

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр энергетика және электртехника

5B071800 – Электр энергетикасы

Электр машиналары және электр жетегі

институты
мамандығы
кафедрасы

жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Тасқалибаев Сүлеймен Омарович
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Мунараалы крапкылы көтеру механизмінің электр тегежге жүйесінің
ректордың «26» қазан 2019 ж. № 124 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «__» 2019 ж.

Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Мунараалы крапкылы көтеру механизмінің электр тегежге жүйесінің бастапқы параметрлері:
Күрделілігі максимал мәнімен $m_{max} = 2$ тонна,
күрделі көтерудің максимал биіктігі $H = 54$ м,
күрделі көтеру қабілетінің $V = 0,41$ м/с, жүккі
массасы $G_n = 0,250$ т, инерциялық моменті
 $J_m = 600$ кг·м², редуктордың беріліс саны $i = 23,6$
барaban диаметрі $D_b = 0,4$, шкивмен есігі $i = 2$.

Диплом жұмысындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жұмысының қысқаша мазмұны:

Көтеру механизмінің электр тегежге жүйесінің
маңызды параметрлері. Крапкылы электр тегежге жүйесінің
түрлері және бөлшектері түрлері. Көтеру
механизмінің қабілетінің және қабілетінің
диаграммалары. Электр жетегінің және
ақыл орадының сұлбаларының электр пара-
метрлері. Автоматтардың және электр тегежге
жүйесінің түрлерінің және
оның негізгі элементтері.

Сызба материалдарынын (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

Крандордты түрлері, Крандты электр темекілерінің түрлері және балқару түрлері. Электр темекінің түрлерінің квадратшабы. Электр темекінің табити және тасары статикалық сипаттамалары. Электр қозғалтқыштары тасары және табити сипаттамалары. Электр темекінің функцияларды және құрылымды сипаттамалары. Қозғалтқыштың математикалық моделі және құрылымды сызба. Электр темекінің динамикалық сипаттамалары. Электр темекінің қажеттік дәрежесі. Экономикалық тиімділік.

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. Вайсов А.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов 1989.
2. Справочник по кранам В 2-х т. Голубев Н.М. 1988 г.
3. Леховский А.В., Волкова Л.П., Ракицкий В.И. Регулирование ЭП шахтных установок Уг. посодне - М.: МЭИ, 1984 г.
4. Шеховцев П.В., Расчет и проектирование ЭУ и установок ТМ М.: ФОРУМ 2010 г.
5. Герман-Таланка С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в "МатКаб 6.0. 2001 г.

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	қолы
Экономикалық бөлім	Сотиева Н.Е.	04.06-11.06.19	
Электрлік бөлім	Мустафин К.Т.	04.06.-12.06	
Архитект. бөлім	Агабеков И.И.	04.06.-10.06	

ДИПЛОМ ЖҰМЫСЫН ДАЙЫНДАУ

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	Қоғамдық және олардың ӘТК туралы тақырыптық мақалалар	11.02.2019.	
1.1.	Қоғамдық туралы	18.02.2019.	
1.2.	Қоғамдық мәселелеріне қатысты мақалалар	25.02.2019.	
1.3.	Қоғамдық ӘТК басқару туралы	11.03.2019.	
α.	Қоғамдық қоры мәселелеріне ӘТК құрылымдық жүйесі туралы	18.03.2019.	
2.1.	Қоғамдық мәселелерінің түрлері мен есептеу	27.03.2019.	
2.2.	ӘТК құрылымдық жүйесі туралы сұрақтар мен есептеу	15.04.2019.	
2.3.	ӘТК құрылымдық жүйесі туралы сұрақтар мен есептеу	22.04.2019.	
3.	ӘТК құрылымдық жүйесі туралы тақырыптық мақалалар	29.04.2019.	
3.1.	Түркістан облысының қоры туралы есептеу	13.05.2019.	
3.2.	ҚТ ӘТК құрылымдық тақырыптық мақалалар	20.05.2019.	
4.	ӘТК тақырыптық және қоғамдық статистикалық материалдар	27.05.2019.	
5.	ӘТК құрылымдық және құрылымдық сұрақтар мен есептеу		
6.	ӘТК құрылымдық жүйесі туралы	12.06.2019.	
7.	ӘТК құрылымдық жүйесі туралы	11.06.2019.	

Тапсырманың берілген уақыты « _____ » _____ 2019 ж.

Кафедра меңгерушісі

(қолы)

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жұмыс жетекшісі

(қолы)

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент

(қолы)

(аты-жөні)

Мазмұны

Кіріспе.....	8
1 Крандар және олардың электржетектері туралы жалпы мағлұматтар.	9
1.1 Крандардың арналымы, түрлері	9
1.2 Көтеру механизмінің электржетегіне қойылатын талаптар.....	
1.3 Кранның электржетектерінің түрлері және басқару жүйелері.....	13
1.4 Көтеру механизмі үшін электржетек жүйесін таңдау.....	17
2 Кранның көтеру механизмінің электржетегінің күштік элементтерін таңдау.....	18
2.1 Көтеру механизмінің жүктемесін есептеу және жетектің электрқозғалтқышын таңдау.....	18
2.2 Электрқозғалтқыштың және оның орынбасу сұлбасының есептік параметрлерін анықтай.....	21
2.3 Электржетегінің жүктемелік диаграммасын тұрғызу.....	24
2.4 Көтеру механизмінің электрқозғалтқышын қызуға және артық жүктелуге алдын-ала тексеру.....	28
3 Автоматтандырылған электр жетегінің жиіліктік түрлендіргішін таңдау және оның негізгі элементтерін есептеу.....	30
3.1 Комплектілік жиіліктік түрлендіргіштің типін таңдауды негіздеу.....	30
3.2 Жиіліктік түрлендіргіш тізбегінің параметрлерін есептеу және элементтерін таңдау.....	31
4 Электр жетегінің табиғи және жасанды статикалық сипаттамаларын анықтау.....	34
4.1 Электр қозғалтқыштың табиғи сипаттамаларын анықтау.....	34
4.2 Электрқозғалтқыштың жасанды сипаттамаларын тұрғызу.....	37
5 Электржетектің функционалдық және құрылымдық сұлбалары және динамикалық режимдерді зерттеу.....	43
5.1 Электржетектің функционалдық және құрылымдық сұлбалары.....	43
5.2 Қозғалтқыштың математикалық моделі және құрылымдық сұлбасы..	46
5.3 Электржетектің реттелетін параметрлерінің датчиктерін таңдау.....	49
5.4 Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау.....	50
6 Өмір тіршілік қауіпсіздігі.....	57
6.1 Кранмен жұмыс жасау кезіндегі техника қауіпсіздік шаралары.....	57
6.2 Кабинадағы жасанды жарықтандыруды есептеу.....	61
6.3 Крандардың биіктігіне байланысты аймағын анықтау.....	62
7 Экономикалық бөлім.....	65
7.1 Крандық құрылғыларға арналған электр жетек жүйесін таңдау нұсқаларын технико-экономикалық салыстыру.....	65
7.2 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу.....	67
7.3 Жобаның экономикалық тиімділігін есептеу.....	73
Қорытынды.....	75
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....	76

Кіріспе

Крандар халық шаруашылығының барлық салаларында жүк көтеру-түсіру, тасымалдау үрдістерін механизациялау үшін кеңінен қолданылатын негізгі техникалық құралдары болып саналады. Қазіргі кезде жүк көтеру қондырғыларын көптеген заводтар шығарады және олар барлық салаларда - кен өндірісінде, металлургияда, машина жасау өндірісінде, құрылыста, транспортта және тағы басқа өндіріс саласында кеңінен қолданады.

Жүк көтеру қондырғыларының энергетикалық және экономикалық тиімділігін арттыру маңызды және өзекті бағыты ретінде қарастырылады. Бұл қолмен істелетін ауыр жұмыстары барлық дерлік крандар арқылы атқарылуымен байланысты.

Крандардың барлығы дерлік электржетектерімен жабдықталған. Сол себепті де крандардың тиімділігі оларда қолданатын электрлік жабдықтардың тезниалық және эксплуатациялық көрсеткіштеріне көп тәуелді болады.

Крандардың көпшілігі жиі іске қосылады, қайталанатын қысқа мерзімді жұмыс режимінде жұмыс істейді, жылдамдығы кең диапазонда реттелуді қажет етеді. Үдеу және тежеу үрдістері кезінде үлкен артық жүктемелер пайда болады.

Осыған орай, электр жетегін қолданудың ерекше жағдайлары крандар үшін арнаулы электрқозғалтқыштар мен электрлік аппараттарын, электрлік жүйелерін жасауға негіз болды.

Қазіргі заманғы крандық жабдықтар құрамына тұрақты және айнымалы токтардың қозғалтқыштары, әртүрлі түрлендіргіштер, күштік магниттік контроллерлер, бұйрықтық аппараттар, тежегіш электромагниттер және тағы басқа жетілдірілген құралдар кіреді. Тиристорлық реттеудің әртүрлі жүйелері қолданылады.

Соңғы кезде шетелдегі металлургия кәсіпорындарында және басқадай салаларда жиіліктік реттелетін электржетектері бар крандарды пайдалануда тұрақты беталыс байқалуда. Кран шаруашылығында реттелетін жетекті пайдалану әжептеуір энергия үнемдеуге, жұмыс істеу сенімділігін арттыруға, эксплуатациялық көрсеткіштерді жақсартуға мүмкіндік тудырады, ақау және апаттық жағдайларға әкелетін факторларды азайтады.

Сонымен қатар, жиіліктік реттелетін жетектер әртүрлі ауыспалы үрдістері кезінде жетектің кинематикалық тізбегінің элементтеріндегі динамикалық салмақтың айтарлықтай төмендеуіне алып келеді.

Дипломдық жобаның мақсаты – жүк көтергіштігі 8 тонна мұнаралық кранның көтеру механизмінің электржетегін жетілдіру.

Бұл мақсатты орындау үшін дипломдық жобада крандардың электр жетектеріне және басқару жүйелеріне қойылатын талаптар анықталып, көтеру механизмі үшін тиімді, заманауи электр жетегі жүйесі ретінде «жиіліктік түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш» жүйесі таңдалынған. Ұсынылған жобаның экономикалық тиімділігі негізделіп, өмір тіршілігі қауіпсіздігі шаралары қарастырылған.

1 Крандар және олардың электржетектері туралы жалпы мағлұматтар

1.1 Крандардың арналымы, түрлері және жұмыс режимдері

Крандар деп вертикаль және горизонталь бағытта жүкті қозғалтатын, цикл бойынша әрекет ететін жүккөтергіш қондырғы.

Крандар кен өндірісінде, металлургияда, машина жасау өндірісінде, құрылыста, транспортта, яғни барлық өндіріс салаларында кеңінен қолданады.

Кранның негізгі сипаттамасы - олардың жүк көтергіштігі. Крандар қолдану саласы мен құрылымы бойынша топтамаларға бөлінеді.

Конструкцияларының ерекшеліктеріне, арналымына және жұмыстық жағдайларға байланысты крандарды көпірлік, порталдық, мұнаралық және т.б. түрлерге бөледі.

Крандар арналымы бойынша үш топқа жатқызылады:

а) әмбебап жүк көтергіш машиналар – әр түрлі жүкті көтеруге және жылжытуға арналған;

б) белгілі бір технологиялық операцияларды жасауға арналған крандар;

в) машина жабдықтарын жылжытуға байланысты құрылыс, жинақтау және жөндеу жұмыстарды жүргізуге арналған крандар.

Жұмыс істеу жағдайлары бойынша крандар мына топтарға бөледі:

1) қысқа мерзімді режим, орташа ұзақтығы тәулігіне 16 сағатқа дейін жұмыс істейтін крандар;

2) қайталанатын қысқа мерзімді режимінде және орташа ұзақтығы тәулігіне 8-ден 24 сағатқа дейін жұмыс істейтін крандар;

3) қайта-қысқа мерзімді режимінде және орташа ұзақтығы тәулігіне 24 сағатқа дейін жұмыс істейтін, ғимараттардың ішінде және далада белгіленген технологиялық операцияларды жүргізуге арналған крандар;

4) қысқа мерзімді және қайталатанын қысқа мерзімді режимінде жұмыс істейтін, жалпы жылдық жұмыс уақыты 500 сағаттан аспайтын біржолғы және эпизодты жүк көтеру операцияларды жүргізуге арналған крандар.

Жүк көтергіш машиналардың көптеген жұмыс режимдерін жүйеге келтіру мақсатында олардың жұмыс режимдерін мынадай м санаттарға бөледі: жеңіл – Л, орташа – С, ауыр (немесе күрделі) – Т, өте ауыр – ВТ.

Соңғы уақытта бірқатар крандар электрлік жетектің жұмысының тым ауыр режимінде пайдалану үшін жобаланады, бір сағатта 600 рет және одан астам іске қосылуда ПВ=100%-ға дейін іске қосу ұзақтығымен ерекшеленеді аса ауыр санаты (ОТ).

Жүкті көтеру мен түсіру жылдамдығы кранның өнімділігін және қуаттын анықтайды. Сондықтан Оңтайлы жылдамдықты таңдау маңызды талап болып саналады. Көп жағдайда ол кранның технико-экономикалық көрсеткіштерін анықтайды

Жылдамдық белгілі бір мәннен асқанда кран механизмдерінің екпіні және тежелуі уақыттарының артуына байланысты оның өнімділігі төмендеуі орын алуы мүмкін.

Жүк көтеру операциясының толық цикліне мына негізгі операциялар кіреді: жүктібайлау мен ілу, арқанның (тросың) кемістіктерін байқау, жүкті көтеру мен оны қажетті орынға тасымалдау, жүкті түсіру және орнату, жүкті байлаудан босату, босаған ілмекті бастапқы орнына апару.

Крандардың жабдықтары қосылу ұзақтығының (ҚҰ) S3 режиміне байланысты таңдалынады. Қосылу ұзақтығына байланысты мынадай режимдердің түрлері:

Л – жеңіл, қосылу ұзақтығы 10-15%, негізгі жүктеме номиналдық жүктеменің 25% тең, құрылыс-монтаждық крандарға тән;

С – орташа, қосылу ұзақтығы ҚҰ= 15-25%, механикалық және жинау цехтарының крандарына тән;

Т – ауыр, қосылу ұзақтығы ҚҰ= 25-40%, кейбір құрылыс және қоймаларлардың крандарына тән;

ТП – өте ауыр, қосылу ұзақтығы ҚҰ= 40-60%, металлургия өндірісінің крандарына тән.

Мұнаралы крандар негізінен ғимараттардың, қоймалардың полигондардың құрылыс алаңдарында құрылыс-монтаждық және транспорттан жүк тиеу, түсіру жұмыстары орындауға арналған.

Жүкті көтеру жүктік лебедка, жүктік арқан және ілгіш құрылғы көмегімен орындалады. Кранның бұрылмалы бөлігі оның бұрылмайтын бөлігін бұру механизмінің көмегімен айнала қозғала алады. Олар тірек-бұру құрылғысымен байланысқан. Бұл құрылғы вертикал және төңкеру жүктемелерін бұрылмалы бөліктен бұрылмайтын бөлікке – қозғалу рамасына береді.

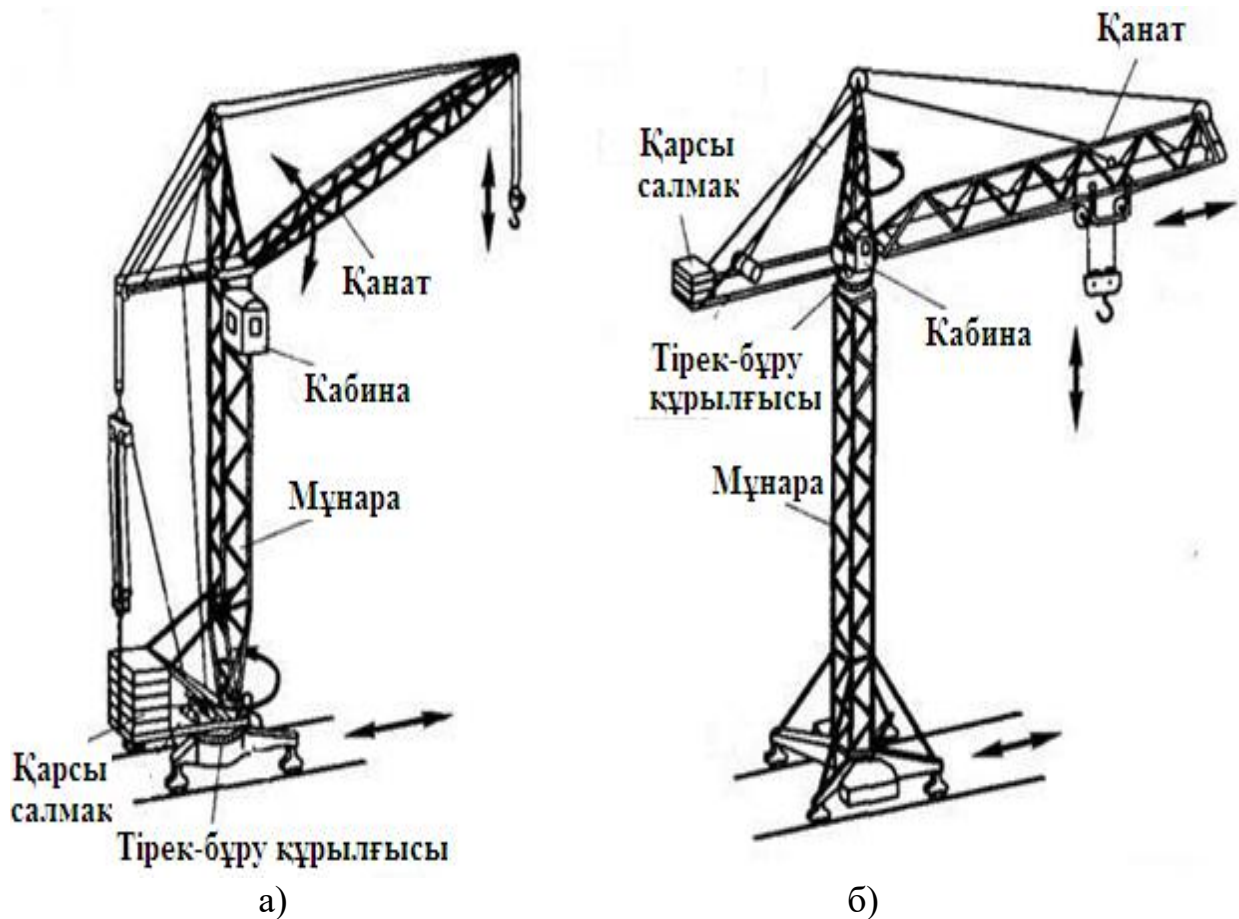
Мұнаралы кранның негізгі механизмдері шектегіштер деп аталатын арнаулы құрылғылармен жабдықталған. Мұндай құрылғылармен жүк көтеру механизмі, кранды бұру механизмі, жүктік арба және қанатты көтеру механизмі жабдықталған. Бұл механизмдерді мұнараның жоғарғы бөлігіне орналасқан басқару кабинасында отыратын краншы басқарады.

Кранның мұнарасын бұру тәсіліне байланысты төменнен бұрылатын және жоғарыдан бұрылатын крандар болып бөлінеді (1.1 сурет).

Төменнен бұрылатын кранның тірек-бұру құрылғысы төменде, яғни кранның төменгі тірегіне орналасады. Бұрылатын бөлікке жүктік және қанаттық лебедкалар мен бұру механизмы орналасқан бұрылмалы платформа жатады. Сонымен қатар, платформаға қарсы салмақ плиткалары, қанаты мен тарту арқаны бар мұнара орналасады. Бұрылмалы мұнарасы бар крандардың жүк көтергіштігі 10 т аспайды. Жүк көтергіштігінің және көтеру биіктігінің улкеюі кранның салмағының көбеюіне әкеледі, бұл төменнен бұрылатын крандардың тірек-бұру құрылғысын жасауды қиындатады.

Заманауи мұнаралық крандар 220/380 вольттық электр желісіне қосылатын электрқозғалтқыштармен жабдықталған.

Жоғарыдан бұрылатын крандарда мұнара орналасқан платформа бұрылмайды. Мұндай крандарда тірек-бұру құрылғысы мұнараның жоғарғы бөлігіне орналасады. Заманауи мұнаралық крандардың жүк көтергіштігі 10 т асады. Бұрылмайтын платформасы бар крандардың негізгі артықшылығы – оларды өзі көтерілетін және қозғалмалы әмбебап крандар жасауға болатындығы.



а) төменнен бұрылатын; б) жоғарыдан бұрылатын
1.1 сурет – Мұнаралы кран

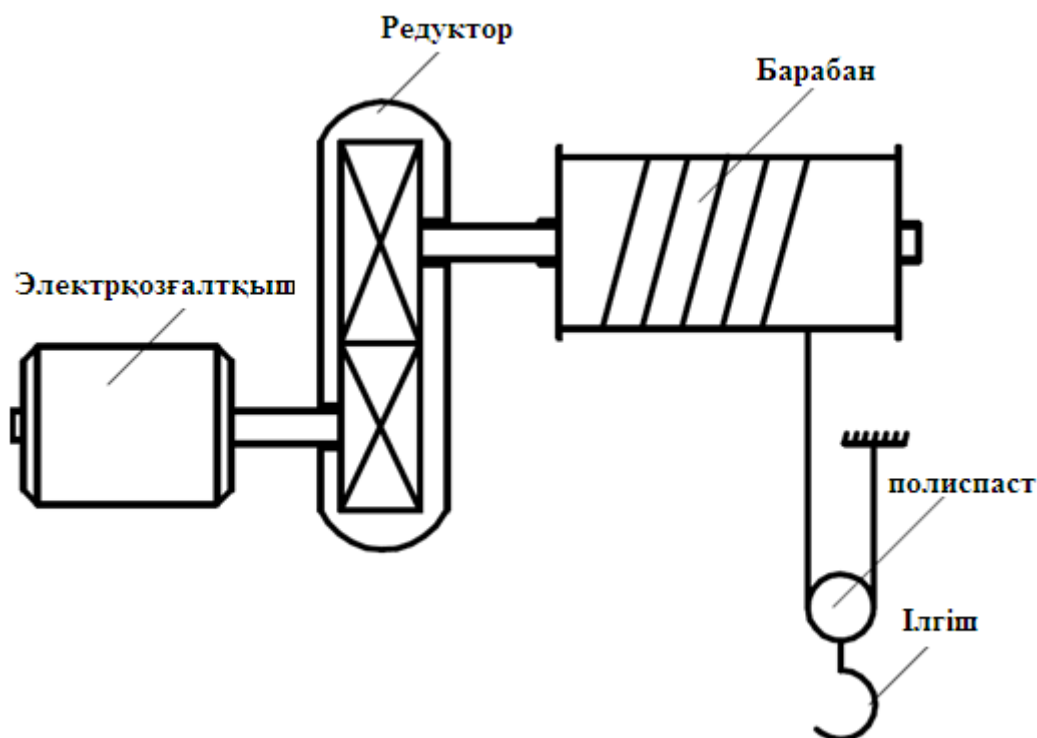
Алдыңғы қатарлы шетелдік өндірушілер жасайтын заманауи крандардың барлығы жиіліктік реттелетін басқару жүйесімен жабдықталған.

Берілген тапсырмаға сәйкес мұнаралық кранның көтеру механизмінің электржетегін жобалау қажет. Көтеру механизмінің кинематикалық сұлбасы 1.2 суретте көрсетілген.

Көтеру механизмі қысқаша тұйықталған роторлы электрқозғалтқыш арқылы қозғалысқа түседі. Қозғалыс редуктор арқылы барабанды айналдырады.

Тарту күшін көбейту үшін полипаст қолданылады. Оның арқасында трос барабанға оның екі жағынан оралады. Сол арқылы барабанның тірегіне және көпірдің өнбойына жүк салмағын біркелкі таратады.

Жобаланатын кран КБ-403а элементтерінің массасы 8 т аспайтын ғимараттарды салған кезде құрылыстық және монтаждық жұмыстарды механикаландыру үшін кеңінен қолданылады.



1.2 сурет - Көтеру механизмінің кинематикалық сұлбасы

1.2 Көтеру механизмінің электржетегіне қойылатын талаптар

Жылдам қосылулар мен ажыратулар, удеу мен тежеу кезінде пайда болатын артық жүктемелер, жылжыту жылдамдығын өзгертулер орын алатын режим жағдайында жұмыс істейтін кранның электрлік жабдықтарына аса қатаң талап қойылады.

Электр жабдықтарға электрқозғалтқыштар, басқару аппаратурасы, қорғау құрылғы және кранның тежеу жүйесінің құрылғы кіреді.

Кранды қоректендіру троллейлік желі немесе кабельдік жүйе арқылы жүзеге асырылады.

Жүктік лебедка арба жүкті көтеру мен төмен түсіру қызметін атқарады.

Электржетегі жүйесін таңдаған кезде электржетекке қойылатын талаптардың жиынтығын есепке алу керек.

Негізгі талаптар:

- желісінің кернеуі номиналдық мәннің 90 % құрағанда жүкті қозғалтқыш төмен түсіріп алмайтындай жүргізу момент тудыра алуы керек.

- жүктің мөлшері $1,25M_n$ тең болғанда және кернеу $0,9 U_n$ болғанда электрлік тежеу жүйесі жүктің баяулауын сенімді қамтамасыз ету керек.

- ақау туған жағдайларда да жүктің қозғалуы тек басқарушы аппарат анықтаған бағытта ғана жүруі керек.
- жүктің сенімді тежелуін қамтамасыз ету.
- қуаттары 30 кВт артық қозғалтқыштарда рекуперативті тежеу қарастырылу керек жөн;
- электрлік жетек жүйесін таңдау әртүрлі салыстырмалы көрсеткіштерді талдау негізінде жүргізілу керек.
- механизмнің қажетті өнімділігі қамтамасыз етілуі керек;
- жұмыстық органның жылжуы белгіленген уақыт аралығында (1,2-12 м/мин) орындалуы керек;
- жұмыстық машинаның удеуі рұхсат етілген мәннен аспауы керек;
- тұрақталған режим кезіндегі жылдамдықтың ауытқуы белгіленген мәннен 0,5 м/мин;
- электржетек реверсті қамтамасыз ету керек.

Қондырғының қолдану мерзімі ішінде сенімді және тиімді жұмысын қамтамасыз етуге арналған талаптарға мыналар жатады:

- эквиваленттік токтың (моменттің) мөлшері рұхсат етілген мәннің 0,85...1 аралығында болуы керек;
- жиіліктік түрлендіргіш пен электрқозғалтқыш пайда болатын қысқы мерзімді артық жүктелуге шыдауы керек: 60 с бойы 150% I_n ;
- күрделі шығын мен энергия шығыны минимум болу үшін электржетектің үнемділігі өте жоғары болу керек.

Жоғарыда келтірілген талаптар электржетектің оптималды (қарапайым, арзан) жүйесін таңдауды жеңілдетеді.

Сонымен крандар үшін электр жетегі жүйесін таңдау кезінде жүк көтергіштігі, номиналдық бұрыштық айналу жылдамдығы, реттеудің диапазоны 4:1, 10:1 болуы керек, механикалық сипаттаманың қатаңдығы және бір сағат ішінде қосылу саны есепке алынуы керек.

Электр жетек реверсивті болу керек. Оқшаулағыш материалдарының қызуға төзімділігі F немесе H санатына сәйкес болуы тиіс. Жүгі бар ілмектің көтеруін үдеу $a_{max} = 0,3 \text{ м/с}^2$ -ден аспауы тиіс, ал көтеру жылдамдығы $V_{max} = 1,4 \text{ м/с}$ -тан аспауы тиіс.

1.3 Кранның электржетектерінің түрлері және басқару жүйелері

Жүк көтергіш крандарда электр жетектердің үш түрі пайдалануы мүмкін:

- қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштарды (МТКФ және МТКН сериялы) қолдануға негізделген, айналу жылдамдығы реттелмейтін электржетектер;

- фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштарды (МТФ және МТН сериялы) қолдануға негізделген, айналу жылдамдығы реостаттар арқылы реттелетін жетектер, реттеудің дәлдігі мен созылмалылығына (плавность) төменгі деңгейде болатын крандарда қолданылады;

- қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштарды қолдануға негізделген реттелетін жетектер, жылдамдықты реттеу жиіліктік түрлендіргіш арқылы аз шығынмен өте жоғары деңгейдегі дәлдікпен және созылмалылықпен жүзеге асырылады.

Қазіргі кезде жаңадан жасалған *жайлап жүргізіп жіберу құрылғылары* (ЖЖЖК) қолданған кезде жүргізіп жіберу тогын және бұрыштық үдеуді шектей отырып, созылмалы жүргізіп жіберу, орындаушы механизмдерді механикалық соққыдан қорғау, үдеу және тежеу уақытын реттеу қол жеткізіледі.

Қазіргі уақытты асинхрондық және синхрондық қозғалтқыштарға негізделген жиіліктік реттелетін электр жетектердің келешегі мол деп саналады.

Синхрондық қозғалтқыштарға негізделген жиіліктік реттелетін электр жетектер шығыстық кернеуі 6 және 10 кВ болатын жоғары вольтті жиіліктік түрлендіргіштер негізінде жасалады [3,5].

Реттелетін жетектер қолданылатын қозғалтқыштардың кернеуіне сәйкес кернеулері 0,4; 0,69; 1,19; 3,0 (3,3); 6,0 (6,3; 6,6); 10,0 (10,5) кВ болатын жиіліктік түрлендіргіштер негізінде құрастырылады.

Жылдамдылықты реттеу диапазоны 20:1 астам болатын реттемелі крандық электр жетектері үшін мынадай жүйелерін қолданылады:

- тиристорлық кернеу түрлендіруші бар жүйе (ТТ-Қ) жүйесі);
- тиристорлық кернеу реттеуші бар жүйе (ТКТ-АҚ жүйесі);
- жиіліктік түрлендіргіші бар жүйе (ЖТ-АҚ жүйесі);
- асинхронды қозғалтқышы және, түзетілген ток тізбегінде сырғанау энергиясын рекуперацияламайтын импульсты реттеуші бар жүйесі (АҚ-ИР жүйесі);
- асинхронды қозғалтқышы және, түзетілген ток тізбегінде сырғанау энергиясын желіге рекуперациялайтын импульсты реттеуші бар жүйесі (АҚ-ИР-И жүйесі).

Релелік-контакторлық басқару жүйесі.

Кең тараған автоматты басқару жүйесінің бір түрі релелік-контакторлық басқару жүйесі болып табылады. Мұндай негізде жасалған электржетектер жалпыөндірістік қондырғылардың қарапайым реттелмейтін электржетектері (мысалы, кранның, лифтілердің, конвейерлердің, компрессорлардың, желдеткіштердің, сорғыштардың, кейбір транспорттық құралғылардың) болып табылады. Бұл жүйелерде асинхрондық қозғалтқыштар, синхрондық қозғалтқыштар, тізбектей және аралас қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқыштар қолданылады.

Тәуелсіз қоздырылатын қозғалтқыштар және басқалар (адымдық, венти́лдік, венти́лдік-индукторлық) тек басқарылатын түрлендіргіштерден қоректендірілетін реттелетін электржетектерде қолданады.

Жалпы жағдайда «релелік-контакторлық басқару жүйесі (РКБЖ)» деген ұғым арқылы релелік-контакторлық элементтік базаға негізделген және

қозғалтқыштардың жұмысын автоматтандыратын логикалық басқару жүйесін айтады.

РКБЖ қызметіне мынадай операцияларды автоматтандыру кіреді:

- қозғалтқыштарды іске қосу және жұмысын тоқтату;
- қозғалтқыштың айналу жылдамдығын және бағытын таңдау;
- қозғалтқышты іске қосу, реверс, тежеу;
- қандай да бір параметрге (жылдамдық, ток, жұмыстық органның орналасуы) байланысты қозғалтқышты басқару;
- қозғалысқа уақыттық үзілістің болуы;
- артық жүктелген жағдайда қозғалтқышты тоқтату;
- оператордың әрекетінің белгілеген ретін қамтамасыз ету.

РКБЖ артықшылығы:

- тізбектің арасында гальваникалық байланыстың болмауы;
- қомақты коммутациялық қуат;
- күштік және басқарушылық тізбектерді қоректендіру үшін бір қоректендіргішті пайдалану мүмкіндігі.

РКБЖ кемшілігі:

- контакттілік коммутация, бұл қызмет ету мерзімін қысқартады;
- әрекет ету жылдамдығының шектеулілігі;
- массаөлшемдік көрсеткіштерінің және энергия жұмсау мөлшерінің жоғары болуы.

РКБЖ құрамына күштік (негізгі) және басқарушы тізбектер кіреді.

Күштік тізбектерге қозғалтқыштар мен генераторлардың тізбектері кіреді.

Басқару тізбектеріне контакторлар мен релелердің орамалары, блок-контактілердің және тағы басқа аппараттардың тізбектері, белгі беру және қорғау тізбектері кіреді.

Жиіліктік басқару жүйесі.

Қысқа тұйықталған роторлы асинхродық қозғалтқыш қазіргі кезде ең кең тараған өндірістік қозғалтқыш болып саналады. Бұл қозғалтқыш ең арзан, сенімді және қарапайым қозғалтқыш болып саналады. Реттелетін асинхрондық электржетектердің арасында ең кең тараған және тиімді электржетек ретінде жиіліктік түрлендіргішті қолданатын, жиіліктік реттелетін электржетек саналады.

Көтеру-транспорттық қондырғысында жиіліктік реттелетін электржетектерді қолдану өндірістің тиімділігін арттырады. Мұндай электржетектерді қолдану:

- кранның энергия тұтынуын айтарлықтай (40% дейін) азайтады;
- жайлап үдеу мен жайлап тежеуді қамтамасыз етеді;
- жайлап қозғалу нәтижесінде механикалық қондырғының қызмет ету мерзімі ұзарады;
- қозғалтқышты ток бойынша артық жүктелуден, артық қызудан, қашқын токтардан, тізбектердегі үзілістерден қорғайды.

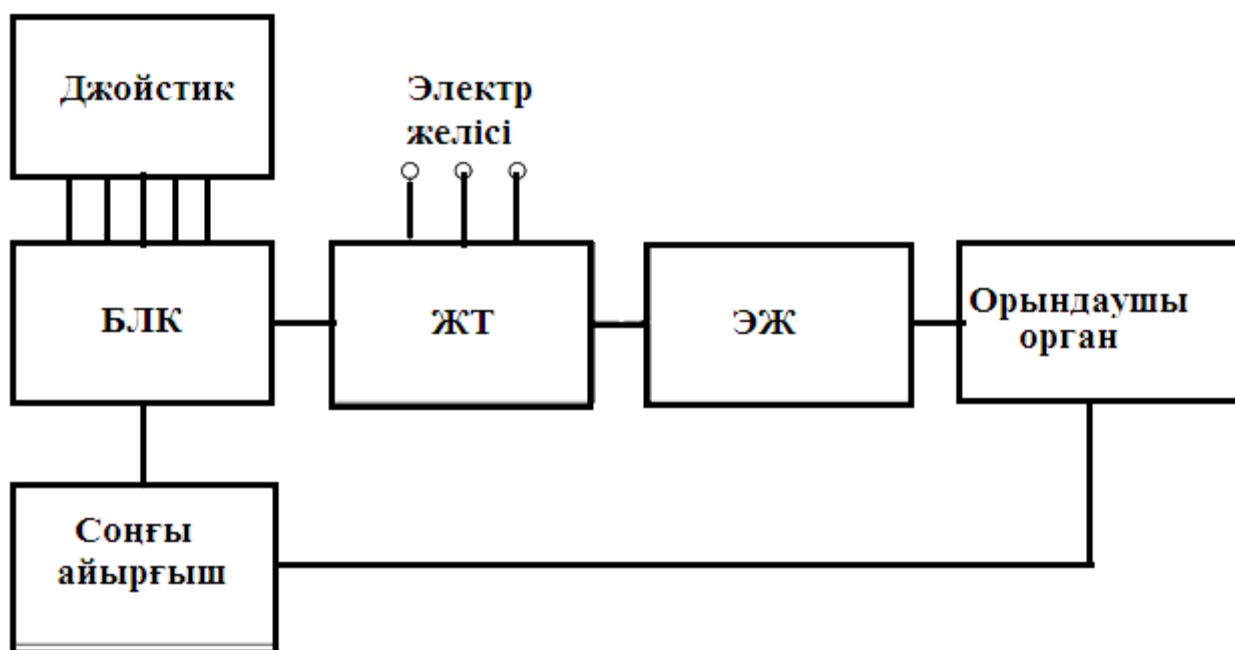
Кранның түрлендіргіштерін басқару үшін бағдарланатын контроллерді қолдану тиімді. Контроллер бағасы мен сапасы жағынан оңтайлы, жұмыс істеуі сенімді.

Контроллер краншының кабинасына орналастырылады. Ол пульттен және датчиктерден сигналдарды қабылдайды, электржетектерге басқару сигналдарын береді және таблоға ағымдық және апаттық ақпарат береді.

Басқару жүйесі мынаны қамтамасыз етеді:

- кранның энергия тұтынуын басқару және күштік тізбектің жағдайын қадағалау, қорғаудың іске қосылуы туралы ақпарат беру;
- қауіпсіздік датчиктерді үздіксіз қадағалау;
- жүк көтергіштікті шектеу;
- жиіліктік түрлендіргіштің жұмысы туралы деректерді тіркеу и және қадағалау;
- жиіліктік түрлендіргіштің жұмысын басқару;
- жүк көтеру жылдамдығын қадағалау.

Жиіліктік басқару жүйесінің электрлік функционалдық сұлбасы 1.3 суретте көрсетілген.



1.3 сурет - Жиіліктік басқарылатын электржетектің электрлік функционалдық сұлбасы

IGBT транзисторлары негізіндегі кернеу инверторларымен жабдықталған жоғарғы вольтті түрлендіргіштер көпфазалы кірістік трансформатормен, күштік блоктармен және басқарудың, қорғаудың және бақылаудың микроконтроллерлік жүйесінен тұрады.

Қазіргі кезде трансформатор қолданылмайтын жиіліктік түрлендіргіштер кең тарай бастады.

Крандардың тарту органының жылдамдығын реттеу үшін жиіліктік түрлендіргіштер таңдаған кезде мынадай ережелерге сүйену керек:

- қозғалтқыштың номинал кернеуі жиіліктік түрлендіргіштің номинал кернеуіне тең немесе кіші болуы тиіс;
- жиіліктік түрлендіргіштің номинал қуаты (тогы) қозғалтқыштың номинал қуатына (тогына) тең немесе үлкен (120%) болуы тиіс;
- бірнеше қозғалтқыштарды тек кернеу инверторы бар жиіліктік түрлендіргіштерге ғана параллель қосуға болады;
- ток инверторы бар жиіліктік түрлендіргішке бір ғана қозғалтқыш қосуға болады;
- газ және шаң бойынша қауіпті болатын шахталарда жарылыстан қорғалған жиіліктік түрлендіргіштер қолданған жөн.

Реттелетін жетекті кең түрде пайдалану энергияның шығынын 40% дейін азайтуға жағдай жасайды.

Тиристорлық түрлендіргішті басқару жүйесі.

Соңғы кезде электрқозғалтқыштарды тиристорлық басқару кеңінен қолданыла бастады. Мұндай электржетек жұмыс істеу сенімділігімен, басқару үшін қажет қуаттың үлкен еместігімен, реттеу мүмкіндігінің жоғары болуымен және массасының және өлшемдерінің кішілігімен ерекшеленеді.

Фазалы роторлы қозғалтқышты басқару күштік тиристорлардың көмегімен ротор тізбегіне активті немесе реактивті кедергілер қосу жүргізіледі. Кең диапазонда реттеу импульстік-кілттік реттеуді және динамикалық тежеуді қолдану арқылы жүзеге асырылады. Тиристорлық басқару жүйесінде контактсыз коммутацияны (тиристорлық кілтті) қолдану релелік-контакторлық панельге қарағанда қомақты артықшылық қол жеткізеді, ал коммутациялық төзімділігі оны ауыр және өте ауыр жұмыс режимдерімен жұмыс жасайтын крандарда қолдануды өте тиімді етеді.

Тиристорлық басқару жүйесінің артықшылығы:

- қызмет көрсету сенімділігі өте жоғары;
- әрекет ету шапшаңдығы және электржетекті іске қосу жиілігі жоғары;
- өзі үшін энергия тұтыну мөлшері төмен;
- құрамында өндірістік контроллердің болуы әртүрлі крандарға бейімдеуді жеңілдетеді;
- кран механизмдерінің жайлап жүрісі өте жоғары сапа өтеді.

1.4 Көтеру механизмі үшін электржетек жүйесін таңдау

Осы тарауда кранның электржетектеріне қатысты талдау нәтижелері технологиялық циклдық механикалық жұмысты атқару кезінде электр энергиясын азырақ пайдалынатын, жұмыс істеу сенімділігі жоғары электр жетек жүйесі ең тиімді екендігін көрсетті.

Кранның жұмыс цикліне жүкті көтеру, оны қажетті қашықтыққа тасымалдау, жүкті түсіру және жүкті босату (ілу) үшін орын алатын іркіліс (үзіліс) этаптары болатындығын ескеріліп, стандартты қосылу ұзақтығы

ҚҰ=40% тең деп қабылданды. Біз қарастыратын жүк көтергіштігі 8 тонна мұнаралы кранның көтеру механизмінің электржетегі ретінде асинхрондық қозғалтқыш негізіндегі жиіліктік реттелетін электр жетегінің тиімді жүйесі ретінде қабылдауға болады.

Бұл жүйе электрлік жетектің басқа жүйелерімен салыстырғанда қашықтық телемеханикалық басқаруды жүзеге асыру үшін жақсырақ бейімделген.

2 Кранның көтеру механизмінің электржетегінің күштік элементтерін таңдау

2.1 Көтеру механизмінің жүктемесін есептеу және жетектің электрқозғалтқышын таңдау

2.1 кестеде мұнаралы кранның көтеру механизмінің электржетегін таңдау үшін қажет тапсырма бойынша берілген техникалық параметрлер көрсетілген.

2.1 кесте - Тапсырма бойынша берілген техникалық параметрлер

Аталуы	Белгіленуі	Мәні
Жүктің максимал массасы,т	$m_{ном}$	8
Жүкті көтерудің максимал биіктігі, м	H	54
Жүкті көтеру жылдамдығы,м/с	V	0,41
Ілгіш массасы,т	G_N	0,250
Механизмнің қорытынды инерциялық моменті,кг м ²	J_m	600
Жүктік лебедка Л-500 Редуктордың беріліс саны	j	23,6
Механизмнің суммалық ПӘК-і	η	0,90
Барабан диаметрі, м	$Dб$	0,4
Полиспаст еселігі	i	2

Жүк көтеру кездегі статикалық қуатты мына формула бойынша анықтаймыз:

$$P_{сгр}^{\uparrow} = \frac{g \cdot (m_{ном} + m_k) \cdot U_{ном}}{1000 \cdot \eta_{ном}} = \frac{9,81 \cdot (8000 + 250) \cdot 0.41}{1000 \cdot 0.9} = 36,68 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

мұндағы m_k – ілгіш салмағы;

$m_{\text{НОМ}}$ – кран көтеретін номиналды салмақ;

$v_{\text{НОМ}}$ – номиналды жылдамдық (жүк көтергенде немесе түсіргенде);

$\eta_{\text{ПЭК}}$ – номиналды ПЭК (кинематикалық сұлба үшін);

g - ауырлық күшінің үдеуі.

Жүкті төмендету кездегі статикалықты мына формула бойынша анықтаймыз:

$$P_{\text{сгр}}^{\downarrow} = \frac{g \cdot (m_H + m_k) \cdot v_{\text{НОМ}}}{1000 \cdot \eta_{\text{НОМ}}} \cdot \left(2 - \frac{1}{\eta_{\text{НОМ}}}\right) =$$
$$= \frac{9.81 \cdot (8000 + 2500) \cdot 0.41}{1000 \cdot 0.9} \cdot \left(2 - \frac{1}{0.9}\right) = 32.6 \text{ кВт.} \quad (2.2)$$

Ілгішті көтерген кездегі статистикалықты мына формула бойынша анықтаймыз:

$$P_{\text{СК}}^{\uparrow} = \frac{g \cdot m \cdot 2v_{\text{НОМ}}}{\eta_n} = \frac{9.81 \cdot 250 \cdot 0.82}{0.145} = 6739,02 \text{ Вт,} \quad (2.3)$$

мұндағы η_n – беріліс ПЭК-і, оны мына формула бойынша есептейміз:

$$\eta_n = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{\text{НОМ}}} + \frac{a}{k_3} - a} = \frac{1}{\frac{1}{0.9} + \frac{0.07}{0.03} - 0.07} = 0.296, \quad (2.4)$$

мұндағы $a = 0,07$ - коэффициент;

k_3 – жүктелу коэффициенті, оны мына формула бойынша анықтаймыз:

$$k_3 = \frac{m_k}{m_{\text{НОМ}} + m_k} = \frac{250}{8000 + 250} = 0.03. \quad (2.5)$$

Ілгішті түсіргендегі статикалық қуатты мына формула бойынша анықтаймыз:

$$P_{\text{СК}}^{\downarrow} = P_{\text{СК}}^{\uparrow} \cdot (2\eta_n - 1) = 6739,02 \cdot (2 \cdot 0.296 - 1) = -2722,0 \text{ Вт} \quad (2.6)$$

Технологиялық үрдістің орындалу уақытын мына формула бойынша анықтаймыз:

$$t_{\text{к.гр}} = \frac{H}{U_{\text{НОМ}}} = \frac{54}{0.41} = 131,7 \text{ с.} \quad (2.7)$$

$$t_{к.кр} = \frac{H}{2 \cdot U_{НОМ}} = \frac{54}{2 \cdot 0.41} = 65.85 \text{ с}, t_p = 2 \cdot 131.7 + 2 \cdot 65.85 = 395,1 \text{ с}. \quad (2.8)$$

Цикл уақытын есептейміз:

$$ПВ = \frac{t_p}{t_{ц}} \cdot 100\% = 40\% . \quad (2.9)$$

$$t_{ц} = \frac{t_p}{ПВ} = \frac{395,1}{0,4} = 987,76 \text{ с}. \quad (2.10)$$

$t_{ц} = 8,33 \text{ мин} < 10 \text{ мин}$ жұмыс режимі қысқа уақытты –қайталанбалы жұмыс режиміне жатады.

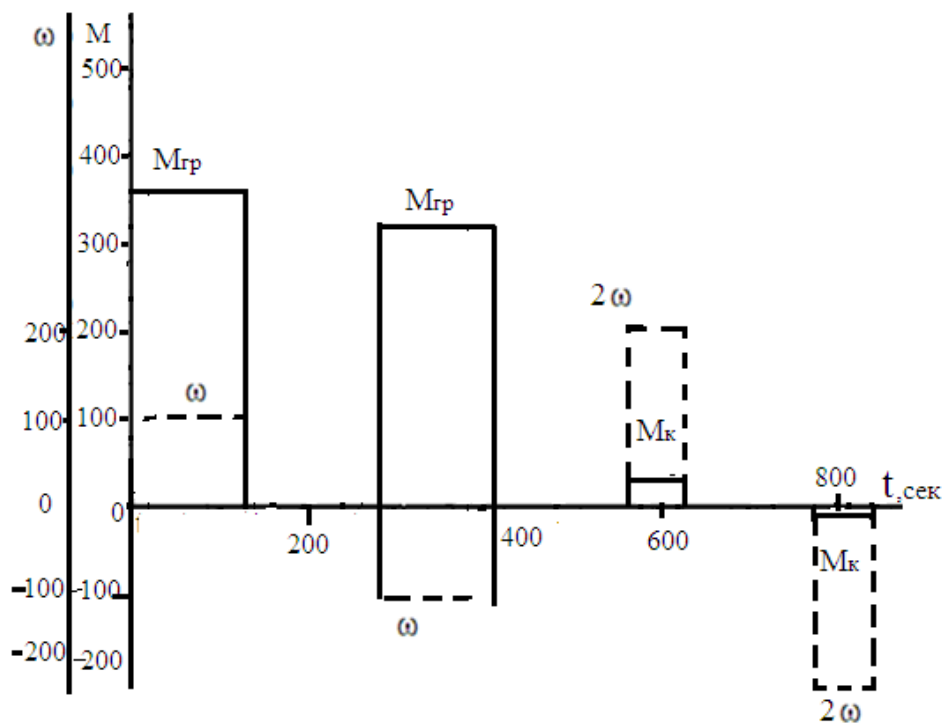
Үзлістің толық уақыты мына формула бойынша анықтаймыз:

$$\Sigma t_0 = t_{ц} - t_p = 987,76 - 395,1 = 592,66 \text{ с} \quad (2.11)$$

$$\Sigma t_0 = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} \quad (2.12)$$

Уақыттарды бір біріне тең етіп қабылданаымыз: $t_{01} = t_{03} = 148,2 \text{ с}$, $t_{02} = t_{04} = 148,2 \text{ с}$.

Анықталған есептеу нәтижелерін ескере отырып, көтеру механизмінің жылдамдықтық және жүктемелік диаграммалар тұрғызамыз (2.1 сурет).



2.1 сурет - Көтеру механизмінің жылдамдықтық және жүктемелік диаграммалары

Қозғалтқышты таңдау үшін жұмыс кезеңіндегі статикалық баламалы қуатты мына формула бойынша есептейміз:

$$P_{c9} = \sqrt{\frac{(P_{ck}^{\uparrow 2} + P_{ck}^{\downarrow 2}) \cdot t_k + (P_{gp}^{\uparrow 2} + P_{gp}^{\downarrow 2}) \cdot t_{gp}}{2t_k + 2t_{gp}}} = \quad (2.13)$$

$$= \sqrt{\frac{(6739,02^2 + (-2722)^2) \cdot 65,85 + (36680^2 + 32600^2) \cdot 131,7}{395}} =$$

$$= 28447,6 \text{ кВт.}$$

Алынған қуатты ҚҰ=100% режимі мына формула бойынша есептейміз:

$$P_{c9}(K\Upsilon = 100\%) = P_{c9}(K\Upsilon = 40\%) \cdot \sqrt{\frac{40}{100}} =$$

$$= 28447,6 \cdot 0,63 = 17922,0 \text{ Вт.} \quad (2.14)$$

Қозғалтқыштың номиналды жылдамдығын және типін анықтай үшін есептік қуат пен жылдамдықты анықтаймыз:

$$P_{ec} = P_{c9} \cdot K_{зап} = 17922 \cdot 1,1 = 19714,2 \text{ Вт,} \quad (2.15)$$

мұндағы $K_{зап} = 1,1$ – қор коэффициенті.

Есептеу арқылы $n_{ном}$ табамыз:

$$j_{ред} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ном}}{v_{ном} \cdot 60 \cdot i} \quad (2.16)$$

$$n_{ном} = \frac{j_{ред} \cdot v_{ном} \cdot 60i}{\pi D} = \frac{23,5 \cdot 0,41 \cdot 60 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,4} = 924,5 \text{ айн/мин.} \quad (2.17)$$

Қозғалтқыш таңдау шарты бойынша таңдалатын қозғалтқыштың номинал қуаты есептік қуатқа тең немесе үлкен болуы керек: $P_n \geq P_{ec}$. Есептеу нәтижесі бойынша 4АН180М6У3 (МТКФ(Н)200L6) типті, қуаты 22 кВт болатын асинхронды қозғалтқышты таңдаймыз.

2.2 кестеде бұл қозғалтқыштың техникалық сипаттамасы келтірілген.

2.2 Электрқозғалтқыштың және оның орынбасу сұлбасының есептік параметрлерін анықтау

Таңдалған қозғалтқыштың синхронды айналу жылдамдығы $n_0 = 1000$ айн/мин.

2.2 кесте -4АН280М10У3 типті қозғалтқыштың техникалық сипаттамасы

Аты	4АН180М6У3
Номиналды қуат P_n , кВт	22
Синхрондық айналу жиілігі n_0 , об/мин	1000
ПӘК $\eta_{ном}$, %	83,5
Қуат коэффициенті $\cos \varphi_{ном}$	0,87
Кернеуі, В	380/220
Максималды моменті еселігі, Нм	2,2
Іске қосу моменті еселігі	1,2
Қозғалтқышының инерциялық моменті $J_{дв}$, кг · м ²	0,24
Жүргізу тогының номинал токқа қатынасы	6
Шектік сырғанауы s_k , %	13,5
Номиналды сырғанау s_n , %	2,4

Электрқозғалтқыштың номиналды айналу жылдамдығын мына формула бойынша есептейміз:

$$n_{ном} = n_0(1 - s_{ном}) = 1000(1 - 0,024) = 976 \text{ айн/мин.} \quad (2.18)$$

Электрқозғалтқыштың номиналды бұрыштық айналу жиілігін мына формула бойынша есептейміз:

$$\omega_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 976}{60} = 102,15 \text{ рад/с.}$$

Электрқозғалтқыштың білігіндегі номиналдық моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_n = \frac{P}{\omega_n} = \frac{22000}{102,15} = 215,37 \text{ Нм.} \quad (2.19)$$

Электрқозғалтқыштың электромагниттік номиналдық моментін мына формула бойынша есептейміз анықтаймыз:

$$M_{н.эм} = \frac{3 \cdot U_{\phi H}^2 \cdot R'_2 / S}{\omega_0 [(R_1 + R'_2 / S)^2 + X_K^2]} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,1247 / 0,024}{104,7 [(0,158 + 0,1247 / 0,024)^2 + (0,5275 + 0,6233)^2]} = 240,3 \text{ Нм.}$$

Электрқозғалтқыштың шектік моментінің мәнін мына формула бойынша есептейміз есептейміз:

$$M_K = m_K \cdot M_{H.ЭМ} = 2,2 \cdot 240,3 = 528,7 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.20)$$

Электрқозғалтқыштың бос жүріс моментінің мәнін мына формула бойынша есептейміз:

$$M_{бж} = M_{H.ЭМ} - M_H = 240,3 - 215,37 = 24,93 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Электрқозғалтқыштың статорының номиналдық фазалық кернеуін мына формула бойынша есептейміз:

$$U_{1\phi} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В}. \quad (2.21)$$

Электрқозғалтқыштың статорының фазалық тоғы мына формула бойынша есептейміз:

$$I_{1n} = \frac{P}{3 \cdot U_{1n} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_n} = \frac{22000}{3 \cdot 220 \cdot 0,87 \cdot 0,835} = 45,88 \text{ А}. \quad (2.22)$$

Электрқозғалтқыштың жүргізіп жіберу тоғын есептейміз:

$$I_n = k_i \cdot I_{1n} = 6,0 \cdot 113,68 = 275,31 \text{ А}. \quad (2.23)$$

Электрқозғалтқыштың Г-тәріздес орынбасу сұлбасы 2.2-суретте көрсетілген. Оның параметрлері (салыстырмалы бірлікте) каталогта келтірілген:

$X_\mu^* = 3,1$ – магниттеуші контурдың негізгі индуктивті кедергісі;

$R_1^* = 0,033$ - стартор орамасының активті кедергісі;

$X_1^* = 0,11$ - стартор орамасының индуктивті кедергісі;

$R_2^* = 0,026$ - статор орамасына келтірілген ротор орамасының активті кедергісі;

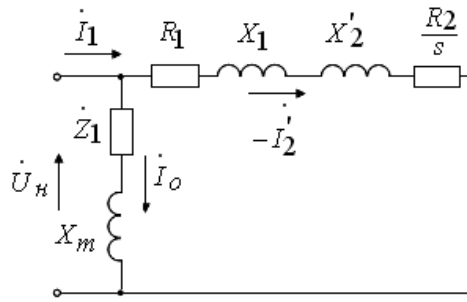
$X_2^* = 0,13$ - ротор орамасының келтірілген индуктивті кедергісі;

Орынбасу сұлбасы қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың математикалық моделіне сәйкес құрастырылады.

Асинхронды қозғалтқыштың фазалық кедергісін мына формула бойынша есептейміз:

$$Z_\phi = \frac{U_{\phi n}}{I_{1n}} = \frac{220}{45,88} = 4,795 \text{ Ом}, \quad (2.24)$$

мұндағы I_{1n} - статордың номиналды фазалық тоғы, А.



2.2 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың Г-тәріздес орынбасу сұлбасы

Г-тәріздес орынбасу сұлбасы параметрлерінің абсолюттік мәндерін мына формулалар бойынша есептейміз:

$$R_1 = R_1^* \cdot Z_\phi = 0,033 \cdot 4,795 = 0,158 \text{ Ом},$$

$$X_1 = X_1^* \cdot Z_\phi = 0,11 \cdot 4,795 = 0,5275 \text{ Ом},$$

$$X_\mu = X_\mu^* \cdot Z_\phi = 3,1 \cdot 4,795 = 14,86 \text{ Ом},$$

$$R_2' = R_2^* \cdot Z_\phi = 0,026 \cdot 4,795 = 0,1247 \text{ Ом},$$

$$X_2' = X_2^* \cdot Z_\phi = 0,13 \cdot 4,795 = 0,6233 \text{ Ом}.$$

Қысқаша тұйықталудың индуктивті кедергісін мына формула бойынша есептейміз:

$$X_k = X_1 + X_2' = 0,5275 + 0,6233 = 1,151 \text{ Ом}.$$

2.3 Электржетегінің жүктемелік диаграммасын тұрғызу

Жүктемелік диаграмманы тұрғызу қозғалтқыштың артық жүктелу қабілетін және қызуға төзімділігін алдын-ала тексеру үшін керек болады.

Көтеру механизмінің электр жетегінің ілгішті көтеру кезінде және жүкті көтеру кезінде толық инерциялық моменттерін (J_2), (J_1) анықтау үшін оның сызықтық үдеуін $a=0,4 \text{ м/с}^2$ тең деп аламыз.

Номиналдық жылдамдықты мына формула бойынша есептейміз:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{НОМ}}}{30} = 102,15 \text{ рад/сек.} \quad (2.25)$$

Келтіру радиусын мына формула бойынша есептейміз:

$$\rho = \frac{\vartheta_{\text{НОМ}}}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{0,41}{102,15} = 0,004 \text{ м/рад.} \quad (2.26)$$

Рұқсат етілген бұрыштық үдеуді (ақырындау) мына формула бойынша есептейміз:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \frac{a_{\text{доп}}}{\rho} = \frac{0.4}{0,004} = 100 \text{ рад/сек.} \quad (2.27)$$

Барабанның инерциялық моментін $J_6 = 500 \text{ кг м}^2$ тең етіп аламыз.

Жүк көтеру кезіндегі инерция моменті мына формула бойынша есептейміз:

$$J_1 = \delta \cdot J_d + \frac{J_6}{J_{\text{рвд}}^2} + (m_{\text{гр}} + m_k) \cdot p^2 = 1.2 \cdot 0,24 + \frac{500}{23,5^2} + (8000 + 250) \cdot (4,0 \cdot 10^{-3})^2 = 1.33 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (2.28)$$

мұндағы $\delta = 1,2$ – жететін айналмалы бөліктерінің инерциялық моментін есепке алатын коэффициент.

Электржетегінің ілгішті көтеру кезіндегі инерциялық моментін мына формула бойынша есептейміз:

$$J_2 = J_1 = \delta \cdot J_d + \frac{J_6}{J_{\text{рвд}}^2} + m_k \cdot p^2 = 1.2 \cdot 0,24 + \frac{500}{23,5^2} + 250 \cdot (4,0 \cdot 10^{-3})^2 = 1.2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (2.29)$$

Ілгішті көтеру және түсіру кезіндегі удеу уақытын мына формула бойынша есептейміз:

$$t_{m.k}^{\uparrow} = t_{m.k}^{\downarrow} = \frac{2 \cdot \vartheta_{\text{ном}}}{a_{\text{доп}}} = \frac{2 \cdot 0.41}{0,4} = 2,05 \text{ с.} \quad (2.30)$$

$$t_{m.гр}^{\uparrow} = t_{m.гр}^{\downarrow} = \frac{\vartheta_{\text{ном}}}{a_{\text{доп}}} = \frac{0.41}{0,4} = 1,03 \text{ с.} \quad (2.31)$$

Жылдамдық сызықтық заң бойынша өзгереді деп қабылдаймыз да, электр жетегінің динамикалық моментін $M_{\text{дин}}$ мына формула бойынша есептейміз:

$$M_{\text{дин}} = J \frac{dw}{dt} = J \varepsilon_{\text{лб}}. \quad (2.32)$$

Электржетектің динамикалық моментін $M_{\text{дин}}$ анықтаймыз:

$$\begin{aligned} M_{\text{дин1}} &= J_1 \cdot \varepsilon_{\text{доп}} = 1,33 \cdot 100 = 133 \text{ Н} \cdot \text{м}, \\ M_{\text{дин2}} &= J_2 \cdot \varepsilon_{\text{доп}} = 1,2 \cdot 100 = 120 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned} \quad (2.33)$$

Жүктеме диаграммасының әрбір интервалы үшін қозғалтыштың моментін мына формула бойынша есептейміз:

$$M = M_c + M_{\text{дин}} = M_c + J \varepsilon_{\text{л}}'' \quad (2.34)$$

Циклдің барлық этаптары үшін статистикалық моменттерді мына формула бойынша есептейміз:

$$M_{\text{с.к}}^{\uparrow} = \frac{P_{\text{с.к}}^{\uparrow}}{2 \cdot \omega_{\text{НОМ}}} = \frac{6739,0}{2 \cdot 102,15} = 33,0 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.35)$$

$$M_{\text{с.к}}^{\downarrow} = \frac{P_{\text{с.к}}^{\downarrow}}{2 \cdot \omega_{\text{НОМ}}} = \frac{-2722,0}{2 \cdot 102,15} = -13,32 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{\text{с.гр}}^{\uparrow} = \frac{P_{\text{с.гр}}^{\uparrow}}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{36680}{102,15} = 359,1 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{\text{с.гр}}^{\downarrow} = \frac{P_{\text{с.гр}}^{\downarrow}}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{32600}{102,15} = 319,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Ілгішің екпіндеуі және түсіру кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_1 = M_{\text{с.к}}^{\downarrow} - M_{\text{дин}2} = -13,32 - 120 = -133,32 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.36)$$

$$t_1 = t_{m.k} = 2,06 \text{ с}.$$

Ілгішті тұрақты жылдамдықпен түсіру кезіндегі электромагниттік моментті анықтаймыз:

$$M_2 = M_{\text{с.к}}^{\downarrow} = -13,32 \text{ Н}, \quad (2.37)$$

$$t_2 = t_{m.k}^{\uparrow} - 2 \cdot t_1 = 65,85 - 2 \cdot 2,06 = 61,73 \text{ с}.$$

Ілгішті тежеу және түсіру кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_3 = M_{\text{с.к}}^{\downarrow} + M_{\text{дин}2} = -13,32 + 120 = 106,68 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.38)$$

$$t_1 = t_{m.k} = 2,06 \text{ с}.$$

Жүктің екпіндеуі және көтерілуі кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_4 = M_{\text{с.гр}}^{\uparrow} + M_{\text{дин}1} = 359,1 + 133 = 492,1 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.39)$$

$$t_4 = t_{m.гр}^{\uparrow} = 1,03 \text{ с}.$$

Жүктің тұрақты жылдамдықпен көтерілуі кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_5 = M_{c.гp}^{\uparrow} = 359,1 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.40)$$

$$t_5 = t_{гp}^{\uparrow} - 2 \cdot t_4 = 131,7 - 2 \cdot 1,03 = 129,64 \text{ с}.$$

Жүкті көтерілу және тежеу кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_6 = M_{c.гp}^{\uparrow} - M_{дин1} = 359,1 - 133 = 226,1 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.41)$$

$$t_6 = t_{m.гp}^{\uparrow} = 1,03 \text{ с}.$$

Жүкті түсіру жағдайында екпіндеу кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_7 = M_{c.гp}^{\downarrow} - M_{дин1} = 319,1 - 133 = 186,1 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.42)$$

$$t_7 = t_{m.гp}^{\uparrow} = 1,03 \text{ с}.$$

Жүкті тұрақты жылдамдықпен түсіру кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_8 = M_{c.гp}^{\downarrow} = 319,1 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.43)$$

$$t_8 = t_5 = 129,64 \text{ с}.$$

Жүкті түсіру жағдайында тежеу кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_9 = M_{c.гp}^{\downarrow} + M_{дин1} = 319,1 + 133 = 452,1 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.44)$$

$$t_9 = t_{m.гp}^{\uparrow} = 1,03 \text{ с}.$$

Ілгішті көтеру үшін екпінді кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_{10} = M_{c.k}^{\uparrow} + M_{дин2} = 33,0 + 120 = 153,0 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.45)$$

$$t_{10} = t_{m.k} = 2,06 \text{ с}.$$

Ілгішті тұрақты жылдамдықпен көтеру кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_{11} = M_{c.k}^{\uparrow} = 33 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.46)$$

$$t_{11} = t_2 = 61,73 \text{ с}.$$

Ілгішті көтеру мен тежеу кезіндегі электромагниттік моментті мына формула бойынша есептейміз:

$$M_{12} = M_{c.k}^{\uparrow} - M_{дин2} = 33,0 - 120 = -87,0 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.47)$$

$$t_{12} = t_{m.k} = 2,06 \text{ с.}$$

Алынған есептеу нәтижелері бойынша электржетегінің жүктемелік диаграммасын тұрғызамыз (2.3 сурет).

2.4 Көтеру механизмінің электрқозғалтқышын қызуға және артық жүктелуге алдын-ала тексеру

Жүктемелік диаграмманы электрқозғалтқышты қызуға және артық жүктелу қабілетін тексеруге пайдаланады. Электр жетегі мәні айнымалы жүкпен циклдік режимде жұмыс жасайтындықтан қозғалтқышты қызуға тексеру үшін балама момент тәсілін қолдану керек. Қозғалтқыштың қызуына байланысты дұрыс таңдалуы төмендегідей шартқа сәйкес келуі керек: $M_3 \leq M_{ном}$.

Қысқа уақытты-қайталамалы режим кезінде жұмыс уақытындағы баламалы момент тек жұмыс кезеңдері үшін есептеліну керек:

$$M_3 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n t_{p,i} \cdot M_{p,i}^2}{\alpha_0 \cdot \sum_{i=1}^m t_{n,m,i} + \sum_{i=1}^N t_{y,i}}}, \quad (2.48)$$

мұнда $M_{p,i}$ - i -інші интервалдағы момент;

$t_{p,i}$ - i -інші интервалдағы жұмыс істеу ұзақтығы;

n - циклегі жұмыстық интервалдар саны;

m - көтеру және тежеу интервалдар саны;

N - тұрақталған қозғалысты интервалдар саны;

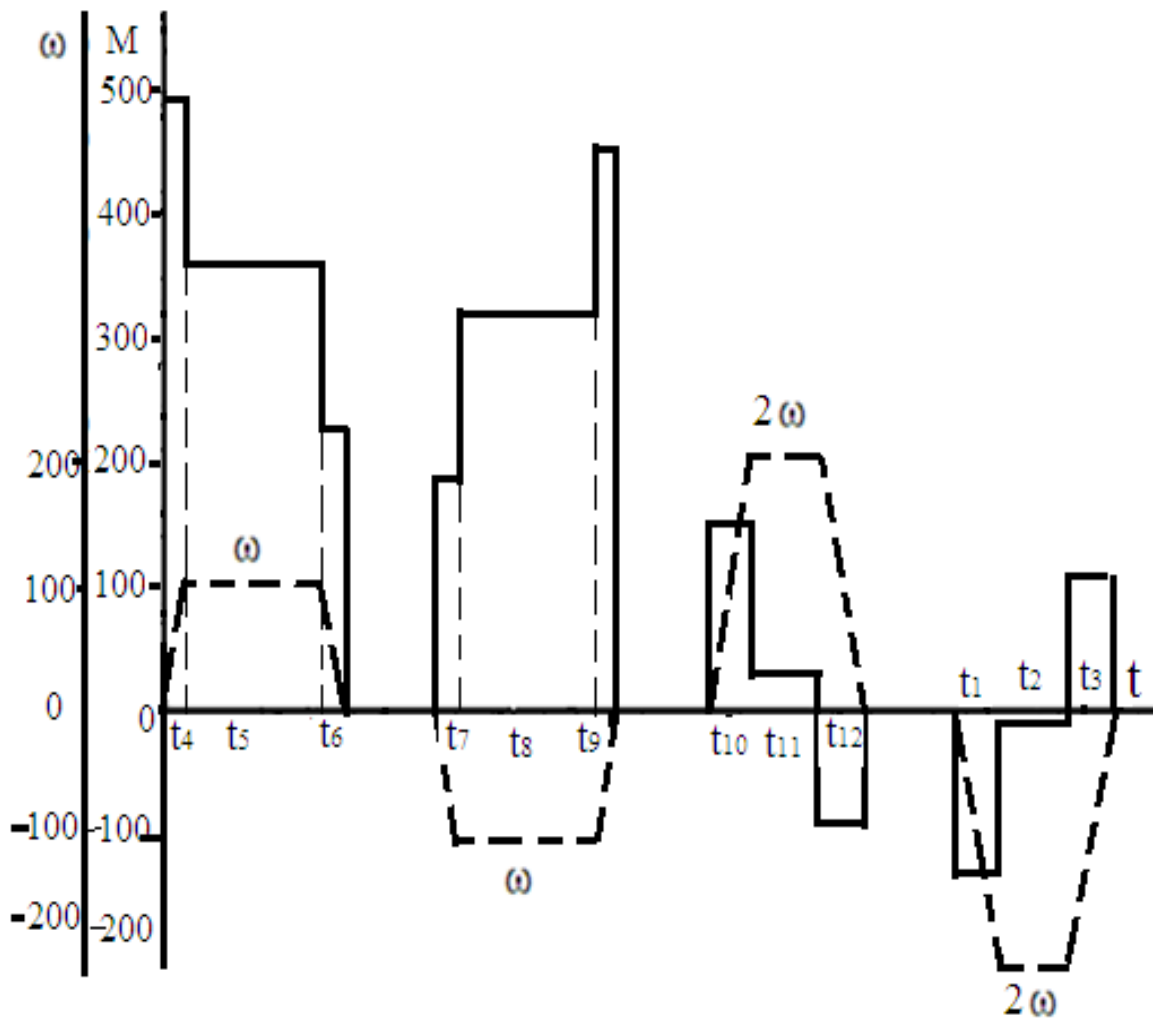
t_i - i -інші интервалдағы іске қосылуы(тежеу) ұзақтығы;

α_0 - іске қосу (тежеу) кезінде салқындаудың нашарлауын есепке алатын коэффициент;

$t_{y,i}$ - i -інші интервалдағы тұрақты қозғалыстың ұзақтығы.

$$\alpha_0 = \frac{1+\beta_0}{2} = \frac{1+0,4}{2} = 0,7, \quad (2.49)$$

мұнда β_0 – электрқозғалтқышты электр желісінен ажыратқан кезде оның салқындауының нашарлауын есепке алатын коэффициент коэффициент.



2.3 сурет – Электржетегінің жүктемелік диаграммасы

$$M_3 = \sqrt{\frac{1,03 \cdot (492,1^2 + 226,1^2 + 452,1^2 + 186,1^2) + 129,64 \cdot (359,1^2 + 319,1^2) + 0,7 \cdot 2 \cdot (1,03 + 2,06) + 2 \cdot (129,64 + 61,73) + 2,06 \cdot ((-133,32)^2 + 106,68^2 + 153^2 + (-87^2))}{1}} = 280,64 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сонымен балама моменттің мәні мынаған тең болады: $M_3 = 280,64 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Бұл баламалы момент ҚҰ=10% болған кезде табылғандықтан оны ҚҰ=100% болған жағдайға қайта есептеуге тура келеді:

$$M_3 = (ҚҰПВ = 100\%) = M_3(ҚҰ = 40\%) \cdot \sqrt{\frac{40}{100}} = 280,64 \cdot 0,63 = 176,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Қозғалтқыштың номиналды моменті:

$$M_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{22000}{102,15} = 215,4 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.50)$$

Шарт бойынша $M_3 \leq M_{ном}$ болу керек еді, ал есеп бойынша нақты жағдайда $176,8 \leq 215,4$, демек электрқозғалтқыш қызу шарттарын толық қанағаттандырады.

Жүктеме диаграммасы бойынша максимал момент 492,1 Нм тең екендігін көреміз. Электрқозғалтқыштың артық жүктелу қабілетін тексеруіміз керек:

$$\frac{M_{max}}{M_{ном}} = \frac{492,1}{215,4} = 2.2 = m_k = 2,2. \quad (2.51)$$

Есептеу нәтижесі электрқозғалтқыштың артық жүктелу қабілеті қойылатын талапты толық қанағаттандыратындығын көрсетеді.

3 Автоматтандырылған электр жетегінің жиіліктік түрлендіргішін таңдау және оның негізгі элементтерін есептеу

3.1 Комплектілік жиіліктік түрлендіргіштің типін таңдауды негіздеу

Комплектілік түрлендіргіш ретінде скалярлық немесе векторлық басқарылатын жиіліктің түрлендіргішті қолдануға болады. Біздің жобамызда түрлендіргіш шағын реттеу диапазонын қамтамасыз етуі жеткілікті болғандықтан скалярлық басқарылатын жиіліктік түрлендіргішті қолданған жөн.

Түрлендіргіштің күштік бөлігінің құрамына келесі элементтер кіреді: түзеткіш, инвертор, сүзгіш, тежеу резисторы, қорғау құрылғылары.

Кернеудің амплитуда және жиілігі инверторда реттелетіндіктен түзеткіш диодтар көмегімен жасалуы мүмкін, ал басқарылмайтын түзеткіште тежеуіштік резистор болуы керек.

Жиіліктік түрлендіргішті қозғалтқыштың тоғына және қуатына байланысты таңдаймыз.

Біздің талаптарымызды қанағаттандыратын көп түрлендіргіштер бар, олардың ішінде Hitachi, Siemens, ABB фирмаларының түрлендіргіштері де бар. Олардың арасында принципалды айырмашылық жоқ, өзгешеліктері тек бағасында.

Кран электр жетегі үшін Schneider Electric фирмасының ATV71HD30N4 типті комплектілік түрлендіргішін таңдаймыз. Ол көтеру-тасымалдау механизмдердің электржетектеріне арналған. Оның техникалық сипаттамалары:

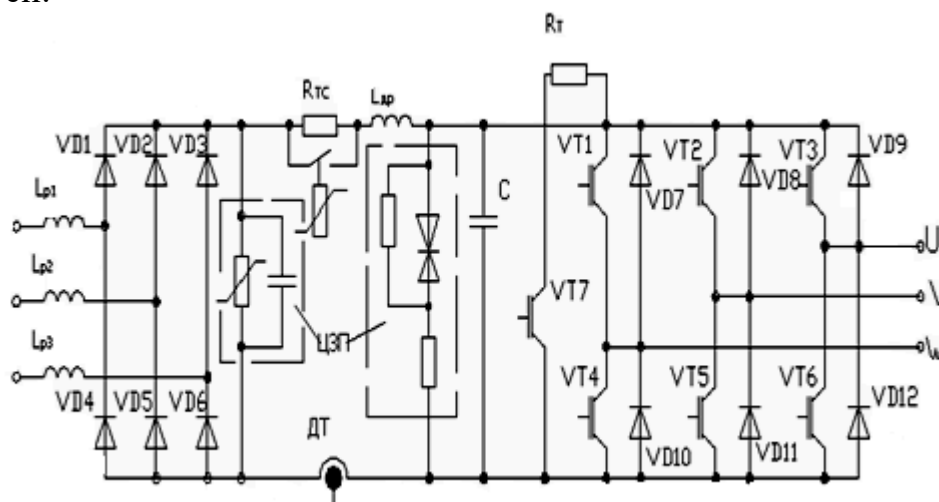
- номиналды қуаты, 30 кВт;
- түрлендіргіштің шығысындағы номиналды тоғы, 66 А;
- қысқа уақыттық артық жүктелу тоғы, 99 А, 60 с бойы;
- үш фазалы кернеуі 380 В, 50 Гц;
- түрлендіргіштің салмағы, 37 кг;
- $f_k=1$ кГц.

3.2 Жиіліктік түрлендіргіш тізбегінің параметрлерін есептеу және элементтерін таңдау

Таңдалынған жиіліктік түрлендіргіш мынадай негізгі элементтерден тұрады:

- құрамында диодтары бар түзеткіш;
- инвертор, бұл құрылғыда кілттер ретінде IGBT транзистор тобы мен қайтымды диодтар қолданылады, шығыстық жиілікті реттеу инвертор кілтін ауыстырып-қосу жиілігін өзгерту арқылы, ал шығыстық кернеуді реттеу кең импульсты модуляция арқылы жүзеге асырылады;
- резистивтік жиіліктік тежеуді жүзеге асырылатын тежеу блогі;
- LC - сүзгіш (фильтр)- кернеудің сүзуді жүзеге асырады;
- анодтық реакторлар - коммутациялық кедергінің және қысқа тұйықталу тогын өсуін шектеу үшін пайдаланылады.
- асқын кернеуден қорғау тізбегі;
- тоқты шектеу кедергісі.

3.1 - суретте электр жетегінің күштік тізбегінің принципіалды сұлбасы көрсетілген.



3.1 сурет - Электр жетегінің күштік тізбегінің принципіалды сұлбасы

Түрлендіргіш құрамында мынадай күштік элементтер кіреді:

L_1, L_3 - тоқты шектеу реакторлары;

R_T - тежеу кедергісі;

C – түзеткіш сыйымдылығы;

VT_1, VT_6 – инвертордың күштік блогының транзисторлары;

R_{TC} - тоқты шектеуші кедергілер;

VD_1, VD_6 - түзеткіш диодтар;

VD_7, VD_{12} – инвертордың кері диодтары;

$ДТ$ - ток датчигі;

$ЦЗП$ - асқын кернеуден қорғау тізбегі;

$L_{др}$ - тегістеуші дроссель.

Күштік кілттер ретінде құрамына биполярлы транзисторлар мен кері диодтар кіретін IGBT модульдерін қолдану ұсынылады.

Есеп бойынша статордың номиналды фазалық тогы:

$$I_{НОМ} = 45,88 \text{ А.} \quad (3.1)$$

Күштік кілт арқылы жүретін орташа тогы:

$$I_{н. ор.} \geq k_3 \cdot I_{max}, \quad (3.2)$$

мұнда k_3 - қор коэффициенті, кілттің коммутациясы кезінде токтың шамадан тыс артуын есепке алады, $k_3 = 2$ деп қабылдаймыз;

I_{max} —инвертордың күштік тізбегінің иініндегі токтың амплитудалық мәні:

$$I_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{НОМ} = \sqrt{2} \cdot 45,88 = 64,88 \text{ А,} \quad (3.3)$$

мұндағы $I_{НОМ}$ —қозғалтқыштың номиналды тогы, А.

$$I_{н.ср} \geq 2 \cdot 64,88 = 129,77 \text{ А.} \quad (3.4)$$

Күштік кілттегі жұмыстық кернеу:

$$U_{раб.} \geq U_{max} + \Delta U_{п. н.}, \quad (3.5)$$

мұндағы U_{max} - ивертордың күштік тізбегіндегі кернеудің амплитудалық мәні;

$\Delta U_{п. н.}$ – кілттегі коммутациялық асқын кернеу, В.

$$U_{max} = \sqrt{2} \cdot U_{л} = \sqrt{2} \cdot 380 = 537,4 \text{ В,} \quad (3.6)$$

мұндағы $U_{л} = 380 \text{ В}$ – желілік кернеу.

Нұсқауларға сәйкес асқын кернеудің мәнін қабылдаймыз: $U_{а.к} = 600 \text{ В}$.

Онда (3.5) өрнегі мына түрге енеді:

$$U_{жұм.} \geq 537,4 + 600 = 1137,4 \text{ В.} \quad (3.7)$$

(3.4) және (3.6) формулалар бойынша жүргізілген есептеу нәтижелері каталогтан[2] бойынша кері диодтары бар, жарты көпірлік түрдегі IRGPH50KD2 типті күштік модульдер таңдалады.

Вентилге берілетін максимал руқсат етілген кернеу қайталама импульсты кернеудің руқсат етілген мәнінен аспауы керек:

$$k_{зи} \cdot k_c \cdot U_{обр.т} \leq U_{DRM}, \quad (3.8)$$

мұндағы $k_{зи}$ - кернеу бойынша қор коэффициенті, $k_{зи} = 1,3 \dots 1,5$;
 k_c - желідегі кернеудің ықтимал көтерілуін есепке алу коэффициенті, $k_c = 1,1$;
 $U_{обр.т}$ - вентилдегі максимал кері кернеу.

$$U_{обр.т} = \sqrt{6} \cdot U_{\phi} = \sqrt{6} \cdot 220 = 538,88 \text{ В}. \quad (3.9)$$

(3.8) өрнегі бойынша

$$1,4 \cdot 1,1 \cdot 538,88 = 829,87 \leq 1200.$$

Күштік сүзгіштің конденсаторының толық сыйымдылығын мына формула бойынша анықтаймыз:

$$C = \frac{U_d \cdot T_H}{3R_H \Delta U_c}, \quad (3.10)$$

мұнда U_d – түзетілген кернеуінің орташа мәні, В;
 $T_H = 0,001$ - жүктің уақыт тұрақтысы;
 R_H - жүктеменің активті кедергісі;
 ΔU_c – конденсатордың кернеуінің рұқсат етілген өсуі, В.
Түзетілген кернеудің орташа мәнін есептейміз:

$$U_d = k_{сх} \cdot U_{\phi} = 2,34 \cdot 220 = 514,8 \text{ В}, \quad (3.11)$$

мұнда $U_{\phi} = 220 \text{ В}$ - фазалық кернеу;
 $k_{сх} = 2,34$ – үш фазалы түзеткіш үшін сұлба коэффициенті.
Конденсатордағы кернеудің қосымша көтерілуі:

$$\Delta U_c = 0,1 \cdot U_d = 0,1 \cdot 514,8 = 51,5 \text{ В}. \quad (3.12)$$

Жүктеменің активты кедергісі мына формула бойынша анықтаймыз:

$$R_H = 3R_1/2 = 3 \cdot 0,158/2 = 0,237 \text{ Ом}. \quad (3.13)$$

(3.10) формуласы бойынша конденсатордың сыйымдылығын анықтаймыз:

$$C = \frac{514,8 \cdot 0,001}{3 \cdot 0,237 \cdot 51,5} = 14 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}.$$

Конденсатордың максимал рұқсат етілген кернеуді анықтаймыз:

$$U \geq \sqrt{2} \cdot U_d. \quad (3.14)$$

$$U \geq \sqrt{2} \cdot 514,8 = 726,2 \text{ В.}$$

Күштің сүзгіштің конденсаторы оның анықталған есептік параметрлері бойынша таңдалады.

4 Электр жетегінің табиғи және жасанды статикалық сипаттамаларын анықтау

4.1 Электр қозғалтқыштың табиғи сипаттамаларын анықтау

Электрқозғалтқыштың механикалық сипаттамасы - оның бұрыштық жылдамдығының ω айналдырушы моментке M тәуелділігі: $\omega = f(M)$.

Электрқозғалтқыштың жылдамдықтық немесе электрмеханикалық сипаттамасы - ол жылдамдықтың токка тәуелділігі: $\omega = f(I)$.

Механикалық сипаттамаларды *табиғи және жасанды сипаттамалар* деп бөледі.

Табиғи сипаттама қоректендіруші желінің параметрлері оның номиналдық параметрлеріне, ал қозғалтқыштың параметрлері оның құжаттық номиналдық параметрлеріне сәйкес болған және оның тізбегінде ешқандай қосымша электротехникалық элементтер (кедергілер, реакторлар, конденсаторлар) қосылмаған жағдайда тұрғызылады.

Көп жағдайда табиғи сипаттаманы моменттің $M=f(s)$ сырғанауға тәуелділігі арқылы есептейді.

Сырғанау мен бұрыштық бұрыштық айналу жылдамдығы арасында мынадай тәуелділік бар:

$$\omega = \omega_0(1 - S), \quad (4.1)$$

мұндағы ω_0 - синхрондық бұрыштық жылдамдық.

Механикалық сипаттамаларды нақты есептеу Клосс формуласы арқылы жүргіземіз:

$$M = \frac{2 \cdot M_k \cdot (1 + \varepsilon)}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s} + 2 \cdot \varepsilon}, \quad (4.2)$$

мұндағы M_k – қозғалтқыштың шектік моменті;

s_k – сырғанаудың шектік мәні;

s - ағымдық мәні, сырғанаудың ағымдық мәні;

$$\varepsilon = \frac{R_1}{\sqrt{R_1^2 + X_k^2}} = \frac{0,158}{\sqrt{0,158^2 + 1,151^2}} = 0,136 - \text{коэффициент.}$$

Шектік моменттің есептік мәнін мына формула арқылы анықтаймыз:

$$M_K = \frac{3 \cdot U_{\Phi H}^2}{2 \cdot \omega_0 [R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + X_K^2}]} = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 104,7 \cdot [0,158 + \sqrt{0,158^2 + 1,151^2}]} = 525,4 \text{ Нм};$$

Шектік сырғанаудың мәнін мына формула арқылы анықтаймыз:

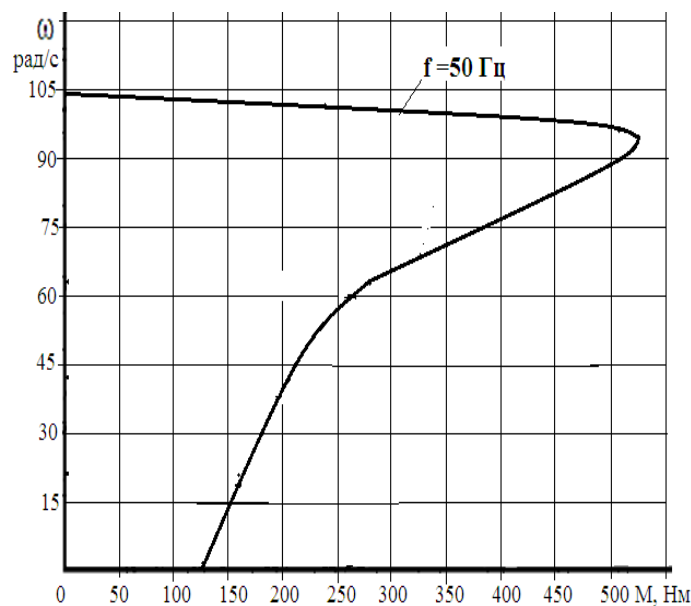
$$S_K = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_K^2}} = \frac{0,1247}{\sqrt{0,158^2 + 1,151^2}} = 0,107.$$

Сырғанау s мәнін 0...1 аралығында өзгертіп, моменттің мәндерін анықтаймыз да, 4.1 - кестеге ендіреміз.

4.1 кесте – Есептеу нәтижелері

S	0	0,024	0,08	0,107	0,4	0,6	0,8	1
ω , рад/с	104,67	102,15	96,3	93,5	62,8	41,88	20,94	0
M, Нм	0	240,9	506,42	525,4	279,1	206,3	156,9	126,3

Есептеу нәтижелері бойынша тұрғызылған табиғи механикалық сипаттаманың графигі 4.1 суретте келтірілген.



4.1 сурет - Электрқозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасы

Ротор тогының I_2' сырғанауға S тәуелділігін мына формула бойынша есептейміз:

$$I_2' = \frac{U_H}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + X_K^2}} = \frac{220}{\sqrt{\left(0,158 + \frac{0,1247}{S}\right)^2 + 1,151^2}}, \quad (4.3)$$

мұндағы U_H -статор орамының номиналды фазалық кернеуінің мәні, В;

X_K -қысқа тұйықталудың индуктивтік кедергісі, Ом.

Сырғанау мәндерін 0...1 аралығында өзгерте отырып, I_2' тогының мәндерін анықтаймыз. Есептеу нәтижелерін 4.2 кестеге ендіреміз.

4.2 кесте - Есептеу нәтижелері

S	0	0,024	0,08	0,107	0,4	0,6	0,8	1
ω	104,7	102,2	96,3	93,5	62,8	41,88	20,94	0
I_2'	0	39,32	106,44	128,2	177,0	182,2	184,4	185,6

4.2 суретте $f=50$ Гц болған кездегі ротор тогының I_2' сырғанауға (ω) тәуелділігінің графигі көрсетілген. Бұл сипаттама табиғи электрмеханикалық сипаттама болып саналады.

I_1 статор тогын ротор тогы I_2' мен I_μ магниттеу тогының векторлық қосындысы деп қарастырып, оның модулін мына формула бойынша есептейміз:

$$I_1(S) = \sqrt{(I_2')^2 + I_\mu^2 + 2I_\mu I_2' \sin\psi_2}, \quad (4.4)$$

мұндағы $\sin\psi_2$ – статор тогының фаза бойынша ығысуы.

$$\sin\psi_2 = \frac{x_1 + x_2'}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + X_K^2}} = \frac{0,52 + 0,6233}{\sqrt{\left(0,158 + \frac{0,1247}{S}\right)^2 + 1,151^2}}. \quad (4.5)$$

I_μ – магниттеуші ток:

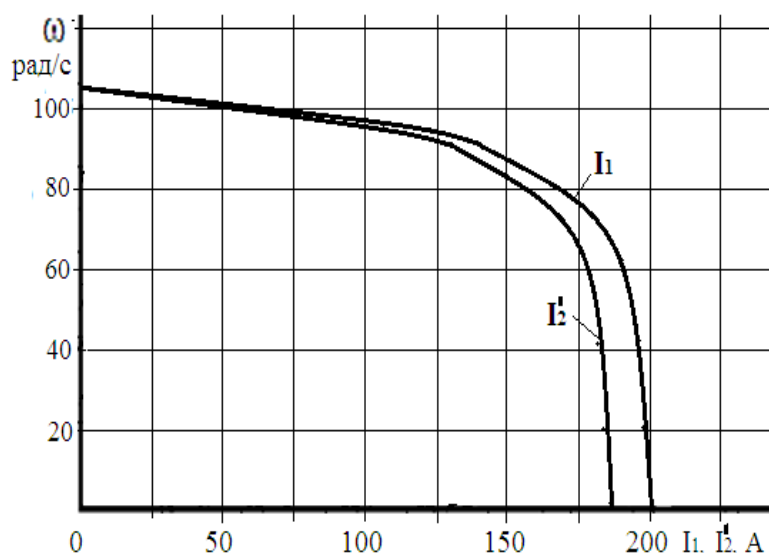
$$I_\mu = \frac{U_H}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_\mu)^2}} = \frac{220}{\sqrt{0,158^2 + (0,5275 + 14,86)^2}} = 14,3 \text{ А}. \quad (4.6)$$

Сырғанауға әртүрлі мән бере отырып, ротор тогының мәндерін $I_2'(s)$, (4.5) формула бойынша, ал $\sin\psi_2$ мәндерін (4.7) формула бойынша, $I_1(s)$ мәндерін (4.6) формула бойынша анықтаймыз.

Бұл формулалар бойынша жүргізілген есептеу нәтижелерін 4.3-кестеге ендіреміз.

4.3 кесте - $I_1(s)$ тәуелділігін есептеу нәтижелері

S	0	0,024	0,08	0,107	0,4	0,6	0,8	1
$\sin\psi_2$	0	0,27	0,557	0,67	0,926	0,953	0,965	0,971
$I_2'(s)$	0	39,32	106,44	128,2	177,0	182,2	184,4	185,6
$I_1(s)$	14,3	43,62	111,27	138,2	190,3	195,88	198,23	199,5
ω	104,7	102,2	96,3	93,5	62,8	41,88	20,94	0



4.2 сурет - $I_1(\omega)$ және $I_2=f(\omega)$ тәуелділіктерінің графиктері

4.2 Электрқозғалтқыштың жасанды сипаттамаларын тұрғызу

Қоректендіруші желінің параметрлері номиналдық мәндерден өзгеше болған кезге немесе статор орамалардың қосылу сұлбасы өзгерген кезде немесе қозғалтқыш тізбегіне қосымша электротехникалық элементтер қосылған кездегі жұмыс режимдеріне сәйкес келетін сипаттамаларды электрқозғалтқыштың *жасанды сипаттамалар* дейді. Қозғалтқышта мұндай сипаттамалар сан жағынан шектеусіз көп болуы мүмкін. Егер жасанды сипаттамалар қозғалтқыштың координаттарын (токты, моментті, жылдамдықты, орынжағдайды) реттеу үшін арнайы түрде қолданылған жағдайда оларды кейде *реттеушік сипаттамалар* деп те аталуы мүмкін.

Жүктеме моментінің сипаттамасына сәйкес жиіліктік реттеу заңы (U_{1i}/f_{1i}) таңдалады. Жүктеме моменті әртүрлі болуы мүмкін.

Егер жүктеме моменті жылдамдыққа тәуелді сипаты сызықтық емес болса, онда ол мына өрнекпен жазылады:

$$M_c = M_0 + \frac{k''}{\omega}; \quad (4.7)$$

мұндағы ω - ротордың бұрыштық айналу жиілігі, c^{-1} ;

k'' - жүктеме моментінің өзгеруін анықтайтын коэффициент.

Егер жүктеменің моментінің жылдамдыққа тәуелді сипаты желдеткіштік сипатта болса, онда ол мына өрнекпен сипатталады:

$$M_c = M_0 + k' \omega^x. \quad (4.8)$$

мұндағы $M_0=0,1M_H$ - бос жүріс моменті, Нм.

$$K_H=(M_H - M_{xx})/\omega_H^2. \quad (4.9)$$

Жүктеменің моменті жылдамдыққа тәуелді сипаты тұрақты ($M_c=M_H=const$) болуы да мүмкін.

Біз жобада скалярлық басқару заңын ($\frac{U_H}{f_H} = const$) таңдағандықтан жасанды механикалық сипаттамалар осы заңға сәйкес тұрғызамыз.

Қозғалтқыштың статор орамаларына берілетін кернеудің жиілігін өзгерткен кезде жиілікке тәуелді параметрлер - синхронды айналу жиілігі ω_0 , сырғанау S және статор кедергісі мен ротордың шашыраңқы индуктивті кедергісі - өзгереді:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{z_p} \left(\frac{f_1}{f_{1H}} \right), \quad (4.10)$$

$$s = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{\omega}{\frac{2\pi}{z_p} \left(\frac{f_1}{f_{1H}} \right)}, \quad (4.11)$$

$$X_1 + X_2' = (X_1 + X_2') \left(\frac{f_1}{f_{1H}} \right). \quad (4.12)$$

$M_c=M_H=const$ тұрақты жүктеме болғанда жиілік пен кернеу арақатынас келесі формуламен өрнектеледі:

$$\frac{U_i}{f_{1i}} = \frac{U_H}{f_{1H}} = const. \quad (4.13)$$

Электрозғалтқыш моментін анықтайтын өрнекке жиілік пен кернеудің арақатынастарын анықтайтын мәндерді қойып, есептеу жүргізіледі:

$$M = \frac{3 \cdot U_\phi^2(f) \cdot \frac{R_2'}{S(f)}}{\omega_0(f) \cdot \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{S(f)} \right)^2 + x_k^2(f) \right]}. \quad (4.14)$$

Енді механикалық сипаттаманы есептеу мына өрнек бойынша жүргізіледі:

$$M = \frac{3 \cdot (U_{\phi,ном} \cdot f^*)^2 \cdot \frac{R_2' \cdot \omega_{0н} \cdot f^*}{\omega_{0н} \cdot f^* - \omega}}{\omega_{0н} \cdot f^* \cdot \left[\left(R_1 + \frac{R_2' \cdot \omega_{0н} \cdot f^*}{\omega_{0н} \cdot f^* - \omega} \right)^2 + (x_k \cdot f^*)^2 \right]} \quad (4.15)$$

немесе

$$M = \frac{3 \cdot (U_{\phi,ном} \cdot f^*)^2 \cdot R_2'}{\omega_{0н} \cdot f^* \cdot s \cdot \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (x_k \cdot f^*)^2 \right]}$$

Егер жиілік $f_1 = 30$ Гц болса, онда $f^* = 30/50 = 0,6$, ал $U_1 = 220 \cdot 0,6 = 132$ В тең болады.

Бұл жиілікте шектік сырғанау мынаған тең:

$$s_{k30} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + [(X_1 + X_2') \cdot f^*]^2}} = \frac{0,1247}{\sqrt{0,158^2 + (1,15 \cdot 0,6)^2}} = 0,176.$$

Моменттің есептік формуласы мынадай болады:

$$M = \frac{3 \cdot 132^2 \cdot 0,1247'}{104,7 \cdot 0,6 \cdot s \cdot \left[\left(0,158 + \frac{0,1247'}{s} \right)^2 + (1,15 \cdot 0,6)^2 \right]}$$

Сырғанаудың мәнін 0...1 аралығында өзгерте отырып, моменттің мәнін анықтаймыз. Ол мәндерді 4.4 кестеге ендіреміз.

4.4 кесте - $f_{11} = 30$ Гц болған кездегі есептеу нәтижелері

$f_{1н} = 50$ Гц	S	0	0,1	0,176	0,3	0,4	0,6	0,8	1
$f_1 = 30$ Гц	ω	62,82	56,54	51,76	43,97	37,7	25,13	12,56	0
	M	0	423.50	480.50	429.55	372.30	283.53	225.72	186.62

Егер жиілік $f_1 = 20$ Гц болса, онда $f^* = 20/50 = 0,4$, ал $U_1 = 220 \cdot 0,4 = 88$ В тең болады.

Бұл жиілікте шектік сырғанау мынаған тең:

$$s_{k20} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + [(X_1 + X_2') \cdot f^*]^2}} = \frac{0,1247}{\sqrt{0,158^2 + (1,15 \cdot 0,4)^2}} = 0,256.$$

Моменттің есептік формуласы мынадай болады:

$$M = \frac{3 \cdot 88^2 \cdot 0,1247}{104,7 \cdot 0,4 \cdot s \cdot \left[\left(0,158 + \frac{0,1247}{s} \right)^2 + (1,15 \cdot 0,4)^2 \right]}$$

Сырғанаудың мәнін 0...1 аралығында өзгерте отырып, моменттің мәнін анықтаймыз. Ол мәндерді 4.5 кестеге ендіреміз

4.5 кесте - $f_{11}=20$ Гц болған кездегі есептеу нәтижелері

$f_{1H}=50$ Гц $f_1=20$ Гц	S	0	0,1	0,256	0,4	0,6	0,8	1
	ω	41,9	37,7	31,2	25,1	16,6	8,4	0
	M	0	316.50	430.44	400.07	333.76	278.82	237.29

Егер жиілік $f_1=10$ Гц болса, онда $f^*=10/50=0,2$, ал $U_1=220 \cdot 0,2=44$ В тең болады.

Бұл жиілікте шектік сырғанау мынаған тең:

$$s_{k10} = \pm \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + [(X_1 + X_2) \cdot f]^2}} = \frac{0,1247}{\sqrt{0,158^2 + (1,15 \cdot 0,2)^2}} = 0,446.$$

Моменттің есептік формуласы мынадай болады:

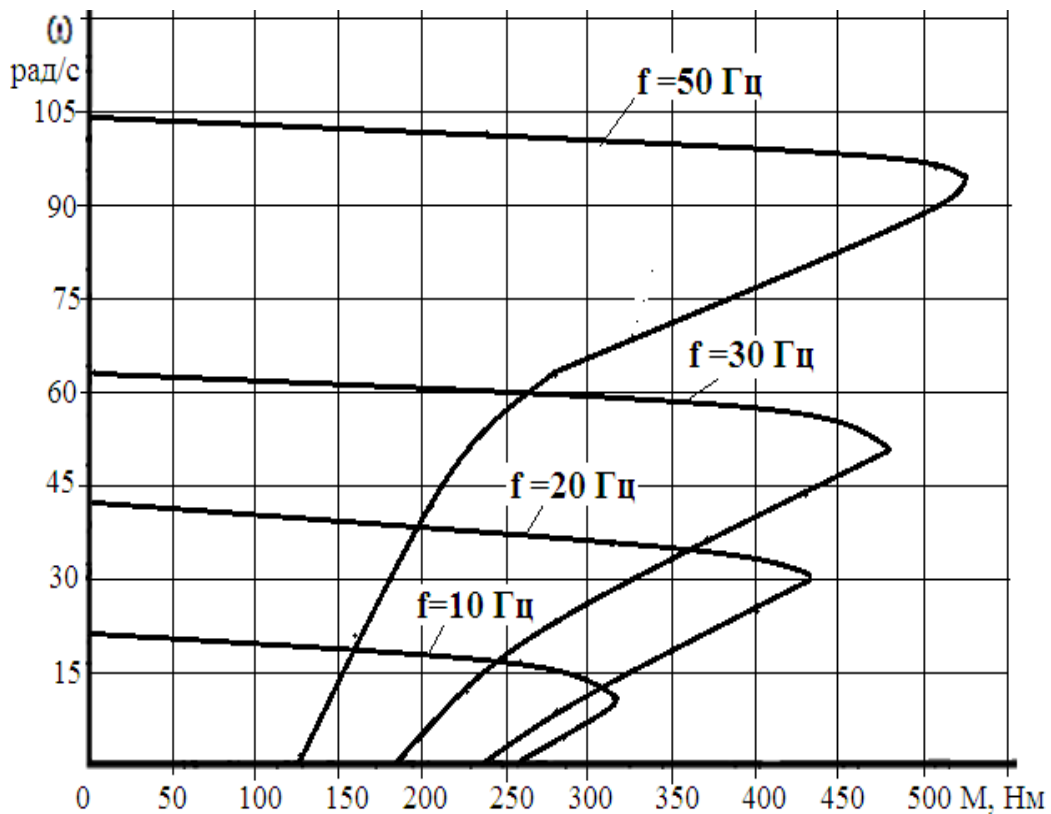
$$M = \frac{3 \cdot 44^2 \cdot 0,1247}{104,7 \cdot 0,2 \cdot s \cdot \left[\left(0,158 + \frac{0,1247}{s} \right)^2 + (1,15 \cdot 0,2)^2 \right]}$$

Сырғанаудың мәнін 0...1 аралығында өзгерте отырып, моменттің мәнін анықтаймыз. Ол мәндерді 4.6 кестеге ендіреміз

4.6 кесте - $f_{11}=10$ Гц болған кездегі есептеу нәтижелері

$f_{1H}=50$ Гц $f_1=10$ Гц	S	0,00	0,20	0,45	0,60	0,80	1
	ω	20,94	16,75	11,6	8,4	4,2	0
	M	0	260.59	317.32	308.70	285.53	260.41

Асинхронды қозғалтқыштың әртүрлі жиілік ($f=50;30;20;10$ Гц) кезіндегі жасанды механикалық сипаттамалары 4.4 суретте келтірілген.



4.3 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың әртүрлі жиілік ($f = 50; 30; 20; 10$ Гц) кезіндегі жасанды механикалық сипаттамалары

Енді асинхронды қозғалтқыштың әртүрлі жиілікке ($f = 50; 30; 20; 10$ Гц) сәйкес келетін жылдамдықтық (электрмеханикалық) сипаттамаларын есептейміз.

Жылдамдықтық сипаттаманы I_2' тоқ мәнінің негізінде алуға болады. Жылдамдық сипаттаманы әртүрлі жиілікті кернеуде есептеп, кестеге енгіземіз.

$$I_2' = \frac{U_\phi(f)}{\sqrt{\left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{S(f)} \right)^2 + (x_k \cdot f^*)^2 \right]}} \quad (4.16)$$

мұндағы $S(f)$ – берілген жиіліктегі сырғанау, оны келесі формуламен анықтауға болады:

$$S(f) = \frac{\omega_0 \cdot f^* - \omega}{\omega_0 \cdot f^*}, \quad (4.17)$$

мұндағы $f^* = f_i / f$;

ω_0 – синхрондық бұрыштық айналу жылдамдығы, біздің жағдайымызда $\omega_0 = 104,7$ рад/с;

f – қоректендіретін кернеудің берілген жиілігі, $f = 50$ Гц;

f_i - өзгертін жиіліктің мәндері.

Егер жиілік $f_1 = 30$ Гц болса, онда $f = 30/50 = 0,6$, ал $U_1 = 220 \cdot 0,6 = 132$ В тең болады.

Бұл жиілікте ротор тогы мына формула бойынша анықталады:

$$I_2' = \frac{132}{\sqrt{\left[\left(0,158 + \frac{0,1247'}{S(f)} \right)^2 + (1,15 \cdot 0,6)^2 \right]}}$$

Есептеу нәтижелері 4.7 кестеге ендіреміз.

4.7 кесте - Есептеу нәтижелері

$f_{1H} = 50$ Гц	S	0	0,1	0,176	0,3	0,4	0,6	0,8	1
$f_1 = 30$ Гц	ω	62,82	56,54	51,76	43,97	37,7	25,13	12,56	0
	I_2'		84,33	119,17	147,10	158,14	169,02	174,13	177,02

Егер жиілік $f_1 = 20$ Гц болса, онда $f = 20/50 = 0,4$, ал $U_1 = 220 \cdot 0,4 = 88$ В тең болады.

Бұл жиілікте ротор тогы мына формула бойынша анықталады:

$$I_2' = \frac{88}{\sqrt{\left[\left(0,158 + \frac{0,1247'}{S(f)} \right)^2 + (1,15 \cdot 0,4)^2 \right]}}$$

Есептеу нәтижелері 4.8-кестеге ендіреміз.

4.8 кесте - Есептеу нәтижелері

$f_{1H} = 50$ Гц	S	0	0,1	0,256	0,4	0,6	0,8	1
$f_1 = 20$ Гц	ω	41,9	37,7	31,2	25,1	16,6	8,4	0
	I_2'		59,52	111,07	133,85	149,73	158,02	162,99

Егер жиілік $f_1 = 10$ Гц болса, онда $f = 10/50 = 0,2$, ал $U_1 = 220 \cdot 0,2 = 44$ В тең болады.

Бұл жиілікте ротор тогы мына формула бойынша анықталады:

$$I_2' = \frac{44}{\sqrt{\left[\left(0,158 + \frac{0,1247'}{S(f)} \right)^2 + (1,15 \cdot 0,2)^2 \right]}}$$

Есептеу нәтижелері 4.9 -кестеге ендіреміз.

4.9 кесте - Есептеу нәтижелері

$f_{1H}=50\text{Гц}$ $f_1=10\text{Гц}$	S	0,00	0,20	0,45	0,60	0,80	1
	ω	20,94	16,75	11,6	8,4	4,2	0
	I_2'		54.01	89.40	101.82	113.07	120.73

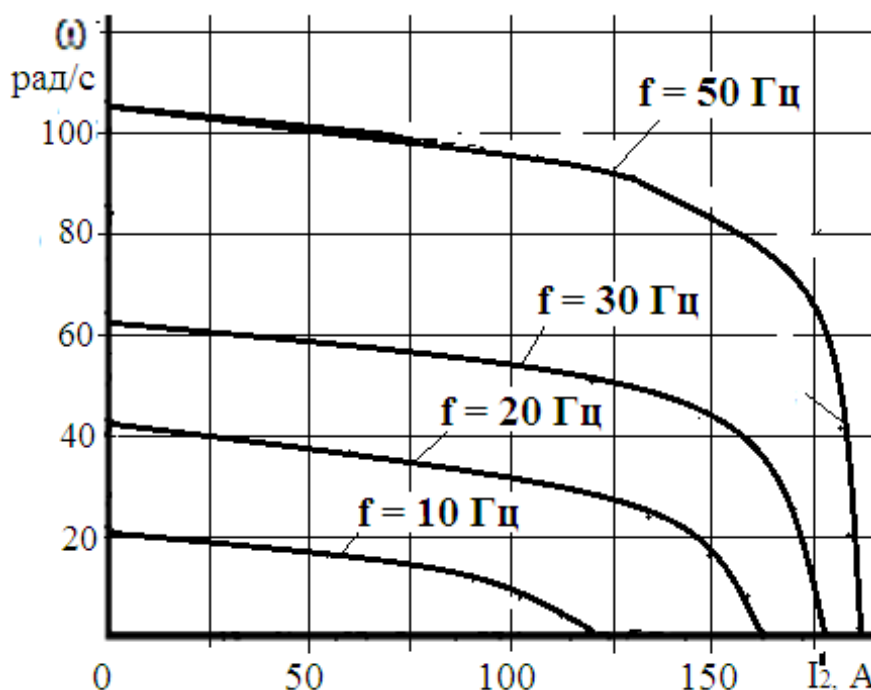
Әртүрлі жиіліктер үшін кестелерде келтірілген деректер бойынша электромеханикалық сипаттамаларды тұрғызамыз (4.4 сурет).

5 Электржетектің функционалдық және құрылымдық сұлбалары және динамикалық режимдерді зерттеу

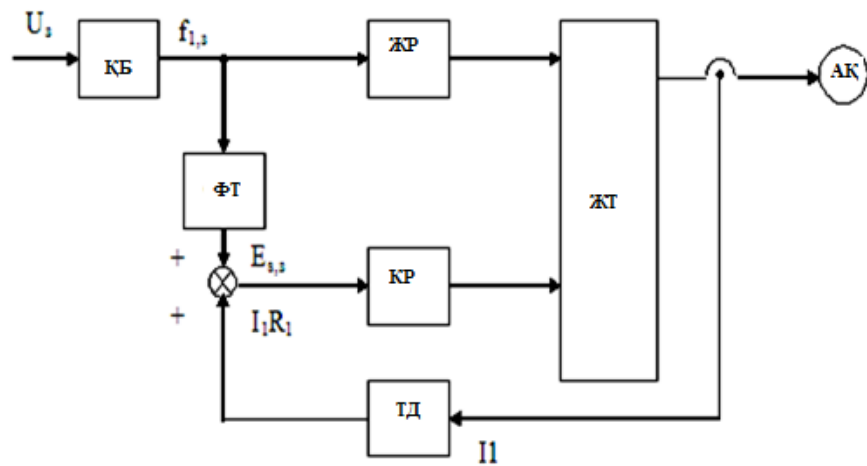
5.1 Электржетектің функционалдық және құрылымдық сұлбалары

$\psi_1 = \text{const}$ заңын жүзеге асыру үшін құрамына қарқын бергіш жиілік реттегіш, кернеу реттегіш, функционалдық түрлендіргіш, жиіліктік түрлендіргіш, ток датчигі, асинхронды қозғалтқыш кіретін және ток бойынша кері байланыс кіретін функционалдық сұлбасы ұсынамыз.

Автоматтандырылған электржетектің функционалдық сұлбасы 5.1-суретте көрсетілген.



4.4 сурет – Қозғалтқыштың әртүрлі жиіліктегі (50 Гц;30Гц;20 Гц;10 Гц) электромеханикалық сипаттамалары

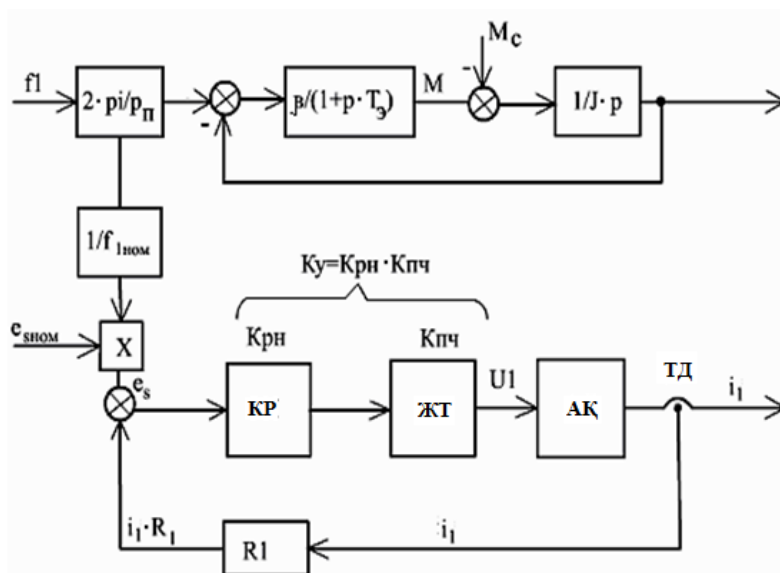


5.1 сурет -Автоматтандырылған электржетектің функционалдық сұлбасы

5.1 суреттегі шартты белгілер мынаны білдіреді:

- ҚБ – қарқын бергіш;
- ЖР – жиілік реттегіш;
- КР – кернеу реттегіш;
- ФТ – функционалдық түрлендіргіш;
- ЖТ – жиіліктік түрлендіргіш;
- ТД – ток датчигі;
- АҚ – асинхронды қозғалтқыш;

АҚ кернеуін $\Psi_1 = const$ заңы бойынша реттегенде механикалық сипаттаманың қатаңдығының β модулінің тұрақтылығы қамтамасыз етіледі. 5.2 суретте электр жетегінің құрылымдық сұлбасы келтірілген.



5.2 сурет - Автоматтандырылған электр жетегінің құрылымдық сұлбасы

Мұндай жүйеде басқарудың автоматтандырылған жүйесі шығысындағы кернеудің мынадай амплитудасын қамтамасыз ету керек:

5.2 Қозғалтқыштың математикалық моделі және құрылымдық сұлбасы

Асинхронды электр жетегін басқару жүйесінің структуралық сұлбасын құруды алдымен асинхронды қозғалтқыштың моделін оның толық дифференциалдық теңдеулерін қолдану арқылы құрастырамыз.

Егер u өсін нақты өс деп, ал v өсін жорамал өс деп қабылдасақ, онда дифференциалдық теңдеулерді векторлық түрде жазуға болады.

Екі фазалы асинхронды қозғалтқыштың u мен v өстеріндегі математикалық моделі мына түрде жазылады:

$$\begin{aligned} \omega_k &= 0; \\ \bar{U}_1 &= \bar{i}_1 R_1 + \frac{d\bar{\psi}_1}{dt}; \\ 0 &= \bar{i}_2 R_2 + \frac{d\bar{\psi}_2}{dt} - j\omega_{\text{эл}} \bar{\psi}_2; \\ \bar{M} &= p_{\text{п}} L_{12} \text{Im}(\bar{i}_1 * \bar{i}_2^*) = p_{\text{п}} L_{12} (i_{1\beta} i_{2\alpha} - i_{1\alpha} i_{2\beta}), \end{aligned} \quad (5.3)$$

мұндағы ω_k – координата өстердің айналу жылдамдығы.

i_v, i_u – токтың құраушылары;

ψ_v, ψ_u – ағын ілінісуі;

R_1 – статор кедергісі;

M – қозғалтқыштың электромагниттік моменті;

L_1, L_2 – статор мен ротордың фазалаырың индуктивтілігі;

L_{12} – өзаралық индуктивтілік;

U_1 – статордағы кернеу.

Бұл модельдегі барлық айнымалылар статор тогының жиілігімен өзгереді.

Екі фазалы асинхронды қозғалтқыштың α мен β өстеріндегі математикалық моделі:

$$\begin{aligned} \frac{di_{1\alpha}}{dt} &= K_1(U_{1\alpha} - i_{1\alpha}R_1) + K_3i'_{2\alpha} + K_2e_{1\beta}; \\ \frac{di_{1\beta}}{dt} &= K_1(U_{1\beta} - i_{1\beta}R_1) + K_3i'_{2\beta} - K_2e_{1\alpha}; \\ \frac{di'_{2\alpha}}{dt} &= -K_2(U_{1\alpha} - i_{1\alpha}R_1) - K_5i'_{2\alpha} - K_4e_{1\beta}; \\ \frac{di'_{2\beta}}{dt} &= -K_2(U_{1\beta} - i_{1\beta}R_1) - K_5i'_{2\beta} - K_4e_{1\alpha}; \\ \frac{d\omega}{dt} &= \frac{1}{J}(M - |M_c|\text{sign}\omega); \\ M &= K_6(i_{\beta}i'_{2\alpha} - i_{1\alpha}i'_{2\beta}); \\ e_{1\alpha} &= \omega_{\text{эл}}(L_2i'_{2\alpha} + L_{12}i_{1\alpha}); \end{aligned} \quad (5.4)$$

$$\begin{aligned}
e_{1\beta} &= \omega_{\text{эл}}(L_2 i'_{2\beta} + L_{12} i_{1\beta}); \\
\omega_{\text{эл}} &= p_{\text{п}} \omega; \\
K_1 &= \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2}; K_2 = \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}; K_3 = K_2 R'_2; \\
K_4 &= \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2}; \\
K_5 &= K_4 R'_2; \\
K_6 &= \frac{3}{2} p_{\text{п}} L_{12}; \\
U_{1\alpha} &= U_{1m} \cos[\phi_{\text{эл}}(t)]; \\
U_{1\beta} &= U_{1m} \sin[\phi_{\text{эл}}(t)]; \\
\phi_{\text{эл}} &= 2\pi f_{1\text{НОМ}} \int \alpha(t) dt; \\
\alpha(t) &= \frac{f_1(t)}{f_{1\text{НОМ}}};
\end{aligned}$$

мұндағы M, M_c – қозғалтқыш моменті және механизм кедергісінің статикалық моменті.

J_{Σ} - механизм инерциясының суммарлық моменті.

Қозғалтқышты басқару нысаны ретінде қарастырып, оның параметрлерлерін есептеу керек. Адымен екі фазалы модель үшін $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ коэффициенттерін есептейміз. Ол үшін алдымен олардың есептік формулаларына кіретін параметрлерді есептеу керек.

Статордың индуктивтілігін мына формула бойынша анықтаймыз:

$$L_1 = \frac{X_1 + X_{\mu}}{2\pi f} = \frac{0,5275 + 14,86}{314} = 0,049 \text{ Гн.} \quad (5.5)$$

Ротордың индуктивтілігін мына формула бойынша анықтаймыз:

$$L_2 = \frac{X_2 + X_{\mu}}{2\pi f} = \frac{0,6233 + 14,86}{314} = 0,0493 \text{ Гн.} \quad (5.6)$$

Өзіндік индукция мына формула бойынша анықтаймыз:

$$L_{12} = \frac{4,42}{314} = 0,0473 \text{ Гн.} \quad (5.7)$$

Стартор тізбегінің эквивалентті индуктивтілігі мына формула бойынша анықтаймыз:

$$L_{\text{э}} = L_1 - \frac{L_{12}^2}{L_2} = 0,049 - \frac{0,0473^2}{0,0493} = 0,00357 \text{ Гн.} \quad (5.8)$$

$$K_1 = \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0.0493}{0.049 \cdot 0.0493 - 0.0473^2} = 276,33 \frac{1}{\Gamma\text{H}}. \quad (5.9)$$

$$K_2 = \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0.0473}{.049 \cdot 0.0493 - 0.0473^2} = 265,12 \frac{1}{\Gamma\text{H}}. \quad (5.10)$$

$$K_3 = K_2 R_2 = 265,12 \cdot 0.1247 = 33,1 \frac{1}{\Gamma\text{H}}. \quad (5.11)$$

$$K_4 = \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0.049}{.049 \cdot 0.0493 - 0.0473^2} = 274,65 \frac{1}{\Gamma\text{H}}. \quad (5.12)$$

$$K_5 = K_4 R_2 = 274,65 \cdot 0.1247 = 34.25 \frac{1}{\Gamma\text{H}}. \quad (5.13)$$

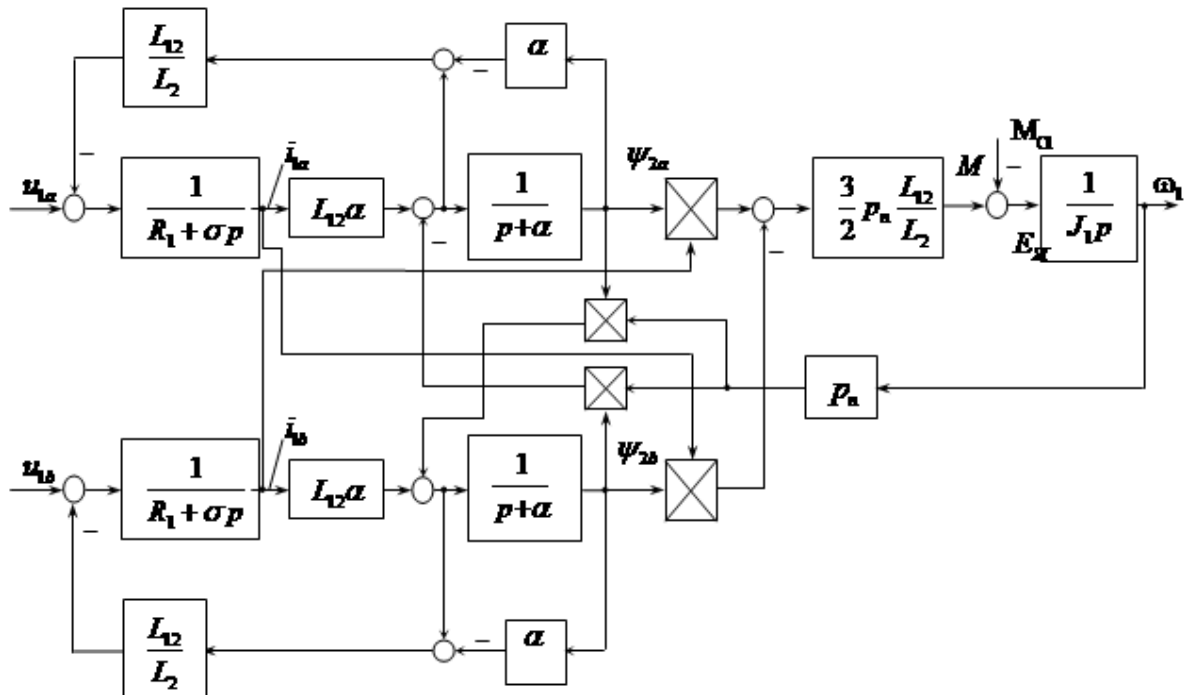
$$K_6 = \frac{3}{2} \cdot P_{\Pi} L_{12} = \frac{3}{2} \cdot 3 \cdot 0.0473 = 0,213 \text{ Ом}. \quad (5.14)$$

$$R_3 = R_1 + R_2 \left(\frac{L_{12}^2}{L_2^2} \right) = 0.158 + 0.1247 \cdot \frac{0.0473^2}{0.0493^2} = 0.282 \text{ Ом}. \quad (5.15)$$

$$T_3 = \frac{L_3}{R_3} = \frac{0.00357}{0.282} = 0.0127 \text{ с}. \quad (5.16)$$

$$\Psi_1 = \frac{E_S \cdot \text{НОМ}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{НОМ}}} = \frac{217}{314} = 0,69 \text{ Вб}. \quad (5.17)$$

Екі фазалы асинхрондық қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы 5.4-суретте келтірілген.



5.4 сурет - Екі фазалы асинхрондық қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы

5.3 Электржетектің реттелетін параметрлерінің датчиктерін таңдау

IR-компенсацияланған, жиіліктік басқарылатын асинхронды қозғалтқыш үшін ток датчигі қозғалтқыштың фазаларындағы токтардың лездік мәндерін өлшеу негізінде таңдалуы керек. Онан кейін фаза тогының әрекеттік мәнінің сигналын қалыптастыру керек.

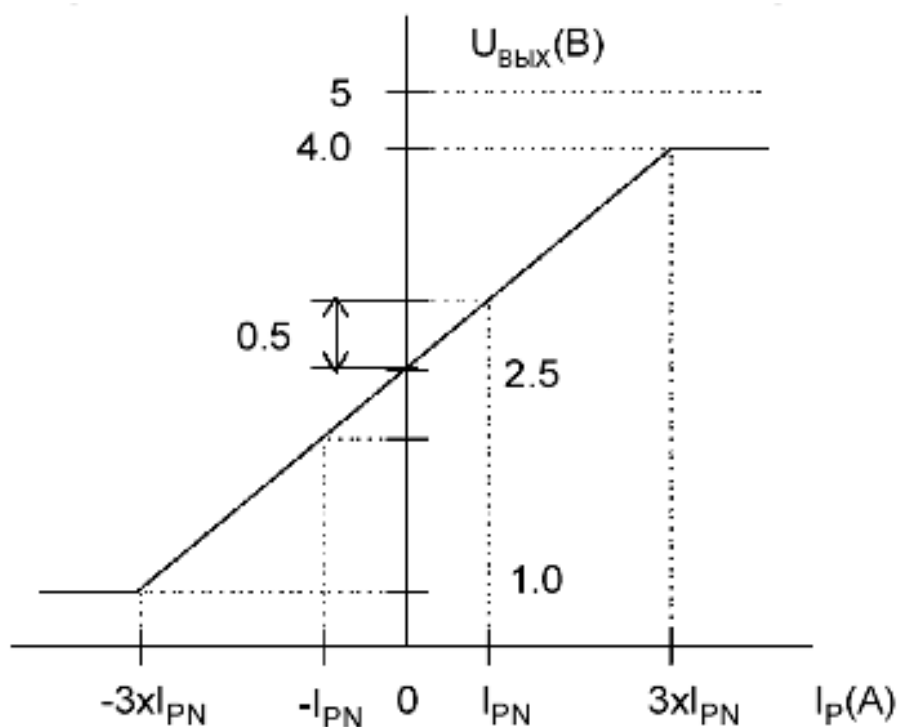
$$i_{\alpha} = i_a,$$
$$i_{\beta} = \frac{i_b - i_c}{\sqrt{3}},$$
$$I_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{i_{\alpha}^2 + i_{\beta}^2}.$$

Статордың номинал тогына сәйкес ($I_H=45,8$ А) Холл элементтері негізінде жасалған, HAS сериялы «LEM» фирмасы шығарған 3 ток датчигін таңдаймыз.

HAS -50 S/SP1 типті ток датчигінің негізгі техникалық параметрлері:

- номиналдық біріншілік ток, $I_{PN}=50$ А;
- түрлендіру диапазоны, 150 А;
- қоректендіруші кернеу - +5 В.

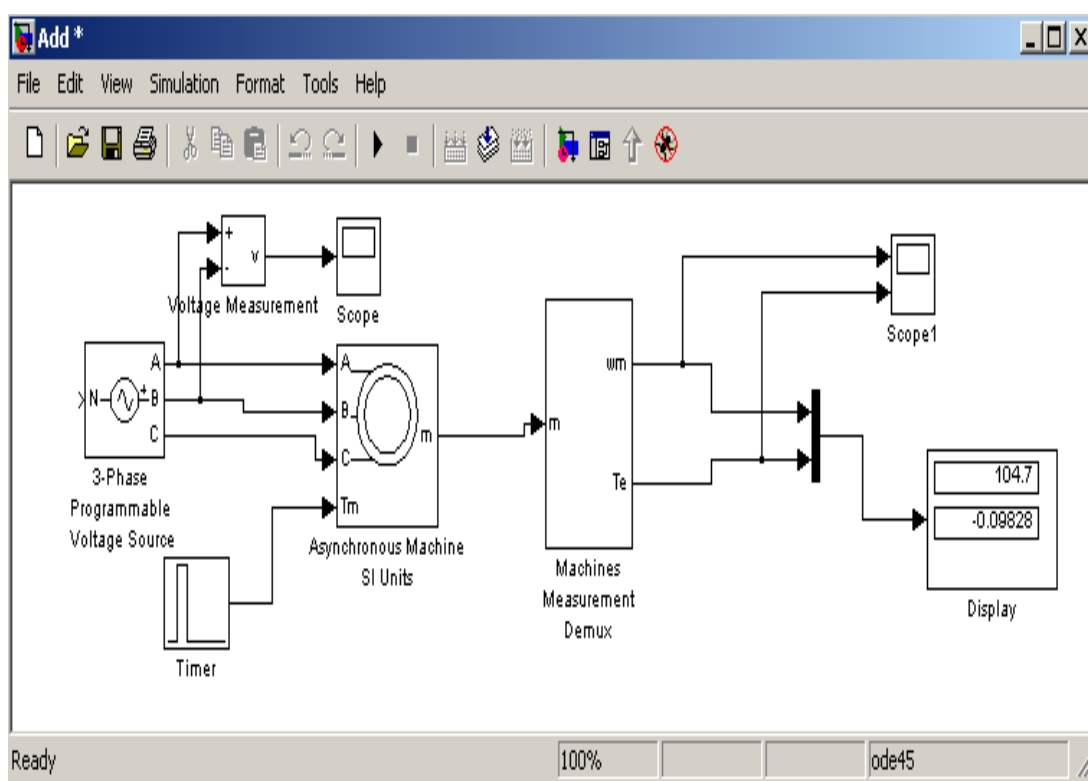
HAS сериялы ток датчигінің сипаттамасы 5.5 суретте көрсетілген.



5.5 сурет – HAS сериялы ток датчигінің сипаттамасы

5.4 Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау

Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау компьютерде құрылған асинхронды электржетектің виртуалды моделінде жүргізіледі. Бұл моделде өтпелі үрдістерді зерттеледі. Виртуалды моделді құру үшін MatLab 6.5 бағдарламалық пакетінің Simulink кітапханасын қолданамыз. Бұл кітапханада виртуаль әр түрлі элементтердің модельдері келтірілген. Электр жетектер жүйесінің виртуалды моделіне кіретін блоктардың параметрлерін арнаулы терезеге ендіруге, өзгертуге мүмкіндік жасалған. 5.6 суретте асинхронды электржетектің MatLab 6.5 бағдарламалық пакетінде жасалған виртуалды моделі көрсетілген.



5.6 сурет – Асинхронды электржетектің MatLab 6.5 бағдарламалық пакетінде жасалған виртуалды моделі

Виртуалдық модель келесі элементтерден тұрады:

- үш фазалы асинхронды қозғалтқыш (Asynchronous Machine SI Unit блогі);
- үш фазалы кернеу көзі (3-Phase Programmable Voltage Source блогі);
- Three-Phase V-I Measurement – бұлар ток пен кернеуді өлшеуге арналған мультиметр ретінде саналады;
- екі элементті Scope – қозғалтқыштың білігіндегі момент пен қозғалтқыштың роторының айналу жиілігінің, сонымен қатар желідегі ток пен кернеудің графиктерін көрсетуге арналған осциллограф;

- екі элементті Display жылдамдық пен моменттің мәндерін өлшеуге арналған аспап;

- Timer– белгілі бір уақыт сәттерінде қозғалтқыш білігіне жүктеме беруді және ол жүктемені алып тастауды жүзеге асыратын элемент.

Зерттеудің алдында ендіру терезелеріне қажетті параметрлерді ендіріледі.

Ендіру терезесіне ендіретін қозғалтқыштың параметрлері (5.7сурет):

- қозғалтқыштың номиналдық қуаты (Вт), желілік кернеу $U_{ж}$ (В), жиілік (f), айналу жылдамдығы, айн/мин;

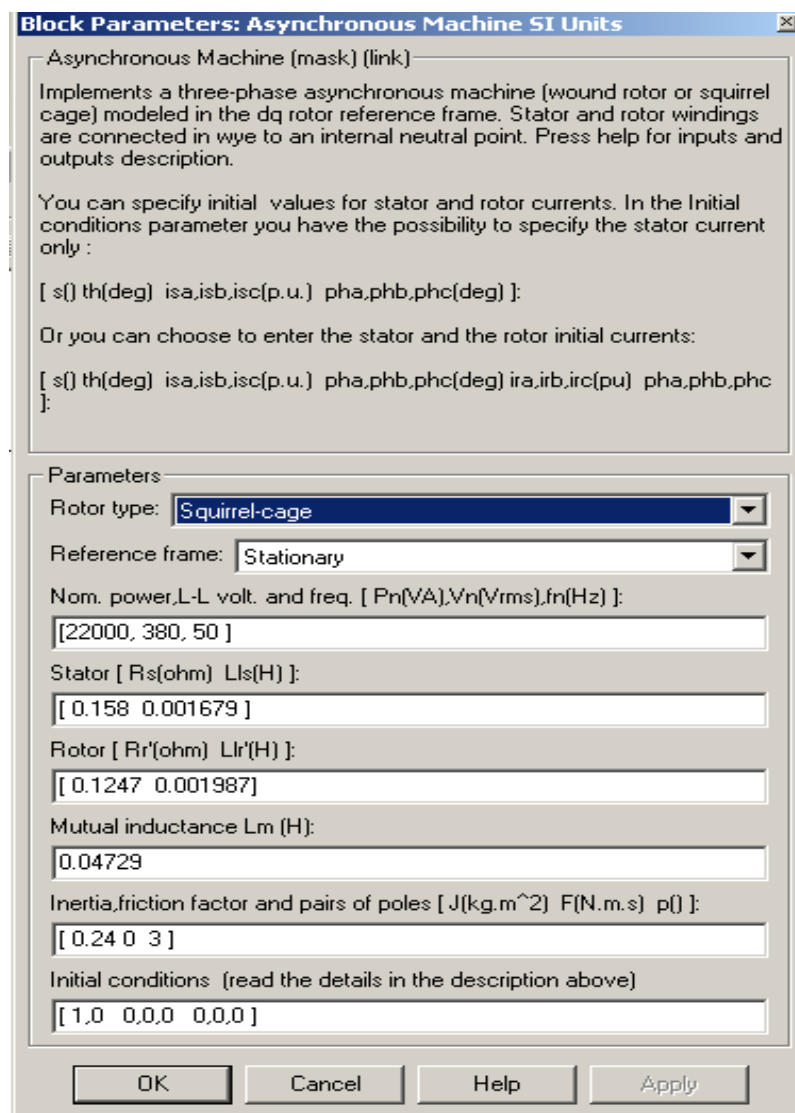
- статор тізбегінің активті кедергісі R_s (Ом) мен индуктивтілігі L_s (Гн);

- ротор тізбегінің активті кедергісі R_r (Ом) и индуктивтілігі L_r (Гн);

- өз аралық индуктивтілік L_m (Гн);

- машинаның инерциялық моменті J (N.m.s);

- құрғақ үйкеліс коэффициенті F (N.m).



5.7 сурет – Қозғалтқыштың құжаттық параметрлерін ендіретін терезе

Үш фазалы кернеу көзінің (3 Phase Programmable Voltage Source) ендіру терезелеріне мына параметрлерді енгіземіз:

- желілік кернеудің амплитудасы;
- кернеудің бастапқы фазасы;
- кернеудің жиілігі.

Динамикалық сипаттамаларды зерттеу үшін мынадай режимдерді қарастырылады.

Бірінші режимде жүктелген қозғалтқышты іске қосу режимін үш түрлі жиілікте ($f_1=50$ Гц, $f_2=30$ Гц, $f_3=15$ Гц) болған кезде қарастырамыз.

Екінші режимде кернеудің жиілігі әртүрлі болған кезде ($f_1=50$ Гц, $f_2=30$ Гц, $f_3=15$ Гц) қозғалтқышқа жүктеме беру және алып тастау әртүрлі уақытта орындалған кездегі өтпелі үрдістер қарастырылады.

Электржетекте $\frac{U}{f} = const$ жиіліктік реттеу заңы қолданылғандықтан. $f=50$ Гц болған кезде $U_{л}=380$ В; $f=30$ Гц болған кезде $U_{л}=228$ В; ал $f=15$ Гц болған кезде $U_{л}=114$ В тең етіп аламыз.

5.8 суретте қоректендіргіш желінің жиілігі $f=50$ Гц, желілік кернеу $U_{ж}=380$ В және $M=0,54M_{н}=117$ Нм болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_{в}=f(t)$ графиктері көрсетілген.

5.8 сурет бойынша артық реттелу

$$\delta = \frac{\Delta\omega}{\omega_{нур}} = \frac{8}{103,5} \cdot 100\% = 7,7\%.$$

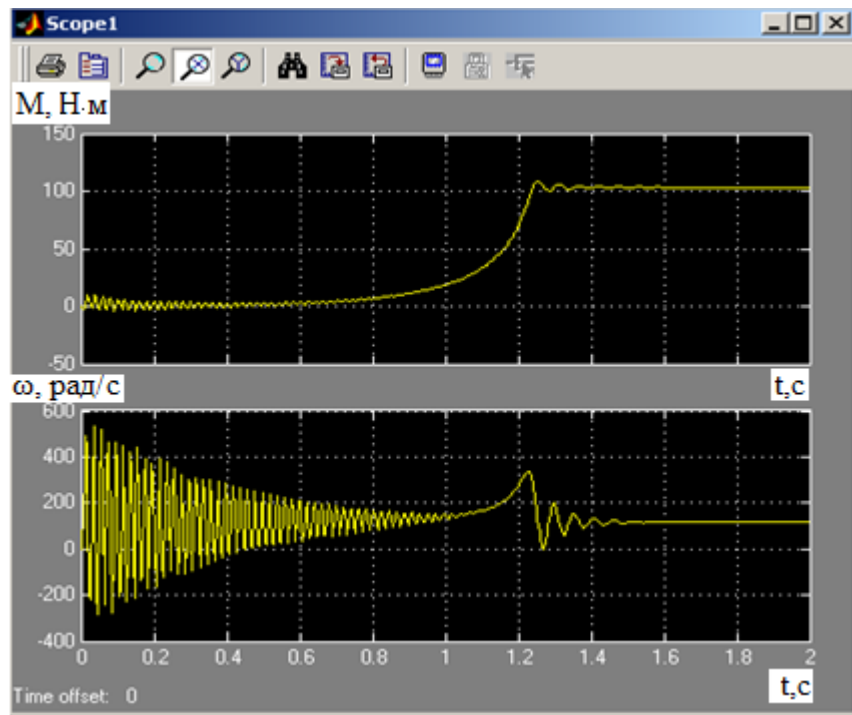
Өтпелі үрдістің ұзақтылығы: $t_{өм}=1,3$ с. Тұрақталған режим кезіндегі $\omega_{н}=103,5$ рад/сек.

5.9 суретте желінің жиілігі $f=30$ Гц, желілік кернеу $U_{ж}=228$ В және $M=0,84M_{н}=183$ Нм болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_{в}=f(t)$ графиктері көрсетілген.

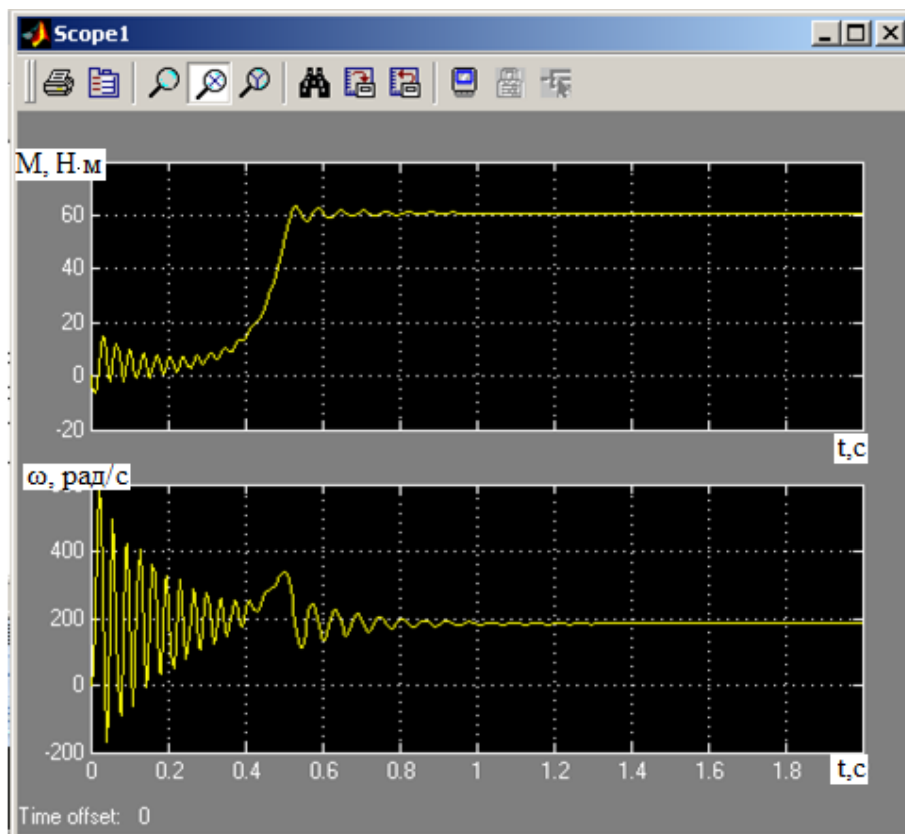
5.9 сурет бойынша артық реттелу

$$\delta = \frac{\Delta\omega}{\omega_{нур}} = \frac{4}{60,78} \cdot 100\% = 6,6\%.$$

Өтпелі үрдістің ұзақтылығы: $t_{өм}=0,8$ с. Тұрақталған режим кезіндегі $\omega_{н}=60,78$ рад/сек.



5.8 сурет - $f=50$ Гц, $U_{ж}=380$ В және $M=0,54M_H=117$ Н·м болғанда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_B=f(t)$ графиктері



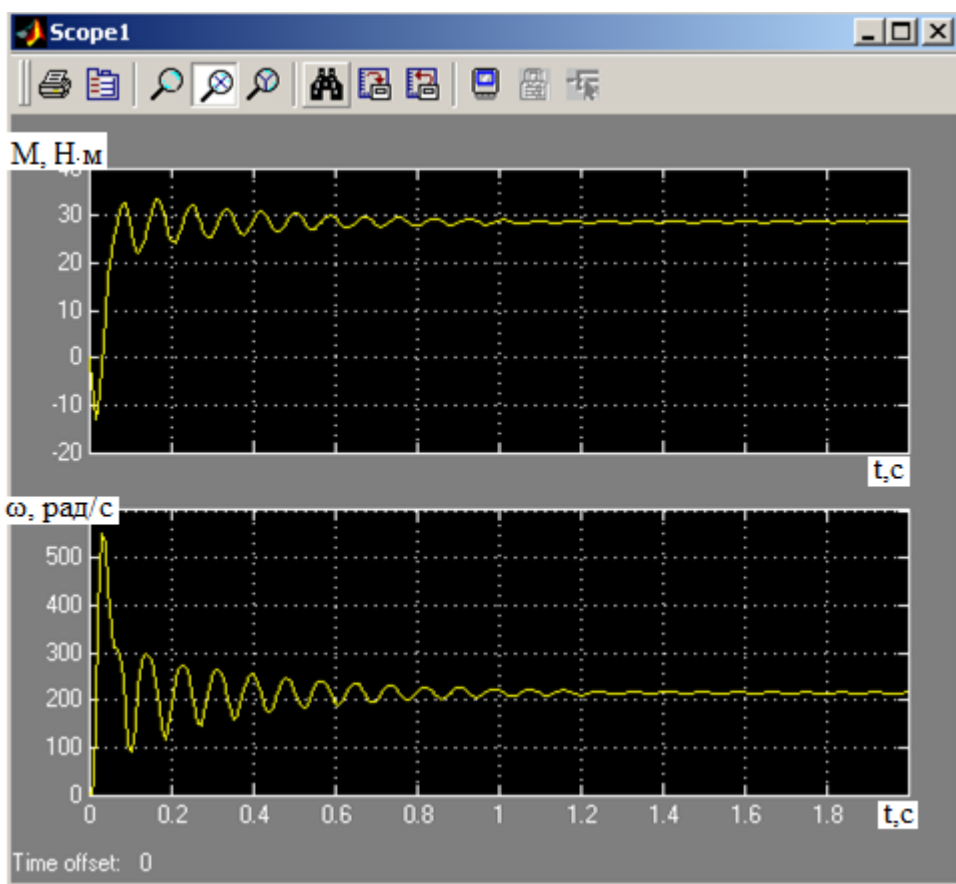
5.9 сурет - $f=30$ Гц, $U_{ж}=228$ В және $M=0,83$, $M_H=80$ Н·м болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_B=f(t)$ графиктері

5.10 суретте желінің жиілігі $f=15$ Гц, желілік кернеу $U_{ж}= 114$ В және $M=M_H=217$ Нм болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_B=f(t)$ графиктері көрсетілген.

5.10 сурет бойынша артық реттелу

$$\delta = \frac{\Delta\omega}{\omega_{\text{нор}}} = \frac{2}{28,61} \cdot 100\% = 7,0\%.$$

Өтпелі үрдістің ұзақтылығы: $t_{\text{от}}=0,8$ с. Тұрақталған режим кезіндегі $\omega_H=28,61$ рад/сек.



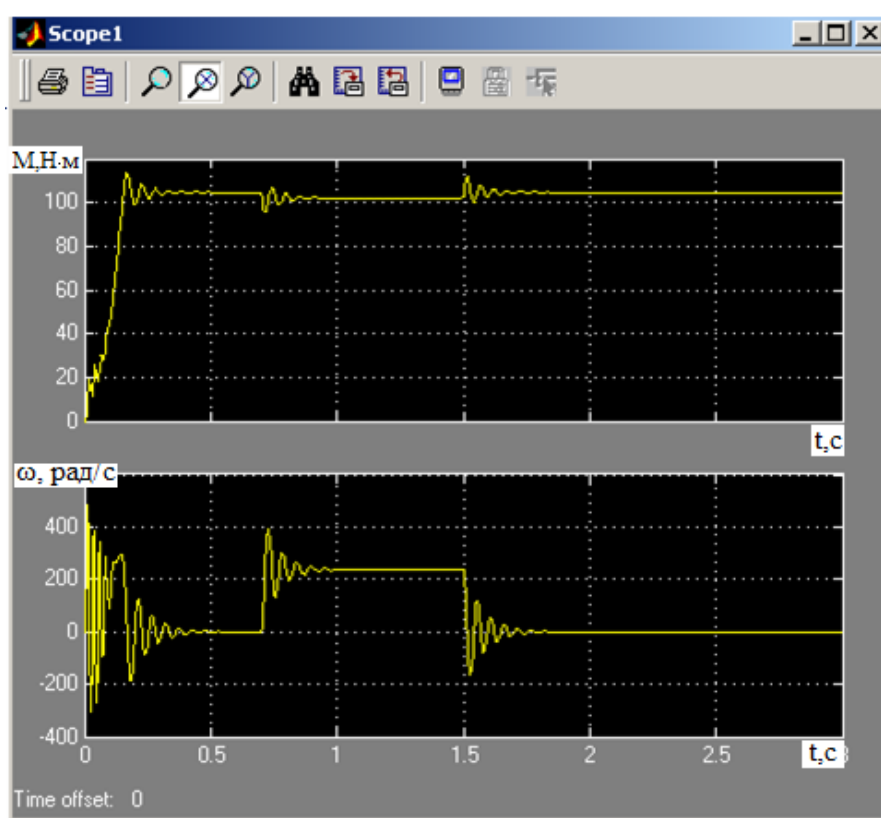
5.10 сурет - $f=15$ Гц, $U_{ж}= 114$ В және $M=M_H=217$ Н·м болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_B=f(t)$ графиктері

Жоғарыда келтірілген графиктерді талдау момент мен жылдамдық мәндері іске қосу сәтінде күрт көтеріліп, өтпелі үрдістің соңына қарай тұрақталған мәндерге (графиктерде олар салыстырмалы бірлікпен берілген) жететіндігін көрсетеді.

Келесі режимде қозғалтқыштың жұмысын Timer арқылы әртүрлі уақытта оған жүктеме берген және одан жүктемені алған кездегі жұмыстық режимдерін қарастырамыз (үш түрлі жиілікте, яғни $f_1=50$ Гц, $f_2=30$ Гц, $f_3=15$ Гц болғанға кезде)

5.11 суретте қоректендіргіш кернеудің жиілігі $f=50$ Гц, мәні $U_{ж}= 380$ В және жүктеме $M=M_{н}= 217$ Нм болған кезде және жүктеменің берілуі мен алып тасталуы әртүрлі уақытта болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_{в}=f(t)$ графиктері көрсетілген.

5.11 суреттегі графикті талдайық. Қозғалтқыш алдымен бос жүріс режимінде жасайды, өтпелі үрдістің ұзақтығы $t_{бж}= 0,4$ с, бұрыштық жылдамдық $\omega_{бж}=104,7$ рад/сек жетеді де тұрақтанады. Онан кейін уақыт $t_6= 0,7$ с болғанда жүктеме ($M=M_{н}=217$ Нм) беріледі, бұл кезде жылдамдық $\omega_{н}=102,5$ рад/сек дейін, номинал мәнге дейін төмендейді, өтпелі үрдістің ұзақтығы $t_{н}= 0,2$ с тең болады. Онан кейін уақыт $t_a= 1,5$ с болғанда жүктеме ($M=0$ Нм) алынып тасталынады, бұл кезде жылдамдық $\omega_{бж}=104,7$ рад/сек дейін, босжүрістік мәнге дейін жоғарлайды, өтпелі үрдістің ұзақтығы $t_{н}= 0,2$ с тең болады.

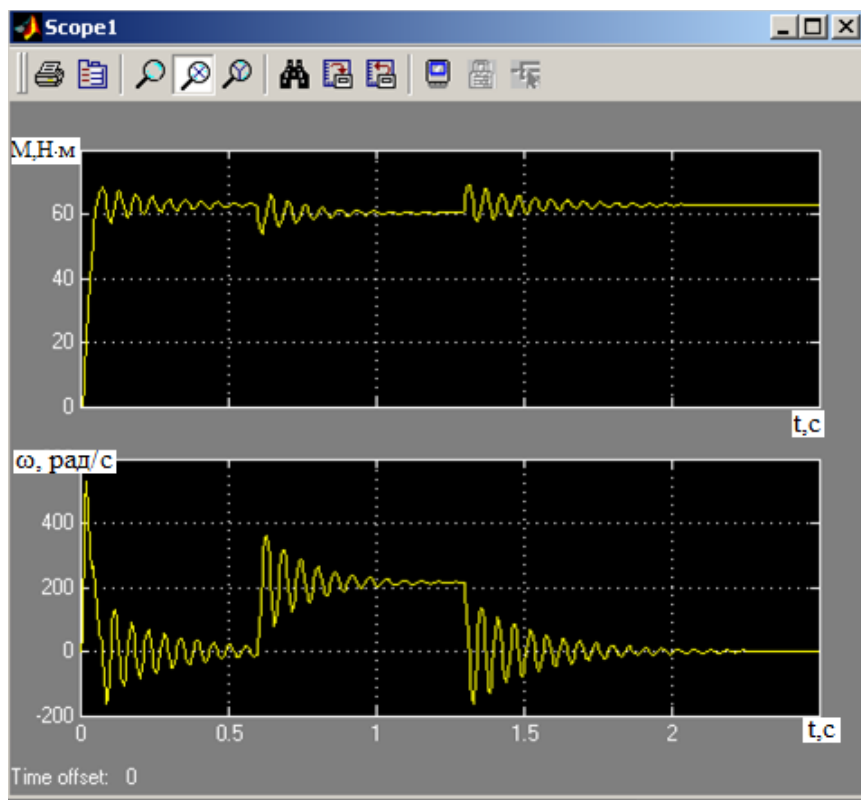


5.11 сурет - Жүктеменің берілуі мен алып тасталуы әртүрлі уақытта болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_{в}=f(t)$ графиктері ($f=50$ Гц, $U_{ж}= 380$ В, $M=M_{н}= 217$ Н·м)

5.12 суретте қоректендіргіш кернеудің жиілігі $f=30$ Гц, мәні $U_{ж}= 228$ В және жүктеме $M=M_{н}= 217$ Нм болған кезде және жүктеменің берілуі мен алып тасталуы әртүрлі уақытта болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_{в}=f(t)$ графиктері көрсетілген.

5.12 суреттегі графиктерді талдау негізінде мынадай қорытынды жасауға болады. Қозғалтқыш жүктемесіз іске қосқан кезде өтпелі үрдістің ұзақтығы

$t_{\text{бж}}=0,6$ с, бұрыштық жылдамдық $w_{\text{бж}}=62,8$ рад/сек жетеді де тұрақтанады. Уақыт $t_6= 1,3$ с болғанда жүктеме ($M=M_H=217$ Нм) беріледі, бұл кезде жылдамдық $w_H=60,8$ рад/сек дейін, номинал мәнге дейін төмендейді, өтпелі үрдістің ұзақтығы $t_H= 0,4$ с тең болады. Уақыт $t_a= 1,3$ с болғанда жүктеме ($M=0$ Нм) алынады, бұл жағдайда жылдамдық $w_{\text{бж}}=62,8$ рад/сек дейін, босжүрістік мәнге дейін жоғарлайды, өтпелі үрдістің ұзақтығы $t_H= 0,4$ с.

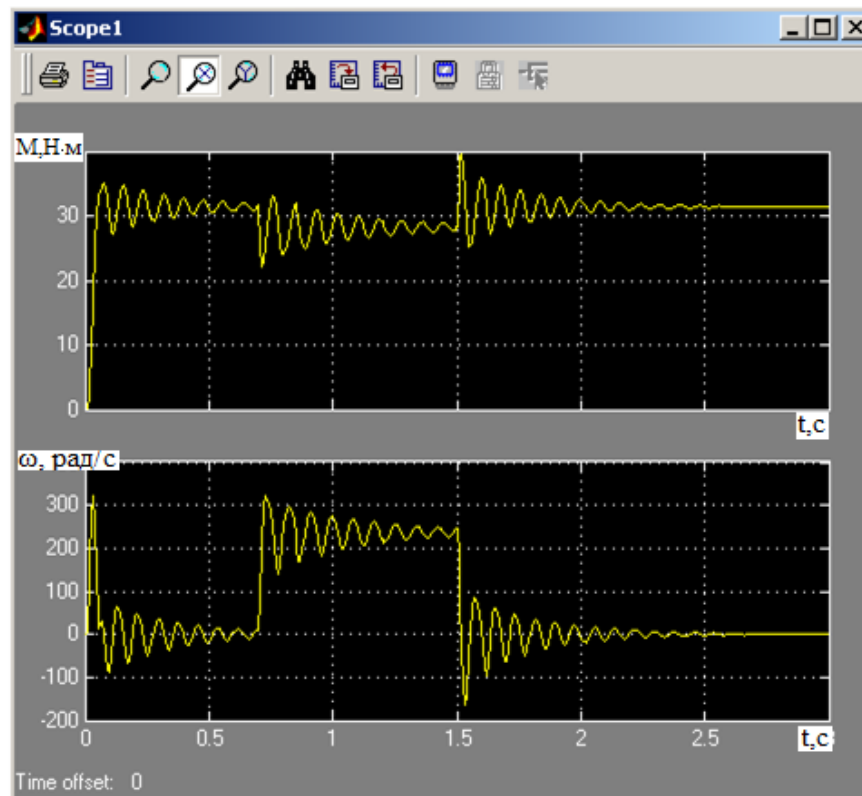


5.12 сурет - Жүктеменің берілуі мен алып тасталуы әртүрлі уақытта болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_B=f(t)$ графиктері ($f=30$ Гц, $U_{\text{ж}}=228$ В, $M=M_H= 217$ Н·м)

5.13 суретте кернеудің жиілігі $f=15$ Гц, мәні $U_{\text{ж}}= 114$ В және жүктеме $M=M_H= 97$ Нм болған кезде және жүктеменің берілуі мен алып тасталуы әртүрлі уақытта болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_B=f(t)$ графиктері көрсетілген.

5.13 суреттегі графиктерді талдаудан мынадай қорытынды жасауға болады. Қозғалтқыш жүктемесіз іске қосылған кезде өтпелі үрдістің ұзақтығы $t_{\text{бж}}=0,5$ с, бұрыштық жылдамдық $w_{\text{бж}}=31,38$ рад/сек жетеді де тұрақтанады. Уақыт $t_6= 0,7$ с болғанда жүктеме ($M=M_H= 217$ Нм) беріледі, бұл кезде жылдамдық $w_H=28,61$ рад/сек номинал мәнге дейін төмендейді, өтпелі үрдістің ұзақтығы $t_H= 0,7$ с тең болады. Уақыт $t_a= 1,5$ с болғанда жүктеме ($M=0$ Нм) алынады, бұл жағдайда жылдамдық $w_{\text{бж}}=31,38$ рад/сек дейін, босжүрістік мәнге дейін жоғарлайды, өтпелі үрдістің ұзақтығы $t_H= 0,5$ с.

Жүргізілген зерттеулер нәтижелері мынадай қорытынды жасаймыз. $\frac{U}{f} = const$ жиіліктік реттеу заңын қолданған кезде және жүктемені бірден берген кезде кернеудің жиілігін (оған сәйкес кернеудің мәнін азайтқанда) азайтқан сайын ротордың айналу жылдамдығы азаяды, бірақ тікелей қосуға болатын моменттің мәні ұлғайатындығын, номиналдық мәнге жақындайтындығын, ал өтпелі үрдіс ұзақтығы қысқаратындығын көрсетеді.



5.13 сурет - Жүктеменің берілуі мен алып тасталуы әртүрлі уақытта болған жағдайда өтпелі үрдістердің $\omega=f(t)$ және $M_b=f(t)$ графиктері ($f=15$ Гц, $U_{ж}=114$ В, $M=M_n=217$ Н·м)

Имитациялық моделде жүргізілген зерттеулер әртүрлі режимдер кезіндегі өтпелі үрдістердің талдауға мүмкіндік беретіндігін және электрқозғалтқыш қабылданған электр жетекке қойылатын талаптарды (артық реттеу 8% аспайды) қанағаттандыратындығын көрсетті.

6 Өмір тіршілік қауіпсіздігі

6.1 Кранмен жұмыс жасау кезіндегі техника қауіпсіздік шаралары

Машинист өзінің әрбір әрекетін қандай да бір манипуляцияны жүзеге асыра бастағанға дейін берілетін арнайы сигналдармен бірге жүреді. Кранмен қауіпсіз жұмыстың негізгі ережелерін жұмыс процесінің барлық

қатысушылары орындауы тиіс: машинист және алаңдағы барлық басқа адамдар. Олардың негізгілерін қарастырамыз.

Кез келген объектіде кранмен жұмыс істеу кезінде еңбекті қорғау шаралары ілгектің немесе жебенің астында тұрмау талаптарынан басталады. Жұмыс істейтін кранның сырт жағында қандай да бір, жағдайда табылуға болмайды. Мұндай жүкті тасымалдайтын кезде өлімге әкелуі мүмкін. Қызметкерлер қашықтықты 1-1-ге сақтауы тиіс. Жүктен 5 м қашықтықта және краншы сигналын бергеннен кейін ғана оған жақындай алады. Кранды монтаждау кезінде (дуалдардан, құрылыстардан, блоктардан) талап етілген нұсқаулықтарды жүзеге асыру керек. Егер кранды монтаждау кезінде электрмен жабдықтау желілеріне жақын жүргізілсе, онда қауіпсіздік талаптары келесідей:

ЭБЖ желілерімен көршілес болған кезде кранды кейіннен пайдалану үшін, арнайы наряд-рұқсат талап етіледі.

Троллейбус желілерінің жанында жұмыс істеген кезде оларды токтан ажыратқанға дейін кранды орнату кезінде олардан кемінде 1 м қашықтықта болу қажет.

Жұмыс жүргізу аймағы бөгде адамдардың кіруіне жол бермеу мақсатында арнайы белгілермен немесе қоршауымен қоршалады. Егер машинист 35 м жоғары биіктікте болса, онда әдетте оның және басқа қызметкерлердің арасында радиобайланыс орнатылады.

Кранды қауіпсіз пайдалану принциптері кранмен жұмыс істеуге кіріспес бұрын, оны қауіпсіздік талаптарын тексеру керек. Механизмнің айналмалы бөлшектері қаптамалармен жабылуы тиіс. Машина бөлімшесі қоршауларының, сондай-ақ краншы кабинасына апаратын сатылардың сақталуы тексеріледі. Жалпы жүк көтергіш құрылғыларды қауіпсіз пайдалану ережелері ҚНЖЕ Ш-а 11-70 бойынша қарастырылған. Сондай-ақ машинист кранды дайындаушыдан алынған жүк көтергіштігі кестесіне байланысты, орны ауыстырылатын элементтердің салмағын салыстыруға міндетті. Едәуір ұзындық жебесі бар крандардың жұмыс істеуі тасымалданатын жүк түсірілетіндіктен қауіпті. Тербеліс жиілігіне байланысты болғандықтан, ықтимал қауіпті аймақ радиусы өзгереді.

Құрылыс алаңдарында кең тараған крандар мен көтергіштерді пайдалану кезіндегі қауіпсіздік техникасының негізгі талаптарын қарастырамыз.

Мұнара крандары үшін техника қауіпсіздігінің талаптарына сәйкес мұнаралы кранның кран асты жолдарының астындағы балласттың жоғарғы қабатын шекті материалдардан (қиыршық тас, құм, малтатас және т.б.) орнату керек. Балласты шаюдан қорғау үшін, жаңбырлы сулармен қорғау қажет. Кран асты жолдарының еңісі 0,002 аспауы тиіс. Көлденең бағытта жолды кесіп өтуге рұқсат берілмейді. Жолдардың дұрыс орналасқандығын және олардың дұрыстығын, оның ішінде жолтабанның енін күн сайын тексеру керек. Кран асты жолдарының қазаншұңқырлар мен траншеялардың қасынан қауіпсіз арақашықтығы ойықтар еңістерінің орнықтылығына есептеумен немесе олардың бекітпелерінің беріктігін есептеумен анықталуы тиіс. Кран асты жолының соңында тіреулер орнату қажет, ал рельстер сенімді жерге қосылуы

тиіс. Кранға электр энергиясы жүргізілетін иілгіш кабель, оны механикалық зақымданудан қорғайтын жаңа шлангты резеңкеде жасау қажет.

Мұнаралы крандарды пайдалану кезінде жазатайым оқиғаларды болдырмау мақсатында міндетті түрде келесі қауіпсіздік техникасының негізгі талаптарын орындау қажет:

1. Кранның жұмысы 6 балға дейін жел кезінде ғана рұқсат етіледі. 6 баллдан асатын жел кезінде кранның жұмысы тоқтатылуы тиіс және кранды айдап кетуге қарсы құралдармен бекіту, ал жебені көлденең күйге түсіру қажет.

2. Ілінген жүгі бар кран жебесінің өзгертуге болмайды, себебі бұл кранның аударылуына немесе жебенің сынуына әкелуі мүмкін.

3. Керек адамдарды көтеру және түсіру үшін, кранды ілмекте, люлькаларда, қауғаларда және басқа да жүк көтергіш құрылғыларда пайдалануға қатаң тыйым салынады.

4. Кранның жұмысы кезінде көтерілетін немесе қозғалатын жүктің астында, сондай-ақ оған тікелей жақын жерде ешкімге де болуға рұқсат етілмейді, өйткені көтеру немесе орын ауыстыру кезінде жүк құлап кетуі және жақын тұрған адамға соққы беруі мүмкін.

5. Жүкті көтеру кезінде кранның аударылуы және жүктің жылжуын болдырмау үшін, тіктеп жүргізу қажет, бұл жазатайым жағдайларға әкеп соқтыруы мүмкін. Сол себепті жүкті көтеру механизмінің ілмегімен бүркуге тыйым салынады. Жебенің бұрылысымен крандарында жүктерді бүрку кезінде жиі жебенің сынуына алып келеді. Сонымен қатар, жебенің бұрылысымен сырғанау жүкті, қатты шайқауға әкеп соғады, бұл жақын маңдағы адамдарға үлкен қауіп төндіреді.

Кранды жөндеу кезінде, жазатайым оқиғаларды болдырмау үшін талап етілген шаралар:

а) қолдарында құрал-саймандар, аспаптар, бөлшектер және т. б. бар тік баспалдақпен көтеру және түсіру; бұл заттарды иық арқылы лақтырылған сөмкеде немесе байланған және бекітілген сөмкеде ғана түсіру және көтеру керек;

б) мұнарада және жебеде сақтандыру белдігінсіз жөндеу персоналы кранының қозғалуы;

в) мұнарада немесе кран жебесінде жөндеу жұмыстарын жүргізу кезінде адамдардың төменгі жағында, кран аймағында болуы. Жөндеу жүргізілгеннен кейін кран мұқият тексерілуге тиіс, бұл ретте кранда қандай да бір құрал-саймандар немесе краннан құлаған кезде жазатайым оқиғалар тудыруы мүмкін қандай да бір заттар қалмағанын тексеру қажет. Жүкті рұқсат етілген жүк көтергіштіктен артық көтеруге үзілді-кесілді тыйым салу керек. Осыған байланысты жүк көтергіштікті шектегіштің шетіне қою ерекше маңызды.

Қауіпсіздік техникасы ережелеріне сәйкес арқандардың және жебелік крандардың және монтаждық жебелердің созылуының беріктілік қорының коэффициенті кемінде 3,5 болуы тиіс; вантта олардың тартылуын реттеу үшін тартпалы муфталар (талрептер) болуы тиіс. Монтаждау жебелерін тасымалдау

немесе ауыстыру кезінде және олардың биіктігінің әрбір өзгеруі кезінде олар қайта техникалық қуәландыруға және жүктемемен сынауға ұшырауы тиіс.

Бағыттамалы жылжымалы крандардың жұмысы кезінде мынадай негізгі қауіпсіздік талаптарын орындау қажет:

1. Жүктеме жебесі үшін шекті рұқсат етілетін шамаға жақын жүкті көтеру кезінде жүкті елеусіз биіктікке (25-50 мм) көтеру және бұл ретте кранның орнықтылығын, тежегіштердің әрекетін, сондай-ақ айналмалы бөліктің жағдайы мен жұмысын тексеру қажет. Мұндай тексеруден кейін кран рельстерден басып алу арқылы бекітілуі немесе кран конструкциясының бір бөлігін құрайтын домкраттарға орнатылуы тиіс; осыдан кейін ғана жүк көтерілуі мүмкін. Осы ұшу кезінде аутригерлерді (жылжымалы арқалықтарды) пайдалануды талап ететін Кранның сипаттамасы бойынша жүктерді, соңғыларын қолданбай көтеруге жол берілмейді.

2. Қисық кранда жұмыс істеген кезде рельстерден басып алу арқылы бекіту қажет, ал еңісі бар жолдарда жұмыс істеу және тоқтау кезінде басып алуды нығайтудан басқа, ол көтерілетін жүктің көлеміне қарамастан тежелуі тиіс.

3. Электр сымдарының жанында қозғалу кезінде кран түсірілген жебемен қозғалыс жасауы тиіс; осы талапты сақтау мүмкін болмаған жағдайда немесе егер түсірілген жебе кезінде сымдармен жанасу мүмкіндігі жойылмаса, осындай учаскеде кран жұмысына жол берілмейді.

4. Кранның жұмысы кезінде және темір жолдармен қозғалғанда қызмет көрсетуші персонал темір жол сигнализациясының ережелерін орындауы тиіс. Жүкті бір мезгілде екі кранмен көтеруге тек қана крандар мен көтергіш механизмдерді қадағалауға жауапты адамның тікелей басшылығымен рұқсат етіледі; бұл ретте жүк арқандары тігінен орналасуын сақтауы тиіс, ал әрбір кранға келетін жүктеме оның жүк көтергіштігінен аспауы тиіс (иықтың тиісті арақатынасымен траверзаны қолдану ұсынылады). Крандардың және олардың жекелеген механизмдерінің барлық қозғалысы, сондай-ақ жұмыс кезінде тежеу баяу, жүлқусыз, тиісті сақтықпен және бақылаумен жүргізілуі тиіс. Ерекше жағдайларда, кранмен жүргізілетін қозғалыстар адамдардың мертігуі және кран мен механизмдердің сынуы болып, кері бағытта жылдам тоқтауға және жылдам іске қосуға жол беріледі. Кранның, арбаның немесе ілгектің барлық қозғалуы жүрістің немесе көтерудің Автоматты шектегіштерін пайдалануға жол бермейтін шектерде жүргізілуі тиіс. Жүктерді көлденең тасымалдау кезінде соңғылары жолда кездесетін заттардан 0,5 м-ден кем емес биіктікке көтерілуге тиіс. III - у краны және жүк көтергіштігі аз крандар. Крандар-укосин тіреуіштері (діңгектері) Беріктілік қорының коэффициенті 4-тен кем емес орнықтылық пен беріктілік па есебіне жатады. Олар 120°жоспарында бұрыштағы үш созылғышпен бекітілуі тиіс. Тіреуіштерді керу құрылғыларымен жабдықтау қажет. Бекітпелердің зақымдануын болдырмау үшін созудың төменгі ұштары қоршалуы тиіс. Керуге арналған материал болат арқан сияқты диаметрі кемінде 6 мм болат сым (катанка) да бола алады. Созулардың Беріктілік қорының коэффициенті Тұрақты жұмыс істейтін үшін 3,5 және Уақытша (1 жылға дейін)

үшін 3,0 тең. Тіректерінің жоғарғы және төменгі қамыттары бағанаға қамыттардың тұрақ бойынша сырғуына және сырғуына жол бермейтін тәсілмен бекітіледі (қамыттардың бұрандамалық қосылыстары контргайкалармен жабдықталады). Кран-еңкіш дінгегі дінгектер арасындағы қашықтық 400 мм-ден аспайтын дінгек басы мен блоктық бөліктерді қарауға және майлауға арналған саты түріндегі берік бекітілген бөренелермен жабдықталуы қажет. Дінгекті орнату, әдетте, Жиналған түрде жүргізіледі. Дінгекті өсіруді тек ерекше жағдайларда (тиісті алаң болмаған жағдайда), бірақ барлық сақтық шараларын міндетті түрде қабылдай отырып жүргізуге рұқсат етіледі. Жерде алдын ала жиналған дінгектерді орнату кезінде, сондай-ақ оларды бөлшектеу кезінде дінгектің бір жарым биіктігіне тең радиуста бөгде адамдардың болуына тыйым салынады.

6.2 Кабинадағы жасанды жарықтандыруды есептеу

$$P_{ш} = \frac{(0,16 - 0,25) \cdot E_N \cdot s \cdot k}{n}, \quad (6.1)$$

мұнда $P_{ш}$ -шамның қуаты, Вт;

E_N - жарықтандырудың нормаланған, Лк;

s – жарықтандырылатын аудан, м²;

k – қор коэффициенті;

n – шамдар саны.

Кабинадағы аспаптар мен механизмдердің пайдалану шарттарынын қамтамасыз ету үшін, СНИП 23.05-95 байланысты, 50Лк тең болу керек. Сондықтан E_N - 50Лк деп қабылдаймыз.

$$P_{ш} = \frac{0,19 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 1,2}{1} = 17,1 \text{ Вт.}$$

Кабинаны жарықтандыру үшін, 17Вт қыздыру шамын таңдау керек, ол шашырыңқы жарықты береді. Шамды плафонға орналастырамыз. Кранның кернеуін ескере отырып 24 вольтті ПК 201-А шамын таңдаймыз. Машинисттің көзлеріне әсерін беретіндіктен панельдердінде жарықтандыруын ойластыруымыз керек, мысалы аспаптарға түсетін жарық.

$$P = 0,2 \cdot E_n \cdot s_{ауд} \cdot k, \text{ Вт}, \quad (6.2)$$

мұнда P – аспаптардың панелін жарықтандыратын шамдардың қуаты, Вт;

E_n - жарықтандырудың нормаланған мәні, Лк;

$s_{ауд}$ - жарықтандырылатын аудан, м²;

k – қор коэффициенті

Аспаптардың жарықтандырылатын нормаланған мәні $E_n = 0,3-1,1$.

Таңдайтын мәніміз $E_n = 0,3$.

$$P = 0,2 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 1,2 = 0,072 \text{ Вт.}$$

Аспаптардың панелінің жарықтандырылуы үшін сезіг аз қуатты шам таңдаймыз А 12-1, қуаты 0,01 Вт, әрқайсысы.

6.3 Крандардың биіктігіне байланысты аймағын анықтау

Монтаждау аймағын есептеу Қауіпті аймақтар - шектерінде қауіпті өндірістік факторлар тұрақты жұмыс істейтін немесе ықтимал әрекет етуі мүмкін аймақтар (жүккөтергіш крандармен жүктерді тасымалдау орындары). Монтаждау аймағы - Элементтерді орнату және бекіту кезінде жүктің құлауы мүмкін кеңістік. Монтаждау аймағын ғимараттың сыртқы контуры бойынша оның биіктігіне қарай анықтайды. Бұл аймақта тек монтаждық механизмдер бар. Монтаждық аймақтың шамасы 3.1-кесте бойынша ғимараттың биіктігіне байланысты анықталады. Ғимараттың биіктігі 50,78 м-монтаж аймағының ені-7 М.

6.1 кесте – Аймақ биіктігінің ара қашықтықтары

Жүктің құлау мүмкіндігінің биіктігі, м	Жүктің минималды арақашықтығы, м
Кран арқылы жылжыту(жұмыс аймағы)	Ғимаратқа беру (жөндеу аймағы)
10 дейін	4
20	7
70	10
120	15
200	20
300	25
450	30

Кранмен қызмет көрсетілетін аймақ немесе жұмыс аймағы-Кранның ілгегімен сипатталатын желі шегіндегі кеңістік. Жебенің (L_{\max}) максималды жұмыс ұшуына сәйкес келеді.

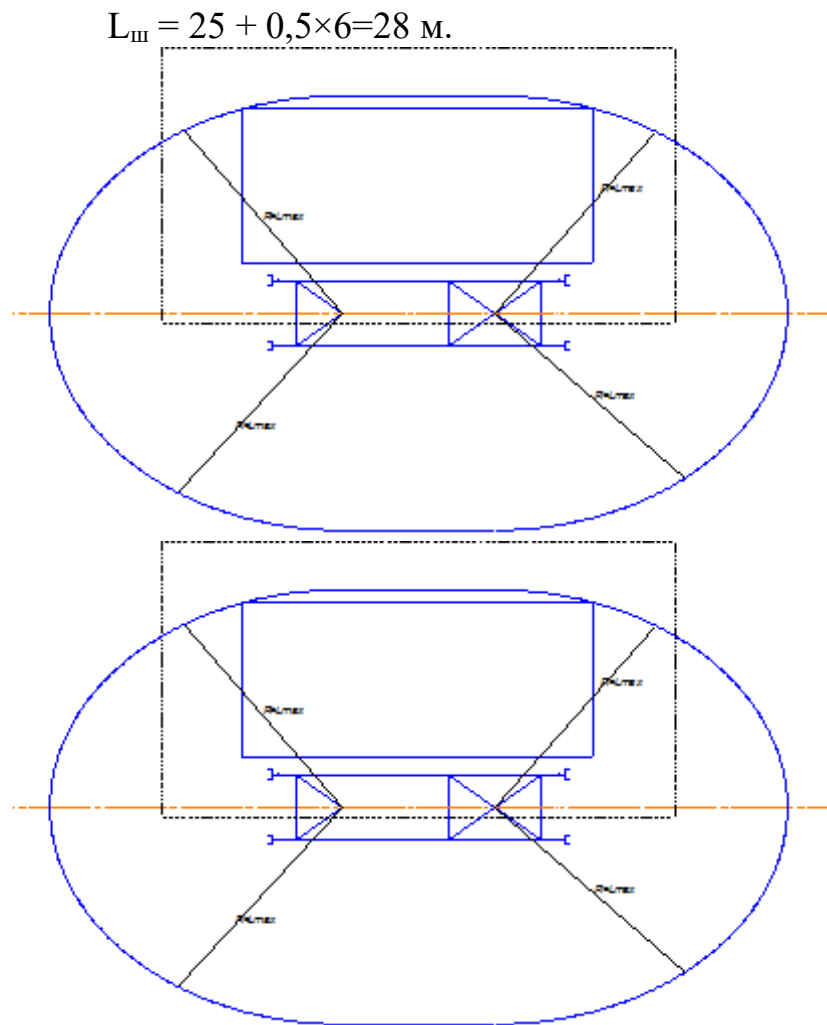
Жүктің орнын ауыстыру аймағы-жүктің орын ауыстыруы мүмкін шегіндегі кеңістік.

$$L_{\text{ш}} = L_{\text{max.жұм}} + 0.5 \cdot L_{\text{max.жүк}}. \quad (6.3)$$

мұнда $L_{\text{н.жұм}}$ - жүктің орнын ауыстыру аймағы шекарасының радиусы;

$L_{\text{max.жүк}}$ - жебенің ең жоғарғы жұмыс ұшуы;

$L_{\text{max.жұм}}$ - ең үлкен жүктің ұзындығы.



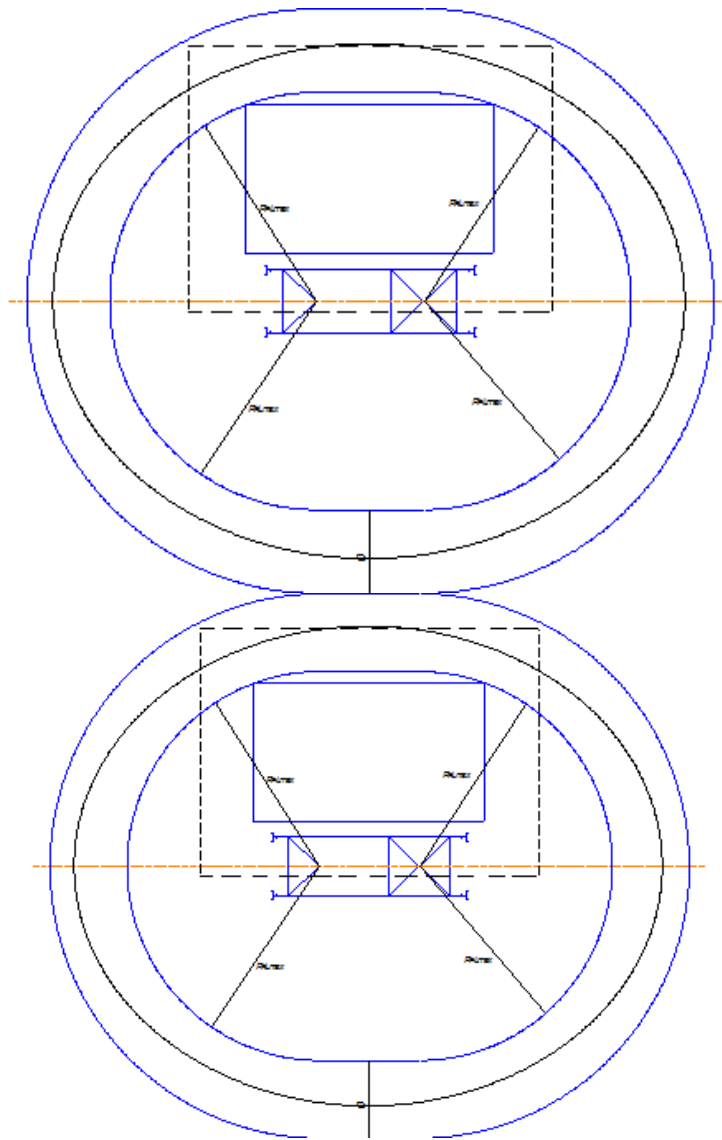
6.1 сурет – Кранның жұмыс аймағы

Кранның қауіпті жұмыс аймағы - құлау кезіндегі ықтимал шашырауды ескере отырып, орын ауыстыру кезінде жүктің құлауы мүмкін кеңістік.

$$R_{он} = R_{max} + 0,5 L_{maxгр} + L_{к}, \quad (6.4)$$

мұндағы $R_{он}$ -кран жұмысының қауіпті аймағы шекарасының радиусы, м;
 R_{max} -жебенің ең жоғары ұшуы, м;
 $L_{maxгр}$ - ең үлкен жүктің ұзындығы, м;
 $L_{к}$ - қауіпсіз жұмыс үшін қосымша қашықтық, 6.1-кесте бойынша анықталады, ғимараттың биіктігіне байланысты.

$$R_{он} = 25 + 0,5 \times 6 + 10 = 38 \text{ м.}$$



6.2 сурет – Кранның қауіпті жұмыс аймағы

Кран асты жолдарының қауіпті аймағы - кран асты жолдарының инвентарлық қоршауы гараждарының арасындағы кеңістік.

Қауіпті аймақтарды шектеу жөніндегі талаптар

Қауіпті аймақ шекарасында, адамдардың өтуі мүмкін жерлерде Кранның жұмысы туралы ескертетін белгі орнатылады.



6.3 сурет – Кран жұмыс жасалып жатқандығын ескертетін белгі

Жүк көтергіш крандарды қолдана отырып, объектілерді салу кезінде, салынып жатқан ғимараттарға жақын орналасқан қауіпті аймақтарға, сондай-ақ жүктерді крандармен тасымалдау орындарына көлік немесе жаяу жүргіншілер жолдары түскен кезде, жұмыстар адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін келесі мәселелерді шешетін БС және ЖАЖ-ға сәйкес орындалуы керек:

- ең аз және ең көп ұшып шығу үшін мұнаралы крандардың бақылау жүктерінің орналасқан жері кран жолының қоршауынан кейін орналасады;

- құрылыс алаңында ерітінді мен бетон қоспасын қабылдау орындары қатты жабыны болуы тиіс;

- крандардың жұмыс аймағын жасанды шектеу үшін құралдарды қолдану;

- қорғау қоршауының бойындағы жаяу жүргіншілер өтпесінде күнқағары, салынып жатқан ғимарат жағынан тұтас қаптамасы болуы және одан екі метрден жақын емес қашықтықта орналасуы тиіс;

- кран жебесінің жұмыс аймағының шекарасына қарай бұрылу жылдамдығы тасымалданатын жүктен аймақтың шекарасына дейін кемінде жеті метр қашықтықта ең азға дейін шектелуі тиіс;

- жұмыс жүргізу учаскесінің қауіпті аймағын қызыл-ақ түсті лентамен белгілеу көзделеді;

- жүктің орнын ауыстырудың ең жоғары биіктігі қорғаныш қоршауынан 0,5 м кем болмауы тиіс, ал қорғау қоршауының биіктігі монтаждық Горизонт деңгейінен 3 м кем болмауы тиіс;

- қауіпті аймақ шекарасында және адамдардың өтуі мүмкін жерлерде (жолдар мен жаяу жүргіншілер жолдары) Кранның жұмысы туралы ескертетін белгілер орнатылады;

- жұмыс істеп тұрған ғимараттарда адамдарды орналастырмай және өндірісті тоқтатпай жапсарлас ғимараттарды салудың басты шарты тиісті техникалық іс-шараларды (жебенің бұрылуын, ұшып шығуды немесе көтеру биіктігін мәжбүрлеп шектеу, қорғау қоршауларын орнату, сондай-ақ басқа да іс-шараларды әзірлеу есебінен адамдар тұрған жерлерде (оның ішінде ең жоғары көтерілу немесе ұшып шығу кезінде) қауіпті аймақтардың пайда болу мүмкіндігін болдырмау болып табылады.);

- краншы ескерту белгісіне дейін кем дегенде 1 м бұрын жүктің қозғалу жылдамдығын ең азға дейін төмендетуге және одан әрі жүкті осы жылдамдықта қысқа қайта қосумен жылжытуға міндетті.

7 Экономикалық бөлім

7.1 Крандық құрылғыларға арналған электр жетек жүйесін таңдау нұсқаларын технико-экономикалық салыстыру

Крандық құрылғыларға арналған электр жетек жүйесін таңдап салыстырмалы сипаттамаларға талдау жасалады.

Электр жетек жүйесін таңдап экономикалық бағалау жасалып, бастапқы шығыстармен, жөндеуге пайдалану шығындарымен, сондай-ақ желіден күрделі

жөндеуге дейін пайдалану кезеңіндегі, кран құрылғыларын тоқтатқан кездегі және тұтынылатын энергия шығындарымен байланысты ең аз шығынға негізделуі тиіс.

Үздік қаржы көрсеткіштеріне ие жүйе таңдалып есептелінеді. Егер салыстырылатын жүйелердің қаржылық сипаттамалары жақын болса (айырмашылығы 15%-дан аспайтын), онда масса габаритті көрсеткіштер және электр жабдығын орналастыру шарттары бойынша қосымша бағалау орындалады.

Капиталдық шығын есептелінеді және бұл жобаның экономикалық тиімділігі анықталынады.

Реттейтін электр жетегі технологиялық машиналарда, қажет болған жағдайда технологиялық процестерді (жүк көтергіш крандар электр жетегі, эксковатор) жылдам басқарылады. Сонымен қатар қажет болған жағдайда технологиялық режимді орнатуға және аса дәл ұстап тұруға мүмкіндік береді, осылайша бүкіл технологиялық процестерді аса дәлдікпен басқарып отыруға мүмкіншілік береді, сонымен қатар қажет жағдайда технологиялық процестерді түзетіп отыруға мүмкіншілік береді. Қысқа тұйықталған роторлы АҚ жүйесінде қолданылатын сенімділік.

Қазіргі уақытта электр энергияны үнемдеу, өндіріс механизмдерін автоматтандыру, қауіпсіздігін жоғарылату ең маңызды факторлар. Осы жағдай асинхронды электрлі жетекте де қарқынды дамуда. Электр жетекті жетілдіру, жұмысының сенімділігін арттыру, өнімділікті көтереді.

Автоматтандырудың жоғары деңгейі:

- тозудың азаюы және құрылғының жұмыс істеу уақытының созылуы;
- жетек механизмінде динамикалық жүктемелердің азаюы;
- өзін-өзі диагностикалау арқылы бұзылуға тұрақтылықтың жоғарылығы;
- ток және момент бойынша асқын жүктемені көтеру қабілеттілігі;
- бұйымның өз класында баға-сапа қатынасы неғұрлым оңтайлы болуын қамтамасыз етуі;
- пайдалануға кеткен шығынның төмендеуі;
- энергия тұтынудың оңтайлау есебінен электр энергиясын тұтынудың 10% - ға азаюы;
- бөлінген ақша өтелімділігінің қысқа мерзімі.

Техникалық және экономикалық көрсеткіштерін есептеуде электрлі жетектің екі жүйесін салыстырмалы техникалы деректерінде талдау арқылы жүзеге асырылады. Экономикалық бағалау ең төменгі шығындар принципіне жүзеге асады: басқы аз шығындар, жөндеу және қызмет көрсетуге техникалы қызмет көрсету шығындарымен, электрлі қуат шығыны.

Бұл дипломды жұмыста тартқыш электр жетегі қарастырылған. Мұнда 2ПН90МУХЛ3 және 2ПН90МУХЛ3 сериялы электр жетектері қарастырылған.

7.2 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу

Капиталдық шығын – бұл негізгі қордың бар түрлерін жақсартуға немесе жаңа түрін жасауға арналған ақша қаражаты. Капиталды шығындар, қондырғылар мен аспаптарды алуға кеткен шығыннан, көліктік шығындарынан және монтаж жасауға кететін шығындардан есептеледі. Капиталдық шығындарды пайдалана отырып, кеңейтуге және техникалық қайта құрастыруға шығып тұрған объектілерді жаңартуға мүмкіндік береді.

7.1 кесте – Қозғалтқыштардың техникалық деректері

Қозғалтқыштың параметрлері	1-ші нұсқа	2-ші нұсқа
Қозғалтқыш	2ПН90МУХЛЗ	2ПН90МУХЛЗ
Қуаты, кВт	500	400
ПӘК, %	94	94
Айналу жиілігі айн/мин	1500	1380
Бағасы	850000	700000

7.2 – кесте Капиталдық салымдарды есептеу

Қолданылатын құралдардың атауы:	Бір тауарға кететін баға, тг	Монтаждық және іске қосу салымдары, тг	Тасымалдауға кететін шығын, тг	Құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары
Электр қозғалтқыш	840000	101000	19030	10200
Жиілік түрлендіргіш	87000	10540	1948	1044
Резистор	17000	2050	382	204
Түзеткіш	134000	16200	3024	1620
Электромагнитті тежегіш	30000	3600	672	361
Барлығы	1116000	134281	25065	13429

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептеледі:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ.ж}} + K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б.ш}}; \quad 7.1$$

мұнда $K_{\text{қ.ж}}$ – құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары;

$K_{\text{ж.с}}$ – жабдықты сатып алуға жұмсалатын капиталдық салымдар;

K_M – монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының капиталдық салымдары;

$K_{б.ш}$ – басқа капиталдық салымдар (ең алдымен, тасымалдауға кеткен шығындарды құрайды).

Қозғалтқыштың сатып алу құны: $K_{ж.с} = 700000$ тг;

Монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының құны базалық нұсқа үшін сатып алу құнының 12% мөлшерінде қабылданады.

$$K_M = 0,12 \cdot K_{б.ш} = 0,12 \cdot 1116000 = 134030 \text{ тг.} \quad (7.2)$$

Монтаждық ұйымның құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары базалық нұсқа үшін монтаждық жұмыстар құнының 10% - ын құрайды:

$$K_{қ.ж.} = 0,1 \cdot 134030 = 13405 \text{ тг.} \quad (7.3)$$

Тасымалдауға кететін шығын:

Тасымалдауға кететін шығын электр қозғалтқыш құнының және базалық нұсқа үшін монтаждау жұмыстарының құнының 2% - ын құрайды:

$$K_{б.ш} = 0,02 \cdot (K_{ж.с} + K_M) = 0,02 \cdot (700000 + 134030) = 16670, \text{ тг.} \quad (7.4)$$

$$K_{жалпы} = 134030 + 1116000 + 700000 + 13403 = 1964443 \text{ тг.} \quad (7.5)$$

Эксплуатационды шығындар келесідей есептелінеді:

$$И = I_a + I_э + I_{ж.ж} + I_{е.а} + I_{б.ш} + I_{б.э.с}, \quad (7.6)$$

мұнда I_a - амортизациалық аударымдар (сала үшін амортизациялық аударымдар нормасы 5-10%);

$I_э$ – өндірістік қажеттіліктер үшін электр энергиясы шығындарының құны;

$I_{ж.ж}$ – электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны;

$I_{е.а}$ - жалпы еңбекақы төлеу қоры;

$I_{б.ш}$ – басқа эксплуатациялық шығындар;

$I_{б.э.с}$ – зейнетақы жарнасын жинақтаушы зейнетақы қорына аудару арасындағы айырмасының 11% құрайтын бірыңғай әлеуметтік салық.

Амортизациялық аударымды I_a келесі формула бойынша табылады:

$$I_a = \frac{H \cdot \Phi}{100} = \frac{1116000 \cdot 9,5}{100} = 106020, \text{ тг.} \quad (7.7)$$

мұнда H – орташа жылдық норма амортизациясы (9,5%);

Φ – қондырғының бастапқы бағасы, (1116000 теңге).

Электр энергиясының шығынының құны мына формуламен анықталады:

$$I_3 = \Delta A \cdot W, \quad (7.8)$$

мұнда ΔA – электр энергиясының жылдық шығыны;

W – 1 кВт/сағ энергия тарифы, 17,81 тг;

Жылдық шығын келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta A = P_2 \cdot \frac{1-\eta}{\eta} \cdot K_{ж} \cdot T = 500 \cdot \frac{1-0,94}{0,94} \cdot 0,9 \cdot 4000 = 114892 \frac{\text{кВт}}{\text{сағ}}, \quad (7.9)$$

мұнда P_2 – электр қозғалтқыштың номиналды қуаты – 500 кВт;

η – электр қозғалтқыштың ПӘК – 0,94;

$K_{ж}$ – қуат бойынша жүктемелік коэффициенті – 0,9;

T – қолданыстағы қор жұмысының уақыты – 4000 сағ.

$$I_3 = 114893 \cdot 17,81 = 2046243 \text{ тг.} \quad (7.10)$$

Қызмет көрсетуші қызметкерлердің еңбекақысы және әлеуметтік салықтарды төлеу.

Қызметкерлердің негізгі еңбек ақысы, $I_{e.a} = 90000 \cdot 12 = 1080000$.

Зейнетақы қорына бөлінгеннен кейінгі еңбек ақы:

$$\begin{aligned} I_{з.қ.б} &= I_{в.а} - 10\% \cdot I_{в.а} = 1080000 - 10\% \cdot 1080000 = \\ &= 972000 \text{ тг.} \end{aligned} \quad (7.11)$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{б.э.с} = 11\% \cdot I_{з.қ.б} = 11\% \cdot 972000 = 106920 \text{ тг.} \quad (7.12)$$

Электр жабдықтарын жөндеуге арналған шығындар, қосалқы бөлшектер құны, $I_k = 60000$ тг.

Электр құрылғыларын жөндеу жұмыстар құны. Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны $I_{жж}$ қызмет көрсететін персоналдың еңбек ақысына, әлеуметтік қорларға аударымдарға байланысты:

$$I_{жж} = I_{e.a} + I_{б.э.с} + I_{т.д} = 1080000 + 106920 + 10800 = 1197721 \text{ тг,} \quad (7.13)$$

мұнда $I_{e.a}$ – еңбек ақысы (1080000 тг);

$I_{б.э.с}$ – бірыңғай әлеуметтік салық (106920 тг)

$I_{т.д}$ – тәуекел дәрежесіне байланысты әлеуметтік сақтандыру қорына аударымдар еңбекақы сомасынан 1%.

Басқа шығындар $I_{б.ш}$ мына формуламен анықталады:

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (I_a + I_э + I_к + I_{жж}), \quad 7.14$$

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (1061150 + 2046243 + 60000 + 1197721) = 218255,6 \text{ тг.}$$

Пайдалану шығындардың қосындысы:

$$I = 1061150 + 2046243 + 1197721 + 1080000 + 218255,6 + 106920 = 5710288 \text{ тг.} \quad (7.15)$$

7.3 кесте - Шығындар сметасы

Шығынкөздері	Шығын суммасы, тг
Амортизациондық аударым	1061150
Электр энергиясының шығының құны	2046244
Электр жабдықтарының қосалқы бөлшектер құны	60000
Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны	1197720
Басқа шығындар	218255,7
Барлығы	4583669

7.4 кесте - Капиталдық салымдарды есептеу

Қолданылатын құралдардың атауы:	Бір тауарға кететін баға, тг	Монтаждық және іске қосу салымдары, тг	Тасымалдауға Кететін шығын, тг	Құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары
Электр қозғалтқышы	700000	85000	15580	8400
Жиілікті түрлендіргіш	80000	9500	1791	960
Резисторлар	14000	1900	336	180
Түзеткіш	110000	14300	2688	12000
Электромагнит тежегіш	24000	3000	560	2500
Барлығы	930000	113800	21055	24030

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептелінеді:

$$K_{жалпы} = K_{қ.ж} + K_{ж.с} + K_m + K_{б.с}, \quad (7.16)$$

мұндағы $K_{ж.с}$ – жабдықты сатып алуға жұмсалатын капиталдық салымдар;

$K_{қ.ж}$ – құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары;

K_m – монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының капиталдық салымдары;

$K_{б.ш}$ – басқа капиталдық салымдар (ең алдымен, тасымалдауға кеткен шығындарды құрайды).

Қозғалтқыштың сатып алу құны, $K_{ж.с} = 700000$ тг;

Монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының құны базалық нұсқа үшін сатып алу құнының 12% мөлшерінде қабылданады.

$$K_M = 0,12 \cdot K_{ж.с} = 0,12 \cdot 700000 = 84000 \text{ тг.} \quad (7.17)$$

Монтаждық ұйымның құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары базалық нұсқа үшін монтаждық жұмыстар құнының 10% - ын құрайды:

$$K_{қ.ж.} = 0,1 \cdot 84000 = 8400 \text{ тг.} \quad (7.18)$$

Тасымалдауға кететін шығын электр қозғалтқыш құнының және базалық нұсқа үшін монтаждау жұмыстарының құнының 2% - ын құрайды:

$$K_{б.с} = 0,02 \cdot (K_{ж.с} + K_M) = 0,02 \cdot (700000 + 84000) = 15681 \text{ тг.} \quad (7.19)$$

$$K_{б.с} = 0,02 \cdot (K_{ж.с} + K_M) = 0,02 \cdot (700000 + 84000) = 15681 \text{ тг.} \quad (7.20)$$

$$K_{жалпы} = 930000 + 113800 + 21055 + 24030 = 1097887 \text{ тг.} \quad (7.21)$$

Пайдалану шығындар келесідей есептелінеді:

$$И = И_a + И_э + И_{ж.ж} + И_{е.а} + И_{б.ш} + И_{б.э.с} \quad (7.22)$$

мұнда $И_a$ - амортизациалық аударымдар (сала үшін амортизациялық аударымдар нормасы 5-10%);

$И_э$ — өндірістік қажеттіліктер үшін электр энергиясы шығындарының құны;

$И_{ж.ж}$ — электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны;

$И_{е.а}$ - жалпы еңбекақы төлеу қоры;

$И_{б.ш}$ — басқа эксплуатациялық шығындар

$И_{б.э.с}$ —зейнетақы жарнасын жинақтаушы зейнетақы қорына аудару арасындағы айырмасының 11% құрайтын бірыңғай әлеуметтік салық.

Амортизациялық аударым $И_a$ келесі формула бойынша табылады:

$$И_a = \frac{Н \cdot \Phi}{100} = \frac{700000 \cdot 9,5}{100} = 66400 \text{ тг,} \quad (7.23)$$

мұнда $Н$ – орташа жылдық норма амортизациясы (9,5%);

Φ – қондырғының бастапқы бағасы, (700000 теңге).

I_3 электр энергиясының шығынының құны мына формуламен анықталады:

$$I_3 = \Delta A \cdot W, \quad (7.24)$$

мұнда ΔA – электр энергиясының жылдық шығыны;

W – 1 кВт/сағ энергия тарифы – 17,81 тг;

Жылдық шығын келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta A = P_2 \cdot \frac{1-\eta}{\eta} \cdot K_{ж} \cdot T = 400 \cdot \frac{1-0,94}{0,94} \cdot 0,9 \cdot 4000 = 91915 \frac{\text{кВт}}{\text{сағ}}, \quad (7.25)$$

мұнда P_2 – электр қозғалтқышының номиналды қуаты – 400 кВт;

η – электр қозғалтқышының П.Ә.К – 0,94;

$K_{ж}$ – қуат бойынша жүктеме коэффициенті – 0,9;

T – қолданыстағы қор жұмыс уақыты – 4000 сағ.

$$I_3 = 91915 \cdot 17,81 = 1637004 \text{ тг.}$$

Қызмет көрсетуші қызметкерлердің еңбекақысы және әлеуметтік салықтарды төлеу, қызметкерлердің негізгі еңбек ақысы: $I_{е.а} = 90000 \cdot 12 = 1080000$.

Зейнетақы қорына бөлінгеннен кейінгі еңбек ақы:

$$I_{з.қ.б} = I_{в.а} - 10\% \cdot I_{в.а} = 1080000 - 10\% \cdot 1080000 = 971000 \text{ тг}$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{б.э.с} = 11\% \cdot I_{з.қ.б} = 11\% \cdot 971000 = 106920 \text{ тг.} \quad (7.26)$$

Электр жабдықтарын жөндеуге арналған шығындар, қосалқы бөлшектер құны, $I_{к} = 51000$ тг.

Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны $I_{жж}$ қызмет көрсететін персоналдың еңбек ақысына, әлеуметтік қорларға аударымдарға байланысты:

$$I_{жж} = I_{е.а} + I_{б.э.с} + I_{т.д} = 1080000 + 106920 + 10800 = 1197710 \text{ тг,} \quad (7.27)$$

мұнда $I_{е.а}$ – еңбек ақысы (1080000 тг);

$I_{б.э.с}$ – бірыңғай әлеуметтік салық (106920 тг);

$I_{т.д}$ – тәуекел дәрежесіне байланысты әлеуметтік сақтандыру қорына аударымдар еңбекақы сомасынан 1%.

Басқа шығындар $I_{б.ш}$ мына формуламен анықталады:

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (I_a + I_э + I_к + I_{жж}), \quad (7.28)$$

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (66500 + 1637004 + 50000 + 11977210) = 147261 \text{ тг.}$$

Пайдалану шығындардың қосындысы:

$$I = 66500 + 1637004 + 1197710 + 1080000 + 147261 + 106920 = 4235403 \text{ тг.} \quad (7.29)$$

4.2 – кесте шығындар сметасы

Шығынкөздері	Шығын суммасы, тг
Амортизациялық аударым	66400
Электр энергиясының шығының құны	1637004
Электр жабдықтарының қосалқы бөлшектер құны	50000
Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны	1197710
Басқа шығындар	147261
Барлығы	3098484

7.3 Жобаның экономикалық тиімділігін есептеу

Екі нұсқаны салыстыру үшін минимум келтірілген шығындар әдісі қолданылады.

Келтірілген шығындар мынадан тұрады:

$$КШ = C + E_H \cdot K, \quad (7.30)$$

мұндағы C – эксплуатационды шығындардың қосындысы (теңге);

K – капиталды салым;

E_H – капиталды салымдардың экономикалық тиімділігін салыстыратын нормативті коэффициент ($E_H = 0,15$).

$$КШ_1 = 5710288 + 0,15 \cdot 1964443 = 6004954,45 \text{ тг,}$$

$$КШ_2 = 4235403 + 0,15 \cdot 1097897 = 4400087 \text{ тг.}$$

Экономикалық тиімділігі екі нұсқаны салыстыру жолымен анықталады, бастапқы және жобаланатын нұсқа:

$$\Delta = КШ_1 - КШ_2 = 6004954,45 - 4400087 = 1604867,45 \text{ тг.} \quad (7.31)$$

Есептеулерді салыстыра отыра екінші нұсқаның тиімділігі көрінеді.
мұндағы $KШ_1$ – 1- нұсқа бойынша келтірілген шығындар, теңге;
 $KШ_2$ – 2- нұсқа бойынша келтірілген шығындар, теңге.

Ұсынылатын нұсқаның тиімділігін өзін-өзі ақтау мерзімін және салыстырмалы экономикалық тиімділік коэффициентін есептеу арқылы анықтауға болады, ол формулалар бойынша анықталады:

$$T = \frac{K_1 - K_2}{I_1 - I_2} = \frac{1964443 - 1097897}{5710288 - 4235403} = 0,59, \quad (7.32)$$

мұнда K_6 және K_e – базалық және есептік қозғалтқыштың капиталдық салымдары;

I_6 және I_e – эксплуатационды шығындардың қосындысы.

Салыстырмалы экономикалық тиімділік:

$$E = \frac{I_6 - I_e}{K_6 - K_e} = \frac{5710288 - 4235403}{1964443 - 1097897} = 1,7. \quad (7.33)$$

$E_H = 0,15$ - тиімділіктің нормативтік коэффициенті;

$T_H = 2,78$ - өтімділіктің нормативтік мерзімі.

Алынған коэффициентінің тиімділігі мен өтелу мерзімін салыстырылады нормативтермен және егер шарттары орындалса, $E \geq E_H$, $1,7 \geq 0,15$; $T \leq T_H$, $0,58 \leq 2,78$ болса, онда енгізу ұсынылып отырған жүйенің экономикалық тиімді.

Қорытынды

Жобада тапсырмаға сәйкес жүк көтергіштігі 8 тонна мұнаралық кранның көтеру механизмінің автоматтандырылған электр жетегі ойлап құрастырылды.

Жобада мұнаралық кранның арналымы, түрлері, құрылысы, жұмыс режимдері сипатталып, жүк көтеру үрдістеріне және кинематикалық сұлбасына талдау жасалды,

Кранның жетегі бойынша әдебиеттік шолу жасау нәтижесінде электр жетегіне және басқару жүйесіне қойылатын талаптар анықталды. Кранның электр жетектерінің талдау жасалып, ең тиімді электр жетегі жүйесі ретінде «жиіліктік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесі таңдалынды.

Көтеру механизмның және электр жетегінің жүктемелік диаграммалары тұрғызылды. Есептік қуатқа және жылдамдыққа сәйкес қуаты 22 кВт тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдалып, оны қызуға және артық жүктелуге алдын-ала тексеру жүргізілді. Қозғалтқыштың Г-тәріздес сұлбасының параметрлері анықталды.

Жобада автоматтандырылған электржетектің күштік сұлбасын жобаланып, жиіліктік түрлендіргішті таңдалды және оның элементтерінің параметрлері анықталды. Скалярлық басқаруды қамтамасыз ететін $\frac{U_H}{f_H} = const$ заңын қолдану кездегі механикалық және электромеханикалық сипаттамалары анықталды. Асинхронды қозғалтқыштың математикалық моделі келтіріліп, басқару нысанының параметрлері есептелген және кранның автоматтандырылған электр жетегінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген.

Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау үшін MATLAB 6.5 бағдарламалық пакетінде виртуалды модель жасалынды және қозғалтқыштың негізгі параметрлерінің өтпелі үрдіс кезінде өзгеру динамикасы көрсетілген.

Жобада кранмен жұмыс жасау кезіндегі техника қауіпсіздік шаралары және кран кабинасына жасанды жарықтандыруына есептеу жүргізілді. Қарастырылып, ұсынылған электр жетегінің экономикалық тиімділігі есептелген.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- 1 Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов- 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 536 с.
- 2 Справочник по кранам: В 2-х т. Под общей ред. проф. Гохберга М.М. - М.: Машиностроение, 1988. - 559 с с ил.
- 3 Костюк В.С., Волкова Л.П., Фащиленко В.Н. Регулируемый электропривод шахтных установок: Учебное пособие. – М.: МГИ, 1984. – 65 с.
- 4 Ляхомский А.В., Фащиленко В.Н. Автоматизированный электропривод горных машин и установок. Часть 1: Автоматизированный электропривод механизмов циклического действия: Учебное пособие / Под ред. А.В. Ляхомского. – Издательство «Горная книга», 2014. – 476 С.
- 5 Ляхомский А.В., Фащиленко В.Н. Управление электромеханическими системами горных машин. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – 296 с.
- 6 Шеховцев П.В. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов / М.:ФОРУМ, 2010.-352с.
- 7 Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод. М.:1986.-416 с.
- 8 М.Г. Чиликин, М.М. Соколов, В. М. Терехов, А.В. Шинянский Основы автоматизированного электропривода. Учеб. пособие для вузов. М., «Энергия», 1974. – 568 с.
- 9 Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебн. пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
- 10 Түзелбаев Б.И. Сала экономикасы: оқу құралы - Алматы, 2007.
- 11 Хакімжанов Т.Е. Еңбек қорғау. Жоғары оқу орындары үшін оқу құралы. – Алматы: «ЭВЕРО», 2008 – 240 б.