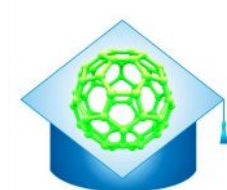


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Университеті

Жоғары технологиялар және тұрақты даму институты

Кафедра «Электрэнергетика және технологиялық кешендерді
автоматтандыру»



Т.М.Мунсызбай, С.Б. Жаксылыкова

АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЭЛЕКТРЖЕТЕК ТЕОРИЯСЫ

Пәннің оқу - әдістемелік кешені
(5В071800 – Электрэнергетика мамандығы үшін)

Алматы 2011

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: ЭЖТКА кафедрасының доценті Мұңсызбай Төлеухан Мусалімұлы, оқытушы Жаксылыкова Салтанат Бимухановна «Автоматтандырылған электржетегі теориясы» Оқу - әдістемелік кешені (5В071800 - электрэнергетика) – Алматы: Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, 2011. 1- 101 б.

Андатпа. Автоматтандырылған электржетегі өнеркәсіптік және ауылшаруашылық салаларында еңбек өнімділігін арттыру мәселелерін іске асыруда үлкен роль атқарады. Электржетегі машиналардың және механизмдердің жұмысы үшін қажетті үлкен тұтынушы болып табылады. Осыған байланысты кішкентай және орташа қуатты электржетектерінің энергетикалық көрсеткіштерінің экономикалық проблемаларды, электрлік энергияны тиімді пайдалану мәселелерін шешуде маңызы зор.

Автоматтандырылған электржетегі туралы білімді жақсы меңгеруге 5В071800 – «Электрэнергетика» мамандығы бойынша оқытылатын студенттер үшін студенттің пәндік оқу-әдістемелік кешеніне арналған, өзінің құрамында теориялық ережелерді, оқыған материалды меңгергендігіне бақылау сұрақтарын, электржетегінде электрлік энергияның электрмеханикалық түрленуінің негізгі физикалық заңдарын эксперименталды жолмен дәлелдеу үшін зертханалық практикумды біріктіреді.

Қорытынды жол (кесте 11., сурет 43)

Пікір беруші, профессор

Искаков Б.И.

Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі 2011 жылға арнап бекітілген типтік оқу жоспары бағдарламасына сәйкес басылады.

© Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, 2011

1. ПӘННІҢ ОҚУ БАҒДАРЛАМАСЫ – SYLLABUS

1.1 Оқытушылар туралы мәлімет:

Сабақты жүргізетін оқытушылар: доцент Мұңсызбай Төлеухан Мусалімұлы. Оқытушы Жаксылыкова Салтанат Бимухановна

Байланыс түрі: телефон 292-25-02, 257-71-64 ауд. 15 АҚ «Қ.И. Сәтпаев атындағы ҚазҰТУ Технопаркі»

Кафедрада болатын уақыты: 10⁰⁰ - 18⁰⁰ ауд. 15 АҚ «Қ.И. Сәтпаев атындағы ҚазҰТУ Технопаркі»

1.2 Пән туралы мәлімет:

Аты «Автоматтандырылған электржетегі теориясы»

Кредит саны 3 (үш)

Өткізілу орны: ТКМК

1-кесте

Оқу жоспарының көшірмесі

Курс	Семестр	Кредиттер	1 аптадағы академиялық сағаттар					Бақылау түрі	
			Дәрістер	Зертханалық сабақ	СӨЖ *	СОӨЖ *			Барлығы
						ауд	офис		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
3	6	3	1	2	3	1	2	9	Емтихан

1.3 Пререквизиттер

«Автоматтандырылған электржетегі теориясы» курсына қарастырылатын мәселелер бакалаврларды дайындаудағы соңғы пән болып табылады. Осы пәнді оқу кезінде алынған білім мен тәжірибе курстық жұмысты орындау барысында қажет болады.

1.4 Постреквизиттер

Бұл пәнді оқу барысында қазіргі кездегі электржетек жүйелерін жобалауда алған білімі мен тәжірибесі студентке дипломдық жұмысты орындауда және таңдаған мамандығы бойынша өндірісте жұмыс істеу үшін қажет болады.

1.5 Пәннің қысқаша сипаттамасы

Пәнді оқыту мақсаты

Курсты оқыту мақсаты – студентке қазіргі ғылыми-техникалық прогресс жағдайында электржетегің маңыздылығын түсіндіру. Әр түрлі типті қозғалтқыштардың электромеханикалық қасиеттерін оқыту, студенттерге қазіргі кездегі автоматтандырылған электржетек жүйелерін есептеу мен өңдеуді үйрету, нақты машиналар мен механизмдерге қатысты электржетектерді баптау мен эксплуатациялауда тәжірибе жинақтау.

Пәнді оқыту мәселелері

Пәнді оқыту мәселелері - әр түрлі электржетек жүйелерін оқыту және өңдеу: қағидалық схемалар құрастыру, қажетті динамикалық қасиеттер мен статикалық сипаттамалар тұрғызу, есептеуде және электржетегінің негізгі элементтерін таңдауда тәжірибе жинау.

1.6 Тапсырмалардың тізімі мен түрлері және оларды орындау графигі:

2-кесте

Тапсырмалардың түрлері және оларды орындау мерзімі

Бақылау түрі	Жұмыс түрі	Жұмыстың тақырыбы	Ұсынылатын әдебиет беттерінің көрсетілуімен	Тапсыру мерзімі
1	2	3	4	6
Ағымдық бақылау	3-1	Еркін жүру әдісімен электржетегінің инерция моментін және тегершіктің моментін анықтау.	1 нег. [20-23]	2 апта
	ӨЖ-1	Электржетектердің түрлері және тағайындалуы.	1 қос. [7-24]	3 апта
	3-2	Қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток электрқозғалтқышының механикалық және электрмеханикалық сипаттамаларын зерттеу.	1 нег. [31-67]	4 апта
	ӨЖ-2	Электрлік білігі бар электржетегі.	2 қос. [55-73]	5 апта
	3-3	«Генератор-қозғалтқыш» жүйесіндегі қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток электрқозғалтқышының реттеу қасиеттерін зерттеу.	1 нег. [31-67]	6 апта
	3-4	Электрқозғалтқыштарының жүктемелік диаграммаларын зерттеу.	1 қос. [16-39]	9 апта
	ӨЖ-3	Электржетегіндегі өтпелі процесстер	1 нег. [108-146]	10 апта
	3-5	Тұрақты ток электрқозғалтқышын басқару сызбасын зерттеу.	1 қос. [33-48]	11 апта
	ӨЖ-4	Электржетектердің жұмыс режимі.	1 қос. [40-56]	12 апта
	3-6	Кері қосумен тежелуі бар үшфазалы асинхронды электрқозғалтқышын реверсті басқару сызбасын зерттеу.	1 нег. [71-105]	13 апта
	3-7	Фазалық роторлы асинхронды электрқозғалтқышының механикалық сипаттамаларын зерттеу.	1 нег. [71-105]	14 апта
Аралық бақылау	АБ-1	Тест		7 апта
	АБ-2	Тест		15 апта
Қортынды бақылау	Жазбаша	Емтихан		16 апта

1.7 Әдебиет тізімі:

Негізгі:

1. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. М.: Энергоиздат, 1981, 576 с.
2. Системы автоматизированного управления электроприводами. Минск, 2004, 382.
3. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., М.: Издательство МЭИ, 2003, 224 с.: ил.
4. Башарин А.В. Управление электроприводами. М.: Энергоиздат, 1982.
5. Онищенко Г.Б. Электрический привод. М: Академия, 2006. – 216 с.

Қосымша:

1. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1986, 416 с.: ил.
2. Малиновский А.К. Автоматизированный электропривод шахт и рудников. М.: Недра, 1982.
3. Справочник по автоматизированному электроприводу. / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 616 с.
4. Ключев В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1985, 560 с.
5. Кругликов А.П., Байназарова Л.А. Системы управления автоматизированным электроприводом. Методические указания для лабораторных работ. Алматы, 2003 - 25 с.

1.8 Білімді бақылау және бағалау

3-кесте

Рейтингтік пайыздарды бақылау түрлеріне бөлу

Нұсқа нөмірі	Қорытынды бақылау түрі	Бақылау түрлері	Пайыздар
1.	Экзамен	Қорытынды бақылау	100
		Аралық бақылау	100
		Ағымдық бақылау	100

Ағымдық бақылау нәтижелерін тапсыру мерзімі пән бойынша оқу процесінің күнтізбелік графигімен анықталу керек.

4-кесте

«Автоматтандырылған электржетегі теориясы» пәні бойынша бақылаудың барлық түрлерін тапсырудың күнтізбелік кестесі

Апталар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Бақылау түрлері	ӨЖ-1	ЗЖ-1	ӨЖ-2	ЗЖ-2	ӨЖ-3	ЗЖ-3	АБ-1	ӨЖ-4	ЗЖ-4	ӨЖ-5	ЗЖ-5	ӨЖ-6	ЗЖ-6	ЗЖ-7	АБ-2
Апталық бақылау саны	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Пән бойынша қорытынды бағалау, 5- кестесінде келтірілген жеке бойынша анықталады.

Студенттердің білімін бағалау

Баға	Әріптік эквивалент	Пайызбен %	Баллмен
Өте жақсы	A	95-100	4
	A-	90-94	3,67
Жақсы	B+	85-89	3,33
	B	80-84	3,0
	B-	75-79	2,67
Қанағаттанарлық	C+	70-74	2,33
	C	65-69	2,0
	C-	60-64	1,67
	D+	55-59	1,33
	D	50-54	1,0
Қанағаттанарлық емес	F	0-49	0

Модуль бойынша бақылау жүргізуге арналған сұрақтар тізімі.**1 модуль бойынша бақылау жүргізуге арналған сұрақтар**

1. «Электржетегі» ұғымы.
2. Электржетегінің жалпы құрылымы.
3. Электржетегінің күштік каналы.
4. Электржетегінің функциясы және оған қойылатын талаптар.
5. Қозғалыс теңдеуі.
6. Механикалық сипаттамалар.
7. Тұрақты ток қозғалтқышының жұмыс істеу принципі.
8. Тұрақты ток машинасының құрылысы.
9. Қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының сипаттамалары мен режимдері.
10. Қоздырылуы тізбектей тұрақты ток қозғалтқышының сипаттамалары мен режимдері.

2 модуль бойынша бақылау жүргізуге арналған сұрақтар

1. Электржетегінің құрылымдық сызбасы.
2. Жылдамдықты реттеу ұғымы.
3. Айнымалы ток электржетектері.
4. Асинхронды электржетегінің қарапайым моделдері.
5. Электржетектеріндегі өтпелі процестердің сипаттамалары.
6. Электр жұмысшы білігі жүйесі.
7. Тұрақты ток қозғалтқышының пайдаланымдық сипаттамалары.
8. Асинхронды қозғалтқыштардың тежегіш режимдері.
9. Көпқозғалтқышты айнымалы ток электржетектері.
10. Асинхронды қозғалтқыштың электромеханикалық сипаттамалары.

Аралық бақылау сұрақтары

1. Жиіліктік реттелетін электржетегі.
2. Көпжылдамдықты асинхронды қозғалтқыштар.
3. Электрқозғалтқыштарының жүктемелік диаграммалары.
4. Синхронды қозғалтқыштың қозу тогын реттеу.
5. Ендік-импульстік реттеумен тұрақты ток қозғалтқыштары.
6. Щеткесіз тұрақты ток қозғалтқыштары.
7. Вентильдік қозғалтқыштар.
8. Бірфазалы асинхронды қозғалтқыштар.
9. Синхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі.
10. Фазалық роторлы асинхронды қозғалтқыштың іске қосылуы.

1.9 Курыстың саясаты және тәртібі

Студенттің міндеті сабақтың барлық түріне қатысу және өзіндік жұмыс бойынша рефераттарды оқу процесінің күнтізбелік графигіне сәйкес тапсыру. Қатыспаған дәрістік сабақтарын (себептің түріне байланыссыз) қайта тапсыру үшін тыңдалмаған тақырыптар бойынша реферат жазады, ал лабораториялық сабақтарға қатыспаса оқытушы белгілеген уақытта тапсырады. Сабаққа қатысу міндеттілігі оқу-әдістемелік материалдың санының аздығына байланысты.

2 Негізгі таратылатын материалдар мазмұны

2.1 Курстың тақырыптық жоспары

Тақырып атауы	Дәріс	Зертхана лық	СОӘЖ		СӨЖ
			Ауд.	Офис	
Кіріспе. Жалпы мағлұматтар. Электр жетегінің механика негіздері	1	-	2	3	5
Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқыштарының сипаттамалары Тұрақты ток қозғалтқыштарының тежеу режимдерде сипаттамалары	2	4	2	3	5
Тізбектей қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқыштарының сипаттамалары Электржетектердің айналу жиілігін реттеу	2	4	2	3	5
Асинхронды қозғалтқыштардың құрылысы мен сипаттамалары Асинхронды қозғалтқыштардың айналу жиілігін реттеу әдістері	2	4	2	3	5
Синхронды қозғалтқыштардың сипаттамалары Электржетектердегі өтпелі процесстер	2	4	2	3	5

Қозғалтқыштардың қуатын таңдау Асинхронды қозғалтқыш-тардың типтік түйіндері мен басқару схемалары	2	4	2	5	5
Синхронды қозғалтқыштардың типтік түйіндері мен басқару схемалары	2	4	2	5	5
Асинхронды электржетегі үшін кернеудің тиристорлық түрлендіргіштерінің схемасы.	2	6	1	5	10
Барлығы, сағ	15	30	15	30	45

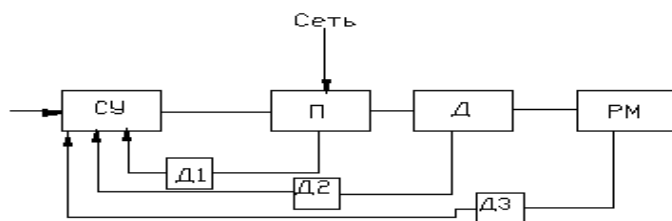
2.2 Дәрістік сабақтардың конспектісі

1 Дәріс тақырыбы: Кіріспе. Жалпы мағлұматтар

Электрлік жетек дегеніміз машинаның жұмыс органын немесе механизмді қозғалысқа келтіруге және технологиялық процестерді басқаруға арналған электромеханикалық құрылғы. Автоматтандырылған электржетегінің қарапайым структуралық схемасы 2.1-суретте келтірілген. Электржетек үш бөліктен тұрады: электрлік энергияны механикалық энергияға түрлендіретін және осы энергияны жұмыс органына беретін электр қозғалтқышынан; желіден келетін айнымалы ток энергиясын тұрақты ток қозғалтқыштары үшін тұрақты ток энергиясына немесе айнымалы ток қозғалтқыштары үшін жиілігі реттелетін айнымалы ток энергиясына түрлендіретін түрлендіргіштен П; жетектің қажетті статикалық сипаттамаларын және динамикалық қасиеттерін қалыптастыратын басқару жүйесі СУ. Электржетегінің электромеханикалық қасиеттерінен негізгі көрсеткіштер тәуелді болады және технологиялық процесстердің сапасы мен экономикалық тиімділігі анықталады.

Қазіргі кезде механикалық энергиямен, қозғалыспен байланысты барлық процесстер электржетегі арқылы іске асырылады. Өзгешелік тек электрлік емес қозғалтқыштарды қолданатын автономды транспорттық құралдар (автокөлік, самолет, т.б) болып табылады.

Салыстырмалы аз өнеркәсіптік қондырғыларда гидрожетек және одан сирек пневможетек қолданылады.



2.1-сурет. Автоматтандырылған электржетегінің құрылымдық схемасы. СУ - басқару жүйесі; П - түрлендіргіш; РМ - жұмыс механизмі; Д1, Д2, Д3 - кері байланыс тізбегіндегі датчиктер.

Электржетегінің мұндай кең таралуы электрлік энергияның артықшылықтарымен түсіндіріледі- кез-келген қашықтыққа тасымалдау мүмкіндігі, әрдайым қолдануға дайын болуы; энергияның басқа түрлеріне оңай түрленуі.

Қазіргі кезде аспаптық жүйелерде қуаты микроватт бірлігін

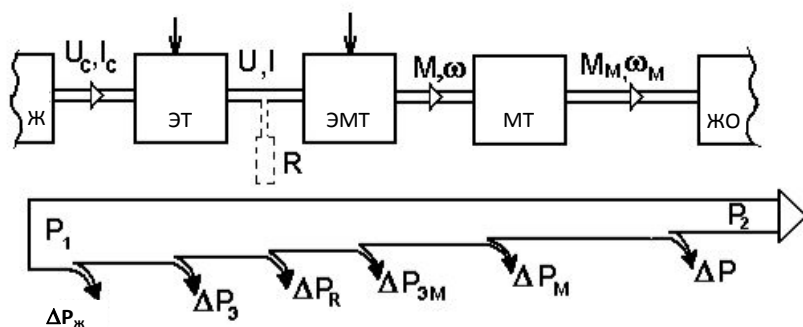
құрайтын электржетектер қолданылады; газ тасымалдаушы станциясындағы компрессор электржетегінің қуаты- ондаған меговатт, яғни қазіргі кездегі электржетектерінің қуаты бойынша диапазоны 10^{12} асады. Айналу жиілігі бойынша диапазон да осындай ретті: жартылай өткізгіштердің кристаллдары тартылатын қондырғыда, қозғалыс біркелкілігіне қатаң талаптар қойылған жағдайда, қозғалтқыш білігі бірнеше ондаған сағаттар ішінде 1 айналу жасауы қажет; жақсы станоктың шлифтоаушы дөңгелегінің айналу жиілігі 15000 айн/мин жетеді.

Әсіресе қазіргі электржетегінің қолданылу диапазоны өте кең- шексіз кең: жасанды жүректен эксковаторға дейін, желдеткіштен радиотелескоптың антенасына дейін, кір жуғыш машинадан өндірістік жүйеге дейін. Электржетегінің осы артықшылығы - технологиялық сферамен тығыз байланыстылығы, электржетегіне ілгерілеуші әсерін тигізіп отыр. Технологиялық қондырғыларға қойылатын талаптардың үздіксіз өсуі электржетегінің дамуын, оның элементтік базасының, әдістемесінің жетілдірілуін анықтайды. Өз кезегінде, электржетегінің дамуы технологиялық сфераға өз әсерін тигізеді, бұрын болмаған жаңа мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді.

Электржетегінің күштік (энергетикалық) каналын қарастырайық (2.2-сурет). Қуат (P) желі (P_1) арқылы жұмысшы органға (P_2) беріледі, бұл процесс басқарылады және беріліс пен қуатты түрлендіру күштік каналдың әр элементінде ΔP шығындарымен болады деп аламыз.

Электрлік түрлендіргіштің ЭТ функциясы болып (егер ол қолданылса) қоректену көзінен (желіден) алынатын және желінің $U_{жс}$ кернеуімен, $I_{жс}$ тогымен сипатталатын электрлік энергияға түрлендіру. Түрлендіргіштер басқарылмайтын (трансформатор, түзеткіш, параметрлік ток көзі) және көбінесе басқарылатын (мотор-генератор, басқарылатын түзеткіш, жиілікті түзеткіш) болады, олар біржақты (түзеткіш) және екі жақты (мотор-генератор, басқарылатын түзеткіш екі комплектілі вентильмен) өткізгіштікке ие болады. Түрлендіргіштің біржақты өтімділігі және энергияның кері

(жүктемеден) ағыны жағдайында тежегіш энергияны “құю” үшін қосымша R резисторы қолданылады.



2.2. Энергетикалық канал

жұбы, блоктар жүйесі, қосиінді-бұлғақты механизм және т.с.с. қозғалтқыштың M моментін және ω жылдамдығын технологиялық машинаның жұмысшы органының M_m моментімен (F_m күшімен) және ω_m жылдамдығымен сәйкестендіреді.

Түрленетін энергияны сипаттайтын шамаларды – кернеулер, токтар, моменттер (күштер), жылдамдықтар – *электржетегінің координаталары* деп аталады.

Электржетегінің негізгі функциясы координаталарды басқаруда, яғни олардың қызмет көрсетілетін технологиялық процесстің талабына сәйкес мәжбүрлік бағытталған өзгерісінде.

Координаталарды басқару электржетегінің элементтерінің құрылымының рұқсат етілген шегінде ғана жасалуы керек, осы арқылы жүйенің жұмысының сенімділігі қамтамасыз етіледі. Бұл рұқсат етілген шектер жабдықты жасағандармен және оның оптималды пайдалануын қамтамасыз ететін координаталардың *номиналды мәндерімен* байланысты.

Дұрыс ұйымдастырылған жүйеде координаталарды басқару (энергия ағынын) кезінде барлық элементте ΔP шығындары азайтылу керек және жұмысшы органға сол кездегі қажетті қуат берілуі керек.

Бұл сұрақтар – әр түрлі электржетектерінің қасиеттері мен сипаттамалары, олардың координаталарын орныққан – статикалық - өтпелі – динамикалық режимдерде қалай дұрыс басқару, энергетикалық қасиеттерін қалай бағалау, және электржетегінің күштік бөлімін қалай дұрыс жобалау – курстың негізгі пәні болады.

Курста электржетегінің ақпараттық каналына тиісті қызықты және қарапайым емес мәселелер қарастырылмайды: біз қазіргі заманғы техникалық құрылғылар кез-келген қажетті әсерлерді қамтамасыз ете алады деп есептейміз, және практика жүзінде қалайша асырылатынына емес, электржетегін басқару жүйесі не істеу керек соған баса көңіл аударамыз.

Электржетегінің күштік бөлімінің құрылымына жай қарағанның өзінен оқу объектісінің күрделі екендігін түсінуге болады (2.2-сурет): әр текті элементтер – электрлік және электрондық, механикалық, басқаруға қажет қарапайым емес процесстер, және т.с.с. Пәнді оқыту кезіндегі нәтиже – негізгі құбылыстарды

Электромеханикалық түрлендіргіш ЭМТ әр уақытта электржетегіде болады, электрлік энергияны (U, I) механикалық энергияға (M, ω) және керісінше түрлендіреді.

Механикалық түрлендіргіш (беріліс) – редуктор, бұрама-сомын

терең түсіну және қарапайым, бірақ практика үшін маңызды есептерді шығара білу – тек шарттар орындалғаннан кейін ғана іске асырылатыны анық.

Біріншіден, өте күрделі объектілердің реалды модельдерімен жұмыс істеуді үйрену керек, яғни реалды объектінің оқытылатын қасиеттері бейнеленетін жасанды қарапайым объектілермен.

Екіншіден, не қажет және қаншалықты қажет екендігін бейнелейтін, артық емес, бірақ жаман да емес тек жақсы модельдерді қолдануға ұмтылу керек. Бұл оңай емес, және оған айтарлықтай көңіл бөлінеді.

Үшіншіден, сол немесе одан басқа модель алынған шарттар қатаң болу керек. Егер олай болмаса, онда нәтижелерінде ешқандай мән болмауы мүмкін.

Сонымен, негізгіні таңдап, қосалқыны (жекені) алып тастай білу керек. Негізгі принциптерді, өлшемдерінің сәйкестігін, бас қатынастарын, заңдылықтарын терең түсіну және практикада қолдана білу – курстың негізгі мақсаты.

Электрлік машиналардың, аппараттардың, түрлендіргіштердің және басқару құрылғыларының мақсаттылы бағытталған байланысы болып табылатын электрлік жетектің тарихы оның құрамындағы компоненттермен ерекшеленеді. Электржетегінің энергияның басқарылатын электрмеханикалық түрленуін іске асыратын жүйе ретінде өзінің тарихы бар.

Электржетегінің дамуының басы XIX ғ. бірінші жартысында электрлік қозғалтқыштың жұмысқа қабілетті үлгісінің құрылуымен байланысты. Электржетекке тән басқа элементтерімен (механикалық беріліс, басқару органдары және т.с.с.) жабдықталған және Нева өзінің үстімен қайықтың қозғалысын қамтамасыз еткен тұрақты ток электрқозғалтқышы практикада 1834-1838ж.ж. бірінші рет қолданылды және оны академик Б.С.Якобидің есімімен байланыстырады. Бұл жұмыс бүкіл дүниежүзіне белгілі болды, бірақ техникалық құралдардың, ең басты қоректену көзінің (гальваникалық батарея) жетілмеуінен Б.С.Якобидің өнертабысы және оның жалғастырушыларының жұмыстары кең қолданыс таба алмады. Тек XIX ғасырдың 70 жылдары Вена, Париж, Мюнхен қалаларындағы көрмелерде ұсынылған практика жүзінде қолданыла алатын тұрақты ток қозғалтқыштары жасалған.

Электржетегінің көп мөлшерде даму шарттары XIX ғасырдың соңында пайда болды. Бұған 1886 жылы Г.Феррарис және Н.Тесла ашқан айналатын магниттік өріс себеп болды. Бұл құбылыс көпфазалы айнымалы электрқозғалтқыштарының пайда болуына әкелді. Электржетегінің дамуы М.О.Добровольскийдің еңбектерінің кешенімен байланысты. Ол 1888ж. айнымалы электрлік энергияның берілісінің үшфазалы жүйесін ұсынған және іске асырған, сонымен қатар 1889ж таралған орамалы статордың және “тиіннің торы” түріндегі қысқаша тұйықталған роторлы үшфазалы асинхронды қозғалтқышты жасаған.

XIX ғасырдың соңы – XX ғасырдың басы электрлік станциялардың құрылысымен және электрлік желілердің дамуымен сипатталады. Электрлік энергияның орталықтандырылып өндірілуі, одан кейін таратылуы өндірістік электржетегінің құрылуына негіз болды.

Булық немесе гидравликалық бірінші ретті қозғалтқышты және, таспалар және арқандар арқылы энергия механикалық таралатын топтық жетектің орнына топтық электржетек келді. Жалпы орналастырылуын өзгертпей, ол әр фабрикада бу қазандықты немесе гидравликалық су доңғалақтарлы жылу станцияларының болуына мүмкіндік жасады және орталықтандырылған электрмен қамтамасыз ету – электрлік желісін пайдалануға негізделген болатын.

Бұл жаңаша кіріспе бастапқыда көбісінде күмән келтірді, себебі жабдықтардың қымбаттылығы, оның күрделілігі және оның сым арқылы үлкен қашықтықтарға таратқанда энергияның шығынының болуы.

XX ғасырдың басында дара электржетегіне ауысу идеясы, яғни энергияның механикалық таралуын электрлікке ауыстыру, электрқозғалтқышты жұмысшы машинаға жақындату бұдан да үлкен қарсылықтарға әкелді. Сол кезде болған оң шешімдерге қарамастан, XX ғасырдың бірінші ширегін топтық және дара электржетектерінің жақтастарының арасындағы күресі болғандығын толық айтуға болады.

Негізгі әдебиет 2. [5-10]

Қосымша әдебиет 3. [5-15]

Бақылау сұрақтар:

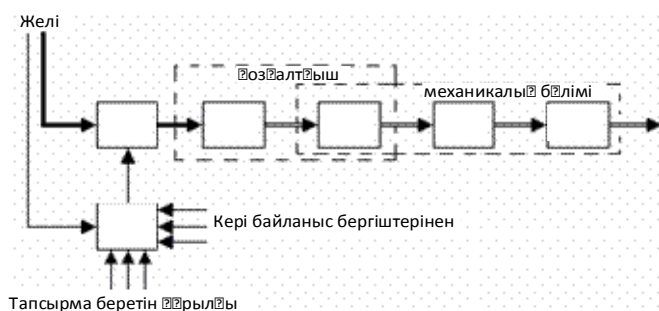
1. Қазіргі кездегі электржетегінің құрылымын келтіріңіз.
2. Электржетек жүйесінде түрлендіргіш қандай функцияны атқарады?
3. Электрлік энергияның кең қолданыс табуына не мүмкіндік берді?
4. Айнымалы магнит өрісі эффектін ашқан ғалымдарды атаңыз.

2 Дәріс тақырыбы: Электржетек механикасының негізі

Электржетек механикасы. Қозғалыс теңдеуі. Механикалық сипаттамалар. Моменттерді және инерция моментін келтіру. Электржетек координатасын реттеу. Электржетек түрлері. Электржетек механикасы. Электржетегі біріккен электрмеханикалық жүйені көрсетеді, оның құрылымдық сызбасы 2.3-суретте берілген:

ЭБЖ – басқару жүйесінің энергетикалық бөлімі;

АБЖ – басқару жүйесінің ақпараттық бөлімі;



2.3. Электржетегінің құрылымдық

ЭМТ – электрмеханикалық түрлендіргіш;

ҚР – қозғалтқыштың роторы;

БМ – беріліс механизмі;

ОМ – орындаушы механизм.

Желіден тұтынатын электрлік энергия

электрмеханикалық

түрлендіргіш (ЭМТ) арқылы механикалық энергияға түрленеді. Механикалық энергия қозғалтқыштың роторына (ҚР) беріледі, ол жерде оның шамалы бөлігі кинетикалық энергияның қорын ұлғайтуға және қозғалтқыштың механикалық

шығындарына жұмсалады. Механикалық энергияның қалған бөлігі қозғалтқыштың білігінен беріліс механизмі (БМ) арқылы орындаушы механизмге (ОМ) және одан кейін жұмысшы органға беріледі.

Қазіргі заманғы электржетегінде ЭБЖ электржетегінің жұмысына қажетті токтың, кернеудің және жиіліктің түрленуін қамтамасыз ететін электрлік энергияның басқарылатын түрлендіргіші ретінде қолданылады.

Ақпараттық басқару жүйесі (АБЖ) берілген жұмыс режимдері, жүйенің ағымдағы жағдайы және технологиялық процесстің өтуі туралы ақпарат негізінде энергияны түрлендіру (электрлікті механикалыққа және керісінше) процессін басқарады.

Қозғалтқыштың роторына ω жылдамдығы кезінде M электромагниттік моменті берілген, оның әсерінен механикалық бөлігі қозғалысқа келтіріледі және машинаның жұмысшы органында технологиялық процесспен қарастырылған жұмыс орындалады.

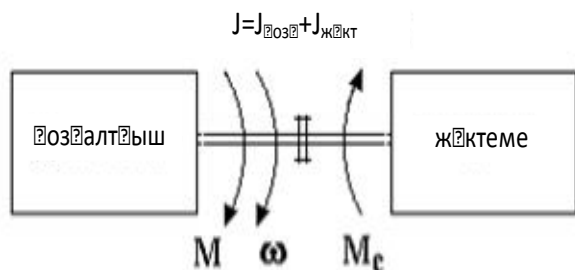
Қозғалыс теңдеуі

Ең қарапайым механикалық жүйені қарастырайық, оған қозғалтқыштың роторы және онымен тікелей байланысқан жүктеме – машинаның жұмысшы органы кіреді (2.4-сурет). Қарапайымдылығына қарамастан, жүйе толық реалды: дәл осы түрде сораптардың, желдеткіштердің және басқа машиналардың механикалық бөлігі орындалған.

2.4-суретте жүйеге екі момент қойылған деп есептейміз – қозғалтқышпен арқылы пайда болған электромагниттік момент M және жүктемеден, сонымен қатар механикалық бөлігінің шығынынан (үйкеліс) болатын момент M_c ; әр моменттің өзінің шамасы мен бағыты болады. Жүйенің қозғалысы Ньютонның екінші заңымен анықталады::

$$\pm M \pm M_c = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (2.1)$$

мұндағы ω - бұрыштық жылдамдық; J – қосынды инерция моменті.



(2.1) теңдеуінің оң жақ бөлігі

- *динамикалық момент*

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_{дин}. \text{ Ол егер } M \text{ және } M_c$$

моменттерінің алгебралық қосындысы нөлге тең болмаса

шамасы және таңбасы *үдеуді*

пайда болады; динамикалық моменттің анықтайды.

$\sum M = 0$, яғни M және M_c моменттері шамасы жағынан бір-біріне тең және бағыттары жағынан бір-біріне қарама-қарсы болғанда режимдерді *орныққан* немесе *статикалық* деп атайды, оған $\omega = const$, сонымен қатар $\omega = 0$ сәйкес келеді.

$\sum M \neq 0$ болғанда режимдерді *өтпелі* немесе *динамикалық* (үдеу, тежеу) деп атайды. (2.1) теңдеуінде M_c моменті толығымен дерлік жүктеменің қасиетімен анықталады, ал тәуелсіз айнымалы

ретінде санауға болатын M моменті қозғалтқышпен қалыптасады. ω жылдамдығы – тәуелді айнымалы; $\omega(t)$ шамасы динамикалық режимдерде нақты шарттар үшін (2.1) теңдеуінің шешімімен анықталады, ал статикалық режимдерде келесі шартпен анықталады

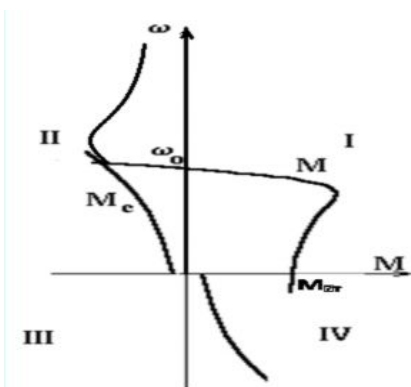
$$\pm M(\omega) \pm M_c(\omega) = 0.$$

Механикалық сипаттамалар

M және M_c моменттері уақытқа, күйіне, жылдамдыққа тәуелді болуы мүмкін. M және M_c моменттерінің ω жылдамдығымен байланысы қажет. $\omega(M)$ және $\omega(M_c)$ тәуелділіктері сәйкесінше *қозғалтқыштың және жүктеменің (механизмнің) механикалық сипаттамалары* деп аталады. Механикалық сипаттамалар электржетектерінің статикалық және динамикалық режимдерін сараптау кезінде ыңғайлы және пайдалы құрал болады. Моменттер сияқты жылдамдықтың да әр түрлі белгісі бола алатындықтан механикалық сипаттамалар $\omega - M$ жазықтығының төрт квадрантында орналасады. 2.4-суретте мысал ретінде асинхронды қозғалтқыштың (M) және центрден тепкіш машинаның (M_c) сипаттамалары көрсетілген. Қозғалыстың бір бағытын оң етіп алу арқылы шамалардың таңбасын таңдайды, мысалы: сағат стрелкасымен – “+” немесе жоғары – “+” және т.с.с. *Қозғалыспен бағытталған моменттердің (қозғалатын) таңбасы жылдамдықтың таңбасымен сәйкес келеді (қозғалтқыштың сипаттамасының $\omega_0 - M_{к.з}$ бөлігі); қозғалысқа қарсы бағытталған моменттердің (тежейтін) таңбасы жылдамдықтың таңбасына қарама-қарсы болады* (сипаттамалардың қалған бөлігі).

Моменттерді активті және реактивті деп бөлуге болады.

Активті моменттер қозғалатын сол сияқты тежейтін болуы мүмкін, олардың бағыты қозғалыстың бағытына тәуелсіз болады: электрлік машинадан пайда болған момент (2.5-суреттегі M), жүктен, серіппеден пайда болған момент және т.с.с. Сәйкес механикалық сипаттамалар төрт квадранттың кез-келгенінде орналаса алады.



2.5. Механикалық

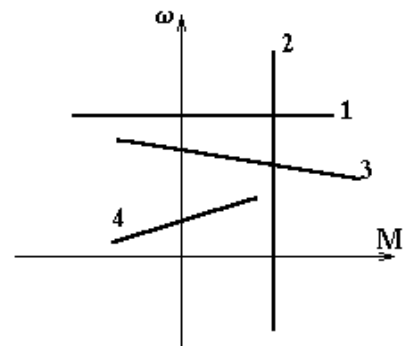
сипаттамалардың мысалы

абсолютті қатаң $\beta = \infty$ (1) және абсолютті жұмсақ $\beta = 0$ (2) болады және теріс $\beta < 0$ (3) немесе оң (4) қатаңдыққа ие бола алады.

Реактивті моменттер – қозғалысқа реакция, олар әр уақытта қозғалысқа қарсы бағытталады, яғни әр уақытта тежегіш болады: үйкеліс күшінен пайда болған момент, центрден тепкіш машинадан пайда болған момент (2.5-суреттегі M_c) және т.с.с. Механикалық сипаттамалар әр уақытта екінші және төртінші квадрантта орналасады.

Механикалық сипаттамалар олардың қатаңдығымен бағаланады $\beta = \frac{dM}{d\omega}$. Олар (2.6-сурет)

Біріктіріліп қарастырылған қозғалтқыштың және жүктеменің механикалық сипаттамалары орныққан (статикалық) режимде координаталарды (жылдамдық пен момент) $\omega_{орн}$ және $M_{орн}$ оңай анықтауға болады. Шындығында, егер M_c сипаттамасын жылдамдықтың осіне қатысты айнамен шағылыстырса (2.7,а-сурет), онда шағылыстырылған M_c қисығы мен қозғалтқыштың M сипаттамасымен қиылысу нүктесі A орныққан режимді анықтайды, себебі $M+(-M_c)=0$ немесе $\sum M=0$ шарты орындалады, AB және BC кесінділері өзара тең болады.

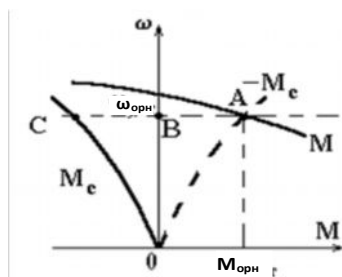


2.6. Қатандығы әр түрлі механикалық

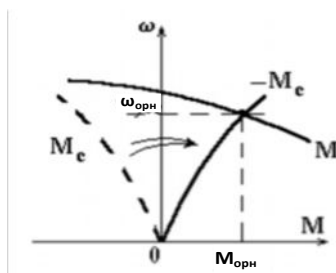
Мұнда біз бір ғана операцияны орындағанымыз көрініп тұр – M_c моментін екінші квадранттан бірінші квадрантқа ауыстырдық. Бұл операцияны алып тастауға болады, егер (2.1) теңдеуі келесі түрде жазылса:

$$\pm M - (\pm M_c) = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (2.2)$$

мұндағы $\pm M_c$ алдындағы “-” таңбасы жүктеменің сипаттамасын айнамен ауыстырғандығын білдіреді (2.7,б-сурет). Бұл қабылдау электржетегінде дәстүрлі түрде қолданылады,



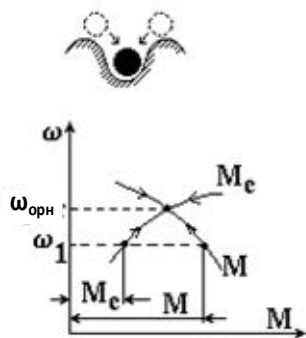
а)



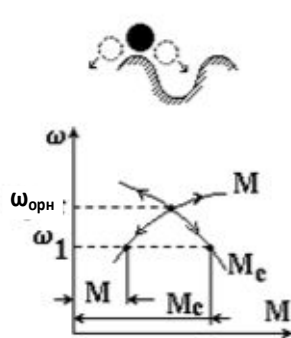
б)

Қозғалтқыштың және жүктеменің механикалық сипаттамалары орныққан режим статикалық жағынан орнықтылы бола ма соны анықтауға мүмкіндік береді, яғни кез-келген кездейсоқ әсердің әсерінен кейін жүйе бастапқы статикалық күйіне келе ала ма – 2.8,а-сурет, немесе келе алмай ма – 2.8,б-сурет.

Бірінші жағдайда (2.8,а-сурет) көрсетілген, кез-келген кездейсоқ, мысалы жылдамдықтың ($\omega_1 < \omega_{орн}$) азаюы қозғалыстағы моменттің M тежегіш M_c моментінен артығынан болады, және тепе-теңдік қалпына-келеді, жүйе бастапқы жағдайына келеді.



а)



б)

Екінші жағдайда (2.8,б-сурет) осындай кездейсоқ жылдамдықтың өзгерісі тежегіш моменттің артуына әкеледі, және тепе-теңдік қалпына келмейді – жүйе статикалық тұрақтылы емес.

Моменттерді және инерция моменттерін келтіру

Әдетте қозғалтқыш пен жүктеменің арасында белгілі бір механикалық беріліс болады (2.9-сурет), яғни өздерінің моменттері мен жылдамдықтары бар бірнеше әр түрлі білік болады. Кез-келген реалды жүйені қарапайым модельге әкелу үшін 2.9-суретте бірқатар операцияларды орындау керек, ол операцияларды белгілі бір таңдалған негізгі білікке (әдетте қозғалтқыштың білігіне) моменттерді және инерция моменттерін *келтіру* деп атайды. Басқаша айтқанда, белгілі бір механикалық жүйені, мысалы 2.2-суретте көрсетілген, эквивалентті жүйемен (2.9,б-сурет) алмастыру, және бұл өзгеріс жүйенің алмаспаған бөлігінің (қозғалтқыштың) жұмысына әсер етпеуі керек.

Келесілерді қабылдаймыз: жүйе қатаң, саңылаусыз; негізгі біліктерге қатысты инерция моменттері өзгермейді, аралық біліктерге қатысты моменттер, егер ондай бар болса нөлге тең;

$$i = \frac{\omega}{\omega_M} \text{ және берілістің ПӘК-і } \eta -$$

тұрақты.

Реалды және келтірілген жүйелерде қозғалтқышпен болатын $M\omega$ қуат өзгермеуі керек, яғни біздің жағдайда шығындарды қозғалтқышпен өтейді (M және ω сәйкес бағытталғанда):

$$\frac{M_{CM}\omega_M}{\eta} = M'_C\omega,$$

осыдан

$$M'_C = \frac{M_{CM}}{i\eta}. \quad (2.3)$$

Шығындар қозғалысты тудыратын жүйенің бөлігімен өтеледі, сондықтан қуаттың кері ағыны кезінде – жүктемеден қозғалтқышқа

$$M'_C = \frac{M_{CM}\eta}{i}. \quad (2.3,a)$$

Реалды және келтірілген жүйелерде кинетикалық энергияның қорлары бірдей болу керек, яғни

$$\frac{J_{\text{ооз}}\omega^2}{2} + \frac{J_{\text{жс к}}\omega_M^2}{2} = \frac{J_{\text{ооз}}\omega^2}{2} + \frac{J'_{\text{жс к}}\omega^2}{2},$$

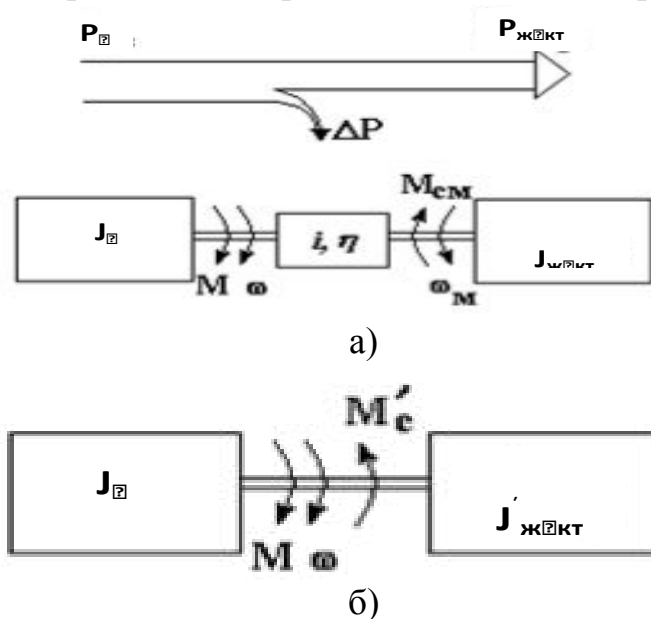
немесе

$$J'_{\text{жс к}} = \frac{J_{\text{жс к}}}{i^2}. \quad (2.4)$$

Мұнда біз қарапайымдату мақсатында берілістердегі шығындарды ескермедік; бұл әдетте жетектің жұмысында динамикалық режимдер анықтаушы ролді атқармаса үлкен қателерге әкелмейді.

Негізгі әдебиет 2. [5-10]

Қосымша 3. [5-15]



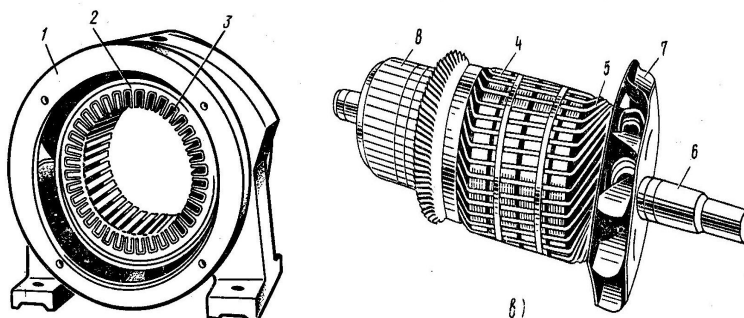
2.9. Қозғалтқыштың білігіне M_{CM} және $J_{жүкт}$ келтіру

Бақылау сұрақтары:

1. Редуктордың арналуы.
2. Беріліс коэффициенті.
3. Өндірістік механизмдердің механикалық сипаттамалары.
4. Статикалық тұрақтылық деген не?
5. Қай жағдайда жүйе статикалық тұрақтылы?

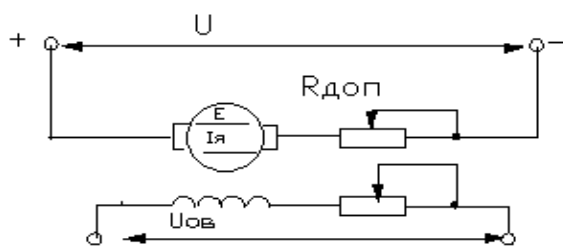
2 Дәріс тақырыбы: Тәуелсіз қоздырылатын қозғалтқыштардың сипаттамалары

Тұрақты ток электрқозғалтқыштарының құрылысы. Тұрақты ток қозғалтқыштарының сипаттамалары. Айналу жиілігін реттеу әдістері. Тұрақты ток электрқозғалтқыштарының құрылысы. Тұрақты ток электрлік машинасы (2.10-сурет) қозғалмайтын бөлік - статордан және айналмалы бөлік - якорьдан тұрады.



2.10. Тұрақты ток электр машинасының бөліктері: а – статор, б - якорь

Тұрақты ток электрлік машинасы статор деп аталатын қозғалмайтын бөліктен және якорь деп аталатын айналмалы бөліктен тұрады. Статордың негізгі элементтері – станина 1(корпус) және электрлік торабына жалғау үшін қажет қыспақтар колодкасы. Станинаға окшауламамен қапталған жұқа штампталған электротехникалық болат беттерінен жиналған өзекше 2 орнатылады. Болат беттерде якорь орамасын орнату үшін ойықтар 3 ойылады. Станинаға қоздыру орамдары мен полюстер болттармен бекітіледі. Якорь өзекше 4, желдеткіш 7 және коллектор 8 отырғызылған болат біліктен 6 тұрады.



2.11. Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышын қосу схемасы

Қозғалтқыштар сипаттамалары

Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышын қосу схемасы 2.11-суретте келтірілген.

Қозғалтқыштың электромеханикалық және механикалық сипаттамаларының теңдеулерін алу үшін электрлік және механикалық теңдесу

теңдеулері қолданылады. Якорьлік тізбектің электрлік теңдесу теңдеуі:

$$U = E + I_y R \quad (2.5)$$

Якорь ЭҚК:

$$E = k\omega\hat{O} \quad (2.6)$$

және электромагниттік момент:

$$M = kI_y\hat{O} \quad (2.7)$$

мұнда U – қозғалтқыштың якорь тізбегіне келтірілетін кернеу В; I_y – қозғалтқыштың якорь тогы, А; R - якорь орамының кедергісі, Ом; k – қозғалтқыштың конструктивтік тұрақтысы; Φ – қозғалтқыштың магнит ағыны, Вб.

(2.6) теңдеудегі E мәнін (2.5) теңдеуге қоя отырып, алатынымыз

$$U = k\omega\hat{O} + I_y R$$

Бұдан электромеханикалық сипаттама теңдеуін аламыз:

$$\omega = (U - I_y R) / k\hat{O} = U / k\hat{O} - I_y R / k\hat{O} \quad (2.8)$$

(2.7) теңдеуінен якорь тогының мәнін (2.8) теңдеуге қоя отырып, механикалық сипаттама теңдеуін аламыз:

$$\omega = U / k\hat{O} - MR / k^2\hat{O} \quad (2.9)$$

Идеалды бос жүйе кезінде якорь тогы және қозғалтқыштың айналу моменті 0-ге тең. Сонымен қатар, қозғалтқыштың айналу жиілігі бос жүріс жылдамдығына тең болады. Бұл жылдамдықты ω_0 деп белгілейік. Онда $I = 0$ және $M = 0$ кезінде (2.8) теңдеуі келесі түрде болады:

$$\omega_0 = U / k\hat{O} \quad (2.10)$$

(2.8) және (2.9) теңдеулердің оң жағындағы екінші мүшесі жылдамдықтың идеалды бос жүріс жылдамдығына қатысты айырмашылығын сипаттайды.

$$\Delta\omega = I_y R / k\hat{O} \quad \text{немесе} \quad \Delta\omega = MR / k^2\hat{O}^2 \quad (2.11)$$

(2.8) және (2.9) теңдеулердің графикалық түрі - түзу сызықтар. Олардың абсцисса осіне қатысты көлбеулігі тұрақты магнит ағыны кезінде якорь тізбегінің кедергісіне тәуелді. Оларды тұрғызу үшін ені нүктенің координаталары $(\omega; 0)$ және $(\omega_n; I_{ян}$ немесе $M_{ном})$ жеткілікті.

Қозғалтқыш төлқұжатында немесе каталогтарда келесі номиналды мәндер беріледі: $P_{ном}$; $I_{ян}$; U_n ; n_n . Осы мәндер бойынша табиғи электромеханикалық және механикалық сипаттамаларды тұрғызуға қажет координаттарды анықтауға болады.

Негізгі әдебиет 1. [5-10]

Қосымша әдебиет 10. [27-30]

Бақылау сұрақтар:

1. Тұрақты ток қозғалтқышының жұмыс ісеу принципі.
2. Электромеханикалық сипаттама теңдеуі.
3. Жүктеменің көбейуінде жылдамдықтың түсуі қозғалтқыштың қандай параметрлеріне тәуелді?
4. Тұрақты ток қозғалтқышының негізгі бөліктері.

5. Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының механикалық сипаттамасы.

4 Дәріс тақырыбы: Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының тежеу режиміндегі механикалық сипаттамалары

Қозғалтқыштарды тежеу әдістері

Тежеу режимінде қозғалтқыштың сипаттамалары

Қозғалтқыштарды тежеу әдістері

Тәуелсіз қоздырылған тұрақты ток электр қозғалтқыштарының үш тежелу әдісі бар: 1) рекуперативтік; 2) динамикалық; 3) қарама-қарсы қосып тежеу.

Рекуперативтік тежеу

Бұл әдіс қозғалтқыш якоріне келтірілген кернеу қандай да бір себептерден қозғалтқыштың ЭҚК-нен аз болған жағдайда іске асырылады. Мұндай кернеудің өсуі электрлік қран немесе көтергіш машина ауыр жүкті төмен түсіргенде пайда болуы мүмкін. Егер қозғалтқыш жүкті түсіру жағына қосылса және жүк тудыратын момент механизмнің барлық буындарында үйкеліс моментінен асып кетсе, онда қозғалтқыш якорінің жылдамдығы идеалды бос жүріс жылдамдығынан жоғары болады, және машина автоматты түрде қозғалыс режимінен рекуперативтік тежеу режиміне өтеді. Бұл режимде қосылу схемасы қозғалыс режиміндегі схемадай болады. Бірақ $\omega > \omega_0$ болғандықтан, (2.6) өрнегіне сәйкес, ЭҚК өседі және желі кернеуінен жоғары болады. I_{γ} қатысты (2.5) теңдеуін шешіп, қозғалыс режимі үшін келесі теңдеуді аламыз:

$$I_{\gamma} = (U - E) / R \quad (2.12)$$

Рекуперативтік тежеу үшін, $E > U$ болғандықтан,

$$-I_{\gamma} = (E - U) / R \quad (2.13)$$

(2.13) теңдеуіндегі “-” таңбасы якорь тогының бағыты өзгеретіндігін көрсетеді. Яғни, қозғалтқышгенераторлық режимде жұмыс істейді, желіге электрлік энергияны қайтарып береді. Қозғалтқыш моментінің алдындағы таңба да өзгеріп, ол тежегіш момент болады.

Қозғалтқыш реттелетін шығыстық кернеу көзінен (тұрақты ток генераторы, тиристорлық тұрақты ток түрлендіргіш) қоректенген кезде қозғалтқыштың кез-келген жылдамдығында рекуперативтік тежеу алуға болады. Бұл үшін $E < U$ шартын орындау жеткілікті. Бұл қорек көзінің шығыс кернеуін азаю жағына реттеу арқылы оңай орындалады.

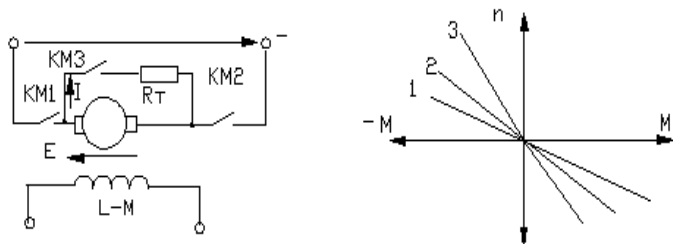
Қарастырылған тежеу әдісі тиімді болып табылады, себебі электрлік энергияны желіге қайтарды.

Динамикалық тежеу

Қозғалтқышты динамикалық тежеу режиміне ауыстыруға мүмкіндік беретін схема 2.12-суретте келтірілген.

Қозғалтқышты динамикалық тежеу режиміне ауыстыру үшін К1 және К2 контакторлары көмегімен якорь орамасын тұрақты ток көзінен ажырату және К3 контакторымен якорьлік тізбекті Rт реостатына қосу қажет. Сонымен қатар

қоздыру орамы, қозғалтқыштың режиміндегідей, желіге немесе тәуелсіз тұрақты ток көзіне жалғанған күйінде болады. Жетектің және жұмыс машинасының қозғалушы бөліктерінде сақталған кинетикалық энергия арқасында айналуы жалғасады. Якорь орамасында ток тудыратын ЭҚК қойылады. ЭҚК бағыты сақталады, себебі жылдамдық бағыты, қоздыру орамындағы ток бағыты өзгермейді, ал якорь тогының және қозғалтқыш білігіндегі моменттің бағыты өзгереді. Яғни, қозғалтқыштың қозғалыс бағытына қарсы тежегіш момент өседі, және осының әсерінен қозғалтқыш тоқтайды.



2.12. а) қозғалтқышты динамикалық тежеу режиміне қосу схемасы

б) қозғалтқыштың тежеу режиміндегі сипаттамалары

Динамикалық тежелу барысында қозғалтқыш якоріне кернеу берілмейді, яғни $M=0$, онда якорь тогын (2.12) өрнектен анықтауға болады.

$$I_y = -E/R$$

Ал механикалық сипаттама теңдеуі (2.9) теңдеуге сәйкес

$$\omega = -MR/k^2 \dot{\theta}^2 \quad (2.14)$$

(2.14) теңдеуіне сәйкес

динамикалық тежелу кезінде механикалық сипаттама екінші немесе төртінші квадраттарда орналасқан координаталар басы арқылы өтетін түзу сызық болады, ал оның көлбеулігі якорь тізбегіне енгізілген R резисторының мәніне тәуелді болады (2.12б).

Динамикалық тежелуде механикалық энергия жылулық энергияға айналады және якорь орамасы мен реостаттың қызуына жұмсалады. Рекуперативтік тежеу әдісімен салыстырғанда бұл тежеу әдісі тиімсіз болып табылады.

Қарама-қарсы қосып тежеу

Қарама-қарсы қосып тежеу деп қозғалтқыш жұмысы бір бағытта қосылған, ал қозғалтқыш якорі сыртқы момент немесе инерция күші әсерінен қарама-қарсы бағытта айналатын режимді айтамыз. Бұл, мысалы, көтергіш жетегінде қолданылуы мүмкін, қозғалтқыш көтеру бағытына қосылған, ал жүк тудырған моменттің әсерінен қозғалтқыш қарама-қарсы бағытта айналады. Сонымен қатар мұндай режим қозғалтқышты тоқтату немесе айналу бағытын өзгерту мақсатында якорь орамаларын ауыстырып қосқан кезде алынады.

Қарама-қарсы қосып тежеу процесін түсіндіретін схема және сипаттамалар 2.13- суретте келтірілген.

КМ1 конакторы тұйықталған және қозғалтқыш жүктеме моменті M_1 тең статикалық режимде жұмыс істейді деп қабылдайық. Айналу моментін тудыратын якорь тізбегіндегі ток келесі өрнекпен анықталады

$$I_z = (U - E) / R$$

Қозғалтқышты қажетті тежелу режиміне ауыстыру үшін КМ1 ажыратып, КМ2 тұйықтау қажет. Мұнда якорьге келтірілген кернеудің полярлығы өзгереді және қозғалтқыш моментінің бағыты да өзгереді, яғни тежегіш болады.

$$I_z = (-U - E) / R$$

Қарама-қарсы қосып тежеу режимін басқа әдіспен іске асыруға болады. Мысалы, 2.13,б-суретте көрсетілгендей тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышы n_1 жылдамдықпен қозғалтқыш режимде жұмыс істейді және G жүгін көтереді дейік. Егер жүктің салмағын көбейтетін болсақ, қозғалтқыш якорінің айналу жылдамдығы азаяды және s нүктесінде 0-ге тең болады. Жүк салмағының одан әрі өсуі қозғалтқыштың қарама-қарсы бағытта айналуына алып келеді және d нүктесіне жетеді. Бұл нүктеде қозғалтқыш n_2 жылдамдықпен айналады және жүк тудырған активті моментке тең M_2 тежегіш момент пайда болады. Айта кететін жайт, қарама-қарсы қосып тежеу режимі s нүктесінен төмен бөлікте ғана орын алады.

Қарама-қарсы қосып тежелуде қозғалтқыш жылжымалы бөліктерде сақталған кинетикалық энергияны электрлік энергияға түрлендіріп қана қоймай, сонымен қатар желідегі энергиямен де қоректенеді. Барлық бұл энергия якорь тізбегінде кедергілерде жылу түрінде таралады.

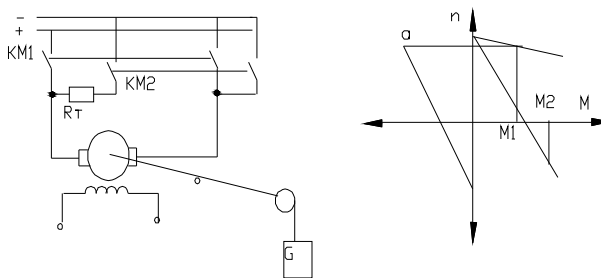
Негізгі әдебиет 2. [5-10].

Қосымша әдебиет 3. [5-15].

Бақылау сұрақтар:

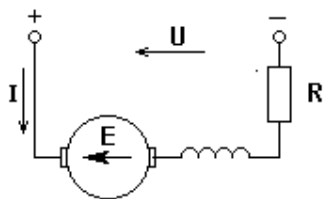
1. Динамикалық тежеудің іске асырылуы.
2. Қарама-қарсы қосып тежеу кезінде жылдамдық пен моменттің таңбалары.
3. Тежеу режимдеріндегі механикалық сипаттамалардың теңдеулері.
4. Рекуперативті тежеу режимінің сипаттамасы.
5. Рекуперативті тежеу режимінің қолданылу жерлері.

5 Дәріс тақырыбы: Тізбектей қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының механикалық сипаттамалары
 Қозғалыс режиміндегі механикалық сипаттамалар
 Тежегіш режиміндегі механикалық сипаттамалары
 Қозғалыс режиміндегі механикалық сипаттамалар



2.13. Қарама-қарсы қосып тежеу процессін түсіндіру

Тұрақты ток электржетектерінде кейде қоздырылуы тізбектей қозғалтқыштар қолданылады, бұл кезде арнайы жасалған қоздыру орамасы якорьдің орамасымен тізбектей жалғанады (2.14-сурет).



2.14. Қоздырылуы тізбектей тұрақты ток қозғалтқышының электрлік сызбасы

Қоздырылуы тізбектей қозғалтқыштар үшін басқа тұрақты ток қозғалтқыштары үшін сияқты якорь кернеу көзінен ($U=const$) қоректенгенде (2.8) және (2.9) орындалады, бірақ қоздырылуы тәуелсіз қозғалтқыш үшін ағын жүктеменің тогына тәуелсіз болады, ал қоздырылуы тізбектей қозғалтқыш үшін ағын жүктеме тогының функциясы болып табылады.

$\hat{O} = \varphi(I)$ тәуелділігі – магниттелу сипаттамасы – қарапайым аналитикалық өрнегі жоқ, оның мысалы 2.15-суретте көрсетілген.

Бірінші жақындауда қозғалтқыштың жылдамдығы мен оның артып келе жатқан моменттің арасындағы тәуелділікті орныққан режимде қоздыру ағыны және қозғалтқыштың якоріндегі ток өзара сызықтық тәуелді деп санай отырып табуға болады (2.15-суреттегі пунктир):

$$\Phi = \alpha I. \quad (2.15)$$

Бұл кезде

$$\omega = \frac{U}{k\alpha I} - \frac{R}{k\alpha}. \quad (2.16)$$

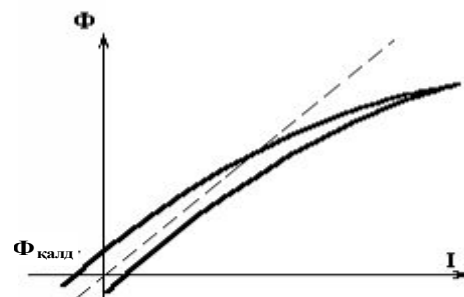
$$M = k\hat{O}I = k\alpha I^2$$

болғандықтан, онда

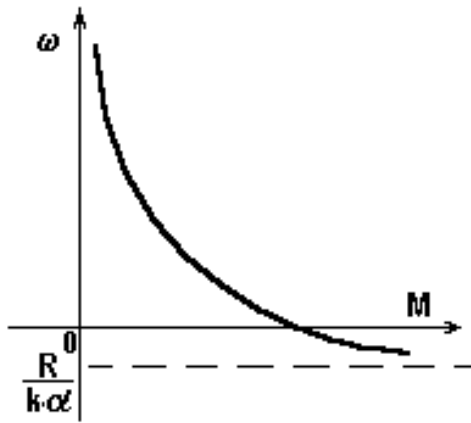
$$\omega = \frac{U}{\sqrt{k\alpha M}} - \frac{R}{k\alpha}. \quad (2.16)$$

Сонымен, жасалған жорамалдар кезіндегі қоздырылуы тізбектей қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы гиперболоа болады (2.16-сурет); оның асимптоталарының бірі – ординаталарының осі, ал басқасы – абсцисса осіне параллель түзу болады.

$$\omega = -\frac{R}{k\alpha}.$$



2.15. Тұрақты ток машинасының магниттелу сипаттамасы



2.16. Қоздырылуы тізбектей қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы

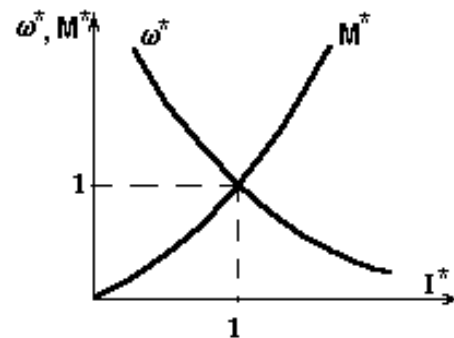
Қоздырылуы тізбектей қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының қатаңдығы $\beta = \frac{dM}{d\omega}$ айнымалы және жүктеменің артуымен өседі.

Алынған теңдеулер қоздырылуы тізбектей электржетегінің сипаттамалары туралы тек жалпы көрініс береді, себебі нақтысында машинаның магниттік жүйесі қаныққан және магниттелу қисығы түзуден алшақ орналасады. Сондықтан практикалық мақсаттарда әдетте машиналардың

сериясы үшін салыстырмалы шамаларда $\omega^* = \frac{\omega}{\omega_H}, I^* = \frac{I}{I_H}$ және $M^* = \frac{M}{M_H}$

құрылған, ω_H, I_H және M_H – қозғалтқыштың номиналды шамалары, $R_{don} = 0$.

Қоздырылуы тізбектей қозғалтқышты электржетегі қалыпты сызбада ($U = const$) қоздырылуы тәуелсіз қозғалтқышымен электржетегі жұмыс істей алатын энергетикалық режимдерде жұмыс істей алады, бұған тек желімен параллель идеалды бос жүріс режимі және генераторлық режим (рекуперативті тежелу) кірмейді, себебі нөлге ұмтылатын жүктеме кезінде магниттік ағын да нөлге ұмтылады, ω осі – механикалық сипаттаманың асимптотасы.

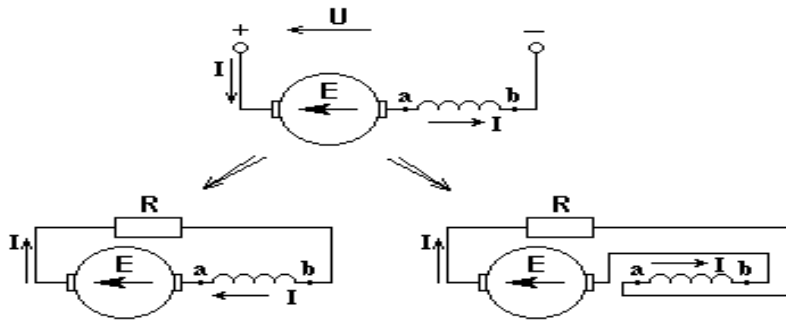


2.17. Салыстырмалы шамалардағы қоздырылуы тізбектей қозғалтқыштың

Тізбектей қоздыру кезіндегі динамикалық тежелу режимінің кейбір ерекшеліктері болады.

Егер айналып тұрған машинаның якорін кернеу көзінен ажыратып, сыртқы резисторға жалғаса (2.16-сурет, сол жақтағы сызба), онда қалдық магнетизмнің (2.17-суреттегі $\Phi_{кал}$) әсерінен якорьдің өткізгіштерінде тұйықталған тізбекте ток тудыратын белгілі бір ЭҚК-і $E_{кал}$ пайда болады. Бұл ток қоздыру орамасы арқылы бастапқы бағытына қарсы өтіп, машинаны беймагниттейді ($\Phi = 0$) және тежелу моменті пайда болады.

Тежелу моментін алу үшін құрылған $E_{кал}$ ток магниттік ағынды күшейте бере бастапқы бағытта бағытталуы керек, яғни өзігінен қоздырылуды құру керек. Бұл шарт тежеу режиміне ауысу кезінде қоздыру орамасын 2.18-суреттегідей (оң жағында) ауыстырып жалғаған кезде орындалады.



2.18. Өздігінен қоздырумен динамикалық тежелудің режиміне

Көбейіп келе жатқан ЭҚК-і арқылы пайда болған ток таңбасын ауыстырады, момент қозғалысқа қарсы бағытталады, яғни тежегіш болады.

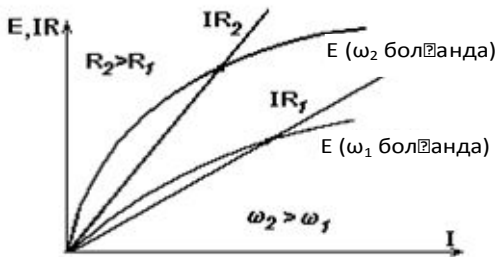
Қоздырылуы өздігінен тұрақты ток машинасының жұмысы белгілі бір шарттарда ғана

мүмкін, ал дәл айтқанда, төмендегі теңдеу орындалатын жылдамдықтың және якорь тізбегінің R кедергісінің мәндері кезінде.

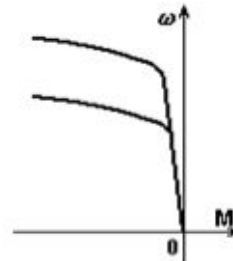
$$E = IR \quad (2.17)$$

Бұл теңдеу $E = \varphi(I)$ қисығының (берілген жылдамдықта) және

$IR = f(I)$ қисығының



а)



б)

2.19. Өздігінен қоздырылумен динамикалық тежелудің сипаттамалары

қиылысу нүктелері арқылы болады (2.17-сурет). R неғұрлым үлкен болса, соғұрлым машинаның өздігінен қоздырылуы үлкен жылдамдықта болады.

Машина өздігінен қозатын ең аз жылдамдық $R_{доб} = 0$ кезінде болады, яғни

машинаның якорінің тізбегі қысқаша тұйықталған кезде.

Өздігінен қоздыру кезінде динамикалық тежелу режимінде механикалық сипаттаманы қуаттар балансы теңдеуі арқылы құруға болады.

Динамикалық тежелу режимінде қозғалтқыштың қуаты толығымен якорьлік контурдың кедергілерінде таралады, яғни

$$(-I)^2 R = -M\omega$$

осыдан

$$\omega = -\frac{I^2 R}{M} \quad (2.18)$$

R кедергіні біліп және токты I бере отырып, әмбебап сипаттама бойынша осы токқа сәйкес M моментті анықтайды, ω жылдамдықты есептейді және т.с.с. Өздігінен қоздыру кезіндегі тежелу режиміндегі $\omega(M)$ тәуелділігінің сипаттамасы 2.19,б-суретте көрсетілген.

Қоздырылуы тізбектей қозғалтқыштар, жоғарыда қарастырылғандай, тек кернеу көзінен ғана емес, ток көзінен де қоректене алады. Өйткені бұл кезде магниттік ағын өзгермейді, жоғарыда қарастырылған электржетегінің негізгі қасиеттері сақталады.

Негізгі әдебиет 1. [31-67].

Қосымша әдебиет 2. [89-120].

Бақылау сұрақтары:

1. Тұрақты ток қозғалтқышының жұмыс істеу принципі.
2. Тұрақты ток машинаның құрылысы.
3. Тәуелсіз қоздыру кезіндегі тұрақты ток қозғалтқышының сипаттамалары мен режимдері.
4. Тізбектей қоздыру кезіндегі тұрақты ток қозғалтқышының сипаттамалары мен режимдері.
5. Тізбектей қоздыру кезіндегі динамикалық режимнің ерекшеліктері.

6 Дәріс тақырыбы: Электржетектердің айналу жиілігін реттеу

Жалпы мағлұматтар

Айналу жиілігін реттеу көрсеткіштері

Тұрақты ток қозғалтқыштарының айналу жиілігін реттеу

Жалпы мағлұматтар

Қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу деп өндірістік процесс талаптарына сәйкес айналу жиілігін күштеп өзгертуді айтады. Қазіргі кезде көптеген механизмдердің электржетектерінің айналу жиілігін белгілі бір шектерде реттеуді қамтамасыз ету қажет. Өндірістік механизмдердің айналу жиілігін реттеу мәселесі еңбек өнімділігінің өсуімен, зат сапасымен, энергияны үнемдеу және т.б. көрсеткіштермен байланысты.

Өндірістік механизмнің жұмысы кезінде қоректендіруші желінің кернеуі мен жиілігінің тербелістерінен, қозғалтқыш білігіндегі жүктеменің кенет өсуі немесе азаюынан, т.б. себептерден қозғалтқыштың айналу жиілігі өзгеруі мүмкін. Айналу жиілігінің бұндай өзгерістері өздігінен болады және айналу жиілігін реттеу түсінігіне жатпайды.

Айналу жиілігін реттеу көрсеткіштері

1. *Реттеудің бағыты.* Жасанды сипаттамалар тек табиғи сипаттаманың төменгі жағында орналасуы мүмкін – негізгі жылдамдықтан *төмен біраумақтық* реттеу, тек табиғи сипаттамадан жоғары – негізгі жылдамдықтан *жоғары біраумақтық* реттеу, табиғи сипаттамадан жоғары да төмен де – *екіаумақтық* реттеу.

2. *Реттеу диапазоны* – жүктеме моментінің өзгерісі берілген кезде максималды мүмкін жылдамдықтың минималдысына қатынасы $D = \frac{\omega_{\text{макс}}}{\omega_{\text{мин}}}$ -

2.20-сурет. Табиғи сипаттамалары бірдей және бірдей ΔM_C моментінің өзгерісі үшін қатты айырмашылығы бар реттеу диапазондары сәйкес келеді, бұл жасанды сипаттамалардың қатаңдығына байланысты.

Сипаттамалардың қатаңдығымен тағы бір көрсеткіш байланысты – жасанды сипаттамалардағы жылдамдықтың тұрақтылығы. Ол аласа – 2.20,а-сурет, немесе биік болуы мүмкін – 2.20,б-сурет; кейде абсолютті қатаң сипаттама қажет ($\beta = \infty$), кейде абсолютті жұмсақ сипаттама қажет (моментті реттеу).

3. Реттеудің бірқалыптылығы – бір-біріне жақын орналасқан жасанды сипаттамаларды алу мүмкіндігі бірқалыпты реттеу немесе, керісінше, белгіленген бірнеше сипаттаманы алу мүмкіндігі – сатылы реттеу.

4. Жасанды сипаттамалардағы рұқсат етілген жүктеме – өте қажет көрсеткіш, электржетегінің сенімділігін анықтайды. Бұл жерде қозғалтқышты рұқсат етілген қыздырумен анықталатын ұзақтық рұқсат етілген жүктемені ғана қарастырамыз.

Табиғи сипаттамадағы рұқсат етілген жүктеме анықтама бойынша белгілі – бұл қозғалтқыштың номиналды моменті M_n . Есепті оңайлату үшін жылудың берілісін ескермей, әр түрлі жылдамдық кезінде күштік тізбектегі рұқсат етілген тогы ретінде қозғалтқыштың номинал тогын I_n аламыз. Мәжбүрлік суытылатын қозғалтқыш үшін рұқсат етілген момент сәйкес жасанды сипаттамада қозғалтқыштың магниттік ағынына тәуелді болады.

$$M_p \equiv I_n \Phi \quad (2.19)$$

$\Phi = \Phi_n = const$ реттеу кезінде $M_{p\text{р\ddot{u}к}} \equiv I_n \Phi_n = M_n$. (2.19) өрнектегі бағалау рұқсат етілген жүктемелер туралы тек жалпы көрініс береді және әр нақты жағдайда дәлірек анықталуы қажет.

5. Реттеудің тиімділігі реттеудің кез-келген әдісімен болатын энергия шығынымен бағаланады. Кей жағдайда пайдалы қуатты $P_2 = M\omega$ желіден тұтынатын P_1 қуатымен салыстыра отырып, яғни белгілі бір сипаттамалық нүктеде ΔP шығынын анықтап және ПӘК-ін η есептеп, тиімділікті өрескел бағалауға болады.:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P}. \quad (2.20)$$

Әр түрлі әдістерді салыстыру кезінде реттеудің тиімділігін бағалау циклдың t_u уақытында жетектің нақты жұмыс шарттарымен анықталатын циклдық ПӘК-іне η_{δ} негізделі алады.

$$\eta_u = \frac{\int_0^{t_u} P_2(t) dt}{\int_0^{t_u} P_2(t) dt + \int_0^{t_u} \Delta P(t) dt}, \quad (2.21)$$

6. Реттеуге кететін шығындарды реттеу үшін қолданған жабдықтың бағасымен Жабд.бағ. анықтауға болады. Шығындардың нәтижелігі олардың өзін-өзі өтеу мерзімімен анықтау ыңғайлы $T_{өм}$

$$T_{өм} = \frac{\text{Жабд.баг.}}{\text{Жылд.нэт.}} \quad (2.22)$$

мұндағы Жылд.нэт. – реттеуді пайдаланудан жылдық нәтижелік бағасы.

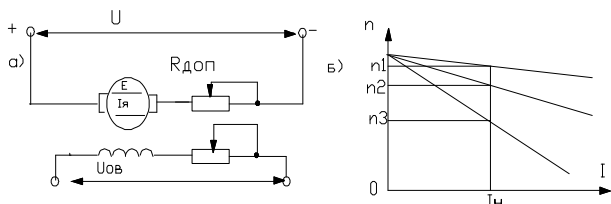
Егер сораптың реттелмейтін электржетегінің орнына жиілікті-реттелетін қолданылса, және қосымша жабдықтың - жиіліктің түрлендіргішінің бағасы 1500 USD, ал экономикалық нәтижелігі сақталған электрлік энергияның, судың және жылудың есебінен 2100 USD/жыл құраса, онда өзін-өзі өтеу мерзімі келесідей анықталады:

$$T_{ө.і.} = \frac{1500}{2100} \approx 0,7 \text{ жыл.}$$

Реттеудің келтірілген алты көрсеткіші негізгі қасиеттерін салыстыруға және әр түрлі әдістерді қарастыруға мүмкіндік береді. Кең диапазонда тұрақты рұқсат етілетін жүктемемен $M_{рұқ} \approx M_n$, аз шығындармен, қосымша жабдықтың төмен бағасы кезінде бірқалыпты екіаумақтық реттеуді болдыратын әдіс идеалды болатыны анық. Мұндай идеалды әдістің болмайтыны да анық, және инженерге әр уақытта тиімді компромис іздеу қажет. Бұл жерде соңғы уақытта түрленушісіз, бірақ ыңғайлы көрсеткіш “сапа/баға” кеңінен қолданылады. “сапа” ұғымына белгілі бір ұйымдастырылған және қолданушымен келісілген жоғарыда аталған көрсеткіштер жиынтығы кіреді, ол келесі жалпы техникалық көрсеткіштермен толықтырылған: жөндеуге жарамдылығы, сенімділігі, бөгеттен қорғанушылығы, желімен өзара байланыстылығы және т.б.

Тұрақты ток қозғалтқышының айналу жиілігін реттеу

Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының электромеханикалық сипаттама теңдеуіне сәйкес айналу жиілігін үш әдіспен реттеуге болады: 1) якорь тізбегіне қосымша R_p резисторын енгізу; 2) қозғалтқыштың қоздыру ағынының шамасын өзгерту; 3) қозғалтқыш якоріне келтірілген U кернеуін өзгерту. Якорь тізбегіндегі ток I_a және қозғалтқыш тудыратын момент M тек қозғалтқыш білігіндегі момент шамасына тәуелді. $U = \text{const}$, $I_b = \text{const}$, шартында қозғалтқыштың іске қосу схемасы 2.21,а-суретте және электромеханикалық сипаттамалары 2.21,б-суретте келтірілген.



Якорь тізбегінде реостат кедергісін $R_{доп}$ өзгерте отырып, номинал жүктеме кезінде жасанды сипаттамаларда әртүрлі бұрыштық жылдамдықтар- n_1, n_2, n_3 алуға болады.

2.21. Қозғалтқыштың айналу жиілігін якорь тізбегіндегі кедергіні

Берілген айналу жиілігін реттеу әдісінде сипаттамалардың қатандығы кең шектерде өзгереді.

Номиналды жылдамдықтың жартысынан төмен жылдамдықтарда қозғалтқыш жұмысының тұрақтылығы күрт төмендейді. Сонымен қатар, айналу жиілігін

реттеу диапазоны ($D=2-3$) да азаяды. Берілген реттеу әдісінде айналу жиілігін табиғи сипаттамадан төмен бағытта ғана өзгертуге болады.

Берілген әдістің кемшілігі- қозғалтқыштың айналу жиілігінің өзгерісіне пропорционал қуат шығынының болуы.

Қарастырылып отырған әдістің артықшылықтары- қарапайымдылығы және жұмыс сенімділігі. Реостаттардағы жоғарғы энергия шығындарына байланысты, бұл әдіс жұмыс режимі өқысқа уақытта электржетектерде қолданылады.

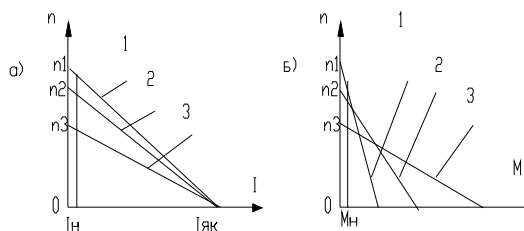
Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының айналу жиілігін реттеудің екінші әдісінде магнит ағынының өзгеруі қоздыру орамы тізбегіне қосымша регистор енгізу арқылы немесе қоздыру орамына келтірілген кернеуді өзгерту арқылы іске асырылады. Қозғалтқыштың магнит ағынының әртүрлі мәндеріндегі электромеханикалық және механикалық сипаттамалары 2.22-суретте келтірілген.

Сипаттамалары сәйкес қозғалтқыштың электромеханикалық қасиеттерін тек механикалық сипаттамалар көрсетеді. Магнит ағыны азайғанда қозғалтқыштың айналу жиілігі тек бос жүрісте және аз жүктемеде (15%-ке дейін) ғана өседі.

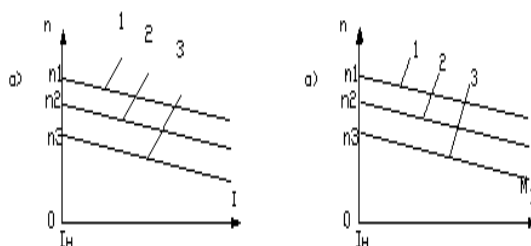
Қозғалтқыштың айналу жиілігін магнит ағынын өзгерту арқылы реттеуді тек жоғары бағытта жүргізуге болады. Қоздыру ағынын өзгерту арқылы айналу жиілігін екі себептен төмендетуге болмайды: номинал қоздыру тогында негізгі полюстер болаты қаныққан , қоздыру орамы номиналды қоздыру тогына есептелген.

Қозғалтқыштың айналу жиілігін якорь тізбегіне келтірілген кернеуді өзгерту арқылы реттеу.

Қозғалтқыштың якорь кернеуінің әр түрлі мәндеріндегі сипаттамалары 2.23-суретте келтірілген.



2.22. Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының айналу жиілігін магнит ағынын өзгерту арқылы реттеу кезіндегі электромеханикалық



2.23. Қозғалтқыштың якорь кернеуінің әр түрлі мәндеріндегі сипаттамалары:

Негізгі әдебиет 2.
Қосымша әдебиет 3. [5-15]
Бақылау сұрақтары:

[5-10]

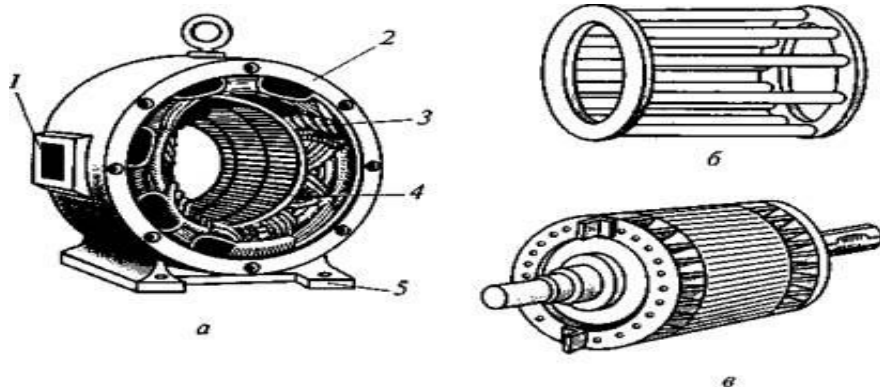
1. Реттеу көрсеткіштері
2. Қандай реттеу әдісінде электромеханикалық сипаттамалар қозғалтқыштың электромеханикалық қасиеттерін толық сипаттамайды.
3. Реостаттық реттеу әдісінің кемшіліктері.
4. Реттеудің бірқалыптылығы.
5. Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының айналу жиілігін реттеу әдістері.

7 Дәріс тақырыбы: Асинхронды қозғалтқыштың құрылысы және сипаттамалары

Асинхронды қозғалтқыштың құрылысы

Асинхронды қозғалтқыш деп айнымалы ток электрлік энергияны механикалық энергияға түрлендіретін, роторының айналу жылдамдығы жүктемеге тәуелді болатын машинаны айтады. Асинхронды қозғалтқыштар үшфазалы, екіфазалы, бірфазалы болады және екі негізгі бөліктен тұрады: статор және ротор.

Статор — қозғалтқыштың қозғалмайтын бөлігі (2.24,*а*-сурет). Оның ішкі жағынан паздар жасалған, оларға фазалық орамалар орнатылады.



2.24. Асинхронды қозғалтқыштың құрылысы:
а — статор; *б* — ротордың қысқаша тұйықталған орамы (тиіннің торы);
в — жиналған түрдегі ротор; *1* — клеммалық қалқан; *2* — станина;

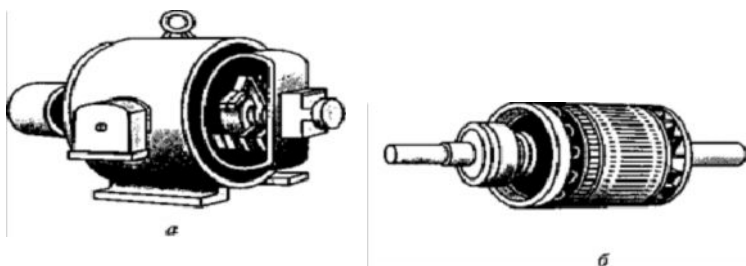
Үшфазалы асинхронды қозғалтқышта үш орама болады. Олар бірдей жасалған және 120° -пен орналасқан. Орамалар арқылы $n = \frac{60f}{p}$, жиілігімен айналатын магниттік өрісті тудыратын үшфазалы ток өтеді. мұндағы n — айналу жиілігі, мин⁻¹; f — айнымалы ток жиілігі,

Гц; p — полюстер жұбының саны.

Ротор — қозғалтқыштың айнымалы бөлігі. Ол қысқаша тұйықталған және фазалық бола алады. Қысқаша тұйықталған роторлы қозғалтқыштарда орама шеттерінен тұйықталған мыс немесе құйылған алюминий стерженьдер түрінде жасалған (2.26,*б*,*в*-сурет).

Фазалық роторлы қозғалтқыштарда соңғысының фазалық орамалары болады (2.25,*а*,*б*-сурет). Олар статор орамасының түріне байланысты болады және фазаларының саны да сонша болады. Орамалары «жұлдызша» жалғанады, яғни шығыстары бір нүктеге жалғанған, ал бастары білікке бекітілген мыс сақиналарға жалғанады. Мұндай қозғалтқыштарда роторлық орамалы

реостатпен іске қосу кезінде тізбектей жалғауға немесе оны жұмыс істеп тұрғанда қысқаша тұйықтауға мүмкіндік беретін құрал болады.



2.25. Фазалық роторлы асинхронды қозғалтқыш: *a* — жалпы түрі; *б* — қозғалтқыштың контактілі сакиналы

Құйынды токтарға шығындарды азайту үшін асинхронды қозғалтқыштардың статорлары мен роторы жеке бір-бірінен оқшауланған, қалыңдығы 0,5мм электротехникалық болаттан қаңытлырлардан жасалған.

Егер қозғалтқыштың статорлық орамаларын үшфазалы айнымалы ток желісіне қосса, онда статордың ішінде айналатын магниттік өрісі пайда болады. Бұл өріс бір уақытта статор мен ротордың орамаларын қиып өтеді. Статорлық орамаларда орамның ток күшін анықтайтын теріс ЭҚК-тері индукцияланады.

Роторлық орамаларда ЭҚК индукцияланады, оның әсерінен орамаларда токтар өтеді. Ол токтар статордың айналатын магниттік өрісімен әсерлесіп айналу моментін тудырады, осының нәтижесінде ротор статордың өрісінің айналу жағына қарай айнала бастайды.

Демек, ротор айналғанда оның айналу жиілігі статор өрісінің айналу жиілігінен аз болу керек. Осыдан қозғалтқыш асинхронды деген (біруақыттылы емес) деген атқа ие болды. Статордың өрісінің айналу жиілігі n мен ротордың айналу жиілігінің n_1 айырмашылығы s *сырғанау* деп аталатын шамамен сипатталады:

$$s = \frac{n - n_1}{n}$$

Асинхронды қозғалтқыш үшін сырғанау бірден нөлге жақын шамаға дейін өзгереді.

Қозғалтқышты іске қосқанда, ротор қозғалмай тұрғанда ($s=1$), ротор орамасының айналатын магниттік өріспен қиылысу жиілігі ең үлкен болады. Ротордың орамаларында үлкен ток күшін әкелетін ең үлкен ЭҚК-тері индукцияланады. Ротор орамаларының токтары өзінің айналатын магниттік өрісін тудырады, ол өріс статор айналатын магниттік өрісіне қарсы бағытталады және оны азайтады. Нәтижесінде теріс ЭҚК-і азаяды, ал статор орамаларындағы ток артады. Іске қосу тогы номиналдыдан 4-7 есе артық болады.

Қысқаша тұйықталған роторлы қозғалтқыштардың роторының айналу жиілігі полюстар жұбын ауыстырып қосу арқылы немесе кернеудің шамасын өзгерту арқылы реттейді.

Фазалық роторлы қозғалтқыштың айналу жиілігі ротордың орамасына қосылған реостатпен реттеледі. Реостаттың кедергісін өзгерте бере, ротордағы ток күшін өзгертеді, бұл кезде ротордың өрісі өзгереді, сәйкесінше ротордың

және статордың өрістерінің әсерлесу күші өзгереді. Демек, сырғанаудың шамасы өзгереді.

Асинхронды электржетегінің қарапайым моделдері

Асинхронды машинаның жалпы түрдегі жұмыс істеу принципі келесідей: машинаның элементінің бірі – статор белгілі бір жылдамдықпен қозғалатын магниттік өрісті тудыру үшін қолданылады, ал басқа элементтің тұйықталған өткізетін пассив контурларында – роторда магниттік өріспен әсерлескенде күштердің (моменттердің) пайда болуын және токтардың өтуін тудыратын ЭҚК пайда болады. Барлық осы құбылыстар өріске қатысты ротордың синхронды емес – асинхронды қозғалысы кезінде болады, сол себепті машиналардың бұл түрін – асинхронды теп атайды.

Статор әдетте бірнеше паздарда орналасқан катушкалар түрінде орындалады, ал ротор - “түлкі торы” (қысқаша тұйықталған ротор) түрінде немесе бірнеше катушкалар (фазалық ротор) түрінде (катушкалар бір-бірімен жалғанған және білікте орналасқан сақиналарға шығарылып, олар арқылы сырғитын щеткалардың көмегімен сыртқы резисторларға тұйықталған) орындалады.

Физикалық және құрылымдық материалдайтын құбылыстардың қарапайымдылығына қарамастан асинхронды машинадағы процесстердің толық математикалық сипаттамасы күрделі болады:

біріншіден, барлық кернеулер, токтар, ағын ілінісі – айнымалылар, олар жиілікпен, амплитудамен, фазамен немесе сәйкес векторлық шамалармен сипатталады;

екіншіден, қозғалатын контурлар әсерлеседі, олардың өзара орналасуы кеңістікте өзгереді;

үшіншіден, магниттік ағын магниттелу тогымен сызықты емес байланысқан (магниттік тізбек қанығады), роторлық тізбектің активті кедергілері жиілікке тәуелді (токты ығыстыру эффектісі), барлық тізбектердің кедергілері температураға тәуелді және т.с.с.

Асинхронды электржетегіндегі негізгі құбылыстарды түсіндіруге болатын асинхронды машинаның ең қарапайым моделін қарастырайық.

Қозғалатын магниттік өрісті алу принципі

Статорда айнымалы ток $i_A = I_m \sin \omega t$ ($\omega = 2\pi f_1$) өтетін орам (орауыш) $A-X$ (4.3,а,б-сурет) орналассын. Осы токтан пайда болған МҚК F_A орамның осімен пульсацияланады (4.3,в-суреттегі көлденең штрих стрелкалары).

$$F_A = F_m \sin \omega t$$

2.26-сурет. Машинадағы айналатын магниттік өрістің пайда болуына

Егер 90° бұрышпен орналасқан орамды (орауышты) $B-Y$ қосса және ол арқылы $i_B = I_m \cos \omega t$ тогын жіберсе, онда МҚК F_B осы орамның осі бойынша пульсацияланады (тік стрелкалар):

$$F_B = F_m \cos \omega t$$

Нәтижелік ЭҚК-інің векторының модулі

$$F = \sqrt{F_A^2 + F_B^2} = F_m = \text{const.}$$

Оның α фазасы келесі шарттан анықталады

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_A}{F_B} = \operatorname{tg} \omega t.$$

Сонымен, қабылданған шарттарда, яғни кеңістікте екі витоктың $\frac{\pi}{2}$

бұрышына және уақыт бойынша $\frac{\pi}{2}$ -ге токтың ығысуы кезінде, нәтижелік МҚК-інің векторы $\omega = 2\pi f_1$ бұрыштық жылдамдығымен айналады, мұндағы f_1 – орамдардағы ток жиілігі.

Жалпы алғанда, p полюстар жұбы ($p=1,2,3\dots$) бар машина үшін ω_0 , рад/с синхронды бұрыштық жылдамдығы, яғни өрістің жылдамдығы, келесідей анықталады:

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p}; \quad (2.23)$$

n_0 айналу жиілігі, айн/мин:

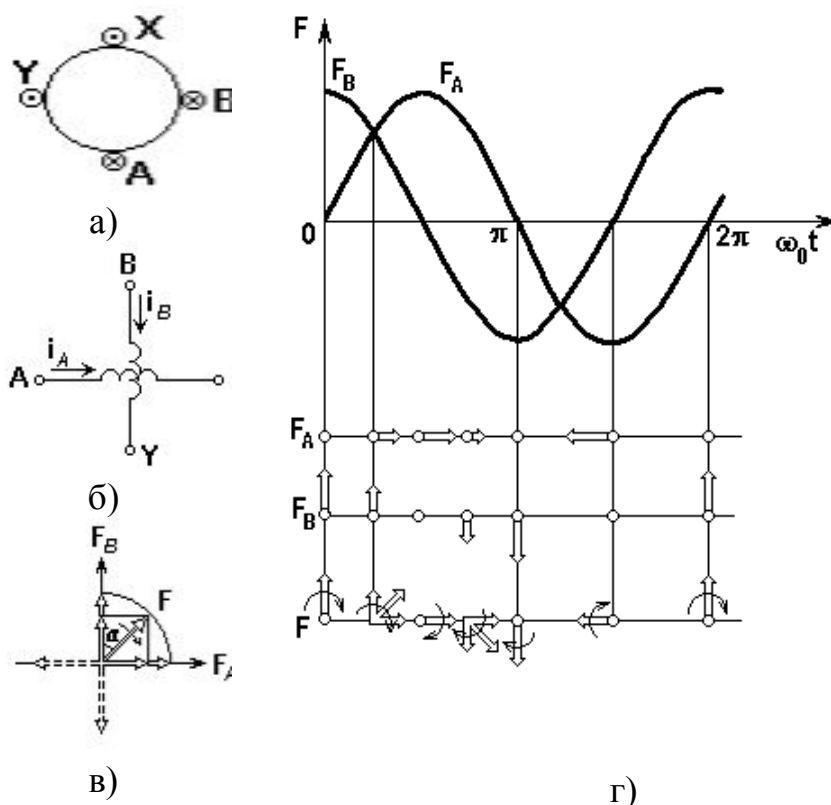
$$n_0 = \frac{60f_1}{p}, \quad (2.24)$$

Яғни $f_1=50\text{Гц}$ желіден қоректенгенде синхронды айналу жиілігі машинаның құрылымына байланысты 3000, 1500, 1000, 750, 60. айн/мин бола алады.

(2.23) және (2.24) өрнектердің принциптік сипаттамасы бар: олар берілген машина үшін өрістің жылдамдығын өзгертудің бір ғана мүмкіндігі барын көрсетеді және ол $-f_1$ қоректену көзінің жиілігін өзгерту.

$\omega = \omega_0$ кезіндегі процесстер

Ротор ω_0 жылдамдығымен айналсын, яғни оның орамалары магниттік



өрістің күштік сызықтарын қимайды және процесстерге елеулі әсер етпейді.

Дөрекі, бірақ кейде пайдалы жақындауда статордың фазасының орамасын белгілі бір идеалды орауыш түрінде қарастыруға болады, ол орауышка айнымалы кернеу $u_1 = U_{m1} \sin \omega t$ берілген. Әрі қарай біз не бас әріптеріне сәйкес басқа да синусойдалы өзгертін айнымалыларын белгілейміз, егер олардың әсер етуші мәндері керек болса, не жоғарыда нүктені қосумен, онымен біз $U_m = \sqrt{2}U$ амплитудасы және φ фазасы бар уақытша вектор туралы айтылатынын көрсетеміз.

Берілген \dot{U}_1 кернеуі \dot{E}_1 өздік индукцияның ЭҚК-імен теңесетіні анық (2.27, а, б-сурет).

$$E_1 = 4,44 \Phi f_1 w_1 k_{o\delta} , \quad (2.25)$$

мұндағы w – ораманың орам саны; $k_{o\delta}$ – ораманың нақты орындалуына байланысты коэффициент.

Магниттік ағын берілген кернеумен, жиілікпен және орамның шамашарттарымен анықталады деп санауға болады:

$$\Phi \approx \frac{U_1}{4,44 f_1 w_1 k_{o\delta}} \equiv \frac{U_1}{f_1} . \quad (2.26)$$

Статордың орамасындағы (фазадағы) ток – магниттелу тогы кезінде тек магниттік ағынмен және машинаның магниттелу сипаттамасымен анықталады (2.27, в-сурет):

$$I_1 = I_{10} = I_\mu$$

Сериялық машиналарда $U_1 = U_{1H}$ және $f_1 = f_{1H}$ кезінде, яғни номиналды магниттік ағын кезінде бос жүріс тогы I_{10} әдетте статордың I_{1H} номиналды тогының 30%-40%-ын құрайды.

Жүктеме астындағы процесстер

Білікті жүктеген кезде $\omega \neq \omega_0$; ω және ω_0 жылдамдықтарының айырмашылығын сырғанаумен сипаттайды.

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \quad (2.27)$$

Енді ротордың тізбегінде электромагниттік индукция заңымен шығатын ЭҚК E'_2 пайда болады:

$$E_2^1 = E_{1s} \quad (2.28)$$

Мұнда және әрі қарай штрихпен келтірілген шамалар белгіленеді, олар статордың және ротордың орамаларының бірдей еместігін ескереді. Шыққан ЭҚК-інің жиілігі:

$$f_2^1 = f_{1s} \quad (2.29)$$

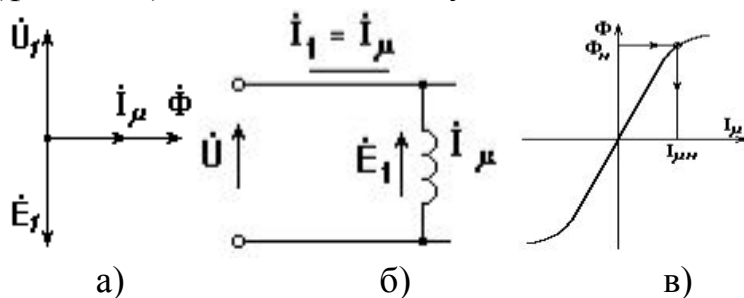
Кедергісі R_2' және индуктивтілігі L_2' ротордың тізбегінде ток I_2' келесідей анықталады:

$$I_2' = \frac{E_2'}{\sqrt{(R_2')^2 + (2\pi f_2 L_2')^2}}$$

немесе қарапайым түрлендірулерден кейін

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{(R_2'/s)^2 + (X_2')^2}} \quad (2.30)$$

мұндағы X_2' – f_1 жиілігі кезіндегі екінші ретті ораманың шашырауының индуктивті кедергісі.



2.27. $\omega = \omega_0$ кезіндегі асинхронды машинаның идеалдандырылған моделі (а), векторлық диаграмма (б) және магниттелу кисығы (в)

Асинхронды қозғалтқыштың фаза алмастыру дәстүрлі сызбасына сәйкес теңдеуді алдық (4.5-сурет), онда статордың да шама-шарттары R_1 және X_1 ескерілген. Бұл қарапайым модель арқылы орныққан режимдерді симметриялы қоректенілетін симметриялы қозғалтқыш кезінде талдауға болады.

Механикалық сипаттаманы алу үшін, электрлік машиналар курсына жиі жасалатындай, магниттелу контурын қыспақтарға шығару арқылы модельді қарапайымдатамыз (2.29,а-сурет)

$$M = k\Phi I_{2a} = k\Phi I_2 \cos\psi_2$$

болғандықтан,

мұндағы I_{2a} – ротордың тогының активті

құраушысы, ψ_2 – \dot{E}_2 және \dot{I}_2 арасындағы бұрыш.

$M(s)$ механикалық сипаттама туралы сапалы түсінікті үш көбейткіштің әрқайсысының s -ке тәуелділігін бақылау арқылы алуға болады.

Магниттік ағын Φ бірінші жақындауда (4.4)-ке сәйкес s -ке тәуелді емес (4.6,б-сурет). $s=0$ кезінде ротордың тогы (2.30) нөлге тең және $s \rightarrow \pm\infty$ кезінде

асимптотикалық түрде

U_1/X_2' қатынасына

ұмтылады (2.29,б-сурет).

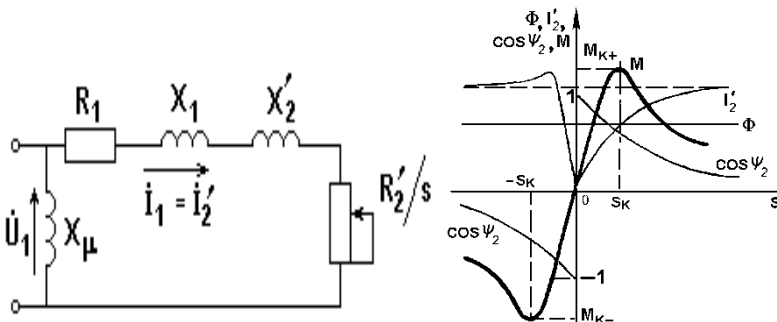
Алмастыру сызбасы

арқылы соңғы

көбейткішті оңай

анықтауға болады:

$$\cos\psi_2 = \frac{R_2'/s}{\sqrt{(R_2'/s)^2 + (X_2')^2}};$$



2.29. Асинхронды машинаның қарапайымдатылған

s кішкентай болғанда $\cos\psi_2 \pm 1$ -ге жақын және $s \rightarrow \pm\infty$ болғанда асимптотикалық түрде нөлге ұмтылады. Үш көбейткіштің көбейтіндісі ретінде момент $s = 0$ кезінде нөлге тең ($\omega = \omega_0$ – идеалды бос жүріс), оң M_{K+} және теріс M_{K-} максимумдарына – критикалық мәндеріне $\pm s_K$ сырғанаудың критикалық мәдері кезінде жетеді, одан кейін үшінші көбейткіш арқылы нөлге ұмтылады.

Механикалық сипаттаманың теңдеуін механикалық және электрлік шамалар арқылы берілетін ротордың тізбегінде шығындарды теңестіру арқылы алуға болады. Желіден тұтынатын қуат, R_1 -дегі шығындарды ескермегенде, электрмагниттік қуатпен шамалас болады:

$$P_1 \approx P_{эм} = M\omega_0,$$

Біліктегі қуат келесідей анықталады

$$P_2 = M\omega.$$

Ротордың тізбегіндегі шығын

$$\Delta P_2 = P_1 - P_2 \approx M\omega_0 - M\omega = M\omega_0 s = P_1 s \quad (2.31)$$

немесе электрлік шамалармен берілгенде

$$\Delta P_2 = 3(I_2')^2 R_2',$$

осыдан

$$M = \frac{3(I_2')^2 R_2'}{\omega_0 s}.$$

Соңғы өрнекке (2.30)-ден I_2' қойып, және $M=f(s)$ функциясының экстремумын және оған сәйкес M_κ және s_κ тауып, келесі теңдеуді аламыз:

$$M_\kappa = \frac{2M_\kappa(1 + as_\kappa)}{\frac{s}{s_\kappa} + \frac{s_\kappa}{s} + 2as_\kappa}, \quad (2.32)$$

Мұндағы $a=R_1/R_2'$:

$$M_\kappa = \frac{3U^2}{2\omega_0 \left[R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2} \right]} \quad (2.33)$$

$$s_\kappa = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (2.34)$$

Практикада кейде $a = 0$ деп алады, яғни статордың орамаларының активті кедергісін ескермейді. Бұл әдетте $P_H > 5\text{кВт}$ болғанда елеулі қателіктерге әкелмейді, бірақ бұл аз қуаттарда модельді нашарлата алады. $a = 0$ кезінде (2.32-2.34) өрнектері келесідей түрге ие болады:

$$M = \frac{2M_\kappa}{\frac{s}{s_\kappa} + \frac{s_\kappa}{s}} \quad (2.35,a)$$

$$M_\kappa = \frac{3U_1^2}{(2\omega_0 X_\kappa)} \quad (2.35,a)$$

$$s_\kappa = \frac{R_2'}{X_\kappa} \quad (2.35,a)$$

мұндағы $X_\kappa = X_1 + X_2'$ – машинаның шашырау индуктивті кедергісі.

(2.32,a) теңдеуінде, $s \ll s_\kappa$ кезінде, бөлімінде бірінші мүшені ескермеуге болады және жұмыс учаскесінде механикалық сипаттаманы келесі түрде алуға болады:

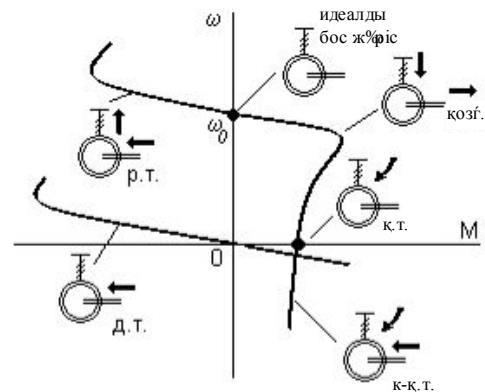
$$M \approx \frac{2M_\kappa s}{s_\kappa}. \quad (2.36)$$

2.29,б-суреті және (2.32) және (2.35,a) өрнектері бойынша асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының қатаңдығы айнымалы болса, жұмыс учаскесінде $\beta < 0$, ал $|s| > |s_{кр}|$ кезінде – оң болады.

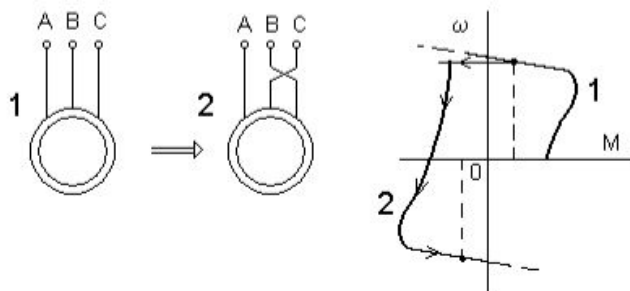
Асинхронды электржетегі тұрақты ток электржетегі сияқты, тұрақты ток электржетегіндегі энергия ағынының таралуымен, қозғалтқыштық және үш тежелу режимінде жұмыс істей алады (2.30-сурет).

Рекуперативті тежелу (р.т.) қозғалтқыш активті моментпен $\omega > \omega_0$ жылдамдығымен айналған кезде болады. ω жылдамдығымен ротор айналғанда өрістің ω_0 айналу жылдамдығын азайтса, онда рекуперативті режим болады. Бұл жерде активті моменттің ролін айналатын ротордың инерциялық массаларының моменті атқарады.

Кері қосылумен тежелуді (к-қ.т.) алу үшін екі фазасын орындарымен айырбастау қажет (2.31-сурет). Бұл кезде өрістің айналу бағыты өзгереді, машина кері қосу режимінде тежеледі, одан кейін реверстеледі (кері айналады).



2.30. Асинхронды электржетегінің энергетикалық режимдері



2.31. Асинхронды қозғалтқыштың

желіден ажыратылғаннан кейін реверссіз жылдам тоқтатылуы қажет.

Статордың орамасына берілетін тұрақты ток кеңістікте қозғалмайтын өрісті тудырады. Ротор айналғанда оның орамасында айнымалы ЭҚК пайда болады, оның әсерінен айнымалы ток өтеді.

Статордың және ротордың өрістері қосылып, нәтижелік өрісті береді, нәтижесінде бұл өріспен ротор тогының әсерлесуінен тежелу моменті пайда болады. Қозғалтқыштың білігінен келетін энергия бұл кезде ротор тізбегінің кедергілерінде таралады.

Динамикалық тежелу режимінде статордың өрісі қозғалмайды, сырғанау келесі түрде жазылады:

$$s = \frac{\omega}{\omega_0}$$

және келесі өрнектер (2.35,а) - (2.37,а) механикалық сипаттамалар үшін орындалады:

$$M = \frac{2M_{к.м}}{\frac{s}{s_{к.м}} + \frac{s_{к.м}}{s}} \quad (2.37)$$

$$M_{к.м} = \frac{3I_{экв}^2 X_{\mu}^2}{2\omega_0 (X_{\mu} + X_2')} \quad (2.38)$$

мұндағы $I_{\dot{y}ea} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} I_{\dot{n}}$ статор орамалары жұлдызша жалғанғанда

және $I_{\dot{y}ea} = \frac{\sqrt{2}}{3} I_{\dot{n}}$ статор орамалары үшбұрышпен жалғанғанда;

$$s_{к.м} = \frac{R_2'}{X_{\mu} + X_2'} \quad (2.39)$$

Қанықпаған машина кезінде $X_{\mu} \gg X_2'$ болғандықтан, динамикалық тежелу режиміндегі $s_{к.м}$ критикалық сырғанау $s_{к}$ сырғанауынан елеулі аз болады.

Негізгі әдебиет 1. [71-105].

Қосымша әдебиет 2. [120-230].

Бақылау сұрақтары:

1. Айнымалы ток электржетектері.
2. Асинхронды электржетегінің қарапайым моделдері.
3. Асинхронды электржетегінің энергетикалық режимдері.
4. Асинхронды қозғалтқыштың реверсі.
5. Фазалық және қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштар.

8 Дәріс тақырыбы: Асинхронды қозғалтқыштардың айналу жиілігін реттеу әдістері

Асинхронды қозғалтқыш білігінің айналу жиілігін келесі әдістер арқылы реттеуге болады: 1) Статорға келтірілген кернеу жиілігін өзгерту; 2) Полюс жұптар санын өзгерту; 3) Статорға келтірілген кернеу шамасын өзгерту; 4) Ротор тізбегіне қосымша резисторлар енгізу; 5) Ротор тізбегіне қосымша ЭҚК енгізу.

Қозғалтқыштың айналу жиілігін кернеу жиілігін өзгерту арқылы және полюс жұптар санын өзгерту арқылы реттеу мүмкіндігі белгілі өрнектерден анықталады:

$$\omega_0 = 2\pi f / P; \quad n_0 = 60f / P \quad (2.40)$$

Мұнда f – желідегі кернеу жиілігі

p – қозғалтқыштың полюс жұптар саны.

(2.40) өрнекке сәйкес асинхронды қозғалтқыштың синхронды айналу жиілігін полюс жұп санын өзгерту арқылы немесе статорға келтірілген кернеу жиілігін реттеу арқылы өзгертуге болады.

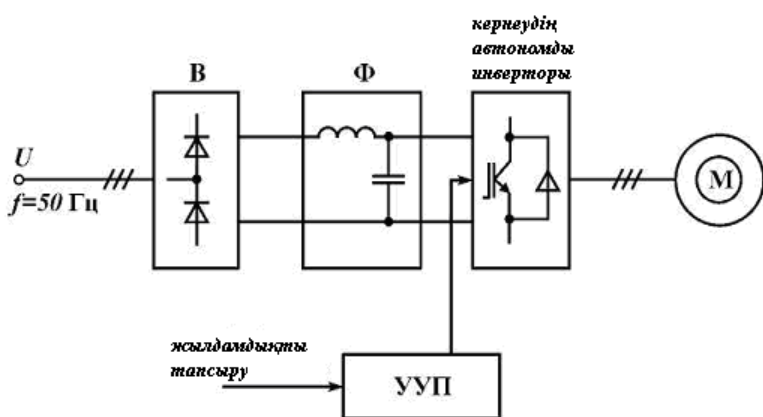
Бірінші әдісті іске асыру үшін кернеу жиілігін реттеуші құрылғы қажет. Мұндай құрылғылар тиристорлар (тиристорлық жиілік түрлендіргіштері ТП-Ч) немесе күштік транзисторлар (транзисторлық жиілік түрлендіргіштері) негізінде жасалады.

Қозғалтқышты тиристорлық жиілік түрлендіргішіне ТП-Ч қосудың қарапайымдатылған схемасы 2.32-суретте көрсетілген.

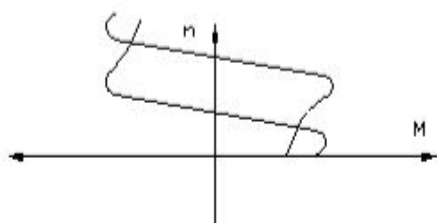
Жиілік түрлендіргіш түзеткіштен В, сүзгіштен Ф, автономды инвертордан АИН және басқарушы құрылғыдан УУП тұрады.

Электржетегінің жылдамдығын реттеу барысында жиілік түрлендіргішінің шығысындағы жиілік пен кернеу өзара байланысты қажетті қатынаста өзгереді. Жиілікті өзгерте отырып, қозғалтқыш роторының айналу жиілігін кең шектерде жатық реттеуге болады. Сонымен қатар, реттеу барысында жүктеменің берілген мәнінде асинхронды қозғалтқыштың сырғуы қатты өзгермейді, яғни ротор тізбегіндегі шығындар сырғуға пропорционал болғандықтан, олар да қатты өзгермейді, бұл энергия үнемдеуді қамтамасыз етеді.

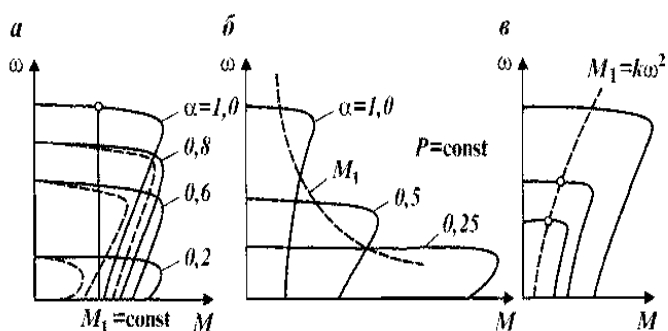
Қозғалтқыштың статорына келтірілген кернеу жиілігін реттеу сипаттамалары 2.33-суретте келтірілген.



2.32. Роторы қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқышты жиілік түрлендіргішке қосу



2.34. Полюс жұптар санын өзгерткендегі асинхронды қозғалтқыштың сипаттамалары.



2.33. Асинхронды қозғалтқыштың кернеу жиілігін реттеу және инверторға келтірілген тұрақты кернеуді реттеу сипаттамалары.

Полюс жұптар саны бір рет ауыстырылып қосылған қозғалтқыш қосжылдамдықты болады және 2.34-суретте көрсетілген сипаттамаларға ие болады.

Полюс жұптар санын қайта қосу арқылы реттеу оңай әдіс болып табылады, үлкен капиталдық шығындарды қажет етпейді. Тиімділігі өте жоғары.

Реттеу кезінде жылдамдық сатылы түрде өзгереді, бұл осы әдістің негізгі кемшілігі. Полюстар жұптар санының өзгерісі орамаларды ауыстырып қосу арқылы іске асырылады.

Қарапайым әдістердің бірі болып фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін ротор тізбегіне қосымша резисторлар енгізу арқылы ретте болып табылады. Қосымша резисторлардың қосылу схемасы және екі сатылы реостаттан тұратын қозғалтқыш сипаттамалары 2.35-суретте келтірілген. Ротор тізбегіне резисторлар енгізілген кезде критикалық момент тұрақты болып қалады, тек сырғу шамасы мен сипаттаманың түрі өзгереді. Бұл реттеу әдісінің тиімділігі келесі шарттар негізінде анықталады: статор тізбегіндегі шығындар ескерілмесе, онда қозғалтқышқа келтірілетін қуат:

$$P_1 = M\omega_0 \quad (2.41)$$

Пайдалы қуат ротордың айналу жылдамдығына пропорционал

$$P_2 = M\omega$$

Реттеу кезіндегі қуат шығыны P_1 және P_2 айырымымен анықталады.

$$\Delta P = P_1 - P_2 = M(\omega_0 - \omega) = M$$

$$\omega_0 \frac{\omega_0 - \omega}{\omega}; \quad \Delta P = M\omega_0 s = P_1 s \quad (2.42)$$

Сонымен, фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығын ротор тізбегіне резисторлар енгізу арқылы реттеу кезінде қуат шығыны, яғни энергия шығыны сырғуға пропорционал. Егер қозғалтқыш синхронды жылдамдықпен ($\omega = \omega_0$) айналса, онда ротор тізбегіндегі шығындар нольге тең $\Delta P = 0$.

Қозғалмай тұрған қозғалтқышты сырғу $s = 1$, $\omega = 0$ және ротор тізбегіндегі шығындар желіден қоректенетін энергияға тең болады. Бұл энергия қосымша резисторларда және ротор орамасында жылу түрінде таралады, яғна

$$\Delta P = M\omega_0 s = 3I_2^2 R \quad (2.43)$$

Асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеудің реостаттық әдістің келесі кемшіліктері бар:

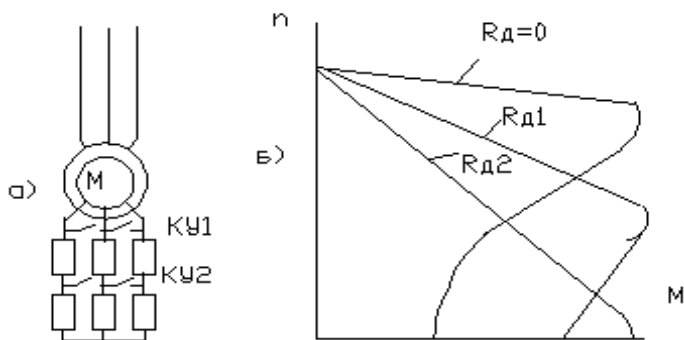
- 1) реттеу кезінде шығындар сырғуға пропорционал;
- 2) сипаттаманың қатаңдығы төмендейді;
- 3) сатысыз реттеу алудың қиындығы.

Көрсетілген кемшіліктер реостаттық реттеудің қолданылуын шектейді.

Асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін статорға келтірілген кернеу шамасын өзгерту арқылы реттеу әдісі тек тұйықталған автоматты реттеу жүйелерінде іске асырылуы мүмкін.

Асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін ротор тізбегіне қосымша ЭҚК енгізу арқылы реттеу үшін реттелетін қорек көздері қажет.

Мұндай қорек көздері ретінде тұрақты ток генераторлары немесе тиристорлық түрлендіргіштер (басқарылатын түзеткіштер) қолданылады.



2.35. а – ротор тізбегіне қосымша резисторларды қосу схемасы; б – қозғалтқыш сипаттамалары: $R_d=0$ – табиғи, P_1 және P_2 – реостаттық

Негізгі әдебиет 2. [55-60].

Қосымша әдебиет 3. [55-65].

Бақылау сұрақтары:

1. Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеуге қолданылатын жиілік түрлендіргіштің құрамындағы түрлендіргіштер.
2. Көпжылдамдықты асинхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі.
3. Реостаттық жылдамдықты реттеу әдісінің кемшіліктері.
4. Тиристорлы жиілік түрлендіргіш-қозғалтқыш схемасы.
5. Статорға келтірілген кернеу шамасын өзгерту арқылы айналу жиілігін реттеу әдісінің қолданылуы.

9 Дәріс тақырыбы: Синхронды қозғалтқыштар сипаттамалары

Синхронды электрлік машиналар көбінесе генератор ретінде қолданылады.

Синхронды электрқозғалтқыштары асинхронды қозғалтқыштарға қарағанда сирек қолданылады, берілген қуат пен жұмыс режимінде оларды қолдану тиімдірек болған жағдайда ғана.

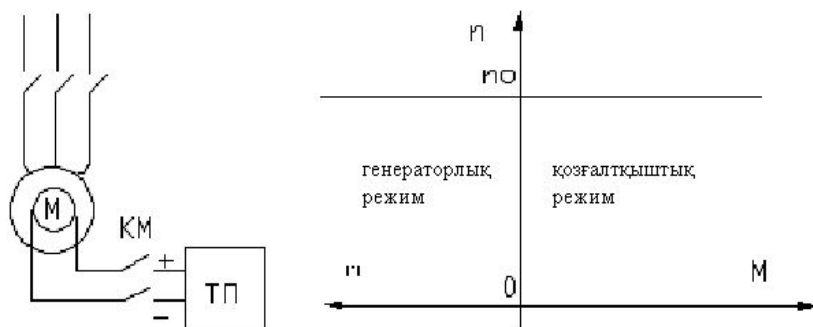
Машинаны синхронды деп атау себебі, оның роторының жылдамдығы статор орамасындағы ток тудыратын магнит ағынының жылдамдығына тең, яғни ротор мен магниттік ағын синхронды айналады.

Синхронды машина құрылысы. Синхронды машина асинхронды қозғалтқыш сияқты қозғалмайтын статордан және айналушы ротордан тұрады. Статордың үш фазалы асинхронды электр қозғалтқышының статорынан айырмашылығы жоқ. Роторы ораушы тұрақты ток көзінен қоректенетін айналмалы электромагнит.

Синхронды қозғалтқыштардың механикалық сипаттамасы абсолюті қатаң болады, яғни айналу жылдамдығы тұрақты. Өнеркәсіпте және құрылыста бұл қозғалтқыштар компрессорлық және сораптық қондырғыларда, сонымен қатар экскаваторлар мен камнедробилка жетектерінде қолданылады.

Синхронды электроқозғалтқыштарының электромеханикалық қасиеттері үш сипаттамамен анықталады: іске қосу, бұрыштық және механикалық.

Синхронды қозғалтқыштың іске қосу схемасы мен механикалық сипаттамалары 2.36-суретте келтірілген.



2.36. Синхронды қозғалтқыштың іске қосу схемасы (а) және сипаттамалары (б)

Синхронды қозғалтқыштың (2.37-сурет) айналу жиілігі, білігіндегі жүктемесі M_{\max} , моментінен аспайтын белгілі бір шамаға дейін өсетін тұрақталған режимде, тұрақты болып қалады және синхронды айналу жиілігіне тең.

Сондықтан оның механикалық сипаттамасы абсцисса осіне параллель түзу түрінде болады. Егер жүктеме M_{\max} , максимал моменттен асып кетсе, ол тоқтауы мүмкін (синхронизмнен тұрады).

$$\omega_0 = 2\pi f / p$$

Максимал моменттің номинал моментке қатынасы синхронды қозғалтқыштың жүктемелік қабілеті деп аталады. Жүктеме коэффициенті келесі шекте орналасады:

$$K_M = K_{\max} / M_H = 2 - 2.5$$

Синхронды қозғалтқыштың жүктемелік қабілетін анықтау үшін оның қарапайым векторлық диаграммасын қарастырайық.

Векторлық диаграммада келесі белгілеулер қабылданған:

U - тораптың фазалық кернеуі V ;

E – синхронды қозғалтқыштың статор орамының фазалық ЭҚК, V ;

I - қозғалтқыш статорының фаза тогы, A ;

x_c – қозғалтқыштың синхронды реактивті кедергісі, Ом ;

ϑ - торап кернеуі мен ЭҚК арасындағы ішкі фаза ығысу бұрышы, эл.град;

φ - торап кернеуі мен қозғалтқыш тогы арасындағы фаза ығысу бұрышы, эл.град.

Векторлық диаграммаға сәйкес:

$$U \cos \varphi = EU \cos(\varphi - \vartheta) \quad (2.44)$$

ABC үшбұрышынан

$$\cos(\varphi - \vartheta) = CB / CA = U \sin \vartheta / Ix \quad (2.45)$$

(2.43) теңдеуіндегі $\cos(\varphi - \vartheta)$ мәнін (2.44)

Теңдеуіне қоя отырып, алатынымыз

$$U \cos \varphi = EU \sin \vartheta / Ix \quad (2.46)$$

$$UI \cos \varphi = EU \sin \vartheta / x \quad (2.47)$$

(2.45) теңдеудің сол жағында синхронды қозғалтқыштың бір фазасының электромагниттік қуат мәні жазылған. Толық қуат алу үшін теңдеудің сол және оң жағын қозғалтқыштың фазалар санына көбейтеміз:

$$P = 3EU \sin \vartheta / x \quad (2.48)$$

Синхронды қозғалтқыш моменті

$$M = P / \omega_0 \quad (2.49)$$

Мұнда ω_0 – ротордың синхронды бұрыштық айналу жиілігі, 1/сек

(2.47) өрнегін ескере отырып, алатынымыз:

$$M = 3EU \sin \vartheta / \omega x \quad (2.50)$$

$\vartheta = \frac{\pi}{2}$ болса $\sin \vartheta = 1$. максимал момент аламыз

$$M_{\max} = 3EU / \omega x \quad (2.51)$$

Синхронды қозғалтқыш моменті мен ішкі фазалар ығысу бұрышы арасындағы қатынас графикпен түсіндіріледі (сурет) және келесі теңдеуге сәйкес келеді:

$$M = M_{\max} \sin \vartheta \quad (2.52)$$

Синхронды қозғалтқыштың жүктемесінің артуы ішкі ығысу бұрышының өсуіне алып келеді. ϑ бұрышының өсуіне синхронды қозғалтқыш моментінің өсуі сәйкес келеді. ϑ бұрышының $\pi / 2$ жоғары мәндерге дейін өсуі кезінде момент азая бастайды және қозғалтқыш синхронимнен шығуы мүмкін. Синхронды қозғалтқыштар әдетте номинальды жүктемеде $\vartheta = 20-25$ эл.град деп есептеледі. Мұнда жүктемелік қабілеті:

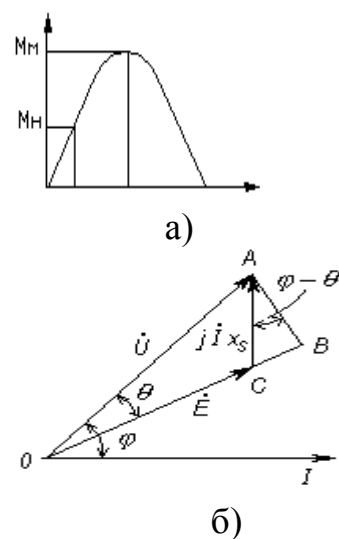
$$M_{\max} = (2 - 2.5)M_H \quad (2.53)$$

Синхронды қозғалтқышты іске қосу үшін роторға іске қосу моменті пайда болмайды. Іске қосу орамының өзектері мыстан немесе латунынен жасалған, ротор паздарында орналастырылған. Бұл өзектер екі шетжақты тұйықтаушы массивті сақиналармен дәнекерленіп жалғанған. Осылай орындалған орам асинхронды қозғалтқыштың қысқа тұйықталған орамына ұқсайды. Синхронды қозғалтқышты іске қосу роторы қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыш сияқты статор орамын тікелей торапқа қосу арқылы орындалады. Іске қосу мезгілінде қозғалтқыштың қоздыру орамы, актив кедергісі орам кедергісінен 8-10 есе көп, резисторға тұйықталуы қажет.

Ротор орамын қысқа тұйықтауға болмайды, себебі бұл жағдайда ыр фазалық қосылу нәтижесінде қозғалтқыштың іске қосу сипаттамасында жартылай синхронды мәнге жақын жылдамдықта моменттің түсуі байқалады. Егер қозғалтқыш білігіндегі статикалық момент едәуір жоғары болса, берілген жылдамдықта тұрақты асинхронды жұмыс режимі пайда болуы мүмкін. Қосымша резисторсыз іске қосу қоздыру орамының қысқыштарында жоғары кернеудің пайда болуына әкеледі, әсіресе бастапқы мезгілде. Қозғалтқыштың айналу жиілігі синхронды шамаға жеткеннен кейін қоздыру орамы тұрақты ток көзіне қосылады. Айнымалы статор өрісі мен ротор өрісінің өзара әсері нәтижесінде қозғалтқыш синхронизмге кіреді.

Синхронизмге кіру жағдайы жағымды болады, егер қоздыру орамына ток берілетін сырғу аз болса, қозғалтқыш білігіндегі статикалық моменті, қозғалтқыш роторының инерция моменті аз болса. Синхронизмге сенімді кіру үшін сырғу 5% асуы қажет.

Іске қосу токтарының шамасын және онымен байланысты кернеудің төмендеуін азайту үшін, әсіресе аз қуатты тораптарда, синхронды



2.38. а) векторлық диаграмма; б) бұрыштық

қозғалтқыштардың іске қосылуы реактор арқылы, кейбір жағдайларда автотрансформаторлар арқылы орындалады. Іске қосу токтарын шектеу қозғалтқыш орамдарын торапқа тікелей қосқанда пайда болатын динамикалық жүктемелерден қорғайды.

Негізгі әдебиет 2. [65-75].

Қосымша әдебиет 3. [75-85].

Бақылау сұрақтары:

1. Синхронды қозғалтқыштың артықшылықтары.
2. Синхронизмге кіруді түсіндіру..
3. Синхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығы.
4. Синхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы.
5. Синхронды машинаның құрылысы.

10 Дәріс тақырыбы: Электржетектеріндегі өтпелі процесстер

Алдыңғы тарауларда электржетектердің тұрақталған режимдердегі қасиеттері мен сипаттамалары қарастырылады, яғни келесі шарт орындалғанда

$$M - M_c = 0.$$

Берілген тарауда жетектің бір тұрақталған күйден екіншісіне өту кезінде болатын тұрақталмаған немесе өтпелі процесстер қарастырылады.

Мұнда

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt}, \quad \frac{d\omega}{dt} \neq 0.$$

Өтпелі процесстерді пайда болуының келесі себептерін атауға болады:

M_c өзгеруі;

Мөзгеруі яғни іске қосу, тежеу, реверс, жылдамдықты реттеу, жетектің қандайда бір параметрдің өзгеруі кезінде орын алатын жетектің бір сипаттамадан екіншісіне өтуі.

Өтпелі процесстерді анализдеу қажеттілігінің туу себебі, көптеген маңызды механизмдердің өнімділігі өтпелі процесстердің ағу жылдамдығымен анықталады; көптеген технологиялық операциялардың орындалу сапасы өтпелі процесстермен анықталады; құрал-жабдықтың механикалық және электрлік асқын жүктемелілігі көп жағдайларда өтпелі процесстермен анықталады.

Зерттеу объектісі жетектің қарапайымдатылған, идеалдандырылған моделі болады (2.38-сурет).

Өтпелі процесстерді меңгергенде негізгі мәселе кез-келген нақты жетектер үшін әртүрлі жағдайларда $\omega(t)$, $M(t)$ және $i(t)$ тәуелділіктерін анықтау болып табылады.

Өтпелі процесстерді қарастырғанда келесі бастапқы берілістерді блгілі деп есептейміз:

- бастапқы күй: $\omega_{нач}$, $M_{нач}$, $i_{нач}$;
- қорытынды күй: $\omega_{кон}$, $M_{кон}$, $i_{кон}$ және оған сәцкес келетін сипаттама $\omega(M)$;
- өтпелі процесстерді тудырған фактордың уақыт бойынша өзгеру сипаты;

- жетектің параметрлері.

Тәжірибеде туатын барлық мәселелерді, оларды реттеп меңгеру мақсатында, төрт үлкен топқа бөлеміз:

1. Жетектің ең үлкен инерциялығы-механикалық инерциялық (J); электрлік инерциялық (L) өте аз немесе білінбейді. өтпелі процесті тудыратын фактор секірмелі түрде (кенеттен) өзгереді, яғни жылдамдықтан тез. Бұл топқа жататын есептер мысалдары: жүктеменің кенеттен көбеюі немесе азаюы, іске қосу, реверс, тежелу, орамдардың индуктивтілігін ескермегенде тораптан қоректенетін асинхронды қозғалтқыштардың жылдамдығын реттеу; $\Phi = const$, $L_{я} = 0$ болса тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқыштары үшін де солай; $L_{я} = L_{\sigma} = 0$ болса тізбектей немесе аралас қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқыштары үшін де солай;

2. Жетектің ең үлкен инерциялығы-механикалық инерциялық (J); электрлік тізбектердің индуктивтілігі өте аз немесе білінбейді. Өтпелі процесті тудыратын фактор кенеттен өзгермейді, яғни оның өзгеру қарқыны ω жылдамдықтың өзгеру қарқынына шамалас (әсер етуші фактордың “ақырын” өзгеруі).

Мысалдар: басқарылатын түрлендіргіш - тұрақты ток қозғалтқышы, жиілік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш ($L = 0$) жүйелеріндегі өтпелі процесстер.

3. Механикалық және электрлік инерциялықтары шамалас; өтпелі процесс тудыратын фактор кенеттен өзгереді.

Мысалдар: ток көзі – қозғалтқыш жүйесінде; $\dot{\Omega} = var$; немесе $\dot{\Omega} = const$ но $L_{я} \neq 0$ болса тұрақты ток жетегіндегі өтпелі процесстер.

4. Бірнеше инерциялық ескеріледі, өтпелі процесс тудыратын фактор кенеттен өзгермейді.

Реттеудің тұйықталған жүйелеріне қатысты осы күрделі мәселелерді біз қысқаша ғана қарастырамыз, оларға басқа пәндерде көбірек көңіл бөлінеді.

$L = 0$ және әсер етуші фактордың “тез” өзгергендігі өтпелі процесстер

Бірінші топқа жататын барлық өтпелі процесстер жылдамдықтың механикалық теңдеуіне бағынатындығы анық

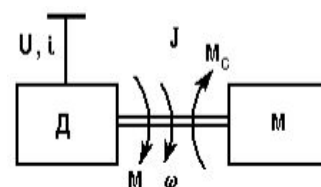
$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt}. \quad (2.54)$$

$\omega(t)$ және $M(t)$ тәуелділіктері бастапқы беріліс шарттарына сәйкес осы теңдеуді есептеу арқылы алынады.

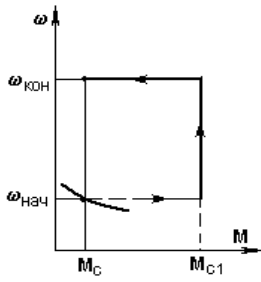
Жетектің нақты ерекшеліктері $M(\omega)$ и $M_c(\omega)$ тәуелділіктері түрінде көрінеді

а) $M = const, M_c = const$

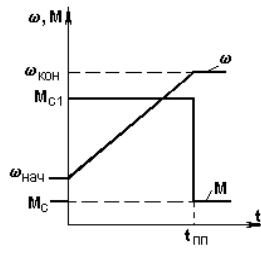
Бірінші топтағы есептерін қарастыруда өтпелі процессте $M = const$, және $M_c = const$ болған кездегі қарапайым жағдайдан бастайы.



2.38. Динамиканы зерттеуге арналған электржетек моделі.



а)



б)

2.39. $M = const$ және $M_c = const$ болған кездегі механикалық сипаттамалар (а) және уақыт тәуелділіктері (б).

Жетек (2.39-сурет) белгілі бір сипаттаманың $\omega_{нач}$, $M = M_c$ нүктесінде (2.39- сурет) жұмыс істесін және $t = 0$ уақыт моментінде 2.39-суретте қалың сызықпен көрсетілген жана сипаттамаға кенеттен ауыстырылған.(2.54) теңдеу бұлжағдайда дифференциалдық теңдеу болады және оның шешімі

келесі түрде болады:

$$\omega = \int \frac{M_1 - M_c}{J} dt = \frac{M_1 - M_c}{J} t + C.$$

C интегралдау тұрақтысын бастапқы шарттан анықтаймыз – егер $t = 0$, $\omega = \omega_{нач}$; болса $\omega_{нач} = C$.

Яғни,

$$\omega = \omega_{нач} + \frac{M_1 - M_c}{J} t. \quad (2.55)$$

Бұл шешім $\omega_{нач} < \omega < \omega_{кон}$ интервалында әсер етеді, себебі шарт бойынша $\omega = \omega_{кон}$ болғанда $\omega(M)$ функциясы сынады. Бұл $M = M_1$.

Өтпелі процесс графиктері уақыт $t_{пп}$ (2.55) теңдеуге $\omega = \omega_{кон}$ қойып және t -ға байланысты есептеу арқылы анықтауға болады.

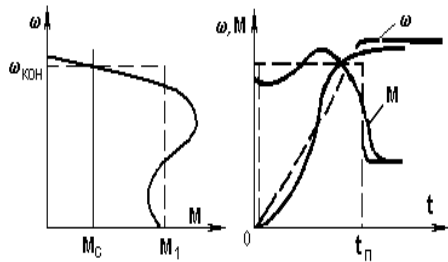
$$t_{пп} = \frac{J(\omega_{кон} - \omega_{нач})}{M_1 - M_c}. \quad (2.56)$$

Осы шешімді, сонымен қатар (2.54) теңдеуін dt -ға қатысты есептеп және нақты бір интеграл алып анықтауға болады:

$$t_{пп} = \int_{\omega_{нач}}^{\omega_{кон}} \frac{J}{M_1 - M_c} d\omega = \frac{J(\omega_{кон} - \omega_{нач})}{M_1 - M_c}.$$

Қарастырылған қарапайым жағдайдың практикалық мағынасы өте зор себебі өтпелі процесстің уақыты мен сипатын бағалау мақсатында осы жағдайға көптеген нақты есептер келтірілуі мүмкін.

Мысал. t_n іске қосу уақытын бағалау және белгілі M_c и J механикалық сипаттамалары бар қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштың іске қосу өтпелі процесстің нрафигін тұрғызу.



2.40. Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары (а) және іске қосқанлағы $\omega(t)$ и $M(t)$ тәуелді.

Қозғалтқыштың және механизмнің сипаттамалары 2.41-суретте көрсетілген түрге ие болсын. Қатаңдығы теріс қозғалтқыштың сызықтық механикалық сипаттама теңдеуі келесі түрде жазылуы мүмкін

$$\omega = \omega_0 - \frac{\omega_0}{M_{к.з}} M = \omega_0 - \frac{M}{|\beta|} \quad (2.56)$$

немесе

$$M = M_{к.з} - \frac{M_{к.з}}{\omega_0} \omega = M_{к.з} - |\beta| \omega, \quad (2.57)$$

мұнда $\beta = \frac{dM}{d\omega}$ - механикалық сипаттам қатаңдығы;

сызықтық сипаттама үшін $\beta = \frac{\Delta M}{\Delta \omega}$.

(2.57) теңдеуін (2.54) теңдеуіне қойып, қарпайым түрлендірулерден кейін алатынымыз

$$\omega + \frac{J}{|\beta|} \frac{d\omega}{dt} = \omega_0 - \frac{M_c}{|\beta|}.$$

(2.58) сәйкес оң жағындағы өрнек $\omega_{кон}$ білдіреді. Туынды алдындағы коэффициентті T_M арқылы белгілейміз.

$$\omega + T_M \frac{d\omega}{dt} = \omega_{кон}. \quad (2.59)$$

Енді (2.54) теңдеуге $\frac{d\omega}{dt}$ орнына оның (10.4) алынған мәнін қоямыз:

$$M - M_c = J \left(-\frac{1}{|\beta|} \right) \frac{dM}{dt}$$

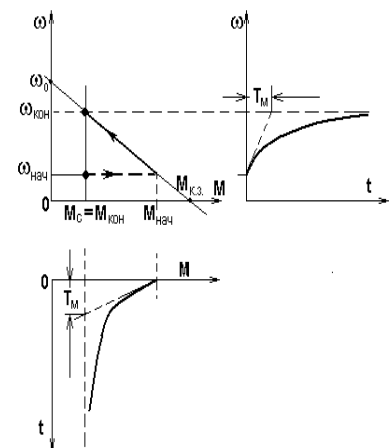
немесе жоғарыда қабылданған белгілеулерді қолданып, алатынымыз

$$M + T_M \frac{dM}{dt} = M_{кон}. \quad (2.60)$$

$$t_n \approx \frac{J \omega_{кон}}{M_l - M_c}$$

t_n белгілі болса, өтпелі процесс графигіне жақын графиктер тұрғызуға болады (2.40,б-суреттегі үздік сызық). Бұл графиктердің нақты графиктерден (үздіксіз сызық), айырмашылығы болады, бірақ көптеген жағдайларда алынған баға тиімді болады.

б) $M_c = const$, M , ω -ға сызықты



2.41. $\omega(t)$ сызықты тәуелділігінде механикалық сипаттамалар және $\omega(t)$, $M(t)$ өтпелі процесстер графиктері

Сонымен, қарастырылып отырған өтпелі процессте жылдамдық үшін де, момент үшін де келесі түрдегі теңдеу аламыз

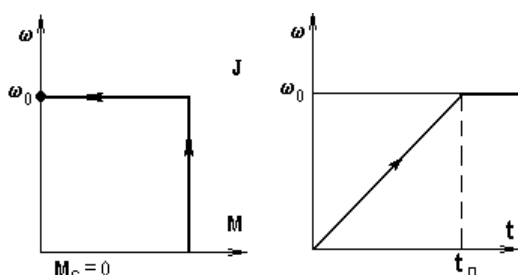
$$x + T_M \frac{dx}{dt} = x_{кон}, \quad (2.61)$$

яғни, оң жағы тұрақты сызықтық біркелкі емес дифференциалдық теңдеу. Коэффициент

$$T_M = \frac{J\omega_0}{M_{к.з}} = \frac{J}{|\beta|} = \frac{J\Delta\omega}{\Delta M} \quad (2.62)$$

электромеханикалық уақыт тұрақтысы деп аталады.

Бұл шаманың мәнін анықтау үшін 5.5-суретте көрсетілген сипаттамаға ие шартты жетекті қарастырайық. Осындай жетектің жылдамдық алу уақытын (2.57) бойынша анықтап



$$t_n = \frac{J\omega_0}{M_{к.з}}$$

оның T_M сияқты сипатталатынын көреміз. Сондықтан,

электромеханикалық уақыт тұрақтысы T_M электржетектің жылдамдығы қысқа тұйықталу моменті әсерінен бос жүрісте $\omega = \omega_0$ дейін жететін уақытты

2.42. T_M уақыт тұрақтысын анықтау

көрсетеді. Кейбір жеке жағдайларда T_M –ді жетектің параметрлері арқылы көрсеткен ыңғайлы. Тұрақты ток қозғалтқышы үшін сипаттама қатаңдығын келесідей көрсетуге болады.

$$\beta = -\frac{c^2}{R}.$$

Бұл өрнекті (2.62) теңдеуіне қойсақ

$$T_M = \frac{JR}{c^2}. \quad (2.63, a)$$

(2.61) теңдеуінің оң жағы өтпелі процесс аяқталғандағы тұрақталған шаманы көрсетеді.

$$x = x_{св} + x_{np} = Ae^{pt} + x_{кон},$$

мұнда p – сипаттамалық теңдеудің түбірі.

$$1 + pT_M = 0$$

яғни

$$p = -\frac{1}{T_M};$$

A – бастапқы шарттан анықталатын тұрақты

$$t = 0, x = x_{нач},$$

яғни $A = x_{нач} - x_{кон}$.

Сонымен,

$$x = (x_{нач} - x_{кон})e^{-\frac{t}{T_M}} + x_{кон}, \quad (2.64)$$

Яғни жылдамдық пен момент өтпелі процессте бастапқы мәннен соңғы мәнге дейін экспоненциалды заң бойынша өзгереді.

Экспонентаның негізгі қасиеттерін еске түсірейік:

1. Кез-келген нүктедегі жанана тұрақталған күй сызығында T_m тең бөлігін қияды.

2. $t = T_m$ уақытында шаманың өзгеруі толық өзгерістің 0,632 бөлігін құрайды.

3. $t = 3T_m$ өзгеру толық өзгерудің 0,95 бөлігін құрайды. Әрі қарай біз процесс $t = 3T_m$ уақытысында тұрақталады деп есептейміз

Мысал 1. Механикалық сипаттамасы жұмыс учаскесінде сызықты асинхронды қозғалтқыштың жүктемесі M_{c1} мәнінен M_{c2} мәніне күрт өскенде өтпелі процессті есептеу (2.43-сурет).

T_m есептейміз:

$$T_m = \frac{J(\omega_1 - \omega_2)}{M_{c2} - M_{c1}}$$

ω және M бастапқы және қорытынды мәндерін анықтаймыз:

$$\begin{aligned} \omega_{нач} &= \omega_1, & \omega_{кон} &= \omega_2; \\ M_{нач} &= M_{c1}, & M_{кон} &= M_{c2} \end{aligned}$$

(5.10) бойынша өтпелі процесс теңдеуін жазамыз:

$$\omega = (\omega_1 - \omega_2)e^{-\frac{t}{T_m}} + \omega_2;$$

$$M = (M_{c1} - M_{c2})e^{-\frac{t}{T_m}} + M_{c2}$$

және графиктер тұрғызамыз (2.43-сурет).

Мысал 2. Тізбектей қоздырылатын тұрақт ток қозғалтқышының іске қосу реостатының бір сатысымен іске қосылуы және динамикалық тежелуі кезіндегі өтпелі процессті есептеу; M_c – реактивті.

Алдымен іске қосу диаграммасын тұрғызамыз (2.44, а). Егер сипаттаманың жұмыс бөлігі түзуге жақын болса, онда есепті аналитикалық жолмен есептеуге болады. Берілген жағдайда механикалық сипаттаманың үзілген жерлері (ω_3 , ω_1) және сынған (ω_4) бөліктері бар, сондықтан өтпелі процессті бірнеше учаскеге бөлу қажет және әр учаскеде $\omega(M)$ және $\omega(M_c)$ функциялары сызықты болуы керек.

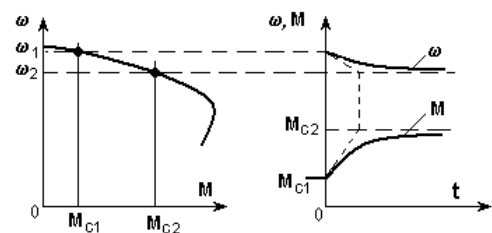
Біздің жағдайда төрт учаскеге бөлеміз:

I - $0 < \omega < \omega_3$ (реостаттық сипаттамада іске қосу);

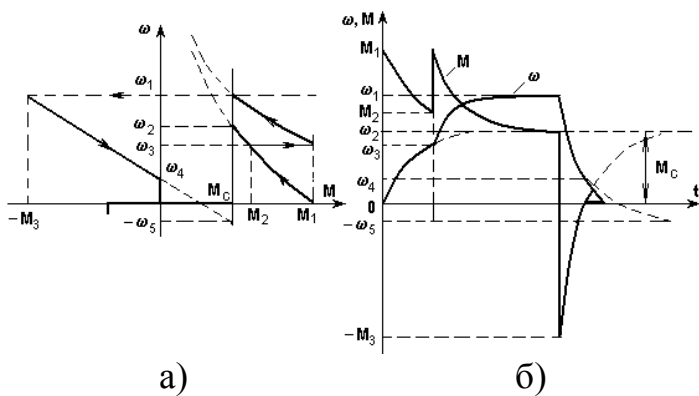
II - $\omega_3 < \omega < \omega_1$ (табиғи сипаттамада іске қосу);

III - $\omega_1 > \omega > \omega_4$ (өздігінен қоздырылып тежеу);

IV - $\omega_4 < \omega < 0$ (M_c әсерінен тежелу).



2.43. Жүктеменің күрт өсуіндегі өтпелі процесс.



2.44. Тізбектей қоздырылатын қозғалтқыштың реостаттық іске қосу және динамикалық тежелу кезіндегі механикалық сипаттамалары (а) және өтпелі процесс қисықтары (б)

Бірінші үш учаскеге қатысты (5.10) теңдеу қолданыла алады, себебі бұл учаскелер шегінде $M(\omega)$ – сызықты функциялар; IV учаскеге, $M = 0$ және $M_c = \text{const}$, (2.55) теңдеуді қолданған жөн.

Біз қоданатын (2.63) және (2.64) теңдеулерінде уақыт санағы өтпелі процессті тудырған өзгерістер болған $t = 0$ моментінен басталады. Сондықтан, бұл есепті этап бойынша есептегенде уақыт

санағын әр этаптың өз басынан бастау қажет. Өтпелі процесстің толық уақыты барлық этаптар уақытының қосындысы ретінде анықталады.

(2.14) және (2.16) теңдеулерін қолдану үшін, ондағы шамалардың бастапқы және соңғы мәндерін және уақыт тұрақтыларын анықтап алған жөн. Қарастырылып отырған есеп үшін бастапқы және соңғы мәндер 10.1-кестеде көрсетілген.

10.1 – кесте

Этап №№	$\omega_{\text{нач}}$	$\omega_{\text{кон}}$	$M_{\text{нач}}$	$M_{\text{кон}}$	T_m	Ескертулер
I	0	ω_2	M_1	M_c	$\frac{J\omega_3}{M_1 - M_2}$	(2.63) теңдеу
II	ω_3	ω_1	M_1	M_c	$\frac{J(\omega_1 - \omega_3)}{M_1 - M_c}$	(2.63) теңдеу
III	ω_1	$-\omega_5$	$-M_3$	M_c	$\frac{J(\omega_1 - \omega_4)}{M_3}$	(2.63) теңдеу
IV	ω_4	0	0	0	-	(2.55) теңдеу Процесс $\omega=0$ болғанда аяқталады, себебі M_c – реактивті

10.1-кестедегі берілгендер әр этап үшін теңдеулерді жазуға және графиктерін тұрғызуға (2.44, б-сурет) мүмкіндік береді.

Мысал 3. $U = \text{const}$ тораптан қоректенетін тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының реверсінің өтпелі процесс қисығын есептеу және тұрғызу, M_c активті және реактивті сипатта

Есептеуді $\omega(M)$ графиктерін тұрғызудан бастаймыз. Реактивті M_c графигі

үздік сызықпен көрсетілген. Алдымен M_c активті болған жағдайды қарастырайық. Өтпелі процесс бір этапта жүреді, ал оның (10.10) өрнектен алынған теңдеулері келесі түрде болады:

$$\omega = [\omega_1 - (-\omega_3)]e^{-\frac{t}{T_m}} + (-\omega_3) = (\omega_1 + \omega_3)e^{-\frac{t}{T_m}} - \omega_3;$$

$$M = (-M_1 - M_c)e^{-\frac{t}{T_m}} + M_c,$$

Мұнда

$$T_m = \frac{J\omega_0}{M_2}.$$

Сәйкес графиктер 2.45,б-суретте үздіксіз сызықпен көрсетілген.

M_c реактивті болғанда $\omega = 0$ кезінде таңба өзгереді және екі этапта қарастырылады: I - $\omega = \omega_1$ мәнінен $\omega = 0$ дейін және II - $\omega = 0$ мәнінен $\omega = -\omega_2$ мәнге дейін. I этапта теңдеулер алдында алынған теңдеулерден айырмашылығы жоқ. Бұл этапта M_c -ның реактивтік сипаты көрінбейді және бірінші жағдайда сияқты жетектің тежелуіне әкеледі.

II этапта M_c таңбасы өзгереді және M_c жетектің қарама-қарсы бағытта жылдамдық алуында тежеулік әсер етеді. Бұл этапта теңдеу келесі түрге ие болады:

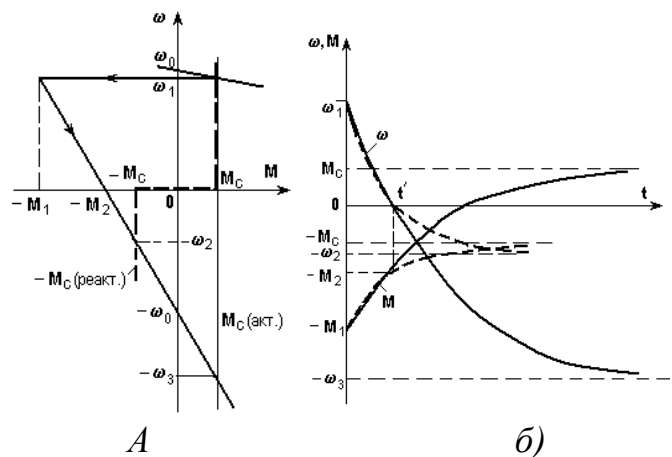
$$\omega = [0 - (-\omega_2)]e^{-\frac{t}{T_m}} + (-\omega_2) = -\omega_2(1 - e^{-\frac{t}{T_m}});$$

$$M = [-M_2 - (-M_c)]e^{-\frac{t}{T_m}} + (-M_c) = (-M_2 + M_c)e^{-\frac{t}{T_m}} - M_c.$$

M_c реактивті болған кездегі өтпелі процесс графиктері 2.45,б-суретте пунктир сызықпен көрсетілген. t' уақыт моментінде қисықтар сынады, процесс темпі баяулайды, бұл M_c таңбасының өзгеру себебінен динамикалық моменттің секірмелі түрде азаюына байланысты.

Егер $i(t)$ тәуелділігін анықтау қажет болса, келесі қатынасты қолдануға болады

$$i = \frac{M}{k\Phi} = \frac{M}{c}.$$



2.45. Электржетегінің реверс кезіндегі механикалық сипаттамалары (а) және өтпелі процесс қисықтары (б)

в) $M_c = \text{const}$, M сызықты түрде ω -дан тәуелді, $\beta > 0$

Жоғарыда қарастырылған өтпелі процесстер, $\beta < 0$ болғанда, тұрақталған режимнің тұрақты нүктесіне $\omega_{кон}$, $M_{кон}$ сәйкес келеді, яғни ω және M өзгере отырып, осы нүктеге ұмтылды. Сонымен қатар, кейде тұрақталған режимнің тұрақсыз нүктесіне сәйкес келетін $\beta > 0$ болғанда өтпелі процессті есептеу

қажеттілігі туады (2.46,а – сурет).

Бұл жағдайда жетектің механикалық сипаттамасының теңдеуі келесі түрде жазылады:

$$\omega = \omega_0 + \frac{M}{|\beta|}$$

немесе

$$M = M_{к.з} + |\beta|\omega,$$

Бұл өрнектерді (2.54) теңдеуге қойсақ, кейбір түрлендірулерден кейін келесі теңдеуді аламыз:

$$x - T_m \frac{dx}{dt} = x_c, \quad (2.65)$$

мұндах - жылдамдық немесе момент;

x_c - тұрақталған режим нүктесіне сәйкес келетін жылдамдық немесе момент.

(2.61) теңдеумен салыстырғанда бұл теңдеуде туынды алдындағы таңба өзгерді, оң бөлігінде айнымалының соңғы мән мағынасы жоқ x_c бар. (2.64) теңдеуін бөлінетін айнымалылары бар теңдеу ретінде есептейміз; осы әдіспен (2.61) теңдеуді де есептеуге болады:

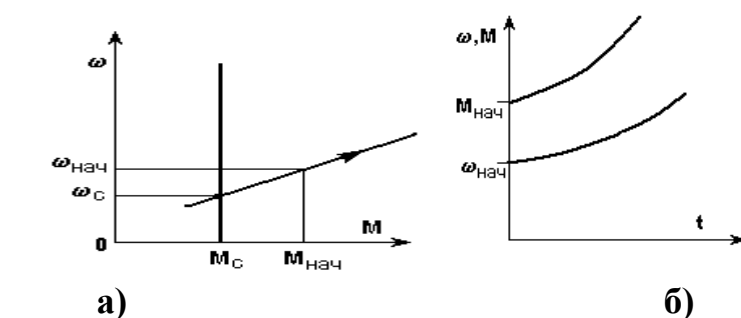
$$\frac{dx}{x - x_c} = \frac{dt}{T_m};$$

$$\int \frac{dx}{x - x_c} = \int \frac{dt}{T_m};$$

$$\ln(x - x_c) = \ln e^{\frac{t}{T_m}} + \ln A;$$

$$x = x_c + A e^{\frac{t}{T_m}}.$$

Бастапқы шарттарды $t = 0$, $x = x_{нач}$ пайдаланып, келесіні аламыз



2.46. $\beta > 0$ болғандағы механикалық сипаттамалар (а) және өтпелі процесс қисықтары.

$$x = (x_{нач} - x_c) e^{\frac{t}{T_m}} + x_c. \quad (2.65)$$

(2.65) сәйкес келетін $\omega(t)$ және $M(t)$ графиктері 2.46,б-суретте көрсетілген.

Негізгі әдебиет 2. [5-10]

Қосымша әдебиет 3. [5-15]

Бақылау сұрақтары:

1. Электржетегіндегі негізгі өтпелі процестердің түрі.
2. Өтпелі процестерді есептеу.
3. Электржетегінің негізгі қозғалу теңдеуіндегі өтпелі процесті көрсететін бөлігі.
4. T_m уақыт тұрақтысы деген не?

11 Дәріс тақырыбы: Қозғалтқыштардың қуатын таңдау

Механизмнің және қозғалтқыштың жүктемелік диаграммалары

Қозғалтқышты таңдау үшін бастапқы берілістер негізінен механизмнің жүктемелік диаграммалары түрінде беріледі, яғни $M_c(t)$ және $\omega(t)$ тәуелділіктері және инерция моменті J_m' ретінде. $\omega(t)$ тәуелділігін кейде тахограмма деп атайды. Кейде $M_c(t)$ жолға тәуелді, бұл жағдайда белгілі жылдамдықта берілген графикті $M_c(\varphi)$ қайта құрып оны $M_c(t)$ түрінде алуға болады.

Механизмнің жүктемелік диаграммасы кез-келген түрге ие болуы мүмкін, бірақ әрқашан диаграмма қайталанып отыратын циклді, яғни уақыт аралығын $t_{\text{ц}}$ анықтауға болады. Егер режимнің қайта орындалуы нашар болатындай жұмыс сипаты болса (лифт, көтергіш кран және т.б.), онда жүктемелік диаграммаларды ең мүмкін немесе ең күрделі циклге құрылады.

Қозғалтқышты негізді таңдау үшін механизмнің қажетті жүктемелік диаграммасы белгілі болуы қажет. 2.47-суретте, мысал ретінде, белгілі бір механизмнің қажетті жүктемелік диаграммасы мен тахограммасы көрсетілген.

Механизмнің белгілі жүктемелік диаграммасы бойынша алдын-ала қозғалтқышын таңдау үшін статикалық жүктеменің орташа моментін анықтауға болады:

$$M_{c\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n M_{c_i} t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

мұнда M_{c_i} – i -ші интервалдағы статикалық жүктеме моменті;

t_i – i -ші интервал ұзақтығы;

n – интервалдар саны, мұнда $M_c = \text{const}$.

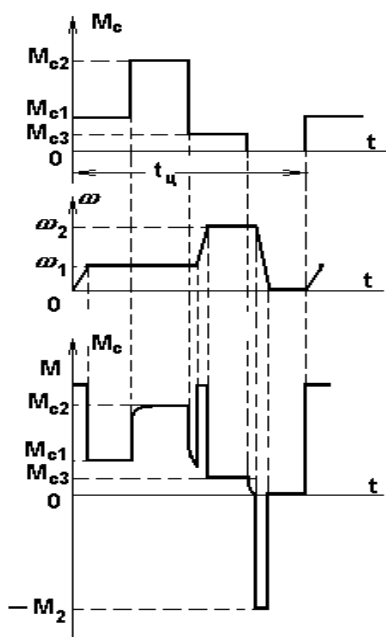
Динамикалық жүктемелерді ескергенде ізделіп отырған қозғалтқыштың номинал моменті келесідей бағалануы мүмкін:

$$M_n = (1,1 - 1,3) M_{c\text{cp}}$$

Номиналды жылдамдық ретінде $\omega_{\text{макс}}$ алынуы жөн, егер реттеу негізгі жылдамдықтан төмен қарай бірбағытты болса, немесе $\omega_{\text{мин}}$, егер реттеу негізгі жылдамдықтан жоғары қарай бірбағытты болса. Осылай анықталған M_n және ω_n шамалары бойынша каталогтан қозғалтқыш таңдауға болады және сонымен қатар оның инерция моментін анықтауға, механикалық сипаттамалары мен өтпелі процесс қисықтарын тұрғызуға болады.

Алдын-ала қозғалтқыш таңдалғаннан кейін оның жүктемелік диаграммасын, яғни $M(t)$ тәуелділігін тұрғызуға болады. Бұл қозғалыс теңдеуін есептеу арқылы іске асырылады.

$$M = M_c + J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt}$$



2.47. Механизмнің және қозғалтқыштың жүктемелік диаграммалары

сипаттамасында жүктеменің диаграммалары көрсетілген. Статикалық жүктеме моменті M_{c0} – ден M_{c1} дейін күрт өзгереді. Қозғалтқыш тудыратын момент M_{c1} қойылғанда келесіт үрде өрнектеледі

2.47 суретте көрсетілген қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы жылдамдық өзгергенде $M \approx const$, ал жүктеменің өсуімен азаюында жетек сызықты механикалық сипаттамада жұмыс істейді ідеген болжаммен тұрғызылған. Сонымен қатар, қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасын өзгеше екендігін байқауға болады. 2.47–2.50-суреттерде бірнеше типтік жүктемелік диаграммалар және сәйкесінше жетектің динамикалық сипаттамалары көрсетілген. 2.48-сурет $M_c = const$ механизм өзгермелі жылдамдық режимінде жұмыс істеген жағдайға сәйкес келеді.

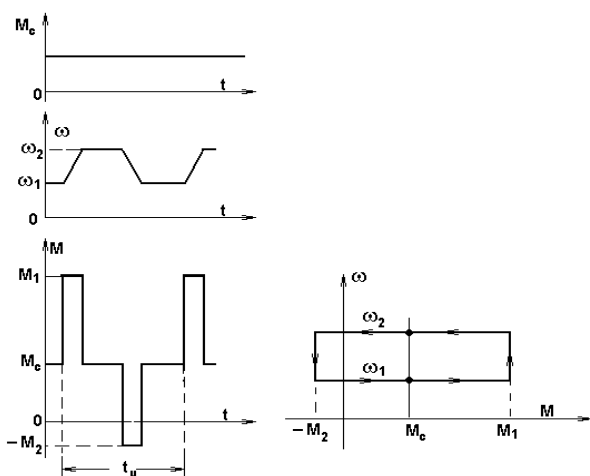
7.47 – суретте жиі іске қосу және тежелу режимдерінде жұмыс істейтін жетектің жүктемелік диаграммасы өрсетілген. 2.50–суретте қозғалтқыштың сызықтық механикалық

$$M = (M' - M_{c1}) e^{-\frac{t}{T_M}} + M_{c1},$$

ал жүктеме азайғанда

$$mұнда T_M = \frac{J_{\Sigma}}{|\beta|}.$$

M' , M'' және ω' , ω'' шамалары t_1 және t_2 берілгендерінде T_M мәнімен анықталады. Егер T_M аз болса, онда қозғалтқыш тудыратын момент M_c өзгерісін қайталайды. Егер керісінше, T_M жоғары болса, онда t_1 ($M_c = M_{c0}$) интервалында жетектің айналмалы бөліктерінде жинақталған энергия t_2 ($M_c = M_{c1}$) интервалындағы жүктеме шыңын жабуға жұмсалатындығынан M' , M'' және ω' , ω'' шамаларының M_{csp} және ω_{csp} орташа мәндерінен айырмашылығы аз болады. $\omega \approx \omega_{csp}$ болғанда бұл энергия 2.50-суреттегі штрихталған алаңға



2.48. $M_c = const$ және $\omega = var$ кездегі жүктемелік диаграмма

пропорционал болады. Жүктеменің шындық сипатында «түзелуі» пайдалы болып табылады, себебі қозғалтқыштың асқын жүктемелік қабілетіне қойылатын талаптарды азайтуға және қозғалтқыштағы шығындарды төмендетуге мүмкіндік береді.

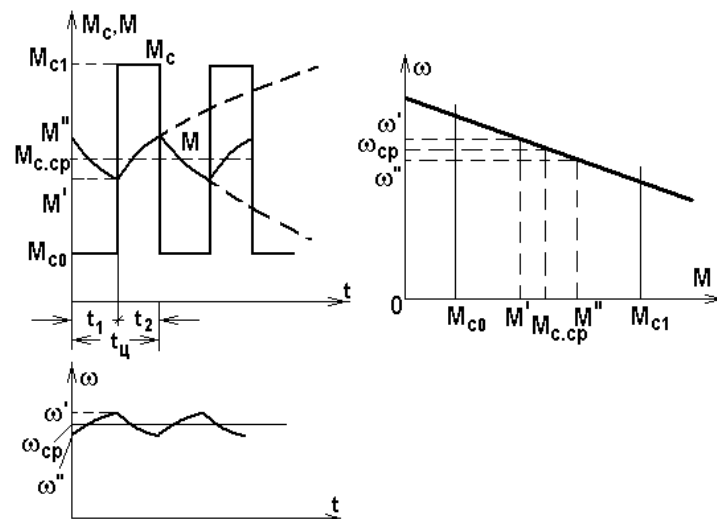
T_m – нің жоғарлауына бұл жағдайларда инерция моменті

$$J_{max} (J_{\Sigma} = J_{\partial b} + J_{max} + J_{m'})$$

мәніне тең маховик қолдану арқылы және қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының қатаңдығының сәйкес шамасын қабылдау арқылы қол жеткізуге болады.

Жүктемелік диаграмма алдын-ал таңдалған қозғалтқыштың асқын жүктемелік қабілеті және қызу бойынша тексеру үшін негіз болады.

Асқын жүктемелік қабілетті тексеру келесі шарттың орындалуынт ексеру арқылы жүзеге асырылады



2.50. Маховиктік электржетегінің жүктемелік диаграммасы

$$M_{max} \leq M_{\partial on},$$

мұнда M_{max} - қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасындағы максимал момент;

$M_{\partial on}$ - қозғалтқыштың жүктеме бойынша рұқсат етілетін моменті.

Қалыпты орындалған тұрақты ток қозғалтқышы үшін

$$M_{\partial on} = (2 - 2,5)M_n;$$

Қорек кернеуінің 10% азаю мүмкіндігін ескергенде асинхронды қозғалтқыштары үшін

$$M_{\partial on} = 0,8M_k;$$

Қалыты орындалған асинхронды қозғалтқыштары үшін

$$M_{\partial on} = (2 - 2,5)M_n.$$

Қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштары іске қосу моменті бойынша қосымша тексеріледі; қалыпты іске қосу үшін келесі шарт орындалуы қажет:

$$M_{cmax} < M_n$$

мұнда M_{cmax} - жетектің іске қосылуы орындалатын статикалық жүктеменің максимал моменті;

M_n - қозғалтқыштың іске қосылу моменті.

Қозғалтқыш орамдарының оқшауламасының нақты температурасын бағалау және оны рұқсат етілген мәнімен салыстыру арқылы іске асырылатын қызуға тексеруде қозғалтқыштың жүктемелік диаграммаларың олданду арқылы

орындалады. Бұл операция қозғалтқыштың жылулық моделін пайдалану арқылы іске асырылады.

Қозғалтқыштың жылулық моделі. Стандартты режимдер

Жылулық жағынан электрлік машина – күрделі объект: ол материал бойынша біркелкі емес, интенсивтілігі режимге тәуелді ішкі таратылған жылу көздеріне ие, жылу бергіштігі жылдамдыққа тәуелді және т.б. Осындай күрделілігі үшін практикада машина – біркелкі дене, жылу сыйымдылығы тұрақты C , Дж/°С; барлық нүктелерінде температурасы бірдей ϑ , жылу бергіш коэффициентіне A , Дж/с·°С, және машина температурасы ϑ мен қоршаған орта температурасының ϑ_{oc} айырымына τ , яғни $\tau = \vartheta - \vartheta_{oc}$, °С, тәуелді $A\tau$ сыртқы ортаға жылу бергіштігі бар деген болжаммен құрылған қарапайым моделі қолданылады.

Онда белгілі бір dt уақыт интервалы үшін жылулық баланстың теңдеуі

$$\Delta P dt = A \tau dt + C d\tau. \quad (2.66)$$

Екі бөлігінде $A dt$ - ғабөліп, алатынымыз:

$$\frac{\Delta P}{A} = \tau + \frac{C}{A} \frac{d\tau}{dt}$$

$$\tau + T_T \frac{d\tau}{dt} = \tau_{кон}, \quad (2.67)$$

мұнда $T_m = C/A$ – жылулық уақыт тұрақтысы;

$\tau_{кон} = \Delta P/A$ – температураның жоғарлауының соңғы (тұрақталған) мәні.

Алдындағы тарауда байқағанымыздай, бір энергия жинақтаушы (бұл жағдайда жылулық) болғанда оның қорын сипаттайтын айнымалы экспонента бойынша өзгереді:

$$\tau = (\tau_{нач} - \tau_{кон}) e^{-t/T_T} + \tau_{кон}. \quad (2.68)$$

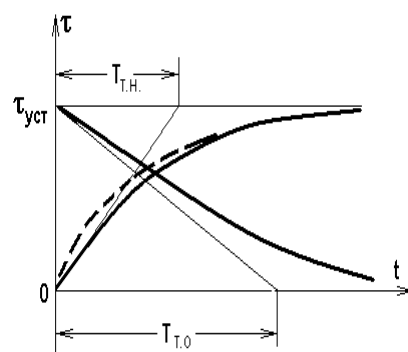
(2.67)

теңдеу қозғалтқыштың динамикалық жылулық моделі нөмірліс функциясы ретінде келтіруге мүмкіндік береді:

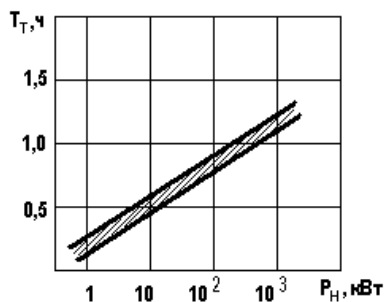
$$W(p) = \frac{\tau(p)}{\Delta P(p)} = \frac{1/A}{T_m p + 1} \quad (2.69)$$

Уақыт тұрақтысы T_m шындығында - тұрақты емес: қызудың бірінші бөлігінде тек активті бөліктер, негізінен орама мысы қызған кезде және жылу машинаның толық денесі бойынша таралуға үлгермеген кезде процесс (2.48) бойынша процесске қарағанда жылдамырақ жүреді, яғни $T_m' < T_m$ – 2.51-суреттегі пунктир.

Өздігінен желденетін машиналардың жылу бергіштігі жылдамдыққа тәуелді, жылдамдық төмендегенде жылу бергіштік те азаяды, яғни $\dot{Q}_{\omega=0} > T_{m\omega}$, сонымен қатар айырмасы үлкен болуы мүмкін – 2 есе немесе одан да жоғары.



2.51. Электрлік машинаның қызу – суу



2.52. Жылулық уақыт тұрақтысының электрлік машинаның қуатынан бағаналық тәуелділігі

Сонымен, машинаның шығындарының тез өзгеруіне оның реакциясы — ұзақ (минуттар, үлкен машиналар үшін сағаттар) уақыт тұрақтылары бар экспонента бөліктері. Тұрақталған режимде ($d\tau/dt = 0$) (2.47) бойынша алатынымыз:

$$\tau = \Delta P / A; \quad (2.70)$$

анықтама бойынша номинал режимде

$$\tau_n = \Delta P_n / A. \quad (2.71)$$

Анықталған қозғалтқыштардың қызу және суу заңдылықтары электр жетегі жұмысының үш стандартты режимін бөлуге мүмкіндік береді.

Жалғасушы режим S1 келесі шартпен сипатталады:

$$t_p > 3T_{m.n}, \quad (2.72)$$

яғни жұмыс уақытында асқын қызу температурасы t_p тұрақталған мәнге жетеді (2.53, а–сурет), үзілістің ұзақтығы әсер етпейді.

Қысқа уақытты режим S2

$$\begin{aligned} t_p &\ll 3T_{m.n}, \\ t_o &> 3T_{m.o}, \end{aligned} \quad (2.73)$$

яғни жұмыс уақытында асқын қызу тұрақталған мәнге жетпейді, ал үзіліс уақытында t_o қозғалтқыш қоршаған орта температурасына дейін суиды (2.53, б – сурет).

Қайталанушы қысқа уақытты режим S3 келесі шарттарға сәйкес келеді.

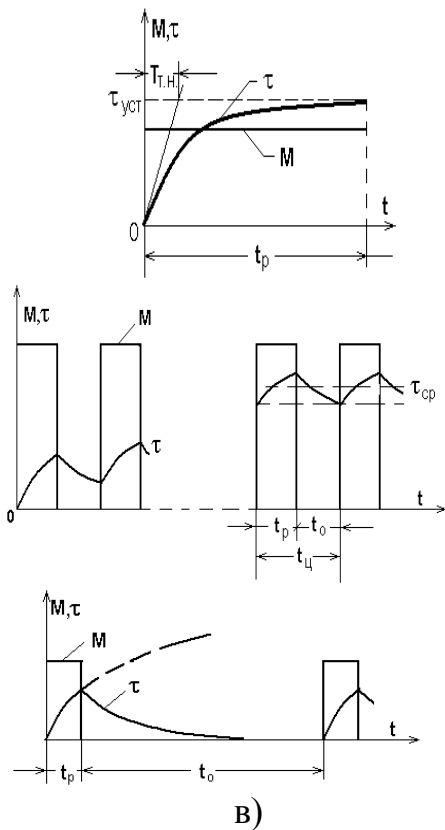
$$t_p \ll 3T_{m.n}, t_o \ll 3T_{m.o}, \quad (2.74)$$

яғни жұмыс уақытында асқын қызу τ_{ycm} мәніне жетпейді, ал үзіліс уақытында нольге тең болмайды. Циклдер көп рет қайталанғанда процесс тұрақталады, яғни асқын қызудың температурасы циклдің басы мен соңында бірдей болады және оның тербелістері орта деңгейде τ_{cp} болады (2.53, в–сурет). Қайталанушы қысқа уақытты режим іске қосылудың салыстырмалы ұзақтығымен ε немесе *ПВ* сипатталады

$$\varepsilon = \frac{t_p}{t_p + t_o}, \quad (2.75)$$

$$ПВ = \varepsilon \cdot 100\%.$$

Қайталанушы қысқа уақытты режимде ε ($\varepsilon \leq 0,6$) де цикл уақыты ($t_q \leq 10$ мин) да шектеледі.



2.53 Жалғасушы S1, қысқа уақытты S2 және қайталанушы қысқа уақытты S3 режимдерінің диаграммалары

Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы циклдық сипатта болсын, ал момент әр циклде тұрақты болып қалады, яғни қозғалтқыш айнымалы жүктемемен жұмыс істейді (S6, S7 немесе S8 режимдері).

«Алыс» циклді қарастырайық, мұнда қозғалтқышта жылулық процесстер тұрақталған, яғни циклдің басындағы және соңындағы асқын қызу температурасы бірдей, ал τ циклдің орта деңгейінде τ_{cp} өзгереді. Циклдің басы мен соңында асқын қызу температурасының тең болуы циклдің басында қозғалтқышта жиналған жылу мөлшері мен циклдің соңында қозғалтқышта жиналған жылу мөлшері арасында айырмашылық жоқ екендігін көрсетеді, яғни жылу қозғалтқышта сақталмайды. Бұл цикл барысында бөлінген жылудың бәрі толық қоршаған ортаға таралатынын көрсетеді, яғни

$$\int_0^{t_0} \Delta E(t) dt = A \tau_{нд} t_0. \quad (2.76)$$

Энергияның сақталу заңын интегралды формада бейнелейтін (2.76) теңдеуді келесі түрде жазуға болады:

$$\frac{\int_0^{t_u} \Delta P(t) dt}{t_u} = A \tau_{cp}$$

Жоғарыда қарастырылған негізгі режимдерде тағы төрт стандартты режимдер негізделді: S4 және S5 режимдері S3 режимінен іске қосу және тежелу кезінде динамикалық моменттерді ескеруімен ерекшеленеді, S6 және S7 S1 режиміне сәйкес келеді, бірақ айнымалы жүктемеде (S6) және іске қосу мен тежеуді ескергенде (S7). Стандартты режим S8 M және ω мәндерінің периодты өзгеруінің ең жалпы жағдайын көрсетеді.

Жалғасушы режимде қозғалтқышты қызу бойынша тексеру

Егер қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы және оның жылулық параметрлері белгілі болса, онда $\tau(t)$ графигін тұрғызуға болады, және нақты асқын қызуды бағалап, оны рұқсат етілген мәнмен салыстыруға болады. Бұл әдіс күрделі, сондықтан тәжірибеде асқын қызуды жанама бағалауға негізделген қарапайымдатылған әдістер қолданылады. Осы әдістер негізінде орташа шығындар әдісі жатыр.

немесе

$$\Delta P_{cp} = A\tau_{cp}, \quad (2.77)$$

яғни бір циклдағы шығындардың орташа қуаты асқын қызудың орташа температурасына пропорционал. (2.71) сәйкес номинал режим үшін

$$\Delta P_n = A\tau_n, \quad (2.78)$$

мұнда ΔP_n – шығындардың номинал қуаты;

$$\Delta P_n = \frac{P_n(1-\eta_n)}{\eta_n};$$

P_n – қозғалтқыштың номинал қуаты;

η_n – қозғалтқыштың номинал ПӘК-і;

$\tau_n = \tau_{дон}$ – қозғалтқыштың асқын қызуының номиналды (рұқсат етілген) температурасы.

(2.77) және (2.78) теңдеулерін салыстыра отырып, орташа шығындар әдісін түсіндіруге болады: егер цикл кезінде шығындардың орташа қуаты шығындардың номинал қуатынан жоғары болмаса, яғни

$$\Delta P_{cp} \leq \Delta P_n,$$

онда асқын қызудың орташа температурасы рұқсат етілген мәннен аспайды:

$$\tau_{cp} \leq \tau_n = \tau_{дон}.$$

Алдын-ала таңдалған қозғалтқыш үшін тұрғызылған жүктемелік диаграмма 2.54 суретте көрсетілген түрге ие болсын. Қозғалтқыштың әр жүктеме деңгейі үшін (диаграмманың әр учаскесінде) $\eta(P/P_n)$ қисығы бойынша қуатты $P_i = M_i\omega_i$ анықтаймыз, ПӘК мәнін η_i анықтаймыз, және шығындарды

$$\text{табамыз } \Delta P_i = \frac{P_i(1-\eta_i)}{\eta_i}.$$

Одан кейін орташа шығындарды анықтаймыз:

$$\Delta P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta P_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

(мысалда $n = 3$) және оны ΔP_n –мен салыстырамыз. Егер $\Delta P_{cp} \leq \Delta P_n$ болса, қозғалтқыш таңдалған.

Егер бір циклдегі орташа шығындарды номинал шығынмен салыстырғанда $\Delta P_{cp} > \Delta P_n$ болса, онда қозғалтқыш қызып кетеді. Керісінше, егер $\Delta P_{cp} \ll \Delta P_n$ болса қозғалтқыш қызуы бйынша дұрыс қолданылмайды. Екі жағдайда да басқа қозғалтқыш таңдау қажет, жүктемелік диаграмманы қайта құрып, жүктеменің айнымалы графигіндегі орташа шығындар мен тұрақты жүктемедегі номинал шығындарды салыстыру арқылы қозғалтқышты қызу бойынша тексеру қажет.

Орташа шығындар әдісі $\tau(t)$ тұрғызбай-ақ қызудың орташа темепературасын бағалауға мүмкіндік береді. Нақты темепература орташа темпереатурадан ерекшеленеді, бірақ

$$T_{\delta} \ll T_{th} \quad (2.79)$$

шарты орындалса, онда бұл айырмашылық аз болады. (2.79) орташа шығындар әдісін қолданғанда негізгі шарт болып табылады.

Эквиваленттік ток деп, жұмыс кезінде электрлік қозғалтқышта айнымалы жүктеме графигінде орташа шығындарға тең шығындар бөлінетін өзгермейтін токты айтамыз, яғни

$$\Delta P_{cp} = k + I_{\text{экв}}^2 R. \quad ($$

2.80)

Жалғасушы жұмыс режимінде және қозғалтқыштың жүктемесінің айнымалы графигіндебір циклдағы шығындардың орташа қуаты

$$\Delta P_{cp} = \frac{\Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + \dots + \Delta P_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}.$$

Әр учаскедегі шығындарды ΔP_i тұрақты және айнымалы құраушылар арқылы бейнелеп және орташа шығындарды эквивалентті ток арқылы мәндерімен ауыстырып, алатынымыз:

$$k + I_{\text{экв}}^2 R = \frac{(k + I_1^2 R)t_1 + (k + I_2^2 R)t_2 + \dots + (k + I_n^2 R)t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}.$$

Жақшалардыашыпжәнетұрақтыларменайнымалылардытоптапалатынымыз:

$$k + I_{\text{экв}}^2 R = \frac{k(t_1 + t_2 + \dots + t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} + \frac{R(I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

бұдан айнымалы жүктеме графигіндегі эквиваленттік ток:

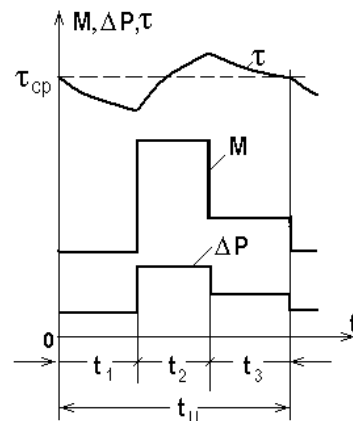
$$I_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (2.81)$$

немесе жалпы түрде

$$I_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{1}{t_y} \int_0^{t_y} i^2(t) dt}. \quad (2.82)$$

Осы әдіспен есептелген ток алдын-ала таңдалған қозғалтқыштың тогымен салыстырылады, егер $I_{\text{экв}} \leq I_n$ болса, онда қозғалтқыш қызу талаптарына сай келеді.

Кейбір жағдайларда қозғалтқышты қызуы бойынша тексеру кезінде уақыт функциясында қозғалтқыш тудыратын момент графигін қолданған ыңғайлы. Егер қозғалтқыш ағыны тұрақты болса, онда момент пен то арасында тура пропорционалдық болады. Бұл жағдайларда қозғалтқышты эквиваленттік



2.54 «Алыс» цикл үшін жүктемелік диаграмма және $\tau(t)$ қисығы

момент бойынша тексеруге болады, сатылы график үшін келесі формулабойынша есептелді:

$$M_{экв} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}. \quad (2.83)$$

Эквивалентті момент шамасы номиналды моментпен салыстырылады, егер $M_{экв} \leq M_n$ шарты орындалса онда қозғалтқыш қызу талаптарына сай келеді.

Эквивалентті момент әдісін қалпты орндалған синхронды және асинхронды қозғалтқыштарда және номиналды ағынмен жұмыс істегенде тәуелсіз қоздырылатын қозғалтқыштар үшін қолдануға болады.

Егер қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы қуат графигі түрінде берілсе, онда берілген график негізінде қозғалтқышты қызуға тексеру қуат пен ток арасында тура пропорционалдық болған жағдайда ғана іске асырылады.

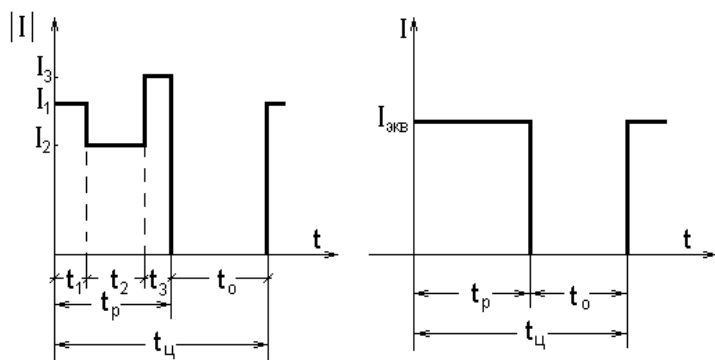
Сатылы график үшін эквивалентті қуат келесі формула арқылы есептеледі

$$P_{экв} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (2.84)$$

және номиналды қуатпен салыстырылады; $D_{y\acute{e}a} \leq D_i$ шартының орындалуы тексеріледі.

Қайталанушы қысқа уақытты режимде қозғалтқышты қызу бойынша тексеру

Қайталанушы қысқа уақытты режимде цикл ұзақтығы ($t_{ц} \leq 10$ мин) және іске қосудың салыстырмалы ұзақтығы ($\epsilon \leq 0,6$) шектелген, және стандартты мәндер енгізілген $\epsilon = 0,15, 0,25, 0,4$ және $0,6$. Бұл режимде жалғасушы режимге арналған стандартты қозғалтқыштармен қатар қайталанушы қысқа уақытты режимге арнайы жобаланған қозғалтқыштар да қолданылады; соңғы жағдайда



2.55 Қайталанушы қысқа уақытты режимдегі жүктемелік диаграмма (а) және оның эквиваленттік түрі (б)

каталогта ϵ әр стандартты шамасы үшін номиналды токтар көрсетіледі: $I_{но,15}$, $I_{но,2}$ және т.б.

2.55,а-сурет үшін келесіні аламыз:

$$I_{экв} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}$$

Келесі қадам алынған эквиваленттік жүктемелік диаграмманы стандартты түрге келтіру.

Егер қайталанушы қысқа уақытты режимге арналған қозғалтқыш қолданылса, онда ең жақын стандартты мән $\epsilon_{ст}$ қабылданады және келесі қатынас пайдаланылады:

$$I_{\text{экв}}^2 R \frac{t_p}{t_{\text{ц}}} = I_{\text{н}\varepsilon_{\text{см}}}^2 R \cdot \varepsilon_{\text{см}} ,$$

бұдан

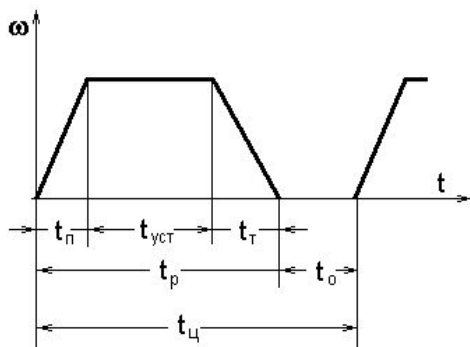
$$I_{\text{н}\varepsilon_{\text{см}}} = I_{\text{экв}} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{\text{см}}}} . \quad (2.85)$$

Ұзақ режимге арналған қозғалтқышты қолдану кезінде (2.85) теңдеуінен аламыз:

$$I_{\text{н}} = I_{\text{экв}} \sqrt{\varepsilon} . \quad (2.86)$$

Келтірілген бағалауларда үзіліс кезіндегі жылу бергіштіктің нашарлауы ескерілмейді, яғни келесі қабылданады

$$\beta = \frac{A_{\omega=0}}{A_{\omega\text{н}}} = 1 .$$



2.56 Қысқа циклдер режиміндегі тахограмма

Қайталанушы қысқа уақытты режимнің маңызды жеке жағдайы болып қысқа циклдер режимі немесе жиі іске қосу режимі болып табылады. Энергетикалық кернеуленген динамикалық режимдердің қысқа циклдерінде жоғарыда айтылған қарапайымдатылған қозғалтқышты тексеру әдістерінде көп бөлігі қателіктерге жеткізеді. Осындай жағдайларда алыс цикл үшін тікелей жылулық баланс құруға негізделген әдісті пайдаланған жөн. Роторы қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыш үшін осындай жылулық баланс мысалы 7.1-кестеде көрсетілген.

Циклдің жартысында қозғалтқыш жұмыс істемегендіктен, $I_{\text{н}} < I_{\text{y}\square\text{a}}$ және $\dot{I}_i < \dot{I}_{\text{y}\square\text{a}}$ болғандықтан, қозғалтқышты асқын жүктеме және іске қосу режимі бойынша тексеруге

Кестеде ΔW_n және ΔW_m – іске қосу және тежеу кезіндегі энергия шығыны;
 ΔP және ΔP_n – жұмыс және номинал режимдеріндегі қуат шығыны;
 β - жылу бергіштіктің нашарлау коэффициенті.

7.1-кесте

Цикл учаскесі	Қозғалтқышта бөлінетін энергия	Қоршаған ортаға таралатын энергия
Іске қосу, t_n	ΔW_n	$\frac{1+\beta}{2} \Delta P_n t_n$
Тұрақталған режимдегі жұмыс, $t_{\text{уст}}$	$\Delta P t_{\text{уст}}$	$\Delta P_n t_{\text{уст}}$

Тежеу, t_m	ΔW_m	$\frac{1+\beta}{2} \Delta P_n t_m$
Үзіліс, t_0	0	$\beta \Delta P_n t_0$

Егер қозғалтқыштың жылулық режимі тұрақталса, яғни қызу цикл басында және цикл соңында бірдей болса, онда бөлінген энергия қоршаған ортаға таралған энергияға тең деп есептеуге болады

$$\Delta W_n + \Delta P t_{ycm} + \Delta W_m = \frac{1+\beta}{2} \Delta P_n (t_n + t_m) + \Delta P_n (t_{ycm} + \beta t_0). \quad (2.87)$$

Алынған теңдеу режимнің рұқсат етілген параметрлерін бағалау үшін қолданыла алады.

Негізгі әдебиет 2. [85-90]

Қосымша әдебиет 3. [65-85]

Бақылау сұрақтары:

1. Электржетектерінің жұмыс режимдері.
2. Қуатты есептеудің жолдары.
3. Жүктемелік диаграммалар.
4. Жылулық баланс теңдеуі.
5. Жұмыс режиміне байланысты қозғалтқыштардың бөлінуі.

12 Дәріс тақырыбы: Асинхронды және синхронды қозғалтқыштардың типтік түйіндері және басқару схемалары

Асинхронды қозғалтқыштар өнеркәсіпте тұрақты жылдамдықпен жұмыс істейтін электржетектері (компрессор, сорап, т.б.) үшін кең қолданыс тапты. Соңғы кезде айналу жиілігі реттелетін электржетегі жүйелері өңделген. Мұндай электржетектеріне вентильді қозғалтқышы бар электржетегі және жиілік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш электржетектері жатады.

Асинхронды қозғалтқыш синхронды қозғалтқышқа қарағанда күрделірек бірақ бір топ артықшылықтары бар:

1) озушы $\cos \varphi$ -мен жұмыс істеу мүмкіндігі, осының арқасында жалпы өнеркәсіптің $\cos \varphi$ жоғарлайды және компенсациялаушы құрылғылардың қуаты азаяды;

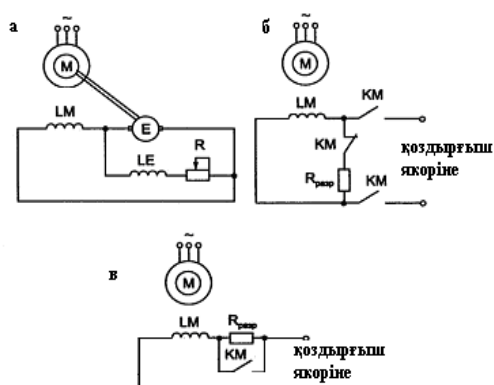
2) торап кернеуінің тербелістеріне аз сезімталдылығы;

3) қозғалтқыштың артық жүктемелік қабілетін жоғарылату мүмкіндігі;

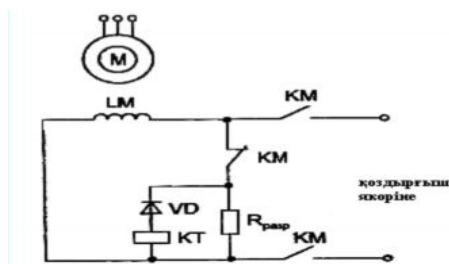
4) қоректендіруші тораптың кернеуінің сапасын жақсарту мүмкіндігі.

Синхронды қозғалтқышқа қарағанда асинхронды қозғалтқыш іске қосу процессінің күрделігімен ерекшеленеді. Қозғалтқыштың айналу жиілігіне дейін жылдамдық алуы асинхронды режимде жүреді, синхронды қозғалтқыштарда сияқты. Подсинхронды жылдамдыққа жеткен кезде қоздыру орамы тұрақты ток көзіне қосылады және қозғалтқыш синхронизмге тартылады, яғни горизонталь сипаттамаға өтеді. Іске қосудың екі әдісі қолданылады: қоректендіруші тораптың толық кернеуімен іске қосу және

төмендетілген кернеумен іске қосу (реактор немесе автотрансформатор арқылы).



2.60. Синхронды қозғалтқыштың қозу схемаларының типтік түйіндері



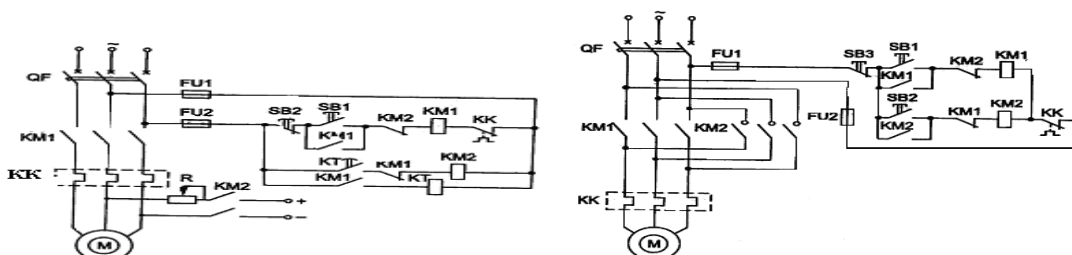
2.61. Жылдамдық функциясында синхронды қозғалтқышқа қозудың берілу

Кейбір жағдайларда (іске қосу тогы қоректендіруші тораптың кернеуінің түсуін тудырмайды, іске қосу кезіндегі қозғалтқыш жүктемесі

номинал жүктеменің 40% құрайды) қоздыру көзі тұйықталып қосылған іске қосу схемасы қолданылады. б суретте келтірілген схемада подсинхронды айналу жиілігіне дейін жылдамдық алу процессінде қоздыру орамы резисторға $R_{раз}$ тұйықталған. Резистор қоздыру орамының изоляциясының тесілуін болдырмау үшін қолданылады. Себебі төмен жылдамдықта оған жоғары кернеу қойылады. Подсинхронды жылдамдықта КМ контакторы қосылады, қоздыру орамы разрядтаушы резистордан ажыратылып қоздырушының якоріне қосылады, қозғалтқыш синхронизмге тартылады және іске қосу аяқталады. Соңғы кезде қоздыру орамының қорек көзі ретінде тиристорлық түрлендіргіштер қолданылады.

Бұл синхронды қозғалтқыштарды қоздыру жүйелерінде қоздыру орамының тұрақты ток көзіне қосылуы автоматты түрде жүреді.

Автоматтандырудың әр түрлі әдістері қолданылады: жылдамдық функциясында және ток функциясында. Суретте көрсетілген схемада синхронды қозғалтқышқа қоздырудың берілісі тұрақты ток электромагниттік реле КТ арқылы іске асырылады. Реле катушкасы разрядты резисторға $R_{раз}$ диод VD арқылы қосылады. Статор орамаларын торапқа қосқан кезде қозғалтқыштың қоздыру орамында ЭҚК келтіріледі. Реле катушкасы арқылы тұрақталған ток өтеді, импульстердің жиілігі мен амплитудасы сырғуға тәуелді.



2.61.1 Асинхронды қысқа тұйықталған роторлы қозғалтқышты реверсті магнитті іске қосқышпен басқару схемасы

Негізгі әдебиет 3. [125-130]
 Қосымша әдебиет 4. [115-125]
 Бақылау сұрақтары:

1. Жылулық реленің жұмысы.
2. Реверсті және реверссіз басқару схемалары.
3. Сақтандырғыш, автоматты ажыратқыш, магнитті іске қосқыштың қызметі.
4. Нөлдік қорғаныс.

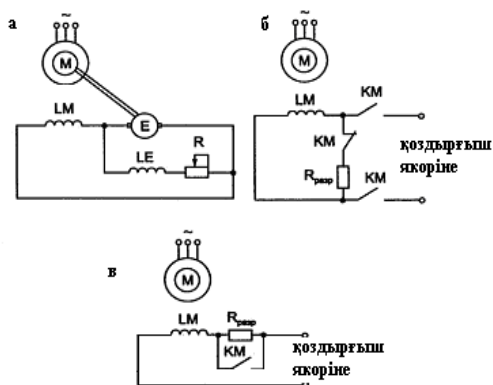
13 Дәріс тақырыбы: Синхронды қозғалтқыштардың типтік түйіндері және басқару схемалары

Синхронды қозғалтқыштар өнеркәсіпте тұрақты жылдамдықпен жұмыс істейтін электржетектері (компрессор, сорап, т.б.) үшін кең қолданыс тапты. Соңғы кезде айналу жиілігі реттелетін электржетегі жүйелері өңделген. Мұндай электржетектеріне вентильді қозғалтқышы бар электржетегі және жиілік түрлендіргіш – синхронды қозғалтқыш электржетектері жатады.

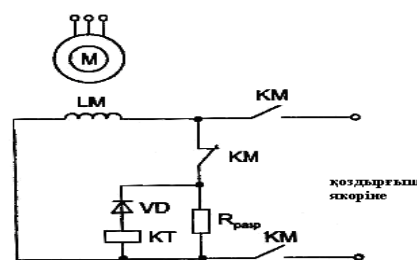
Синхронды қозғалтқыш асинхронды қозғалтқышқа қарағанда күрделірек бірақ бір топ артықшылықтары бар:

- 1) озушы $\cos \varphi$ -мен жұмыс істеу мүмкіндігі, осының арқасында жалпы өнеркәсіптің $\cos \varphi$ жоғарлайды және компенсациялаушы құрылғылардың қуаты азаяды;
- 2) торап кернеуінің тербелістеріне аз сезімталдылығы;
- 3) қозғалтқыштың артық жүктемелік қабілетін жоғарылату мүмкіндігі;
- 4) қоректендіруші тораптың кернеуінің сапасын жақсарту мүмкіндігі.

Асинхронды қозғалтқышқа қарағанда синхронды қозғалтқыш іске қосу процессінің күрделігімен ерекшеленеді. Қозғалтқыштың айналу жиілігіне дейін жылдамдық алуы асинхронды режимде жүреді, асинхронды қозғалтқыштарда сияқты. Подсинхронды жылдамдыққа жеткен кезде қоздыру орамы тұрақты ток көзіне қосылады және қозғалтқыш синхронизмге тартылады, яғни горизонталь сипаттамаға өтеді. Іске қосудың екі әдісі қолданылады: қоректендіруші тораптың толық кернеуімен іске қосу және төмендетілген кернеумен іске қосу (реактор немесе автотрансформатор арқылы). Кейбір жағдайларда (іске қосу тогы қоректендіруші тораптың кернеуінің



2.60. Синхронды қозғалтқыштың қозу схемаларының типтік түйіндері

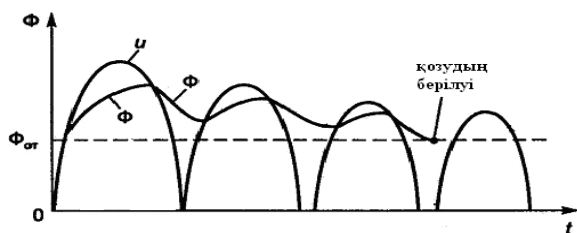


2.61. Жылдамдық функциясында синхронды қозғалтқышқа қозудың берілу

түсуін тудырмайды, іске қосу кезіндегі қозғалтқыш жүктемесі номинал жүктеменің 40% құрайды) қоздыру көзі тұйықталып қосылған іске қосу схемасы қолданылады. б суретте келтірілген схемада подсинхронды айналу жиілігіне дейін жылдамдық алу процессінде қоздыру орамы резисторға $R_{раз}$ тұйықталған. Резистор қоздыру орамының изоляциясының тесілуін болдырмау үшін қолданылады. Себебі төмен жылдамдықта оған жоғары кернеу қойылады. Подсинхронды жылдамдықта КМ контакторы қосылады, қоздыру орамы разрядтаушы резистордан ажыратылып қоздырушының якоріне қосылады, қозғалтқыш синхронизмге тартылады және іске қосу аяқталады. Соңғы кезде қоздыру орамының қорек көзі ретінде тиристорлық түрлендіргіштер қолданылады.

Бұл синхронды қозғалтқыштарды қоздыру жүйелерінде қоздыру орамының тұрақты ток көзіне қосылуы автоматты түрде жүреді.

Автоматтандырудың әр түрлі әдістері қолданылады: жылдамдық функциясында және ток функциясында. Суретте көрсетілген схемада синхронды қозғалтқышқа қоздырудың берілісі тұрақты ток электромагниттік реле КТ арқылы іске асырылады. Реле катушкасы разрядты резисторға $R_{раз}$ диод VD арқылы қосылады. Статор орамаларын торапқа қосқан кезде қозғалтқыштың қоздыру орамында ЭҚК келтіріледі. Реле катушкасы арқылы тұрақталған ток өтеді, импульстердің жиілігі мен амплитудасы сырғуға тәуелді.



2.62. КТ уақыт релесіндегі ток пен магнит ағынының өзгеру графигі

Іске қосу кезінде $S=1$.

Қозғалтқыштың жылдамдық алу барысында ол азаяды және түзетілген жарты толқындар арасындағы интервалдар жоғарылайды; магнит ағыны біртіндеп төмендейді. Синхронды жылдамдыққа жақын жылдамдықта магнит ағыны $\Phi_{отп}$ шамасына дейін төмендейді.

Негізгі әдебиет 2. [105-110]

Қосымша әдебиет 3. [58-85]

Бақылау сұрақтары:

1. Синхронды және асинхронды қозғалтқыштың айырмашылығы.
2. Синхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығын реттеу.
3. Синхронды қозғалтқышты іске қосу процесі.
4. Жылулық реленің тағайындалуы.
5. Синхронды қозғалтқыштардың қозу схемасының түйіндері.

14 Дәріс тақырыбы: Асинхронды электржетегі үшін кернеудің тиристорлық түрлендіргіштерінің схемасы

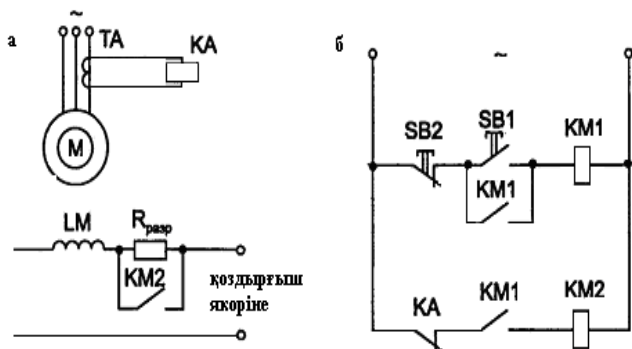
Күштік бөлігінің рационалды схемасы

Асинхронды қозғалтқышты (АҚ) басқарған кезде кернеудің тиристорлық түрлендіргіші (КТТ) атқаратын функциясына байланысты, КТТ-нің негізгі

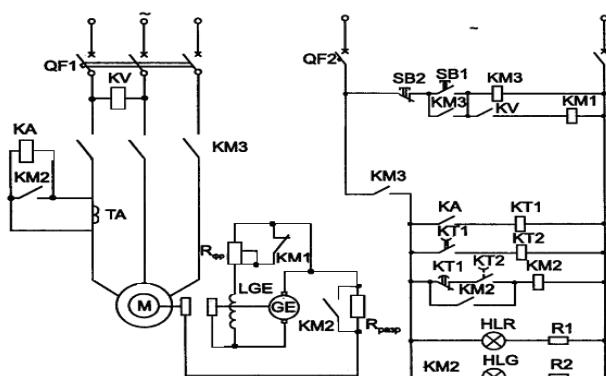
элементіне жататын күштік тиристорлық элемент (ТЭ) әр түрлі схема арқылы қосылуы мүмкін. Қандай да бір схеманың таңдалуына электржетегінің іске асатын керекті режимі мен техникалық-экономикалық көрсеткіштер әсер етеді.

[5] КТТ-нің мүмкін болатын барлық күштік схемалары көрсетілген және ауыстырып қосу, реверстеу, тежеуші, кернеуді реттеу режимін атқарады және олардың классификациясы беріледі. Бірақ практикада тек рационалды схемалар кең қолданыс тапқан.

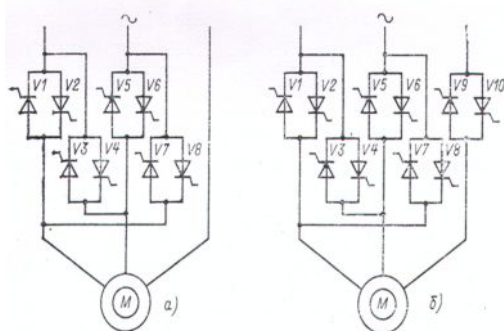
Практикада кең қолданылатын негізгі КТТ-нің реверсті емес күштік



2.63. Ток функциясында синхронды қозғалтқышқа қозудың берілуін бақылау



2.64. Кернеуі 1000Вқа дейінгі синхронды қозғалтқыштың тікелей іске қосылуының схемасы



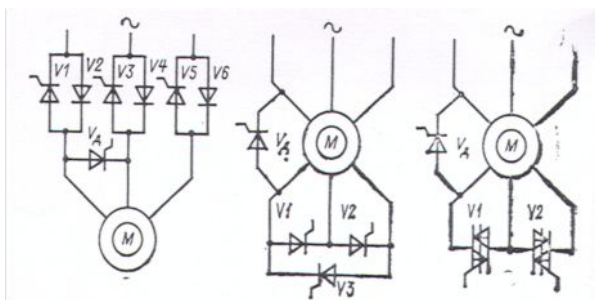
2.65 6.1.КТТ-нің реверсті күштік тізбектердің схемасы

бөлігінің схемалары 2.65-суретте көрсетілген. КТТ-нің реверсті күштік тізбектер көп жағдайда 2.65-суретте көрсетілген схемалар бойынша жасалады. Желі фазасы мен АҚ орамалары арасындағы қосылған ТЭ-ні ауыстырып қосу арқылы реверс орындалады және бұл АҚ-тың магнит өрісінің негізгі гармоникасының айналу бағытының өзгеруін қамтамасыз етеді.

АҚ-ның тежеуші режимдерін іске асыру үшін ең тиімдісі КТТ-нің құрамына кіретін тиристорлардың түзеткіш қасиеттерін пайдаланып динамикалық тежеуді қолданады. Реверсті КТТ-де динамикалық тежеуді алу үшін, қосымша тиристорлар қажет емес. Түзеткіш және демфирлегіш ретінде схемалардың түрі көбірек жиналатын ТЭ-нің реверсті тобының

тиристорлары ғана пайдаланылады. Бірақ динамикалық тежеу режимінде қолдануға ең тиімдісі V2, V4, V6, V8 тиристорлар 2.65,а-суреттегі схема немесе V1, V4, V6, V7 тиристорлары 2.65,б-суреттегі схема. 2.65,а-суреттегі схемада V1 мен V2 тиристорлары түзетілетін болып келеді және

АҚ орамаларында қажетті түзетілген токты алу үшін, α бұрышын өзгерту арқылы басқарылады. 2.65,б-суреттегі схемада V1 мен V2 тиристорлар түзетілетін, ал V6 мен V7 демпфирлеуші. Реверсті емес КТТ-де қосымша тиристорларсыз тек бір жартыпериодты түзеткіш алуға болады. Бірақ ол үлкен жылдамдықтар аймағында жақсы тежеуді бермейді. Бұл АҚ-тың орамаларын



2.66. Динамикалық тежеу режимінде жұмыс істейтін шунттаушы тиристорлы реверсті емес КТТ-нің күштік тізбектерін рационалды схемалары

шунттайтын арнайы демпфирлейтін тиристорларды енгізуді қажет етеді. 2.66-суретте АҚ іске қосқандағы статор тізбегін коммутациялайтын ТЭ негізгі қосылу схемалары кезіндегі V_d демпфирлеуші тиристор қосылуының рационалды схемалары көрсетілген. Бірнеше демпфирлеуші

тиристорларды да пайдаланылуға болады, бірақ сол кездегі тежеуші эффектінің жақсарылуы көп болмайды және осы мақсат үшін күштік схема мен басқару схемалардың күрделенуін ақтамайды.

Тиристорларды кернеу (класы) мен номиналды ток бойынша таңдайды және ол қосылу схемасына, номиналды қуатқа, АҚ-тың жүктелу деңгейі мен жұмыс режиміне, тиристорды суыту әдісіне тәуелді.

Тиристорлар класы қайталанылатын U_n кернумен анықталады, яғни желі кернеуінің әрбір периоды кезінде тиристорға коммутация процесінде қойылатын максималды мүмкін болатын лездік кернеу. Тиристордың қолайлы жұмыс кернеуі желінің амплитудалық кернеумен анықталады және $0,8U_n$ тең. Егер АҚ фазалар орамаларына қосылған тиристорлардағы кернеудің бірқалыпты емес таралуын қарастыратын болсақ, онда ТКК-нің күштік схемасына қарамастан тиристордағы кернеу желі кернеуінің $U_{л.м}$ амплитудасына тең. АҚ статор тізбектеріндегі тиристорлар жұмысының ерекшелігі, АҚ-ты ажыратқан кезде, АҚ орамаларында сөңіп бара жатқан ротор өрісімен туындайтын ЭҚК әсерінен тиристордағы кернеу өседі. Зерттеулер көрсеткендей бұл кернеу $(1,4 \div 1,8) U_{л.м}$ дейін бара алады. осыны ескере отырып тиристордың класын келесі формуламен анықтауға болады.

$$U_n = 1,2U_{л.м} k_1 k_2, \quad (2.88)$$

мұндағы $k_1=1,05 \div 1,07$ – коэффициент, МЕСТ бойынша желідегі кернеудің өсуін қарастырады, k_2 – коэффициент, ротордың магнит ағынының сөңуіне байланысты тиристорда кернеудің өсуін қарастырады. k_2 коэффициентін қуаты 4,5 кВт дейін АҚ үшін $1,4 \div 1,5$ және АҚ үлкен қуаты үшін $1,5 \div 1,8$.

АҚ үшін тиристорды ток бойынша таңдау қиындау, себебі АҚ жұмыс режиміне, іске қосу сипаттамасына, тиристорларды суыту ідісіне және өткізу бұрышына тәуелді. ТКК-ні көбінесе көп қосу жетегі үшін қолданады,

сондықтан тиристорды таңдаған кезде іске қосу тогын ескереді. Типоразмерін анықтайтын, шектік (номиналды) тиристор тогы I_n , былай анықталады

$$I_n \geq k_d I_H / k_{cx} k_0, \quad (2.89)$$

мұндағы k_d – АҚ кернеуінің номинал I_H тогына қатынасы; k_{cx} – тиристорларды қосу схемаларына тәуелді коэффициент. Қарама-қарсы параллель қосу кезінде $k_{cx}=2,22$; үшбұрыш коммутатор схемасы үшін $k_{cx}=1$; k_0 – суыту жағдайларына тәуелді және тиристордың каталогтік берілгенімен анықталатын коэффициент.

Табиғи суыту кезінде k_0 жуықтап алғанда мынаған тең: 50 А тиристорлар үшін – 0,5; 100 А үшін – 0,4; 160-500 А үшін – 0,3.

Іске қосу тогымен таңдалған тиристорлар, АҚ тұрақтанған режимде жұмыс істегенде толық жүктелмеген болады.

Тиристорларда басқа жартылай өткізгіш материалдар сияқты асқын жүктемелік қасиеті аз. Электржетегі сенімді жұмыс істеу үшін, тиристордағы ток пен кернеудің амплитудасы мен ұзақтығы мүмкін болатын мәннен аспайтын, қорғаныс жасау қажет. Негізгі екі қорғаныс түрі бар; бос жүріс кезіндегі асқын токтардан жіне асқын жүктемеден.

Бос жүріс кезінде тиристордың істен шығып кетуі екі себептен болуы мүмкін: кристалдағы қуат мүмкін болатын мәннен асып, шектік мәннен асатын ток жүрген кездегі жартылайөткізгіш кристаллының температурасы көтеріледі; аз уақыт ішінде токтың өсуінен (жоғарғы мәні di/dt), кристаллдың жергілікті температурасы өсуеді. Ток бойынша асқын жүктеме орнатылған режим кезінде де болуы мүмкін. Ол кезде параллель қосылған тиристор арасында сипаттамалары әр түрлі болғандықтан, ток симметриялы емес болып өтеді. Осындай асқын жүктемелерді болдырмау үшін, арнайы детальдарды қолданады. Екі ток өткізгіш шиналары бар магнитөткізгіш, бір винттік деталь ең қарапайым және ыңғайлы болып келеді.

Қысқа тұйықталу тогынан қорғану үшін, тез істейтін сақтандырғыштар мен автоматты ажыратқыштар қолданады. Үдеу жылдамдығының (di/dt) әсерін шектеу үшін желі мен КТТ-нің арасына қосылатын қоздырылатын реакторлар қолданылады. Қорғау схемасында, әсіресе реверсті ТКК-да, импульсті басқаруын шешетін, авария режимінде тиристордың істен шығуын болдырмайтын, ток секірісін құрылғысын қолдану керек.

Кернеудің жылдамдық үдеуі (di/dt) үлкен болғандағы, тиристорлардың өзінен-өзі қосылуын алдын-алатын RC-тізбегін қолданады, тиристорге параллель қосады. Кейбір жағдайда RC-тізбегінің кедергісі диодпен шунтталады. Конденсаторда жақсы жиіліктік қасиеттері болуы мүмкін. du/dt бар тізбегі тиристорге жақын болуы тиіс. КТТ-ні желідегі қысқы мерзімді асқын кернеуліктен сақтау үшін, оның кірісіне үшфазалық көпірлік түзеткіш қосылады, ал шығысына конденсаторлар қосылады.

Реверсті КТТ-де фазааралық қысқа тұйықталуды болдырмау үшін, реверске команда берер алдында істеп жатқан тиристорларды жабу үшін, реверс кезінде ашу сигналын кешіктіру қажет.

Шунтталған тиристорды қолданатын динамикалық тежеу режимін қолданылатын КТТ-де тежеуден кейін шунтталған тиристордан ашу сигналын

алып тастап, 0,01 с-тан кейін тежеу режимінде істейтін тиристорларға жабу сигналы беріледі. Себебі АҚ орамаларындағы өздік индукция ЭҚК себебінен шунтталған тиристор ашық болып қалады, КТТ қайта қосқан кезде фазааралық қысқа тұйықталу болу мүмкін.

Негізгі әдебиет 2. [115-120]

Қосымша әдебиет 3. [85-95]

Бақылау сұрақтары:

1. Тиристорлық кернеу түрлендіргішінің атқаратын функциясы.
2. Тиристорларды қалай таңдайды?
3. Тиристорлардың асқын жүктемелік қабілеттілігі.
4. Тиристорлардың қорғанысы.
5. АҚ-ты КТТ-нің реверсті күштік тізбектердің схемасы.

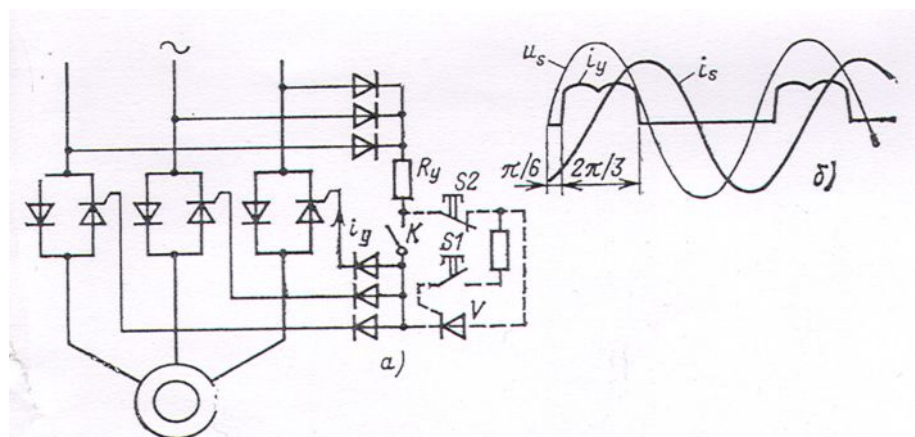
15 Дәріс тақырыбы: Асинхронды электржетегі үшін кернеудің тиристорлық түрлендіргіштерінің схемасы

Іске қосу мен тежеуді реттеуге арналған кернеуді түрлендіру тиристорының сұлбасы

2.67,а-суретінде КТТ-ң күштік бөлігі тиристорлы-диодты элементтерден құрылған сұлбасы көрсетілген. Тиристорлардың ауысуын басқарушы үш фазалы көпірлік сұлба түрінде көрсетілген. Командалық К түйістіргіш тұйықталғанда тізбектегі кернеудің әсерінен басқарушы электродтан ток ағады. Бұл басқару тоғы R_y кедергі резисторымен шектеледі және жуықтап мына қатынспен өрнектеледі,

$$i_y \approx 0.7 U_{mn} / R_y \quad (2.90)$$

2.67,б-суретінде осциллограммада көрсетілгендей басқару тоғының пішіні тіктөртбұрышқа жақын келеді. Басқарушы импульстің алдыңғы шебі берілген фазаның



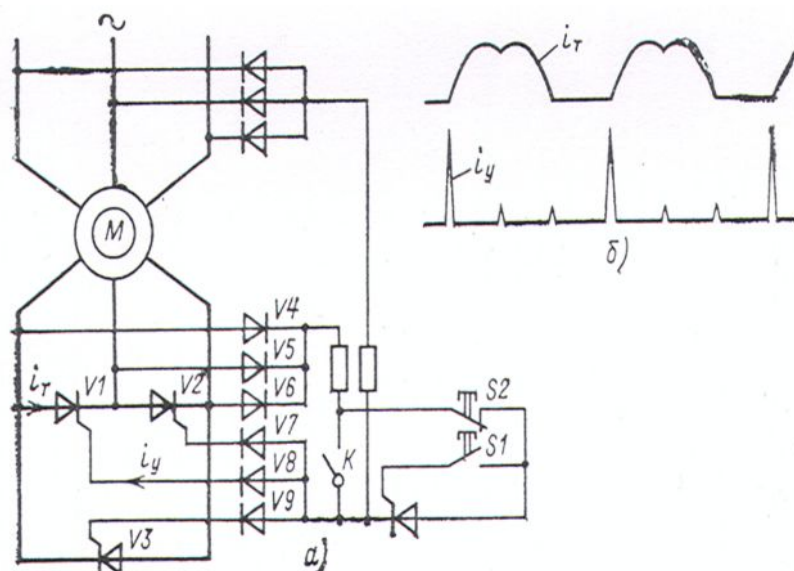
2.67. КТТ схемасы (а) және i_y басқару тоғы, i_s тоғы мен статор фазасының u_s кернеу осциллограмма (б)

кернеуінен $\frac{\pi}{6}$ бұрышына кешігеді, яғни мұндай сұлбаны жүктеменің $\varphi, \geq 30^\circ$ бұрышында синхронды ауыстырып-қосуды қолданған тиімді.

АҚ нөлдік

қорғанысы үшін, $S1, S2$ кнопкалы ажыратқыштардың көмегімен қосып сөндіретін, көмекші V тиристорын қолданады. 2.67,*a*-суретінде осы тиристордың тізбегі үзік сызықтармен көрсетілген. АҚ-ң фазалық орамындағы нөлдік нүктесінің тұйықталуын диодтық құрылымның қарапайым басқару сұлбасынан көруге болады. Осындай нұсқалардың бірі 2.68,*a*-суретінде көрсетілген. $V7-V9$ бөлгіш диодтарымен $V4-V6$ түзеткіш диодтардың көмегімен, басқарушы электродтар мен тиристордың анодтарымен қосылу нәтижесінде $V1-V3$ күштік тиристорлары ашылады. Егер күштік тиристорлардың үшеуінің ішінен екеуі ашық болса, онда пайда болған эквипотенциалды үшбұрыштың төбесі және басқарушы электродтағы кернеуі нөлге тең. Басқарушы импульсінің интервалы тиристорлардың біреуі ашылып, ал түйіндесі әлі ашылмаған жағдайда пайда болады. Өспелі оң анодтың кернеуінің әсерінен жабық тиристордың басқарушы электродының тізбегінде ток пайда болады. Ол қосылу тоғына жеткенде тиристор ашылады. Тиристор қосылған кезде басқару тізбегі шунтталады.

2.68,*b*-суретінде басқару тоғы мен КТТ-ң бір тиристорының i_T анод тоғының осциллограммасы көрсетілген. Ашушы импульс әр тиристордың анодында пайда болатын оң потенциалдың әсерінен әрқашан моментке ауысады. Сондықтан жүктеменің φ_s фазалық бұрышы өзгерсе, онда басқарушы импульстің фазасыда өзгереді. Ашушы импульстар

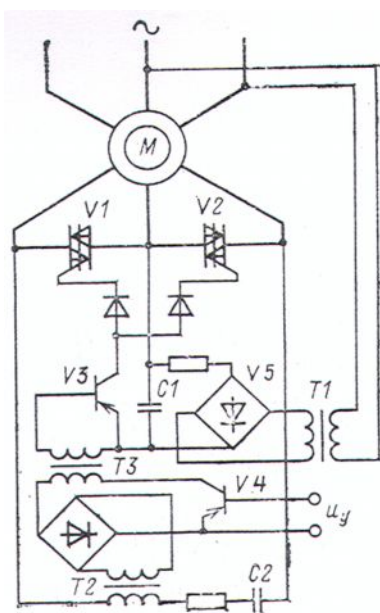


2.68. Үшбұрышты КТТ-нің схемасы (а) және i_y басқару тоғы мен тиристордан өтетін i_T токтың осциллограммалары

жіңішке болуының себебі өткізгіш жағдайына тиристорларды ауыстырып-қосқанда әр тиристордың басқарушы тізбегі шунтталады. Импульстің енін уақытпен анықтайды. Ол басқарушы электродының тізбегінен өтетін токтың қосылу мәніне жететін уақытына тең. Амплитудалық импульс автоматты түрде басқару тоғының минималды мәнімен шектеледі, бұл басқару тізбегіндегі аз шығындарды анықтайтын берілген тиристорды ашуға қажет.

ТКК-ң күштік бөлігін оңайлату үшін симисторларды қолданады. Симисторларды ашу үшін екі жақтан басқарушы электродқа оң импульс жіберілуі қажет. Егер кірмелік командалық сигнал мен күштік бөлігінің электрлік байланысы тиімсіз болса, онда симисторлы ТКК-ң оңайлатылған 2.69-суреттегі сұлбаны қолдануға болады. Т2 трансформаторында $V1$ немесе $V2$ симисторларының біреуі жабылған кезде пайда болатын кернеу $V4$ командалық транзистор және Т3 импульсті трансформатор арқылы басқарушы

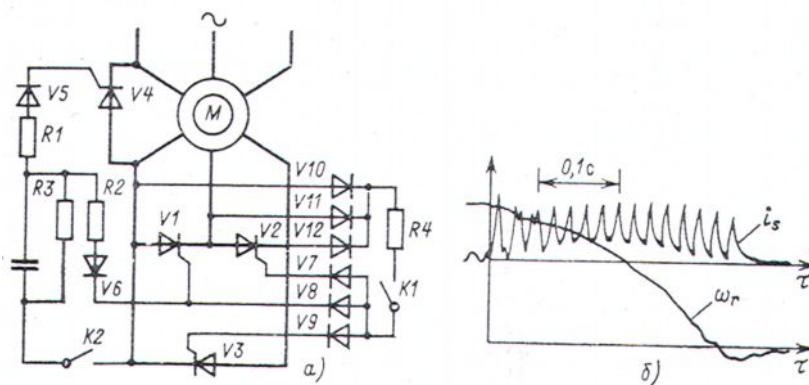
өтпелі симисторларды С1 зарядталған конденсаторға қосатын V3 транзисторына беріледі. Симисторлар ашылғанда T2 трансформаторының бірінші орамы шунтталып, V3 және V4 транзисторларынан сигналды алады. Бұдан басқарушы импульстің сұлбасы жіңішке. Олардың ені симисторды ашуға кететін уақытқа, ал амплитудасы – С1 конденсатордағы кернеуге тең. Жинақтаушы С1 конденсаторы импульстардың арасында V5 түзеткішінен және T1 көмекші аз қуатты трансформатордан зарядталады. T2 трансформаторының қуаты 3-5 Вт. Симисторлар жабық болған кезде бірінші орамдағы кернеу аз болады, себебі барлық сызықты кернеу С2 конденсаторына түседі. T3 импульсты трансформатор күштік тізбектің және кірмелік сигнал тізбегінің гальваникалық бөлінуін реттейді.



2.69 Басқарылатын тәуелді схемасы бар симисторлық КТТ және аралық күшейту сигналы кейін басқару тізбегі ажырап, тежеуші тиристорлары автоматты түрде жабылады. R3 резисторы кезекті тежеудің алдында С конденсаторын зарядтауға арналған. Тежеуші тиристорлардың басқару тоғымен конденсаторды зарядтау уақыты АҚ-тан өтетін токтың ұзақтығымен анықталады. Тежеуші тиристорларды басқаратын ток осылардың

ТКК-ң оңайлатылған сұлбаларында АҚ-н динамикалық тежеуді жасау үшін күштік тиристорлық түзеткіш блок және 2.70,а-суретінде көрсетілгендей осы тиристорларды басқаратын сұлба қосылады. Қозғалтқыштық режимінде V1-V3 тиристорлары ашық (іске қосу), ал тежеуде - V1, V4 (тежеуші). Іске қосу тиристорларын басқарылуы диодтық көпірлік құрылым арқылы жүреді. Ол V7-V9 ажыратқыштарынан және V10- V12 түзеткіштер арасында K1 командалық түйістіргіш және R4 резистор қосылған диодтар тобын құрайды.

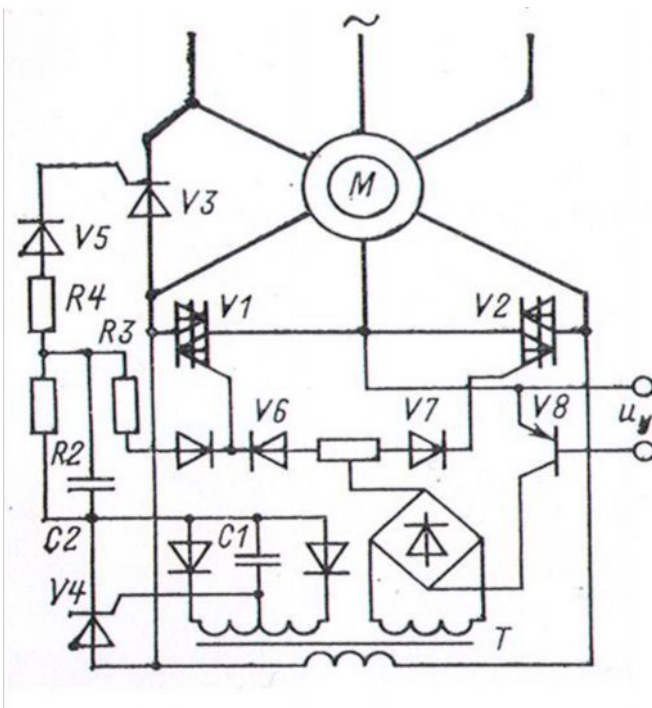
АҚ-ты тежеу үшін K1 контактісі ажыратылып және K2 контактісі жабылады. Осыдан кейін іске қосу тиристоры жабылады, ал тежеу ашылады. Себебі, K2 контактісі, С конденсаторы, R1, R2 резисторы, V5, V6 диодтары арқылы V1 және V4 басқарушы электродты тиристорларына анодты кернеу беріледі. V1 және V4 тиристорларының ашылу бұрышы R1 және R2 резисторларының кедергісі арқылы анықталады. Басқару тоғымен С конденсаторын зарядтағаннан



2.70. Шексіз басқарылатын схемасы бар, іске қосу

анодтарының кернеуіне тәуелді. 2.70,*а*-суретіндегі сұлбада көрсетілген АҚ-тың динамикалық тежеу осциллограммасы 2.70,*б*-суретінде бейнеленген. Осы осциллограммада V4 тиристормен шунтталған статордың орамындағы i_s тоғы көрсетілген.

2.71-суретте ТКК-ң толық мүмкін болатын АҚ-ты іске қосу және тежеу үшін берілген контактісіз сұлбасы бейнеленген. Мұнда тиристорда, симисторда қолданылған. V8 транзисторына сигнал берілген кезде АҚ іске қосылады, ал V1, V2 симисторлары Т трансформаторының екінші орамынан түсетін импульстармен басқарылады. V1 және V2 симисторлар қалыптасқан режимде қосылады. Олар Т трансформаторының екінші орамындағы импульсті ток V8 транзисторын ашқаннан кейін ашылады. Ал бірінші орамы симистордағы кернеуге қосылған.



2.71. Шексіз басқарылатын, іске қосу тежеуші симисторлық КТТ

V8 транзисторынан басқарушы сигнал алынғаннан кейін тежеуші режимге ауысқанда, V1 симисторы түзеткіш режимге ауысып, АҚ-тың бір орамын шунттайтын V3 тиристоры қосылады. Қалыптасқан режимде Т трансформаторының екінші орамына кернеудің қысқа импульстері жіберіледі. Олар аз қуатты V4 көмекші тиристорын ауыстырып-қоса алмайды. Егер V8 транзисторын жабса, симисторларда жабылады. Ал бұл Т трансформаторының бірінші орамдағы кернеуі тізбектегі сызықты кернеудің мәніне жеткізеді. Трансформатордың екінші орамында пайда болған үлкен мәнді кернеу V4 көмекші тиристорын қосады. Оны өткізу жағдайына ауыстырып-қосқанда V1 симисторының басқарушы электроды қорек алады. Басқарушы электрод V3 тежеуші тиристорында анодты кернеуге қосып, тиристорда АҚ-ң фазасының ЭҚК-ң әсерінен ток жүреді. C2 конденсаторы зарядталғаннан кейін V4 тиристорында ток жүрмейді, осыдан тежеуші режим тоқтайды. C2-R2 контурдың параметрлерін таңдағанда C2 конденсатордың уақытынан көп немесе АҚ-тың тежеуінің уақытына тең болу керек. R2 резисторының кедергісі келесі тежеу пайда болғанша C2 конденсаторын зарядпен камтамасыз ету керек. Сонымен қатар V4 тиристоры қосылып тұрғанда V3 тиристорының басқару тоғының ашылуын аз мәнімен шектеу керек.

Негізгі әдебиет 2. [125-130]

Қосымша әдебиет 3. [95-115]

Бақылау сұрақтары:

1. Тиристорлық кернеу түрлендіргішінің атқаратын функциясы.
2. Тиристорларды қалай таңдайды?
3. Тиристорлардың асқын жүктемелік қабілеттілігі.
4. Тиристорлардың қорғанысы.
5. АҚ-ты КТТ-нің реверсті күштік тізбектердің схемасы.

2.3 Зертханалық сабақтардың жоспары

1 Тапсырма: Еркін жүру әдісімен электржетегінің инерция моментін анықтау

Негізгі әдебиет - 1 [16-29].

Қосымша әдебиет - 2 [19-45].

Бақылау сұрақтары:

1. Кез-келген дененің инерция моментін эксперименталды түрде анықтайтын қандай әдістер бар?
2. Еркін жүру әдісінің мәні неде?
3. Еркін жүру сынағын жүргізгенде, тұрақты ток машинасының орнына айнымалы ток машинасын (қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш) қолданғанда ротордағы шығынды ескермеуге болатындығын қалай түсіндіруге болады?

2 Тапсырма: Еркін жүру әдісімен электржетегінің тегершіктің моментін анықтау

Негізгі әдебиет - 1 [16-29].

Қосымша әдебиет - 2 [19-45].

Бақылау сұрақтары:

- 1 Кез-келген дененің инерция моментін эксперименталды түрде анықтайтын қандай әдістер бар?
- 2 Еркін жүру әдісінің мәні неде?
- 3 Еркін жүру сынағын жүргізгенде, тұрақты ток машинасының орнына айнымалы ток машинасын (қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш) қолданғанда ротордағы шығынды ескермеуге болатындығын қалай түсіндіруге болады?

3 Тапсырма: Қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток электрқозғалтқышының механикалық сипаттамаларын зерттеу.

Негізгі әдебиет - 1 [31-67].

Қосымша әдебиет - 2 [25-60].

Бақылау сұрақтары:

1. Қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының механикалық және электромеханикалық сипаттамаларының айырмашылығы неде?

2. Тежеліп түсу режимінде жұмыс істейтін қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының механикалық және электромеханикалық сипаттамалары қай квадрантта орналасады?
3. Қандай сынақты жүргізгенде асинхронды машина генераторлық режимде жұмыс істейді?
4. Егер қуаттың және кернеудің номиналды берілгендері белгілі болса, қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының номиналды пайдалы әсер коэффициентін қалай анықтауға болады?
5. Кері қосумен тежелу режимінде қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток машинасының механикалық сипаттамасының формуласын жазыңыз?

4 Тапсырма: Қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток электрқозғалтқышының электромеханикалық сипаттамаларын зерттеу.

Негізгі әдебиет - 1 [31-67].

Қосымша әдебиет - 2 [25-60].

Бақылау сұрақтары:

- 1 Қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының механикалық және электромеханикалық сипаттамаларының айырмашылығы неде?
- 2 Тежеліп түсу режимінде жұмыс істейтін қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының механикалық және электромеханикалық сипаттамалары қай квадрантта орналасады?
- 3 Қандай сынақты жүргізгенде асинхронды машина генераторлық режимде жұмыс істейді?
- 4 Егер қуаттың және кернеудің номиналды берілгендері белгілі болса, қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының номиналды пайдалы әсер коэффициентін қалай анықтауға болады?
- 5 Кері қосумен тежелу режимінде қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток машинасының механикалық сипаттамасының формуласын жазыңыз?

5 Тапсырма: «Генератор-қозғалтқыш» жүйесіндегі қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток электрқозғалтқышының реттеу қасиеттерін зерттеу.

Негізгі әдебиет – 1 [31-67].

Қосымша әдебиет - 2 [30-45].

Бақылау сұрақтары:

1. Электржетегінде «генератор-қозғалтқыш» жүйесі қандай мақсатта қолданылады?
2. «Генератор-қозғалтқыш» жүйесін қолданыла отырып, қандай реттеу диапазонын алуға болады?
3. Сынақталып отырған қозғалтқыштың айналу бағытын «генератор-қозғалтқыш» жүйесінде қалай өзгертуге болады?
4. Сынақты жүргізу процессінде генераторлық тежелу режимінде сынақталатын қозғалтқыштың жұмысын бақылауға бола ма?

6 Тапсырма: «Генератор-қозғалтқыш» жүйесіндегі қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток электрқозғалтқышының сипаттамаларын зерттеу.

Негізгі әдебиет – 1 [31-67].

Қосымша әдебиет - 2 [30-45].

Бақылау сұрақтары:

- 1 Электржетегінде «генератор-қозғалтқыш» жүйесі қандай мақсатта қолданылады?
- 2 «Генератор-қозғалтқыш» жүйесін қолданыла отырып, қандай реттеу диапазонын алуға болады?
- 3 Сынақталып отырған қозғалтқыштың айналу бағытын «генератор-қозғалтқыш» жүйесінде қалай өзгертуге болады?
- 4 Сынақты жүргізу процессінде генераторлық тежелу режимінде сынақталатын қозғалтқыштың жұмысын бақылауға бола ма?

7 Тапсырма: Электрқозғалтқыштарының жүктемелік диаграммаларын зерттеу

Негізгі әдебиет - 1 [31-105].

Қосымша әдебиет - 1 [25-56].

Бақылау сұрақтары:

1. Электрқозғалтқыштың номиналды режимі деп қандай режим аталады?
2. Электрқозғалтқыштың жүктемелік диаграммасының орындаушы механизмнің жүктемелік диаграммасынан айырмашылығы қандай?
3. Электрлік машиналардың жұмысының қандай режимдері болады?
4. Жүктемелік диаграммалар қалай құрылады?

8 Тапсырма: Электрқозғалтқыштарының реверсті басқару схемасын зерттеу

Негізгі әдебиет - 1 [31-105].

Қосымша әдебиет - 1 [25-56].

Бақылау сұрақтары:

- 1 Электрқозғалтқыштың номиналды режимі деп қандай режим аталады?
- 2 Электрқозғалтқыштың жүктемелік диаграммасының орындаушы механизмнің жүктемелік диаграммасынан айырмашылығы қандай?
- 3 Электрлік машиналардың жұмысының қандай режимдері болады?
- 4 Жүктемелік диаграммалар қалай құрылады?

9 Тапсырма: Тұрақты ток қозғалтқыштың басқару сызбаларын зерттеу

Негізгі әдебиет - 1 [31-67].

Қосымша әдебиет - 1 [66-86].

Бақылау сұрақтары:

1. Тұрақты ток қозғалтқышының реверсі қалай асырылады?
2. Қоздырылуы тізбектей тұрақты ток қозғалтқышының механикалық сипаттамасын жасанды әрекетті қолданбай аналитикалық әдіспен есептеу мүмкін еместігін қалай түсіндіруге болады?

3. Өздігінен қоздырумен динамикалық тежелу кезінде қоздыру орамында бастапқы бағытты сақтаудың қажеттілігін қалай түсіндіруге болады?

10 Тапсырма: Тұрақты ток қозғалтқыштың жұмысын зерттеу

Негізгі әдебиет - 1 [31-67].

Қосымша әдебиет - 1 [66-86].

Бақылау сұрақтары:

- 1 Тұрақты ток қозғалтқышының реверсі қалай асырылады?
- 2 Қоздырылуы тізбектей тұрақты ток қозғалтқышының механикалық сипаттамасын жасанды әрекетті қолданбай аналитикалық әдіспен есептеу мүмкін еместігін қалай түсіндіруге болады?
- 3 Өздігінен қоздырумен динамикалық тежелу кезінде қоздыру орамында бастапқы бағытты сақтаудың қажеттілігін қалай түсіндіруге болады?

11 Тапсырма: Кері қосу тежелуі бар үшфазалы асинхронды электрқозғалтқышын реверсті басқару схемасын зерттеу

Негізгі әдебиет - 1 [71-105].

Қосымша әдебиет - 2 [35-64].

Бақылау сұрақтары:

1. Кері қосылумен тежелуді пайдаланғанда реверсті электржетегінің және реверссіз электржетегінің принципиалдық электрлік басқару сызбаларының айырмашылығы неде?
2. Кері қосылумен тежелу кезінде электржетегінің тежелу уақыты неге тәуелді?
3. Қозғалтқыштың бір немесе кері бағытта іске қосылуы және реверс кезінде қозғалтқыштың тежелуі қандай функцияда орындалады?

12 Тапсырма: Кері қосу тежелуі бар үшфазалы асинхронды электрқозғалтқышын реверсті басқару сипаттамаларын зерттеу

Негізгі әдебиет - 1 [71-105].

Қосымша әдебиет - 2 [35-64].

Бақылау сұрақтары:

- 1 Кері қосылумен тежелуді пайдаланғанда реверсті электржетегінің және реверссіз электржетегінің принципиалдық электрлік басқару сызбаларының айырмашылығы неде?
- 2 Кері қосылумен тежелу кезінде электржетегінің тежелу уақыты неге тәуелді?
- 3 Қозғалтқыштың бір немесе кері бағытта іске қосылуы және реверс кезінде қозғалтқыштың тежелуі қандай функцияда орындалады?

13 Тапсырма: Фазалық роторлы асинхронды электрқозғалтқышының механикалық сипаттамаларын зерттеу.

Негізгі әдебиет - 1 [71-105].

Қосымша әдебиет - 1 [68-120].

Бақылау сұрақтары:

1. Асинхронды қозғалтқыштың критикалық төңкеру моменті деп нені айтады?
2. Асинхронды қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасының графигін қандай сипатамалық учаскелерге бөлуге болады?
3. Неліктен кері қосу режимінде сынақты орамның қысқыштарындағы номиналды кернеу кезінде ротор тізбегіндегі қосымша кедергімен немесе төмендетілген кернеу кезінде жүргізу керек?
4. Асинхронды қозғалтқыштың әр түрлі тежелу әдістерінің артықшылықтарын мен кемшіліктерін атаңыз.
5. Энергияны рекуперативтеумен тежелу режимінде асинхронды қозғалтқыш жұмыс істеуі үшін қандай шарттар қажет?

14 Тапсырма: Фазалық роторлы асинхронды электрқозғалтқышының статикалық сипаттамаларын зерттеу.

Негізгі әдебиет - 1 [71-105].

Қосымша әдебиет - 1 [68-120].

Бақылау сұрақтары:

- 1 Асинхронды қозғалтқыштың критикалық төңкеру моменті деп нені айтады?
- 2 Асинхронды қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасының графигін қандай сипатамалық учаскелерге бөлуге болады?
- 3 Неліктен кері қосу режимінде сынақты орамның қысқыштарындағы номиналды кернеу кезінде ротор тізбегіндегі қосымша кедергімен немесе төмендетілген кернеу кезінде жүргізу керек?
- 4 Асинхронды қозғалтқыштың әр түрлі тежелу әдістерінің артықшылықтарын мен кемшіліктерін атаңыз.
- 5 Энергияны рекуперативтеумен тежелу режимінде асинхронды қозғалтқыш жұмыс істеуі үшін қандай шарттар қажет?

15 Тапсырма: Фазалық роторлы асинхронды электрқозғалтқышының сыртқы сипаттамаларын зерттеу.

Негізгі әдебиет - 1 [71-105].

Қосымша әдебиет - 1 [68-120].

Бақылау сұрақтары:

- 1 Асинхронды қозғалтқыштың критикалық төңкеру моменті деп нені айтады?
- 2 Асинхронды қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасының графигін қандай сипатамалық учаскелерге бөлуге болады?
- 3 Неліктен кері қосу режимінде сынақты орамның қысқыштарындағы номиналды кернеу кезінде ротор тізбегіндегі қосымша кедергімен немесе төмендетілген кернеу кезінде жүргізу керек?

- 4 Асинхронды қозғалтқыштың әр түрлі тежелу әдістерінің артықшылықтарын мен кемшіліктерін атаңыз.
- 5 Энергияны рекуперативтеумен тежелу режимінде асинхронды қозғалтқыш жұмыс істеуі үшін қандай шарттар қажет?

2.4 Студенттердің өзіндік жұмыстары (СОӨЖ) бойынша сабақтардың жоспары

7-кесте

№	Тапсырма	Өткізу формасы	Әдістемелік ұсыныстар	Ұсынылатын әдебиет
1	АҚ-ның паспорттық берілгені бойынша механикалық сипаттамаларды тұрғызу және есептеу.	пікір-талас	Электромеханика: моменттерді келтіру, беріліс санын анықтау.	2-нег. 3-нег. 2-қос.
2	АҚ-ның тиристорлы-реостаттық басқарылатын схемасын тұрғызу.	тренинг	Асинхронды қозғалтқыштар сипаттамалары	2-нег. 5-қос.
3	КТР-АҚ электржетегінің схемасын құру. Схеманың жұмысын түсіндіру.	тренинг	Электржетектердің айналу жиілігін реттеу	2-нег. 3-нег. 2-қос.
4	Г-Қ жүйесі. Схеманы құру және оның жұмысын айтып беру.	пікір-талас	Электржетектеріндегі өтпелі процесстер.	2-нег. 5-қос.
5	Ротор тізбегі бойынша тиристорлы-реостаттық басқарылатын асинхронды жетектің схемасын құру.	тренинг	Тұрақты ток қозғалтқыштарының сипаттамалары	2-нег. 5-қос.
6	ТТ-Қ нақтылық схемасын құру. Тұйықталған және тұйықталмаған жүйелердің сипаттамалардың мысалын келтіру.	пікір-талас	Қозғалтқыштардың қуатын таңдау.	2-нег. 5-қос.
7	ТТ-Қ реверстік жүйелеріндегі тиристорларды басқару схемалары мен әдістері.	тренинг	Тұрақты ток қозғалтқыштарының типтік басқару схемаларын құру	2-нег. 5-қос.
8	Қарапайым және жабылатын тиристорлардағы аралық буыны бар жиілік түрлендіргіштің схемасын келтіру.	тренинг	Фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштары үшін іске қосу	2-нег. 5-қос.

			реостаттарын (үш саты) есептеу және өндіру	
9	Тікелей қатысты байланысы бар ЖТТ схемаларын қарастыру. Олардың жұмысын айтып беру.	тренинг	Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасын құру және орташа шығын әдісі бойынша оның қуатын анықтау.	3-нег. 3-қос.
10	Вентильдік қозғалтқышы бар ЭЖ. Оның жұмысын айтып беру және схемаларын келтіру.	тренинг	Асинхронды қозғалтқыштардың үш сатылы іске қосылу өтпелі сипаттамаларын тұрғызу	3-нег. 3-қос.
11	Тізбектей және параллель коррекциясы бар структуралық схемаларға салыстырмалы баға беріңіз.	тренинг	Электржетектердің типтік схемаларын келтіру және олардың жұмысын түсіндіру	1-нег. 2-қос.
12	ЭЖ-ның әртүрлі каскадтық схемаларын келтіру және оларға салыстырмалы баға беру.	тренинг	Асинхронды қозғалтқыштың қуатын таңдау	1-нег. 6-қос.
13	Релелі-контакторлы элементтердегі синхронды қозғалтқыштарды басқарудың типтік схемалары.	Тренинг	Асинхронды қозғалтқышты тиристорлы басқару схемасын құру және оның жұмысын түсіндіру.	1-нег. 6-қос.
14	Импульстік реттегіштердің схемаларын келтіру және жұмыстың талдауын жасау.	Тренинг	Электржетектерінде қолданылатын қорғаныс схемаларын құру.	1-нег. 1-қос.

15	Компьютерлық басқарылатын ТТ-Қ жүйесін келтіру	Тренинг	Электржетектердегі тиристорларды қорғау	2-нег. 2-қос.
----	--	---------	---	------------------

2.5 Студенттердің өзіндік жұмыстары (СӨЖ) бойынша сабақтардың жоспары

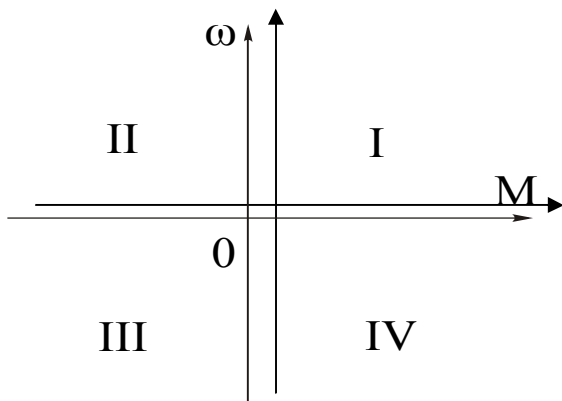
8-кесте

№	тапсырма	әдістемелік ұсыныстар	ұсынылатын әдебиет
1	Электржетектердің түрлері және тағайындалуы.	Электржетегінің негізгі бөліктерін, функциясын оқу. Топтық, дара және көпқозғалтқышты электржетектерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін оқу.	1-нег. 2-қос.
2	Тұрақты ток Электржетектерінің бұрыштық жылдамдығын реттеу.	Тұрақты ток қозғалтқышының механикалық сипаттамаларын оқу. Сипаттамаларының әр учаскелеріндегі жұмыстың энергетикалық режимдерін қарастыру. Жылдамдықты реттеудің негізгі көрсеткіштерін оқу.	1-нег. 2-қос.
3	Айнымалы ток Электржетектерінің бұрыштық жылдамдығын реттеу.	Айнымалы ток қозғалтқыштарының механикалық сипаттамаларын оқу. Бұрыштық жылдамдықты реттеудің әдістерімен танысу.	1-нег. 2-қос.
4	Электржетектердің бұрыштық жылдамдығын және моментін автоматты реттеу.	Қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығын автоматты реттеу және ұстап тұру үшін тұйықталған жүйелердің түрлерін оқу. Электржетегінің жылдамдығын автоматты реттеу және ұстап тұру сызбасын қарастыру.	1-қос. 5-қос.
5	Біліктері механикалық қосылған электржетегі.	Механикалық білікті электржетегінің қолданылуы мен түрлерін оқу. Реферат дайындау.	2-нег. 5-қос.
6	Электр білігі бар электржетегі.	Электрлік білікті электржетегінің қолданылуы мен түрлерін оқу. Реферат дайындау.	1-нег. 5-қос.
7	Іздік жетек. Іздік	Іздік электржетегінің жұмыс істеу принципін және қолданылуын оқу.	1-нег. 5-қос.

	жетектердің тағайындалуы, топтастырылуы және жалпы ережелері	Іздік электржетегіне қойылатын талаптар.	
8	Генератор-қозғалтқыш жүйесі бойынша электржетегі.	Генератор-қозғалтқыш жүйесінің принципиал-дық сызбасын қарастыру. Генератор-қозғалтқыш жүйесіндегі қозғалтқыштың механикалық сипаттамаларын оқу. Генератор-қозғалтқыш жүйесінің артықшылықтары мен кемшіліктері.	1-нег. 2-қос. 5-қос.
9	Тиристорлық түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесі бойынша электржетегі.	Тиристорлық түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесінің жұмыс істеу принциптерін, қасиеттерін және сипаттамаларын оқу. Тиристорлық түрлендіргішті электржетегінің қарапайымдатылған тұйықталған сызбасын қарастыру.	1-нег. 2-қос.
10	Асинхронды электрқозғалтқыш-тың қарапайым моделдері.	Асинхронды машинаның жұмыс істеу принциптерін, асинхронды қозғалтқыштың құрылысын оқу. Асинхронды машинаның механикалық және энергетикалық режимдерін қарастыру.	1-нег. 2-қос.
11	Электржетегінің кинематикалық сызбасы.	Электржетегінің кинематикалық сызбасын қарастыру. Кинематикалық тізбектің шама-шарттарын оқу және есептік сызбаны құру.	1-нег. 6-қос.
12	Электржетегінде өтпелі процесстер.	Өтпелі процесстердің болу себептері. Қозғалтқышты қосқанда өтпелі процесстердің сызбасын, механикалық сипаттамаларын және графиктерін қарастыру.	1-нег. 6-қос.
13	Электржетегінде әсер етуші күштер мен моменттер.	Қозғалтқыштың және жүктеменің механикалық сипаттамаларын оқу. Сызықтық орын ауыстыру үшін қозғалыс теңдеуін талқылау.	1-нег. 2-қос.
14	Электржетектердің жұмыс режимі.	Электржетегінің жұмысының орныққан және өтпелі процессін оқу. Электржетегінің жылдамдығының уақыт бойынша өзгертін графиктерін құру.	3-нег. 2-қос.
15	Электржетекте	Электржетегінің жылдамдығын реттеу	1-нег.

	рдің айналу жылдамдықтарын реттеу сапасының негізгі көрсеткіштері.	әдістерін оқу. Электржетегінің жылдамдығын реттеу үшін күштік түрлендіргіштерінің қолданылуы. Жылдамдықты реттеудің негізгі алты көрсеткішін қарастыру.	1-қос. 5-қос.
--	--	---	------------------

2.6 Өзін тексеруге арналған тест тапсырмалары
1 модуль бойынша бақылауды жүргізуге арналған сұрақтар.
1-нұсқа



\$\$\$ 1

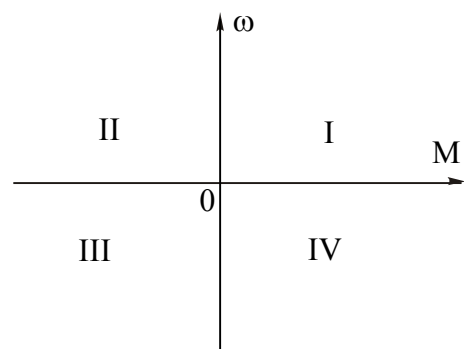
ω, M жазықтығының қай квадранттарында динамикалық тежелу режимі кезіндегі электрлік машиналардың механикалық сипаттамалары бейнеленеді?

- A) I – II;
- B) I – III;
- C) II – IV;
- D) III – IV;
- E) IV - I.

\$\$\$ 2

Әдетте ω, M жазықтығының қай квадранттарында рекуперативті тежелу режимі кезіндегі электрлік машиналардың механикалық сипаттамалары бейнеленеді?

- A) I-II;
- B) I-III;
- C) I-IV;

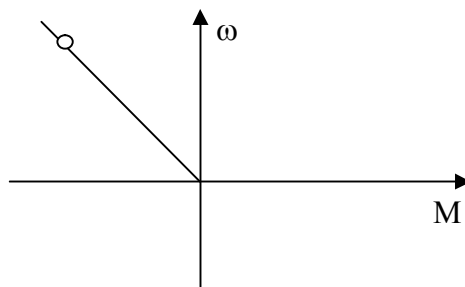


- D) II-III;
F) II-IV

\$\$\$ 3

A нүктесінде электрлік машина қалай жұмыс істейді?

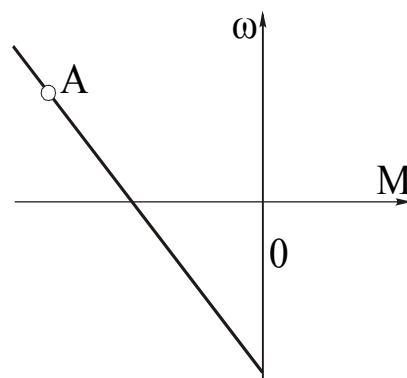
- A) қарсы қосылу режимінде;
B) торапқа энергия берумен генераторлық режимде;
C) қозғалтқыштық режимде;
D) динамикалық тежелу режимінде;
E) реуперативті тежелу режимінде.



\$\$\$ 4

A нүктесінде жұмыс істейтін тұрақты ток қозғалтқышы

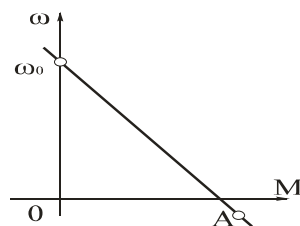
- электрлік энергияны тұтынады және оны механикалық энергияға түрлендіреді;
механикалық энергияны электрлік энергияға түрлендіреді және оны якорлік тізбектегі шығындарға жұмсайды;
торапқа электр энергиясын береді;
A) энергияны тұтынбайды;
B) берілгендер аз.



\$\$\$ 5

A нүктесінде машина үшін келесі қатынас орындалады:

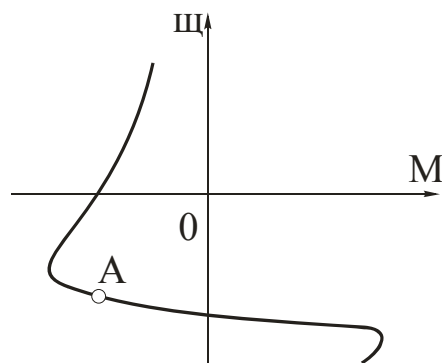
- A) $U - E = IR$;
B) $U + E = IR$;
C) $-U + E = IR$.;
D) $-U - E = IR$.
E) берілгендер аз.



\$\$\$ 6

A нүктесінде асинхронды қозғалтқыш қалай жұмыс істейді?

- қозғалтқыштық режимде;
A) қарсы қосылу режимінде;
B) рекуперативті тежелу режимінде;

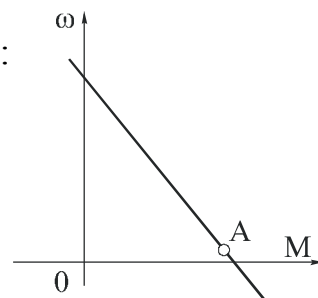


- C) динамикалық тежелу режимінде;
- D) берілгендер аз

\$\$\$ 7

A нүктесінде жұмыс істейтін тұрақты ток қозғалтқышы:

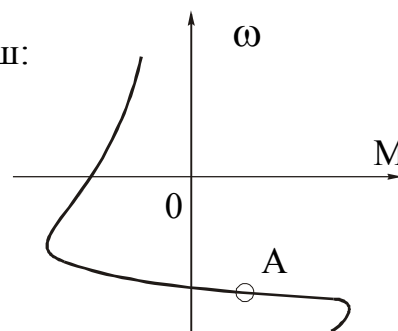
- A) электрлік энергияны тұтынады және оны механикалық энергияға түрлендіреді;
- B) электрлік энергияны тұтынады және оны якорлік тізбектегі шығындарға жұмсайды;
- C) энергияны тұтынбайды;
- D) торапқа электр энергиясын береді;
- E) берілгендер аз.



\$\$\$ 8

A нүктесінде жұмыс істейтін асинхронды қозғалтқыш:

- A) торапқа электр энергиясын береді;
- B) электрлік энергияны тұтынады және оны механикалық энергияға түрлендіреді;
- C) біліктен механикалық энергияны және тораптан электрлік энергияны тұтынады;
- D) энергияны тұтынбайды;
- E) берілгендер аз.



\$\$\$ 9

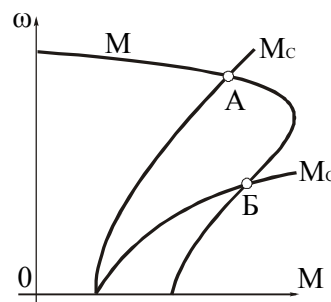
Асинхронды қозғалтқыш іске қосылғанда жылдамдығы келесідей болады:

- A) $\omega = \omega_1$;
- B) $\omega = \omega_2$;
- C) $\omega = 0$;
- D) $\omega = \omega_0$;
- E) берілгендер аз.

\$\$\$ 10

Қозғалтқыштың жұмысы

- A) *A* және *B* нүктелерінде тұрақты;
- B) *A* нүктесінде де, *B* нүктесінде де тұрақты емес;
- C) *A* нүктесінде тұрақты және *B* нүктесінде тұрақты емес;
- D) *B* нүктесінде тұрақты және *A* нүктесінде тұрақты емес;



Е) берілгендер аз.

Дұрыс жауаптар

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
С	Е	Д	В	В	А	А	А	С	С

2-нұсқа

\$\$\$ 1

А нүктесінде қозғалтқыштың жұмысы:

- А) тұрақты;
- В) тұрақты емес;
- С) берілгендер аз;
- Д) $M > M_C$ болғанда тұрақты;
- Е) $M < M_C$ болғанда тұрақты.

\$\$\$ 2

Якорь тізбегінің кедергісі жоғарылағанда қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының механикалық сипаттамасының қатаңдығы:

- А) азаяды;
- В) көбееді;
- С) өзгермей қала береді;
- Д) ∞ -ге дейін көбееді;
- Е) берілгендер аз.

\$\$\$ 3

Қозғалтқыш якорінің ішкі кедергісі ($U_H = 110 В$):

- А) 10,11 Ом;
- В) 1,1 Ом;
- С) 2,2 Ом;
- Д) 4,4 Ом;
- Е) берілгендер аз.

\$\$\$ 4

Якорь тізбегінің кедергісі жоғарылағанда қоздырылуы тізбектей тұрақты ток қозғалтқышының механикалық сипаттамасының қатаңдығы:

- А) өзгермей қала береді;
- В) азаяды;
- С) көбееді;
- Д) нөлге тең болады;
- Е) берілгендер аз.

\$\$\$ 5

$X_1 + X_2'$ көбейгенде асинхронды қозғалтқыштың критикалық моментінің шамасы:

- А) азаяды;
- В) көбееді;
- С) өзгермей қала береді;
- Д) номиналды моментке тең болады;
- Е) берілгендер аз.

\$\$\$ 6

Тежелген асинхронды қозғалтқыштың статорына f_1 жиіліндегі кернеуді бергенде ротор тогының f_2 жиілігі:

- А) $f_2 < f_1$;
- В) $f_2 = f_1$;
- С) $f_2 > f_1$;
- Д) $f_2 = 0$;
- Е) берілгендер аз.

\$\$\$ 7

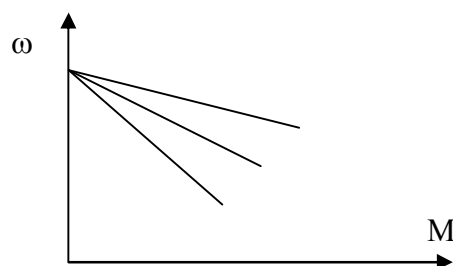
Егер қалыпты қосылу схемасында 50Гц статор кернеуінің жиілігі асинхронды қозғалтқыш $\omega = 0,25\omega_0$ жылдамдығымен айналса, онда ротор тогының жиілігі келесідей болады:

- А) 50 Гц;
- В) 12,5 Гц;
- С) 25 Гц;
- Д) 37,5 Гц;
- Е) 100 Гц.

\$\$\$ 8

Суретте қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының статикалық сипаттамалары төмендегі реттеу кезінде болады:

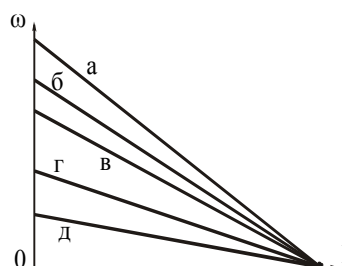
- А) тиристорлық түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесінде;
- В) жылдамдықты реостатты реттеу жүйесінде;
- С) ток көзі-қозғалтқыш жүйесінде;
- Д) қозғалтқыштың қозуын реттеу жүйесінде;
- Е) қозғалтқыштың якорін шунттау жүйесінде.



\$\$\$ 9

Қоздырылуы тәуелсіз қозғалтқыштың қай сипаттамасы қозғалтқыштың магниттік ағынының ең аз шамасына сәйкес келеді?

- А) a ;
- В) b ;

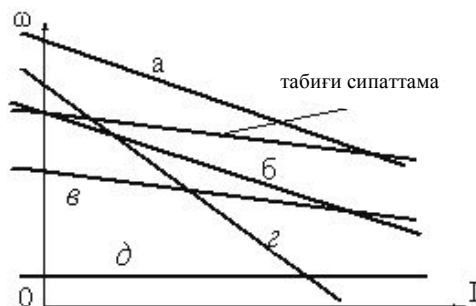


- C) ϵ ;
- D) z ;
- E) δ .

\$\$\$ 10

Қоздырылуы тәуелсіз қозғалтқыштың қай сипаттамасы якорьге берілген кернеудің өзгеруімен жылдамдықты реттеуге сәйкес келеді?

- A) a ;
- B) b ;
- C) ϵ ;
- D) z ;
- E) δ .



Дұрыс жауаптар

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	A	B	B	A	B	D	B	A	C

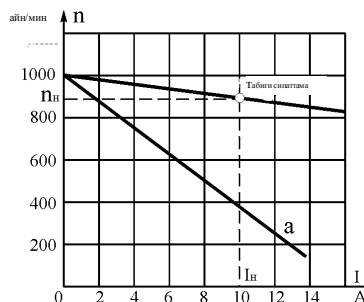
2 модуль бойынша бақылауды жүргізуге арналған сұрақтар.

1-нұсқа

\$\$\$ 1

a сипаттамасы үшін машинаның ($U_H = 110 B$) якоріне қосылған қосыша кедергі келесідей болады:

- A) 6,6 Ом;
- B) 5,5 Ом;
- C) 1,1 Ом;
- D) 11 Ом;
- E) берілгендер аз.



\$\$\$ 2

Төмендегі шарт болғанда $M = \frac{2M_K}{S/S_K + S_K/S}$ формуласы алынады:

- A) $R_2' = 0$;
- B) $R_1 = 0$;
- C) $X_1 = 0$;
- D) $X_1 = X_2'$;
- E) берілгендер аз.

\$\$\$ 3

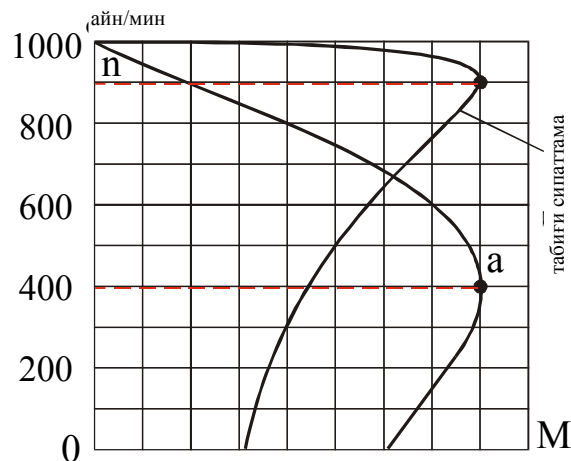
Асинхронды қозғалтқыштың критикалық сырғуы:

- A) қоректену кернеуіне тәуелсіз;
- B) қоректену кернеуіне пропорционал;
- C) қоректену кернеуінің квадратына пропорционал;
- D) қоректену кернеуіне кері пропорционал;
- E) берілгендер аз.

\$\$\$ 4

Ротор орамасы фазасының кедергісі $R_2=10\text{ Ом}$. Егер машинада а сипаттамасы болса, онда ротор фазасына қандай қосымша кедергілер қосылған?

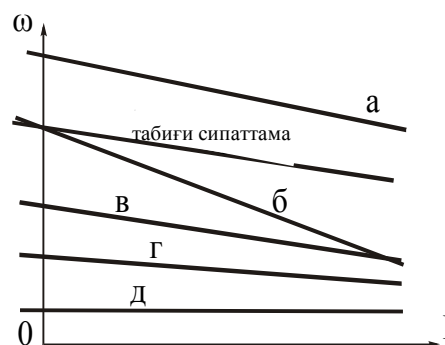
- A) $R_d = 10\text{ Ом}$;
- B) $R_d = 5\text{ Ом}$;
- C) $R_d = 4\text{ Ом}$;
- D) $R_d = 0$;
- E) берілгендер аз.



\$\$\$ 5

Қоздырылуы тәуелсіз қозғалтқыштың қай сипаттамасы магниттік ағынды өзгерту арқылы жылдамдықты реттеуге сәйкес келеді?

- A) a ;
- B) b ;
- C) v ;
- D) z ;
- E) d .



\$\$\$ 6

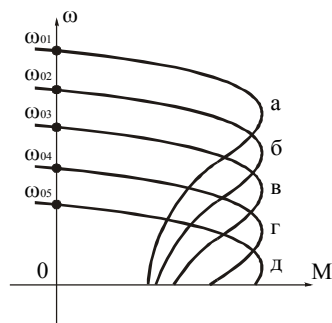
Қоздырылуы тізбектей тұрақты ток қозғалтқышының a механикалық сипаттамасын келесідей алуға болады:

- A) якорлік тізбекте қосымша кедергіні өзгертумен;
- B) козу орамасын шунттау арқылы;
- C) якорді шунттау арқылы;
- D) қоректену кернеуін сөндірумен;
- A) берілгендер аз.

\$\$\$ 7

Қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың сипаттамасының қайсысы қоректендіруші тораптың ең үлкен жиілігіне сәйкес келеді?

- A) a ;
- B) b ;
- C) c ;
- D) z ;
- E) d .



\$\$\$ 8

Синхронды қозғалтқыштың кернеуін 15%-ға төмендеткенде айналу жылдамдығы:

- A) өзгермей қала береді;
- B) 15%-ға төмендейді;
- C) 15%-ға артады;
- D) 30%-ға төмендейді;
- E) берілгендер аз.

\$\$\$ 9 Қозғалтқышты реостатты іске қосу кезінде электрмеханикалық уақыт тұрақтысы келесі әр сатыда:

- A) артады;
- B) азаяды;
- C) еркін түрде өзгереді;
- D) өзгермейді;
- E) қозғалтқыштың тогына пропорционал түрде өзгереді.

\$\$\$ 10

Электржетегінің баяулау режиміне келесі қатынастар сәйкес келеді:

- A) $M_d > M_c, d\omega/dt > 0$
- B) $M_d < M_c, d\omega/dt < 0$
- C) $M_d = M_c, d\omega/dt = 0$
- D) $M_d < M_c, d\omega/dt > 0$
- E) $M_d \rightarrow M_c, d\omega/dt < 0$

Дұрыс жауаптар

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	B	A	B	A	B	A	A	B	B

2-нұсқа

\$\$\$ 1

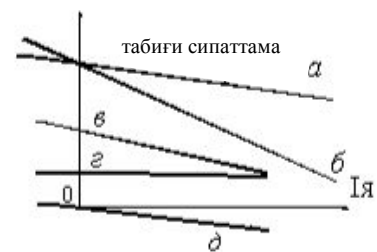
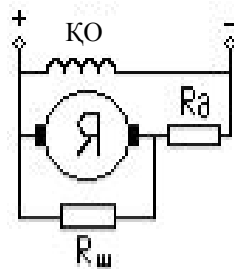
Қоздыру тогы тұрақты болғанда және қоректену кернеуі өзгергенде қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының механикалық сипаттамалары:

- A) параллель болады;
- B) бір нүктеде қиылысады;
- C) әр түрлі нүктелерде қиылысады;
- D) $I=0$, $\omega = \omega_0$ нүктесінде қиылысады;
- E) берілгендер аз.

\$\$\$ 2

$R_{ш}=0$ болғанда машина келесі сипаттамада жұмыс істейді:

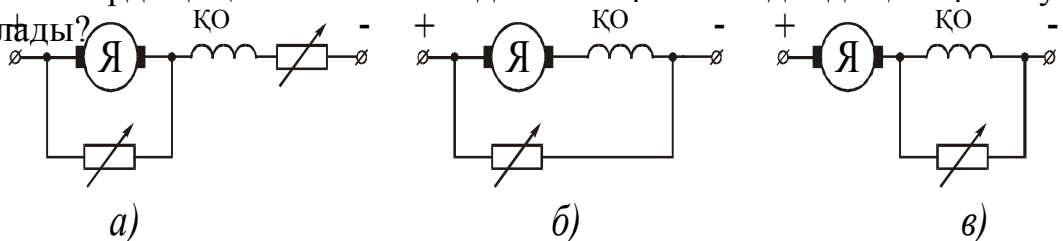
- A) a ;
- B) b ;
- C) $в$;
- D) $г$;
- E) $д$.



\$\$\$ 3

Келтірілген схемалардың қайсысы негізгіден жоғары жылдамдықты реттеу үшін қолданылады?

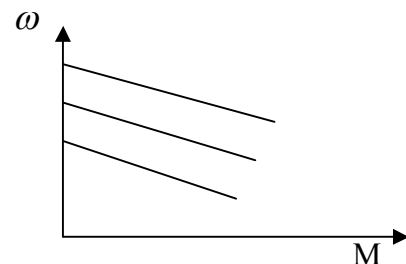
- A) a ;
- B) $б$;
- C) $в$;
- D) a және $б$;
- E) $б$ және $в$.



\$\$\$ 4

Суретте қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының статикалық сипаттамалары төмендегі реттеу кезінде болады:

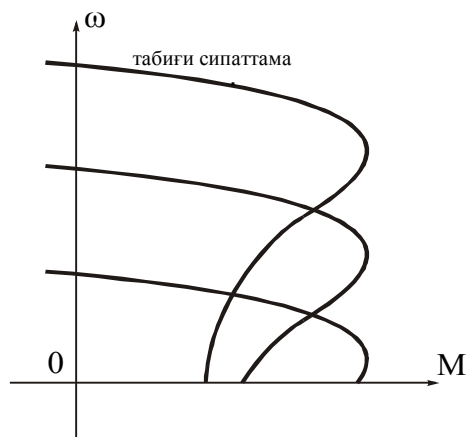
- A) тиристорлық түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесінде;
- B) жылдамдықты реостатты реттеу жүйесінде;
- C) ток көзі-қозғалтқыш жүйесінде;
- D) қозғалтқыштың қозуын реттеу жүйесінде;
- E) қозғалтқыш якорін шунттаумен.



\$\$\$ 5

Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу ($R_1 \approx 0$ деп санаймыз) жиілікті өзгерту арқылы келесі заңмен орындалады:

- A) $\frac{U}{f} = \text{const}$;
- B) $U = \text{const}, f = \text{var}$;
- C) $\frac{U}{\sqrt{f}} = \text{const}$;
- D) $f = \text{const}, U = \text{var}$;
- E) $\frac{U}{\sqrt[3]{f}} = \text{const}$.



\$\$\$ 6

Электржетегінің орныққан режиміне келесі қатынастар сәйкес келеді:

- A) $M_d > M_c, d\omega/dt > 0$
- B) $M_d < M_c, d\omega/dt < 0$
- C) $M_d = M_c, d\omega/dt = 0$
- D) $M_d < M_c, d\omega/dt > 0$
- E) $M_d \rightarrow M_c, d\omega/dt < 0$

\$\$\$ 7

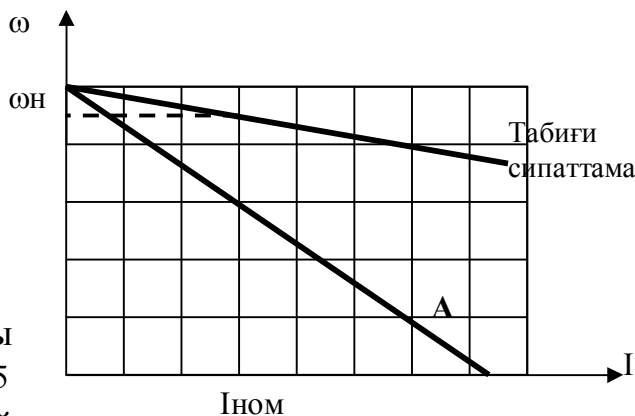
Қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың бос жүрі кезіндегі іске қосылу уақытына қоректендіруші кернеудің төмендеуі қалай әсер етеді?

- A) уақыт артады;
- B) уақыт азаяды;
- C) уақыт өзгермейді;
- D) іске қосу уақыты қоректендіруші кернеудің түсуімен пропорционалды артады;
- E) берілгендер аз.

\$\$\$ 8

Қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының электрмеханикалық уақыт тұрақтысы:

- A) $T_M = J\kappa\Phi/R_{\gamma}$
- B) $T_M = JR_{\gamma}/(\kappa\Phi)^2$
- C) $T_M = J^2 R_{\gamma}/(\kappa\Phi)$
- D) $T_M = JR_{\gamma}^2/(\kappa\Phi)$
- E) $T_M = R_{\gamma}\kappa\Phi/J$



\$\$\$ 9

Қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышының $R_{\gamma} = 0,5$ Ом якорь тізбегіне қандай

қосымша кедергі енгізілген (А сипаттамасы):

- А) $R_{ДОБ} = 0,5 \text{ Ом}$
- В) $R_{ДОБ} = 1 \text{ Ом}$
- С) $R_{ДОБ} = 2 \text{ Ом}$
- Д) $R_{ДОБ} = 0,75 \text{ Ом}$
- Е) $R_{ДОБ} = 1,5 \text{ Ом}$

\$\$\$ 10

Егер үрлеусіз қозғалтқышты сыртқы тәуелсіз үрлеумен жабдықтаса, онда қыздыру уақыт тұрақтысы

- А) артады;
- В) азаяды;
- С) өзгермей қала береді;
- Д) еркін түрде өзгереді;
- Е) берілгендер аз.

Дұрыс жауаптар

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	Е	С	А	А	С	А	В	Е	А

3-нұсқа

\$\$\$ 1

Тораптың жиілігі төмендегенде синхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығы

- А) өзгермей қала береді;
- В) төмендейді;
- С) артады;
- Д) нөлге дейін түседі;
- Е) берілгендер аз.

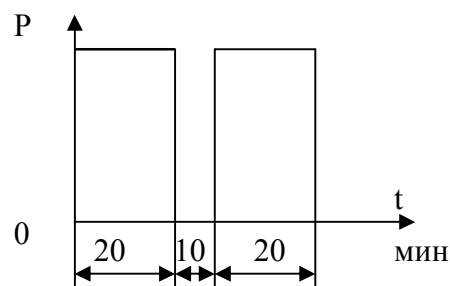
\$\$\$ 2

Электржетегінің үдемелі режиміне келесі қатынастар сәйкес келеді

- А) $M_d > M_c, d\omega/dt > 0$;
- В) $M_d < M_c, d\omega/dt < 0$;
- С) $M_d = M_c, d\omega/dt = 0$;
- Д) $M_d < M_c, d\omega/dt > 0$;
- Е) $M_d \rightarrow M_c, d\omega/dt < 0$.

\$\$\$ 3

Келтірілген график үшін қозғалтқышты қай шартпен таңдау керек:



- A) ұзақтық режим;
- B) қысқа мерзімді режим;
- C) қайталамалы-қысқа мерзімді режим;
- D) соққы жүктеме;
- E) берілгендер аз.

\$\$\$ 4

Төменде көрсетілген параметрлердің қайсысы электр қозғалтқыштарының жұмысының негізгі энергетикалық көрсеткіштеріне сәйкес келеді?

- A) ω ;
- B) $I_{РАБ}$;
- C) η ;
- D) U ;
- E) M .

\$\$\$ 5

Қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың сырғу қуаты келесі формула арқылы есептелінеді:

- A) $P_s = 3I_2^2 R_2$;
- B) $P_s = 3I_1^2 R_1$;
- C) $P_s = M\omega_c(1 - S)$;
- D) $P_s = M\omega S$;
- E) дұрыс жауап жоқ.

\$\$\$ 6

Айнымалы жүктемемен жұмыс істейтін және якорь тізбегінің кедергісін өзгерту арқылы реттелетін алдын-ала таңдалған қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышын қыздыру шартына тексеру үшін қай әдісті қолданған жөн:

- A) эквиваленттік момент;
- B) эквиваленттік қуат;
- C) екі әдісті де қолдануға болады;
- D) орташаквадраттық момент;
- E) берілгендер аз.

\$\$\$ 7

Айнымалы жүктемемен жұмыс істейтін және магнит ағынын өзгерту арқылы реттелетін алдын-ала таңдалған қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышын қыздыру шартына тексеру үшін қай әдісті қолданған жөн:

- A) эквиваленттік ток;
- B) эквиваленттік момент;
- C) эквиваленттік қуат;
- D) екі әдісті де қолдануға болады;

Е) берілгендер аз.

\$\$\$ 8

Қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышын бос жүріс кезінде тікелей іске қосу уақытына якорь қысқышында кернеудің төмендеуі қалай әсер етеді?

- А) уақыт азаяды;
- В) берілгендер аз;
- С) уақыт артады;
- Д) уақыт өзгермей қала береді;
- Е) уақыт нөлге тей болады.

\$\$\$ 9

Тұйықталмаған роторлы асинхронды қозғалтқыштың ротор айналмай тұрғанда э.қ.к.-інің қатынасы $K_T = \frac{E_1}{E_2}$ екіге тең болса, онда ротордың айнлау жылдамдығы $\omega = 0.8\omega_c$ болғанда бұл қатынас келесідей болады:

- А) $K_T = 1,6$;
- В) $K_T = 2$;
- С) $K_T = 10$;
- Д) $K_T = 20$;
- Е) $K_T = 0,4$.

\$\$\$ 10

Төменде көрсетілген асинхронды қозғалтқыштағы шығындардың қайсысы айнымалы категорияға сәйкес келеді?

- А) ротор болатындағы шығындар;
- В) статор болатындағы шығындар;
- С) механикалық шығындар;
- Д) магниттелу тогынан статор орамасындағы шығындар;
- Е) ротор орамасындағы шығындар.

Дұрыс жауаптар

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	А	А	С	А	А	А	Д	С	Е

2.7 Өтілген курс бойынша емтихан сұрақтарының тізімі

1. Электржетегінің негізгі құрылымдық схемасы.
2. Қозғалыс теңдеуі.
3. Тұрақты ток машинасының құрылысы.
4. Электржетегінің құрылымдық сыбасы.
5. Көпқозғалтқышты электржетегі.
6. Қозғалтқышты таңдау әдістері.
7. Электржетегінің өтпелі режимдері.

8. Электржетегінің динамикалық режимдері.
9. Қоздырылуы тәуелсіз тұрақты ток қозғалтқышы.
10. Ұзақтық жұмыс режимінде қозғалтқыштың қуатын есептеу.
11. Механикалық сипаттамалар.
12. Фазалық роторлы асинхронды қозғалтқышты іске қосу.
13. Механикалық сипаттамалардың қатаңдығы.
14. Электржетегінің координаталарын реттеу.
15. Қысқа мерзімді жұмыс режимінде қозғалтқыштың қуатын таңдау.
16. Электржетегінің координаталарын реттеудің негізгі көрсеткіштері.
17. Тұрақты ток электржетектерінің жылдамдықтарын реттеу.
18. Тұрақты ток қозғалтқышты электржетегінің сызбасы.
19. Қоздырылуы тізбектей тұрақты ток қозғалтқышы.
20. Топтық электржетегі.
21. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты реверссіз басқару.
22. Біліктері механикалық қосылатын электржетегі.
23. Қайталамалы қысқа мерзімді жұмыс режимінде электрқозғалтқыштың қуатын есептеу.
24. «Тиристорлық түрлендіргіш-қозғалтқыш» жүйесі бойынша электржетектері.
25. Идеалды бос жүріс режимі.
26. Координаталардың рұқсат етілген мәндері.
27. Айнымалы ток электржетектерінің жылдамдығын реттеу.
28. Электрлік білікті электржетегі.
29. Асинхронды қозғалтқыштың қарапайым модельдері.
30. «Генератор-қозғалтқыш» жүйесі бойынша электржетегі.
31. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты реверсті басқару.
32. Электржетегіндегі күштер мен моменттер.
33. Дара электржетегі.
34. Тұрақты ток электржетектері басқарылатын жартылайөткізгіш түзеткіштен қоректенумен.
35. Электржетегінің бұрыштық жылдамдығын және моментті автоматты реттеу.
36. Тиристорларды таңдау.
37. Қозғалтқыштарды таңдау және оларды қыздыру шартына тексеру.
38. Ток функциясында синхронды қозғалтқышқа қозудың берілуін бақылау.
39. Оқшаулағыш материалдардың қыздыруға төзімділігінің топтары.
40. Электржетегінің реверс кезіндегі механикалық сипаттамалары және өтпелі процесс қисықтары.
41. Полюс жұптарының санын өзгерткен кездегі асинхронды қозғалтқыштың сипаттамалары.
42. Тиристорлардың қорғанысы.
43. Асинхронды электрқозғалтқышының реверсі.
44. Синхронды қозғалтқыштардың механикалық сипаттамасы.
45. Электржетегінің орныққан режимін анықтау.
46. Асинхронды қозғалтқыштың аңылау жылдамдығын реттеу әдістері.

47. Тиристорлық кернеу түрлендіргішінің схемасы.
48. Синхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығын реттеу әдістері.
49. Фазалық роторлы асинхронды қозғалтқышты реверсті басқару.
50. Типтік металл кесетін білдектердің бас қозғалысының, беріс механизмінің электржетектері.
51. «Генератор-қозғалтқыш» жүйесі бойынша орындалған бойлай сүргілеу жетектерінің бас жетектерінің басқару сызбалары.
52. Электржетегін таңдаған кездегі жарылысқа қауіптілігі бойынша қойылатын талаптар.
53. Электржетектеріндегі өтпелі процестердің өтуі.
54. Электржетектеріндегі қайталамалы қысқа мерзімді жұмыс режимдері.
55. Жылдамдықты реттеу сапасының көрсеткіштері.
56. Өтпелі процестердің сипаттамалары.
57. Қозғалтқыштарды әр түрлі тежеу әдістері.
58. Реостатты іске қосу кезіндегі іске қосу сипаттамаларын құру.
59. Қозғалтқыштың пайдаланымдылық сипаттамаларын есептеу және құру.
60. Асинхронды қозғалтқышты жетектің іске қосу, тежелу сызбалары.
61. Инерция моментін және тегершіктік моментті анықтау үшін еркін жүру әдісі.
62. Электрқозғалтқышының және орындауыш механизмнің жүктемелік диаграммаларының айырмашылықтары.
63. Қозғалтқыштардың динамикалық тежелу режимі.
64. Электрлік машинаның режимдері.
65. Реттеу диапазоны.
66. Жетектік қозғалтқышты таңдаудың үш шарты.
67. Вентильдік қозғалтқыштар (щеткасыз тұрақты ток электр машиналары).
68. Электржетектерінің қысқа мерзімді жұмыс режимдері.
69. Іздік электржетегіне қойылатын талаптар.
70. Қозғалтқыштың қызуын бағалайтын эквивалентті момент әдісі.
71. Реттелетін электржетектерінің қолданылуы.
72. Тиристорлы кернеу түрлендіргіштері қолданылатын электржетектерінің кемшіліктері.
73. Электржетектерінің энергетикалық көрсеткіштері.
74. Қозғалтқыштың ПӘК-ін жоғарылату жолдары.
75. «Генератор-қозғалтқыш» жүйесіндегі қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары.
76. Қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу сапасының көрсеткіштері.
77. Электржетегінің кинематикалық сызбасы.
78. Әр түрлі жұмыс режимдері кезіндегі қозғалтқыштың температуралық сипаттамалары.
79. Тұрақты ток қозғалтқышты электржетегінің іске қосу, тежелу сызбалары.
80. Қозғалтқыштың қызуын бағалайтын эквивалентті ток әдісі.
81. Асинхронды қозғалтқыштың энергетикалық диаграммалары.
82. Жиіліктік реттелетін асинхронды электржетегінің артықшылықтары.

83. Тұрақты ток қозғалтқышының айнымалы ток қозғалтқышының жылдамдығын реттеудегі айырмашылығы.
84. Реттелмейтін және реттелетін электржетектерінің сипаттамаларын сараптау.
85. Реостатты әдіспен айналу жылдамдығын реттеу әдісі.
86. Тиристорлық кернеу түрлендіргішінің реверсті күштік тізбектердің схемасы.
87. Тұрақты ток қозғалтқышының магниттелу сипаттамасы.
88. Қозғалтқыштардың рекуперативтік тежелу режимі.
89. Электрқозғалтқышты таңдау көрсеткіштері.
90. Қозғалтқыштардың қызуы мен салқындауын ескере отырып қуатын таңдау.
91. Синхронды қозғалтқыштың қозу схемаларының типтік түйіндері.
92. Қозғалтқыштардың қарама-қарсы қосып тежеу режимі.
93. Электр жұмысшы білігі жүйесінің кемшіліктері мен артықшылықтары.
94. Жиіліктік реттелетін асинхронды электржетектер.
95. Тиристорлық кернеу түрлендіргіштері арқылы асинхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығын реттеу.
96. Электржетектерінің ұзақтық жұмыс режимі.
97. Жылдамдық функциясында синхронды қозғалтқышқа қозудың берілу схемасы.
98. Іздік электржетегінің тағайындалуы және қолданылу аймағы.
99. Қозғалтқыштың қызуын бағалайтын эквивалентті қуат әдісі
100. Электрлік жұмысшы білік жүйесінің қолданылуы.

ГЛОССАРИЙ

Электржетегі – электрлік энергияның өзара әсерлесетін түрлендіргіштерден, электромеханикалық және механикалық түрлендіргіштерден, басқаратын және ақпараттық құрылғылардан және сыртқы электрлік, механикалық, басқаратын және ақпараттық жүйелермен түйіндесетін құрылғылардан тұратын, жұмысшы машинаның орындаушы органдарын қозғалысқа келтіруге және технологиялық процессті іске асыру мақсатында осы қозғалысты басқаруға арналған электромеханикалық жүйе.

Автоматтандырылған электржетегі параметрлері автоматты түрде реттелетін электр жетегі.

Асинхронды машина роторының айналу жиілігінің машинаға қосылған тізбектегі тоқтың жиілігіне қатынасы жүктемеге тәуелді болатын коллекторсыз айнымалы ток машинасы.

Асинхронды электр жетегі электр қозғалтқышты құрылғыс асинхронды қозғалтқыш болып табылатын айнымалы ток электр жетегі.

Асинхронды жиілік түрлендіргіш қозғалтқыш арқылы айналдырылатын, жиілікті түрлендіруге арналған фазалқ роторлы асинхронды машина.

Вольт-амперлік сипаттама электр тізбегі элементінің қысқыштарыдағы кернеудің ондағы тоққа тәуелділігі.

Дербес электр жетегі дербес көзден энергия тұтынатын электр жетегі.

Электрлік энергияның түрлендіргіші – электрлік энергияны бір шамашарттарының мәндерімен және/немесе сапа көрсеткіштерімен шамашарттарының мәндері және/немесе сапа көрсеткіштері басқа электрлік энергияға түрлендіретін электротехникалық құрылғы.

Электрлік қозғалтқыш (электржетектің) – электрлік энергияны механикалық энергияға түрлендіруге арналған электромеханикалық түрлендіргіш.

Механикалық беріліс (электржетектің) – механикалық энергияны электр қозғалтқышының жұмысшы машинаның орындаушы органына беруге және олардың қозғалысының түрін, жылдамдығын сәйкестендіруге арналған механикалық түрлендіргіш.

Басқаратын құрылғы (электржетектің) – электржетегіндегі басқаратын әсерлерді қалыптастыруға арналған құрылғы.

Ақпараттық құрылғы (электржетектің) – электржетегінің, технологиялық процесстің және электржетегін басқару жүйесінде және сыртқы ақпараттық жүйелерде қолдану үшін белгілі бір жүйелердің айнымалылары туралы ақпаратты алуға, түрлендіруге, сақтауға, таратуға және беруге арналған құрылғы.

Коллекторлы айнымалы ток машинасы якорының орамасы коллекторға жалғанған және магниттік полюстері тұрақты ток көзінен қозатын немесе өздері тұрақты магниттер болып табылатын тұрақты ток машинасы.

Түйіндеу құрылғысы (электржетектің) – электржетегінің түйіндескен жүйелермен және электржетегінің бөлшектерімен өзара байланысын қамтамасыз ететін электрлік және механикалық әдістердің жиынтығы.

Электржетегінің басқару жүйесі – басқаратын ақпараттық құрылғылардың және жұмысшы машинаның орындаушы органының берілген қозғалысын қамтамасыз ету мақсатында энергияның электромеханикалық түрленуін басқаруға арналған электржетегінің түйіндесу құрылғыларының жиынтығы.

Электржетегін басқару жүйесі – электржетегінің жұмыс істеуі үшін қажетті ақпаратты беретін, электржетекке қатысты сыртқы жоғары деңгейлі басқару жүйесі.

Электржетегінің механикалық сипаттамасы – электржетегінің жылдамдығын және келтірілетін элементтің моментін немесе күшін байланыстыратын тәуелділі

*Мұңсызбай Төлеухан Мусалімұлы
Жаксылыкова Салтанат Бимухановна*

Автоматтандырылған электржетегі теориясы
Пәннің оқу - әдістемелік кешені
(5B071800 – Электрэнергетика мамандығының студенттері үшін)

Редактор

«Электрэнергетика және технологиялық
кешендерді автоматтандыру» кафедрасы
мәжіліснің хаттамасы № 1 «03». 09. 2011 ж.

«Жоғары технологиялар және тұрақты даму» институтының
ҒӘК мәжілісінің хаттамасы № 10 «10». 10. 2011 ж.

Басуға қол қойылды

Таралымы... дана. Пішімі 60x84 1/16. №1 баспаханалық қағаз. Көлемі б. т.
Тапсырыс № ... Бағасы келісімді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің басылымы
ҚазҰТУ Ақпараттық - баспа орталығы,
Алматы қ, Сәтбаев көшесі, 22