

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»  
Кафедра меңгерушісі

т.ғ.к., Қалиева К.Ж.

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 ж.

(колы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Көпірлі көтергішінің автоматтандырылған электр жетегі

Орындаған Бедел Медет Меирбекұлы мамандығы бойынша ЭАТк 15-1  
(студенттің аты - жөні) (тобы)

Жетекші доктор PhD, доцент Сарсенбаев Ерлан Алиаскарович  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)  
« 5 » 06 2019 ж.  
(колы)

Пікір жазушы : \_\_\_\_\_  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 ж.  
(колы)

Кенесшілер :

Экономикалық бөлім бойынша :  
Аға оқытушы Саттеева Н.С.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« 29 » 05 2019 ж.  
(колы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:  
Аға оқытушы Мустафин К.Т.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« 29 » 05 2019 ж.  
(колы)

Мөлшер бақылаушы: аға оқытушы Жаркымбеков М.Б.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« 30 » 05 2019 ж.  
(колы)

Алматы 2019 ж.

# 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 Бедел Медет Меирбекұлы

(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Көпірлі көтергішінің автоматтандырылған электр жетегі

ректордың «26» қазан 2018 ж. № 124 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «    »                      2019 ж.

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

Аталуы	Белгіленуі	Мәні
Жүк көтергіштігі, т	$G_{ном}, m_{ном}$	25
Максималды көтеру биіктігі, м	$H_{max}$	10
Номиналды жылдамдық, м/с	$V_{ном}$	0,14
Ілгіш массасы, кг	$G_0, m_i$	550
Барабан диаметрі, м	$DB$	0,86
Полиспаст еселілігі	$i$	6
Редуктордың беріліс саны,	$j$	31
Барабанның инерция моменті, кг·м <sup>2</sup>	$J_B$	1300
Берілістің номиналды ПӘК-і, %	$\eta_{п.ном}$	87
Ілгіш жылдамдығы	$v_k$	$2v_{ном}$
Қосылу ұзақтығы, %	$ҚҰ$	40

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

1. Техникалық бөлім

Крандардың түрлері мен құрылысын сипаттау және технологиялық үрдістерді талдау.

2. Өміртіршілік қауіпсіздігі негізі бөлімі

3. Экономикалық бөлім


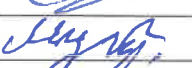

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. Кранның көтеру механизмінің жылдамдық және жүктемелік диаграммасы
2. Электр жетегінің жылдамдықтық және жүктемелік диаграммасы
3. Асинхронды қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасы
4. жиілік  $f=50$  Гц болғанда электр жетегінің электр механикалық сипаттамасының  $I_2=f(\omega)$  тәуелділік графигі
5. Асинхронды қозғалтқыштың 15 Гц, 25 Гц, 50 Гц болған кездегі жасанды механикалық сипаттамасы
6. MatLabR2010a Simulink бағдарламалық пакетінің негізінде жасалған АҚ – ЖТ имитациялық жүйесінің моделі
7. Жиілік  $f=50$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқышты іске қосқан кезде оған  $M_c = M_{ном}$  тең жүктеме берілген кездегі тәуелділік графиктері
8. Жиілік  $f=25$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқышты іске қосқан кезде оған  $M_c = M_{ном}$  тең жүктеме берілген кездегі тәуелділік графиктері
9. Жиілік  $f=15$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқышты іске қосқан кезде оған  $M_c = M_{ном}$  тең жүктеме берілген кездегі тәуелділік графиктері
10. Жиілік  $f=50$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқыштың бос жүріс режимдері кезіндегі тәуелділік графиктері
11. Жиілік  $f=25$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқыштың бос жүріс режимдері кезіндегі тәуелділік графиктері
12. Жиілік  $f=15$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқыштың бос жүріс режимдері кезіндегі тәуелділік графиктері

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. Кацман М.М. Электрический привод. – М.: Академия, 2005. – 384 с.
2. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепро-мышленных механизмов. - М.: Энергия, 1969. - 544 с., ил.
3. Копылов И.П., Клоков Б.К., Морозкин В.П. Проектирование электрических машин: Учебное пособие для вузов - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 2007 - 757 с.
4. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулирование М.: Академия 2007.

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	қолы
Арнайы бөлім	Сарсабылғаев Е.А.	05.06.2019	
ӨТҚ бөлім	б.т.п. аға. оқытушы Назаров	24.05.2019	
Экономикалық бөлім	аға оқытушы Сатиева	24.05. - 29.05.19	

ДИПЛОМ ЖҰМЫСЫН ДАЙЫНДАУ

К Е С Т Е С І


№ p/c	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1	Техникалық бөлім		
1.1	Крандардың түрлері мен құрылысын сипаттау және технологиялық үрдістерді талдау		
1.2	Көтергіш крандардың механизмінің негізгі жұмыс режимдері		
1.3	Оператордың өндірістік қондырғымен өзара әрекеттесуін талдау		
2	Көтергіш кранның қозғалтқышының, электржетегінің және күштік түрлендіргіш құрылғысының түрін таңдау		
2.1	Дипломдық жұмыс тақырыбы бойынша әдеби шолу		
2.2	Автоматтандырылған электр жетек пен автоматтандыру жүйесіне қойылатын талаптарды қалыптастыру		
2.3	Ықтимал болатын нұсқаларды анықтау және тиімді электр жетегі жүйесін таңдау		
2.4	Кинематикалық сұлбаны талдау, электр жетегінің механикалық бөлігінің жобалау параметрлерін және конструкциясын анықтау		
3	Электр қозғалтқыш таңдау		
3.1	Жүктемелерді есептеу және механизмнің механикалық сипаттамалары мен жүктеме диаграммасын құру		
3.2	Асинхронды қозғалтқыштың негізгі параметрлерін есептеу		
3.3	Электр жетегінің жүктемелік диаграммасын тұрғызу		
3.4	Қозғалтқыштың артық жүктелу және қызуын алдын ала тексеру		
3.5	Көпірлік кранның жиілікті түрлендіргіш типін таңдау		
3.6	Күштік түрлендіргіштің тізбегінің параметрлерін есептеу және элементтерін таңдау		
4	Электр жетегінің механикалық сипаттамаларын есептеу		
5	Автоматтандырылған реттеу жүйесін жобалау		
5.1	Автоматтандырылған электр жетегінің математикалық моделін құру		
5.2	Басқару нысанының параметрлерін есептеу		
5.3	Электр жетегін басқару құрылғысының құрылымын және жұмыс режимін анықтау		
5.4	Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау		
6	Өміртіршілік қауіпсіздігі негізі бөлімі		
7	Экономикалық бөлім		

Тапсырманың берілген уақыты « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 ж.

Кафедра меңгерушісі

(қолы) \_\_\_\_\_ (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жұмыс жетекшісі

(қолы)  доктор PhD, доцент Сарсенбаев Е.А.  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы  
қабылдаған студент

(қолы)  \_\_\_\_\_  
(аты -жөні) Бедел Медет Меирбекұлы

## Андатпа

Дипломдық жұмыс «Көпірлі көтергішінің автоматтандырылған электр жетегі» тақырыбына арналған. Бұл дипломдық жұмыс негізгі бөлімнен, өміртіршілік қауіпсіздігі негіздері және экономикалық бөлімнен тұрады.

Дипломдық жұмыста автоматты электр жетегі мен крандар туралы мәліметтер келтіріліп оларды басқару жүйесі қарастырылды. Кранның жүктемелерін есептеп, көтеру механизмдері үшін қуаты 30 кВт асинхронды қозғалтқыш таңдап алынды. Тиімді электр жетегі үшін жиілік түрлендіргіш пен қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдап алынып, артық жүктелу мен қызуға тексеру жүргізілді. Электр жетегінің статикалық және динамикалық сипаттамаларымен қоса асинхронды қозғалтқыштың табиғи және жасанды механикалық сипаттамаларының графиктері тұрғызылды.

«Өміртіршілік қауіпсіздік негізі» бөлімінде көпірлік кранның өрт қауіпсіздігі және электр қауіпсіздігімен қамтамасыз ету қарастырылды. Электр қауіпсіздігіне қойылатын талаптар мен электр қондырғысын жерге тұйықтау есептелінді.

Экономика бөлімінде электр жетек жүйесінің экономикалық тиімділігі мен өтеме уақыты қарастырылды.

## Аннотация

Данная дипломная работа предназначена на тему: «Автоматизированный электропривод мостового крана». Эта дипломная работа состоит из основной части, основ безопасности жизни и экономического часть.

Дипломная работа предоставляет информацию о автоматических электроприводах и кранах и их системе управления. Для подъемных механизмов крана был выбран асинхронный двигатель мощностью 30 кВт. Для эффективного электропривода были выбраны асинхронный двигатель с частотным преобразователем и асинхронным двигателем с коротким замкнутым, и были проведены испытания на перегрузку и тепловую обработку. Для дополнение к статическим и динамическим характеристикам электропривода построены графики, естественные и искусственные механических характеристик асинхронного двигателя.

В разделе «Основы безопасности жизнедеятельности» предусмотрена пожарная безопасность и безопасность мостовых кранов. Рассчитаны требования к электробезопасности и заземление электрической установки.

В экономической части был рассмотрен экономическую эффективность и возмещение расходов на электропривод.

## **Annotation**

This thesis is designed on the topic: "Automation and electric drive of bridge crane". This thesis consists of the main part, the fundamentals of the safety of life and the economic part.

The diploma work provides information about automatic electric drives and cranes and their control system. For the lifting mechanisms of the crane, an asynchronous motor with a power of 30 kW was selected. For an efficient electric drive, an asynchronous motor with a frequency converter and an induction motor with a short closed-loop motor was selected, and overload and heat treatment tests were carried out. In addition to the static and dynamic characteristics of the electric drive, graphs are constructed, the natural and artificial mechanical characteristics of the induction motor.

In the section "Fundamentals of life safety" provides for fire safety and safety of bridge cranes. The requirements for electrical safety and grounding of the electrical installation are calculated.

In the economic part, economic efficiency and reimbursement of electric drive costs were considered.

## Мазмұны

	Кіріспе	9
1	Техникалық бөлім	10
1.1	Крандардың түрлері мен құрылысын сипаттау және технологиялық үрдістерді талдау	10
1.2	Көтергіш крандардың механизмінің негізгі жұмыс режимдері	11
1.3	Оператордың өндірістік қондырғымен өзара әрекеттесуін талдау	14
2	Көтергіш кранның қозғалтқышының, электржетегінің және күштік түрлендіргіш құрылғысының түрін таңдау	18
2.1	Дипломдық жұмыс тақырыбы бойынша әдеби шолу	18
2.2	Автоматтандырылған электр жетек пен автоматтандыру жүйесіне қойылатын талаптарды қалыптастыру	25
2.3	Ықтимал болатын нұсқаларды анықтау және тиімді электр жетегі жүйесін таңдау	26
2.4	Кинематикалық сұлбаны талдау, электр жетегінің механикалық бөлігінің жобалау параметрлерін және конструкциясын анықтау	27
3	Электр қозғалтқыш таңдау	28
3.1	Жүктемелерді есептеу және механизмнің механикалық сипаттамалары мен жүктеме диаграммасын құру	28
3.2	Асинхронды қозғалтқыштың негізгі параметрлерін есептеу	33
3.3	Электр жетегінің жүктемелік диаграммасын тұрғызу	34
3.4	Қозғалтқыштың артық жүктелу және қызуын алдын ала тексеру	38
3.5	Көпірлік кранның жиілікті түрлендіргіш типін таңдау	40
3.6	Күштік түрлендіргіштің тізбегінің параметрлерін есептеу және элементтерін таңдау	42
4	Электр жетегінің механикалық сипаттамаларын есептеу	46
4.1	$U_n/f_n = const$ заңы бойынша скалярлық басқарудың механикалық сипаттаманы жобалау	47
5	Автоматтандырылған реттеу жүйесін жобалау	51
5.1	Автоматтандырылған электр жетегінің математикалық моделін құру	51
5.2	Басқару нысанының параметрлерін есептеу	54
5.3	Электр жетегін басқару құрылғысың құрылымын және жұмыс режимін анықтау	56
5.4	Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау	57
6	Өміртіршілік қауіпсіздігі негізі бөлімі	63

6.1	Жүк көтергішке қойылатын қауіпсіздік талаптары	
6.2	Көпірлік кран машинистеріне қойылатын талаптар	63
6.3	Оператор-кран операторына талаптар	64
6.4	Өрт қауіпсіздігі	65
6.5	Электр қауіпсіздік	65
6.6	Жерге тұйықтауды есептеу	
7	Экономикалық бөлім	73
	Қорытынды	73
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	74

## **Кіріспе**

Крандық жабдықтар халық шаруашылығының барлық салаларын кешенді механикаландырудың негізгі құралдарының бірі болып табылады. Жүк көтергіш машиналарды өндірумен айналысатын машина жасау саласын кеңейту ауыр қол еңбегін барынша қысқарту және жою міндетін шешу үшін халық шаруашылығын дамытудың маңызды бағыты болып табылады.

Қазіргі уақытта жүк көтергіш машиналар халық шаруашылығының көптеген салаларында көптеген зауыттармен шығарылады және бұл машиналар халық шаруашылығының барлық салаларында қолданылады: пайдалы қазбаларды өндіру, металлургия, машина жасау, құрылыс, көлік және т. б. Отандық өндірісте өндірілетін көтеру машиналарының басым көпшілігі негізгі жұмыс тетіктерінің электр жетегіне ие, сондықтан осы машиналардың жұмысының тиімділігі негізінен пайдаланылатын кран электрлік құрал-жабдықтардың сапалық көрсеткіштеріне байланысты.

Көптеген көтеру машиналарының электр жетегі жоғары жиіліктегі инклюзияларда үзіліссіз жұмыс режимімен, жылдамдықты басқарудың кең спектрін және тетіктердің жеделдетуі мен баяулауы кезінде үнемі елеулі жүктемелермен сипатталады. Көтергіш машиналарда электр жетектерін пайдаланудың арнайы шарттары электрлі электр қозғалтқыштар мен кранды жабдықтардың арнайы серияларын құруға негіз болды. Қазіргі уақытта крандық электр жабдығының құрамында ауыспалы және тұрақты тоқтың крандық Электр қозғалтқыштарының сериялары, Күштік және магниттік контроллерлер сериялары, коммандоаппараттар, кнопкалы бекеттер, соңғы ажыратқыштар, тежегіш электромагниттер мен электрогидравликалық итергіштер, іске қосу тежегіш резисторлар мен басқа да аппараттар, әртүрлі крандық электр жетектерін жинақтайтын сериясы бар.

Крандық электр жетегінде бір сым бойынша тиристорлы реттеу және қашықтықтан басқарудың әртүрлі жүйелері кеңінен қолданыла бастады. Ферромагнитті материалдарды механикаландырылған тасымалдауды қамтамасыз ету үшін өнеркәсіпте жүк көтергіш электромагниттердің екі сериясы дайындалады. Крандық электр жабдықтарын өндіру электротехникалық өнеркәсіптің маңызды салаларының бірі болды.

Практикалық инженерлік есептерді жүргізу үшін қазіргі уақытта жүйелерді оңтайландырудың қазіргі заманғы бағыттары мен олардың



техникалық-экономикалық негіздемелерін көрсететін көптеген крандық электр жетектерін жобалаудың қызметкерлердің кең ауқымы үшін жаңа прогрессивті және қолжетімді әдістері құрылып, практикаға енгізілді.

## **1 Техникалық бөлім**

### **1.1 Крандардың түрлері мен құрылысын сипаттау және технологиялық үрдістерді талдау**

Көпір крандары жүк көтергіш құрылғыларының көмегімен жүктерді жылжыту үшін пайдаланылатын циклдік әрекеттің жүк көтергіш құрылғылары. Көпір типті крандар екі негізгі түрге бөлінеді: бір белдік электр көпірлі кран және екі белдік электр көпірлі кран. Бір белдік электр көпірлі крандар жүк көтергіштікке 0,5 тен 15 т дейін жетеді, ал екі белдік көпірлі крандар жүк көтергіштікке 150 т дейін жетеді. Екі белдік көпірлі кран өнеркәсіптік өндірістегі қалған крандардың арасында ең көп сұранысқа ие крандардың бірі болып табылады. Екі белдік тіректі көпірлі электр краны жалпы өнеркәсіптік типті, сондай-ақ өрт қауіпсіз және жарылыс қауіпсіз болуы мүмкін.

Бір белдік көпірлі Кран және екі белдік көпірлі кран краны, грейферлік, магнитті және т. б. болуы мүмкін. Бір белдік кран жүк ағынының көлемі аз болған кезде пайдаланылады және жабық алаңдардың қалқалары астындағы аумақта немесе цехтарда (өнеркәсіптік ғимараттарда) жөндеу және монтаждау, көтергіш-көліктік, қайта тиеу жұмыстарын жүргізу үшін қажет, жүк көтергіштігі 0,5-тен 15т-ке дейін жүкті көтеру биіктігі 6-дан 18 м-ге дейін ауыстыру қажет болған кезде қолданылады. Көпірлі крандар ашық ауада, - 40 + 40 С температурада, сондай - ақ жабық үй-жайларда қолданылады.

Көпірлі кран аумақтың бойымен рельстің көтерілген жүйесі бойынша қозғалады және ілгектің үш осін қамтамасыз етеді. Көтергіш жүкті жоғары және төмен жылжытады, арба жүкті солға және оңға жылжытады және кран көпірі жүкті алға және артқа жылжытады. Және бір белдік және екі белдік тірек көпірлі кранның схемалары ілмектің өте дәл орналасуына және жүктің бірқалыпты қозғалуына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Конструкцияға байланысты көпірлі кран аспалы және тірек болады. Кранның қозғалу механизмі кранның көпірінде орнатылған. Көпірлі крандар кабинадан немесе еденнен басқарылуы мүмкін. Сондай-ақ, қол немесе электр жетегі бар көпірлі крандар ажыратылады, яғни көпір түріндегі кранның жеке көтергіш механизмнің көмегімен немесе электротельфер базасында жұмыс істейтін жүк көтергіш органы болады.

Көпірлі электр крандары жиілігі 50 Гц, ал кернеуі 380 В болатын ауыспалы ток электр желісінен қоректенеді.

Электрқозғалтқыштарды қоректендіру цех троллейдері бойынша жүзеге асырылады. Электр энергиясын жеткізу үшін Кранның металл конструкциясына бекітілген жылжымалы типті ток түсірулер қолданылады. Көпірлі крандардың заманауи конструкцияларында ток өткізгіш иілгіш кабель арқылы жүзеге асырылады. Жүріс дөңгелектерінің жетегі редуктор және трансмиссиялық білік арқылы электр қозғалтқыштан жүзеге асырылады.

## **1.2 Көтергіш крандардың механизмінің негізгі жұмыс режимдері**

Көпірлік крандар технологиялық құрылысына байланысты бір бөренелі және екі бөренелі болып бөлінеді. Екі бөренелі көтергіш крандардың көпірі аты айтып тұрғандай екі бөренеден тұрады. Яғни олардың жүкті көтеру күші жоғары болады. Ал бір бөренелі крандарда 10 тоннаға дейін жүкті көтере алады. Белгілі технологиялық операцияларды орындау тетіктері, сондай-ақ кездейсоқ жұмыс істеу механизмдері олардың мақсаттарына сәйкес нақты пайдалану шарттарына ие.

Көтергіш машиналардың жұмыс режимдерінің барлық түрлерін жүйелеу мақсатында машиналармен жұмыс механизмдерінің жұмыс режимдерінің келесі категорияларын анықталды: Ж – Жеңіл; О – Орташа; А – Ауыр; ӨА – Өте ауыр.

Технологиялық кешендерге арналған бірнеше крандар қазіргі классификациясы бойынша анықталған өте ауыр режимімен салыстырғанда электржетекті пайдаланудың күрделі режимдерінде пайдалануға арналған. Бұл режим қосылу ұзақтығы  $ҚҰ = 100\%$  дейін 600 және одан да жоғары сағат санымен қосылатын ұзақтықпен сипатталады. Бұл жағдайда режимнің жаңа категориялары енгізіледі: аса ауыр. Қазіргі уақытта режимдердің бес санаты, соның ішінде өте ауыр режимі қарастырылған стандарт бар. Жүктемелердің қозғалыс жылдамдығы механизмдердің өнімділігі мен қуатын анықтайды және көтеру операцияларын жүргізудің тиімділігін ескере отырып таңдалады.

Оңтайлы жылдамдықты таңдау маңызды міндет болып табылады, оның қажетті шешімі өнімділік коэффициенттерін, энергия шығындарын, жылдамдықты реттеудің мүмкіндіктері мен тиімділігін және реттеуші жүйенің техникалық және экономикалық бағалауын ескере отырып ғана табуға болады. Соңғы жылдары жоғары жылдамдықты жүк көтергіш машиналардың жылдамдық параметрлерін оңтайландыруға байланысты зерттеулер жүргізілді. Осы зерттеулердің нәтижесінде белгілі бір шекке дейін жылдамдықтың артуымен машиналардың өнімділігі жылдамдықпен артады, бірақ жылдамдықтың одан әрі артуымен кран механизмдерін жеделдету мен баяулау уақытының ұлғаюына байланысты өнімділік төмендеуі мүмкін.

Жылдамдық параметрлерін талдау механизмдердің әрбір түрі үшін (көтеру, бұрылыс және көлденең жылжыту) асып кетудің қажеті жоқ жылдамдық шектері бар екенін көрсетеді.

Жүк көтеру механизмдерінің жылдамдығы төмендегі алғышарттар негізінде таңдалады:

1) номинал жылдамдығы технологиялық процестің шарттарымен анықталады, яғни циклдің уақыты;

2) номинал жылдамдықты жеткізу желісінің қуаты немесе белгілі бір көлемдегі жетекші моторды орнату мүмкіндігімен шектеледі;

3) номиналды жылдамдық - механизмнің берілген ең аз жылдамдығы үшін бақылау ауқымының функциясы.

4) номиналды жылдамдық ең төменгі энергия шығындарында ең жоғары өнімділікті қамтамасыз етуі тиіс.

Көрсетілген барлық жағдайлар үшін, біріншіден басқа жылдамдықтың шектік мәні белгіленген мәннен аспауға тиіс, ал төртінші жағдайда бұл мән ізделген мән болып табылады. Бірінші жағдайда жылдамдық қажетті мәнге ие болуы мүмкін, бірақ кейбір жылдамдық мәндері асып кетсе, арнайы басқару параметрлері бар жүйелер қолданылмаса, операция уақыты қысқартылмайды.

Номиналды жылдамдықты таңдағанда әртүрлі жүктерді өңдеу технологиясымен анықталатын ең төменгі жылдамдықтар кейде шешуші мәнге ие. Қазіргі уақытта жүк өңдеудің технологиялық процестерінің көпшілігінде жүкті дұрыс орнату үшін ең төменгі жылдамдықтардың оңтайлы мәндері алынды. Осы мәндерді пайдалану арқылы белгілі бір номиналды жылдамдық үшін қажетті жылдамдықты басқару диапазондарын орнатуға немесе танымал және қол жетімді басқару ауқымына арналған номиналды жылдамдықты таңдауға болады.

Аралық бекітілген жылдамдықты таңдау, ең алдымен адамның тіркелген позициялардың жылдамдығындағы айырмашылықты қабылдау қабілетіне және осы айырмашылықты қабылдау негізінде келесі бақылау операцияларын жүргізуіне байланысты. Тәжірибеде көтеру механизмдерінің жылдамдығын көтеру сатыларының шамасы анықтады. Көлденең қозғалыс механизмдерінің жылдамдықты ең жоғарғы және ең төменгі жылдамдықтар арасындағы қозғалыспен басқару жылдамдықты немесе баяулау қарқындылығын қажетті жеделдетуді ескере отырып жиі орындалады.

Жүк көтергіш машиналардың сағатына өнімділігі мен қосынды саны жылдамдық параметрлерімен тығыз байланысты. Машиналардың өнімділігі жүк өңдеу процесінің аяқталу уақытына сәйкес келеді. Бір операцияның уақытын жүктің белгілі бір траекториясымен азайту машинаның өнімділігін арттырады. Әр машина көтеру жұмыстарын жүргізу үшін нақты немесе шартты цикл болуы мүмкін.

Жүк көтеру операциясының толық циклінде жүктің бекітілуін, арқанның қисық сызығын таңдауды, жүктемені көтеруді және оның қажетті нүктеге көтерілуін, жүк түсіру мен орнатуды, түсіруді және жаңа операцияны бастау үшін кері қозғалысты ескеру қажет. Бұл жағдайда жүк көтеру

құрылғысының механизмдері ең аз міндетті қосындылар саны бар. Дегенмен, әртүрлі себептер бойынша, цикл барысында оператор оператордың басқару жүйесіндегі кемшіліктерге, икемді суспензиядағы жүктемесінің ауытқуына, басқару тәжірибесінің жеткіліксіз болуына және т.б. байланысты бірқатар қосымша қосындылар шығарады. Осындай қосымша қосындылардың саны қажетті қосындылар санынан 2-4 есе жоғары болуы мүмкін.

Ең жоғары көтергіш қабілеті көтергіш машиналарды жасаудың маңызды міндеті, қажетті қосындылардың нақты санын минимумға дейін жеткізу болып табылады. Қазіргі уақытта ең сапалы бақылау жүйелері ең аз талап етілетін мөлшерден орташа 1,5 есе артық операцияларды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, ал ең көп жаппай параметрлік басқару жүйелері жүк қозғалысы циклына 20-30 рет қосуды талап етеді. Түрлі механизмдердің сағатына қосылулар саны жеңіл режимі бойынша 40-60 аралығында болуы мүмкін. Өте ауыр режимі үшін 500-600 дейін. Басқару жүйелерін жасау кезінде және олардың өзгеруінің кең спектрімен тұрақты жылдамдықты қамтамасыз ететін басқару жүйелерін жасау кезінде, қайта жүктеу операцияларының өнімділігін арттыру кезінде қосқыш механизмдерінің санын азайтудың жалпы үрдісі бар.

Бұл дипломдық жұмыста жүк көтергіштігі 25 тоннаға дейінгі орташа жұмыс режиміне жататын, келесі циклдық механикалық жөндеу және монтаждық цехтарда жүк көтеретін және тасымалдайтын екі бөренелі кранды таңдаймыз:

- есептік биіктікке номиналды жылдамдықпен номиналды жүктемені көтеру;
- кідірту (жүкті белгілі бір жерге ауыстыру);
- номиналды жүктемені номиналды жылдамдықпен номиналды биіктіктен нөлдік белгіге дейін төмендету;
- үзіліс (түсіру);
- бос ілгекті көтерілген жылдамдықпен есептелген биіктікке көтеру;
- кідірту (кранды оның бастапқы орнына жылжыту);
- бос ілмекті есептелген биіктіктен жоғары жылдамдықпен нөлдік белгіге дейін төмендету;
- үзіліс (жүктеу).



1.1 сурет – Көпірлік кранның жалпы көрінісі

Кран механизмдерінің жетегі үшін әртүрлі қозғалтқыштар мен электржетек жүйелерін қолдануға болады. Қазіргі уақытта крандарда қозғалтқыштар іске қосуды реттейтін резисторлар арқылы өзгермейтін кернеудің ауыспалы немесе тұрақты тогы желісінен қорек алатын электр жетегінің қарапайым жүйелері қолданылады. Қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқышы бар электр жетегі жеңіл режимде жұмыс істейтін шағын қуатты крандардың механизмдері үшін қолданылады. Егер жылдамдықты реттеу немесе дәл тоқтауды қамтамасыз ету қажет болса, онда екі немесе үш жылдамдықты қозғалтқышты пайдалануға болады.

Фазалық роторы бар асинхронды қозғалтқыштар және ротор тізбегіндегі кедергіні өзгерту жолымен бұрыштық жылдамдықты сатылы реттеу ең көп таралған. Ол қарапайым, сенімді, сағатына қосылыстардың көп санына жол береді және орташа және үлкен қуаттарда қолданылады. Ротор тізбегіндегі резисторлардың көмегімен іске қосу кезінде крутящий кезде кеңінен өзгертуге болады, қажетті жеделдету және біртіндеп іске қосу, қозғалтқыштың өтпелі процестер кезінде токтар мен энергия шығынын азайту, сондай-ақ бұрыштық жылдамдықты азайту үшін. Ол іске қосу реттегіш кедергілердегі энергияның едәуір шығынына байланысты үнемді емес; қозғалтқыштың, электромагниттік тежегіштердің және басқарудың байланыс аппаратурасының жоғары тозуы.

Егер кран механизмдерінің электржетегіне бұрыштық жылдамдықты реттеуге қатысты жоғары талаптар қойылса, әр түрлі режимдерде тұрақты ток қозғалтқыштары қолданылады.

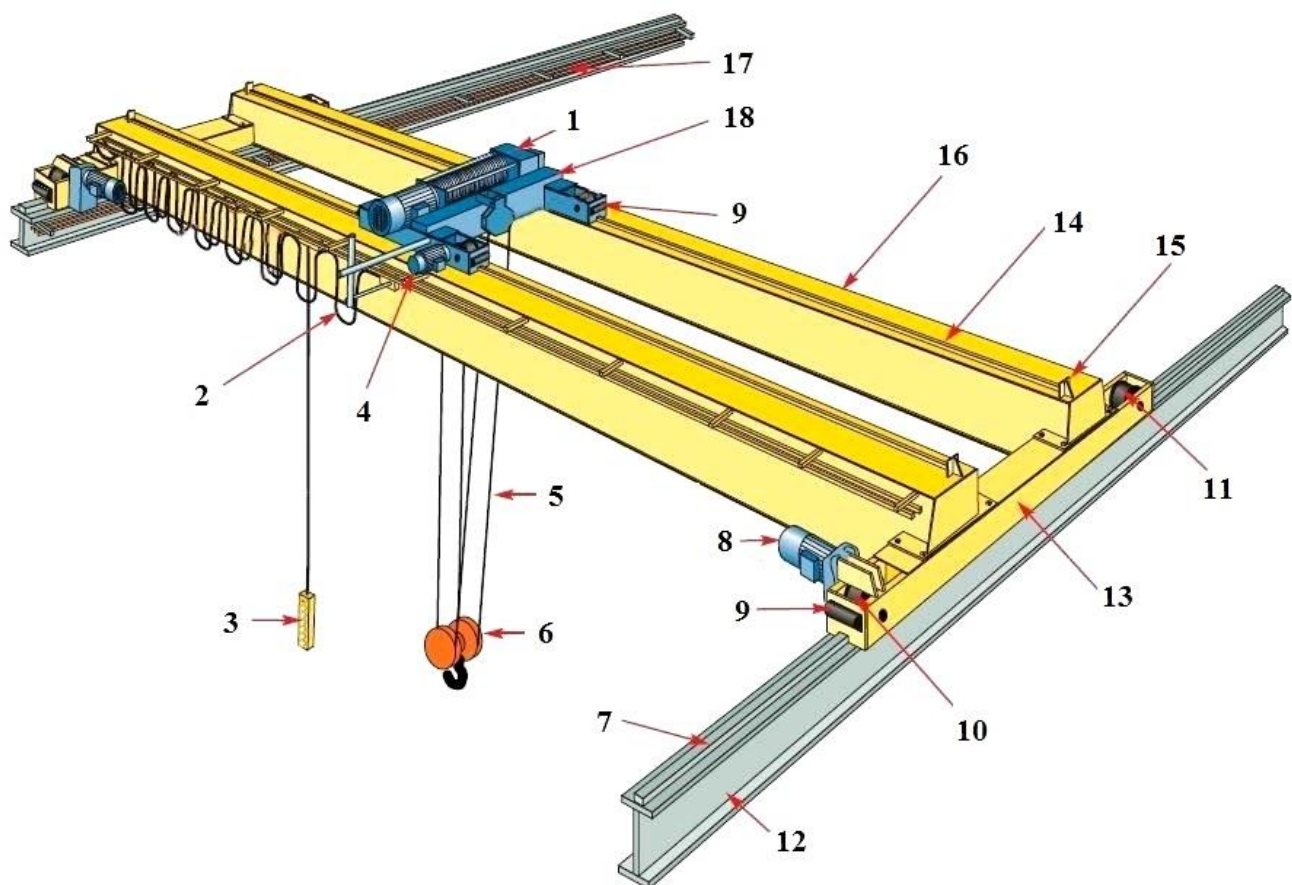
Егер жетектің бұрыштық жылдамдығын реттеудің жоғары диапазонын, тоқтатқыш моментті шектеуді және крандық механизм жұмысының кернеулік режимінде қозғалтқыштың өтпелі процестерінің баяу өтуін қамтамасыз ету талап етілсе, Г-Д жүйесі бойынша реттелетін электржетекті қолданады.

Айнымалы немесе тұрақты токтың жалпы желісінен қоректену кезінде контроллерлік немесе контакторлық басқару қолданылады. Басты тізбектердегі барлық ауыстырып қосу контроллердің түйіспесімен жүргізіледі, оларды басқару, әсіресе қарқынды жұмыс режимінде краншыдан айтарлықтай күш пен кернеуді талап етеді. Контакторлы басқару командоконтроллерден және контакторлы - релелік панельден тұратын магнитті контроллерден жүзеге асырылады. Қозғалтқыштың басты тізбектерінде ауыстырып қосуды контакторлар жүргізеді, ал краншы команда - контроллерді басқарады. Контакторлы басқару кезінде іске қосу, тежеу және реверс процесі автоматтандырылады. Кейбір жағдайларда жұмыс режимі аз механизмдер үшін контроллерлік басқаруды да, әдетте жүкті көтеру үшін контакторлық басқаруды да қолданады.

### **1.3 Оператордың өндірістік қондырғымен өзара әрекеттесуін талдау**

Оператордың өндірістік қондырғымен өзара әрекеттесуі кабинаның басқару панелінен және қашықтан жүзеге асырылады. «Аппатық тоқтату» батырмасы арқылы кран жұмысын тоқтату іске асады. Ал басқару пульті арқылы кранды басқару процесі жүзеге асады.

Крандарды басқару жүйелері үздіксіз операторлық басқаруда құрылғылардың санатына жатады, яғни. осы жүйелерде операцияның басталу сәтін таңдау, жылдамдық параметрлері және аяқталу сәті, операцияны механизмді басқаратын адам жүзеге асырады. Өз кезегінде, бақылау жүйесі қажет емес жылдамдықты болдырмайтын және қажетті қорғанысты қамтамасыз ете отырып, қалаған жылдамдық параметрлерін енгізу үшін қажетті коммутация дәйектілігін қамтамасыз етуі керек.



1-тельфер; 2-тельфер кабелы; 3-басқару пульті; 4-жұқарбаның жетегі; 5-болат канат; 6-жүк ілгіш; 7-рельс; 8-кран қозғалтқышының жетегі; 9-демпфер; 10-жетектің дөңгелегі; 11-бос жүріс дөңгелегі; 12-басты дінгек; 13-соңғы дінгек; 14-рельс; 15-тұйықталған тірек; 16-қозғалыс дінгегі; 17-троллей; 18-жүк арба.

1.2 сурет – Көпірлік кранның констукциясы

Бұл тарауда крандық механизмдердің электржетегі жүйелерін бағалаудың негізгі өлшемдері қалыптасады және осы критерийлерді ескере отырып, жетектің әр түрлі жүйелерінің ерекшеліктері талданады, олардың бағасы сол немесе басқа крандық механизмдерге қатысты беріледі.

Мұнда өз көрсеткіштері бойынша крандарға анық жарамсыз жүйелер (асинхронды қозғалтқыштың қайта аударылған фазасы бар схемалар, сынапты түзеткіш – қозғалтқыш жүйесі және т.б.), сондай-ақ басқа да пайымдаулар бойынша қабылданбайтын жүйелер (мысалы, біздің елде кең таралған айнымалы токтың коллекторлық қозғалтқыштары бар жүйелер) қарастырылмаған.

Жүйелерді бағалау критерийлері.

Кез келген механизмнің электржетегі жүйесін таңдау кезінде электржетегі жұмысының тұрақтылығы, электр жабдығының құны, оның салмағы мен өлшемдері, пайдалану шығындары, жүйені басқару ыңғайлылығы және оның жұмыста сенімділігі сияқты факторларды ескеру қажет.

Крандық механизмдерге тән қосымша бағалау критерийлері:

- Бұл ретте қозғалтқыш (жүкті көтеру және күшпен түсіру, қозғалу және бұрылу) және тежегіш (жүктерді тежегішпен түсіру) режимдеріндегі төмен және жоғары жылдамдықтарға қатысты жүйенің мүмкіндіктері анықталады;

- Жылдамдықты реттеудің берілген диапазонында қамтамасыз етілетін механикалық сипаттамалардың санымен сипатталатын, қарастырылатын жетек жүйесінің жылдамдығын реттеудің бірқалыпты болуы;

- Номиналды төмен жылдамдық кезіндегі механикалық сипаттамалардың қаттылығы;

- Шағын жүктеме аймағындағы механикалық сипаттамалардың үздіксіздігі;

- Жетек екпінінің және тежелуінің біркелкілігі. Тежелудің бірқалыптылығы, мысалы, жоғары жылдамдықтардан төменге ауысқан кезде тежеу моментінің реттелетін шамасымен электрлік тежелуді қамтамасыз ету мүмкіндігімен анықталады (жүктің тұрып қалуын немесе механикалық тежегішті салуды болдырмау үшін күш тізбегінің үзілуінсіз); ол сондай-ақ контроллерді нөлдік жағдайға қойған кезде тежегішті салар алдында электрлік тежелу мүмкіндігімен сипатталады. Екпіннің, мысалы, қозғалыс механизмінің бірқалыпты болуы іске қосу сәтін реттеудің мүмкін дәрежесімен анықталады;

- Жүкті көтерудің бірқалыпты болуы. Ұстаумен көтерілу кезінде жұлқы күші бос жүрісте жетек қозғалуы мүмкін жылдамдыққа байланысты; бірқалыпты дәрежесі әрбір нақты жағдайда осы жылдамдықтың шамасымен және тетіктің параметрлерімен анықталады;

- Қолданылатын электр жабдықтарының стандарттылығы (жүйеде кәдімгі машиналар мен аппараттар не осы жүйе, осы тетік үшін арнайы дайындалған ма);

- Схеманың күрделілігі, оны пайдалану қызметкерлерінің түсінуінің қиындығы, электр жабдығын күту бойынша талаптар. Зерттелетін механизмдер үшін бұл критерий әсіресе маңызды, өйткені кран схемасындағы кез келген ақауларды қысқа мерзімде жою қажет, бұл ретте көп жағдайда краншының өзі немесе кезекші электр монтері, яғни біліктілігі төмен жұмысшылар.

Электржетектің қандай да бір жүйесін таңдау кезінде шешуші фактор осы жүйенің техникалық мүмкіндіктерінің механизм жағынан оған қойылатын талаптарға сәйкес келуі, сондай-ақ электр схемасы жұмысының сенімділігі болуы тиіс. Электр жабдықтарының құнымен, пайдалану шығындарымен және кейбір басқа да факторлармен бұрын белгіленген тең жағдайларда ғана есептеледі.

Кез келген механизмнің қарапайым электр жетегі қысқа тұйықталған қозғалтқыштан жетек болып табылады. Оның артықшылығы, арзандықтан басқа, күтім жасау қарапайымдылығы, жұмыс істеу сенімділігі жарылыс қауіпті ортасы бар үй-жайларда пайдалану мүмкіндігі болып табылады. Статистикалық деректер айғақтауы бойынша пайдалануға арналған шығындар қозғалтқыштардың фазалық роторы бар кедергісі 5 есе, ал тұрақты ток



қозғалтқыштарының 10 есе жоғары қозғалтқыштар қысқа тұйықталған роторы бар.

Өтпелі процестер кезінде қысқа тұйықталған қозғалтқыштардағы шығындар шамасы – крандық электржетекте оларды пайдалануды шектейтін негізгі факторлардың бірі. Бұдан басқа, олар механизмде жол берілмейтін динамикалық жүктемелер жасай алады және жүкті ажыратуға алып келуі мүмкін, өйткені іске қосу және ең жоғары тежегіш сәттері (полюстер буының өзгеретін санымен қозғалтқышта жоғары жылдамдықтан төменге ауыстырып қосу кезінде) қиын реттеледі.

Бұл қозғалтқыштарды кең диапазонда екі тәсілмен реттеуге болады: оларды жиілікті реттелетін түрлендіргіштен қоректендіру және полюстер жұптарының санын өзгерту. Асинхронды қозғалтқыштардың жылдамдығын реттеудің ең үнемді тәсілі жиілік болып табылады. Бұл әдіс кез келген режимдерде (қозғалтқыш, тежегіш) жылдамдықты бірқалыпты реттеуге мүмкіндік береді. Механикалық сипаттамалардың қаттылығы кран қондырғылары үшін жеткілікті.

Қозғалтқыштың тұрақты жүктемелік қуатын қамтамасыз ету және кран механизмдерінің дискілерінің жиілігін реттеу кезінде оның қызып кетуін шектеу үшін статорға қолданылатын кернеудің пропорционалды өзгерісі қажет. Қозғалыс жылдамдығын өзгерту арқылы номиналды көрсеткішпен салыстырғанда 10-12 есе азайтылуы немесе 2 есе артуы мүмкін.

Шетелде қолданыс табады двухчастотная реттеу жүйесі, қашан жұмыс істеу кезінде номиналды жылдамдығы қозғалтқыш қуат желісі үшін төмен жылдамдықты ол қосылады арнайы нерегулируемому көзі төмен жиілікті (5-6Гц), находящемся на кранда. Мұндай жүйе біздің елде өзінің күрделілігіне, жоғары құны мен арнайы аппаратураға немесе жүйенің сенімділігін төмендететін және оған қызмет көрсетуді қиындататын қосымша айналмалы машиналарға қажеттігіне байланысты таратылмайды. Ең перспективалы болып тиристорларда жиілікті статистикалық түрлендіргіштері бар жүйелер болып табылады, жылдам әрекет етуімен ерекшеленетін, жоғары ПЭК орнатудың шағын габариттері. Қазіргі уақытта тұрақты ток буыны мен тікелей түрлендіргіштері бар жиілік түрлендіргіштерінің көптеген схемалары ұсынылды.

Мысалы ретінде синусоидалды кернеудің үш фазалы датчигінен басқарылатын жиілікті түрлендіргішке көрсетуге болады. Түрлендіргіштің шығуында 50Гц қоректену жиілігі кезінде 0-20 Гц диапазонында жиіліктің бірқалыпты өзгеруіне қол жеткізіледі. Мұндай түрлендіргішке қосылған қозғалтқыш қозғалтқышта да, генераторлық режимдерде де сенімді жұмыс істейді. Үш фазалы сенсор ретінде қарсы-параллель схема бойынша қосылған 12 тиристордан тұратын қуат күшейткіші бар шамамен реттелетін синхронды генератор қолданылады. Бірақ басқару схемасының күрделілігі, элементтердің көп саны кран механизмдеріне кеңінен енгізу үшін осы схемаларды ұсынуға әзірше мүмкіндік бермейді.

Крандық механизмдер жылдамдықты сатылы реттеуге жол беретіндіктен, олар көп жылдамдықты асинхронды қозғалтқышпен жабдықталған болуы мүмкін. Бұл ретте механизмді қосудың рұқсат етілген жиілігі артуы мүмкін және төмендетілген жылдамдық тоқтаудың дәлдігін арттыру үшін қолданылады. Жылдамдық реттеу диапазоны орамдардың орындалуына байланысты. Мәселен, ККМ сериялы қозғалтқыштар номиналды сәтте диапазонды қамтамасыз етеді 2,2 : 1; 3:1; 4,5:1 қозғалтқыш және тежегіш режимдерінде жеткілікті қатты механикалық сипаттамаларда.

Азайту үшін кезден қызметкер қайтыс болған жағдайда ұшыру уақытында тізбегіне статор орамасының орынды енгізуге белсенді қарсылық. Бұл жағдайда қозғалтқыштың іске қосу сәті де қатты азаяды, сондықтан көтерілу және шағын жылдамдыққа ауыстыру кезінде соңғысы тоқтауы және тіпті кері қосылу режимінде жүкпен таратылуы мүмкін. Генераторлық моментті шектеу үшін индуктивті кедергіні статор желісіне енгізу кезінде іске қосу сәті аз дәрежеде төмендейді. Бұл тәсілдің дамуы сұлбасы болып табылады, онда өтпелі процесс кезінде статордың жылдам жүрісті орамасы баяу жүріспен тізбектеледі. Бұл ретте жылдам жүрісті орам индуктивтілік рөлін атқарады және жылдам жүрісті орамаға сәйкес синхронды жылдамдық кезінде қозғалтқыштың нәтижелік сәті нөлге жақын. Бірақ мұндай орамаларды ауыстырып қосу схеманы күрделендіреді және қысқа тұйықталған қозғалтқыштардың негізгі артықшылықтарын – пайдаланудың қарапайымдылығы мен сенімділігін азайтады.

## **2 Көтергіш кранның қозғалтқышының, электржетегінің және күштік түрлендіргіш құрылғысының түрін таңдау**

### **2.1 Дипломдық жұмыстың тақырыбы бойынша әдеби шолу**

Көпірлі кран-бұл крандардың ең танымал болуына байланысты ең көп таралған. Көпірлі крандарды монтаждауды шартты түрде бірнеше түрге бөлуге болады: бұл жүк көтергіштігі 1 және 2 тонна арқалықтардың кранын монтаждау, жүк көтергіштігі 16 тоннаға дейінгі көпірлі крандарды монтаждау және екі белдік крандарды монтаждау.

Ең қарапайым және ең аз шығынды шағын кран арқалықтардың монтажы болады. Арқалықтардың шүмегін монтаждау жүк көтергіш техниканы қажет етпейді және бірнеше электротельфердің көмегімен бір немесе екі маманмен орындалуы мүмкін, олар шығырлар деп аталады. Мұндай жағдайда кранның конструкциясы кезекпен шағын бұрышпен көтеріледі, содан кейін кран асты жолдарына орнатылады. Жүк көтергіштігі 2 тоннадан асатын көпір кранын монтаждау көп жағдайда жүк көтергіш техниканың араласуын талап етеді. Кейбір жағдайларда осындай жүк көтергіш техника рөлінде басқа көпірлі кран болуы мүмкін, бірақ монтаждық мамандар кранды түпкілікті көтеруді автокранның көмегімен жүзеге асырады. Кейбір

жағдайларда ұзын аралық бөлігі бар көпір крандарын монтаждау бірнеше автокрандардың көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін.

Екі белдік крандарды монтаждау өте күрделі және үлкен еңбек шығынын талап етеді. Бұл екі арқалықты крандардың үлкен массасымен, сондай-ақ олардың өлшемдерімен байланысты, өйткені Арқалықтардан басқа оларға екі арқалықты көпірлі крандардың электр құрылғыларына жеңіл қол жеткізуді қамтамасыз ететін галлерейлер де қоса беріледі. Көпірлі кранды монтаждау технологиясы монтаждалатын көпірлі кранның түріне тікелей байланысты және аспалы және тіреуіштерге бөлінеді. Аспалы көпір крандарын монтаждау жер бетінде басталады. Алдымен ұшымен бірге соңғы арқалықтарды жинау жүреді. Содан кейін аспалы көпір кранының жиналған конструкциясы кранмен биіктікке көтеріледі және кран асты жолдарына бекітіледі.

Көпірлі крандарды монтаждау технологиясы, тірек жағдайында біршама өзгеше. Тірек көпірлі крандарды монтаждау кран асты жолына шеткі арқалықтарды орнатудан басталады. Бұл кезеңде кран асты жолдарына көпірлі Кранды орнату негізгі болып табылады және осыдан кейін ғана тірек Кранның арқалығын көтергіш кран асты жолдарының үстінен көтереді және шеткі арқалықтарға орнатады. Тірек көпірлі кранды монтаждаудағы келесі қадам оның соңғы арқалықтарын көтергіштен бекіту болып табылады. Монтаждалатын кранның түріне қарамастан, қол көпірлі Кранның монтажын және электр көпірлі кранның монтажын бөліп көрсетуге болады. Егер бірінші жағдайда көпірлі кранды монтаждау металл конструкциялардың өздерін монтаждаудан кейін аяқталса, екінші жағдайда металл конструкцияларды монтаждаудан кейін де көпірлі кранды сынақтан өткізу қажет, ол да іске қосуды реттеу жұмыстары деп аталады. Осылайша көпірлі крандарды монтаждаудағы соңғы кезең көпірлі кранды сынау болып табылады. Көпірлі кранды демонтаждау қажеттілігі өте сирек (кранның ақаулығы, ғимараттың демонтажы және т.б. жағдайда). Кейде бөлшектелген көпірлі кранды жаңа өндірістік объектіге апару қажет. Барлық жағдайларда демонтаждау үшін монтаждау кезіндегі іс-әрекеттер тек кері ретпен жүргізіледі.

Объектіде крандарды монтаждау бойынша жұмыстарды дайындау және жүргізу кезінде крандық жабдықтың зауыттық электр монтаждық дайындық дәрежесі ескерілуі тиіс. Дайындаушы кәсіпорынға сәйкес жалпы мақсаттағы крандарда мынадай жұмыстарды орындауы тиіс:

- кран кабиналары мен жүк арбаларын электромонтаждау;
- жүк арбасына ток қосқышты дайындау;
- ұштықтары және көпірлерге арналған ұштарын таңбалайтын электр сымдарының тораптарын (бұрауларын) дайындау;
- электр жабдықтарына арналған тіреулер мен кронштейндерді, созғыш жәшіктерді, қораптарды немесе электр сымдарын төсеуге арналған құбырларды көпірге орнату;

- көпірге (кедергіге, магнитті станцияларға) Орнатылатын электр аппаратурасын ішкі электр сызбаларын монтаждау арқылы блоктарға құрастыру.

Көпірлі крандардың электр бөлігін монтаждау бойынша жұмыстарды нөлдік белгіде көпірді, краншы кабинасы мен арбаны жобалық жағдайға көтергенге дейін орындау керек.

Электр монтаждау жұмыстары басталғанға дейін актімен ресімделетін механикалық монтаждау ұйымынан монтаждау кранды қабылдау жүзеге асырылуы тиіс. Актіде кранда, оның ішінде нөлдік белгіде электр монтаждау жұмыстарын жүргізуге рұқсат берілуі тиіс.

Нөлдік белгіде электр монтаждау жұмыстарының барынша мүмкін көлемін орындау қажет, оларға көпірді төсемеге сенімді орнатқаннан және механикалық монтаждау ұйымының рұқсатын ресімдегеннен кейін кірісу қажет. Электр монтаждау жұмыстарының қалған көлемін кранды жобалық жағдайға көтергеннен және оны ауыспалы галереяға, баспалдаққа немесе жөндеу алаңына тікелей жақын орнатқаннан кейін орындау қажет, олардан кранға сенімді және қауіпсіз өту қамтамасыз етілуі тиіс. Бұдан басқа, жобалық жағдайда орнатылған кранда электр монтаждау жұмыстары жүргізілгенге дейін:

- көпірді, арбаны, кабинаны, қоршауларды және сүйеніштерді құрастыру және орнату толығымен аяқталуы;

- басты троллейлер қоршалған немесе адамдар болуы мүмкін экрандағы кез келген жерден кіруге жол бермейтін қашықтықта орналасқан.

Крандардың электр бөлігін екі кезеңде құрастырады:

- Крандарды жасаушы зауытта;

- Кранды орнату орнында.

Бұрын электр Монтаждау жұмыстарының көп бөлігін әртүрлі әдістермен электромонтаждау ұйымдары атқарды.

Кранды электр монтаждау бойынша жұмыс құрамы және оларды дайындаушы кәсіпорынмен орындау көлемі Кранның электр тәсімі, жалғау кестесі; электр сымдары тораптарының сызбалары, Электр жабдықтарын, блоктарды, құбырларды, қораптарды орналастыру; кранды монтаждау, іске қосу, оны монтаждау орнында сынауды реттеу жөніндегі Нұсқаулық бар Кранның электр бөлігінің жобасымен анықталады.

Дайындаушы кәсіпорын басқару кабинасын және Кранның жүк көтергіш арбасын толық монтаждауды, көпірде электр жабдығына арналған орнату элементтерін монтаждауды, электр жетегінің басты және қосалқы элементтерінің элементтерін, оның ішінде ажыратылған түрдегі иілгіш кәбілді немесе таңбаланған секциялар түріндегі қатты троллейдерді, сондай-ақ бекіткіш, көтергіш және қолдаушы конструкцияларды дайындауды жүргізеді.

Негізінен көпір кранының электржабдығын монтаждау келесі жұмыстарды орындауды қамтиды:

- кәбіл трассаларын бөлу және одан әрі кәбіл төсеу;

- кабельге бекітпелерді орнату;

- құрылымдарды аппараттарға монтаждау және орнату;
- басқару аппараттарын орнату.

Электр монтаждау жұмыстары қазіргі уақытта инженерлік дайындықтың жоғары деңгейінде жүргізілуде, бұл жұмыстарды алаңдардан монтаждау-дайындау учаскелерінің шеберханаларына және электр монтаждау ұйымдарының зауыттарына барынша көшіру. Электр монтаждық, жобалау және ғылыми - зерттеу ұйымдары электр техникалық өнеркәсіппен бірлесіп ірі блоктар мен тораптар электр жабдықтарын дайындау бойынша үлкен жұмыс жүргізуде. Электр монтаждау және жөндеу жұмыстарының тәжірибесіне қазіргі заманғы механизмдер, аспаптар, шағын механикаландыру құралдары енгізіледі.

Қарау кезінде қабылданатын жаңадан орнатылған электр крандар мен көтергіштердің қабылдау комиссиясы назар аударады:

- экранда салынған сымдар Кранның механикалық бөлігін жөндеу кезінде орын алуы мүмкін механикалық зақымданулардан қорғалды;
- ол оқшаулауға зиянды әсер ететін майлармен жанасуы мүмкін жерлерде сым болат құбырларда немесе қораптарда төселді;
- құбырлардан соңғы ажыратқыштарға, командоаппараттарға және басқару кнопокларына шығатын және кіретін жерлерде сымдарды оқшаулау түтікшелермен өшіруден қорғалуы мүмкін;
- ашық ауада орнатылған электр қозғалтқыштар мен жүк көтергіш құрылғылардың іске қосуын реттеу аппаратурасы атмосфералық жауын-шашыннан қорғалған;
- аппараттар мен тірек конструкцияларының арасында аппараттардың жұмысына дірілдің қолайсыз әсерін әлсірететін резеңке шайбалар қойылған;
- контроллерлерді тексеру мен жөндеуге ыңғайлы болу үшін орнату олардың арасындағы 100 мм кем емес қашықтықта жүргізілді, басқару тұтқалары мен маховиктері еденнен кемінде 1050 мм және 1150 мм артық емес биіктікте орналасқан;
- тежегіш құрылғылар тез, нақты және соққысыз жұмыс істеді, ал тежеу жағдайында лента мен шкив арасындағы саңылау кемінде 1-2 мм болды;
- кран бойында төселген троллейлер, егер олардан кернеуді алуға арналған автоматты құрылғылар болмаса, қоршаулармен жабдықталды; кран асты жолының бойымен төселген троллейлер Кранның көпірінен, кабинадан немесе отырғызу алаңдарынан кездейсоқ жанасу үшін қол жетімсіз болды;
- Кранның фермаларында немесе арбада орнатылған ток қабылдағыштардың олардың барлық ұзындығы бойынша троллдармен сенімді байланысы болуы тиіс;
- ток қабылдағыштарға оларды қарау және жөндеу үшін кіру қиын болған жоқ;
- кабинаның торлы қоршауы, ол бас троллейлер жағынан орналасқан жағдайда, ток қабылдағыштарға кіруге арналған есіктері болды;
- әрбір кабельде кемінде екі желіден, ал сымдар қолданылған жағдайда-әрбір жалпы шланг үшін екі сымнан тұратын резерв қарастырылған;

- кабина қозғалысы кезінде ток өткізгіш кабельдері мен шлангтары шахтадағы конструкциялармен, қабырғалармен немесе арналармен жанаспаған;

- магнит станциялары тік жағдайдан ауытқымады және негізге сенімді бекітілді;

- тоқ өткізгіш бөліктердің оқшауламасы бұзылған кезде кернеу астында болуы мүмкін лифт қондырғысының металл бөліктері жерге тұйықталған;

- жерлендірілетін элементтер мен лифт қондырғысына Жерлендіруді енгізу арасындағы электр тізбегінің үздіксіздігі қамтамасыз етілді (үзіктердің болмауы және түйіспелі қосылыстардың сенімді күйі).

Крандар мен көтергіштердің электр жабдықтарының жекелеген элементтерін қабылдау-тапсыру сынақтары (электр қозғалтқыштары, іске қосуды реттеу аппараттары, электр сымдары, жерге қосу құрылғылары және т.б.) тиісті электр жабдықтарын қабылдау-тапсыру сынақтары қаралатын нұсқаулар негізінде жүргізіледі.

Электр жабдықтарын жөндеу мерзімділігі крандардың механикалық бөлігін жөндеу мерзімділігіне сәйкес келеді. Жөндеуді электромонтер немесе машинистің міндетті түрде қатысуымен электромонтер бригадасы орындайды. Жөндеу кезінде келесі жұмыстар жүргізіледі:

- тесіктерді, ерітінділерді өлшейді және релелік-контакторлық аппараттардың, соңғы ажыратқыштар мен контроллерлердің түйіспелерін басуды күшейтеді;

- басқару және қорғау релесін қарайды және реттейді;

- тежегіш электр магниттерінің магниттік жүйесіне тексеру жүргізеді;

- жартылай өткізгіш түзеткіштердегі шығыс кернеуін өлшейді;

- электржетектің күрделі сызбаларын баптауды жүргізеді (зауыттық нұсқаулықтарға сәйкес);

- оқшаулама кедергісін өлшейді және бүлінген электр сымдарын ауыстырады;

- электр өткізгіш түйіспелерінің барлық бұрандалы қосылыстарын және электр аппаратураларын бекітуді созады.

Көпірлі крандарды жөндеуге және қызмет көрсетуге көпірлі Кранның электр жабдықтарын ауыстыру, ілгекті аспаларды, механикалық тораптарды, жүріс элементтерін, қозғалыс арбаларын жөндеу және т.б. кіреді.

Электр жабдығы-бұл электрқозғалтқыштар, электр механизмдері мен аспаптары. Сондықтан крандардың электр жабдықтарын жөндеу осы элементтердің бірін жөндеу немесе толық ауыстыру кіреді.

Крандардың электр жабдықтарында кездесетін ең көп таралған ақаулар:

- қозғалтқыштың төмен айналу қабілеті: мүмкін себептер-тұйықталу, шамадан тыс жүктеу және 15-тен астам қуаттың төмендеуі<sup>0</sup>%;

- қозғалтқыштың жұмысы кезінде айтарлықтай шу-ротор статорға тиеді;

- статор орамасының айтарлықтай қызуы-тұйықталу, тізбектің үзілуі, кернеудің едәуір жоғарылауы және оның нормадан ауытқуы, мойынтіректердің тозуы;

- мойынтіректерді айтарлықтай қыздыру-мойынтіректердің ақаулықтары, мойынтіректердегі бітеу, лас майлауды қолдану;

- қозғалтқышта типтік емес дыбыс-подшипниктердің тозуы, статорда болатын жеткіліксіз нығаюы, фазалардың бөлінбеуі;

- қатты қызады және кейіннен байланыс - байланыстардың ластануы жанады.

Электрқозғалтқыш-электр жабдығының негізгі элементі. Кран электр қозғалтқыштарын жөндеу осындай ақаулар кезінде жүзеге асырылуы мүмкін:

- егер қозғалтқыш жұлқып қосылса-ротор орамында ротор орамындағы қысқа тұйықталу болуы мүмкін;

- егер қозғалтқыш қосылғанда қосылмаса, онда тұйықталу, ең алдымен, статор орамасын;

- егер механизмдер айналмаса, онда статор фазаларының бірі үзілуі мүмкін;

- егер қозғалтқыш қатты гуілдесе, онда фазалар тізбегі үзілуі мүмкін.

Егер қозғалтқыш іске қосу кезінде бұрылмаса немесе оның айналу жылдамдығы қалыпты болмаса, ақаулықтар механикалық да, электрлік да болуы мүмкін. Электр ақауларына мыналар жатады: статор немесе ротор орамындағы ішкі үзіктер, қоректендіру желісіндегі үзіктер, іске қосу аппаратурасындағы қалыпты қосылыстардың бұзылуы. Статордың орамасы үзілген кезде онда айналмалы магнит өрісі құрылмайды, ал ротордың екі фазасында үзілген кезде соңғысының орауында статордың айналмалы өрісімен өзара әрекеттесетін ток болмайды және қозғалтқыш жұмыс істей алмайды. Егер ораманың үзілуі қозғалтқыш жұмысы кезінде орын алса, ол номиналды айналмалы сәтпен жұмыс істеуді жалғастыра алады, бірақ айналу жылдамдығы қатты төмендейді, ал ток күші соншалықты ұлғаяды, бұл максимальды қорғаныс болмаған кезде статор немесе ротор орамасының қызып кетуі мүмкін.

Қозғалтқыштың орамдары үшбұрышқа жалғанған және оның бір фазасының үзілген жағдайда қозғалтқыш бұрыла бастайды, өйткені оның орамдары айналмалы магниттік өріс түзілетін ашық үшбұрышқа жалғанған болады, фазалардағы ток күші біркелкі емес, ал айналу жылдамдығы номиналдыдан төмен болады. Бұл ақаулық кезінде қозғалтқыштың номиналдық жүктемесі жағдайында фазалардың бірінде ток басқасына қарағанда 1,73 есе көп болады. Қозғалтқышта оның орамдарының барлық алты шеті шығарылған кезде фазадағы үзіліс мегаомметрмен анықталады. Ораманы ажыратады және әрбір фазаның кедергісін өлшейді.

Номиналдыдан төмен толық жүктеме кезінде қозғалтқыштың айналу жылдамдығы желінің төмен кернеуінен, ротор орамындағы нашар контактілерден, сондай-ақ фазалық роторы бар қозғалтқыштағы ротор тізбегіндегі үлкен кедергіден болуы мүмкін. Ротор тізбегінде үлкен кедергі кезінде қозғалтқыштың сырғуы өседі және оның айналу жылдамдығы азаяды.

Ротор тізбегіндегі кедергі ротордың щеткалы құрылғысындағы, іске қосу реостатындағы, ораманың түйіспелі сақиналармен қосылыстарындағы,

ораманың алдыңғы бөліктерін дәнекерлеудегі нашар байланыстарды, сондай-ақ түйіспелі сақиналар мен іске қосу реостаты арасындағы кабельдер мен сымдардың жеткіліксіз қимасын арттырады.

Егер қозғалтқыш статорында номиналды 20-25% тең кернеуді берсе, ротор орамындағы нашар контактілерді анықтауға болады. Тежелген ротор баяу қолмен бұрылады және статордың барлық үш фазасында ток күшін тексереді. Егер ротор ақаусыз болса, онда оның барлық жағдайларында статордағы ток күші бірдей, ал үзілген немесе нашар байланыс кезінде ротордың жағдайына байланысты өзгереді.

Фазалық ротор орамасының алдыңғы бөліктерінің дәнекерлеуінде нашар байланыстар кернеудің құлау әдісімен анықталады. Әдіс сапасыз дәнекерлеу орындарында кернеудің құлауын арттыруға негізделген. Бұл ретте қосылыстардың барлық орындарында кернеудің құлау шамаларын өлшейді, содан кейін өлшеу нәтижелерін салыстырады. Егер олардағы кернеудің төмендеуі ең аз көрсеткіштермен дәнекерлеудегі кернеудің 10% - дан аспайтын төмендеуінен асып кетсе, дәнекерлеулер қанағаттанарлық деп есептеледі.

Терең пазалы роторларда материалдың механикалық асқын кернеулерінен өзекшелердің үзілуі де мүмкін. Қысқа тұйықталған ротордың жамбас бөлігіндегі өзекшелердің үзілуі былайша анықталады. Роторды статордан шығарып, олардың арасындағы саңылауға ротор бұрылмасын үшін бірнеше ағаш сыналар соғылады. Статорға 0,25 Уном артық емес төмен кернеуді әкеледі. Ротордың шығыңқы бөлігінің әрбір Пазына ротордың екі тісін жабатын болат пластина кезекпен салынады. Егер өзектер бүтін болса, пластина роторға тартылып, қырып кетеді. Жарылған кезде пластинаның тартылуы мен тартылуы жоғалады.

Қозғалтқыш фазалық ротордың ажыратылған тізбегі кезінде бұрылады. Ақаудың себебі-ротор орамындағы қысқа тұйықталу. Қозғалтқышты қосу кезінде баяу бұрылады, ал оның орамдары қатты қызады, өйткені тұйықталған орамдарда статордың айналмалы өрісімен үлкен шамадағы ток жүреді. Қысқа тұйықталулар алдыңғы бөліктердің қамыттарының арасында, сондай-ақ ротор орамындағы оқшауламаның сынамасы немесе әлсіреуі кезінде өзекше арасында пайда болады.

Бұл зақымдану мұқият сыртқы қарап және ротор орамасының оқшаулау кедергісін өлшеумен анықталады. Егер тексеру кезінде зақымдануды анықтау мүмкін болмаса, онда оны ротор орамасының бірқалыпты қызуы бойынша сезуге анықтайды, ол үшін ротор тежейді, ал статорға төмен кернеу әкеледі.

Барлық қозғалтқыштың рұқсат етілген нормадан жоғары біркелкі қызуы ұзақ артық жүктеме және салқындату жағдайларының нашарлауы нәтижесінде болуы мүмкін. Жоғары қыздыру орамдарды оқшаулаудың мерзімінен бұрын тозуын тудырады.

## **2.2 Автоматтандырылған электр жетек пен автоматтандыру жүйесіне қойылатын талаптарды қалыптастыру**



Электр жетек құрылымын таңдау кезінде технологиялық процестің ерекшеліктерін, сенімділіктің талаптарын, басқарудағы икемділікті, түзетудің ыңғайлығын ескеру қажет. Көп жағдайларда оператормен басқарылатын крандарды көтеру механизмдерінің электр жетектері жылдамдықты басқарудың қажетті ауқымын қамтамасыз ете отырып, пайдаланудың және сенімділіктің қарапайымдылығына қатаң талаптар қойылады. Номиналды жүктемені көтеру және төмендету кезінде реттеу ауқымы тауарларды отырғызу кезінде ең төменгі жылдамдықпен анықталады. Бұл диапазонның құны кранның процесті және номиналды жүктеме сыйымдылығына байланысты. Осылайша, жүктемені орташа 25 тоннадан астам орташа кранмен жұмыс істейтін крандар үшін, басқару тетігі  $D \geq 25:1$ , ал бос ілгекті көтеру және төмендету кезінде номиналды жүктемені көтеру кезінде жылдамдық 1,5-2 есе жоғары болуы керек. Бұл класстың электр жетектеріне арналған маңызды талап - бұл өтпелі үдерістегі жылдамдықтың біркелкі өзгеруі, бұл күрт азайтады және, демек, жүктемені көтеру амплитудасын азайтады.

Осы талаптарды орындау үшін жетектерді басқару жүйесі жартылай немесе толық автоматты, әсіресе өтпелі режимде жұмыс істеген кезде болуы керек. Көпірлік кранның электр жетегінің жүйесіне қойылатын негізгі талаптар төмендегідей болуы мүмкін:

1. Бірінші контроллерінің бірінші позицияларында қозғалтқыш номиналды кернеу номиналды кернеудің 90% номиналды кернеуінде төмендетілмеуі мүмкін және сол уақытта қажетті ең төменгі жылдамдық ең төменгі жүктемедегі номиналды мәннен 30% төменірек болуы керек.

2. Контроллердің тұтқасын төмендету жылдамдығымен жылжытқанда, ол соңғы уақытта қысқа уақытқа дейін ұлғайтылмауы керек. Бұл, ең алдымен, механикалық тежеудің кешігуі түсірудің төмен жылдамдығының өсуіне әкеліп соқтырмау керек болғанда бірінші позициядан нөлге дейін ауысуды білдіреді.

3. Электр тежегіш жүйесінде кернеу номиналды 90% кернеумен номиналдың 125% тең сенімді жүктемені қамтамасыз ететін қажетті резерві болуы керек.

4. Жүктің қозғалысы командирдің тағайындаған бағытында ғана болуы керек, тіпті тізбектегі ақаулар болса да. Соңғы жағдайда жүктеме стационарлық күйінде қалуы мүмкін.

Кран механизмдеріне арналған электр жетектерін таңдау салыстырмалы көрсеткіштерді талдау негізінде жүргізіледі. Электржетек жүйелерін экономикалық бағалау бастапқы шығындармен, жөндеу жұмыстарына жұмсалатын шығындарға, сондай-ақ күрделі жөндеуден бұрын (10 жыл) пайдалану кезеңінде кран механизмдерін жеделдету және баяулату үшін желіден тұтынылатын энергия шығындарына байланысты ең төменгі шығындар принципіне негізделуі керек.

Экономикалық бағалау белгілі бір әдіснамаға сәйкес есептеу арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Үздік экономикалық көрсеткіштерге ие жүйе таңдалды. Егер салыстыру жүргізілетін жүйелердің экономикалық

көрсеткіштері жақын болса (сәйкессіздік 15% -дан аспаса), электрлік жабдықты орналастыруға арналған массалық өлшемдерге және шарттарына қосымша бағалау жасалады. Жүк көтеру механизмінің электр жетегі үшін маңызды талап белсенді жүктеме крутяциясының әсерінен сенімді тежеуді қамтамасыз ету болып табылады.

### **2.3 Ықтимал болатын нұсқаларды анықтау және тиімді электр жетегі жүйесін таңдау**

25 : 1-ден астам жылдамдықты басқаратын диапазондағы реттелетін кранның электр жетегі үшін төмендегі электр жетектерінің жүйесі қолданылады:

1. Тиристорлы кернеу түрлендіргіш жүйесі (ТКТ жүйесі);
2. Тиристордың кернеу реттеушісі бар жүйе (ТКР жүйесі);
3. Жиілік түрлендіргіші бар жүйе (ЖТ жүйесі);
4. Асинхронды қозғалтқыш және импульстік реттегіш, түзеткішті ток тізбегіндегі жылжымалы қуаттың қалпына келуінсіз (АҚЖИР жүйесі);
5. Асинхронды қозғалтқыш және импульстік реттегіш жүйе желісінің қуатын қалпына келтіру арқылы түзілген ток тізбегіндегі жүйесі (АҚЖИР жүйесі).

Бұл жұмыста жоғарыда көрсетілген кран электр жетектерінің энергетикалық және экономикалық параметрлерін салыстырмалы талдау жүргізіліп, технологиялық цикл механикалық қондырғыларын орындау кезінде электр қуатын аз тұтынатын электржетек жүйесі тиімді деп саналады.

Кранның циклы жүктемені көтеру, қажетті қашықтыққа жылжыту, жүктемені төмендету және штангаға кідірту кезеңдерін қамтиды. Қосылудың стандартты ұзақтығы  $ҚҰ=40\%$  деп белгіленеді, ал жұмыс циклінде жылдамдықпен қозғалыс бөлімдері бар.

Электржетек жүйелерін қолданудың ұтымды лимиттерін анықтаған кезде, салыстырылатын жүйелердің энергетикалық көрсеткіштерін ғана емес, сондай-ақ аталған жыл сайынғы шығындарды да бағалау қажет.

Механикалық жөндеу және монтаждық цехтарда жүк көтеру және жүк көтеруді қарастыратын краннан бастап, жүк көтеру қабілеті 25 тоннаға дейінгі орташа жұмыс режиміне 30 кВт-тан астам көтеру механизмінің қозғалтқышының қуаты мен  $D \geq 25:1$  бақылау аймағына қатысты, содан кейін жоғарыда көрсетілген ЖТ – АҚ жүйесін көпірлік кранды көтеру үшін ұтымды электр жетегі жүйесі ретінде қабылдай аламыз.

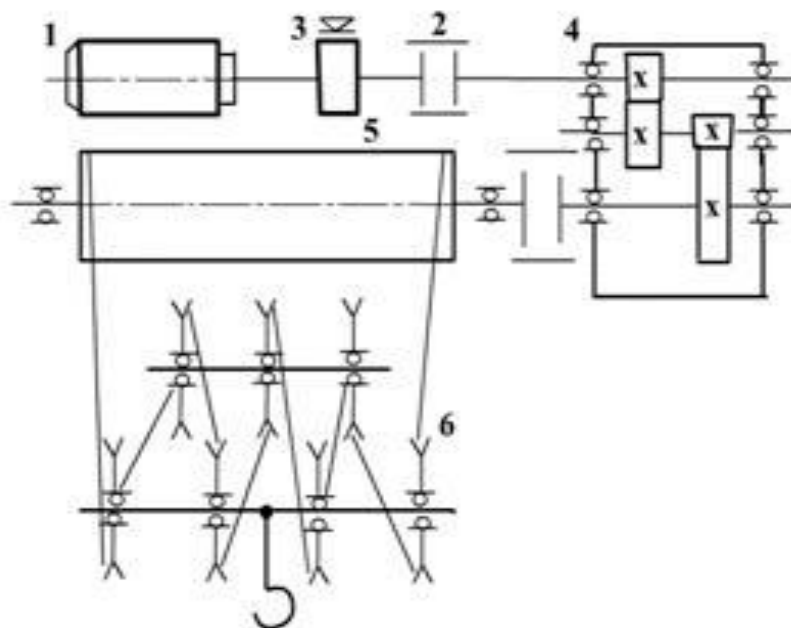
Бұдан басқа, ЖТ – АҚ жүйесі басқа электр жетектеріне қарағанда қашықтан телемеханикалық бақылауға ыңғайлы екендігін атап өту керек.

### **2.4 Кинематикалық сұлбаны талдау, электр жетегінің механикалық бөлігінің жобалау параметрлерін және конструкциясын анықтау**

2.1 кесте – Электржетекті жобалау үшін берілген техникалық деректер

Аталуы	Белгіленуі	Мәні
Жүк көтергіштігі, т	$G_{ном}, m_{ном}$	25
Максималды көтеру биіктігі, м	$H_{max}$	10
Номиналды жылдамдық, м/с	$V_{ном}$	0,14
Ілгіш массасы, кг	$G_0, m_i$	550
Барабан диаметрі, м	$DB$	0,86
Полиспаст еселілігі	$i$	6
Редуктордың беріліс саны,	$j$	31
Барабанның инерция моменті, кг·м <sup>2</sup>	$J_B$	1300
Берілістің номиналды ПӘК-і, %	$\eta_{п.ном}$	87
Ілгіш жылдамдығы	$v_k$	$2v_{ном}$
Қосылу ұзақтығы, %	$ҚҰ$	40

Жүктемені көтеру механизмі (2.1-сурет) ілмек ілгіштерден, қапшықтан, барабаннан, беріліс қондырғыларынан (редуктор, муфталар, біліктер), тежеуіштен және электр қозғалтқышынан тұрады. Механизмнің түйіндері кранның металл құрылымына орнатылады. Блоктардан шыққан арқан қатты және қозғалатын шектеулермен қорғалған.



1- электр қозғалтқыш; 2- муфта; 3- тежегіш; 4- редуктор; 5- барабан;  
6-полиспаст.

2.1 сурет – Көтеру механизмінің кинематикалық сұлбасы

### 3. Электр қозғалтқыш таңдау

#### 3.1 Жүктемелерді есептеу және механизмнің механикалық сипаттамалары мен жүктеме диаграммасын құру

Механизмнің технологиялық параметрлері:  
көтерудің номиналды жылдамдығы – 0,14 м/с;  
көтерудің максимальды биіктігі – 12,5 м;  
қосу ұзақтығы (ҚҰ)– 40%.

Технологиялық үрдіс: ілмекті көтеру, жүктемені төмендету, жүктемені биіктікте көтеру, жүк түсіру жүйелерден тұрады.

Жүкті көтеру кезіндегі статикалық қуат:

$$P_{жкс}^{\uparrow} = \frac{g \cdot (m_{ном} + m_k) \cdot v_{ном}}{1000 \cdot \eta_{ном}}, \quad (3.1)$$

$$P_{жкс}^{\uparrow} = \frac{9,81 \cdot (25000 + 550) \cdot 0,14}{1000 \cdot 0,87} = 40,333 \text{ кВт}.$$

Мұндағы:  $m_i$  – ілгіштің массасы, кг;

$m_{ном}$  – жүктің номиналды салмағы, кг;

$v_{ном}$  – жүкті көтерудің (түсірудің) номиналды жылдамдығы, м/с;

$\eta_{ном}$  – номиналды ПӘК;

$g$  – еркін түсу үдеуі, м/с<sup>2</sup>.

Жүкті түсіру кезіндегі статикалық қуат:

$$P_{жкс}^{\downarrow} = \frac{g \cdot (m_{ном} + m_k) \cdot v_{ном}}{1000 \cdot \eta_{ном}} \cdot \left( 2 - \frac{1}{\eta_{ном}} \right), \quad (3.2)$$

$$P_{жкс}^{\downarrow} = \frac{9,81 \cdot (25000 + 550) \cdot 0,14}{1000 \cdot 0,87} \cdot \left( 2 - \frac{1}{0,87} \right) = 34,306 \text{ кВт}.$$

Ілмекті көтеру кезіндегі статикалық қуаты:

$$P_{ікс}^{\uparrow} = \frac{g \cdot m_k \cdot 2v_{ном}}{\eta_{\delta}}, \quad (3.3)$$

$$P_{икс}^{\uparrow} = \frac{9,81 \cdot 550 \cdot 0,28}{0,226} = 6684,69 \text{ Вт.}$$

Жүктің салмағы мен кинематикасына байланысты  $\eta_6$  – беріліс ПӘК-і мына формула бойынша анықтаймыз:

$$\eta_6 = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{6.ном}} + \frac{\alpha}{k_{жс}} - \alpha}, \quad (3.4)$$

$$\eta_6 = \frac{1}{\frac{1}{0,87} + \frac{0,07}{0,021} - 0,07} = 0,226.$$

мұндағы  $\alpha$  - коэффициент, 0,07 тең деп қабылдаймыз,  
 $k_3$  – жүктеу коэффициенті.

$$k_{жс} = \frac{1}{m_{ном} + m_i}, \quad (3.5)$$

$$k_{жс} = \frac{550}{25000 + 550} = 0,021.$$

Ілмекті түсіру кезіндегі статикалық қуаты:

$$P_{имс}^{\downarrow} = P_{имс}^{\uparrow} \cdot (2\eta_n - 1), \quad (3.6)$$

$$P_{имс}^{\downarrow} = 6684,69 \cdot (2 \cdot 0,226 - 1) = -3663,21 \text{ Вт.}$$

Технологиялық процестің орындалу уақыты:

$$t_{mn}^{\uparrow} = \frac{H}{v_{ном}} = \frac{10}{0,14} = 71,428 \text{ с}, \quad (3.7)$$

$$t_{кр}^{\uparrow} = \frac{H}{2 \cdot v_{ном}} = \frac{10}{2 \cdot 0,14} = 35,714 \text{ с}, \quad (3.8)$$

$$t_p = 2 \cdot 71,728 + 2 \cdot 35,714 = 214,284 \text{ с}. \quad (3.8)$$

Цикл уақытын есептейміз (қосылу ұзақтығы):

$$ҚҰ = \frac{t_p}{t_y} \cdot 100\%, \quad (3.9)$$

$$ҚҰ = \frac{214,284}{535,71} \cdot 100\% = 40\%.$$

$$t_u = \frac{t_p}{ПВ}, \quad (3.10)$$

$$t_u = \frac{214,284}{0,4} = 535,71 \text{ с.}$$

$t_u = 535,71 \text{ с} = 8,928 \text{ мин} < 10 \text{ мин}$  болғандықтан, жұмыс режимі қысқа уақытты-қайталанбалы болады.

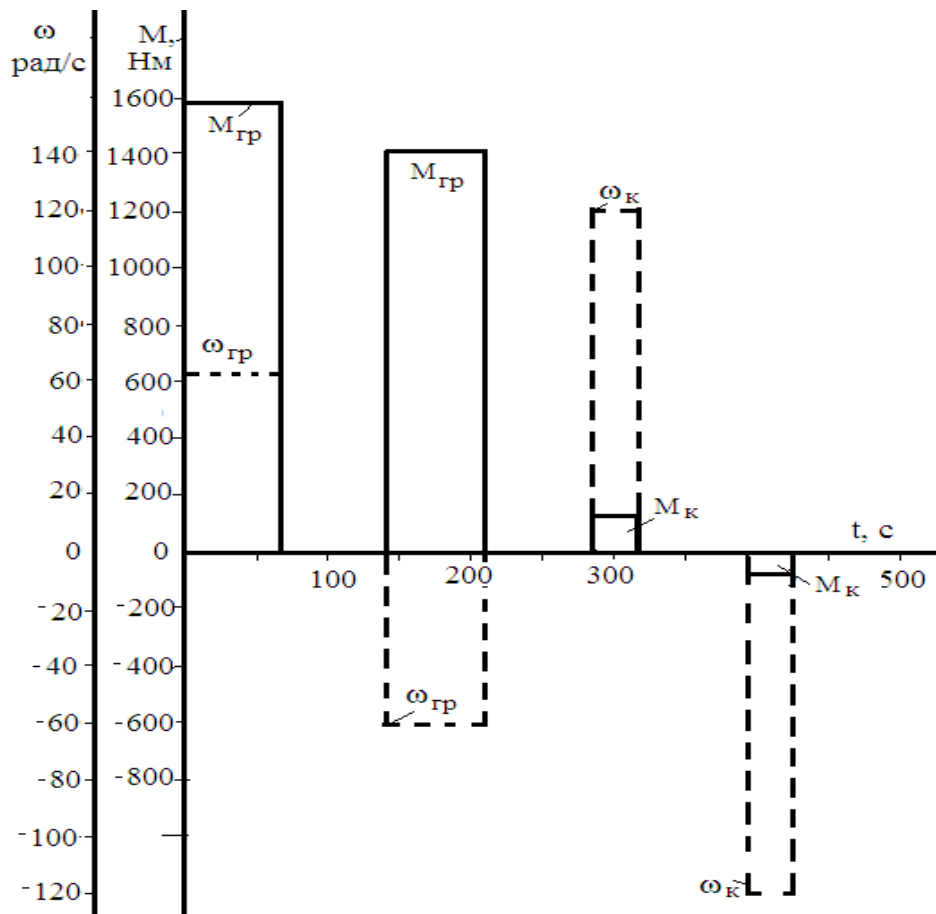
Жалпы үзіліс уақыты:

$$\sum t_0 = t_u - t_p = 535,71 - 214,284 = 321,426 \text{ с}, \quad (3.11)$$

$$\sum t_0 = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04}. \quad (3.12)$$

$t_{01} = t_{03} = 80 \text{ с}$ ,  $t_{02} = t_{04} = 80 \text{ с}$  тең деп қабылдаймыз.

Есептеу мәліметтері бойынша механизмнің жүктемелік және жылдамдықтық диаграммасын тұрғызамыз.



3.1 сурет – Кранның көтеру механизмінің жылдамдық және жүктемелік диаграммасы

Жұмыс кезіндегі электр қозғалтқышты таңдау үшін статикалық эквивалент қуатын анықтаймыз:

$$P_{\text{сз}} = \sqrt{\frac{(P_{\text{ікс}}^2 + P_{\text{імс}}^2) \cdot t_{\text{mn}} + (P_{\text{жкс}}^2 + P_{\text{жтс}}^2) \cdot t_{\text{кр}}}{2t_{\text{mn}} + 2t_{\text{кр}}}}, \quad (3.13)$$

$$P_{\text{сз}} = \sqrt{\frac{(6684,69^2 + (-3663,21)^2) \cdot 71,428 + (40333^2 + 34306^2) \cdot 35,714}{2 \cdot 71,428 + 2 \cdot 35,714}} = 22,060 \text{кВт}.$$

Қосу ұзақтығы ҚҰ=100% болғанда қозғалтқыштың қуатын анықтаймыз:

$$P_{\text{сз}} (\text{ПВ} = 100\%) = P_{\text{сз}} (\text{ПВ} = 40\%) \cdot \sqrt{\frac{40}{100}} = 13897,8. \quad (3.14)$$

Қозғалтқыштың есептік қуатын есептейміз:

$$P_{\text{есеп}} = P_{\text{сз}} \cdot K_{\text{оп}} = 22060 \cdot 1,05 = 23163 \text{Вт}. \quad (3.15)$$

мұндағы  $K_{кор} = 1,05$  – қор коэффициенті.

Редуктордың беріліс санының формуласынан  $n_{НОМ}$  есептейміз:

$$j_{ред} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{НОМ}}{v_{НОМ} \cdot 60 \cdot i}; \quad (3.16)$$

Қозғалтқыштың есептік жылдамдығы:

$$n_{есеп} = \frac{j_{ред} \cdot v_{НОМ} \cdot 60 \cdot i}{\pi \cdot D}, \quad (3.17)$$

$$n_{есеп} = \frac{31 \cdot 0,14 \cdot 60 \cdot 6}{3,14 \cdot 0,86} = 578,58 \text{ айн/ мин.}$$

$P_{НОМ} \geq P_{есеп}$  шарты бойынша қозғалтқыш таңдаймыз. 4A250S10Y3 типті айналу жылдамдығы  $n_o=600$  айн/мин болатын асинхронды қозғалтқыш таңдаймыз. Таңдалған асинхронды қозғалтқыштың параметрлері 1 кестеде келтірілген.

3.1 кестеде кранның көтеру механизмінің электр жетегін таңдауға қажет тапсырмалық техникалық деректер келтірілген.

3.1 кесте - Тапсырмалық техникалық деректер

Аталуы	4A250S10Y3
Номиналды қуаты, кВт	30
Номиналды айналу жиілігі, айн/мин	600
ПӘК, %	88
Қуат коэффициенті	81
Кернеуі, В	380/220
Максималды момент еселігі,	1,9
Іске қосу момент еселігі	1,2
Қозғалтқыштың инерциялық моменті, $10^{-3}$ кг·м <sup>2</sup>	1,36
Жүргізу тоғының номинал токқа қатынасы	6
Шектік сырғанауы, %	1,9

Таңдалған асинхронды қозғалтқыштың параметрлері:

$X_{\mu}^* = 2,3$  о.е. магниттік индуктивті кедергі;

$R_1^* = 0,056$  о.е. статор орамасының активті кедергісі;

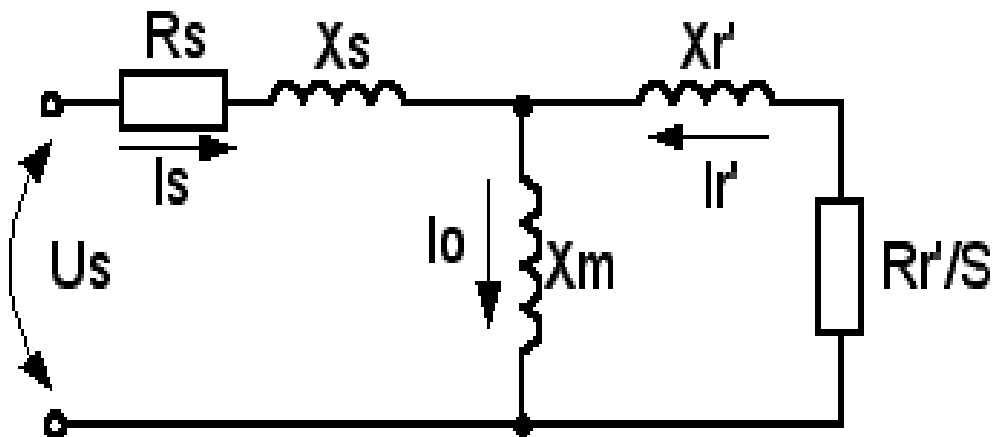
$X_1^* = 0,11$  о.е. статор орамасының индуктивті кедергісі;

$R_2^* = 0,023$  о.е. ротор орамасының активті кедергісі;

$X_2^* = 0,17$  о.е. ротор орамасының индуктивті кедергісі.



Электр машиналардың жинақталған динамикалық сұлбасы Т – тәріздес орынбасу сұлбасы негізінде қысқаша түйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың және динамикалық модельдеу мен өңдеу арқылы математикалық сипаттаумен орындалады. Ол 3.2 суретте көрсетілген.



3.2 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың Т-тәріздес орынбасу сұлбасы

### 3.2 Асинхронды қозғалтқыштың негізгі параметрлерін есептеу

Асинхронды қозғалтқыштың фазалық кедергісі, Ом:

$$Z_{\phi} = \frac{U_{\phi n}}{I_{1n}}, \quad (3.18)$$

$$Z_{\phi} = \frac{220}{63,77} = 3,45 \text{ Ом.}$$

мұндағы  $I_{1n}$  - статордың фазалық номиналды тогы, А

$$I_{1n} = \frac{P_n}{3 \cdot U_{\phi n} \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n}, \quad (3.19)$$

$$I_{1n} = \frac{30000}{3 \cdot 220 \cdot 0,88 \cdot 0,81} = 63,77 \text{ А.}$$

$$X_{\mu} = X_{\mu}^* \cdot Z_{\phi} = 2,3 \cdot 3,45 = 7,935 \text{ Ом.} \quad (3.20)$$

$$R_1 = R_1^* \cdot Z_{\phi} = 0,056 \cdot 3,45 = 0,1932 \text{ Ом.} \quad (3.21)$$

$$X_1 = X_1^* \cdot Z_{\phi} = 0,11 \cdot 3,45 = 0,3795 \text{ Ом.} \quad (3.22)$$

$$R_2 = R_2^* \cdot Z_\phi = 0,023 \cdot 3,45 = 0,07935 \text{ Ом.} \quad (3.23)$$

$$X_2 = X_2^* \cdot Z_\phi = 0,17 \cdot 3,45 = 0,5865 \text{ Ом.} \quad (3.24)$$

Қысқа тұйықталу кезіндегі индуктивті кедергі, Ом

$$X_\kappa = X_1 + X_2 = 0,3795 + 0,5865 = 0,966 \text{ Ом.} \quad (3.25)$$

### 3.3 Электр жетегінің жүктемелік диаграммасын тұрғызу

Қозғалтқыштың жүктеме схемасы қозғалтқышты қыздыру мен жүктеудің алдын-ала сынау үшін пайдаланылады, алдымен ілмекті (J2) және жүктемені (J1) көтеру кезінде электр жетегінің инерциясының жалпы мәнін анықтаймыз.

Динамикалық жүктемені шектеу үшін көтергіштегі рельстермен және арқандармен қозғалыстағы механизмдердің сенімді байланыстарын қамтамасыз етуге, сондай-ақ қажетті өтпелі процестерді қалыптастыруға, тетіктерді жеделдету шектелген, сызықтық жеделдеу қабылданады: қабылдау  $a_{қаб} = 0,2 \text{ м/с}^2$ .

Қозғалтқыштың номиналды жылдамдығы:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{есен}}{30} \frac{3,14 \cdot 578}{30} = 60,497 \text{ рад/с.} \quad (3.26)$$

Келтірілген радиусты есептейміз:

$$\rho = \frac{v_{ном}}{\omega_{ном}} \frac{0,14}{60,497} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ м/рад.} \quad (3.27)$$

Рұқсат етілген бұрыштық үдеуді есептейміз:

$$\varepsilon_{доп} = \frac{a_{доп}}{\rho} = \frac{0,2}{2,3 \cdot 10^{-3}} = 87 \text{ рад/с}^2. \quad (3.28)$$

Барабанның энергия моменті берілген:  $J_6 = 1300 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

Жүк көтеру кезіндегі электр жетектің инерция моменті:

$$J_1 = \delta \cdot J_D + \frac{J_6}{J_{ред}^2} + (m_{zp} + m_\kappa) \cdot \rho^2, \quad (3.29)$$

$$J_1 = 1,2 \cdot 1,36 + \frac{1300}{31^2} + (25000 + 550) \cdot (2,3 \cdot 10^{-3})^2 = 3,119 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

мұндағы  $\delta = 1,2$  механизмнің айналатын бөліктерін ескеретін инерция моментінің коэффициенті.

Электр жетектің ілгішті көтеру кезіндегі инерция моменті:

$$J_2 = J_1 = \delta \cdot J_{Д} + \frac{J_{\sigma}}{J_{ред}^2} + m_{к} \cdot \rho^2, \quad (3.30)$$

$$J_2 = 1,2 \cdot 1,36 + \frac{1300}{31^2} + 550 \cdot (2,3 \cdot 10^{-3})^2 = 2,987_{кг} \cdot м^2.$$

Ілгішті көтеру және түсіру кезіндегі үдеу уақыты:

$$t_{m.к}^{\uparrow} = t_{m.к}^{\downarrow} = \frac{2 \cdot v_{ном}}{a_{дон}} = \frac{2 \cdot 0,14}{0,2} = 1,4с. \quad (3.31)$$

$$t_{m.сп}^{\uparrow} = t_{m.сп}^{\downarrow} = \frac{v_{ном}}{a_{дон}} = \frac{0,14}{0,2} = 0,7с. \quad (3.32)$$

Жылдамдықтың сызықты өзгеріс заңы бойынша электр жетектің динамикалық моментін  $M_{дин}$  есептейміз.

$$M_{дин} = J \frac{dw}{dt} = J \varepsilon_{кoc}. \quad (3.33)$$

Электр жетектің динамикалық моменті:

$$M_{дин1} = J_1 \cdot \varepsilon_{кoc} = 3,199 \cdot 87 = 278,313 Н \cdot м. \quad (3.34)$$

$$M_{дин2} = J_2 \cdot \varepsilon_{кoc} = 2,987 \cdot 87 = 259,869 Н \cdot м. \quad (3.35)$$

Келесі формула бойынша әр интервалдағы қозғалтқыштың жүктемелік диаграмма моментін есептейміз:

$$M = M_c + M_{дин} = M_c + J \cdot \varepsilon_{дин}. \quad (3.36)$$

Статикалық моменттерді циклдің барлық кезеңдерінде есептейміз:

$$M_{ск}^{\uparrow} = \frac{P_{ікс}^{\uparrow}}{2 \cdot \omega_{ном}} = \frac{6684,69}{2 \cdot 60,497} = 55,248 Н \cdot м. \quad (3.37)$$

$$M_{\text{ск}}^{\downarrow} = \frac{P_{\text{имс}}^{\downarrow}}{2 \cdot \omega_{\text{ном}}} = \frac{-3663,21}{2 \cdot 60,497} = -30,275 \text{H} \cdot \text{м}. \quad (3.38)$$

$$M_{\text{с.зр}}^{\uparrow} = \frac{P_{\text{экс}}^{\uparrow}}{\omega_{\text{ном}}} = \frac{40333}{60,497} = 666,694 \text{H} \cdot \text{м}. \quad (3.39)$$

$$M_{\text{с.зр}}^{\downarrow} = \frac{P_{\text{экс}}^{\downarrow}}{\omega_{\text{ном}}} = \frac{34306}{60,497} = 567,069 \text{H} \cdot \text{м}. \quad (3.40)$$

Ілмекті екпіндету және түсіру кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_1 = M_{\text{ск}}^{\downarrow} - M_{\text{дин2}} = -30,275 - 259,869 = -290,144, \quad (3.41)$$

$$t_1 = t_{\text{мк}} = 1,4 \text{с}. \quad (3.42)$$

Тұрақты жылдамдықпен ілмекті түсіргендегі электромагниттік момент:

$$M_2 = M_{\text{ск}}^{\downarrow} = -30,275 \text{H} \cdot \text{м}, \quad (3.43)$$

$$t_2 = t_{\text{кр}}^{\uparrow} - 2 \cdot t_1 = 35,714 - 2 \cdot 1,4 = 32,914 \text{с}. \quad (3.44)$$

Ілмекті төмендету және тежеу кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_3 = M_{\text{ск}}^{\downarrow} + M_{\text{дин2}} = -30,275 + 259,869 = 229,594 \text{H} \cdot \text{м}, \quad (3.45)$$

$$t_3 = t_{\text{мк}} = 1,4 \text{с}. \quad (3.46)$$

Жүкті үдету және көтеру кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_4 = M_{\text{с.зр}}^{\uparrow} + M_{\text{дин1}} = 666,694 + 278,313 = 945 \text{H} \cdot \text{м}, \quad (3.47)$$

$$t_4 = t_{\text{мк}}^{\uparrow} = 0,7 \text{с}. \quad (3.48)$$

Тұрақты жылдамдықпен жүкті көтеру кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_5 = M_{\text{с.зр}}^{\uparrow} = 666,649 \text{H} \cdot \text{м}, \quad (3.49)$$

$$t_5 = t_{\text{зр}}^{\uparrow} - 2 \cdot t_4 = 71,428 - 2 \cdot 0,7 = 70,028 \text{с}. \quad (3.50)$$

Ілмекті көтеру және тежеу кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_6 = M^{\uparrow}_{c.зр} - M_{дин1} = 666,649 - 278,313 = 388,336H \cdot м, \quad (3.51)$$

$$t_6 = t_{mk}^{\uparrow} = 0,7с. \quad (3.52)$$

Үдету және жүкті түсіру кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_7 = M^{\downarrow}_{c.зр} - M_{дин1} = 567,069 - 278,313 = 288,756H \cdot м, \quad (3.53)$$

$$t_7 = t_{mk}^{\uparrow} = 0,7с. \quad (3.54)$$

Тұрақты жылдамдықпен жүкті түсіру кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_8 = M^{\downarrow}_{c.зр} = 567,069H \cdot м, \quad (3.55)$$

$$t_8 = t_5^{\uparrow} = 70,028с. \quad (3.56)$$

Жүкті түсіру және тежелу кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_9 = M^{\downarrow}_{c.зр} + M_{дин1} = 567,069 + 278,313 = 845,382H \cdot м, \quad (3.57)$$

$$t_9 = t_{mk}^{\uparrow} = 0,7с. \quad (3.58)$$

Үдету және көтеру кезіндегі ілмектің электромагниттік моменті:

$$M_{10} = M^{\uparrow}_{ск} + M_{дин2} = 52,248 + 259,869 = 312,117H \cdot м, \quad (3.59)$$

$$t_{10} = t_{mk} = 1,4с. \quad (3.60)$$

Тұрақты жылдамдықпен ілмекті көтеру кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_{11} = M^{\uparrow}_{c.к} = 52,248H \cdot м, \quad (3.61)$$

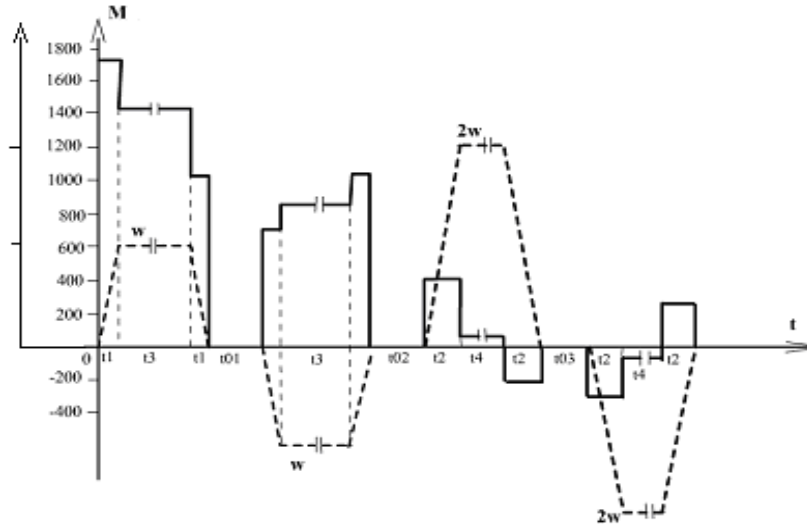
$$t_{11} = t_2 = 32,914с. \quad (3.62)$$

Тежелу және ілмекті көтеру кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_{12} = M^{\uparrow}_{ск} - M_{дин2} = 52,248 - 259,869 = -207,621H \cdot м, \quad (3.63)$$

$$t_{12} = t_{mk} = 1,4c. \quad (3.64)$$

Есептелген мәндер бойынша электр жетегінің диаграммасын тұрғызамыз.



3.3 сурет – Электр жетегінің жылдамдықтық және жүктемелік диаграммасы

### 3.4 Қозғалтқыштың артық жүктелу және қызуын алдын ала тексеру

Электр жетектің оңтайлатылған жүктеме диаграммасы электр қозғалтқыштың қызуы және шамадан тыс жүктелуін тексеру үшін қолданылады. Электр жетек айнымалы жүктемемен циклдік режимде жұмыс істейді. Қозғалтқышты қызуға қарсы эквиваленттік момент әдісін пайдаланамыз:

$$M_{\text{э}} \leq M_{\text{ном}}. \quad (3.65)$$

Эквиваленттік момент әдісі қысқа уақытты-қайталанбалы режимде тек жұмыс бөлімінде анықталады:

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n t_{p,i} \cdot M_{p,i}^2}{\alpha \sum_{i=1}^m t_{n,m,i} + \sum_{i=1}^N t_{y,i}}}. \quad (3.66)$$

мұндағы  $M_{p,i}$  –  $i$  интервалындағы момент;

$t_{p,i}$  –  $i$  интервалындағы жұмыс ұзақтығы;

$n$  – циклдағы интервалдарындағы жұмысшылар саны;

$m$  – түсіру және тежелу интервалдары саны;

$N$  – тұрақталған қозғалыстағы интервалдар саны;

$T_{n.m.i} - i$  - интервалындағы пуск ұзақтығы (тежелу);

$\alpha_0$  – пуск (тежелу) кезіндегі жақсартылып салқындату ескергенде коэффициенті;

$t_{y.i} - i$  - интервалдағы бекітілген қозғалыс ұзақтығы.

$$M_{\vartheta} = \sqrt{\frac{0,7 \cdot (945^2 + 388,336^2 + 288,756^2 + 845,382^2) + 70,028 \cdot (666,694^2 + 567,069^2)}{0,7 \cdot 2 \cdot (0,7 + 1,4) + 2 \cdot (70,028 + 32,914)} + \sqrt{+1,4 \cdot ((-290,144)^2 + 229,594^2 + 312,117^2 + (-207,621)^2)}} = 514,707H \cdot m.$$

$$M_{\vartheta} = 514,707H \cdot m. \quad (3.67)$$

$$\alpha_0 = \frac{1 + \beta_0}{2} = \frac{1 + 0,4}{2} = 0,7. \quad (3.68)$$

мұндағы  $\beta_0$  – электрқозғалтқышты электр желісінен ажыратқан кезде оның салқындауының нашарлауын ескеретін алатын коэффициент.

Бұл эквиваленттік момент ПВ=40% кезінде анықталды, енді ПВ=100% бойынша есептейміз.

$$M_{\vartheta} = (ПВ = 100\%) = M_{\vartheta} (ПВ = 40\%) \cdot \sqrt{\frac{40}{100}}, \quad (3.69)$$

$$M_{\vartheta} = 514,707 \cdot 0,63 = 325,529H \cdot m.$$

Қозғалтқыштың номиналды моменті:

$$M_{ном} = \frac{P_{ном}}{\omega_{ном}}, \quad (3.70)$$

$$M_{ном} = \frac{30000}{60,497} = 495,892H \cdot m.$$

$325,529 \leq 495,892 - M_{\vartheta} \leq M_{ном}$  қозғалтқыш қызу шартын қанағаттандырады.

Жүктемелік диаграммаға сәйкес қозғалтқыштың артық жүктелу қабілетін тексеру қажет, жүктемелік диаграмманың максималды моменті 945 тең:

$$\frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}} = \frac{945}{495,892} = 1,905 < \lambda_m = 2. \quad (3.71)$$

Қозғалтқыштың артық жүктелу қабілеті қанағаттанарлық.

### 3.5 Көпірлік кранның жиілікті түрлендіргіш типін таңдау

Толық түрлендіргіш ретінде скалярлы басқару немесе векторды басқаратын жиілік түрлендіргіші қолданыла алады. Кішігірім реттеу диапазонын қамтамасыз ету үшін бізде түрлендіргіш болғандықтан, біздің мақсаттарымыз үшін скалярлық бақылауға ие жиілік түрлендіргіші қолайлы.

Жиілік түрлендіргіштің қуат бөлігінің құрамында келесідей компоненттер болуы керек: түзеткіш, инвертор, сүзгі, тежеуіш резисторы, қорғау түйіндері.

Өйткені кернеу амплитудасы мен жиілік түрлендіргішті инвертор реттеп отырса, түзеткіш диодтарда қызмет атқарады, ал бақыланбайтын түзеткіште тежеуіш резисторы болуы керек.

Біз таңдаған қозғалтқыштың ағымдағы және қуатына сүйене отырып, түрлендіргішті таңдаймыз.

Қазіргі уақытта біздің қоятын талаптарға сай жауап беретін көптеген түрлендіргіштер бар, мысалы Hitachi, Siemens, ABB және тағы басқалар.

Олардың арасында түбегейлі айырмашылықтары жоқ деседе болады, түрлендіргіштердің жалғыз айырмашылығы – олардың сапасы мен құны.

ABB компаниясының ACS 601-0050-3ABB типті комплектілі күштік түрлендіргішін кранның электр жетегі үшін таңдаймыз.

*Таңдалған түрлендіргіштің техникалық берілгендері:*

Номиналды қуат, 37кВт;

Түрлендіргіштің номиналды шығу тоғы, 76А;

Қысқа уақытты асқын жүктелу тоғы, 84А;

Қоректендірудің үшфазалық кернеуі, 380, 50Гц;

Түрлендіргіштің салмағы, 35 кг;

$f_k = 1$  кГц.

*Қолдану саласы:*

Желдеткіш;

Сорғылар;

Электр жетегі;

Материалдарды өңдеу.

Ерекшеліктер:

Бағдарламалау қажет емес, интерфейс қарапайым және түсінікті;

Ықшам және жұқа;

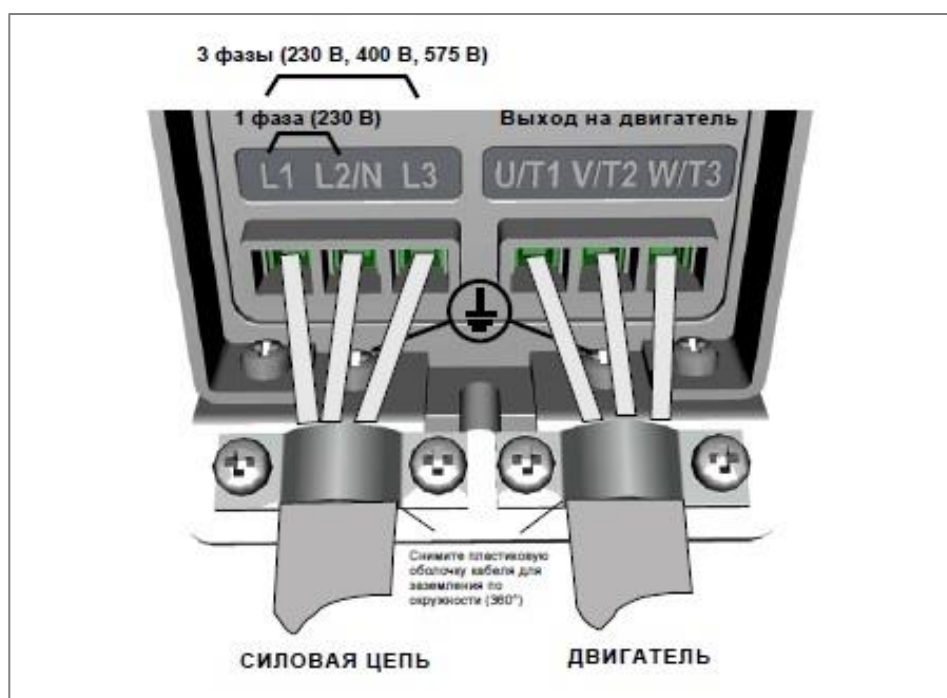
DIN рейка монтажына арналған ыңғайлы диск;

Электрмагниттік сәулеленудің төмен деңгейі;

Ең аз қозғалтқыш шуы;



37 кВт-қа дейін кең қуат диапазоны.



3.4 сурет – Күштік түрлендіргіштің жалпы көрінісі

### **3.6 Күштік түрлендіргіштің тізбегінің параметрлерін есептеу және элементтерін таңдау**

Таңдалған жиілік түрлендіргіштің күштік тізбегі келесі құрамнан тұрады:

түзеткіш – диодтар түзету элементтері ретінде қолданылады;

инвертор – қайтару диодтары шығыс жиілігін бақылау бар транзисторлар IGBT пакет инвертор пернелер коммутациялық жиілігін өзгерту арқылы жүзеге асырылады және инвертор шығу үшін кернеу деңгейін реттеу импульсті-ені модуляция арқылы жүзеге асырылады және пайдаланылатын инвертор кілттер ретінде жүзеге асады;

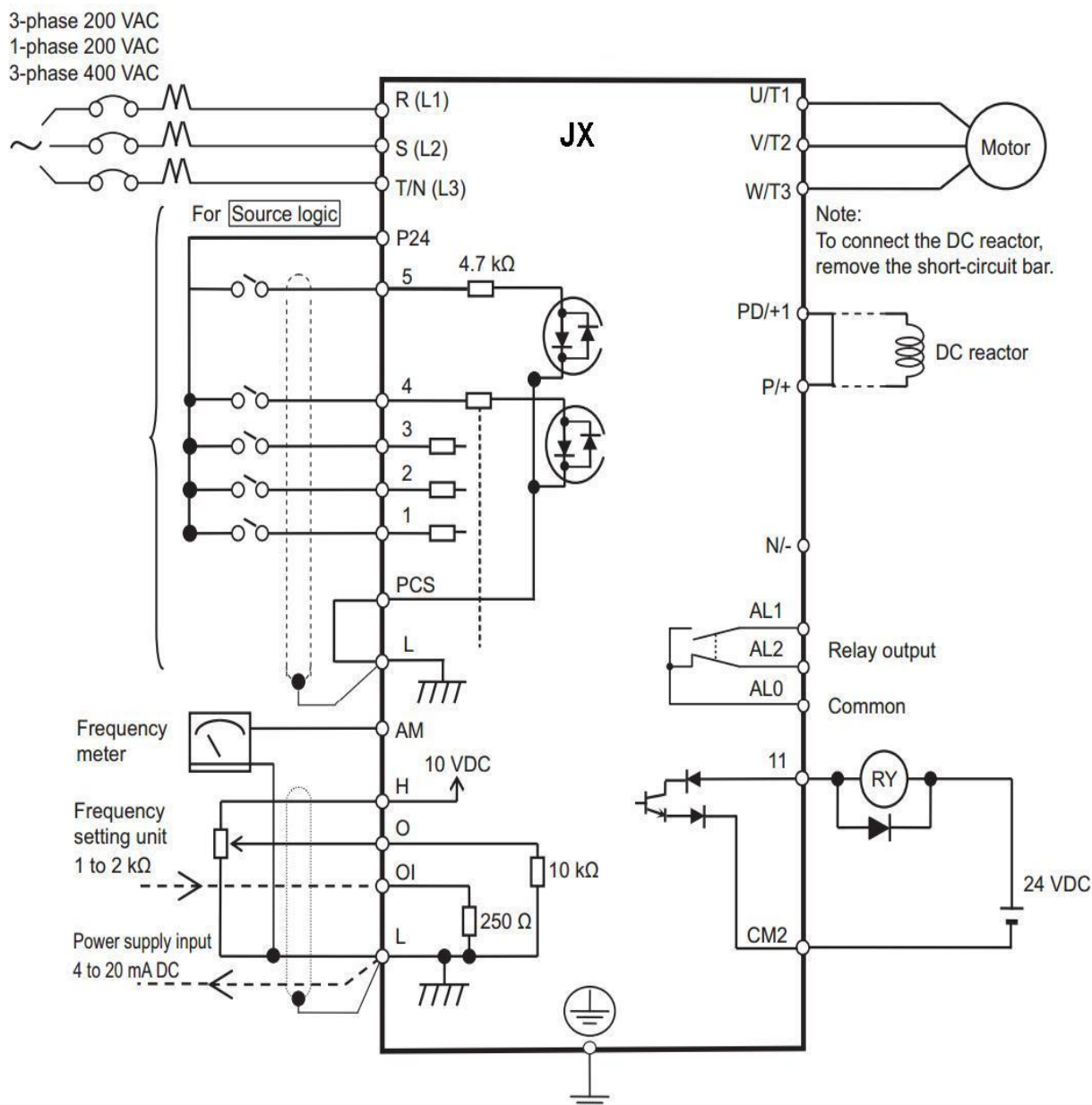
тежеу блогы – резистивті жиілік тежеу үшін пайдаланылады;

LC-сүзгі – кернеуді сүзу үшін қолданылады;

анод реакторлар – қысқа тұйықталу тогын өсу жылдамдығын шектейді және коммутациялық тосқауылдарды сүзгілеу үшін қолданылады.

асқын кернеуден қорғау тізбегі;

ток шектегіш кедергілер.



3.5 сурет – Электр жетектің күштік тізбегінің принципіалды сұлбасы

Түрлендіргіш құрамында мынадай күштік элементтер бар:

L1...L3 -тоқты шектеу реакторлары;

R<sub>T</sub>-тежеу кедергісі;

C-түзеткіш сыйымдылығы;

VT1...VT6 -инвертордың күштік болгының транзисторлары;

R<sub>TC</sub>-тоқты шектеуші кедергілер;

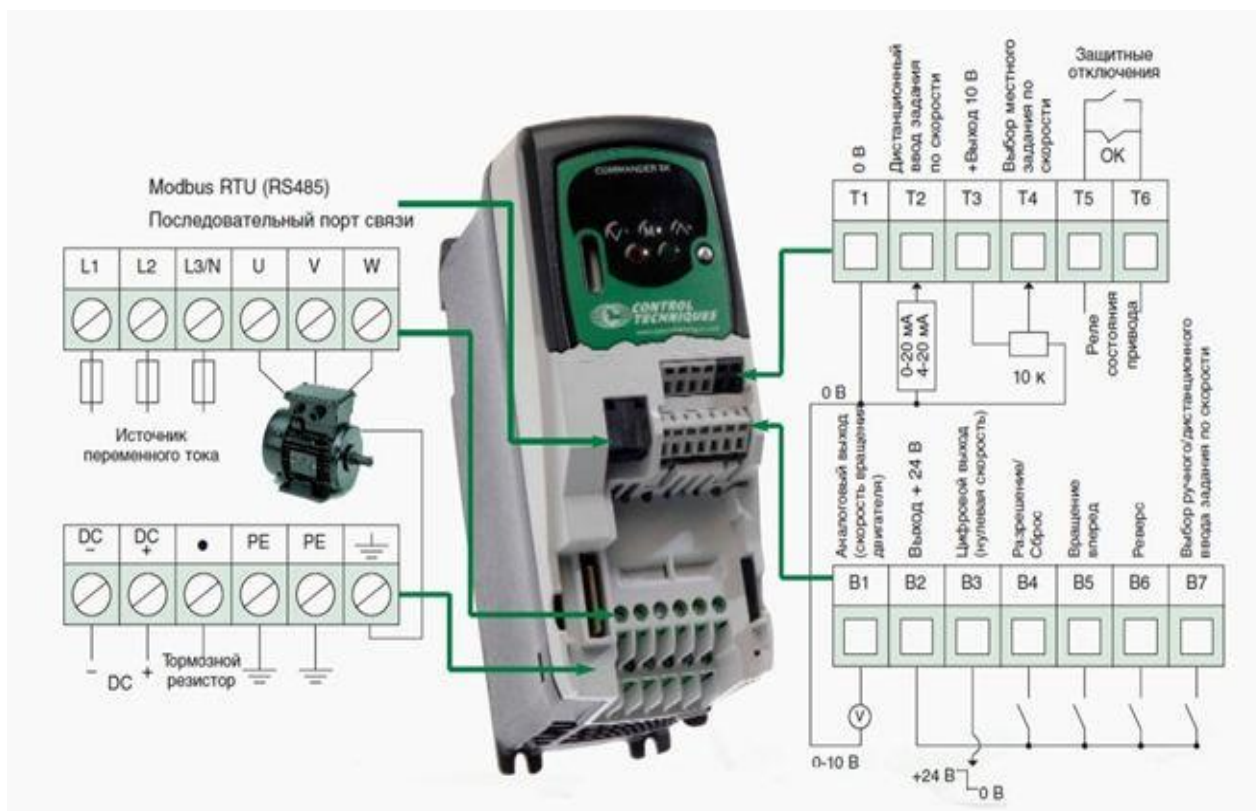
VD1...VD6 -түзеткіш диодтар;

VD7...VD12 -инвертордың кері диодтары;

ДТ -ток датчигі;

L<sub>др</sub>-тегістеуші дроссель;

ЦЗП -асқын кернеуден қорғау тізбегі.



3.6 – Жиілік түрлендіргіш

Күштік кілттер ретінде IGBT модульін қолданылады, олар оқшауланған қақпақшалары мен кері диодтары бар биполярлы транзисторларды қамтиды. Алдын ала таңдау:

Статордың номиналды фазалық тогы:  $I_{ном} = 63,77A$

Күштік кілттен өтетін орташа ток күші:

$$I_{н.орт} \geq k_z \cdot I_{max} \quad (3.72)$$

мұндағы  $k_z$  – қор коэффициенті, кілттің комутациясында токтағы артық жүктелуді ескеретін,  $k_z = 2$ ;

$I_{max}$  – инвертордың күштік тізбегіндегі токтың амплитудалық мәні:

$$I_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{ном} = \sqrt{2} \cdot 63,77 = 90,184A. \quad (3.73)$$

мұндағы  $I_{ном}$  – қозғалтқыштың номиналды ток күші, А

$$I_{н.орт} \geq 2 \cdot 90,184 = 180,368A. \quad (3.74)$$

Күштік кілттің жұмыс кернеуі келесідей есептелінеді:

$$U_{\text{жум}} \geq U_{\text{max}} + \Delta U_{\text{п.н.}} \quad (3.75)$$

мұндағы  $U_{\text{max}}$  – инвертордың күштік тізбегіндегі кернеудің амплитудалық мәні, В;

$\Delta U_{\text{а.к.}}$  – кілттің коммутациялы асқын кернеуі, В.

$$U_{\text{max}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{л}} = 1,414 \cdot 380 = 537,401 \text{ В.} \quad (3.76)$$

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

Ұсыныстарды ескере отырып, асқын кернеу мәндері  $U_{\text{а.к.}} = 600 \text{ В}$ .

Жұмыстық кернеу келесідей есептеледі:

$$U_{\text{жум}} \geq 537,401 + 600 = 1137,401 \text{ В.} \quad (3.77)$$

Есептелген мәндерге сай IRGPН50KD2 типті кері диодты жартылай көпір күштік модуль таңдалынады.

Вентилге қолданылатын рұқсат етілетін кернеу қайталанатын импульстік кернеудің рұқсат етілген шамасынан аспауы керек:

$$K_{\text{зи}} \cdot K_{\text{с}} \cdot U_{\text{м.кер}} \leq U_{\text{DRM}}, \quad (3.78)$$

$$1,4 \cdot 1,1 \cdot 538,887 = 829,885 \leq 1200.$$

мұндағы  $K_{\text{зи}}$  - кернеудегі қор коэффициенті,  $K_{\text{зи}} = (1,3 \div 1,5)$ ;

$K_{\text{с}}$  - желідегі кернеудің ықтимал өсуін ескеретін коэффициент;

$$K_{\text{с}} = 1,1.$$

$U_{\text{м.кер}}$  - вентилдің максималды кері кернеуі;

$$U_{\text{м.кер}} = \sqrt{6} \cdot U_{\text{ф}}, \quad (3.79)$$

$$U_{\text{м.кер}} = \sqrt{6} \cdot 220 = 538,887 \text{ В.}$$

мұндағы  $U_{\text{ф}}$  – желіден қоректенетін кернеу мәні,  $U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$ ;

Күштік сүзгіштің конденсаторларының қосынды сыйымдылығы:

$$C = \frac{U_{\text{д}} \cdot T_{\text{н}}}{3 \cdot R_{\text{н}} \cdot \Delta U_{\text{с}}}, \quad (3.80)$$

$$C = \frac{514,8 \cdot 0,001}{3 \cdot 0,103 \cdot 51,48} = 0,032 \text{ Ф} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ Ф.}$$

мұндағы  $U_d$  – орташа түзетілген кернеу, В;  
 $T_n = 0,001$  – жүктеме уақытының тұрақты мәні  
(транзисторлардың ауысу жиілігі), с;  
 $R_n = 0,069 \text{ Ом}$  – жүктеменің активті кедергісі, Ом;  
 $\Delta U_c$  – конденсатордағы рұқсат етілген кернеудің жоғарылауы.

Түзетілген кернеудің орташа мәні:

$$U_d = k_{cx} \cdot U_\phi = 2,34 \cdot 220 = 514,8 \text{ В.} \quad (3.81)$$

мұндағы

$U_\phi$  – желінің фаза кернеуі, 220В;  
 $k_{cx}$  – үш фазалы түзеткішке арналған сұлба коэффициенті – 2,34.  
Конденсатордағы рұқсат етілген жоғарылату кернеуі:

$$\Delta U_c = 0,1 \cdot U_d = 0,1 \cdot 514,8 = 51,48 \text{ В.} \quad (3.82)$$

Жүктеменің активті кедергісі:

$$R_n = \frac{3 \cdot R_1}{2} = \frac{3 \cdot 0,069}{2} = 0,1035 \text{ Ом.} \quad (3.83)$$

Конденсатордың максималды рұқсат етілетін кернеуі:

$$U \geq \sqrt{2} \cdot U_d, \quad (3.84)$$

$$U \geq \sqrt{2} \cdot 514,8 = 728,037 \text{ В.}$$

Есептелген мәндерді ала отырып күштік сүзгіге конденсаторлар таңдалды.

#### 4 Электр жетегінің механикалық сипаттамаларын есептеу

$U_{1i}/f_{1i}$  тәуелділігіне байланысты реттеу заңының берілген жүктеме моментінің сипаттамасына байланысты таңдаймыз. Яғни қозғалтқыштың номинал моменті жүктеме моментіне тең болады.

Сызықтық емес жүктеу моменті келесідей есептелінеді:

$$M_{нел} = \frac{K_n}{\omega}. \quad (4.1)$$

мұндағы  $\omega$  ротордың айналы жиілігі,  $c^{-1}$ ;

$K_H = M_H \cdot \omega_H = M_H \cdot \omega_0(1 - s_H)$  – жүктеме моментінің өзгеруін анықтайтын коэффициент,  $Hm \times c^{-1}$ .

Вентиляторлық жүктеменің моменті:

$$M_{\epsilon} = M_{xx} + K_H \cdot \omega^2. \quad (4.2)$$

мұндағы  $M_{xx} = 0,1M_H$  – бос жүріс моменті, Нм;

$$K_H = \frac{M_H - M_{xx}}{\omega_H^2} = \frac{M_H - 0,1 \cdot M_H}{[\omega_0 \cdot (1 - s_H)]^2}. \quad (4.3)$$

мұндағы  $K_H$  - жүктеме моментінің азаюын анықтайтын коэффициент  $Hm \times c^{-1}$ .

**4.1**  $\frac{U_H}{f_H} = const$  заңы бойынша скалярлық басқарудың механикалық

**сипаттаманы жобалау**

Статор мен ротордың индуктивті сейілу кедергісі статордың жиілік кернеуін өзгерткенде  $\omega_0$  синхронды айналу жиілігі, сырғанау  $S$  – те өзгереді.

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{z_p} \left( \frac{f_1}{f_{1H}} \right). \quad (4.4)$$

$$s = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} = 1 - \frac{\omega}{\frac{2\pi}{z_p} \left( \frac{f_1}{f_{1H}} \right)}. \quad (4.5)$$

$$X_1 + X_2' = (X_1 + X_2') \cdot \left( \frac{f_1}{f_{1H}} \right). \quad (4.6)$$

Жүктеме тұрақты кездегі басқару.

$M_c = M_H = const$  тұрақты жүктеме моментінің кернеу мен жиіліктің арақатынасын келесі формуламен табады:

$$\frac{U_i}{f_{1i}} = \frac{U_H}{f_{1H}} = const. \quad (4.7)$$

Асинхронды қозғалтқыштың айналу моментін есептеу үшін келесідей жолмен анықтауға болады:

$$M = \frac{3 \cdot U_{\phi} \cdot R_2'}{\omega_0 \left[ \left( R_1 + \frac{R_2'}{S} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]} \cdot s \quad (4.8)$$

Критикалық сырғанауды  $dM/ds=0$  өрнегі бойынша есептейміз:

$$s_{\kappa} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (4.9)$$

«+» таңбасы қосылуға қарсы тежелу режиміне немесе қозғалтқыштық режимге қатысты.

Максималды критикалық моментті  $S_{\kappa}$  мәнін асинхронды қозғалтқыш моментінің өрнегіне қойып есептейміз:

$$M = \frac{3 \cdot U_{\phi}^2}{2 \cdot \omega_0 \left[ \left( R_1^2 + \frac{R_2'}{S} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]} \quad (4.10)$$

мұндағы  $\omega_0$ - бұрыштық синхронды жылдамдық.

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_0}{60} \quad (4.11)$$

мұндағы  $n$  – айналу жылдамдығы, айн/мин;

$p$  – полюстарының қос саны.

Асинхронды қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасын тұрғызу мен қозғалтқыштық режиміндегі моментті табу үшін келесі өрнек бойынша есептейміз:

$$M_{\text{д}} = \frac{2 \cdot M_{\kappa} \cdot (1 + as_{\kappa})}{\frac{s}{s_{\kappa}} + \frac{s_{\kappa}}{s} + 2 \cdot as_{\kappa}} \quad (4.12)$$

мұндағы  $M_{\kappa}$  – қозғалтқыштың критикалық максималды моменті;

$S_{\kappa}$  – критикалық сырғанау.

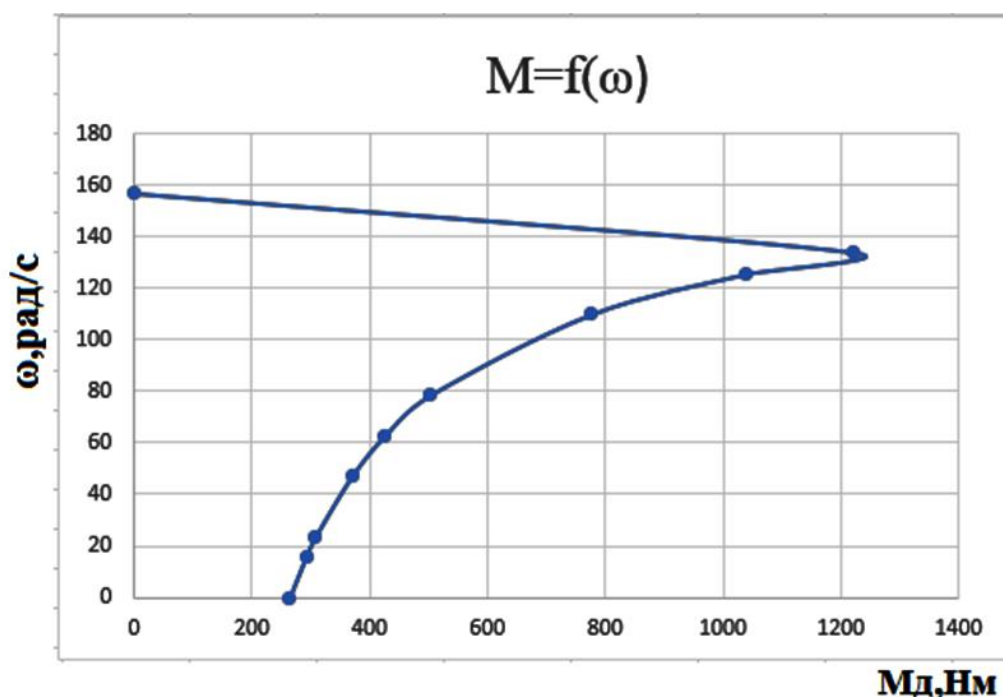
$$a = \frac{R_1}{R_2'} \quad (4.13)$$



4.1 кесте – Асинхронды қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдықтары мен моменттерінің өзгеруі

Мд, Н·м	0	1222	1040	777	504	427	371	309	292,7	265
50 ω, рад/с	158	135	126,6	110,9	79,5	63,8	48,1	24,6	16,7	0

Асинхронды қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығының моментке тәуелділік графигін тұрғызамыз  $M=f(s)$ :



4.1 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасы

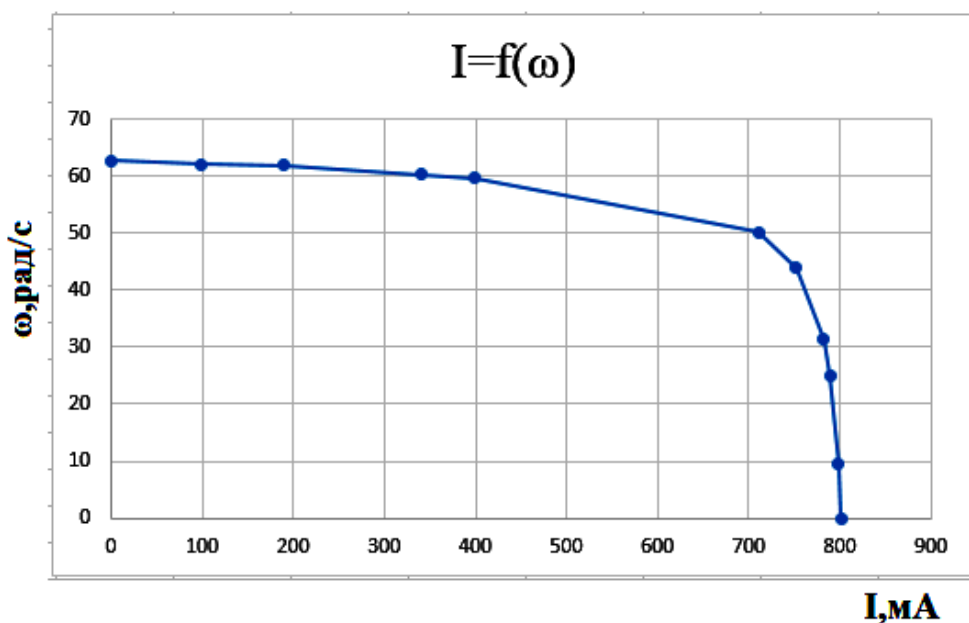
Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасына желі кернеуінің өзгеруі әсер етеді. Қозғалтқыштың моменті кернеудің квадратына пропорционал болғандықтан берілген сырғанау кезінде қозғалтқыштың кернеуі ауытқуына сезімтал болады.

Келесі өрнек бойынша ротор тогының  $I_2$  сырғанау тәуелділігіне байланысты график тұрғызамыз:

$$I_2 = \frac{U}{(R_1 + \frac{R_2}{s})^2 + X_k^2} \quad (4.14)$$

4.2 кесте – Ротор тогының  $I_2$  бұрыштық жылдамдыққа ( $\omega$ ) тәуелділігі

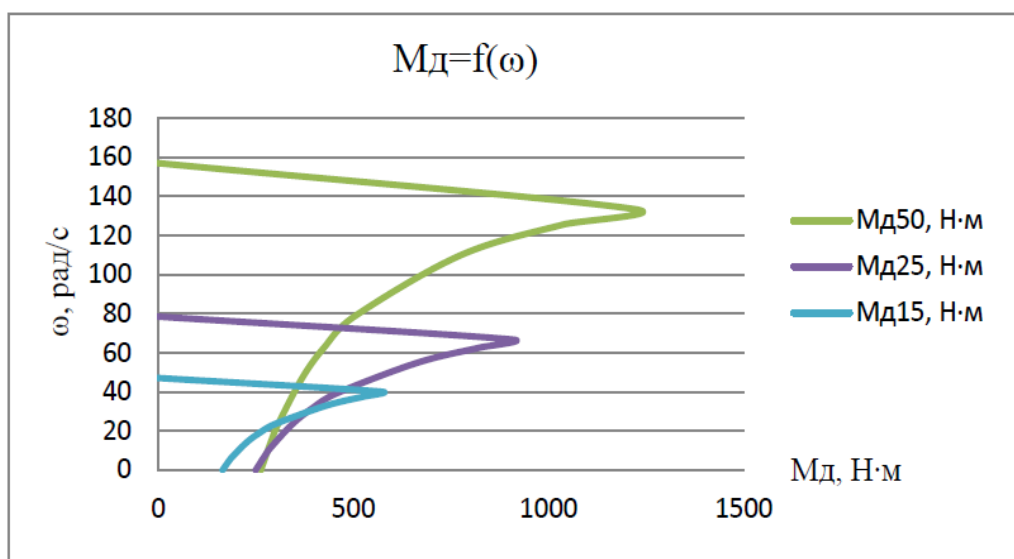
I	0	98,1	191	338,7	398,1	712	753	783	788	799	802
50 ω, рад/с	63,8	63,2	63	61,29	58,66	51,2	45	32,4	26,1	8,42	0



4.2 сурет – жиілік  $f=50$  Гц болғанда электр жетегінің электр механикалық сипаттамасының  $I_2 = f(\omega)$  тәуелділік графигі

4.3 кесте – Жиілік 15 Гц, 25 Гц, 50 Гц болған кездегі момент пен бұрыштың жылдамдықтың өзгеруі

s	0	0,15	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,85	0,9	1
50 $\omega$ , рад/с	63,8	54,38	51,24	44,96	32,4	26,1	19,8	10,4	7,28	0
25 $\omega$ , рад/с	79,5	67,73	63,8	55,95	38,3	32,4	24,6	12,8	8,85	0
15 $\omega$ , рад/с	48,1	41,04	38,68	33,97	24,6	19,8	15,1	8,07	5,71	0
Мд50, Н·м	0	3054	2598	1940	1258	1067	925	771	730	660
Мд25, Н·м	0	910,6	829	664,8	459	395	346	291	277	251
Мд15, Н·м	0	575,9	530,4	432,5	301	260	228	193	183	167



4.3 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың 15 Гц, 25 Гц, 50 Гц болған кездегі жасанды механикалық сипаттамасы

## 5 Автоматтандырылған реттеу жүйесін жобалау

### 5.1 Автоматтандырылған электр жетегінің математикалық моделін құру

Қазіргі уақытта жалпыланған электр машинасының теориясының негізінде жазылған, асинхронды қозғалтқыштың толық дифференциалдық теңдеулеріне негізделген, жиіліктік түрлендіргішімен асинхронды электр жетегі жүйелерін құруға жаңа көзқарас қалыптасты. Бұл тәсіл бізге жиіліктерді басқару жүйесі деп аталатын жиіліктерді басқару жүйесін құруға мүмкіндік береді және асинхронды электр қозғалтқышын қарапайым әдістермен талдау және синтездеуді жүзеге асырады. Осы мақсат үшін тұрақты координат жүйесінде модификацияланған электржетектің бақыланатын координаттары электржетегінің координаттары векторлық шамалар ретінде қарастырылатын айналмалы координат жүйесіне айналдырылады. Айналмалы координат осіне арналған проекциялар түрінде орналастырылған осы көлемдерден электр жетегінің координаттарының пропорционалды немесе тұрақты мәндері электр жетегі жүйесінде басқару сигналдары ретінде пайдаланылатын координаталық өзгерістермен бөлінеді. Жалпыланған машинаға арналған дифференциалдық теңдеулер түрлі координат жүйесінде жазылған. Роторға қатысты  $\alpha$ ,  $\beta$  статорға және оське қатысты  $d$ ,  $q$  бекітілген координаттардың осьтері белгіленеді. Бұл осьтердегі теңдеулерді жазу машинаның процестерінің математикалық сипаттамасының ерекше жағдайы болып табылады. Жалпы жағдайда, теңдеулер ерікті координат осіне қатысты жазылған, мысалы  $u$ ,  $v$  электр машинасының қандай да бір нақты жағдайларын алуға болатын жылдамдықпен айналу. Егер  $u$  осьті нақты ось және  $v$  осьті минималды ось ретінде қабылдайтын болсақ, онда дифференциалдық теңдеулер векторлық түрде жазылуы мүмкін.

Белгіленген жүктеме мен түсіру шарттарына сәйкес болуы керек. Операцияларды ауыстырған кезде, сипаттамалар жасанды түрде қолмен немесе автоматты параметрді басқару арқылы немесе өзін-өзі басқару сипаты арқасында өзгеруі мүмкін. Барлық бөлімшелер өздігінен басқару қасиеттеріне қажетті деңгейде ие емес, сондықтан автоматты басқару жүйелерінің көмегімен жасанды түрде өзгертілуі керек, өйткені қолмен басқару арқылы оның қажетті сапасы қамтамасыз етілмейді. Басқару жүйелері үздіксіз кранның өнімділігі максималды бірліктердің сипаттамаларын қамтамасыз етуі тиіс.

Асинхронды қозғалтқыштың толық дифференциалдық теңдеулері:

$$U_{sx} = R_s \cdot i_{sx} + p \cdot \psi_{sx} - \omega_k \cdot \psi_{sy} \quad (5.1)$$

$$U_{sy} = R_s \cdot i_{sy} + p \cdot \psi_{sy} - \omega_k \cdot \psi_{sx} \quad (5.2)$$

Ротор жүйесінің теңдеулері:

$$0 = p \cdot \psi_{rx} - (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{ry} + R_r \cdot i_{rx}. \quad (5.3)$$

$$0 = p \cdot \psi_{ry} - (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{rx} + R_r \cdot i_{ry}. \quad (5.4)$$

Байланыс теңдеулері:

$$\psi_{sx} = L_s \cdot i_{sx} + L_m \cdot i_{rx}. \quad (5.5)$$

$$\psi_{sy} = L_s \cdot i_{sy} + L_m \cdot i_{ry}.$$

$$\psi_{rx} = L_r \cdot i_{rx} + L_m \cdot i_{sx}.$$

$$\psi_{ry} = L_r \cdot i_{ry} + L_m \cdot i_{ry}.$$

Момент теңдеуі:

$$M = \frac{3}{2} p_{II} L_m (i_{sy} i_{rx} - i_{sx} i_{ry}). \quad (5.6)$$

Жүйе қозғалысының теңдеуі:

$$M - M_c = J_{\Sigma} \cdot \frac{d\omega}{dt}. \quad (5.7)$$

мұндағы:  $U_{sx}$ ,  $U_{sy}$  – векторы проекциясының айналу координаттар жүйесіндегі статордың кернеуі;

$\Psi_{sx}$ ,  $\Psi_{sy}$  – статордың ағынының үдеу векторының айналу координаттар жүйесіндегі проекциясы;

$\Psi_{rx}$ ,  $\Psi_{ry}$  – ротор ағынының үдеу векторының айналу координаттар жүйесіндегі проекциясы;

$\Psi_{mx}$ ,  $\Psi_{my}$  – индукция векторының айналу координаттар жүйесіндегі қатынасу проекциясы;

$i_{sx}$ ,  $i_{sy}$  – статордың ток векторының айналу координаттар жүйесіндегі проекциясы;

$i_{rx}$ ,  $i_{ry}$  – ротордың ток векторының айналу координаттар жүйесіндегі проекциясы;

$L_{s\sigma}$   $L_{r\sigma}$  – статор мен ротор жүйесіндегі индуктивті таралу;

$L_m$  – қатынасу индукциясының индуктивтілігі;

$L_s$ ,  $L_r$  – статор мен ротордың толық индуктивтілігі;

$R_s$ ,  $R_r$  – статор мен ротордың активті кедергісі;

$\omega_k$  – координатты осьтердің айналу жылдамдығы;

$\omega$  – ротордың айналу жылдамдығы;

$P_n$  – полюстар саны;

$M, M_c$  – механизм кедергісі мен қозғалтқыштың моментінің статикалық моменті;

$J_\Sigma$  - механизмнің инерциясының суммалық моменті.

Статор тогының жиілігімен бұл модельдің барлық айнымалылары өзгереді.

Асинхронды қозғалтғыштың имитациялық моделі екі фазалы  $\alpha$ - $\beta$  осында былай өрнектеледі:

$$\frac{di_\alpha}{dt} = K_1(U_{1\alpha} - i_{1\alpha}R_1) + K_3i_{2\alpha} + K_2e_{1\beta}. \quad (5.8)$$

$$\frac{di_\beta}{dt} = K_1(U_{1\beta} - i_{1\beta}R_1) + K_3i_{2\beta} + K_2e_{1\alpha}.$$

$$\frac{di_{2\alpha}}{dt} = -K_2(U_{1\alpha} - i_{1\alpha}R_1) + K_5i_{2\alpha} + K_4e_{1\beta}.$$

$$\frac{di_{2\beta}}{dt} = -K_2(U_{1\beta} - i_{1\beta}R_1) + K_5i_{2\beta} + K_4e_{1\alpha}.$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J}(M - |M_c| \text{sign}\omega). \quad (5.9)$$

$$M = K_6(i_\beta i'_{2\alpha} - i_{1\alpha} i'_{2\beta}). \quad (5.10)$$

$$e_{1\alpha} = \omega_{\text{эл}}(L_2 i'_{2\alpha} - L_{12} i'_{1\alpha}). \quad (5.11)$$

$$e_{1\beta} = \omega_{\text{эл}}(L_2 i'_{2\beta} - L_{12} i'_{1\beta}).$$

$$\omega_{\text{эл}} = p_{\text{II}} \omega. \quad (5.12)$$

$$U_{1\alpha} = U_{1m} \cos[\Phi_{\text{эл}}(t)]. \quad (5.13)$$

$$U_{1\beta} = U_{1m} \sin[\Phi_{\text{эл}}(t)].$$

$$\Phi_{\text{эл}} = 2\pi f_{1\text{ном}} \int \alpha(t) dt. \quad (5.14)$$

$$\alpha(t) = \frac{f_1(t)}{f_{1\text{ном}}}. \quad (5.15)$$

## 5.2 Басқару нысанының параметрлерін есептеу

Асинхронды қозғалтқыштың модель үшін  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$  коэффициенттерін анықтау үшін АҚ екіфазалы моделінің параметрлерін анықтаймыз:

Статордың индуктивтілігі үшін:

$$L_1 = \frac{X_1 + X_\mu}{2\pi f}, \quad (5.16)$$

$$L_1 = \frac{0,3795 + 7,935}{314} = 0,0265 \text{ Гн}.$$

Ротордың индуктивтілігі үшін:

$$L_2 = \frac{X_2 + X_\mu}{2\pi f}, \quad (5.17)$$

$$L_2 = \frac{0,5865 + 7,935}{314} = 0,0271 \text{ Гн}.$$

Өздік индукция үшін:

$$L_{12} = \frac{X_\mu}{2\pi f}, \quad (5.18)$$

$$L_{12} = \frac{7,935}{314} = 0,0253 \text{ Гн}.$$

Статор жүйесінің баламалы индуктивтілігі үшін:

$$L_s = L_1 - \frac{L_{12}^2}{L_2}, \quad (5.19)$$

$$L_s = 0,0265 - \frac{0,0253^2}{0,0271} = 0,0029 \text{ Гн}.$$

$$K_1 = \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2}, \quad (5.20)$$

$$K_1 = \frac{0,0271}{0,0265 \cdot 0,0271 - 0,0253^2} = 347,168 \frac{1}{\text{Гн}}.$$

$$K_2 = \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}, \quad (5.21)$$

$$K_2 = \frac{0,0253}{0,0265 \cdot 0,0271 - 0,0253^2} = 324,109 \frac{1}{\Gamma_H}.$$

$$K_3 = K_2 R_2, \quad (5.22)$$

$$K_3 = 324,109 \cdot 0,07935 = 25,718 \frac{1}{\Gamma_H}.$$

$$K_4 = \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2}, \quad (5.23)$$

$$K_4 = \frac{0,0265}{0,0265 \cdot 0,0271 - 0,0253^2} = 339,482 \frac{1}{\Gamma_H}.$$

$$K_5 = K_4 R_2, \quad (5.24)$$

$$K_5 = 339,482 \cdot 0,07935 = 26,937 \frac{1}{\Gamma_H}.$$

$$K_6 = \frac{3}{2} \cdot P_{II} L_{12}, \quad (5.25)$$

$$K_6 = \frac{3}{2} \cdot 3 \cdot 0,0253 = 0,113 \frac{1}{\Gamma_H}.$$

$$R_3 = R_1 + R_2 \left( \frac{L_{12}^2}{L_2^2} \right), \quad (5.26)$$

$$R_3 = 0,1932 + 0,07935 \cdot \left( \frac{0,0253^2}{0,0271^2} \right) = 0,257 \text{ Ом}.$$

$$T_3 = \frac{L_3}{R_3}, \quad (5.27)$$

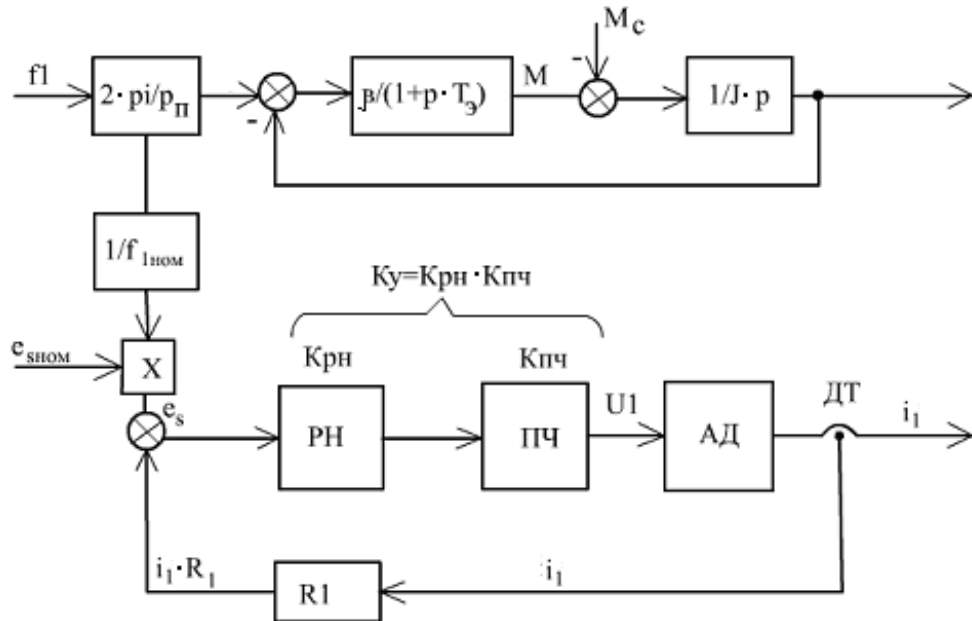
$$T_3 = \frac{0,0029}{0,257} = 0,0113 \text{ с}.$$

$$\psi_1 = \frac{E_{S_{НОМ}}}{2 \cdot \pi \cdot f_{НОМ}}, \quad (5.28)$$

$$\psi_1 = \frac{217}{314} = 0,691 \text{ Вб}.$$

### 5.3 Электр жетегін басқару құрылғысының құрылымын және жұмыс режимін анықтау

Асинхронды қозғалтқыштың кернеуін  $\psi_1 = const$  заңы негізінде реттелген механикалық сипаттамасының қатаңдығының  $\beta$  модулін тұрақтылығын қамтамасыз етеді. 5.1 суретте электр жетегінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген.



5.1 сурет – Электр жетегінің құрылымдық сұлбасы

Жүйеде жиілік түрлендіргіштің автоматты басқару жүйесінің шығыс амплитудалық кернеуі:

$$U_{1m} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot (\alpha \cdot e_{sном} + i_1 \cdot R_1) \quad (5.29)$$

мұндағы  $K_k$  – басқару жүйесінің күшейту коэффициенті;  
 $\alpha = f_1 / f_{ном}$  – салыстырмалы жиілік;  
 $e_{sном}$  – статордың ЭҚК-нің номиналды сигналы.

$$e_{s.ном} = \frac{E_{s.ном}}{K_y}, \quad (5.30)$$

мұндағы  $E_{s.ном}$  – статордың ЭҚК-ң әрекет ететін мәні;

$$i_1 \cdot R_1 = \frac{I_1 \cdot R_1}{K_y} \quad (5.31)$$

мұндағы  $I_1$  – статор тоғының әрекеттік мәні.



## 5.4 Электр жетектің динамикалық сипаттамаларын талдау

Көпірлік кранның электр жетегінің динамикалық сипаттамасын құру үшін асинхронды қозғалтқыштың имитациялық модельін құрау қажет. Құрастырылған модельдің көмегімен өтпелі процестерді зерттеп талдау жасау қажет.

Модельді құру үшін *MatLab* бағдарламасының пакетінде *Simulink* кітапханасын пайдаланамыз. Бұл *Simulink* кітапханасында әр түрлі виртуальді элементтердің модельдері жинақталған. Сондықтан бұл бағдарламаның көмегімен электр жетектердің жүйесін зерттеу ыңғайлы. Зерттелетін электр жетектің блоктарының параметрлерін баптауға және виртуалды модельдерін өзгертуге мүмкіндік бар. Көрсеткіштерді ендіруге арналған блоктарда әр түрлі элементтердің арнаулы терезелердің қатарлары келтірілген.

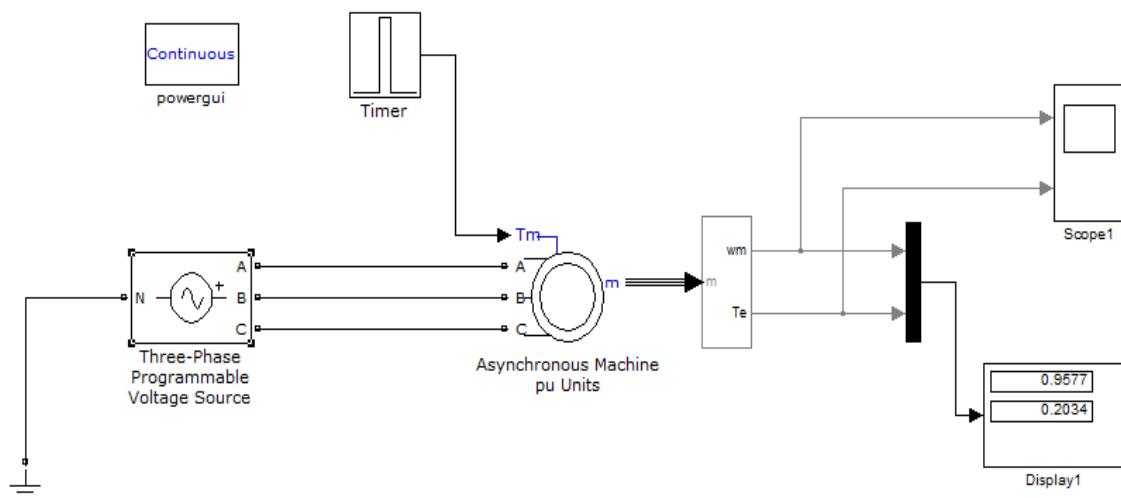
*Matlab* бағдарламасының пакетінің жүйесінде қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың структуралық сұлбасы келтірілген.

*MatLab* жүйесімен бағдарлама пакеті ретінде электр жетегінің өткізгішті модельдеуді жартылай орындауға болады. Электр жетекті зерттеу жартылай өткізгішті негізгі құралдарды толықтай қабылдауы негізінде анықталады.

*Power System Blockset* және *Simulink* негізгі кеңейту пакеті арқылы жартылай өткізгішті электр жетекті зерттеу негізі қолданылады.

*Simulink* қосымша пакетімен – автоматты басқару жүйесін зерттеуге, сонымен қатар әртүрлі электрмеханикалық жүйелерді анықтайтын басты құрал. Электр жетегі жүйесін зерттеу барысында, бұл пакетпен блоктардың параметрлерін өзгертуге, баптауға болады және көптеген есептерді шешу жлдары қарастырылған.

*MatLab Simulink* жүйесімен микропроцессорлерді бағдарлап математикалық көрсеткіштермен үлгінің құрылымдық жүйесін және әртүрлі мүмкіндіктерді зерттеуге болады.



5.2 сурет – *MatLabR2010a Simulink* бағдарламалық пакетінің негізінде жасалған АҚ – ЖТ имитациялық жүйесінің моделі

MatLabR2010a Simulink бағдарламасының аясында асинхронды қозғалтқыштың жұмысын  $U/f=const$  заңына сүйене отырып, бірінші  $f1=50$  Гц және екінші  $f2=25$  Гц жиілікте және бос жүріс режимінде қарастырамыз.

Имитациялық модельдің құрамына келесі элементтер кіреді:

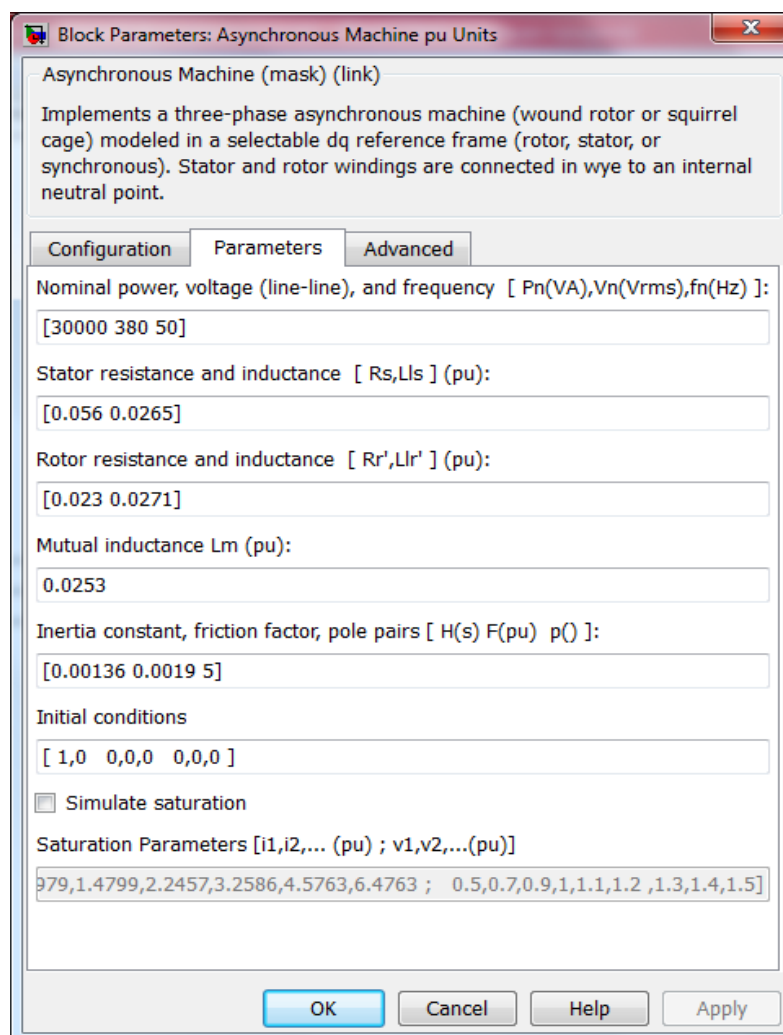
- Asynchronous Machine pu Unit – үш фазалы асинхронды қозғалтқыш;
- AC Voltage Source – бір фазалы үш кернеу көздері;
- Three-Phase V-I Measurement – бұл ток пен кернеуді өлшеуге арналған мультиметр болып табылады;

- Scope – қозғалтқыштың роторының айналу жиілігі мен қозғалтқыштың білігіндегі моменттің сонымен қатар желідегі кернеу мен токтың графиктерін көрсетуге арналған осциллограф;

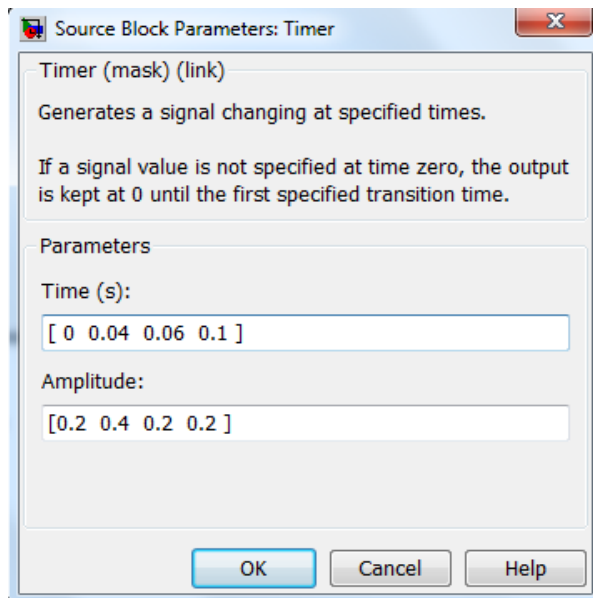
- Display – момент пен жылдамдықтың мәндерін өлшеуге арналған құрылғы;

- Step – бұл элемент қозғалтқышқа белгіленген уақытта жүктеме беруге арналған аспап.

Зерттеу жұмысын жүргізер алдында – ендіру терезесіне қажетті параметрлерді енгізу қажет.



5.3 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың енгізілген параметрлері



5.4 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың жүктемесінің енгізілген параметрлері

Енгізу терезесінің параметрлері:

- қозғалтқыштың номиналды қуаты (Вт), желілік кернеу  $U_{ж}$  (В), жиілік (f), айналу жылдамдығы айн/мин;
- статор тізбегінің активті кедергісі  $R_s$  (Ом) және индуктивтілігі  $L_s$  (Гн);
- ротор тізбегінің активті кедергісі  $R_r$  (Ом) және индуктивтілігі  $L_r$  (Гн);
- өзара индуктивтілік  $L_m$  ( Гн );
- қозғалтқыштың инерция моменті  $J$  ( $N.m.s$ );
- өзара үйкеліс коэффициенті  $F$  ( $N.m$ ).

$u\sqrt{f}=const$  жиілік реттеуді пайдалана отырып өтпелі процестердің динамикасының келесідей режимдерін қарастырамыз:

1. Бірінші режим үшін:

Жиілік  $f=50$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқышты іске қосқан кезде оған  $M_c = M_{ном}$  тең жүктеме беріледі.

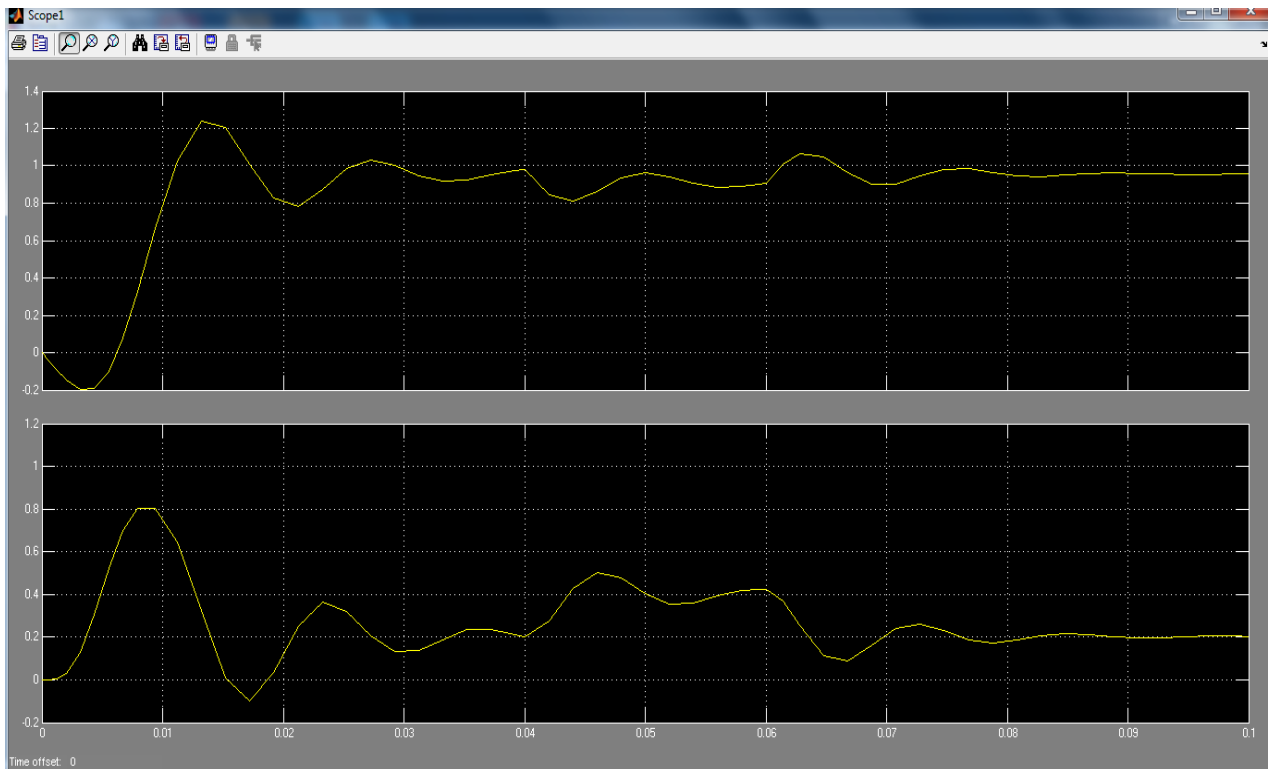
2. Екінші режим:

Жиілік  $f=25$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқышты іске қосқан кезде оған  $M_c = M_{ном}$  тең жүктеме беріледі.

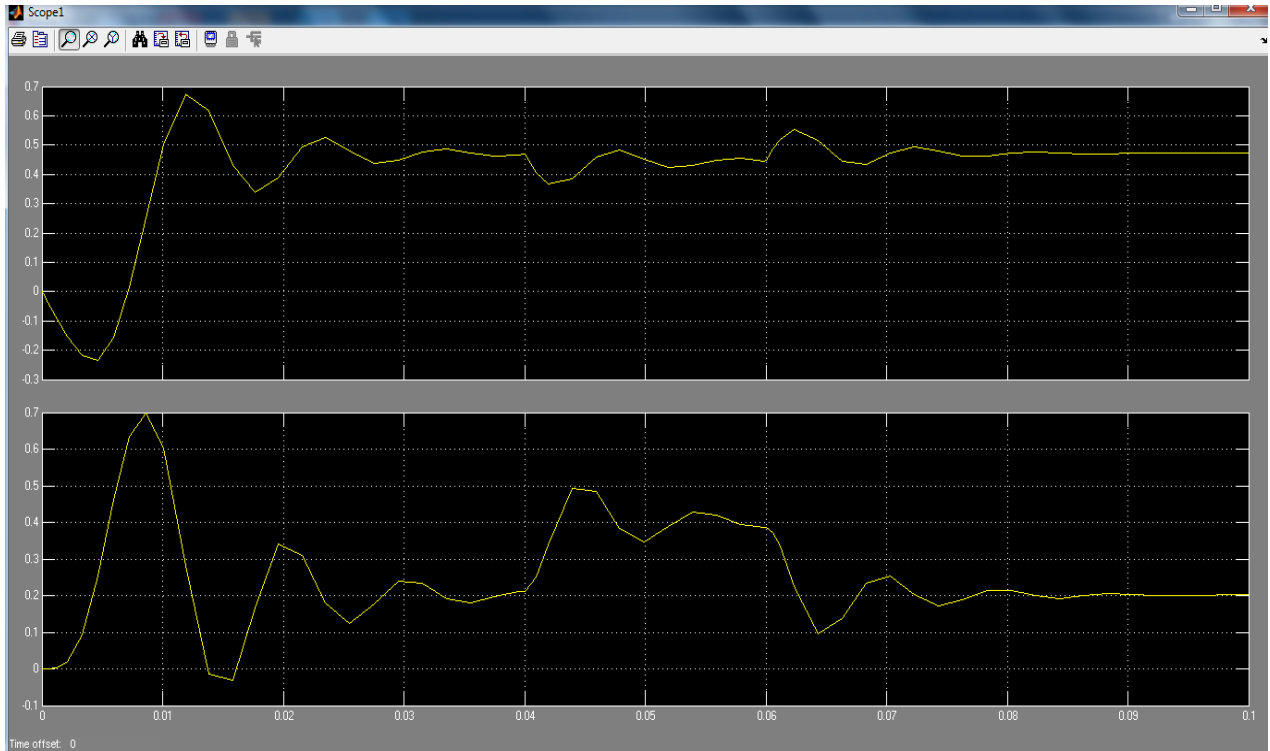
3. Үшінші режим:

Жиілік  $f=15$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқышты іске қосқан кезде оған  $M_c = M_{ном}$  тең жүктеме беріледі.

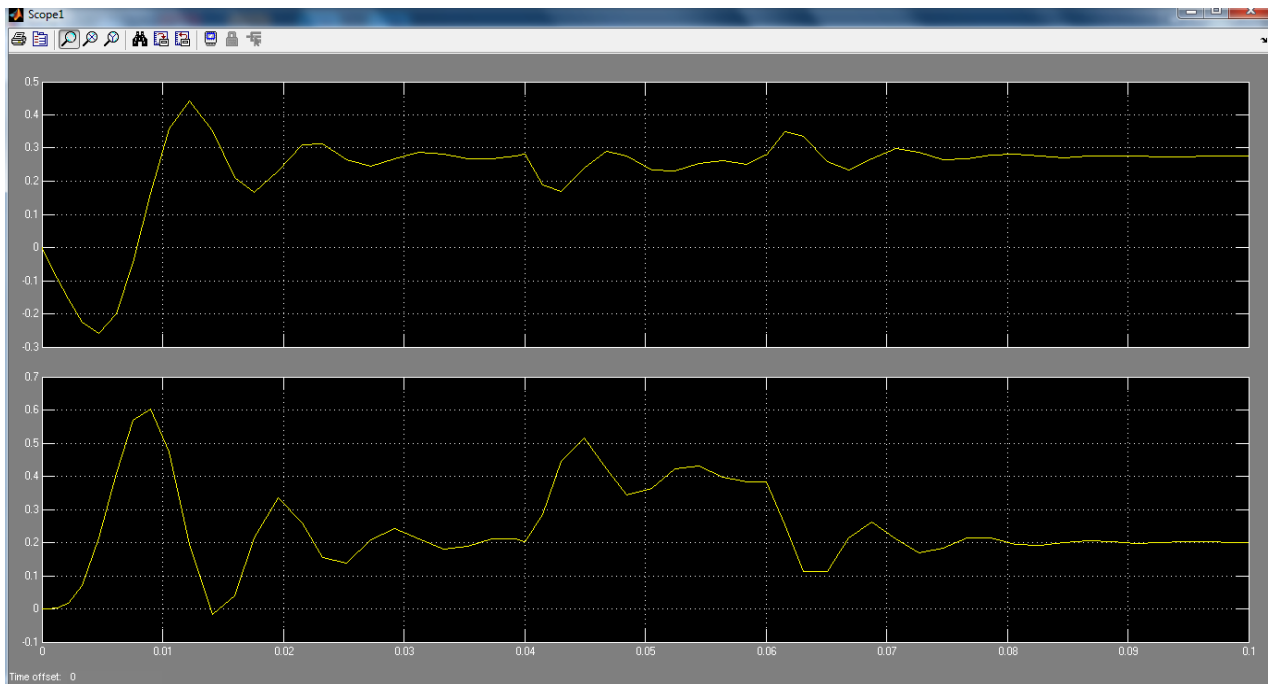
Бірінші режим бойынша қарастырамыз.



5.5 сурет – Жиілік  $f=50$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқышты іске қосқан кезде оған  $M_c = M_{ном}$  тең жүктеме берілген кездегі тәуелділік графиктері



5.6 сурет – Жиілік  $f=25$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқышты іске қосқан кезде оған  $M_c = M_{ном}$  тең жүктеме берілген кездегі тәуелділік графиктері



5.7 сурет – Жиілік  $f=15$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқышты іске қосқан кезде оған  $M_c = M_{ном}$  тең жүктеме берілген кездегі тәуелділік графиктері

Енді бос жүріс режимдерін қарастырамыз:

1. Бірінші режим үшін:

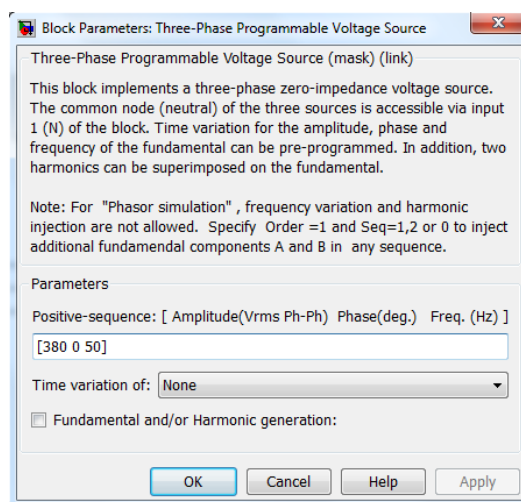
Жиілік  $f=50$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқыштың бос жүріс режимдері кезіндегі тәуелділік графиктері.

2. Екінші режим:

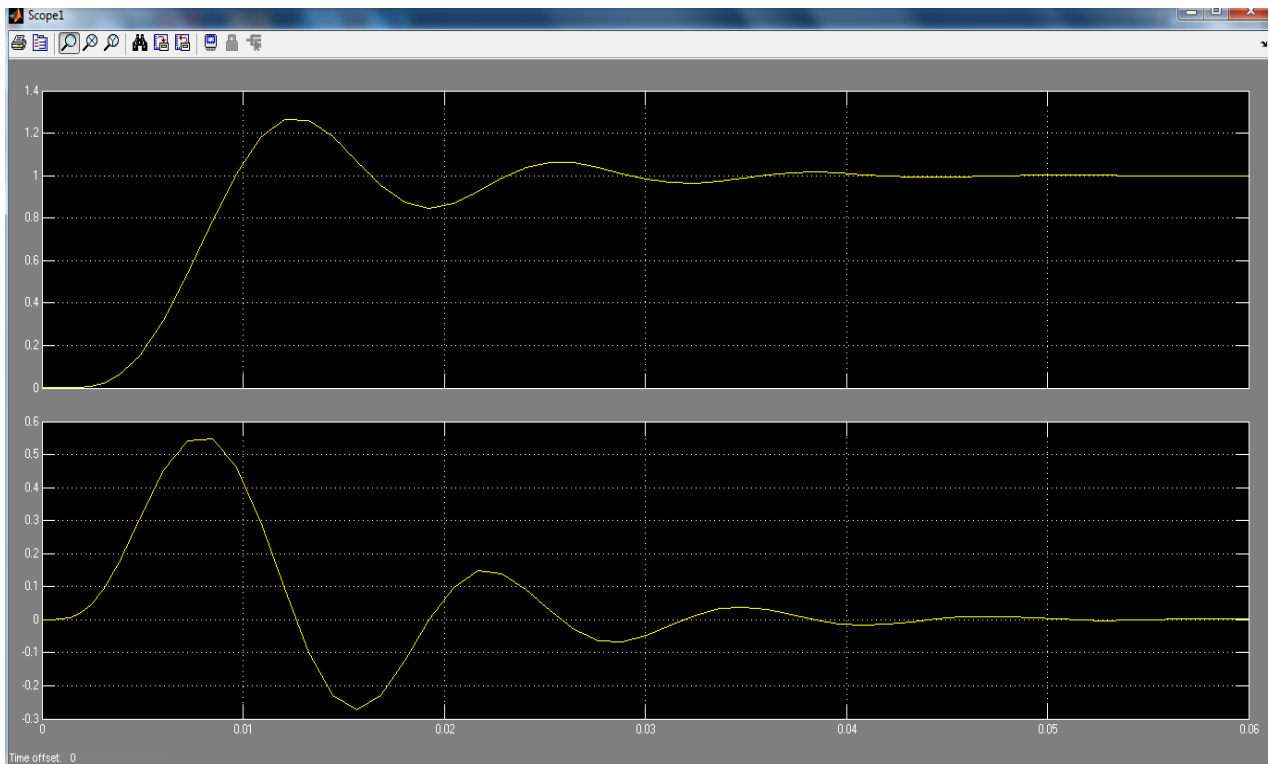
Жиілік  $f=25$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқыштың бос жүріс режимдері кезіндегі тәуелділік графиктері.

Үшінші режим:

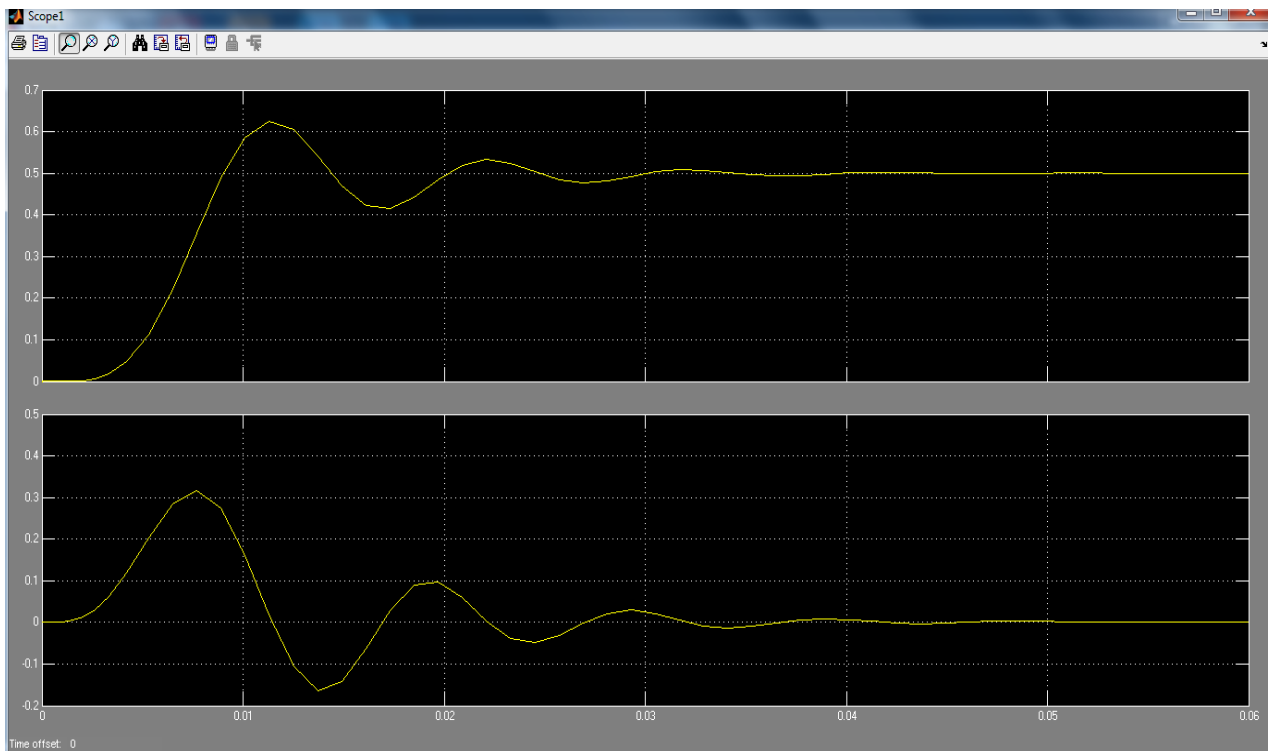
Жиілік  $f=15$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқыштың бос жүріс режимдері кезіндегі тәуелділік графиктері.



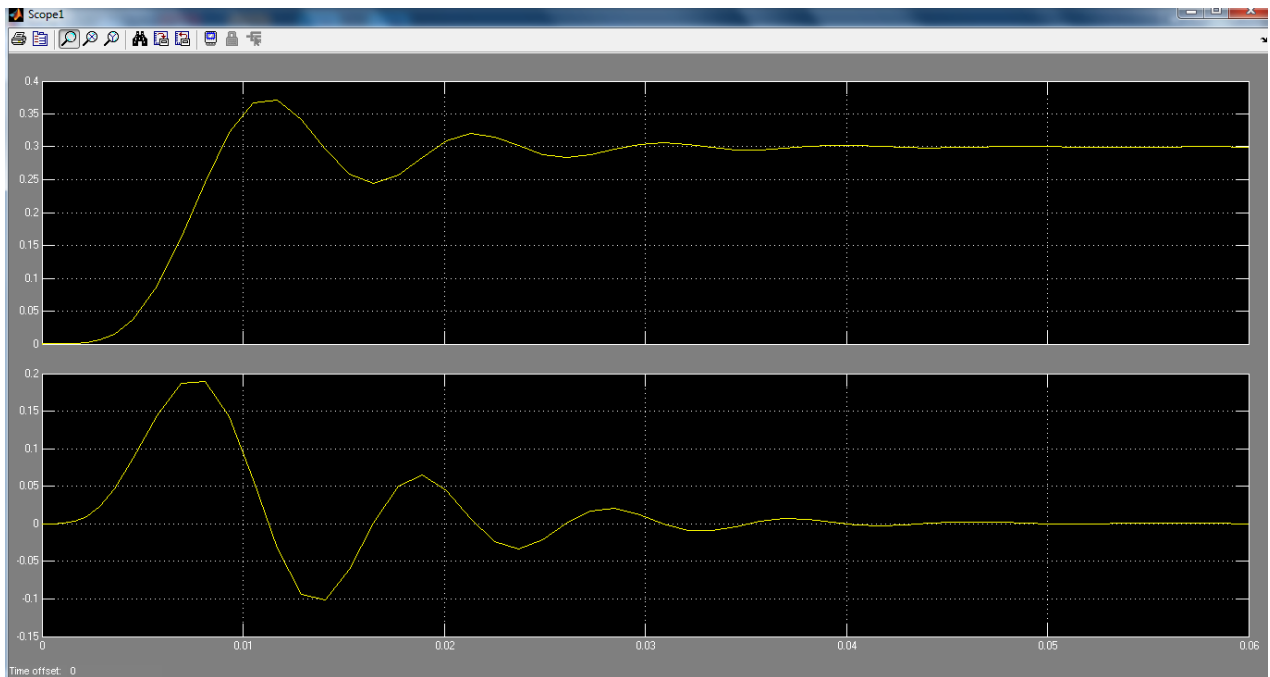
5.8 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың жиілікті енгізу терезесі



5.9 сурет – Жиілік  $f=50$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқыштың бос жүріс режимдері кезіндегі тәуелділік графиктері



5.10 сурет – Жиілік  $f=25$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқыштың бос жүріс режимдері кезіндегі тәуелділік графиктері



5.11 сурет – Жиілік  $f=15$  Гц және  $U_{ж}=380$  В болғанда қозғалтқыштың бос жүріс режимдері кезіндегі тәуелділік графиктері

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде таңдалған қысқа тұйықталған роторлы асинхронды электрқозғалтқыштың иммитациялық модельі құрылды. Matlab бағдарламасында әртүрлі режимдерегі өтпелі процестерге талдау жүргізіліп электржетекке қойылатын талаптардың қанағаттандыратындығын көрсетті.

## 6 Өміртршілік қауіпсіздігі негізі бөлімі

### 6.1 Жүк көтергіш машиналардың жұмыс істеуіне қойылатын қауіпсіздік талаптары

Жүк көтергіш машиналарды жүргізуге 18 жастан кіші емес, медициналық куәландырудан, арнайы оқудан өткен және тиісті куәлігі бар тұлғалар жіберіледі. Жүк көтергіш машиналарды еденнен басқаруға және жүктерді осы машиналардың ілгегіне ілуге нұсқаулықтан өткен басқа кәсіптегі жұмысшылар жіберіледі.

Автомобиль кранын басқару Автомобиль жүргізушісіне оны тиісті бағдарлама бойынша оқығаннан және біліктілік комиссиясының аттестациясынан кейін тапсырылуы мүмкін. Барлық түрдегі жүк көтергіш крандарды белгілі бір органдарында тіркейді. Бұған мыналар кірмейді: қол жетегі бар крандар; кранда ілінген кнопкалы аппарат арқылы еденнен немесе стационарлық орнатылған пультпен басқарылатын, көпір үлгісіндегі крандар және жүк көтергіштігі 10 т-ға дейінгі жылжымалы немесе бұрылмалы консоль

крандары; 1 т-ға дейінгі жүк көтерімділікке есептелген бағыттамалық және мұнаралы крандар; тұрақты ұшып шығатын жұмысқа есептелген немесе бұру немесе қозғалыс тетігімен жабдықталмаған бағыттамалық крандар; монтаждалатын құрылыста орнатылатын ауыстырып қосқыш крандар.

Жүк көтергіш машиналардың барлық рубильниктерінде олардың қандай машиналарға жататыны көрсетілген анық жазулар болуы тиіс. Жүк көтергіш машиналардың қозғалатын жеңіл қол жетімді бөліктері алмалы-салмалы қоршаулармен жабылуы тиіс. Қоршаусыз жұмыс істеуге тыйым салынады. Оқшаулаудың зақымдануы нәтижесінде кернеуде болуы мүмкін электр жетегі бар крандардың металл құрылымдары мен электр жабдықтарының металл бөліктері жерге тұйықталуы тиіс. Электр, гидравликалық немесе пневматикалық жетектері бар крандар мен жүк көтергіштерде жұмыс қауіпсіздігін қамтамасыз ететін автоматты құрылғылар (соңғы ажыратқыштар, жүк көтергіштігін шектегіштер) болуы тиіс. Адамдардың орын ауыстыруы үшін жүк көтергіштер мен крандарды пайдалануға тыйым салынады.

Жүк көтергіш машиналар мен алмалы-салмалы жүк ұстағыш құралдар жұмысқа жіберілгенге дейін толық техникалық куәландырылуға тиіс.

Жұмыстағы жүк көтергіш машиналар мерзімдік техникалық куәландырудан өтуі тиіс:

- ішінара-12 айда 1 реттен кем емес;

- толық - сирек пайдаланылатын машиналарды (электрлік және сорғы станцияларының машина бөлмелері, компрессорлық қондырғыларға қызмет көрсету үшін крандар, сондай-ақ жабдықты жөндеуде пайдаланылатын басқа көтергіш машиналар) қоспағанда, 3 жылда кемінде 1 рет.

Сирек пайдаланылатын жүк көтергіш машиналар 5 жылда кемінде 1 рет толық техникалық куәландырылуға тиіс. Крандарды сирек пайдаланылатын санатқа жатқызуды иесі мемлекеттік өнеркәсіптік қадағалау органының келісімі бойынша жүргізеді.

Жүк көтергіш машинаны кезектен тыс толық техникалық куәландыру жүргізілгеннен кейін жүргізілуі тиіс:

- жаңа орында жүк көтергіш машинаны орнатудан туындаған монтаждау;

- жүк көтергіш машинаны қайта жаңарту;

- есептеу элементтерін немесе тораптарды ауыстыра отырып, жүк көтергіш машинаның металл конструкцияларын жөндеу;

- ауысымды жебелік жабдықты орнату немесе жебені ауыстыру;

- жүк шығырының күрделі жөндеу немесе ауыстыру;

- ілгекті немесе ілгекті аспаны ауыстыру (тек статикалық сынақтар жүргізіледі);

- крандардың кабельдік түріндегі көтергіш немесе вантты арқандарды ауыстыру;

- жаңа жұмыс орнында порталды кранды орнату.



## 6.2 Көпірлік кран машинистеріне қойылатын талаптар:

Кез келген көтеру механизмі ықтимал қауіпті болып табылады, сондықтан уәкілетті маман онымен жұмыс істеуге рұқсаты бар. Көпір кранының жүргізушісіне қойылатын талаптар стандартты нұсқаулықта берілген. Білікті маман жеткіліксіз - көпірлі кранмен жұмыс істеген кезде төтенше жағдайлардың негізгі себептерінің бірі. Кез келген көтеру механизмі ықтимал қауіпті болып табылады, сондықтан уәкілетті маман онымен жұмыс істеуге рұқсаты бар. Көпір кранының жүргізушісіне қойылатын талаптар стандартты нұсқаулықта берілген.

Еңбекті қорғау көздейді аттестаттаудан өткізу және лицензия алу үшін машинистің кран. Аттестаттау:

- кәсіптік техникалық училищеде немесе мектепте оқу;
- арнайы курстарды аяқтау.

Басты бұрышта көпірлі кранмен жұмыс істеу кезінде қауіпсіздік қойылады, өйткені ол қауіптілігі жоғары машина болып табылады. Кранды қауіпсіз пайдалану машинистің механизмдердің дұрыс жұмыс істеуін бақылап қана қоймай, электр тогымен зақымданғанда немесе басқа да өндірістік жазатайым жағдайда алғашқы медициналық көмек көрсете алады деп болжайды. Мұндай жағдайдағы шебер іс-әрекеттер өмірді құтқарады.

Кранның операторы осындай көтеру механизмін, крандардың барлық негізгі түрлерінің идеяларын (пучкалар, гранттар, консерваторлар және т.б.) басқарудың практикалық дағдыларына, жүк түрлеріне, оларды ұстауға және сақтауға арналған нұсқаларға ие болуы керек. Қызметкерге кранға жол бермес бұрын оның негізгі білімі бар екеніне көз жеткізіңіз. Мұндай тексеру жылына кемінде бір рет жүргізіледі, сондай-ақ қызметкерді бір жерден екінші жерге ауыстыру кезінде.

Краншыға онда бар білімнің көлемін көрсететін және қандай да бір жұмыс түрлеріне рұқсатты болжайтын разряд беріледі.

- Екінші разряд. Оны алу үшін қызметкер көпірлі крандардың жұмыс істеу принципі мен негізгі ережелерін зерттейді. Ол жүк көтергіштігі 3 т кем жүк ұстағыштармен жабдықталған крандарды басқара алады;

- Үшінші разряд. Қызметкер стеллажды тиеу тәртібін, бөлшектерді станокқа орналастыру тәртібін қосымша білуі тиіс;

- Төртінші разряд. Крандардың жүк көтергіштігі 15 т асады, ал қызметкердің білім тізбесі слесарлық іспен, электротехникамен, өндірістік учаскелердің орналасуын түсінумен толықтырылады;

- Бесінші разряд. Күрделілігі орташа дәрежедегі тиеу-түсіру жұмыстарын жүргізу кезінде жалпы жүк көтергіштігі 25 т асатын көпірлі кранды басқаруға мүмкіндік береді. Барлық алдыңғы білімдерге Негізгі механизмдердің кинематикалық схемалары, жабдықты орнатудың технологиялық процесін білу қосылады;

- Алтыншы разряд. Жоғары дәрежесі аттестаттау болуын көздейді білімін қызметкердің мүмкіндік беретін, өзіне сенімді, өзара іс-қимыл крандармен, жүк көтергіштігі 100 т.

### **6.3 Оператор-кран операторына талаптар**

- көпірлік кран арқылы адамдарды көтеруге және тасымалдауға;
- басқару панелінде немесе кранда контакторларды блоктау немесе өшіру;
- жұмыс кезінде краныңға тексеру жүргізуге, жөндеуге немесе монтаждауға тыйым салынады.
- кран машинисті «STOP» командасымен кранды тоқтатуға міндетті, оны кім беретініне қарамастан
- кран механизмдерін пайдалану кезінде машинист өзінің тікелей міндеттерінен шатыстырмауы керек, сондай-ақ механизмдерді тазалау, майлау және жөндеу жұмыстарын жүргізу керек.
- көпірлік кранының машинисті рұқсат етілмеген тұлғаларға кранды басқаруға рұқсат бермеуі керек, сондай-ақ, крандарды жақсы күйде ұстауға жауапты адамның рұқсатынсыз басқармауы керек.
- кран жұмыс істемей тұрып, кран операторы ескерту сигналын беруі керек.
- мас күйінде немесе есірткі, психотроптық немесе улы заттарды қабылдаған күйде кран басқаруға қатаң түрде тыйым салынады.

### **6.4 Өрт қауіпсіздігі**

Өндірістік жағдайларда, сондай-ақ жөндеу-монтаждау жұмыстарын орындау кезінде өртке қарсы шаралар бұзылған кезде өртке айналуы мүмкін жану ошақтарының пайда болуы мүмкін.

Бұл жерде сұрақ туындауы мүмкін — ал краншыға өрт қауіптілігі туралы білім не үшін қажет? Өрт сөндіру үшін арнайы қызмет бар — ол краншы емес, өз ісімен айналыссын. Бірақ өрт себептерсіз болмайды, себебі әрдайым қауіпсіздік ережелерін бұзған, жанып жатқан сіріңке немесе темекі тұқылының салдары туралы ойламайтын адамдар. Цех ішіндегі өрт кезінде краншы бәрінен көп бірінші кезекте қауіп төндіреді — от пен түтін көпірлі кранды бірден ала алады, егер цех конструкциясына мүмкіндік берсе, дереу төмен түсу немесе қауіптен кету керек. Сондықтан білікті краншы, барлық білікті жұмысшылар сияқты, оның цехында қолданылатын қауіпті материалдар туралы түсінік болуы тиіс.

Өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету адамдардың электр тоғымен зақымданудан қауіпсіздігін қамтамасыз етуден кем емес маңызды міндет болып табылады. Өрт қауіптілігінің негізгі ұғымдарын қарастырайық.

Жану тез өтетін химиялық реакция деп аталады. Сөздің тар мағынасында жану — заттың оттегімен қосылыс реакциясы. Бірақ жану

оттегінің болмауы да мүмкін: сутегі, сурьма және басқа металдар хлор атмосферасында, натрий тотығы — көмірқышқыл газында жанады. Егер жану кезінде газдар пайда болса, онда жану жалынмен жүреді. Жану кезінде бөлінетін және оның белгілі бір массасына жатқызылған жылу жану жылуы деп аталады. Үзілу-үлкен қиратқыш күші бар Сығылған газдардың пайда болуымен жүретін энергияның көп мөлшерін өте тез бөлу.

Жылыту кезінде жанғыш заттардың көпшілігі газ тәрізді немесе бу тәрізді күйге ауысады және ауамен жанғыш қоспаларды түзеді. Жанғыш қоспалар ауада сұйық немесе қатты жанғыш заттардың — бензиннің, ацетонның, керосиннің, көмір немесе ұн тозаңының және т. б. шашырауы нәтижесінде пайда болуы мүмкін.

Заттардың жануы әрдайым тұтанудан басталады. Тұтану — бұл жанғыш заттардан бөлінетін булардың немесе газдардың ұшқын немесе жалынның көмегімен қысқа мерзімді жануы. Бұл ретте жануды жалғастыру үшін қысқа мерзімді тұтану кезінде пайда болатын жылу мөлшері жеткіліксіз.

Кез келген кәсіпорында өртке қарсы режимнің негізгі талаптары келесідей. Жұмыс орындарын, өту жолдары мен өту жолдарын таза ұстау қажет; майланған сүрту материалдарын жабылатын темір жәшіктерге жинау және күн сайын цехтан жинау қажет. Цехтарда бензин, керосин, нитрокраскалар, май және басқа да тез тұтанатын және жанғыш сұйықтықтарды сақтауға тыйым салынады.

Арнайы киімді сақтау үшін арнайы Үй-жайлар орнатылады, онда ластанған, майланған арнайы киім темір шкафтарда жайылған түрде сақталады. Қалталарда майланған шүберектер мен шүберектерді қалдыруға тыйым салынады.

Әрбір цехта өрт шыққан жағдайда эвакуациялық шығу жолдары-есіктер, қақпалар, өту жолдары арқылы адамдарды тез және қауіпсіз эвакуациялау мүмкіндігі қамтамасыз етілуі тиіс. Егер олар үй-жайлардан: бірінші қабаттан тікелей сыртқа шығатын болса; сыртқа шығатын тікелей немесе баспалдақ торлары арқылы шығатын сол қабаттың көрші үй-жайларына; сыртқа шығатын тікелей шығатын немесе баспалдақ торы арқылы өтетін жолдарға немесе дәлізге апаратын болса, шығу жолы эвакуациялық болып саналады.

Кәсіпорынның өрт және жарылыс қаупі бар учаскелерінде "темекі шегуге тыйым салынады" деген ескерту плакаты ілінеді. Темекі шегуге темекі шегуге арналған суы бар урналар немесе бөшкелер бар арнайы бөлінген орындарда ғана рұқсат етіледі. Бұл жерлерде "темекі шегуге арналған орын" деген жазу қойылады. Көптеген озық кәсіпорындарда барынша батыл шаралар қолданылды. Кіре берістің алдында "зауыт аумағында темекі шегуге тыйым салынады" деген плакат орнатылды.

Краншы үшін крандағы өрт өте қауіпті: өрттің өршуі кезінде шегінуге жол жоқ және кранның үлкен биіктігінен оған көмек көрсету қиын. Крандардағы өрттер кейде электр жабдықтарының ақаулығынан туындайды.

Көбінесе магнит зәкірінің өзекшесімен тығыз емес жалғанған кезде қызып кететін ауыспалы токтың тежегіш электр магниттерінің орамалары

жанады. Электр қозғалтқыштарының орамалары сирек жанады. Бірақ көлемі аз және шекарасы бар мұндай өрттер 2-3 с-қа дейін созылып, ток өшкен кезде өздері сөндіріледі. Кранда өртті сөндіру үшін 17 МПа дейін сығылған көмірқышқыл газы бар болат баллонмен жабдықталған ОУ-2 типті құрғақ өрт сөндіргіш қолданылады.

ОУ-2 қол көмірқышқыл өрт сөндіргішін іске қосу үшін оны сол қолмен тұтқадан алып, ал оң жақ қар түзгішті жану ошағына бұрып, одан кейін маховикті бұрып бұрып шұраны сағат тілі бойынша істен шыққанға дейін ашып, көмірқышқыл қарының ағысын жанып жатқан затқа бағыттау қажет.

Баллонды күн сәулесімен немесе басқа жылу көздерімен тікелей қыздыруға, Баллондағы қысымның жоғарылауын, сақтандырғыш мембрананың үзілуін және көмірқышқыл газының уақытынан бұрын шығарылуын болдырмау үшін жол берілмейді. Айына кемінде үш рет зарядты жаппай бақылау қажет. Зарядты нормамен салыстырғанда 10% - ға азайту кезінде ақаулықты жою және зарядты нормаға дейін толықтыру қажет. 12 айдан кейін жаңа заряд жасау ұсынылады. Өрт сөндіргіш пломбалануы тиіс.

Газ арқылы өрт сөндіргіш қондырғының құрамына келесі өрт сөндіру элементтері қолданылады:

- көмірқышқыл газды көміртегі диоксиді ( $\text{CO}_2$ );
- хладон 114В<sub>2</sub> (тетрафтордидибромметан СА) – өрт үшін өрт сөндіру сұйықтығы ретінде қолдануға арналған;
- хладон 13В1 ( $\text{CO}_2$ ) – өрт сөндіргіш және хладагент ретінде қолдануға арналған;
- өзара біріктірілген көміртек оксидтті хладоннің құрамында (85% көмірқышқыл газды көміртегі диоксиді, 15% хладон 114В<sub>2</sub>);
- азот ( $\text{N}_2$ ) – азотты газбен қамтамасыз ету арқылы өртті тез жоюға арналған;
- аргон (Ar) – бұл газ электр өткізгіш және инертті болып табылмайды, сондықтан әртүрлі химиялық табиғатқа ие от тұтанатын заттарды сөндіруге өте ыңғайлы.

Өрт сөндіру құралы ретінде өзіргі уақытта газ қолданылады. Газдың өрт сөндіру жоғары тиімділігін бар, жануды бірнеше секунд тоқтады және максималды түрде қорғалған материалдарды сақтауға мүмкіндік туғызады. Газ өрт сөндіру модульдері объектілерін кең ауқымды қорғау үшін пайдаланылады. Бұл сервер, деректер орталықтары, мұражайлар, көркем галереялары, мұрағаттар, сақтау банктер, дизель генераторы, байланыс орталықтары, бақылау бөлмелері, сондай-ақ әр түрлі мақсаттар үшін басқа да көптеген нысандар. Бөлме ішінен сөндіру жұмыстары жүргізіледі.

Хладон отты жану жылдамдығын баяулату арқылы сөндіреді. Жану аймағында хладондар ыдырап, жану өнімдерімен өзара әрекеттеседі, бұл жану жылдамдығын толығымен азайтады.

Аргон, азот, т.б инертті газдар – оттегі мөлшерін азайтатын газдар. Бұл инертті газдар оттегінің мөлшерін азайтып өрттің өшуін тездетеді.

Біріктірілген құраманың массасы мына теңдікпен анықталады:

$$m_d = k_b \cdot q_n \cdot V, \quad (6.1)$$

$$m_d = 1,07 \cdot 0,4 \cdot 1440 = 616,32 \text{ кг}.$$

мұндағы  $k_b$  – көміртек оксидті хладонды құраманың ескерілмейтін шығын коэффициенті – 1,07;

$q_n$  – өрт сөндіргіш көміртек оксидті хладонды құраманың нормативті массалық концентрациясы;

$V$  – қорғалатын ғимараттың көлемі,  $1440 \text{ м}^3$ .

Ғимараттың ауданын қоршайтын құрылымның ауданына 1%-дан 10%-ға дейін әр уақытта ашық ойықтарды ескере отырып  $1 \text{ м}^2$  ойықтың ауданына 5 кг қосымша көміртек оксидті хладонды құраманың шығынын есептейміз:

$$160 \text{ м}^2 \cdot 5\% = 8 \text{ м}^2, \quad (6.2)$$

$$8 \cdot 5 \text{ кг} = 40 \text{ кг}. \quad (6.3)$$

$\xi_2$  40 литрлік баллонға баллонның есептік саны көміртек оксидті хладонның 25 кг сыйатындай етіп есептейміз:

$$\xi_2 = \frac{616,32 + 40}{25} = 26. \quad (6.4)$$

$\xi_2 = 26$  баллон.

Баллонның ішкі диаметрі келесідей анықталады:

$$d = d_1 \sqrt{\xi_2}, \quad (6.5)$$

$$d = 7,5 \cdot \sqrt{26} = 38 \text{ мм}.$$

мұндағы  $d_1$  – баллонның сифонды трубкасының диаметрі, мм;

$\xi_2$  – бір уақытта разрядталатын баллондар саны.

Құбырдың баламалы ұзындығын келесі әдіспен анықтаймыз:

$$l_2 = k_2 \cdot l, \quad (6.6)$$

$$l_2 = 1,05 \cdot 18 = 18,9 \text{ м}.$$

мұндағы  $l$  – құбырдың ұзындығы, 18 м.

$k_2$  – ескерілмейтін шығындарды өтемелеу үшін құбыр ұзындығын үлкейту коэффициенті, 1,05.

Суландыратын саңылаудың көлденең қимасының ауданы келесі формуламен анықталады:

$$A_3 = \frac{S}{\xi_1}, \quad (6.7)$$

$$A_3 = \frac{1634}{30} = 54 \text{ мм}^2.$$

мұндағы  $S$  – құбырдың қимасының ауданы, мм<sup>2</sup>;  
 $\xi_1$  – суландырғыштардың саны.

Көміртек оксидтті хладонды құраманың шығынын баламалы шығынымен және диаметірінің тәуелділігімен алады, бірақ құбырдың диаметрі 35 мм<sup>2</sup>-ден үлкен болса, шығынды төмендегі формула бойынша есептейміз:

- құбырдың берілген ұзындығы бойынша шығынды анықтаймыз, 7,2;
- көмір оксидтті хладонды құраманың меншікті шығынын анықтаймыз:

$$q = \frac{Q}{9,62}, \quad (6.8)$$

$$q = \frac{7,2}{9,62} = 0,75 \text{ кг} / \text{с} \cdot \text{см}^2.$$

Көміртек оксидтті хладон құраманың шығынын анықтаймыз:

$$Q = S \cdot q, \quad (6.9)$$

$$S = 0,785 \cdot 3,8^2 = 12 \text{ см}^2, \quad (6.10)$$

$$Q = 12 \cdot 0,75 = 9 \text{ кг} / \text{с}. \quad (6.11)$$

Көміртек оксидтті хладонды құраманың берілу уақытының есептік мәнін анықтаймыз:

$$t = \frac{m_d}{60 \cdot Q}, \quad (6.12)$$

$$t = \frac{616,32}{60 \cdot 9} = 1,14 \text{ мин}.$$

мұндағы  $m$  – көмірсутек оксидтті хладон құраманың есептік массасы, кг;  
 $Q$  – көміртек оксидтті хладон құраманың шығыны, кг/с.

Көміртек оксидтті хладон құраманың негізгі қорының массасы мына формуламен анықталады:

$$m = m_d \cdot \left( 1 + \frac{K_B}{k_b} \right). \quad (6.13)$$

мұндағы  $K_B$  – көміртек оксидті хладон құраманың баллон мен құбырдағы қалдықты ескеретін коэффициент.

$$m = 616,32 \cdot \left( 1 + \frac{0,2}{1,07} \right) = 731,52 \text{ кг}. \quad (6.14)$$

Өрт қауіпсіздігінен цехтағы кранды қорғау үшін газды өрт сөндіру қондырғысын қарастырамыз.

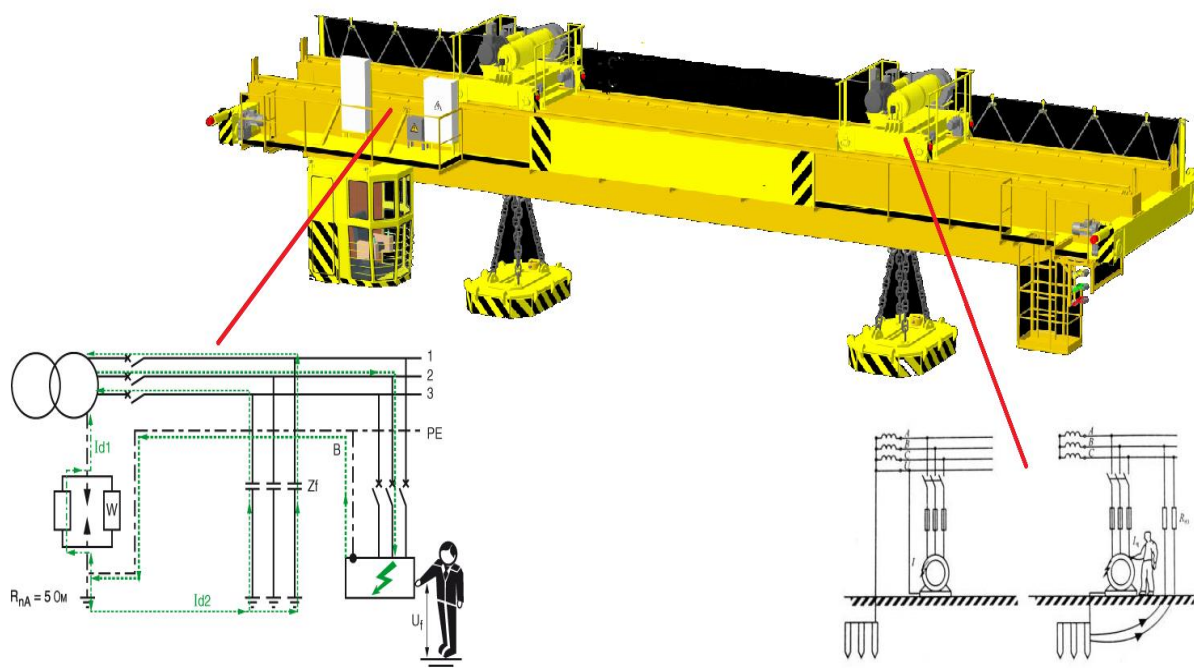
### 6.5 Электр қауіпсіздік

Жүк көтергіш крандар электрмен жұмыс істейді және 1000 В кернеуі бар электр қондырғыларымен байланысты. «Тұтынушылардың электр қондырғыларын техникалық пайдалану ережелері» және тұтынушылардың электр қондырғыларын пайдаланудың қауіпсіздік ережелері көпір мен электр көтергіш крандарының жүргізушілері крандардың электрлік жабдықтары мен электр жабдықтарын білуін біледі, электр тоғының соғуына алғашқы көмек көрсете алды.

Электрлік соққы адамның денесі арқылы электр тізбегі жабылған кезде пайда болады, сондықтан кран операторы қорғаныс жабдықымен қамтамасыз етілуі керек. Оқшаулау құралдарының сенімділігі дәрежесіне қарай бастапқы және екінші деңгейге бөлінеді. Негізгі қорғаныс құрылғылары болып табылады, оқшаулағышы кернеу астында жану бөліктермен тікелей байланыста болады. Сонымен қатар, негізгі құралдарды нығайтуға және сенсорлық және кернеу кернеуінің кернеуінен қорғайтын қорғаныш құралдары бар. Кран электр қондырғыларында басты қорғаныс жабдығы оқшауланған қолғаптар болып табылады және қосымша оқшауланған галаш және еден төсеніштері міндетті емес. Электр тоғымен зақымданған жағдайда, зардап шегушіні ағымдағы әрекеттен мүмкіндігінше тезірек босатып алу керек, себебі электр тоғының ауырлығы осы әрекеттің ұзақтығына байланысты. Стреске ұшыраған адамға қол тигізетінін есте сақтау қажет болғанда ғана қажетті сақтық шаралары қабылданады. Алғашқы көмек шаралары электр тоғының әсерінен босатылғаннан кейін жәбірленушінің жағдайына байланысты болады. Электр қауіпсіздігі бойынша негізгі іс-шаралар электр жарақаттарын толығымен жоюға бағытталған. Бұл электр қондырғысының құрылғысына қол жеткізіледі, онда оның ток өткізгіш бөліктері олардың қоршауы, қол жетімсіз биіктікте орналасуы, блоктау және т. б. арқасында кездейсоқ жанасу үшін қол жетімсіз болады.

Барлық сақтық шараларына қарамастан, кейде оператор қате әрекеттер нәтижесінде электр тоғынан зардап шегеді. Адамның денесі арқылы өтетін

ағымды жылу, химиялық және биологиялық әсерлері бар. Жылу әсерлері дененің тері аймақтарының күйдіруі, түрлі органдардың қызып кетуі, сондай-ақ қызып кетуден туындаған қан тамырлары мен жүйке талшықтарының жарылуы сияқты көрінеді. Химиялық әсер ету қанның электролизіне әкеледі, нәтижесінде дененің қалыпты жұмыс істеуін бұзады. Электр тогының биологиялық әсері дененің жасушалары мен тіндерінің қауіпті қозуында көрінеді, нәтижесінде олар өліп қалуы мүмкін.



6.2 сурет – Көпірлік кранның электрлік және жерлендіру сұлбасы мен суреті

### 6.6 Жерге тұйықтауды есептеу

Қорғаныстық жерге тұйықтау, нөлге түсіру сәйкес жүргізіледі. Жерге тұйықтауыш топыраққа батырылған тік тұрбалар және бір-бірімен қосылған болат жолағы түрінде жасалған. Кернеуі 1000 В дейінгі желі үшін жерге тұйықтау құралының қарсыласу нормасы  $R_3 \leq 4 \text{ Ом}$ ,  $R_e = 20 \text{ Ом}$  деп алында.

Жасанды жерлендіргіш қондырғының кедергісі:

$$R_{ж.ж.к} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3} = \frac{20 \cdot 4}{20 - 4} = 50 \text{ Ом} . \quad (6.15)$$

Тік электродты тұйықтауыштың кедергісі келесі формула бойынша анықталады:

$$R_T = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left( \ln \left( \frac{2 \cdot L}{d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot t + L}{5 \cdot t - L} \right) \right), \quad (6.16)$$



$$R_T = \frac{120}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \left( \ln \left( \frac{2 \cdot 2}{0,05} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot 1,7 + 2}{5 \cdot 1,7 - 2} \right) \right) = 43,4 \text{ Ом}.$$

мұндағы:  $L_T$  – контурлық жерлендіргіш,  $L_T = 60$  м  
 $\rho$  – топырақтың электрлік кедергісі,  $\rho = 120$  Ом·м, тереңдігі  
 $t_0 = 0,5$  м;  
 $d$  – тұрбаның диаметрі,  $d = 0,05$  м;  
 $t$  – тұрбаны салу тереңдігі,  $t = 1,7$  м.  
 $n$  – тік жерге тұйықтаулар саны,  $n = 12$  дана;

Көлденең электродты тұйықтауыштың кедергісі келесі формула бойынша анықталады:

$$R_K = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_T} \cdot \ln \frac{L_T^2}{0,5 \cdot b \cdot t_0}, \quad (6.17)$$

$$R_K = \frac{120}{2 \cdot 3,14 \cdot 60} \cdot \ln \frac{2 \cdot 60^2}{0,5 \cdot 0,004 \cdot 0,7} = 4,92 \text{ Ом}.$$

Жасанды жерлендіргіштің таралу кедергісі:

$$R_H = \frac{R R_n}{(R \eta_c + R_n \eta_3 n)}, \quad (6.18)$$

$$R_H = \frac{43,4 \cdot 4,92}{(43,4 \cdot 0,36 + 4,92 \cdot 0,66 \cdot 12)} = 3,91 \text{ Ом}.$$

Жасанды жерлендіргіш қондырғының кедергісінен кедергісі төмен

$$R_H < R_{ж.ж.к} = 3,91 \text{ Ом} < 5 \text{ Ом}. \quad (6.19)$$

Жерлендіргіш қондырғының толық кедергісі

$$R_T = \frac{R_e \cdot R_u}{(R_e + R_u)}, \quad (6.20)$$

$$R_T = \frac{20 \cdot 3,91}{(20 + 3,91)} = 3,27 \text{ Ом}.$$

Жерлендіргіш қондырғының толық кедергісі талапқа сай келеді:

$$R_T < R_3 = 3,27 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}. \quad (6.21)$$

Осы көлемдегі кедергі электр қондырғыларын жерге қосу талаптарына сәйкес келеді.

Қауіпті және зиянды факторлардың адам денсаулығына, қауіпсіздігіне және өмір сүруіне әсерін азайту жолымен қорғау әдістері мен құралдарын

дамытуға бағытталған шаралар өмір тіршілік қауіпсіздігі болып табылады. Крандар мен кран учаскесін пайдалану кезінде қойылатын талаптар өрт қауіпсіздігі және электр қауіпсіздігі болып табылады.

Крандарды өрт қауіпсіздігінен қорғау үшін біз көміртегі тотығы хлориді пайдаланатын газды өрт сөндіру қондырғысын қарастырдық.

Электр қауіпсіздігі үшін жерге қосу жүйелерін қарастырдық.

## **7 Экономикалық бөлім**

Индустрияландыру уақыты басталғаннан бастап қазіргі уақытқа дейін адамзат өндіріс процестерін жетілдіру және барынша жеңілдету арқылы даму процесті атқарып келеді. Құрылыста немесе өнеркәсіпте ауыр салмақты жүктерді қолмен жылжыту оңай емес және бұл қазіргі уақытта тонна жүктерді арнайы құрылғылардың көмегінсіз қозғалту мүмкін емес. Қазіргі заманғы жүк көтеру механизмдерінің ішіндегі ең танымалы көпірлік крандар. Ол кішігірім кәсіпорындар үшін де, өндірістегі ірі зауыттары үшін де кең қолданыс тапқан. Бұл экономикалық шығындарды айтарлықтай төмендетіп, өндірістік жұмыстарды оңтайландырды.

Қазіргі уақытта көпірлік крандардың жиілігін реттеу арқылы электржетегін пайдалануға тұрақты беталуда. Бұл өз кезегінде жиілігі-реттелетін электр жетегімен қамтамасыз етілетін сенімді және ыңғайлы басқарылатын және бірқалыпты ауысатын үрдістері арқасында кранның механикалық жабдығының жұмыс істеу сенімділігі мен ұзақ уақыт жұмыс істеу сенімділігі артады. Осы арқылы кранның жабдықтарын, электржетегін ауыстыру қажеттілігі төмендейді.

Жиілігі реттелетін электржетегін пайдалану арқылы экономикалық шығындардың төмендеуі, сонымен қатар электр энергиясын үнемдеуден және қолданыс шығындардың төмендетуіне септігін тигізеді.

Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштарында жиілігі реттелетін түрленгіштерді пайдалану арқылы жалпы өндірісте қолдануға мүмкіндік береді.

Крандардағы жиілік түрлендіргіш арқылы автоматтандырылған электр жетегінің функциялары:

- 1) қозғалтқыштың номиналды айналу жылдамдығын реттеу;
- 2) қозғалтқышты қысқа тұйықталудан, фазалық үзілістен және артық жүктелуден максималды түрде қорғау.
- 3) қозғалтқыштың қосылу тоғын реттеп ақырын қосу және тежеуді реттеу.

Дипломдық жұмыста капиталдық шығындар мен экономикалық тиімділігін есептеу келтірілген.

Жиілігі реттелетін электр жетегін пайдалану электр энергиясының шығындарын азайтып процестерді оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Техникалық және экономикалық көрсеткіштерді есептеу электр жетегінің екі балама жүйесінің салыстырмалы техникалық деректерін талдау

негізінде жүзеге асырылады. Экономикалық бағалау ең төменгі шығындар принципіне негізделеді: ең аз бастапқы шығындар, жөндеумен және қызмет көрсетуге техникалық қызмет көрсету шығындары, электр қуатының шығыны.

Бұл дипломдық жұмыста 4A250S10Y3 типті қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың тиімділігін анықтау үшін фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышпен салыстырамыз.

7.1 кесте – Қозғалтқыштардың техникалық деректері

Қозғалтқыштың параметрлері	Бірінші нұсқа: қысқа тұйықталған роторлы АҚ	Екінші нұсқа: фазалы роторлы АҚ
Қозғалтқыш	4A250S10Y3	4АНК225М8У3
Қуаты, кВт	30	30
ПӘК, %	88	86,4
Айналу жиілігі айн/мин	600	600

1-ші нұсқа бойынша қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың экономикалық тиімділігін есептейміз.

Асинхронды қозғалтқыш пен жиілік түрлендіргіштің капиталды салымдардың қосындысы :

$$\Sigma K = K_K + K_M, \quad (7.1)$$

мұндағы  $K_K$  – қондырғыларды тасымалдауға және сатып алуға жұмсалатын шығындар, теңге;

$K_M$  – монтаждауға жұмсалатын шығындар, теңге.

$$B = B_{AK} + B_{ЖТ}, \quad (7.2)$$

мұндағы  $B_{AK}$  – асинхронды қозғалтқыштың бағасы, теңге;

$B_{ЖТ}$  – жиілік түрлендіргіштің бағасы, теңге.

$$B = 420000 + 145000 = 565000 \text{ теңге.}$$

Асинхронды қозғалтқышты тасымалдауға жұмсалатын шығындар қозғалтқыштың бағасының 10%-ын құрайды деп есептелінеді:

$$K_K = 0,1 \cdot B + B = 0,1 \cdot 565000 + 565000 = 621500 \text{ теңге.} \quad (7.3)$$

Монтаждауға жұмсалатын шығындар қозғалтқыштың бағасының 7%-ын құрайды деп есептелінеді:

$$K_M = 0,07 \cdot B = 0,07 \cdot 565000 = 39550 \text{ теңге.} \quad (7.4)$$

Барлық жұмсалған капиталды салымдардың қосындысы:

$$\Sigma K = 621500 + 39550 = 661050 \text{ теңге.}$$

Бірінші нұсқа бойынша қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың экономикалық тиімділігін қарастырамыз.

Эксплуатацияға жұмсалатын жылдық шығындар:

$$И = И_{\text{етк}} + И_{\text{эс}} + И_{\text{м}} + И_{\text{э}} + И_{\text{а}} + И_{\text{і}}, \quad (7.5)$$

мұндағы  $И_{\text{етк}}$  – негізгі және қосымша еңбекақы төлем қоры;

$И_{\text{эс}}$  – әлеуметтік салықтар (11%);

$И_{\text{м}}$  – материалдық шығындар және қор бөлігі (капиталдық салымның 0,5%-ын құрайды);

$И_{\text{э}}$  – өндірістік қажеттіліктер үшін электр энергиясының шығындары;

$И_{\text{а}}$  – амортизациялық аударымдар (аударымдар нормасы 5-10% -ті құрайды);

$И_{\text{і}}$  – іс-қағаздардың шығыны барлық шығындардың 15% құрайды. Іс-қағаздар шығынына жанама шығындар жатады. Бұған барлық есептелмеген шығындарды жатқызуға болады. Олар: транспорттық шығындар, басқару, шаруашылық, кадрларды дайындауға кеткен шығындарды жатады.

Қызметші мамандардың еңбек жалақысын есептеу үшін орташа айлық еңбек жалақысы кестеде көрсетілген.

7.2 кесте – Орташа айлық еңбек жалақысы

Жұмысшылар тізімі	Саны	Міндетті еңбекақысы, теңге	Жылдық еңбекақысы, теңге
Машинист	1	120000	1440000
Электрик	1	80000	960000
Қорытынды	2		2400000

Бір жылдық еңбекақы төлем қоры:

$$И_{\text{етк}} = 2400000 \text{ теңге.} \quad (7.6)$$

Әлеуметтік салаға жұмсалатын салықтардың шығыны:

$$И_{\text{эс}} = (И_{\text{етк}} - 10\% \cdot И_{\text{етк}}) \cdot 11\%, \quad (7.7)$$

мұндағы 10% - зейнетақы қор аударылымдары;

$$I_{\text{эс}} = (2400000 - 0,1 \cdot 2400000) \cdot 0,11 = 237600 \text{ теңге.}$$

Материалдық шығындар қор бөлігінің капиталдық салымдардың 0,5%-ын құрайды:

$$I_{\text{м}} = K \cdot 0,005 = 661050 \cdot 0,005 = 3305,25 \text{ теңге.} \quad (7.8)$$

Барлық шығындармен қоса есептеген кездегі электр энергиясына жұмсалатын жылдық шығындар:

$$I_{\text{э}} = W \cdot I_{\text{эТ}} \cdot N, \quad (7.9)$$

мұндағы  $W$  – электр энергиясын жылдық тұтыну;

$N$  – электр қозғалтқыштың саны;

$I_{\text{эТ}}$  – электр энергиясының тарифі, 16,02 теңге/кВт·сағ.

Электр энергия шығыны:

Электр энергиясының шығынын қозғалтқыштың номинал шығындарын есептеу арқылы пайдалы әсер коэффициентімен анықтаймыз:

$$\Delta P = P_{\kappa} \left( \frac{1}{n} - 1 \right) = 30 \cdot \left( \frac{1}{0,88} - 1 \right) = 4,09 \text{ кВт}; \quad (7.10)$$

$P_{\kappa}$  – 30кВт, қозғалтқыштың төлқұжаттық номинал берілген қуаты.

Енді бос жүріс шығындары мен жүктелген номиналды шығындарды есептейміз:

$$\Delta P_{\text{бж}} = 0,05 \cdot \Delta P_{\text{н}}; \quad (7.11)$$

$$\Delta P_{\text{бж}} = 0,05 \cdot 4,09 = 0,204 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\text{жн}} = 0,67 \cdot \Delta P; \quad (7.12)$$

$$\Delta P_{\text{нк}} = 0,67 \cdot 4,09 = 2,74 \text{ кВт.}$$

Келесі формула бойынша активті қуаттың максималды шығынын есептейміз:

$$\Delta P_{\text{м}} = \Delta P_{\text{бж}} + \Delta P_{\text{нк}} \cdot K_{\text{ж}}^2; \quad (7.13)$$

$$\Delta P_{\text{м}} = 0,204 + 2,74 \cdot 0,8^2 = 1,96$$

мұндағы  $K_{\text{ж}} = 0,8$  – жүктелу коэффициенті.

Төменде келтірілген формуламен активті қуаттың орташа шығынын анықтаймыз:

$$\Delta P_c = \Delta P_m \cdot \tau, \quad (7.14)$$

мұндағы  $\tau$  – шығын максимумын пайдаланудың салыстырмалы уақыты:

$$\tau = 0,7 \cdot \frac{T_m}{T_j}, \quad (7.15)$$

мұндағы  $T_m$  – 365 күнде 18 сағаттан жылдық шығын максимумын пайдаланудың сағат саны.

$$T_j = T_m - 0,1 \cdot T_m; \quad (7.16)$$

$$T_j = 6570 - 0,1 \cdot 6570 = 5913;$$

$$T_m = 365 \cdot 18 = 6570 \text{ сағат}; \quad (7.17)$$

$$\tau = 0,7 \cdot \frac{6570}{6570 - 0,1 \cdot 6570} = 1,11;$$

$$\Delta P_c = 1,96 \cdot 1,11 = 2,18 \text{ кВт.}$$

Электр энергия шығынын келесідей анықтаймыз:

$$\Delta W = \Delta P_c \cdot T_j = 2,18 \cdot 5913 = 12890,34 \text{ кВт.} \quad (7.18)$$

Электр энергиясын жылдық тұтыну мөлшері:

$$W = P_k \cdot T_m = 30 \cdot 6570 = 197100 \text{ кВт·сағ/жыл.} \quad (7.19)$$

Шығындармен қоса есептеген кездегі электр энергиясын тұтыну:

$$W_T = W + \Delta W = 197100 + 12890,34 = 209990,34 \text{ кВт·сағ/жыл.} \quad (7.20)$$

Жылдық электр энергиясының шығыны:

$$I_\Sigma = 209990,34 \cdot 16,05 \cdot 1 = 3370344,95 \text{ теңге.}$$

Амортизациялық аударымдар:

$$I_a = \Sigma K \cdot 0,1 = 661050 \cdot 0,1 = 66105 \text{ теңге.} \quad (7.21)$$

Іс-қағаздардың шығыны:

$$I_i = 0,15 \cdot (I_{\text{етк}} + I_{\text{эс}} + I_{\text{м}} + I_{\text{а}} + I_{\text{э}}); \quad (7.22)$$

$$I_i = 0,15 \cdot (2400000 + 237600 + 3305,25 + 66105 + 3370344,95) = 911603,28 \text{ теңге};$$

$$\Sigma I = I_{\text{етк}} + I_{\text{эс}} + I_{\text{м}} + I_{\text{а}} + I_{\text{э}} + I_i; \quad (7.23)$$

$$\Sigma I = 2400000 + 237600 + 3305,25 + 66105 + 3370344,95 + 911603,28 = 6988958,48 \text{ теңге.}$$

2-ші нұсқа бойынша фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштың экономикалық тиімділігін қарастырамыз.

4АНК225М8У3 типті фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыш пен ЯС-100 типті кедергілердің жәшігін қолданамыз.

$$B = B_{\text{АК}} + B_{\text{КЖ}}$$

мұндағы  $B_{\text{АК}}$  – фазалы роторлы қозғалтқыштың бағасы, теңге;

$B_{\text{КЖ}}$  – кедергі жәшігінің бағасы, теңге.

$$B = 575000 + 287000 = 862000 \text{ теңге.}$$

Асинхронды қозғалтқышты тасымалдауға жұмсалатын шығындар қозғалтқыштың бағасының 10%-ын құрайды:

$$K_{\text{К}} = 0,1 \cdot B + B = 0,1 \cdot 862000 + 862000 = 948200 \text{ теңге.}$$

Монтаждауға жұмсалатын шығындар қозғалтқыштың бағасының 7%-ын құрайды:

$$K_{\text{М}} = 0,07 \cdot B = 0,07 \cdot 862000 = 60340 \text{ теңге.}$$

Барлық капиталдық салымдардың қосындысы:

$$\Sigma K = 948200 + 60340 = 1008540 \text{ теңге.}$$

Жылдық эксплуатация шығындарын есептеу.

Жылдық эксплуатацияның шығындары:

$$I = I_{\text{етк}} + I_{\text{эс}} + I_{\text{м}} + I_{\text{э}} + I_{\text{а}} + I_i.$$

Материалдық шығындар мен қор бөлігі капиталдық салымдардың 0,5%-ын құрайды:

$$I_M = K \cdot 0,005 = 1008540 \cdot 0,005 = 5042,7 \text{ теңге.}$$

Барлық шығындармен қоса есептеген кездегі жылдық электр энергиясына жұмсалатын шығындар:

$$I_\Sigma = W \cdot I_{\text{ЭТ}} \cdot N,$$

мұндағы  $W$  – жылдық электр энергиясын тұтыну;

$I_{\text{ЭТ}}$  – электр энергиясының тарифі, 16,02 теңге/кВт·сағ;

$N$  – электр қозғалтқышының саны.

Электр энергиясының шығыны:

Электр энергиясының шығынын қозғалтқыштың номинал шығындарын есептеу арқылы пайдалы әсер коэффициентімен анықтаймыз:

$$\Delta P = P_\kappa \left( \frac{1}{n} - 1 \right) = 30 \cdot \left( \frac{1}{0,864} - 1 \right) = 4,72 \text{ кВт.}$$

$P_\kappa$  – 30кВт, қозғалтқыштың төлқұжаттық берілгені бойынша.

Енді бос жүріс шығыны мен жүктелген номинал шығындарды анықтаймыз:

$$\Delta P_{\text{бж}} = 0,05 \cdot 4,72 = 0,236 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P_{\text{нн}} = 0,67 \cdot 4,72 = 3,16 \text{ кВт.}$$

Келесі формула бойынша активті қуаттың максималды шығынын есептейміз:

$$\Delta P_M = 0,236 + 3,14 \cdot 0,8^2 = 2,245.$$

мұндағы  $K_{\text{ж}} = 0,8$  – жүктелу коэффициенті.

Төменде келтірілген формуламен активті қуаттың орташа шығынын анықтаймыз:

$$\Delta P_c = \Delta P_M \cdot \tau.$$

мұндағы  $\tau = 1,11$  – шығын максимумын пайдаланудың салыстырмалы уақыты, бірінші нұсқада анықталды.

$$\Delta P_c = 2,245 \cdot 1,11 = 2,50 \text{ кВт.}$$

Электр энергия шығынын келесідей анықтаймыз:



$$\Delta W = \Delta P_c \cdot T_{ж} = 2,50 \cdot 5913 = 14782,5 \text{ кВт.}$$

Электр энергиясын жылдық тұтыну мөлшері:

$$W = T_m \cdot P_k = 6570 \cdot 30 = 197100 \text{ кВт·сағ/жыл.}$$

Шығындармен қоса есептеген кездегі электр энергиясын тұтыну:

$$W_T = W + \Delta W = 197100 + 14782,5 = 211882,5 \text{ кВт·сағ/жыл.}$$

Жылдық электр энергиясының шығыны:

$$I_b = 211882,5 \cdot 16,05 \cdot 1 = 3400714,12 \text{ теңге.}$$

Амортизациялық аударымдары:

$$I_a = \Sigma K \cdot 0,1 = 1008540 \cdot 0,1 = 100854 \text{ теңге.}$$

Іс-қағаздар шығыны:

$$I_i = 0,15 \cdot (2400000 + 237600 + 5042,7 + 100854 + 3400714,12) = 921631,62 \text{ теңге.}$$

$$\Sigma I = 2400000 + 237600 + 5042,7 + 100854 + 3400714,12 + 921631,62 = 7065842,44 \text{ теңге.}$$

### 7.3 кесте – Екі қозғалтқыш нәтижелері

	4A250S10Y3	4АНК225М8У3
η, %	88	86,5
P <sub>н</sub> , кВт	30	30
ΔP <sub>н</sub> , кВт	4,09	4,72
ΔP <sub>нн</sub> , кВт	2,74	3,16
ΔP <sub>бж</sub> , кВт	0,204	0,236
ΔP <sub>м</sub> , кВт	1,96	2,245
ΔP <sub>с</sub> , кВт	2,18	2,50
T <sub>ж</sub> , сағ	6570	6570
ΔW, кВт·сағ	12890,34	14782,5
ΣI, тг	6988958,48	7065842,44
Айырмашылығы	76883,96	

Қозғалтқыштардың капиталдық салымдарының салыстырмалы тиімділіктерін анықтаймыз.

1-әдіс. Ең аз шығын кететін қозғалтқышты таңдап, тиімділікті бағалай отырып тиісті нұсқаны анықтаймыз. Әрбір нұсқа үшін жұмсалатын

шығындарды нормативтік коэффициенттерге сәйкес салыстырмалы тиімділікке талдау жүргіземіз:

$$Z_i = I_i + E_n \cdot K_i, \quad (7.24)$$

$$E_n = 0,15;$$

Бірінші нұсқа үшін:

$$Z_i = 911603,28 + 0,15 \cdot 6988958,48 = 1959947,052 \text{ теңге.}$$

Екінші нұсқа үшін:

$$Z_i = 921631,62 + 0,15 \cdot 7065842,44 = 1981507,986 \text{ теңге.}$$

2-әдіс. Капиталды салымдардың өтімділік мерзімін есептеу:

$$T_{\text{отт}} = \frac{K_2 - K_1}{I_2 - I_1} = \frac{1008540 - 661050}{7065842,44 - 6988958,48} = 4,52 \text{ жыл.}$$

3-әдіс. Салыстырмалы тиімділік коэффициентін анықтау:

$$E_m = \frac{I_2 - I_1}{K_2 - K_1} = \frac{7065842,44 - 6988958,48}{1008540 - 661050} = 0,22.$$

Келесі шарт орындалса, таңдалған қозғалтқыш тиімді:

$$T_{\text{от}} \leq T_n, E_t \geq E_n,$$

мұндағы  $T_n = 6,7$  жыл – нормативтік өтелу мерзімі;

$$4,52 \text{ жыл} < 6,7 \text{ жыл}; 0,21 > 0,15.$$

Есептеулерден қорытындылағанда қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты пайдалану фазалық роторлы асинхронды қозғалтқышты пайдаланудан тиімдірек болады.

## Қорытынды

Бұл дипломдық жұмыста жүк көтергіштігі 25 тонналы көпірлік кранның электр жетегін жетілдіру қарастырылды. Дипломдық жұмыс негізгі үш бөлімнен тұрады, олар техникалық бөлімі, өміртіршілік қауіпсіздік негізі бөлімі және экономикалық бөлімі.

Дипломдық жұмыстың алғашқы техникалық бөлімінде көпірлік кранның түрлері, қолданылу аймағы, арналымы, құрылысы, жұмыс жасау режимдері сипатталып электр жетегін жетілдіру есептелді. Алынған мәліметтер бойынша механизмнің жүктемелік және жылдамдықтық диаграммасы тұрғызылды. диаграммалары тұрғызылды.

Екінші бөлімде кранның электр жетегі бойынша әдебиеттік шолу жасалып, соның нәтижесінде автоматтандырылған электр жетегіне және автоматизация жүйесіне қойылатын талаптар тұжырымдалды. Өртүрлі электжетектер жүйелеріне талдау жасалып, ең тиімді электр жетегі жүйесі ретінде «жиіліктік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесі таңдалынды және оның функциональды сұлбасы негізделді.

Үшінші бөлімде жүктемеге есептеу жүргізіліп есептелген қуатқа және жылдамдыққа сәйкес қуаты 30 кВт қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдалып, қозғалтқыштың қызуға және артық жүктелуге қабілеттілігі тексерілді.

Төртінші бөлімде кранның кинематикалық сұлбасына талдау жасалып электр жетегін жетілдіру мақсатында қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш пен жиілік түрлендіргіш таңдап алынды.

Алтыншы бөлімде асинхронды қозғалтқыштың математикалық моделі келтірілген және басқару нысанының параметрлері есептелген. Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау үшін MATLAB бағдарламалық пакетінде имитациялық модель жасалынды және қозғалтқыштың негізгі параметрлерінің өтпелі үрдіс кезінде өзгеру динамикасы көрсетілген. Электр жетегінің күштік тізбегінің принципіалды сұлбасы, асинхронды қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасының графигі, жасанды механикалық сипаттамасы графиктері тұрғызылды.

Жетінші бөлімде «Өмір тіршілік қауіпсіздігі» бойынша қоршаған ортаны өрт қауіпсіздігімен және электр қауіпсіздігімен қамтамасыз ету қарастырылды. Көпірлік крандардағы еңбек қауіпсіздігіне шолу жасалды.

Электр қауіпсіздігіне қойылатын талаптар және электр қондырғысын жерге тұйықтауға қойылатын талаптар қарастырылды.

Сегізінші бөлім кранның экономика бөліміне арналады. Экономикалық бөлімде қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштың тиімділігі есептеліп капиталдық салымдардың өтімділік мерзімі және эксплуатация бағасы есептелінді.

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- 1 Кацман М.М. Электрический привод. – М.: Академия, 2005. – 384 с.
- 2 Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. - М.: Энергия, 1969. - 544 с., ил.
- 3 Копылов И.П., Клоков Б.К., Морозкин В.П. Проектирование электрических машин: Учебное пособие для вузов - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 2007 - 757 с.
- 4 Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием М.: Академия 2007.
- 5 Кацман М.М. Электрические машины. – М.:Академия, 2007.– 496 с.
- 6 Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. – М.: Академия, 2007. – 657 с.
- 7 Мостовые электрические краны. Н.С. Ушаков «Машиностроение»
- 8 Справочник по электрическим машинам. Том2/ И.П.Копылов, Б.К.Клоков-М.:Энергоатомиздат, 1989.– 688 б.
- 9 Автоматизированный электропривод переменного тока. Эпштейн И. И.— М: Энергоиздат, 1982. — 192 б.
- 10 Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными электродвигателями - М., Издательство «Наука», 1966, стр 283
- 11 Справочник по кранам: В 2-х т. Под общей ред. проф. Гохберга М.М. - М.: Машиностроение, 1988. -559 с с ил.
- 12 Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов-4-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1989. -536 с.
- 13 Хакімжанов Т.Е. Еңбек қорғау. Жоғары оқу орындары үшін оқу құралы.- Алматы: "ЭВЕРО", 2008 – 240 бет
- 14 ГОСТ 12.1.004-91. Еңбекті қорғаудың стандарттар жүйесі. Өрт қауіпсіздігі. Қауіпсіздіктің жалпы талаптары.
- 15 Кустов В.Н., Джумабеков Б.Д., Калита Н.Л. Охрана труда в дипломных проектах. – Алматы, 1998.
- 16 Түзелбаев Б.И. Сала экономикасы: оқу құралы - Алматы, 2007.