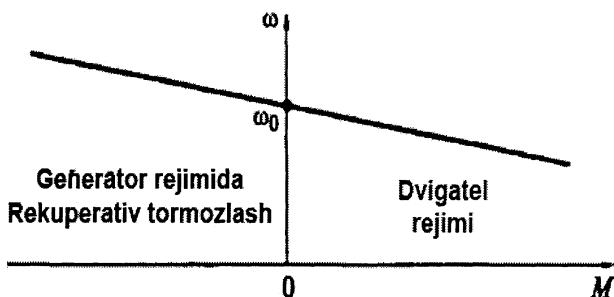
$$E_{ya} = C\omega \quad (5.8)$$

$$\omega = \frac{U_{ya}}{C} - \frac{R_{ya}I_{ya}}{C} \quad (5.9)$$

$$\omega = \frac{U_{ya}}{C} - \frac{R_{ya}M}{C^2} \quad (5.10)$$

Qat'iy aytganda, valdagi yuklamani o'zgartirganda, yakor toki o'zgaradi, yakor reaksiyasi ta'sirida magnitlanish yo'qolganda motor oqimi o'zgarmas bo'lib qola olmaydi. Yakor zanjiridagi qo'zg'atish oqimiga ta'sirini yo'qotish uchun yirik mashinalarda kompensatsiyalash chulg'ami ishlatiladi. Bu chulg'am yakor chulg'amiga ketma – ket ulanadi, mashina qutblarida joylashadi va qo'zg'atish oqimini kuchaytiradi. Lekin kompensatsiyalanmagan mashinalarda ham muhandislik hisoblarida odatda yakor reaksiyasi ta'sirida magnitlanish yo'qolishini inobatga olinmaydi. Buning uchun mexanik xarakteristikaning chiziqchiligi ta'minlash yopiq rostlash tizimiga yuklanadi. Doimiy magnitdan qo'zg'atiluvchi motorlarda yakor reaksiyasi deyarli paydo bo'lmaydi.

Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori tabiiy mexanik xarakteristikasi 5.2 - rasmda ko'rsatilgan.



5.2 - rasm. *Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori tabiiy mexanik xarakteristikasi*

Ko'rilayotgan motorlar uchun tabiiy mexanik xarakteristikaning bikirligi β juda katta va quyidagiga teng:

$$\beta = \frac{c^2}{R_{ya}} = \frac{(k\Phi)^2}{R_{ya}} \quad (5.11)$$

Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori mexanik xarakteristikasi, ordinata o'qini ideal erkin aylanish tezligi nuqtasida (ω_0) kesib o'tuvchi to'g'ri chiziqdan iborat, uning kattaligi

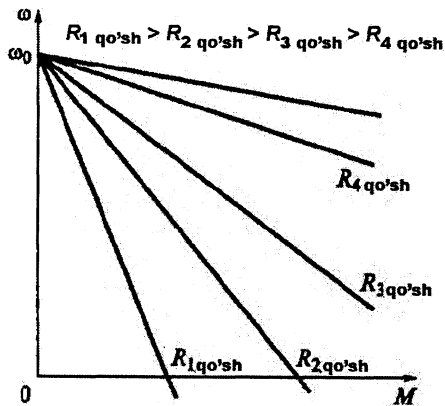
$$\omega_0 = \frac{U_{ya}}{k\Phi} = \frac{U_{ya}}{c} \quad (5.12)$$

(5.11)ni inobatga olib doimiy qo'zg'atish oqimi bo'lganda mexanik xarakteristika uchun qulay ifodani hosil qilamiz.

$$\omega = \omega_0 - \frac{M}{\beta} \quad (5.13)$$

Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori tezligini rostlash uch usul bilan amalga oshiriladi.

1. Yakor zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritish bilan;
2. Yakor zanjirini ta'minlovchi kuchlanishni o'zgartirish bilan (bunda qo'zg'atish oqimi doimiy);
3. Qo'zg'atish tokini o'zgartirish bilan ya'ni motor magnit oqimini o'zgartirish bilan.



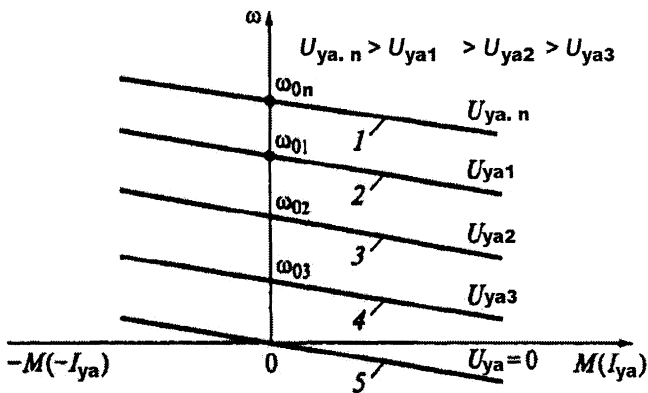
5.3 - rasm. *Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarimas tok motori reostatli mexanik xarakteristikalari*

Yakor zanjiriga qarshilik kiritish bilan erkin aylanish tezligi ω_0 o'zgarimas bo'lib qolaveradi, faqat mexanik xarakteristikalarining og'ishi o'zgarib boradi, ya'ni ularning bikirligi kamayib boradi (5.3 - rasmga qarang). Tezlikni rostdlashni bu usuli bugungi kunda qo'llanilmaydi, chunki qo'shimcha qarshilikni kiritish unda ancha energiya yo'qotishlarga sabab bo'ladi.

Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarimas tok motorlari tezligini rostdlashning asosiy usuli motor yakoriga beriladigan kuchlanishni rostdlashdir.

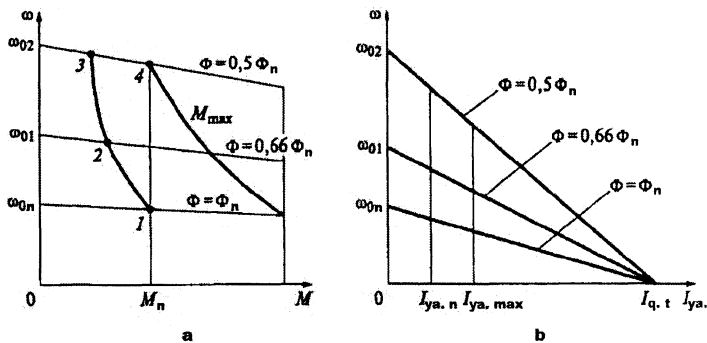
Bunda tezlik o'zgarishi asosiy tezlikdan (nominaldan) pastga qarab ketadi va tabiiy xarakteristika bilan aniqlanadi (5.4 - rasm). Yakor kuchlanishi kamaytirilishi bilan erkin aylanish tezligi ω_0 ham kamayadi, mexanik xarakteristika bikirligi esa, o'zgarimas bo'lib qoladi. Iste'mol kuchlanishni nominal qiymatidan oshirishga ruxsat berilmaydi, bu kollektor kontaktlarida ulanishning sustlashishiga olib kelishi mumkin.

Rostlashning ravonligi, rostdlashdagi energiya yo'qotishlarning yo'qligi va mexanik xarakteristikalar yuqori bikirligi, bu usulda rostdlashning asosiy afzalliklaridir.



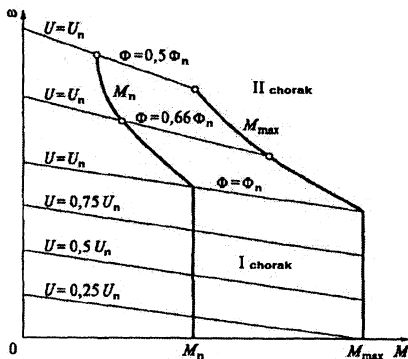
5.4 - rasm. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori yakor kuchlanishni rostdashdagi mexanik xarakteristikalari

Asosiy tezlikdan katta bo'lgan tezlikni rostdash qo'zg'atish tokini (oqimini) kamaytirish yo'li bilan amalga oshiriladi. (5.5) ga asosiy magnit oqimi Φ kamaytirilganda erkin aylanish tezligi ω_0 oshadi, bir vaqtning o'zida motor mexanik xarakteristikasi bikirligi kamayadi (5.5 a - rasm).



5.5 - rasm. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining yakor kuchlanishi nominal bo'lib, qo'zg'atish toki kamaytirilgandagi mexanik (a) va elektrmexanik (b) xarakteristikalari

Qo'zg'atish tokini nominal qiymatidan oshirish maqsadga muvofiq emas. Chunki mashinaning magnit zanjiri to'yinganida magnit oqimning ko'payishi kuzatilmaydi, biroq motorning issiqlik rejimi buziladi. $\omega = f(I_{ya})$ maydon amal qilganda motorning elektrmexanik xarakteristikalari 5.5 b - rasmdagi ko'rinishni oladi. Bu xarakteristikalar, (5.4) dan kelib chiqib absissa o'qida bir nuqtadan kesishadi, bu nuqta $I_{q.i.} = U_{ya} / R_{ya}$ qisqa tutashuv nuqtasi bo'ladi. 5.5a va 5.5 b - rasmlarda absissa o'qidagi masshtablar turlicha ekanligini eslatib o'tamiz.



5.6 - rasm. O'zgarmas tok motorini ikki zonali (qo'shzonali) rostdlash

Maydonga amal qilgandagi mexanik xarakteristikalarni tahlil qilganda shuni e'tiborga olish kerakki, doimiy statik moment bilan ishlagandagi yakor toki oqim sustlashishi bilan oshib boradi. Agar motor validagi statik moment nominal qiymatiga ega bo'lsa, motor yakorining nominal kuchlanishi U_{yan} bilan 1- nuqtada ishlaydi (5.5 a - rasimga qarang). Agar, masalan qo'zg'atish oqimini 2 barobar susaytirsak, motor erkin aylanish tezligi 2 – marta oshadi. Agar motor momenti nominal qiymatga teng qilib ushlansa, motor 4 – nuqtada ishlaydi. Biroq (5.3) dan kelib chiqadigan bo'lsak bunda yakor toki 2 marta oshadi. Shuning uchun 4 – nuqtada motorni ishlatish mumkin emas. Bundan xulosa qilish mumkinki, tezlikni oshirish bilan bir vaqtning o'zida nominal momentni kamaytirish kerak bo'ladi. Maydon sustlashtirilgandagi nominal moment qiymati 1-2-3 chiziqlarda aks etadi. Xudi shuning singari maydon sustlashtirilganda kollektorga ulanish shartlariga

ko'ra aniqlanadigan maksimal moment ham kamayadi. Maydon susaytirilganda tezlik maydon susayishi darajasiga $\Phi_n / \Phi_{\text{sust}}$ taxminan proporsional ravishda oshishi, uzoq ta'sir etuvchi ruxsat etilgan moment M_{rux} esa $\Phi_{\text{sust}} / \Phi_n$ nisbatga proporsional ravishda kamaygani bilan, motorning uzoq ta'sir etuvchi ruxsat etilgan quvvati $P = M_{\text{rux}} \cdot \omega$ deyarli o'zgarishsiz qoladi. Shuning uchun maydonni sustlashtirib rostdashda, o'zgarmas qo'zg'atish oqimidagi kuchlanishni rostdashdagi «doimiy momentli rostdash» iborasi o'rniga, bu yerda, «doimiy quvvatli rostdash» iborasi qo'llaniladi.

Ko'pgina mexanizmlar elektr yuritmalarida tezlikni ikki zonali (qo'sh zonali) rostdash usuli ishlatiladi. Bu usuldagi boshqarishning mexanik xarakteristikalari 5.6 - rasmda ko'rsatilgan. Birinchi zanjirda motor tezligi noldan ω_{0n} tezlikkacha diapazonda yakor kuchlanishni o'zgartirish bilan rostdanadi. Ikkinchi zonada esa rostdash yakorda nominal doimiy kuchlanish saqlangan holda qo'zg'atish tokini o'zgartirish bilan amalga oshiriladi. Mos ravishda rostdashning birinchi zonasida nominal moment o'zgarmas bo'lib qoladi, ikkinchi zonada esa oqim kamayishiga proporsional ravishda pasayadi. Maydon susaytirilgandagi ruxsat etilgan maksimal tezlik yako'rining mexanik mustaxkamligi va kollektorning ulanish shartlari bilan aniqlanadi. Bu tezlik motorlar kataloglariga kiritiladi.

Maydonni sustlashtirish tezlikni bir zonali rostdashda asosiy tezlikni o'rnatish maqsadida ishlatiladi. Sinxron va asinxron motorlardan farqli ravishda o'zgarmas tok motori qat'iy belgilangan nominal tezlikka ega bo'lmaydi. Kataloglarda nominal va maksimal tezliklar qiymati beriladi. Masalan, agar 100 kW quvvatga ega bo'lgan motor 1000 ayl/min nominal tezlikka ega bo'lsin. Bunda asosiy tezlik tanlangan qo'zg'atish toki qiymatiga qarab belgilanadi. Masalan – 1600 ayl/min. tezlik uchun ham motor quvvati 100 kW bo'lib qolaveradi. Bu esa ishchi mashina kinematik sxemasini loyixalashda qo'l keladi (qulay bo'ladi).

Quvvati 20 kW gacha bo'lgan yuqori dinamikali elektr yuritmalar uchun mustaqil qo'zg'atishli, yuqori momentli o'zgarmas tok motorini ishlatish samarali bo'ladi. Yuqori energetikali doimiy magnitlarni qo'llash hisobiga, bu motorlar,

ayniqsa kichik tezliklarda (kollektorga tok ulanishi oson bo'lganda) katta aylanishi momentlarini hosil qilish qobiliyatiga ega. Bunday motorlarda yurgazish momentining nominal momentga nisbati 8 -10 ni tashkil qiladi. Shunday sharoitdagi elektrmagnit qo'zg'atishli motorlarda bu nisbat 2 – 4 dan oshmaydi. Bu motorlar raqamli dasturiy boshqaruvli metall qirqish dastgoxlarida, robotlar elektr yuritmalarida va kuzatuvchi elektr yuritmalarda ishlatiladi.

Ba'zi bir holatlarda mustaqil qo'zg'atishli motorlar ketma – ket qo'zg'atuvchi «engil» chulg'am bilan ta'minlanadi. Bu chulg'am yakorning nominal tokida mustaqil qo'zg'atuvchi chulg'amnikiga qo'shimcha ravishda 20% gacha magnit yurituvchi kuch hosil qiladi. Aralash qo'zg'atishli yuqori dinamikli motorlar ko'p motori yuritmalarda ishlatiladi. (masalan konveer tasmasiga bir vaqtda bir nechta motor xizmat ko'rsatadi). Bunday hollarda barcha motorlar tezliklari bir xil bo'ladi, biroq motorlar xarakteristikalari bir – biriga 100% mos tushmaganligi uchun, yuklamani ularga teng taqsimlash vazifasi turadi. Ketma – ket qo'zg'atishli chulg'am bo'lganligi hisobiga ko'proq yuklangan motorda oqim oshadi va teskari E.YU.K. hosil bo'ladi, bu esa yakor tokining pasayishiga olib keladi va aksincha kamroq yuklangan motor birmuncha kichik oqimga ega bo'ladi va uning E.YU.K ham past bo'ladi, natijada yakor toki mos ravishda ortadi. Shunday qilib zaif ketma – ket chulg'amning bo'lishi umumiy kuchlanishdan iste'mollanayotgan motorlar orasida toklar tenglashishi vujudga keladi.

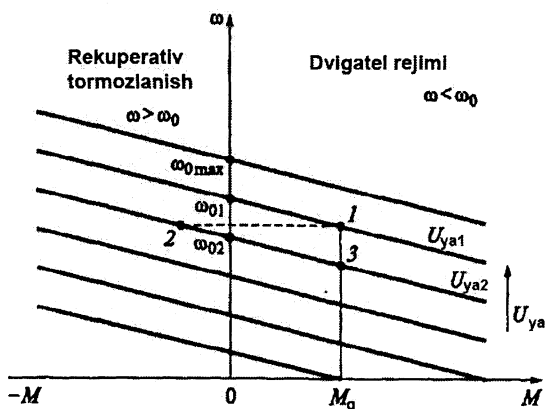
Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorlari uchta tormozlanish rejimida ishlaydi: rekuperativ tormozlanish rejimi, dinamik tormozlanish rejimi va teskari ulanish rejimi.

Motor tezligi erkin aylanish tezligidan oshib ketganda $\omega > \omega_0$ rekuperativ generatorli tormozlanish rejimidan foydalaniladi (5.7 - rasm). Bunda yakorning E.YU.K. E_{ya} yakor zanjiri iste'mol kuchlanishi qiymatidan ortib ketadi $E_{ya} > U_{ya}$, va yakor zanjiridagi tok yakor E.YU.K.i E_{ya} ta'siri ostida ketadi; tokning ishorasi iste'mol kuchlanishi ishorasiga teskari bo'ladi, bu esa tormozlanish energiyasi o'zgarmas tok manbaiga berilayotganini bildiradi. Bundan rekuperativ tormozlanishning uchta sharti kelib chiqadi:

1. Iste'mol zanjiri hosil bo'lgan tokning iste'mol manbasidagi kuchlanishga qarshi xarakatlanishiga imkoniyat yaratib berish kerak; bu shart asosan bir tomonlama o'tkazuvchanlikka ega elementli yarim o'tkazgichli o'zgartirgich orqali o'zgaras tok bilan ta'minlanayotganda alohida ahamiyat kasb etadi.

2. Iste'mol manbasi motordan qaytayotgan energiyani o'ziga qabul qilib olish va uni tarmoqqa uzatish imkoniyatiga ega bo'lishi kerak; agar yuritma avtonom generator qurilmasidan ta'minlanayotgan bo'lsa, rekuperativ tormozlanish rejimini qo'llash mumkin emas.

3. Tezlikning berilgan roslash diapazonida rekuperativ tormozlash imkoni bo'lishi uchun, roslash motor yakori zanjiriga beriladigan kuchlanishni o'zgartirish yo'li bilan amalga oshirilishi kerak.



5.7 - rasm. O'zgaras tok motorining dvigatel rejimi va rekuperativ tormozlanish rejimidagi mexanik xarakteristikalari

Rekuperativ tormozlanish rejimida (5.1) va (5.5) formulalar, I_{ya} tok hamda M moment manfiy bo'lishini inobatga olgan holda, quyidagi ko'rinishga keladi:

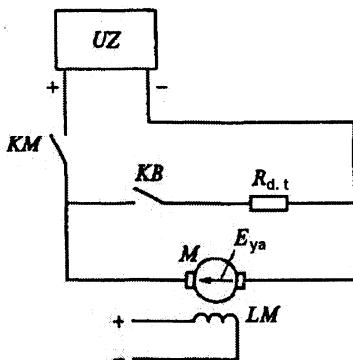
$$E_{ya} = U_{ya} + R_{ya} \cdot I_{ya} ;$$

$$\omega = \frac{U_{ya}}{k\Phi} + \frac{R_{ya} \cdot M}{(k\Phi)^2} .$$

Rekuperativ tormozlanishning asosiy afzalliklari quyidagilar: tormozlanish energiyasini foydali ishlatishni hisoblasak, energetik jihatdan samaradorligi; mexanik xarakteristikalarini bikirligini yuqorligi; xarakat rejimidan tormozlanish rejimiga silliq o'tilishi. Mexanik xarakteristikalarining bunday ko'rsatkichlariga asosan yuritmani boshqarish sifati yaxshilanadi. 5.7 - rasmni o'rganishga qaytamiz. Motor 1 – nuqtada, xarakat rejimida va M_q statik moment bilan ishlayotgan bo'lsin.

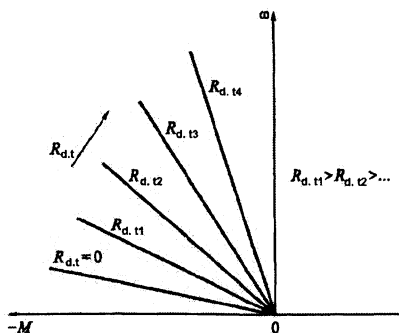
Agar operator tezlikni kamaytirishni hojlasa, u iste'mol manbasi kuchlanishi U_{ya1} ni U_{ya2} gacha kamaytiradi. Mexanik inersiya hisobiga motor tezligi birdan o'zgarмайdi, va motor 2 –nuqtada ishlashni boshlaydi. Bu vaqtda motor valida tormoz moment i va statik momentlari yig'indisiga teng bo'lgan moment paydo bo'ladi. Motor tezligi ω_{02} gacha tezda pasayadi va undan keyin M_q statik moment ta'sirida 3 – nuqtadagi tezlikkacha tushadi (bunda $M = M_0$ bo'ladi).

Ikkinchi ehtimoli bo'lgan tormozlanish rejimi bu dinamik tormozlanish rejimidir. Bu rejimda motor yakori o'zgarmas tok manbaidan uziladi va R_{dt} dinamik tormozlanish qarshiligiga ulanadi (5.8 - rasm). Bunda qo'zg'atish chulg'amining ta'minlanishi albatda saqlanib qolinishi kerak. Ko'rsatilgan rejimda M motor o'zgarmas tok generatori sifatida ishlaydi, va R_{dt} qarshilik bilan yuklanadi. Tormozlanish energiyasi R_{dt} qarshilikni va motor yakori zanjir chulg'amini qizdirishga sarflanadi.



5.8 - rasm. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining dinamik tormozlanish sxemasi

Dinamik tormozlanish rejimining mexanik xarakteristikalari 5.9 - rasmda keltirilgan. Agar $R_{d,t} = 0$ bo'lsa, motorning yakor zanjiri qisqa tutashtirilgan bo'ladi va mexanik xarakteristika bikirligi ($\Phi = \Phi_n$ bo'lganda) tabiiy xarakteristika bikirligi singari bo'ladi. $R_{d,t}$ qarshilik oshishi bilan mexanik xarakteristikasining bikirligi $\beta = \frac{c^2}{R_{ya} + R_{d,t}}$ nisbat bilan kamayadi, va mexanik xarakteristikalar to'g'ri chiziqli bo'lib, koordinata boshidan narsimon bo'lib tarqaladi.



5.9 - rasm. Dinamik tormozlanish rejimidagi mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining mexanik xarakteristikalari

(5.5) formuladan kelib chiqadiki, $U_{ya} = 0$ bo'lganda dinamik tormozlanish mexanik xarakteristikalari formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$\omega = - \frac{(R_{ya} + R_{dt})}{(k\Phi)^2} \cdot M$$

Dinamik tormozlanish rejimining kamchiliklari quyidagilardir: tormozlanish energiyasining yuritma elementlarini qizdirishga sarflanishi bilan yo'qotilishi; yuritma tormozlanishini uni to'liq to'xtatishgacha qo'llashning iloji yo'qligi.

Dinamik tormozlanishning afzalliklariga quyidagilar kiradi: uning yuqori ishonchliligi, ya'ni bu tormozlanishning iste'mol kuchlanishi yo'qotilganida yakor zanjiri iste'mol manbasi ishdan chiqqanda ham qo'llash mumkinligi. Bundan xulosa qilib aytiishimiz mumkinki, dinamik tormozlanishi avriyaviy holatlardagi tormozlanish deb xisoblashimiz mumkin.

Teskari ulanib tormozlanishni mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorlarida qo'llanishi maqsadga muvofiq emas.

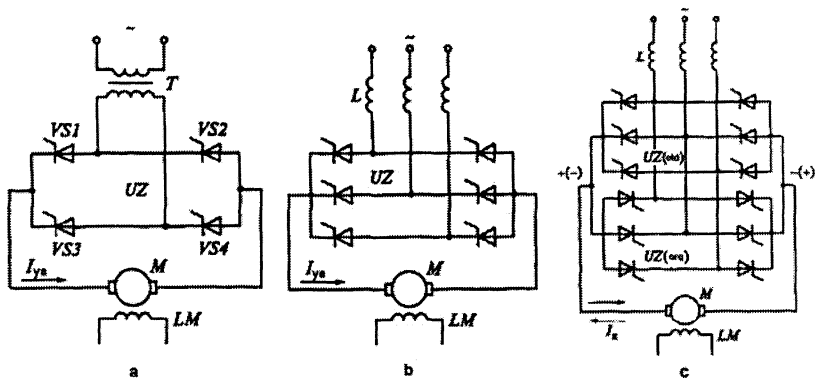
5.2. Tiristorli o'zgartgich – o'zgarmas tok motori tizimi bo'yicha elektr yuritmalar

Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorlari iste'moli uchun quyidagi rostlanuvchi iste'mol manbalari ishlatiladi:

- elektr mashina agregatlari – o'zgarmas tok generatori – o'zgaruvchan tok motori (G – D tizimi),

- faza boshqaruvli tiristorli o'zgartirgichlar (to'g'irlagichlar) (TO' – D tizimi).

- kengli impulsli rostlash usuli bilan to'g'irlagich kuchlanishini o'zgartirish yarim o'tkazgichli to'g'irlagichlari (IKBO' - D).



5.10 - rasm. TO' – D elektr yuritmaning kuch sxemasi

a) bir fazali, ko'priqli, reverssiz;

b) uch fazali, ko'priqli, reverssiz;

c) uch fazali, ko'priqli, qarama – qarshi parallel reversli aloxida boshqaruvli sxema.

Generator motor tizimi, bunda o'zgaras tok motori energiyani elektr mashina agregatidan oladi, hozirgi kunda ma'naviy eskirgan hisobladi va muhim jihozlarda ishlatilmaydi. Bu tizim faqatgina mobil jihozlar va qurilmalarda qo'llanilmoqda (masalan, ekskavatorlar).

O'zgaras tok motori rostlanadigan yuritmaning asosiy tizimi tiristorli o'zgartgich – o'zgaras tok motori bo'lib qolmoqda. Bu tizimning asosiy sxemalari 5.10 - rasmda keltirilgan.

Tiristorli o'zgartgichlar sxemasi asosiy elementi yarim boshqariluvchi, yarim o'tkazgichli asbob – tiristor hisoblanadi. Tiristorning yoqilishi boshqaruv tizimi bilan nazorat qilinadi, ya'ni tiristorning boshqaruvchi elektrodiga ochuvchi impuls berilganda u ochiladi va impuls olingandan so'ng ochiq qoladi. Tiristor anod – katod kuchlanish qutbi o'zgarigandan keyin va tok nolgacha tushgandan keyin yopiladi. Tiristorlarni zanjirni boshqarish bo'yicha yopish mumkin emas. Shuning uchun ular yarim boshqariluvchi deyiladi. Yuqorida aytilganlar bir operatsiyali tiristorlarga taaluqli. Tiristorni boshqaruv

zanjiri bo'yicha yopiladigan tiristorlar ham mavjud. Biroq bu tiristorlar hozircha yuritmaning TO – D tizimida ishlatilmaydi.

Tiristorli o'zgartgich o'zgarmas tok elektr yuritmalari sxemalarida ikkita vazifani bajaradi:

Iste'mol tarmog'idagi o'zgaruvchan kuchlanishni to'g'irlash va to'g'irlangan kuchlanish qiymatini rostdash.

To'g'irlangan kuchlanishning o'rtacha qiymatini rostdash prinsipi bir fazali ko'priqli sxemada ko'rib chiqamiz (5.10 a - rasm).

Agar VS1 va VS4 tiristorlarga ochuvchi impuls (mos ravishda iste'mol kuchlanishi sinusoidasi yarim to'lqini bo'yicha VS3 va VS2 tiristorlariga ham) tabiiy ochilish paytida, ya'ni katod – anod kuchlanishi musbat bo'lganda uzatilsa, o'rtacha to'g'irlangan kuchlanish (5.11 a - rasmda shtrixlangan yuza) maksimal bo'ladi va quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_{d0} = K_{sx} \cdot U_b, \quad (5.14)$$

Bu yerda U_b – o'zgaruvchan tok tarafidagi chiziqli kuchlanish.

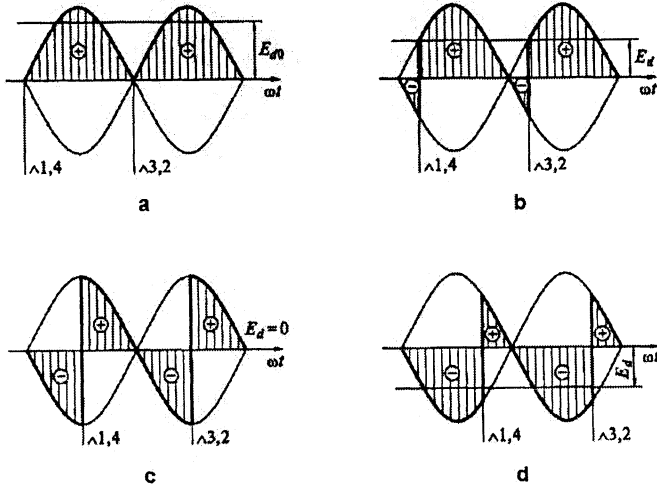
K_{sx} – to'g'irlanish sxemasi koeffitsienti.

- bir fazali ko'priqli sxema uchun 0,9
- uch fazali ko'priqli sxema uchun 1,35
- uch fazali nol sxema uchun 0,675.

Agar ochuvchi impulslar tiristorlarga tabiiy ochilish paytida α burchakka kechikib uzatilsa (α - tiristorni boshqarish burchagi), unda o'zgartirgichning o'rtacha to'g'irlangan kuchlanishi 5.11 v - rasmda ko'rsatilganidek kamayadi. Bunda VS1 va VS4 tiristorlar VS3 va VS2 tiristorlar ochilgunga qadar o'zidan tok o'tkazadi, ya'ni katod – anod kuchlanishi manfiy bo'lgan paytda. Buning sababi to'g'irlangan tok zanjirida motor yakori chulg'amining ancha katta induktivligi L_{ya} bo'ladi, va tok o'zidan induksiyalanish E.YU.K. ta'sirida o'ta boshlaydi. Agar to'g'irlangan tok zanjirida induktivlik bo'lmaganda edi (ya'ni sof yuklama bo'lganda), anod kuchlanishining nol orqali o'tishi bilan tok tugagan bo'ladi, va bu holatda tok uzuqli bo'lar edi. L_{ya} induktivlikning katta qiymatida o'zgartirgichning

to'g'irlangan o'rtacha kuchlanishi va α burchak orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$E_d = E_{d0} \cdot \cos \alpha \quad (5.15)$$



5.11- rasm. Bir fazali ko'priqli tiristorli o'zgartgichning boshqaruv burchagi α turli bo'lgandagi kuchlanish epyurlari

O'rtacha to'g'irlangan kuchlanish shtrixlangan yuzalar farqi bilan aniqlanadi. Rostlash burchagi $\alpha = \frac{\pi}{2}$ bo'lganda o'rtacha to'g'irlangan kuchlanish nolga teng bo'ladi (5.11 v- rasmga qarang).

Tiristorli o'zgartgich to'g'irlagich va inverter rejimlarida ishlashi mumkin. $\alpha = 0$ dan $\pi/2$ gacha bo'lganda to'g'irlagich rejimi kuzatiladi. Bunda o'rtacha to'g'irlangan kuchlanish to'g'irlangan tok zanjiridagi E.YU.K. dan katta bo'lishi kerak $E_d > E_{ya}$.

To'g'irlangan tokning yo'nalishi o'zgartgich to'g'irlangan kuchlanishning yo'nalishi bilan mos tushadi.

Agar α burchak $\pi/2$ dan oshirilsa ($\alpha = \frac{\pi}{2} + \frac{11\pi}{12}$), unda tiristorlar ochilgan paytdagi manfiy yarim to'lqin yuzasi musbat yarim to'lqin yuzasidan katta bo'ladi, va natijada o'zgartgichning to'g'irilgan o'rtacha kuchlanishi manfiy bo'ladi (5.11 g - rasm). Bu esa (5.15) formuladan ham ko'rinib turibdi. Endi

o'zgartirgichning invertor rejimi paydo bo'ladi. Bu rejim yuritmaning rekuperativ tormozlanishini ta'minlashi mumkin.

O'zgartirgichning manfiy kuchlanishi ta'sirida tiristorning bir tomonlama o'tkazuvchi bo'lganligi sababli tok o'ta olmaydi. Shuning uchun o'zgartirgichning invertor rejimi uchta shart qanoatlantirilganda bo'lishi mumkin.

1. To'g'irlangan tok zanjirida E.YU.K, manbai bo'lishi kerak. Uning kattaligi invertorga qarshi to'g'irlangan E.YU.K. qiymatidan yuqori bo'lishi kerak; tiristorli yuritma sxemalarida – motor yakori E.YU.K.i invertor E.YU.K. dan katta bo'lishi kerak. Ya'ni $E_{ya} > E_d$.
2. E.YU.K. manbai (motor yakori) o'zgartirgichga shunday ulangan bo'lishi kerakki, yakor E.YU.K.i ta'sirida tokning o'tishi imkoni bo'lsin.
3. Tiristorni rostdash burchagi $\frac{\pi}{2}$ dan katta bo'lishi kerak $\alpha > \frac{\pi}{2}$.

Bu shartlar qanoatlantirilganda o'zgarimas tok motori generator rejimida ishlaydi va o'zgarimas tok ishlab chiqaradi. Bu tok esa tiristorli o'zgartirgich yordamida o'zgaruvchan toka aylantirib tarmoqqa uzatiladi TO'-D elektr yuritmasi uning motori ikkita qarama – qarshi ulangan o'zgartirgichlar orqali ta'minlanganda, reversli deb ataladi (5.10 v - rasmga qarang).

O'zgarimas tok kuchlanishi manbai sifatida tiristorli o'zgartirgich, boshqarish burchagi α bilan rostlanadigan E.YU.K. bilan (E_d) va R_n ichki qarshilik bilan xarakterlanadi.

$$R_n = R_a + R_y \quad (5.16)$$

Bunda R_a – o'zgaruvchan tok tarafidagi iste'mol manbasi aktiv qarshiligi (tarmoq reaktori yoki transformatori).

R_y – tiristorni ulash paytidagi kuchlanish pasayishiga bog'liq bo'lgan shartli qarshilik.

O'zgartirgichlar iste'mol tarmog'iga transformator orqali yoki tarmoqli reaktor orqali ulanadi.

Iste'mol tarmog'ining transformersiz sxemalarida tarmoqli reaktor ikkita vazifani bajaradi: o'zgartirgichdagi qisqa tutashuv tokini cheklaydi va

o'zgartirgichning iste'mol tarmog'iga salbiy ta'sirini kamaytiradi. Transformator ham, reaktor ham aktiv va induktiv qarshilikka ega.

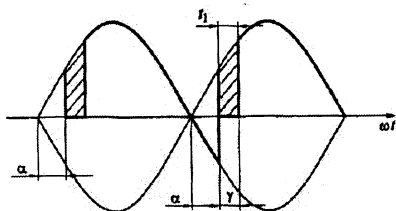
Transformator fazasining ikkilamchi chulg'amiga keltirilgan aktiv qarshiligi transformator pasportida berilganlarga asosan aniqlanishi mumkin:

$$R_m = \frac{\Delta P_{qr}}{3I_{2f}^2},$$

Bu yerda, I_{2f} – transformator ikkilamchi chulg'amining nominal faza toki;

ΔR_{qt} – transformatorning qisqa tutashuvida quvvat yo'qotishi.

Tiristorning ulanish jarayoni 5.12 - rasmda keltirilgan.



5.12 - rasm. Bir fazali ko'priqli o'zgartirgichda tiristorlararo tokning ulanishi

5.10 a - rasmdagi sxemani taxlil qilishga qaytamiz. O'zgartirgich α burchak bilan ishlayotgan bo'lsin, t_1 vaqtgacha VS1 va VS4 tiristorlari tok o'tkazadi. t_1 paytda esa VS3 va VS2 tiristorlariga ochuvchi impuls yuboriladi. Oxirgilari ochadi. Biroq tarmoq tomonida induktivligi bo'lgani sababli VS1 va VS4 orqali o'tayotgan tok birdaniga nolga tusha olmaydi, va bir qancha vaqt ulanish burchagi γ bilan o'lchanadi. Hamma 4 ta ventill baravariga ochiladi yuklama zanjirini shuntlaydi. Natijada o'rtacha to'g'irlangan kuchlanish shtrixlangan yuzaga proporsional ravishda kamayadi. Kuchlanishning bu kamayishi to'g'irlangan tok I_d kattaligiga bog'liq bo'lib, quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta U_\gamma = \frac{m}{2\pi} x_a I_d.$$

$\frac{m}{2\pi} x_a$ shartli ravishda o'zgartirgichda kuchlanishning tushishiga sabab bo'ladigan qandaydir R_γ qarshilik deb qabul qilib olaylik.

$$R_{\gamma} = \frac{m}{2\pi} x_a, \quad (5.17)$$

Bu yerda, m – ushbu davrda ulanishlar soni.

x_a – o‘zgaruvchan tok tarafidagi induktiv qarshilik.

$$x_a \approx \frac{U_{2f} \sigma_k}{100 I_{2f}}$$

bu yerda U_{2f} – transformator ikkilamchi chulg‘amingin faza kuchlanishi.

σ_k – transformatorning qisqa tutashuv kuchlanishi, %.

Shuni inobatga olish kerakki, R_{γ} qarshilikda kuchlanishning pasayishi undagi quvvat yo‘qotish bilan bog‘liq emas, chunki u o‘zgarimas tok tarafidagi induktiv qarshilik bilan yuzaga keltirilgan; u o‘zgartirgichning quvvat koeffitsienti yomonlashtiradi.

5.1. jadval.

To‘g‘irlagichning asosiy ko‘rsatkichlari

sxema	$k_{sx} = \frac{E_{d0}}{U_l}$	$\frac{U_{vmaks}}{E_{d0}}$	$\frac{I_1}{I_d}$	$\frac{S_m}{E_{d0} I_{dn}}$	$\frac{R_a}{R_m}$	m
Bir fazali ko‘prikli	0,9	1,57	1,0	1,11	1	2
Uch fazali ko‘prikli	1,35	1,045	0,815	1,045	2	6

I_1 – o‘zgaruvchan tok tarafidagi tok ;

S_m – transformator quvvati, VA;

$U_{v,maks}$ – tiristorlarga beriladigan maksimal kuchlanish;

R_m - transformator ikkilamchi chulg‘ami qarshiligi.

Shunday qilib, uzluksiz tok rejimida o‘zgartirgich kuchlanishining o‘rtacha qiymati quyidagiga teng bo‘ladi.

$$U_d = E_{d0} \cos \alpha - I_d R_n \quad (5.18)$$

Agar to‘g‘irlangan tok induktivligi ancha katta qiymatga ega bo‘lsa

($L_d \rightarrow \infty$), to'g'irlangan tok uzluksiz xarakterga ega bo'ladi. Agar yakor toki uzoqli xarakter tus olsa, unda yuritmaning mexanik xarakteristikalari egri chiziqli bo'lib qoladi (5.13 - rasm).

Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarimas tok motori yakor zanjiri induktivligi quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$L_{yu} = k_L \frac{U_n}{I_n r_n \omega_n}, \quad (5.19)$$

Bu yerda: k_L – konstruktiv koeffitsient; kompensatsiyalangan motorlar uchun $0,1 \div 0,25$, kompensatsiyalanmagan motorlar uchun $0,5 \div 0,6$.

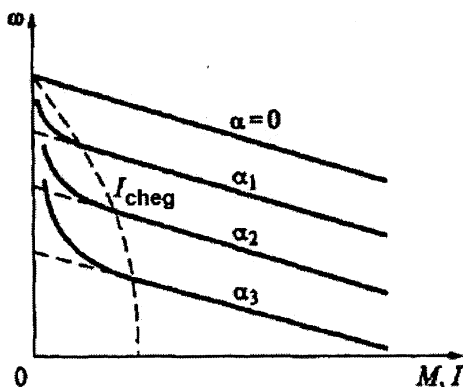
U_n, I_n, ω_n – nominal kuchlanish, nominal yakor toki, nominal burchak tezligi.

P_n - qutb juftliklari soni.

To'g'irlangan tok zanjiridagi induktivlikning oxirgi qiymatlarida tokning uzluksiz shartiga tok kattaligi hamda rostlash burchagi ham ta'sir ko'rsatadi. Tokning chegaraviy qiymati (minimal) quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

$$I_{cheg} = \frac{E_{d0} \sin \alpha}{314 L_d} \left(1 - \frac{\pi}{m} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{m} \right). \quad (5.20)$$

Uzoqli tok rejimi uzlukli tok zonasida o'rtacha to'g'irlangan kuchlanish oshirilganda paydo bo'ladi. TO – D tizimli reverssiz yuritmaning mexanik xarakteristikalari 5.13 - rasmda ko'rsatilgan.



5.13 - rasm. TO – D reverssiz yuritmasining mexanik xarakteristikalari

Tiristorli elektr yuritmaning eng ko'p qo'llaniladigan kuch sxemalari 5.10 -- rasmda ko'rsatilgan. 5.10 a va 5.10 b sxemalar reverssiz elektr yuritmalarga tegishli. Bu sxemalarda iste'mol kuchlanishining qutbi va yakor zanjiridagi tok yo'nalishi o'zgarishi mumkin emas.

Agar yuritma uzluksiz tok rejimida ishlayapti deb tasavvur qilsak ($L_d \rightarrow \infty$), mexanik xarakteristikalar bir – biriga parallel bo'lgan og'ma to'g'ri chiziqlar ko'rinishida bo'ladi. Bunda to'g'irlangan kuchlanish kamayishi bilan (α burchak oshishi bilan) ω_0 ham kamayadi.

Bu holatda mexanik xarakteristikalar (5.5) asosida kelib chiqqan quyidagi formula bilan chiziladi:

$$\omega = \frac{E_{d0} \cos \alpha}{kF} - \frac{(R_{ya} + R_n)}{kF^2} M \quad (5.21)$$

Yakor zanjiri induktivligi L_d chegaraviy qiymatlarida, momentning kichik qiymatlarida (yakor toki) – I_{cheg} chegaraviy chizig'idan chaproqda – mexanik xarakteristikalar chiziqchilikini yo'qotadi va yuqoriga qarab qiyshayadi. Bu uzuqli tok zonasiga o'tish natijasi bo'ladi. Uzluksiz tok chegarasini aniqlovchi chiziq (5.20) formula bilan aniqlanadi.

Tokning uzuqli zonasini kamaytirish hoxishi bo'lsa, motor yakori bilan ketma – ket ravishda silliqlovchi drossel ulanadi. Bu drosselning induktivligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$L_d \geq \frac{E_{d0}}{2\pi \cdot f_c I_{cheg}} \left(1 - \frac{\pi}{m} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{m} \right) - L_{ya}, \quad (5.22)$$

Bu yerda $I_{cheg} - \omega = 0$ bo'lgandagi chegaraviy tokning qiymati.

TO' – D reverssiz yuritmasining mexanik xarakteristikalari ordinata o'qini kesib o'tmaydi, chunki reverssiz sxemalarda tok yo'nalishini o'zgartirish mumkin emas. Natijada rekuperativ tormozlanish rejimi bo'lmaydi. TO' – D tizimi

reverssiz yuritmalarda motorning aylanish yo'nalishini o'zgartirish uchun motorni qo'zg'atuvchi chulg'ami toki yo'nalishini o'zgartiradi.

M – ω maydonning barcha to'rtala kvadratlarida ishlaydigan elektr yuritmani hosil qilish uchun reversli tiristorli o'zgartirgichidan foydalanish mumkin. Bu o'zgartirgich yakor tokining ikki tomonlama o'tishini ta'minlaydi. Reversli tiristorli o'zgartirgichlar ikki guruh tiristorlariga ega, ular bir – biriga qarama – qarshi parallel ulanadi. Eng ko'p ishlatiladigan reversli tiristorli elektr yuritma sxemasi 5.10 v - rasmda ko'rsatilgan. Bu sxemada ikkita tiristorli o'zgartirgich bor: UZ(old) va UZ(orq). Ularning xar biri uch fazali ko'priqli sxema bo'yicha yig'ilgan, va o'zgartirilgan tok tarafidan bir – biriga qarama – qarshi qutblari bilan o'zaro parallel ulangan. Ikkala guruhdagi tiristorlarga bir vaqtda ochuv impuls berish mumkin emas, bunda qisqa tutashuv yuz berishi mumkin. Shuning uchun berilgan sxemada UZ(old) va UZ(orq) tiristorlar guruhidan faqat bittasi ishlashi mumkin; ikkinchi guruh esa yopiq bo'ladi (akslanuvchi impuls olinadi). Bunday reversli sxema tiristorlar guruhini aloxida boshqarish sxemasi deyiladi.

Alohida boshqarishda faqat aytilgan paytda tok o'tkazishi kerak bo'lgan tiristorlar guruhi ulanadi. Bu guruhni tanlash yuritma motorining aylanish yo'nalishini tanlashga bog'liq bo'ladi, ya'ni «oldinga» yoki «orqaga», va yuritmani ish rejimiga; harakat rejimini, yoki rekuperativ tormozlanish rejimini. Shunga ko'ra kerakli guruhni tanlashni jadval ko'rinishida keltirish mumkin. (5.2 - jadval).

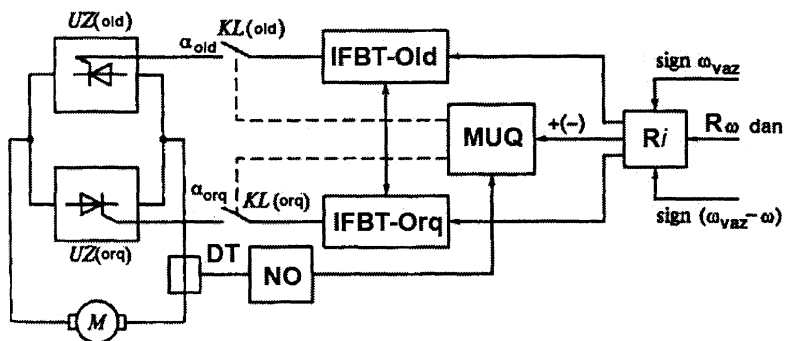
5.2.- jadval.

Xarakat yo'nalishi	Ish rejimi	Harakat	tormoz
Oldinga		UZ(old)	UZ(orq)
Orqaga		UZ(orq)	UZ(old)

Boshqaruv tizimlarida tiristorlarning kerakli guruhini tanlash va ulash avtomatik tarzda mantiqiy ulash qurilmasi MUQ orqali amalga oshiriladi. MUQ avtomatik tuzilmaning tuzilish prinsipi 5.14 - rasmda ko'rsatilgan.

Yuritma «oldinga» harakat rejimida ishlagandagi yakor toki yo‘nalishini musbat deb qabul qilamiz. ω_{vaz} . Tezlikning musbat signali berilganda («oldinga» harakatga mos kelganda) va tezlik bo‘yicha hatto signal bo‘lganda, MUQ ga tok rostlagichdan kelayotgan signal (+) ishoraga ega bo‘ladi. Bunga mos ravishda MUQ K(L) elektron kalitni yoqadi va UZ(old) tiristorlar guruhiga ochuvchi impulslar beriladi. α_{old} boshqarish burchagi avtomatik rostlash tizimi orqali tanlanadi va o‘rnatiladi. Bu burchak R*i* tok rostlagich chiqishidagi signalga moslashtiriladi. Har ikkala IFBT (old) va (orq) o‘zaro kelishgan holda ishlaydi, bunda burchaklar yig‘indisi π ga teng bo‘lishi kerak bo‘ladi.

$$\alpha_{old} + \alpha_{orq} = \pi \quad (5.23)$$

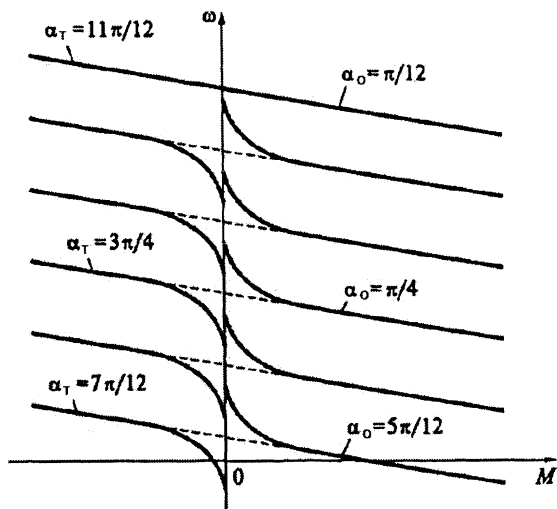


5.14 - rasm. Mantiqiy ulash (MUQ) qurilmasining ishlash prinsipi.

Shunday qilib to‘g‘irligich rejimida ishlayotgan tiristorlar guruhiga $\alpha_{old} = 0 \div \pi/2$ burchakli ochuvchi impulslar beriladi. Bunda IFBT(orq) $\alpha_{orq} = \pi - \alpha_{old}$ burchakli impulslar ishlab chiqaradi, ya‘ni UZ(orq) o‘zgartirgichning invertor ish rejimiga mos keladigan. Biroq KL(orq) elektron kalit ochiq bo‘lgani sababli, boshqarish impulslari UZ(orq) tiristorlar guruhiga yetib kelmaydi. UZ(orq) o‘zgartirgich yopiq, lekin u invert ish rejimida ishlashga tayyorlangan.

Bunday moslashtirish boshqaruv prinsipi (5.23) bilan aniqlanadi va yuritmaning harakat hamda tormoz rejimlaridagi mexanik xarakteristikalarini moslashtirish imkonini beradi. Ushbu prinsip 5.15 - rasmda ko'rsatilgan.

Yuritmani tormozlash zarurati bo'lganda ω_{vaz} . Tezlikni boshqarish topshirig'i signali kamaytiriladi. Tezlik bo'yicha hatolik ishorani o'zgartiradi ($\omega_{vaz} - \omega$) < 0, va MUQ ga kirishda signal (+) dan (-) ishoraga o'zgaradi. Shunga mos ravishda KL(old) kantakt o'chiriladi, va kantakt KL(orq) yoqiladi. Biroq KL(orq) kontaktning yo'qolishi birdaniga sodir bo'lmaydi, balki bir oz vaqt kechikib sodir bo'ladi. Bu kechikish esa yakor toki nolga tushishi uchun va UZ(old) tiristorlar guruhi yopish hususiyatini tiklash uchun kerak bo'ladi. Tokning nolgacha tushishi TD tok datchigi bilan va NO nol - organi bilan nazorat qilinadi (boshqa sxemalarda bu maqsadda ventillar o'tkazuvchanlik datchigi VOD ishlatiladi).



5.15 - rasm. Alohida muvofiqlashtirilgan boshqaruvli TO' - D tizimidagi reversli yuritmaning mexanik xarakteristikalari.

Tok nolga tushganda, bir oz vaqt kechikish o'tgandan keyin, KL(orq) kalit yoqiladi va UZ(orq) o'zgartirgich oldindan tayyorlangan invert rejimda ishga kirishadi. Yuritma rekuperativ tormozlanish rejimiga o'tadi. Tiristorlar guruhini

qayta ulash vaqti 5-10 millisekundni tashkil etadi. Bu esa aksariyat holatlarda yuqori sifatli boshqaruvni ta'minlash uchun yetarli hisoblanadi.

Harakat rejimida «orqaga» yo'nalishda ishlaganda tezlikni berish ishorasi manfiy, tezlik bo'yicha hatolikning absolyut qiymati ($\omega_{vaz.} - \omega$) musbat. Shuning uchun MUQ kirishiga manfiy signal keladi va KL(orq) kalit yoqiladi. UZ(orq) o'zgartirgich to'g'irlagich rejimida ishlaydi.

MUQ ishlashining mantiqiy qoidalari 5.3 – jadvalda keltirilgan.

Shuningdek, MUQning boshqa sxemalari ham ishlatiladi. Alohida boshqaruvli TO' – D reversli yuritmaning mexanik xarakteristikalari 5.15 - rasmda ko'rsatilgan. Yakorning uzluksiz tokida ular (5.21)ga asosan chiziladi.

5.3.- jadval.

$\omega_{vaz.}$ ishora	$ \omega_{vaz.} - \omega $ ishora	MUQ kirishidagi ishora	Yoqilgan kalit	Ishlayotgan o'zgartirgich	Yuritma ish rejimi
+	+	+	K(old)	UZ(old)	motor
+	-	-	K(orq)	UZ(orq)	tormoz
-	+	-	K(old)	UZ(orq)	motor
-	-	+	K(orq)	UZ(old)	tormoz

Uzuqli tok rejimida momentning kichik qiymatlarida xarakteristikalarining chiziqiligi buziladi. Zamonaviy tok va tezlik bo'yicha yopiq konturli roslash tizimlarida moslashuv rostlagichlarini qo'llash hisobiga mexanik xarakteristikalarni momentning kichik qiymatlarida ham chiziqilashtirishga erishilmoqda.

TO' – D yuritmadagi tiristorli o'zgartirgichlar iste'mol tokini yoki kuchlanishni o'zgarimas tok motori nominal kuchlanishi bilan moslashtiruvchi transformatorlardan oladi, agar bunday moslashtirish talab qilinmasa oddiy bir

fazali yoki uch fazali manba 380/220 V dan oladi. Ikkinchi holatda o'zgartirgichga kirish joyida reaktorlar ishlatiladi (5.10 - rasmga qarang).

O'zgartirgichning uch fazali ko'prikl sxemasida transformatorning quvvati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$S_{tr} \geq \frac{K_v U_{dn} I_{dn} 10^{-3}}{\cos \alpha_{min} \eta_{tr} \eta_n}, kVA.$$

Bu yerda U_{dn} , I_{dn} – transformatorning to'g'irlangan nominal kuchlanishi va toki.

K_v – 1,05 – tok shaklini o'zgarishini inobatga oluvchi koeffitsient.

α_{min} – to'g'irlangan nominal kuchlanishga mos keladigan minimal boshqaruv burchagi.

η_{tr}, η_n – transformator va o'zgartirgichning F.I.K.

Tiristorli elektr yuritmaning F.I.K.i energiyani o'zgartiruvchi qismlari

F.I.K.lari ko'paytmasi bilan aniqlanadi:

$$\eta_{to-D} = \eta_{tr} \cdot \eta_n \cdot \eta_{dv}.$$

Tiristorning F.I.K.i 0,9 – 0,95 oraliqda bo'ladi va quvvat oshishi bilan u ham oshadi. Tiristorli o'zgartirgichlarda yo'qotishlar sezilarli bo'lmaydi, chunki ular asosan yarim o'tkazgichli asboblardagi quvvat yo'qotishlari bilan kuzatiladi.

Ko'prikl sxema uchun

$$\Delta P_n = 2I_{dn} \Delta U_{tir}$$

Bu yerda $\Delta U_{tir} \approx 2V$ – ochiq tiristordagi kuchlanish tushishi.

Odatda o'zgartirgichlarning F.I.K.i 0,95 – 0,98 ni tashkil qiladi. O'zgarman tok motori o'rtacha F.I.K.ining $\eta_{dv} = 0,88$ ga teng deb qabul qilib, TO'-Dyuritmaning nominal yuklamadagi F.I.K. $\eta_{TO-D} = 0,78 \div 0,82$ ekanligini ko'ramiz. Bu esa yuqori ko'rsatkich hisoblanadi.

TO' – D yuritmaning energetik jihatdan kamchiligi o'rtacha sillikli quvvat koeffitsienti qiymatining pastigi va iste'mol tarmog'i toki shaklining buzilishidir.

Tiristorli o'zgartirgichlar o'zgaruvchan tok tarmog'idagi tok shaklini buzadilar, ya'ni uning sinusoida ko'rinishidan o'zgartirib yuboradilar. Nosinusoida

tok birinchi garmonik (tarmoq chastotasi bilan) hamda yuqori garmonik tok (chastotasi tarmoq chastotasidan $(nm + 1)$ ga ko'p bo'lganlarga ajratiladi. Ko'priklari o'zgartirgichlarning o'zgaruvchan toki taxminan trapetsiya shakliga yaqin bo'ladi, uni birinchi garmonik va yuqori garmonik toklarga ajratish mumkin.

$$I_{ns} = I_{m1}\sin\omega t + I_{m5}\sin(5\omega t + \varphi_5) + I_{m7}\sin(7\omega t + \varphi_7) \text{ va x.k.}$$

Asosan 5,7 va 11 – garmonik toklar ko'zga alohida tashlanadi. Yuqori garmonika toklari hamda birinchi garmonika kuchlanishi orqali aniqlanadigan quvvat buzilish quvvati deb nom olgan quvvatni hosil qiladi. Bu quvvat esa reaktiv quvvat hisoblanadi (uning o'rtacha qiymati nolga teng bo'ladi). Buzilish quvvati iste'mol tarmog'iga va tiristorli o'zgartirgichga parallel ulangan elektr energiyasi iste'molchilariga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Tokning buzilish darajasi buzilish koeffitsienti bilan baholanadi:

$$\nu = \sqrt{\frac{I_{1m}^2}{I_{1m}^2 + I_{5m}^2 + I_{7m}^2 + \dots}}$$

Uch fazali ko'priklari sxemalar uchun tokning buzilish koeffitsienti taxminan 0,95 ni tashkil etadi.

Tiristorli o'zgartirgichning quvvat koeffitsienti deganda birinchi garmonik tokning birinchi garmonik kuchlanishiga nisbati $\cos\varphi$ ning buzilish koeffitsientiga ko'paytmasini tushunamiz:

$$KM_{TO} = \nu \cdot \cos\varphi_1 \quad (5.23)$$

Tiristorli o'zgartirgich iste'mol zanjiridagi tok shu yerdagi kuchlanishdan tiristorning ochilishi kechikishi burchagiga (boshqarish burchagi α) ortda qoladi. Shuning uchun taxminan

$$\cos\varphi_1 = \cos\alpha \quad (5.24)$$

deb olishimiz mumkin.

$\cos\alpha = E_d / E_{d0}$ bo'lgani uchun, motor yuqori tezliklarda ishlaganda va E_d taxminan motor yakori nominal kuchlanishiga teng bo'lganda $\cos\alpha$ birga yaqin

bo'ladi va tiristorli to'g'irlagichning quvvat koeffitsienti yuqori bo'ladi. Tezlik kamaytirilishi bilan o'zgartirgichning to'g'irlangan kuchlanishi kamayib boradi va mos ravishda $\cos\varphi_1$ ham pasayadi. Taxminan quyidagicha de'yishimiz mumkin:

$$\cos\varphi_1 \approx \omega / \omega_n.$$

Agar TO' – D yuritma uzoq vaqt davomida kamaytirilgan tezliklarda ishlasa, quvvatning o'rtacha salmoqli koeffitsienti past bo'ladi. Shuning uchun TO' – D yuritmaning energetik ko'rsatkichlarini $\cos\varphi_1$ yuqori bo'lgandagi nominal qiymatlar bilan emas, uning o'rtacha salmoqli qiymati bilan baxolanishi kerak. $\cos\varphi_1$ ning kichik qiymatlari asosan yuritmani yurgazish paytida bo'ladi. Shuning uchun katta quvvatli yuritmalarni yurgazishda reaktiv quvvatning ancha ko'tarilishi kuzatiladi.

Yuqorida aytilganlarga ko'ra tiristorli o'zgartirgichlar bilan birga filtrli kompensatsiyalovchi qurilmalarni ulash tavsiya qilinadi. Bu qurilmalar o'zgartirgich $\cos\varphi$ ni ko'taradi va iste'mol tarmog'idagi tokning garmonik tarkibini yaxshilaydi. Natijada o'zgartirgichlarning iste'mol tarmog'iga salbiy ta'siri yo'qotiladi.

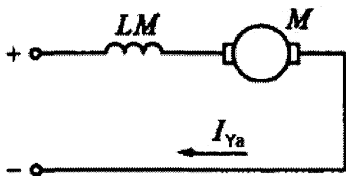
5.3. Ketma – ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorli elektr yuritma.

Biz ko'rayotgan o'zgarmas tok motorlarda qo'zg'atish chulg'ami (5.16 - rasm) yakor chulg'ami bilan ketma – ket ulanadi. Natijada qo'zg'atish toki yakor tokiga teng bo'ladi hamda u hosil qiladigan oqim Φ yakor tokiga proporsional bo'ladi:

$$\Phi = a \cdot I_{ya} \quad (5.25)$$

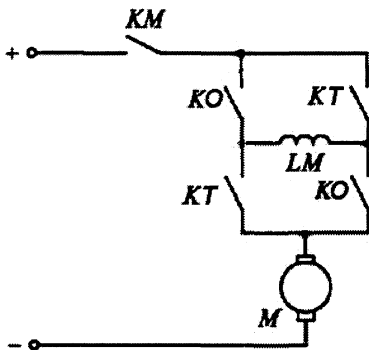
Bu yerda, a – chiziqsiz koeffitsient $a = f(I_{ya})$, bu koeffitsientning chiziqsizligi yakor reaksiyasining magnitlash va magnitni yo'qotish egri chizig'i shakli bilan bog'liq; bu ikkala faktorlar tok qiymati katta bo'lganda $I_{ya} > 0,7 \div 0,8 I_{yan}$, yuzaga keladi; tokning kichik qiymatlarida a koeffitsientini doimiy deb hisoblash bo'ladi. Yakor tokining $I_{ya} > 2 I_{yan}$. Qiymatlarida mashina to'yinadi va oqim kattaligi yakor tokiga uncha bog'liq bo'lmaydi. Qo'zg'atish oqimining yuklamaga bog'liqligi

(5.25 ga qarang) ketma – ket qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok motorlari elektrmexanik xarakteristikalarining o‘ziga xosligini ko‘rsatadi.



5.16 - rasm. Ketma – ket qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok motorining ulanish sxemasi

Ketma – ket qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok motori aylanish yo‘nalishini o‘zgartirishi uchun motorga beriladigan kuchlanishning qutbini o‘zgartirish yetarli bo‘lmaydi, chunki bunda bir vaqtda ham yakor chulg‘amidagi tok yo‘nalishi o‘zgaradi, ham qo‘zg‘atish oqimi qutbi o‘zgaradi. Shuning uchun motorni reverslash uchun mashina biror qismidagi tok yo‘nalishini o‘zgartirish kerak. Masalan qo‘zg‘atish chulg‘amida. Bunda yakor chulg‘amidagi tok yo‘nalishi o‘zgarishsiz qoldiriladi (5.17 - rasm).



5.17 - rasm.

Ketma – ket qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok motorini reverslash sxemasi

(5.25) ni (5.2) va (5.3) ga qo'yib ko'rilayotgan motorlar uchun asosiy munosabatlarni hosil qilamiz:

$$M = ka I_{ya}^2 \quad (5.26)$$

$$E_{ya} = ka I_{ya} \omega \quad (5.27)$$

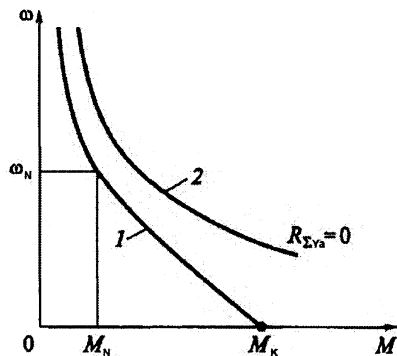
Mos ravishda elektrmexanik va mexanik xarakteristikalar uchun quyidagicha bo'ladi:

$$\omega = \frac{U_{\Sigma ya}}{ka I_{ya}} - \frac{R_{ya}}{ka}; \text{ yoki } \omega = \frac{A^1}{I_{ya}} - B; \quad (5.28)$$

$$\omega = \frac{U_{\Sigma ya}}{\sqrt{kaM}} - \frac{R_{ya}}{ka}; \text{ yoki } \omega = \frac{A}{\sqrt{M}} - B; \quad (5.29)$$

Ketma- ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori mexanik xarakteristikalarini birinchi qarashda ordinata o'qini kesmaydigan giperbo'la ko'rinishida tasavvur qilishimiz mumkin.

Agar $(R_{ya} + R_q) = 0$ deb olsak, unda xarakteristiga absissa o'qini kesmaydi (5.18 - rasimga qarang). Bunday xarakteristika «ideal xarakteristika» deyiladi. Undan yuqorida xarakteristikalar bo'lishi mumkin emas. Xaqiqiy tabiiy xarakteristika absissa o'qini qisqa tutashuv tokiga to'g'ri keladigan nuqtada kesib o'tadi (M_k). Agar motor to'yinishini inobatga olsak, unda momentlar $0.8M_k$ dan kam bo'lganda xarakteristika egri chiziqli va giperbo'lasimon bo'ladi; tokning va oqim momentining katta qiymatilarida to'yinish bo'lib qoladi va to'g'irlanadi.



5.18 - rasm. Ketma - ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining tabiiy va «ideal» mexanik xarakteristikalari

Ketma - ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining asosiy hususiyatlaridan biri unda erkin aylanish tezligining yo'qligidir. Yuklamani kamaytirilganda motor tezligi sezilarli darajada oshib ketadi, buning natijasida motorni yuklamasiz qoldirish mumkin emas.

Ketma - ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining eng asosiy afzalligi kichik tezliklarda ham katta yuklamalar qabul qila olishligidir. Motorni tok bo'yicha 2,25 – 2,5 barobar zo'riqtirilganda u 3 – 3,5 nominal momentni hosil qiladi. Bu holat ketma - ket qo'zg'atishli motorilarni transport soxasida keng qo'llashga imkon yaratadi. Bu mashinalarda aynan joyidan siljishda katta moment talab qilinidi.

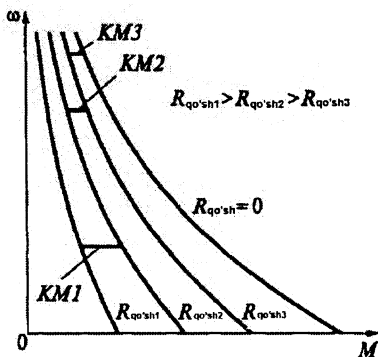
Ketma - ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining yana bir afzalligi unda qo'zg'atish janjiri uchun alohida manbaning zarurati yo'qligi.

Sun'iy mexanik xarakteristikalar uchta usul bilan olinishi mumkin:

- yakor zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritish bilan;
- iste'mol kuchlanishini o'zgartirish bilan;
- yakor chulg'ami qo'shimcha qarshilik yordamida shuntlash yo'li bilan.

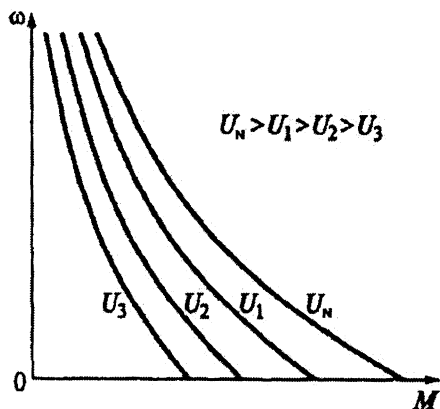
Yakor zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritish bilan mexanik xarakteristika bikirligi pasayadi va M_k qiymat ham kamayadi (5.19 - rasimga qarang).

Rostlanishning bu usuli motorni yurgazish paytida qo'llaniladi. Bunda qarshilik pog'onalari $KM1$, $KM2$, $KM3$ kontaktorlari bilan ulanadi. 5.19 - rasmda uch pog'onali yurgazish sxemasining yurgazish xarakteristikalari berilgan. Uzoq vaqt reostatlarda ishlash energiyaning qarshiliklarda sezilarli yo'qotilishiga sabab bo'ladi.



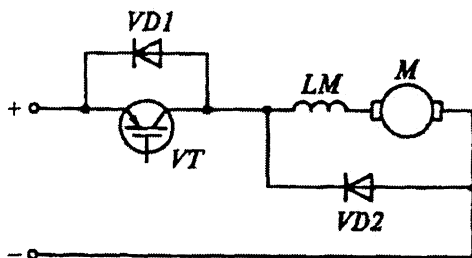
5.19 - rasm. Ketma – ket qo'zg'atishli motorning reostatli mexanik xarakteristikalari.

Ketma – ket qo'zg'atishli motor tezligini roslashning eng tejamli usuli motorga beriladigan kuchlanishni o'zgartirish usulidir. 5.20 - rasmda shu usulga mos bo'lgan mexanik xarakteristikalar ko'rsatilgan. Kuchlanishni kamaytirib borish bilan ular pastga tabiiy xarakteristikaga parallel holda siljib boradi. Tashqaridan kuchlanishni o'zgartirish bilan roslash sun'iy xarakteristikalari reostat xarakteristikalari bilan o'xshash, lekin roslashning usullarida keskin farq bor. Reostatli roslashda qo'shimcha qarshiliklarda energiya yo'qotish kuzatiladi, kuchlanishni o'zgartirish bilan roslashda bunday yo'qotishlar kuzatilmaydi.



5.20 - rasm. Ketma – ket qo‘zg‘atishli motorda iste‘mol kuchlanishini o‘zgartirishning mexanik xarakteristikalari

Ketma – ket qo‘zg‘atishli motorlar aksariyat kuchlanishni o‘zgarmas tok manбайдan oladi, yoki rostlanmaydigan kuchlanishli o‘zgarmas tok manбайдan oladi. Bu holda motor klemmalaridagi kuchlanishni rostlash kengli impulsli rostlash usuli bilan amalga oshirish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Ketma – ket qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok motori bo‘lgan, kuchlanishni kengli impulsli rostlagich yordamida rostlanuvchi elektr yuritmaning soddalashgan sxemasi 5.21 - rasmda ko‘rsatilgan.

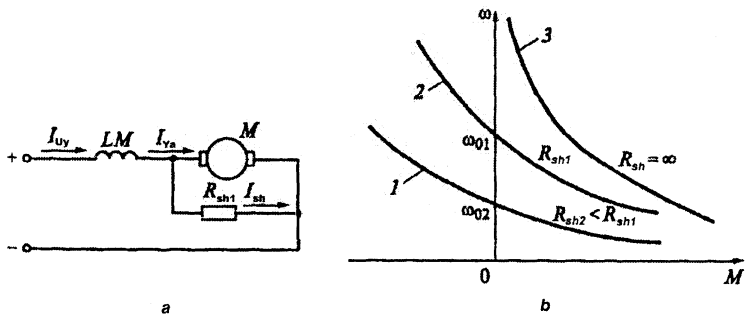


5.21 - rasm. Rostlanuvchan ketma – ket qo‘zg‘atishli motori kengli impulsli kuchlanish rostlagichli elektr yuritma sxemasi

Ko'rilayotgan motorlarda qo'zg'atish oqimini o'zgartirish yakor chulg'amini qarshilik bilan shuntlash yordamida amalga oshirish mumkin (5.22 a - rasmda qarang). Bunda qo'zg'atish toki quyidagiga teng bo'ladi.

$$I_q = I_{ya} + U/R_{sh}$$

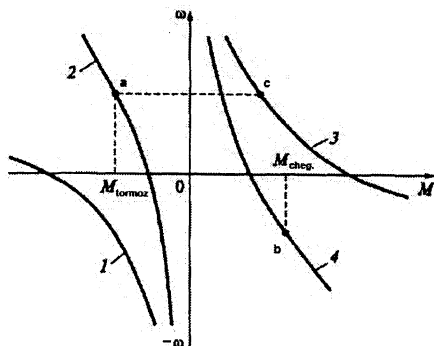
Ya'ni bu tok motor yuklamasiga bog'liq bo'lmagan tashkil etuvchiga ega bo'ladi. Unda motor aralash qo'zg'atishli xususiyatiga ega bo'ladi: mustaqil va ketma - ket. Mustaqil qo'zg'atish hisobiga mexanik xarakteristikalar katta bikirlikka ega bo'ladi va ordinata o'qini kesib o'tadi. Bu usul bilan rostlashning taxminiy mexanik xarakteristikalari 5.22 b - rasmda ko'rsatilgan. Yakorni shuntlash pasaytirilgan turg'un tezlikni hosil qilish imkonini beradi (motor valida yuklama bo'lmaganda ham). Berilgan sxemada motorning $\omega > \omega_{01}$ yoki $\omega > \omega_{02}$ tezligida rekuperativ tormozlanish rejimiga o'tish imkoniyati tug'iladi. Ko'rilayotgan rostlash usulining sezilarli kamchiligi uning tejamli emasligi, ya'ni shuntlash qarshiliklaridagi katta energiya yo'qotishlaridir.



5.22 - rasm. Ketma – ket qo'zg'atishli motorning yakor chulg'amini shuntlashdagi sxemasi (a) va mexanik xarakteristikalari (b)

Ketma – ket qo'zg'atishli motorlar uchun ikki xil tormozlanish rejimi mavjud: teskari ulanish va dinamik tormozlanish. Teskari ulanish rejimida motor yakori zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritilishi lozim. 5.23 - rasmda teskari ulanishning ikkita xil varianti uchun mexanik xarakteristikalari ko'rsatilgan.

1 – xarakteristika – motor «oldinga» yo‘nalishda ishlaganda (c nuqtasi) qo‘zg‘atish chulg‘amidagi tok yo‘nalishini o‘zgartirsa va bir vaqtda motor zanjiriga qo‘shimcha qarshilik kiritilgan holat. Bunda motor a nuqtada teskari ulanish rejimiga o‘tadi va $M_{\text{form.}}$ va bu moment ta‘sirida motorning tormozlanishi yuzaga keladi.



5.23 - rasm. Ketma – ket qo‘zg‘atishli motorning teskari ulanish rejimidagi mexanik xarakteristikalari

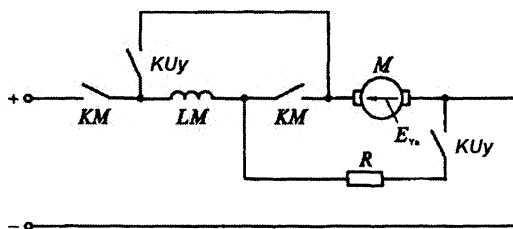
Motor zanjiriga katta qarshilik ulanganligi sababli (2 - xarakteristika), motor yuk ta‘sirida hosil qilinadigan moment ta‘sirida teskari yo‘nalishda aylana boshlaydi va b nuqtada ishlay boshlaydi. Undagi aktiv statik moment M_{yuk} motor tormoz momenti bilan muvozanatlashadi. Teskari ulash rejimi motor zanjiri va qo‘shimcha qarshiliklarda katta energiya yo‘qotishlari bilan o‘ziga xosdir.

Ketma – ket qo‘zg‘atishli motorlarning dinamik tormozlanish rejimi ikki xil variantda mavjud.

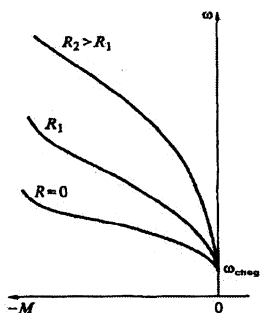
Birinchisi – motor yakori qarshilikka ulanadi, qo‘zg‘atish chulg‘ami esa manbadan qo‘shimcha qarshilik orqali ta‘minlanadi. Bu rejimdagi motorning mexanik xarakteristikalari mustaqil qo‘zg‘atishli motorning dinamik tormozlanish rejimidagi mexanik xarakteristikalariga o‘xshash bo‘ladi.

Ikkinchi variantda motor o‘z – o‘zidan qo‘zg‘atishli generator sifatida ishlaydi (5.24 - rasm). Ushbu sxemaning alohida jixati shundaki, bunda xarakat rejimidan dinamik tormozlanish rejimiga o‘tishda mashina magnitlanishining

yo'qotilishidan saqlanish maqsadida qo'zg'atish chulg'amidagi tok yo'nalishini saqlab qolish kerak. KM kontaktori uzilganda qo'zg'atish chulg'amida tok nolga teng bo'ladi. Lekin mashining magnit o'tkazgichi magnitlangan bo'lgani uchun qoldiq qo'zg'atish oqimi saqlanib qoladi. Bu qoldiq magnit oqimi motorning aylanayotgan yakor chulg'amida E.YU.K. vujudga kelishiga sabab bo'ladi. Bu E.YU.K. ta'siridan KU kontaktori ulanganda yakor chulg'ami – qo'zg'atish chulg'ami – R qarshilikdan tashkil topgan zanjir orqali tok o'tadi va mashina o'z – o'zidan qo'zg'atiladi. Bu jarayon motor tezligi chegaraviy tezlik ω_{cheg} dan kata bo'lganda yuz beradi. O'z – o'zidan qo'zg'atish dinamik tormozlanish rejimi mexanik xarakteristiklari 5.25 - rasmda keltirilgan.



5.24 - rasm. Ketma – ket qo'zg'atishli motorning dinamik tormozlanish sxemasi



5.25 - rasm. Ketma – ket qo'zg'atishli motorning o'z – o'zidan qo'zg'atish bilan dinamik tormozlanish rejimi mexanik xarakteristiklari

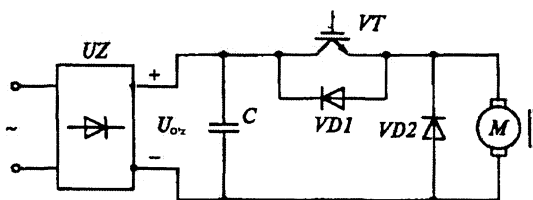
Ketma – ket qo‘zg‘atishli motorni rekuperativ tormozlanish rejimida oddiy sxema bilan ulashning iloji yo‘q. Buning uchun motor yako‘rini shuntlash kerak bo‘ladi, yoki alohida mustaqil qo‘zg‘atishli qo‘shimcha chulg‘am kiritish kerak bo‘ladi.

5.4. Keng impulsli rostlanadigan o‘zgaras tok elektr yuritmalari.

Kuch o‘zgartirgich texnikasining rivojlanishi, avvalambor himoyalangan zatvorli tranzistorlarning (IGBT – himoyalangan zatvorli qo‘shqutbli tranzistorlar) rivojlanishi o‘zgaras kuchlanish manbalarini rostlashning keng imkoniyatlarini yaratdi. Ular esa o‘zgaras tok elektr yuritmalarida keng ko‘lamda ishlatilmoqda.

IGBT – tranzistorlarning asosiy afzalliklari: kuch zanjirining yuqori parametrlari (kuchlanish 1500 V gacha, tok 500A gacha, parallel ishlash imkoni bilan); boshqarishning kam quvvatligi; qayta ulash chastotasining yuqoriligi – o‘nlab kGs; modul konstruktivligi – tranzistor, tez ishlovchi teskari diod, hamda boshqaruv va himoya zanjiri elementlari – bu uskunalarni elektr jihozlarini yuqori chastota bilan ulash imkonini beradi.

5.26 - rasmda keng impulsli rostlagichli tranzistorli mustaqil qo‘zg‘atishli o‘zgaras motori bo‘lgan elektr yuritmaning prinsipial sxemasi berilgan.



5.26 - rasm. Kuchlanishi kengli impulsli rostlagich bilan rostlanuvchi o‘zgaras tok elektr yuritma sxemasi

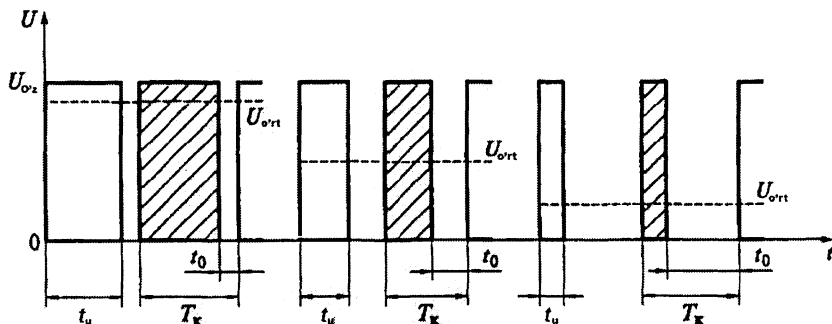
Bu sxemada motorning yakor zanjiri kuchlanishi qiymati doimiy U_{oz} bo‘lgan o‘zgaras tok manbaiga davriy ravishda ulanib turadi (boshqarilmaydigan

UZ to'g'irlagichi). Yoqish va o'chirish VT tranzistor kalit bilan amalga oshiriladi. Zanjirning ulanish chastotasi doimiy bo'ladi:

$$f_k = 1/T_k.$$

Motor yakoriga kelayotgan $U_{o'rt}$. O'rtacha kuchlanish kattaligi t_u kalitning yoqilgan holatidagi vaqtning ulanish vaqti $T_k = (t_u + t_0)$ nisbati bilan aniqlanadi. Ushbu holat 5.27 - rasmda ko'rsatilgan. Agar yoqilgan holat vaqti katta bo'lib

$t_u = 0,95 T_k$ ni tashkil qilsa, unda motorga kelayotgan o'rtacha kuchlanish maksimal bo'ladi va $U_{maks} = 0,95U_n$ ni tashkil qiladi. Agar VT kalitning yoqilgan holat vaqtini kamaytirsak, unda kuchlanishning o'rtacha qiymati kamayadi. (u 5,27 - rasmda ko'rsatilgan T_k vaqtlarga bo'lingan shtrixlangan yuzaga proporsional bo'ladi).



5.27 - rasm. Kuchlanishni keng impulsli rostlash sxemasi

5.27 - rasmdan ko'rinadiki keng - impulsli rostlash o'rtacha kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi.

$$U = U_n \frac{t_u}{T_k} = \gamma U_n. \quad (5.30)$$

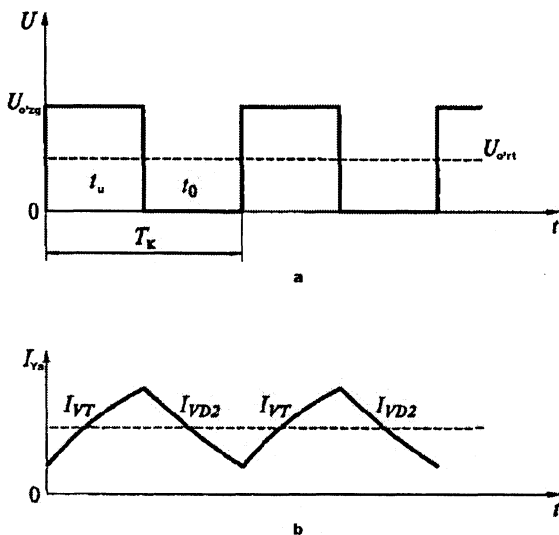
Bunda $\gamma = t_u / T_k$ bu kattlik impulslar chuqurligi kattaligi deyiladi.

VT kalit uzulganida yakor zanjiri sezilarli induktivlikka ega bo'lgani sababli motor yakori zanjiridagi tok birdan yo'qolmaydi. Shuning uchun VT

o'chirilgandan keyin tok yakor chulg'ami o'zini induksiyalashi E.YU.K. ta'sirida VD shuntlovchi diod orqali o'tadi. Yakor tokining VT tranzistoridan VD2 diodiga o'tishi 5.28 - rasmdagi diagrammalar bilan tasvirlanadi. Tokning pulslanish kattaligi f_k ulanish chastotasiga bog'liq, ya'ni chastota katta bo'lsa, pulslanish amplitudasi kam bo'ladi. Xozirgi paytda kengli impulsli rostlagichlar (KIR) $2 \div 10$ kGs chastotalar bilan loyixalanadi. Amplitudaning yuqori chastotalarida tok pulslanishi sezilarsiz bo'ladi va 50 Gs chastota kuchlanishli sanoat tarmog'idan ta'minlanuvchi impuls – fazali boshqariluvchi tiristorli o'zgartirgichlarni qo'llagandagidan ancha kam bo'ladi. Motor yakori zanjiriga keladigan o'rtacha kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi:

$U_d = U_n \cdot \gamma$ va oqibatda bu sxemadagi elektr yuritmaning mexanik xarakteristikalari quyidagi ifoda bilan aniqlanadi (5.30) ga qarang

$$\omega = \frac{U_n \cdot \gamma}{kF} - \frac{R_{yaz}M}{(kF)^2}$$



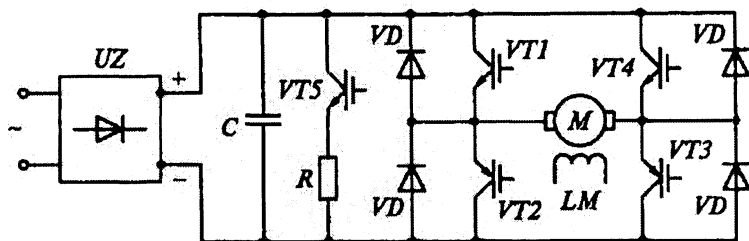
5.28 - rasm. Kengli impulsli rostlagichlarda kuchlanish va tok diagrammasi

Ta'kidlaymizki, γ chuqurlik kattaligi 0 dan 0,95 gacha o'zgaradi. U_n kattalik to'g'irlash sxemasiga bog'liq. Etarli baquvvat filtrli kondensatorlar bo'lganda u o'zgaruvchan tok chiziqli kuchlanishning amplituda qiymatiga yaqinlashadi.

KIR kuchlanish rostlagichi mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok reverssiz yuritmasining mexanik xarakteristikalari 5.13 - rasmdagi xarakteristikalariga o'xshash bo'ladi, lekin uzoqli tok zonasi ancha kam.

Kuchlanishni keng – impulsli rostlash sxemalarining asosiy afzalligi shuki, unda o'zgartirgich chiqishida boshqarilmaydigan to'g'irlagich o'rnatiladi, natijada uning birinchi garmonik bo'yicha $\cos\phi_1$ koeffitsienti birga yaqin bo'ladi, quvvat koeffitsienti esa 0,95 dan katta bo'ladi.

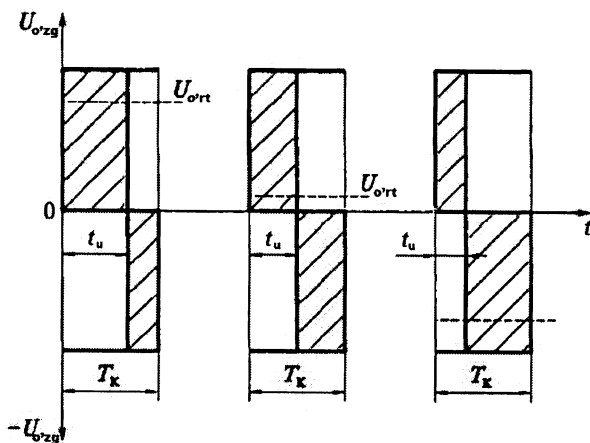
Kuchlanishi KIR bilan rostlanuvchi reversli yuritmani ishlatish uchun kuch tranzistorli kalitlarni ko'priqli ulanish sxemasi qo'llaniladi. (5.29 - rasmda ko'rsatilgan). Bu sxemada motor yakori $VT_1 \div VT_4$ ko'priqda diagonal bo'yicha ulanadi. Tokning o'tishi bir yo'nalishda $VT_1 \div VT_3$ tranzistor kalitlari orqali o'tadi, ikkinchi yo'nalishda esa $VT_2 \div VT_4$ kalitlari orqali o'tadi. Tokning uzluksizligini ta'minlash uchun VD teskari diodlardan foydalaniladi.



5.29 - rasm. Kuchlanishi keng – impulsli rostlanadigan o'zgarmas tok reversli elektr yuritma sxemasi

Kuchlanishni keng – impulsli rostlash ushbu sxemada ikki xil usul bilan amalga oshiriladi: birinchisi – reverssiz sxemaga o'xshash (5.27 - rasm). Ikkinchisi – berilgan taktli chastotaning har bir davri vaqtida qo'sh qutbli ulanish

nazarda tutiladi (5.30 - rasm). Ohirigi holatda t_u vaqt davomida VT_1 va VT_3 kalitlari ulangan ($T_n - t_u$) vaqt davomida esa VT_2 va VT_4 kalitlar ulangan.



5.30 - rasm. Qo'shqutbli ulanishda kuchlanishni kengli – impulsli rostlash diagrammasi

Motor yakori zanjiri yuklangan holatdagi o'rtacha kuchlanish shtrixlangan yuzalarga proporsional bo'ladi. $t_u > 0,5 T_k$ bo'lganda kuchlanish musbat, $t_u = 0,5 T_k$ bo'lganda esa kuchlanish esa nolga teng; $t_u < 0,5 T_k$ bo'lganda o'rtacha kuchlanish manfiy.

Qo'shqutbli ulanishda o'rtacha kuchlanish qiymati quyidagiga teng:

$$U_f = U_n \cdot (2\gamma - 1),$$

buyurda: $\gamma = t_u / T_k$ $VT_1 - VT_3$ kalitlar yoqilgan holat vaqtining davr vaqtiga nisbati.

Shuningdek aralash ulanish algoritmi ham qo'llaniladi. $U_{cr} < 0,5 U_n$ qiymatlarda qo'sh qutbli ulanish amalga oshiriladi. Yoki T_k davrida $VT_2 - VT_4$ kalitlari ochiq va ($t_n - t_u$) davrida esa hama kalitlar yopiq.

Keng impulsli rostlanuvchi o'zgarmas tok reversli elektr yuritmada tormozlanish jarayoni quyidagicha kechadi (5.29 - rasm). Agar xarakat rejimida tanlangan aylanish yo'nalishida VT_1 va VT_3 tranzistorli kalitlar ishlagan bo'lsa,

tormozlanish rejimida bu kalitlar yopiq bo'ladi va VT_4 hamda VT_2 kalitlari ochiladi (ular ham keng impulsli rejimda ishlaydi). Motor yakori zanjiridagi tok o'z yo'nalishini o'zgartiradi va yakor E.YU.K.i E_{ya} yo'nalishi bilan mos tushadi. Tok kattaligi kerakli darajada VT_4 va VT_2 kalitlarini keng impulsli rostlash orqali chegaralanadi. Yakor toki almashib – almashib bu kalitlar orqali o'tadi (ular ochiq bo'lganda) va VT_1 va VT_3 kalitlariga qarama – qarshi parallel ulangan VD teskari diod orqali o'tadi (VT_4 va VT_2 kalitlar yopiq bo'lganda). Birinchi holatda tormozlanish energiyasi yakor chulg'ami induktivligida to'planadi. Ikkinchi holatda tormozlanish energiyasi C kondensatorni zarayadlash uchun sarflanadi. Bu kondensatordagi kuchlanish yakor E.YU.K.i va yakor chulg'ami o'z – o'zidan induksiyalanish E.YU.K.lari yig'indi ta'sirida ortadi. Buning natijasida iste'mol manbasi UZ tormozlanish jarayoning boshlanishida yopiq holatda bo'ladi. Kondensatordagi kuchlanish qiymati ma'lum bir kattalikka erishganda VT_5 tranzistori ochiladi va kondensatorning R tormozlanish qarshiligiga qisman razryadlanishi yuzaga keladi.

Keng – impulsli rostlagichli rostlanmaydigan o'zgarmas tok manbali sxemalarda tormozlash energiyasini tarmoqqa qaytarishning iloji yo'q.

5.5. Nazorat savollari.

1. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori tezligini rostlashning asosiy usullarini ayting.
2. Motor validagi moment nominal qiymatdan oshmaganida, o'zgarmas tok motorining qo'zg'atish tokini kamaytirilsa motor tezligi qanday o'zgaradi?
3. Nima uchun mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorlarida nominaldan yuqori tezlikni rostlashda maydonni sustlashtirish bilan motorning nominal va maksimal momentlari kamayadi?
4. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorlari tezligini ikki zonali rostlash moxiyati nimada?

5. Doimiy momentli tezlikni va doimiy quvvatli tezliklarni rostdash farqini tushuntiring.
6. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori rekuperativ tormozlanish rejimida ishlash uchun uning tezligi qanaqa bo'lishi kerak?
7. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori qanday tormozlanish rejimlarida ishlashi mumkin?
8. TO' – D yuritmasida ishlatiladigan boshqariluvchi tiristorli to'g'irlagichlar sinflanishini keltiring.
9. Boshqariladigan tiristorli to'g'irlagichning ishlash prinsipini tushuntiring.
10. TO' – D tizimi bo'yicha reversli elektr yuritma uchun tiristorli o'zgartirgichning qanday xususiyatlari bor?
11. TO' – D tizimi bo'yicha reversli elektr yuritmada mantiqiy qayta ulagichning vazifasi nima?
12. Reversli tiristorli o'zgartirgichni alohida boshqarish prinsipi nimadan iborat?
13. TO' – D tizimi bo'yicha yuritmaning xarakat va tormozlanish rejimlaridagi mexanik xarakteristikalar moslashishi uchun reversli tiristorli o'zgartirgichning boshqaruv burchaklari orasidagi nisbat qanday bo'lishi kerak?
14. Kuchlanishning kuch tranzistorli rostlagichi ishlash prinsipini tushuntirig'?
15. Impulslar chuqurligi nima?
16. TO' – D tizimi bo'yicha yuritma quvvat koeffitsienti taxminan nimaga teng?
17. Ketma – ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori aylanish yo'nalishini o'zgartirish uchun nima qilish kerak?
18. Ketma – ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori tezligini rostdash usullarini sanab bering, ulardan qaysi iri tejamli?
19. Nima uchun ketma – ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori erkin aylanish rejimida ishlay olmaydi?
20. Boshqariladigan tiristorli to'g'irlagichning invertorli ish rejimi nima? Bu rejimni ishlatish shartlari qanaqa?

6. O'ZGARUVCHAN TOK MOTORLI ROSTLANUVCHI ELEKTR YURITMALAR.

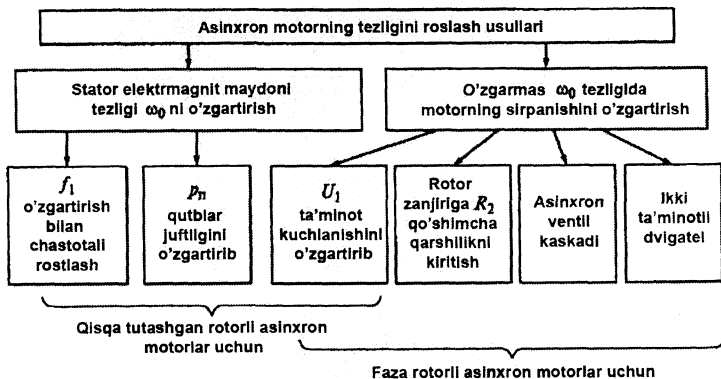
6.1. Asinxron motorni rostdlash usullari.

Asinxron motorlar eng ommaviy tarqalgan motorlar hisoblanadi. Bu motorlar quvvati 0,1 kW dan to bir necha ming kWgacha ishlab chiqariladi va xalq xo'jaligining barcha sohalarida qo'llaniladi. Asinxron motorlarning asosiy afzalliklari ular konstruksiyasining soddaligi va arzonligidadir. Biroq ishlash prinsipiga ko'ra asinxron motor oddiy sxema bilan ulanganda uning aylanish tezligini rostdlashning iloji yo'q. Shunga alohida e'tibor berishimiz kerakki, sezilarli darajada energiya isrofini oldini olish, qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlarda esa rotorning qizib ketishidan saqlanish maqsadida motor uzoq vaqt ishlaydigan rejimda sirpanishning kichik qiymatlari bilan ishlash kerak.

Asinxron motorlar tezligini rostdlashni imkoni bor usullarni ko'rib chiqamiz (6.1 - rasm). Motor tezligi ikki xil usul bilan aniqlanadi: stator elektromagnit maydoning aylanish tezligi ω_0 bilan va s sirpanish bilan:

$$\omega = \omega_0 - S_{abs.}$$

$$\omega = \omega_0 \cdot S. \tag{6.1}$$



6.1 - rasm. Asinxron motorlar tezligini rostdlashning sinflanishi

(6.1) dan kelib chiqqan hola tezlikni roslashning ikki xil usuli bor: stator elektrmagnit maydoni aylanish tezligini roslash bilan, va ω_0 o'zgarmas bo'lganda motor sirpanishini roslash bilan.

Sator maydoning aylanish tezligi ikki parametrga ko'ra aniqlanadi: stator chulg'amiga beriladigan kuchlanish chastotasi f_1 bilan va motor qutb juftliklari soni P_n bilan (3.3 ga qarang). Shunga mos ravishda motor tezligini roslashning ham ikki xil usuli mavjud: chastota o'zgartirgichlarini motor statori zanjiriga kiritib iste'mol kuchlanishi chastotasini o'zgartirish bilan, hamda motor qutb juftliklari sonini o'zgartirish bilan.

Qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlar stator maydoni aylanish tezligi o'zgarmas bo'lganda motor sirpanishini roslash stator kuchlanishi qiymatini uning chastotasini o'zgartirmagan holda o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Faza rotorli asinxron motorlar uchun bundan tashqari yana ikkita usuli mavjud: rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritish (reostatli roslash) va rotor zanjiriga chastota o'zgartirgichlarini kiritib, uning yordamida qo'shimcha roslanuvchi E.YU.K. hosil qilish yo'li bilan (asinxronli ventili kaskad va ikki hil manbali motor).

Hozirgi paytda kuch o'zgartirgichlarining rivojlanishi bilan yarim o'tkazgichli chastota o'zgartirgichlarining turli xillari yaratilgan va ishlab chiqarilmoqda. Bu esa motorlar tezligini chastotali roslash usuli mavqeini oshirib yubordi va roslanadigan elektr yuritmalarda ular juda keng miqyosida qo'llanib kelinmoqda. Bu tizimning asosiy afzalliklari quyidagilardir:

- roslashning silliqiligi va mexanik xarakteristikalar bikirligining yuqoriligi, bu esa tezlikni roslashni keng masshtabda qo'llash imkonini beradi;

- roslashning tejamlliligi, bu hususiyat motor kichik qiymatli ablolyut sirpanish bilan ishlashi hisobiga motordagi yo'qotishlar nominaldan oshmasligi bilan izohlanadi.

Chastotali roslashning kamchiligi o'zgartirgichning murakkabligi va qimmatligidir (ayniqsa katta quvvatli yuritmalarda uchun).

Tezlikni qutb juftliklari o'zgartirish yo'li bilan roslash bir nechta (2÷4) ishchi tezliklar qiymatini hosil qilish imkonini beradi. Lekin bu usulda bir

tezlikdan – ikkinchi tezlikka o'tishi jarayonlarini shakllantirish va tezlikni silliq roslash imkoni yo'q. Shuning uchun bu usul faqat alohida hollarda ishlatiladi va roslanadigan elektr yuritma uchun asos sifatida ko'rilmaydi.

Asinxron divigatel tezligini chastotasi doimiy bo'lgan iste'mol kuchlanishini o'zgartirish yo'li bilan roslash 3 – bobda ko'rib chiqilgan edi. Unda ko'rilgani bo'yicha qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar tezligini roslashning bunday usuli juda ham cheklangan edi. Buning sababi esa bunday roslashda sirpanish energiyasining yo'qotilishi va motorning qizib ketishi edi. Bunday roslashdagi mexanik xarakteristikalar sifatli roslash imkonini bermaydi. Rostlash diapazoni $1,5 \div 1$; yana ham kengroq roslash esa faqat qisqa vaqt uchun mumkin. Yuqoridagi berilgan baxolarga ko'ra, motor tezligini iste'mol kuchlanishini o'zgartirish bilan roslash faqatgina roslanmaydigan elektr yuritmalarni silliq yurgazishda yoki qisqa vaqtga tezlikni kamaytirishda qo'llaniladi. Ba'zan bu usul bilan nasoslar va ventilyatorlar tezliklari roslanadi (15 kV gacha) biroq bunda ham berilgan quvvatni oshirishga to'g'ri keladi.

Faza rotorli asinxron motorlar uchun tezlikni roslash motor rotor zanjiriga ta'sir qilish yo'li bilan amalga oshiriladi. Rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritilganda sirpanish energiyasi motorda tarqalib ketmasdan qo'shimcha qarshilikka yo'naltiriladi. Rostlashning bu usuli tejamsiz hisoblanadi. Rele - kontaktorli sxemalar ishlatilganda tezlikni silliq roslash imkoni yo'qotiladi. Hozirgi paytda rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritish bilan tezlikni roslash asosan faza rotorli asinxron motorlarni yurgazishda qo'llaniladi. Reostat – kontaktorli boshqaruvchi elektr yuritmalar roslanadigan yuritmalar sifatida ko'rilmaydi.

Asinxron motor sirpanishini o'zgarishiga asoslangan barcha tezlikni roslash usullari rotor zanjirida sirpanish energiyasi bilan bog'liqdir.

Yuqorida ko'rib chiqilgan usullarda bu energiya rotor chulg'aming qizishiga va rotor qarshiliklariga sarflanadi. Shunday roslanuvchi elektr yuritmalar borki, ularda sirpanish energiyasi qarshiliklarda yo'qotilmaydi, balki iste'mol manbasiga qaytariladi, bu esa bunday roslash tizimlarini tejamligiga aylantiradi.

Shunday rostlanadigan yuritma tizimlariga asinxron ventili kaskadlar va ikki xil ta'minotli motorlar kiradi. Asinxron yuritmaning kaskadli sxemasining asosiy xususiyati rostdash diapazoning cheklanganligi, ya'ni $2\div 1$ dan kata emas. Bu diapazonda kaskadli sxemalar tezlikni silliq va tejamli rostdash imkonini beradi. Elektr yuritmaning bunday tizimlari baquvvat turbomexanizmlari uchun ma'qul deb bilinadi.

6.2. Tezligi chastotali rostlanuvchi elektr yuritma.

Asinxron motor tezligini chastotali rostdash imkoniyati – iste'mol kuchlanishi chastotasini o'zgartirish bilan rostdash – stator elektrmagnit maydoni aylanish tezligining iste'mol kuchlanish chastotasiga proporsionallik shartlaridan kelib chiqadi.

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{R_n} \quad (6.2)$$

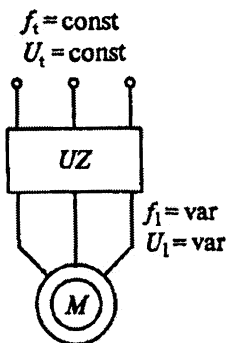
Iste'mol kuchlanishi chastotasi qiyamatini o'zgartirish bilan motor Φ_1 magnit oqimi o'zgarishini ham inobatga olish kerak.

$$\Phi_1 = \frac{E_1}{k f_1} \approx \frac{U_1}{k f_1} \quad (6.3)$$

Shuning uchun aksariyat hollarda iste'mol kuchlanishini o'zgartirish bilan birga uning amplitudasi ham rostlanishi kerak. Chastotani nominal qiymatdan pastga tushirilganda kuchlanishni rostdash zarurati quyidagilarga asoslanadi: chulg'amlar qarshiligining kamayishi bilan magnitlanish toki orta boshlaydi, bu esa motor magnit o'tkazuvchilarining to'yinishiga va qizishiga olib keladi. Kuchlanishni rostdashni shunday amalga oshirish kerakki, unda motor sirpanishi minimal qiymatga ega bo'lsin.

Qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motorni chastotali rostdash bilan ishlatish uchun uni UZ chastota o'zgartirgich yordamida U_1 va f_1 parametrlarga ega bo'lgan iste'mol manbasiga ulanadi (6.2 - rasm). hozirgi paytda chastota

o'zgartirgichlar sifatida asosan yarimo'tkazgichli chastota o'zgartirgichlar ishlatiladi.



6.2 - rasm. Chastota o'zgartirgich orqali ta'minlanadigan asinxron motorni ulash sxemasi

Chastotali roslashda S_j nisbiy sirpanishning qiymati rotor aylanishi tezligi va aylanuvchi elektrmagnit maydoni tezliklari farqiga hamda absolyut sirpanish $S_{abs.} = \omega_0 - \omega$ ga, shuningdek iste'mol kuchlanishi chastotasi f_{1n} -nisbiy qiymatiga bog'liq bo'ladi.

$$\frac{f_{1j}}{f_{1n}} = f_{1*} \quad (6.4)$$

$$S_j = \frac{\omega_{0j} - \omega}{\omega_{0j}} \quad (6.5)$$

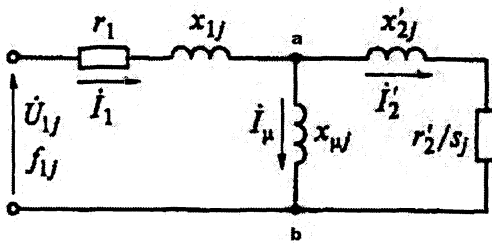
Buyerda f_{1j} ; ω_{0j} ; S_j – stator kuchlanishi chastotasi rostlanuvchi qiymatlari va maydon aylanishi tezligi hamda sirpanishning shunga mos qiymatlari. f_{1n} va ω_{0n} – stator chastotasi va maydon tezligi nominal qiymatlari (pasport bo'yicha). (6.2) ni inobatga olsak,

$$S_j = 1 - \frac{\omega}{\omega_{0n} \cdot f_{1*}} \quad (6.6)$$

Chastotali roslashda elektr mexanik xarakteristikalarini tahlil qilish uchun motorni T simon almashtirish sxemasini ko'rib chiqamiz (6.3 - rasm). Avval keltirilgan almashtirish sxemasidan farqli ravishda ushbu berilgan holatda motorning reaktiv qarshiligi iste'mol kuchlanish chastotasiga bog'liq bo'ladi va chastota o'zgartirishi bilan o'zgaradi deb hisoblashga to'g'ri keladi.

$$x_{1j} = x_{1n} \cdot f_{1*}; x_{\mu j} = x_{\mu n} \cdot f_{1*}; \quad (6.7)$$

$$x_2 = x_{2n} \cdot f_{1*}; x_k = x_{kn} \cdot f_{1*}.$$



6.3 - rasm. Asinxron motorni almashtirish sxemasi

Shunga ko'ra aytish kerakki, nominal chastotada (50 Gs) $x_{\mu n}$ magnitlanish konturi induktiv qarshiligi stator chulg'ami aktiv qarshiligi r_1 dan (kichik kuvvatli mashinalar uchun bir karra va katta kuvvatli mashinalar uchun ikki karra) ko'p bo'ladi. Shuning uchun iste'mol kuchlanishining nominal chastota bilan ishlayotganda asinxron motorlar elektrmexanik xarakteristikalarini hisoblayotganda va taxlil qilayotganda r_1 qarshiligi odatda e'tiborga olinmaydi. Agar motor o'zgaruvchan chastota bilan ishlayotgan bo'lsa, unda chastota kamaytirilganda r_1 qarshilik mashina reaktiv qarshiligi bilan o'lchanadigan bo'lib qoladi va r_1 qarshilikni hisoblash zarur bo'ladi.

Asosan rotor zanjiridan ajralayotgan sirpanish quvvati rotor chulg'amini qizdirilishiga sarflanadi (3.37) ga qarang.

$$P_s = M\omega_{0j}S_j = 3I_2'^2 r_2', \text{ bunda esa}$$

$$M = \frac{3I_2'^2 r_2'}{\omega_{0j}S_j} \quad (6.8)$$

Almashtirish sxemasiga ko'ra $x_{1n}/x_{\mu n}$ hamda $x_2/x_{\mu n}$ nisbatlar birdan ancha kichkina bo'lganligi uchun va ularni inobatga olmay I_2' qiymatini aniqlaymiz.

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{x_{kn}^2 f_{1*}^2 + \left(r_1 + \frac{r_2'}{S_j}\right)^2 + \left(\frac{r_1 r_2'}{S_j x_{\mu n} f_{1*}}\right)^2}} \quad (6.9)$$

(6.9) ni (6.8) ga qo'yib, iste'mol kuchlanishi qiymati va chastotasi o'zgaruvchan bo'lgandagi mexanik xarakteristikalar formulasini keltirib chiqaramiz:

$$M = \frac{3U_1^2 r_2'}{\omega_{0j} S_j \left[x_{kn}^2 f_{1*}^2 + \left(r_1 + \frac{r_2'}{S_j}\right)^2 + \left(\frac{r_1 r_2'}{S_j x_{\mu n} f_{1*}}\right)^2 \right]} \quad (6.10)$$

Agar $r_1/x_{\mu n} = 0$ va $f_{1*} = 1$, deb faraz qilsak, unda (6.10) formula chastota bo'yicha rostanmaydigan asinxron motor xarakteristikalarini aniqlash formulasiga (3.21 ga qarang) o'xshash bo'ladi.

$dM/ds_j = 0$, almashtirib maksimal moment va kritik sirpanish qiymatlarini topamiz:

$$M_k = \frac{3U_1^2 r_2'}{2\omega_{0j} \left[r_1 \pm \sqrt{\left(r_1^2 + x_{kn}^2 f_{1*}^2\right) \left(1 + \frac{r_2'^2}{x_{\mu n}^2 f_{1*}^2}\right)} \right]} \quad (6.11)$$

$$S_{kj} = \pm r_2' \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{r_1}{x_{\mu n} f_{1*}}\right)^2}{r_1^2 + x_{kn}^2 f_{1*}^2}} \quad (6.12)$$

Bu yerda (+) ishorasi motor rejimini, (-) ishorasi esa rekuperativ tormozlanish rejimini bildiradi.

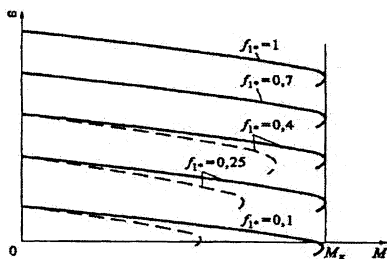
(6.11) ifodani taxlil qilib shuni ta'kidlash mumkinki, agar stator aktiv qarshiligini ($r_1 = 0$) inobatga olsak, unda chastotali rostlash paytida (chastotani nominaldan pastga tushirilganda) kritik momentni doimiy ushlab turish uchun kuchlanish qiymatini chastota o'zgarishi qiymatiga proporsional ravishda o'zgartirish kerak.

$$\frac{U_{1*}}{f_{1*}} = \text{const.} \quad (6.13)$$

Bu yerda
$$U_{1*} = \frac{U_{1j}}{u_{1n}}$$

(6.13) nisbat va $r_1 = 0$ saqlangan holda chastotali rostlashning mexanik xarakteristikalari 6.4 - rasmda keltirilgan (uzluksiz chiziq).

Birinchi yaqinlashishda kuchlanishni (6.13) ga mos ravishda proporsional rostlash motorning o'zgarimas oqim bilan ishlashini ta'minlaydi.



6.4 - rasm. Chastotali rostlanadigan asinxron motorning $U_{1*}/f_{1*} = \text{const}$ bo'lgandagi mexanik xarakteristikalari

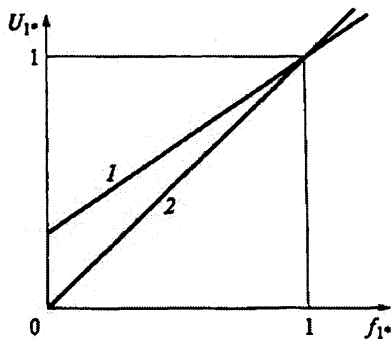
Xaqiqatda chastotaning kichik qiymatlarida ($f_{1*} < 0,3$) r_1 qarshiligidagi kuchlanishning pasayishi magnitlanish konturiga beriladigan kuchlanish qiymatini ancha pasaytirib yuboradi (6.3 - rasmdagi U_{ab}). $\dot{U}_{ab} = \dot{U}_1 - \dot{I}_1 r_1$. Aktiv qarshilik r_1 dagi kuchlanish pasayishi chastotaga bog'liq bo'lmagan sababli chastota pasayganida x_1 induktiv qarshilikdagi kuchlanish pasayishi U_{ab} kuchlanishga ta'sir ko'rsatmaydi.

Aniq hisob – kitoblarga asosan r_1 qarshilikdagi kuchlanish pasayishini inobatga olinib qurilgan mexanik xarakteristikalar 6.4 - rasmda shtrix chiziq bilan ko'rsatilgan. Chastotaning kichik qiymatlarida r_1 qarshilikda kuchlanish pasayishining nisbiy qiymati sezilarli bo'lganda, motor oqimi kamayadi va mos ravishda M_k maksimal moment ham kamayadi, bu esa (6.11) formuladan ham ko'rinib turibdi.

Shuning uchun, motor maksimal momentini doimiy saqlab uning tezligini roslash uchun kuchlanish qiymatini taxminan quyidagi nisbatni saqlagan holda chastotaga nisbatan kamroq pasaytirish kerak:

$$U_1 = U_{1n} f_{1*} + I_r r_1 (1 - f_{1*}) \quad (6.14)$$

Kuchlanishni roslashning bunday usuli « I_r kompensatsiyali proporsional roslash» deyiladi. $U_{1*} = f(f_{1*})$ bog'lanish 6.5 - rasmda ko'rsatilgan (6.14) nisbatga asosan kuchlanishni roslash mexanik xarakteristikalari 6.4 - rasmdagi uzluksiz chiziqlar ko'rinishida bo'ladi.



6.5 - rasm. Iste'mol kuchlanishining bog'liqligi

1. $U_{1k} = f_{1*}$

2. $U_1 = U_{1n} \cdot f_{1*} + I_{rn} r_1 (1 - f_{1*})$

I_r kompensatsiya kattaligi r_1 nisbiy kattaligiga bog'liq bo'lib 100 kWdan katta quvvatga ega bo'lgan motorlar uchun sezilarsiz bo'lib uni e'tiborga olmasa

ham bo'ladi, 15 kWgacha quvvatga ega bo'lgan motorlar uchun esa r_1 ni e'tiborga olish shart.

Ba'zi bir hollarda xususan, ventilyator xarakteristikali yuklamalarda tezlikni pasaytirishda unda kritik momentni nominal qiymatda ushlab turish zarurati yo'q. Bu holatda motor maksimal va statik momentlar nisbatini $M_s / M_k = \text{const}$ doimiy qilib ushlab maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunda chastota va kuchlanish orasidagi quyidagi munosabatdan foydalanish kerak (M.P. Kostenko formulasi):

$$U_{1*} = f_{1*} \cdot \sqrt{M_{s*}}, \quad (6.15)$$

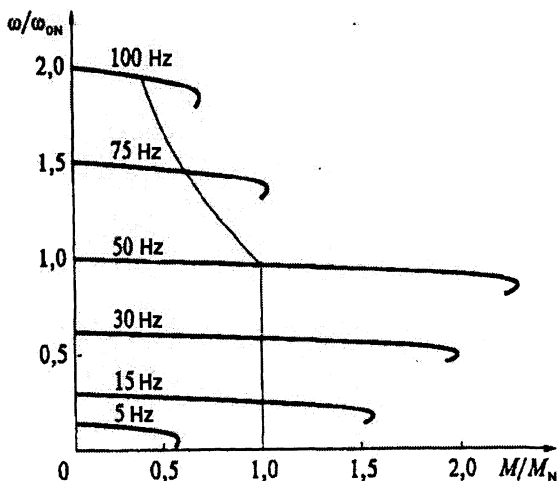
Bu yerda $M_{s*} = M_s / M_n$ – berilgan (tezlik) chastotadagi statik nisbiy qiymati.

Shunday qilib ventilyator yuritmasi uchun tezlik 2 marta kamaytirilganda statik moment 4 marta kamayadi va stator chulg'amida hamda mashina magnit o'tgazgichlardagi yo'qotishlar kamayadi.

Iste'mol kuchlanishining standart 50 Gs qiymatli chastotasi bilan asinxron motor tezligini 3000 ayl / min. dan oshirishning iloji yo'q. Bu qiymatdan kattaroq aylanish tezligini hosil qilish uchun asinxron motorni 50Gs dan ko'proq chastotaga ega bo'lgan manba bilan ta'minlash kerak. Ko'pgina mexanizmlar uchun: tekstil sanoati mashinalari, silliqlovchi dastgoxlar, sentrifugal va boshqalar uchun ishchi organining aylanish tezligi 6000, 9000, 12000 ayl/min va undan ham ko'p bo'lishi talab qilinadi. Ana shunday holatlarda chiqish chastotasi 50 Gs dan katta bo'lgan chastota o'zgartirgichlari qo'llaniladi. Biroq kuchlanish qiymatini standart qiymatdan oshirishning odatda yo'q iloji yo'q, yoki juda ham qiyin. Bu holatda (6.13) munosabatni qo'llashning iloji yo'q va tezlikni chastotani nominal qiymatdan oshirish yo'li bilan roslash kuchlanish o'zgarish $U_{1*} = 1$ bo'lganda amalga oshiriladi.

Ko'rinib turibdiki, bu holatda chastota oshishi bilan magnitlanish toki I_μ kamayadi, shunga mos ravishda motor oqimi ham pasayadi. (6.11) dan kelib chiqib, maksimal moment chastotaning kvadratiga teskari proporsional ravishda kamayib boradi deb aytishimiz mumkin. Ammo motor sirpanish oshganligi

hisobiga rotor toki I_2' ni uzoq vaqt nominal qiymatda ushlab turish mumkinligi uchun, uzoq ta'sir etuvchi nominal cheklangan moment chastotaga teskari proporsional ravishda kamayib boradi. Chastotani oshirish bilan, motor tezligi oshadi, shuning uchun uzoq muddatli ruxsat etilgan quvvat deyarli o'zgarishsiz (doimiy) bo'lib qoladi. Shularni e'tiborga olib, kuchlanish doimiy o'zgarmas bo'lgan xolda chastotani nominal qiymatdan oshirib tezlikni rostdash $P=\text{const}$ quvvat doimiy o'zgarmas bo'lgan xolda rostdash deyiladi. Bu holat uchun mexanik xarakteristikalar 6.6 - rasmda tasvirlangan. Chastotani nominal qiymatdan pastga qarab o'zgartirish bilan, hamda bir vaqtda kuchlanishni (6.14) munosabatga asosan rostdash bilan tezlikni rostdash $M=\text{const}$ doimiy o'zgarmas momentli rostdash deb ataladi.



6.6 - rasmi. Asinxron motorni chastotali rostdashdagi mexanik xarakteristikalar

6.1 – masala.

Chastotali rostlanadigan elektr yuritma 4A132M4UZ rusumli qisqa tutashtirilgan asinxron motor va kuchlanish inverterli chastota o'zgartirgichidan tashkil topgan.

Motorning berilgan texnik ma'lumotlari:

$$P_n = 11 \text{ kW}, U_{11} = 380 \text{ V}, \omega_n = 1455 \text{ ayl / min} = 157 \text{ s}^{-1}, M_k/M_n = 2,2,$$

$$r_1 = 0,43 \text{ Om}, r_2' = 0,32 \text{ Om}, x_k = 1,5 \text{ Om}, x_{\mu} = 32 \text{ Om}.$$

Chastota va kuchlanishning quyidagi qiymatlarida yuritmaning mexanik xarakteristikallari hisoblansin.

1. $\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$, $f_1 - 5$ dan 50 Gsgacha o'zgaradi.

2. $U_1 = \text{const}$, $f_1 - 5$ dan 100 Gsgacha o'zgaradi.

Echimi:

1. Motor nominal momenti

$$M_n = \frac{R_n}{\omega_n} = \frac{11000}{152} = 172 \text{ Nm}.$$

2. Motorning nominal sirpanishi

$$S_n = \frac{n_{0N} - n_N}{n_{0N}} = \frac{1500 - 1455}{1500} = 0,03.$$

Mexanik xarakteristikalar hisobini 6.1 jadvalga kiritamiz. Hisoblashda baza kattaliklari sifatida $\omega_0 = \omega_{0n} = 157 \text{ 1/s}$ va $M_n = 72 \text{ Nm}$ larni olmaiz. Hisoblar ω_{0j} - uchun (6.2); S_{kj} - (6.12); M_{kj} - uchun (6.11); M uchun (6.10) formulalar bilan olib boriladi.

Hosil qilingan tavsifdan ko'rinadiki, $U_1/f_1 = \text{const}$ munosabat bilan chastotani kuchlanishni kamaytirish bilan birga kamaytirilanda, r_1 aktiv qarshilikda kuchlanishning pasayishiga bog'liq xolda chastotaning kichik qiymatlarida kritik momentni sezilarli darajada kamaytirib yuboradi. Kritik moment doimiy o'zgarmas bo'lib qolish uchun (6.14) formuladan foydalangan xolda stator aktiv qarshiligidagi kuchlanish pasayishini kompensatsiyalab kuchlanishni chastotaga nisbatan kamroq pasaytirish kerak. Chastotani nominaldan yuqori qiymatlarga

oshirishda va kuchlanish qiymatini nominalda saqlab qolishda motor tezligi oshadi ammo maksimal moment kamayadi.

Chastotali rostlanadigan asinxron motorning mexanik tavsiflari.

6.1 jadval.

Tavsif	f_1	U_{1p} , V	ω_{0p} , s ⁻¹	s_{*j}	M_{*k}	ω_{0*}	s_{*r}	ω_{*r}	M_*
Tabiiy tavsif 220 v, 50 Hz	1,0	220	157	0,155	2,35	1,0	0,0	1,0	0,0
	1,0	220	157	0,155	2,35	1,0	0,03	0,97	1,0
	1,0	220	157	0,155	2,35	1,0	0,155	0,845	2,35
$U_1/f_1 = \text{const}$, 30 Hz	0,6	132	94,2	0,20	1,98	0,6	0,0	0,6	0,0
	0,6	132	94,2	0,20	1,98	0,6	0,1	0,54	1,56
	0,6	132	94,2	0,20	1,98	0,6	0,2	0,48	1,98
$U_1/f_1 = \text{const}$, 15 Hz	0,3	66	47,1	0,4	1,54	0,3	0,0	0,3	0,0
	0,3	66	47,1	0,4	1,54	0,3	0,2	0,24	1,21
	0,3	66	47,1	0,4	1,54	0,3	0,4	0,18	1,54
$U_1/f_1 = \text{const}$, 5 Hz	0,1	22	15,7	0,6	0,6	0,1	0,0	0,1	0,0
	0,1	22	15,7	0,6	0,6	0,1	0,3	0,07	0,485
	0,1	22	15,7	0,6	0,6	0,1	0,6	0,04	0,6
$U_1 = 220$ v, $f_1 = 75$ Hz	1,5	220	235,5	0,1	1,1	1,5	0,0	1,5	0,0
	1,5	220	235,5	0,1	1,1	1,5	0,05	1,42	0,9
	1,5	220	235,5	0,1	1,1	1,5	0,1	1,35	1,1
$U_1 = 220$ v, $f_1 = 100$ Hz	2,0	220	314	0,08	0,72	2,0	0,0	2,0	0,0
	2,0	220	314	0,08	0,72	2,0	0,04	1,9	0,55
	2,0	220	314	0,08	0,72	2,0	0,08	1,85	0,72

6.3. Bevosita bog'lanishli chastota o'zgartirgichi – asinxron motor tizimli elektr yuritma.

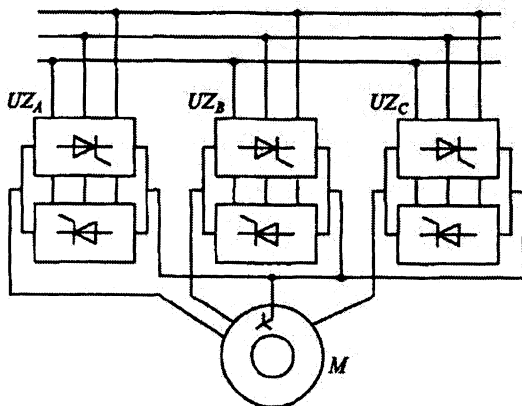
Amaldagi ventilli (yarimo'tkazgichli) chastota o'zgartirgichlarini ikki guruhga ajiratish mumkin:

- 1 – Iste'mol tarmog'iga va yuklamaga bevosita bog'langan chastota o'zgartirgichlar, ularni qisqacha BBCH deyiladi.
- 2 – Oraliq o'zgarimas tok bo'g'inli chastota o'zgartirgichlar OBCH.

Bevosita bog'langan chastota o'zgartirgichlar asinxron motorning stator zanjiriga ulanadi va standart chastotali kuchlanishni kattaligi va chastotasi

bo'yicha ma'lum bir oraliqda rostlanadigan kuchlanishga o'zgartirib berish uchun xizmat qiladi.

Bevosita bog'langan chastota o'zgartirgichlar odatda uchta o'zaro bog'liqlikda ishlaydigan reversli tiristorli o'zgarimas tok o'zgartirgichlaridan tashkil topadi. Bevosita bog'langan chastota o'zgartirgichi blok sxemasi 6.7 - - rasmda ko'rsatilgan.



6.7 - rasm. Bevosita bog'langan chastota o'zgartirgichi blok sxemasi

Asinxron motorning har bir fazasi o'zining reversli o'zgartirgichidan ta'minlanadi. Chulg'amga beriladigan kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi:

$$U_f = k_{sx} \cdot U_t \cdot \cos\alpha.$$

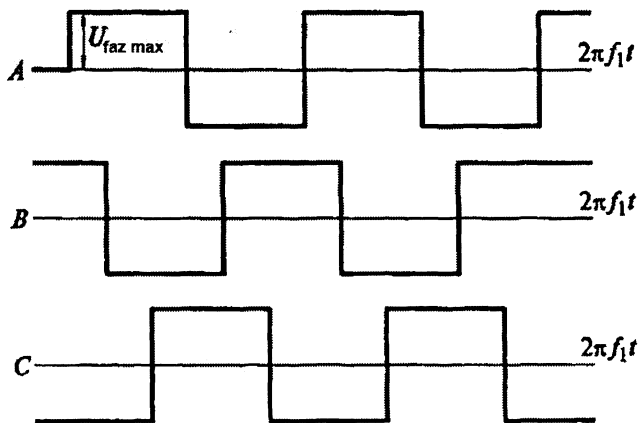
Bunda, U_t - iste'mol tarmog'i kuchlanishi.

Agar rostlash burchagini (α) chastotaning joriy qiymati bilan moslashtirish o'rnatilsa, masalan

$$\cos\alpha_b = \frac{U_{1n} \cdot f_{1*}}{\sqrt{2} \cdot k_{sx} \cdot U_t}$$

Hamda chiqish chastotasining bitta yarim davri davomida o'zgarishsiz tutib turilsa, to'liqning ikkinchi yarim davri davomida esa o'zgartirgich ventili guruhini $= \alpha_v$ boshqaruv burchagi bilan qayta ulansa, unda berilgan chastotali

to'g'ri to'rtburchak shaklli o'zgaruvchan kuchlanishni hosil qilamiz. Motor B va C fazalarini ta'minlovchi o'zgartiruvchining mos ravishda $2\pi/3$ va $4\pi/3$ ga siljitiba, to'g'ri to'rtburchak shaklidagi berilgan chastotali va ularga mos ravishdagi kuchlanish tizimini hosil qilamiz (6.8 - rasm).



6.8 - rasm. Bevosita bog'langan chastota o'zgartirgichining kuchlanish to'g'ri burchakli shaklda bo'lgandagi kuchlanish epyurasi

Agar α_b va α_n kattalikni chastotaning har yarim davri mobaynida arkkosinus qonuni bo'yicha rostdasak:

$$A_b = \alpha_n = A \cdot \arccos(2\pi f_1 t)$$

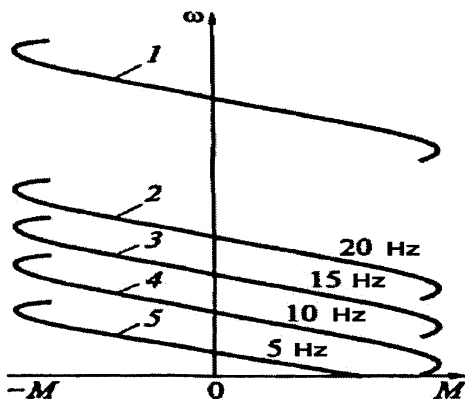
$A = \frac{U_{1n} \cdot f_{1*}}{k_{sx} U_t}$, unda faza kuchlanishlarining o'rtacha qiymatlari sinusoidal

shaklga ega bo'ladi:

$$U_a = A \sin(2\pi f_1 t); U_b = A \sin(2\pi f_1 t + 2\pi/3); U_c = A \sin(2\pi f_1 t + 4\pi/3).$$

Chiqish kuchlanishining kerakli shaklini hosil qilish uchun iste'mol kuchlanishining chastotasi chiqish kuchlanishidan ancha yuqori bo'lishi kerak.

6.7 - rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha bevosita bog'langan chastota o'zgartirgichlari tarmoq chastotasi 50 Gs bo'lganda chiqish chastotasini 0- 20 Gs qiymatga o'zgartirish imkoniyatiga ega. Shuning uchun ushbu tipdagi asinxron elektr yuritmalar ko'proq hollarda sekin aylanuvchi reduktorsiz o'rta va katta quvvatli yuritmalarda qo'llaniladi.



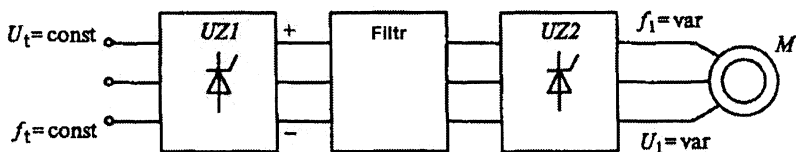
6.9 - rasm. BBCHO – AD elektr yuritmaning mexanik xarakteristikalari

Bevosita bog'langan chastota o'zgartirgichining asosiy afzalligi iste'mol tarmog'i kuchlanishi ta'sirida ventillarning tabiiy ulanishidir (o'zgarmas tok yuritmalaridagi boshqariluvchi tiristorli o'zgartiruvchilarda ro'y berganga o'xshash). O'zgartirgichni to'g'rilagich rejimidan inverter rejimiga o'tkazish imkoni borligi bois, ko'rilayotgan sxemalarda tormozlanish energiyasini tarmoqqa qaytarib berish bilan asinxron motorni tormozlash imkoni mavjud (rekuperativ tormozlanish). Bevosita bog'langan chastota o'zgartirgichli asinxron elektr yuritmaning mexanik xarakteristikalari 6.9 - rasmda keltirilgan.

6. 4. Avtonom inverterli chastota o'zgartirgich – asinxron motor tizimli elektr yuritma.

Bu tizimda oraliq o'zgarmas tok zanjirli chastota o'zgartirgichlar ishlatiladi. Bunday o'zgartirgichning blok – sxemasi 6.10 - rasmda keltirilgan.

Sanoat tarmog'ining o'zgaruvchan kuchlanishi avval rostlanadigan yoki rostlanmaydigan to'g'irlagich UZ1 yordamida to'g'irlanadi, undan keyin avtonom inverterga uzatiladi. Avtonom inverter o'zgarmas kuchlanishni (yoki tokni) kattaligi va chastotasi rostlanadigan kuchlanishga (tok kuchiga) o'zgartirib beradi.



6.10 - rasm. Oraliq o'zgarmas tok zanjirli chastota o'zgartirgichli elektr yuritma blok – sxemasi

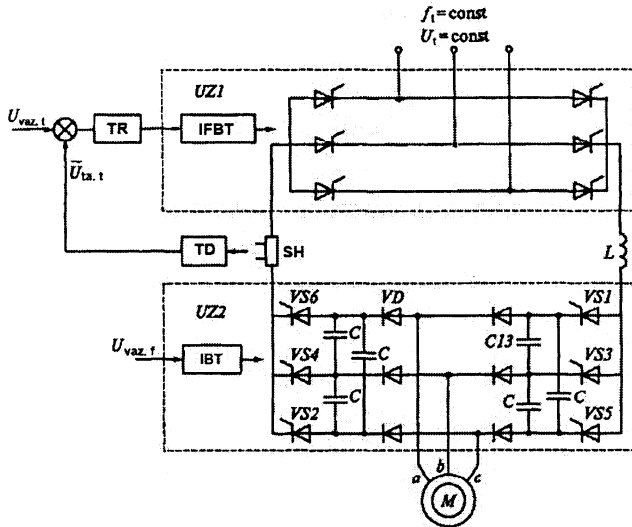
O'zgarmas tok oraliq bo'g'in kuchlanishi (yoki tok) kattaligini rostlash boshqariluvchi to'g'irlagich UZ1 orqali amalga oshiriladi, yoki (kuchlanish inverterlarida) birlamchi bo'g'in sifatida boshqarilmaydigan to'g'irlagich ishlatiladi, kuchlanishni rostlash esa keng impulsli modullash usuli bilan inverter orqali amalga oshiriladi.

Birinchi holatda boshqarish funksiyalari aniq ajratilgan: to'g'irlagich tok va kuchlanish kattaligini boshqaradi, inverter esa o'zgartirgichning chiquvchi chastotasi kattaligini boshqaradi. Ikkinchi holatda har ikki vazifa inverter zimmasiga yuklatiladi.

Oraliq o'zgarmas tok bo'g'inli o'zgartirgichlarning eng asosiy qismlaridan biri filtrdir. Bu filtr ikki vazifani bajaradi: to'g'irlangan kuchlanish pulslanishini silliqlaydi hamda energiyani to'plash va uzatish uchun tuzilma sifatida ishlaydi. Bu tuzilma asinxron motor chulg'amlari va filtr orasidagi reaktiv quvvat almashinuvini tashkil qilish uchun kerak bo'ladi. O'zgartirgich

chiqishida yarim o'tkazgichli to'g'irlagich o'rnatilganligi sababli asinxron motor va tarmoq orasida quvvat almashinuvining iloji yo'q.

Elektr yuritmada ishlatiladigan avtonom inverter turidagi chastota o'zgartirgichlar chiqish chastotasini G_s ning bir necha bo'laklaridan tortib to yuzlab G_s gacha o'zgartirish imkonini beradi. Yuqori chegara inverter ventillarining ulash qobiliyatiga, quyi chegara esa chiqish kuchlanishi yoki tokning sifatiga bog'liq bo'ladi; tokning nosinusoidal shaklida past chastotalarda motor chulg'amlarida rotorning aylanish ravonligi buziladi.



6.11 - rasm. Tok avtonom inverterli chastotaviy elektr yuritmasi sxemasi

Motorning chastotali – tokli boshqaruvida tokning avtonom inverteri qo'llaniladi (6.11 - rasm) . bu inverterlarning alohida jixati o'zgarmas tok zanjirida baquvvat droselning (L induktiv filtri) borligi va inverterning ko'priqli sxemasida teskari diodlarning yo'qligi. Tiristorni ulash uchun ulovchi kondensatorlar (C) ishlatiladi. $VS1 \div VS6$ tiristorlarni qayta ulash o'sib boruvchi ketma – ketlikda amalga oshiriladi. Ulanish prinsipi quyidagicha bo'ladi (6.11- rasmga qarang). $VS1$ va $VS2$ tiristorlar ochiq bo'lsin. Tok motorning «A» va «C» fazalari bo'yicha o'tadi. C_{13}

kondensatori musbat zaryad bilan zaryadlangan. VS3 tiristoriga ochuvchi impulslar yuborilganda u ochiladi, va C_{13} - VS1 -VS3 - C_{13} yopiq kontur hosil bo'ladi. Bunda esa C_{13} kondensator qayta zaryadlanishi yuz beradi. Qayta zaryadlanish toki ta'sirida VS1 tiristori yopiladi, va tok VS3 tiristor orqali motor «B» va «C» fazalariga hamda VS2 tiristoriga o'ta boshlaydi. C_{13} kondensatori zaryadi ishorasi teskariga o'zgaradi. Undan keyin VS4 tiristori ochiladi va tok «C» fazadan «A» fazaga o'tadi (teskari yo'nalishda). Berilgan chastota davri vaqtida tiristorlarning 6 ta ulanishi sodir bo'ladi. Natijada motor statori chulg'amlaridan berilgan chastotali 3 fazali o'zgaruvchan tok o'ta boshlaydi.

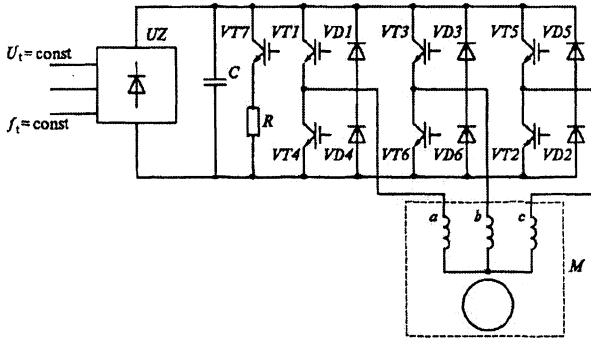
Tokning kattaligi RT tok rostlagichi orqali nazorat qilinadi. RT chiqish signaliga asosan tiristorlarni boshqarish burchagi o'zgartiriladi va UZ1 to'g'irlagich chiqishida to'g'irlangan kuchlanishning kerakli qiymati o'rnatiladi. O'zgartirgichning chiqish chastotasi inverter ventillari boshqaruv bloki (IBT) bilan berilgan kattalikda aniqlanadi.

Tok inverterining afzalliklari quyidagilardir: sxemaning nisbatan soddaligi, uni tiristorlarda ishlatish imkoni borligi, o'zgartirgichlarni katta quvvat va yuqori kuchlanishlarga ishlash imkoni borligi. Tok inverterli yuritmalarda rekuperativ tormozlanish rejimini qo'llash imkoni bor. Buning uchun o'zgarimas tok bo'g'inida tok yo'nalishini o'zgartirmasdan boshqaruvchi to'g'irlagich inverter rejimiga o'tkaziladi (α burchagi $\pi/2$ dan katta qiymatga qo'yiladi).

Tok inverterining kamchiligi stator chulg'amlaridagi tok shaklining nosinusoidaligi, shuningdek, bir nechta motorlarni bitta o'zgartirgichdan ta'minlashning iloji yo'qligi. $f_1 < 5$ Gs bo'lganda tok shaklining nosinusoidal bo'lishi rotorning notekis aylanishiga sabab bo'ladi bu esa 6.11 sxemada tezlikni rostlash diapazonini cheklab qo'yadi.

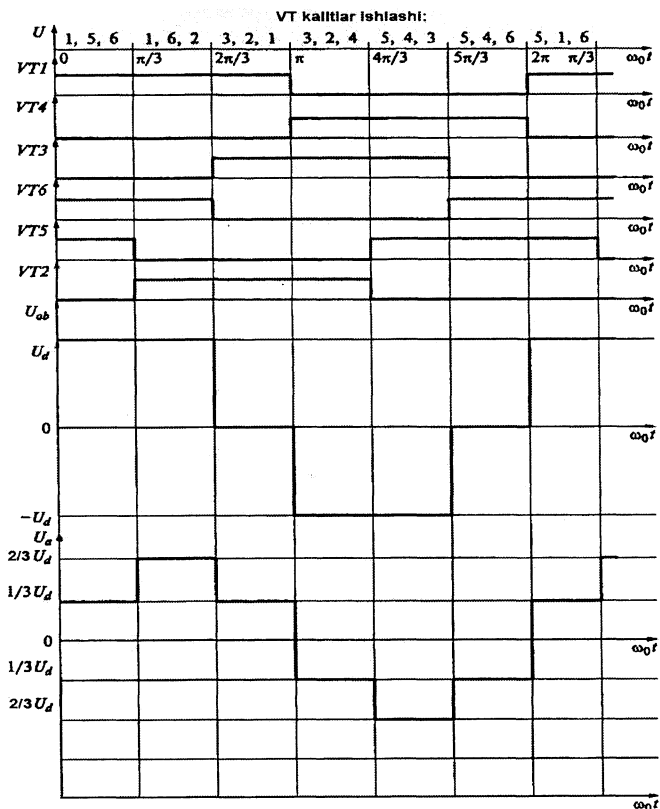
Hozirgi paytda o'zgartirgichlarning aksariyat qismi avtonom kuchlanish inverteri sxemasi bo'yicha tayyorlanmoqda. Bu esa to'liq boshqariluvchi kuchli yarim o'tkazgichli uskunalar- IGBT - tranzistorlar va yopiluvchi tiristorlar ning paydo bo'lishi bilan bog'liqdir. To'liq boshqaruvchi uskunalardagi kuchlanish inverterli elektr yuritmaning andozaviy sxemasi 6.12 - rasmda keltirilgan. Uning

alohida jixati VS1 -VS6 teskari diodlarning borligi va filtr – kondensatori (s) ning borligi.



6.12 - rasm. Tranzistorli kuchlanishi inverterli chastotaviy asinxron elektr yuritma sxemasi

Har bir vaqt paytida anodli va katodli guruhlarda bittadan ventili ishlaydigan tok inverterlaridan farqli ravishda kuchlanish inverterlarida bir vaqtda bir guruhda 2 ta ikkinchi guruhda bitta ventilning ishlashi maqsadga muvofiq. Bunda har bir ventilning ishlash vaqti π ni tashkil qiladi. Aytaylik qaysidir vaqtda VT1, VT2 va VT6 tranzistorli kalitlar ishlayapti. Unda tok motorning har uchala fazasidan o'tadi va u kuchlanishning 2/3 qismi «A» fazaga va parallel ulangan «B» va «C» fazaga qo'yiladi (6.13- rasmga qarang). VT6 kalit yopilishi bilan va VT3 kalitining yoqilishi bilan «B» fazadagi tok birdaniga o'zgarolmaydi va VD3 diodi orqali C kondensatorga tutashadi. Bu bilan motor chulg'amlari va C kondensator orasidagi reaktiv quvvat aylanmasi ta'minlanadi. VT4 kaliti yoqilgandan keyin tok parallel ulangan «A», «C» fazalari va «B» faza orqali oqib o'tadi. Motor chulg'amiga qo'yiladigan chiziqli faza kuchlanishi 6.13 - rasmda ko'rsatilgan shaklga ega bo'ladi.



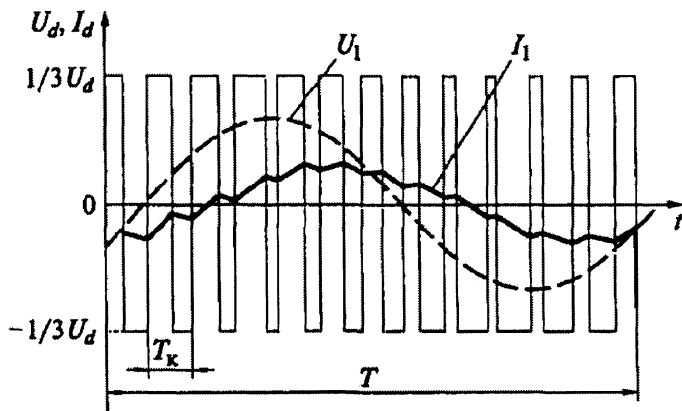
6.13 - rasm. 1- 6 – kalitlar ishlashi diagrammasi hamda liniya va faza kuchlanishi egri chiziqlari

Kerakli chiqish chastotasi inverter ventillarini qayta ulanish chastotasi bilan aniqlanadi va chastotani roslash kanali orqali beriladi. Chiqish kuchlanishini roslash ikki xil usul bilan bajariladi:

1. Inverter kirishida boshqariladigan to'g'irlagichni qo'llash bilan, uning yordamida U_d kattaligi roslanadi;
2. Kengli – impulsli roslash usulini qo'llash yo'li bilan (inverter ventillari yordamida); bu holatda kiruvchi to'g'irlagich boshqarilmaydigan bo'lishi mumkin.

Birinchi usul ikkita kamchilikka ega: chiqish kuchlanishining pog'onali shaklga egaligi (6.13 - rasimga qarang) va o'zgartirgich quvvat koeffitsientining pastligi.

Ikkinchi usul zamonaviyroq hisoblanadi. Rostlashning keng impulsli usulida davr uchun nafaqat kuchlanishning o'rtacha qiymatini rostlash, balki chiqish kuchlanishi shaklini taxrir qilish (o'zgartirish) mumkin. Bunday rostlash keng – impulsli modullashtirish (KIM) deyiladi. U o'z navbatida keng – impulsli rostlash prinsipiga asoslangan (5.4 BOB). Sinusoidal kuchlanishni keng impulsli modullash prinsipi 6.14 - rasmda berilgan.



6.14 - rasm. Kuchlanish avtonom invertorining faza kuchlanishi va tokini keng – impulsli modullash prinsipi. (U_n va i_1 – faza kuchlanishlari va stator toki)

Qo'sh qutbli ulanish uchun

$$U_n = \frac{U_d}{2} (2\gamma - 1),$$

Sinusoidal qonun bo'yicha chuqurlikni uzluksiz rostlab,

$\gamma = \frac{1}{2} (U_{1*} \sin(2\pi \cdot f_{1j} t) + 1)$ sinusoida bo'yicha o'zgaradigan o'rtacha faza kuchlanishini olishimiz mumkin.

Boshqaruv tizimi yordamida U_{1*} amplitudani va $\omega_{1*} = 2\pi \cdot f_{1j}$ burchak chastotani o'zgartirib, o'zgartirgich chiqish kuchlanishi qiymatini va chastotani rostlashni bajarish mumkin.

Asinxron motorni rekuperativ tormozlash uchun kuchlanish inverterini ishlatganda chiqishda ikki guruh ventilli reversli o'zgartirgich o'rnatilishi kerak. Bu esa o'zgartirgich sxemasini murakkablashtiradi va uning ishonchliligini kamaytiradi. Shuning uchun kuchlanish inverterlarida odatda R razryad qarshiliklari nazarda tutiladi (6.12 - rasimga qarang). Bu qarshilik esa tormozlash rejimiga VT7 tranzistori bilan ulanadi va unga tormozlanish energiyasi singadi.

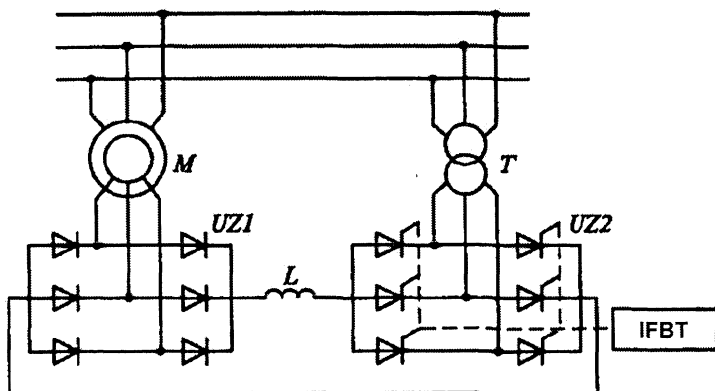
Avtonom tok va kuchlanish inverterli o'zgartirgichlarning turli xillari mavjud, ular boshqa o'zgartirgich texnikasi bo'yicha adabiyotlarda ko'rib chiqiladi.

6.5. Asinxron ventilli kaskadlar va ikki tomonlama ta'minotli motorlar.

Asinxron motor tezligini ventilli kaskad va ikki tomonlama ta'minot sxemalari bo'yicha rostlash motor elektrmagnit maydoni aylanish tezligi doimiy bo'lganda uning sirpanishini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Motor statori chulg'amlari bevosita iste'mol tarmog'iga ulanadi. Bu sxemaning asosiy maqsadi – rotor zanjiriga ko'chadigan sirpanish quvvatini foydali ishlatish. Bu maqsadda asinxron fazali motor rotor zanjiriga qo'shimcha E.YU.K. kiritiladi.

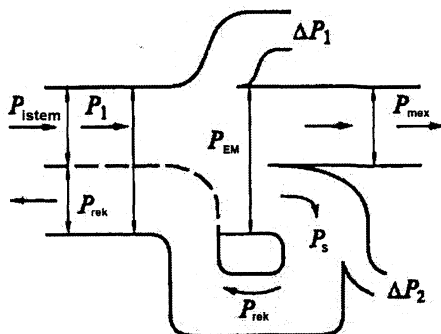
Sirpanish energiyasidan unumli foydalanish muammosi shundaki, rotor E.YU.K. E_2 va unga mos ravishdagi rotor toki I_2 sirpanishiga bog'liq bo'lgan o'zgaruvchan chastotaga ega (3.2. bobga qarang). Ventilli kaskad sxemalarida (6.15 - rasm) faza rotorli asinxron motor rotor toki UD1 boshqarilmaydigan to'g'irlagich yordamida to'g'irlanadi va rotorning to'g'irlangan tok zanjiriga o'zgaras tok E.YU.K. ga qarshi qo'shimcha US2 inverter E.YU.K. i kiritiladi.

Transformator motor rotori kuchlanishi va tarmoq kuchlanishini moslashtirish uchun xizmat qiladi.



6.15 - rasm. Asinxron ventili kaskadning prinsipl sxemasi.

Shunday qilib, sirpanish energiyasi rotor chulg'amida induksiyalanib, o'zgarmas tok energiyasiga aylanadi va iste'mol tarmog'iga inverterlanadi. Energiyaning bunday ko'rinishidagi o'zgarishi sababli bu tizimlar kaskad nomini olgan. Kaskadli sxema bo'yicha energiyaning o'zgarishi energetik diagrammasi 6.16 - rasmda ko'rsatilgan.



6.16 - rasm. Asinxron ventili kaskadning energetik diagrammasi.

Tarmoqdan motor statori zanjiri bo'yicha olinadigan quvvat P_1 , statoridagi ΔP_1 yo'qotishlarni olib tashlaganda, magnit maydoni aylanishining quvvatiga, ya'ni elektrmagnit quvvat P_{em} , ga o'zgaradi. Elektrmagnit quvvat ikki qismga bo'linadi: asinxron motor valiga sarflanadigan mexanik quvvatga (P_{mex}) va motor rotoriga ko'chadigan elektrik quvvatga, ya'ni sirpanish quvvatiga (P_s), sirpanish quvvati, motor rotoridagi to'g'irlagichdagi, invertordagi va inverter transformatori yo'qotishlarini chiqarib tashlaganda, iste'mol tarmog'iga qaytariladi (P_{rek}). Shunday qilib, umumlashtirilgan, yuritmaning tarmoqdan iste'mol qiladigan quvvati P_{istem} . Quyidagi ayirmaga teng bo'ladi. $P_1 - P_{rek}$.

Bu ventilli ksakadning F.I.K. yuqori ekanligini ko'rsatadi.

Rotor tokini to'g'irlanganidan keyingi sirpanish quvvati quyidagiga teng bo'ladi:

$$P_s = (k_{sx} \cdot E_{rn} s - \Delta U_\gamma) I_{dp}, \quad (6.16)$$

Buyerda, s – sirpanish.

E_{rn} – rotorning nominal ($s = 1$ da) chiziqli E.YU.K.i

I_{dp} – rotorning to'g'irlangan toki.

$k_{sx} = 1,35$ ko'priqli to'g'irlagich sxemasi koeffitsienti.

ΔU_γ – to'g'irlagich ventiling ulanish shartlari bo'yicha kuchlanish pasayishi.

$$\Delta U_\gamma = \frac{k_{sx} I_{dp} x_p s}{\sqrt{2}}. \quad (6.17)$$

Bu yerda, $x_r = x_k / k_T^2$ – rotor chulg'amiga keltirilgan, asinxron motor fazasining singdirish (tarqalish) induktiv qarshiligi.

(6.17) ni (6.16) ga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz.

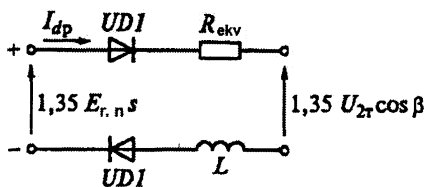
$$P_s = 1,35 s \left(E_{rn} I_{dp} - \frac{I_{dp}^2 x_p}{\sqrt{2}} \right)$$

Asinxron motor momenti:

$$M = \frac{P_s}{\omega_o s} = \frac{1,35}{\omega_o} \left(E_{rn} I_{dp} - \frac{I_{dp}^2 x_p}{\sqrt{2}} \right) \quad (6.18)$$

Birinchi yaqinlashishda ($M \leq M_n$) moment rotorning to'g'irlangan tokiga (I_d) proporsional deyishimiz mumkin. Momentning katta qiymatlarida bu proporsionallik buziladi.

Rotorning to'g'irlangan toki kattaligi rotorning to'g'irlangan E.YU.K.i bilan (E_{dp}), inverter E.YU.K.i (E_{di})ning ayirmasining zanjir qarshiligiga (R_{ekv}) bo'linmasiga teng (6.17 - rasmga qarang).



6.17 - rasm. Asinxron ventili kaskadning rotor zanjirining almashtirish sxemasi

$$I_{dp} = \frac{E_{dp} - E_{di}}{R_{ekv}}, \quad (6.19)$$

$$I_{dp} = \frac{1,35 E_{rn.s} - 1,35 U_{2T} \cos \beta}{R_{ekv}}, \quad (6.20)$$

Bu yerda, U_{2T} - transformator ikkilamchi chulg'ami chiziqli kuchlanishi.

β - inverter ventilining boshqarish burchagi.

$$\beta = \pi - \alpha; \quad (\alpha \geq \frac{\pi}{2})$$

$$R_{ekv} = 2r_2 + r_d + 2r_{2T} + \frac{3x_{ps}}{\pi} + \frac{3x_T}{\pi}.$$

$\frac{3x_{ps}}{\pi}$ va $\frac{3x_T}{\pi}$ - to'g'irlagich va inverter ventillarining ulanishida hosil bo'ladigan ekvivalent qarshiliklar.

x_T - ikkilamchi chulg'amga keltirilgan, transformator fazasining qarshiligi.

Inverter ventillarining boshqaruv burchagi β ni rostlash yo'li bilan rotor toki kattaligini rostlash mumkin, oqibatda asinxron motor momenti ham rostlanadi.

Agar, $E_{rn} s = U_{2T} \cos \beta$ bo'lsa, unda rotor toki va moment nolga teng bo'ladi. Bu shartga mos keladigan sirpanish s_0 , ventilli kaskad sxemasi bo'yicha motorning erkin aylanish sirpanishi bo'ladi.

$$s_0 = \frac{U_{2T}}{E_{rn}} \cdot \cos \beta = \varepsilon \cdot \cos \beta \quad (6.21)$$

Shunday qilib, β boshqarish burchagini o'zgartirib, motor erkin aylanish tezligini rostdlash mumkin.

Erkin aylanishdagi sirpanishning maksimal qiymatini invertorning qarama – qarshi E.YU.K. maksimal qiymati bilan aniqlash mumkin,

$\beta = \beta_{min} \approx 15^\circ$ bo'lganda u quyidagiga teng bo'ladi:

$$S_{0 \text{ maks}} = \frac{U_{2T}}{E_{rn}} \cdot \cos \beta_{min} = \varepsilon \cdot \cos \beta_{min} \quad (6.22)$$

(6.20) tenglamani (6.21) ni inobatga olib o'zgartirsak, quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$I_{dp} = \frac{1.35 E_{rn}}{R_{\theta kv}} (s - s_0) \quad (6.23)$$

(6.23) va (6.18) tenglamalarni birga yechib ventilli kaskad uchun mexanik xarakteristikalar ifodasini topamiz:

$$M = \frac{6 E_{rn}^2}{\pi \omega_0 x_r} \left[\frac{s - s_0}{s + p} - \left(\frac{s - s_0}{s + p} \right)^2 \right] \quad (6.24)$$

Yoki quyidagilarni belgilab:

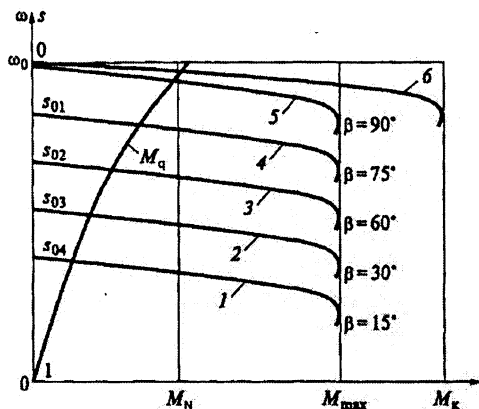
$$\frac{s - s_0}{s + p} = A_s \text{ va } \lambda = \frac{M_k}{M_n} \text{ hosil qilamiz.}$$

$$M = 3,82 \lambda (A_s - A_s^2), \quad (6.25)$$

bu yerda

$$\rho = \frac{R_{\theta kv}}{x_r}; \quad M = \frac{3 E_{rn}^2}{2 \omega_0 x_r}.$$

Ventilli kaskad mexanik xarakteristikalari 6.18 - rasmda keltirilgan.



6.18- rasm. Ventilli kaskad sxema bo'yicha asinxron motorning mexanik xarakteristikalari

Mexanik xarakteristikalar nisbatan yuqori bikirlikka ega (asinxron motorning tabiiy mexanik xarakteristikasining bikirligidan tahminan 2 barobar kam) va invertorning qarshi E.YU.K. oshib borishi bilan ordinata o'qi yo'nalishi bo'ylab bir – biriga parallel ravishda siljib boradi. (6.24) va (6.25) tenglamalar mexanik xarakteristikalarni momentning qiymati $0,72 M_k$ bo'lgunga qadar xisoblash imkonini beradi. Buning asosiy sababi rotor tokining nosinusoidaligi, kaskad sxemada motorning kritik momentiga erishilmaydi va maksimal moment $M_{maks} = 0,83 M_k$ ga teng bo'ladi, ya'ni kaskad sxemada asinxron motorning zo'riqish qobiliyati 17% kamayib ketadi.

Ko'rilayotgan sxemada tezlikni roslash prinsipi quyidagicha. Agar boshqaruv burchagini $\beta = 90^\circ$ qilib o'rnatilsa, unda invertorning qarshi E.YU.K. E_{di} nolga teng bo'ladi. Bu shartga mexanik xarakteristikaning yuqori chizig'i mos keladi. Agar motor valida M_q statik moment bo'lganda β burchak kamaytirsak (masalan $\beta = 60^\circ$ bo'lsa), unda invertorning qarshi E.YU.K. E_{dr} dan katta bo'ladi. Rotor toki nolgacha tushadi (to'g'irlagichning bir tomonlama o'tkazuvchanligi hisobiga tok orqaga o'ta olmaydi). Motor momenti nolga teng bo'ladi va statik moment ta'sirida motor tezligi kamaya boshlaydi, natijada sirpanish ortib boradi.

Sirpanish ortib borishi bilan rotorning E.YU.K. oshadi. Sirpanish S_{02} qiymatdan katta bo'lganda rotor zanjiridan tok o'ta boshlaydi va motor S_{02} ga mos keladigan mexanik xarakteristikalar bilan ishlay boshlaydi. Motor tezligi berilgan mexanik xarakteristika bilan statik moment chizig'i bilan kesishish nuqtasida aniqlanadi. Undan keyin tezlikni kamaytirish uchun invertorning qarshi E.YU.K.ni yana oshirish kerak, ya'ni β burchakni kamaytirish kerak.

Motor tezligini oshirish uchun invertorning qarshi E.YU.K. E_{di} kamaytiriladi, bunda rotor toki ortadi, moment kattalashadi va motor tezlanish oladi. Tezlik oshib borish bilan rotorning to'g'rilangan E.YU.K. kamayadi, Shuningdek motorning toki va moment ham kamayadi. Motorning tezlanishi motor momenti qiymatigacha kamaygunga qadar davom etadi.

Tezlikni rostdash imkoni chuqurligi transformator kuchlanishi U_{2T} nisbiy qiymati bilan aniqlanadi. Bu kattalikka esa maksimal sirpanish $S_{0\ maks}$ bevosita bog'liq bo'ladi (6.22 formula).

Bu sharoit ventilli kaskadlarni asosan ventilyatorsimon yuklangan mexanizmlar yuritmalarida qo'llashni tavsiya etadi. Bunday yuritmalarda odatda tezlikni 50% dan kamaytirish zarurati bo'lmaydi. Undan transformator va inverter quvvati asinxron motor quvvatiga nisbatan 2 barobar kam olinishi mumkin. Bu esa elektr yuritmaning arzonlashishiga olib keladi.

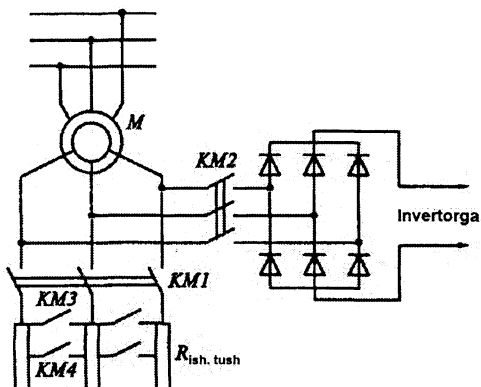
Inverter transformatorining talab qilingan quvvati taxminan quyidagi munosabat bilan aniqlanadi

$$S_{tr} = \frac{P_{dv} S_{maks}}{0.965 \eta_{dv}}$$

ya'ni, motor quvvatining maksimal sirpanishiga proporsional bo'lgan qismiga teng bo'ladi. Kaskad sxemasida tezlikni to'liqsiz diapazonda rostlaganda motorni eng past tezlikda yurgazish vazifasi turadi. Odatda bunday hollarda reostatli yurgazish sxemasidan foydalaniladi.

Shunday sxemadan biri 6.19 - rasmda ko'rsatilgan. Bu sxemada motor KM1 kontaktori ulangan holatda va KM2 kontaktor o'chirilgan holatda tezlanish oladi. Motor reostatli yurgazish sxemasida ishlaydi. Motor ω_0 ($I - S_{0\ maks}$) dan katta

tezlikka o'tganda KM2 kontaktori ulanadi va KM1 kontaktor uziladi va motor ventilli kaskad sxemasi bo'yicha ishlay boshlaydi.

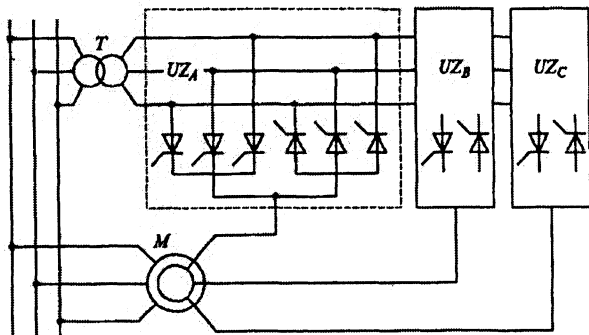


6.19 - rasm. Ventilli kaskadni yurgazish sxemasi

6.5.1. IKKI TA'MINOTLI MOTORLAR.

Ventili kaskad sxemalarida sirpanish energiyasi oqimi faqat bir tomonga yo'naltirilgan edi, ya'ni motor rotoridan invertorga, undan keyin iste'mol tarmog'iga. Ventili kaskad sxemasidan farqli ravishda ikki ta'minotli motorlar sxemasida rotor zanjiriga o'zgartirgich ham kiritiladi (6.20 - rasm). Bu o'zgartirgich energiyasining ikki tomonlama almashinuvini ta'minlaydi, ya'ni motor rotoridan iste'mol tarmog'iga, shuningdek, tarmoqdan asinxron motor rotori chulg'amiga. Bunday o'zgartirgich sifatida bevosita bog'lanishli chastota o'zgartirgichlari xizmat qiladi. Bunda rotor zanjiriga kiritiladigan qo'shimcha E.YU.K. rotor E.YU.K. ga qarshi yo'naltirilishi mumkin. Bu yo'nalish to'g'ri yoki qandaydir $(\pi - \delta)$ burchak ostida bo'lishi mumkin. Umumiy holatda

$$\dot{U}_{qosh} = U_{qosh} e^{j(\pi - \delta)}$$



6.20 - rasm. Ikki ta'minotli motorning prinsipial sxemasi

Rotor toki rotor konturidagi kuchlanishlar muvozanati tenglamasidan aniqlanadi:

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_2 + \dot{U}_{qosh}}{z_2} = \frac{E_{2n}s}{z_2} e^{-j\varphi_2} + \frac{U_{qosh}}{z_2} e^{(\pi - \delta - \varphi_2)}$$

Rotor tokining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari quyidagiga teng bo'ladi:

$$I_{2a} = \frac{E_{2n}}{z_2} \left[s \cdot \cos \varphi_2 - \frac{U_{qosh}}{E_{2n}} \cos(\delta + \varphi_2) \right], \quad (6.26)$$

$$I_{2r} = \frac{E_{2n}}{z_2} \left[s \cdot \sin \varphi_2 - \frac{U_{qosh}}{E_{2n}} \sin(\delta + \varphi_2) \right].$$

Bu formulada E_2 va E_{2n} – rotorning joriy va nominal ($s = 1$ da) E.YU.K. lari;

$$z_2 = \sqrt{r_2^2 + (x_2 s)^2}; \quad \varphi_2 = \arccos \frac{r_2}{z_2}.$$

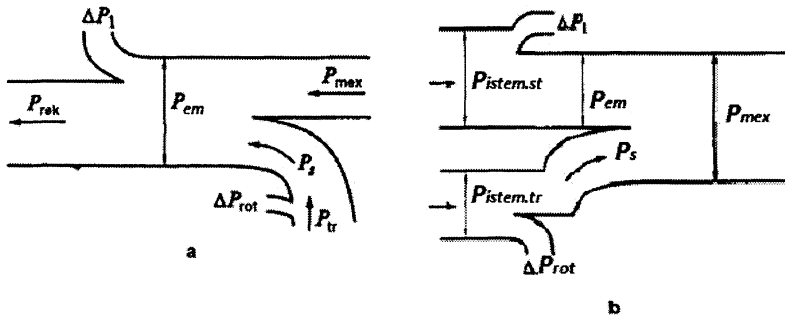
Rotor tokining aktiv tashkil etuvchisi motor momenti M ni va mexanik quvvatini aniqlaydi.

$$P_{mex} = M\omega_0 (1 - s).$$

Rotor tokining reaktiv tashkil etuvchisi esa motor statori va rotor zanjirida aylanadigan reaktiv quvvatni aniqlaydi.

$$s_{\theta} = \frac{U_{qosh}}{E_{2n}} (\cos \delta - \sin \delta \cdot tg \varphi_2). \quad (6.27)$$

(6.26) va (6.27) tengliklar shuni ko'rsatadiki, qo'shimcha kuchlanish \dot{U}_{qosh} qiymati vazifasini rostdash yo'li bilan motorning aktiv va reaktiv quvvatlarini ham rostdash mumkin. Bundan yana shu narsa ko'rinadiki, U_2 hamda δ ning ma'lum qiymatlarida rotor tokining aktiv tashkil etuvchisi manfiy bo'lishi mumkin (sirpanish musbat bo'lganda $s > 0$) va musbat bo'lishi mumkin (sirpanish manfiy bo'lganda $s < 0$). Bu shuni ko'rsatadiki, asinxron motor ikki ta'minotli bo'lganda, u o'zining oddiy sxemadagi holatiga mos kelmaydigan rejimlarda ham ishlashi mumkin. Ular tezligi sinxron tezlikdan past bo'lgandagi rejimi hamda sinxron tezlikdan katta bo'lganda harakat rejimi. 6.21 a - rasmda bu rejimlarning energetik diagrammalari keltirilgan.



6.21 - rasm. Ikki ta'minotli motorning energetik diagrammasi.

- a) tezlik sinxron tezlikdan kam bo'lgandagi generatorli tormozlanish rejimi.
 b) tezligi sinxron tezlikdan yuqori bo'lgandagi harakat rejimi.

Generatorli tormozlanish rejimida energiya oqimining yo'nalishi (tezligi sinxron tezlikdan past bo'lganda) 6.16 - rasmda ko'rsatilgan harakat rejimidagi yo'nalishga teskari yo'nalishda bo'ladi.

Ko'rilayotgan misolda tormozlanish quvvati P_{mex} elektromagnit quvvatini P_{em} , hosil qilish uchun etarli bo'lmaydi. Shuning uchun tarmoqdan transformator va rotor o'zgartirgichi orqali yetishmovchi, sirpanishga proporsional bo'lgan

quvvat $P_s = M\omega_0 \cdot s$ olinadi va motor rotoriga yo'naltiriladi. Valdan keladigan mexanik quvvat va sirpanish quvvati yig'indisi iste'mol tarmog'iga rekuperatsiya qilinadigan elektromagnit quvvatni tashkil qiladi.

$$P_{mex} + P_s = M\omega = P_{em}.$$

Tarmoqqa beriladigan quvvat stator zanjiri bo'yicha beriladigan quvvat bilan transformator tomonidan olinadigan quvvatning farqiga teng bo'ladi.

$$P_{ber.} = P_{rek} - P_{tr}.$$

Tezligi sinxron tezlikdan yuqori bo'lganda harakat rejimidagi motorning rotor zanjiriga tarmoqdan, transformator tarafidan olinadigan sirpanish quvvati qo'shiladi. Bu quvvatlarning yig'indisi motor validagi mexanik quvvatga aylanadi va tezligi sinxron tezlikdan yuqori bo'lganda motorning M momenti bilan ishlashini ta'minlaydi.

$$P_{istem.st} + P_{istem.tr} - (\Delta P_l + \Delta P_{rot}) = M\omega_0 (1 + |s|) = P_{mex}.$$

Bu holatda sirpanish manfiy qiymatga ega bo'lishiga qaramay motorda xarakat momenti vujudga keladi.

Har ikkala ish rejimlarida ham chastota o'zgartirgichi shunday ishlaydiki, unda energiya transformatoridan motor rotoriga tushadi, ya'ni motor ham stator tarafdan ham rotor tarafdan ta'minlanadi.

E.YU.K. ning va rotor tokining chastotasi f_2 motor sirpanishi bilan aniqlanganligi uchun $f_2 = f_1 \cdot s$ rotor zanjiriga kiritiladigan E.YU.K. U_{qosh} chastotasi ham rotor E.YU.K. chastotasi bilan mos tushishi kerak va motor sirpanishi o'zgarishi bilan o'zgarishi kerak.

Tezlikni rostlashning maksimal diapazoni sinxron tezlikdan pastga va yuqoriga qiymati ikki parametr bilan aniqlanadi - f_2 chastotaning maksimal

iloji bor qiymati bilan va rotor zanjirini ta'minlash uchun xizmat qiladigan $U_{qosh.maks}$ maksimal kuchlanish qiymati bilan. Shunda tezlikni rostlashning maksimal diapazoni quyidagiga teng bo'ladi.

$$D = \frac{\omega_{maks}}{\omega_{min}} = \frac{1 + s_{0maks}}{1 - s_{0min}}$$

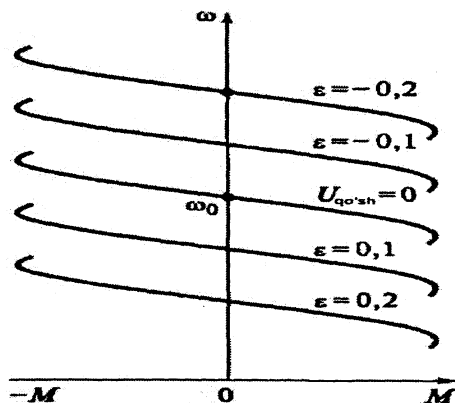
Maksimal sirpanishning absolyut qiymati esa

$$|s_{0maks}| = \frac{U_{qosh}}{E_{2n}}$$

Bevosita bog'langan chastota o'zgartirgichi odatda 20 Gs atrofidagi chastotani rostlash uchun mo'ljallangan bo'ladi (tarmoq chastotasi 50 Gs). Bunga mos keladigan maksimal sirpanish $|s_{0maks}| = 0,4$ bo'ladi, shunga ko'ra ikki ta'minotli motor tezligini rostlash maksimal diapazoni quyidagicha bo'ladi:

$$D = 1,4\omega_0 / 0,6\omega_0 \approx 2,3 : 1.$$

Ikki ta'minotli motor sxemasida tezlikni qo'shimcha E.YU.K.ning nisbiy qiymati $\varepsilon = U_{qosh} / E_{2n}$ ni ishorasi va kattaligini o'zgartirish bilan amalga oshiriladi. Bunda o'zgartirgich chiqishidagi chastota avtomatik tarzda rotor tokining chastotasiga tenglashtirib turiladi. $\varepsilon = 0,2$ bo'lgandagi ikki ta'minotli motorning mexanik xarakteristikalari 6.22 - rasmda keltirilgan. Ishchi tezlikning minimal qiymatigacha motorni yurgazish ventilli kaskad sxemasidagi kabi amalga oshiriladi. (6.19 - rasmga qarang).



6.22- rasm. Ikki ta'minotli motorning mexanik xarakteristikalari

Ventilli kaskad va ikki ta'minotli motor sxemalarining asosiy afzalligi berilgan diapazonda tezlikni saqlashdagi yuqori F.I.K. ning saqlanib qolishidir. Odatda rostlanadigan asinxron motorlarning bu tizimlari rostlash diapazonining chegaralangan qiymatiga ega, ya'ni 2:1 gacha. Shuning uchun bu tizimlar asosan baquvvat (250 kW dan katta) turbomexanizmlar uchun (ventilyatorlar, nasoslar) ishlatiladi.

6.6. Ventilli motor.

Ventilli motor deganda sinxron mashina konstruksiyasiga o'xshash o'zgaruvchan tok motori, ventilli o'zgartirgich va motor rotor holatiga elektrmotor chulg'ami zanjirlarni ulash uchun xizmat qiladigan boshqaruv tizimlaridan tashkil topgan rostlanadigan elektr yuritma tizimi tushuniladi.

Bu ma'noda ventilli motor o'zgarmas tok motoriga o'xshash bo'ladi. Unda kollektorli kommutator yordamida qo'zg'atish qutblari ostida yotgan yakor chulg'amining o'rami ulanadi.

O'zgarmas tok motorlarning bir qancha jiddiy kamchiliklari mavjud, ayniqsa cho'tka – kollektorli apparatining mavjudligi qator noqulayliklarni keltirib chiqaradi.

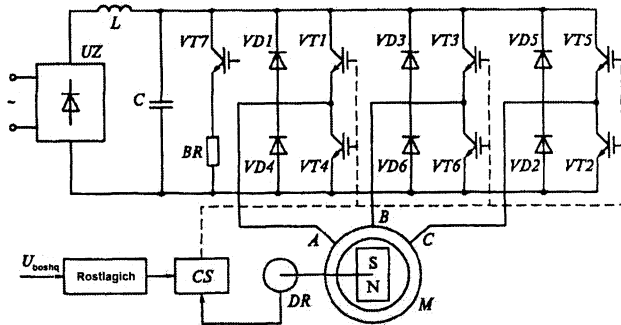
1. Kollektor apparatining ishonchsizligi, va davriy ravishda ta'mir talabligi.

2. Yakordagi kuchlanishi qiymatining va oqibatda o'zgarmas tok motori quvvatining cheklanganligi. Bu esa ularni katta quvvatli yuqori tezlikli yuritmalarda qo'llashni cheklaydi.
3. O'zgarmas tok motorlari zo'riqish qobiliyatining va yakor tokini o'zgartirish tempining cheklanganligi. Bu esa yuqori dinamik elektr yuritmalar uchun salbiy ta'sir etadi.

Ventilli motorda yuqorida sanalgan kamchiliklar bo'lmaydi, chunki bu yerda cho'tka – kontaktorli kommutator kontaktsiz kommutatorga almashtirilgan va katta quvvatli yuritmalar uchun ularning tiristorli turlari kichik quvvatli yuritmalar uchun (200 kW gacha) tranzistorli turlari ishlatiladi. Shunga binoan konstruksiyasi sinxron mashina bazasida yaratilgan ventilli motorlarni ko'pincha kontaktsiz o'zgarmas tok motorlari deyiladi. Ventilli motor boshqarilishi bo'yicha ham o'zgarmas tok motorlariga o'xshash, ya'ni uning tezligi beriladigan o'zgarmas kuchlanish qiymatini o'zgartirish bilan rostlanadi. Rostlash sifatlarining yaxshiligi ventilli motorlarni turli mashina va mexanizmlarning yuritmalarida keng ko'lamda ishlatish imkonini beradi.

6.6.1. Tranzistorli kommutator doimiy magnitli ventilli motor sxemasi bo'yicha elektr yuritma.

Ko'rilayotgan tipdagi ventilli motor rotorida doimiy magnit bo'lgan uch fazali sinxron mashina bazasida yaratilgan. Statorning uch fazali chulg'amlari o'zgarmas tok bilan ta'minlanadi, u ikki ketma – ket birlashtirilgan faza chulg'amlariga navbatma – navbat uzatiladi. Chulg'amlarni qayta ulash uch fazali ko'priqli sxemada bajarilgan tranzistorli kommutator orqali amalga oshiriladi. Tranzistorli kalitlar motor rotorining holatiga qarab ochilib – yopiladi. Ventilli motor sxemasi 6.23 - rasmda ko'rsatilgan.



6.23 - rasm. Tranzistorli kommutatorli ventilli motor sxemasi

Motor hosil qiladigan moment ikki oqimning o'zaro ta'siri bilan aniqlanadi: stator chulg'amlaridagi tok bilan stator maydoni Φ_1 va yuqori energetikli doimiy magnit bilan rotorda hosil qilinadigan maydon Φ_2 .

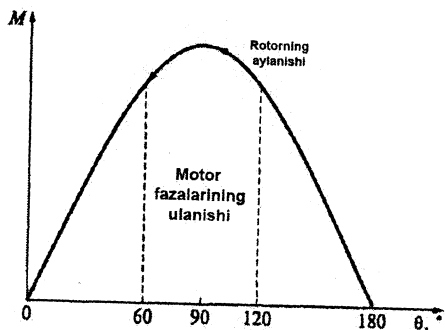
$$M = k \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_2 \cdot \sin\left(\frac{\theta}{P_n}\right), \quad (6.27)$$

bu yerda, θ - rotor va stator oqimlari vektorlari orasidagi fazoviy burchak.

P_n – qutb juftliklari soni.

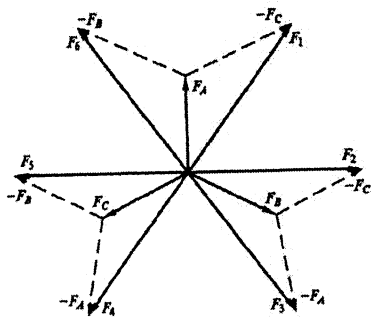
Statorning magnit oqimi doimiy magnitli rotorni uning oqimi stator oqimi yo'nalishi bilan bir xil bo'lishiga intilib burishga xarakat qiladi.

Rotor valida hosil qilinadigan eng katta moment oqim vektorlari orasidagi burchak 90° bo'lganda yuzaga keladi va oqim vektori oralig'i (burchagi) kichiklashgani sari moment ham nolgacha pasayib boradi. Bu munosabat 6.24 - rasmda ko'rsatilgan.

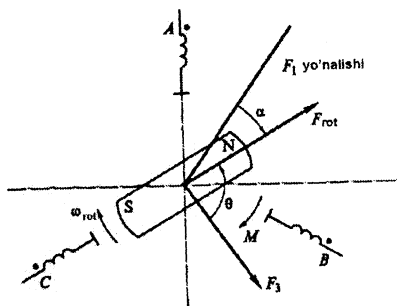


6.24 - rasm. Motor momentining rotor va stator oqimlari vektorlari orasidagi burchakka bog‘liqligi ($P_n = 1$ bo‘lganda).

Harakat rejimiga ($R_n = 1$ bo‘lganda) mos keladigan vektorlar oqimining fazoviy diagrammasini ko‘rib chiqamiz. Aytaylik ushbu paytda VT3 va VT4 tranzistorlar yoqilgan bo‘lsin (6.23 - rasmdagi sxemaga qarang). Unda tok B fazasi chulg‘ami orqali o‘tadi va teskari yo‘nalishda A fazasi chulg‘ami orqali o‘tadi. Stator magnit xarakat kuchi umumlashtiruvchi vektori fazada F_3 holatini egallaydi (6.25 - rasimga qarang). Agar bu paytda rotor 6.26 - rasmda ko‘rsatilgan holatni egallasa, unda motor (6.27) ga asosan maksimal moment qiymatini oladi, uning ta‘sirida esa rotor soat strelkasi yo‘nalishi bo‘yicha buriladi. θ burchakning kamayishi bilan moment ham kamayib boradi. Rotor 30° ga burilganda, 6.24 - rasmdagi grafikka asosan motor fazalaridagi tokni statorning magnit harakat kuchi umumlashgan vektori F_4 holatni egallaydigan qilib qayta ulanadi. (6.25 - rasimga qarang). Buning uchun VT3 tranzistori o‘chirilib VT5 tranzistori yoqilishi kerak. Undan keyin tranzistorlarni tartib raqamlari oshib borish ketma – ketligida o‘chirib – yoqib boriladi.



6.25 - rasm. Motor fazalarini qayta ulashda stator magnet harakat kuchining fazoviy diagrammasi



6.26 - rasm. Harakat rejimidagi oqimlarning fazoviy diagrammasi

Fazalarni DR rotor holati datchigi orqali boshqariladigan VT1 –VT6 tranzistorli kommutator qayta ulaydi; bunda θ burchak $90^0 \pm 30^0$ oraliqda ushlanadi, bu esa kamroq pulsatsiyali maksimal moment qiymatiga mos keladi. $R_n = 1$ bo'lganda rotor bir marta aylanganda 6 ta qayta ulanish amalga oshirishi kerak. Buning yordamida stator magnet ta'sir kuchlari to'liq bir marta aylanadi (6.25 - rasm). Qutb juftliklari soni birdan ko'p bo'lganda stator magnet ta'sir kuchlarining vektori va unga mos ravishda rotorning burilishi $360 / R_n$ gradusga teng bo'ladi.

Magnet qiymatini roslash stator magnet ta'sir kuchi kattaligini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi, ya'ni stator chulg'amidagi tok qiymatini o'zgartirish bilan.

$$I_1 = \frac{U_1 - E_{ya}}{2R_1}, \quad (6.28)$$

Bu yerda, R_1 – stator chulg'ami qarshiligi.

Motor oqimi doimiy bo'lgani uchun statorning ikki ketma – ket ulangan chulg'amlaridagi E.YU.K. E_{ya} rotor tezligiga proporsional bo'ladi. Stator zanjirlari uchun elektrik muvozanat tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$U_1 = kF_2 \cdot \omega + 2I_1 \cdot R_1 + 2L_1 \frac{dI_1}{dt}. \quad (6.29)$$

Bu yerda L_1 – stator chulg'ami induktivligi.

Kalitlar o'chirilganda stator chulg'amlaridagi tok birdan yo'q bo'lmaydi, balki teskari diodlar va filtrli kondensator C bilan tushadi.

Natijada, motor iste'mol kuchlanishini rostlash bilan stator toki va motor momentini rostlash mumkin bo'ladi:

$$M = k_M \Phi_2 I_1. \quad (6.30)$$

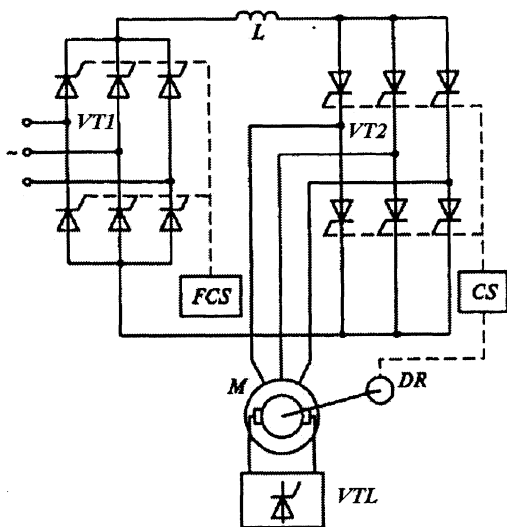
(6.28 – 6.30) ifodalar mos ravishdagi o'zgarmas tok motorlari ifodalariga mos kelishini ko'rish mumkin. Buning natijasida berilgan sxemadagi ventilli motorning mexanik xarakteristikallari $\Phi = \text{const}$ bo'lgandagi mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori mexanik xarakteristikallari singari bo'ladi.

Ko'rilayotgan sxemada ventilli motor iste'mol kuchlanishini o'zgartirish keng impulsli rostlash yo'li bilan amalga oshiriladi. VT1 – VT6 tranzistorlarning yoqilgan holati davrida R_{cg} rostlagich yordamida tranzistorlarning impuls chuqurligini o'zgartirish bilan motor statori chulg'amiga beriladigan kuchlanishning o'rtacha qiymatini rostlash mumkin.

Tormozlanish rejimini amalga oshirish uchun tranzistorli kommutator ishi algoritmini shunday o'zgartirish kerakki, unda stator magnitli xarakat kuchi vektori rotor oqimi vektoridan ortda qolsin. Buning uchun U_1 qiymatini $U_1 < E_{ya}$ gacha o'zgartirish kerak. Unda motor momenti manfiy bo'lib qoladi. O'zgartirgich kirishida boshqarilmaydigan to'g'rilagich o'rnatilgani uchun, ushbu sxemadagi tormozlanish energiyasini tarmoqqa rekuperatsiya qilishning iloji yo'q. Tormozlanishda filtr kondensatori C qisman zaryadlanadi. Kondensatorlardagi kuchlanishni cheklash razryadlash qarshiligini VT7 tranzistori orqali ulash yo'li bilan amalga oshiriladi. Shunday qilib tormozlanish energiyasi razryadlash qarshiligiga singdiriladi.

6.6.2. Tiristorli – kommutator sinxron motor tizimi bo'yicha elektr yuritma.

O'rta va katta quvvatli ventilli motorlarda odatda elektrmagnit qo'zg'atishli oddiy konstruksiyaga ega bo'lgan sinxron motorlar ishlatiladi. Katta quvvatli motorlar 6 kV yoki 10 kV kuchlanishga mo'ljallangan bo'ladi. Shuning uchun ventilli kommutator sifatida boshqariladigan to'g'irlagich VT1 va VT2 invertordan tashkil topgan tiristorli o'zgartirgich qo'llaniladi (6.27- rasmga qarang). Invertor kommutator vazifasini bajaradi va uning qayta ulanishi rotorning holat datchiklari DR orqali amalga oshiriladi. Tiristorlar yarim boshqaruvli bo'lganligi uchun ular boshqa elementlarga bog'liq bo'ladi va invertor motorda hosil bo'ladigan E.YU.K. hisobiga kommutatsiyalanadi (ulanadi). Bu E.YU.K. esa rotorning aylanadigan elektrmagnit maydonining stator chulg'amiga ta'sir etishidan yuzaga keladi. Invertor ventillarining ustivor ulanishini ta'minlash uchun ularning ochilish burchagini β burchakka tezatish (oldinatish) nazarda tutiladi. Bu burchak odatda 15° ni tashkil qilib, bunday burilish ventilli motor momentining bir muncha kamayishiga olib keladi $M = k\Phi_0 I_s \sin(\theta - \beta)$.



6.27 - rasm. Tiristorli kommutatorli motor sxemasi

Motorni qo'zg'atish VTL qo'zg'atgich orqali amalga oshiriladi. O'zgarmas tok zanjiriga kattagina induktivlikka ega bo'lgan L drosselni kiritish hisobiga VT1 -VT2 o'zgartirgichlari tok manbai sifatida ishlaydi va ularning kattaligi (tokning kattaligi) VT1 to'g'irlagichi yordamida chiqish kuchlanishini impuls – fazali rostlash usuli bilan rostlanadi.

$$I_l = \frac{k_{sx} U_c \cos \alpha - k F_0 \omega}{R_{ekv}},$$

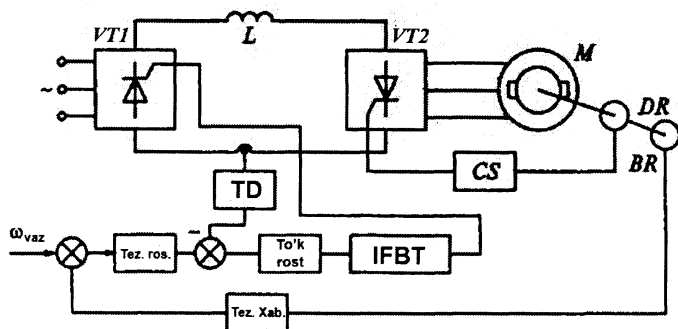
Bu yerda: R_{ekv} - stator chulg'amlari ekvivalent qarshiligi;

U_c – to'g'irlagich manbasi kuchlanishi;

F_0 – qo'zg'atish chulg'ami hosil qiladigan rotor oqimi.

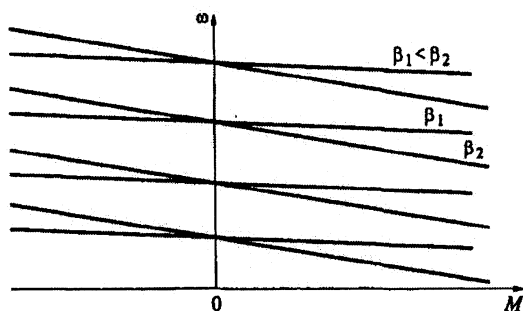
Tok kattaligini rostlash yo'li bilan motordagi moment qiymatini o'zgartirish mumkin. Ko'rilayotgan turdagi elektr yuritmalarda tezlikni rostlash odatda tezlikni rostlashning tashqi konturini kiritish yo'li bilan amalga oshiriladi (6.28 - rasm). Bunda ventilli motorlarning mexanik xarakteristikalari (6.29 - rasm) TO'-D tizimidagi mexanik xarakteristikalariga o'xshash bo'ladi.

Ushbu sxemada kiruvchi to'g'irlagich boshqariladigan bo'lgani uchun motorning E.Y.U.K. $k F_0 \omega > k_{sx} U_c \cos \alpha \cdot \cos \beta$ bo'lganda rekuperativ tormozlash rejimini qo'llash mumkin bo'ladi.



6.28 - rasm. Ventilli motorli rostlanadigan elektr yuritma strukturaviy sxemasi. Tez.ros.- tezlik rostlagichi, Tok.ros. – tok rostlagichi, Tez.xab – tezlik xabarlagichi, TD – tok xabarlagichi, DR- rotor holati xabarlagichi, BR-taxogenerator.

Ko'rilayotgan sxemaning eng asosiy kamchiligi kichik tezliklarda ($0,1 \omega_n$ dan kam) inverter tiristorlarini ulashning murakkablashishidir. Chunki bunda motor E.YU.K. inverter ventilini tabiiy ravishda ulash uchun yetarli bo'lmaydi. Bu holatda motorni $0,1 \omega_n$ tezlikkacha yurgazish paytida inverter ventili yopilishini ta'minlash uchun o'zgartirgich tiristorlarini yopib tokni uzishga to'g'ri keladi, bu esa boshqarish sxemasini murakkablashtiradi.



6.29 - rasm. 6.28 - rasmdagi sxemadagi ventilli motorning mexanik xarakteristikalari.

Keyingi yillarda IGBT – tranzistorlari va yopiluvchi tiristorlarning paydo bo'lishi bilan invertorning majburiy ulanuvchi ventilli sxemalari qo'llanila boshladi. Bu esa ventilli motorning rostlanish xususiyatlarini oshiradi va uni tezlikni rostlash diapazoni keng bo'lgan dinamik elektr yuritmalar uchun qo'llash imkonini beradi.

6.7. Takrorlash uchun nazorat savollari.

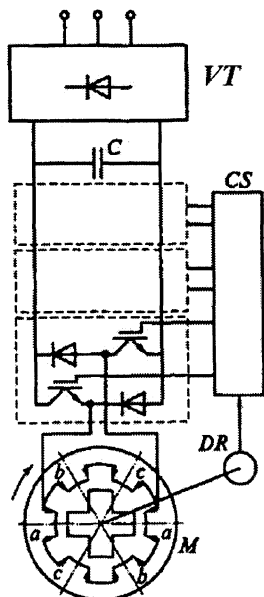
1. Asinxron motorlarni rostlash usullari sinflanishini keltiring.
2. Rostlashning qanday usullarida asinxron motor kichik qiymatli sirpanish bilan ishlaydi.
3. Faza rotorli asinxron motor rotor zanjiriga «qo'shimcha qarshiliklarni kiritish»nima uchun qo'llaniladi?

4. Ko'p tezlikli asinxron motor necha xil ishchi tezliklarga ega bo'lishi mumkin?
5. Asinxron motor tezligini iste'mol kuchlanishi qiymatini o'zgartirish bilan rostlash usulining qanday asosiy kamchiligi mavjud?
6. Asinxron motor qaysi usul bilan rostlanganda u katta qiymatli sirpanish bilan ishlaydi, biroq bu usul tejamli hisoblanadimi?
7. Asinxron motor absolyut sirpanishi qanday o'lcham birligiga teng?
8. Nima uchun iste'mol kuchlanishi chastotasini nominaldan kamaytirganda, bir vaqtning o'zida kuchlanish qiymatini rostlash kerak?
9. Asinxron motorni chastotali rostlashda chastota va iste'mol kuchlanishi qiymati orasidagi munosabat qanday ifodalanadi?
10. Asinxron motorlarni chastotali rostlashda stator chulg'amidagi aktiv qarshilik kuchlanishining pasayishi motorning mexanik xarakteristikalariga qanday ta'sir ko'rsatadi?
11. Agar asinxron motorning kuchlanish chastotasini, kuchlanish qiymatini nominal qiymatda saqlagan holda oshirib borilsa, uning uzoq ta'sir etuvchi momenti qanday o'zgaradi?
12. Chastotali – rostlanadigan asinxron elektr yuritmalarda ishlatiladigan yarim o'tkazgichli chastota o'zgartirgichlar sinflanishini keltiring.
13. Bevosita bog'lanishli chastota o'zgartirgichlar uchun chiqish chastotasi o'zgarish diapazoni qanday xarakterga ega?
14. Avtonom tok inverterli va avtonom kuchlanish inverterli chastota o'zgartirgichlarning sxemalarida qanday farqlar bor?
15. Tok inverteri turidagi bitta chastota o'zgartirgichi bilan nechta motor ta'minlanishi mumkin?
16. Kuchlanish inverterli va oraliq o'zgarimas tok zanjirli chastota o'zgartirgichlarida chiqish kuchlanishini rostlashning qanday usullari ishlatiladi?
17. Ventilli motor rostlanuvchi elektr yuritma tizimi sifatida qanday asosiy elementlardan tashkil topadi?

7. INDUKTORLI, QADAMLI VA CHIZIQLI MOTORLI ELEKTR YURITMALAR.

7.1. Ventil – induktorli elektr yuritma.

Rostlanadigan elektr yuritmaning istiqbo‘lli tizimlaridan biri ventilli – induktorli elektr yuritmalardir. Ularda passiv rotorli induktorli elektr mashinalari ishlatiladi. Bunday mashinalarning statorlarida elektrmagnitlar, induktorlar joylashadi (7.1 - rasimga qarang). Ularning chulg‘amlari orqali navbatma – navbat o‘zgarmas tok o‘tkaziladi. Motor rotorining chulg‘amlari bo‘lmaydi (passiv) va tishlar qatoriga ega bo‘ladi, lekin ularning soni stator magnit o‘tkazgichi tishlari soni bilan bir xil bo‘lmaydi.



7.1 - rasm. Ventil – induktorli elektr yuritmaning funksional sxemasi

7.1 - rasmda statorda 6 ta tish va rotorda 4 ta tish borligi ko‘rsatilgan. Mashina induktor chulg‘amlarining qayta ulashni amalga oshiradigan VT ventilli (tranzistorli) kommutator bilan boshqariladi. Ventil- induktorli yuritmalarning asosiy xususiyati shundaki, unda induktor chulg‘amlarini qayta ulash rotorining

holatiga bog'liq holda amalga oshiriladi, buning uchun sxemada DR holat datchigi qo'llaniladi.

Ventil-induktorli yuritmaning ishlash prinsipi induktorni navbatma - navbat ketma - ket ulanishidir (a-a, b-b, c-c), bunda ularning oqimlari rotor tishlari orqali tutashadi. Induktorning qo'zg'atilishi induktor tishlari orasida va ularga yaqin bo'lgan rotor tishlari orasida elektrmagnit tortishuv kuchlarini paydo qiladi. Bu kuchlar (moment) ta'sirida rotor buriladi va kelishilgan holatni egallaydi, ya'ni rotor tishlari qo'zg'atilgan faza tishlari qarshisiga keladi. Sator va rotor tishlari soni har xil bo'lgani uchun bitta induktorning kelishilgan holatida keyingi rotor tishlari kelishilmagan holatda bo'lib qoladi. Shuning uchun birinchi induktorni o'chirish va keyingisini ulash paytida rotor yana bitta qutb bolimiga buriladi. Holat datchigi CS yordamida boshqaruv tizimi orqali induktorlarning ketma – ket ulanishi uzluksiz aylanish momenti yaratilishini ta'minlaydi, natijada rotorning uzluksiz aylanishi ta'minlanadi.

Elektrmagnit momentining qiymati induktor chulg'amiga beriladigan tokning o'rtacha qiymati bilan aniqlanadi. Shuning uchun motor momentini roslash induktor chulg'amlariga beriladigan kuchlanish qiymatini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Ko'rilayotgan yuritmalarda tezlikni aniq roslash maqsadida tashqi roslash konturi kiritiladi.

Ventil-induktorli yuritmalar o'zlarining konstruktiv jixatdan soddaligi bilan hamda iqtisodiy jixatdan tejamlilik bilan ajralib turadi. Ular 50 kW gacha quvvatga ega bo'lgan va tezlikni roslashga katta talablar qo'yilmaydigan umumsanoat mexanizmlarida qo'llaniladi. Ayniqsa, 6000 ayl / min tezligi va undan katta bo'lgan tezlikdagi yuqori tezlikli mexanizmlarda qo'llash yaxshi samara beradi.

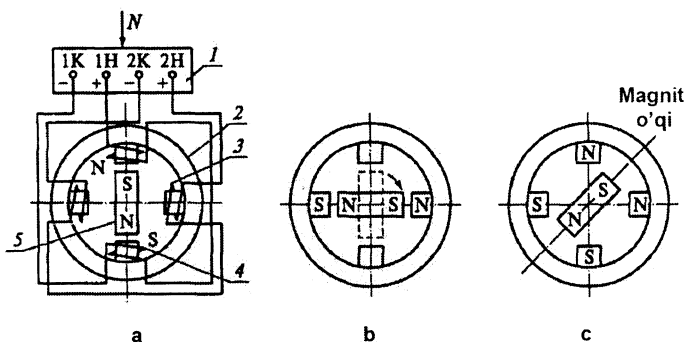
7.2. Qadamli motorli elektr yuritma.

Ba'zi mashina va mexanizmlarning ishchi organlari aniq o'lchamli ilgariylanma xarakat qilib, ular harakatning oxiridagi holatda to'xtash talab qilinadi. Bunday mexanizmlarga ba'zi bir metall qirquvchi dastgoxlarni, yig'ish agregatlarini, manipulyatorlarni misol qilib keltirishimiz mumkin. Bunday

mashinalarning yuritmalari uchun qadamlı elektr motorlar ishlatiladi. Bunday motorlarnı asosiy xususiyatlari shundaki, ular uzluksız xarakatlı emas, balki to'xtab – to'xtab, ya'ni qadamlı xarakat qiladi. Bunday motorlı elektr yuritmalarnı odatda diskret elektr yuritmalar deyiladi.

Diskret elektr yuritmalarning keng ko'lamda ishlatilishi shu bilan izoxlanadiki, ular o'zlarining ishlash prinsipiga ko'ra tabiatan raqamli boshqaruv tizimiga o'xshab ketadi; ya'ni texnikaning barcha jabxalarida ishlatiladigan mikroprotsessorlı va raqamli dasturlı boshqaruv qurilmalari ishtirokida. Sanoatda qadamlı motorlarning bir necha W dan bir necha kW gacha bo'lgan quvvatlari ishlab chiqariladi [11]. qadamlı motorlar hosil qiladigan momentlari bilan hamda qadamining kattaligi (diskret) bilan o'ziga hosdir. Qadam qancha kichik bo'lsa, mashina ishchi organning siljishi (surilishi) shuncha aniq bajariladi.

Qadamlı motor ishlash prinsipini aktiv rotorlı ikki fazalı motorning oddiy sxemasida ko'rib chiqamiz. (7.2 - rasm). Bunday qadamlı motor statorida 2 ta aniq qutb juftliklariga ega va bu qutblarda qo'zg'atish chulg'ami joylashtiriladi, o'z navbatida bu chulg'amlar motorning ikki fazasini tashkil qiladi. Rotorda doimiy magnit joylashgan (aktiv rotor). Chulg'amlar ta'minoti boshqaruv qurilmasidan uzatilayotgan impulsli boshqaruv signali yordamida berilgan qadamlar soniga qarab o'zgartirib turadi.



7.2 - rasm. Aktiv rotorlı qadamlı motorning soddalashtirilgan sxeması

Aytaylik aniq qutblanishga ega bo'lgan kuchlanish birinchi chulg'amga uzatilgan bo'lsin (1N - 1K). Unda motor rotor 7.2a - rasmda ko'rsatilgan holatni egallaydi. Bu holat ustivor holat bo'ladi, chunki rotor bu holatdan boshqa tarafga qarab og'a boshlasa, unga avvalgi holatiga (ustivor holatiga) qaytaruvchi moment ta'sir qiladi.

Harakat qadamini bajarish uchun kuchlanish birinchi chulg'amdand olinib ikkinchi chulg'amga (2N - 2K) uzatiladi. Bunda motor rotor qadam tashlaydi, ya'ni $\pi/2$ burchakka buriladi (7.2b - rasm). Ikkinchi qadamni tashlash uchun kuchlanish ikkinchi chulg'amdand olinib, teskari qutbga ega bo'lgan kuchlanish impulsi birinchi chulg'amga beriladi, va x.k.

Bir qadam uchun burchak siljishi quyidagiga teng bo'ladi: $\alpha = \pi/pn$,
bu yerda: p – rotor qutb juftliklari soni (7.2 - rasmdagi sxemada $p = 1$).

n – stator chulg'ami fazalari soni.

Ulanishning ko'rib chiqilgan algoritmidan tashqari bir muncha murakkabroq ulanish algoritmi ham qo'llanilishi mumkin. Unda qadam kattaligini ikki barobar kamaytirish imkoni bo'ladi. Boshlang'ich berilganlar 7.2 - rasmda ko'rsatilgan birinchi chulg'am ulangandagi shartlarga mos kelsin deylik. Unda birinchi chulg'amdand kuchlanishni olmasdan, ikkinchi chulg'amni 7.2c - rasmdagi qutblanish bilan ulaymiz. Bunda magnit yurituvchi kuchning umumiy fazaviy vektori stator qutblari orasida joylashadi, ya'ni magnit oqimi o'qi $\pi/4$ burchakka buriladi. Unga mos ravishda rotor ham qulay bo'linmaning yarmiga buriladi, ya'ni $\pi/4$ burchakka.

Qadamli motorni reverslash uchun kuchlanish impulsi qutbni o'zgartirish zarur. Boshqarishning har bir impulsiga rotor burilishining bitta qadami to'g'ri keladi. Rotorning umumiy burilish burchagi boshqaruv impulslar soniga mos keladi N

$$\varphi = \alpha \cdot N,$$

burilishning o'rtacha tezligi esa – kommutatsiya (ulanish) chastotasiga (f_k):

$$\omega = \alpha \cdot f_k.$$

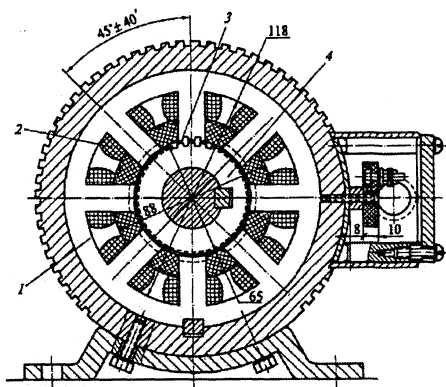
Ulanish chastotasi qadamli elektr yuritmaning asosiy parametri hisoblanadi. Ulanishning ruxsat berilgan chastotasi chulg'amlarining elektrmagnit inersionaligi

hamda rotor va yuritiladigan mexanizmlarning mexanik inersionligi bilan cheklanadi. Inersionlik qancha yuqori bo'lsa, motor validagi moment shuncha yuqori bo'ladi va ruxsat berilgan ulanish chastotasi shuncha kichik bo'ladi.

Zamonaviy qadamli motorlar konstruktiv tuzilishi bo'yicha turlicha bajariladi. Ular bir fazali, ikki fazali, ko'p fazali, aktiv rotorli va passiv rotorli turlarda bo'ladi.

Aktiv rotorli konstruksiyalar odatda doimiy magnitli bo'lib, qadamning kattaligi $\pi/12$ dan $\pi/2$ gacha bo'ladi. Bu motorlarning ulanish chastotasi 500 Gs gacha bo'ladi.

Kichik qadamli motorlar uchun chulg'am va doimiy magniti bo'lmagan passiv rotorlar ishlatiladi. Reaktiv qadamli motor statori aniq belgilangan qutblarga ega bo'ladi va bu qutblarda Z_s tishlar yo'nalgan bo'ladi (7.3 - rasimga qarang). Rotorning aylanasi bo'ylab juft sonli (lekin 4ga bo'linmaydigan) Z_r tishlar yo'nalgan. Rotor tishlarining sonini tanlaganda rotor tishlarining stator oralik qutblariga nisbatan hohlagan holatida $1/4$ tish bo'limiga siljirilishiga erishiladi.



7.3 - rasm. 4 qutbli, passiv rotorli, qadamli motor ko'ndalang kesimi

Passiv rotorli qadamli motorlarning ishlash prinsipi shundaki, unda qaysidir bir fazaga kuchlanish berilganda rotor shunday holatga intiladiki, unda rotor

tishlari mos ravishdagi qutb tishlari qarshisiga to'g'ri keladi va magnit zanjirining singuvchanligi eng katta qiymatga to'g'ri keladi.

Statorning keyingi fazasiga tok berilganda rotor bir qadamga buriladi. Bunda rotor tishlari qutblarning keyingi tishlari qarshisiga to'g'ri keladi. Qadam kattaligi quydagiga teng bo'ladi.

$$\alpha = 2\pi \frac{z_r - z_c}{z_r z_c} .$$

Qadamli motorlar ishchi organ holati rostlanadigan yuritmalarda qo'llaniladi. Ayniqsa soat mexanizmlarida ular keng ko'lamda ishlatiladi.

7.3. Chiziqli motorli elektr yuritmalar.

Elektr motorlarning aksariyat qismi aylanma xarakatli motorlarga to'g'ri keladi. Vaxolangki, ishlab chiqarishdagi asosiy mashina – mexanizmlar ilgariylanma (konveer, transportyor) yoki qaytarma – ilgariylanma (manipulyatorlar, porshenli mexanizmlar) harakatga asoslangan bo'ladi. Aylanma harakatni ilgariylanma harakatga aylantirish maxsus kinematik bo'g'inlar yordamida amalga oshiriladi. Masalan, vint – gayka, sharik – ventili uzatma, shesternya – reykali uzatma, krivoship – shatunli uzatma va boshqalar.

Ishchi mashinalar konstruktorlari uchun ularning ilgariylanma yoki qaytarma – ilgariylanma harakatlanadigan ishchi organlariga rotori chiziqli harakatlanadigan motorlarni loyixalash asosiy vazifa (yoki muammo) bo'lib qolmoqda.

Hozirgi paytda chiziqli asinxron, ventilli va qadamli motorlar ishlatilgan yuritmalar keng rivojlanmoqda. Prinsipial jihatdan hohlagan turdagi chiziqli motor statorini tekislikka yoyish bilan hosil qilinishi mumkin [11] .

Chiziqli asinxron motor haqida tasavvur hosil qilish uchun asinxron motor statorini tekislikka yoyilgan deb qabul qilish kerak. Bunda stator magnitlovchi kuchlar vektori statorning bo'ylama yo'nalishi bo'ylab siljiydi, ya'ni oddiy motorlardagi singari aylanma harakatda emas, balki statorning yuguruvchi elektrmagnit maydoni sifatida xarakatlanadi. Ikkilamchi element sifatida stator

yoyilmasi bo‘ylab biroz havo tirqishi bilan joylashtirilgan ferromagnit tasma xizmat qilishi mumkin. Bu tasma qisqa tutashtirilgan rotor vazifasini bajaradi. Ikkilamchi element statorning xarakterlanuvchi maydoni bilan suriladi va stator maydoni tezligidan chiziqli absolyut sirpanish kattaligiga kam bo‘lgan tezlik bilan harakatlanadi.

Yuguruvchi elektrmagnit maydonining chiziqli tezligi teng bo‘ladi:

$$V_0 = 3\tau \cdot f_1, \text{ m/s.}$$

bu yerda: τ – qutb bo‘linmasi (qutbiy bo‘linma), ya’ni chiziqli asinxron motor yondosh qutblari orasidagi masofa.

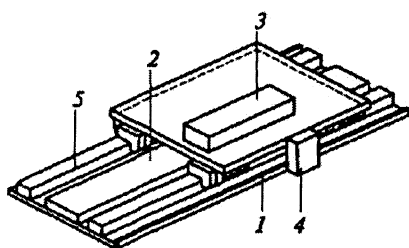
Ikkilamchi element tezligi:

$$V = V_0 (1 - s_{ch}) \text{ bo‘ladi.}$$

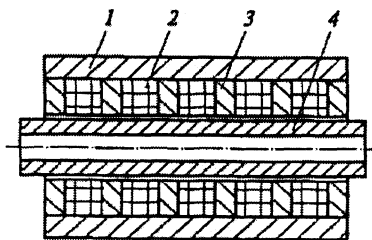
bu yerda: s_{ch} – chiziqli nisbiy sirpanish.

Motorning standart chastotali kuchlanish bilan ta’minlangandagi maydon tezliklari sezilarli darajada katta bo‘ladi (3 m/s. dan ko‘p), bu esa bunday motorlarni sanoat mexanizmlari yuritmalarida ishlatishini qiyinlashtiradi. Bunday motorlar yuqori tezlikli transport mexanizmlarida ishlatiladi. Nisbatan kichik tezlikli motorlarni olish uchun hamda ularning tezligini roslash maqsadida bunday motor chulg‘amlari chastota o‘zgartirgichlari orqali ta’minlanadilar.

Chiziqli asinxron motorning bir nechta konstruktiv variantlari mavjud. Ulardan biri 7.4 - rasmda ko‘rsatilgan. Bu yerda ikkilamchi element 2, ishchi organ bilan biriktirilib, stator 3 da hosil qilinadigan yuguruvchi elektrmagnit maydoni ta’sirida 1 yo‘naltiruvchi bo‘ylab harakatlanadi. Bunday konstruksiya ishchi mashina bilan joylashtirishga qulay. Biroq stator maydonining tarqalgan oqimlari bilan to‘qnash kelishi natijasida motor $\cos\phi$ ko‘rsatkichi kichik bo‘ladi.



7.4 - rasm. *Chiziqli bir koordinatali motor konstruksiyasi*



7.5 - rasm. *Silindrik konstruksiyali chiziqli motor*

Stator hamda ikkilamchi element orasidagi elektrmagnit bog'lanishni kuchaytirish maqsadida, ikkilamchi element ikkita stator orasidagi chiziqli tirqishga joylashtiriladi yoki motor konstruksiyasi silindr shaklida bajariladi (7.5 - rasm).

Motor slindr shaklida bo'lganda uning statori trubka (1) ko'rinishda bo'lib, uning ichiga silindrik shaklda yig'ilgan g'altaklar (2) joylashtiriladi, ular stator chulg'amlari bo'ladi. G'altaklar orasida ferromagnit halqalar (3) joylashtirilgan, ular magnit o'tkazgichning bir qismi bo'lib xizmat qiladi. Ikkilamchi element bo'lgan shtok quvur shaklida bo'lib ferromagnit materialdan yasalgan.

Chiziqli asinxron motorlar teskari harakatli bo'lishi ham mumkin, ya'ni ikkilamchi element qo'zg'almas qilib qotirilib, stator ilgariylanma xarakatga keladi. Bunday motorlar odatda transport vositalarida qo'llaniladi. Bunda ikkilamchi element sifatida rels yoki maxsus tasmadan foydalaniladi, stator esa harakatlanuvchi aravachaga joylashtiriladi.

Chiziqli asinxron motorlarning asosiy kamchiligi uning F.I.K.ning kichikligi, va unga asosan energiya yo'qotilishining kattaligi, ayniqsa ikkilamchi elementda (sirpanish yo'qotishlari).

Oxirigi vaqtlarda asinxron motordan tashqari sinxron (ventilli) motorlar ham ishlatila boshladi. Ventilli motorning ishlash prinsipi 8 – bobda ko'rib chiqilgan, va shu prinsip chiziqli motor uchun ham taalluqli bo'ladi. Bunday motor konstruksiyasi 7.4 - rasmda ko'rsatilgan konstruksiyaga o'xshash bo'ladi. Motor

statori tekislikka yoyilgan, ikkilamchi elementda esa doimiy magnit joylashtirilgan. Ba'zida teskari variantlar ham qo'llaniladi, ya'ni stator siljuvchan qismda joylashtirilib, rotor magnitlari tekislikka yoyiladi. Stator chulg'amlarini qayta ulash magnitlarining nisbiy holatiga qarab amalga oshiriladi. Bu maqsadda konstruksiyada holat datchiklari ham nazarda tutiladi (4). (7.4 - rasm).

Holatlanuvchi yuritmalar uchun chiziqli qadamli motorlar ham samarali qo'llaniladi. Agar 7.3 - rasmda ko'rsatilgan qadamli motor statorini tekislikka yoysak, va ikkilamchi element sifatida plastina shaklidagi tasmani qabul qilib, unda freza yordamida tishlar qo'ysak, unda stator chulg'amlarini mos ravishda qayta ulaganimizda ikkilamchi element ilgariharakatga keladi va uning qadami juda kichik bo'lib, millimetrning bo'laklariga teng bo'ladi. Bu motorlarda ko'proq holatlarda ikkilamchi element qotirilgan teskari konstruksiya ishlatiladi.

Chiziqli qadamli motorning tezligi tishli bo'linma kattaligi τ , fazalar soni m , va qayta ulanish chastotasiga bog'liq bo'ladi:

$$V = \tau f / m.$$

Bu motorlarda katta tezliklarni hosil qilish uncha qiyinchilik tug'dirmaydi. Chunki tishlar oralig'i kattaligi va chastota kattaligini o'zgartirish texnologik jihatdan murakkab hisoblanmaydi, chunki τ qiymat uchun minimal ko'rsatkich cheklanadi, ya'ni tish bo'linmasining stator va ikkilamchi element orasidagi masofa kattaligiga nisbati 10 dan kam bo'lmasligi kerak.

Diskret yuritmalarni qo'llash nafaqat mexanizm konstruksiyasini soddalashtirishda, balki bir yuritma bilan ko'p koordinatali harakatni hosil qilish imkonini ham beradi. Agar harakatlanuvchi qism statorida ikki xil chulg'am tizimini ortogonal ravishda joylashtirsak, ikkilamchi elementda esa ikki o'zaro perpendikulyar yo'nalishli ariqchalar yo'nalsa, unda harakatlanuvchi element ikki koordinata bo'ylab, ya'ni tekislikda harakatlana oladi. Bu holatda harakatli element uchun tayanch konstruksiyasi muammo bo'lib qoladi. Uni hal qilish uchun havo yostig'i qo'llanilishi mumkin. Chiziqli qadamli motorlar kichik tortuvchi

(itaruvchi) kuchga ega bo'lib, ularning F.I.K. lari ham kichik bo'ladi. Shuning uchun ularni asosan yengil xarakterli mexanizmlarda qo'llaniladi.

Bunday chiziqli motorlarni ishlatish murakkab tuzilishga ega bo'lgan kinematik uzatmalardan voz kechish imkonini beradi.

7.4. Nazorat savollari.

1. Nima uchun ventil – induktorli motorlarda stator va rotor magnit o'tkazgichlaridagi tishlar soni mos kelmaydi?
2. Diskret elektr yuritma nima?
3. Qadamli elektr motorlarni qanday mexanizm yuritmalarida ishlatish maqsadga muvofiq bo'ladi?
4. Qadamli motorlarning ulanish chastotasi deganda nimani tushunasiz?
5. Chiziqli motorlarning asosiy afzalligi nimada?
6. Chiziqli asinxron motor bilan chiziqli sinxron motor orasida qanday farq bor?

8. ELEKTR YURITMADA O'TKINCHI JARAYONLAR.

8.1. Umumiy ma'lumotlar.

Elektr motorini yurgazishda va to'xtatishda uni reverslashda, rostlanadigan elektr yuritmada tezlikni o'zgartirishda, dvigatel valiga mexanik yuklama qo'yilganda elektr yuritmaning tok, moment va tezlik kabi parametrlari o'zgaradi. Bunda yuritma ma'lum parametrlar bilan turgunlashgan bir xarakter rejimidan ikkinchi xil parametrlar boshqa harakat rejimiga o'tadi. Biroq bu o'tish bir laxzalik bo'la olmaydi, chunki zanjirlarning elektrmagnit inersionalligi ta'sirida motordagi tok birdaniga o'zgarib olmaydi.

Elektr yuritmaning o'tkinchi jarayoni deb vaqt ichida bir turg'unlashgan holatdan ikkinchi turgunlashgan holatga o'tishiga aytiladi.

O'tkinchi jarayonni sodir bo'lish sabablari:

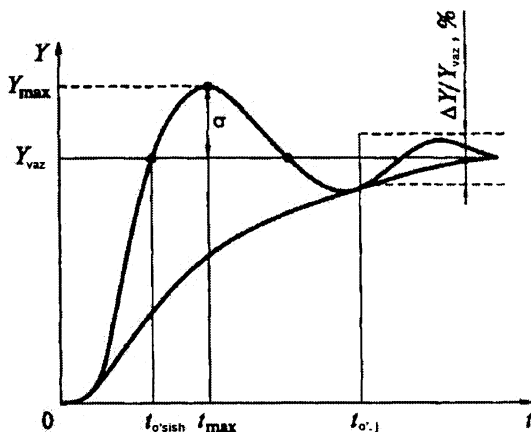
- Boshqaruv ta'siri (elektr yuritmani yurgazish va to'xtatish, tezlik topshirigini o'zgarishi va boshqalar);
- Galayonli ta'sirlar, asosan motor validagi yuklamani o'zgarishi (\dot{M}_q o'zgarishi).

Ko'pchilik elektr yuritmalar yuklamasi keskin o'zgaruvchi jadal dinamik rejimlarda ishlaydi. Bunga metal kesuvchi dastgoxlar, tog ekskavatorlari, juvalash stanlari va shu kabilarni misol qilish mumkin. Bu mashinalar uchun o'tish jarayoni vaqtini qisqartirib tezkorlikni oshirish kerak.

Ba'zi bir ishchi mashinalarda aylanish tezligini stabiligi asosiy talab xisoblanadi. Bularga qogoz, plyonka ishlab chiqarish mashinalari va boshqalar misol bo'la oladi.

O'tkinchi jarayonni taxlil qilish o'tish rejimida ishlovchi kuzatuvchi elektr yuritmalar uchun muxim ahamiyatga egadir.

O'tkinchi jarayonlar quyidagi korsatkichlar bilan ifodalanuvchi tebranuvchan yoki aperiodik ko'rinishda bo'lishi mumkin (8.1 - rasm).



8.1 - rasm. Rostlash tizimining o'tish tavsifi

O'tkinchi jarayoni vaqti $t_{o'j}$, Y - rostlanadigan parametr kiradigan vaqt va $u_{Y_{vaz}}$ qiymatlarining ruxsat etilgan og'ishlar zonasida qoladi. Odatda elektr yuritma

tizimlarida bu zona rostlanadigan parametrlarning $\pm 2\%$ dan $\pm 5\%$ gacha qiymatni tashkil qiladi.

Berilgan t_0 qiymatgacha o'sib borish vaqti – rostlanadigan Y parametrlar birinchi marta berilgan qiymatga erishish vaqtidir.

Qayta rostlash $\sigma = \frac{Y_{maks} - Y_{vaz}}{Y_{vaz}} 100\%$ - maksimal rostlanadigan qiymatning berilgan qiymatdan oshib ketish darajasini bildiruvchi ko'rsatkich bo'lib % larda aniqlanadi.

O'tkinchi jarayonining bu sifat ko'rsatkichlari rostlanadigan tizimga pog'onali boshqaruv yoki axborot ta'sirlari ko'rsatilgan holatlarda asqotadi.

O'tkinchi jarayonini hisoblash va taxlil qilish uchun o'tish funksiyasini topish kerak. Ya'ni elektr yuritma parametrlarining (tezlik, moment, tok) vaqtga bog'liqlik funksiyasini topish kerak.

O'tkinchi funksiyalari differensial formulalar asosida tasvirlanadi. Differensial tenglamalar tartib darajasi inersionlik soni bilan aniqlanadi. Quyida yuritma uchun xos asosiy inersionliklar keltirilgan.

Mexanik inersionlik kinetik energiyaning to'planishi va qaytarilishi bilan bog'liq; mexanik inersionlik kattaligi aylanma harakat uchun motor valiga keltirilgan inersiya momenti J_{Σ} bilan aniqlanadi. O'tkinchi jarayonini taxlil qilishda mexanik inersionlik vaqtining elektrmexanik doimiysi ko'rinishida baholanadi

$$T_M = \frac{J_{\Sigma}}{\beta}, \quad (8.1)$$

bu yerda: β - elektr yuritma bikirligining absolyut qiymati (ishora inobatga olinmaydi).

Elektrmagnit inersionlik elektrmagnit maydonining energiya to'plash va qaytarishiga bog'liq bo'ladi. Bu inersionlik vaqtning elektrmagnit doimiysi bilan baxolanadi

$$T_e = \frac{L}{R'} \quad (8.2)$$

Bu yerda L va R' – elektrmagnit tizimining induktivligi va aktiv qarishiligi.

Elektrostatik inersionlik elektrostatik maydonda energiyaning to'planishi va qaytarilishi bilan bog'liq bo'lgan kattalik. Bu inersionlik vaqtning elektrostatik doimiysi bilan baholanadi

$$T_s = RC, \quad (8.3)$$

Bu yerda C – kondensator sig'imi, R – zaryad- razryad zanjiri qarshiligi.

O'tkinchi jarayonini taxlil qiluvchi fazaviy soxalar inersonliklari ham mavjud.

Agar inersionlik yo'q yoki uning qiymati sezilarsiz darajada kichik deb qabul qilsak, o'tish jarayoni bir laxzada yuz beradi. Real tizimlarda inersionlikning mavjudligi o'tish jarayonini cho'zib yuboradi, chunki bu paytda turli ko'rinishga ega bo'lgan energiyani to'planishi va keyingi bosqichga qaytarilishi yuz beradi, bu esa ma'lum bir vaqt oralig'ini talab qiladi.

Agar energiya oqimi bir yo'nalishli bo'lsa, unda o'tish jarayoni, qiymati bo'yicha o'zgarmas ta'sir qo'yilganda, monoton xarakterga ega bo'ladi. Masalan, o'zgarmas tok motori qo'zg'atish chulg'amiga kuchlanish berilganda undagi tokning oshishi jarayoni, (8.2. a - rasm).

Chulg'amga kuchlanish berilganda tokning vaqt bo'yicha o'sishi quyidagi defferensial tenglama bilan ifodalanadi:

$$U = iR + L \frac{di}{dt},$$

(8.2) formulani inobatga olganda bu ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$T_e \frac{di}{dt} + I = \frac{U}{R} = I_{turg}. \quad (8.4)$$

Bu yerda I_{turg} – qo'zg'atish tokining egallangan qiymati.

Operator shaklida, ya'ni differensiallash belgisi $\frac{di}{dt}$ ni p operator bilan almashtiramiz

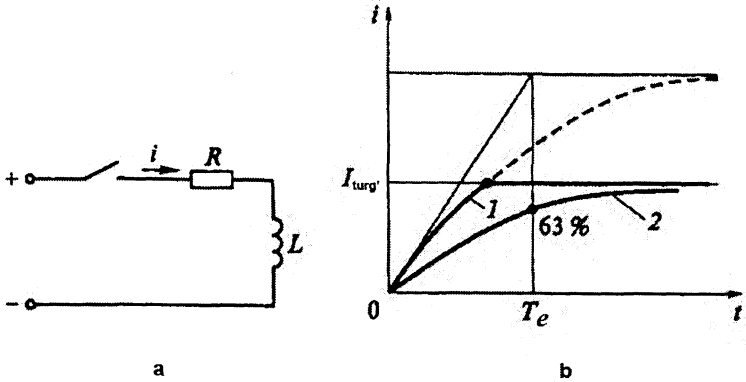
$$i (T_e p + I) = I_{turg}. \quad (8.5)$$

bu tenglamani echimi quyidagicha bo'ladi:

$$i = I_{turg} - (I_{turg} - I_{bosh})e^{-t/T_e} \quad (8.6)$$

$I_{bosh} = 0$ bo'lganda

$$-+i = I_{turq}(1 - e^{-t/T_e}) \quad (8.7)$$



8.2 - rasm. Qo'zg'atish chulg'amini ulangandagi o'tish xarakteristikalari

$i = f(t)$ o'tish xarakteristikasi eksponensial xarakterga ega (8.2 b - rasm). T_e vaqt oralig'ida qo'zg'atish chulg'amidagi tok $0,63 I_{turq}$ qiymatgacha oshadi; $3T_e$ vaqt oralig'ida esa $0,95 I_{turq}$ qiymatgacha va $5T_e$ vaqt oralig'ida $0,996 I_{turq}$ qiymatga erishadi. Shuni xulosa qilish mumkinki, o'tish jarayonini vaqti, eksponensial xarakterga ega bo'ladi, doimiy vaqtning 3 – 5 barobarini tashkil qiladi. Agar qo'zg'atish chulg'amidagi tokning oshishini tezlatish talab qilinsa, bu yagona yo'l bilan amalga oshirilishi mumkin, ya'ni o'tish jarayoni vaqtida qo'zg'atish chulg'amiga beriladigan kuchlanishni oshiriladi. Agar kuchlanish a marotaba oshirilib $U_r = a I_{turq} \cdot R$ qiymatga yetkazilsa, unda qo'zg'atish chulg'amidagi tok qiymati oshishi tezlashadi, bu esa 8.2 b - rasmdagi xarakteristikadan ko'rinish turibdi. Tok I_{turq} qiymatgacha oshganda qo'zg'atish chulg'amidagi kuchlanish $U = I_{turq} R$ qiymatgacha pasaytiriladi.

Shunday qilib, o'tish jarayoni vaqtini kamaytirish uchun kuchlanishni o'zgartirish (rostlash) kerak bo'ladi. O'tish jarayoni tugagandan so'ng bu kuchlanish uziladi. $a = U_r/U$ nisbat jadallashtirish koeffitsienti deyiladi.

8.2. Elektr yuritmaning mexanik inersionligi orqali aniqlanadigan o'tkinchi jarayonlari.

Agar bir vaqtda tok, moment va motor tezligi o'zgarsa bunday elektr yuritmada o'tish jarayoni ancha murakkab kechadi. Bunda bir vaqtning o'zida elektrmagnitli va mexanik o'tish jarayonlari yuz beradi. O'tkinchi jarayon xarakteri jarayonda qatnashadigan inersionliklar soniga hamda ular vaqt doimiylarining o'zaro munosabatlariga bog'liq bo'ladi.

Ob'yekt xarakteriga qarab o'tish jarayonlari chiziqli yoki egri chiziqli differensial formulalar bilan aniqlanadi. Agar egri chiziqchilik sezilarsiz bo'lsa, bunday formulani chiziqchilashtrishga xarakat qilinadi.

Chiziqli tizimlarda o'tish jarayonining taxlili nazariy usulda olib borilishi mumkin. Egri chiziqli tizimda esa tahlil EXM yordamida sonli usullar bilan yoki kompyuterlarda modellash yo'li bilan olib borilishi mumkin.

Agar vaqt doimiylari qiymati bo'yicha bir biridan ikki va undan ko'p martaga farq qilsa, ularning kichik qiymatlisini inobatga olmasa ham bo'ladi.

Bikir mexanik bo'g'inga hamda chiziqli mexanik xarakteristikaga ega bo'lgan motordan tashkil topgan elektrmexanik tizimni taxlil qilib ko'ramiz.

Bunday elektrmexanik tizimning xarakati elektr yuritmaning xarakat tenglamasi bilan aniqlanadi (2.3 bobga qarang):

$$M - M_q = J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \quad (8.8)$$

bu yerda J_{Σ} va M_q – val motoriga keltirilgan inersiya momentlari yig'indisi va xarakatga qarshilik momenti.

Chiziqli mexanik xarakteristika ifodasi

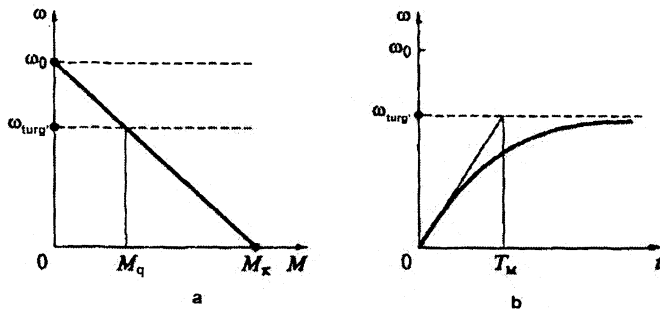
$$M = \beta(\omega_0 - \omega) \text{ bo'ladi.} \quad (8.9)$$

Bu yerda ω_0 – erkin aylanish tezligi.

(8.8) va (8.9) larni birgalikda yechib, motorning elektr yuritmaning mexanik inersionligi orqali aniqlanadigan o'tkinchi jarayonni izoxlovchi tenglamani hosil qilamiz.

$$\frac{J_{\Sigma}}{\beta} \cdot \frac{d\omega}{dt} + \omega = \omega_0 - \frac{M_q}{\beta} \quad (8.10)$$

M_q/β kattalik yuklama ta'sirida tezlikning $\Delta\omega_q$ ga pasayishini bildiradi (4.2 – bobga qarang). $(\omega_0 - M_q/\beta)$ kattalik esa $M = M_q$ bo'lgandagi o'tish jarayoni tugaganda o'rnatilgan tezlik qiymatini beradi (8.3 a - rasm).



8.3 - rasm. Elektr yuritmani yurgazishdagi o'tish jarayoni
1 – mexanik xarakteristika, 2 – o'tish xarakteristikasi.

Unda
$$\frac{J_{\Sigma}}{\beta} = T_m \quad (8.11)$$

deb belgilab

elektr yuritmaning o'tish xarakteristikasini bildiruvchi ifodani hosil qilamiz

$$T_m \frac{d\omega}{dt} + \omega = \omega_{turg} \quad (8.12)$$

Motor valiga keltirilgan inersiya momentlari yig'indisi ko'rinishidagi bitta mexanik inersionlik bilan aniqlanadigan o'tish jarayonlari birinchi darajali differensial tenglama bilan ifodalanadi. Bu tenglamaning echimi T_m vaqt doimiysiga ega bo'lgan komponent ko'rinishidagi o'tish xarakteristikasi bo'ladi:

$$\omega = \omega_{turg} - (\omega_{turg} - \omega_{bosh}) e^{-t/T_m} \quad (8.13)$$

$\omega_{bosh} = 0$ bo'lganda,

$$\omega = \omega_{turg} (1 - e^{-t/T_m}) \text{ bo'ladi} \quad (8.14)$$

8.1 – masala:

Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining yurgazish paytidagi erkin aylanish holati va undan keyin yuklama (moment ko'rinishida) berib borish holatlari uchun o'tish jarayoni xarakteristikalari qurilsin. Yurgazish motor yakoriga nominal kuchlanish berish bilan amalga oshiriladi; qo'zg'atish chulg'ami esa oldindan ulab qo'yiladi. Yurgazish tokini chegaralash uchun motor yakori zanjiriga yurgazish tokini $I_{yurg.} = 2,5I_n$ gacha chegaralovchi qo'shimcha qarshilik kiritilgan. Yurgazish tugatilgandan keyin qo'shimcha qarshilik o'zaro tutashtirilishi kerak.

Motorning texnik ko'rsatkichlari: quvvati $P_n = 6,5$ kW, nominal aylanish tezligi $\omega_n = 104,5$ 1/s, nominal kuchlanish $U_{ya} = 220$ V, yakorning nominal toki $I_{yan} = 33,5$ A, yakor zanjiri qarshiligi $R_{ya} = 0,77$ Om, yakor induktivligi $L_{ya} = 0,01$ Gn, yuritmaning inersiya momenti $J_\Sigma = 1,0$ kg.m².

Echish:

1. Motorning nominal momenti

$$M_n = \frac{R_n}{\omega_n} = \frac{6500}{104,5} = 62,2 \text{ Nm.}$$

2. Mashina doimiysi

$$C = \frac{M_n}{I_n} = \frac{62,2}{33,5} = 1,86 \frac{\text{Nm}}{\text{A}} = 1,86 \text{ V.s.}$$

3. $U_{ya} = U_n = 220$ V bo'lgandagi erkin aylanish tezligi

$$\omega_n = \frac{U_{ya}}{C} = \frac{220}{1,86} = 118,9 \text{ 1/s.}$$

4. Yakor zanjiriga kiritiladigan qo'shimcha qarshilik

$$R_{qosh} = \frac{U_{ya}}{I_{yurg.}} - R_{ya} = \frac{220}{2,5 \cdot 33,5} - 0,77 = 1,86 \text{ Om.}$$

5. Yurgazishdagi maksimal moment

$$M_k = 2,5 M_n = 2,5 \cdot 62,2 = 155,5 \text{ Nm.}$$

6. Tabiiy mexanik xarakteristika bikirligi

$$\beta = \frac{C^2}{R_{ya}} = \frac{1,86^2}{0,77} = 4,5 \text{ kg.m}^2/\text{s.}$$

7. Yurgazish mexanik xarakteristikasining bikirligi

$$\beta_n = \frac{C^2}{R_{ya} + R_{dob}} = \frac{1,86^2}{0,77 + 1,86} = 1,32 \text{ kg.m}^2/\text{s}.$$

8. Tabiiy xarakteristika bilan ishlagandagi vaqtning elektrmexanik doimiysi

$$T_M = \frac{J_\Sigma}{\beta} = \frac{1,0}{4,5} = 0,22\text{s}.$$

9. Yurgazish xarakteristikasi bilan ishlagandagi vaqtning elektrmagnit doimiysi

$$T_{Mn} = \frac{J_\Sigma}{\beta_n} = \frac{1,0}{1,32} = 0,76\text{s}.$$

10. Tabiiy xarakteristika bilan ishlagandagi vaqtning elektrmagnit doimiysi

$$T_{yu} = \frac{L_{ya}}{R_{ya}} = \frac{0,01}{0,77} = 0,013\text{s}.$$

$T_{ya} \ll T_M$ bo'lgani uchun T_{ya} ni inobatga olinmaydi.

11. (8.14) formulaga asosan erkin aylanishga yurgizilgandagi o'tish jarayoni xarakteristikalarini quramiz

$$\omega = \omega_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_{Mn}}} \right) = 118,3 \left(1 - e^{-1,24t} \right).$$

12. O'tkinchi jarayon tugatilgandan so'ng qo'shimcha qarshilik (yurgazish qarshiligi) o'zaro tutashtiriladi, undan keyin motor valiga $M_q = M_n$ moment qo'yiladi. Bu yuklama qo'shilishi bilan tezlikning o'zgarishiga o'tkinchi jarayon xarakteristikasini qurish talab etiladi.

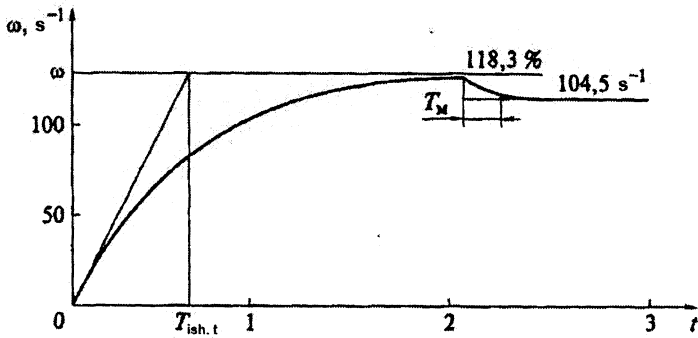
13. Yuklama qo'yilgandan keyingi o'rnatilgan tezlik qiymati

$$\omega_{turg} = \omega_0 - \frac{M_q}{\beta} = 118,3 - \frac{62,2}{4,5} = 104,5 \text{ 1/s}.$$

14. (8.13) formulaga ko'ra yuklama qo'yilgandagi o'tish jarayoni xarakteristikasini ko'ramiz

$$\omega = 104,5 - (104,5 - 118,3) e^{-4,55t}.$$

O'tkinchi jarayon xarakteristikalari 8.4 - rasmda ko'rsatilgan.



8.4 - rasm. Yurgazish va yuklama olish paytidagi o'tkinchi jarayonlar

8.3. O'zgarmas tok elektr yuritmasining o'tkinchi jarayonlari.

Tiristorli o'zgartirgich – o'zgarmas tok motori(TO'-D) tizimi bo'yicha o'zgarmas tok elektr yuritmasining dinamik xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz. Tiristorli o'zgartirgichni k_n uzatish koeffitsientiga ega bo'lgan inersionsiz bo'g'in sifatida ko'ramiz.

Qo'zg'atishning o'zgarmas oqimidagi elektrmexanik jarayonlar quyidagi tenglamalar tizimi bilan aniqlanadi (5.1 - Bobga qarang):

$$U_{ya} = C \omega + I_{ya} R_{ya} + L_{ya} \frac{dI_{ya}}{dt}$$

$$M = C I_{ya} \quad (8.15)$$

$$M - M_q = J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt}$$

Bu yerda $C = k\Phi$ – qo'zg'atish oqimi o'zgarmas bo'lgandagi mashina doimiysi.

Motorning elektrmagnit va mexanik inersionliklari mos ravishda yakorning elektrmagnit T_{ya} va elektromexanik T_M doimiylari bilan belgilanadi. O'zgarmas tok motori uchun

$$T_{ya} = \frac{L_{ya}}{R_{ya}} \quad (8.16)$$

$$T_M = \frac{J_{\Sigma}}{\beta} = \frac{J_{\Sigma} R_{ya}}{c^2} \quad (8.17)$$

(8.15) tenglamani (8.16) va (8.17) larni inobatga olgan holda echib, quyidagini hosil qilamiz:

$$T_M \cdot T_{ya} = \frac{d^2 \omega}{dt^2} + T_M \frac{d\omega}{dt} + \omega = \omega_{turg} \quad (8.18)$$

Bu yerda
$$\omega_{turg} = \frac{U_{ya}}{C} - \frac{R_{ya} M_S}{C^2}.$$

Hosil qilingan (8.18) tenglama chiziqli mexanik xarakteristikaga ega bo'lgan motorlar uchun umumiy bo'ladi. Uning shakli esa uning bikirligi β ga bog'liq bo'ladi.

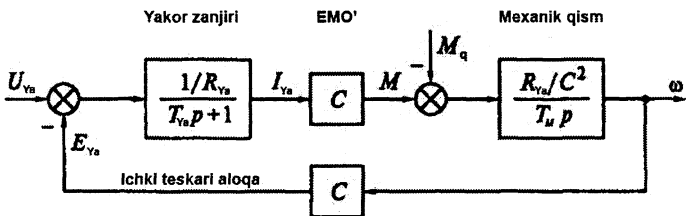
$d/dt = p$ deb faraz qilib, operatorli yozuv shakliga o'ta turib, tenglamalar tizimi strukturasini qurish uchun boshlang'ich berilganlarni hosil qilamiz.

$$U_{ya} = C\omega + I_{ya}R_{ya} (T_{ya}p + 1)$$

$$M = CI_{ya} \quad (8.19)$$

$$M - M_q = \frac{c^2}{R_{ya}} T_M p \omega$$

Ushbu tenglamalar tizimi mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori strukturaviy sxemasida akslanadi. Bu sxema to'rtta dinamik bo'g'indan iborat (8.5. - rasm).



8.5. - rasm. O'zgarmas qo'zg'atish oqimli o'zgarmas tok motori strukturaviy sxemasi. EMO' – elektrmexanik o'zgartirgich

Motorning mexanik qismi T_M vaqt doimiysi bo'lgan integratsiyalanuvchi bo'g'in bilan xarakterlanadi. Bu kattalik motor valiga keltirilgan yakor inersiya momenti hamda mashina barcha xarakatlanuvchi qismlari inersiya momentlari yig'indisiga teng. Energiyaning elektrmexanik o'zgartirilishi C uzatish koeffitsientiga ega bo'lgan proporsional bo'g'in bilan belgilanadi. Bu esa motor momenti yakor tokiga proporsionalligini bildiradi. Motor yakori elektrik zanjiri T_{ya} vaqt doimiysiga ega bo'lgan inersiya bo'g'in sifatida ko'riladi.

Bu bo'g'in ($U_{ya} - E_{ya}$) kuchlanishlar farqi o'zgarganda yakor toki qanday o'zgarishini belgilaydi. Yakor E.YU.K. $E_{ya} = k\Phi\omega$ manfiy teskari bog'lash (aloqa) tarzida ko'riladi. Bunday bog'lanish ichki bog'lanish bo'ladi, chunki u rostlash tizimi orqali emas, ko'rilayotgan ob'yektdagi fizikaviy jarayonlar mahsulidir.

Kuchlanishni o'zgartirish bilan tezlikni rostlashdagi motorning boshqarish ta'siri bo'yicha uzatish funksiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$W(p) = \frac{\omega(p)}{U_{ya}(p)} = \frac{1/C}{T_m T_{ya} p^2 + T_m p + 1} \quad (8.20)$$

$$U_{ya} \rightarrow \omega$$

O'tkinchi jarayoni xarakteri (8.18) ifoda ildizlari ko'rinishida aniqlanadi:

$$T_m T_{ya} p^2 + T_m p + 1 = 0 \quad (8.21)$$

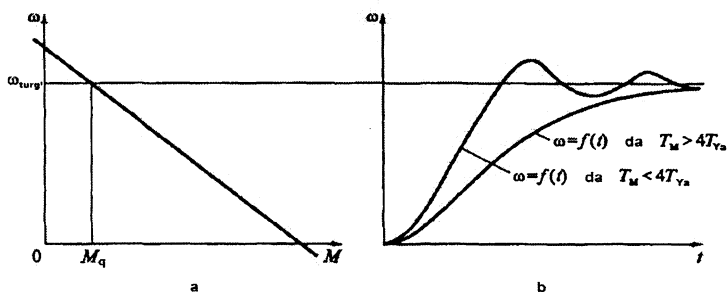
Bu tenglama ildizlari quyidagicha bo'ladi:

$$r_{1,2} = \frac{-T_m \pm \sqrt{T_m^2 - 4T_m T_{ya}}}{2T_m T_{ya}}$$

Agar $T_M > 4T_{ya}$ bo'lsa, unda ildiz moddiy bo'ladi va manfiy ishorali bo'ladi.

Bu holda (8.18) tenglama ildizlari quyidagicha bo'ladi:

$$\omega = \omega_{turg} + C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} \quad (8.22)$$



8.6 - rasm. Chiziqli (a) mexanik xarakteristikali elektr yuritmaning yurgazish paytidagi (b) o'tish xarakteristikalari

Bunday holatdagi o'tish jarayoni inersiya bo'g'iniga mos keladigan, tezligi ikkinchi darajali qonun bo'yicha o'zgaradigan monoton xarakterga ega bo'ladi (8.6. - rasm).

Agar $T_M < 4T_{ya}$ bo'lsa ildizlar kompleks tutashgan va manfiy moddiy qism bo'ladi.

$$r_{1,2} = \alpha \pm j\Omega$$

bu yerda

$$\alpha = -\frac{1}{2T_{ya}}; \quad \Omega = \frac{\sqrt{4\frac{T_{ya}}{T_M} - 1}}{2T_{ya}}$$

(8.18) – differensial tenglamaning yechimi quyidagicha bo'ladi:

$$\omega_{turg} = \omega + (C_1 \cdot \cos \Omega t + C_2 \sin \Omega t)e^{\alpha t}. \quad (8.24)$$

C_1 va C_2 integrallar doimiylari o'tish jarayoni boshlang'ich yoki oxirigi shartlari bo'yicha aniqlanadi.

Bu holatdagi o'tish jarayoni Ω chastotali va so'nuvchi amplitudali davriy tebranishlar bilan xarakterlanadi. O'tish jarayoni vaqti taxminan quyidagicha aniqlanishi mumkin $t_{0,j} = (6-10) T_{ya}$. Jarayonning tebranishligi sababi shundaki, unda kinetik energiyaning elektrmagnit energiyasiga aylanishi va elektrmagnit energiyasining kinetik energiyaga qayta aylanishi davriy ravishda amalga oshib turadi.

$$I_{ya} = \frac{M_q}{c} + \frac{J_y}{c} \cdot \frac{d\omega(t)}{dt}, \quad (8.25)$$

ya'ni, tok ikki tashkil etuvchi: statik tok $I_s = M_q/C$ hamda tezlik hosilasiga proporsional bo'lgan dinamik toklarning yig'indisiga teng.

Boshqaruv ta'siri paytidagi tok uchun o'tish funksiyasini 8.5 - rasmdagi strukturaviy sxemasidan kelib chiqqan holda aniqlaymiz:

$$W(p) = \frac{J_{\Sigma}}{C^2} \cdot \frac{r}{T_M T_{ya} p^2 + T_M p + 1} + I_s(r) \quad (8.26)$$

$$U_{ya} \rightarrow I_{ya}$$

Bu yerda I_s – statik momentga mos keluvchi tok.

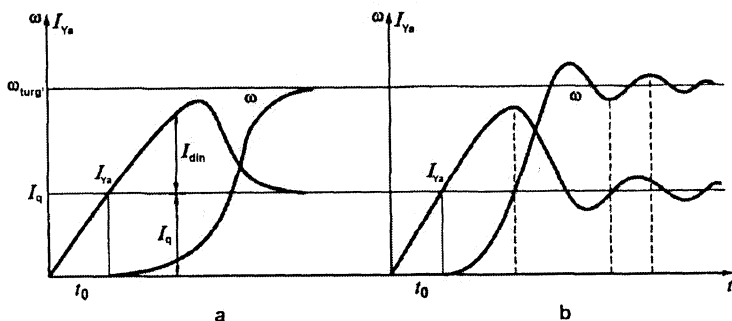
8.7 - rasmda motor valida statik moment bo'lgandagi motorni

ω_{turg} = $U_{ya}/C - \Delta \omega_q$ tezlikgacha yurgazish uchun tezlik va tokning o'tish xarakteristikalari ko'rsatilgan. Ko'rilayotgan holatda $T_M > 4T_{ya}$ deb faraz qilaylik t_0 vaqt mobaynida yakor toki (8.7 a - rasimga qarang) $I_s = M_q/C$ qiymatgacha o'sadi.

O'sish eksponensial qonun bo'yicha yuz beradi:

$$i_c = \frac{U_{ya}}{R_{ya}} (1 - e^{-1/T_{ya}})$$

Tok qiymati statik tok qiymatiga yetganda motor valining harakati boshlanadi. Dinamik tok o'sadi, uning natijasida motorning tezlanishi ortadi. Undan keyin oshib borayotgan yakorning qarshi E.YU.K. ta'sirida tokning pasayishi boshlanadi va motor tezligi o'rnatilgan qiymatga yaqinlashib boradi.

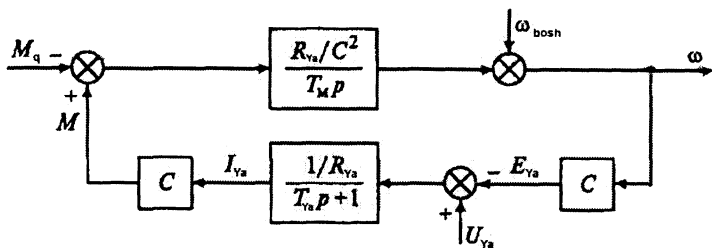


8.7 - rasmda Tok va tezlik uchun o'tish xarakteristikalari grafikalari

a) $T_m > 4T_{ya}$ uchun; b) $T_m < 4T_{ya}$ uchun.

Agar $T_M < 4T_{ya}$ bo'lsa, unda tok va tezlik egri chiziqlarida tebranishli tashkil etuvchilar paydo bo'ladi (8.7b - rasm).

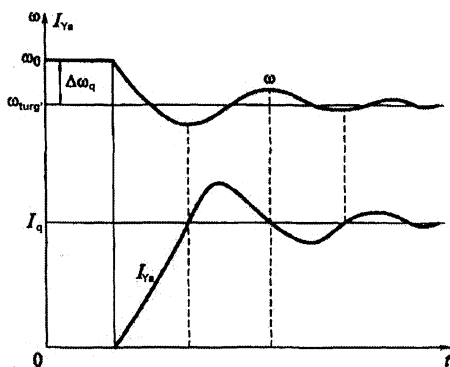
Endi motor yakor zanjiriga o'zgarmas kuchlanish berilgan paytda motor valiga yuklama berilishi dinamik jarayonlarini ko'rib chiqamiz. 8.6 - rasmdagi sxema U_b o'zgartirilganda o'tish jarayonlarini boshqaruv ta'siri bo'yicha taxlil qilishga qulaydir. Bizning holatda esa berilgan tezlik qiymati o'zgarmas bo'lib qoladi, M_q yuklama momenti esa o'zgaradi. Jarayonlar taxlilini va elektr yuritmaning qo'zg'atuvchi ta'siri bo'yicha uzatish funksiyasini topishni qulaylashtirish uchun strukturaviy sxemani shunday o'zgartiramizki, unda kiruvchi ta'sir sifatida M_q statk moment bo'lsin, chiquvchi parametr esa ω tezlik bo'lsin. Bunday holat uchun strukturaviy sxema 8.8. - rasmda ko'rsatilgan. Quyidagilarni qabul qilib olamiz. $M_q = 0$ bo'lganda motor $\omega_0 = \frac{U_{ya}}{c}$ tezlik bilan erkin aylangan; yakor toki nolga teng $I_{ya} = 0$; demak berilgan kuchlanish yakor E.YU.K.i bilan muvozanatlashgan $U_{ya} = E_{ya}$.



8.8 - rasm. Yuklama bo'yicha qo'zg'atuvchi ta'sir ettirilgandagi mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining strukturaviy sxemasi

Agar motor valiga yuklamani xech qanday qonuniyatsiz ixtiyoriy tarzda va ixtiyoriy vaqtda berilsa, ya'ni statik moment $M_q = C I_s$ bo'lsa, motor tezligi kamaya boshlaydi, yakor E.YU.K.i ham pasaya boradi, natijada yakor zanjirida tok o'sishi boshlanadi (8.9 - rasm).

$$I_{ya} = \frac{U_{ya} - C\omega - L_{ya} \frac{dI_z}{dt}}{R_{ya}}$$



8.9 - rasm. Yuklama qo'yilgandagi tok va tezlikning o'tish xarakteristikalari

Agar yakor zanjirining induktivligi katta bo'lsa (vaqt doimiysi $T_{ya} > 1/4T_M$), unda tokning o'sishi tezlik pasayishi tempidan ortda qoladi va tezlik yangi o'rnatilgan qiymatgacha pasayganda $\omega_{turg} = \omega_0 - \Delta\omega_q = \omega_0 - M_q / \beta$, yakor toki motor momenti qarshilik momentiga (M_q) teng bo'ladigan I_c qiymatiga ham etmaydi. Shuning uchun tezlik yakor toki statik qiymatga yetgunga qadar pasayib boradi, undan keyin esa tezlikning o'sishi boshlanadi va bir qancha tebranishlardan so'ng o'rnatilgan qiymatga erishiladi. Shunga e'tibor beramizki, $\omega = f(t)$ va $I_{ya} = f(t)$ egri chiziqlari tezlikning maksimum va minimum nuqtalari bilan o'zaro bog'langan. $d\omega/dt = 0$ bo'lganda statik tok chizig'i bilan tok egri chizig'i kesishadi.

Agar yakor zanjirining induktivligi katta bo'lmasa $T_{ya} < 1/4T_M$, unda yuklama berilgandagi tezlikning pasayish jarayoni monoton xarakterga ega bo'ladi.

U_{ya} o'zgarmas kattalikda bo'lganda elektr yuritmaning qo'zg'atuvchi ta'sir bo'yicha uzatish funksiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$W(p) = \frac{\frac{R_{ya}}{C^2 T_M p}}{\frac{R_{ya} C C}{C^2 T_M p R_{ya} (T_{ya} p + 1)} + 1}, \quad (8.27)$$

$$M_q \rightarrow \Delta\omega$$

Kasrlarni qisqartirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$W(p) = -\frac{1}{\beta} \frac{T_{ya} p + 1}{T_M T_{ya} p^2 + T_M p + 1}, \quad (8.28)$$

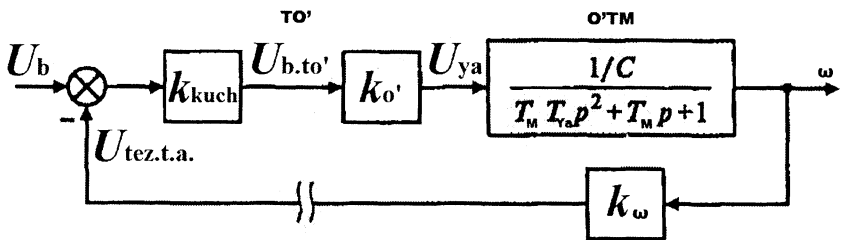
$$M_q \rightarrow \Delta\omega$$

bu yerda, $\beta = C^2/R_{ya}$ – elektr yuritma mexanik xarakteristikasining bikirligi.

(8.28) ifodadan kelib chiqadiki, M_s yuklamasi qo'yilganda motor tezligi $\Delta\omega_q$ kattalikka kamayadi ($r=0$) o'rnatilgan hatolik

$$\Delta\omega_q = \frac{M_q}{\beta}$$

bo'ladi, ya'ni tezlik pasayishining o'rnatilgan qiymati (statik hatolik $\Delta\omega_q$) qo'yilgan moment qiymatiga to'g'ri proporsional va elektr yuritma mexanik xarakteristikasi birligiga teskari proporsional bo'ladi.



8.10 - rasm. Tezligi bo'yicha yopiq boshqaruv tizimli TO' – D elektr yuritmasi strukturaviy sxemasi

TO' – tiristorli o'zgartirgich; O'TM – o'zgarimas tok motori.

Darslikning 4 – bobida ta'kidlaganimizdek, tezlikni rostdlashning aniqligini oshirish uchun tezlik bo'yicha teskari bog'lanishli yopiq rostdlash tizimlari qo'llanilar edi. TO'– D tizimi bo'yicha teskari bog'lanishli elektr yuritma strukturaviy sxemasi 8.10 - rasmda keltirilgan. Tiristorli o'zgartirgichni k_n uzatish koeffitsientli inersionsiz bo'g'in sifatida ko'ramiz. 8.10 - rasmdagi sxemaga ko'ra boshqaruv ta'siri bo'yicha uzatish funksiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$W(p) = \frac{k}{k_\omega(K+1)} \frac{1}{\frac{T_M T_{ya} p^2 + T_M p + 1}{K+1}} \quad (8.29)$$

$$U_b \rightarrow \omega$$

Uzatish funksiyasi shuni ko'rsatadiki, go'yoki tezlik bo'yicha yopiq rostlash tizimida T_m vaqtning elektrmexanik doimiysi (mexanik inersionlik) $(K+1)$ marta kamayadi. Bu yopiq tizimda mexanik xarakteristikaning bikirligi $(K+1)$ ortishi bilan bog'liqdir.

Bu muhim xususiyat, ya'ni yuritmaning tez xarakatlanishi, sezilarli kamchilik bilan– o'tish jarayoni tebranishligining ortishi bilan bog'langan.

Odatda vaqtning elektrmexanik doimiysi (T_M) $4T_{ya}$ ga nisbatan katta bo'ladi va tezlikni vaqt bo'yicha ochiq rostlash tizimida o'tish jarayonlari tebranishlari kuzatilmaydi. Tezlik bo'yicha manfiy teskari bog'lanishning kiritilishi vaqtning ekvivalent elektrmexanik doimiysini kamaytiradi, bunda teskari bog'lanish koeffitsienti k_ω qancha katta bo'lsa, $T_{m,ekv}$ shuncha kichik bo'ladi. Shuning uchun tezlik bo'yicha yopiq rostlash tizimlarida $T_{m,ekv}$ qiymati $4T_{ya}$ ga nisbatan kichik bo'ladi va bu elektr yuritmalardagi o'tish jarayonlari tebranma xarakterga ega bo'ladi. Tebranma xususiyatni kamaytirish maqsadida rostlash tizimlariga o'zgaruvchi (to'g'rilovchi) bo'g'inlar kiritiladi. O'tish jarayonlarini kerakli xarakterlarini shakllantirish usullari 10 – bobda keltirilgan.

Umumlashtirilgan holda, agar jarayonlar chiziqli differensial tenglamalar bilan belgilansa, elektr yuritmalar tizimidagi o'tish jarayonlari taxlilining quyidagi ketma – ketligini taklif qilish mumkin:

1. Berilgan o'tish jarayonini taxlil qilishda qaysi inersionlik inobatga olinishi kerakligi aniqlanadi.
2. Har bir inersionlikni xarakterlovchi vaqt doimiylari aniqlanadi. Agar vaqt doimiylari bir – biridan 2 va undan ko'p marta farqlansa, hisob – kitoblarda uning kichik qiymatini nobatga olmasa ham bo'ladi.
3. Inersionliklar soni o'tish jarayonini belgilovchi differensial tenglamalar darajasini aniqlaydi.
4. O'rganilayotgan o'tish jarayonini belgilovchi differensial tenglamalar tarkibi aniqlanadi va bir tarkibli differensial tenglamalar ajratiladi.

8.2 – masala. Tezlik bo'yicha ochiq va yopiq rostdash tizimiga ega bo'lgan TO'-D elektr yuritmaning o'tish jarayonlari qanday bo'lishi aniqlansin.

Yurituvchi o'zgarmas tok motorining texnik ko'rsatkichlari: yakorning nominal kuchlanishi $U_{ya,n} = 220V$; yakor zanjiri qarshiligi $R_{ya} = 0,6 \text{ Om}$; yakor chulg'ami induktivligi $L_{ya} = 0,02Gn$; mashina doimiysi $C=1,9V.s$; nominal tezlik $\omega_n = 104,5 \text{ 1/s}$; yuritmaning inersiya momenti $J_\Sigma = 1,0 \text{ kg.m}^2$.

Boshqaruv tizimi bo'yicha berilganlar U_b 0 dan 10 V gacha o'zgaradi; 0 dan 300 V gacha bo'lgan tiristorli o'zgartirgich kuchlanishi o'zgarishiga, 0 dan 30 V gacha o'zgaradigan TO' boshqaruv tizimiga beriladigan kuchlanish o'zgarishi chiziqli ravishda mos keladi; tezlik bo'yicha teskari bog'lanish koeffitsienti $k_s = 0,09 \text{ V.s}$.

Yechish:

1. Yakor zanjirining elektrmagnit vaqt doimiysi

$$T_{ya} = \frac{L_{ya}}{R_{ya}} = \frac{0,02}{0,6} = 0,033 \text{ s.}$$

2. Elektrmexanik vaqt doimiysi

$$T_M = \frac{J_\Sigma R_{ya}}{C^2} = \frac{1 \cdot 0,6}{1,9^2} = 0,16 \text{ s.}$$

3. Ochiq tizimda kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti

$$k_{uo} = \frac{U_{yan} U_{bTO'n}}{U_{TO'n} U_{yn}} = \frac{220 \cdot 30}{300 \cdot 10} = 2,2.$$

4. U TO' = 220 V ga mos keladigan TP ning boshqarish kuchlanishi

$$U_{yTO'} = U_y k_{uochik} = 10 \cdot 2,2 = 22V$$

5. TO' ning uzatish koeffitsienti

$$k_n = \frac{U_{yan}}{U_{yTO'}} = \frac{220}{22} = 10.$$

6. Yopiq rostdash tizimidagi kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti quyidagi munosabatdan topamiz:

$$U_{yTO'} = (U_y - U_{na})k_{uy\sigma}, \text{ bundan}$$

$$k_{uy\sigma} = \frac{U_{yTO'}}{U_y - k_s \omega_n} = \frac{22}{10 - 0,09 \cdot 104,5} = 36,6.$$

7. Ochiq tizimning kuchaytirish ko'effitsienti

$$K = \frac{k_{uy} \cdot k_n \cdot k_s}{c} = \frac{36,6 \cdot 10 \cdot 0,09}{1,9} = 17,3.$$

8. Tezlik bo'yicha yopiq tizimda ekvivalent elektrmexanik vaqt doimiysi:

$$T_{m.ekv} = \frac{T_m}{K+1} = \frac{0,16}{17,3+1} = 0,009s.$$

9. Ochiq roslash tizimida :

$T_M > 4T_{ya}$, ($0,16 > 4 \cdot 0,033$). Bu shuni bildiradiki, o'tish jarayoni monoton xarakterga ega bo'lib davriy bo'lmagan shaklda bo'ladi.

Tezlik bo'yicha yopiq roslash tizimida :

$10. T_{M.ekv} < 4T_{ya}$; ($0,009 < 4 \cdot 0,033$). Bu shuni bildiradiki, o'tish jarayoni so'nuvchi tebranishli xarakterga ega.

8.4. Nazoart savollari.

1. Elektr yuritmada qanday hollarda o'tish jarayonlari vujudga keladi?
2. Motor qo'zg'atish chulg'amidagi uni tarmoqqa ulangandan keyingi paytdagi tokning o'zgarish jarayoni qanday tenglama bilan belgilanadi?
3. Aktiv – induktiv yuklamada, unga kuchlanish berilgandan keyin, o'zgarimas tokning o'sish vaqtini kamaytirish uchun nima qilish kerak?
4. Elektrmexanik vaqt doimiysi qanday parametrغا bog'liq?
5. O'zgarimas tok motori yakor zanjiridagi elektrmagnit vaqt doimiysi qanday parametrlarga bog'liq bo'ladi?
6. Elektr yuritmaning mexanik qismi qanday dinamik bo'g'in bilan belgilanadi?
7. Mexanik va elektrmexanik inersionlikka ega bo'lgan elektrmexanik tizimlarda o'tish jarayonlari xarakteri nimaga bog'liq bo'ladi?
8. Agar yuritmaga statik moment qo'yilgan bo'lsa unga qo'zg'atuvchi ta'sir ettirilganda uzatish funksiyasi bo'yicha tezlikning o'rnatilgan hatolik kattaligi qanday aniqlanadi?
9. Nima uchun o'zgarimas tok motori valiga yuklama qo'yilganda yakor toki oshib ketadi?

10. O'zgarimas tok motori strukturaviy sxemasi qanday dinamik bo'g'inlardan tashkil topadi?
11. O'tish jarayoni davriy bo'lmagan xarakterli bo'lishi uchun elektr mexanik va elektr magnit vaqt doimiylari orasidagi nisbat qanday bo'lishi kerak?
12. Elektr yuritmadagi tezlik bo'yicha manfiy teskari bog'lanish o'tish jarayonlari xarakteriga qanday ta'sir qiladi?

9. ELEKTR YURITMALARNI BOSHQARISH APPARATLARI, JIXOZLARI VA TIZIMLARI.

9.1. Elektr yuritmalarni boshqarish va himoyalash apparatlari.

Elektr yuritmalarni boshqarish uchun turli xil ko'rinishdagi apparatlar ishlatiladi. Ular orqali elektr yuritmaning axborot kanallari shakllanadi. Axborot kanallari esa texnologik jarayon talablariga ko'ra mashina ishchi organi xarakatini boshqaradi (1.3 bobini qarang). Boshqaruv apparatlari hamda elektr, mexanik va texnologik datchiklari bilan birgalikda elektr yuritmaning axborot boshqaruv tuzilmalarini tashkil qiladi.

Kuchli elektr zanjirlari, ximoyalalanish bloklashtirish tuzilmalarini ulash uchun odatda kontaktli elektrik apparatlar ishlatiladi. Boshqaruvning mantiqiy funksiyalarini boshqarish uchun, elektr yuritma xarakati parametirlarini optimallashtirish uchun aksariyat xollarda xisoblash texnikasi tuzilmalaridan foydalaniladi. Bular mikroprotsektor vositalari va tizimlari, dasturli kontrollerlar va sanoat kompyuterlaridir.

Elektr yuritmaning boshqaruv elektr mexanik apparatlari funksiyasiga hamda ulanadigan tok va kuchlanish qiymatiga qarab farqlanadi.

Bajaradigan funksiasiga qarab:

- Ximoyalash apparatlari: avtomatik o'chirgichlar, maksimal va minimal tok relesi, issiqlik relesi;
- Elektr zanjirlarini ulash uchun ulash apparaturalari; bu guruhning asosiy turlari kontaktor va yurgizgichdir (puskatel);

- Boshqaruv rele: oraliq rele, vaqt rele, tok va kuchlanish rele;
- Tezkor boshqarish apparatlari: tugma, qayta ulagich, buyruq kontrollerlari.

Avtomatik o'chirgichlar (avtomatlar). Elektr tarmoqlari va elektr energiyasi iste'molchilarini qisqa tutashuv va o'ta yuklanish toklaridan ximoya qilish uchun mo'ljallangan.

Avtomatlarning o'chirilishi maksimal, issiqlik va mustaqil ijroli uzgichlar ta'siri natijasida amalga oshiriladi. Qisqa tutashuv tokidan ximoyalaniş elektromagnitli turdagi maksimal uzgichlar orqali amalga oshiriladi. Issiqlik ijroli uzgichlar ortiqcha yuklanish holatidan ximoya qiladi. Xozirgi paytda quyidagi avtomatlar ishlatiladi: AK- 63, AE- 1000, AE- 2000, A Z100, A 3700, va elektron. Avtomatik o'chirgichlar naminal tok bo'yicha, uzgichlar tarkibi bo'yicha, uzgich naminal toki bo'yicha tanlanadi.

Kuchli elektr apparatlari uchun tok qiymatini bir qator nominal ko'rsatkichlari qabul qilingan: 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630 va 1000 A.

Elektromagnitli kontaktorlar. Kuch elektr zanjirlarini masofada tezkor ulash va o'chirish uchun mo'ljallangan. Kontaktorlar tok turiga qarab farqlanadi, ya'ni o'zgaruvchan va o'zgarmas tok uchun; bosh kontaktlarini soniga qarab: bir qutbli va ikki qutbli o'zgarmas tok uchun, uch qutbli o'zgaruvchan tok uchun; boshqaruv chulg'ami kuchlanish turi bilan; blok- kontaktlari soni bilan, kontaktorlar katta qiymatga ega bo'lgan tok va kuchlanishlarni ulashda ishlatilgani uchun ular yoy so'ndirish kameralari bilan jixozlanadi.

Sanoatda quyidagi turdagi kontaktorlar ishlab chiqariladi: KP va KPD, ularning toki 25 dan 250 A gacha; KPV 600 va KPV 620, KT 7000, KTP 600, ularning toki 63 dan 1000 A gacha. Barcha kontaktorlar 3 ta asosiy kontaktga ega bo'ladilar. Bazi kontaktorlar 5ta asosiy kontaktga ega bo'ladilar.

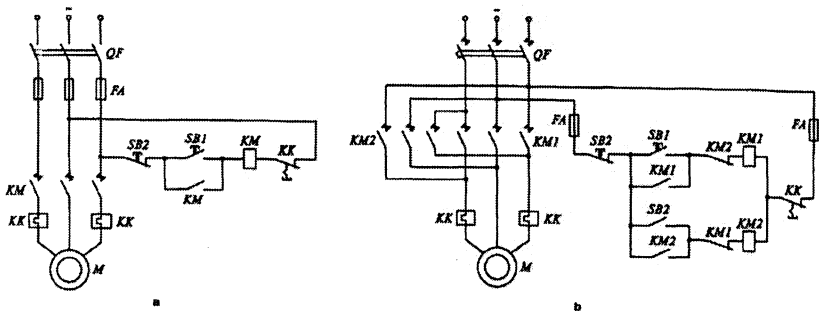
MK turdagi tok kuchi 160Ampergacha kontaktorlar o'zgaruvchan va o'zgarmas tok uchun mo'ljallangan bo'lib, g'altak chulg'ami o'zgarmas tokka mo'ljallangan .

Magnitli yurgizgichlar. Bular qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigetellarni boshqarish uchun mo'ljallangan maxsuslashtirilgan kontaktorlardir. Yurgizgich tarkibiga quyidagilar kiradi; kontaktor ko'rinishdagi ulanish tuzilmasi;

issiqlik ximoya relelari; (shuningdek signal lampalari va boshqarish tugmalari). Ishlab chiqariladigan yurgizgichlar reversiv va noreversiv turlariga, naminal tok qiymatiga ko'ra 6 ta o'lchamga (gabaritga) bo'linadi: 10, 25, 40, 63, 100, 160 A, issiqlik relelariga qarab ximoyalangan va ximoyalanganmagan turlarga bo'linadi.

Bugungi kunda sanoatda PML, PAE, PA, PME rusumli yurgizgichlar ishlab chiqariladi.

9.1 rasmda magnitli yurgizgich yordamida reversli va norevers boshqarish sxemasi ko'rsatilgan.



9.1 - rasm. Magnitli yurgizgich yordamida asinxron dvigetelni boshqarish sxemasi a) noreversiv, b) reversiv.

Motorni yurgazish uchun QFo'chirg'ichini ulanadi va SB1 tugmasi bosiladi. Bunda KM kontaktor chulg'ami manbaga ulanib o'zining kuch kontaktlari bilan asinxron motorning stator chulg'amlarini tarmoqqa ulaydi. KM blok kantakti "SB1 YURISH" tugmasini shuntlaydi, tugma qo'yib yuborilgandan keyin KM kontaktori ulangan xolda qoladi. Motorni o'chirish uchun "SB2 TO'XTASH" tugmasini bosish kerak, natijada KM kontaktor manbadan uziladi. 9.1a rasmdagi sxema bo'yicha qisqa tutashuv tokidan ximoyalangan FA eruvchan saqlagichlar yordamida amalga oshiriladi. 9.1b rasimda esa QF avtomatik o'chirgich va FA saqlagichlari yordamida ximoya tizimi ishlaydi. Dvigetelning ortiqcha yuklamadan himoyalanihi KK issiqlik relelari orqali amalga oshiriladi. Bu rele yuklama ortib ketish natijasida qizib ishga tushib kontaktor chulg'ami zanjirni uzadi. Issiqlik

relesi ishga tushib zanjir uzulgandan so'ng undagi maxsus tugma bosilib uni avvalgi ish holatiga qaytariladi. Tarmoq kuchlanishi yo'qolganida motorni o'z o'zidan ishga tushib ketishidan ximoya SBI tugmasini shuntlovchi KM blok kontakti vositasida amalga oshiriladi.

Reverslash yurgizgichida stator chulg'amini manbaga xar xil fazalar tartibida ulovchi (9.1b- rasm) KM 1 va KM 2 ikkita kontaktor mavjud. Ikkala kontaktorni bir vaqtda ishga tushishini oldini olish maqsadida mexanik va elektrik blokirovkadan foydalaniladi. Buning uchun kontaktor normal yopiq blok-kontaktini boshqa kontaktor chulg'ami zanjiriga kiritiladi.

Boshqarish va ximoya relesi. Boshqaruv va ximoya tizimida elektrmagnitli relelar keng ko'lamda qo'llaniladi. Ular boshqaruv zanjirlarini ulash uchun ishlatiladi. Rele kontaktorlarining kommutatsion qobiliyati odatda 6 A dan oshmaydi.

Oraliq relelar bir zanjirdan boshqa zanjirga buyruq uzatish uchun hamda bir vaqtda ishlaydigan kontaktorlar sonini oshirish uchun, shunigdek uzatilayotkan signal quvvatini oshirish uchun xizmat qiladi. Kuchlanish relesi tarmoqdagi kuchlanish yo'qolib qolishidan va sezilarli kamayib ketishidan ximoya qilish uchun ishlatiladi. Kuchlanish va oraliq relelarning chulg'amlari 12, 24, 48, 110, va 220 v kuchlanishli o'zgarmas tokka mo'ljallangan bo'ladi. Oraliq relelar 8 ta gacha ochiq va yopiq kontaktlarga ega bo'ladi.

Vaqt relesi boshqaruv signalini uzatishda ma'lum muddatga kechiktirilishni ta'minlaydi. O'zgarmas tokda ishlaydigan REV 800 rusumli elektrmagnitli relelar keng tarqalgan. Bu relelarda vaqtning kechiktirilishi rele chulg'ami manbadan uzulgandan keyin ishga tushiriladi; bunda rele magnit o'tkazgichiga kiydirilgan gilzadagi uyurma toklari ta'sirida hosil qilinadigan magnit oqimi hisobiga 1 s. dan 15 s. gacha ushlab turiladi.

Bundan tashqari pnevmatik, mexanik va elektron vaqt relelari ishlatiladi. Pnevmatik rele pnevmatik diafragmali elektrmagnit relesidir. Bunda xovoning difragmadan asta o'tkazilishi xisobiga rele yakori xarakati sekinlashadi va kontakt

ulanishi kechiktiriladi. Pnevmatik relelar 2.5 s dan 180 sek. gacha kechiktirishni ta'minlaydi.

O'lovchov relelari nazoratdagi parametr kerakli qiymatga erishganda ishga tushadi (o'chadi yoki ulanadi). Tok kuchi va kuchlanish qiymati qaytarish uchun mo'ljallangan prujina burilishi rostlash yo'li bilan rostlanadi.

Issiqlik relelari dvigatealarni ortiqcha yuklanishdan saqlaydi. Bu relening sezgi organi bimetal plastina bo'lib, ortiqcha yuklanish bo'lganda u qizib egiladi va kantaktlarning uzilishiga olib keladi.

Sanoatda turli xil maqsadlar uchun mo'ljallangan ko'plab relelar ishlab chiqariladi. Ulardan RPUO va RPU-1, 2, 3, 4 rusumli tok elektrmagnit relelari, REV- 800 rusumli kuchlanish va vaqt relelari, RVP- 72 rusumli pnevmatik relelar, TRN va TRTP rusumli issiqlik relelari keng miqyosida ishlatiladi.

Elektr yuritmalarni boshqarish tizimlarida yuqoridagilardan tashqari boshqa kontaktli elektr apparatlar ham ishlatiladi. Ular haqida ma'lumotlar maxsus adabiyotlarda [18] va so'rovnomalarda keltiriladi.

9.2. Kontaktsiz mantiqiy elementlar

Elektr yuritmalarning boshqaruv sxemalarida mantiqiy elementlar deb nom olgan kontaktsiz qayta ulagich tuzilmalar keng miqyosida ishlatiladi. Ular kontaktli elektrmagnitli relelar o'rnida ishlatiladi. Mantiqiy elementlar asosida blokirovka, himoya va boshqarishning mantiqiy funksiyalarini bajaruvchi kontaktsiz sxemalar shakllantiriladi. Bunday sxemalarning avzalligi ularning ishonchligi, ixchamligi va kam energiya is'temol qilishidadir.

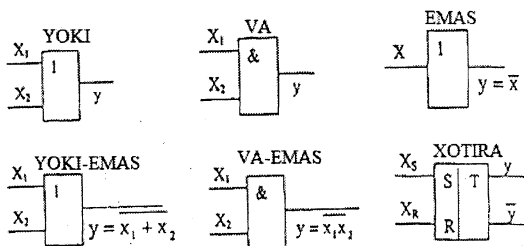
Mantiqiy element ikki xil holatga ega bo'ladi. "yoqilgan" va "o'chirilgan" va bu holatlar mos ravishda 1 va 0 raqamlari bilan belgilanadi. 1 holat elementdan chiqish joyida kuchlanish borligini, 0 esa kuchlanish yo'qligini bildiradi.

Asosiy mantiqiy elementlar:

- "Yoki" – mantiqiy elementi- kirish nuqtalarining bittasida 1 signali bo'lganda elementning chiqishi joyida signal 1 bo'ladi;

- “Va” mantiqiy element, elementning chiqish joyidagi signal 1 elementga kirish nuqtalarining barchasida 1 signali bo‘lganida bo‘ladi;
- “Emas” mantiqiy elementi, taxmin funksiyasini amalga oshiradi; kirishdagi 1 signali chiqishda 0; kirishdagi 0 signali chiqishda 1;
- Diskret signalni eslab qolish funksiyasini bajaruvchi mantiqiy xotira elementi RS- triggeri asosida amalga oshiriladi.

- 1 signali S kirishida qabul qilinganda to‘g‘ridan- to‘g‘ri chiqishda 1 signali bo‘ladi, invers chiqishda 0 signali bo‘ladi. Kirish signali olib tashlanganda S trigger avvalgi holatini saqlab qoladi, ya‘ni signalni eslab qoladi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri chiqishdagi 1 signalini 0 bilan almashtirish uchun R kirishga 1 signalini uzatish kerak, shundan keyin trigger chiqishdagi 0 signalini eslab qolgan xolda qayta ulanadi. Asosiy mantiqiy elementlar belgilanishi 9.2. - rasmda berilgan.



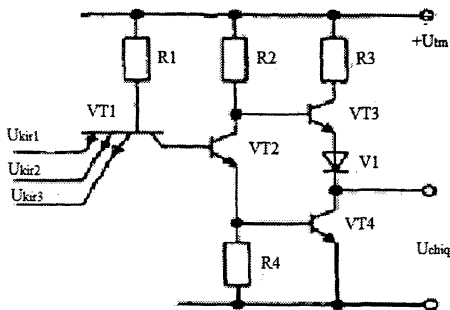
9.2 - rasm. Turli mantiqiy elementlarning shartli belgilari

Yuqorida ko‘rsatilganlardan tashqari mantiqiy elementlar jamlamasiga vaqtni kechiktirish, xisoblagich, registr, deshifratör kabi elementlar ham kiradi. Shuningdek, chiqish signallari quvvatini kuchyitirgichlar, kontaktli apparatlarni tugma, o‘chirgich, rele va datchik kabi elementlari bilan birga ishlashni muvofiqlashtiruvchi elementlar ham kiradi. Galvanik ajratgich elementlari sifatida RPG turidagi kichik o‘lchamli gerkonli rele ishlatiladi. Mantiqiy elementlar K 155 va K 511 rusumli integral sxemalar tarkibidagi element sifatida ishlab chiqariladi.

Turlarning bazaviy element sifatida odatda VA-EMAS elementlari qo‘laniladi. Tranzistor turidagi VA-EMAS elementi sxemasi 9.3 rasmda

ko'rsatilgan. Tranzistorning uchta kirishidan xoxlaganiga 0 signali berilishi bilan VT 1 tranzistorini ochiladi. Bu esa VT 2 hamda VT 4 tranzistorlarning yopilishiga va VT 3 tranzistorning ochilishiga olib keladi.

Natijada chiqishda 1 signali paydo bo'ladi. Barcha kirishda 1 signali bo'lganda VT 1 tranzistor yopiq bo'ladi, VT 2 va VT 4 tranzistorlarning ochilishiga va chiqishda 0 signalining paydo bo'lishiga olib keladi.



9.3 - rasm. VA-EMAS mantiqiy elementning sxemasi

Mantiqiy elementlarning rivojlanishi ko'p funktsiyali dasturli tuzilmalar paydo bo'lishi bilan izohlanadi. Masalan, UPL rusumli dasturlanadigan mantiqiy element.

UPL ning ishlash prinsipi kirish signallarining ketma-ket surilishida ularni mantiqiy qayta ishlashda va chiqish kanalariga mos ravishdagi buyruqlarni berishida aks etadi. Kirish soni 256 ta gacha, chiqish soni 16 ta. Dasturlash doimiy xotira tuzilmasiga buyruq pultdan buyruqlarni kirgizish yo'li bilan amalga oshiriladi.

9.3 Mexanik va elektrik parametrlar datchiklari.

Elektr yuritmalarning avtomatik boshqaruv tizimlarida asosan 4 ta ko‘rinishdagi datchiklar ishlatiladi: tezlik datchiklari, holat datchiklari, tok datchiklari va kuchlanish datchiklari.

Ishlash prinsipiga ko‘ra datchiklar analogli va diskretli turlarga bo‘linadi. Analogli datchiklarda o‘lchanishi kerak bo‘lgan kattalik datchikda proporsionol ravishdagi elektr signaliga aylanadi. Diskret datchiklarda esa bu kattaliklar raqamli yoki impulsli signalga aylanadi.

Tezlikning analogli datchiklari taxogeneratorlardir. Ular kichik o‘lchamli generatorlar bo‘lib, dvigatel valiga o‘rnatiladi. Aksariyat xollarda elektrmagnit qo‘zg‘atishli PT turidagi yoki doimiy magnitlardan qo‘zg‘atishli ET turidagi o‘zgarma tok toxogeneratorlari qo‘llaniladi. Toxogeneratorlar konstruksiyalarida kichik tezliklarda chiqish kuchlanishning pulslanish darajasini pasaytirish choralari ko‘riladi. Toxogeneratorlarning chiqish kuchlanishi $U_{T,r}$ o‘z valini aylanish yo‘nalishini bildiradi. Toxogeneratorlarga qo‘yiladigan asosiy talab ular xarakteristikasining $U_{T,r}2f(\omega)$ chiziqi bo‘lishidir.

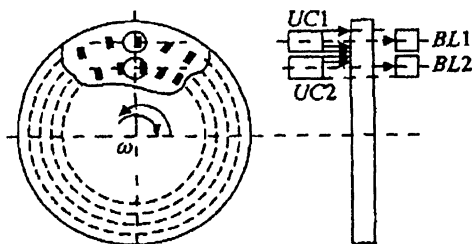
Zamonaviy avtomatlashtirilgan elektr yuritma tizimlarida tezlikni sozlash diapazoni katta bo‘lganda taxogeneratorlarning aniqlik darajasi yetarli bo‘lmasligi mumkin. Yuqori aniqlikda ishlaydigan elektr yuritmalar uchun raqamli tezlik datchiklari ishlatiladi [12].

Raqamli datchiklar ikki asosiy qisimdan iborat: valning burilish burchagini impulsar soniga aylantiruvchi impulsar datchigi va impulsar xisoblagichi – kod o‘zgartirgichi. Impulsar chastotasi f_{du} valning aylanish tezligini proporsional bo‘ladi:

$$f_{du} = \frac{10}{2\pi} \cdot N_{du} \quad (9.1.)$$

Bu yerda, N_{du} - val bir aylanishidagi impulsar soni.

Impulslar datchigi fotoelektrik kodli disk asosida yoki induktor asosida bajarilishi mumkin. Xar ikkala variantda ham datchik ikki xil impuls ishlab chiqaradi. Bu impulslar faza bo'yicha $\pi/2$ ga siljigan bo'ladi. Bu siljish esa burchak tezligini aniqlashda ishlatiladi. 9.4 - rasmda impulslarning fotoelektrik datchiklari ish prinsipi keltirilgan.



9.4 - rasm. Impulslar datchigi fotoelektrik kodli diski

Diskni ikki yo'lakhasida yorug'likni o'tkazuvchi tirqishlar qoldirilgan. Yorug'lik esa $UC 1$ va $UC 2$ manbalarida VL 1 va VL 2 fotodiodlariga uzatiladi. Yorug'lik fotodiodlari tushganda u ochiladi; tarqash yorug'lik nuridan o'tib ketganda fotodiod yopiladi. Elektr sxema yordamida fotodiod zanjiridagi signallar doimiy uzunlikdagi va doimiy amplitudali to'g'ri to'rtburchak shaklidagi ketma-ket impulslarga aylantiriladi. Impulslar soni valning burilish burchagiga qarab aniqlanadi.

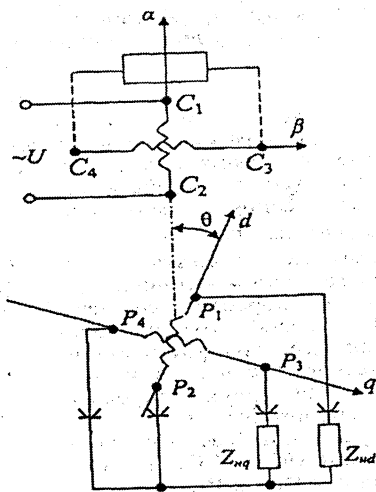
Val aylanish tezligini aniqlashning ikki usuli mavjud.

Birinchisi- aniq T vaqt uchun N impulslari soni sanaladi. Bu impulslar soni $N = f_{da} \cdot T$ ma'lum T vaqt ichidagi o'rtacha tezlikni bildiradi. O'lchash aniqligi $\delta = 1/N$ ga teng bo'ladi. Ya'ni T vaqt oralig'ida tezlik qancha katta bo'lsa aniqlik shuncha yuqori bo'ladi. Xatolikni T vaqtni uzaytirish xisobiga kamaytirish maqsadga muvofiq emas, chunki unda aniq tezlik va o'rtacha tezlik o'rtasidagi farq ko'payib ketadi.

Tezlikni aniqlashning ikkinchi varianti o'lchov intervallariga joylashtirilgan yuqori chastotali impulslar sonini aniqlab bu interval vaqtini o'lchashga asoslangan. Bu usulda kichik tezliklarda yuqori aniqlik kamayib boradi.

Elektr yuritmalarni boshqarishning raqamli sxemalarida PDF rusumli tezlik va holat datchiklari asosiy o'rinni egallaydi. Ular bir aylanishda 125 dan 2500 gacha impuls berish qobiliyatiga ega.

Fotoimpulslar datchiklardan tashqari analogli va analog - raqamli aylanadigan transformatorlarga asoslangan holat va tezlik datchiklari ham alohida ahamiyatga ega. 9.5 - rasmda sinus – kosinuslar aylanadigan transformator (S.K.A.T.) sxemasi keltirilgan. SKAT statorida 2 ta chulg'ami bo'lgan induksion elektrik mashina bo'lib uning qo'zg'atish chulg'ami (QCH) va kompensatsiyalovchi chulg'amlari (KCH) bor. Ratordagi chulg'amlar 90° ga siljirilgan.



9.5 - rasm. SKAT sxemasi

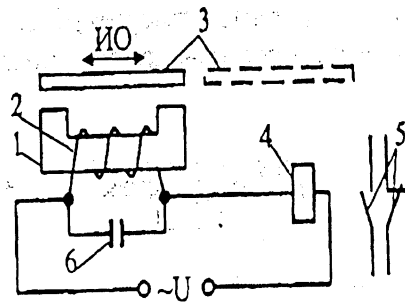
Qo'zg'atish chulg'amiga bir fazali o'zgaruvchan kuchlanish beriladi. Chulg'amdagi tok magnit siklini xosil qiladi, bu oqim esa ikkilamchi chulg'amda E.YU.K. ni vujudga keltiradi: Bu E.YU.K. QCH 1 chulg'amida sinusga proporsional, QCH 2 chulg'amida esa rator o'qining statori o'qiga nisbatan burilish burchagi θ kosinusiga proparsional bo'ladi. Analog – raqamli o'zgartirgichdan foydalanish o'lchash chulg'amlaridagi kuchlanishni raqamli kodga o'zgartirish mumkun.

Bunday prinsiplar asoslangan asboblari- induktosinlar, chiziqli siljishlarini o'lchash uchun ishlatiladi. Burilish burchagini o'lchash moslamasiga selsinlar ham kiradi. Ular statorda bitta qo'zg'atish chulg'ami va rotorda uchta faza chulg'amlariga ega. Rotor chulg'amlaridan olingan kuchlanish selsinning burilish burchagiga proporsional bo'ladi selsinlar shuningdek, kuzatuvchi elektr yuritmalarda beriluvchi burilish burchagi bilan bajaruvchi organning burilish burchagi farqlash uchun ham ishlatiladi.

Yuritmalarni avtomatlashtirish tizimlarida holatni belgilovchi datchiklar keng ko'lamda ishlatiladi. Ular mashina ishchi organinning aniq holatini belgilaydi. Bular yo'lakli va cheklovchi o'chirgichlardir. Cheklovchi o'chirgichlar ishchi organining cheklangan zona chegarasidan tashqariga chiqib ketishini cheklaydi. Masalan, yuk ko'tarish mexanizmlaridagi yukni ko'tarish balandligini cheklovchi chegara. Yo'lakli va cheklovchi o'chirgichlar shuningdek, turli blokirovkalarni amalga oshirish uchun ishlatiladi, eshiklari ochilganda, ta'minotning to'xtatilishi.

Yo'lkaviy va cheklovchi o'chirgichlar kontakli va kontaktsiz turlarida bo'ladi. Kontaktkli o'chirgichlarda kontaktni ulash va uzish qaytargich prujinali richagli yoki bosiluvchi yuritma vositasida amalga oshiriladi.

Kontaktsiz yo'lkaviy o'chirgichlardan keng tarqalgani induksion o'chirgichdir. Bunday o'chirgichlarning ishlash prinsipi 9.6 - rasmda ko'rsatilgan.



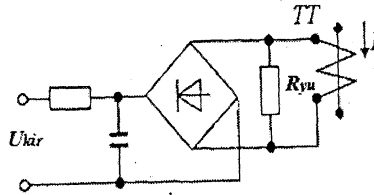
9.6 - rasm. Kontaktsiz holat datchigi

Impulsi datchik ochiq magnit o'tkazgichli induktiv chulg'amga ega.

1 magnit o'tkazgich ochiq bo'lganda, 2 chulg'amning induktiv qarshiligi kam va 4 rele cho'lg'ami bo'yicha releni yopiq holatda tutish uchun etarli tok o'tadi.

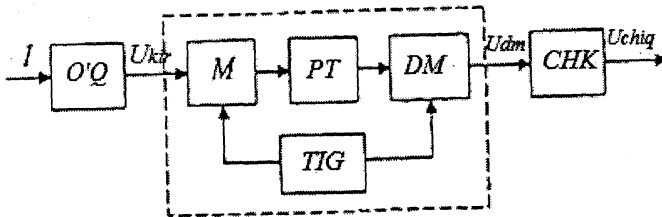
Ishchi organga maxkamlangan 3 magnit shunt xarakatlanganda ishchi organni magnit o'tkazgich ustiga keladi, g'altak qarshiligi oshib boradi, rele o'chiriladi va 5 kontaktlar qayta ulanadi. Rele aniq ishlashi uchun datchik chug'lamiga parallel qilib 6 kondensator ulangan. Bu kondensator magnit o'tkazgich yopiq bo'lganda zanjirda rezonans tokini xosil qiladi. O'zgaruvchan tok datchiklari sifatida asosan tok transformatorlari ishlatiladi. Ularning ikkilamchi chulg'amlariga maksimal tok relesi ulanadi. Ba'zan tok transformatorlari tok bo'yicha teskari bog'lanishini amalga oshirish uchun ishlatiladi. Bunda (9.7 - rasm) tok transformatorining (TT) ikkilamchi chulg'ami R_{q} qarshiligiga ulanadi. Bu qarshilikning kattaligi shunday bo'lishi kerakki undagi tok bosh zanjirdagi tok nominal bo'lganida transformator ikkilamchi chulg'ami nominal tokiga teng bo'lishi kerak (odata 5 A). To'g'rilagich chiqishidagi kuchlanish (tokning kichik is'temol qiymatlarida) o'lchanadigin tokka proporsional bo'ladi.

$$U_{\text{chiqish}} = KI$$



9.7 - rasm. Tok transformatorini tok datchigi sifatida ishlatish

O'zgarmas tok datchiklari o'lchanadigan tokka proporsional bo'lgan kuchlanishini shakllantirish uchun hamda o'lchanadigan tok o'tadigan kuch zanjirlarni galvanik ajratish uchun xizmat qiladi. O'zgarmas tok datchiklari strukturasi 9.8 - rasmda ko'rsatilgan.



9.8 - rasm. O'zgarmas tok datchigi tuzilish sxemasi

Datchik uchta qismdan iborat bo'ladi. O'lchash qurilmasi $O'Q$ - bu maqsadda odatda o'lchov shuntiga ishlatiladi; Potensial taqsimlagich PT ; va chiquvchi kuchaytirgich CHK . Shundan olinadigan o'lchanadigan I tokka proporsional bo'lgan U_{BK} kuchlanish M modulyator yordamida o'zgaruvchanga o'zgartiriladi va keyinchalik DM demodulyator yordamida o'zgarmas tok ko'rinishga o'zgartiriladi. Modulyator va demodulyator orasida potensial ajratish qurilmasi o'rnatilgan (transformator yoki optron sxema). Modulyator- demodulyator yuqori chastotali tokli impuls generatori yordamida ulanadi. Xuddi shu usul bilan o'zgarmas tok datchiklari ham quriladi.

Baʼzan tok datchiklari sifatida xoll datchiklari asosidagi qurilmalar ham ishlatiladi. Bunda oʻlchanadigan tok bilan xosil qilinadigan magnit maydon datchikka taʼsir qildiriladi.

9.4 Rostlagichlar.

Rostlanadigan elektr yuritmalarning elektr kuch kanali motor hamda motorni taʼminlovchi yarim oʻtkazgichli oʻzgartirgichdan tashkil topadi. Elektr dvigateli tomonidan erishilayotgan moment va tezlikni roslash oʻzgartirilgan elektr energiyasining kuchlanishi, toki va chastotasi kabi parametrlarning oʻzgartirish yoʻli bilan amalga oshiriladi. 5- va 6- boblarda oʻzgarimas va oʻzgaruvchan tok elektr yuritmalarini roslashning asosiy tizimlari koʻrilgan edi. Bunday parametrlarni boshqarish uchun turgʻunlashgan va oʻtkinchi rejimlarda nazoratlanayotgan parametrlarni vazifalangan oʻzgarishini taʼminlovchi oʻzgartirgich boshqaruv signallarini ishlab chiqaruvchi tok, tezlik va holat roslagichlari zarur boʻladi.

Boshqaruv qurilmalari va roslagichlarning texnik ijrosi yetarlicha xilma-xildir. Ikkita katta soxani ajratish mumkin: analogli roslash qurilmalari va diskretli yoki raqamli qurilmalar. Shuningdek, raqamli - analogli roslash tuzilmalari ham qoʻllaniladi.

Raqamli roslash tizimlari mikroprotessorli texnika baʼzalari asosida ishlatiladi. Mazkur bobda analogli roslash tizimlari uchun roslagichlar koʻriladi.

Bunday roslagichlar – roslash shartlari boʻyicha uzatish funksiyasini bajaruvchi elektron kuchaytirgichlardir.

$$W_{rost}(R) = \frac{u_{chiq}(R)}{u_{kir}(R)} \quad (9.1)$$

Bunda u_{chiq} - roslagichning analogli chiqish signali.

u_{kir} - roslagichning analogli kirish signali.

Rostlagichning chiqish signalining vaqt bo'yicha o'zgarishini solash uzatish funksiyasiga mos ravishda yuz beradi. Rostlagichning o'tish xarakteristikasi- bu $U_{chiq} = f(t)$ bo'lib, uning kirishidagi pog'onali signal uzatilishi U_{kir} - 1 bo'lgandagi holatni bildiradi.

Sanoatda unifikatsiyalangan analog ta'sirli rostlash blok tizimi ishlab chiqariladi. Ular integral mikrosxemalar asosida quriladi. (UBSR- AI). Bu tizim tarkibiga unifikatsiyalangan rostlagichlar kiradi UBSR tizimida $0 - \pm 10 V$ va $0 - \pm 5 mA$ o'lchamli analogli elektrik signal qabul qilingan.

Analogli rostlagichlarning asosini K 140 UD yoki K 533 UD seriyali mikrosxemalar bazasida bajarilgan bajaruvchi kuchaytirgich tashkil qiladi.

Operatsion kuchaytirgich bu ochiq holatda yuqori kuchaytirish ko'effitsientiga ega bo'lgan o'zgarmas tok kuchaytirgichidir. Operatsion kuchaytirgich kerakli uzatish funksiyasini bajarishi uchun aktiv- sig'imlik qarshiliklardan tashkil topgan teskari aloqa bilan ta'minlangan. Uzatish ko'effitsientlari teskari bog'lanish qarshiligi nisbati bilan aniqlanadi.

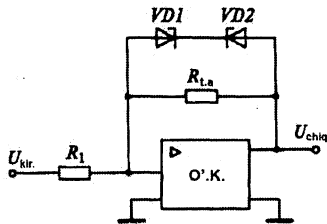
$$W_{rost}(R) = \frac{U_{chiq}(R)}{U_{kir}(R)} = \frac{Z_{g.b}(R)}{Z_{kir}(R)} \quad (9.2)$$

Elektr yuritmaning analogli rostlash tizimlarida asosan proporsional (P- rostlagichlar) integral (I- rostlagichlarni), proporsional- integral (PI- rostlagichlari) hamda proporsional- integral- differensial (PID - rostlagichlar) turdagi rostlagichlar qo'llaniladi. 9.1 jadvalda yuqorida sanalgan turdagi rostlagichlarning uzatish funksiyalari va o'tish xarakteristikalari keltirilgan.

Analogli rostagichlar turlari.

Rostlagich turi	Sxema	Uzatish funktsiyasi	Rostlagich parametri	O'tish funktsiyasi
P		$W(p) = k$	$k = \frac{R_{2,a}}{R_1}$	
I		$W(p) = \frac{1}{T_p}$	$T = R_1 C_{1,a}$	
P.I.		$W(p) = k + \frac{1}{T_p}$	$k = \frac{R_{2,a}}{R_1};$ $T = R_{1,a} C_{1,a}$	
P.I.D.		$W(p) = k + T_1 p + \frac{1}{T_2 p}$	$k = \frac{R_{2,a}}{R_1},$ $T_1 = R_1 C_1;$ $T_2 = R_{1,a} C_{1,a}.$	

Quyida rostagichlarning asosiy elementi bo'lmish rostagich chiqish signalini berilgan darajada cheklovchi cheklash sxemasidan biri keltirilgan.



9.9 - rasm. Rostlagich chiqish kuchlanishini cheklash sxemasi

Chiqish signalini cheklash VD1 va VD2 stabilitron yordamida amalga oshiriladi. Bu stabilitronlar operatsion kuchaytirgichlarga parallel ulanadi. Kuchlanish qiymati $U_{\text{chiq.}}$ stabilitron yorib o'tish kuchlanishi darajasiga yetganda boshqa oshmaydi va shu qiymatda qoladi.

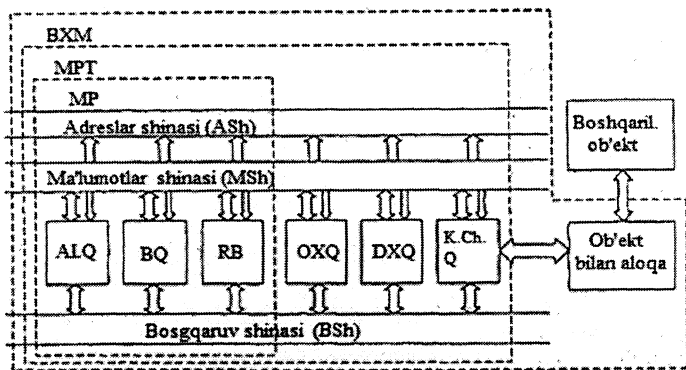
9.5 Elektr yuritmalarni mikroprotessorli boshqarish vositalari.

Mikroprotessor (MP) – bu bir yoki bir necha katta integral sxemalar asosida ijro etilgan dasturiy boshqaruvli qurilma bo'lib, u ikkilik sanoq tizimi shaklida bo'lgan raqamli axborotlarni qayta ishlaydi va ishlash jarayonini nazoratlaydi. Boshqacha qilib aytganda mikroprotessor raqamli axborotni qabul qilish, qayta ishlash va uzatish imkonini beruvchi universal qurilmadir.

Mikroprotessor tizimi (MPT) – bu bir yoki bir nechta o'zaro bog'liq bo'lgan va har biri aniq vazifani bajarish uchun mo'ljallangan mikroprotessor, xotira, kirish – chiqish tuzilmasi va boshqa tuzilmalar majmuasidan iborat bo'lgan qurilmadir.

Mikrokontroller (MK) (mikronazoratchi)- mantiqiy taxlil va boshqaruv funksiyalarini bajaruvchi qurilma. Bu funksiya bitta yoki bir nechta BIS (katta integral sxema) larda bajarilishi mumkin. MK – bu shunday mikroprotessorli qurilmaki, unda arifmetik amallarni bajarish funksiyalarni qisqartirish hisobiga uning apparat murakkabligini kamaytirib, mantiqiy boshqaruv funksiyasini oshirish mumkin. Integral sxemalarning mikroprotessorli to'plami (IS MT) – bu konstruksiyasi va texnologik jihatdan bir turli va mikroprotessorli tizimda (MPT) ishlatish uchun funksional, strukturaviy informatsion hamda energetik muqobillik ta'minlangan katta va boshqa integral sxemalar (KIS) dan iborat to'plamdir. Elektr yuritmalar va texnologik jarayonlarni boshqarish uchun ishlatiladigan mikroprotessor tizimi odatda boshqaruvchi hisoblash mashinasi deyiladi (BHM).

Mikroprotessor boshqaruvli hisoblash mashinasi doirasidagi mikro-protessor texnikasi vositalarining o'zaro bog'liqligi va tuzilish sxemasi 9.10 - rasmda keltirilgan.



9.10 - rasm. Mikroprotessor boshqaruvli hisoblash mashinasi (EHM) tuzilishi

Mikroprotessor arifmetik – mantiqiy tuzilma, boshqaruv tuzilmasi va registrlar blokidan tashkil topadi hamda registrlar, manzil akkumlyatori, dasturli hisoblagich kabilarni o‘z ichiga oladi. Arifmetik – mantiqiy tuzilma (ALQ) ikkilik tizimida berilgan ma’lumotlar bo‘yicha arifmetik va mantiqiy operatsiyalarni bajarish uchun mo‘ljallangan.

Mikroprotessor tizimli (MPT) bu bir yoki bir nechta mikroprotessoridan (MP) tashqari operativ xotira qurilmasi (OXQ), doimiy xotira qurilmasi (DXQ) va kiritish – chiqarish tuzilmalarni ham o‘z ichiga oladi. Boshqaruv hisoblash mashinasi (BXM) tarkibida ob’jekt bilan aloqa qurilmalari (OBA) alohida o‘rin tutadi.

Boshqaruv hisoblash mashinasi (BXM) – qismlarining o‘zaro aloqasi (bog‘lanishi) quyidagilar orqali amalga oshiriladi: adreslar shinasi (ASH); ma’lumotlar shinasi (MSh); boshqaruv shinalari (BSh). Bular mikroprotessor tizimi komponentlarini yaxlitlaydi. Shuningdek o‘lchash shinalari, nazorat shinalari va boshqaruv shinalari ham mavjudki, ular yuqorida sanalgan shinalar bilan birgalikda ishlab boshqaruvchi ob’jekt yoki protsessor bilan mikroprotessorli tizim orasidagi bog‘lanishni ta’minlaydi.

Mikroprotessor tizimi konstruktiv jihatdan odam – operator bilan ishlash uchun mo'ljallangan bo'lishi mumkin, ya'ni klaviatura va displey bilan ta'minlanishi mumkin. Bunday holda uni mikro EXM deyiladi. MPT agregativ holda ishlash uchun, ya'ni apparatlarning konstruktiv va funksional birgalikda ishlashlari uchun mo'ljallangan bo'lishi ham mumkin.

Mikroprotessor – bu protessor xotirasiga dasturli joylashtirilgan o'zgaruvchan ish algoritimli boshqaruv tuzilmasidir. Shuningdek u kiritilgan dasturi boshqaruvchining boshqa funksiyalarini bajarish uchun o'zgartiriladigan universal tuzilma hamdir.

Dasturlash imkoni borligi mikroprotessorni boshqaruvning boshqa sohalaridagi masalalar yechimlarini hal qilish mumkinligini ko'rsatadi.

Talab qilingan boshqaruv algoritmini qo'llashni ta'minlaydigan buyruqlar ketma – ketligi dasturni tashkil qiladi. Dasturga yozilgan buyruqlar mikroprotessor orqali yozilgan ketma – ketlikda qadamli rejimda bajariladi. Dasturning har bir buyrug'i boshlang'ich berilganlar bilan nima qilish kerakligi va operatsiya natijalarini qaysi manzilga joylashtirish kerakligi xaqidagi axborotga ega bo'ladi. Buyruqning birinchi qismi operatsiya kodidan iborat bo'ladi (masalan qo'shish, ko'paytirish).

Buyruqning ikkinchi qismi esa manzilli bo'lib, operatsiyalarni joylashtirish manziliga ega bo'ladi. Ba'zida manzilsiz buyruqlar ham bo'ladi.

Mikroprotessor manzillari, operandlari va buyruqlari ko'p razryadli ikkilik kodlari orqali belgilanadi. Zamonaviy mikroprotessorlar 16 – razryadli so'zlar bilan operatsiya bajariladi. Bu esa mikroprotessorning bir sikl davrida bajaradigan ish hajmini bildiradi.

Dastur turli usullar bilan yozilishi mumkin. Buyruqlar yozuvi bevosita mashina kodida ikkilik tizim ko'rinishida bajarilishi mumkin. Bu usul judu murakkab va katta mehnatni talab qiladi va u faqatgina kichik hajmdagi dasturni tuzish uchun ishlatiladi.

Dasturlash tizimlarini qo'llash ancha qulay usul hisoblanadi. Assembler turidagi past darajali til mnemokodlar sharoitida tuzilgan buyruqlar yordamida

mikroprotsessor bilan bevosita muloqatga kirishish vositalari ko'rinishida namoyon bo'ladi. Mikroprotsessor bu buyruqlarni qabul qiladi, lekin o'z ishida uni avvalgidek ikkilik tizimda qo'llamaydi.

Beysik, SI va Paskal turidagi tillar yuqori darajadagi til hisoblanadi va yanada kengroq imkoniyatlarga ega. Bu tillarda tuzilgan dasturlar maxsus kross – dasturlar yordamida mashinali kodlar tizimiga o'tkaziladi, ular esa mikroprotsessorni ishlatadi.

Mikroprotsessor tizimi tarkibidagi OXQ va DXQ xotiralar berilganlarni joylashtirish, dasturlarni joylashtirish va berilganlarni qayta ishlash natijalarini joylashtirish uchun xizmat qiladi.

Axborotni kiritish va chiqarish tuzilmasi (KCH.Q) mikroprotsessor tuzilma bilan operator hamda boshqariluvchi ob'yekt orasidagi muloqatni vujudga keltirish uchun xizmat qiladi. KCH.Q ga boshqaruv pulti, dasturlash pulti, displey va boshqa tashqi tuzilmalar, shuningdek parallel va ketma – ket interfeys katta integral sxemalari kiritiladi.

Aloqa tuzilmasi OBA (ob'yekt bilan aloqa) mikroprotsessorga tashqi tuzilma bo'lgan axborot tashuvchi datchiklar hamda elektr yuritma ishchi qismlari bilan mikroprotsessor o'rtasidagi aloqani ta'minlaydi. Ba'zi bir datchiklar va boshqaruv tuzilmalari analogli bo'lishi mumkin. Shuning uchun analogli axborotni raqamli axborotga va aksincha o'zgartirish zarurati tug'iladi. Bunday vazifani analog – raqamli o'zgartirgichlar (ARO') va raqam – analogli o'zgartirgichlar (RAO') bajaradi. Bu o'zgartirgichlar aloqa tuzilmasi tarkibiga kiritiladi.

Integral tuzilmalar interfeysi – bu apparat vositalari va xotira va tashqi tuzilmalar bilan mikroprotsessor orasidagi axborot almashinuvini boshqarishni ta'minlovchi dasturlar majmuidir.

Maqsadga ko'ra mikroprotsessor tizimi universal va maxsus turlarga bo'linadi. Universal mikroprotsessorlarda dasturlashning standart tillaridan foydalaniladi va ular juda keng yo'nalishli tuzilmalarga ega bo'lib, hisoblash amallari va boshqaruv boshqaruv topshiriqlarini bajarishda, xususan operatsion rostlagichlar kerakli uzatish funksiyalarini amalga oshirishda ishlatiladi.

Maxsus mikroprotessor tizimi esa boshqaruvning aniq bir vazifasini bajarish uchun mo'ljallanadi. Keng ko'lamda qo'llaniladigan maxsus mikroprotessor – bu dasturlanadigan kontroller va mikrokontrollerlardir. Ular universal mikroprotessorlar singari tuzilishga ega. Lekin arifmetik amallar hajmi kamaygani, kirish – chiqish qurilmalari sonining ko'payishi, ob'yekt bilan aloqa tuzilmalarining analogli va diskretli turda bo'lishi bu mikroprotessorlarni asosan texnologik jarayonlarni boshqarishga moslashganini ko'rsatadi. Dasturlanadigan kontrollerlar odatda dasturlash tillaridan foydalanish bo'yicha soddaroq ko'rinishda bo'ladilar.

Hozirgi paytda Dekont, MCS – 196/296 rusumli dasturlanadigan kontrollerlar ishlab chiqariladi va ulardan keng miqyosda foydalaniladi.

9.6 Elektr yuritmalarni boshqarishning komplektli qurilmalari.

Boshqarish apparatlari va tuzilmalari boshqarishning to'plamli qurilmalariga jamlanadi. Past kuchlanishli komplektli qurilma deb 1000 voltgacha kuchlanishga ega bo'lgan elektrtexnika qurilmalariga aytiladi. Bunday qurilmalar elektrik apparatlar, elektron tuzilmalar va uskunalardan tashkil topadi. Bunday elementlar bir konstruktiv asosga jamlangan bo'lib, elektr energiyasini taqsimlash vazifasini bajarish uchun, texnologik qurilmani va elektr yuritmani boshqarish uchun xizmat qiladi.

Komplektli qurilmalarning konstruktiv asoslari plata, bloklar va panellar bo'ladi. Boshqaruvning elektron va mikroelektron tuzilmalar bir qatlami, ikki qatlamli va ko'p qatlamli platalarga o'rnatiladi. Bu platalar tashqi ulanish uchun kontaktli tiqinlar bilan jihozlangan. Agar boshqaruv tizimi bir nechta platalardan tashkil topgan bo'lsa, ular yacheyka (katak) ko'rinishida bajariladi va kasseta yoki bloklarga joylashtiriladi. Elektr yuritmalarning boshqaruv tizimlarida bixillashtirilgan blokli konstruksiyalar keng ko'lamda ishlatiladi.

Yarim o'tkazgichli kuch elementlari konstruktiv jixatdan odatda yarim o'tkazgichli kuch bloklarida joylashtiriladi.

Past kuchlanishli kontkatli boshqaruv apparatlari (kontkatlar, relelar) odatda himoyalangan panellarga yoki reykali konstruksiyalarga o'rnatiladi. Elektr jihozlarini tashqi muhit ta'siridan himoyalash hamda ishlovchining tokli qismlarga bevosita tegib ketishidan himoyalalanish maqsadida bloklar va panellar metall shkaflarga joylashtiriladi. Elektr jihozlarning himoyalanganlik darajasi qoplamalarining himoyalash darajasiga qarab (IP)GOST 14254 -80 bo'yicha aniqlanadi.

Past kuchlanishli kontaktli qurilmalarning himoyalash qobiqlari bo'yicha ijrosi.

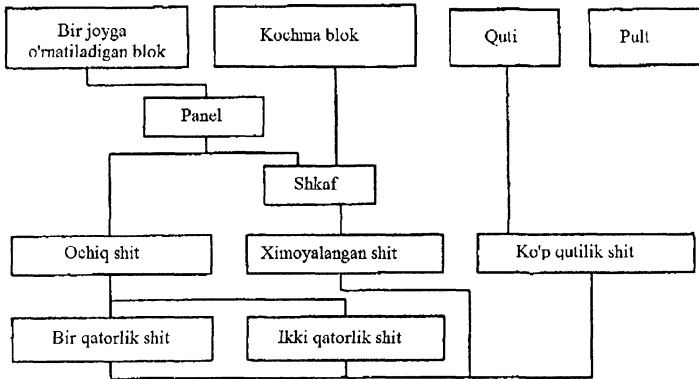
9.2- jadval.

Qattiq jismlar tegishidan himoya	Namlik ta'siridan himoya	xarakteri
Himoya yo'q	Himoya yo'q	0
50 mmdan ko'p emas	0 ⁰ burchak ostidagi tomchi	1
12 mm gacha	12 ⁰ burchakli tomchi	2
2,5 mm gacha	yong'ir	3
1,0 mm gacha	sachratqi	4
chang	sepma	5
o'tkazmaydigan	to'lqinlar	6
	Cho'ktiriluvchi (germetik) ijro	7

Qobiqning himoyalanganligi IPX₁X₂ ko'rinishida belgilanadi. X₁ birinchi raqamli qattiq moddalarning tushishidan himoyalaydi, ikkinchi raqam X₂ esa namlik ta'siridan himoyalalanish uchun mo'ljallangan past voltli komplektli tuzilmalar odatda IP21 himoyalalanish darajasi bilan ishlab chiqariladi. Namlik bo'lgan joydar yong'in havfi bo'lgan va changlik yuqori bo'lgan sharoitlarda ishlash uchun mo'ljallangan past kuchlanishli komplektli qurilmalar esa IP44 yoki IP54 darajali himoyalalanish sinfi bilan ishlab chiqariladi. Agar past kuchlanishli komplektli qurilma bir nechta ochiq panellardan iborat bo'lsa va ular bir karkasda o'rnatilsa, u ochiq boshqaruv shitini tashkil qiladi. Bir nechta shkaflardan tashkil topgan past kuchlanishli komplektli qurilmalar yopiq boshqaruv shitlari deyiladi.

Tarkibida yarim o'tkazgichli o'zgartgichi bo'lgan past kuchlanishli komplektli yopiq qurilmalarda (avvalo yarim o'tkazgichlardan) ajralayotgan issiqlikni tashqariga chiqarib tashlash talab etiladi. Issiqlikni chiqarib tashlashi bo'yicha shkaflar tabiiy xavo aylanishli yoki ventilyatorlar yordamida majburiy xavo aylanishli ijroda bo'ladi.

9.11 - rasmda past kuchlanishli komplektli qurilmalar turlari keltirilgan.



9.11 - rasm. Boshqaruv tuzilmalari turlarini bajarilish sxemalari

9.7. Nazorat savollari.

1. Elektr yuritmalarda qo'llaniladigan elektrik himoya turlarini sanab bering.
2. Maksimal – tokli himoya qanday apparat bilan amalga oshiriladi?
3. «Nol» himoyasi nima?
4. O'zgarmas tok elektr yuritmalaridagi minimal – tokli himoya nima uchun kerak?
5. Elektr motorlarining haroratli himoyasi qanday ishlaydi?
6. Ikki tezlikli asinxron motorni boshkarish tizimida nechta kontaktor bo'lishi kerak.
7. Reversli magnitli yurgizgichlarda «oldinga» va «orqaga» kontaktorlarining bir vaqtda ulanmasligi qanday usul bilan ta'minlanadi?

8. Faza rotorli asinxron motorni yurgazishda pog'onali rotor qarshiliklarini avtomatik tarzda ketma – ketlikda ulash qaysi apparat yordamida amalga oshiriladi.
9. Yopiq rostlash tizimi bilan ochiq rostlash tizimi orasida nima farq qiladi?
10. Elektr yuritmalarni rostlash tizimlarida qanday teskari bog'lanishlar ishlatiladi?
11. Elektr yuritmaning statik mexanik xarakteristikalarini shakllantirish uchun qanday teskari bog'lanishlar ishlatiladi?
12. Qanday rejimlarda egiluvchan teskari bog'lanishlar ta'siri namoyon bo'ladi?
13. Bajariluvchi funksiyalar bo'yicha rostlash tizimlari sinflanishini sanab bering'?
14. Moment bo'yicha tutiluvchi bikir mexanik xarakteristikalar qanday teskari bog'lanish yordamida hosil qilinadi?
15. Elektr yuritma parametrlarini bo'ysinuvchi rostlash prinsipini tushuntirib bering.
16. Tok konturi uchun ma'qul bo'lgan rostlagich turi qanaqa?
17. Tezlik konturi uchun qanday standart rostlagichlar bor?
18. Holatni rostlash tizimi nechta konturdan iborat bo'ladi?

10. ELEKTR YURITMALARNING BOSHQARISH SXEMALARI VA ANDOZAVIY QISMLARI.

10.1. Elektrik himoyalalar.

Kuchlanishi 1000 voltgacha bo'lgan asinxron motorlar fazalararo va bir fazali qisqa tutashuvlardan, o'ta yuklanishdan, kuchlanish yo'qolganda qaytadan o'z – o'zidan ishlab ketishdan va chulg'amlar harorati ortib ketishdan himoyalanaadi.

Qisqa tutashuvdan maksimal tokli himoya odatda eriydigan saqlagichlar yordamida yoki ko'proq holatlarda maksimal – tokli uzgichli avtomatik o'chirgichlar yordamida amalga oshiriladi. Avtomatning nominal toki motorning nominal toki $I_{n,dv}$ ga teng qilib yoki undan katta qilib olinadi.

Avtomat maksimal uzgichning ishlash toki odatda $10 - 12 I_{n,mot}$ qilib olinadi. Bu esa motor ishga tushgandagi tok kuchi $(5,5 - 7)I_{n,mot}$ bo'lganda avtomatning ishga tushib ketishining oldini oladi. Faza rotorli asinxron motorlarda yurgazish toki uncha katta bo'lmaganligi uchun avtomatning maksimal uzgichi $3I_{n,mot}$ tok qiymatiga rostlanadi.

Motorlarning o'ta yuklanishdan himoyasi avtomatlarning issiqlik uzgichlari yordamida, magnitli yurgizgichlarning issiqlik relolari yordamida yoki eriydigan saqlagichlar yordamida amalga oshiriladi. O'ta yuklanishdan himoya apparatlarining ishlash toki qiymati o'ta yuklanish davomiyligiga bog'liq bo'ladi. Uzoq vaqtli o'ta yuklanish uchun ishlash toki $(1,2 - 1,4) I_{n,mot}$ bo'lishi kerak. Bu himoya motor texnologik nosozliklar natijasida zo'riqish bilan ishlaganda yoki 3 ta fazadan birortasi yo'qolib, motor ikki fazada qolib ketganda uni qizib ketishdan himoya qiladi.

«Nol» himoya yoki minimal kuchlanishdan himoya kuchlanish xaddan ziyod pasayib ketganda yoki motor energiya ta'minoti uzilib, qayta energiya berilganda o'z - o'zidan yurib ketmasligi uchun xizmat qiladi. Bunday himoya apparati yurgizgich yoki kontaktor bo'lib kuchlanish $0,6 U_n$ ga tushib ketsa ta'minotni uzib qo'yadi. Kuchlanish o'z nominal qiymatiga qaytgandan so'ng kontaktor o'z - o'zidan ulanmaydi, chunki «yurgazish» tugmasining blok kontakti o'chirilgan bo'ladi (9.1-sxemaga qarang) motorni yurgazishga esa operator «yurgazish» tugmasini qaytadan bosishi kerak bo'ladi.

Oxirgi yillarda motorlarning haroratdan himoyasi ham katta ko'lamda qo'llanilmoqda. Motor chulg'amlariga harorat datchiklari o'rnatilib, chulg'amdagi harorat xavfli qiymatdan oshib ketganda bu datchiklar motorni o'chirish signalini beradi. Bunday himoya asosan kuchlanishni o'zgartirish yo'li bilan motorning tezligini rostlash usuli qo'llanilganda ishlatiladi.

Sinxron elektr yuritmlarda quyidagi himoya turlari ishlatiladi: kuch zanjiridagi qisqa tutashuvdan maksimal - tokli himoya; agar texnologiya bo'yicha elektr ta'minoti o'chgandan so'ng o'z - o'zidan ulanish rejalangan bo'lmasa «nol» himoya; sinxron motorni uzoq muddat asinxron rejimda ishlashidan uning

qo'zg'atish chulg'ami zanjirini minimal – tokdan himoyasi; yurgazish vaqtining cho'zilib ketishidan vaqt relesi yordamidagi himoya. Bunday relening vaqt tutilishi yurgazish chulg'ami harorati maksimal ruxsat etilgan qiymatgacha ko'rilish vaqti inobatga olingan holda rostlanadi. Agar ajratilgan (rostlangan) vaqt ichida motor sinxron rejimning ishchi xarakteristikaga erishmasa, motorni yurgazish to'xtatilishi va manbadan uzilishi kerak bo'ladi.

O'zgarmas tokli elektr yuritmalarda quyidagi himoyalar qo'llaniladi:

- ta'minot manba kuchlanishi qisqa vaqt yo'qolganda qayta ishlab ketishdan himoyalaydigan «nol» himoyasi;
- kuch zanjiridagi qisqa tutashuvlardan maksimal tokli himoya;
- cho'tka – kollektor tugunidagi ulanish shartlari bo'yicha ruxsat etilgan yakor tokini chegaralovchi maksimal tokli himoya;
- mustaqil qo'zg'atishli chulg'am zanjirida minimal tok relesi yordamida minimal – tokli himoya; bu himoya motor ruxsat etilgan tezlikdan chetga chiqqanida elektr yuritmani o'chiradi.

10.2. Elektr yuritmalarni rele - kontaktorli boshqarish.

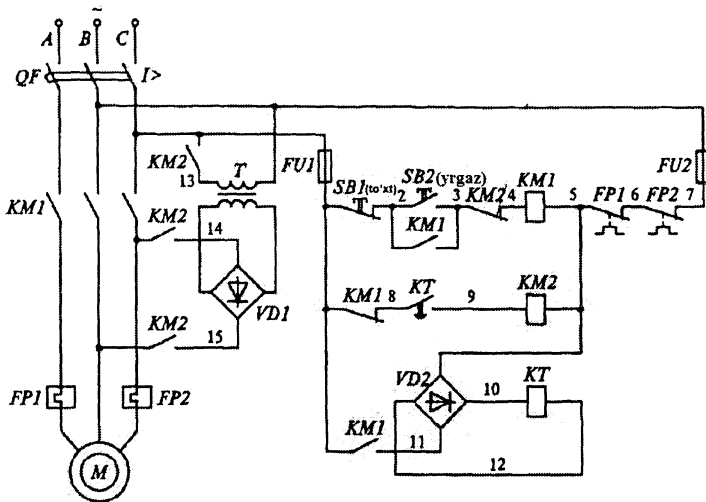
Ishlab chiqarishning barcha sohalarida ochiq konturli rostlash tizimida ishlaydigan, bevosita tarmoqdan ta'minlanadigan elektr motorli elektr yuritmlar keng tarqalgan. Bularnig aksariyati qisqa tutashgan rotorli yoki faza rotorli asinxron motorlardir. Bunday tizimlarda kontaktli yoki kontaktsiz releli ulagichlardan foydalaniladi. Yurgazish va o'chirish uchun elektrmagnit kontaktorlar va tiristorli kommutatorlar ishlatiladi. O'chirish – yoqish tez – tez amalga oshirish talab qilinganda tiristorli kommutatorlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Elektr yuritmani mantiqiy boshqarish funksiyasi odatda ulanishi cheklangan (5 A gacha) elektrmagnit va boshqa turdagi relelar yordamida bajariladi. Zamonaviy diskretli boshqaruvli elektr yuritmalarda mantiqiy boshqarish ko'proq kontaktor chulg'amiga chiquvchi dasturlanadigan kontrollerlar zimmasiga yuklanadi.

10.1 va 10.2 - rasmlarda rostanmaydigan reversli va reverssiz asinxron yuritma sxemalari keltirilgan.

Ba'zi bir texnologiyalar elektr yuritmani to'xtatish statik moment ta'sirida to'xtatishdan ko'ra tezroq amalga oshirilishini taqazo etadi. Bunday holatlarda boshqaruv sxemalarida elektrik tormozlash usullaridan dinamik tormozlash, teskari ulab (reverslab) tormozlash va elektrmagnitli tormozlar yordamida mexanik tormozlash kabi to'xtatishlardan foydalaniladi.

10.1 - rasmda dinamik tormozlanishli reverssylanmaydigan elektr yuritmaning prinsipial sxemasi keltirilgan.



10.1 - rasm. Dinamik tormozlanishli reverssiz asinxron elektr yuritmaning sxemasi

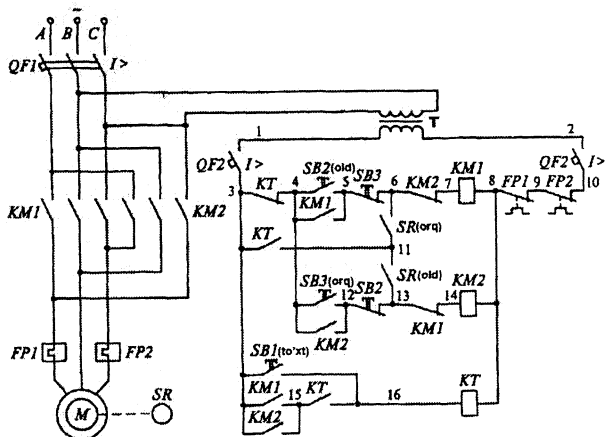
Sxemaga ta'minot QF o'chirgichi yordamida uzatiladi, stator chulg'amiga beriladigan o'zgaruvchan tok kuchlanishi esa KM1 kuch kontaktori bilan beriladi, o'zgarmas tok kuchlanishi KM2 dinamik tormozlanish kontaktori orqali ulanadi. O'zgarmas tok manbai T transformator V to'g'irlagichlardan tashkil topadi va ular tarmoqqa faqat tormozlanish rejimida KM2 kontaktori orqali ulanadi.

«Yurgazish» buyirug'i SB2 – tugmasini bosish bilan beriladi. Bu tugma bosilganda KM1 kontaktori ulanadi va motor tarmoqqa ulanadi. Motorni to'xtatish

uchun SB1 – tugmasi bosiladi va KM1 kontaktor o‘chiriladi hamda motor tarmoqdan uziladi. Yopiq kontaktli KM1 blok – kontakti bir vaqtning o‘zida KM2 kontaktorni ulaydi va motor statori chulg‘amiga o‘zgaras tokni ulaydi. Motor dinamik tormozlanish rejimiga o‘tadi. Stator chulg‘amiga berilayotgan o‘zgaras tok davomiyligi (vaqti) KT vaqt rele yordamida rostlanadi. KT rele chulg‘ami o‘chirganda uning KM2 chulg‘ami zanjiridagi kontakt vaqt tutilishi bilan uziladi.

Sxemada «nol», maksimal – tokli va issiqliq himoyalari qo‘llanilgan. Ular mos ravishda KM1 kuch kontaktori QF avtomatik o‘chirgichi, FP1 va FP2 issiqlik relelari orqali amalga oshiriladi. Boshqarish zanjiri FU1 va FU2 saqlagichlari bilan himoyalangan. Istalgan bir himoya ishga tushishi bilan KM1 kontaktori o‘chiriladi. Sxemada ishlatilgan KM1 yopiq blok – kontakti yordamida KM2 kontorning bloklanishi bu ikkala kontaktorlarning bir vaqtda ulanishiga yo‘l qo‘ymaydi.

Agar texnologik shartlar bo‘yicha to‘xtatishni tezlatish talab qilinsa, teskari ulanish bilan tormozlanishdan foydalaniladi. Bunday usulda tormozlash bilan ishlaydigan reversli asinxron motorning ish sxemasi 9.3 - rasmda keltirilgan. Elektr yuritmadan foydalanish shartlariga ko‘ra boshqaruv zanjirlari TS transformatori orqali kamaytirilgan standart kuchlanish bilan ta‘minlanadi.



10.2 - rasm. Teskari ulanishli tormozlanish bilan ishlaydigan reversli elektr yuritma sxemasi

Bu sxema bo'yicha elektr yuritmani to'g'ridan – to'g'ri yurgazish, aylanish yo'nalishini o'zgartirish, teskari ulanish bilan tezlikni nazorat qilib tormozlash imkoniyatlariga ega bo'lamiz. Bunda elektrmotor valiga o'rnatilgan SR tezlikni nazorat qilish relesidan sezuvchi element sifatida foydalaniladi $\omega_{SR} \geq 0,01 \cdot \omega_{nyumot}$. bo'lganda bu rele SR (old) yoki SR(orq) kontaktori yopiladi. Texnologik jarayon talablariga ko'ra aylanish yo'nalishiga qarab sxemaga buyruqlar quyidagi boshqaruv tugmalari orqali beriladi: SB2 – (oldinga), SB3 – (orqaga) va SB1(to'xta). Stator chulg'amiga beriladigan kuchlanish ABS fazalar ketma – ketligi bo'yicha KM1 (old) kontaktori bilan, CBA fazalar ketma – ketligi bo'yicha KM2(orq) kontaktori bilan beriladi. Elektr yuritmani to'xtatish tugmasi SB1 – KT tormozlash relesining chulg'am zanjiriga ulangan. Bu esa aylanish qaysi tomonga bo'lishidan qat'iy nazar teskari ulanish bilan tormozlanish rejimini hosil qilishni ta'minlaydi. KM1 – (old) va KM2 kontaktorlari chulg'amlarida SB3, KM2 – (orq) va SB2, KM1 bloklash kontaktorlari mavjud bo'lib ular yuqoridagi kontaktorlarning bir vaqtda ulanib qolishidan saqlaydi.

Elektr yuritmani boshqarish quyidagicha amalga oshiriladi. SB2 – (old) tugmasi bosilganda KM1 chulg'am zanjiri hosil bo'ladi, KM1 kontaktori ishga tushadi va asinxron motor statori chulg'amini is'temol tarmog'iga ulaydi.

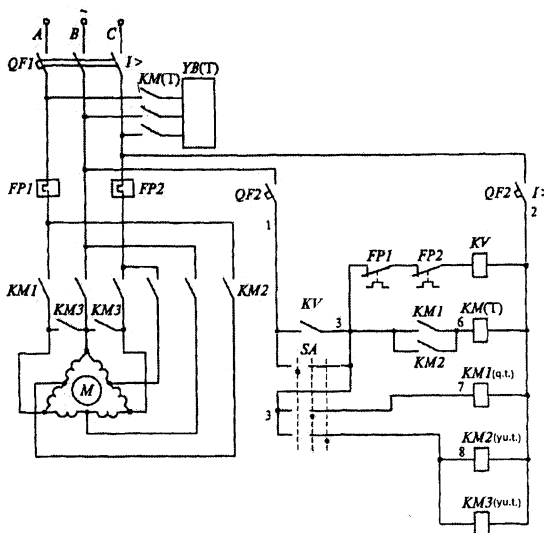
Elektr motor aylanishi boshlangandan keyin tezlik nazorati relesi ishga tushadi SR –(old) kontakti ulaydi. Bu bilan u, agar SB1- tugmasi bosilganda sxemani elektr yuritmasini to'xtatishga tayyorlaydi.

Elektr yuritmani reverslash uchun SB3-(orq) tugmasini bosish kerak. Bundan keyin KM1 chulg'am zanjiridagi SB3 bloklash kontakti ochiladi. KM1 kontaktori elektr motorni tarmoqdan uzadi. Bir vaqtning o'zida KM2 chulg'ami kuchlanish oladi va KM2 kontaktori manba fazalari ketma – ketligini o'zgartirgan holda motor statori chulg'amini manbaga ulaydi. Elektr motorning magnit maydoni teskari yo'nalishda aylanishni boshlaydi. Motor rotori esa o'z inersiyasi bilan avvalgi yo'nalishda aylanishni davom ettiradi. Shuning uchun asinxron motor oldin teskari ulanish bilan tormozlash rejimiga o'tib keyin teskari tomonga aylana boshlaydi. Teskari aylanish boshlangandan so'ng tezlik nazorati releysi SR – (orq) kontaktini

ulaydi va sxemani to'xtatishga tayyorlaydi. Yuritmani to'xtatish uchun SB1-(to'xt) tugmasi bosilib tormozlash rele si KT chulg'amiga kuchlanish beriladi va bu rele ulanadi. KM2 kontaktori kuchlanishni yo'qotadi va stator chulg'amini manbadan uzib qo'yadi. Bu vaqtda KM2 kontaktori o'zining bloklash kontakti KM2 ni KM1 chulg'am zanjiriga ulaydi. KM1 kontaktori ulanadi. Stator chulg'am fazalar ketma – ketligi to'g'ri bo'lgan yo'nalishga ulanadi. Shuning uchun asinxron motor teskari ulanishli tormozlash rejimiga o'tadi. Aylanish tezligi nolga tushganda SR nazorat rele si SR – (orq) kontaktini uzadi va KM1 kontaktor chulg'amini manbadan uziladi natijada KM1 kontaktori stator chulg'amini manbadan uzib qo'yadi.

Ba'zi texnologik qurilmalarda ikki tezlikli elektr motorli yuritmalardan foydalaniladi. Bunday holatlarda stator qutb juftliklarini almashtirib ulash uchun maxsus sxemadan foydalaniladi.

10.3 - rasmda ikki tezlikli asinxron motorli reverssiz elektr yuritma sxemasi keltirilgan. Sxemada elektr motorni uchburchak ulanishdan ikki yulduzli ulanish nazarda tutilgan. Bunday sxema texnologik qurilmaning ishchi organida quvvatni saqlab qolib tezlikni o'zgartirish talab qilingan joylarda ishlatiladi.



10.3 - rasm. Ikki tezlikli asinxron motorni boshqarish sxemasi

Boshqaruv buyruqlari uch pozitsiyali buyuruvchi – kontroller SA orqali beriladi. Boshlang'ich holatda QF1 va QF2 avtomatlari ulangan bo'lib, buyuruvchi – kontroller nol (chap) holatda bo'ladi. KV blok kontakt bilan o'zini ta'minlashga o'tadi, shuningdek elektr yuritmaning nol himoyasini ham ta'minlaydi.

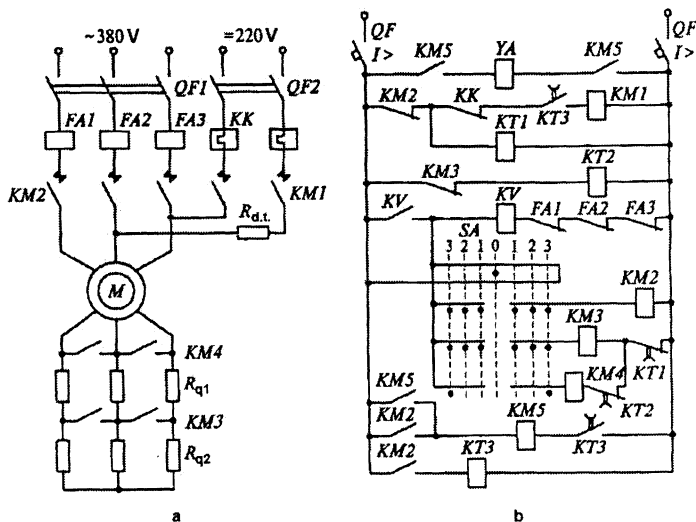
Buyuruvchi operator – kontrollerni birinchi (q.t-quyi tezlik) holatga qayta ulanganda KM1 – (q.t) kontaktor chulg'ami kuchlanish oladi, kontaktor ishga tushadi, KM(T) tormozlash kontaktori chulg'ami zanjiridagi 3 – 6 kontaktorini ulaydi va tarmoqqa uchburchak sxema bilan ulangan stator chulg'amini manbaga ulaydi. Bu vaqtning o'zida KMT tormozlash kontaktori ishga tushadi va YB (T) tormoz elektrmagnitiga kuchlanish beradi, tormoz sustlashadi (kolodkalar ko'tariladi), va elektrmotor past tezlik bilan ishga tushadi (2p qutb juftligi).

Buyuruvchi operator– kontrollerni ikkinchi holatga (yu.t.-yuqori tezlik) qayta ulanganda KM1 – (q.t) kontaktor chulg'ami stator chulg'amini tarmoqdan uzib qo'yadi. KM2 – (yu.t) va KM3 – (yu.t) kontaktorlari chulg'amlari kuchlanish oladi va bu kontaktorlar ishga tushadi. KM3 – (yu.t) kontaktorining kontaktori ulanib ikkilangan yulduzning nol nuqtasini tashkil qiladi. KM2- (yu.t) kontaktori kontaktorlari KMT kontaktori chulg'ami zanjirini ulaydi va KM(T) tormoz kontaktori ishga tushadi yoki ulangan holatla qoladi. Bir vaqtning o'zida KM2 – (yu.t) kontaktori stator chulg'amini ikkilangan yulduz sxemasi bo'yicha tarmoqqa ulaydi va motor katta tezlik bilan xarakatga o'tadi (p qutb juftligi). Elektr yuritmani to'xtatish uchun buyuruvchi – kontrollerni nol holatga qayta ulash kerak. Bunda kontaktorlar kuchlanish olmay qo'yadi, stator chulg'ami tarmoqdan uziladi, va KM(T) kontaktorlari ochiq holga keladi. KM(T) kontaktori elektrmagnitli tormoz chulg'amidan kuchlanishni uzadi va tormoz ishga tushadi. Elektr yuritma M_q yuklama qarshilik momenti hamda M_{mt} mexanik tormoz momenti ta'sirida to'xtaydi.

Faza rotorli asinxron motorni boshqarish sxemasi stator zanjirlarini boshqarish apparatlaridan tashqari asinxron motorni yurgazishni boshqarish apparatlarini ham o'z ichiga oladi. 10.4 - rasmda PDU 6220 rusumli panel sxemasi keltirilgan. Bu

sxema faza rotorli asinxron motorni ikki bosqichda yurgazish va dinamik tormozlash imkonini beradi.

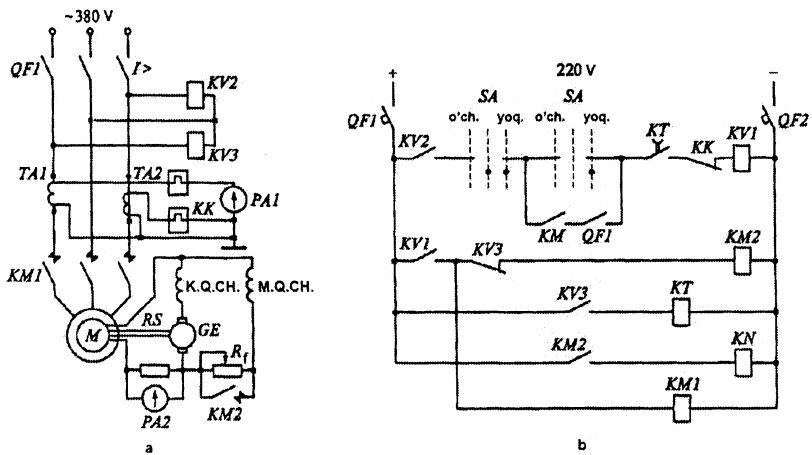
Motorni boshqarishni operator SA buyuruvchi – kontroller yordamida amalga oshiradi. Buyuruvchi – kontrollerning boshlang‘ich holati – nol holat. Masalan SA dastakni uchinchi holatga o‘tkazsin, KM2 kontaktorlari ulanib, stator chulg‘amini hamda KM5 chulg‘amini tarmoqqa ulaydi. KM5 kontaktori esa elektrmagnit tormoz YA chulg‘amiga kuchlanishni ulab tormozni yechadi.



10.4 - rasm. Asinxron motorni boshqarish uchun PDU 6220 rusumli panel sxemasi

Motor rotor zanjiridagi to‘liq yurgazish qarshiligi bilan aylana boshlaydi. Berilgan sxemada ikki bosqichli reostatli yurgazish sxemasi qabul qilingan. Rotor qarshiliklarini bosqichma – bosqich ulash vaqtga qarab avtomatik tarzda amalga oshiriladi. KM2 kontaktori ulanganda KT1 vaqt releisi chulg‘ami o‘chiriladi, va vaqt tutilishi bilan KM3 kontaktori ulanadi. KM3 kontaktori esa yurgazish qarshiliklarini motor rotor zanjiri bilan tutashtiradi.

Motorni to'xtatish uchun buyuruvchi – kontroller dastagini nol holatga keltiriladi. Bunda KM2 kontaktori o'chiriladi va KM1 kontaktori ulanadi. U esa stator chulg'amiga o'zgaras tokni ulaydi. Bu bilan motorning dinamik tormozlanishi boshlanadi. Tormozlanish vaqti KT3 vaqt relesi tomonidan belgilanib uning chulg'ami ta'minot kuchlanishini yo'qotganidan keyin vaqtga rostlanuvchan kontaktlari tomonidan dinamik tormozlash kontaktori KM1 va mexanik tormoz kontaktorlarini tarmoqdan uzadi. Sinxron motorlarni boshqarishning rele-kontaktorli sxemalari motorni ishga tushirish va tarmoqdan uzishdan tashqari motorning uyg'otish zanjirini ham boshqaradi. 10.5 - rasmda sinxron motorning eng ko'p qo'llaniladigan boshqaruv paneli sxemasi keltirilgan. Sxemada uyg'otgich sifatida sinxron motor valiga o'rnatilgan o'zgaras tok generatori qo'llanilgan.



10.5 - ras. Sinxron motorning eng ko'p qo'llaniladigan PU7502 boshqaruv paneli sxemasi

Sinxron motorni ishga tushirish SA ulagich dastagini “yoq.” holatiga o'tkazish bilan amalga oshiriladi. KV2, KV3 relelari o'zgaruvchan tok zanjiri kuchlanishi mavjudligini nazorat qiladi. Agar kuchlanish mavjud bo'lsa KV1 rele ishga tushib

kuch kontaktori KM1ni ishga tushiradi. Sinxron motor asinxron rejimda ishga tushadi. Uyg'otgich kuchlanishi ortib boradi va sinxron motor sinxronosti tezligiga erishishi bilan motor sinxron tezlikka tortiladi. Tarmoq kuchlanishi 15-20% ga kamayganida KV3 o'chadi va o'zining normal yopiq kontakti bilan KM2 kontaktorini ishga tushiradi. KM2 kuch kontaktlari bilan jadallashtirish qarshiligi R_f ni shuntlashi natijasida sinxron motorning uyg'otish toki va kuchlanishi ortadi. Bu holat tarmoqdagi kuchlanish birdaniga pasayganda motorning sinxronizmidan chiqib ketishidan asraydi.

Agar tarmoqdagi kuchlanish uzoq vaqt o'z holatiga qaytmasa KT vaqt rele si motorni o'chiradi.

O'zgarmas tokli mustaqil uyg'otishli motorlarni rele – kontaktorli boshqarish bugungi kunda ishlatilmaydi. Bu motorlar yarim o'tkazgichli boshqariluvchi to'g'irlagichlar yordamida boshqariladi (5.3 va 5.4 - boblar).

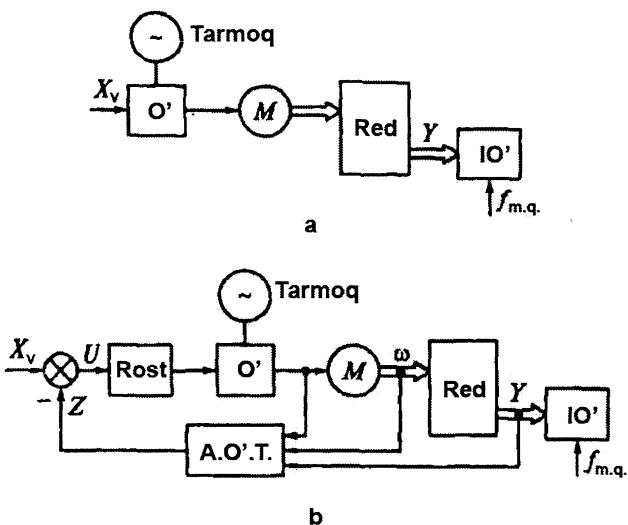
10.3. Elektr yuritmalarni roslash tizimlarini tuzish prinsiplari.

Zamonaviy avtomatlashtirilgan roslanadigan elektr yuritmalarda tezlikni, holatni va berilgan diapazondagi momentni ravon roslash motor chulg'amlariga uzatiladigan elektr energiyasi parametrlarini (tok, kuchlanish va chastota) qiymatini roslash orqali amalga oshiriladi. Bu parametrlarni roslash yarim o'tkazgichli elektr energiyasi o'zgartirgichlari (boshqariluvchi to'g'irlagich va chastota o'zgartirgichlari), elektron roslagichlar yoki mikroprotessorli tuzilmalar yordamida bajariladi.

Elektr yuritmalarning vazifasi va ularga qo'yiladigan texnik talablarga ko'ra roslash tizimlarini qurish ikki turga bo'linadi:

- ochiq konturli roslash tizimlari;
- yopiq konturli roslash tizimlari.

Elektr yuritmani ochiq konturli roslash tizimida chiquvchi roslanuvchi koordinata bilan teskari aloqa (bog'lanish) bo'lmaydi. 10.6 a - rasmda ochiq konturli roslash tizimi sxemasi keltirilgan.



10.6 - rasm.

Elektr yuritmalarni boshqarish tizimlarining

a) ochiq konturli,

b) yopiq konturli funksional sxemasi.

Bunday tizimda rostlanadigan Y koordinataning aniq qiymati sezilarli darajada tizim bo'g'inlari va ishchi organlariga ta'sir qiladigan f siljishlarga bog'liq bo'ladi. Chunki $U = X$ boshqaruv signali rostlanadigan koordinataning berilgan qiymatidan og'ishga bog'liq bo'lmaydi. Asosiy siljituvchi ta'sir bo'lib mashina ishchi organidagi qarshilik momenti M_q xizmat qiladi. Ba'zi hollarda siljituvchi ta'sirlar boshqa turda bo'lishi ham mumkin, masalan iste'mol tarmog'idagi kuchlanishning o'zgarishi.

Elektr yuritmani rostlashning yopiq konturli tizimida chiqish koordinatasi bilan teskari aloqa (bog'lanish) mavjud bo'ladi. Bunday tizim funksional sxemasi 10.6 b - rasmda keltirilgan. 10.6- rasmda quydagi belgilanishlar qabul qilingan:

O' – boshqariluvchi o'zgartirgich; M – motor; Red – reduktor; IO – ishchi organ; Rost – rostlagich; AO'T- axborot o'zgartirgich qurilmasi; f_{Mq} – val motoridagi qarshilik momenti ta'siri.

Rostlashning yopiq konturli tizimida U rostlash signali X_v topshiriq signalidan va manfiy teskari aloqa signali Z dan shakllanadi. Z teskari aloqa signali Y rostlanadigan parametrlarning aniq qiymati haqidagi axborotni beradi va u elektr yuritma valiga ta'sir qiladigan siljishlarga bog'liq bo'ladi. Teskari aloqa kiritilishi bilan rostlash xatoligi ruxsat etilgan qiymatgacha kamayadi. Teskari bog'lanishli elektr yuritma tizimi boshqaruv signali U topshiriq signali X_v ga nisbatan rostlash og'ishini (hatoligini) bildiradi. Bunda hech qaysi siljish ta'sirlari o'lchanmaydi, ularning rostlanuvchi parametrga ta'siri teskari bog'lanish kanali orqali qabul qilinadi. Natijada manfiy teskari bog'lanishli tizimlarda chiqish parametri bo'yicha og'ishlar bo'icha boshqarish amalga oshiriladi.

Teskari aloqa (bog'lanish) bu rostlash tizimi chiqishidan kirishga yakuniy signalni shakllantirish maqsadida hosil qilinadigan axborotni o'zgartirish va uzatish kanalidir. Boshqarish signalining tenglamasi $U = X_v \pm Z$. Z signalining ishorasiga qarab teskari aloqa (bog'lanish) manfiy yoki musbat bo'ladi. Agar teskari bog'lanish signali Z boshlang'ich topshiriq signali X_v bilan qo'shilsa bunday bog'lanish musbat bo'ladi. Agar teskari bog'lanish signali Z boshlang'ich topshiriq signali X_v dan ayirib tashlansa, bunday bog'lanish manfiy bog'lanish deyiladi. Ta'sir xarakteriga ko'ra teskari bog'lanishlar bikir, egiluvchan va nochiyiq turlarga bo'linadi.

Agar teskari bog'lanish faqat o'tish jarayonlarida amal qilsa, bunday bog'lanish egiluvchan deyiladi. Agar teskari bog'lanish Y rostlanadigan parametrlarning faqat biror qiymatidan keyin amal qilsa, bunday bog'lanish tutilgan teskari bog'lanish deyiladi. Bikir va tutilgan teskari bog'lanishlar avvalambor elektr yuritmaning statik xarakteristikalarini shakllantirish uchun ishlatiladi. Bundan tashqari bikir bog'lanish va asosan egiluvchan teskari bog'lanish rostlash tizimining ustivorligini ta'minlash uchun va tizimga topshiriq signallari X_v hamda

siljish ta'sirlari f ta'sir qilganda o'tish jarayonlarini xarakterlovchi, kerakli dinamik ko'rsatkichlarni xosil qilish uchun ishlatiladi.

Elektr yuritmalarning yopiq konturli roslash tizimlarida deyarli har doim asosiy nazorat parametri sifatida tezlik bo'lgan manfiy teskari bog'lanish ishlatiladi. Ushbu darslikning 4.2 va 4.8 boblarida bunday teskari bog'lanishning ishlash prinsipi, vazifasi hamda bu bog'lanishning elektr yuritma dinamik va statik xarakteristikalariga ta'siri mukammal ko'rib chiqilgan edi. Unda aytilgan ediki, tezlik bo'yicha teskari bog'lanish elektr yuritma mexanik xarakteristikasi bikirligini oshiradi, roslash aniqligini oshiradi, boshqaruv ta'sirlarining ta'sirchanlik tezligini oshiradi, lekin o'tish jarayonlari tebranishini oshirib yuboradi.

10.4. Yopiq konturli roslash tizimlari tasnifi.

Yopiq konturli roslash tizimlari quyidagi ko'rsatkichlari bo'yicha tasniflanadi: ta'sir etish prinsipiga ko'ra, chiquvchi roslanish parametriga ko'ra, bajaradigan funksiyasiga ko'ra.

Ta'sir etish prinsipiga ko'ra tasnifi.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritmalarni roslash tizimining ta'sir etish prinsipiga ko'ra tasnifi quyidagicha bo'ladi:

1. Uzluksiz boshqaruv tizimli elektr yuritma.
2. Releli boshqaruv tizimli elektr yuritma.
3. Impulslı boshqaruv tizimli elektr yuritma.
4. Raqamli (mikroprotessor)boshqaruv tizimli elektr yuritma.

Uzluksiz boshqaruv tizimli elektr yuritma – bu shunday tizimki, unda har bir boshqaruvchi parametrlar bevosita vaqt bo'yicha o'zgaradi yoki o'zgarishsiz qoladi. Shunga mos ravishda nazorat qilinuvchi parametrlar haqidagi axborot bevosita o'lchanadi va boshqaruv tizimiga uzatiladi. Bunga asosan esa yurgazish motoriga bevosita ta'sir o'tkazadi. 10.6. b - rasmdagi funksional sxema shunday tizimga mosdir.

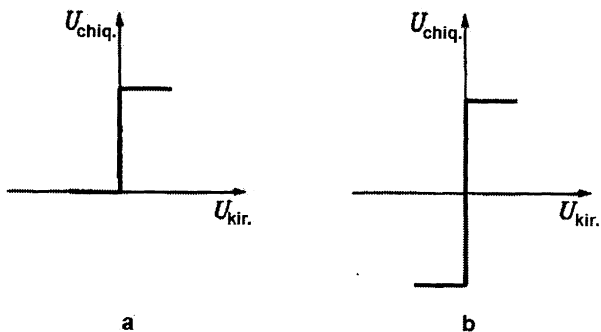
Releli boshqaruv tizimli elektr yuritma - bunda elektr motorni boshqarish uchun to'g'ridan – to'g'ri roslash kanalida ikkita turg'un holatli- releli element RE bo'ladi:

$$\text{agar } U_{\text{kirish}} > 0 \text{ bo'lsa, } U_{\text{chiq.}} = + U_n.$$

$$\text{agar } U_{\text{kirish}} < 0 \text{ bo'lsa, } U_{\text{chiq.}} = 0 \text{ (yoki } - U_n \text{)}$$

bu yerda U_n – elektr motorning nominal iste'mol kuchlanishi.

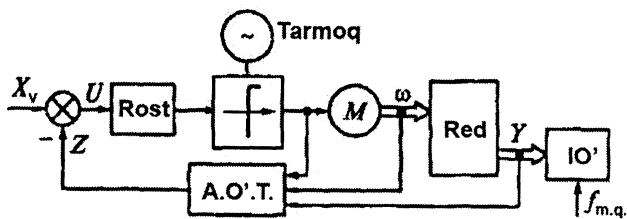
10.7 - rasmda releli elementning roslash xarakteristikasi berilgan.



10.7 - rasm. Ideal releli elementning roslash xarakteristikasi

a) bir qutbli; b) ikki qutbli.

Releli boshqaruv tizimli elektr yuritma tizimining yopiq konturli funksional sxemasi 10.8 - rasmda keltirilgan.



10.8 - rasm. Releli boshqaruv tizimli elektr yuritmaning yopiq konturli funksional sxemasi

Impulsi boshqaruv tizimli elektr yuritmalarda rostlash zanjirida impulsi element bor bo'lib, u uzluksiz signalni uzluksiz ketma – ketlikdagi aniq xarakteristikali impulslarga o'zgartirib beradi. Elektr yuritmalar tizimlarida kengli impulsi o'zgartirgichlar (KIO') keng ko'lamda ishlatiladi. Ular impulslarni aniq ketma – ketlikda, o'zgaruvchan davomiylikda, doimiy davrda va amplitudada shakllantirib beradi.

Raqamli rostlash tizimlarida o'zgaruvchi xaqidagi axborot raqamli kodga aylantiriladi. Hozirgi vaqtda raqamli tizimlar asosan mikroprotessorlar ko'rinishida yaratiladi. Ular rostlagich va axborot o'zgartirgich tuzilmalari vazifalarini raqamli ko'rinishda amalga oshiradi.

Chiquvchi rostlanuvchi koordinatalar bo'yicha tasnif.

Chiquvchi rostlanuvchi koordinatalar bo'yicha yopiq konturli rostlash tizimi quyidagi guruhlariga bo'linadi:

Momentni (zo'riqishni) rostlash tizimlari. Bu sinfga metallurgiya sanoatidagi listli prokat ishlab chiqarishda metalni tortish tizimi elektr yuritmasi yoki kimyoviy – texnologiya ishlab chiqarishida yupqa plyonkalarini tortish tizimi elektr yuritmalari misol bo'la oladi. Ishchi organ momentini rostlash qonuniyati texnologik jarayon bilan aniqlanadi.

Tezlikni rostlash tizimlari. Ular ko'pchilik texnologik mashinalarning elektr yuritmalarida qo'llaniladi: metallarga ishlov beruvchi dastgoxlarda, prokat stanlarida. Tezlikni rostlash tizimi ikkita katta guruhga bo'linadi.

Tezlikni stabillashtiruvchi tizim. Bunda har xil ta'sirlarga qaramay tezlikni bir maromida ushlanadi. Bu tizimga qog'oz ishlab chiqaruvchi mashina elektr yuritmasi misol bo'ladi.

Tezlikni boshqarish tizimi. Bunda ishchi organ tezligi texnologik jarayon talablariga ko'ra yuqori aniqlikda rostlanadi. Ekskavator, ko'tarma – transport mashinalari elektr yuritmalari bunga misol bo'la oladi.

Ishchi organ holatini rostlash tizimi. Bu tizimlar prokat stanlarining vintlarini qotirish tizimi elektr yuritmalarida va sanoat ishlab chiqarishning

robotlashtirilgan tizimlari elektr yuritmalarida ishlatiladi. Bu tizimda ishchi organning holati texnologik jarayon talabiga ko'ra aniq belgilanadi. Holatni rostdash yopiq konturli tizimi ikki xil turda namoyon bo'ladi – holatlashtirish (pozitsiya) tizimi va kuzatuvchi tizim.

Holatlashtirish tizimida ishchi organning boshlang'ich va oxirgi holatlari beriladi, ko'chish parametrlari esa nazorat qilinmaydi.

Kuzatish tizimida ishchi organning har bir holati aniq berilib, uning xarakat traektoriyasi to'liq nazorat qilinadi.

Bajariladigan vazifasiga ko'ra tasniflanish texnologik jarayon xarakteri va xususiyatlariga qarab quriladi. Barcha yopiq konturli elektr yuritma tizimlari quyidagilarga bo'linadi:

1. Rostlanadigan parametrlarni stabilashtirish tizimi (moment, tezlik). Bunday tizimlarning asosiy xususiyati rostlanadigan parametrlarning uzoq vaqt davomida o'zgarmay bir xil qolishidadir. Rostlanadigan parametrlarning haqiqiy qiymati ta'sirlar va siljishlarga qaramay o'zgarishsiz qolishi kerak.
2. Tezlikni rostdash tizimi, bunda tezlikning berilishi operator tomonidan amalga oshirilib, elektr yuritma tomonidan kerakli aniqlanadi qayta ishlaydi (bajariladi).
3. Elektr yuritmaning kuzatuvchi tizimi. Bu erkin ravishda o'zgaruvchi kirish boshqaruvchi signalli yopiq konturli holatni rostdash tizimi bo'lib, ishchi organ tomonidan kuzatish ob'yekti xarakatini amalga oshiradi. Kuzatuvchi tizimlar nusxali – frezer dastgoxlarda, radiolokatsiya stansiyalarining navigatsiya tizimlarida ishlatiladi.
4. Dasturli boshqaruvli tizim. Bunda texnologik jarayonni bajarishda berilgan signal va rostdanuvchi parametrlar dasturlash tuzilmasiga kiritilgan qonuniyat bo'yicha o'zgaradi. Bunday tizimlar metall qirquvchi dastgoxlarda qo'llaniladi.

5. Adaptiv tizimlar (moslanuvchi). Bunday yopiq konturli rostdash tizimida elektr yuritmaning ish rejimi aniq texnologik holat va ish sharoitiga qarab avtomatik tarzda tanlanadi.

TO' – D o'zgarmas tok elektr yuritmalarining rostdash tizimlari jamlanuvchi kuchaytirgich bilan va yuritmaning bo'ysinuvchi rostdash parametrlari bilan bajariladi.

Chastotali boshqaruvchi asinxron elektr yuritmalarni rostdash tizimlari rostdash prinsipiga ko'ra quyidagicha bo'ladi:

- parametrik boshqarish tizimi;
- chastota – tokli boshqarish tizimi;
- vektorli boshqarish tizimi.

10.5 Jamlovchi kuchaytirgich bilan o'zgarmas tok elektr yuritmasining rostdash tizimi.

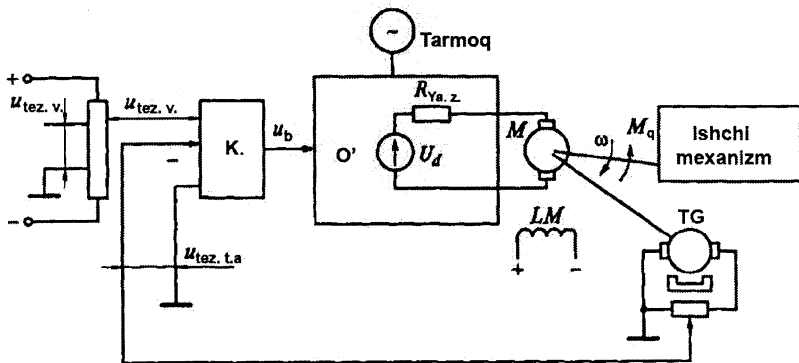
10.9 - rasmda TO' – D tizimi bo'yicha o'zgarmas tok elektr yuritmasining funksional sxemasi keltirilgan. Bu tizimning mexanik xarakteristikalarini tenglamasi (4.7) ga ko'ra quyidagicha bo'ladi:

$$\omega = \omega_{0yo} - \frac{M}{\beta_{yopiq}} = \frac{U_d}{c} - \frac{M}{\beta_{yopiq}}, \quad (10.1)$$

Bu yerda: ω_{0yo} – yopiq konturli rostdash tizimining erkin aylanish tezligi.

β_{yopiq} - yopiq konturli rostdash tizimida mexanik xarakteristikalar bikirligining absolyut qiymati.

U_d – motor yakor zanjirini ta'minlovchi o'zgartirgichning elektr yurituvchi kuchi.



10.9 - rasm. Tezlik bo'yicha manfiy teskari bog'lanishli TO' - D tizimining funksional sxemasi

4.2 bobda aytilganidek, tezlik bo'yicha manfiy teskari bog'lanishli boshqaruv tizimlari β mexanik xarakteristikalar bikirligi $\beta_{yopi q}$ ochiq konturli tizim mexanik xarakteristikalar bikirligiga nisbatan $(1+K)$ marta oshadi. Bu yerda K - ochiq tizimning kuchaytirish koeffitsienti. Ko'rilayotgan sxema uchun bu koeffitsient

$$K = \frac{k_k k_{o'} k_{tez}}{C} \quad (10.2)$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda:

k_k - kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti,

$k_{o'}$ = $E_d/u_y - o'$ zgartgichning kuchaytirish koeffitsienti,

k_{tez} = $u_{tez. t.a} / \omega$ - tezlik bo'yicha teskari bog'lanish koeffitsienti.

$C = k\Phi$ - mashina doimiysi.

Ko'rilayotgan boshqaruv sxemali elektr yuritma quyidagi tenglamalar tizimi bilan ifodalanadi:

$$U_b = u_{tez. v} - u_{tez. t.a} = u_{tez. v} - k_o \omega.$$

$$U_d = k_k k_o u_b \quad (10.3)$$

$$U_d = C \cdot \omega + I_{ya} R_{yaz}$$

$$M = C \cdot I_{ya}$$

Bu tenglamalar tizimidan yopiq konturli tizimdagi yuritma mexanik xarakteristikalari uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\omega = \frac{k u_{tez.v}}{k_{tez} (1 + K)} - \frac{M}{\beta (1 + K)} \quad (10.4)$$

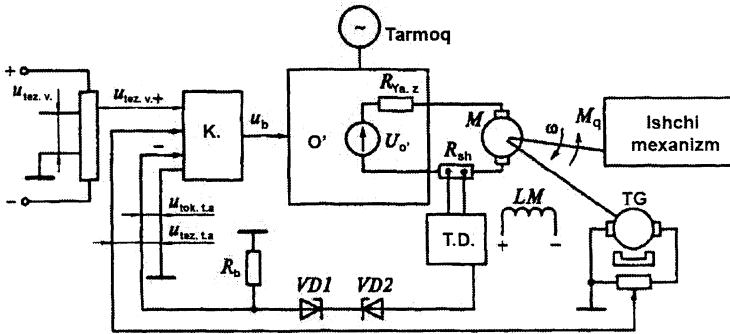
4.5 - rasmda tezlik bo'yicha yopiq konturli boshqarish tizimida mexanik xarakteristikalar va ularni shakllantirish keltirilgan. (9.6) dan kelib chiqib aytish mumkinki mexanik xarakteristikalarning bikirligini oshirish uchun kuchaytirish koeffitsienti K ni oshirish kerak. Bunga esa kuchaytirgich koeffitsienti k_u ni oshirish bilan erishish mumkin. Odatda texnologik qurilmalarni ishlatish shartlariga va motor kollektoridagi ulanish shartlariga ko'ra motor hosil qiladigan maksimal moment qiymati $(2 \div 3)M_n$ oraliqda cheklanishi kerak. Bu maqsadda yopiq konturli elektr yuritma tizimlarida yakor toki bo'yicha tutilgan teskari bog'lanish qo'llaniladi. Yakor toki bo'yicha tutilgan teskari bog'lanishli o'zgarmas tokli elektr yuritmaning funksional sxemasi 10.10 - rasmda keltirilgan. Bu sxemada tokning tutilishi VS1 va VS2 stabilitronlar orqali amalga oshirilgan. Tok bo'yicha teskari bog'lanish tenglamalari quyidagicha bo'ladi:

$$U_{tok.t.a.} = 0, \text{ agar } |I_{ya}| \leq I_{kut}$$

$$u_{tok.t.a.} = (|I_{ya}| - I_{kut}) k_m, \text{ agar } |I_{ya}| > I_{kut} \text{ bo'lsa}$$

bu yerda: I_{kut} – yakor toki, bu tok qiymati oshirilganda tok bo'yicha manfiy teskari bog'lanish amal qila boshlaydi.

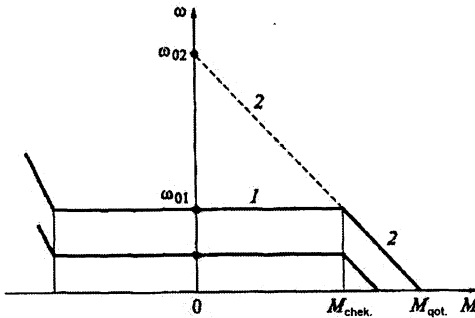
$u_{tok.t.a.}$ - tok bo'yicha manfiy teskari bog'lanish signali (kuchlanish).



10.10 - rasm. Tezlik bo'yicha manfiy teskari bog'lanishli va tok bo'yicha tutiluvchi TO' - D tizim funksional sxemasi

Tezlik bo'yicha va tok bo'yicha teskari bog'lanishlarning birgalikda ishlashi natijasida 10.11 - rasmda ko'rsatilgan mexanik xarakteristika shakllanadi. Bu xarakteristika ikki qismdan iborat:

- 1- yuqori bikirlikka ega bo'lgan ishchi uchastka;
- 2- momentni cheklash uchastkasi.



10.11 - rasm. Tezlik bo'yicha manfiy teskari bog'lanishli va tok tutilishli TO' - D tizimining mexanik xarakteristikalari

Hali tok bo'yicha teskari bog'lanishli ta'sir qilmaydigan ishchi uchastkada mexanik xarakteristikalar (9.6) tenglamalari bilan ifodalanadi. $I_{ya} > I_{tut}$ bo'lganda elektr yuritmaning ishi quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi.

$$U_b = u_{tez.v} - u_{tez.ta} - u_{tut} = u_{tez.v} - k_{tez}\omega - (I_{ya} - I_{tut})k_T$$

$$E_d = k_k k_{o1} u_b \quad (10.5)$$

$$E_d = C\omega + I_{ya} R_{yaz}$$

$$M = C I_{ya}$$

Bu tenglamalar tizimini ω ga nisbatan echib, ikkinchi uchastka uchun mexanik xarakteristika tenglamasini hosil qilamiz:

$$\omega = \frac{k_k k_{o1} k_{tez.v}}{C(1+K)} + \frac{k_k k_{o1} k_T M_{tut}}{C^2(1+K)} - \frac{R_{ya.z} + k_k k_{o1} k_T}{1+K} \cdot \frac{M}{C^2} \quad (10.6)$$

(9.8) tenglamaning birinchi ikki hadi ikkinchi uchastka uchun mexanik xarakteristika ideal erkin tezligini beradi

$$\omega_{02} = \omega_{01} + \Delta\omega_{02}$$

ikkinchi uchastkadagi mexanik xarakteristika bikirligi

$$\beta_{yopiq2} = \frac{C^2(1+K)}{R_{ya.z} + k_k k_{o1} k_m} \quad \text{bo'ladi.}$$

Motor yopiq konturli boshqaruv tizimida ishlaganda o'zgartirgichning elektr yurituvchi kuchi U_d doimiy bo'lib qololmaydi va quyidagi tenglama bo'yicha o'zgaradi

$$U_d = C\omega + \frac{R_{yaz}}{c} M.$$

Mexanik xarakteristikaning ishchi uchastkasida tezlik deyarli o'zgarmaydi. Motor validagi yuklama ortishi bilan U_d oshib boradi. Ikkinchi uchastkaga o'tish bilan yuklamaning ortib borishi bilan tezlik nolgacha pasayadi va to'xtatish rejimi boshlanadi. Shuningdek, U_d quyidagi qiymatgacha kamayadi:

$$U_d = \frac{M_{qadal} \cdot R_{yaz}}{C}$$

Shunday qilib, kerakli mexanik xarakteristikaning shakllantirish uchun o'zgartirgich quyidagi ifodaga ko'ra E_d zahirasiga ega bo'lishi kerak.

$$U_{d,max} = C \cdot \omega_n + I_{int} \cdot R_{yaz}.$$

Bu holatda yuqoridagi mexanik xarakteristika bikirligi ($\beta_{yopi,q,i}$) doimiy bo'lib qoladi.

10.6. Elektr yuritma parametrlarini bo'ysinuvchi rostdashli ko'p konturli tizimlari.

Yaxshi tez ta'sir etish qobiliyatiga ega bo'lgan va o'tish jarayonlarining kerakli xarakteriga ega bo'lgan yopiq konturli elektr yuritma tizimini taxlil qilish masalasini hal qilish maqsadida parametrlarni bo'ysinuvchi rostdash yo'lli muvofiqlashtirish usuli ishlab chiqilgan. Bu usul qisqa qilib bo'ysinuvchi rostdash usuli deyiladi.

Jamlanuvchi kuchaytirgichli rostdash tizimli elektr yuritmada talab qilingan mexanik xarakteristikalar shakllantirilgandan so'ng, uning dinamik xarakteristikalari noma'qul bo'lib qolishi mumkin. Ya'ni tebranuvchanligi yuqori, qayta rostdanishi, tez ta'sir etishning sustligi. Bunday holatlarga rostdash tizimiga aniqlashtiruvchi qurilmalar yoki egiluvchan teskari bog'lanishlarni faqat o'tish jarayonlari paytiga kiritish talab qilinadi. Dinamik xarakteristikalarni jamlanuvchi kuchaytirgichli sxemalarda aniqlashtirish masalalari alohida adabiyotlarda ko'rib chiqilgan.

Jamlanuvchi kuchaytirgichli tizimni tuzish murakkab bo'lganligi sababli hozirgi paytda ular faqat rostdash diapazoni va sifatiga yuqori talab bo'lmagan tizimlarda bo'ysinuvchi rostdash tizimiga o'rin bergan holda ishlatiladi.

Bo'ysinuvchi rostdash tizimining prinsipi shundaki, unda rostdanadigan har bir parametr uchun (tok, tezlik) alohida rostdash konturi tashkil etiladi. Bu kontur esa albatta rostdash ob'yekti, rostdagich va rostdanadigan parametr bo'yicha manfiy

teskari bog'lanishdan tashkil topadi. Ichki konturli elektr yuritmalar tizimida kontur sifatida tok konturi qabul qilinadi.

TO' – D yuritma tizimida tok konturidagi rostlash ob'yekti ikki bo'g'indan iborat bo'ladi:

- tiristorli o'zgartirgich TO'
- o'zgarimas tok motor yakor zanjiri (8.10 - rasmga qarang).

Aniq qilib aytdigan bo'lsak, tiristorli o'zgartirgichni $K_{TO'}$ uzatish funksiyali proporsional bo'g'in sifatida qarash mumkin emas. Tiristorli o'zgartirgich o'z ishlash prinsipiga ko'ra diskret element hisoblanadi. Boshqariluvchi o'zgartirgichga impulsli ta'sir qilinadi, ya'ni tiristorning boshqaruvchi elektrodiga ochuvchi impuls uzatiladi. Navbatdagi tiristorni yoqish bilan o'zgartirgichga ta'sir qilish ma'lum bir vaqt o'tishi bilan amalga oshirilishi mumkin. Ya'ni impuls – fazali boshqaruv tizimi keyingi tiristorga impuls berganidan so'ng. Shuning uchun tiristorli o'zgartirgichni kechiktiruvchi elementli dinamik bo'g'in sifatida qarash tavsiya etiladi. Bunda kechiktirish ko'rsatkichi quyidagicha bo'ladi:

$$W_{TO'}(p) = \frac{K_{TO'}}{T_{\mu}p+1} \quad (10.7)$$

T_{μ} - kattaligi vaqt doimiysi bo'lib, 0,0034 dan 0,01 s gacha olinadi.

Yarim o'tkazgichli keng – impulsli boshqaruvli o'zgartirgichlarni $T_{TO'}$ vaqt doimiyligi aksdavrli bo'g'in sifatida ko'rish qulay bo'ladi:

$$T_{TO'} = \frac{1}{f_k}$$

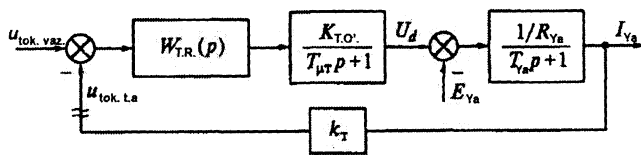
Bu yerda f_k – o'zgartirgich keng – impulsli rostlagichning chastota tashuvchisi.

Bunday o'zgartirgichlar odatda yuqori tez ta'sir etuvchanlikka ega bo'ladi, chunki chastota tashuvchi odatda bir necha kGs ga teng bo'ladi.

Motoring yakor zanjiri «katta» vaqt doimiysiga ega bo'lgan aks davrli bo'g'in bilan aniqlanadi

$$W_{ya}(p) = \frac{1/R_{ya}}{T_{ya}p+1} \quad (10.8)$$

Tok konturining tarkibiy sxemasi 10.12 - rasmda keltirilgan.



10.12 - rasm. Tok konturining tarkibiy sxemasi

Tok rostagichining uzatish funksiyasi $W_{T.R.}(p)$ ni aniqlaymiz. Bu funksiya rostlash ob'yekti bilan ketma – ket ulanadi. Rostlagich turi «katta» vaqt doimiysi rostlash ob'yecktida muqobillashtirish shartiga ko'ra tanlanadi, ya'ni T_{ya} . Buning uchun rostagich tarkibida mo'ljallovchi bo'g'in kechikishini muqobillashtiradi (10.8 ga qarang).

Rostlash ob'yecktida vaqt doimiysini yo'qotish mumkin emas. Lekin u hosil qilgan kechikishni kamaytirish mumkin. Buning uchun yakor zanjiriga katta yo'naltiruvchi kuch berib, keyin rostagich yordamida olinadi.

Yuqorida aytilganlarga asoslangan holda tok rostagichining uzatish funksiyasini quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

$$W(p)_{TR} = \frac{T_{ya}r+1}{a_{MT} \frac{K_{T.O.}k_T}{R_{y_a}} T_{\mu T}p} = \frac{T_{ya}p+1}{T_{IT}p} = K_{t.r} + \frac{1}{T_{IT}p}, \quad (10.9)$$

Bu yerda: $T_{IT} = \frac{K_{T.O.}k_T}{R_{y_a}} T_{\mu T}$ - tok rostagichni integrallash vaqt doimiysi.

$K_{T.R.} = T_{ya}/T_{IT}$ - tok rostagichning kuchaytirish koeffitsienti.

Bundan tok rostagichi proporsional integral bo'g'in ekanligini ko'ramiz. (10.9) ga asosan optimallashtirilgan tok konturining uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishga keladi.

$$W(p)_{TK} = \frac{1}{k_T} \cdot \frac{1}{a_{MT}T_{\mu T}^2p^2 + a_{MT}T_{\mu T}p+1}$$

$T_{\mu T}^2$ – juda kichik qiymat ekanligini inobatga olib, bu ifodani yanada soddalashtirishimiz mumkin

$$W(p)_{TK} = \frac{1}{k_T} \cdot \frac{1}{a_{MT} T_{\mu T} p + 1} \quad (10.10)$$

Pog'onali signalda u_{zT} tokni roslashning o'rnatilgan hatoligi nolga teng.

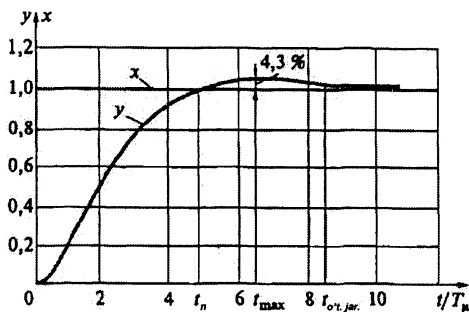
(9.12) ko'rinishdagi tok konturi uzatish funksiyasi modulli optimumga roslashga mos keladi. $a_{MT} = 2$ bo'lganda standart roslanish hisoblanadi. Bunday roslashda, kontur kirishiga birlik pog'onali signal berilganda o'tish jarayoni quyidagi ko'rsatkichlarga ega bo'ladi:

$$t_n = 4,7 T_{\mu T},$$

- o'tish jarayoni vaqti $t_{o'j} = 8,4 T_{\mu T}$,

- qayta roslash $\sigma = 4,3\%$

$u = I_{ya} = f(t)$ tok konturli tizimidagi o'tish jarayonini modulli optimum ko'rsatkichga roslash grafigi 10.13 - rasmda ko'rsatilgan.



10.13 - rasm. $y = f(t/T_{\mu})$ roslash knturining o'tish funksiyalari

- kirishga $x = 1$ birlik signali berilgan.

- $a_m = 2$ optimal modulga roslangan.

Tok bo'yicha teskari bog'lanish koeffitsienti quyidagi nisbatdan aniqlanadi

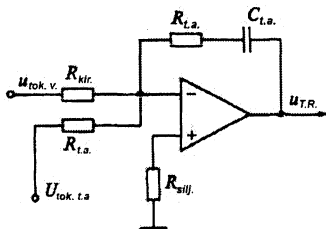
$$k_T = \frac{u_{yTmaks}}{I_{maks.ruxs}}$$

bu yerda $u_{vTmaks} = 8V$ qayta ulanishlar inobatga olingan seriyali operatsion kuchaytirgichlar uchun.

$I_{maks.ruxs}$ - yakorning maksimal ruxsat etilgan toki.

PI – tok rostlagichi odatda 10.14 – sxemada ko‘rsatilgan operatsion kuchaytirgichlarda amalga oshiriladi. Bu sxema uchun

$$K_{tr} = R_{ta}/R_{kir}, \quad T_{IT} = R_{kir}C_{ta}$$

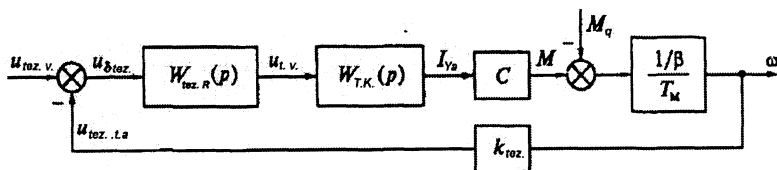


10.14 - rasm. PI - tok rostlagichi sxemasi

Bo‘ysinuvchi roslash tizimida tok konturiga vazifa bo‘lib tezlik rostlagichi signali xizmat qiladi.

Tezlik konturida o‘zgaras tok motori strukturaviy sxemasiga ko‘ra (8.5 - rasimga qarang) roslash ob‘yekti bo‘lib $W(p) = \frac{1}{\beta T_m p}$ uzatish funksiyali integrallash bo‘g‘ini va (9.12) uzatish funksiyali tok konturini namoyon qiluvchi elektr yuritmaning mexanik qismi xizmat qiladi.

Tezlik konturining tarkibiy sxemasi 10.15 - rasmda keltirilgan.



10.15 - rasm. Tezlik konturining hisobiy strukturaviy sxemasi

Tezlik konturining modulli optimumga rostlaganda «katta» vaqt doimiysini muqobillashtirishga xarakat qilamiz, «kichik» vaqt doimiysi $\alpha_{MT} T_{\mu T}$ esa muqobillashtirilmaydi.

Tezlik konturining muqobillashmagan vaqt doimiysi $T_{\mu S} = \alpha_{MT} T_{\mu T}$ deb qabul qilib, tezlik rostlagichining uzatish funksiyasini hosil qilamiz.

$$W(p)_{tez.rost.mo} = \frac{k_T \beta T_m}{a_{mc} C k_{tez} T_{\mu C}} = K_{tez}. \quad (10.11)$$

Shunday qilib, tezlik konturining modulli optimumga rostlash uchun K_{tez} kuchaytirish koeffitsientiga ega bo'lgan P – rostlagichni ishlatish kerak. a_{mc} standart rostlashdagi qiymatni 2 ga teng qilib olinadi.

Tezlik konturining modulli optimumga rostlashdagi berilgan ta'sir bo'yicha uzatish funksiyasiga quyidagicha bo'ladi:

$$W(p)_{moUtez.vaz \rightarrow \omega} = \frac{1}{k_C a_{mc} T_{\mu C}^2 p^2 + a_{mc} T_{\mu C} p + 1} \quad (10.12)$$

$K_{tez} = 1$ bo'lganda, kontur kirishiga $x=1$ birlik signal berilganda tezlik konturidagi o'tish jarayoni xarakteri $u = \omega = f(t)$ 10.13 - rasmda ko'rsatilgan xarakterga mos keladi:

- berilgan qiymatgacha o'sish vaqti $t_n = 4,7 T_{\mu C}$,
- o'tish jarayoni vaqti $t_{o'j} = 8,4 T_{\mu C}$,
- qayta rostlash $\sigma = 4,3\%$,
- tebranishlar soni $n_{teb} = 1$.

Tezlik bo'yicha teskari bog'lanish koeffitsienti quyidagi nisbat bo'yicha hisoblanadi:

$$k_S = \frac{u_{tez.ta.maks}}{\omega_n} = \frac{u_{tez.vaz.maks}}{\omega_n}.$$

bu yerda: $u_{tez.vaz.maks} = 8V$ – qayta rostlash nisbatga olingan seriyaviy operatsion kuchaytirgichlar uchun.

Modulli optimumga rostlashdagi moment ta'siri bo'yicha tezlik konturining uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$W(p)_{Mq \rightarrow \Delta\omega} = \frac{\Delta\omega(p)}{M_c(p)} = - \frac{a_{mc} T_{\mu c}}{\beta T_m} \frac{(T_{\mu c} p + 1)}{a_{mc} T_{\mu c}^2 p^2 + a_{mc} T_{\mu c} p + 1} \quad (10.13)$$

(9.15) uzatish funksiyasidan ko'rinadiki, M_q moment ta'siri bo'yicha modulli optimumga rostlanganda tezlik konturi statizmga ega bo'ladi va $r \rightarrow 0$ da qarshilik momenti pog'onali ta'sir qilganda tezlikning o'rnatilgan og'ishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta\omega_{murg} = M_q(p) W(p)_{Mq \rightarrow \Delta\omega} = - M_q \frac{a_{mc} T_{\mu c}}{\beta T_m} \quad (10.14)$$

Bunda esa tezlik konturini modulli optimumga rostlashda mexanik xarakteristikaning bikirlik moduli kelib chiqadi

$$\beta_{mo} = \frac{\Delta M_q}{\Delta\omega} = \frac{\beta T_m}{a_{mc} T_{\mu c}}$$

Tezlik konturini modulli optimumga rostlashdagi tezlikni rostlash tizimi mexanik xarakteristikasi tenglamasi

$$\omega_{mo} = \omega_0 - \Delta\omega = \frac{u_{tez.vaz}}{k_{tez}} - \frac{M_q}{\beta_{mo}} = \frac{u_{tez.vaz}}{k_{tez}} - M_{sq} \frac{a_{mc} T_{\mu c}}{\beta T_m} \quad (10.15)$$

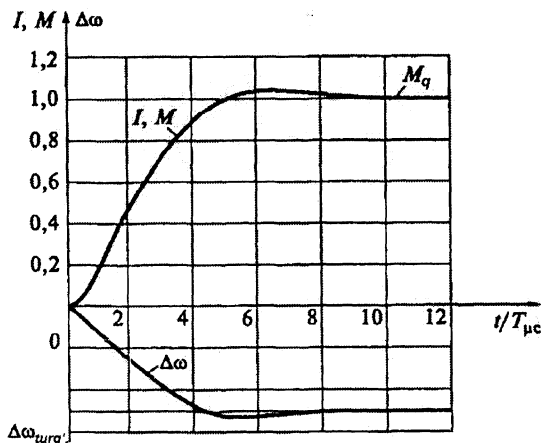
Tezlikni rostlash tizimini modulli optimumga rostlashdagi qarshilik momenti bo'yicha statizm quyidagi nisbat bo'yicha hisoblanadi:

$$S_{Mq} = \frac{\Delta\omega}{\omega_{vaz}} = \frac{a_{mc} T_{\mu c}}{\beta T_m} \frac{k_{tez} \Delta M}{u_{tez.vaz}} \cdot 100[\%]$$

Bu yerda $\omega_{vaz} = u_{tez.vaz}/k_{tez}$ - elektr yuritmaning berilgan tezligi.

Tizimning eng katta statizmi rostlash diapazonining pastki xarakteristikasida bo'ladi. Shuning uchun tezlikni rostlash diapazoni extimoli nazaridan qaraganimizda modulli optimumga rostlangan tizim nisbatan past ko'rsatkichlarga ega bo'ladi va albatta qo'llanilishi ham cheklanadi.

10.16 - rasmda M_q ta'siridan o'tish jarayonining muqobillashish grafigi keltirilgan.

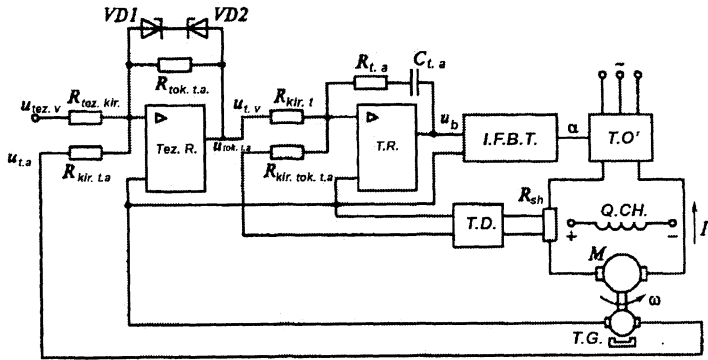


10.16 - rasm. Tezlik konturi modulli optimumga rostlangandagi M_q ta'siri muqobillashishning o'tish jarayonlari

10.17 - rasmda bo'ysindirilgan rostlash tizimining ishlatish sxemasi berilgan.

Bu sxemada TO' – D tizimli elektr yuritma modulli optimumga rostlangan ichki tok konturli va tashqi tezlik konturli ikki konturli bo'ysinuvchi rostlash tizimiga ega. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori TO' tiristorli o'zgartirgichdan ta'minlanadi, o'zgartirgich kuchlanishi I.F.B.T impuls – fazali boshqarish tizimi yordamida rostlanadi. Boshqaruvchi signal U_u IFBT tizimiga tok rostlagich chiqishidan keladi. Yakor toki bo'yicha teskari bog'lanish T.D. tok datchigi yordamida amalga oshiriladi. Bu datchik uchun o'lchov elementi bo'lib yakor zanjiriga ulangan R_{st} shunt xizmat qiladi.

Tok konturi tezlik konturiga bo'ysunadi. Tok uchun topshiriq U_{tv} – tezlik rostlagich *Tez.R.* ning chiqishidan keladi. Bu topshiriqning cheklanishi VD1 va VD2 stabilitronlar yordamida amalga oshiriladi. VD1 va VD2 stabilitronlar tezlik rostlagichiga parallel ulanadi.



10.17 - rasm. TO'-D yuritmani ikki konturli roslash tizimi sxemasi

Tezlik konturiga topshiriq $U_{tez.v}$ tezlik roslagichining kirishiga beriladi, tezlik bo'yicha teskari bog'lanish TG taxogenerator yordamida amalga oshiriladi.

10.1- masala.

TO'-D tizimli elektr yuritma 9.24 - rasmdagi sxema bo'yicha ikki konturli bo'ysinuvchi roslash tizimli qilib yig'ilgan. Tok konturi va tezlik konturi modulli optimumga roslangan. $R_{t.a}, R_{kir.t}, R_{tez.ta}, R_{tez.kir}$ roslash rezistorlari va $C_{t.a}$ sig'im qiymatlari hisoblansin.

Boshlanig'ich berilganlar: mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori quvvati

$$R_n = 18 \text{ kWt}, U_{yan} = 440 \text{ V},$$

$$I_{yan} = 41,4 \text{ A}, \omega_n = 104,5 \text{ 1/s}, S = 4,16 \text{ v.s.},$$

$$R_{yaz} = 0,45 \text{ Om}, L_{yaz} = 0,02 \text{ Gn},$$

$$I_{\Sigma} = 0,9 \text{ kg.m}^2, U_{zs} = 0,8 \text{ V}, T_{\mu} = 0,0066 \text{ s},$$

$$U_{T1} = 48 \text{ V}.$$

Yechim:

1. Elektromagnit vaqt doimiysi

$$T_{ya} = \frac{L_{yaz}}{R_{yaz}} = \frac{0,01}{0,45} = 0,02 \text{ s}.$$

2. Elektromexanik vaqt doimiysi

$$T_M = \frac{J_{\Sigma} R_{yaz}}{S^2} = \frac{0,9 \cdot 0,45}{4,16^2} = 0,023s.$$

3. Tiristorli o'zgartirgichning uzatish koeffitsienti

$$K_{TO'} = \frac{U_{O'}}{u_{b.maks}} = \frac{440}{8} = 55.$$

4. Tezlik bo'yicha teskari bog'lanish koeffitsienti

$$k_{tez} = \frac{u_{b.maks}}{\omega_n} = \frac{8}{104,5} = 0,077 \text{ v. s.}$$

5. Tok bo'yicha teskari bog'lanish koeffitsienti

$$k_T = \frac{u_{b.maks}}{I_{maks}} = \frac{8}{2 \cdot I_{yan}} = \frac{8}{2 \cdot 41,4} = 0,097 \text{ V/A.}$$

6. Tokning PI – rostagichini qabul qilamiz

$$W(p)_{TR} = K_{TR} + \frac{1}{T_{IT}p}$$

$$T_{IT} = \frac{a_{MT} K_{TO'} k_T T_{\mu T}}{R_a} = \frac{2 \cdot 55 \cdot 0,097 \cdot 0,0066}{0,45} = 0,156 \text{ s.}$$

7. Tok rostagichidagi rezistor va sig'im qiymatini quyidagilarga asoslanib hisoblaymiz

$$C_{ta} = 2,2 \text{ mkF.}$$

$$R_{ta} = \frac{T_{IT}}{C_{ta}} = \frac{0,156}{2 \cdot 10^{-6}} = 78 \text{ kOm.}$$

$$R_{kir} = \frac{R_{ta}}{K_{TR}} = \frac{78 \cdot 10^3}{0,13} = 600 \text{ kOm.}$$

1. Tezlikning P – rostagichini qabul qilamiz

$$K_{tez.r} = \frac{k_T C T_M}{a_{mtez} R_{ya} k_{tez} T_{\mu tez}} = \frac{0,097 \cdot 4,16 \cdot 0,023}{2 \cdot 0,45 \cdot 0,077 \cdot 0,0132} = 10,1$$

Bu yerda $T_{\mu_{tez}} = a_{mi} T_{\mu T} = 2 \cdot 0,0066 = 0,0132s$.

2. Tezlik roslagichidagi rezistorlar qiymati

$$R_{kir} = 10 \text{ kOm},$$

$$R_{l.a} = K_{tez,r} R_{kir} = 10,1 \cdot 10 \cdot 10^3 = 101 \text{ kOm}.$$

Agar elektr yuritma tezlikni roslashning katta diapazoniga ega bo'lishi kerak bo'lsa, yoki berilgan tezlikni yuqori aniqlikda ushlab talab qilinsa, PI – tezlik roslagichi ishlatiladi. Bunday holatda tok konturi simmetrik otimum roslanadi.

Simmetrik optimumga roslangan tezlik roslagichining uzatish funksiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$W(p)_{TEZ.R.SO} = K_{TEZ.R} + \frac{1}{T_{1S} p}, \quad (10.16)$$

Bu yerda:

$$T_{1.tez} = \frac{a_{stez} T_{\mu C}^2 k_{tez}}{k_T \beta T_m}; \quad K_{tez.R} = \frac{4 T_{\mu tez}}{T_{itez}}; \quad a_{stez} = 8.$$

Tezlikning yopiq konturi uchun uzatish funksiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$W(p)_{TEZ.KSO} = \frac{1}{k_{tez}} \cdot \frac{4 T_{\mu tez} p + 1}{a_{mtez} T_{\mu tez}^2 p^2 + a_{mtez} T_{\mu tez}^2 r p^2 + a_{mtez} T_{\mu tez} p + 1} \quad (10.17)$$

Kirish qismiga pog'onali signal berilganda:

$$\omega_{turg} = \frac{u_{tez.v}}{k_{tez}}$$

Bu holatda o'tish jarayoni quyidagi ko'rsatkichlarga ega bo'ladi:

$$T_{o.j} = 16,5 T_{\mu tez}; \quad t_n = 3,1 T_{\mu tez}; \quad \sigma = 43\%.$$

Simmetrik optimumga roslashning asosiy afzalliklaridan biri shundaki, bunda roslash tizimi M_q yuklama bo'yicha siljish bo'yicha astatik bo'ladi, ya'ni yuklamani qo'yilganda tezlikning o'rnatilgan qiymati o'zagrishsiz qoladi, statik hatolik esa nolga teng bo'ladi $\Delta \omega_q = 0$.

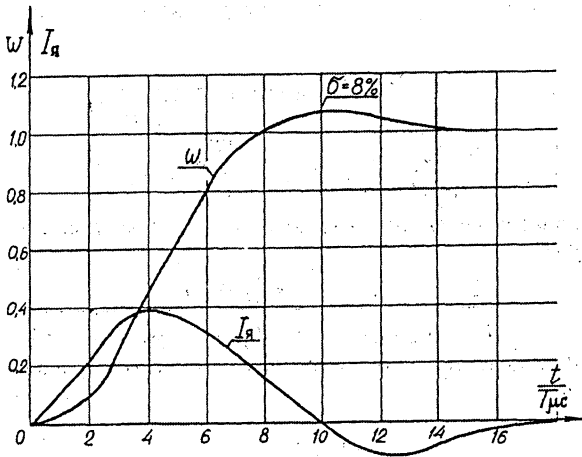
O'tish jarayoni tebranishlilikini kamaytirish uchun tezlik roslagichining kirishiga aksdavrli bo'g'inli uzatish funksiyali filtr ulanadi:

$$W(p)_f = \frac{1}{4T_{\mu\text{tez}}p+1}$$

Unda topshiriq siganli bo'yicha tizimning uzatish funksiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$W(p)_{\text{keez.so.f}} = \frac{1}{k_{\text{keez}}} \cdot \frac{1}{a_{\text{mtez}}T_{\mu\text{tez}}^2 p^2 + a_{\text{mtez}}T_{\mu\text{tez}}^2 r p^2 + a_{\text{mtez}}T_{\mu\text{tez}} p + 1} \quad (10.18)$$

10.18 - rasmda $t_{0j} = 13,3T_{\mu\text{tez}}$; $t_n = 7,6T_{\mu\text{tez}}$ va $\sigma = 8\%$ ko'rsatkichga ega bo'lgan, kirishda filtr ulangan simmetrik optimumga rostlangan tizim o'tish jarayoni ko'rsatilgan.



10.18 - rasm. Simmetrik optimumga rostlangan tezlik konturidagi o'tish jarayonlari

Tizimga filtrning ulanish M_q yuklama ta'siri bo'yicha qayta ishlash jarayoniga o'zgarish kiritmaydi; tezlik bo'yicha o'rnatilgan xatolik esa nolga teng bo'ladi.

Holatni rostlash tizimi uch konturli qilib quriladi. Bunda tashqi holat konturi tezlik konturini boshqaradi.

10.7. Chastotali – rostlanuvchi asinxron elektr yuritmalarni andozaviy boshqarish tizimlari.

O'zgaruvchan tokli rostlanuvchan asinxron elektr yuritmalar odatda chastotasi bo'yicha boshqariladigan, qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron elektr motorlar asosida quriladi. Bunda iste'mol manbasi sifatida kuchlanish manbai (KCHO') yoki tok manbai (TCHO') rejimida ishlaydigan yarim o'tkazgichli chastota o'zgartirgichlaridan foydalaniladi.

Motor uchun maqsadli bo'lgan boshqarish usuli elektr yuritmaga qo'yiladigan texnik talablarga bog'liq bo'ladi. Rostlash diapazoni cheklangan va dinamik ish rejimlari bo'lmagan elektr yuritmalarda chastotali parametrik usul ishlatiladi. Bunda chastota hamda KCHO'dan chiqadigan kuchlanish berilgan tezlikka moslashtirib rostlanadi.

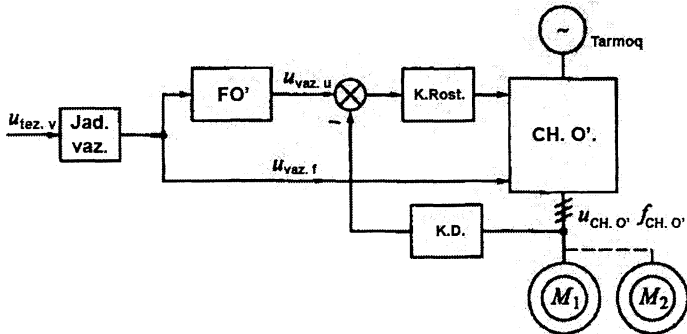
Dinamik rejimga yuqori talablar qo'yiladigan va rostlash diapazoni 100 ga teng bo'lgan elektr yuritmalarda chastota – tokli usul ishlatiladi. Bunda chastota hamda TCHO' dan chiqadigan tok qiymati motorning berilgan tezlik va ta'sir qilayotgan yuklamadagi ablolyut sirpanishga moslashtirib rostlanadi.

Dinamik xarakteristikalariga yuqori talablar qo'yiladigan va katta rostlash diapazoniga ega bo'lgan elektr yuritmalar uchun uch fazali tizimning oniy qiymatini rostlash usulidan foydalaniladi.

Nisbatan soddaroq tuzilishga ega bo'lgan chastotali boshqaruv tizimi bo'lib chastotali – parametrik tizim hisoblanadi. Bunday tizimlar statizmi $S_{stat} = 5-10\%$ bo'lganda tezlikni rostlash diapazonini $D = 20:1$ gacha ta'minlab beradi. Odatda bu tizim tezlik bo'yicha ochiq konturli chastotali rostlash tizimidir ularda asinxron motordagi ma'qul bo'lgan mexanik xarakteristikalar chastota o'zgartirgichlarining mexanik xarakteristikalarini shakllantirish hisobiga hosil qilinadi. Ya'ni motor iste'mol qiladigan kuchlanishning chastotaga nisbati U_{cho} / f_{cho} .

Bunday elektr yuritma tizimining funksional sxemasi 10.19 - rasmda keltirilgan f_{cho} : chastota beriladigan tezlik ω_3 qiymatiga qarab aniqlanadi, o'zgartirgichning chastotani rostlash kanali $f_{cho}(U_{zs})$ chiziqli rostlash

xarakteristikasi bilan bajariladi. Kuchlanishni rostdash kanaliga FO' o'zgartirgich kiritiladi. U esa chastota va kuchlanish orasidagi kerakli nisbatni ta'minlaydi. Bunda o'zgartirgich kuchlanish manbai hossalariga ega bo'lishi uchun chiqish kuchlanishi $U_{ch. o'}$ bo'yicha manfiy teskari bog'lanish nazarda tutilishi kerak. Bu chastota va kuchlanish orasidagi nisbatni aniq ushlab imkonini beradi. Eng ko'p qo'llaniladigan nisbatlar 6.2. bobda keltirilgan.



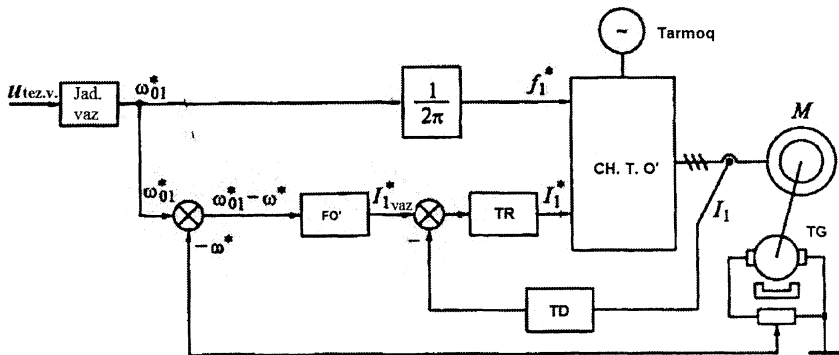
10.19 - rasm. Chastotali – parametrik rostdanadigan asinxron elektr yuritma tizimining funksional sxemasi

Chastotali parametrik usul bilan rostdanadigan elektr yuritmalar uzoq vaqt rejimda ishlaydigan va tezlikni sekin o'zgartiriladigan texnologik qurilmalarda ishlatiladi. Ko'proq holatlarda ular nasos va ventilyatorlarning rostdanadigan tizimlarida ishlatiladi. Bunday tizimlar shuningdek bir xil turdagi elektr yuritmalar tezliklarini bir vaqtda rostdash talab qilinadigan texnologik qurilmalarda ham ishlatiladi. Bu holatda chastota o'zgartirgich bu guruh yuritmalar uchun xizmat qiladi.

Rostlash diapazoni 100 :1 va tez – tez yurgazish, to'xtatish, reverslash amalga oshiriladigan yuqori dinamikali asinxron elektr yuritmalar chastota – tokli boshqaruv tizimli qilib bajariladi. Bunday tizimlarda chastota o'zgartirgichi tok manbai sifatida ishlaydi. Bu esa TCHO' turidagi yoki KCHO' guruhidagi chastota o'zgartirgichlari orqali amalga oshiriladi. Bunday chastota o'zgartirgichlar tok

bo'yicha teskari bog'lanishga ega bo'ladi. Rostlash tizimi elektr motordagi berilgan tezlik va yuklamaga mos ravishda stator toki va chastotasi bo'yicha topshiriq ishlab chiqadi va beradi.

10.20 - rasmda chastota - tokli boshqariladigan elektr yuritma funksional sxemasi berilgan.



10.20 - rasm. Chastota - tokli boshqariladigan asinxron elektr yuritma funksional sxemasi

Rostlash tizimi ikki kanalli:

- chastota kanali;
- stator toki kanali.

TCHO' o'zgartirgichdagi chiqish chastotasi berilgan tezlikka proporsional ravishda beriladi. Stator toki esa berilgan va haqiqiy tezliklar orasidagi farqqa qarab beriladi:

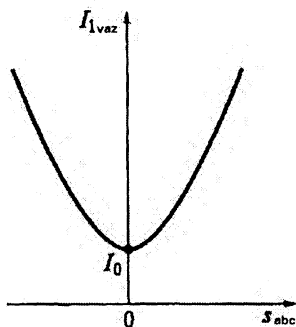
$$\omega_{01} - \omega = S_{abs.}$$

Bu qiymat absolyut sirpanish qiymatini beradi. Absolyut sirpanish rotor tokiga (I_0) taxminan proporsional bo'ladi. Magnitlanish tokiga (I_0) proporsional bo'lgan reaktiv tashkil etuvchi 3.6 - rasmdagi singari doimiy bilan qo'llab turiladi.

Shunday qilib stator toki berilishi quyidagicha bo'ladi:

$$I_{13} = \sqrt{I_2'^2 + I_0^2} = \sqrt{[K_1(\omega_{01} - \omega)]^2 + I_0^2}.$$

Tokning berilishi uchun bu ifoda FO' funksional o'zgartirgich bilan shakllantiriladi. FO' funksional o'zgartirgichning xarakteristikasi 10.21 - rasmda keltirilgan. Tez ta'sir etishni ko'tarish maqsadida tok konturi modulli optimumga rostlanadi. Buning uchun TR tok rostlagichi va TD tok datchigiga ega bo'lgan stator toki bo'yicha teskari bog'lanish nazarda tutilgan. Tezlikni taxogenerator yordamida o'lchanadi.

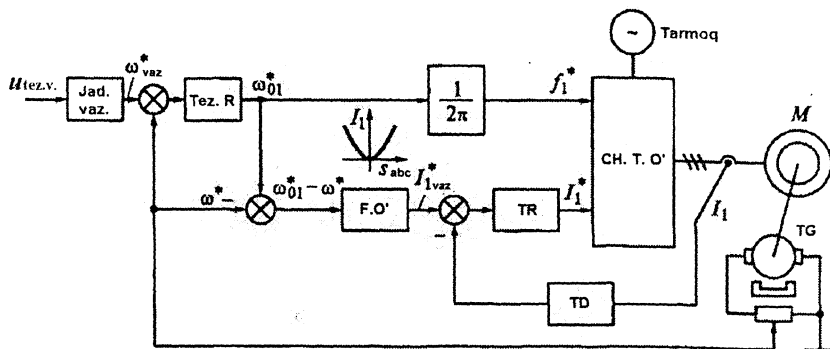


10.21 - rasm. Funksional o'zgartirgichning sozlovchi xarakteristikasi

10.20 - rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha elektr yuritma tizimi mexanik xarakteristikasi bikirligi asinxron motor mexanik xarakteristikasi bikirligiga yaqin bo'ladi. Shuning uchun bu tizim tezligini rostlash diapazoni $D = 20:1$ gacha bo'lishi mumkin.

Katta rostlash diapazonini hosil qilish uchun tizimga 10.22 - rasmda ko'rsatilgandek tezlik bo'yicha yopiq konturli rostlash tizimini kiritish kerak. Berilgan rostlash tizimi ikki kanalli bo'lib, tok konturi va tezlik konturidan iborat bo'ladi. Xar ikki kontur modulli optimumga rostlanadi. Tezlik rostlagichining chiqishida manba chastotasi f_1 ga hamda stator maydoni aylanish tezligiga proporsional bo'lgan signal shakllanadi. Bu signaldan haqiqiy tezlik qiymatini ω ni ayirsak, FO' funksional o'zgartirgich kirishiga uzatiladigan va absolyut sirpanishga proporsional bo'lgan signal shakllanadi. 9.28 - rasmda ko'rsatilgan nisbatga mos ravishda funksional o'zgartirgich stator toki berilishi bo'yicha signal ishlab

chiqaradi. Bu signal PI – roslagich tok konturi kirishiga uzatiladi. Chastota – tokli boshqaruv faqat bir motorli elektr yuritmalarda ishlatilishi mumkin.



10.22 - rasm. Chastota – tokli boshqariluvchi asinxron elektr yuritma funksional sxemasi

Nisbatan yuqori dinamik xarakteristikaga ega bo'lgan va 10000 gacha roslash diapazoniga ega bo'lgan ko'rsatkichlar asinxron motorlarni vektorli boshqarish tizimida hosil qilinadi. Vektorli boshqarish prinsipi quyidagicha: motor chulg'amlaridagi oniy tok qiymatlari aniqlanadi va ular majburiy tarzda toklarning jamlangan vektorlari va oqimning ishlashi vektorari fazada kerakli qiymatdagi elektrmagnit momentini hosil qiladigan qilib joylashtiriladi.

Tokning (oqim ishlashining) umumlashtirilgan vektori deb motor rotori yoki statordagi barcha chulg'amlaridagi toklardan hosil bo'ladigan fazoviy vektorga aytiladi. Asinxron mashinaning vektor diagrammasi 10.23 - rasmda ko'rsatilgan.

Motor hosil qiladigan elektrmagnit moment quyidagicha teng:

$$M = k_m \overline{F'_1} \times \overline{F'_2} = k_m f_m(t) \sin \lambda(t),$$

Bunda $\overline{F'_1}, \overline{F'_2}$ - stator va rotor toklari yoki oqim ilashishlarining fazoviy vektorlari.

$$f_m(t) = |\overline{F'_1}| \times |\overline{F'_2}|;$$

10.8. Nazorat uchun savollar.

1. Elektr yuritma boshqaruvi va himoyasi tizimida qo'llaniladigan kontaktli elektrik apparatlarning asosiy turlarini sanab bering.
2. Avtomatik o'chirgichlar tarkibiga qanday uzgichlar kiradi?
3. Magnitli yurgizgichlar yordamida «nol» himoyasi qanday amalga oshiriladi?
4. Elektrmagnitli vaqt relesida vaqtning tutib turilishi qanday amalga oshiriladi?
5. Proporsional va proporsional – integral rostlagichlar qanday uzatish funksiyasiga ega?
6. Mikroprotessor qanday vazifalarni bajaradi?
7. Mikroprotessorli qurilmalarni dasturlashning asosiy usullarini ayting.
8. Past kuchlanishli komplektli boshqaruv qurilmalarining asosiy turlarini sanab bering.
9. Komplektli boshqaruv qurilmalari himoya qobiqlari tasnifini keltiring.

11. ELEKTR YURITMALARNING ENERGETIK TAVSIFLARI.

11.1. Elektr yuritmaning energetik ko'rsatkichlari.

Elektr yuritma xissasiga barcha ishlab chiqariladigan elektr energiyaning 2/3 qismi to'g'ri keladi. Shuning uchun bu elektr energiyani qanday ishlatish katta texnik va iqtisodiy ahamiyatga ega.

Barcha elektr yuritmalar (avtotransportlardan tashqari) sanoat tarmog'idagi 50Gs chastotaga ega bo'lgan tok manbasida ta'minlanadi. Elektr yuritmalar tarmoqdan aktiv quvvatni oladilar. Bu aktiv quvvat ishchi mashinaning foydali ishni bajarish uchun hamda mashina elektrmexanik qismlaridagi barcha isroflarni qoplash uchun sarflanadi.

Elektr energiyasidan foydalanishni taxlil qilar ekanmiz, texnologik jarayonning energetik samaradorligi va elektr yuritmaning samaradorligini farqlay bilishimiz kerak. Texnologik jarayonning energetik samaradorligi elektr yuritma va ishchi mashinaning birgalikda ishlashiga bog'liq bo'ladi. Elektr yuritmaning

samaradorligi esa uning foydali ish koeffitsienti bilan aniqlanadi. Umumiy tuzilmaning foydali ish koeffitsienti tuzilma chiqish quvvatining kirish quvvatiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{P_{chiq.}}{P_{kir.}} = \frac{P_{to'rl}}{P_{ishl.}} = \frac{P_{to'rl}}{P_{to'rl} + \Delta P} \quad , \quad (11.1)$$

Bu yerda $\Delta P = \frac{P_{to'rl}(1-\eta)}{\eta}$ - berilgan qurilmadagi yo'qotish. Elektr yuritmaning kuch qismi elektrmotorli, uzatuvchi va o'zgartiruvchi qurilmalardan iborat. Shuning uchun elektr yuritmaning to'liq foydali ish koeffitsienti bu qurilmalar foydali ish koeffitsientlari ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$\eta = \eta_{dv.} \cdot \eta_{red.} \cdot \eta_{o'zg}$$

Elektrmotorning foydali ish koeffitsienti motor validagi mexanik quvvatning stator chulg'amlarida iste'mol qilinadigan quvvatga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\eta_{dv.} = \frac{P_{max}}{P_{sarf.}} = \frac{P_{max}}{P_{max} + \Delta P}$$

0,1 – 15,0 kWt quvvatga ega bo'lgan asinxron motorning foydali ish koeffitsienti 0,8 – 0,9 ni tashkil qiladi.

Quvvat ortishi bilan foydali ish koeffitsienti ham oshib boradi. Yuqori tezlikli, katta, quvvati 1000 kWt dan oshiq bo'lgan o'zgaruvchan tok motorlarida foydali ish koeffitsienti 0,97 gacha bo'lishi mumkin.

Elektr motorlarning foydali ish koeffitsienti asosan motor validagi yuklamaga bog'liq bo'ladi. Bunday bog'liqlikni taxlil qilish uchun isrof ΔP larni doimiy K va o'zgaruvchan V turlarga ajiratish usulidan foydalaniladi.

$$\Delta P = K + V \quad (11.2)$$

Tezlik bo'yicha rostlanmaydigan motorlar uchun doimiy isroflar quyidagilardan iborat bo'ladi:

- po'latdagi isroflar,
- mexanik isroflar (o'zini shamollatish),
- qo'shimcha isroflar.

O'zgaruvchan isroflar mashina chulg'amidagi tok kvadratiga bog'liq bo'lib, quyidagilardan tashkil topadi:

- o'zgarmas tok mashinalari uchun

$$V = I_{yu}^2 R_{yu}$$

- asinxron motorlar uchun rotor va statordagi isroflar yig'indisi

$$V = 3I_1^2 r_1 + 3I_2^2 r_2$$

Rotor zanjiridagi isroflar (6.8) ga asosan motor validagi momentga va sirpanishga proporsional bo'ladi

$$3I_2^2 r_2 = M \cdot \omega_0 s.$$

Stator chulg'amidagi yo'qotishlarni rotordagi isroflarga nisbati taxminan r_1/r_2 nisbatda bo'ladi deb aytishimiz mumkin.

Unda asinxron motorlar uchun o'zgaruvchan isroflar quyidagicha bo'ladi:

$$V = M \cdot \omega_0 s (1 + r_1/r_2) \quad (11.3)$$

Masala 11.1. 50% yuklama bilan ishlayotgan 4AI 160 S4 markali asinxron motorning foydali ish koeffitsientini toping. Motorning nominal texnik berilganlari: $P_n = 18,5$ kWt; $\omega_{nom} = 152$ 1/s; $\eta_n = 0,88$; $r_1/r_2 = 0,6$.

Echim:

1. Nominal rejimdagi motorning isroflari:

$$\Delta P = \frac{P_n (1 - \eta_n)}{\eta_n} = \frac{18500 (1 - 0,88)}{0,88} = 2520 \text{ Wt.}$$

2. Nominal rejimdagi o'zgaruvchan isroflar:

$$V_n = \frac{P_n}{\omega_n} \omega_0 s_n \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) = \frac{18500}{152} \cdot 157 \cdot 0,033 (1 + 0,6) = 1110 \text{ Wt.}$$

3. isroflar doimiysi

$$K = \Delta P_n - V_n = 2520 - 1110 = 1410 \text{ Wt.}$$

4. Valdagi yuklama $M_q = 0,5 M_n$ bo'lganda motor taxminan $s = 0,5 s_n$ sirpanish bilan ishlaydi. Unda bu rejimdagi o'zgaruvchan isroflar quyidagicha bo'ladi:

$$V_{0,5} = 0,5M_n\omega_0 \cdot 0,5s_n \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) = 0,25 V_n = 0,25 \cdot 1110 = 278 \text{ Wt.}$$

5. Bu rejimda motordagi isroflar

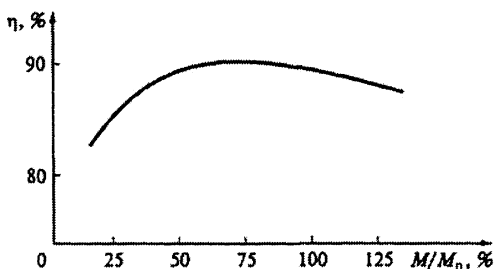
$$\Delta P_{0,5} = K + V_{0,5} = 1410 + 278 = 1688 \text{ Wt.}$$

6. 50% yuklama bilan ishlayotgan motor F.I.K. i quyidagicha bo'ladi:

$$\eta_{0,5} = \frac{0,5P_n}{0,5P_n + \Delta P_{0,5}} = \frac{0,5 \cdot 18500}{0,5 \cdot 18500 + 1688} = 0,845$$

Ko'ramizki, motor to'liqsiz quvvat bilan ishlaganda uning F.I.K. kamayib ketadi. Motor F.I.K. ning yuklamaga bog'liq grafigi 11.1 - rasmda keltirilgan.

Bu grafik bo'yicha qarasaq motor nominal quvvatdan ortiq yuklansa ham uning ishlab chiqarish F.I.K. pasayib, elektr energiyaning isrof bo'lishiga olib keladi.



**11.1 - rasm. Asinxron motor F.I.K.ning yuklamaga bog'liqligi
(4A1 160 S4 motori).**

Agar o'zgartirgich kuchli yarim o'tkazgichlar bazasida bajarilgan bo'lsa, uning F.I.K. yuqori bo'ladi. O'zgartirgichdagi isroflar asosan yarim o'tkazgichli uskunalardagi kuchlanishning to'g'ridan - to'g'ri pasayish qiymatiga bog'liq bo'ladi. O'rtacha deb olganda $\Delta u = 2B$ bo'lishi mumkin. Ko'priqli sxemalar uchun esa $\Delta u = 4B$ ni tashkil qiladi. Shunday qilib 440 V li o'zgartirgichlar uchun isroflar

1% ni 220 V li o'zgartirgichlar uchun 2%ni tashkil qiladi. Yarim o'tkazgichli o'zgartirgichlarda reaktiv elementlardagi isroflarni inobatga olgan holda, ularning F.I.K 0,95 = 0,98 ni tashkil qiladi deyishimiz mumkin.

Reduktor, transmissiya kabi mexanik uzatmalardagi isroflar asosan ishqalanish kuchi hisobiga bo'ladi. Bu isroflarning qiymati va F.I.K. tizimida ishlatilgan podshipnik turiga, tishli uzatishlar turiga hamda moylash tizimiga bog'liq bo'ladi. Mexanik uzatmaning F.I.K. doimiy bo'lmasdan, uzatiladigan moment qiymatiga bog'liq holda o'zgaruvchan bo'ladi.

Mashinaning F.I.K. deb elektr yuritma F.I.K. ning ishchi mashina F.I.K. ga ko'paytmasiga aytiladi. Masalan ventilyator qurilmasi uchun

$$\eta_{v.turg} = \eta_{ven.} \cdot \eta_{eyu} = \frac{Q \cdot H \cdot 10^{-3}}{R_{sarf}} \quad (11.4)$$

Bu yerda: Q - ventilyatorning ishlab chiqarish unumdorligi m^3/s

H – bosim, Pa,

$\eta_{ven.}$ - ventilyatorning aerodinamik F.I.K.

R_{sarf} - ishlatilgan elektr quvvati.

Agar mashina energetik jihatdan o'zgarimas rejimda ishlayotgan bo'lsa, uning F.I.K. orqali ifodalanuvchi energiya sig'imi (10.4) formula bilan aniqlanadi. Agar mashina davriy ravishda ishlasa (masalan lift), uning F.I.K. har bir davrdagi energiya sarfi bilan aniqlanadi

$$\eta_{im} = \frac{W_{ts.tol}}{W_{ts.sarf}} = \frac{A_{ts.tol}}{A_{ts.tol} + \Delta W_{ts}} \quad (11.5)$$

bu yerda: $A_{ts.tol} = \int_0^{ts} P_{tol}(t) dt$

$$\Delta W_{ts.sarf} = \int_0^{ts} P_{sarf}(t) dt$$

$$\Delta W_{ts.} = \int_0^{ts} \Delta P(t) dt$$

Bular mos ravishda davr uchun to'liq foydali ish, ishlatilgan energiya va energiya isrofi.

Elektr yuritmani ta'minlovchi o'zgaruvchan tok manbaida reaktiv quvvat aylanadi. Bu reaktiv quvvat ta'minot manbaida reaktiv tok hosil qilib unga salbiy ta'sir o'tkazadi. Reaktiv quvvat qiymati $\text{Cos}\varphi$ qiymati bilan baxolanadi. Bunda φ burchak sifatida birinchi garmonik kuchlanishdan faza siljishi tushuniladi. Qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarda $\text{Cos}\varphi$ ning nominal qiymati 0,7 – 0,8 ga teng. Asinxron motorning to'liq yuklanmasligi $\text{Cos}\varphi$ ning kamayishiga olib keladi.

TO' – D tizimidagi yuritmada (5.3 bobga qarang) $\text{Cos}\varphi = \text{Cos}\alpha$ bo'ladi. $\text{Cos}\alpha$ esa impuls – fazali boshqaruv tizimidagi tiristorlarning kechiktirishi bilan aniqlanadi. Shuning uchun TO' – D tizimli yuritmalarda aylanish tezligi yuqori bo'lganda o'zgaruvchan tok tarmog'idagi $\text{Cos}\varphi$ yuqori qiymatga ega bo'ladi (0,8 – 0,9) tezlik pasayganda esa α burchak ortadi va $\text{Cos}\varphi$ kamayadi. TO' – D tizimli yuritmalarni yurgazishda reaktiv quvvat otilishi kuzatiladi.

Zamonaviy elektr yuritmalarning boshqaruv tizimlarida rostlanmaydigan to'g'irlagichlarni qo'llashga xarakat qilinadi. Bunda motor chulg'amiga beriladigan kuchlanish qiymati keng impulsli usul bilan rostlanib, tarmoqdagi $\text{Cos}\varphi$ qiymati 0,95 dan kam bo'lmasligiga erishiladi.

Aksariyat elektr energiyasi istemolchilarida reaktiv quvvatni muqobillashtirish maqsadida katta quvvatga ega bo'lgan rostlanmaydigan sinxron motorli yuritmalarni ishlatish samarali hisoblanadi.

11.2. O'tish rejimlaridagi energiya isroflar.

Odatda o'tish rejimida energiya isroflari ortadi. Chunki bu jarayon katta xajmdagi tok sakrashlari bilan xarakatlanadi. Masalan, qisqa tutashtirilgan asinxron motorni yurgazishda yurgazish toki nominal qiymatdan 5-6 barobar ortib ketadi. Motor tezlik olish jarayonida nafaqat qarshilik momentini engishi, balki xarakatlanayotgan massalar kinetik energiyasini oshirish maqsadida dinamik momentni ham hosil qilishi kerak.

Erkin aylanish bilan ($M_q = 0$) yurgiziladigan qisqa tutashtirilgan asinxron motorni yurgazish vaqtidagi energiya isroflarini ko'rib chiqamiz. Motorni yurgazish vaqtida u tezlikni oshirib, sirpanish 1 dan 0 gacha o'zgaradi. Bu davrda

rotorda katta energiya isroflari sodir bo‘ladi. Bu esa asinxron motorar uchun juda noqulay bo‘lib, bu energiya isroflarini yurgazish qarshiliklariga chiqarishning iloji bo‘lmaydi. Rotordagi yo‘qotishlar momentiga va sirpanishga proporsional bo‘lgani uchun

$$\Delta P = M \cdot \omega_0 s, \quad (11.6)$$

Bir yurgazish paytidagi energiya isroflari quyidagicha bo‘ladi:

$$\Delta A = \int_0^{t_{it}} M \cdot \omega_0 s \cdot dt. \quad (11.7)$$

Erkin yurgazishdagi moment $M = J_{\Sigma} (d\omega/dt)$ ni (11.7) ga qo‘yib, integral chegaralarini almashtirib quyidagini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} \Delta A &= \int_0^{\omega_0} J_{\Sigma} \omega_0 s d\omega = J_{\Sigma} \int_0^{\omega_0} (\omega_0 - \omega) d\omega, \\ \Delta A &= \frac{J_{\Sigma} \omega_0^2}{2} \end{aligned} \quad (11.8)$$

Bundan shunday qoida kelib chiqadiki: asinxron motorni erkin yurgazishda rotor zanjiridagi isroflar kinetik energiya zaxirasiga tengdir. Bu zahira motor rotori va ishchi mexanizmi siltov massasining o‘rnatilgan tezlikka erishishda hosil bo‘ladi.

Shuni aytish kerakki, rotordagi isroflar yurgazish jarayoni vaqtiga, yurgazish tokiga va boshqa parametrlarga bog‘liq bo‘lmaydi. Aksincha statordagi isroflar yurgazish parametrlariga bog‘liq bo‘ladi.

Motor qizib ketishining oldini olish maqsadida har bir qisqa tutashtirilgan asinxron motor uchun inersiya momentlari qiymatining cheklangan miqdori belgilanadi $J_{\Sigma \text{cheg}}$. Ko‘rsatkich har bir motor uchun kataloglarda beriladi. Agar bunday cheklangan miqdor $J_{\Sigma \text{cheg}}$ ko‘rsatilmagan bo‘lsa quyidagilarga asoslanib hisoblanadi. Massasi m_{kg} bo‘lgan rotor kataklaridan ajiraladigan energiyaning cheklangan qiymati $T_{qiz} = 300^0$ qizishdan oshib ketmasligi kerak. Bundan esa

$$\Delta A_{ruks} = m_{kat} C_{kat} T_{qiz}, \quad (11.9)$$

Bu yerda $C_{kat} - Dj/kg \cdot gr$ – rotor katagi materiali issiqlik sig‘imi.

Hisoblar ikki ketma – ket yurgazish uchun olib boriladi. Shuning uchun

$2\Delta A < m_{kat} \cdot S_{kat} \cdot 300$ bo‘ladi. Bu shartlarda quyidagini hosil qilamiz:

$$J_{\Sigma}^{cheg} < \frac{m_{kat} \cdot S_{kat} \cdot 300}{\omega_0^2} \text{ ni hosil qilamiz.}$$

Asinxron motorlar uchun yurgazish va tormozlashdagi farq rotordagi energiya isroflari emas balki stator zanjiridagi energiya isroflari ham ahamiyat kasb etadi. Bu isroflar rotordagi isroflarni bilgan holda quyidagi nisbatga asosan aniqlanadi:

$$\Delta A_{st} = \Delta A_{rot} \cdot \frac{r_1}{r_2} \quad (11.10)$$

Statoridagi isroflar yurgazish paytida undagi kuchlanishni pasaytirish hisobiga kamaytirilishi mumkin.

Berilgan jadallik bo‘yicha ω_0 ning ravon o‘zgarishi bilan motor kichik sirpanish bilan ishlaydi va bunda motordagi isroflar o‘rnatilgan tezlikdagi isroflar singari aniqlanadi, ya’ni olinayotgan moment qiymati bilan.

11.3. Motorning qizishi va sovushi.

Motorda ΔP isroflarning ajiralishi uning tanasida qizish paydo bo‘lishiga olib keladi. Qizish va sovushning soddalashtirilgan tahlilini ko‘rib chiqamiz. Motorni issiqlikka munosabati bo‘yicha bir jinsli jism deb qabul qilamiz va quyidagi xarakterga ega bo‘ladi:

- C – issiqlik sig‘imiga ega, Dj/gr
- A – issiqlik uzati koeffitsienti, $Dj/gr \cdot s$.

Issiqlik muvozanati quyidagicha bo‘ladi:

$$\Delta P \cdot dt = C \cdot dt + A \cdot \tau \cdot dt, \quad (11.11)$$

Bu yerda τ – motor haroratining atrof – muhit haroratidan oshgan qismi.

(10.11) tenglamaning birinchi qismi motorning issiqlikka aylanadigan yo‘qotishlarini, ikkinchi qismi – motorni qizdirishga ketadigan issiqlik, uchinchi qismi – motor atrof – muhitiga beradigan issiqlik miqdorini bildiradi. Motor qizib borishi jarayonida issiqlikning asosiy qismi atrof – muhitiga uzatiladi, uzatilayotgan issiqlik miqdori bilan ajratilayotgan issiqlik miqdori tenglashganda issiqlik (harorat) yuzaga keladi.

$\Delta P = \text{const}$ deb qabul qilib, (10.11) tenglamani quyidagi ko‘rinishga keltiramiz.

$$\frac{C}{A} \cdot \frac{dT}{dt} + T = \tau_{turg}.$$

Bu tenglamaning echimi quyidagicha

$$T = \tau_{turg} + (\tau_{boshl} - \tau_{turg})e^{-t/\tau_{turg}} \quad (11.12)$$

Odatda atrof – muhit harorati qizishning boshlang‘ich harorati sifatida olinadi.

Unda $\tau_{boshl} = 0$

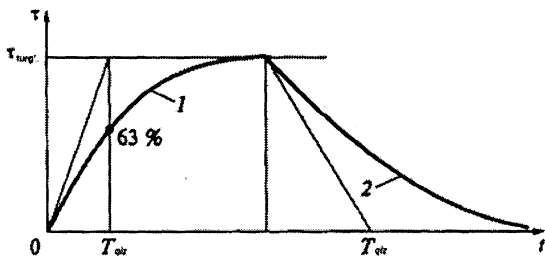
$$T = \tau_{turg} (1 - e^{-t/\tau_{turg}}) \quad (11.13)$$

hosil qilingan ifodalarda

$\tau_{turg} = \Delta P/A$ – haroratning o‘rnatilgan qiymati. U motordagi isroflar qiymatiga bog‘liq bo‘ladi, ya’ni yuklamaga.

$T_{qiz} = C/A$ – motor qizishining doimiysi.

11.2 - rasmda motor qizishining o‘tish xarakteristikasi keltirilgan, u eksponensial xarakterga ega. T_{qiz} vaqt davomida motor $0,63\tau_{turg}$ qiymatgacha qiziydi.



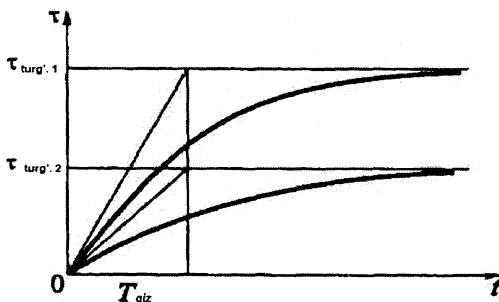
11.2 - rasm. Motorning qizish (1) va (2) sovish chiziqlari

11.2 – masala.

Ikkita bir xil motor bir vaqtda ishga tushiriladi. Birinchi motor validagi yuklama nominal qiymatga ega. Ikkinchi motor validagi yuklama nominal qiymatining yarmiga teng (50%). Motorlarning qizish vaqti doimiysi 20 min. Har bir motorning oʻrnatilgan qizish haroratiga erishish vaqti aniqlansin.

Yechimi: har ikkala motorning qizish doimiysi bir xil boʻlgani uchun ular oʻrnatilgan qizish haroratiga bir vaqtda erishadi, taxminan bir soatda ($t_{qiz} = 3T_{qiz}$). oʻrnatilgan harorat qiymati esa albatta har xil boʻladi. Koʻproq yuklangan motorda bu qiymat taxminan 2 marta koʻp boʻladi.(11.3 - rasm).

Sovushdagi harorat oʻzgarishi xarakteri (10.12) ga asosan aniqlanadi.



11.3 - rasm. Motorlarning qizish chiziqlari

Agar motor o'chirilib, uning harorati atrof – muhit haroratigacha tushsa, unda $\tau_{turg} = 0$ va $\tau = \tau_{bosh} e^{-t/T_{qiz}}$ bo'ladi.

Shuni inobatga olish kerakki, o'zini – o'zi shamollatadigan motorlar uchun issiqlik uzatish koeffitsienti A motor tezligiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun bunday motorlar qizishiga nisbatan sekinroq soviydi. Sovushdagi vaqt doimiysi T'_{qiz} , ishdagi vaqt doimiysiga nisbatan kattaroq bo'ladi $T'_{qiz} > T_{qiz}$.

Isish va sovush xarakteriga qarab motorlar 8 ta ish rejimlariga ajratiladi. Ulardan asosiylari uzoq vaqtli S1, qisqa vaqtli S2 va takrorlanuvchi qisqa vaqtli S3.

1. Uzoq vaqtli rejim (S1) – bu rejimda elektrmotor bir xil o'zgarmas yuklamada ishlab, uning qizishi o'rnatilgan haroratgacha ko'tariladi.

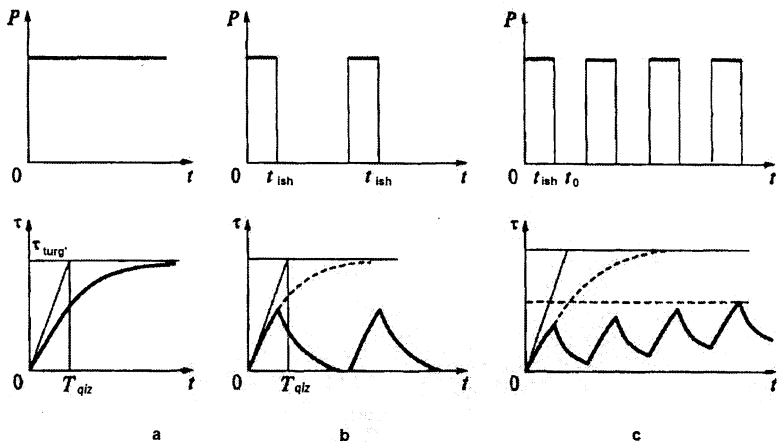
11.4 - rasm a da bu rejimga tegishli bo'lgan valdagi quvvat o'zgarishi grafigi, quvvat yo'qotish grafigi va qizish harorati τ o'zgarishi grafigi keltirilgan.

2. Qisqa vaqtli rejim (S2) - bu rejimda motorni yuklash davri o'chirish davri bilan navbatma – navbat almashadi. Bu rejimda motorning qizish harorati o'rnatilgan qiymatga erishmaydi. Motor o'chirilganda esa uning barcha qismlari harorati atrof – muhit haroratiga tenglashadi. Rejim vaqtinchalik ulanish t_r va quvvat bilan xarakterlanadi. Ishlash davri standart bo'yicha 10,30,60,90 minutlarni tashkil qiladi.

Bu rejimning ishlash xarakteristikalariga garafigi 11.4 b - rasmda ko'rsatilgan.

3. Takrorlanuvchi qisqa vaqtli rejim (S3) - bu rejimda motor qisqa vaqt davomida ishlab, o'chiriladi va bu davr takrorlanadi. Motor ishlash davrida uning qizish darajasi o'rnatilgan haroratga ko'tarilmaydi, o'chirilgan davrda esa uning harorati atrof – muhit haroratigacha sovushga ulgurmaydi (11.4 c - rasm). S3 rejimi yuklama bilan va yurgazishning davomiyligi bilan xarakterlanadi (ITB):

$$\text{ITB} = \frac{t_{ish}}{t_{ish} + t_o} 100\% = \frac{t_{ish}}{t_{ts}} 100\% \text{ yoki } \varepsilon = \frac{t_{ish}}{t_{ts}}. \quad (11.14)$$



11.4 - rasm. Turli ish rejimlarida motorning harorat xarakteristikalari

- a) S1- uzoq vaqt davomli rejim;
- b) S2 – qisqa vaqtli rejim;
- c) S3 takrorlanuvchi qisqa vaqtli rejim.

Yurgazish davomiyligi (YD (ΠB)) ning standart qiymatlari 15,25,40 va 60%ni tashkil qiladi. Bu qiymatlar S3 rejimida ishlaydigan motorlar uchun hisoblanadi va bir davrning davomiyligi 10 minutdan oshmasligi kerak.

S4 dan S8 gacha bo‘lgan rejimlar elektr motorlarni to‘g‘ri tanlash uchun kiritilgan. Bu rejimlarni sanash bilan kifoyalanamiz:

S4 – tez – tez yurgiziladigan takrorlanuvchi qisqa vaqtli rejim.

S5 - tez – tez yurgiziladigan takrorlanuvchi qisqa vaqtli elektr tormozli rejim.

S6 – aralashtirilgan ish rejimi, bunda elektr motor o‘chirilmaydi, lekin erkin aylanib turadi.

S7 - aralashtirilgan reversli rejim.

S8 - aralashtirilgan ikki va ko‘p tizimli rejim.

11.4. Elektr yuritma vositalari yordamida energiyani tejash.

Elektr yuritma elektr energiyasi iste'molchilarining asosiy qismini (65% gacha) tashkil qilgani uchun elektr yuritma texinkasida elektr energiyasini tejash masalasi asosiy soxalardan biri hisoblanadi. Elektr energiyasini tejash asosan ikki yo'nalish bo'yicha amalga oshiriladi: xususan elektr yuritmaning o'zida hamda avtomatlashtirilgan rostlash tizimlari asosidagi texnologiyalarni yaratish orqali tejash.

Bevosita elektr yuritmada elektr energiyasini tejash elektr energiyasini mexanik energiyasiga aylantirishda isroflarni kamaytirish va elektr yuritmaning energetik ko'rsatkichlarini oshirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bu maqsadlarga erishish uchun quyidagilarga amal qilinadi:

1. Elektr motorining quvvati to'g'ri tanlanishi. Amaliyot shuni ko'rsatadiki aksariyat motorlarda quvvat oshirilganda ular kam foydali ish koeffitsienti va past quvvat koeffitsienti bilan ishlaydi.
2. Elektr yuritmaning kuch kanallarida yarim o'tkazgichli kuch o'zgartirgichlarini ishlatish. Bunday o'zgartirgichlar elektr energiyasini kerakli parametrdagi energiyaga kam isroflar bilan o'zgartirish imkonini beradi.
3. Motor tezligini rostlashning reostatli usullaridan voz kechish.
4. Elektr yuritmaning iste'mol zanjirida filtrli - muqobillashtiruvchi quirmalarni qo'llash. Bunda quvvat koeffitsientini oshirish va tokning yuqori garmonikalarini filtrlash imkoni tug'iladi.

Energiyani tejash masalasida texnologik jarayonlarni optimallashtirish va avtomatlashtirilgan rostlash va boshqarish tizimlarini qo'llash muhim o'rin tutadi.

Texnologik jarayonni kerakli avtomatik rejimda yuritish ortiqcha elektr energiya sarfini kamaytiradi. Havoni, suvni va boshqa sochiluvchan materiallarni uzatish qurilmalarida kerakli hajmdagi materialni uzatish uchun maxsus rejim tanlab, tejamli texnologiya yaratish imkoni bor.

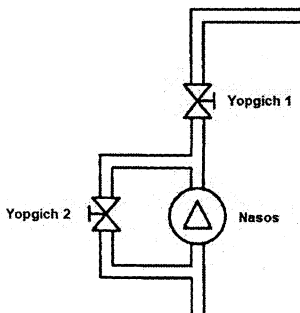
Odatda havo, suv va hom ashyoni uzatib beruvchi qurilmalarda ishchi mashinaning nominal quvvati katta zaxira bilan olinadi. Shuning uchun ularning ish rejimlarini rostdlash zarurati tug'iladi. Samaradorlikni rostdlashning eng ma'qul usuli bu ishchi organ tezligini rostdlashdir. Buning uchun esa rostdlanadigan elektr yuritma talab qilinadi.

Suv ta'minoti nasos qurilmalarida elektr energiyasini tejash imkoniyatlarini ko'rib chiqamiz. Bunday qurilmalar bosimini va sarfini rostdlash zarurati ikkita shart bo'yicha aniqlanadi.

Birinchisi, nasos xarakteristikasini u ishlayotgan gidravlik tarmoq Q-H xarakteristikalari bilan moslashtirish kerak. Odatda nasoslar kerak bo'lganidan ancha katta bosim bilan ishlaydi.

Ikkinchi shart, tezlikni rostdlash zarurati. Buning mohiyati shundaki, talab qilinadigan suv miqdori sutkaning va yilning vaqtiga qarab turlicha bo'ladi.

Bu masalalarni hal qilish uchun aksariyat holatlarda rostdlashning gidravlik usullaridan foydalaniladi (11.5 - rasmga qarang).



11.5 - rasm. Nasos qurilmasining gidravlik sxemasi

Drosellashda 1-zadvijka yordamida tarmoqdagi gidravlik qarshilik oshiriladi. Rostlash jarayonini nasos qurilmalari xarakteristikalarida ko'rib chiqamiz (11.6 - rasm). Bu xarakteristikalar nasos hosil qiladigan bosim N ning sarf Q ga bog'liqligidadir. Nasos ishlaydigan gidravlik tarmoq N_{gid} -A xarakteristikaga ega. Bunda nasos Q_1 sarfini beradi. Agar kamroq sarf talab qilinsa zadvijka yordamida

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, rostlanadigan elektr yuritmaga o'tilishi bilan elektr energiyasi 30%gacha tejaladi.

11.3 – masala.

15 kW quvvatga ega bo'lgan nasos qurilmasining yillik elektr energiyasi sarfining taxlili berilsin. Nasos qurilmasi bir yilda 6000 soat ishlaydi, undan 90% samaradorlik bilan 4000 soat, 45% samaradorlik bilan 2000 soat.

Nasos parametrlari: $H_n = 30\text{m}$; $Q = 140 \text{ m}^3/\text{soat} = 0,039 \text{ m}^3/\text{s}$; $\eta_n = 0,76$.

Nasos xarakteristikasining formulasi

$H = H_0 - R_n Q^2 = 39 - 5900 Q^2$. Nasos geodezik bosimsiz ($H_{\text{geod}} = 0$),

$R_n = 5900 \text{ s}^2/\text{m}^5$ gidravlik qarshilikli tarmoqqa xizmat qiladi.

Echimi:

1. Nasosning nominal quvvati

$$P_n = \frac{1000 \cdot Q_n \cdot H_n}{102 \eta_n} = \frac{1000 \cdot 0,039 \cdot 30}{102 \cdot 0,76} = 15 \text{ kW}.$$

2. Nasos hosil qiladigan bosim.

$$0,9 Q_n \text{ sarfda } H = H_0 - R_n (0,9 Q_n)^2 = 39 - 5900 \cdot 0,035^2 = 33,8 \text{ m}.$$

$$0,45 Q_n \text{ sarfda } 0,45 Q_n = 0,0175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = H_0 - R_n (0,45 Q_n)^2 = 39 - 5900 \cdot 0,0175^2 = 37,2 \text{ m}$$

3. Kerakli rejimlarda ishlatish uchun bosimning bir qismini zadviykaga sarflashga to'g'ri keladi. Nasos va motorning F.I.K.ni o'zgarmas deb qabul qilamiz $\eta_n = 0,76$, $\eta_{dv} = 0,9$.

Motor ishlashi uchun talab qilinadigan quvvat

$$Q = 0,9 Q_n \text{ da } P = \frac{1000 \cdot 0,035 \cdot 33,8}{102 \cdot 0,76 \cdot 0,9} = 16,9 \text{ kW}.$$

$$Q = 0,45 Q_n \text{ da } P = \frac{1000 \cdot 0,0175 \cdot 37,2}{102 \cdot 0,76 \cdot 0,9} = 9,3 \text{ kW}.$$

4. Yil bo'yi ishlatilgan elektr energiya miqdori.

$$A = 16,9 \cdot 4000 + 9,3 \cdot 2000 = 86200 \text{ kW} \cdot \text{soat}.$$

5. Agar nasos qurilmasini rostlash nasosning aylanish tezligini rostlash yo'li bilan amalga oshirilsa, unda zadviyka uchun bosim sarfi (isrofi) bo'lmaydi.

Taxminan aytish mumkinki, ishchi g'ildirak aylanish tezligini o'zgartirish

yo'li bilan rostlashda nasos sarfi tezlikka proporsional bo'ladi. Bosim quvvat kvadratiga, nasos validagi quvvat esa tezlik kubiga proporsional bo'ladi. Rostlanadigan elektr yuritma F.I.K. quyidagicha bo'ladi.

$$H_{\text{yur}} = \eta_{\text{mot}} \cdot \eta_{\text{cho'}} = 0,9 \cdot 0,95 = 0,855, \text{ unda}$$

$$Q = 0,9Q_n \text{ bo'lganda } H = (0,9)^2 H_n = 0,9^2 \cdot 30 = 24,3$$

$$P = \frac{1000 \cdot 0,035 \cdot 24,3}{102 \cdot 0,76 \cdot 0,855} = 12,8 \text{ kW.}$$

$$Q = 0,45Q_n \text{ bo'lganda } H = (0,45)^2 H_n = 0,45^2 \cdot 30 = 6,0 \text{ m}$$

$$P = \frac{1000 \cdot 0,0175 \cdot 6,0}{102 \cdot 0,76 \cdot 0,855} = 1,6 \text{ kW.}$$

6. Rostlanadigan elektr yuritmani qo'llaganda yillik elektr energiya sarfi

$$A = 12,8 \cdot 4000 + 1,6 \cdot 2000 = 54200 \text{ kW. soat.}$$

15 kWt quvvatli nasos qurilmasining elektr energiyasi tejamilligi

$$\Delta A = 86200 - 54200 = 32000 \text{ kW. soat.}$$

Keltirilgan hisob – kitob taxminiy bo'lib, u rostlanadigan elektr yuritma qo'llanilganda tejamlilik darajasini ko'rsatadi.

11.5. Takrorlash uchun savollar.

1. Elektr yuritmaning elektrik ko'rsatkichlarini ayting.
2. Ishlab chiqariladigan elektr energiyaning qancha qismi uni elektr yuritma orqali elektr mexanik energiyaga aylantirish uchun sarflanadi?
3. Elektr motorning qizish vaqti doimiysi tushunchasiga ta'snif bering?
4. Qizish vaqt doimiysi motorni sovutish usuliga qanday bog'liq bo'ladi?
5. Yarim o'tkazgichli o'zgartirgich qurilmasining F.I.K. qanday parametrlar bilan aniqlanadi?
6. Motor to'liq yuklanmaganda uning Cosφ ko'rsatkichi qanday o'zgaradi?
7. Tiristorli o'zgartirgich – TO'-D o'zgarman tok motori tizimi bo'yicha yuritmaning Cosφ ko'rsatkichi qanday aniqlanadi?

8. Rostlanmaydigan asinxron motor isrof o'zgaruvchilari nimalardan iborat?
9. Qisqa tutashtirilgan asinxron motor va sinxron motorlarni yurgazishdagi energiya isroflari qanday aniqlanadi?
10. S2 qisqa vaqtli ish rejimi xarakteristikasini bering.
11. ITB ulanish davomiyligi nima?
12. Nasos qurilmalarida elektr energiyasini ishlatishda samaradorlikni oshirish usullarini ayting.
13. Avtomatlashtirilgan elektr yuritma vositalari yordamida energiyani tejash yo'nalishlarini sanab bering?

12. ISHLAB CHIQARISH MEXANIZMLARINING AVTOMATLASHTIRILGAN ELEKTR YURITMALARINI LOYIHALASH ASOSLARI.

12.1. Elektr yuritmalarga qo'yiladigan umumiy talablar.

Sanoatda, qishloq xo'jaligida, transportda va xalq xo'jaligining barcha boshqa soxalaridagi texnologik jarayonlarning asosini ishlab chiqarish mashinalari va mexanizmlari tashkil qiladi. Aksariyat ishlab chiqarish mashinalari avtomatlashtirilgan elektr yuritma bilan hamda elektravtomatik tuzilmalari bilan ta'minlangan.

Texnologik jarayonlar o'z mohiyati va qo'llanish soxalariga ko'ra turlichadir. Shuningdek ishlab chiqarish mashina va mexanizmlari ham turlicha bo'ladi. Biroq mashina va mexanizmlarning bajarish vazifasiga, ishlash prinsipiga qarab alohida guruhlariga ajratishimiz mumkin.

Bunday mashinalarga quyidagilar kiradi.

- turbomexanizmlar: nasoslar, ventilyatorlar, kompressorlar;
- yuk ko'taruvchi mashinalar: kranlar, liftlar, shaxta yuk ko'targichlari;
- transport mashinalari: konveerlar, transportyorlar;
- metallga ishlov berish dastgoxlari;
- qaytarma – ilgari lanma xarakatli mashinalar: porshenli mashinalar (nasoslar, kompressorlar, presslar);

-ekskavatorlar;

- prokat (jo'valash) stanlari.

Bu yerda sanoat soxasining asosiy jabxalarida keng ko'lamda ishlatiladigan ishlab chiqarish mashinalari sanaladi. Shuning uchun ularni andozaviy ishlab chiqarish mashinalari deb atashimiz mumkin.

Elektr yuritmaning ish rejimiga hamda unga qo'yiladigan talablarga texnologik jarayonning xarakteri katta ta'sir ko'rsatadi. Texnologik jarayon xarakteriga ko'ra barcha mashina va mexanizmlarni ikkita katta guruhga bo'lishimiz mumkin: uzluksiz ishlaydigan mashina va mexanizmlar; davriy ishlaydigan mashina va mexanizmlar . Birinchi guruhdagi mashinalar to'xtovsiz ishlaydi. Ikkinchi guruhdagilar esa davriy xarakterga ega bo'lib, unda tez – tez o'chirishlar, reverslar, tezlikni rostdash zarurlari bo'ladi.

Elektr yuritmaga qo'yiladigan talablar xar bir ishlab chiqarish mexanizmi uchun yoki bir guruh bir xil mohiyatli mexanizmlar uchun alohida shakllantiriladi. Ammo, barcha mexanizmlar elektr yuritmalariga qo'yiladigan umumiy talablar ham bor.

Bunday talablarga quyidagilar kiradi:

1. Berilgan texnologik jarayonni ta'minlash va kerakli samaradorlikka erishish.
2. Ishlab chiqarish mexanizmlarini yurgazish va to'xtatishning kerakli shartlarini yaratib berish. Kerak bo'lganda reverslash va tezlikni rostdashni ta'minlash.
3. Dinamik va zarbiy ortiqcha yuklanishlarni cheklash.
4. Elektr yuritmani boshqarish prinsiplari (qo'lda, avtomatlashtirilgan dasturli).
5. Ishonchlilik talablari.
6. Konstruktiv himoyalangan, atrof – muhitni muxofazalash va klimatik bajarilish talablari.
7. Iqtisodiy ko'rsatkich talablari: elektr yuritmaning tannarxi, elektr yuritmani ishlatish uchun elektr energiyasi narxi.
8. Ekologik talablar: shovqin darajasi; elektr energiyaning ta'minot tarmog'iga ta'siri;

Shuningdek talablarda elektr ta'minoti parametrlari ham belgilanadi (kuchlanish qiymati, chastota, ruxsat etilgan chetlanishlar).

12.2. Elektr yuritmani loyixalash ketma – ketligi.

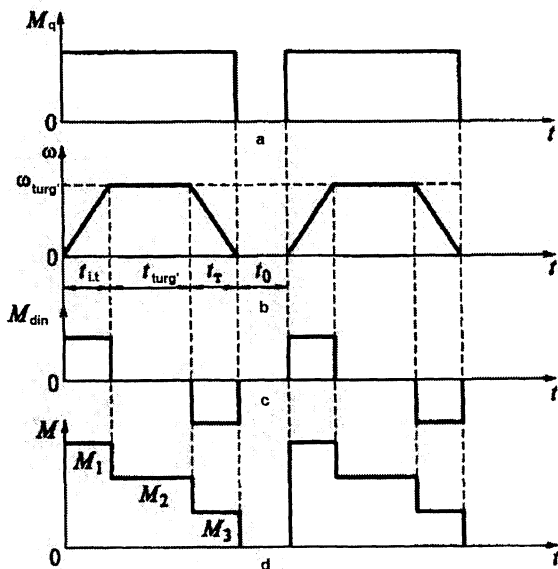
Elektr yuritmani loyixalash odatda quyidagi ketma – ketlikda amalga oshiriladi:

- Elektr yuritmaga qo'yiladigan talabalarni ishlab chiqish;
- Ishlab chiqarish mexanizmi ishchi a'zosining statik yuklanmasini hisoblash, ishchi a'zo xarakat diagrammasi va taxogrammasini qurish;
- Boshlang'ich texnik – iqtisodiy taxliliga asosan elektr yuritma tizimini tanlash;
- Reduktorli yoki reduktorsiz yuritma turini aniqlash, mexanik uzatma uzatish sonini aniqlash;
- Elektr motorning turini tanlash;
- Nominal aylanish tezligi va quvvatiga ko'ra elektrmotorni tanlash;
- Dinamik yuklamalarni hisoblash, elektr yuritmaning yuklanish diagrammasini qurish;
- Elektr motorni qizishga, yurgazish bo'yicha ortiqcha yuklanishga tekshirish;
- Elektr motorni ta'minoti uchun yarim o'tkazgichli o'zgartirgichlarni tanlash va hisoblash;
- Elektr yuritma funksional va prinsipial sxemalarini ishlab chiqish;
- Avtomatik boshqarish rostlagichlari strukturaviy sxemalarini tuzish va hisoblash;
- Elektr yuritma o'tish jarayonlarini modellashtirish yoki hisoblash.

12.3. Yuklanish diagrammalari va taxogrammalar.

Elektr yuritmani tanlash va uning quvvatini hisoblash uchun yuklanish diagrammasi va tezlik diagrammasi (taxogramma) asos bo'ladi (12.1 - rasm). Ishlab chiqarish mexanizmi yuklanish diagrammasi deb motor validagi statik momenti M_q ning vaqtga bog'liqlik grafigiga aytiladi. $M_q = f(t)$.

Bu diagrammalar mashinaning ishini xarakterlovchi berilganlar asosida hisoblanadi.



12.1 - rasm. Yuklanish diagrammalari va taxogramma

- a) mexanizmning yuklanish diagrammasi;
- b) taxogramma;
- v) dinamik moment grafigi;
- g) elektr yuritmaning yuklanish diagrammasi.

Elektr yuritmaning yuklanish diagrammasi – bu motor hosil qiladigan momentning vaqtga bog‘liqligi. U statik moment va dinamik momentlarning yig‘indisi sifatida hisoblanadi $M = M_q + M_{din} = f(t)$.

Taxogramma – bu mashina ishchi organi yoki motor vali tezligining vaqtga bog‘liqlik grafigi $\omega = f(t)$.

Xaqiqiy yuklanish diagrammalari hisobiy diagrammalardan ancha farq qilishi mumkin. Bu esa mashinani turlicha yuklatishga, mashinist tajribasiga bog‘liq bo‘ladi. Ammo har doim elektr yuritma elementlarini hisoblash uchun ma‘qul bo‘lgan ishlab chiqarish mashinasining biror bir qismini tanlash imkoniyati bor.

12.1 – masala.

Minorali kran uchun ko'tarish mexanizmi va yuritmasi yuklanish diagrammasi hamda xarakat taxogrammasi qurilsin. Ish sikli 500 kg li yukni ko'tarish va bo'sh ilmoqni tushirishdan tashkil topadi. Uzatma F.I.K. 0,9; baraban diametri 0,6 m; motor nominal tezligi 60 1/s; ko'tarish tezligi 1 m/s; ilmoqni tushirish tezligi 2 m/s; motor valiga keltirilgan mexanizm va motor yakori inersiya momenti 0,2 kg·m²; ko'tarish balandligi 20m.

Echimi:

1. Baraban validan motor valiga o'tish nisbatini topamiz:

$$i = \frac{\omega_n R_b}{v} = \frac{60 \cdot 0,3}{1} = 18.$$

2. Yukni ko'tarish paytidagi motor validagi statik moment

$$M_s = \frac{m_{yuk} \cdot g \cdot R_b}{i \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 9,81 \cdot 0,3}{18 \cdot 0,9} = 91 Nm$$

Ilmoqni tushirishda xarakatga qarshilik momenti uzatmadagi yo'qotish momenti (taxminan)

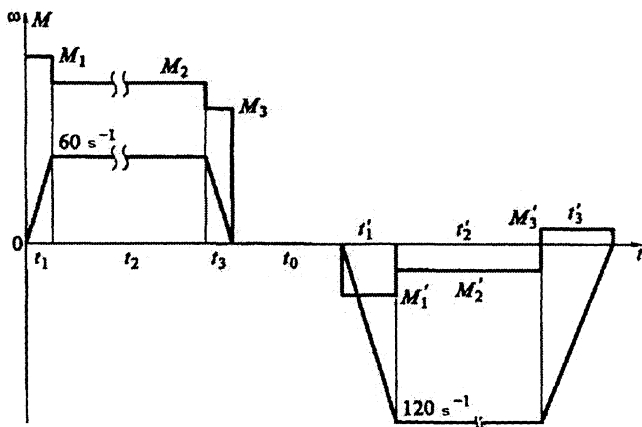
$$M'_q = 0,1 M_q = 9,1 Nm.$$

3. Tezlanish va sekinlanishni $a_{1,3} = 10 \text{ m/s}^2$ deb qabul qilib xarakat taxogrammasi parametrlarini topamiz

$$t_1 = t_3 = \frac{V}{a_1} = \frac{1,0}{1,0} = 1c; t_2 = \frac{h - 2 \cdot 0,5 \cdot V t_1}{V} = \frac{20 - 1 \cdot 1}{1} = 19c;$$

$$t'_1 = t'_3 = \frac{v'}{a_1} = \frac{2,0}{1,0} = 2c; t'_2 = \frac{20 - 2 \cdot 0,5 \cdot 2}{1} = 16c; t_0 = 15c$$

Taxogramma 12.2 - rasmda ko'rsatilgan.



12.2 - rasm. Yuritmaning yuklanish diagrammasi va taxogrammasi

4. Yukning motor valiga keltirilgan qiymati

$$J_{\text{yuk}} = \frac{m_{\text{yuk}} \cdot R_b^2}{i^2} = \frac{500 \cdot 0,3^2}{18^2} = 0,014 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Yukni ko'tarishdagi inersiya momentlari yig'indisi

$$J_{\Sigma} = J_{\text{mex}} + J_{\text{yuk}} = 0,2 + 0,014 = 0,214 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

5. Motor validagi momentlar

Yukni ko'tarish paytidagi:

$$M_1 = M_q + J_{\Sigma} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = 91 + 0,214 \frac{60}{1} = 103,8 \text{ Nm.}$$

$$M_2 = M_q = 91 \text{ Nm.}$$

$$M_3 = M_q - J_{\Sigma} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = 91 - 0,214 \frac{60}{1} = 78,2 \text{ Nm.}$$

Yukni tushirish paytida

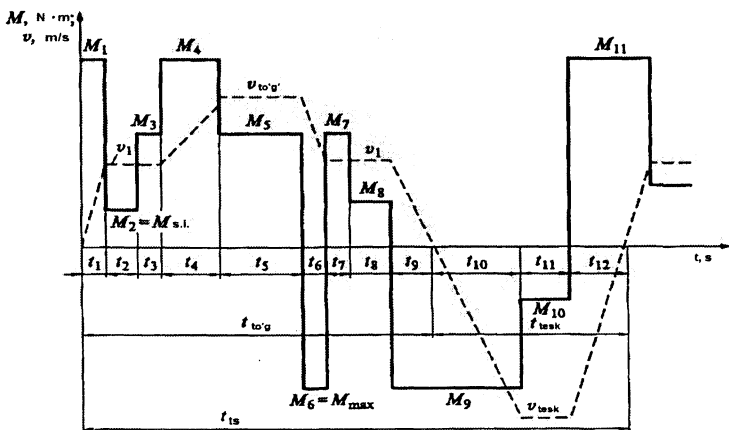
$$M'_1 = M'_i + J'_{\Sigma} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = -91 - 0,2 \frac{120}{2} = -21,1 \text{ Nm.}$$

$$M'_2 = M'_q = -9,1 \text{ Nm.}$$

$$M'_3 = M'_q + J_{\Sigma} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = -91 + 0,2 \frac{120}{2} = -2,9 \text{ Nm.}$$

Yuklanish diagrammasi 12.2 - rasmda keltirilgan.

12.3 - rasmda bo'ylama randalash dasgohi elektr yuritmasining taxogrammasi va yuklanish diagrammasi misol tariqasida keltirilgan. Dasgohning ishchi yurishi – to'g'ri, bunda keskich stolga mahkamlangan detalga ishlov beradi. Ortga yurish erkin bo'ladi, shuning uchun uning tezligi to'g'ri yurish tezligidan yuqori bo'ladi.



12.3 - rasm. Bo'ylama randalash dasgohining bosh xarakat elektr yuritmasi uchun to'g'ri va ortga yurish yuklanish diagrammasi va taxogrammasi

Dastgohning ishi ishlov berilayotgan detal mahkamlangan stolning V_1 tezlik bilan (t_1 vaqtda) xarakatlanishidan boshlanadi. Bunda motor eng katta momentga erishadi $M_1 = M_{max}$. Bu rejimdagi yuklanish momenti M_{s2} ga teng bo'ladi va $F_1 = \mu (G_c + G_{yuk})$ shartni qanoatlantiradi. Bunda G_c va G_{yuk} stol va detalning og'irligi, μ – ishqalanish koeffitsienti, t_2 uchastkada motor va stol tezligi o'zgarmas bo'ladi $\omega_1 = const$. Kesish paytidagi tezlik texnologik talablar bo'yicha o'rnatilgan qiymatdan oshib ketmasligi kerak.

t_3 – uchastkada kesish kuchi $F_3 = \mu (G_c + G_{yuk} + F_y) + F_z$ bo'ladi. M_3 moment F_3 kuchga moslashadi, keskich detalga tekkan holatda bo'ladi. Undan keyin stol $M_{din} = M_{max} - M_3$ moment ta'siri ostida to'g'ri yurish tezligiga (V_{yur}/ω_{yur}) erishadi.

t_5 – uchastkada o‘rnatilgan tezlikda ishlash rejimi amal qiladi, M_5 - M_3 . t_6 uchastkada keskich detaldan uzilgan holatda stolni tormozlash rejimi amal qiladi. Tormozlashda motor maksimal momentga erishadi $M_6=M_{max}$. t_7 uchastkada stol $V_1(\omega_1)$ tezlik bilan to‘g‘ri yo‘nalishda xarakatlanadi va keskich detaldan chiqariladi. Undan keyin yuritmada revers amalga oshiriladi. Stolning orqaga qaytishidagi tezligi V_{tes} to‘g‘ri yurishga nisbatan 2-3 barobar katta olinadi. Dastgoxning berilgan tezlikka chiqishi va tormozlanishi motorning maksimal momenti bilan (M_{max}) amalga oshiriladi. Teskari yurishdagi kuch (zo‘riqish) faqatgina yo‘naltiruvchilar ishqalanishi hisobiga yuzaga keladi $F_1 = \mu (G_c+G_g)$. Ortga yurish tugagandan so‘ng motorning oldinga yurishiga buyruq beriladi.

12.4. Quvvatni hisoblash va elektrmotor turini tanlash.

Yuritma elektr motorini tanlashda quyidagi qator masalalar echiladi:

- elektr motor quvvatini hisoblash;
- nominal aylanish tezligini hisoblash (shuningdek mexanik uzatmaning uzatish nisbati aniqlangan);
- yuklanish shartlari bo‘yicha ish rejimlariga ko‘ra motorni tanlash;
- yurgazish shartlariga ko‘ra motorni tanlash;
- motor himoya qobig‘i darajasini aniqlash;
- atrof – muhitga ko‘ra motor konstruktiv ijrosini tanlash;
- motorni sovutish tizimini tanlash.

Atrof – muhit shartlariga ko‘ra motorlar quyidagi klimatik ijrolarda tayyorlanadi. U, UXL, T, M, OM (GOST 15543 - 70) (mo‘tadil, mo‘tadil va sovuq, tropik, dengiz iqlimi).

Xizmat ko‘rsatuvchi personalning tok o‘tkazuvchi va xarakatlanuvchi qismlarga tegib ketishidan himoyalash bo‘yicha, mashina ichiga begona jismlar tushishidan, namlik va suv tushishidan himoyalash bo‘yicha quyidagi ijrolarda tayyorlanadi:

IP00	-	Ochiq elektr mashinasi, maxsus himoya yo'q.
IP10,IP20	-	Begona jismlar tegishi va tushishidan himoyalangan.
IP11...IP43	-	Suv tomchilaridan himoyalangan, begona jismlar tegishi va ichiga tushishidan himoyalangan.
IP44 – IP54	-	Yopiq mashina, suv sachirashlaridan himoyalangan, begona jismlar tegishi va ichiga tushishidan himoyalangan.
IP55 – IP58	-	Yopiq mashina, suv sepmalaridan va uzoq vaqt suvta'sirida bo'lganda suvning ichiga o'tishidan himoyalangan.

Bulardan tashqari portlash xavfi bo'lgan sharoitlarda va atrof – muhitning maxsus sharoitlarida ishlaydigan mashinalar ishlab chiqariladi.

Sovutish tizimi bo'yicha motorlar tabiiy sovutishli, o'zini o'zi sovutuvchi va muqobil sovutish tizimli mashinalarga bo'linadi.

Dinamik rejimlarda (davriy xarakatli mashinalar, kuzatuvchi yuritmalar va b.) ishlaydigan elektr yuritmalar uchun rotorining kamaytirilgan inersiya momentiga ega bo'lgan motorlarni tanlashga harakat qilinadi. Bunday sharoitlar uchun kam inersiyali elektr motorlar ishlab chiqiladi. Krivoship – shatunli mexanizmlar uchun esa oshirilgan inersiya momentli elektr motorlar ishlab chiqiladi. Takrorli – qisqa vaqtli rejimda va noqulay foydalanish sharoitlarida ishlaydigan yuritmalar uchun maxsus konstruksiyali motorlar ishlab chiqariladi – kran – metallurgiya xo'jaligi motorlari.

Elektr yuritmaning nominal parametrlarini tanlashda elektr motor vali va ishchi mashinani birlashtiruvchi reduktor yoki boshqa uzatmaning uzatish soni qiymatini aniqlash masalasini hal qilishga to'g'ri keladi. Sinxron va asinxron motorlar katta aylanish tezligi bilan ishlab chiqariladi (sinxron motorda odatda 3000, 1500, 1000, 750 va 600 ayl /min bo'ladi). Aksariyat hollarda mashina ishchi a'zosining tezligi ancha past bo'lishi talab qilinadi. Aylanish tezligini kamaytirish

va ishchi a'zo validagi momentni kuchaytirish uchun pasaytiruvchi uzatmalardan (reduktor) foydalanishga to'g'ri keladi.

Shuni ta'kidlash kerakki elektrmotorning massasi, tashqi o'lchamlari uning nominal quvvati bo'yicha emas, balki nominal momenti bilan aniqlanadi

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{30P_n}{\pi n_n}, \quad (12.1)$$

Bu yerda, P_n – motorning nominal quvvati, Vt,

M_n - motorning nominal momenti, Nm,

ω_n - motorning nominal burchak tezligi 1/s,

n_n - motorning nominal aylanish tezligi ayl/min.

Elektr motorning nominal momenti elektr mashina aktiv qismlari hajmiga va bu mashina uchun qabul qilingan elektrik va elektrmagnit yuklamalar qiymatiga proporsional bo'ladi.

$$M_n = k \cdot D^2 \cdot L \cdot A \cdot B.$$

Bu yerda – D va L – motor rotori–aktiv qismining diametr iva uzunligi.

A- chulg'amdagi cheklangan tok zichligi, A/mm²

B – magnit o'tkazgichdagi induksiya, Tl.

Taxminan aytish mumkinki, motor aktiv qismi o'lchamlari va og'irligi uning nominal momentiga proporsional bo'ladi. masalan 750 ayl/min aylanish tezligiga ega bo'lgan asinxron motor, shu quvvatli 3000 ayl/min tezlikni motorga nisbatan 4 barobar katta va qimmat bo'ladi.

Shundan kelib chiqqan holda konstruktorda quyidagi tanlov muammosi bo'ladi.

- katta aylanish tezlikli, kichik xajmli ixcham motorni reduktor bilan ishlatishmi?
- yoki kichik aylanish tezlikli, katta xajmli qo'pol motorni reduktorsiz to'g'ridan – to'g'ri ishlatishmi?

Tanlov texnik – iqtisodiy ko'rsatkichlarni solishtirish va ishchi mashinani to'liq holda to'g'ri joylashtirish shartlaridan kelib chiqqan holda amalga oshiriladi.

Kichik va o'rtacha quvvatli elektr yuritmalari uchun (200 kVt gacha) odatda reduktorli yuritmalar qo'llaniladi. Zamonaviy konstruktorlik yechimlarida motor va reduktor bitta korpusda yig'ilgan motor – reduktor ko'rinishidagi yuritmalar ham keng ko'lamda ishlatiladi.

Elektr motorning quvvati asosan uchta shartga ko'ra hisoblanadi:

1. Motorning qizishi berilgan himoya sinfi uchun cheklangan qiymatdan oshib ketmasligi kerak.
2. Motorning ortiqcha yuklanish qobiliyati yetarli darajada bo'lishi kerak va yurgazish va tormozlash kabi rejimlarda ishlaganda hosil bo'ladigan maksimal momentlarni ko'tara olishi kerak.
3. Katta inertsia momentli mexanizmlari bo'lgan yuritmalarda yoki bir soat davomida ko'p sonli o'chirishlar bo'lgan holatlarda rotorning qizishiga yo'l qo'yilmasligi kerak.

Motorning cheklangan qiymatidan ortiqcha qizib ketishi himoya qatlamining eskirishiga va motorning tez ishdan chiqishiga olib keladi. Motor qizish haroratining cheklangan qiymati motor chulg'amlari himoyasi sinfiga bog'liq bo'ladi.

12.1 – jadval

Turli sinfli himoya qatlami uchun cheklangan qizish harorati va haroratning ortishi qiymatlari.

Parametrlar	Himoya sinfi			
	E	V	G'	N
Himoya materialining cheklangan qizish harorati (ST –SEV 782-77),S ⁰	120	135	155	180
Elektr motor chulg'amlarining cheklangan qizish harorati (GOST - 183-74),S ⁰	-	120	140	165
Harorat ortishining cheklangan qiymati (GOST 183-74), S ⁰	75	80	100	125

Motor qizib ketish haroratini bizga ma'lum bo'lgan yuklanish diagrammasi asosida hisoblash nihoyatda qiyin masala hisoblanadi. Aniqroq bo'lgan usul motordagi o'rtacha energiya isroflari usuli hisoblanadi ($\Delta P_{o,r}$). Bunda har qaysi yuklanish uchun motordagi energiya isroflari qiymati aniqlanadi, undan keyin bir sikl uchun energiya isroflarining o'rtacha qiymati aniqlanadi. Bunday usul isroflarni hisoblash murakkabligi uchun kam qo'llaniladi. Shuning uchun amaliyotda motor qizishining baxolashning boshqa usullaridan foydalaniladi. Eng ko'p qo'llaniladigan usul ekvivalent kattaliklar (tok, moment yoki quvvat) usuli hisoblanadi.

Ekvivalent tok usuli.

Motordagi isroflar taxminan uning chulg'amlardagi tok qiymati kvadratiga proporsional. Motor chulg'amlaridan o'tadigan tok grafigini bilgan holda, har bir aniq rejim uchun tok qiymatini aniqlashimiz mumkin. Va aynan ana shu tok motorning qizishini keltirib chiqaradideb qabul qilamiz. (I_e).

$$I_e = \sqrt{\frac{1}{t_{ts}} \int_0^{t_s} i^2(t) dt} = \sqrt{\frac{i_1^2 t_1 + i_2^2 t_2 + i_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_0}}. \quad (12.2)$$

Shunda motorni qizishga tekshirish sharti quyidagicha bo'ladi

$$I_e \geq I_{nom}. \quad (12.3)$$

Ekvivalent moment usuli.

Agar motor momenti toka proporsional bo'lsa, ekvivalent moment usulidan foydalanish mumkin.

Ekvivalent moment – yuklamaning shunday doimiy momentki, uning ta'sirida dvigatetel mexanizm ishi grafigiga asosan o'zgaruvchan moment singari qiziydi.

$$M_e = \sqrt{\frac{1}{t_{ts}} \int_0^{t_s} M^2(t) dt} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + M t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_0}}. \quad (12.4)$$

Shunda motorni qizishga tekshirish sharti quyidagicha bo'ladi

$$M_e \leq M_n$$

Bu usul mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorlari uchun, va boshqa asinxron dvigaellari uchun moment toka proporsional bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Ekivalent quvvat usuli.

Agar motor tezligi kam o'zgarsa va uni momentga va tokka proporsional deb olsak, ekivalent quvvat quyidagicha bo'ladi:

$$P_c = \sqrt{\frac{1}{t_{ts}} \int_0^{t_s} i^2(t) dt} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_0}} \quad (12.5)$$

Shunda motorni qizishga tekshirish sharti quyidagicha bo'ladi

$$P_e \leq P_n$$

(11.2); (11.4); (11.5) formulalar dviatel to'xtab turganda uning sovutish tizimi to'xtaganligi sababli sovutish sustlashish shartlarini inobatga olmaydi. Buni e'tiborga olgan holda yanada aniqroq formulani hosil qilishimiz mumkin

$$I_e = \sqrt{\frac{1}{t_{ts}} \int_0^{t_s} i^2(t) dt} = \sqrt{\frac{i_1^2 t_1 + i_2^2 t_2 + i_3^2 t_3}{\beta_1 t_1 + \beta_2 t_2 + \beta_3 t_3 + \beta_0 t_0}}$$

Bu yerda $\beta_1 = \beta_3 = 0,5$ motor yurgizilganda va tormozlashishda sovutishni inobatga oluvchi koeffitsient.

$\beta_0 = 0,3$ – motor to'xtab turgandagi sovutish pasayishini inobatga oluvchi koeffitsient.

12.2 – masala. Mustaqil qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok motori 12.1-rasmda ko‘rsatilgan yuklanish diagrammasi xarakteristikalari bo‘lgan rejimda ishlaydi. Parametrlar $M_1 = 160\text{Nm}$; $M_2 = 100\text{Nm}$; $M_3 = 40\text{Nm}$; $t_1 = t_3 = 10\text{s}$; $t_0 = 20\text{s}$; $\omega_{\text{maks}} = 104,5 \text{ 1/s}$. Tsikl takrorlanadi, bu esa ish rejimini uzluksiz deb qabul qilish imkonini beradi. Motorning kerakli quvvatini cheklangan qizish harorati bo‘yicha hisoblansin.

Echimi: Motor o‘zgarmas qo‘zg‘atish oqimi bilan ishlagani uchun. Ekvivalent moment usulidan foydalanamiz.

$$M_e = \sqrt{\frac{M t_1 + M_2^2 t_2 + M_3^2 t_3}{\beta_1 t_1 + \beta_2 t_2 + \beta_3 t_3 + \beta_0 t_0}} = \sqrt{\frac{160^2 \cdot 10 + 100^2 \cdot 60 + 40^2 \cdot 10}{0,5 \cdot 10 + 60 + 0,5 \cdot 10 + 0,3 \cdot 20}}$$

$$M_e = 107,5\text{Nm}$$

Motorning nominal quvvati quyidagicha bo‘lishi kerak.

$$P_n \geq M_e \cdot \omega_{\text{maks}} = 11,2 \text{ kWt}$$

Motorning qizishi asosan uning ishlash rejimiga bog‘liq bo‘ladi. Agar motor uzluksiz rejimda ishlayotgan bo‘lsa, momentning dinamik tashkil etuvchisi uning qizishiga kam ta‘sir qiladi va quvvatni statik moment asosida hisoblasa ham bo‘ladi.

Agar motor tez – tez yurgazish va to‘xtatishlar rejimida ishlasa, unda momentning dinamik tashkil etuvchisi kattagina qiymatga ega bo‘ladi. Bunday holatda avval $M=1,25 - 1,3M_q$ shart bo‘yicha motorni tanlab, keyin uni qizishga hisoblashga to‘g‘ri keladi. Hisoblash usuli esa uchala usuldan biri bo‘la oladi. Motorni oldindan tanlash momentning dinamik tashkil etuvchisini hisoblashda uning inersiya momentidan foydalanish uchun kerak bo‘ladi. Quvvatni hisoblash ketma – ketligi motor ishlash rejimiga bog‘liq bo‘ladi.

Uzluksiz ish rejimi (davomiy). SI.

1. Ishlab chiqarish mexanizmining quvvati aniqlanadi. Biroq agar ish davomida yuklama o‘zgarsa unda ekvivalent quvvat aniqlanadi (moment yoki tok).

$$P = \frac{F' \cdot V_n \cdot 10^{-3}}{\eta_n} = \frac{M \cdot \omega_n \cdot 10^{-3}}{\eta_n}, \quad (12.6)$$

Bu yerda F' , M – motor valiga keltirilgan kuch va qarshilik momenti. N , Nm , V_n va ω_n - mexanizmning chiziqli tezligi va motorning burchak tezligi. m/s , s^{-1} , η_n - uzatmaning F.I.K.

2. $P_{n,mot} > K_z \cdot P$ (12.7) shartga ko'ra katalogdan motor tanlanadi.

Bu yerda $R_{n,mot}$ – katalog bo'yicha motorning nominal quvvati.

$K_z = 1,05 \div 1,2$ - qarshilik kuchlarini inobatga oluvchi zaxira koeffitsienti.

3. Zarurat bo'lsa elektrmotor, yurgazish shartlariga ko'ra ortiqcha zo'riqish qobiliyatiga ko'ra tekshiriladi.

$$M_{maks} \geq K_z (M_s + M_d) = K_z (M_q + J_{\Sigma} \frac{\omega_n}{t_n}) \quad (12.8)$$

Bu yerda M_q - statik qarshilik momenti

M_d – dinamik moment

J_{Σ} - elektr motor valiga keltirilgan inertsiya momentlar yig'indisi. $kg \cdot m^2$.

t_n - yurgazish vaqti.

Qisqa tutashtirilgan asinxron motorlar yurgazish momenti bo'yicha tekshiriladi.

$$M_n \geq M_{q,n} \cdot K_z$$

Qisqa vaqtli ish rejimi S2.

1. Yuklama quvvati (moment) va motor ishlash vaqti aniqlanadi. Agar ishlash jarayonida yuklama o'zgarsa, unda ekvivalent quvvat (moment) aniqlanadi.
2. Elektrmotorlarning ba'zi bir seriyalari uchun ishlash davomiyligi ma'lum vaqt bo'lganda quvvatning cheklangan qiymati o'rnatiladi. Har bir ishchi davr esa 10,30,60 va 90 minut qilib o'rnatilgan. Agar ishlash vaqti t_r standartga mos kelmasa, motorni bundan kattaroq vaqt belgilangan turi bo'yicha tanlanadi. Bunda motorni albatda ortiqcha yuklanish qobiliyatiga tekshirish shart.

3. Agar motor uzluksiz ishlash rejimiga mo'ljallangan bo'lsa uni qisqa vaqtli rejimda ishlatishda ortiqcha yuklantirish mumkin. Ortiqcha yuklashning miqdoriy taxlili uchun mexanik zo'riqish koeffitsienti P_m – qo'llaniladi. Bu koeffitsient motor qisqa vaqt rejimidagi quvvatning uzluksiz rejimdagi nominal quvvatga nisbati bilan aniqlanadi.

$$P_m = \frac{P_k}{P_n} = \sqrt{\frac{1+a}{1-\frac{t_p}{T_n}} + a},$$

Bu yerda $a = K/V_{nom}$ – doimiy yo'qotishlarning motor nominal o'zgaruvchan yo'qotishlarga nisbati.

Agar bu nisbat $\frac{t_p}{T_n} \leq 0,35$ bo'lsa, motor faqat zo'riqish qobiliyatiga tekshiriladi.

Takroriy – qisqa vaqtli rejim.

1. Quvvat (moment), ish vaqti, sikldagi har bir operatsiya orasidagi to'xtalish aniqlanadi.
2. Yuklanish diagrammasi va taxogramma quriladi.
3. Agar yuklama o'zgaruvchan bo'lsa, ekvivalent moment yoki tok aniqlanadi.
4. Yurgazish davomiyligi ΠB hisoblanadi

$$\Pi B_r = \frac{\sum t_{ish} \cdot 100}{\sum t_{ish} + \sum t_o}, \quad (12.9)$$

Bu yerda $\sum t_{ish}$, $\sum t_o$ - ish vaqtlari va to'xtalish vaqtlari.

5. Agar $\Pi B_{ish} = \Pi B_{st}$. bo'lsa, unda standart $\Pi B\%$ ga mos keladigan elektr motori $3_{n.mot} > K_n R_{e.mot}$ shart bo'yicha aniqlanadi.

Agar hisobiy ΠB standart qiymatga mos kelmasa, unda ekvivalent quvvat standart qiymatga quyidagi formula bilan keltiriladi

$$P_{e.st} = P_{e.ish} \sqrt{\frac{\Pi B_{ish}}{\Pi B_{st}}}, \quad (12.10)$$

12.3 – masala. Elektr yuritma takroriy qisqa vaqtli rejimda ishlaydi. Ish davri 2,5 minut, valdagi moment 30 Nm, valning aylanish tezligi 700 ayl/min, to'xtash vaqti 5 minut. Bunday shartlar bo'yicha kran – metallurgiya tipidagi asinxron elektr motori tanlansin.

Yechimi:

1. Yurgazish davomiyligi

$$\text{IIB} = \frac{t_{\text{ish}}}{t_{\text{ish}} + t_0} \cdot 100 = \frac{2,5 \cdot 100}{2,5 + 5} = 33,3\%$$

2. Valdagi quvvat

$$P = M \cdot \omega = 300 \frac{700 \cdot \pi}{30} = 22 \text{ kWt}$$

3. Quvvatning real qiymatini standart qiymatga keltiramiz $\text{IIB}_{\text{st}} = 25\%$

$$P_{\text{st}} = P \sqrt{\frac{PV_r}{PV_{\text{st}}}} = 22 \sqrt{\frac{33,3}{25}} = 25,3 \text{ kWt}$$

Masala shartlarini MTKV – 51108 rusumli motor qanoatlantiradi. Uning nominal quvvati $\text{IIB} = 25\%$ da $P_n = 28 \text{ kWt}$.

Rostlanadigan elektr yuritmalar uchun motorni tanlashdan keyin yarim o'tkazgichli o'zgartirgichni tanlash masalasi turadi: TO' – D turidagi yuritmalar uchun boshqaruvchi to'g'rilagich; CHO' – AD turidagi yuritmalar uchun chastota o'zgartirgichi. Yarim o'tkazgichli o'zgartirgichlar odatda tok va kuchlanish bo'yicha tanlanadi. O'zgartirgichlarni tok bo'yicha tanlashning mohiyati shundaki, yarim o'tkazgichli uskunalar qizish vaqti doimiysi juda kichik bo'ladi, natijada o'zgartirgichlar motorning ekvivalent toki bo'yicha emas, balki tokning maksimal qiymati bo'yicha tanlanadi.

12.5. Rostlanuvchi elektr yuritmaning asosiy tizimlari.

Loyixalashda asosiy masala elektr yuritmaning turini to'g'ri tanlash. Bunda har doim rostlanadigan elektr yuritma beradigan quyidagi afzalliklar e'tiborda turishi kerak: jarayonlarni avtomatlashtirish, texnologik egiluvchanlik, energetik tejamlilik.

Rostlanuvchi elektr yuritma tizimining rivojlanishi tarixiy jixatdan o'zgartgich texnikasi rivojlanishi bilan chambarchas bog'liq bo'lgan. Hozirgi paytda barcha rostlanuvchi elektr yuritma tizimlari kuch yarim o'tkazgichli o'zgartgichlar asosida bajariladi. 12.2 jadvalda keng ko'lamda ishlatiladigan rostlanadigan elektr yuritma tizimlari xarakteristikallari berilgan.

Rostlanuvchi elektr yuritmaning asosiy tizimlari

12.2 – jadval

Rostlanadigan elektr yuritma turi	Quvvat kW	Nominal tezlik ayl/min	Rostlash diapazoni	Qo'llash soxasi
1. Chastotali rostlanadigan asinxron elektr yuritma (CHO'-AD)				
1.1. Past kuchlanishli (380V) qisqa tutashtirilgan	0,5-250	3000 gacha	20:1	Turli texnologik mashinalar, jihozlar, nasoslar, ventilyatorlar
1.2. Maxsus asinxron motorlar asosida va tranzistorli chastota o'zgartirgichlar asosida.	1,0-100	12000 gacha	1000:1	Metall qirquvchi dastgohlar bosh xarakati elektr yuritmasi, tekstil jihozlari, sentrifugal

1.3. Integrallashgan konstruksiyalar asosida (elektrshpindellar)	0,1-60	50000 gacha	400:1	Metall qirquvchi dasgohlar, tekstil jixozlari, sentrifugalar
1.4. 6000 V gacha bo'lgan kuchlanishli asinxron motorlar asosida va tranzistorli chastota o'zgartirgichlar asosida	500-3000	3000 gacha	20:1	nasoslar, ventilyatorlar, turli texnologik mashinalar
1.5. Yuqori kuchlanishli asinxron motorlar asosida va tiristorli chastota o'zgartirgichlar asosida	8000 gacha	3000 gacha	20:1	turli texnologik mashinalar va jixozlar, nasoslar, turbokompressorlar ventilyatorlar
2.Ventilli motor (cho'tkasiz o'zgarimas tok el. mashinasi)				
2.1.Doimiy magnitdan va tranzistorli kommutatorlardan qo'zg'atiladigan sinxron motor asosida.	0,1-50	6000 gacha	10000:1 va undan katta	Metall qirquvchi dasgohlar uzatmalari yuritmasi, yuqori aniqlikdagi jixozlar
2.2. Yuqori kuchlanishli sinxron motorlar asosida va tiristorli kommutatorlar asosida (TP-D)	500-3000	3000 gacha		nasoslar, ventilyatorlar, turli texnologik mashinalar,
3.1. O'zgarimas tokli, katta momentli motorlar asosida yoki tranzistorli kengli – impulsli boshqariluvchi o'zgartirgichlar asosida.	0,5-30	1500 gacha	10000:1	Metall qirquvchi va boshqa dastgohlar elektr yuritmalari, turli yuqori aniqlikdagi jixozlar.

3.2.Umumiy maqsadli o'zgarimas tok motorlari asosida va tiristorli o'zgartirgichlar asosida	1,0-1000	1500 gacha	100:1	Turli texnologik mashinalar, kranlar, yuk ko'tarish mashinalari.
3.3.Individual tarzda tayyorlangan o'zgarimas tok motorlari asosida va tiristorli o'zgartirgichlar asosida.	1000-10000	1000 gacha	100:1	Metallurgiya, tog' va boshqa texnologik jixozlar
4.Faza rotorli asinxron motorlar asosidagi va tiristorli o'zgartirgichlar asosidagi Asinxron ventili kaskad (AVK)	250-2000	1500 gacha	2:1	Nasoslar va ventilyatorlar elektr yuritmalari.

12.6. Komplekt elektr yuritmalar.

Sanoatda ishlab chiqariladigan rostlanadigan elektr yuritmalar komplekt (to'plamli) elektr yuritmalar ko'rinishida ishlab chiqariladi. Ular yarim o'tkazgichli o'zgartirgich, boshqaruvchi va sozlovchi tizim hamda himoya apparatlaridan tashkil topgan konstruktiv jihatdan tugallangan qurilmadir. Bu qurilmalar elektr motorlar bilan ham jamlanishi nazarda tutilmoqda.

Bugungi kunda juda ko'p tipli komplektli elektr yuritmalar ishlab chiqariladi. Ushbu bo'limda ikkita eng keng tarqalgan elektr yuritmalarni ko'rib chiqamiz.

Uch fazali unifikatsiyalangan EPU – 1M seriyali elektr yuritma.

EPU – M elektr yuritmasi 250 kWt gacha quvvatga ega bo'lgan o'zgarimas tok motorlarini boshqarish uchun mo'ljallangan. Motorlar o'zgarimas magnitlardan yoki elektromagnitli qo'zg'atishga ega. EPU – 1M komplektli yuritma tarkibiga tiristorli (reversli yoki reverssiz) boshqariluvchi to'g'irlagich va yarim o'tkazgichli

boshqaruv tizimi kiradi. EPU – 1M asosidagi elektr yuritmalar metal qirquvchi va yog‘och qirquvchi dasgohlarda metallurgiya sanoati mexanizmlarida, qog‘oz ishlab chiqarish sanoati mashinalarida plastik massalarni qayta ishlash mashina va mexanizmlarida qo‘llaniladi. Bu turdagi barcha mexanizmlar tezlikni keng diapazonda roslashni talab qiladi.

EPU – 1M –X-XX-X-X-X-X. ko‘rinishida belgilanadigan shartli ko‘rinish quyidagilarni anglatadi:

EPU – unifikatsiyalangan, o‘zgarimas tok elektr yuritmasi 1 model –

1 – modifikatsiyasi.

12.3 – jadval

Birinchi raqam	X	-1-reversli, 2 – reverssiz.
Ikkinchi raqamlar	XX	- motor yakor toki bo‘yicha bajarilishi 34-25A; 37-50A; 39-80A; 40-100A; 43-200A; 46-400A; 48-630A
To‘rtinchi raqam	X	- To‘g‘irlangan kuchlanish 1-115V; 2-230V; 3-460V
Beshinchi raqam	X	- 3 fazali ta‘minot tarmog‘ining kuchlanishi 4-220V; 7-380V.
oltinchi raqam	X	- funksional xarakteristika P- tezlikni roslash diapazoni 10000 gacha bo‘lgan elektr yuritmalar usuli. D - tezlikni roslash diapazoni 1000 gacha bo‘lgan ikki zonali roslagichli bosh harakat elektr yuritmalar uchun. M- tezlik bo‘yicha teskari bog‘lanishli roslash diapazoni 1000 gacha bo‘lgan bir zonali elektr yuritmalar uchun.
Yettinchi raqam	X	- iqlimiy bajarilishi UXL4.

EPU – 1M qurilmasi himoya va kommutatsiya apparatlari bilan komplektda boshqarish shkaflariga IP21 himoya darajasi bilan o'rnatishga mo'ljallangan. Qurilma konstruktiv jihatdan monoblok ko'rinishida bajarilgan.

Bu seriyali elektr yuritmaning funksional sxemasi 12.4 - rasmda berilgan. Bu yuqori aniqlikdagi reversli 3 fazali tiristorli bir zonali TO'-D tizimi bo'yicha elektr yuritma. Bir zonali degan tushuncha shuni bildiradiki, unda tezlikni rostdlash $0-\omega_{nom}$ oraliqda amalga oshiriladi. Ya'ni asosiy tezlikdan pastga. Motorning qo'zg'atish oqimi doimiy bo'lib qoladi.

O'zgarmas tok motori M reversli tiristorli o'zgartirgich UZ1 dan ta'minlanadi. O'zgartirgich alohida boshqaruvli, uch fazali ko'priqli sxema bo'yicha bajarilgan (5.2 Bobga qarang). Tiristorli o'zgartirgich esa 380 V li tarmoqdan ta'minlanadi (agar motor 440V nominal kuchlanishga ega bo'lsa) yoki T1 transformatoridan ta'minlanadi (agar motor kuchlanishi 220V bo'lsa). Elektromagnit qo'zg'atishli motorlar uchun qo'zg'atish chulg'amini ta'minlash uchun UZ2 to'g'irlagich nazarda tutilgan. UZ1 va UZ2 o'zgartirgichlar himoyasi G'1 – G'3 va G'4 – G'6 eruvchan saqlagichlar yordamida amalga oshiriladi.

Tezlikni rostdlash tizimi – ikki konturli. Tashqi kontur – tezlik konturi – PI rostdlagich, Tez.R va BR1taxogeneratoridan tezlik bo'yicha teskari bog'lanishdan tashkil topadi. Tok bo'yicha teskari bog'lanish BQ boshqaruv organi kirishiga to'g'irlangan. Tok bo'yicha teskari bog'lanish uchun o'lchov elementi bo'lib yakor zanjirini ta'minlovchi o'zgaruvchan tok zanjiriga ulangan transformator xizmat qiladi. Bu transformator ikkilamchi chulg'amning toki TD tok datchigi yordamida doimiy tok signaliga o'zgartiriladi. Bu signal esa motor yakori tokiga proporsional bo'ladi. Biroq bu signal bir qutbli bo'lib yakor zanjiridagi tok yo'nalishi haqidagi axborotga ega bo'lmaydi.

Tiristorlarni boshqarish I.SH1–I.SH3 impulslerini shakllantiriladigan uch kanalli IFBT yordamida amalga oshiriladi. Boshqaruvchi signal BQ boshqaruv organi bilan shakllantiriladi R16, R17 va R19 o‘zgaruvchan rezistorlar yordamida α_{\min} , α_{\max} hamda α_{nach} boshlang‘ich burchaklarni o‘rnatish amalga oshiriladi. Boshqaruv impulslerini tiristorlarning bir guruhidan (OLD) ikkinchi guruhga (ORQ) o‘tkazish mantiqiy tuzilma yordamida amalga oshiriladi. Bu mantiqiy tuzilma HD ventillar o‘tkazuvchanligi datchiklarining bergan tok va signali ishorasiga qarab ishlaydi. Tokning berilgan yo‘nalishidagi signali mantiqiy qurilmaning chiziqsiz bo‘g‘ini NZ chiqishidan keladi NZ va EFO’ bo‘g‘inlar R14 rezistori bilan elektr yuritma uzlukli tok zonasida ishlaganda uning xarakteristikalarini chiziqshtiruvchi tuzilmani hosil qiladi.

BQ boshqaruv organining reverssiz sozlovchi xarakteristikali NZ chiqishiga reversli tarzda moslashtirish uchun MQ mantiqiy tuzilma bilan boshqariladigan (OLD va ORQ kalitlar) xarakteristikalar qayta ulagichi T.O’.(tavsif ozgartgich) dan foydalaniladi.

Tezlik rostlagichi kirishida U_{vaz} berilgan tezlik signali va tezlik bo‘yicha teskari bog‘lanish signali solishtiriladi. Tezlikni qo‘lda sozlovchi potensimetrik topshiriq beruvchi R1 o‘rniga bir muncha yuqori pog‘onaga ega bo‘lgan avtomatlashtirilgan tizim kiritiladi. Masalan R.D.B. (raqamli dasturli tuzilma).

Berilgan sxemada tokni chegaralash R10 rezistor yordamida tezlikni rostlagich chiqishi kuchlanishi cheklash yo‘li bilan amalga oshiriladi. Bu bilan esa tokni chegaralashning maksimal qiymati o‘rnatiladi. Tokni chegaralashning bog‘liqli tuguni tezlikka bog‘liq holda tokni chegaralashning maksimal o‘rnatilgan qiymatini pasaytirish uchun xizmat qiladi: tezlik qancha katta bo‘lsa, tok bo‘yicha ortiqcha yuklanish shuncha kam bo‘ladi.

HB himoya bloki tezlik rostlagichi chiqishini va tiristorlardan boshqaruv impulslerini yechishni blokirovka qiladi.

EPU – 2M seriyali elektr yuritmalar Cheboksar elektroapparat zavodida ishlab chiqariladi.

AP – 140 chastotali – rostlanadigan asinxron yuritma.

«Yurgazish texnikasi» («Privodnaya texnika») sanoat guruhi AP – 140 seriyali rostlanadigan asinxron elektr yuritmalarni ishlab chiqaradi. Seriya ikki shaxobdan iborat:

- AP-140– A – quvvati 5,5 dan 500 kWt gacha bo‘lgan umumsanoat asinxron motorlarini boshqarish uchun.
- AP-140– N – quvvati 5,5 dan 500 kWt gacha bo‘lgan nasos va ventilyator qurilmalarining asinxron motorlarini boshqarish uchun.

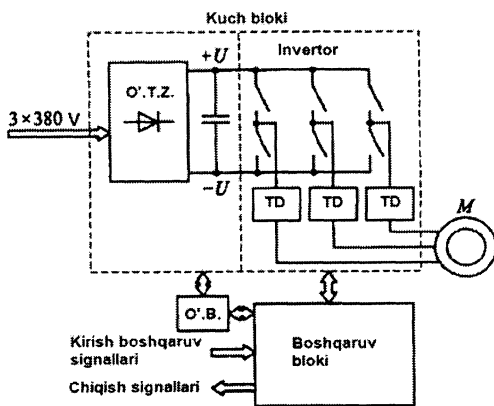
Seriyaning asosini tashkil qiluvchi chastota o‘zgartirgichlarining andozaviy o‘lchamlari va ularning rusumlari 11.3 – jadvalda keltirilgan.

12.4 – jadval

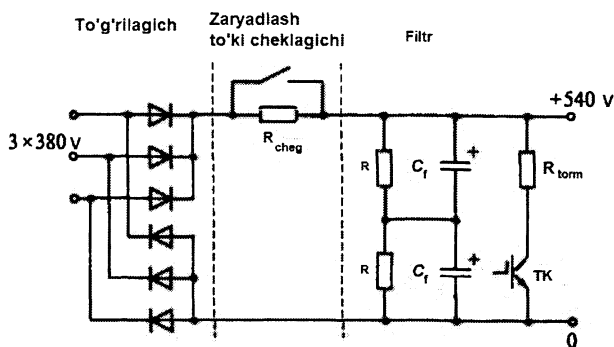
AP- 140 -- _()	Model									
	0K75	1K5	2K2	3K7	5K5	7K5	11K	15K	18K5	22K
Quvvat (kW)	0,75	1,5	2,2	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22
Nominal tok (A)	2,5	3,7	5	8,5	13	16	25	32	38	45
AP- 140 -- _()	Model									
	30K	37K	45K	55K	75K	93K	110K	132K	160K	187K
Quvvat (kW)	30	37	45	55	75	93	110	132	160	187
Nominal tok (A)	60	75	90	110	150	170	210	250	300	340
AP- 140 -- _()	Model									
	200K	220K	250 K	280K	315K	375K	400K	500K		

Quvvat (kW)	200	220	250	280	315	375	400	500		
Nominalniy tok (A)	380	415	470	520	600	680	750	920		

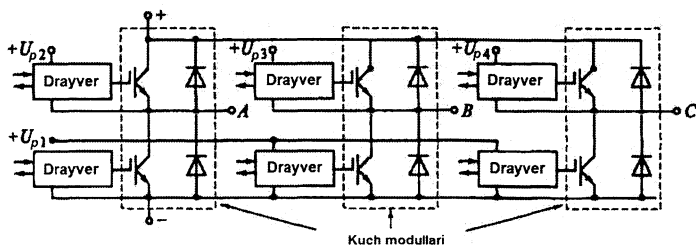
O'zgartirgichlarning ta'minoti 3 fazali 380V kuchlanishli tarmoqdan. Chastota o'zgartirgichining strukturaviy sxemasi 12.5 - rasmda keltirilgan. O'zgartirgich uchta asosiy qismdan iborat: o'zgarmas tok zanjirida filtrli bo'lgan boshqarilmaydigan to'g'irlagich (O'.T.Z) dan (12.7 - rasm); IGBT uskunalarida bajarilgan uch fazali ko'priqli invertordan (12.7 - rasm); va boshqaruv tizimidan. To'g'irlagich iste'mol tarmog'idagi uch fazali kuchlanishni 540 V li o'zgarmas amplitudali kuchlanishga aylantiradi.



12.5 - rasm. AP – 140 chastota o'zgartirgichining strukturaviy sxemasi



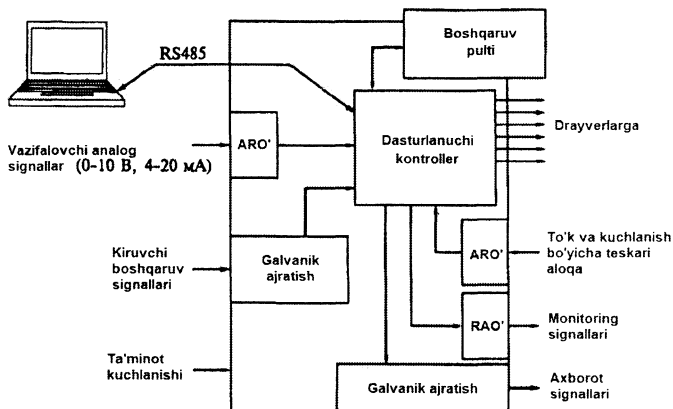
12.6 - rasm. AP – 140 chastota o'zgartirgichi o'zgarmas tok bo'g'ini (3PT)



12.7 - rasm. Uch fazali ko'priki inverter sxemasi

Inverter tranzistorli kalitlarni KIM (kehgli impulsli modullash) – boshqaruvchi yordamida o'zgarmas kuchlanishni rostlanadigan chastotali (f) va rostlanadigan amplitudali (U) o'zgaruvchi kuchlanishiga aylantiradi. O'zgarmas tok zanjiri orqali aktiv quvvat tarmoqdan motorga uzatiladi. Reaktiv quvvatning aylanishi uchun zanjir tashkil qilinadi (bu zanjir asinxron motor elektrmagnit maydonini hosil qilish uchun tuziladi): motor statori chulg'ami – tranzistorli kalitlarni shuntlovchi teskari diodlar – filtr kondensatorlariga ega. Kalitlar yopilganda induktiv toklar diodlar orqali filtr sig'imiga tutashadi.

Tranzistorli kalitlar drayverlar bilan boshqariladi. Ular kuch zanjirlarini boshqaruv zanjirlaridan ajratadi va tranzistorlar himoyasini ta'minlaydi.



12.8 - rasm. AP – 140 elektr yuritmasining boshqaruv bloki

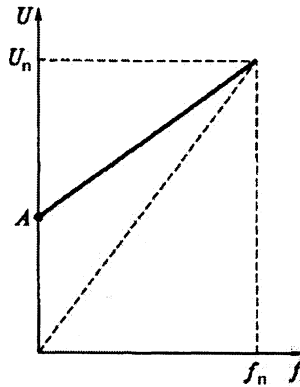
Mikroprotessorli boshqaruv bloki (12.8 - rasm) dasturlanadigan kontroller, analogli – raqamli o'zgartirgichlar va boshqaruv pultidan tashkil topadi. Kontroller chastotaga bog'liq bo'lgan amplitudali kuchlanishli o'zgartirgich chiqish kuchlanishini keng – impulsli modullashtirishni amalga oshiradi (12.9 - rasmga qarang).

$$U = A+Bf$$

Bu yerda A va V koeffitsientlar dasturlanadi.

Kontrollerda elektr yuritmani rostlovchi va texnologik jarayon parametrlarini ta'minlovchi PID rostlagichi dasturlangan, (masalan) suvning bosimi yoki sarfi.

Bu parametrlar bo'yicha teskari bog'lanish signallari nazoratchiga ARQ orqali kiritiladi.



12.9 - rasm. Kuchlanish qiymatining o'zgartirgich chastotasiga bog'liqligi

Yuritmani boshqarish bilan bog'liq bo'lgan barcha parametrlar kontroller xotirasiga dasturlovchi qurilma yoki personal kompyuter yordamida kiritiladi.

Zarurat bo'lganda AP – 140 o'zgartirgichi elektruyuritmaning tormozlanish rejimini ta'minlashi mumkin. Buning uchun o'zgarmas tok zanjirida TK tranzistorli kalit va razryadli qarshilik R_{torm} ko'zda tutilgan. Motorning tormozlanish energiyasi filtr kondensatorida to'planadi va unda kuchlanish ko'payishini yuzaga keltiradi. C_f kondensatorida kuchlanish ma'lum qiymatga yetganda TK kalit ochiladi va ortiqcha zaryad R_{torm} tormozlash qarshiligiga uzatiladi R_{cheg} qarshiligi o'zgarmas tok zanjirida o'zgartirgichni tarmoqqa ulaganda filtr sig'imi zaryad tokini qiymatini cheklaydi. Undan keyin R_{cheg} qarshiligi shuntlanadi.

AP – 140 tuzilmasi quyidagi himoyalarga ega:

- iste'mol bo'yicha ortiqcha kuchlanishdan.
- iste'mol kuchlanishining pasayib ketishidan.
- yuklamadagi qisqa tutashuvdan.

- fazaning yerga ulanib qolishidan.
- motorning qizishidan.
- motorning ag‘darilishidan.
- ortiqcha yuklanishdan.
- boshqarish xatoliklaridan.

12.7. Nazorat uchun savollar.

1. Elektr yuritmaga qo‘yiladigan umumiy talablarni sanab bering.
2. Elektr yuritmaning yuklanish diagrammasi nimani anglatadi?
3. Ishlab chiqarish mexanizmi yuklanish diagrammasidan nimasi bilan farq qiladi?
4. Elektr motorning quvvati qanday ko‘rsatkichlarga asosan hisoblanadi?
5. Elektr motorning massasi va o‘lchamlari uning qanday nominal parametrlariga bog‘liq bo‘ladi?
6. Motor himoyasi sinflarini sanang va ularga mos ravishda qizish haroratini ayting.
7. Motorning ekvivalent toki tushunchasiga ta’rif bering.
8. Motorning takrorlanuvchi – qisqa vaqtli rejimi qanday parametrlar bilan xarakterli?
9. Rostlanadigan elektr yuritma tizimida elektr motorni ta’minlash uchun yarim o‘tkazgichli o‘zgartirgichlar qanday parametrlar asosida tanlanadi?
10. Elektr yuritmani loyixalash bosqichlarini aytib bering.
11. Nima uchun rostlanadigan elektr yuritmalarni tanlashga va ishlatishga xarakat qilinadi?

GLOSSARIY

«**Elektr yuritma**» **atamasi** - «Elektr yuritma» atamasi ishchi mashina ijrochi organini harakatga keltiruvchi elektr motor va uni boshqarishga xizmat qiluvchi boshqariluvchi o'zgartgich, elektrik va noelektrik o'lchov o'zgartgichlari, vazifalovchi qurilma va mexanik uzatish qurilmasi kabi qo'shimcha texnik qurilmalar bilan bir majmuani tashkil etgan elektrmexanik tizimni anglatadi.

Elektr yuritmalar turlari - Elektr yuritmalar elektr motorlarning o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tokda ishlashiga qarab o'zgarmas va o'zgaruvchan tok elektr yuritmalarga bo'linadi. Elektr motorlarning aylanma yoki ilgariylanma harakatlanishiga qarab elektr yuritmalar aylanma va ilgariylanma harakatlanuvchi xillarga ajratiladi.

Elektr yuritmalardagi elektr motorlarning soniga ko'ra elektr yuritmalar individual va ko'p motorli turlarga bo'linadi. Ishchi mexanizm yoki mashinaning har bir ijrochi organini alohida elektr yuritmalar harakatga keltirsa, bunday elektr yuritma individual elektr yuritmalar deb ataladi. Agar ishchi mexanizm yoki mashinaning bir nechta ijrochi organlari bir necha elektr motorlar vositasida harakatga keltirilsa, u holda bunday elektr yuritmalar ko'p motorli elektr yuritmalar deyiladi. Bir necha elektr motorlarning vallari ishchi mexanizm ijrochi organi bilan mexanik bog'langan holda uni harakatga keltirishga xizmat qilsa, ular elektr yuritmalarning mexanik val deb ataluvchi turini hosil qiladi. Elektr zanjirlari o'zaro bog'langan bir nechta elektr motorlardan iborat elektr yuritmalar elektr val deyiladi.

Elektr motorlarning tezligi rostanishi yoki rostanmasligiga qarab elektr yuritmalar tezligi rostanadigan va tezligi rostanmaydigan turlarga bo'linadi.

Elektr yuritmalar tarkibidagi texnik qurilmalar - Elektr yuritmalarning tarkibi asosini elektr motorlar tashkil etadi. Elektr motorlari o'z navbatida o'zgarmas va o'zgaruvchan tok elektr motorlariga bo'linadi. O'zgarmas tok elektr motorlari magnit tizimining qo'zg'alishiga ko'ra mustaqil, ketma – ket va aralash qo'zg'aluvchan turlarga ajratiladi.

O'zgaruvchan tok elektr motorlari ham o'z navbatida asinxron va sinxron motorlarga bo'linadi.

Tezligi va boshqa ko'rsatkichlarni boshqarish va rostdash maqsadida elektr motorlar elektr tarmog'iga boshqariluvchi o'zgartgichlar vositasida ulanadi.

Boshqariluvchi o'zgartgichlar elektr motorlarning qanday tokda ishlashiga qarab o'zgaras yoki o'zgaruvchan tokli boshqariluvchi o'zgartgichlarga bo'linadi.

Umuman olganda boshqariluvchi o'zgartgichlarni texnik ijrosiga ko'ra, asosan, elektrmexanik, elektrik va parametrik turlarga ajratish mumkin.

O'zgaras tok kuchlanishi elektrmexanik o'zgartgichlariga o'zgaras tok generatorlari, o'zgaruvchan tok kuchlanishi elektrmexanik o'zgartgichlariga esa sinxron va asinxron generatorlar kiradi.

Elektrik boshqariluvchi o'zgaras tok o'zgartgichlari - ularga, o'zgaruvchan tok kuchlanishining o'zgaras tok kuchlanishiga o'zgartiruvchi yarimo'tkazgichli boshqariluvchi to'g'rilagichlar, o'zgaras tok kuchlanishi impulsi kengligi rostlanadigan impuls kenglik o'zgartgichlari kiradi.

Boshqariluvchi to'g'rilagichlar – o'zgaruvchan tok kuchlanishlarining qiymati boshqariladigan uzluksiz o'zgaras tok kuchlanishlariga o'zgartiradi va bu o'zgartirishlar to'g'rilagichlarning kuch sxemalaridagi tiristorlarning ochilish burchaklarini rostdash natijasida amalga oshiriladi.

Impuls kenglik o'zgartgichlari – bunday o'zgartgichlarda o'zgaras qiymatdagi o'zgaras tok kuchlanishi beriladi va kuch sxemasidagi tiristorlar yoki tranzistorlarning kommutatsiya rejimida ishlashi natijasida chiqish qismida o'rtacha qiymati rostlanadigan uzlukli o'zgaras tok kuchlanishi hosil qilinadi.

O'zgaruvchan tok boshqariluvchi o'zgartgichlari - ularga yarim-o'tkazgichli chastota o'zgartgichlari va o'zgaruvchan tok kuchlanishi qiymatini rostlovchi kuchlanish rostlagichlari kiradi.

Parametrik o'zgartgichlar - ularning ishlash asosini aktiv va reaktiv elementlardan iborat bo'lgan elektr zanjirlarda hosil bo'ladigan tok va kuchlanish

rezonanslari hodisalari tashkil etadi va bunday o'zgartgichlar kuchlanish yoki tok manbalari sifatida elektr yuritmalarda qo'llaniladi.

Mexanik uzatuvchi qurilmalar - elektr motor vali tezligi bilan ishchi mashina ijrochi organi tezligini o'zaro moslashtiruvchi mexanik uzatish qurilmalari reduktorlar, shkvivlar, transportior lentalar, tasmali va zanjirli uzatmalar, turli rusumli muftalar va boshqa mexanik uzatuvchi qurilmalar bo'lishi mumkin.

Elektrik va noelektrik o'lchov o'zgartgichlari - elektr yuritmaning elektrik va noelektrik ko'rsatkichlarini nazorat qilish va bu ko'rsatkichlardan elektr motorlarni boshqarish maqsadida qollaniladi. Masalan, tok va kuchlanish transformatorlari, taxogeneratorlar, kuchlanish bo'lgichlar, termoqarshiliklar, termoparalar va o'nlab turdagi o'lchov o'zgartgichlari.

Elektr yuritmalarning tarixiy rivojlanishi - elektr yuritmalarning tarixiy rivojlanishi elektr mashina ishlab chiqarish va undan unumli foydalanish bilan chambarchas bog'liqdir. Elektr yuritmaning fan sifatida shakllanishi 1880 – yildan boshlangan bo'lsa ham, tom ma'nodagi rivojlanishi yigirmanchi asrning birinchi yarmida shakllandi va tez rivojlana boshladi. Elektr yuritmaning rivojlanishi yarim o'tkazgichlar texnikasi va mikroelektrotexnikaning rivojlanishi va ular asosidagi boshqariluvchi o'zgartgichlar yaratilishi bilan uzviy bog'langandir. Avval boshqarilishi oson bo'lgan an'anaviy o'zgarimas tok elektr yuritmalari tez rivojlana boshladi. Keyinroq esa o'zgarimas tok elektr motorlariga nisbatan konstruktiv sodda, tannarxi bir necha marta arzon va istiqbo'li o'zgaruvchan tok motorli, ya'ni asinxron motorli, chastotani o'zgartirib, tezligi rostlanadigan asinxron elektr yuritmalarni loyihalash va yaratish ishlari olib borildi.

Elektr yuritmaning ushbu sohasini rivojlantirishda o'zbek olimi akademik M.Z. Hamudxonov va uning ilmiy maktabi a'zolarining chastotani o'zgartirib tezligi rostlanadigan asinxron va sinxron elektr yuritmalarni yaratish va ularning statik va dinamik rejimlarining ilmiy tadqiqotlari natijasida erishgan natijalari elektr yuritma fani taraqqiyotiga sezilarli xissa bo'lib qo'shildi.

Hozirga kelib zamonaviy elektr yuritmalarning rivojlanishi quyidagi asosiy yo'nalishlarda bormoqda: zamonaviy yarimo'tkazgichli boshqariluvchi

o'zgartgichlar va ularni mikroprotessorli boshqarishga asoslangan komplekt elektr yuritmalarni yaratish va ishlab chiqarishga keng joriy qilish; elektr yuritmalarning energetik ko'rsatkichlarini oshirish; tezligi rostlanuvchi asinxron motorli elektr yuritmalarning qo'llanish doirasini tinmay kengaytirish va ularning energiya tejankor ish rejimlarini tahlil qilish va ular asosida energiya tejankor elektr yuritmalarini yaratish hamda ishlab chiqarish qurilmalarini boshqarishga joriy qilish; zamonaviy avtomatlashtirilgan elektr yuritmalarni loyihalash, yaratish va ekspluatatsiya qilishni uddalovchi yuksak malakali muhandis–texnik va ilmiy xodimlarni tayyorlash.

Elektr yuritmaning mexanika qismi qurilmalari - elektr yuritmaning mexanika qismiga mexanik harakat qiluvchi, ya'ni aylanma yoki ilgarilanma harakat qiluvchi qismlari kiradi. Bu qismlar elektr motor valini ishchi mashina ijrochi organi bilan o'zaro mexanik bog'lovchi reduktorlar, shkvivlar, transportyor lentalari, tasmali va zanjirli uzatmalar va shuningdek turli gidravlik va elektrmagnit muftalar tashkil qiladi.

Elektr yuritmaning harakat tenglamasi - elektr yuritmaning harakat tenglamasi birinchi tartibli differensial tenglama bo'lib, elektr motorning harakatlanuvchi qismi (rotori yoki yakori) va har qanday mexanik harakatlanuvchi qismlarining (reduktor, variator va h.k.) aylanma yoki ilgarilanma turdagi noturg'un va turg'un harakatlarining qanday kechishini va bu harakatlarga elektr yuritma harakatlanuvchi mexanik qismlarining umumlashgan inersiya momentlarining ta'sirini ifodalaydi va elektr yuritma harakatining tezlanuvchan yoki so'nuvchan xarakterga ega ekanligini ham tom ma'noda belgilaydi.

Ishchi mashina ijrochi organining mexanik tavsifi - ishchi mashina ijrochi organi tezligining ishlashi davomida hosil qiladigan momenti yoki zo'riqishga bog'liqlik tavsifi ishchi mashina ijrochi organining mexanik tavsifi deyiladi.

Yuklanish momentlarining xarakteriga ko'ra turlari - yuklanish momentlari xarakteriga ko'ra aktiv va reaktiv turlarga bo'linadi. Tezlik yo'nalishiga bog'liq bo'lmagan yuklanish momentlari aktiv yuklanish momentlari deyiladi. Masalan,

yuk ko'targich mexanizmning hosil qiladigan yuklanish momenti. Harakat yo'nalishiga doimo teskari yo'nalgan yuklanish momentlari reaktiv yuklanish momentlari deb ataladi. Masalan, ishqalanish kuchlari hosil qiladigan momentlar.

Elektr motorning mexanik tavsifi - elektr motor vali tezligining elektr motor hosil qiladigan elektromagnit momentiga bog'liq o'zgarish tavsifi elektr motorning mexanik tavsifi deyiladi. Mexanik tavsiflar tabiiy va sun'iy turlarga bo'linadi.

Elektr motorning pasportida keltirilgan nominal ko'rsatkichlari asosida qurilgan mexanik tavsifi uning tabiiy mexanik tavsifi deyiladi.

Elektr motorning mexanik tavsifi kuchlanishi yoki boshqa ko'rsatkichlari pasportida keltirilgan nominaldan farqli bo'lgan hol uchun qurilgan bo'lsa, u holda bu tavsif motorning sun'iy mexanik tavsifi deyiladi.

Mexanik tavsifning bikirligi qanday ko'rsatkich?

Elektr motorlarning mexanik tavsiflaridagi ma'lum moment kichik orttirma qiymatining tezligini kichik orttirma qiymatiga nisbati shu tavsiflarning bikirligini ifodalaydi. Bu nisbatning cheksiz qiymatda bo'lishi tavsifning mutlaq bikirligini, ya'ni moment o'zgarishining tezlikka ta'sir etmasligini bildiradi. Bu nisbatning nol qiymatda bo'lishi tavsifning nol bikirligini, ya'ni moment qiymati o'zgarmasligini, ammo tezlikning o'zgarishini bildiradi.

Bir massali va ko'p massali mexanik tizimlar - bir massali mexanik tizimlarning o'zaro mexanik bog'langan elementlari orasidagi mavjud juda kichik tirqishlar va elementlarning elastiklik xususiyatlaridan kelib chiqqan holda yuzaga keladigan sirpanishlarni hisobga olmaslik bunday tizimlarni bir massali mexanik tizimlar deb qarashga olib keladi. Masalan, agar mexanik tizimni tashkil etuvchi elementlar ichida biror elementning elastikligi hisobga olinib, ikkinchi element bilan o'zaro mexanik bog'lanishidagi juda kichik tirqish hisobga olinmasa, u holda bu tizim ikki massali mexanik tizim deyiladi, tirqish ham hisobga olinsa, u holda bu mexanik tizim uch massali mexanik tizim deb ataladi.

Keltirilgan inersiya momenti va yuklanish momentlari - elektr yuritma mexanika qismlari va ishchi mashina ijrochi organining mexanik harakatlanuvchi qismlari inersiya momentlarining elektr motor valiga ta'sir etuvchi yagona ekvivalent inersiya momenti bilan almashtirilgan qiymati elektr yuritmaning keltirilgan inersiya momenti deyiladi.

Elektr yuritma mexanika qismlari va ishchi mashina ijrochi organining mexanik harakatlanuvchi qismlari aylantirish momentlarini elektr motor valiga ta'sir etuvchi yagona ekvivalent moment bilan almashtirilgan qiymati elektr yuritmaning keltirilgan yuklanish momenti deyiladi.

Elektr yuritmaning turg'un harakati - elektr motor hosil qiladigan elektrmagnit moment bilan ijrochi organ yuklanish momentining o'zaro teng bo'lishi, elektr yuritma harakatining turg'un bo'lishiga olib keladi, ya'ni harakatning o'zgarmas ekanligini yoki harakat to'xtaganligini anglatadi.

Elektr yuritmaning noturg'un harakati - elektr motor hosil qiladigan elektrmagnit moment bilan ijrochi organ yuklanish momentining o'zaro teng bo'lmisligi elektr yuritma harakatining noturg'un bo'lishiga olib keladi. Agar elektr motor hosil qiladigan elektrmagnit momentning ishchi mexanizm ijrochi organi yuklanish momentidan katta bo'lishi elektr yuritma harakatining tezlanishli xarakterli bo'lishini, aks holda, yuklanish momentining motor elektrmagnit momentidan katta bo'lishi elektr yuritma harakatining so'nuvchanlik xarakterda bo'lishini bildiradi.

Elektr yuritmaning koordinatalarini rostlanishi - elektr yuritma bajarayotgan vazifadan kelib chiqib, ishchi mashina ijrochi organi harakatini boshqarishda elektr yuritmaning tezligi yoki tezlanishi, momenti, toki va ijrochi organing fazodagi o'rni kabi koordinatalarining qiymatlari texnologik jarayon talabidan kelib chiqqan holda keng oraliqda rostlanishi mumkin.

Tezlikni rostdash diapazoni - elektr motor hosil qiladigan eng katta tezligi qiymatining hosil qilinadigan tezligining eng kichik qiymatiga bo'lgan nisbati elektr yuritma tezligini rostdash diapazoni deyiladi.

Tezlikning turg'un bo'lish ko'rsatkichi - tezlikning turg'un bo'lish ko'rsatkichi, elektr motor validagi yuklanish momenti qiymatining ma'lum o'zgarishlarida motor tezligining o'zgarishini bildiradi va bu mexanik tavsifning bikirligi bilan bog'liq. Bikirlik qancha katta qiymatga ega bo'lsa, shuncha tezlikning yuklanish momentiga bog'liqligi kam bo'ladi va aksincha.

Tezlikning silliq rostdanishi ko'rsatkichi - bu ko'rsatkich elektr motor sun'iy mexanik tavsiflaridagi bir sun'iy tavsifdan ikkinchi sun'iy tavsifga o'tishdagi tezlikning o'zgarishini bildiradi. Berilgan tezlikni rostdash diapazonida sun'iy tavsiflarning soni qancha ko'p bo'lsa, tezlikning rostdanishi shuncha silliq kechadi. Masalan, mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motori yakori zanjiriga beriladigan kuchlanishni bir qiymatidan ikkinchisiga uzluksiz holda o'zgartirish, tezlikning sakrab o'zgarmasdan silliq o'zgarishiga olib keladi. Asinxron motor qutblar juftligi sonini o'zgartirish tezlikning silliq emas, balki sakrab o'zgarishiga olib keladi va tezlikni rostdash silliq kechmaydi.

Ishchi mexanizm holatini rostdash - ba'zi texnologik jarayonlardan kelib chiqqan holda ishchi mexanizm ijrochi organining fazodagi yoki ma'lum yuzadagi holatini yetarli darajada aniqlikda o'zgartirish. Masalan, robot va manipulatorlar ishchi organlarining fazodagi holatini boshqarish, liftlarning kabinalarini qavatlarda kerakli aniqlikda to'xtatishlarda qo'llaniladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Xoshimov O.O., Saidaxmedov S.S. Elektr yuritma asoslari – Toshkent.: Aloqachi, 2010.
2. Дементьев Ю.Н. Общий курс электропривода.: – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 302 с.
3. Автоматизированный электропривод промышленных установок / под ред. Г.Б. Онищенко.– М.: РАСХН, 2001. – 520 с.
4. Онищенко Г.Б. Электрический привод: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Изд. центр «Академия», 2006. – 288 с.
5. Васильев Б. Ю. Электропривод. Энергетика электропривода. Учебник. – М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – 268 с.
6. Ключев В.И. Теория электропривода. Учебное пособие для вузов. Изд 2 - М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.
7. Анучин А.С. Системы управления электропривода. Учебник для вузов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2015. — 373. с.
8. Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по каталожным данным // Материалы международной научно-технической конференции. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007.–272 с.
9. Браславский И.Я., Костылев А.В., Степанюк Д.П. Анализ энергопотребления в управляемых переходных режимах систем ТПН-АД. Электроприводы переменного тока // Труды международной тринадцатой научно-технической конференции. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 241–244 с.
10. Чернышев А.Ю., Кояин Н.В. Проектирование электрических приводов: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 120 с.
11. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. М.: Академия, 2005.

12. Красовский А. Б. Основы электропривода,
Издательство: МГТУ им. Н. Э. Баумана.;- 2015. - 407с.
13. Quang N.P., Dittrich J-A. Vector Control of Three-Phase AC Machines: System Development in the Practice (Power Systems). Springer, 2008.
14. Алиев, М.Т. Микропроцессорные системы управления электроприводами : Учебное пособие.:– Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 124 с.
15. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник /Под ред. В.М Перельмутера/ - Энергоатомиздат. - 1998. - 319с.
16. Электрические и электронные аппараты. Учебник для вузов /Ю.КРозанов, Е.Г.Акимов, Н.А.Ведешенков и др. Под ред. Ю.КРозанова/2-е изд.-М.: Информэлектро. 2001.-420с.
17. Electric drives and traction. Veer Surendra SAI Technology University, Odisha, Burla, India, 2016.

«Elektr yuritma asoslari» darsligi «TECHNO ENERGO GROUP» mchj
ilmiy ishlab chiqarish korxonasi homiyligida chop etilgan.
«TECHNO ENERGO GROUP» mchj ilmiy ishlab chiqarish korxonasi
Manzil: 100059, Toshkent.sh., U.Nosir ko‘chasi, 91.
Elektron manzil: tegroup2010@mail.ru
Telefon raqami: +998 71 250 24 52

Tashkil topgan yili 2010.

Korxonra rahbari. Mirsaidov U.M.

Yetakchi mutaxassis. Shamiyev M.F.

Faoliyat turi:

«Energiya resurs tejankorligi qurilmalarini yaratish va ishlab chiqarish».

Hamkor tashkilotlari:

I.Karimov nomidagi TDTU Elektr energetika fakulteti

«Elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari» kafedrası

t.f.d., prof. Xashimov A.A. ilmiy maktabi.

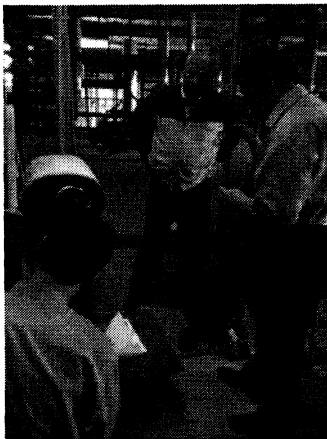


Shamiyev M.F., prof.Xashimov A.A., Mirsaidov U.M.

Hamkorlikda bajarilgan ishlari:

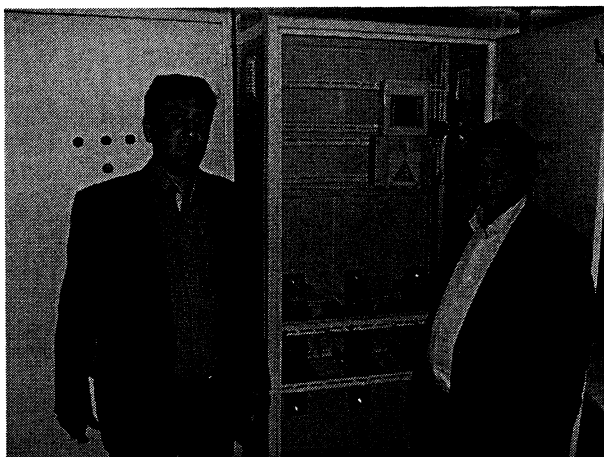
1) Asaka sh. GM Uzbekiston UZAUTO MOTORS AJ 2011y.

Avtomobil ishlab chiqarish jarayoniga energiya tejamkor texnologiyalarni tatbiq etish.



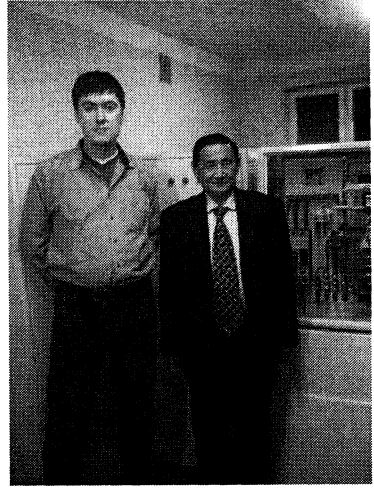
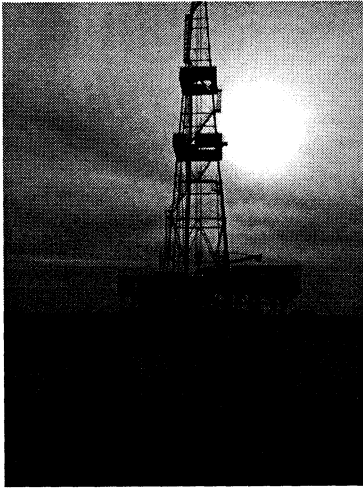
2). Olmaliq sh. “Olmaliq kon metallurgiya kombinati” AJ , 2013y.

Quvvati 200kW gacha bo'lgan nasos agregatlarini energiya tejavochi mayin ishga tushirish qurilmasini yaratish va ishlab chiqarish jarayoniga joriy qilish.



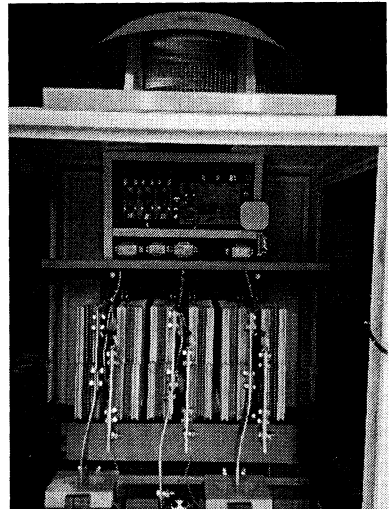
3). Buxoro sh. “Buxoroparmalash” AJ, 2015y.

Quvvati 55kW bo‘lgan burg‘ulash uskunasi energiya tejankor mayin ishga tushuvchi elektr yuritmasini yaratish va ishlab chiqarish jarayoniga joriy qilish.



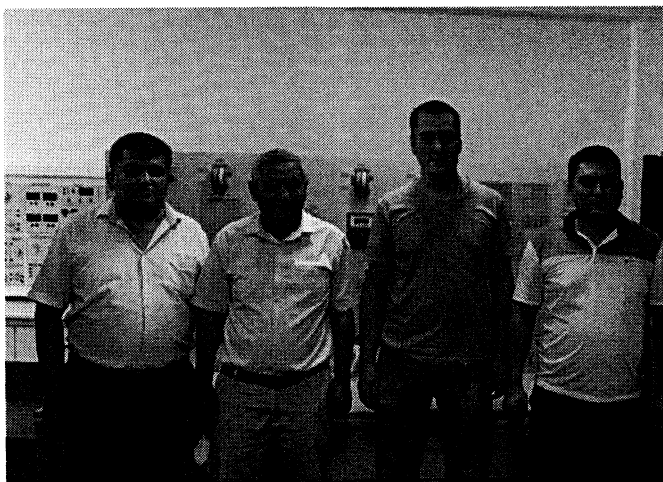
4) Uchquduq sh. NKMK DUK, 2017y.

Quvvati 315kW gacha bo‘lgan energiya tejoychi mayin ishga tushirish qurilmasini yaratish va ishlab chiqarish jarayoniga joriy qilish.

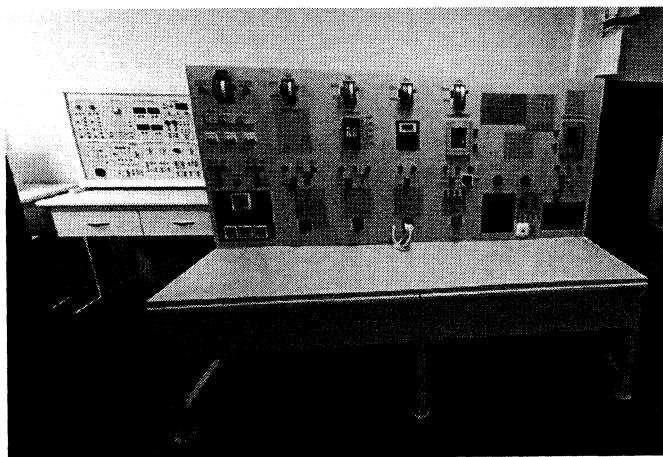


5) TDTU Elektrenergetika fakulteti «Elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari» kafedrası 2020y.

«Elektr yuritma asoslari» fanidan zamonaviy yangi laboratoriya stendlarini yaratish jarayonida.



Mirxaydarov M.M., Mirsaidov M.M., Shamiyev M.F., Turabekov O.U.



Yangi laboratoriya stendlari

O'QUV ADABIYOTINING NASHR RUXSATNOMASI

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2021 yil "31" May dagi "237" -sonli buyrug'iga asosan

A.A.Xashimov, M.M.Mirxaydarov

(muallifning familiyasi, ismi-sharifi)
5310700 – *Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalar (mashinasozlik)*

(ta'lim yo'nalishi (mutaxassisligi))

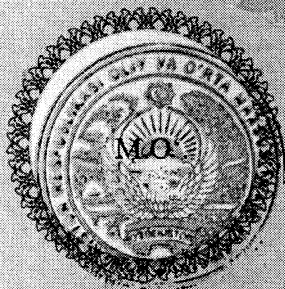
ning

talabalari (o'quvchilari) uchun tavsiya etilgan
Elektr yuritma asoslari nomli darsligi

(o'quv adabiyotining nomi va turi: darslik, o'quv qo'llanma)

ga

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi tomonidan, litsenziya berilgan nashriyotlarda nashr etishga ruxsat berildi.



Vazir

(imzo)

A. Toshkulov

Ro'yxatga olish raqami

237- 553



XASHIMOV ARIPDJAN ADILOVICH
MIRXAYDAROV MIROBID MIRSOBITDINOVICH

ELEKTR YURITMA

ASOSLARI

Muharrir: L. Qo'chqorova
Tex.muharrir: M. Xamitov
Musavvir: R.Komiljonov
Musahhih: Sh. Yusupova
Kompyuter dizayneri: R.Komiljonov

Nashriyot litsenziyasi № 001734, 12.04.2021 y.

Bosishga 22.09.2021 ruxsat etildi.
Bichimi 60x84 ¹/₁₆, « Times New Roman » garniturasida, Ofset qog'ozi
Bosma tabog'i 22,75. Adadi 50 nusxa. Buyurtma № 126
«UMID DESIGN» nashriyoti
«UMID DESIGN» XK bosmaxonasida chop etildi.
O'zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri
Navoiy ko'chasi 22-uy