

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ
ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

С.С.Саидахмедов

“ЭЛЕКТР СХЕМАЛАРИНИ ЎҚИШ”

фанидан

Ў Қ У В Қ Ў Л Л А Н М А

Касб-хунар коллежлари талабалари учун

ТОШКЕНТ 2002

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ
ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

С.С.Сагдахмелов

**«ЭЛЕКТР СХЕМАЛАРИНИ ЎҚИШ»
фанидан**

Ў Қ У В Қ Ў Л Л А Н М А

Касб-ҳунар коллежлари талабалари учун

ТОШКЕНТ 2002

Муаллиф: С.С.Саидахмедов.

УДК 621.313.2 (075.8)

«Электр схемаларини ўқиш» фанидан ўқув қўлланма.
Тошк.дав.техн.уни-ти; Муал.:С.С.Саидахмедов. Тошкент, 2002,
88 бет./

Ўқув қўлланма саноат касб-хунар коллежлари талабалари учун мўлжалланган. Қўлланма электр схемаларини тузиш ва уларнинг бўлақларини ўрганиш, шулар асосида андозавий схемаларни ўқиш имконини беради.

Ўқув қўлланмада ўзармас ва ўзарувчан ток мотор тезлигини мўътадилловчи ёник тизимларнинг функционати ва тузилиш схемалари, ҳамда улар асосида тизимнинг статик ва динамик тавсифларининг шаклланиши кўриб чиқилган.

«Энергетика соҳалари муҳандис-педагогикаси» кафедраси.
46 та расм. 3 та жалдат. Адабиёт 6 помда

Абу Райхон Бериий номидаги Тошкент давлат техника университети ва касб-хунар таълим маркази илмий-услубий кенгашларининг қарорлари асосида чоп этишга тавсия этилган.

Тақризчилар: ТДТУ «Электр юритма ва саноат қурилмаларини автоматлаштириш» кафедраси доценти т.ф.н. Имомназаров А.Т.
«Энергосозлаш» корхонаси бўлим мудир т.ф.н., доцент Азизов А.А.

© Тошкент давлат техника университети, 2002.

КИРИШ

Турли механизмларнинг самарадорлиги ва тайёрланаётган маҳсулотларнинг сифатига қўйилаётган юқори талаблар асосан салоат электр юритмаларини автоматлаштириш асосида таъминланиши мумкин. Хамма электр юритмаларнинг машинасозликда 80%, металлургияда 90% дан ортиги реле-контактор орқали ёки бошқача айтганда электромеханик равишда бошқарилади.

Технологик жараёнларни жадатлаштириш, аниқлигини ошириш, технологияни такомиллаштириш, жараёнларни энергияни исроф қилмасдан олиб бориш автоматлаштирилган электр юритманинг ҳозирги пайтдаги ривожлантириш тенденциясидир. Бу даврнинг бошланиши электр моторлар учун ярим ўтказгичли манбатарни қўлланишидир. Автоматлашган электр юритманинг бу даври учун барча жабҳаларда нафақат ярим ўтказгич техникасини жадатлик билан қўллаш, балки ахборотларни қайта ишлайдиган бошқариш қурилмаларидан фойдаланиш характерлидир.

Замонавий электр юритма автоматлашган бошқариш тизими билан ишлайди. Бу тизим минимал ўтқинчи жараён вақти, минимал энергия сарфи, силтанишларни четаралаш ва бошқа меъёонларга мувофиқ бошқариш таъсири ишлаб чиқаради ва шунга мувофиқ тизимни бошқаради.

Мазкур ўқув қўланма талабаларга мустақил равишда, ўзарувчан ва ўзгармас ток электр юритмаларини реле-контакторлар орқали бошқариш принципларини, андозавий принципиал схемаларни, схема ва унинг бўлақларини ишлаш принципини аниқ билишни ўргатади.

Ўқув қўланмада электр юритма моментини ва тезлигини мўътадилловчи «ўзгарткич-мотор» ёпиқ тизимда электр юритмага қўйилган талабларга жавоб берадиган статик ва динамик тавсифларни таъминлайдиган тизимлар кенгрок кўриб чиқилган.

Бундан ташқари қўланмада ўзарувчан ва ўзгармас ток моторларини бошқаришнинг ёпиқ тизими ва бўйсунилган ростлаш тизимини оптималлаш натижасида ростлагичларнинг кўрсаткичларини ва унинг тузилишини ташлаш кўриб чиқилган.

1. Электр юритмаларни автоматик бошқариш схемаларини тузиш

Автоматлашган электр юритма асосан электр моторни ишга тушириш, тормозлаш, тезлигини ошириш ва ҳоказоларни таъминлаш мақсадида аниқ бир схемага уланган бир нечта турли хилли электр аппаратлардан ташкил топган бўлади.. Схемаларда электр занжирлари бош (бош ток занжири) ва ёрдамчи (бошқариш, ҳимоялаш ва сигналлаштириш) занжирларга бўлинади. Бош занжирдан катта тоқлар оқди. Масалан, бу занжирга ўзармас ток моторининг якор занжири, асинхрон ва синхрон моторларнинг статор занжири, фаза роторли асинхрон моторнинг ротор занжири ва ҳоказолар киради.

Лойиҳа-монтаж амалиётида икки турдаги схемалар, яъни принципиал ва монтаж схематари қўлланилади.

Принципиал схемаларда схеманинг қандай иш бажаришга мўлжалланганлигига қараб электр аппаратлар ва асбобларнинг электр жиҳатдан ўзаро боғланишини кўрсатилади. Лекин бу схемада электр аппаратларнинг ва асбобларнинг қаерда жойлашганини кўрсатилмайди. Схемаларда ҳар бир аппарат ёки асбоб бир бутун ҳолда кўрсатилмай, балки унинг элементлари (ғалтак, чулғам, бош контакт, ёрдамчи контакт ва ҳоказолар) бўлакларга бўлиниб, қайси элемент, қандай занжирда иштирок этса шу ерда кўрсатилган бўлади, аппарат эса бажарадиган функциясига қараб сон ва ҳарфлар орқали белгиланади. Электр схемаларда аппарат ва асбоблар ва уларнинг элементлари шартли график кўринишда белгиланади. 1- жадвалда электр схемаларда қўлланиладиган аппарат элементларининг шартли график белгиланиши келтирилган.

Схемаларни ўқишни енгиллаштириш мақсадида схемада кўрсатилган ҳар бир элементга рақам ва ҳарфдан иборат индекс қўйилади. Белгиланган ҳарф элементнинг қайси функцияни бажаришини рақам эса бир хил турдаги аппаратларнинг тартиб номерини кўрсатади. Шунинг учун бу схемалар кўрғазмани кўринишга эга бўлиб осон ўқилади.

**Электр аппарат ва асбобларнинг шартли график
белгиланиши**

т/н	Белгининг номи	Улайдиган	Узадиган
1	2	3	4
Контактлар			
1	Умумий белгиланиши		
2	Уланишда ҳаяллайдиган		
3	Узилишда ҳаяллайдиган		
4	Кучли занжир учун		
5	Ёй ўчиргичли билан		
6	Ортга ўзи қайтмайдиган		
7	Қайта улайдиган		
8	Максимал реле		
9	Кўлда қайтариладиган иссиқлик релеси		
10	Ноэлектрик реле ва хабарчи		
11	Кнопка (босиладиган)		
12	Буйрук контролери		
13	Улагич		
14	Автомат ўчиргич		
15	Контактор		
16	Кучланиш ва ток релеси		
17	Электромагнит		
18	Резистор		
19	Саклагич		
20	Конденсатор		
21	Иссиқлик релесининг иситиш элементи		
22	Сигнал лампаси		

Янги Давлат стандартларига асосан шу давргача бўлган функционал белгиланиш позициялар белгиланишга алмаштирилган бўлиб, бу ерда ҳарфлар латин алифбосида ёзилгандир. Ҳар бир белги мажбурий ва қўшимча қисмлардан иборат. Мажбурий қисмга элементнинг тури ва унинг тартиб рақами киради. Қўшимча қисм элементнинг функцияси ва

рақами киради. Қўшимча қисм элементнинг функцияси ва кўринишини аниқлаб беради ва ҳарф ҳамда рақамлар комбинациясидан иборат бўлади.

Элемент кўринишининг ҳарф билан белгиланадиган коди мажбурий бўлиб у 2- жадвалда келтирилган. Агарда қўшимча белгиланиш қўлланилмаса, у ҳолда мажбурий қисмдан сўнг рақам билан бир хил турдаги аппарат тартиб номери кўрсатилади. Агарда аппарат контактининг номери кўрсатиладиган бўлса, биринчи рақамдан кейин нукта қўйилиб сўнг контакт номери кўрсатилади. Бундай белгиланиш содда кўринишда эга, лекин схемани ишлашини тушунишни енгиллаштириш учун чекка қисмида ёки айрим ҳужжатларда ҳар бир аппаратнинг функциясини тушунтиришга тўғри келади.

Схемалардаги рақам ва ҳарфли белгиларнинг қўшимча қисмини шакллантириш учун 2- жадвалда келтирилган ҳарфли белгилашдан фойдаланиш тафсия этилади.

2- жадвал

Бошқариш схемаси элементларининг асосий ҳарф- рақамли белгилари (кодлари)

Элемент тури	Коднинг биринчи харфи(мажб.)	Икки ҳарфли код мисоллари (тафсия этилган)
1	2	3
Кучайтиргичлар	A	Ярим ўтказкичли- AD; магнитли - AM
Ўзгартгичлар(генераторлардан ташқари)	B	Тахогенератор - BR; тезлик хабарчиси-DV
Химоялаш қурилмаси	F	Ток бўйича химоялаш элементи - FA; саклагич - FU
Контакторлар, ишга туширгичлар, релелар	K	Ток релеси - KA; кучланиш релеси - KV; вақт релеси - KT; иссиқлик релеси - KK; контактор, магнит ишга туширгич - KM

Ушбу стандартларга таянган ҳолда баъзи лойиҳалаш ташкилотлари амалиётга икки, уч ҳарфли кодларни киритишган. Бу эса схемаларни ўқишни бирмунча осонлаштиради, 3- жадвалда асосий мажбурий ва қўшимча қисмдан иборат белгиланишларнинг асосийлари келтирилган.

3- жадвал

Асосий ҳарфли позицион- функционал белгилар

Аппаратнинг функцияси	Белгиланиши
1	2
Контакторлар	
Линия	KML
Реверсив	RMF (олдга) RVR(ортга)
Блокировкаловчи	KMQ
Кўзғатиш (майдон)	KMM
Динамик тормозлаш	KMD
Тескари улаб тормозлаш	KMC
Тезлатиш	KMV
Майдонни бошқариш	KMH
Релелар	
Блокировка	KVA
Вақт	KT
Динамик тормозлаш	KVD
Максимал ток	KA, FA
Майдон узилиши	KAM
Тескари улаб тормозлаш	KVC
Ток нул	KAZ
Тормозлаш	KVB
Майдонни бошқариш	KAH
Тезлатиш (кучланиш)	KVV
Тезлатиш (ток)	KAV
Тезлатиш (вақт)	KTV
Форсировка	KVF
Резисторлар	
Ўчириш	RH
Динамик тормозлаш	RD
Тормозлаш	RB

Тескари улаб тормозлаш	RC
Ростлаш	RR
Форсировка	RF
Тежамловчи (иктисод)	RE
Буйруқ аппаратлари	
Буйруқ контроллери	SM
Бошқариш кнопки	SB
«Уланган» кнопки	SBQ
«Олдга», «Ортга» кнопкалари	SBF; SBR
«Тез», «Секин» кнопкалари	SBV; SBL
«Ишга тушириш», «Тўхтатиш» кнопки	SBP; SBS
Йўл ўчиргичи	SQ
Бошқа аппаратлар 1-жадвалдагидек	

Монтаж схемаси электр занжирларини монтаж қилишни амалга оширадиган ишчи чизмадан иборат. Бу чизмада нафақат аппарат ва асбобларни ўзаро улаш балки электр қурилмада (панелда) бу аппаратлар ва асбобларини ўзаро жойлашуви ва керакли индекс ва белгилар билан уларнинг белгиланиши келтирилади. Монтаж схема электр юритмага тадбиқан тапқи уланиш схемаси деб юритилади ва қабул қилинган белгилашлар сақланган ҳолда принципиал схемага асосан тузилади. Бу схемада симларнинг кўндаланг кесими, тури, маркаси ва номери кўрсатилган бўлади.

2. Электр юритмаларни бошқариш принциплари.

Резисторли электр юритмаларда момент ва тезликни автоматик бошқариш принциплари.

Қиймати ўзгармас кучланишли тармоққа уланган резисторли электр юритмалар саноатнинг барча соҳаларида кенг тарқалган.

Бундай электр юритмаларни тузилиш схемаси 1-а, расмда келтирилган. Мотор М нинг якор чулғамини кучли қурилма Q таъминот манбаига улайди, бу қурилма бошқариш қурилмаси А дан буйруқ олади. Бундай электр юритмаларда буйруқ қурилмаси S двигателни ишга тушириш, реверслаш ва

тўхтатишни бошланишига буйруқ беради, яъни буйруқ аппарати S орқали бу буйруқ берилади. Тескари алоқа қурилмаси электр моторни ишга тушириш ва тўхтатишдаги динамик ҳолатларда унинг тезлиги ва моментини (B2), ишчи машинанинг ҳолати бўйича (B1) ишлашини назорат қилиб туради.

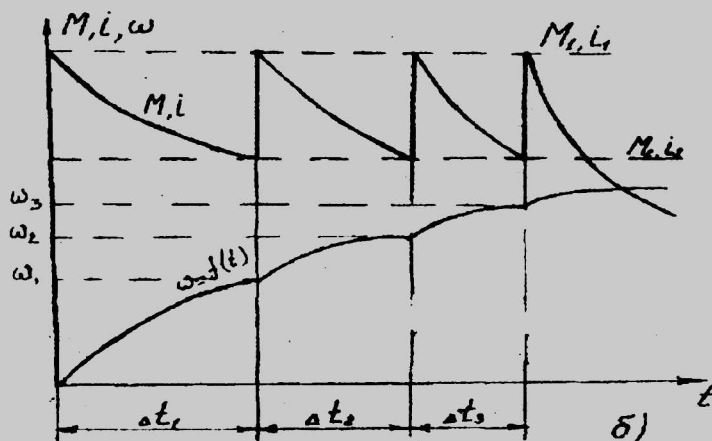
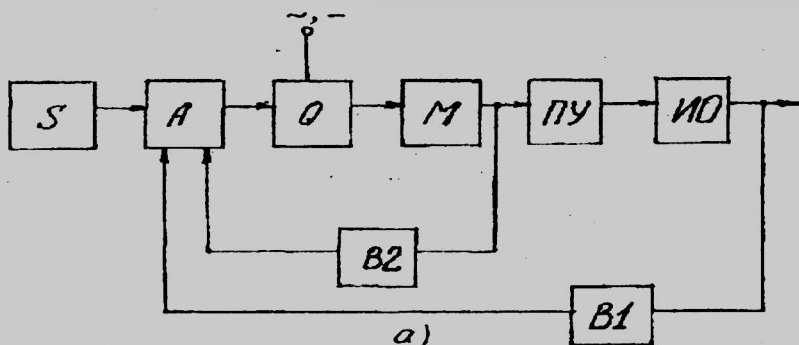
Ўткинчи жараён пайтида моментни бошқариш, моторни ишга тушириш ва тормозлаш поғона қаршиликларини берилган сонини дастур бўйича олдиндан аниқланган Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 вақт оралиғида, тезликларнинг ω_1 , ω_2 , ω_3 қийматларида ва токнинг маълум I_2 қийматида автоматик равишда чиқариб ташлаш билан оширилади (1-б расм).

Қўлланилаётган бошқариш принципига боғлиқ ҳолда моторни ишга тушириш ва тормозлашни бошқариш дастури вақт бўйича, ёки тезликни назорат этиш йўли билан таъминланади. Тезлик ва токни оддий релели тезлик ва ток хабарчилари назорат этади, улар тескари боғланиш занжири орқали электр юритманинг қурилмасига мос равишдаги ишга тушириш ва тормозлаш поғона қаршилигини чиқариб ташлашга буйруқ, берадилар. Бундай бошқаришни вақт, ток тезлик принципи бўйича бошқариш дейилади.

3. Электр моторларини вақт принципи бўйича ишга тушириш ва тормозлаш схемаси бўлаклари

Вақт қийматини белгилаб маълум дастур бўйича бошқариш вақт релеси орқали амалга оширилади, бу реле олдиндан ҳар бир тезланиш ва секинлатиш поғонасида мотор тезлигини ўзгаришига қараб Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 вақтнинг ҳисобга олади.

Бу релелар ишга тушириш ёки тормозлаш резисторларининг ҳар бир поғонасида тезланиш ёки тормозлашнинг охирида тезлатиш контакторларига буйруқ беради. Вақт принципи бўйича бошқариш ўзгарувчан ва ўзгармас ток моторларини ишга тушириш ва динамик тормозлашда ишлатилади.

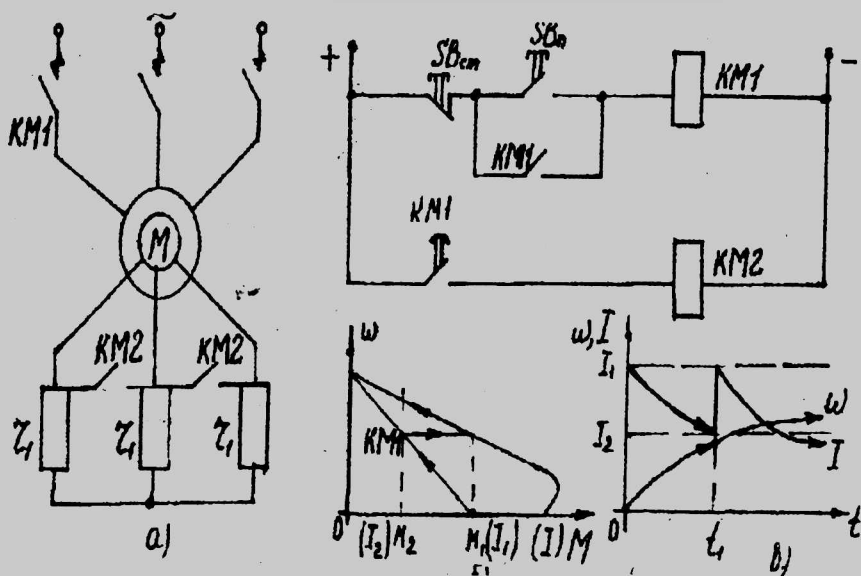


1-расм. Резисторли электр юритманинг тузилиш схемаси а) ва ишга туширишдаги ўткинчи жараён графиги б)

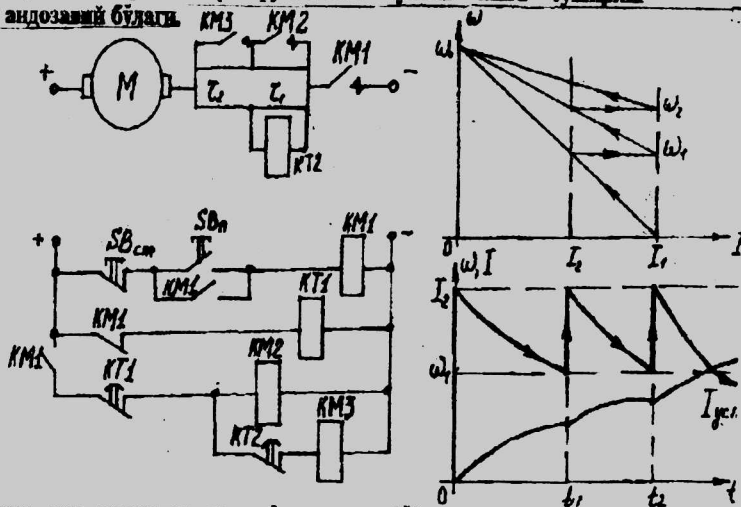
Бу принцип ҳар қандай таъсирда ишга тушириш ва тормозлаш вақтларини бир ҳилда сақланиб қолиши туфайли электр юритмаларда кенг қўлланилади.

Асинхрон моторни ишга туширганда ишга тушириш токи ротор занжирига уланган резисторлар ёрдамида чегараланади.

Статор чулғамига кучланиш 2-а расмда кўрсатилганидек КМ1 линия контактори орқали берилади.

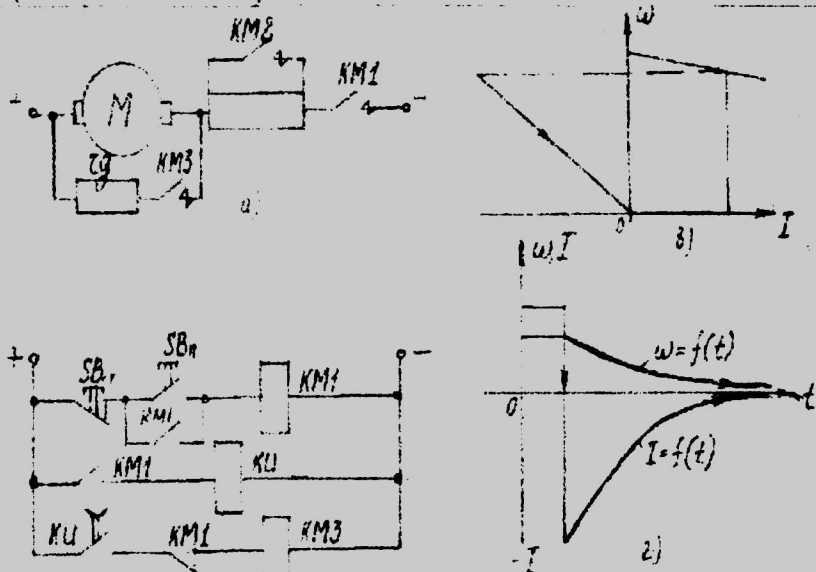


2-расм. Асинхрон моторни вақт функцияси бўйича нига тушириш схемасининг андозавий бўлаги.



3-расм. Уштармас ток моторини вақт функцияси бўйича нига тушириш схемасининг бўлаги.

Погона қаршиликни чиқариш КМ1 ҳаяллан блок-контакта улангандан сўнг (ёпилишга ҳаяллан вақти ўтгандан сўнг) тезлатиш контактори КМ2 нини контактлари орқали амапта опирилади.



4-расм. Ўзгармас ток моторини вақт функцияси бўйича тормозлаш схемасининг бўлаги.

Моторни ишга тушириш 2-6 расмдаги 1-тавсиф бўйича амапта опирилади ва ишга тушириш қаршилиги чиқариладан сўнг мотор 2-тавсифга (табiiй тавсиф) ўтади.

2-в расмда битта погона билан ишга туширилгандаги ўткинчи жараён келтирилган.

3-а.б расмларда ўзгармас ток моторини вақт функцияси бўйича ишга тушириш схема бўлаклари келтирилган.

Схеманинг кучли қисмида линия контактори КМ1 (мотор якорини ўзгармас ток тармоғига улайди) ва вақт ўтиши билан погона қаршилигини чиқариб ташлайдиган тезлатиш контакторлари КМ2 ва КМ3 ҳамда тезлатиш релелари (вақт релелари) КТ1 ва КТ2 уланган.

Бу ерда КТ2 чулғамга τ қаршилигидати кучланиш гувишига уланган. 3-в расмда ишга тушириш тавсифи. 3-г

расмда ўзармас ток моторининг икки поғонада ишга туширишдаги ўткинчи жараёнини графити келтирилган.

Моторни ишга тушириш учун иккала схемани тармоққа уланеди. Бу ҳолда КТ1 релесини релеси уланеди ва схема моторни ишга туширишга тайёр ҳолатга келади.

SB ишга тушириш кнопокасини босса КМ1 контактори уланеди ва мотор якори поғона қаршиликлари орқали тармоққа уланиб айлана бошлайди. КМ1 контакти орқали КТ1 тармоқдан узилади ва унинг КМ2 заنجиридати контакти вақт ўтиши билан уланади. Бу ҳолда КМ2 уланиб ўз контакти билан г. қаршилик поғонасини чиқариб таъминлайди, ҳамда КТ2 релеси чуқамини қисқа туташтиради. Бу ҳолда г. қаршиликдаги қучланиш тушинишдан таъминланаётган КТ2 ўчати ва ҳаяллаш вақтини санай бошлайди. КТ2 нинг ҳаяллаш вақти тутагач, у ўз контакти орқали КМ3 контактиларини, улайди ва КМ3 контакти ўз навбатида 2-поғона қаршилигини чиқариб таъминлайди. Мотор табиий тавсифга ўтати ва шу билан моторни ишга тушириш тутади. Бундан кўриниб турибдики моторни ишга тушириш (поғона қаршиликларини навбатма-навбат чиқариб таъминлаш) вақт бўйича амалга оширилади.

Вақт релеси сифатида магнит системасида магнит оқими «Ф» аста секкин охириб ёки камайдиган электромагнит релелари, мой ёки ҳаволи тормозлан қурилмасига, электрон ва ярим ўтказкичли қурилмаларига эга бўлган вақт релелари ҳам ишлатилиш мумкин. Замонавий релелар 0,05 секунддан бир неча соатгача вақт ҳаяллашнинг таъминлаши мумкин. Ҳаяллаш вақти ўткинчи жараёнини ҳисоблаш натижасида аниқланади.

Масалан динамик моментнинг тизинка гўтри пропорционал равишда боелиқлик ҳолатида тизинки ω_1 дан ω_2 гача кўтарилишига кетган вақт (релени ҳаяллаш вақти) куйидагича аниқланади.

$$t_{1,2} = J \frac{\omega_2 - \omega_1}{Mg_1 - Mg_2} \ln \frac{Mg_1}{Mg_2} = \frac{J\omega_n}{M_n} \frac{\omega_2^g - \omega_1^g}{Mg_1^g - Mg_2^g} \ln \frac{Mg_1^g}{Mg_2^g}$$

бу ерда- M_n ва ω_n - момент ва тизинкининг номинал киймати Mg_1 ва Mg_2 - айлантурувчи динамик моментлар

тестлик ва моментнинг нисбий (номиналдан ксим) киймати. J - инерция моменти

Хаялдан вақтнинг аниқлаганда аппаратларнинг ўз иш вақтнинг ҳам ҳисобга олишимиз керак чунки уларнинг ишлаш вақти хаялдан вақти билан тенг бўлиши мумкин.

КТ1 релеси сифатида РЭВ-800, РЭ-500 ёки РЭ-180 релеларини, КТ-2 сифатида эса РЭ-500 ёки РЭ-100 релеларини ишлатиш мумкин.

Вақт бўйича бошқариш принципининг афзалликлари схеманинг ишлаганига қуйидаги қийматларнинг таъсиридан аниқлаш мумкин:

- 1) Статик қаршиллик моментини – M_c
- 2) Инерция моментини – J
- 3) Тармоқ қучланишини – U_T
- 4) Ишга тушириш қаршилликларини

M_c кўпайганда керакли тезликка кўтариш вақти ўзгармайди, мотор моменти эса автоматик равишда ўсади, шунинг учун ишга тушириш ҳисобланган вақт оралиғида ама на ошади.

Инерция моменти J ортса динамик момент ҳам ортади, J камайганда эса $M_{дин}$ камаяди. Тармоқ қучланиши U_T нинг камайиши эса салт юриш тезлиги ω_0 ни камайишига олиб келади, яъни

$\omega_0 = \frac{U_T}{C_2}$ Бу ерда ҳам динамик моментнинг ортини ёки камайиши кузатилади.

Ишга тушириш қаршилликлари ўткинчи жараёнга таъсир этади. Агарда ишга тушириш қаршилликлари уларни қизишини ҳисобга олмасдан ҳисобланса ишга тушириш бошланганидан динамик момент кам бўлади. Вақт принципини динамик тормозлашда муваффақиятли қўлланилади. Ўзгармас ток моторини вақт бўйича динамик тормозлаш схемасининг бўлаги кўрсатилган 4-аб расмда.

Бу ерда моторни вақт принципини бўйича динамик тормозлаш усулида тўхтатишни кўриб чиқамиз.

Моторни тўхтатиш учун $SB_{тх}$ кнопоксини босамиз, бу ҳолда КМ1 контактор ўчирилади ва у ўзининг бош контакти билан моторни тармоқдан узади. КМ1 нинг

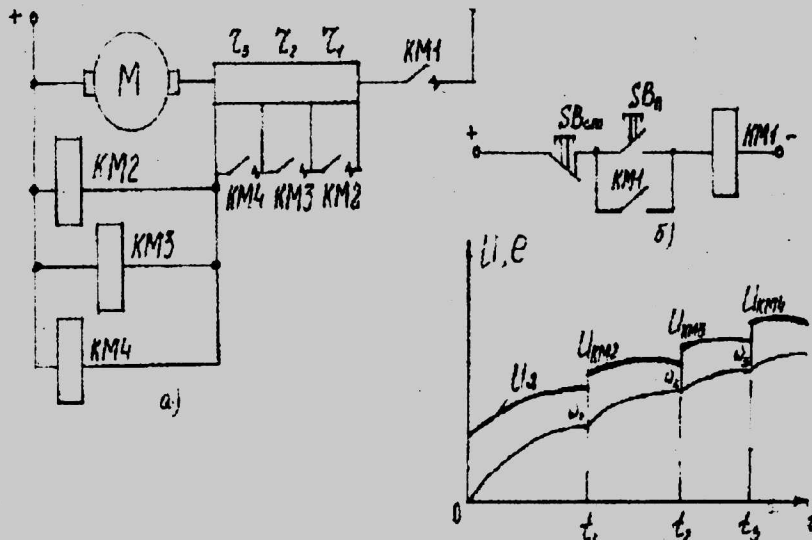
ёпилувчи блок контакти орқали КУ релеси ўчирилади. Лекин КУ нинг ҳаяллаш вақти ҳисобига КМЗ контактори чулғами танжирига уланган ҳолда бўлиб КМЗ ишга тушали ва мотор якорининг динамик тормозлаш қаршилигига улайди, КУ ҳаяллаш вақтини ҳисоблай бошлайди ва бу вақт мотор тезлигини тахминан ноль бўлганда тутаб КМЗ ўчирилади. Ўз навбатида КМЗ контакти тормозлаш қаршилигини ўчирди.

Динамик тормозлаш тавсифи ва динамик тавсифлар 4-в, г расмларда келтирилган. Вақт принципи бўйича ишга тушириш, тормозлаш ва реверсланиш бошқаришнинг афзалликлари ишга тушириш, тормозлаш ва реверслаш вақтининг M_c , J , U_c қиймаглари жишлиқ ўзгарганда ҳам тахминан бир хил қарлишида, оддийлик ва ишончлилик бир хил турлаги вақт релеларни қўлланишидадир. Шунинг учун бошқаришнинг вақт принципи кенг тарқалган. Етишмовчилиги эса M_c ортган пайтда ишга тушириш моменти ва токининг анча ортиб кетишидир.

4. Электр моторларни тезлик принципи бўйича ишга тушириш ва тормозлаш схемаси бўлаклари.

Тезлик бўйича бошқариш тезлиқни назорат этишни ва маълум тезлиқда керакли аппаратга таъсир этишни талаб этади. Тезлиқни майдондан қочирма релеси орқали назорат қилиш мумкин, лекин мураккаблиги ва ишончсизлиги учун бу релелар қўлланилмайди. Тезлиқни тахогенератор ёрдамида ўлчаш мумкин, бу эса иқтисодий жиҳатдан қиммат ва ишончсиздир.

Бундай схемаларда тезлик билвосита ўзгармас ток машиналарининг Э.Ю.К орқали асинхрон ва синхрон моторларида ротордаги ток частотаси ва Э.Ю.К орқали назорат қилинади. Э.Ю.К $E = C\omega$ бўлгани учун $E = \omega$, яъни Э.Ю.К. тезлиқка тўғри пропорционал шунинг учун ω ўрнига E ни назорат этиш мумкин.



5-расм. Ўзгармас ток моторини тезлик функцияси бўйича ишга тушириш схемасининг бўлаги.

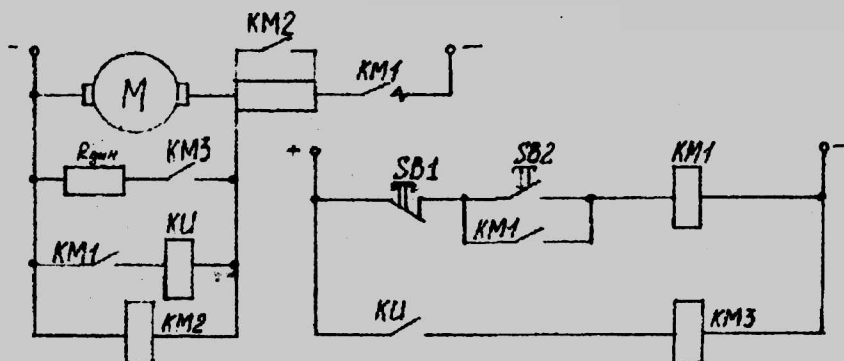
5- расмда ўзгармас ток моторининг тезлик функцияси бўйича ишга тушириш схемаси бўлаклари ва графиклари келтирилган.

KM2, KM3, KM4, тезлатиш контакторлари ғалтаклари мотор якoriga уланган ва ҳар хил кучланишга соzланган. Мотор тезлиги ортган сари унинг ЭЮК ортиб боради. Маълум ω_1 , ω_2 , ω_3 тезликларда KM2, KM3 ва KM4 контакторлар ишга тушади ва бу контакторлар ўзларининг бош контактлари ёрдамида бирин-кетин поғона қаршиликлари Γ_1 , Γ_2 , Γ_3 ни чиқаради.

Афзалликлари. Кам аппаратлар қўлланиши (тезлатиш релелари йўқ.).

Етишмовчиликлари;

1) Амалиётда мотор ҳар хил шарт-шароитларда ишга туширилади, бу эса қаршиликлар чиқарилган пайтда тезликни ўзгартишига олиб келади. Контактор - ғалтаги кизиган пайтда улар катта тезликларда ишлайди.



6-расм. Ўзгармас ток моторини тезлик функцияси бўйича динамик тормозлаш схемасининг бўлаги.

2) Ўттиш тезликларини, ишга тушириш қаршиликларини, токнинг максимал қийматларини ўзгариши.

3) Контактларни ишга тушириш кучланишини бири-бирдан катта фарқ қилиши.

Бу усул моторнинг автоматик равишда тормозлашда кенг қўлланилади.

Ўзгармас ток моторининг тезлик функциясида динамик тормозлаш схемаси бўлаги 6-расмда кўрсатилган.

Тўхтатиш кнопки SB1 босилганда линия контактори KM1 ўчади ва ўзининг бош контакти билан моторни тармоқдан узади. KM1 нинг блок контакти KU динамик тормозлаш релесини якорга улайди. Мотор инерцияси билан айланишда давом этганлиги туфайли унинг Э.Ю.К.сидан KU ишга тушади ва динамик тормозлаш контактори KM3 ни улайди. Ўз навбатида KM3 нинг бош контакти мотор якorigа динамик тормозлаш қаршилигини улайди. Мотор генератор режимига қайтиб тормозланади ва тезлик $\omega \approx 0$ бўлганда KU ўчади ҳамда KM3 ни ўчиради. Ўз навбатида KM3 динамик тормозлаш қаршилигини якордан узади.

Динамик тормозлаш қаршилигини ҳисоблаш

Тормозлашнинг бошланиш пайтида тормозлаш қаршилиги қуйидаги тенглама билан аниқланади.

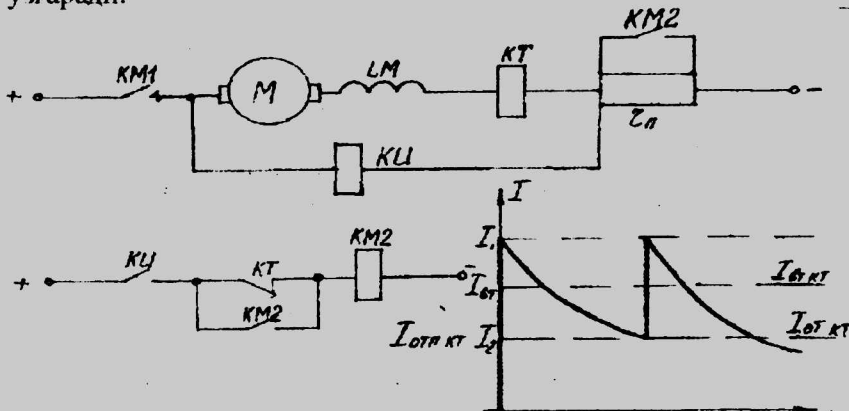
$$r_T = \frac{E_M}{I_D} - r_{\gamma}$$

$E_M = E_H \frac{\omega_M}{\omega_H}$ динамик тормозлаш бошланишидаги ЭЮК

нинг максимал қиймати: ω_M - тормозлаш бошланишидаги максимал тезлик; $E_H \omega_H$ - ЭЮК ва тезликнинг номинал қийматлари; γ_d - якор ва қўшимча қутбларнинг қаршилиги. Вақт релесини танлаётганда реленинг якорини қўйиб юбориш кучланиши минимал бўлишини ҳисобга олиш даркор, яъни $(0,1 \div 0,15) U_H$.

5. Ток принципида ишловчи электр моторни ишга тушириш ва тормозлаш схемаси бўлаклари.

1 -расмдан кўриниб турибдики ишга тушириляётган пайтда мотор якоридagi ток I , қийматидан I_0 қийматгача ўзгаради.



7-расм. Ўзгармас ток моторини ток функцияси бўйича ишга тушириш схемасининг бўлаги.

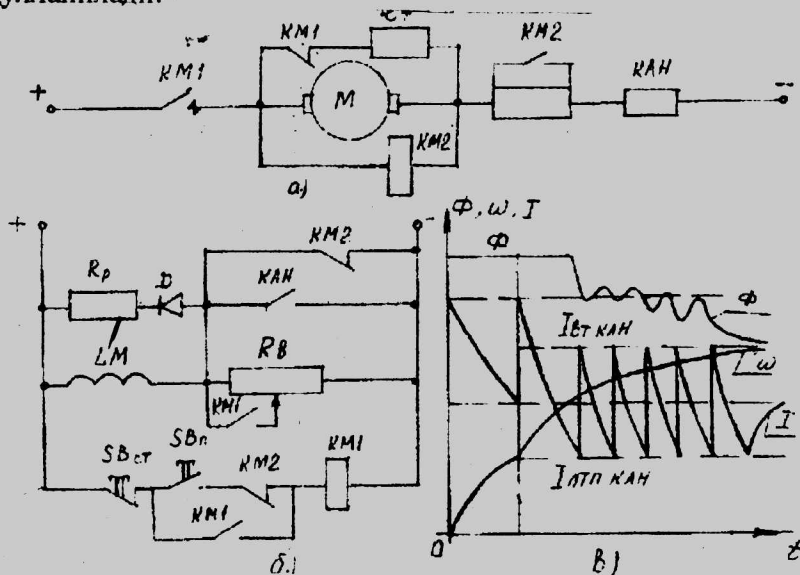
Шундай автоматик қурилма танлаш мумкинки, у ишга тушириш поғона қаршиликларини токнинг I_2 қийматида чиқариб ташлайди. Бундай аппарат бўлиб ток релеси хизмат қилади.

7-расмда ўзгармас ток моторини ток функцияси бўйича ишга тушириш схемаси бўлаги келтирилган. Бу ерда тезлатиш релеси КТ мотор якори билан кетма-кет уланган ва токнинг қиймати I_2 га тенг бўлганда ўчади. КТ контакти эса тезлатиш контактори КМ2 ни улайди, ўз навбатида КМ2нинг бош контакти ишга тушириш поғона

қаршичилигини чиқариб ташлайди.

KM1 релесини тортилиш токи I_1 дан кичик қўйиб юбориш токи эса I_2 га тенг. КУ релеси KM1 уланганда KM2 уланиб қолмаслиги учун хизмат қилади.

Ток принципини мустақил қўзғатиш чулғамли двигателни автоматик равишда ишга тушириш, тормозлаш ва реверсланда магнит майдонини бошқаришда кенг қўлланилади.-



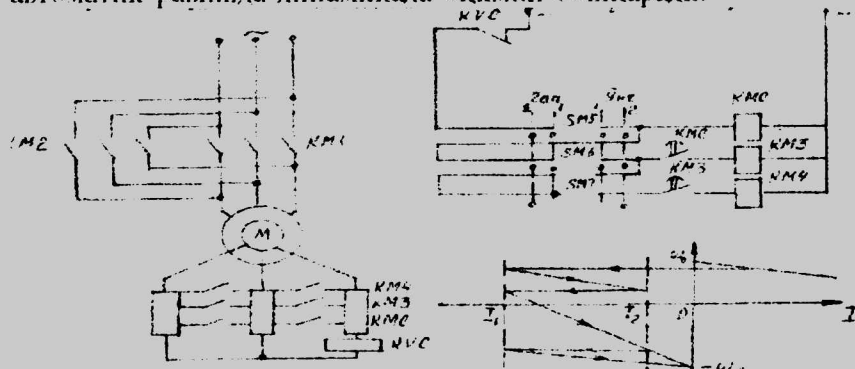
8-расм. Ўзгармас ток моторини асосий тезликда юқори тезликкача ток функцияси бўйича ишга тушириш схемаси.

Ўзгармас ток моторини ток функцияси бўйича магнит майдонини пасайтириб асосий тезликдан юқори тезликкача ишга тушириш схемаси бўлаги ва ўткинчи жараён графиклари 8- расмда келтирилган.

Асосий тезликка етгандан сўнг, токнинг қиймати $I_{кан\ твп}$ га етганда КАН релеси ўчади ва қаршилик R_p ни қўзғатиш чулғами LM занжирига киритади. Натижада қўзғатиш токи камайиб магнит оқими пасаяди. Мотор тезлиги ортади. Майдон камайганлиги якор токини орттиришига олиб келади ва ток қиймати $I_{ст} = I_{кан\ тоот}$ га етганда КАН релеси ишга тушади ҳамда R_B ни қўзғатиш чулғами занжирдан чиқариб ташлайди. оқим орта бошлайди якор токи эса камайди

$I = I_{\text{кан. том}}$ га етганда КАН релесин яна то мотор текниги LM занжиридаги реостат ҳолати билан аниқланадиган тезликка етмагунча бир неча марта камайтирилади (ўткинчи жараён графигига қаранг).

Ўткинчи жараён графигидан кўриниб турибдики, ток ўзгариши мураккаб характери кўп ҳолатлар билан боғлиқ магнит майдонини пасайиш жараёнида чулғамининг электромагнит вақт доимийлиги $T_R = L_R / R_R$ машина тўйинган пайтда минимал қийматдан машина тўйинмагандаги максимал қийматгача ўзгариши ва бу қийматнинг ўзгариши КАН релесининг ҳар таги ишлатишда ўзгариши билан боғлиқ. Мотор маълум текник ω таъча оқим пасайган ҳолда тормозланади. ω пасайганда КМ2 ўчади ва R_R қаршичилигини чиқариб ташлайди, ҳамда оқим номинат қийматга эришади, бунда тормозлаш оқимнинг номинат қийматида давом этади. Шундай қилиб вибрацион қурилма ток принципини қўллаган ҳолда автоматик равишда динамикада оқимни бошқаради.



9-расм. Асинхрон моторни ток функцияси бўйича тескари улаб тормозлаш схемасининг бўлаги

Бу схеманинг афзалинги вақт принципитга қараганда схеманинг соддароқлигидадир.

Ток принципи асинхрон моторларни ишга тушириш ва тормозлашда кен қўлланилади. Фаза роторли асинхрон моторни тескари улаб автомат тормозлаш схемаси бўлаги 9- расмда келтирилган. Схемадан кўриниб турибдики тескари улаш релеси KVC нинг контакти тезлатиш контакторлари КМ3, КМ4 ва тескари улаш контактори КМС занжирига уланган.

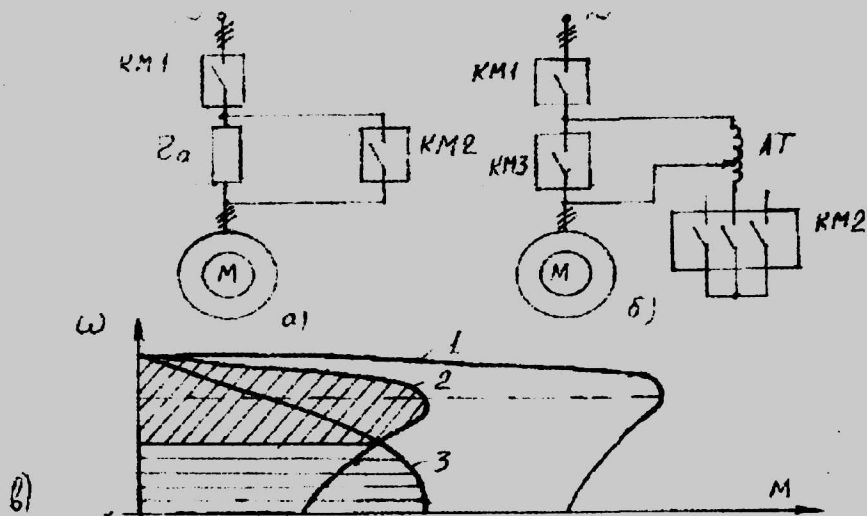
Буйруқ контроллерларини бир чекка ҳолатидан бошқа чекка ҳолатига ўтказганда (реверслаш мақсадида) буйруқ контроллери нот ҳолатдан ўтаётганда ҳамма контакторлар ўчади. Бошқа йўналиш контактори уланганда тескари уланш содир бўлади (иккита фаза ўрни алмашади). Токнинг сакрашилани (тескари уланганда катта ток оқиб ўтади) KVC релеси ишлайди. Мотор тескари уланш билан тормозлана бошлайди, ротор токи ва тезлиги пасая бошлайди. Нова яқин лезиқда ток $I_{\text{авт. раз.}}$ тоқпача пасаяди. KVC релеси ўчади ва КМС контакторини улайди, мотор эса тескари бўлмоша (тескарига) айлана бошлайди. Шундай қилиб KVC ёрдамида ток принципи бўйича мотор тўхтагунча КМС, КМ3 ва КМ4 контакторларини улашмаслиги таъминланади. Бу эса асинхрон моторни тормозлаш вақти тутагунга қадар ротор занжирига катта қаршилик кирғазил ва токни чегаралаш имконини беради.

6. Асинхрон ва синхрон моторларни ишга туширишни таъминлайдиган статор занжири бўлаклари.

10- / расмда ўзгарувчан ток моторини ишга туширишни таъминлайдиган статор занжири бўлаклари келтирилган. Бу ерда ишга тушириш токнинг чегаралаш мақсадида статор занжирига актив ёки индуктив қаршилик (10-а расм) ҳамда автотрансформатор АТ (10-б расм) уланган. тўғридан-тўғри улаб ишга тушириш (2-график) ва автотрансформатор орқали ишга тушириш (3 график) тавсифлари 10-в расмда келтирилган. Актив ва индуктив қаршилик улаб ишга тушириш графиги 10-в расмдан 2-графикда кўрсатилган.

Қисқа туташган роторли асинхрон моторлар 220 ÷ 6000 В гача кучланишга ва 0,6 ÷ 1000 кВт гача қуввага тайёрланади. Синхрон моторлар эса 220 ÷ 10500 В ва 50 ÷ 14000 кВт гача тайёрланади.

Синхрон мотор роторда ишга тушириш қуллагига эга. Агарда мотор ва тармоқ тўғридан-тўғри улашни тоқово этса у ҳолда тўғридан-тўғри тармоқка улаб моторни ишга тушириш мумкин.



10-расм Ўзгарувчан ток моторларининг ишга тушириш схемасининг бўлаклари (а,б) ва механик тавсифи (в).

Агар ишга тушириш токи $I_{\text{иш.туш}}$ кагга бўлса ва ишга тушириш моменти $M_{\text{иш}}$ ни чегаралаш керак бўлса, у ҳолда статор занжирига актив ва индуктив қаршилик улаб ишга туширилади.

Агарда берилган токни чегаралаш қийматида энг кагга ишга тушириш моментини таъминлаш керак бўлса автотрансформатор орқали ишга тушириш қўлланилади. Актив ва индуктив қаршилик орқали ишга туширилганда $M_{\text{иш.туш}} = I^2$ бўлади. Қўшимча қаршиликлар ва уларсиз моментлар писбаги:

$$M_{\text{иш}}^{\text{д}} = \frac{I_{\text{иш.туш}}}{M_{\text{и.иш.туш}}} = \frac{I_{\text{иш.туш}}^2}{I_{\text{и.иш.туш}}} = k^2 \quad \text{бу ерда} \quad k = \frac{I_{\text{иш.туш}}}{I_{\text{и.иш.туш}}}$$

Автотрансформатор орқали ишга туширилганда момент биринчи даражага пропорционал равишда камаяди. Автотрансформатор (АТ) бирламчи ва иккиламчи гомондари учун:

$$I_{\text{иш}} U_{\text{иш}} = k I_{\text{и.иш.туш}} U_{\text{иш}} \approx U_{\text{ТН}} I_{\text{Т.иш.туш}} = \sqrt{2 I_{\text{и.иш.туш}}} \sqrt{k_{\text{иш}}}$$

$$M_{\text{торм.торм.}} = \left(\frac{M_{\text{торм.торм.}}}{I_{\text{норм.торм.}}} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{2} \cdot I_{\text{норм.торм.}}}{I_{\text{норм.торм.}}} \right)^2 \cdot k$$

Шундай қилиб токни максимал қийматининг четаралаш билан бир пайтда моментни максимал қийматининг таъминлаш керак бўлган механизмларнинг электр юритма моторларининг автотрансформаторлар орқали ишга тушириш керак.

Назорат саволлари.

1. Моторларни ишга тушириш тормозлаш ва реверслаганини қандай принципларини биласиз?
2. Моторларни ишга туширишда якор ёки ротор запжирига резистор нима мақсадида киритилади?
3. КТ1 ва КТ2 релелари (3-расм) қандай вазифани бажаради?
4. Вақт бўйича бошқаришнинг қандай афзалликлари ва етишмовчиликлари бор?
5. Ўзгармас ток моторини вақт бўйича тормозлаш схемаси бўлагининг ишлаганини тушунтириб беринг.
6. Ўзгармас ток моторини вақт бўйича ишга тушириш схемасини ишлаганини тушунтириб беринг.
7. Асинхрон моторни вақт бўйича ишга тушириш схемаси бўлагининг ишлаганини тушунтириб беринг.
8. Моторни ишга тушириш, тормозлаш ва реверслагани тезлик бўйича бошқаришда тезликни бевосита ва бивосита назорат этиш йўллариини тушунтириб беринг.
9. Динамик тормозлаш қаршилиги қандай ҳисобланади?
10. Ўзгармас ток моторини ток бўйича бошқаришнинг (7-расм) схемаси бўлагини тушунтириб беринг.
11. Ўзгармас ток моторини асосий тезликдан юқори тезликкача ток бўйича ишга тушириш схемаси бўлагининг ишлаганини тушунтириб беринг (8-расм).
12. Фаза роторли асинхрон моторни ток бўйича тескари улаш усули билан тормозлаш схемаси бўлагини ишлаганини тушунтириб беринг (9-расм).
13. Асинхрон ва синхрон моторларни ишга туширишда статор запжирига актив ёки индуктив қаршилик нима мақсадида уланади?
14. Асинхрон моторни автотрансформатор орқали ишга туширишнинг афзалликлари нимагадир?

7. Қисқа туташган асинхрон моторларни ишга тушириш, тўхтатиш ва реверслашнинг андозавий схемалари.

Нореверсив асинхрон моторни бошқариш андозавий схемаси 11- расмда келтирилган. Схема асинхрон моторни тўғридан-тўғри тармоққа улаб ишга туширишни таъминлайди.

Схемада қуйидаги ҳимоялар қўлланилган :

а) Моторни ўта юкламадан иккита иссиқлик релелари КК1 ва КК2 орқали ҳимояланади.

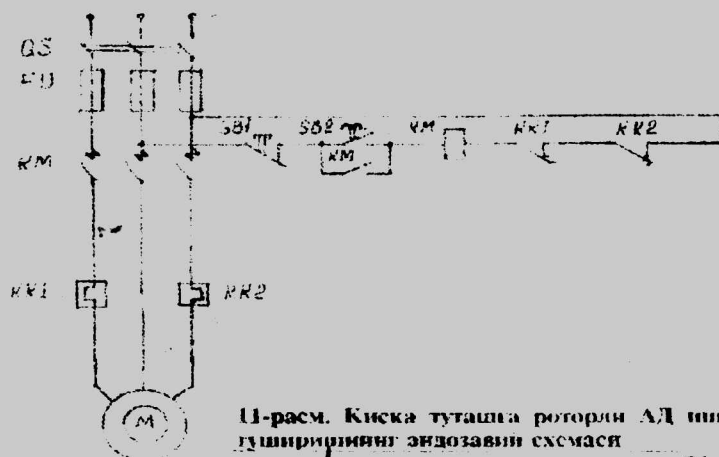
б) Қисқа туташувдан FU ҳимоялагичлар сақлайди.

в) Нол ҳимоя линия контактори КМнинг туташтирувчи контактлари (SB2 кнопкасига параллел уланган) орқали амалга оширилади. Ишга тушириш учун ишга тушириш кнопкаси SB2 босилади, у ҳолда КМ контактори занжири уланади, ўз навбатида КМнинг бош контактлари статорни тармоққа улайди.

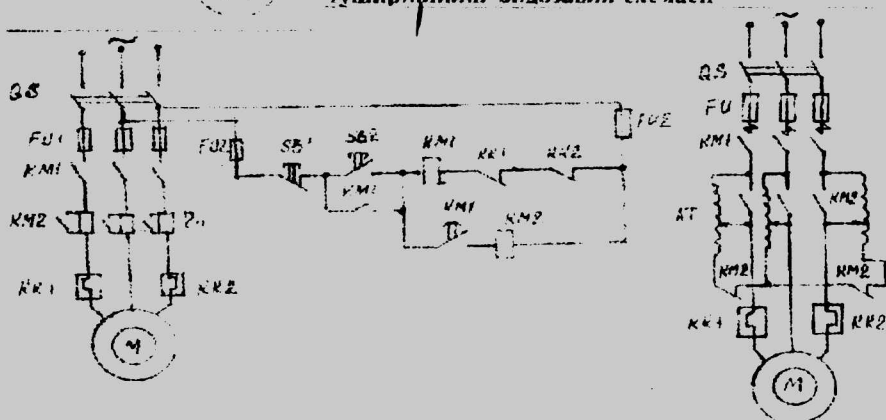
Моторни тўхтатиш ўз-ўзича айланиб тўхтатиш билан (тормозлаш қўлланилмайдиган) амалга оширилади, яъни бунда тўхтатиш кнопкаси SB1 босилиб КМ занжири узилади ва КМнинг бош контактлари мотор статорини тармоқдан узи.

Қисқа туташган роторли асинхрон мотор кўпинча магнит ишга туширувчи(кугн ичиди контактор, иссиқлик релелари, сақлагичлар, кнопкалар 11-расмда кўрсатилган маълум схема бўйича уланган ҳолда) гайёр маҳсулот орқали бошқарилади. Мазкур схема 100 кВт гача бўлган моторлар учун қўлланилади.

12-расмда асинхрон мотор ишга тушириладиган пайтида статор занжирига қаршилиқ уланадиган схема келтирилган. Бу ерда 11-расмдаги ҳимоялардан ташқари бошқариш занжирларини қисқа туташувдан сақлайдиган FU сақлагич қўлланилган. Моторни ишга тушириш учун SB2 кнопкасини босилади. Бу ҳолда КМ1 линия контактори ишга тушади ва ўз бош контактлари орқали мотор статорини қаршилиқлар орқали тармоққа улайди. КМ1 контакти вақт ўтиши билан КМ2 занжирини улайди.



11-расм. Киска туташта роторни АД ишга туширишнинг андозавий схемаси



12-расм. Асинхрон моторни андозавий бошқариш схемаси

а) статор занжирига актив қаршилик уланган ҳолда,

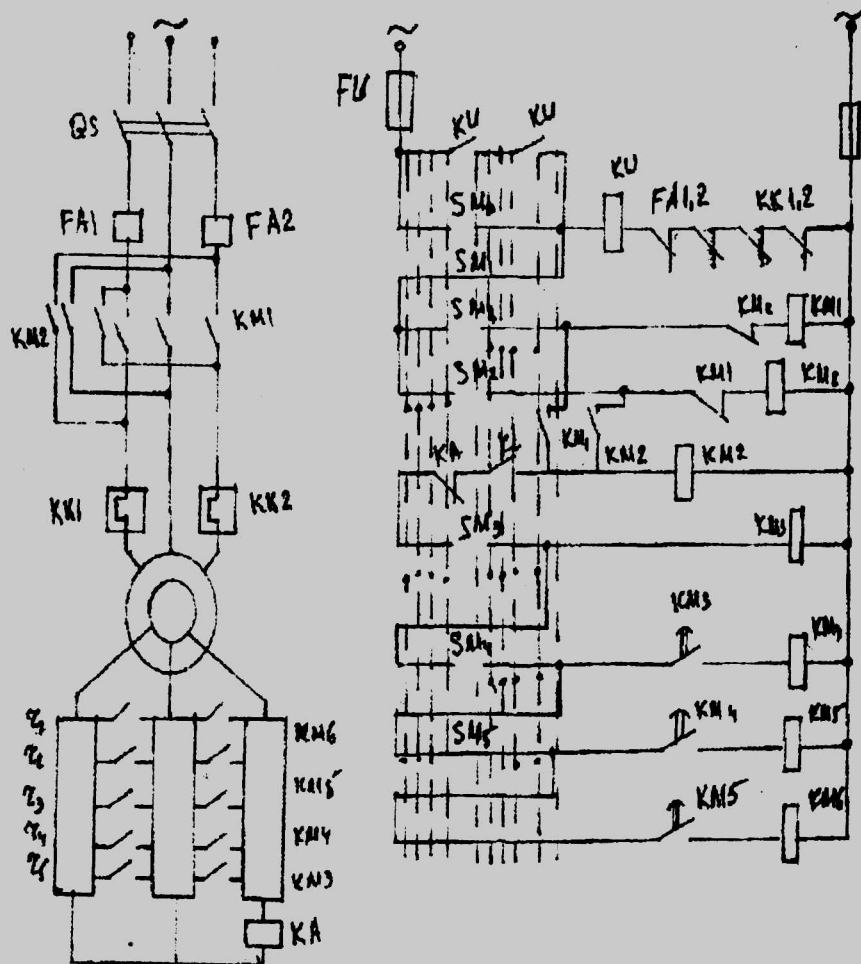
б) автотрансформатор ёрдамида ишга тушириш.

Ўз навбатида KM2 ишга тушиб статор занжиридаги қаршиликларни чиқариб ташлайди.

12-6 расмдаги схемала KM2 худди 12-а расмдаги функцияни бажаради, яъни ишга тушириш пайтида вақт ўтиши билан тўғридан-тўғри гармоққа улайди (автотрансформаторни чиқариб ташлайди).

8. Фаза роторли асинхрон моторни андозавий бошқариш схемаси.

Уч фазали фаза роторли асинхрон мотор схемаси



13-расм. Фаза роторли асинхрон моторни бошқариш

(13-расм) моторни вақт функцияси бўйича уч поғонала ишга

туширилиш, реверслаган пайтда ток функцияси бўйича тескари уланиш усули билан тормозлашни таъминлайди.

Схемада қуйидаги аппаратлар қўлланилган:

А) йўналиш контактори олдга КМ1 ва ортга КМ2;

Б) тескари уланиш контактори КМ3;

В) тезлатиш контакторлари КМ4÷КМ6;

Г) кучланиш релеси КУ;

Д) максимал ток релелари FA1; FA2;

Е) исиклик релелари КК1 ва КК2;

Ж) блокировка релеси КV;

З) буйруқ контроллери SM.

Схемада қуйидаги химоялар қўлланилган:

а) якор занжири қисқа туташув ва максимал тоқлардан FA1 ва FA2 релелари орқали;

б) ўта юкламадан КК1 ва КК2 релелари орқали;

в) нол химоя КУ релеси орқали;

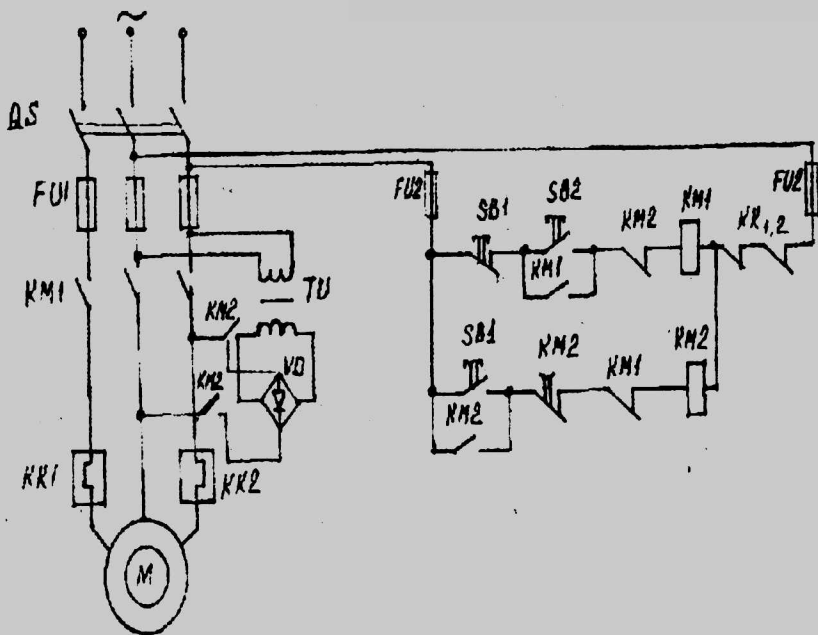
г) бошқариш занжири қисқа туташувдан FU саклагичлари ёрдамида.

Моторни ишга тушириш буйруқ контроллерларини нол ҳолатида кучланиш релеси КУ ишга тушади, моторни олд йўналишда айлантириш учун буйруқ контроллерини ўнг томонга энг охири ҳолатга қўйилади. Бунда контроллернинг SM1; SM3, SM4, SM5, SM6 контактлари уланади, натижада КМ1 контактори, КV релеси ва КМ3 контактори ишлайди. Бу ҳолда мотор тармоққа уланади ва тескари уланиш қаршилиги чиқариб ташланади (мотор ишга тушаётганда тескари уланишда ишлатилган қаршилик чиқариб ташланади). Мотор айлана бориш билан биргаликда вақт функцияси бўйича тезлатиш контакторлари КМ4÷КМ6 орқали поғона қаршиликлари чиқариб ташланади.

Моторни реверслаган пайтда схема 9-расмдаги схема каби ишлайди.

9. Қисқа туташтирилган роторли асинхрон моторни динамик тормозлаш андозавий схемаси.

Қисқа туташтирилган роторли асинхрон моторни бошқаришнинг андозавий схемаси 14-расмда келтирилган.



14-расм. Динамик тормозланувчи асинхрон моторни андозавий бошқариш схемаси.

Схема асинхрон моторни ишга тушириш ва вакт функцияси бўйича динамик тормозлаш кўйда тутати.

Моторни ўта юкланишдан иссиқлик релелари КК1 ва КК2 ёрдамида ҳимояланади, кучли ва бошқариш занжирлари қисқа туташувдан FU1 ва FU2 сақлагичлар орқали ҳимояланади.

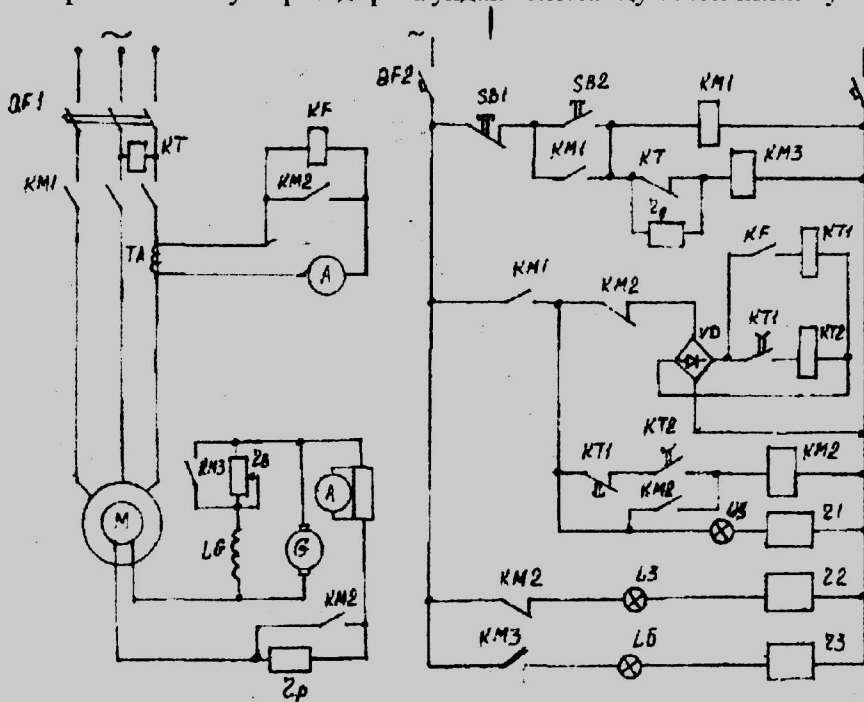
Моторни ишга тушириш SB2 кнопоксини босиш билан амалга оширилади, бу ҳолда линия контактори КМ1 ишлаб, ўзининг бош контакти орқали моторни тармоққа улайди.

Моторни тўхтатиш учун тўхташ кнопки SB1 ни босилади, бунда КМ1 контактори ўчади ва унинг бош контактлари моторни тармоқдан узати. КМ1 нинг узувчи контакти динамик тормозлаш контактори КМ2 ни улайди, ўз навбатида КМ2 нинг бош контактлари моторнинг иккита статор чулғамини ўзгармас ток манбаи

VB га улайди. Мотор тезлиги нолга яқинлашганда KM2 нинг ҳаяллаш вақти тугайди ва унинг блок контакти KM2 занжирини узди. Бу ерда KM2 контакторга ҳаялашни таъминлайдиган қурилма тиркалган.

10. Синхрон моторни ишга тушириш схемаси бўлаклари.

Синхрон моторни ишга туширишнинг энг содда усулларидан бири бу кўзғатгични тўғридан-тўғри уланган ҳолда моторни ишга туширишдир. Бундай схема кўзғатгичнинг ўз-



15-расм. Синхрон моторни бошқаришнинг андосвий схемаси.

ўзини кўзғатиш вақти моторнинг ўз ўрнатилган тезлигига чиқиб олиш вақтидан камроқ бўлган моторлар учун ишлатилади ва бундан ташқари қаршилик моменти M_c моторнинг номинал моментининг 40% дан кам қисмини ташкил этганда, яъни $M_c < 0.4 M_n$ ганда қўлланади.

Агарда $M_c < 0.4 M_n$ бўлса мотор роторига разрядловчи қаршилик r_p орқали уловчи схема билан моторни ишга тушириш амалга оширилади, бу қаршилик синхрон олди тезликгача чиққанда қисқа тугаштирилади. Разрядловчи қаршилик мотор ишга тушириляётган пайтда ротор чулғамини ўта кучланишдан сақлайди, механик тавсифни яхшилайдди ва майдонини тезкор ўчиришни таъминляйдди, чулғамни индан чикаришдан сақляйдди. Разрядловчи қаршилик қиймати $r_p = (8 \div 10) r_{\text{рот}}$ этиб танляанади.

Синхрон моторни ишга туширишни андозавий схемаларидан бири 15-расмда келтирилган.

Схемада куйидаги аппаратлар қўлланилган Контакторлар:

- а) линия КМ1;
- б) кўзғатиш токини берувчи КМ2;
- в) форсировка КМ3;

Релелар :

- а) блокировка КТ1 ва КТ2;
- б) форсировка КТ

Схема куйидагача ишляйди:

Ишга тушириш учун SB2 кнопкаси босилади, бу ҳолда линия контактори КМ1 ишга тушиб ўзининг бош контактлари билан моторни тармоққа уляйди, мотор асинхрон режимда айлана бошляйди. Ток турткисидан (катта ток) КФ релеси ишляйди ва ўзининг тугаштирувчи контакти билан КТ1 ни уляйди, КТ1 нинг контакти КТ2 ни уляйди. Бу вақт оралиғида КМ2 контактори уланмай қоляди. Мотор синхрон олд тезликка эришганда ток қиймати камаляди ва КФ ўчади. Ҳаяллаш вақти тугагандан сўнг КТ1 контакти уланади, бунда КТ2 ҳаяллаш вақти ҳисобиға КМ2 занжири уланади. КМ2 ўзининг бош контактлари билан синхрон моторнинг кўзғатиш чулғамиға кўзғатиш токини уляйди ва мотор синхронизмға тортиляди. Агарда кучланишнинг қиймати пасайса КТ релеси ўчади, ва у КМ3 занжирида ўз контактини уляйди. КМ3 контакти

кўзғатгични кўзғатиш чулғами занжиридаги қаршиликни чиқариб ташлайди ва кўзғатишни тезлатишни (форсировка) таъминлайди. Шундай қилиб тармоқ кучланиши пасайганда мотор синхронизмдан чиқиб кетмайди.

11. Ўзгармас ток моторини бошқаришнинг андозавий схемаси (тескари улаб тормозлаш)

16-расмда келтирилган схема ўзгармас ток моторини вақт бўйича икки поғонада ишга туширади, моторни реверслаган вақтда у тескари улаш усули билан тормозланади.

Схемада қуйидаги аппаратлар қўлланилган:

Контакторлар :

а) «олдга» йўналиши КМФ ва «ортга» йўналиши КМР;

б) линия КМ1;

в) тескари улаиш КМ2;

г) тезлатиш КМ3 ва КМ4;

Релелар:

а) максимал ток КА1 ва КА2;

б) кучланиш КУ;

в) тезлатиш КТ1 ва КТ2;

г) тескари улаиш олдга КVF ва ортга KVR.

Улагичлар:

а) кучли занжир учун QS1

б) бошқариш занжири QS2

Схемада қуйидаги ҳимоя турлари қўлланилган:

а) моторни қисқа туташув ва ўта юкланишдан КА1 ва КА2 релелари орқали;

б) бошқариш занжиридаги қисқа туташувдан FU1 орқали;

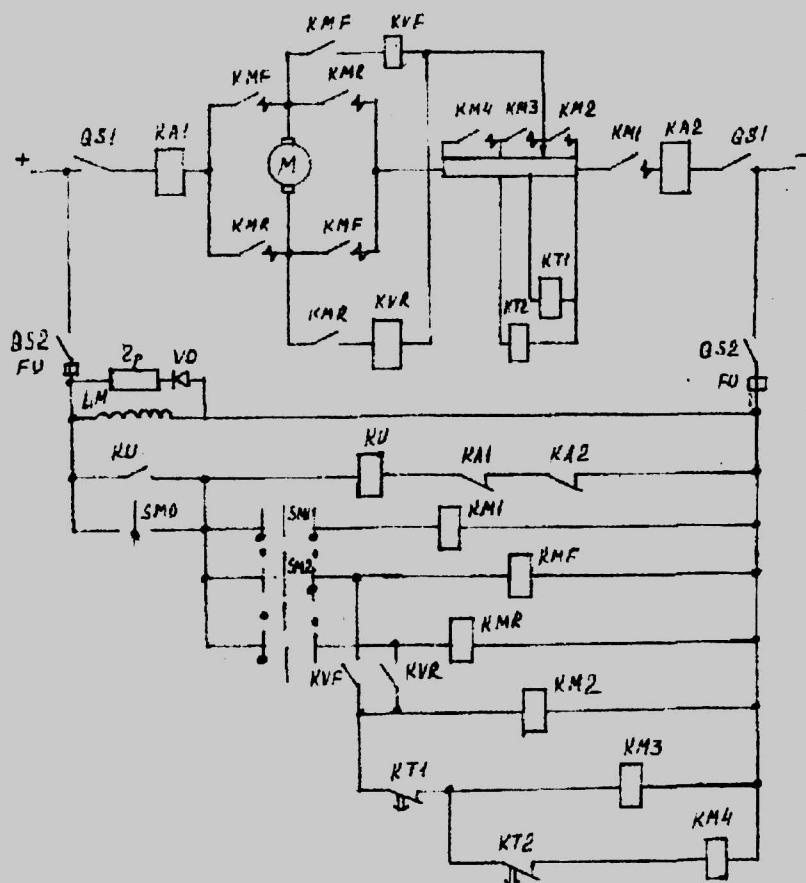
в) кўзғатиш чулғамини тармоқдан узаётганда ўта кучланишдан разрядловчи қаршилик R₀ орқали ;

г) нол ҳимоя кучланиш релеси КУ орқали ;

Моторни буйруқ контроллери орқали бошқарилади. Схема тармоққа улангандан сўнг кўзғатиш чулғами LM ва кучланиш релеси КУ уланади ва схема ишга туширишга тайёр ҳолга келади.

Буйруқ контроллери чекка ўнг ҳолатга қўйилганда КМ1 ва КМФ контакторлари уланиб улар ўзларини бош контактлари билан моторни ишга тушириш

қаршиликларни орқали тармоққа улайдилар. Бу ҳолда KVF релеси, ҳамда қаршиликлардаги кучланиш тушишидан KT1 ва KT2 релелари ишлайди.



16-расм. Ўзгармас ток моторини бошқаришнинг андозавий схемаси (тескари улаш усули билан тормозлаш).

KVF нинг уловчи контакти KM2 контакторини улайди, KM2 ишга туширишнинг бошланғич пайтда тескари уланиш қаршилигини чиқариб ташлайди ва вақт-функцияси бўйича

мотор ишга туширилади.

Моторни тескари томонга айлантириш учун буйрук контроллерини чекка ўнг ҳолатдан чекка чап ҳолатга ўтказилади. Буйрук контроллери нол ҳолатдан ўтаётганда КМ1, КМФ, КМ2, КМ3, КМ4 контакторларининг чекка чап ҳолатида КМ1 ва КМР контакторлари ишлаб моторни ўзгармас ток тармоғига тескари улайди ва мотор тескари уланиб тормозлаш ҳолатига ўтади.

КМР контакторининг блок контакти ортга, тескари уланиш релеси КВР занжирини улайди. Лекин КВР релесидаги кучланиш бу ҳолда мотор Э.Ю.К. ва тармоқ кучланиши орасидаги фарққа тенг бўлгани учун ва бунда Э.Ю.К. катта қийматга эга бўлганлиги учун орадаги фарқ кичик бўлади, шунинг учун КВР релеси ишламайди, ҳамда КМ2, КМ3 ва КМ4 контакторларига уланиш имкониятини бермайди. Бу ҳолда барча қаршиликлар якор занжирига киоргазилган бўлиб улар мотор тескари уланганда якор токни ортиб кетишидан сақлайди. Чунки мотор тескари уланганда ток қиймати Э.Ю.К. ва кучланишнинг қўшилиши ҳисобига икки баробарга ортиб кетади.

Мотор тезлиги камая борган сари Э.Ю.К. пасайиб тезлик нолга яқинлашганда КВР ишлайди ва моторни тескари томонга ишга тушириш амалга оширилади.

Тескари улаш поғона қаршилигини ҳисоблаш.

Тормозланишнинг бошланғич моменти учун:

$$U_H + E_m = I_D (r_{\text{я}} + r_{\text{п.к.}} + r_{\text{т.у}}) = I_D r$$

бу ерда E_m - ЭЮК нинг тормозлаш бошланган пайтдаги максимал қиймати

$r_{\text{п.к.}}$ - поғона қаршиликлар йиғиндиси

I_D - мумкин бўлган ток турткиси (тормозлаш бошлангандаги масимал ток)

Бу ерда
$$r_{\text{т.у.}} = \frac{U_H + E_m}{I_D} - r_{\text{я}} - r_{\text{п.к.}}$$

Тескари уланиш релелари КВФ ва КВР маълум тезликда (асосан $\omega \ll 0$ бўлганда) тормозланишни тўхтатишга импульс беради.

$$U_{\text{т.у.}} = U_H - i r_{\text{я}}$$

Тескари улангандага мотор токи

$$i = \frac{U_H - E_m}{r} = \frac{U_H - K\phi\omega}{r} \quad \text{бу шартлардан}$$

$$U_{T.Y} = U_H - (U_n + K\phi\omega) \frac{r_x}{r}$$

бу ерда U_{tv} - тескари уланиш релесига берилаётган кучланиш

$$U_{T.Y \text{ торг}} = 0,8U_H \left(1 - \frac{r_x}{r} \right)$$

12. Ўзгармас ток моторини бошқаришнинг андозавий схемаси (динамик тормозлаш)

Ўзгармас ток моторини 17-расмда келтирилган схемаси моторни ишга тушириш, реверслаш, моторни динамик усулда тормозлаш, магнит майдонни камайтириш йўли билан асосий тезликдан юқори тезликкача ишга туширишни таъминлайди.

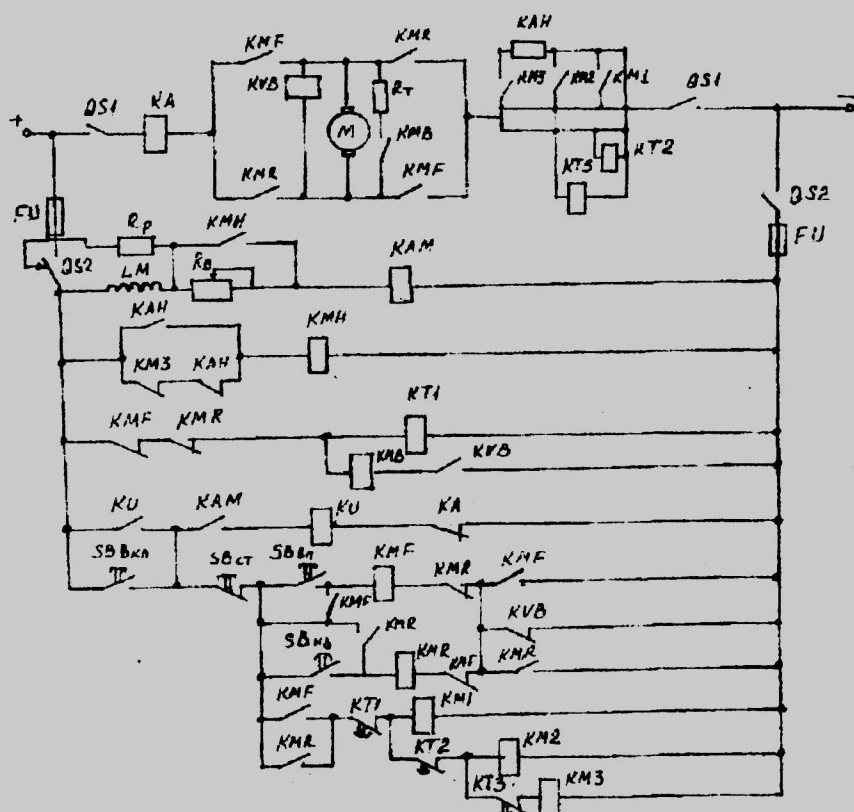
Моторни асосий тезликкача ишга тушириш уч поғонада вақт бўйича амалга оширилади. Асосий тезликдан юқори тезликкача ишга тушириш ток функцияси бўйича титратиш (вибрация) усули билан амалга оширилади. Моторни тўхтагиш тезлик функцияси бўйича динамик усулда амалга оширилади.

Схемада қуйидаги аппаратлар қўлланилган:

- а) «олдга» КМР ва «ортга» КМК. айлантриш контакторлари;
- б) тезлатиш контакторлари КМ1, КМ2 ва КМ3;
- в) магнит майдонини бошқариш контакторлари КМН;
- г) динамик тормозлаш контактори КМВ;
- д) максимал ток релеси КА;
- е) майдон ўзлашганини назорат этувчи реле КАМ;
- ж) майдонни бошқариш релеси КАН;
- з) кучланиш релеси КУ;
- и) тезлатиш релелари КТ1, КТ2, КТ3 ;
- к) динамик тормозлаш релеси КВВ;

Схемада қуйидаги ҳимоялашлар қўлланилган:

- а) моторни ўта юкланишдан сақлаш КА релеси орқали амалга оширилади.
- б) қўзғатиш чулғамини ўта кучланишдан разряддовчи қаршилиқ K_p ёрдамида ҳимояланади.
- в) моторни қўзғатиш чулғами узилиб кетишидан сақлаш КАМ релеси орқали амалга оширилади.
- г) нол ҳимоя КУ релеси ёрдамида амалга оширилади.
- д) бошқаринг занжирини қисқа туташувдан сақлаш FU сақлагичлар орқали амалга оширилади.



17-расм. Ўзгармас ток моторини бошқаришнинг андозавий схемаси (динамик тормозлаш).

Бундан ташқари схемада қуйидаги блокировкалар қўлланилган а) моторни майдон пасайтирилган ҳолда яъни магнит оқими номинал қийматдан кам бўлган ҳолда ишга туширилмаслик учун КУ релеси ғалтагида КАМ релесининг узувчи контакти орқати амалга оширилган:

б) бир йўналишда айлантирувчи контактор ишлаётган бўлса бошқа йўналишдаги контактор то мотор тўла тўхтагунга қадар ишлаб кетмасликни таъминлаш мақсадида KVB релесининг узувчи контакти КМҒ ва КМР контакторлари занжирига уланган.

Схемани ишга туширишга тайёрлаш учун кучли занжирда QS1 ва бошқариш занжирида QS2 узгич уланади, бу ҳолда КМН контактори ишлайди ва ўз контакти билан LM занжиридаги қаршилиқни чиқариб ташлайди. Бунда қўзғатиш чулғамида тўла оқим таъминланади ва КАМ релеси ишлайди, шундан сўнг SB ишга тушириш кнопки босилади ва КУ релеси ишлайди, энди схема ишлашга тайёр ҳолга келади.

Моторни олд томонга ишга тушириш учун SB олд кнопки босилади, бу ҳолда асосий тезликкача вақт функцияси бўйича икки поғонада мотор 3-расмдаги схемадагидек ишга тушади. Мотор табиий тавсифга чиққандан кейинги жараён 8-расмдаги схемадек кечади ва мотор асосий тезликдан юқори тезликка чиқади.

13. Электр моторларни ҳимоялаш.

Электр моторларни қисқа туташувдан сақлагичлар ёки автомат ўчиргичлар ёрламида амалга оширилади (18-расм). Максимал ток релелари (КА1 ва КА2) ўзгармас ток мотори ва фаза роторли асинхрон моторни катта тоқлардан сақлайди. Сақлагични номинал токи ёки автоматик ўчиргичнинг чегара токи номинал ҳолатида ишга туширилганда ($t_r < 5c$) қуйидаги шарт билан аниқланади,

яъни $I_{\text{чтн}} > 0.4 I_{\text{нт}}$, бу ерда $I_{\text{чтн}}$ - чегаралаш токининг номинал қиймати $I_{\text{нт}}$ - ишга тушириш токи.

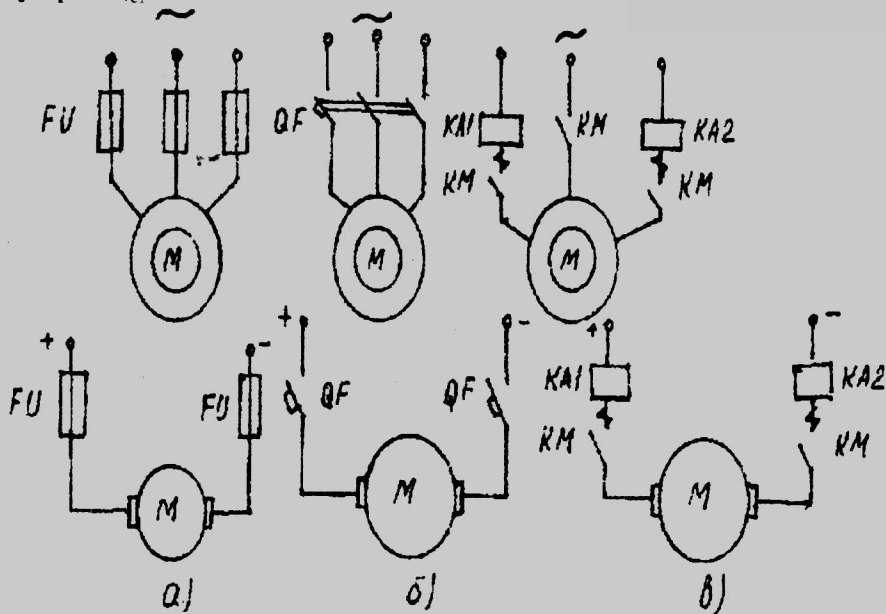
Ишга туширишнинг оғир ҳолатида ($t_{\text{нт}} > 10c$) ёки ишга тушириш юқори частота билан қайтарилганда;

$$I_{\text{нт}} \geq (0.5 \div 0.6) I_{\text{нт}}$$

Ишга туширишдан қатъий назар

$$I_{\text{вст}} = (1.3 \div 1.5) I_{\text{н.г}}$$

бу ерда $I_{\text{вст}}$ -автоматнинг ток қиймати



18 расм. Электр моторининг ҳимоялаш схемаси бўлаги

Ўзгармас ток мотори ва фаза роторли асинхрон моторлар учун:

$$I_{\text{ч.т.н}} = (1 \div 1.25) I_{\text{н.т.}}$$

$$I_{\text{вст.н}} = (1.2 \div 1.3) I_{\text{н.т.}}$$

Қисқа-қайта режимда ишлайдиган моторлар учун номинал ток қиймати $I_{\text{н}}$ ПВ=25% режимидаги ток олинади.

Бошқариш занжирларини ҳимоялаш учун;

$$I_{\text{ч.т.н}} = I_{\text{вст}} = 2.5 I_{\text{гап.}\Sigma}$$

$I_{\text{гап.}\Sigma}$ -бир вақт ичида ишлайдиган аппаратларнинг масимал сонидан оқайтган тоқлар йиғиндиси .

Узоқ муддатли иш режими учун электр моторларини қизишдан, ўта юкламалардан 2-та иссиқлик релеси ёки автомат ўчиргич ёрдамида сақланади.

Қайта ишлаш (ПВ) режимида эса иккита максимал ток релеси орқали ҳимояланади. Иссиқлик релесининг иситгич элементи ёки автоматик узгични иссиқлик узгичини $I_{взгн}$ қуйидаги шарт билан аниқланади.

$$I_{иситг.н} = I_{взг.н} \approx I_{II}$$

Максимал ток релесининг токи $I_{вст}$

$I_{зф} < I_{вст} < I_{2ф}$, бу ерда $I_{зф}$ ва $I_{2ф}$ - моторни уч ёки икки фазада ишлаётгандаги токи.

Назorat саволлари.

1. Қисқа туташган роторли асинхрон моторларни бошқариш схемаларида ҳимоялашнинг қандай усуллари қўлланилган?
2. Ишга тушириш кнопоксига қандай мақсадда блокировка қўйилган?
3. Нима учун статор занжирига иккита иссиқлик релеси уланган?
4. Фаза роторли асинхрон моторни ток бўйича тескари уланиш усулида тормозлаш схемаси (13-расм) ишлашини тушунтириб беринг.
5. Фаза роторли асинхрон моторни бошқариш схемасида (13-расм) қандай ҳимоя усуллари қўлланилган ?
6. Асинхрон моторни динамик тормозлашнинг афзаллик ва етишмовчилик томонлари нималардан иборат?
7. Синхрон моторни ишга тушириш схемасининг ишлашини тушунтириб беринг. Ишга тушириб юбориш чулғамининг роли нимадан иборат?
8. Берилган схемада (15-расм) моторнинг кўзгатиш чулғамига кучланиш бериш жараёни қайси усулда автоматлаштирилган?
9. Схемада (15-расм) қандай ҳимоя усуллари қўлланилган ?
10. Ўзгармас ток роторини ишга тушириш схемасида (16-расм) ишга туширишнинг қайси усули қўлланилган ва у қандай амалга оширилади?
11. Схемада (16-расм) тормозлашнинг қайси усули қўлланилган ва у қандай амалга оширилади?
12. Схемада (16-расм) қандай ҳимоялаш усуллари қўлланилган ?
13. Қарама-қарши улаш поёнаси (16-расм) қаршичилигини танлаш шартлари қандай?
14. Ўзгармас ток моторини асосий тезликдан юқори тезликка чиқаришда схеманинг (17-расм) ишлаши қандай кечади?
15. Схемада (17-расм) қандай блокировкалар амалга

оширилган ва у қайси мақсадларни кўзда tutади?

16. Ўзгармас ток моторини бошқариш схемасида (17-расм) қандай ҳимоялаш усуллари қўлланилган ?

14. Ўзгармас ток электр юритмаларининг тезлик ва моментини мўътадиллайдиган жамловчи кучайтиргичли ёпиқ тизимлар.

Ўзгармас ток электр юритмаларида ўзгармас ток мотори тезлигини узлуксиз мўътадилловчи статик тизим кенг қўлланилади.

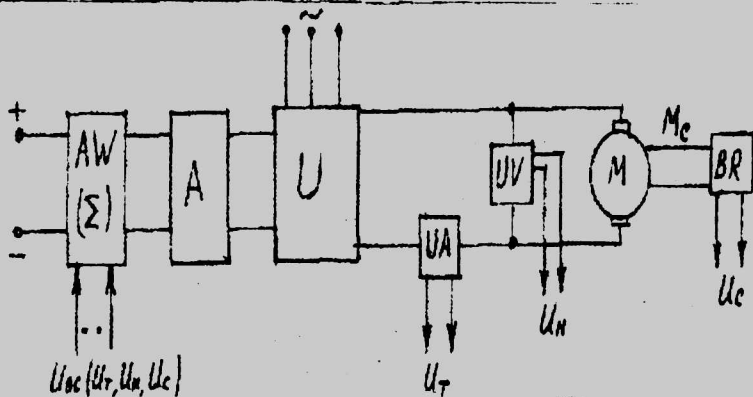
Бу тизим статик ва динамик режимларда тезликни юқори аниқликда мўътадиллаш имконини беради. Бундай тизимнинг функционал схемаси 19-расмда келтирилган. Бу ерда AW_{Σ} - жамловчи элемент; А- кучайтиргич ; U-ўзгарткич; IUU-кучланиш хабарчиси ; UA-ток хабарчиси; BR-тезлик хабарчиси;

Оралик кучайтиргич-А сифатида электр юритмаларда электр машинали, магнитли, транзисторли, интеграл кучайтиргичлар ишлатилади.

Электр юритма тизимида учта қаттиқ тескари боғланиш яъни, тезлик (ω) бўйича , ток (I) бўйича ва кучланиш (U) бўйича тескари боғланишлар ва уларнинг комбинациялари қўлланилади.

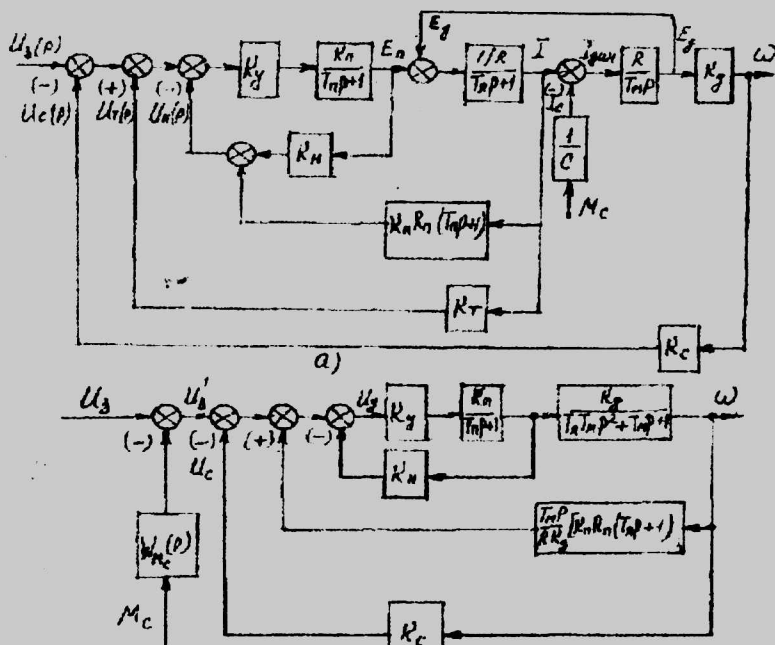
Мотор тезлигини мўътадиллаш учун тезлик ω ва кучланиш U бўйича манфий тескари боғланиш ва ток I бўйича мусбат тескари боғланиш қўлланилади. Моторнинг моментини мўътадиллаш учун ток бўйича манфий тескари боғланиш ва ω ҳамда U бўйича мусбат тескари боғланиш қўлланилади. Электр юритмани ўрнатган ва ўткинчи режимларда ишлаши ўзгарткични инерцияли звено деб ҳисоблаганда ва $\Phi = \text{const}$ бўлганда қуйидаги дифференциал тенгламалар билан аниқланади.

$$\left. \begin{aligned}
 U_3 + U_{oc} &= U_Y \\
 U_Y k_Y &= U_{yu} \\
 U_{yu} k_n &= R_n + T_n \frac{de_n}{dt} \\
 e_n &= \frac{\omega}{\kappa_o} + iR + L \frac{di}{dt} \\
 M - M_c &= J \frac{d\omega}{dt} \\
 i - I_c &= \frac{J}{C} \frac{d\omega}{dt}
 \end{aligned} \right\} (1)$$



19-расм. Жамловчи У-Д
схемаси.

тизимнинг функционал



20-расм. Жамловчи кучайтиргичли У-Д тизимининг тузилиш схемаси

бу ерда - U_v тизимнинг бошқариш кучланиши

U_{vh} - ўзгарткични бошқариш кучланиши

$K_d = I/k_f$ - моторни тезлик бўйича узатиш коэффициентлари

$C = M/j$ - моторни момент бўйича коэффициентлари

$J = J_c + J_{мех.шв}$ - юритманинг инерция моменти

Тескари алоқа сигналлари инерциясиз деб қабул қилинади ва қуйидагича аниқланади. Тезлик бўйича боғланишда $U_c = k_c \omega$, кучланиш бўйича боғланишда $U_n = k_n$; ток бўйича боғланишда $U_t = k_t$, бу ерда K_c , K_n , K_t - ω, I, U бўйича тескари боғланиш коэффициентлари.

Хабарчи сифатида ўзгармас ва ўзгарувчан ток тахогенераторлари, кучланиш бўлувчиси, шунт ва ток трансформаторлари ишлатилади. Ток трансформаторларидан олинган кучланиш тўғрилагичлар орқали ўзгармас токка айлантирилади.

Электр юритманинг умумий дифференциал

тенгламаси тескари боғланиш тенгламалари ва дифференциал тенгламаларини счиш натижасида олинади.

15. Жамловчи кучайтиргичли ўзгарткич-мотор ёпик тизимининг тузилиш схемасини тадқиқ ва таҳлил этиш.

Келтирилган тузилиш схемасидан (20-расм) ҳар қандай айрим боғланиш учун схемада керакли боғланишни қолдириб ушбу боғланишли схемани олиш мумкин. Электр юритма тузилишининг умумий узатиш функцияси 20-6 расмдаги тузилиш схемасидан олинади, бу схемада M_k тизимнинг киришига келтирилган, ток бўйича тескари боғланиш эса унинг чиқишига келтирилган. Бундай схемада электр юритмага умумий таъсир $U_3(P)=U_3(P)-M_c(P)W_{Mc}(P)$ га тенг, бу ерда U_3 -бошқариш таъсири, M_c - ажабланарли таъсир, $W_{Mc}(P)-M_c$ ни тизим киришига олиб келинган звенонинг узатиш функцияси. Бу узатиш функцияси шартли равишда ҳамма тескари боғланишлар таъсир этганда қуйидаги кўринишга эга бўлади.

$$W_{Mc}(P) = \frac{T_{II}P+1}{k_y k_{II}c} (T_{я}P+1) + k_H \frac{R_{Д}}{c} (1+T_{яД}) - \frac{k_T}{c} \quad (2)$$

Электр юритманинг умумий узатиш функцияси:

$$W(P) = \frac{\omega(P)}{U_3(P)} = \frac{[W_y(P)W_{II}(P)]_3 W_{Д}(P)}{1 + [W_y(P)W_{II}(P)]_3 W_{Д}(P) [W_2(P)W_T(P)]_3} \quad (3)$$

бу ерда $[W_y(P)W_{II}(P)]_3$ - кучланиш бўйича манфий тескари боғланган ўзгарткич ва кучайтиргичнинг узатиш функцияси. Бу узатиш функция қуйидагига тенг,

$$[W_{Д}(P)W_{II}(P)]_3 = \frac{W_y(P)W_{II}(P)}{1 + W_y(P)W_{II}(P)W_{н}(P)}$$

бу ерда $W_y(P)$, $W_{II}(P)$, $W_{Д}(P)$, $W_{н}(P)$, $W_T(P)$, $W_c(P)$, - кучайтиргичнинг, ўзгарткичнинг, моторнинг, кучланиш, ток ва тезлик бўйича тескари алоқаларнинг узатиш функциялари ва улар қуйидагича аниқланади:

$$W_y(P) = k; \quad W_{II}(P) = \frac{k_{II}}{T_{II}P+1}; \quad W_{Д}(P) = \frac{k_{Д}}{T_{я}T_{М}P^2 + T_{М}P+1}; \quad W_{н}(P) = k_{н};$$

$$W_T(P) = k_{н}R_T(T_{я}P+1) + k_T; \quad W_c(P) = k_c$$

Электр юритманинг ишлашини тадқиқ этиш

бошқариш таъсири бўйича $M_c=0$ бўлганда ёки ажабланарли (ташки) таъсир бўйича $U_3=0$ ёки $U_3=\text{const}$ бўлганда олиб борилади.

Электр юритмани созилаш ўрнатилган ёки ўткинчи режим бўйича талаб этилаётган статизм ва ўткинчи жараён сифатидан келиб чиққан ҳолда таъминланади.

Мотор тезлигини электр юритмада ўрналган режимда мўътадиллаш юкламага боғлиқ ҳолда амалга оширилади. Шунинг учун мўътадиллаш аниқлиги механик ва электромеханик тавсиф бўйича баҳоланади, тавсифлар тармоқ кучланишининг, атроф-муҳит ҳароратининг, доимийликнинг вақтига қараб ўзгаради. Буларнинг таъсири кучайтиргич ва ўзгарткичнинг кучайтириш коэффициентига орқали қопланади. ҳамма тескари боғланишлар таъсир этгандаги электромеханик тавсиф тенгламаси қуйидаги кўринишга эга.

$$\omega = \frac{U_3 k_y k_{II} k_D - IR k_D \left[1 + \left(k_H \frac{R}{R} - \frac{k_T}{R} \right) k_y k_{II} \right]}{1 + (k_c k_D + k_H) k_y k_{II}} \quad (4)$$

Шартли равишда тизимнинг ҳар бир тескари боғланиш таъсир этаётгандаги электромеханик тавсифини умумий тенгламадан фойдаланаётган тескари алоқа коэффициентини сақлаган ҳолда олиш мумкин ёки электр юритманинг дифференциал тенгламасидан $M_c=\text{const}$ ва $t \rightarrow \infty$ бўлганда олиш мумкин.

Ёпиқ тизимда тезликни мўътадиллаш даражаси ҳатолик сифатида очиқ тизимнинг ҳатолиги $\Delta\omega$ орқали аниқланади.

$$\Delta\omega = \Delta\omega_p \frac{1 + \left(k_H \frac{R_D}{R} - \frac{k_T}{R} \right) k_y k_{II}}{1 + (k_c k_D + k_H) k_y k_{II}} \quad (5), \quad \text{бу эрда}$$

$\Delta\omega = IR k_D$ - очиқ тизимнинг ҳатолиги.

Электр юритманинг ёпиқ тизимдаги ҳатолик тескари алоқа коэффициентлари ва ўзгарткич кучайтириш коэффициентига боғлиқ ва кўрсатилган коэффициентлар қанча юқори бўлса, ҳатолик ҳам шунча кам бўлади. Лекин қўлланилаётган тескари алоқа имконияти

уларни олиш учун қўлланилаётган хабарчиларга боғлиқ. Масалан тезлик бўйича тескари боғланиш, чиқиш параметри бўйича боғланиш бўлганлиги учун, тезликни мўтадиллашнинг энг юқори аниқлигини таъминлаб беради ($k_x k_{\pi} \rightarrow \infty \Delta\omega \rightarrow 0$).

Кучланиш бўйича тескари алоқа мотор якоридаги кучланишни мўтадиллайди ва ўзгарткични кучли занжиридаги кучланиш тушишини қоплайди. Тавсифнинг энг катта қаттиқлиги моторнинг табиий тавсифига эришиши мумкин. ($k_x k_{\pi} \rightarrow \infty \Delta\omega$ бўлганда $\Delta\omega \rightarrow iR_{\pi} k_{\pi}$). Ток бўйича мусбат тескари алоқа мотор юкламаси бўйича боғланиш бўлгани учун тезликни юқори аниқликда мўтадиллаши мумкин

($k_x k_{\pi} / R = 1$ да $\Delta\omega \rightarrow 0$ Лекин бу чизикли тизимларда бўлиши мумкин. Электр юритманинг реал тизимида ток бўйича мусбат тескари боғланиш ночизикликлари ҳисобига тезликни мўтадиллашни юқори аниқликда олиб боролмайди. Бу ночизикликлар кучайтиргич, ўзгарткич ва элемент тавсифларида бўлиб, у электромеханик тавсифини эгри чизикқа олиб келади. Бундан ташқари ток бўйича тескари алоқали тизим кичик устиворлик заҳирасига эга бўлиб тебранишларга мойил бўлади. Электр юритма тизимининг берилган хатолиги тескари боғланиш коэффиценти ва ўзгарткични ҳамда кучайтиргични кучайтириш коэффицентлари билан аниқланади.

Тезлик бўйича манфий тескари алоқали тизимда :

$$k_c k_y k_{\pi} = \frac{1}{k_D} \left(\frac{\Delta\omega_p}{\Delta\omega_3} - 1 \right);$$

Кучланиш бўйича манфий тескари алоқа учун:

$$k_n k_y k_{\pi} = \frac{\Delta\omega_p - \Delta\omega_3}{\Delta\omega_3 - \Delta\omega_e}$$

Ток бўйича мусбат тескари алоқа учун:

$$k_T k_y k_{\pi} = R (\Delta\omega_p - \Delta\omega_3)$$

бу ерда $\Delta\omega_3$ - ёпиқ тизимда берилган хатolik.

Электр юритмага кўйиладиган талабларда одатда идеал салт юриш тезлигига нисбатан статизм берилади.

$$\delta = \Delta\omega /_3 \Delta\omega_c \text{ ёки } \delta \% = (\Delta\omega /_3 \Delta\omega_c) 100$$

Мотор тезлигини асосий тезликдан настга қараб ростланганда берилган диапозон Д да статизм Д марта камаяди.

Шунинг учун коэффициентларнинг бир-бирига кўпайтирилган қиймати қуйидаги тенгламалар бўйича аниқланади. Тезлик бўйича манфий тескари боғланиш учун:

$$k_c k_y k_n = \frac{1}{k_D} \left(\frac{\delta_p}{\delta_3} D - 1 \right) \quad (6)$$

Кучланиш бўйича мусбат тескари боғланиш учун:

$$k_n k_y k_n = \left(\frac{\delta_p}{\delta_3} D - 1 \right) \quad (7)$$

Ток бўйича мусбат тескари боғланиш учун

$$k_n k_y k_n = R \left(1 - \frac{\delta_p}{\delta_3} \frac{1}{D} \right) \quad (8)$$

бу ерда $\delta = \Delta\omega /_0 \Delta\omega_{0 \max}$ -идеал салт юришнинг максимал қийматига нисбатан очиқ тизимнинг статизми ; $\delta_c = \Delta\omega /_3 \Delta\omega_{\text{омин}}$ - берилган статизм; $D = \Delta\omega /_0 \Delta\omega_{0 \max} \Delta\omega_{0 \min}$ тезликни ростлашнинг берилган диапозони.

Юқорида келтирилган тенгламалардан одатда оралик кучайтиргичнинг талаб этилган кучайтириш коэффициентни аниқланади. Тескари боғланиш коэффициентлари хабарчилар имкониятидан келиб чиққан ҳолда аниқланади, масалан тахогенераторнинг ёки берилган кучланишнинг юқори даражаси билан. Ўзгартгичнинг кучайтириш коэффициенти ўзгарткич хусусиятларига боғлиқ ва танланган ўзгарткич учун аниқланган бўлади (яъни қийматини ўзгартириб бўлмайди).

Тезликнинг берилган диапазонда, берилган сигнал U_3 ни ўзгартириш йўли билан ўзгартириш мумкин. U_3 нинг қиймати статизм қийматига ўхшаб тескари боғланиш коэффициентлари ва ўзгарткич ҳамда кучайтиргичларнинг кучайтириш коэффициентиға боғлиқ. U_3 одатда идеал салт юришдаги электромеханик тавсифдан аниқланади.

16. Аралаш тескари боғланишли ўзгарткич - мотор тизими.

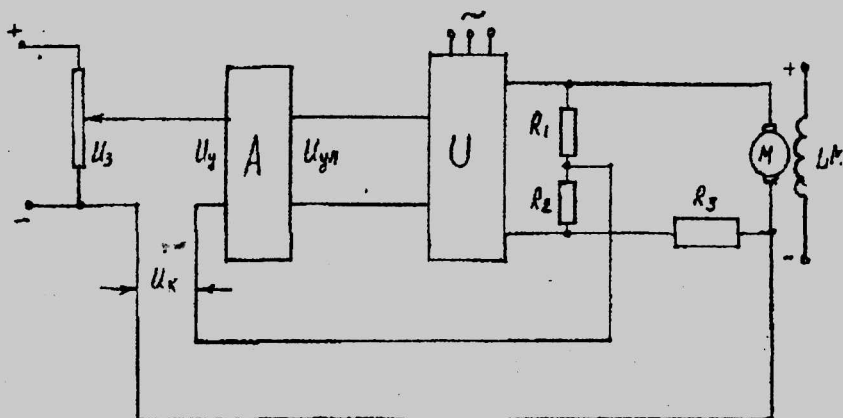
Аралаш боғланишлардан тезлик (ω) бўйича манфий тескари боғланиш билан ток (I) бўйича мусбат тескари боғланиш ёки кучланиш бўйича манфий тескари боғланиш билан ток (I) бўйича мусбат тескари боғланишлар кенг тарқалган. Бунда кучланиш (ёки тезлик) бўйича боғланиш кучли, ток бўйича боғланиш эса кучсиз бўлади. Шунинг учун юқори диапазонларда (кучланиш ёки тезлик юқори бўлганда) статизм талабга жавоб берганда, ток бўйича боғланишнинг таъсири кучсиз, пастки тезликларда якор кучланиши кам бўлгани учун, асосий ролни ток ўйнайди. Кучайтиргич ва ўзгарткичларнинг тавсифлардаги почизиклик кичик кучланишларда таъсир кўрсатмайди.

Кучланиш ва ток бўйича аралаш боғланишлар мотор бўйича тескари боғланиш ЭЮК кўринишида кенг тарқалган, яъни бунда $R_{\Sigma K} / R = k_r$.

Моторнинг ЭЮК хабарчиси бўлиб бу ерда тахометрик кўприк ($R_1 R_3 = R_2 R_n$) хизмат қилади (21-расм).

Мотор ЭЮК бўйича боғланиш унинг тезлигини мўътадиллашни таъминлайди, лекин унинг аниқлиги тахогенератор қўлланганда тезлик бўйича боғланишдан пастроқ бўлади. чунки у чўткалардаги ўтиш қаршилигини ҳисобга олмайди. Бундай боғланиш тахогенератор уланиш мумкин. бўлмаган тизимларда қўлланилади.

Ўткинчи жараён кечаётганда киришга берилган сакраш кучланиши (U_{sign}) тескари боғланишли ёпиқ тизимларда (ω ёки U бўйича манфий тескари боғланиш ва I бўйича мусбат) бошқариш сигнали ишга тушириш ёки тормозлашдаги ўткинчи жараён бошида ўрналган қийматдан анча юқори бўлади. Бу ҳолда бундай тизимда форсировка юз беради, яъни ўзгарткичнинг бошқариш сигнали катта қийматга эга бўлади. Шунинг учун моторни ишга туширишда ёки тормозлашда силташлар пайдо бўлади, бу эса мотор токининг ҳаддан ташқари ошиб кетишига олиб келади. Шунинг учун мотор токини ва моменти чегаралаш керак бўлади.



21-расм. Ток ва кучланиш бўйича тескари боғланган
Ў-Д тизимининг функционал схемаси.

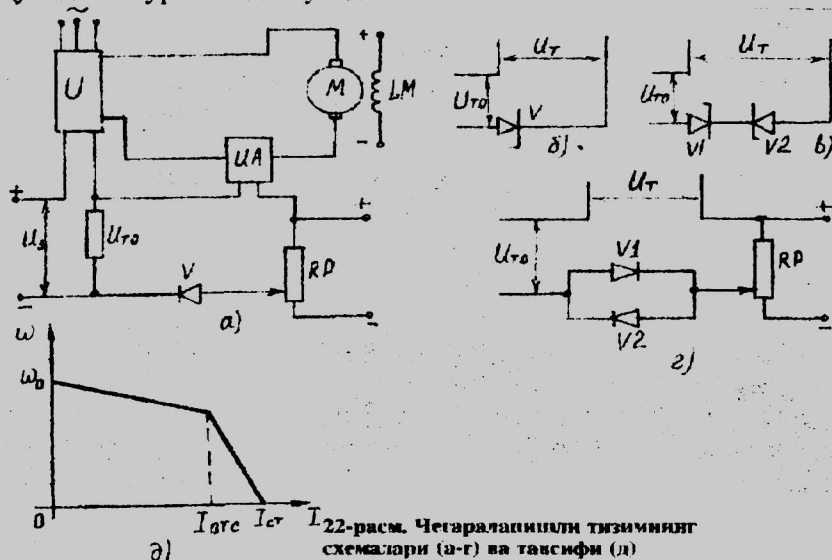
Мотор моментини мўтадиллаш ток бўйича манфий тескари боғланиш ёрдамида амалга оширилади. Бу боғланиш, момент ўзгармас ҳолда мотор тезлигини бирдан камайиб кетишига олиб келади. Боғланиш кичик юкламаларда таъсир қилмай юклама маълум қийматига етганда ишга тушади. Бу мотор ва механизмни статик ва динамик режимларда катта ўта юкламалардан сақлаш заруриятидан келиб чиққан. Ўрналган режимларда моментни мўтадиллаш кескин ўзгарувчан юкламаларда ишлайдиган механизм юритмаларида қўлланилади.

Кўпгина электр юритмаларда моментни мўтадиллаш зарур динамик режимларни таъминлаш мақсадида, чегаралаш эса боғланиш занжирига устун кучланиши $U_{от}$ ва вентил V (22-а. расм) киргизиб амалга оширилади. Бу боғланишнинг боғланиш сигналидан U_T ортиқ бўлгандагина (яъни $U_T > U_{от}$) ишга туширишни таъминлайди. Устун кучланиш устун потенциометри RP дан олинади (22-а расм) ёки стаблитрон V - ёрдамида ҳосил қилинади. (22-б расм). Реверсив электр юритмаларида 22-в,г расмлардаги схемалар қўлланилади. Стаблитронни қўллаш қўшимча кучланиш манбаидан фойдаланиш заруриятидан озод этади. Ток бўйича манфий чегараланган тескари алоқада кучланиш қуйидагича аниқланади.

$$U_{от} = (U_{\Gamma} - U_{от})l(\Delta I) = k_T(I - I_{отс})l(\Delta I) \quad (9)$$

Бу ерда $I_{отс}$ - чегаралаш токи, ток шу кийматга эришганда ток бўйича тескари боғланиш ишга тушади; $l(\Delta I) = 1(I - I_{отс})$ - ток бўйича бирлик функцияси.

Токни чегараловчи ва ω ҳамда U бўйича манфий тескари боғланишли тизимнинг электромеханик тавсифи куйидаги кўринишда бўлади.



2.2-расм. Чегараланишли тизимнинг схемалари (а-г) ва тавсифи (д)

$$\omega = \frac{[U_{\Gamma} + U_{отс} \cdot l(\Delta I)]k_{\omega}k_{\tau}k_{\alpha} - IRk_{\alpha} \left\{ 1 + \left[k_{\alpha} \frac{k_{\alpha}}{R} + \frac{k_{\tau}}{R} \cdot l(\Delta I) \right] k_{\alpha}k_{\beta} \right\}}{1 + (k_{\alpha}k_{\alpha} + k_{\alpha}k_{\beta})k_{\alpha}k_{\beta}} \quad (15)$$

Тавсиф иккита қисмдан $[l(\Delta I)=0, I < I_{отс}]$ тезликни мўътадилловчи биринчи қисмдан ва $[l(\Delta I)=1, I > I_{отс}]$ бўлганда моментни мўътадилловчи иккинчи қисмдан иборатдир. Чегаралаш токини устун кучланишини ўзгартириш билан ростлаш мумкин.

Ток бўйича манфий тескари алоқа таъсир этаётганда мотор токини мўътадиллаш даражаси ўзгарткичнинг тўхтаб қолган ҳолати учун $\omega=0$

Моментни мўътадилловчи режимда тезликни мўътадиллаётганда ток бўйича манфий тескари боғланиш

ҳамда тезлик ва кучланиш бўйича манфий тескари, боғланишлар бир бирига қаршилик қилади . Ток бўйича боғланиш тезликни пасайтиришга ҳаракат қилса тезлик (кучланиш) бўйича боғланиш уни ортиришга ҳаракат қилади.

Шунинг учун бу режимда тезлик (кучланиш) бўйича боғланишни, бу боғланишга чегаралаш киритиш йўли билан ўчириб турилади, бу эса ток бўйича боғланиш самарадорлигини ошириб ўткинчи жараёни яхшилайдди, ҳамда юритманинг тезланиш ва секинланишини бир ҳиллигини (ўзгармаслигини) таъминлайди.

Тезланишни мўътадиллаш ўткинчи жараён давомида моментни мўътадиллаш ҳисобига амалга оширилади. Бу электр юритманинг бошқариш тизимида I ва ω ёки U бўйича чегараланган манфий тескари боғланиш киритиш билан таъминланади. Бу алоқалар ўзгарткич киришида бошқариш сигналининг талаб этилган ўзариш қонуниятларини шакллантиради.

Назорат саволлари.

1. Жамловчи кучайтиргичли ёпик тизимда қандай асосий тескари боғланишни амалга ошириш мумкин?
2. Ёпик тизимда (19-расм) ўткинчи жараёнларни тадқиқ этишда қандай тенгламалар тизими қўлланилади. ва бу тенгламага кирадиган ўзгарувчан ва ўзгармас параметрларни тушунтириб беринг.
3. Тезлик бўйича тескари боғланиш қўлланилганда ёпик тизимнинг статик тавсифи қандай кўринишда бўлади?
4. Кучланиш бўйича тескари боғланиш қўлланилганда ёпик тизимнинг статик тавсифлари қандай кўринишда бўлади?
5. Ток бўйича тескари боғланиш қўлланилганда ёпик тизимнинг статик тавсифлари қандай кўринишда бўлади?
6. Нима учун ток бўйича тескари боғланишни яқка ҳолда қўллаш мумкин эмас?
7. Тизим элементларининг кучайтириш коэффиценти қандай танланади?
8. Ростлаш диапазони ҳисобга олган ҳолда тизим элементларини кучайтириш коэффицентларини қандай танланади?
9. Мотор тезлигини ростлаш мақсадида қандай тескари боғланишлар қўлланилади.?

10. Мотор моментини, ростлаш мақсадида қандай тескари боғланишлар қўлланилади?
11. Қандай тескари боғланишлар комбинацияларини қўллаш мумкин?
12. Комбинацияли тескари боғланиш қўлланилганда тизимнинг статик тавсифларини чизиб беринг.

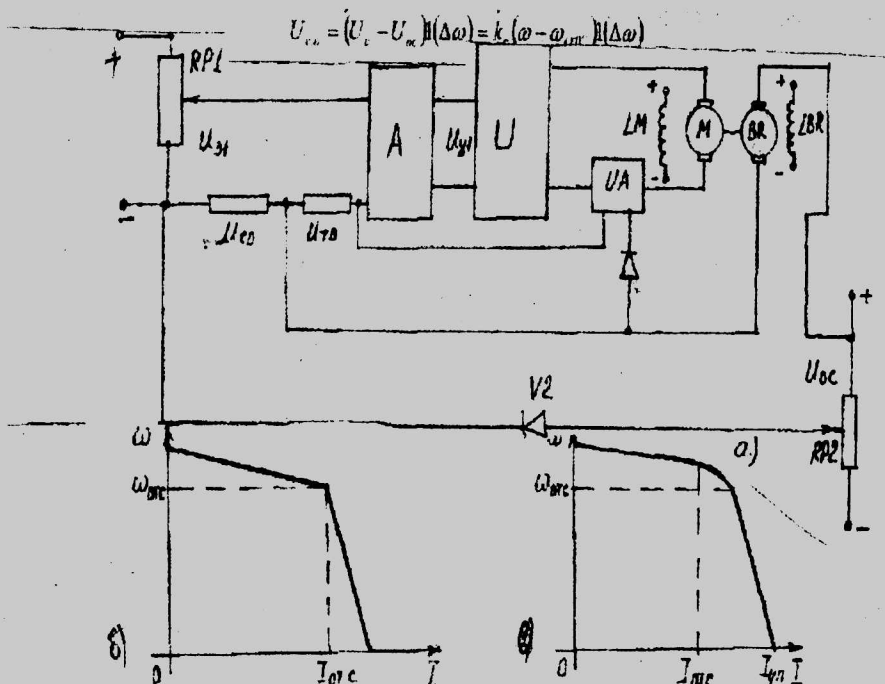
17. Биргаликда чегараловчи ўзгарткич - мотор тизими.

22а расмда ω ва I бўйича манфий тескари боғланишли чегараловчи электр юритманинг функционал схемаси келтирилган. I бўйича чегара VI стабилитрон орқали амалга оширилади. I ни (моментни) маълум бўлган ёки талаб этилган қийматидан келиб чиққани учун ҳам стабилитрон қўлланилади. Тезлик бўйича чегаралашни V2 диод ва устун кучланиши амалга оширади. Тескари боғланиш кучланиши қуйидагича аниқланади.

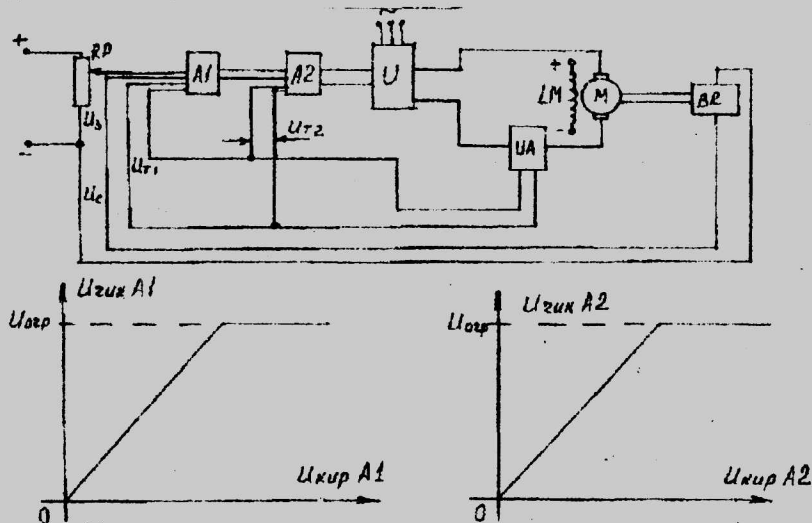
бу ерда $\omega_{отс}$ - чегаралаш тезлиги, бу тезликда ω бўйича тескари боғланиш ишга тушади; $I(\Delta\omega) = I(\omega - \omega_{отс})$ - тезлик бўйича бирлик функция, бу функция $\omega < \omega_{отс}$ бўлганда нолга тенг, $\omega > \omega_{отс}$ бўлганда I га тенг бўлади. Электромеханик тавсиф тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади.

$$\omega = \frac{[U_3 + U_{ос} \cdot I(\Delta\omega) + U_{от} \cdot (I)] \cdot k_y k_{П} k_{Д} - I R k_{Д} \left[1 - \frac{k_T}{R} \cdot I(\Delta I) \cdot k_y k_{П} \right]}{1 + k \cdot I(\Delta\omega) \cdot k_y k_{П} k_{Д}} \quad (11)$$

Чегаралаш токи $I_{отс}$ ва тезлик $\omega_{отс}$, яъни бирлик функцияларнинг қиймати, улар бир-бирига мос келган ҳолда танланади. (26-6 расм), лекин $\omega_{отс}$ ҳақиқий қийматини настрок этиб қабул қилинади, яъни $I > I_{отс}$ бўлганда (22-в расм). Бу тизимни созилашни соддалаштиради ва тармоқ, кучланиши пасайганда мотор ўта юкланиш моментининг пасайишини олдини олади.



23 рasm. Чeгapалaнишлu тuзuмнuнuнгу фyнкцuонал cхeмacu a) вa cтaтuк тaвcuфлap (б, в)



24 pasm. Иккuтa opалuк кyчaйтuргuчлu тuзuм .

Тезлик (кучланиш) бўйича мапфий тескари боғланишли электр юритма тизимида бошқариш кучланишини (кириш сигналини) идеал салт юришда ва $1 \cdot (\Delta\omega)=1$, $1(\Delta I)=0$ бўлганда қуйидагича аниқланади:

$$U_3 = \frac{\omega_0}{k_y k_H k_d} (1 + k_c k_y k_H k_d) - U_{OC} \quad (12)$$

Бундай электр юритма тизимида тезликни ростлашни U_3 ни ўзгартириш билан амалга ошириб бўлмайди, чунки $\omega_{отс}$ пасайганда $\omega < \omega_{отс}$ ω бўйича тескари боғланиш ўчади. Шунинг учун тезлик устун кучланиши U_{OC} ўзгариши йўли билан амалга оширилади, бунда чегаралаш тезлиги ўзгаради. Бу эса бундай бошқариш тизимининг етишмовчилиги ҳисобланади. Ўткинчи жараёнда I ва ω бўйича чегараловчи тескари боғланиш моторни ишга тушираётганда ўзгарткичда шундай бошқариш сигналини шакллантирадики бунда мотор ўзгармас тезланиш ва секинлатиши билан ишга тушади ва тормозланади.

Динамикада бундай тизимни тадқиқ этиш классик ёки частота усули билан аввал келтирилган тузилиш схемаси бўйича амалга оширилади, лекин бунда устун кучланиши тизимнинг чиқишига келтирилган.

Тизимнинг узатиш функцияси

$$w(p) = \frac{\omega(p)}{U_3(p)} = \frac{w_y(p) w_H(p) w_d(p)}{1 + w_y w_H w_d [w_c \cdot 1(\Delta\omega) w_T \cdot 1(\Delta I)]} \quad (13)$$

бу ерда $U_3(p) = U_1(p) + U_{OC}(p) \cdot 1(\Delta\omega) + U_{OI}(p) \cdot 1(\Delta I)$

Узатиш функцияси $1(\Delta I)$ ва $1(\Delta I)$ қийматларига боғлиқ ҳолда ток (момент) $[1(\Delta I)=1, 1(\Delta I)=0]$ ва тезликнинг $[1(\Delta\omega)=0, 1(\Delta\omega)=1]$ мўътадиллаш режими учун айрим ҳолда аниқланади.

Ток ва тезлик (кучланиш) бўйича чегараланиши иккита оралиқ кучайтиргичларнинг нозизиқ тавсифларидан фойдаланилган ҳолда амалга ошириш мумкин. Бундай тизимнинг функционал схемаси 27-а расмда келтирилган. 27-6 расмда А1 ва А2 кучайтиргичларнинг тавсифлари чиқиш сигналларини чегараланган ҳолда

кўрсатилган A1 кучайтиргич киришга кириш сигнали U_1 , ω бўйича манфий тескари боғланиш сигнали U_{oc} (ёки U бўйича) ва I бўйича мусбат тескари боғланиш сигналлари берилади, A2 кучайтиргичга A1 кучайтиргичдан бошқариш сигнали берилади ва ток бўйича манфий тескари боғланиш сигнали U_{T2} берилади. Ўрналган режимларда кучайтиргичлар ўз тавсифларининг чизиқли қисмида ишлаётганида электромеханик тавсиф тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади.

$$\omega = \frac{U_3 k_{y1} k_{y2} k_{\Pi} k_D - IR k_D \left[1 + (k_{T2} + k_{T1} k_{y2}) k_{y2} k_{\Pi} \frac{1}{R} \right]}{1 + k_c k_{v1} k_{y2} k_{\Pi} k_D} \quad (14)$$

бу ерда k_{v1} ва k_{v2} - кучайтиргич A1 ва A2 ларнинг кучайтириш коэффициентлари, k_{T1} , k_c - ток бўйича мусбат ва тезлик бўйича манфий тескари боғланиш коэффициентлари.

Тизим шундай созиладики $k_{T2} = k_{T1} k_{v1}$ га тенг бўлсин. У ҳолда ток бўйича манфий тескари алоқа таъсири мусбат боғланиш билан бартараф қилинади ва мотор тезлиги ω (ёки U) бўйича манфий тескари алоқа таъсирида мўтадилланади.

Юклама I_{OTC} дан ортганда ва тезлик камайганда иккала боғланиш ишлаганда A1 кучайтиргич тўйинади ва ω бўйича

манфий тескари боғланишлар таъсир этмай қолади. Бу ҳолда фақат I бўйича манфий тескари боғланишгина қолиб у мотор токи (моментини) мўтадиллайди.

Бу вақтда электромеханик тавсиф тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади.

$$\omega = U_{op} k_{y2} k_{\Pi} k_D - IR k_D (1 - k_{y2} k_{\Pi} k_D / R) \quad (15)$$

бу ерда U_{op} - A1 кучайтиргичнинг чиқишидаги кучланишнинг чегараланиши.

Токнинг мўтадилланиш даражаси ток бўйича манфий тескари боғланиш коэффициенти билан аниқланади, унинг қийматини ўзгарткич ЭЮК тенгламасидан аниқлаш мумкин.

Кучланиш ёки(ω) бўйича чегараланиш ўзгарткич киришидаги бошқариш сигналининг чегаралаш йўли билан

амалга оширилади.

Бу ҳолда ω (U) бўйича тескари боғланиш кучланиши кириш кучланиши ва чиқиш занжири кучланиши билан қўшилади ва у стабилитрон билан ёки диод билан шунтланади, бундай электр юритма тизими 28-расмда келтирилган.

Кўп электр юритмаларда кириш бошқариш сигнатини чегаралаш, оралиқ кучайтиргич А нинг кириш занжирини ўта кучланишдан сақлаш учун ишлатилади. Стабилитроннинг мўътадиллаш кучланиши бошқариш сигнатини ўтказиш шартидан аниқланади. Бундай чегаралаш, I ни чегаралаш, ишлаётганда тезлик бўйича боғланишни узиб қўяди ва тизим киришида кириш кучланишидан анча кам бўлган сигнални таъминлаб беради. Бу I бўйича манфий тескари боғланиш сигнатини пасайтириш имконини беради.

бу ерда U_{CT} - стабилитроннинг бошқариш кучланишига мос келадиган мўътадилловчи кучланиш. Тезликни мўътадилловчи режимдаги электромеханик тавсиф тенгламаси ω бўйича манфий тескари боғланишда ишлаётгандаги тенгламага ўхшаш. Моментни мўътадиллаш режимда тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади.

$$\omega = (U_{CT} + U_{OT}) k_s k_H k_D - IRk_d \left(1 + \frac{k_T}{R} k_y k_T \right) \quad (16)$$

Тезликни берилган (кириш) кучланишини ўзгартириш йўли билан ростланади.

Электромеханик тавсифлар 26 б расмда келтирилган.

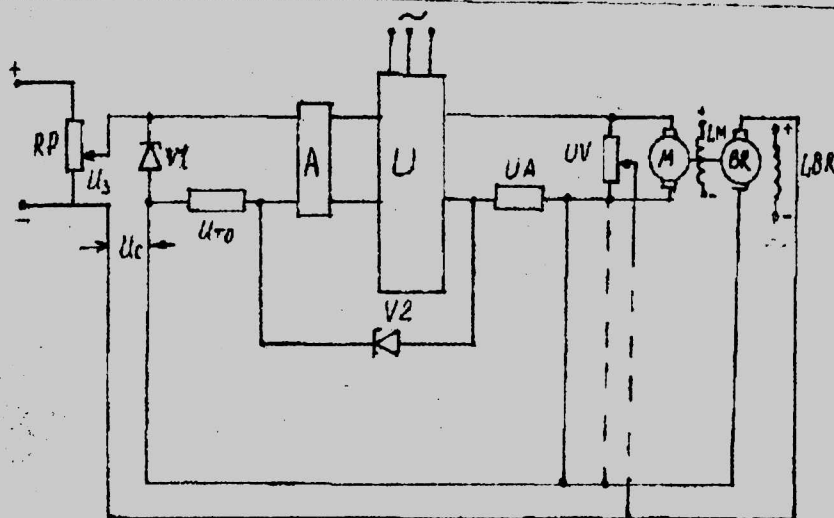
Электр юритма тизими ўзгармас тезланиш билан ўткинчи жараёни таъминлайди. 26-б расм

Тизимни 27-расмда келтирилган тузилиш схемаси бўйича тадқиқ этилади, бу ерда кириш сигнали бирлик кучайтириш коэффициентига тенг бўлган нозичиқ звено билан чегараланади.

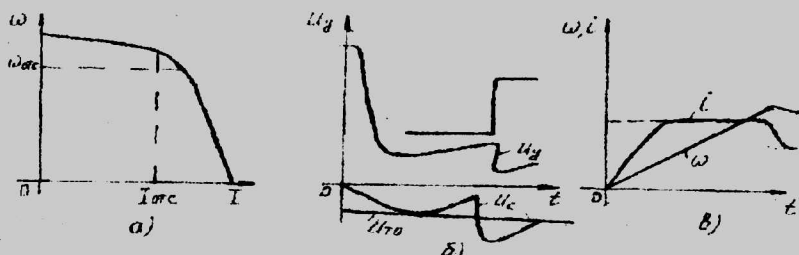
18. Ўзгарткич-мотор тизимида моментни мўътадиллаш.

Ўткинчи жараёнда бошқариш сигнаlining талаб этилган ўзгариш қонуни бўйича шакллантириш ва мотор моментини мўътадиллаш ω (U) бўйича мусбат тескари боғланишни ω (U) бўйича чегараланган манфий тескари боғланиш билан биргаликда ёки бошқариш сигнатини чегаралаш билан таъминланади.

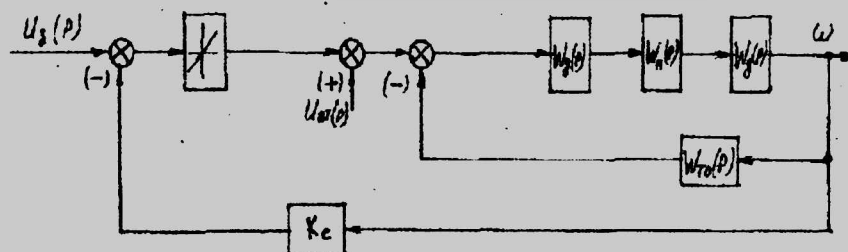
$$k_{r2} = \frac{U_{\alpha} k_{y2} k_n}{I_{CT}} - R \quad (22)$$



25-расм. Кириш сигнали чегараланган тизимнинг функционал схемаси.



26-расм. Статик тавсифлар а) бошқариш сигнали б) ва ишга туширишнинг ўткинчи жараёни

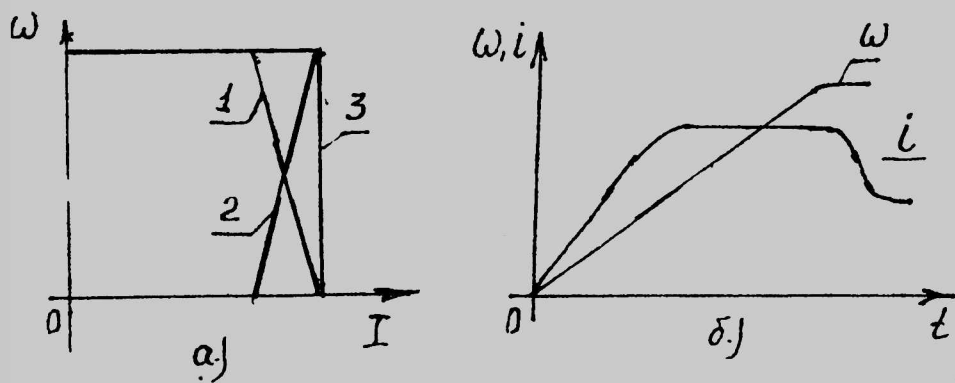


27-расм. Тизимнинг тузилиш схемаси.

Хусусий ҳолда боғланиш мотор ЭЮК бўйича таъминланади. Е (ω, U) бўйича мусбат тескари боғланиш мотор моментини ўрналган ва ўткинчи режимларда мўътадиллаш учун созилади. Бу боғланиш коэффициенти одатда моментни мўътадиллаш режимида қуйидаги кўринишга эга бўлган электромеханик тавсиф тенгламасидан келиб чиққан ҳолда танланади.

$$\omega = \frac{U_{CT} k_y k_{II} k_D}{1 - k_{CT} k_y k_{II} k_D} \quad (17)$$

Бу ерда $k_{сн} = k_{II}/k_D$ - Е(ω) бўйича мусбат тескари боғланиш коэффициенти.

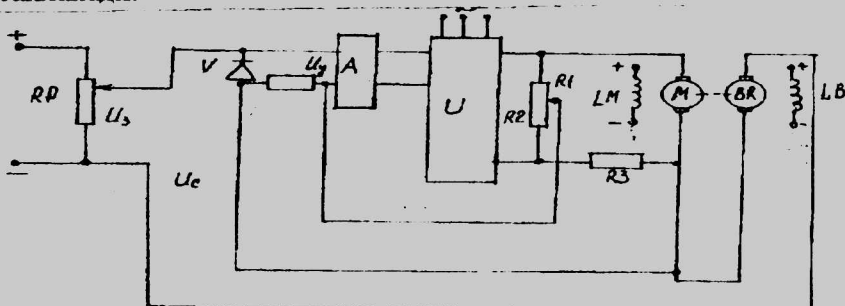


28-расм. Тезлик ва моментни мўътадилловчи тизимнинг статик тавсифлари ва ўткинчи жараёнлари.

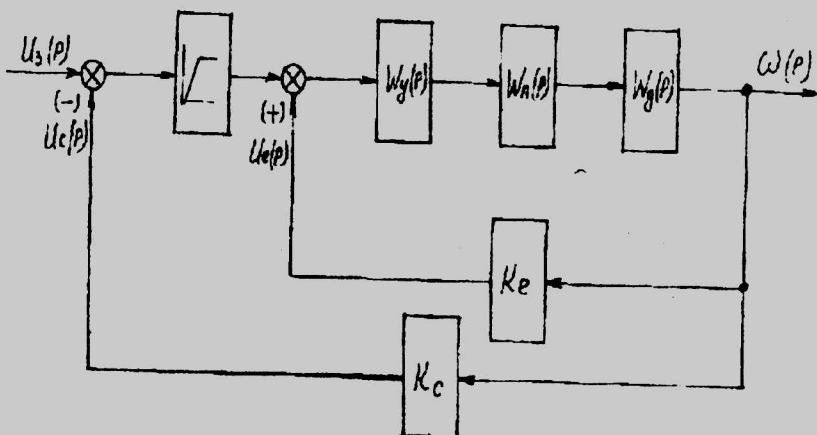
Мусбат тескари боғланиш коэффициенти қийматига боғлиқ ҳолда моментни мўътадиллаш режимида электромеханик тавсифнинг 3 та кўриниши мавжуд;

- 1) $|k_{СП} k_y k_{П} k_{Д}| < 1$
- 2) $|k_{СП} k_y k_{П} k_{Д}| > 1$
- 3) $|k_{СП} k_y k_{П} k_{Д}| = 1$

Одатда $k_{СП}$ қиймати тезлик бўйича $k_{СП} = 1/k_v k_n k_n$, ёки ЭЮК бўйича боғланишда $k_{СП} = 1/k_v k_n$ бўлганда 3- тавсифга асосан танланади.



29-расм. Ўзгармас тезланишни таъминловчи тизимнинг функционал схемаси.



30-расм. Ўзгармас тезланишни таъминловчи тизимнинг тузилиш схемаси.

Тезликни мўътадиллаш режимида тезликни ростлаш кириш (берилган) кучланишни ўзгартириш билан амалга оширилади. Бундай электр юритма тизимининг етишмовчилиги ўрналган режимда тавсиф статизмни ошиб кетишидан иборат. Афзаллиги эса ўткинчи жараёнда ўзгармас тезланишни таъминлайди. Тизимни тадқиқ этиш 30-расмдаги тузилиш схемаси асосида амалга оширилади. Тиристорли электр юритмаларда юритманинг тезланишини талаб этилган даражада шакллантирувчи ω бўйича мусбат тескари боғланишли тизим анча самарадор эканлигини кўрсатди.

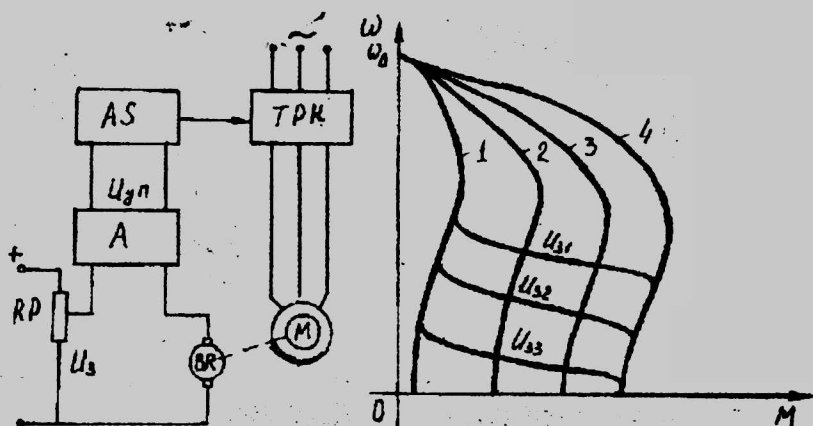
Назорат саволлари.

1. Токни чегаралаш ва у бўйича тескари алоқа киритиш учун қандай схемалардан фойдаланилади?
2. Ток бўйича чегаралаш киритилганда тизим тавсифини чизиб тушунтириб беринг.
3. Қайси мақсадларда ток ва тезлик бўйича чегараланувчи тескари алоқа киритилади?
4. Ток ва тезлик бўйича чегараланувчи тескари алоқа киритилганда тизим тавсифини чизиб тушунтириб беринг.
5. Моторнинг ўзгармас тезланишини таъминловчи тизимнинг функционал ва тузилиш схемасини (30-расм) чизиб тушунтириб беринг.
6. Ток бўйича тескари алоқа киритилганда динамик тавсифни чизиб тушунтириб беринг.
7. Ток ва тезлик бўйича чегараланган тизимнинг динамик тавсифини чизиб тушунтириб беринг.
8. Моментни мўътадилловчи тизимдаги кучайтириш ва тескари алоқа коэффициентларига боғлиқ бўлган тавсифларни чизиб тушунтириб беринг.

19. Асинхрон электр юритма моменти ва тезлигини мўътадиллаш.

Асинхрон моторнинг момент ва тезлигини (ростлагичлар) тармоқнинг ўзгарувчан кучланишини, бошқарилувчи ўзгарткич (БЎ) ёрдамида ўзгартириш, статор чулғамини таъминловчи кучланиш частотасини ўзгартириш, ротор занжирида бошқарилувчи ўзгарткич ва электромагнит

сирпанувчан муфта орқали ўзгартириш ва мўътадиллаш мумкин. Статор занжирида кучланишни БЎ ли электр юритмаларда ω ни мўътадиллаш ω бўйича манфий тескари боғланили ёниқ бошқариш тизимни қўллаш билан таъминланади, чунки кучланиш ўзгаргичи очик тизимда моментни ростлашнигина таъминлайди.



31-расм. ТРК-АД тизимининг функционал схемаси

31- расмда БЎ сифатида тиристорли кучланиш ростлагичи ТРК қўлланилади, бу тизимнинг функционал схемаси 31-а расмда келтирилган, бу ерда ТРК - кучланиш ўзгарткичи, АС-бошқариш қурилмаси, А-кучайтиргич, импульс фаза бошқариш тизими киришида кучланиш(расмда А нинг киришида) $U_v = U_3 - k_v \omega$ га тенг, бу ерда U_3 - берилган (кириш) кучланиши, $k_v = U_{\pi} / \omega$ - ω бўйича тескари боғланиш коэффициент. U_v кучланиш кучайтиргич А орқали кучайтирилади. Кучланиш бу ерда k_v - кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти.

Очик ростлаш тизимида ўзгарткичнинг бошқариш сигнали U_{yn} ни ўзгартирганда момент ростланади ва 31-б

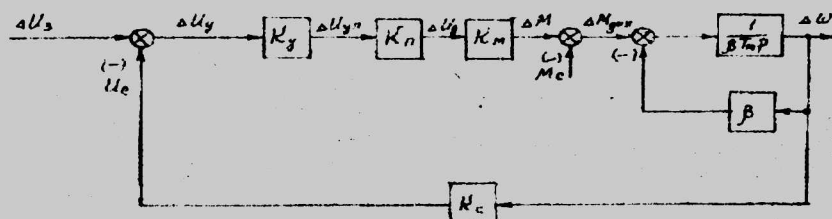
расмдаги 1÷4 тавсифлар таъминланади.

Тезлик бўйича манфий тескари боғланишли ёпиқ тизимда статор чулғамига берилаётган кучланиш тескари алоқа таъсири билан аниқланади.

$$U_{\text{т}} = (U_3 \cdot k_c \omega) k_y k_{\text{П}}$$

Бу ерда $k_{\text{П}}$ - ўзгарткичнинг кучайтириш коэффициенти.

Бу ҳолда электр юритма қаттиқ механик тавсифларни таъминлайди ва тавсиф берилган кириш кучланиши қийматлари $U_{31} \div U_{34}$ билан аниқланади.



32-расм. ТРК -АД тизимининг тузилиш схемаси.

Бу тизимда ростлаш диапозони 10:1 ни ташкил этади.

ТКР- АД тизимнинг ишлашینی 32 -расмда келтирилган тузилиш схемаси ёрдамида таҳлил этиш мумкин.

Тузилиш схемаси электромагнит ўткинчи жараёнларни ҳисобга олмаган ҳолда келтирилган ва $M=f(\omega, U_{\text{т}})$ тенгламасини чиқиқлаштирилган, ўзгарткич ва кучайтиргичларни инерциясиз звено сифатида қабул қилинган ҳолда тузилган.

Бошқариш таъсирида тизимнинг узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга бўлади.

$$W(p) = \frac{\Delta\omega(p)}{\Delta U_3(p)} = \frac{k_y k_{\text{П}} k_{\text{М}}}{\beta(T_{\text{М}} p + 1) k_c k_y k_{\text{П}} k_{\text{М}}} \quad (18)$$

Тезлик ўзгаришнинг ўткинчи жараёни қуйидаги дифференциал тенглама билан ифодаланади:

$$\beta T_{\text{М}} \frac{d\Delta\omega}{dt} + (\beta + k_c k_y k_{\text{П}} k_{\text{М}}) \Delta\omega = \Delta U_3 k_c k_y k_{\text{П}} k_{\text{М}} - \Delta M_c \quad (19)$$

бу ерда $\beta = \Delta M / \Delta\omega$ электр юритманинг очик тизимидаги механик тавсифнинг қаттиқлик модули; $T_{\text{М}} = U_{\Sigma} / (\beta \text{ электр$

юритманинг электромеханик вақт доимийлиги; J_{Σ} - юритмани мотор валига келтирилган умумий инерция моменти; $k_M = \Delta M / \Delta U_n$ -момент коэффициенты; ΔU_n - мотор кучланиши.

Ўрналган режимда дифференциал тенгламадан механик тавсиф тенгламаси олинади:

$$\Delta \omega = \frac{\Delta U_{\Sigma} k_U k_{\Pi} k_M - M_c}{\beta + k_c k_U k_{\Pi} k_M} \quad (20)$$

Тавсифнинг статизми ўзгарткич, кучайтиргич коэффициентлари ва тескари боғланиш коэффициенти билан аниқланади ва бу коэффициентларнинг қиймати қанча юқори бўлса статизм шунча кам бўлади.

Механик тавсифларни ҳисоблаётганда k_{Π} ва k_M ларнинг ўзгарувчанлигини ва уларнинг қийматларини талаб этилган тезлик қийматига боғлиқ ҳолда аниқланишини ҳисобга олиш керак. ТКР қисқа туташган роторли асинхрон мотор тизимини узоқ давом этадиган режимида қўллаш ростлаш диапазони юқори бўлмагани учун чегараланган. Фаза роторли асинхрон мотор ТКР билан ва қўшимча қаршилик киритиш билан иктисодий жиҳатдан анчагина тежамли ҳисобланади.

20. Частотали бошқарилувчи электр юритмаларда тезлик ва моментни ростлаш.

Замонавий частотали бошқарилувчи электр юритмалар ростланувчи тизимлари асосан бўйсунувчанлик принципида кўрилади. Мустақил ток инверторли асинхрон электр юритманинг автоматик бошқариш тизимини куриш принципини кўриб чиқамиз (33- расм).

Схемада қуйидаги белгилашлар қўлланилган: V- бошқарилувчи тўғрилагич; UZ- мустақил инвертор; AU2- инверторнинг импульс фаза бошқариш тизими; УФ- оқим хабарчиси (Холл хабарчисида фойдаланилади). Бу ерда иккита контур мавжуд, ички контур - бу AU1-импульс фаза бошқарув тизими (бошқарилувчи ўзгармас ток ўзгарткичининг бошқариш тизими), V-бошқарилувчи тўғрилагич, AA- ток ростлагичи. Ташқи контур ўз ичига ички копурни, UZ автоном инверторни, M -моторни, тезлик

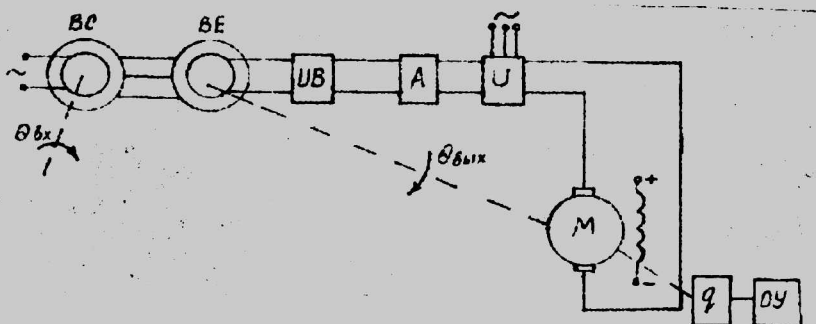
[illegible]

Ички контур ташқи контурга бўйсунади
ростлагичларни танлаш мақсадида тизим контурларини
оптималлаштирилади. Оптималлаштириш кейинги маърузаларда
кўрсатилгандек ўзгармас ток бўйсинувчан тизимларни
оптималлан қоидаларига асосан амалга оширилиб тизимга
қўйилган талабларга жавоб бера оладиган ростлагичлар

танланади.

21. Тақлидчи электр юритмалар.

Тақлидчи электр юритма- бу шундай тизимки, тизим киришига вақт бўйича ўзгарувчан сигнал берилиб, тизим чиқишида шу сигнални шундай ишлаб (қайтариб) берадики хатолик берилган қийматдан ошиб кетмасин.



34-расм. Тақлидчи юритма тизимининг функционал тизими.

Оддий тақлидчи электр юритма тизими сифатида чиқиш координатаси бўйича бош тескари боғланишли тизим хизмат қилади. Чиқиш координатаси сифатида қабулловчи ўлчов қурилмасида ўзгараётган координата қабул қилинади. Қабулловчи мотор валига ўрнатилган. Бу ҳолда чиқиш координатаси сифатида мотор валининг бурилиш бурчагини қабул қилиш мумкин. 34-расмда келтирилган ўзгармас ток тақлидчи электр юритманинг функционал схемасида қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: BC, BE - ўлчов қурилмалар; UB- ўзгартирувчи қурилма; бу қурилма сифатида фаза сезувчи тўғрилагич ишлатилади; A - қувват кучайтиргичи; IM - тиристорли ўзгарткич.

Назорат саволлари.

1. Асинхрон мотор тезлигини ростлайдиган ТКР-АД тизимининг тенгламаларини ёзиб тушунтириб беринг.
2. ТКР-АД очик ва ёпиқ тизимларининг статик тавсифлари

қандай кўринишда бўлади.

3. ТКР-АД тизимининг тузилиш схемасини чизиб, у ерда қўлланилган звеноларнинг узатиш функцияси ва тизимининг умумий узатиш функцияси қандай кўринишда бўлади ?
4. Асинхрон моторнинг тезлиги частота орқали бошқарадиган тизимнинг функционал схемаси қандай кўринишда бўлади.?
5. Тақдирчи электр юритмасининг функционал схемаси қандай кўринишда бўлади?

22. Электр юритма параметрларини бўйсинувчан ростлагич тизимлар.

Ҳозирги электр юритмалардаги ростлаш тизими яратилаётганда кетма-кет коррекция (тузатиш) ёки бўйсинувчи ростлаш деб аталадиган принцип кенг қўлланилмоқда. Унинг моҳияти қуйидагича. Ростланувчи объект (ОР) кетма-кет уланган звенолар кўринишида келтирилади, бу звеноларнинг чиқиш параметрлари бўлиб объект координаталари, масалан ток I , кучланиш U , ЭЮК E , магнит оқими Φ , мотор моменти M , мотор ўқи бурчак тезлиги ω ва ҳоказолар қабул қилинади.

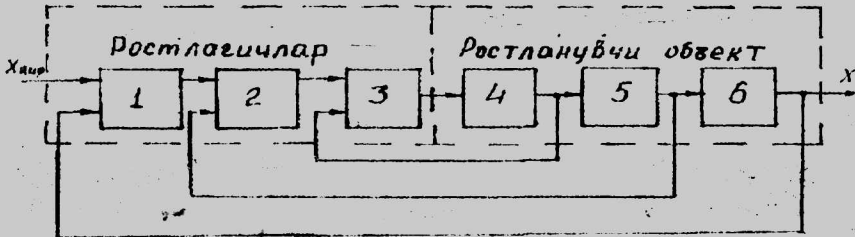
Бу координаталарни ҳар бирини бошқариш учун айрим ростлагич олинади ва у мос тескари боғланиш орқали объект билан ёпиқ контур ҳосил қилади. (35-расм)

Ростлагичлар кетма-кет шундай уланадики, биринчисининг чиқиши иккинчиси учун киришни ташкил этади ва ҳоказо. Бу ҳол ёпиқ ростлаш контури тизимини ташкил этади ва бу тизимда бошқарилувчи объектнинг звенолардан бири, ростлагичдан иборат ички бошқарув контур ҳосил бўлади ва биринчи ташқи контур ўз ичига ички контур ҳамда бошқарилувчи объектнинг кейинги звеносини олади ва ҳоказо.

35-расмда келтирилган функционал схемада қуйидаги белгилашлар қўлланилган: $1\div 3$ ростлагичлар; $4\div 6$ бошқарилувчи объект звенолари.

Расмдан кўриниб турибдики ташқи контур 1- ростлагич ва бошқарилувчи объектнинг 6-звеноси, бу контурга бўйсунадиган ички контур 2-ростлагич ва бошқарилувчи объектнинг 5-звеносидан ва охириги бўйсинувчи ички контур 3-

ростлагич ва 4-звенодан ташкил топган.



**35-расм. Бўйсинувчан ростланувчи тизимнинг
умумлаштирилган тизим схемаси**

Бўйсинувчан ростлашнинг параллел коррекция (тузатиш) га нисбатан афзалликлари координаталарни чегаралаш масалаларини ечишни соддалаштиришдан, созлашни енгиллаштиришдан ва турли объектларнинг бошқарувчи қисмларини бир ҳил қисмдан ташкил топишидан иборат.

Етишмовчилиги эса - тезкорликни бир оз пасайиши, чунки тизимни чиқишга таъсири тўғридан-тўғри эмас балки бир неча ички контурлардан ўтибгина таъсир этади.

Кўпчилик ҳолларда конкрет электр юритмаларда кўрсатилган етишмовчилик ҳисобга олинмайди, балки тизимнинг афзалликлари ҳал қилувчи аҳамиятга эгадир.

Одатда ростланувчи объект математик жиҳатдан ифодаланади ва маълум узатиш функциясига эга бўлган звеноларга бўлинади. Кўпчилик ҳолларда ёниқ ва очик ростлаш тизимининг ҳоҳланган узатиш функцияси олдиндан маълум бўлади ва у ростланувчи объектнинг динамикасига қўйилган талаблардан келиб чиқади. Бўйсинувчан ростлаш принципи ростлагичлар узатиш функциясини қидиришни ва ҳоҳлаган бошқаришни амалга оширишни енгиллаштиради.

Юқорида келтирилган тузилиш схемасига биноан ёниқ тизимнинг узатиш функцияси қуйидагича ёзилади:

$$W(p) = \frac{W_1(p)W_B(p)W_6(p)}{1 + W_1(p)W_B(p)W_6(p)} \quad (21)$$

бу ерда: $W(P)$ - бошқарилувчи объект динамикасига қўйилган талаблардан келиб чиққан ҳолда танланади; $W(P)$ - қидирилаётган ростлагичнинг узатиш функцияси; $W_B(P)$ - ички контурнинг узатиш функцияси; $W_6(P)$ - бошқарилувчи объектни охириг звеносининг узатиш функцияси.

Шунга ўхшаш орalik ички контур узатиш функцияси ёзилади. Охириг ички контур узатиш функцияси қуйидагича ёзилади:

$$W(P) = \frac{W_3(P)W_4(P)}{1 + W_3(P)W_4(P)} \quad (22)$$

бу ерда $W(P)$ - ички ёник контурнинг мақбул узатиш функцияси; $W_4(P)$ - бошқарилувчи объектнинг биринчи звеносининг узатиш функцияси; $W_3(P)$ - қидирилаётган ростлагичнинг узатиш функцияси: (1) ва (2) дан қуйидаги келиб чиқади

$$W(P) = \frac{W(P)}{W_B(P)W_6(P) - W(P)W_B(P)W_6(P)} \quad (23)$$

$$W(P) = \frac{W(P)}{W_4(P) - W(P)W_4(P)} \quad (24)$$

23. Бўйсунилган ростлаш тизимини модул (техник) оптимум бўйича оптималлаш.

Мақбул узатиш функциясини танлаш учун техник оптимум (модул бўйича оптимум) деб номланган оптималлаштириш таклиф этилади ва у тебранувчи звено узатиш функциясига мос келади.

$$W_k(P) = \frac{1}{1 + 2\Gamma\mu + P^2T_\mu^2} \quad (25)$$

Бу демпферлаш коэффициентини $1/\sqrt{2}$ га тенг бўлган тебранувчи звенонинг узатиш функцияси.

Бирлик кириш сигнали берилганда звенонинг чиқишида сигнал 46-расмда кўрсатилгандек ўзгаради.

Ўта ростланиш- 4,3% ни, ўткинчи жараён бошлангандан сўнг биринчи максимум нуктасига эришиш 4,6Т_μ ни ташкил этади. Тебранувчи звено (25) звенонинг кириш ва чиқишини қуйидаги узатиш функцияси билан

бирлаштирилганда ҳосил бўлади.

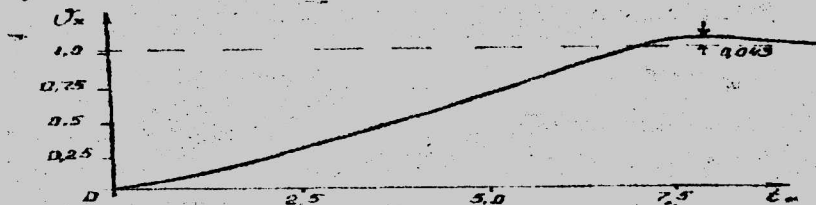
$$w_p(p) = \frac{1}{2pT_\mu + (1 + pT_\mu)} \quad (26)$$

Очиқ тизимнинг (26) узатиш функциясининг асимптотик логарифмик амплитуда- частота тавсифи (ЛАЧТ) 37-расмда келтирилган.

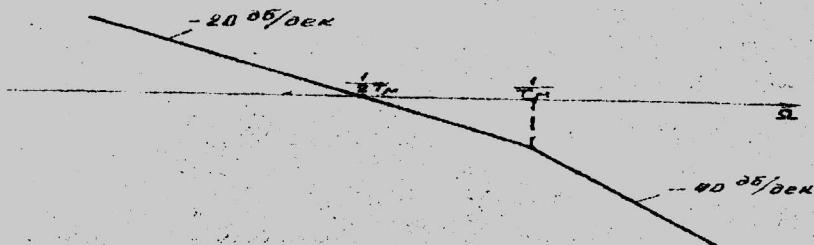
Ёпиқ тизимнинг мақбул узатиш функциясини танлаётганда T_μ ни ростланувчи объектнинг компенсация қилинмайдиган кичик вақт доимийлигига тенг деб қабул қилинади.

Бу вақт доимийлигини принципиал равишда компенсация қилиб бўлмайди ёки тизимнинг тўсиқларга устиворликларидан келиб чиққан ҳолда мумкин эмас.

Тебранувчи звено тизимда керакли статик хатоликни (статизм) таъминлайди, шунинг учун статикада таъқи таъсирлар остида аниқ ростлаш талаб этилса, (тезликни бир хил ушлаб туриш) у ҳолда, кўшимча интеграл ростлагич қўлланилади.



36-расм. Модул бўйича оптималлаштирилган тизимнинг ўтқинчи жараёни.



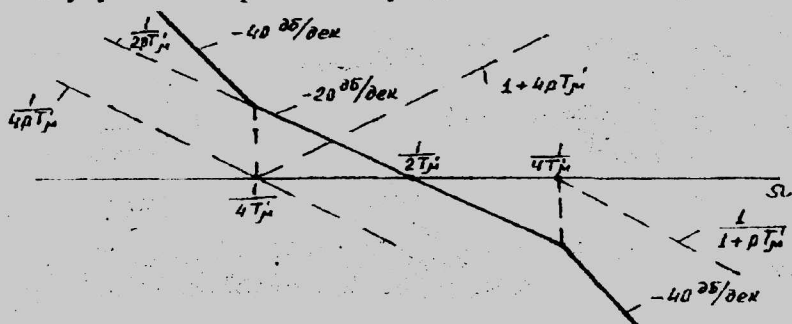
37-расм. Модул бўйича оптималлаштирилган тизимнинг асимптотик ЛАЧТ.

24. Бўйсунилган ростлаш тизимини симметрик оптимум бўйича оптималлаш.

Симметрик оптимумга созланганда очик ростлаш контурининг узатиш функцияси куйидаги кўринишга келтирилади:

$$W_P(p) = \frac{1 + 4pT_\mu}{4pT_\mu \cdot 2pT_\mu(1 + pT_\mu)} \quad (27)$$

бу ерда T_μ орқали компенсациялаш мумкин бўлмаган вақт доимийлиги белгиланган. Бу очик контурнинг асимптотик ЛАЧТ 38-расмда келтирилган. Штрих чизиклар орқали частота тавсифини ташкил этувчилари ўзларига мос узатиш функциялари билан нфодаланган. Тавсиф кесиш частотасига нисбатан симметрик равишда жойланган ва шунинг учун симметрик оптимум деган номни олган.



38-расм. Симметрик оптималлаштирилган тизимнинг асимптотик ЛАЧТ.

Симметрик оптимумга созланган тизимлар статик хатоликка эга эмас, лекин бундай тизимда киришга сигнал берилганда чиқишда ўта ростланиш 53% ни ташкил этади, бу бериладиган сигнални шакллантириш бўйича қўшимча тадбир чоралар кўрилишини тақозо этади. Кетма-кет коррекцияли (тузатишли) тизимни оптималлаш ички контурдан бошланади ва аста секин ташқиға ўтилади. Ташқи контурға ўтаётганда бўйсунилган контур узатиш функциясини биринчи даражаға алмаштирилади (соддалаштирилганда), бу соддалаштиришдаги ҳато сезиларли эмас. Янги коррекция қилинмайдиган вақт доимийлигини тескари боғланиш ҳабабчиси ва ички контур тезчиллигилан

келиб чиққан ҳолда танланади. Кейинги ташқи контурга ўтаётганда ҳам шу йўсинда йўл тугилади. Масалан олдинги тузилиш схемасини оптималлаштирилганда техник оптимум бўйича оптималлаштирилган узатиш функция инерцияли звено узатиш функциясигача соддалаштирилади, яъни;

$$W_n(p) = \frac{1}{1 + 2pT_\mu} \quad (28)$$

Кейинги контурга ўтаётганда компенсация қилинмайдиган вақт доимийси $T_\mu = 2T_\mu$ деб қабул қилинади, бу ҳолда эса хабарчилар инерцияси ва бошқа факторлар ҳисобга олинмайди. У ҳолда бу контурнинг мақбул узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга :

$$W_{\pi}(p) = \frac{1}{1 + 4pT_\mu^2 p^2 (1 + 8T_\mu^2 p^2)} \quad (29)$$

Ҳар бир ташқи контур тезкорлиги унга бўйсунилган ички контур тезкорлигидан 2 марта кам. Координаталарни чегаралаш ҳамма ташқи контур сигналларини чегаралаш йўли билан амалга оширилади.

Назорат саволлари.

1. Бўйсинувчан ростланувчи тизимнинг умумлаштирилган тузилиш схемаси қандай кўринишда бўлади?
2. Умумлаштирилган тузилиш схемасидаги контурларнинг узатиш функцияси қандай аниқланади?:
3. Техник оптимумга созланган тизимнинг узатиш функцияси ва ўткинчи жараёни қандай кўринишда бўлади?
4. Модул оптималлаштиришда асимптотик логарифмик амплитуда-частота ЛАЧТ тавсифи қандай кўринишда бўлади?
5. Симметрик оптимум бўйича оптималлаштирилган тизимнинг узатиш функцияси қандай кўринишда бўлади?
6. Симетрик оптимум бўйича оптималлаштирилган тизимнинг ЛАЧТ қайси кўринишда бўлади?
7. Бўйсинувчан ростланувчи тиристорли электр юритманинг тузилиш схемаси қандай кўринишда

бўлади?

8. Тиристорли электр юритма звеноларининг узатиш функциялари қандай кўринишда бўлади?
9. Ток контури қандай оптималлаштирилади?
10. Тезлик контури қандай оптималлаштирилади?
11. Ток ростлагичининг узатиш функцияси қандай кўринишда бўлади?
12. Тезлик ростлагичининг узатиш функцияси қандай кўринишда бўлади?
13. Ички кучланиш контурли бўйсунувчан тизимнинг тузилиш схемаси қандай кўринишда бўлади?
14. Ички кучланиш контурли бўйсунувчан тизимда ток ростлагичининг узатиш функцияси қандай кўринишда бўлади?

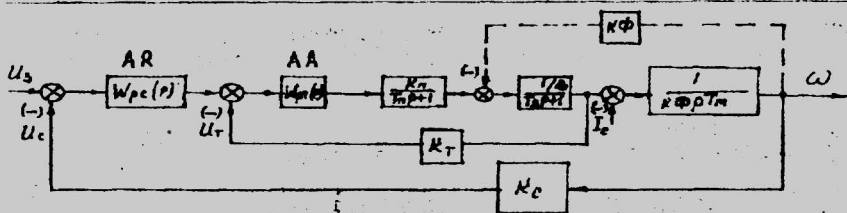
25. Бўйсунилган ростлаш тизимли тиристорли электр юритма .

Ташқи тезлик контурли ва ички якор токи контурли тиристорли юритма тузилиш схемаси 49- расмда келтирилган, бу ҳолда $\Phi = \text{const}$ деб қабул қилинган. Бошқарилувчи объект учта кетма-кет уланган звенодан иборат, булар ;

Тиристорли ўзгарткич $W_{\Pi}(p) = \frac{k_{\Pi}}{T_{\Pi}p + 1}$

Моторнинг якор занжири $W_{\text{я}}(p) = \frac{1}{R_{\text{я}}(T_{\text{я}}p + 1)}$

Юритманинг механик қисми $W_M(P) = \frac{R_{\text{я}}}{p_{TMC}}$



39-расм. Бўйсунувчи ростлаш тиристорли электр юритманинг тузилиш схемаси.

Ички контур ток ростлагичи РТ-АА, тиристорли ўзгарткич ТП, якор занжири ва узатиш коэффиценти k_T га тенг бўлган ток бўйича тескари боғланиш билан ўраб олинган. Кўпчилик ҳолларда мотор ЭЮКни ички контурга таъсирини ҳисобга олинмайди, чунки ЭЮК токнинг ўзгариш тезлигига қараганда анча секин ўзгаради. Керак бўлган ҳолда ЭЮКни таъсирини қоплайдиган сигнал ток ростлагичига ток бўйича тескари боғланиш сигналига параллел ҳолда берилади.

ЭЮКни таъсирини ҳисобга олмаган ҳолда очик ток контурининг узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$W_T(p) = W_{PT}(p) \frac{k}{1 + pT} \frac{k_T}{R_{\text{я}}(1 + pT_{\text{я}})} \quad (30)$$

T_{Π} қийматини қопланмайдиган вақт доимийлиги T_{μ} га тенглаштириб (30) ифодани очик контурнинг оптимал узатиш функцияси (27) га тенглаштириб олинган ифодадан ток ростлагичи АА нинг узатиш функциясини аниқлаймиз.

$$W_c(p) = \frac{R_{\text{я}}(1 + pT_{\text{я}})}{2pT_{\mu}k_{\Pi}k_T} \quad (31)$$

Шундай қилиб ток контури пропорционал-интеграл ростлагич (ПИ-ростлагич) билан оптималлаштирилади, оптималлашган ток контури; ўз ичига бошқарувчи объектнинг звеноси, ток хабарчисини ва ток ростлагичини олади. Очик контурнинг узатиш функцияси қуйидаги кўринишда ёзилади.

$$W_c(p) = W_{PT}(p) \frac{1}{k_T(1 + 2pT_{\mu})} \cdot \frac{R_{\text{я}}k_c}{pT_{\mu}c} \quad (32)$$

Бу ерда ички ток контури вақт доимийлиги $2T_{\mu}$ га тенг инерцияли звено деб қаралади.

Қопланмайдиган вақт доимийлиги T^1_{μ} ни $2T_{\mu}$ га тенг деб қабул этиб ва контурни (27) ифодага мувофиқ оптималлаштириш ва бу ерда T_{Π} ни T^1_{μ} билан алмаштирсак қуйидаги тенгликни оламиз:

$$W_{\text{PC}} = \frac{k_c R_{\text{я}}}{k_T(1 + pT_{\mu})pT_{\text{MC}}} = \frac{1}{2pT_{\mu}(1 + pT_{\mu})} \text{ бу ердан}$$

$$W_{\text{PC}} = \frac{k_T T_{\text{MC}}}{k_c 2T_{\mu} R_{\text{я}}} \quad (33)$$

тезлик ростлагичи-пропорционал (П) ростлагач. Икки карра интегралловчи тизим учун (32) тенгламага мувофиқ симметрик оптимумга созланган тезлик ростлагичи (27) ифодага

тенглаштириб $T_{\mu} = 2T_{\mu}$ га тенг ҳолда:

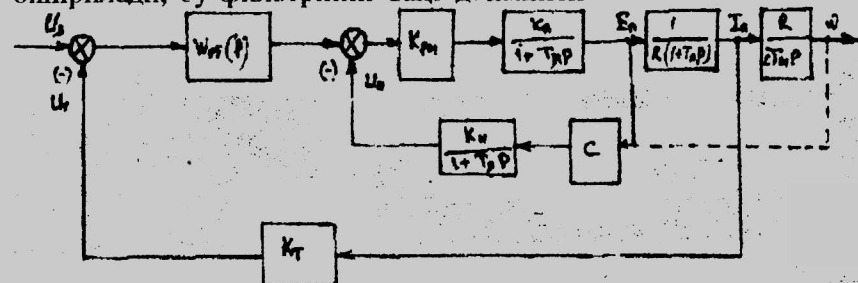
$$W_{pc} \frac{1}{k_T (1 + 2pT_{\mu})} \cdot \frac{R_{яk_c}}{pT_{\mu c}} = \frac{1 + 4pT_{\mu}}{4pT_{\mu} \cdot 2pT_{\mu} (1 + pT_{\mu})}$$

Пропорционал таъкил этувчиси П- рoстлагич билан биргаликда техник оптимумга созианган тизимни таъкил этади. Ички контур узатиш функцияси ток контурини техник оптимумга созианган контур билан мос тушади. (30) ва (33) ифодалар бошқариш объектнинг параметрлари ўзгармас бўлганда кучга эга. Амалиётда бу параметрларни кўпчилиги вақт ўтиши билан ўзгаради ёки юритмани иш режимига қараб ўзгаради; масалан ўзгарткичнинг кучайтириш коэффициенти ростлаш бурчагига боғлиқ, якор занжири қаршилиги якор қизишига қараб ўзгаради, индуктивлик магнит занжирининг тўйинишига қараб ўзгаради.

Кўрсатилган параметрлар ўртача қийматидан 50% атрофида ўзгаради ва бу ҳолда оптимал созилашдаги оғиш кўп бўлмайди, лекин узукли ток режимида юклама занжирининг эквивалент қаршилиги тез кўнайиб кетади, ўртача ток нолга яқинлашганда қаршилик чексизликка эришади.

Бу режимда ўзгарткичнинг ўртача кучланиши мотор ЭЮКдан фарк қилмайди ва динамикада ростлаш бурчагини ўзгариши ЭЮК секин ўзгарганлиги учун юклама токи ўзгаришига олиб келади. Тизимнинг динамик хусусиятларини яхшилаш тиристорли ўзгарткичда ички кучланиш контури ёрдамида амалга оширилади (40-расмдаги тузилиш схемаси).

Келтирилган вариантда кучланиш бўйича (ўзгарткич ЭЮК) тесқари боғланиш филътр билан бирга амалга оширилади, бу филътрнинг вақт доимийси



40-расм. Ички кучланиш контурли бўйсунилган ростлагичли тизимнинг тузилиш схемаси.

Кучланиш ростлагичи пропорционал ростлагич ва унинг узатиш коэффициенти $k_{\text{он}}$ га тенг. Узлуксиз ток режимида кучланиш ички контури қуйидаги узатиш функциясига эга:

$$W_{\Pi}(p) = \frac{k_{\text{рн}} k_{\Pi} (1 + pT_{\text{Я}})}{(1 + k_{\text{рн}} k_{\Pi} k_{\text{н}}) \left[1 + \frac{p(T_{\text{Я}} + T_{\text{в}})}{1 + k_{\text{рн}} k_{\Pi} k} + 1 + \frac{p^2(T_{\text{Я}} + T_{\text{н}})}{1 + k_{\text{рн}} k_{\Pi} k} \right]} \quad (34)$$

Узлукли ток режимида якор занжири узатиш функцияси ўзгарткич билан бирга қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$W_{\Pi}(p) = \frac{k_{\Pi}}{R_{\text{э}} (1 + pT_{\Pi})_{\Pi}},$$

бу ерда $R_{\text{э}}$ ток ўтиш узлуклилигига боғлиқ бўлган якор занжирининг эквивалент қаршилиги ва у якор қаршилигидан анча кўп бўлади.

Агарда юритманинг динамик хусусиятларини сақлаш зарур бўлса $k_{\text{он}}$ ни қуйидаги ифода билан аниқлаш мумкин:

$$W_{\text{рн}} \frac{k_{\text{рн}} k_{\Pi} k_T}{R_{\text{э}} (1 + pT_{\Pi})} = \frac{1}{2pT_{\Pi} (1 + pT_{\Pi})}, \quad (35)$$

бу ерда $W_{\text{рн}}(p)$ (15)- ифода билан аниқланади, у ҳолда

$$k_{\text{рн}} = \frac{R_{\text{э}}}{R_{\text{э}} k_{\Pi} k_{\Pi}} \cong \frac{R_{\text{э}}}{R_{\text{э}}},$$

$R_{\text{э}}$ ўзгарувчан бўлганлиги учун $k_{\text{он}}$ ни $R'_{\text{э}}/R_{\text{э}}$ нинг ўртача қийматидан келиб чиққан ҳолда танланади, одатда $k_{\text{он}}=4\div 5$. Динамикани яхшилаш мақсадида почизик тавсифли, ҳар хил узатиш функциясига эга бўлган адантив (мосланувчан) ростлагич қўлланилади. Ростлагичнинг ишлашини яхшилаш мақсадида токнинг узилишига қараб ишлайдиган махсус хабарчи ишлатилади. Узлукли ток режимида якор занжири қуйидаги узатиш функциясига эга

$$W(p) = \frac{k_{\Pi}}{R_{\text{э}} (1 + pT_{\Pi})} = \frac{1}{2pT_{\Pi} (1 + pT_{\Pi})},$$

бундан келиб чиқадики

$$W_{\Pi}(p) = \frac{k_{\Pi}}{k_T k_{\Pi} 2pT_{\Pi}} \quad T_{\Pi} = \frac{T_{\text{Я}} + T_{\Pi}}{1 + k_{\text{рн}} k_{\Pi} k_{\text{н}}} \quad \text{ни деб қабул}$$

қилиб (34) ифодани ўзгартирамыз.

$$W_{\Pi}(p) = \frac{k_{\text{рн}} k_{\Pi} (1 + pT_{\text{Я}})}{1 + k_{\text{рн}} k_{\Pi} k_{\text{н}} (1 + pT_{\Pi})}, \quad (36)$$

бу ҳолда ток ростлагичининг узатиш функциясини қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$W_{PT}(p) = \frac{k_{pn}k_{\Pi}}{1 + k_{pn}k_{\Pi}k_n} = \frac{(1 + pT_{\Sigma})}{(1 + pT_{\mu})} \cdot \frac{k_T}{R_{\Sigma}(1 + pT_{\Sigma})} = \frac{1}{2pT_{\mu}(1 + pT_{\mu})} \quad (37)$$

$$\text{бу ерда } W_{pn}(p) = \frac{k_n R_{\Sigma}}{k_{\Pi} 2 p T_{\mu}}$$

$$\text{чунки } \frac{k_{pn}k_{\Pi}}{1 + k_{pn}k_{\Pi}k_n} \approx \frac{1}{k_n}$$

бу ҳолда ток ростлагичи интеграл (И ростлагич) бўлиб унинг интегралловчи доимийси техник оптимумга соналгандек доимийликка тенг. Узлукли ток режимида ток ўзгаришида якор занжири ўзилиш оқибатида кучланиш бўйича тескари боғланиш мотор ЭЮКга уланиб қолади, чунки E_n ўзгарткич кучланишига нисбатан секин ўзгаради, бу тескари боғланишни узилишига мос келади. Шунинг учун узлукли ток режимида ток контури ўз ичига узатиш коэффициентини k_{on} га тенг ва тескари боғланиш бўлмаган кучланиш ростлагичини олади, бу ток ростлагичи интеграллаш доимийлигини k_{on} марта камайишига олиб келади.

Ток ростлагичи интеграл И ростлагич бўлиши керак ва унинг вақт доимийлиги R_{Σ} га боғлиқ бўлиши керак.

26. Бўйсунилган икки контурли тиристорли ўзгарткич-мотор тизимида ростлагичларнинг тузилишини аниқлаш ва параметрларини ҳисоблаш.

39-расмда кўрсатилган икки контурли бўйсинувчан тиристорли электр юритманинг ток ва тезлик ростлагичларининг тузилиши ва параметрларини аниқлаймиз. Якорь токини ростлаш контури

Ўзгарткичнинг кичик вақт доимийлиги

$$T_n = T_{\mu} + \frac{10^3}{2p_n f} = 2 + \frac{10^3}{2p_n f}, \text{ мс} \quad (38)$$

Бу ерда P_n - тўғриланган кучланишнинг пульсацияланиш сони, бир фазали кўприксимон ўзгарткич схемаси учун $P_n=2$, уч фазали кўприксимон ўзгарткич схемаси учун $P_n=6$ га тенг.

$T_{\mu}=2\text{мс}$ – ўзгарткичнинг компенсацияланмайдиган

кичик вақт доимийлиги.

Устун кучланиши аррасимон шаклда бўлганда ўзгарткичнинг узатиш коэффициенти

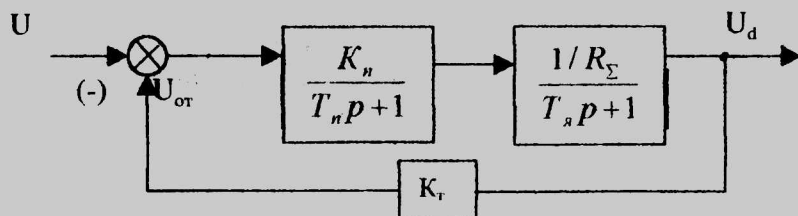
$$K_n = \frac{\pi E_{d0}}{2U_y} \sqrt{1 - e_d^2} = \frac{\pi}{20} E_{d0} \sqrt{1 - e_d^2}, \quad (39)$$

Бу ерда $U_y = 10V$ – бошқариш сигналининг максимал қиймати

e_d – чизмалаштириш нуқтасидаги нисбий Э.Ю.К реверсив электр юритма учун $e_d = 0$, нореверсив электр юритма учун $e_d = 0,5$ деб қабул қилинади, E_{d0} – ўзгарткичнинг салт юриш Э.Ю.К.

Пропорционал ток ростлагичли тизим (41- расм) 41- расм схемаси бўйича ёпик контурнинг узатиш функцияси

$$W = \frac{K_3 / R_f}{T_{я} T_n p^2 + (T_{\Sigma} + T_n) p + 1 + \frac{K_n K_{\Sigma}}{R_f}} = \frac{\frac{K_3 / R_f}{1 + \frac{K_n K_m}{R_f}}}{\frac{T_{я} T_n}{1 + \frac{K_n K_{\Sigma}}{R_f}} p^2 + \frac{T_{я} T_n}{1 + \frac{K_n K_{\Sigma}}{R_f}} + 1}. \quad (40)$$



41-расм. Якор токини П- ток ростлагичи ёрдамида ростлайдиган контурнинг тузилиш схемаси.

Модул олгтимумига созланганда 41- расмдаги ёпик контурнинг узатиш функцияси

$$W_n = \frac{K_{\Sigma}}{2T_{\Sigma} p^2 + 2T_{\Sigma} p + 1}, \quad (41)$$

(40) тенгламани (41) тенглама билан солиштирсак

$$\left. \begin{aligned} \frac{I_{\text{я}} T_{\text{я}}}{1 + \frac{K_{\text{я}} T_{\text{я}}}{R_{\text{я}}}} &= 2 I_{\text{я}}^2 \\ \frac{I_{\text{я}} + I}{1 + \frac{K_{\text{я}} T_{\text{я}}}{R_{\text{я}}}} &= 2 T_{\text{я}} \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

Бу тенгламалар биргаликда ечилишганда

$$T_{\text{я}} = \frac{T_{\text{я}} I_{\text{я}}}{T_{\text{я}} + I_{\text{я}}}, \text{ мс} \quad (43)$$

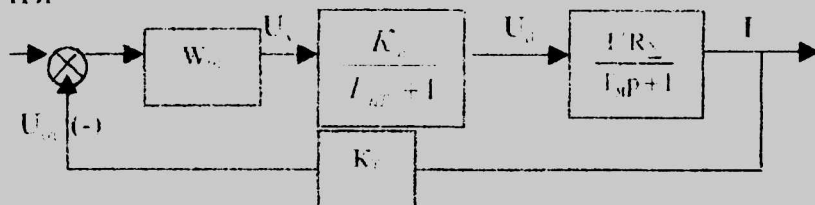
$$K_T = \left(\frac{I_{\text{я}} + I_{\text{я}}}{2 T_{\text{я}}} \right) \left(\frac{R_{\text{я}}}{K_{\text{я}}} \right) \quad (44)$$

$$K_{\text{я}} = \frac{2 T_{\text{я}} K_{\text{я}}}{(I_{\text{я}} + I_{\text{я}}) R_{\text{я}}} \quad (45)$$

ПИ – ток ростлагичли тизим

Пропорционал-интегралловчи (ПИ) ростлагичли тизимнинг якор токини ростловчи контурининг тузилиш схемаси 51-расмда келтирилган

Ит



42-расм. ПИ-ток ростлагичли тизимда якор токини ростловчи контурнинг тузилиш схемаси.

Контур элементларининг кичик вақт доимийлиги этиб қўйиладилар қабул қилинади:

$T_{\text{я}} = 1 \text{ мс}$ – ток ростлагичи

$T_{\mu\text{дт}} = 1 \text{ мс}$ –ток хабарчыен

Ток контурининг компенсация кийинмайдиган ваки донмийлиги

$$T_{\mu\text{дт}} = \frac{1}{2} (T_{\text{дт}} + T_{\text{дот}}) + T_{\text{дт}} \sqrt{(I_{\text{дт}} - I_{\text{дот}} - I_{\text{дт}})^2 + I_{\text{дт}}^2} \text{ мс} \quad (46)$$

Тескари атоқа кучланишининг максимал киймати куйданча кабул кийнади

$$U_{\text{от}}^{\text{max}} = U_{\text{г}} \cdot 0.9 = 0.9 \cdot 10 = 9 \text{ В}$$

Ток бўйича тескари атоқа коэффициенти

$$K_{\text{г}} = \frac{I_{\text{от}}^{\text{max}}}{I_{\text{г}} \cdot I_{\text{дт}}} = \frac{9}{I_{\text{г}} \cdot I_{\text{дт}}} = \frac{B}{A} \quad (47)$$

$I = I_{\text{г}}$ бўлганда

$$U_{\text{от}} = K_{\text{г}} I_{\text{г}} \quad (48)$$

42-расмга мувофиқ очик контурининг узатин функцияси

$$W_{\text{раз}} = W_{\text{р}} \cdot \frac{K_{\Sigma}}{T_{\text{дт}} p + 1} \cdot \frac{1}{T_{\text{дт}} p + 1} K_{\text{г}} \quad (49)$$

Модул оптимумга созланганда очик контурининг узатин функцияси

$$W_{\text{раз опт}} = \frac{1}{2 T_{\text{дт}} p (T_{\text{дт}} p + 1)} \quad (50)$$

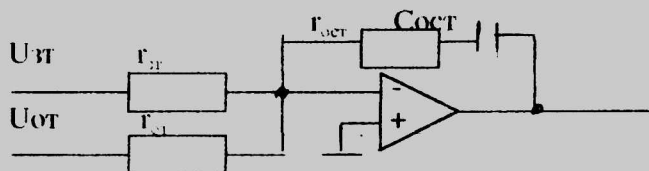
(95) ва (96) тенгламаларини бир-бирига тенглаштириб

$$W_{\text{рТ}} = \frac{T_{\text{я}} p + 1}{2 T_{\text{дт}} \frac{K_{\text{н}} K_{\text{т}}}{R_{\Sigma}} p} = \frac{T_{\text{г}} p + 1}{T_{\text{дт}} p} \quad \text{ни оламиз} \quad (51)$$

$$\text{бу ерда} \quad T_1 = T_{\text{я}} ; \quad T_2 = 2 T_{\text{дт}} \frac{K_{\text{н}} K_{\text{т}}}{R_{\Sigma}} \quad (52)$$

яъни ток контури модул оптимумга созианганда ток ростлагичи сифатида ПИ-ростлагич қўлланилиши керак бўлади.

ПИ-ростлагичнинг тузилиш схемаси 43-расмда келтирилган



43-расм. ПИ – ток ростлагичи схемаси

Схемадаги $r_{ост} = 100 \div 200$ кОм орасида қабул қилинади.

$$C_{ост} = \frac{T_1}{r_{ост}}, \quad \text{мкф} \quad (53)$$

$$r_{от} = \frac{T_2}{C_{ост}}, \quad \text{кОм} \quad (54)$$

$r_{н} = r_{от}$ деб қабул қилинади, бунда $U_{ит} = U_{от} \frac{r_{н}}{r_{от}} = U_{от}$ – берилган (топшириқ) сигнал

Ёниқ ток контурининг коэффициенти

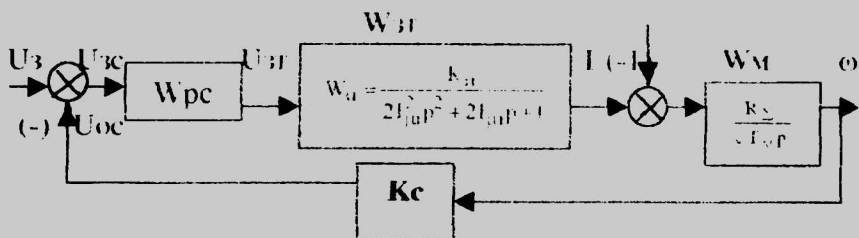
$$K_{зт} = \frac{I_{н}}{U_{ит}}, \quad \frac{A}{B} \quad (55)$$

Ёниқ ток контурининг узатиш функцияси

$$W_{зт} = \frac{K_{зт}}{2T_{\mu т}^2 p^2 + 2T_{\mu т} p + 1} \quad (56)$$

Тезликни ростлаш контури

Тезликни ростловчи контурнинг тузилиш схемаси 44-расмда келтирилган



44-расм. Тезликни ростловчи контурнинг тузилиш схемаси.

Тезлик контурининг кичик вақт доимийлиги эгиб қуйидаги вақт доимийликлари қабул қилинади:

$T_{прс}=1мс$ – тезлик ростлагичи учун

$T_{рлс}=2мс$ – тахогенератор орқали амаппа оширилган тезлик бўйича тесқари боғланишдаги тезлик хабарчиси учун

$T_{рлс}=T_{дв}$ – двигатель Э.Ю.К. бўйича тесқари боғланишдаги тезлик учун

Тезлик контурининг компенсацияланмайдиган эквивалент вақт доимийлиги

$$T_{\mu} = \frac{2T_{ст} + T_{прс} + T_{у.к.с} + \sqrt{(2T_{ст} + T_{прс} + T_{у.к.с})^2 + T_{у.к.с}}}{4} \quad (57)$$

II – тезлик ростлагичли тизим

5-расмдаги схема бўйича очик автоматик ростлаш тизимининг узатиш функцияси

$$W_{раз} = W_{прс} \cdot W_{ст} \cdot W_{м} \quad W_{о.с} = W_{прс} \frac{K_{ст} \cdot K_{с} \frac{R_{с}}{s T_{м} p}}{p(2T_{ст}^2 p^2 + 2T_{ст} p + 1)} \quad (58)$$

Модул оптимуми бўйича ростланганга бса ушбу узатиш функция қуйидаги қўринишга эга бўлади

$$W_{раз оп} = \frac{1}{4T_{\mu} p (2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu} p + 1)} \quad (59)$$

(58) ва (59) ларни теңлаштириб тезлик ростлагичи РС лнинг узатиш функциясини оламиз

$$W_{pc} = \frac{1}{4T_{\mu} K_{\Sigma T} K_c \frac{R_{\Sigma}}{cT_{\mu}}} = \frac{cT_{\mu}}{4T_{\mu} K_{\Sigma T} K_c R_{\Sigma}} \quad (60)$$

бу ерда K_c – тезлик бўйича тескари боғланиш коэффициенти, бу коэффициент куйилаги шартлардан аниқланади.

Тахогенератор ёрдамида амалга ошириладиган тескари боғланишда ω_r га мос келадиган U_{oc} куйидагича қабул қилинади

$$U_{oc} = 0,9 \cdot U_y = 0,9 \cdot 10 = 9B \quad (61)$$

$$K_c = \frac{U_{oc}}{\omega_H} = \frac{9}{\omega_H}, B \cdot c \quad (62)$$

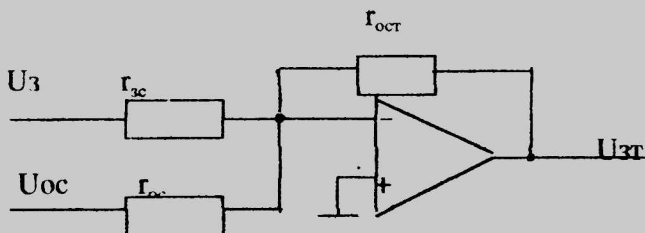
Двигательнинг Э.Ю.К. бўйича тескари боғланишда Э.Ю.К. хабарчиси шундай соналанадики, Э.Ю.К. E_{do} га тенг бўлганда хабарчи чиқишидаги сигнал $U_{oc \max} = 10B$ бўлсин, у ҳолда $\omega = \omega_r$ да яъни $E = E_r$ бўлганда

$$U_{oc} = U_{oc \max} \cdot \frac{10 E_H}{E_{do}} = 10 \frac{E_H}{E_{do}} \quad (63)$$

ва натижада

$$K_c = \frac{U_{oc}}{\omega_H} = \frac{10 E_H}{\omega_H E_{do}} = 10 \frac{C}{E_{do}} \quad (64)$$

П-тезлик ростлагичининг схемаси 54-расмда келтирилган



45- расм. П- тезлик ростлагичи схемаси

Тезлик ростлагичининг тескари боғланиш қаршилиги куйидагича қабул қилинади:

$$r_{oc} = 100 - 200 \text{ кОм}$$

$$r_{oc} = \frac{r_{occ}}{K_{pc}} \quad (65)$$

r_{3c} қаршилиги r_{oc} га тенг қилиб олинади, яъни

$$r_{3c} = r_{oc} \quad (66)$$

r_{pc} киришидаги берилган (топширик) кучланиши $\omega = \omega_n$ ганда

$$U_{3c} = U_{oc} \frac{r_{3c}}{r_{oc}} = U_{oc} \quad (67)$$

Автоматик ростлаш ёпик тизимининг узатиш коэффициенти

$$K_{3c} = \frac{\omega_n}{U_3} = \frac{\omega_n}{U_{oc}} = \frac{1}{K_c} \quad (68)$$

44- расмга мувофиқ ва (60)ни ҳисобга олган ҳолда тезликнинг оператор кўринишидаги тасвири

$$\begin{aligned} W(p) &= \frac{W_{pc} W_{3T} W_M}{1 + W_{pc} W_{3T} W_M W_{oc}} U_{3c}(p) - \frac{W_M}{1 + W_{pc} W_{3T} W_M W_{oc}} I_c(p) = \\ &= \frac{K_{3T}}{8T_{\mu p}^3 + 8T_{\mu p}^2 + 4T_{\mu p} + 1} U_{3c}(p) - \frac{\frac{4T_{\mu} R \Sigma}{cT_{\mu}} (2T_{\mu p}^2 + 2T_{\mu p} + 1)}{8T_{\mu p}^3 + 8T_{\mu p}^2 + 4T_{\mu p} + 1} I_c(p) \quad (69) \end{aligned}$$

Автоматик ростлаш тизимининг статик тавсифи тенгламасини (69)дан $p=0$ қўйиб оламыз

$$\omega = K_{3T} I_{3c} - \frac{4T_{\mu} R \Sigma}{cT_{\mu}} I_c = \omega_{зад} - \Delta\omega, \quad (70)$$

бу ерда $\Delta\omega$ - тезлик бўйича статик хатолик

$$\Delta\omega = \frac{4T_{\mu} R \Sigma}{cT_{\mu}} I_c \quad (71)$$

Ёпик ҳолатдаги автоматик ростлаш тизимининг статизми

$$\delta_3 = \frac{\Delta \omega}{\omega_{min}} = \frac{4 T_{\mu} R_{\Sigma} I_n}{c T_{\mu} \omega_n} D \quad (72)$$

Замонавий комплект тиристорли электр юритмаларда махсус чоралар кўриш натижасида (адаптив ростлагич, ночизик элементлар) узлукли ток зонасида статик тавсифларнинг шакли бузилмайди, яъни тўғри чизик кўринишида бўлади.

ПИ – Тезлик ростлагичли тизим.

Симметрик оптимумга созланганда автоматик ростлаш тизимининг узатиш функцияси

$$W_{раз\ опт} = \frac{8 T_{\mu} p + 1}{32 T_{\mu}^2 p^2 (2 T_{\mu}^2 p^2 + 2 T_{\mu} p + 1)} \quad (73)$$

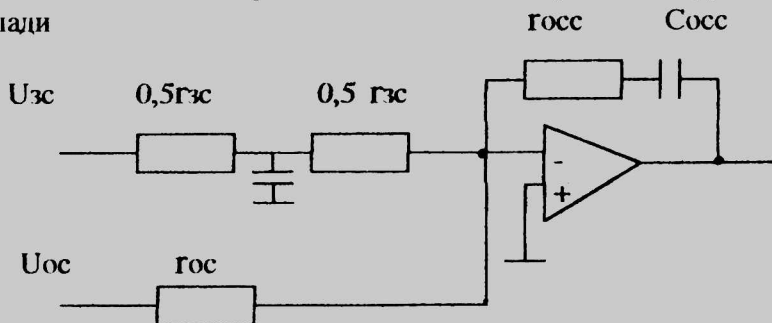
(58) ва (73) тенгламаларни бир-бирига тенглаштириб оламиз

$$W_{pc} = \frac{8 T_{\mu} p + 1}{32 T_{\mu}^2 K_{\Sigma} K_c \frac{R_{\Sigma}}{c T_{\mu} p}} = \frac{T_3 p + 1}{T_n p} \quad (74)$$

яъни ПИ- тезлик ростлагичи,

$$\text{бу ерда; } T_3 = 8 T_{\mu}; \quad T_4 = 32 T_{\mu}^2 K_{\Sigma} K_c \frac{R_{\Sigma}}{c T_{\mu}} \quad (75)$$

ПИ – тезлик ростлагичи схемаси қуйидаги кўринишда бўлади



46 – расм. ПИ- тезлик ростлагичи схемаси.

Бу ерда $r_{\text{occ}}=100\div 200$ кОм оралиғида қабул қилинади

$$C_{\text{occ}} = \frac{T_3}{r_{\text{occ}}} , \quad \text{мкф} \quad (76)$$

$$r_{\text{oc}} = \frac{T_4}{C_{\text{occ}}} , \quad \text{кОм} \quad (77)$$

$r_{\text{зс}}=r_{\text{oc}}$ дёб қабул қилинади.

Тезликнинг оператор кўринишидаги ифодаси 44-расмга мувофиқ ва (74) ни ҳисобга олган ҳолда

$$\begin{aligned} \omega(p) &= \frac{W_{\text{pc}} W_{\text{зт}} W_{\text{м}}}{1 + W_{\text{pc}} W_{\text{зт}} W_{\text{м}} W_{\text{oc}}} U_{\text{зс}}(p) - \frac{W_{\text{м}}}{1 + W_{\text{pc}} W_{\text{зт}} W_{\text{м}} W_{\text{oc}}} I_{\text{д}}(p) = \\ &= \frac{K_{\text{зт}}(8T_{\mu}p+1) U_{\text{зс}}(p)}{64T_{\mu}^4p^4 + 64T_{\mu}^3p^3 + 32T_{\mu}^2p^2 + 8T_{\mu}p + 1} - \\ &\quad - \frac{\frac{32T_{\mu}^2R_{\Sigma}}{cT_{\text{м}}} p(2T_{\mu}^2p^2 + 8T_{\mu}p + 1)}{64T_{\mu}^4p^4 + 64T_{\mu}^3p^3 + 32T_{\mu}^2p^2 + 8T_{\mu}p + 1} \end{aligned} \quad (78)$$

р ўрнига $p=0$ қўйсақ статик тавсиф тенгламасини оламиз

$$\omega = K_{\text{зт}} U_{\text{зс}} = \omega_{\text{зад}} \quad (79)$$

Яъни статик хатолик $\Delta\omega=0$, статизм $\delta_{\text{з}}=0$ ва статик тавсифлар абцисса ўқиға параллелдир.

Адабиётлар:

1. Зимин Е.Н., Яковлев В.И. Автоматическое управление электроприводами, М.: Высшая школа, 1979, -318с,
2. Бапарин А.В. Автоматическое управление электроприводами» Л.: Энергоатомиздат 1983.
3. Справочник по автоматизированному электроприводу, /под редакцией Елисеева В.А., Шинянского А.В. М.:Энергоатомиздат 1983, -616с.
4. Автоматизированный электропривод. / под редакцией Ильинского Н.Ф., Юнькова М.Г, М.; Энергоатомиздат, 1990,-543с.
5. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями-Л.: Энергоатомиздат, 1992.
6. Проектирование следящих систем./ под редакцией Лакоты Н.А.-М.: Машиностроение, 1993.

Мундарижа

	Кириш	
1	Электр юритмаларни автоматик бошқариш схемаларини тузиш	4
2	Электр юритмаларни бошқариш принциплари. Резисторли электр юритмаларда момент ва тезликни автоматик бошқариш принциплари.	9
3	Электр моторларини вақт принципи бўйича ишга тушириш ва тормозлаш схемаси бўлаклари	10
4	Электр моторларни тезлик принципи бўйича ишга тушириш ва тормозлаш схемаси бўлаклари.	16
5	Ток принципида ишловчи электр моторни ишга тушириш ва тормозлаш схемаси бўлаклари.	19
6	Асинхрон ва синхрон моторларни ишга туширишни таъминлайдиган статор занжири бўлаклари.	22
7	Қисқа туташган асинхрон моторларни ишга тушириш, тўхтатиш ва реверслаганинг андозавий схемалари.	25
8	Фаза роторли асинхрон моторни андозавий бошқариш схемаси.	27
9	Қисқа туташтирилган роторли асинхрон моторни динамик тормозлаш андозавий схемаси.	28
10	Синхрон моторни ишга тушириш схемаси бўлаклари.	30
11	Ўзгармас ток моторини бошқаришнинг андозавий схемаси (тескари улаб тормозлаш)	32
12	Ўзгармас ток моторини бошқаришнинг андозавий схемаси (динамик тормозлаш)	35
13	Электр моторларни ҳимоялаш.	37
14	Ўзгармас ток электр юритмаларининг тезлик ва моментини муътадилловчи жамловчи кучайтиргичли ёпик тизимлар.	40
15	Жамловчи кучайтиргичли ўзгарткич-мотор ёпик тизимининг тузилиш схемасини тадқиқ ва таҳлил этиш.	43
16	Аралаш тескари боғланишли ўзгарткич - мотор тизими.	47
17	Биргаликда чегараловчи ўзгарткич - мотор тизими.	51

18	Ўзгарткич-мотор тизимида моментни мўтадиллаш.	55
19	Асинхрон электр юритма моменти ва тезлигини мўтадиллаш.	59
20	Частотали бошқарилувчи электр юритмаларда тезлик ва моментни ростлаш.	62
21	Тақлидчи электр юритмалар.	64
22	Электр юритма параметрларини бўйсунувчан ростловчи тизимлар.	65
23	Бўйсунилган ростлаш тизимини модуль (техник) оптимум бўйича оптималлаш.	67
24	Бўйсунилган ростлаш тизимини симметрик оптимум бўйича оптималлаш.	69
25	Бўйсунилган ростлаш тизимли тиристорли электр юритма	71
26	Бўйсунилган икки контурли тиристорли ўзгарткич-мотор тизимида ростлагичларнинг тузилишини аниқлаш ва параметрларини ҳисоблаш.	75

«Электр схемаларини ўқиш» фанидан ўқув қўланма

Муаллиф: Султон Сидикович Саидахмедов

Муҳаррир: Ҳасанова М.

Босишга рухсат этилди 4.11.2002 й.. Бичими 60x84 1/16.

Шартли босма табағи 5,5. Нашр-ҳисоб босма табағи 5,5.

Нусхаси 2000 дона. Шартнома № 704.

ТДТУ босмахонасида чоп этилди. Тошкент ш. Талабалар кўчаси, 54