

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»

Кафедра меңгерушісі

т.ғ.к., профессор Оржанова Ж.К.

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« » 2020 ж.

(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Механикалық цехтың көпірлік кранының көтеру механизмінің электр жетегін жетілдіру.

5B071800 - «Электр энергетика» мамандығы бойынша

Орындаған Уразаева Расима Русланқызы ЭЭ(ЭАТ)қ-16-4
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші Алдибеков Исабай Танирбергеневич, т.ғ.д., АЭБУ профессоры
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« » 20 ж.

(қолы)

Кеңесшілер:

Техникалық бөлімі бойынша:

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« » 20 ж.

(қолы)

Экономикалық бөлім бойынша:

Түзелбаев Бақберген Ибадиллаевич, PhD докторы

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« » 20 ж.

(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

Мұсаева Ж.К., б.ғ.к., доцент

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« » 20 ж.

(қолы)

Пікір жазушы:

Исаханов Муратбек Жанабатырович, т.ғ.к., ҚазҰАУ профессоры

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« » 20 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр энергетика және электр техника институты
5B071800 - «Электр энергетика» мамандығы
Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Уразаева Расима Русланқызы
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Механикалық цехтың көпірлік кранының көтеру
механизмінің электр жетегін жетілдіру.

Ректордың « 11 » 11 2019 ж. № 147 бұйрығы бойынша бекітіген.
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: « 28 » мамыр 2020 ж.

Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері) жүктің максимал массасы - 15 т; жүк көтерудің максимал биіктігі - 12,5 м; жүкті көтеру жылдамдығы - 0,3 м/с; ілгіш массасы – 200 кг; механизмнің қорытынды инерциялық моменті - 600 кг м²; Л-500 жүктік лебедканың Ц2- типті редуктордың беріліс саны – 20; механизмнің суммалық ПӘК-і – 85%; барабан диаметрі – 0,64 м; полиспастр еселігі – 4; ілгіштің жылдамдығы – 0,6 м/с.

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

Кіріспе-----

1. Техникалық бөлім

2. Электрқозғалтқыш таңдау және оның есептік параметрлерін анықтау

3. Қозғалтқыштың орынбасу сұлбасының есептік параметрлерін анықтау

4. Электр жетекке жиіліктік түрлендіргіш таңдау және оның элементтерінің параметрлерін есептеу

5. Қозғалтқышының статикалық сипаттамаларын анықтау

6. Электр жетектің функционалдық, құрылымдық сұлбаларын құрастыру

7. Жетектің динамикалық сипаттамаларын MatLab пакетінде зерттеу

7. Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі

8. Экономикалық бөлім

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. Көпірлі кран конструкциясы
2. Жүкті көтеру механизмінің кинематикалық сұлбасы
3. Кранның көтеру механизмінің электрқозғалтқышының механикалық және электрмеханикалық сипаттамалары
4. Кранның көтеру механизмінің жылдамдықтық және жүктемелік диаграммасы
5. Асинхронды қозғалтқыштың орынбасу сұлбасы
6. Электр жетегінің жүктемелік диаграммасы
7. ATV71HD30N4 типті түрлендіргіштің желіге қосылу сұлбасы
8. Электр жетегінің күштік тізбегінің принципіалды сұлбасы
9. Автоматтандырылған электржетектің функционалдық сұлбасы
10. Автоматтандырылған электр жетектің құрылымдық сұлбасы
11. Асинхронды қозғалтқыштың MatLab6.5 бағдарламалық пакетінде жасалған имитациялық моделі
12. Әртүрлі режимдер кезіндегі өтпелі үрдістердің графиктері
13. Тіршілік қауіпсіздігіне қатысты есептеу нәтижелері
14. Экономикалық есептеу нәтижелері

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. Шеховцев П.В. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов / М.: ФОРУМ, 2010. - 352с.
2. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебн. пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
3. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование электроприводов. Часть 8. – Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 464с.
4. Ильинский Н.Ф. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учебное пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 208 с.

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімшелер	Кеңесші	Мерзімі	Қолы
Негізгі бөлім	Алдибеков И.Т.		
Өмір тіршілік қауіпсіздігі	Мусаева Ж.К.		
Экономикалық бөлім	Тузелбаев Б.И.		

Диплом жұмысын дайындау

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге Ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	<i>Дипломдық жұмыс тақырыбы бойынша материалдар жинау және ғылыми әдебиеттермен танысу</i>	<i>18.11.2019</i>	
2.	<i>Крандар және олардың электр жетектері туралы деректер жинау</i>	<i>09.12.2019</i>	
3.	<i>Кран электр жетегінің жүйесі мен жүйенің күштік элементтерін таңдау</i>	<i>06.01.2020</i>	
4.	<i>Автоматтандырылған электр жетектің күштік сұлбасын жобалау және түрлендіргіш таңдау</i>	<i>27.01.2020</i>	
5.	<i>Электр жетегінің статикалық сипаттамаларын тұрғызу</i>	<i>14.02.2020</i>	
6.	<i>Электр жетегінің электрмеханикалық жүйесін математикалық сипаттау және негізгі элементтерінің параметрлерін анықтау</i>	<i>11.03.2020</i>	
7.	<i>Электр жетектің динамикалық сипаттамаларын зерттеу</i>	<i>10.04.2020</i>	
8.	<i>Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі</i>	<i>08.05.2020</i>	
9.	<i>Экономикалық бөлім</i>	<i>21.05.2020</i>	
10.	<i>Дипломдық жұмысты рәсімдеу</i>	<i>28.05.2020</i>	

Тапсырманың берілген уақыты « 18 » қараша 2019 ж.

Кафедра меңгерушісі _____ Оржанова Ж.К., т.ғ.к., профессор
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жұмыс жетекшісі _____ Алдибеков И.Т., т.ғ.д., профессор
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент _____ Уразаева Р.Р.
(қолы) (аты-жөн)

Аңдатпа

Дипломдық жұмыста берілген тапсырма бойынша жүк көтергіштігі 15 т көпірлі кранның электр жетегін жетілдіру жұмысы жүргізілді.

Жұмыста крандар туралы, кранның электр жетері туралы жалпы деректер берілген. Олардың электр жетектеріне және басқару жүйелеріне қойылатын талаптар атап өтілді. Кран үшін тиімді электр жетегі жүйесі ретінде «жиіліктік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесі таңдалынған.

Кранның жүктемелеріне есептеу жүргізілді, көтеру механизмі үшін қуаты 30 кВт болатын асинхронды қозғалтқыш таңдалынып алынды, қозғалтқыштың орынбасу сұлбасы көрсетіліп, табиғи және жасанды сипаттамалары тұрғызылған.

Дипломдық жұмыста автоматтандырылған электр жетектің күштік сұлбасын жобалап, түрлендіргіш таңдалып, электр жетегінің статикалық сипаттамалары есептелінді.

Электрқозғалтқыштың математикалық моделі келтірілді, басқару нысанының параметрлері есептелген және көпірлі кранның электр жетегінің құрылымдық сұлбасы көрсетілді. Сондай-ақ, электрқозғалтқыштың имитациялық моделі тұрғызылып, өтпелі үрдістердің динамикасы көрсетілді.

Дипломдық жұмыста механикалық цехатағы тіршілік қауіпсіздігін қамтамасыз ету жолдары туралы толық мағлұмат беріліп, таңдалған қондырғыға қатысты жұмыс орнындағы ауаның ластануына байланысты есептеулер жүргізілді. Ұсынылған электр жетектің экономикалық тиімділігі анықталды.

Аннотация

В дипломной работе по заданию выполнена работа по модернизации электропривода мостового крана грузоподъемностью 15 т.

В работе приведены общие данные о кранах, электроприводах крана. Были отмечены требования к их электроприводам и системам управления. В качестве эффективной системы электропривода для кранов выбрана система "частотный преобразователь-асинхронный двигатель".

Проведен расчет нагрузки крана, для подъемного механизма выбран асинхронный двигатель мощностью 30 кВт, с указанием схемы замещения двигателя, установлены естественные и искусственные характеристики.

В дипломной работе разработана силовая схема автоматизированного электропривода, выбран преобразователь рассчитаны статические характеристики электропривода.

Приведена математическая модель электродвигателя, рассчитаны параметры объекта управления и представлена структурная схема электропривода мостового крана. Также была построена имитационная модель электродвигателя, показана динамика переходных процессов.

В дипломной работе были представлены сведения о путях обеспечения безопасности жизнедеятельности в механическом цехе, а также проведены расчеты по загрязнению воздуха на рабочем месте и выбору установки. Определена экономическая эффективность предлагаемого электропривода.

Abstract

In the diploma work on the task performed work on the modernization of the electric drive of the bridge crane with a load capacity of 15 tons.

This paper provides General information about cranes and electric drives of the crane. Requirements for their electric drives and control systems were noted. The "frequency Converter-asynchronous motor" system was chosen as an effective electric drive system for cranes.

Calculation of the crane loads, an asynchronous motor with a power of 30 kW was selected for the lifting mechanism, indicating the engine replacement scheme, natural and artificial characteristics were established.

In the thesis, power circuits of an automated electric drive were developed, converters were selected, and static characteristics of the electric drive were calculated.

A mathematical model of the electric motor is given, the parameters of the control object are calculated, and a block diagram of the electric drive of the bridge crane is presented. Also, a simulation model of the electric motor was built, and the dynamics of transients was shown.

The thesis presented information about ways to ensure the safety of life in the machine shop, as well as calculations on air pollution in the workplace for the selected installation. The economic efficiency of the proposed electric drive is determined.

Мазмұны

Кіріспе.....	9
1 Крандар және олардың электр жетектері.....	10
1.1 Крандар туралы жалпы деректер.....	10
1.2 Крандарды басқару жүйесі, тәсілдері және реттеу шарттары.....	14
1.3 Крандарда қолданатын электр жетектер.....	15
1.4 Кран электр жетектерінің механикалық сипаттамаларына қойылатын талаптар.....	16
2 Кран электр жетегінің жүйесімен жүйенің күштік элементтерін таңдау.....	20
2.1 Электр жетегінің жүйесін таңдау.....	20
2.2 Жүктемеге есептеу жүргізу және жетекке сай қозғалтқыш таңдау.	21
2.3 Қозғалтқышпен оның орынбасу сұлбасының параметрлері.....	24
2.4 Электр жетегінің жүктемелік диаграммасы.....	25
3 Автоматтандырылған электр жетектің күштік сұлбасын жобалау және түрлендіргіш таңдау.....	33
3.1 Комплектілік жиіліктік түрлендіргіштің типін таңдау.....	33
3.2 Жиіліктік түрлендіргіш тізбегінің параметрлеріне есептеу жүргізу және элементтерін таңдау.....	35
4 Электрқозғалтқыштың статикалық сипаттамаларын тұрғызу.....	38
4.1 Қозғалтқыштың табиғи сипаттамаларын есептеу.....	38
4.2 Асинхронды қозғалтқыштың $\frac{U_n}{f_n} = const$ жиіліктік реттеу заңына сәйкес жасанды механикалық сипаттамаларын есептеу	41
5 Электр жетегінің электрмеханикалық жүйесін математикалық сипаттау және негізгі элементтерінің параметрлерін анықтау	48
5.1 Электр жетектің функционалдық және құрылымдық сұлбалары ...	48
5.2 Электрқозғалтқыштың математикалық моделі және құрылымдық сұлбасы.....	49
5.3 «Жиіліктік түрлендіргіш-асинхрондық қозғалтқыш» жүйесінің элементтерінің беріліс функцияларын анықтау.....	53
5.4 Электр жетегіне арналған ток датчигін таңдау.....	57
5.5 Электржетектің динамикалық сипаттамаларын зерттеу.....	58
6 Тіршілік қауіпсіздігі бөлімі.....	63
7 Экономикалық бөлім.....	79
Қорытынды.....	90
Пайдаланған әдебиет тізімі.....	91

Кіріспе

Дипломдық жұмыста жүк көтеру қондырғылары шаруашылықтың барлық саласын дамыту және оңтайландырудың негізгі техникалық құралдары болып табылады. Себебі жүк көтеру құрылғылары арқылы қолмен істелетін ауыр жұмыстарды механизмдер арқылы жеңілдетуге болады.

Жүк көтеру қондырғылары барлық салада жоғары сұранысқа ие атап өтетін болсақ: металлургияда, машина жасау өндірісінде, кен өндірісінде, құрылыс саласында, транспортта және тағы басқа өндіріс орындары және т.б.

Крандар көбіне электр жетектерімен жабдықталады. Сол себептенде қолданатын электр жабдықтардың көрсеткіштері тікелей крандардың тиімділігімен байланысты.

Крандар қайталанбалы қысқа уақытты жұмыс режимінде жұмыс атқарады, жылдамдығы кең диапазонда реттеледі, үдеу және тежеу кезінде көп мөлшерде артық жүктемелер туындайды.

Жүк көтеру қондырғыларында электр жетегін қолдану крандар үшін арнайы қозғалтқышпен мен электрлік аппарат жасауға себепкер болды.

Крандық электр жетектерінде әртүрлі жүйелі тиристорлық реттеу қолданылады.

Қазіргі кезде бүкіл әлемде металлургия кәсіпорындары мен олардан тыс жерде кран шаруашылығында жиілігі реттелетін электржетегін пайдалануға талпыныс өте жоғары қарқында. Себебі, кран шаруашылығында реттелетін жетекті пайдалану кранды жылдамдату бөлігіндегі ыңғайлы жұмыс істеуге және көптеген тиімділік нәтижелеріне әкеледі.

Жетектің кинематикалық тізбегінің элементтеріндегі динамикалық салмақтың айтарлықтай төмендеуіне жиілігі реттелетін жетекпен жабдықталатын біркелкі ауыспалы үрдістер әкеліп соғады.

Менің дипломдық жұмысымның мақсаты – жүк көтергіштігі 15 тонна көпірлі кранның көтеру механизмінің электр жетегін жетілдіру.

Дипломдық жұмыста крандардың қолдану аясы, түрлері және құрылысы жайында толық мағлұматтар берілген. Кранның басты көтеру механизмінің қозғалтқышы таңдалып және жүктемелік диаграммасы тұрғызылып, есептеуге сәйкес түрлендіргіш таңдалды, автоматтандырылған электр жүйесін құрастырылып оның элементтерінің параметрлері есептелді. Менің жұмысымда электр жетекті жетілдіру барысында оның экономикалық тиімділігі есептелді және өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша қарастырылды.

1.Крандар және олардың электр жетектері

1.1 Крандар туралы жалпы деректер

Кран - бұл мұнара немесе бұрғылау мұнарасы, ол материалды көтеру және түсіру үшін пайдаланылатын кабельдер мен шкивтермен жабдықталған. Олар құрылыс өнеркәсібінде және ауыр жабдықтар өндірісінде кеңінен қолданылады тіпті жер қазу жұмыстары әлемінде крандар жабдықтар мен механизмдердің орнын ауыстыру үшін қолданылады. Крандар техниканы траншеяларға немесе тік төбеден төменге, құбырларға тез және оңай жылжыта алады. Жер жұмыстарынан жол жұмыстарына дейін барлық қызмет көрсететін крандардың көптеген түрлері бар.

Кез келген кранның негізгі параметрі ол жүк көтергіштігі, яғни кранның көтере алатын максималды салмағы болып саналады. Бұл механизмдердің қолдану саласы мен конструкциясына қарай өзгешеліктері бар.

Қолдану аясы кең крандарға автокрандар, телескопиялық, мұнаралы кран, қиылысқан жерге арналған кран, жүк тиегіш кран және көпірлі крандар жатады. Бұл крандардың түрлеріне назар аудартып ерекшеліктерін атап өтетін болсам:

а) Автокран

Кранның ең қарапайым түрі рельсті, ол жүк машинасында болуы мүмкін жылжымалы платформада орнатылған болат фермадан немесе телескопиялық жебеден тұрады. Жебенің топсалы төменгі бөлігінде бекітілген және арқандардың немесе гидравликалық цилиндрлердің көмегімен көтерілуі немесе түсірілуі мүмкін.

б) Телескопиялық кран

Бұл кранның түрі жебеге ұқсас, ол бірнеше құбырдан тұрады. Гидравликалық механизм жебенің ұзындығын арттыру немесе азайту үшін құбырларды ұзартады немесе созады.

в) Мұнаралы кран

Мұнаралы кран-бұл теңгергіш Кранның заманауи түрі. Жер бетінде бекіту кезінде мұнаралы крандар биіктіктің және жүк көтергіштіктің ең жақсы үйлесімін береді, сондай-ақ биік ғимараттарды салу кезінде пайдаланылады.

г) Қиылысқан жерге арналған кран

Жолсыз жағдайларда жұмыс істеуге арналған төрт резеңке шиналы жүріс бөлігіне орнатылған кран. Шығару тіректері көтерілу кезінде кранды туралау және тұрақтандыру үшін тік және көлденең қозғалады. Бұл крандардың түрлері бір моторлы машиналар болып табылады, онда жүріс бөлігін іске қосу үшін кранды іске қосу үшін бірдей қозғалтқыш қолданылады. Бұл крандардың түрлерінде қозғалтқыш әдетте жоғарғы бөлігінде емес, жүріс бөлігінде құрастырылады.

д) Жүк тиегіш кран

Кран – тиегіш-бұл гидравликалық жетегі бар, тіркемеде орнатылған

және жабдықты тіркемеге тиеу үшін пайдаланылатын топсалы-біріктірілген рычаг. Көптеген секциялар кранды пайдаланбағанда шағын кеңістікке салынуы мүмкін.

Сонғысы, менің дипломдық жұмысымның негізі ретінде алынған Көпірлі кран.

Көпірлі кран зауытта аспалы кран ретінде пайдаланылады, олардың кейбіреулері өте ауыр жүктерді көтере алады. Көтергіш бір немесе екі арқалықтың бойымен бір бағытта қозғалатын арбаға орнатылады, олар құрастыру алаңының бүйірлік бөлігінің бойымен жиі орнатылған жоғары немесе жер үсті биіктігі рельстерінің бойымен осы бағытқа бұрышпен қозғалады. (1-сурет).



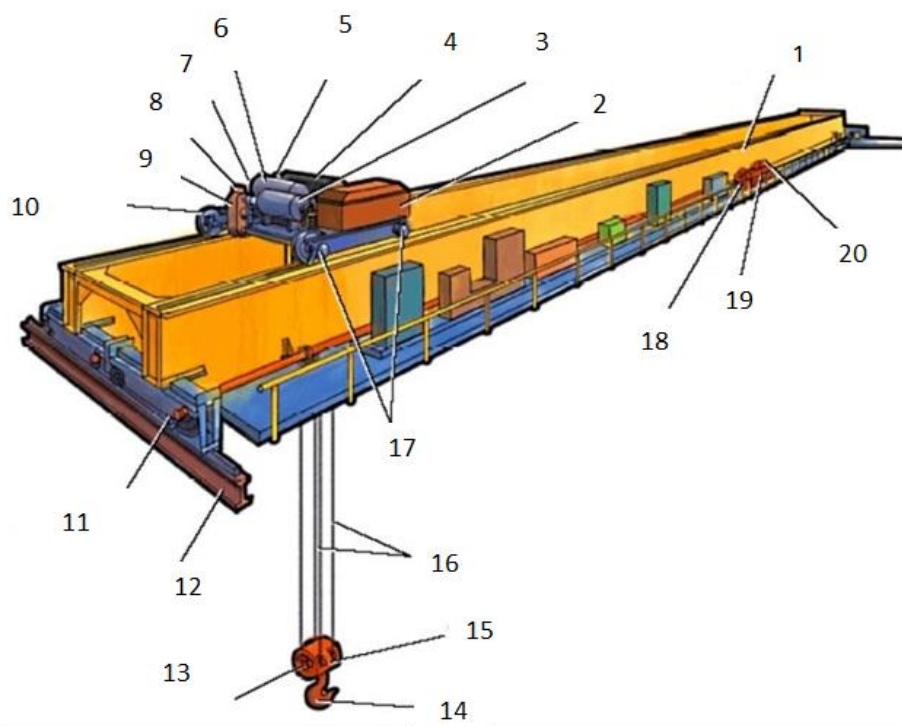
1 сурет - Көпірлі кран

Жүк көтергіштігіне байланысты көпірлік крандар кіші (жүк салмағы 5 тоннадан 10 тоннаға дейін), орташа (10 тоннадан 25 тоннаға дейін), ірі (50 тоннадан жоғары, 320 тоннаға дейін, ал көтеру биіктігі 50 м дейін) крандарға жіктеледі. Көпірлік крандардың ішінде кең тарағаны - екі балкалы кран болып есептеледі, оның жүк көтергіштігі 5 тоннамен 50 тонна аралығында.

Конструкциясы бойынша Көпірлік крандар бір балкалы және екі балкалы болып бөлінеді. Бір балкалы крандардың жүк көтергіштігі 10 тоннаға дейін болса екі балкалы крандардың көпірі екі балкадан тұрады, сондықтан олардың жүк көтергіштігі жоғары болып келеді.

Балкалар дөңгелектері бар екі шеттік балкамен біріктірілген. Дөңгелектер кран астындағы жолдың рельстерімен қозғалады. Редуктор мен электрқозғалтқыштар трансмиссиялық білік арқылы дөңгелектері қозғалысқа

келтіреді. Рельс кран көпірінің бойымен салынған, сол рельспен жүк көтергіш лебедкасы бар жүктік арба электрқозғалтқышпен жалғанған редуктор арқылы қозғалысқа түседі. Лебедканың барабанына жүк ілінетін ілгішпен жалғасқан трос оралады. Редуктор жалғасқан электрқозғалтқыш барабанды айналдырады. (2 сурет).



1 - балка; 2 - көтеру редукторы; 3 - арбаның электрқозғалтқышы; 4 – арба; 5 - барабанның букса мойынтіректері; 6 - көтеру электрқозғалтқышы; 7 - көтеру тежегіші; 8 - арба тежегіші; 9 - арба редукторының корпусы; 10 - арба мойынтіректері; 11 - арбаның дөңгелек мойынтіректері; 12 - кран жолы; 13 - шкив осі; 14 – ілгек; 15 - тіректі мойынтірек; 16 - болат канат; 17 - көпірдің дөңгелек мойынтірегі; 18 - көпір редуктор корпусы; 19 - көпірдің электрқозғалтқышы; 20 - көпір тежегіші.

2 сурет - Көпірлік кранның конструкциясы

Басқару пульті бар басқару блогы кранның механизмдерінің жұмысын жүзеге асырушы қызметте.

Көпірге бекітілген шкафта электрлік жабдықтар орналасады.

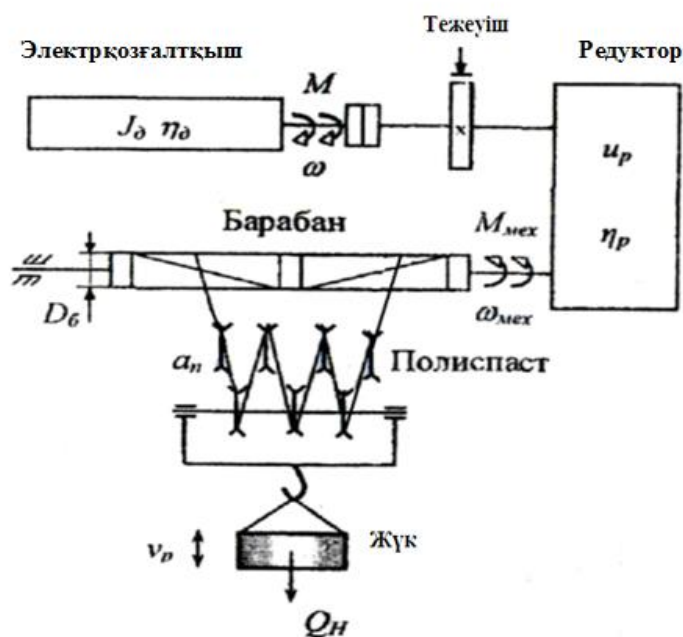
Көпірлік крандардың конструкциясы бойынша механизмдерді қарастырып өтейік (2 сурет).

Тежеу жүйесі атында түсіндіріліп тұрғандай жүкті ұстап тұру және жүктің қозғалысын қадағалау, жүктік арбаны тоқтату мақсатында қызмет көрсетеді.

Қалыпты жағдайда көтергіш механизмдерде қозғалыстың орын алуын болдырмайтын тежеуіштер болады. Апаттық жағдайда бұл жабдық жедел

автоматты түрде іске қосылады. Тез және жайлап тежеу қызметіне колодкалы тежеуіш жауап береді.

Көтеру және төмен түсіру механизмі крандық арбада орналасқан. Ол жетекші электрқозғалтқыш, трансмиссиялық білік, редуктор және барабан және барабанға оралған жүктік тростан тұрады. (3 сурет). Арбаның қозғалу жылдамдығы - 0,65... 1,0 м/с, ал көпірдің қозғалу жылдамдығы - 2,0... 2,3 м/с болып табылады.



3 сурет - Жүкті көтеру механизмінің кинематикалық сұлбасы

Әдетте тарту күшін арттыру мақсатында полипаст қолданылады. Ол трос барабанның екі жағынан оралады. Осы трос а барабанның тірегіне және көпірдің өнбойына жүк салмағын біркелкі таратуға мүмкіндік береді.

Кран астындағы жол кранның салмағын фундаментке біркелкі тарата алады және кран балкасын осы жолмен жүргізуші болып табылады. Жүк көтергіштігі 20 тоннадан асатын крандар үшін арнаулы крандық рельстер салынады.

Жұмыс барысында бір сағат ішінде көптеген жылдам ажырату мен қосулар болуына байланысты кранның арбасының удеу мен тежеу кезінде пайда болатын артық жүктемелер болуына, жылжыту жылдамдығын өзгертулер орын алатын режим жағдайында жұмыс істейтін кранның электрлік жабдықтарына қатаң талап қойылады.

Кранның негізгі электр жабдықтары көпірді және жүктік арбаның қозғалуын, жүкті көтеру мен төмен түсіру операциясын іске асырады.

Электр жабдықтарға электрқозғалтқыштар, басқару аппаратурасы, қорғау құрылғысы және кранның тежеу жүйесінің құрылғысы жатады.

Троллейлік желі не болмаса кабельдік жүйе кранды қоректендіруді

жүзеге асырады.

Жүктік арба жүкті төмен түсіру, көтеру және көпір бойымен қозғалтады. Арба крандағы жабдықтарға байланысты бірнеше барабандармен жабдыкталады.

1.2 Крандарды басқару жүйесі, тәсілдері және реттеу шарттары

Крандық механизмдер үшін басқару жүйесін таңдау реттеу диапазоны, басқару тәсілі, ресурс (тозуға төзімділік деңгейі), электр жетектердің ықтимал қуаттарының диапазоны, энергетикалық және динамикалық көрсеткіштер, сондай-ақ электр жетектерін пайдалану шарттарын анықтайтын қосымша деректер негізінде жүзеге асырылады.

Крандық механизмдерді басқарудың алуан түрлі жүйелері мақсаты, басқару тәсілі және реттеу шарттары бойынша жіктелуі мүмкін.

Мақсаты бойынша көтеру механизмдерін, қозғалу және айналу механизмдерін басқару жүйелері ажыратылады.

Басқару тәсілі бойынша күштік жұдырықшалы контроллер, кнопкалы постылары бар, жиынтық құрылғылары бар (мысалы, магнитті контроллер және энергия түрлендіргіштері бар немесе онсыз) басқару жүйелері болады.

Реттеу шарттары бойынша басқару жүйелері болуы мүмкін: жылдамдықты номиналдыдан төмен реттеумен, жылдамдықты номиналдыдан жоғары және төмен реттеумен, үдеуді және баяулауды реттеумен.

Крандық электр жетектер жүйесінде төрт түрлі электр қозғалтқыштар қолданылады:

- зәкірге келетін кернеу мен қозу тогын өзгерту арқылы жылдамдықты, жылдамдату мен баяулауды реттеумен жүйелі немесе тәуелсіз қоздыру тұрақты ток қозғалтқыштары;

- жоғарыда көрсетілген параметрлерді реттей отырып фазалық роторы бар асинхронды қозғалтқыштар кернеудің электр қозғалтқышы статорының орамасына келтірілетін, ротор орамының тізбегіндегі резисторлардың кедергісін өзгерту және басқа тәсілдерді қолдану жолымен;

- тұрақты (желінің номиналды жиілігі кезінде) немесе айналу жиілігі реттелетін (түрлендіргіштің шығу жиілігін реттеу кезінде) қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыштар;

- қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыштар көп жылдамдықты (жартылай ажыратқыш).

Соңғы уақытта жиіліктік-реттелетін электр жетегі жүйесін жетілдіруге байланысты ауыспалы токтағы электр жетегі бар крандар саны ұлғаюда.

Крандарды басқару жүйесін басқару тәсілі бойынша:

- қажетті үдеулерді таңдауды қоса алғанда, басқару процесін тек оператор ғана жүзеге асыратын кезде, күш жұдырықшалы бақылаушылар арқылы емес басқарушылар арқылы болатын;

- басқару мүмкіндігі постының конструктивтік ерекшеліктерімен және берілген екпін бағдарламасымен (тежелу) шектелген кезде кнопкалы бекеттермен басқарылатын);

- Күрделі жиынтық құрылғымен (энергия түрлендіргішін пайдаланып немесе онсыз магнитті контроллермен басқарылатын.

Бұл жағдайда оператор тек қажетті жылдамдықты тандайды, ал жылдамдық, тежеу және аралық ауыстырып қосу процестері автоматты түрде жүзеге асырылады.

Крандарды басқару жүйесін реттеу шарттары бойынша:

- номиналды деңгейден төмен жылдамдықты (айналу жиілігін) реттей отырып;

- жылдамдықты номиналдықтан жоғары және номиналдықтан төмен реттеумен;

- жеделдету мен баяулауды реттей отырып.

1.3 Крандарда қолданатын электр жетектер

Крандық механизмдердің электр жетектерінің қолдану массалығы мен өте ауыр жұмыс режимдері оларды пайдаланудың қарапайымдылығына және жұмыстың жоғары сенімділігіне қатысты қатаң талаптарды қажет етеді. Сондықтан крандық электржетектерді жобалау кезінде электржетектің ең қарапайым жүйелерін және олардың басқару сұлбаларын пайдалануға, тіпті статикалық сипаттамаларға және жетектердің динамикалық қасиеттеріне қойылатын талаптарды біршама төмендетуге ұмтылады.

Электр жетегі жүйесін таңдауға әсер ететін басты технологиялық талап-жылдамдықты реттеу талабы болып табылады. D жылдамдығын реттеудің талап етілетін диапазоны жұмыс жылдамдығының жұмыс шарттары бойынша қажетті ең аз жұмыс жылдамдығына қатынасымен анықталады. Көтеру механизмдеріне арналған ең төменгі жылдамдық жүкті белгіленген орынға рұқсат етілмеген итерусіз жұмсақ орнату шарттарымен шектеледі. Қозғалыс механизмдерін басқару кезінде жылдамдықты реттеу операторға механизмдердің тоқтауын қажетті дәлдікпен жеңілдетеді, осы мақсат үшін қажетті жетекті қайта қосу санын қысқартады.

Электржетектің жылдамдығын басқару жылдамдыққа, ток пен шектеу сәтіне салынған кезде жүзеге асырылуы тиіс. Негізгі механизмдердің жұмыс жылдамдығы көп крандардың нормаланған рұқсат етілген орташа жылдамдықтар кезінде өтпелі процестердің жиынтық уақыты циклдің жалпы уақытының аз бөлігін құрайды. Сондай-ақ жобалау кезінде жүктің тарылуы, кинематикалық саңылаулар және т.б. әсерін бағалау қажет және қажет болған жағдайда динамикалық жүктемелерді шектеу үшін қосымша шаралар қабылдау қажет.

Әмбебап көпірлік және бұрылыс крандарының көпшілігі үшін механизмдердің қанағаттанарлық басқарылуы d - диапазонында қамтамасыз етіледі . Осыған байланысты крандарда неғұрлым жаппай қолдану роторлы

роторлы асинхронды қозғалтқышты табады, ол роторлы тізбектегі кедергіні ауыстырып қосумен реттеледі. Қарапайым, сенімді және арзан асинхронды қозғалтқышты қолдану аймағын кеңейту үшін оның реттеу қасиеттерін жақсартатын негізгі схемалық шешімдер болуы мүмкін, оларды атап өтетін болсақ:

- екі қозғалтқышты электржетекте механикалық сипаттамаларды қосу принципін пайдалану;

- жүкті түсіру кезінде фазалық роторы бар қозғалтқыштардың жылдамдығын реттеу диапазонын кеңейту үшін өздігінен қозғалатын динамикалық тежеуді пайдалану;

- жылдамдық бойынша кері байланысы бар тиристорлы кернеу реттегіштерінің жылдамдығын реттеу үшін пайдалану;

- көп жылдамдықты кранды асинхронды қозғалтқыштарды пайдалану;

- асинхронды электр жетектерін жиіліктік басқаруды пайдалану.

Енді электр жетектерінің электр тізбектеріне келетін болсақ олар келесі түрлерге бөлінеді:

- электржетектің негізгі энергия ағыны өтетін басты тізбектер, сондай-ақ жүк көтергіш магниттерді қоректендіру жүзеге асырылады.

- тұрақты токтың электр машиналарын, ауыспалы токтың синхронды электр машиналарын немесе тежегіш құрылғыларының электр магниттерін қоздыру тогы өтетін қоздыру тізбектері, сондай-ақ электрогидравликалық итергіш қозғалтқыштарының тогы.

- басқару органдарынан бас тізбектер мен қозу тізбектерінің коммутациялық құрылғыларына командаларды беру жүргізілетін басқару тізбектері. Басқару тізбектерінде алдын ала берілген бағдарлама бойынша командаларды орындау мен ауыстырып қосудың белгілі бір реттілігі жүзеге асырылады.

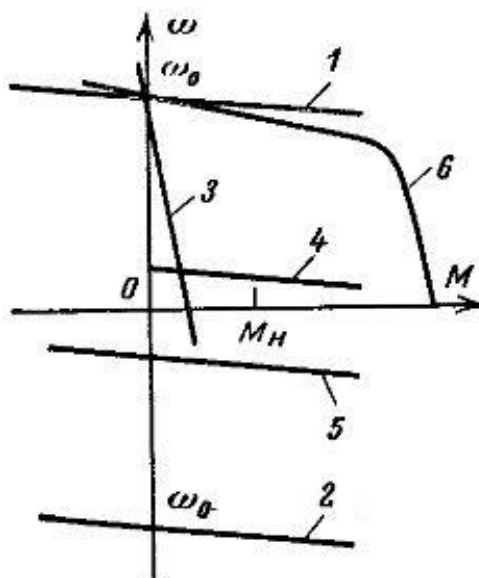
- операторға немесе бақылаушы құрылғыға басты тізбектер мен басқару тізбектерінің коммутациялық элементтерінің жай-күйі туралы немесе Электржетек пен механизмнің нақты параметрлерінің мәні туралы ақпаратты беретін сигнал беру тізбектері.

1.4 Кран электр жетектерінің механикалық сипаттамаларына қойылатын талаптар

Кран механизмінің электр жетек жүйесін таңдау көбінесе оның механикалық сипаттамаларына қойылатын талаптарымен анықталады, олар кранмен орындалатын технологиялық операциялардың түріне байланысты өзгереді. Мысалы, кранмен орындалатын монтаж жұмыстарының жоғары дәлдігі кең қаттылыққа ие жоғары қаттылықтағы электр жетектерінің сипаттамаларын талап етеді, ал сынықтарды, қырынуларды және т.б. тасымалдайтын магнитті крандар үшін бұл талаптар маңызды рөл атқармайды.

Көп жағдайда кранды көтеру механизмдері үшін электр жетегінің

жалпыланған сипаттамаларын графикте көрсетілгендерге дейін төмендетуге болады. (4 және 5 сурет).



4 сурет - Кранды механизмдердің электр жетектерінің механикалық сипаттамалары

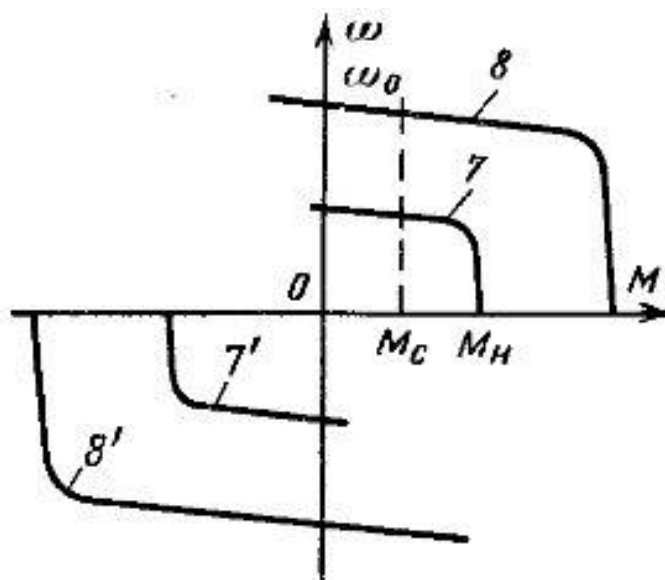
Олардың әрқайсысының нақты мақсаты бар, 4 суретті талдайтын болсақ:

- 1 және 2 сипаттамалары жоғары жылдамдықпен жүктерді көтеру және түсіру үшін қолданылады;
- реостаттық реттеуден басталатын тегіс қозғалтқыш үшін 3 және сол сияқты сипаттамалар қажет, кейде жүк қозғалысының аралық жылдамдығын алуға қызмет етеді;
- кейбір жағдайларда 4 қатаң сипаттама тауарларды көтерілген кезде белгілі бір деңгейге жеткізу үшін қажет;
- 5 сипаттамасы тежеу режимінде төмен жылдамдықтағы жеңіл және ауыр жүктемелердің түсуіне мүмкіндік береді (IV квадрант), сонымен қатар жеңіл жүктемелердің түсуі және қажет болған жағдайда бос ілмектер қуат режимін қолданады (III квадрант);
- 6 сипаттама күрт шамадан тыс жүктеме кезінде жұмыс істейтін механизмдер үшін қажет, мысалы, ұстап алу үшін.

Электр жетегінің механикалық сипаттамаларына қойылатын талаптар қозғалтқышты іске қосу кезінде жылдамдаудың тұрақтылығын ұстап тұру болып табылатындығына назар аудару керек. Мұндай жұмыс режимі, мысалы, суретте келтірілген сипаттамалар болған жағдайда алынуы мүмкін.

5 суретті қарастырайық.

Қозғалыстың шағын жылдамдығы 7 және 7' сипаттамалармен, ал жоғары жылдамдықтар мен жылдамдатулар сәті — 8 және 8' сипаттамаларымен қамтамасыз етіледі.



5 сурет – Кранның механизмдердің электр жетектерінің механикалық сипаттамалары

Келтірілген графиктер егер белгілі бір сипаттамалар жиынтығы қажет болса, электржетектің қандай жүйесі таңдалуға тиіс екенін бағалауға мүмкіндік береді. Мысалы, 1, 2, 3 сипаттамалар ротор тізбегінде реостатты реттеу кезінде фазалық роторы бар қарапайым асинхронды қозғалтқыштан алынуы мүмкін.

Егер 1, 2, 3, 5 сипаттамалары қажет болса, электр жетегі неғұрлым күрделі болады. Бұл жағдайда фазалық роторы және дроссельдері бар асинхронды қозғалтқышты, статор тізбегіндегі кернеудің қанығуын немесе тиристорлық реттегішін, фазалық роторы және біліктегі құйынды генераторы бар асинхронды қозғалтқышты пайдалануға болады. Келтірілген сипаттамалар тұрақты ток қозғалтқыштары бар электр жетектерінен де алынуы мүмкін.

Электржетек жүйесін таңдауды одан белгілі бір механикалық сипаттамаларды алу мүмкіндігін қарап аяқтауға болмайды. Сондай-ақ оның динамикалық сапасын, экономикалық көрсеткіштерін, қызмет көрсетудің сенімділігі мен қарапайымдылығын бағалау қажет.

Сонымен қатар, крандық механизмдер үшін қажетті сипаттамалардың жалпы бейнесі крандардың электржетегіне қойылатын талаптар туралы толық түсінік бермейді. 4 және 5 сипаттамалар болған кезде электр жетегіне қойылатын талаптар қандай екенін толық ұсыну үшін номиналды жүктеме кезінде ең аз жылдамдықты және сипаттамалардың қатандығын не реттеу диапазонын және қозғалыстың ең аз жылдамдығы кезінде қажетті артық жүктемені білу қажет.

Келтірілген көрсеткіштерді нақтылау кезінде технологиялық талаптарға қайта жүгіну керек. Мысалы, монтаждау крандарының механизмдері үшін қажетті сипаттамалардың қаттылығын қарастыра отырып, бірінші кезекте

жүктерді түсіру және көтеру операцияларын орындау кезінде тоқтаудың дәлдігіне сүйену керек.

Егер бұл дәлдік көтеру операциялары кезінде бірнеше миллиметрді құраса, онда жүк көтерудің ең төменгі жылдамдығы 0,1—0,5 м/с шамасында номиналды жылдамдық кезінде 0,005—0,02 м/с құрайды. Сондықтан электржетектің тоқтау дәлдігіне қатысты талаптарды дұрыс орнату өте маңызды.

Кейбір жағдайларда белгілі бір түрдің механикалық сипаттамасын алу мәні бойынша Электр жетек жүйесін таңдауды талап етеді. Мысалы, 6, 7, 8 сипаттамалары (сурет 9 және 10) грейферлер үшін қажетті жүйенің ең жақсы көрсеткіштерімен қамтамасыз етілуі мүмкін басқарылатын түрлендіргіш — тұрақты ток қозғалтқышы. Бұл шешім грейферлік механизмдердің электр жетектері үшін әдетте тағы екі-үш аралық төмен жылдамдықты талап етілуіне байланысты, бұл қосымша реттеу сипаттамаларының қажеттілігін анықтайды.

Крандық механизмдердің электржетегі жүйесін құру кезінде 3 және 7 сипаттамаларына ұқсас сипаттамаларды алу мүмкіндігі елеулі мәнге ие. Олар берілістерде арқандар мен люфттердің әлсіз жерлерін таңдау кезінде механизмге соққы жүктемелерінің төмендеуін қамтамасыз етеді.

Көрсетілген жағдайды түсіндіру үшін көтергіш кран механизмінің электржетегі жұмыс істеген кезде қозғалтқыш айнала бастаған, ал жүк тыныштық жағдайында болатындай режим жиі туындағанын байқаған жөн. Арқанды және люфттерді іріктеуден кейін жүк жұлқыны орнынан қозғалады, өйткені қозғалтқыш осы уақытқа қарай айтарлықтай жылдамдыққа жетуі мүмкін. Бұл жағдайда көтерілу режимі деп аталады.

Жұмсақ сипаттамалар кезінде арқандардың тартылуына және люфттердің таңдауына қарай қозғалтқышпен дамып келе жатқан сәт өседі, ал оның жылдамдығы төмендейді. Сондықтан жүк қозғалысы басталған кезде механикалық жабдыққа соғулар едәуір төмендейді. Тек люфттердің болуы салдарынан аз дәрежеде бастапқы жұмсақ сипаттамада соққының төмендеуі қозғалу механизмдерінде де байқалады.

2 Кран электр жетегінің жүйесімен жүйенің күштік элементтерін таңдау

2.1 Электр жетегінің жүйесін таңдау

Дипломдық жұмыстың бірінші тарауында кранның электр жетектерінің жүйесінің энергетикалық, экономикалық көрсеткіштерінің салыстырмалы талдауы жасалды. Технологиялық циклдың механикалық жұмыс бірлігін атқару уақытында қуатты аз мөлшерде қажет ететін электр жетек жүйесі ең тиімді болатындығы айтылды.

Кранның жұмыс цикліне жүкті көтеру, оны қажетті қашықтыққа тасымалдау, жүкті түсіру және жүкті босату (ілу) үшін орын алатын іркіліс (үзіліс) этаптары кіреді. Стандартты қосылу ұзақтығы $ҚҰ=40\%$ қабылданды, сонымен қатар жұмыс циклінде төмен жылдамдықпен қозғалу аумақтары кездеседі.

Электр жетегі жүйесінің тиімділігін анықтау барысында салыстырылатын жүйелердің тек энергетикалық көрсеткіштерін ғана анықтап қоймай, сонымен қатар бірге келтірілген жылдық шығындарын да бағалауымыз қажет.

Біз қарастыратын жүк көтергіштігі 15 тонна кранның көтеру механизм қозғалтқышының қуаты 30 кВт астам және реттеу диапазоны $D \geq 20:1$ болатындығын, орташа жұмыс режиміне жататынын, жөндеу-механикалық және құрастыру цехтерінде жүктерді көтеру мен тасымалдауды атқаратынын ескерсек, онда жоғарыда айтылғанның негізінде көпірлі кранның көтеру механизмінің электр жетегінің тиімді жүйесі ретінде ЖТ-АҚ жүйесін қабылдауға болады.

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

2.2 Жүктемеге есептеу жүргізу және жетекке сай қозғалтқыш таңдау

1 кестеде кранның көтеру механизмінің тапсырмалық техникалық деректері келтірілген.

Жүктің көтерілуі кезіндегі статикалық қуатты есептейміз:

$$P_{\text{сгр}}^{\uparrow} = \frac{g \cdot (m_{\text{ном}} + m_k) \cdot V_{\text{ном}}}{1000 \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{9,81 \cdot (15000 + 600) \cdot 0,3}{1000 \cdot 0,85} = 54,01 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

мұндағы m_k – ілгіш салмағы;

$m_{\text{ном}}$ – кранның көтеретін номиналды салмақ;

$V_{\text{ном}}$ – номиналды жылдамдық

номиналды ПӘК (кинематикалық сұлба үшін);

g - ауырлық күшінің үдеу.

1 кесте - Тапсырмалық техникалық деректер

Аталуы	Белгіленуі	Мәні
Жүктің максимал массасы ,т	$m_{ном}$	15
Жүкті көтерудің максимал биіктігі, м	H_{max}	12,5
Жүкті көтеру жылдамдығы, м/с	$V_{ном}$	0,3
Ілгіш массасы, кг	m_k	200
Механизмнің қорытынды инерциялық моменті, кг м ²	J_m	600
Л-500 жүктік лебедканың Ц2- типті редуктордың беріліс саны	j	20
Механизмнің суммалық ПӘК-і	$\eta_{п.ном}$	85
Барабан диаметрі, м	D_{δ}	0,64
Полиспаст еселігі	i	4
Ілгіштің жылдамдығы	v_k	$2v_{ном}$

Жүктің төмендеуі кезіндегі статикалық қуатты есептейміз :

$$P_{сгр}^{\downarrow} = \frac{g \cdot (m_H + m_K) \cdot v_{ном}}{1000 \cdot \eta_{ном}} \cdot \left(2 - \frac{1}{\eta_{ном}} \right) =$$

$$= \frac{9.81 \cdot (15000 + 600) \cdot 0.3}{1000 \cdot 0.85} \cdot \left(2 - \frac{1}{0.85} \right) = 44,481 \text{ кВт.} \quad (2.2)$$

Ілгішті көтеру кезіндегі статистикалық қуатты есептейміз:

$$P_{ск}^{\uparrow} = \frac{g \cdot m \cdot 2v_{ном}}{\eta_n} = \frac{9.81 \cdot 600 \cdot 0.6}{0.351} = 10062 \text{ Вт,} \quad (2.3)$$

мұндағы, η_n – беріліс ПӘК-і, оны мына формула бойынша анықтаймыз:

$$\eta_n = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{ном}} + \frac{\alpha}{k_3} - \alpha} = \frac{1}{\frac{1}{0.85} + \frac{0.07}{0.04} - 0.07} = 0.351, \quad (2.4)$$

мұндағы, α - 0,07 коэффициенті деп қабылдаймыз;

k_3 – жүктелу коэффициенті, оны мына өрнек бойынша анықтаймыз:

$$K_3 = \frac{m_k}{m_{\text{НОМ}} + m_k} = \frac{600}{15000 + 600} = 0.04. \quad (2.5)$$

Ілгішті түсіргендегі статикалық қуаты:

$$P_{\text{СК}}^{\downarrow} = P_{\text{СК}}^{\uparrow} \cdot (2\eta_n - 1) = 10062 \cdot (2 \cdot 0.351 - 1) = -2998.5 \text{ Вт}. \quad (2.6)$$

Технологиялық үрдістің орындалу уақытын есептейміз:

$$t_{\text{к.гр}} = \frac{H}{V_{\text{НОМ}}} = \frac{12.5}{0.3} = 41.7 \text{ с}. \quad (2.7)$$

$$T_{\text{к.кр}} = \frac{H}{2 \cdot V_{\text{НОМ}}} = \frac{12.5}{2 \cdot 0.3} = 20.8 \text{ с}, \quad t_p = 2 \cdot 41.7 + 2 \cdot 20.8 = 125 \text{ с}. \quad (2.8)$$

Цикл уақыты:

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

$$T_{\text{ц}} = \frac{t_p}{\text{ПВ}} = \frac{125}{0.4} = 312.5 \text{ с}. \quad (2.10)$$

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

Үзлістің толық уақыты:

$$\sum t_0 = t_{\text{ц}} - t_p = 312.5 - 125 = 187.5 \text{ с}. \quad (2.11)$$

$$\sum t_o = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04}. \quad (2.12)$$

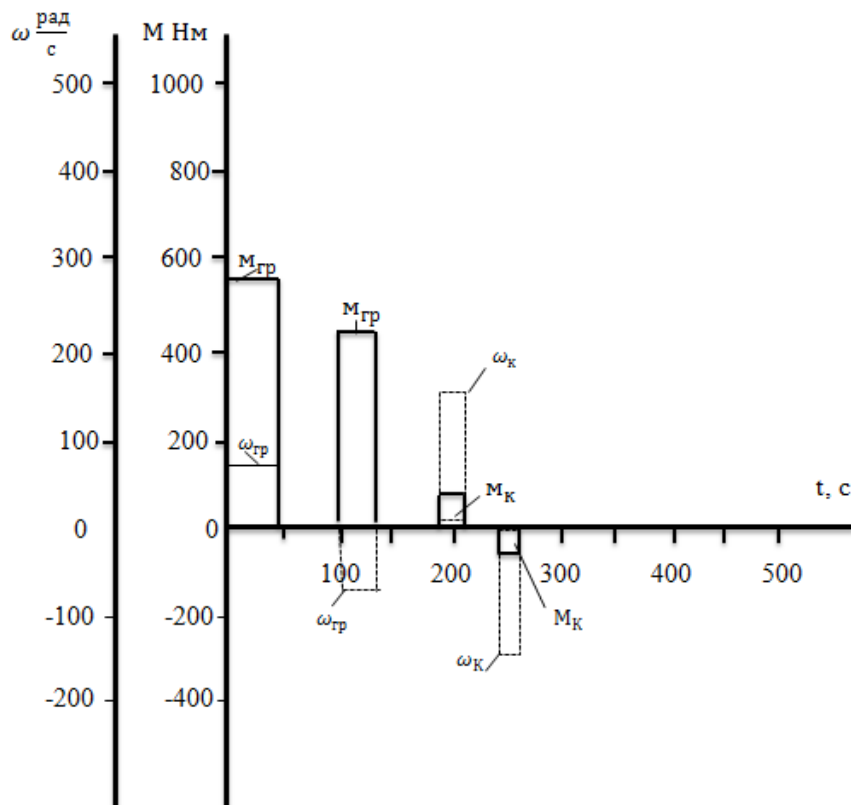
Қабылдаймыз: $t_{01} = t_{03} = 46.9 \text{ с}$, $t_{02} = t_{04} = 46.9 \text{ с}$.

Есептеу нәтижелері бойынша кранның көтеру механизмінің жылдамдық және жүктемелік диаграммалар тұрғызамыз (6 сурет).

Электр қозғалтқышын таңдау үшін жұмыс кезеңіндегі статикалық баламалы қуатты анықтаймыз:

$$P_{\text{сэ}} = \sqrt{\frac{(P_{\text{СК}}^{\uparrow 2} + P_{\text{СК}}^{\downarrow 2}) \cdot t_k + (P_{\text{гр}}^{\uparrow 2} + P_{\text{гр}}^{\downarrow 2}) \cdot t_{\text{гр}}}{2t_k + 2t_{\text{гр}}}} = \quad (2.14)$$

$$= \sqrt{\frac{(10062^2 + (-2998,5)^2) \cdot 20,8 + (54010^2 + 44480^2) \cdot 41,7}{125}} = 40638,6 \text{ Вт}.$$



6 сурет - Кранның көтеру механизмінің жылдамдықтық және жүктемелік диаграммалары

Алынған қуатты ҚҰ=100% режимі үшін анықтаймыз:

$$P_{сэ}(ҚҰ=100\%) = P_{сэ}(ҚҰ=40\%) \cdot \sqrt{\frac{40}{100}} = 40638,6 \cdot 0,63 = 25702,11 \text{ Вт.} \quad (2.14)$$

Қозғалтқыштың номиналды жылдамдығын және типін анықтаймыз:

$$P_{ес} = P_{сэ} \cdot K_{зап} = 25702,11 \cdot 1,1 = 28272,3 \text{ Вт,} \quad (2.15)$$

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

Есеп бойынша $n_{ном}$ табамыз :

$$n_{ном} = \frac{j_{ред} \cdot v_{ном} \cdot 60i}{\pi D} = \frac{20 \cdot 0,3 \cdot 60 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,64} = 716,7 \text{ об/мин.} \quad (2.17)$$

Каталогтан қуаты $P_n \geq P_{ес}$ болатын, 4МТКМ 225М8 типті крандық қысқаша тұйықталатын роторлы асинхронды қозғалтқышты ($P_{ном} = 30 \text{ кВт}$,

$n_{\text{НОМ}}=715$ айн/мин) немесе жалпыға арналған 4A225M8У3 типті асинхронды қозғалтқышты ($P_{\text{НОМ}}=30$ кВт, $n_c=750$ айн/мин) таңдауға болады.

2.3 Қозғалтқышпен оның орынбасу сұлбасының параметрлері

Айналмалы синхронды жиілігі:

$$N_0=750 \text{ айн/мин.}$$

2 кестеде 4A225M8У3 типті асинхронды қозғалтқыштың техникалық сипаттамасы келтірілген.

2 кесте - 4A225M8У3 типті қозғалтқыштың техникалық сипаттамасы

Аты	4A225M8У3
Номиналды қуат P_H , кВт	30
Синхрондық айналу жиілігі n_0 , об/мин	750
ПӘК $\eta_{\text{НОМ}}$, %	90
Қуат коэффициенті $\cos \varphi_{\text{НОМ}}$	0,81
Кернеуі, В	380/220
Максималды моменті еселігі, Нм	2,1
Іске қосу моменті еселігі	1,3
Қозғалтқышының инерциялық моменті $J_{\text{ДВ}}$, кг · м ²	0,74
Жүргізу тогының номинал токқа қатынасы	6
Шектік сырғанауы s_K , %	11,5
Номиналды сырғанау s_H , %	1,8

$$n_{\text{НОМ}}=n_0(1-s_{\text{НОМ}})=750(1-0,018)=736,5 \text{ айн/мин.} \quad (2.18)$$

Қозғалтқыштың номиналды бұрыштық айналу жиілігі:

$$\Omega_H = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_H}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 736,5}{60} = 77,08 \text{ рад/ с.}$$

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_0}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 750}{60} = 78,5 \text{ рад/ с.}$$

Қозғалтқыштың білігіндегі номиналдық момент анықтаймыз:

$$M_H = \frac{P}{\omega_H} = \frac{30000}{77,08} = 389,2. \quad (2.19)$$

Қозғалтқыштың электромагниттік номиналдық моментін анықтаймыз:

$$M_{\text{н.эм}} = \frac{3 \cdot U_{\text{фн}}^2 \cdot \frac{R_2'}{s}}{\omega_0 \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + X_k^2 \right]} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot \frac{0.077}{0.018}}{104.7 \left[\left(0.159 + \frac{0.077}{0.018} \right)^2 + 0.883^2 \right]} = 306.7.$$

Қозғалтқыштың шектік моментінің мәні есептейміз:

$$M_k = m_k \cdot M_{\text{н.эм}} = 2,1 \cdot 306.7 = 644,07 \text{ Нм.} \quad (2.20)$$

Қозғалтқыштың бос жүріс моментінің мәні есептейміз:

$$M_{\text{бж}} = M_{\text{н.эм}} - M_{\text{н}} = 306.7 - 389,2 = -82,5 \text{ Нм.}$$

Статордың номиналдық фазалық кернеуі:

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

Статордың номиналды фазалық тоғы:

$$I_{1\text{н}} = \frac{P}{3 \cdot U_{1\text{н}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{н}}} = \frac{30000}{3 \cdot 220 \cdot 0.81 \cdot 0.9} = 62.35 \text{ А.} \quad (2.22)$$

Қозғалтқыштың жүргізіп жіберу тоғын анықтаймыз :

$$I_{\text{п}} = k_i \cdot I_{\text{н}} = 6 \cdot 62.35 = 374,1 \text{ А.} \quad (2.23)$$

Таңдалған асинхронды қозғалтқыштың Г-тәріздес орынбасу сұлбасы 7 суретте көрсетілген. Ал оның параметрлерін (салыстырмалы бірлікте) каталогтан аламыз :

$X_{\mu}^* = 2,3$ – магниттеуші контурдың негізгі индуктивті кедергісі;

$R_1^* = 0.045$ - статор орамасының активті кедергісі;

$X_1^* = 0.12$ - статор орамасының индуктивті кедергісі;

$R_2^* = 0.022$ - статор орамасына келтірілген ротор орамасының активті кедергісі;

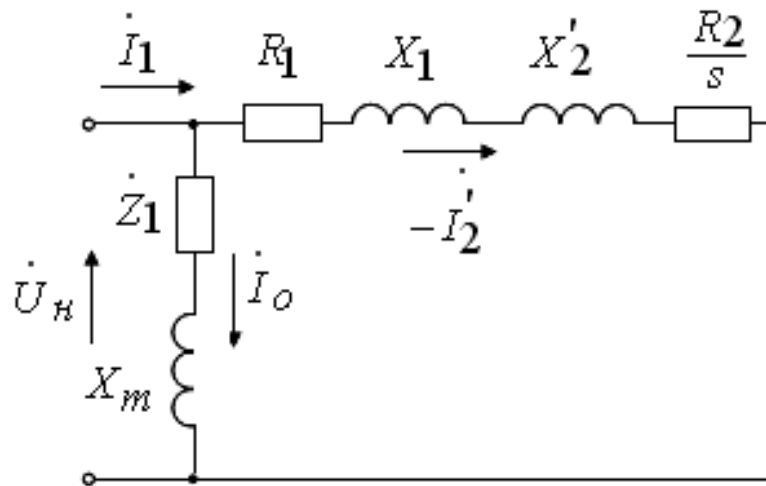
$X_2^* = 0.17$ - ротор орамасының келтірілген индуктивті кедергісі.

Г-тәріздес орынбасу сұлбасы қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың математикалық моделі негізінде құрастырылады.

Асинхронды қозғалтқыштың фазалық кедергісі, Ом:

$$Z_{\phi} = \frac{220}{62.35} = 3.5 \text{ Ом.} \quad (2.24)$$

мұндағы, $I_{1\text{н}}$ - статордың номиналды фазалық тоғы, А.



7 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың орынбасу сұлбасы

Г-тәріздес орынбасу сұлбасы параметрлерінің абсолюттік мәндерін анықтаймыз:

$$R_1 = R_1^* \cdot Z_\phi = 0,045 \cdot 3,5 = 0,157 \text{ Ом};$$

$$X_1 = X_1^* \cdot Z_\phi = 0,12 \cdot 3,5 = 0,42 \text{ Ом};$$

$$X_\mu = X_\mu^* \cdot Z_\phi = 2,3 \cdot 3,5 = 8,05 \text{ Ом};$$

$$R_2' = R_2^* \cdot Z_\phi = 0,022 \cdot 3,5 = 0,077 \text{ Ом};$$

$$X_2' = X_2^* \cdot Z_\phi = 0,17 \cdot 3,5 = 0,595 \text{ Ом}.$$

Қысқаша тұйықталу индуктивті кедергісін анықтаймыз:

$$X_k = X_1 + X_2' = 0,42 + 0,595 = 1,015 \text{ Ом}.$$

2.4 Электр жетегінің жүктемелік диаграммасы

Электр жетегінің жүктемелік диаграммасы қозғалтқыштың артық жүктелу қабілетін және қызуға алдын-ала тексеру үшін қажет.

Көтеру механизмінің электр жетегінің ілгішті көтеру кезінде және жүкті көтеру кезінде толық инерциялық моменттерін (J_2), (J_1) анықтау керек. Сызықтық үдеуді: $a=0,4 \text{ м/с}^2$ етіп қабылдаймыз.

Номиналдық жылдамдықты анықтаймыз:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{НОМ}}}{30} = 77,08 \text{ рад/сек.} \quad (2.25)$$

Келтіру радиусын анықтаймыз:

$$\rho = \frac{\vartheta_{\text{НОМ}}}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{0,3}{77,08} = 0,003 \text{ м/рад.} \quad (2.26)$$

Рұқсат етілген бұрыштық үдеуді (ақырындау) анықтаймыз:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \frac{a_{\text{доп}}}{\rho} = \frac{0,4}{0,003} = 133,3 \text{ рад/сек.} \quad (2.27)$$

Барабанның инерциялық моменті қабылдаймыз : $J_6 = 500 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.
Электр жетегінің жүк көтеру кезіндегі инерция моменті:

$$J_1 = \delta \cdot J_d + \frac{J_6}{J_{\text{рвд}}^2} + (m_{\text{гр}} + m_{\text{к}}) \cdot \rho^2 = 1,2 \cdot 0,74 + \frac{500}{32,4^2} + (15000 + 600) \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2 = 1,39, \quad (2.28)$$

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

Электр жетегінің ілгішті көтеру кезіндегі инерциялық моментін анықтаймыз:

$$J_2 = J_1 = \delta \cdot J_d + \frac{J_6}{J_{\text{рвд}}^2} + m_{\text{к}} \cdot \rho^2 = 1,2 \cdot 0,74 + \frac{500}{32,4^2} + 600 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2 = 1,36 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (2.29)$$

Ілгішті көтеру және түсіру кезіндегі удеу уақытын анықтаймыз:

$$T_{\text{м.к}}^{\uparrow} = t_{\text{м.к}}^{\downarrow} = \frac{2 \cdot \vartheta_{\text{НОМ}}}{a_{\text{доп}}} = \frac{2 \cdot 0,3}{0,4} = 1,5 \text{ с.} \quad (2.30)$$

$$t_{\text{м.гр}}^{\uparrow} = t_{\text{м.гр}}^{\downarrow} = \frac{\vartheta_{\text{НОМ}}}{a_{\text{доп}}} = \frac{0,3}{0,4} = 0,7 \text{ с.} \quad (2.31)$$

Жылдамдықтың өзгерісінің сызықтық заңын қабылдап, электр жетегінің динамикалық моментін $M_{\text{дин}}$ есептейміз:

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

Электр жетектің динамикалық моментін $M_{\text{дин}}$ анықтаймыз:

$$M_{дин1} = J_1 \cdot \varepsilon_{доп} = 1,39 \cdot 100 = 139 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.33)$$

$$M_{дин2} = J_2 \cdot \varepsilon_{доп} = 1,36 \cdot 100 = 136 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Жүктеме диаграммасының әрбір интервалы үшін қозғалтыштың моментін мына өрнек арқылы анықтаймыз:

$$M = M_c + M_{дин} = M_c + J \cdot \varepsilon_{дв}. \quad (2.34)$$

Циклдің барлық этапындағы статистикалық моменттерді анықтаймыз:

$$\left. \begin{aligned} M_{с.к}^{\uparrow} &= \frac{P_{с.к}^{\uparrow}}{2 \cdot \omega_{ном}} = \frac{10062}{2 \cdot 77,08} = 65,26 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_{с.к}^{\downarrow} &= \frac{P_{с.к}^{\downarrow}}{2 \cdot \omega_{ном}} = \frac{-2998,5}{2 \cdot 77,08} = -19,45 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_{с.гр}^{\uparrow} &= \frac{P_{с.гр}^{\uparrow}}{\omega_{ном}} = \frac{54013}{77,08} = 701 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_{с.гр}^{\downarrow} &= \frac{P_{с.гр}^{\downarrow}}{\omega_{ном}} = \frac{44481}{77,08} = 577 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned} \right\} \quad (2.35)$$

Ілгішің екпіндеуі және түсіру кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_1 = M_{с.к}^{\downarrow} - M_{дин2} = -19,45 - 139 = -158,45 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.36)$$

$$t_1 = t_{m.k} = 1,5 \text{ с}.$$

Ілгішті тұрақты жылдамдықпен түсіру кезіндегі электромагниттік моментті анықтаймыз:

$$M_2 = M_{с.к}^{\downarrow} = -19,45 \text{ Н}. \quad (2.37)$$

$$t_2 = t_{m.k}^{\uparrow} - 2 \cdot t_1 = 20,8 - 2 \cdot 1,5 = 17,8 \text{ с}.$$

Ілгішті тежеу және түсіру кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_3 = M_{с.к}^{\downarrow} + M_{дин2} = -19,45 + 136 = 116,55 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.38)$$

$$T_1 = t_{m.k} = 1,5 \text{ с}.$$

Жүктің екпіндеуі және көтерілуі кезіндегі электромагниттік момент :

$$M_4 = M_{с.гр}^{\uparrow} + M_{дин1} = 701 + 139 = 840 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.39)$$

$$T_4 = t_{м.гр}^{\uparrow} = 0,7 \text{ с}.$$

Жүктің тұрақты жылдамдықпен көтерілуі кезіндегі электромагниттік момент:

$$M_5 = M_{с.гр}^{\uparrow} = 701 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.40)$$

$$t_5 = t_{гр}^{\uparrow} - 2 \cdot t_4 = 41,7 - 2 \cdot 0,7 = 40,3 \text{ с}.$$

Жүкті көтерілу және тежеу кезіндегі электромагниттік моменті анықтаймыз:

$$M_6 = M_{с.гр}^{\uparrow} - M_{дин1} = 701 - 139 = 562 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.41)$$

$$t_6 = t_{м.гр}^{\uparrow} = 0,7 \text{ с}.$$

Жүкті түсіру жағдайында екпіндеу кезіндегі электромагниттік моментті есептейміз:

$$M_7 = M_{с.гр}^{\downarrow} - M_{дин1} = 577 - 139 = 438 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.42)$$

$$t_7 = t_{м.гр}^{\uparrow} = 0,7 \text{ с}.$$

Жүкті тұрақты жылдамдықпен түсіру кезіндегі электромагниттік моментті есептейміз:

$$M_8 = M_{с.гр}^{\downarrow} = 577 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.43)$$

$$T_8 = t_5 = 40,3 \text{ с}.$$

Жүкті түсіру жағдайында тежеу кезіндегі электромагниттік моменті есептейміз:

$$M_9 = M_{с.гр}^{\downarrow} + M_{дин1} = 577 + 139 = 716 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.44)$$

$$T_9 = t_{м.гр}^{\uparrow} = 0,7 \text{ с}.$$

Ілгішті көтеру үшін екпінді кезіндегі электромагниттік моментті есептейміз:

$$M_{10} = M_{c.k}^{\uparrow} + M_{дин2} = 65,26 + 136 = 201,26 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.45)$$

$$t_{10} = t_{m.k} = 1,5 \text{ с}.$$

Ілгішті тұрақты жылдамдықпен көтеру кезіндегі электромагниттік момент есептейміз:

$$M_{11} = M_{c.k}^{\uparrow} = 65,26 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.46)$$

$$t_{11} = t_2 = 17,8 \text{ с}.$$

Ілгішті көтеру мен тежеу кезіндегі электромагниттік моментті есептейміз:

$$M_{12} = M_{c.k}^{\uparrow} - M_{дин2} = 65,26 - 136 = -70,74 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.47)$$

$$T_{12} = t_{m.k} = 1,5 \text{ с}.$$

Есептеу нәтижелерін қолдану арқылы электр жетегінің жүктемелік диаграммасын тұрғызамыз (8 сурет).

Электр жетегінің жүктемелік диаграммасын электрқозғалтқышты қызуға және артық жүктелу қабылетін тексеру үшін қолданады. Қозғалтқышты қызуға тексеру үшін баламалы момент әдісін қолданылады. Қозғалтқыштың қызуына байланысты дұрыс таңдалуы төмендегідей шарт бойынша анықталады:

$$M_{э} \leq M_{ном}.$$

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

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

мұндағы, $M_{p.i}$ - і-інші интервалдағы момент;

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

n- циклегі жұмыстық интервалдар саны;

m - көтеру және тежеу интервалдар саны;

N - тұрақталған қозғалысты интервалдар саны,;

$t_{n.m.i}$ - i -інші интервалдағы іске қосылуы(тежеу) ұзақтығы;
 α_0 - іске қосу (тежеу) кезінде салқындаудың нашарлауын есепке алатын коэффициент;

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

$$M_3 = \sqrt{\frac{0,7 \cdot (840^2 + 562^2 + 438^2 + 716^2) + 40,3 \cdot (701^2 + 577^2) + 1,5 \cdot ((-158,45)^2 + 116,55^2 + 201,26^2 + (-70,74^2))}{0,7 \cdot 2 \cdot (0,7 + 1,5) + 2 \cdot (40,3 + 17,8)}} = 538,5 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Демек, $M_3 = 538,5 \text{ Н}\cdot\text{м.}$

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

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

Бұл баламалы момент ҚҰ=10% болған кезде табылған, оны ҚҰ=100% болған жағдайға қайта есептейміз:

$$M_3 = (ҚҰПВ=100\%) = M_3(ҚҰ=10\%) \cdot \sqrt{\frac{40}{100}} = 538,5 \cdot 0,63 = 339,2 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

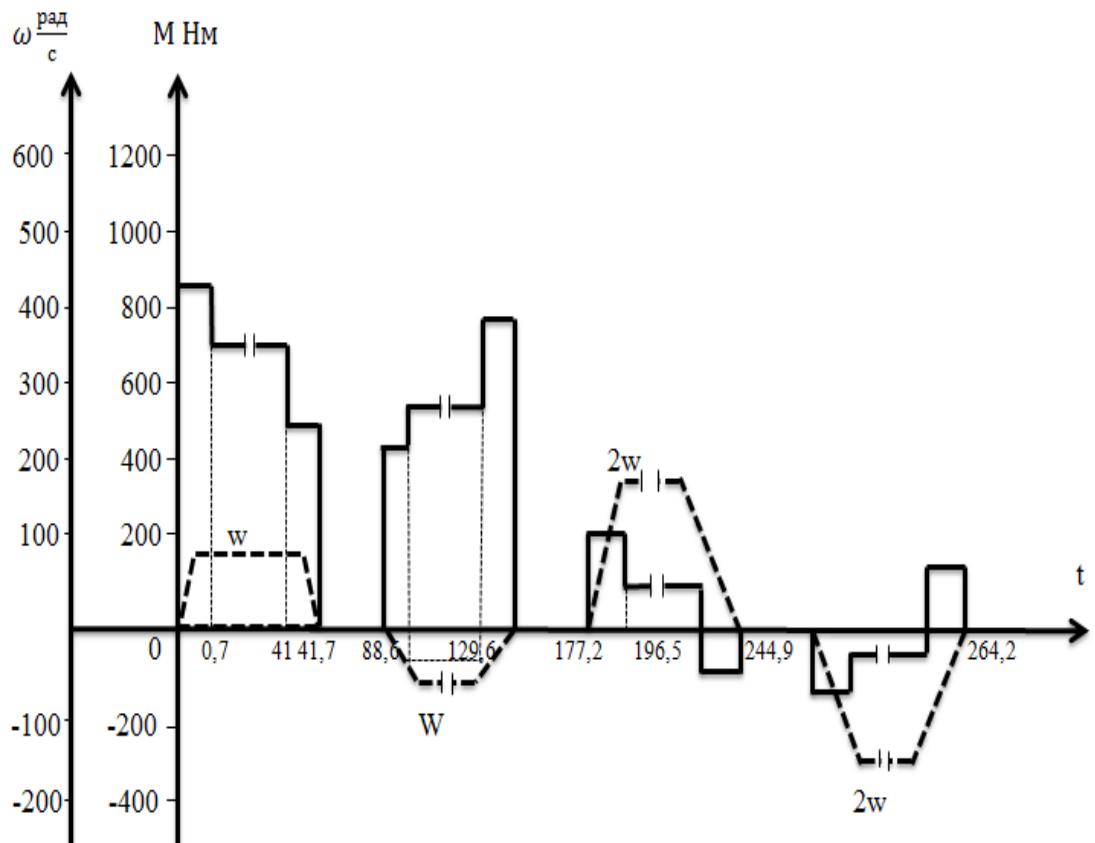
Қозғалтқыштың номиналды моменті:

$$M_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{30000}{77,08} = 389,20 \text{ Н}\cdot\text{м.} \quad (2.50)$$

Жүктеме диаграммасы бойынша максимал момент 840 Нм, қозғалтқыштың артық жүктелу қабілетін тексереміз:

$$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{НОМ}}} = \frac{840}{389,20} = 2,1 \approx 2 \quad (2.51)$$

Демек, қозғалтқыштың артық жүктелу қабілеті қанағаттандырарлық деуге болады.



8 сурет – Электр жетегінің жүктемелік диаграммасы

3 Автоматтандырылған электр жетектің күштік сұлбасын жобалау және түрлендіргіш таңдау

3.1. Комплектілік жиіліктік түрлендіргіштің типін таңдау

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

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

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

Жиіліктік түрлендіргішті қозғалтқыштың тоғына және қуатына байланысты таңдаймыз.

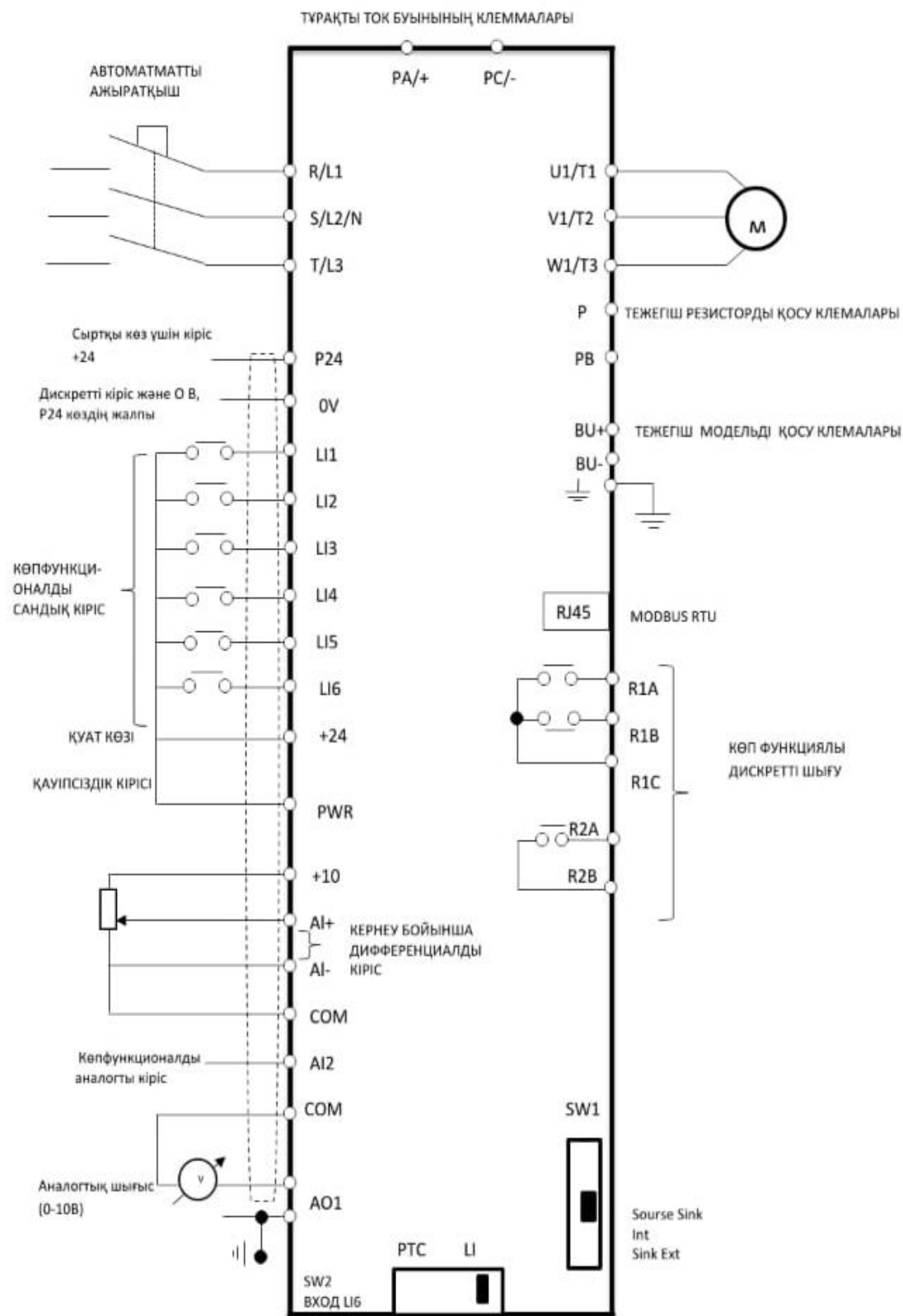
Кран электр жетегі үшін Schneider Electric фирмасының ATV71HD30N4 типті комплектілік түрлендіргішін таңдаймыз.

Оның техникалық сипаттамалары:

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



9 сурет - ATV71HD30N4 типті комплектілік түрлендіргіш

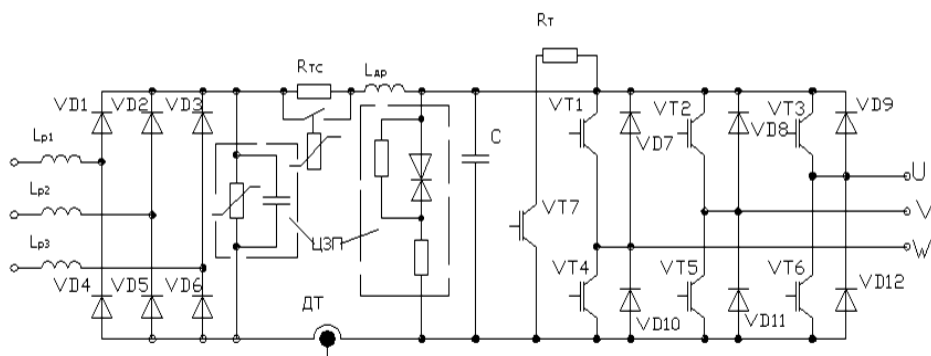


10 сурет - ATV71HD30N4 Қосылу схемасы

3.2 Жиіліктік түрлендіргіш тізбегінің параметрлеріне есептеу жүргізу және элементтерін таңдау

Таңдалынған жиіліктік түрлендіргіштің құрамы мына элементтер кіреді:

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



11 сурет - Электр жетегінің күштік тізбегінің принципіалды сұлбасы

Түрлендіргіш құрамында мынадай күштік элементтер бар:

- $L_1...L_3$ - тоқты шектеу реакторлары;
- R_T - тежеу кедергісі;
- C – түзеткіш сыйымдылығы;
- $VT_1...VT_6$ – инвертордың күштік блогының транзисторлары;
- R_{TC} - тоқты шектеуші кедергілер;
- $VD_1...VD_6$ - түзеткіш диодтар;
- $VD_7...VD_{12}$ - инвертордың кері диодтары;
- ДТ - ток датчигі;
- ЦЗП - асқын кернеуден қорғау тізбегі;
- $L_{др}$ - тегістеуші дроссель.

Күштік кілттер ретінде IGBT модульдерін қоланған жөн. Олардың құрамына биполярлы тарнзисторлар мен кері диодтар кіреді.

Есеп бойынша статордың номиналды фазалық тогын анықтаймыз:

$$I_{\text{НОМ}}=62.35 \text{ A.} \quad (3.1)$$

Күштік кілт арқылы жүретін орташа токты анықтаймыз:

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

мұндағы, k_3 - кілттің коммутациясы кезінде токтың шамадан тыс артуын есепке алатын қор коэффициенті, $k_3 = 2$;

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

$$I_{\text{max}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМ}} = \sqrt{2} \cdot 62.35 = 88.17 \text{ A}, \quad (3.3)$$

мұндағы, $I_{\text{НОМ}}$ – қозғалтқыштың номиналды тогы, А.

$$I_{\text{н. ср.}} \geq 2 \cdot 88.17 = 176.35 \text{ A.} \quad (3.4)$$

Күштік кілттегі жұмыстық кернеу мына өрнек бойынша анықталады:

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

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

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

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

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

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

Онда (3.5) өрнегі мына түрге енеді:

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

Вентилге берілетін максималды рұқсат етілген кернеу қайталама импульсты кернеудің рұқсат етілген мәнінен аспауы керек:

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

мұндағы, $k_{\text{зи}}$ - кернеу бойынша қор коэффициенті, $k_{\text{зи}} = 1,3 \dots 1,5$;

$k_{\text{с}}$ - желідегі кернеудің ықтимал көтерілуін есепке алу коэффициенті, $k_{\text{с}} = 1,1$;

$U_{\text{обр.т}}$ - вентилдегі максимал кері кернеу;

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

(3.8) өрнегі бойынша

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

Күштік сүзгіштің конденсаторын таңдауымыз керек. Сүзгіштің конденсаторының толық сыйымдылығын анықтаймыз:

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

мұндағы, U_d – түзетілген кернеуінің орташа мәні, В;

$T_H = 0,001$ - жүктің уақыт тұрақтысы;

R_H - жүктеменің активті кедергісі;

ΔU_c – конденсатордың кернеуінің рұқсат етілген өсуі, В.

Түзетілген кернеудің орташа мәні

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

мұндағы, $U_\phi = 220$ В - фазалық кернеу ;

$k_{cx} = 2,34$ – үш фазалы түзеткіш үшін сұлба коэффициенті.

Конденсатордағы кернеудың қосымша көтерілуі:

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

Жүктеменің активты кедергісі:

$$R_H = 3R_1/2 = 3 \cdot 0,157/2 = 0,235 \text{ Ом}. \quad (3.13)$$

(3.10) формуласы бойынша конденсатордың сыйымдылығын анықтаймыз:

$$C = \frac{514,8 \cdot 0,001}{3 \cdot 0,235 \cdot 51,5} = 14 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}.$$

Конденсатордың максимал рұқсат етілген кернеуді анықтаймыз:

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

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

(3.8) және (3.9) өрнектері бойынша жүргізілген есептеу нәтижелері бойынша күштің сүзгіштің конденсаторы таңдалады.

4 Электрқозғалтқыштың статикалық сипаттамаларын тұрғызу

4.1 Қозғалтқыштың табиғи сипаттамаларын есептеу

Электрлік қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы деп оның бұрыштық жылдамдығының ω айналдырушы моментке M тәуелділігін айтады, яғни $\omega = f(M)$.

Электрлік жетек теориясында механикалық сипаттамамен қатар қозғалтқыштың жылдамдықтық немесе электрмеханикалық сипаттамасы қарастырылады. Ол жылдамдықтың токқа тәуелділігін сипаттайды, яғни $\omega = f(I)$.

Механикалық сипаттамаларды табиғи және жасанды сипаттамалар деп екіге бөлінеді.

Егер қоректендіруші желінің параметрлері номиналдық параметрлерге сәйкес келсе, ал қозғалтқыштың қосылу сұлбасы құжаттық сұлбаға сәйкес болса және оның тізбегінде ешқандай қосымша электротехникалық элементтер (кедергілер, реакторлар, конденсаторлар) болмаса, онда оның сипаттамасы табиғи сипаттама болады.

Бұл сипаттаманы моменттің $M=f(s)$ сырғанауға тәуелділігі арқылы есептеген ыңғайлы.

Сырғанау мен бұрыштық бұрыштық айналу жылдамдығы арасында мынадай тәуелділік бар екенін ескеріміз керек:

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

мұндағы, ω_0 - синхрондық бұрыштық жылдамдық.

Механикалық сипаттамаларды нақты есептеу Клосс формуласы арқылы жүргізген жөн:

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

мұндағы, M_K – қозғалтқыштың шектік моменті;

s - ағымдық мәні, сырғанаудың ағымдық мәні;

ε - коэффициент.

$$\varepsilon = \frac{R_1}{\sqrt{R_1^2 + X_K^2}} = \frac{0.157}{\sqrt{0.157^2 + 1.015^2}} = 0.153.$$

Шектік моменттің есептік мәнін мына формула арқылы анықтаймыз:

$$M_K = \frac{3 \cdot U_{\Phi H}^2}{2 \cdot \omega_0 [R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_K^2}]} = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 78.5 [0.157 + \sqrt{0.024 + 1.03}]} = 781.4.$$

Шектік сырғанаудың мәнін мына формула арқылы анықтаймыз:

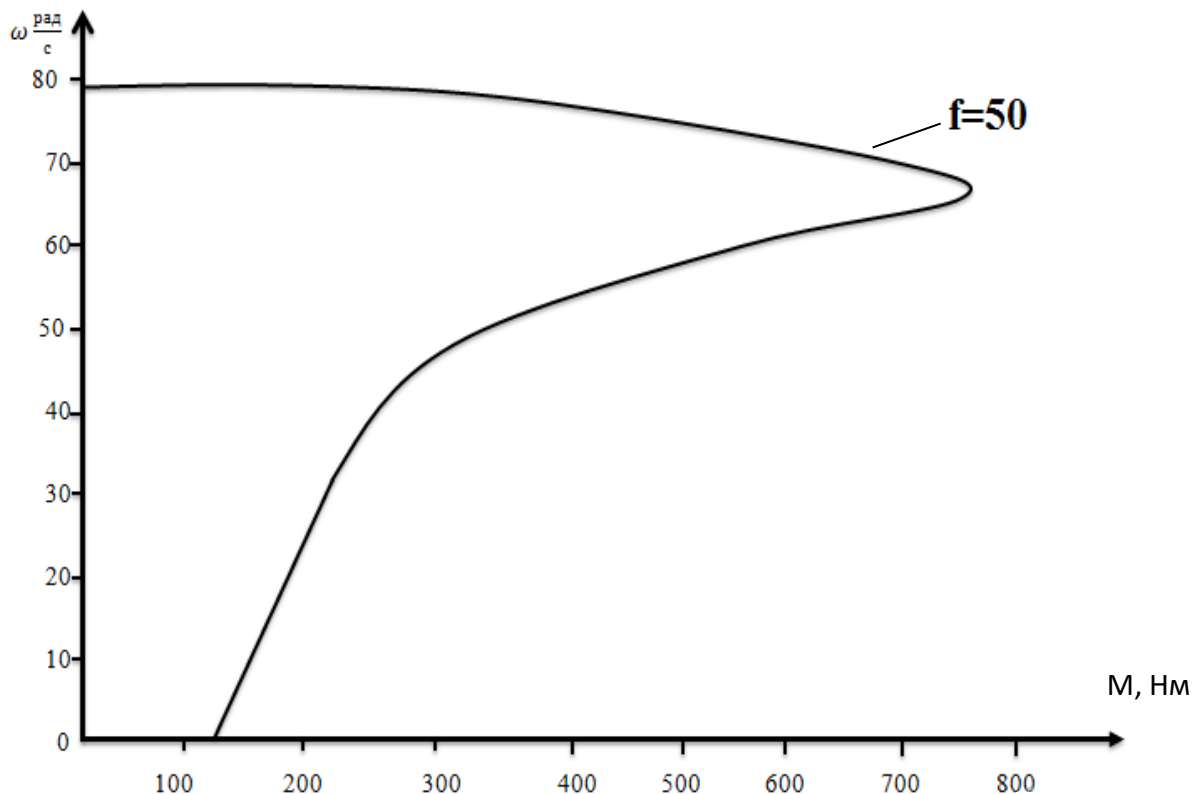
$$S_K = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_K^2}} = \frac{0.077}{1.026} = 0.075.$$

Сырғанау s мәнін $0 \dots 1$ аралығында өзгертіп, моменттің мәндерін анықтаймыз да, 3 кестеге ендіреміз.

3 кесте – Есептеу нәтижелері

S	0	0,018	0,115	0,2	0,4	0,6	0,8	1
ω , рад/с	78,5	77	69.4	62,8	47,1	31,4	15,7	0
M, Нм	0	382.6	750.8	563.1	310.6	214.5	163.8	132.5

Есептеу нәтижелері бойынша тұрғызылған табиғи механикалық сипаттаманың графигі 12 суретте келтірілген.



12 сурет - Электрқозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасы

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

$$I_2' = \frac{U_H}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + X_K^2}} = \frac{220}{\sqrt{\left(0.157 + \frac{0.075}{S}\right)^2 + 1.015^2}} \quad (4.3)$$

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

X_K -қысқа тұйықталудың индуктивтік кедергісі, Ом.

Сырғанау мәндерін 0...1 аралығында өзгерте отырып, I_2' тогының мәндерін анықтаймыз. Есептеу нәтижелерін 4 кестеге ендіреміз.

4 кесте - Есептеу нәтижелері

S	0	0,018	0,115	0,2	0,4	0,6	0,8	1
ω	78,5	77	69.4	62,8	47,1	31,4	15,7	0
I_2'	0	50	170.5	192	205.6	209.5	210.5	211.3

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

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

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

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

$$\sin\psi_2 = \frac{X_1 + X_2'}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + X_K^2}} = \frac{0.42 + 0.595}{\sqrt{\left(0.157 + \frac{0.075}{S}\right)^2 + 1.015^2}}. \quad (4.5)$$

I_μ – магниттеуші ток:

$$I_\mu = \frac{U_H}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_\mu)^2}} = \frac{220}{\sqrt{0.157^2 + (0.42 + 8.05)^2}} = 25.97. \quad (4.6)$$

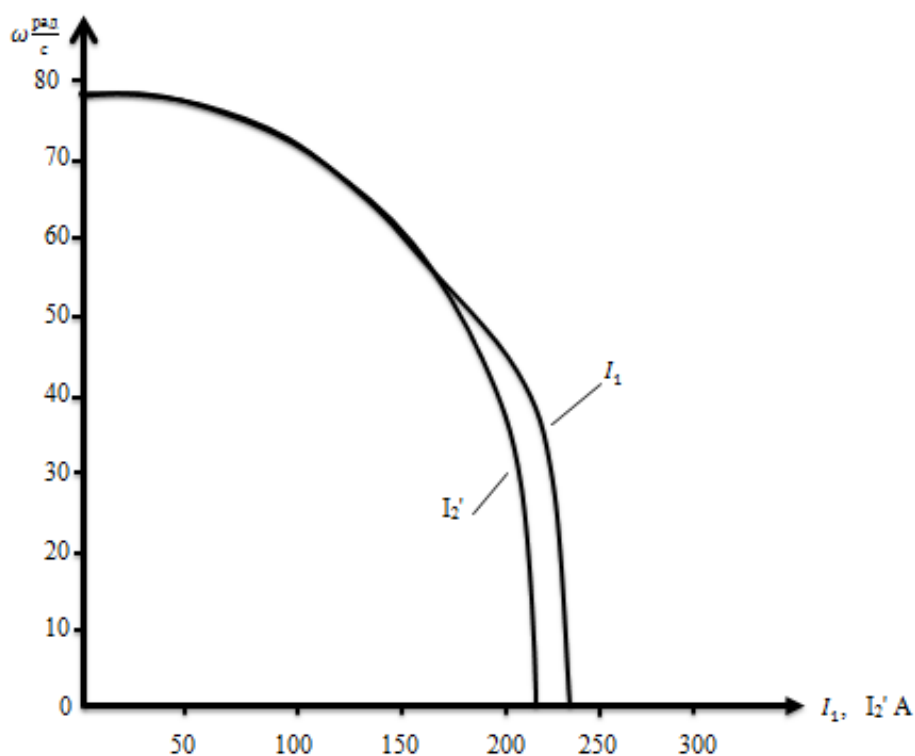
Сырғанауға әртүрлі мән бере отырып, ротор тогының мәндерін $I_2'(s)$ (4.5) формула бойынша, ал $\sin\psi_2$ мәндерін (4.7) формула бойынша, $I_1(s)$ мәндерін (4.6) формула бойынша анықтаймыз.

Бұл формулалар бойынша жүргізілген есептеу нәтижелерін 5 кестеге ендіреміз.

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

S	0	0,018	0,115	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$\sin\psi_2$	0	0.22	0.78	0,89	0.94	0.96	0.97	0.98
$I_2(s)$	0	50	170.5	192	205.6	209.5	210.5	211.3
$I_1(s)$	25.97	61.2	191.45	215.44	230.2	234.54	235.77	236.8
ω	78,5	77	69.4	62,8	47,1	31,4	15,7	0

13 суретте $I_1(\omega)$ және $I_2'=f(\omega)$ тәуелділіктерінің графиктері көрсетілген.



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

4.2 Асинхронды қозғалтқыштың $\frac{U_H}{f_H} = const$ жиіліктік реттеу заңына сәйкес жасанды механикалық сипаттамаларын есептеу

Қоректендіруші желінің параметрлері номиналдық мәндерден өзгеше болған кезге немесе статор орамалардың қосылу сұлбасы өзгергенде немесе қозғалтқыш тізбегіне қосымша электротехникалық элементтер қосылғанда

жұмыс режимдеріне сәйкес келетін сипаттамаларды электрқозғалтқыштың жасанды сипаттамалары дейді. Электрқозғалтқышта мұндай сипаттамалар сан жағынан шектеусіз көп болуы мүмкін. Егер жасанды сипаттамалар қозғалтқыштың координаттарын (токты, моментті, жылдамдықты, орынжағдайды) реттеу үшін арнайы түрде қолданылған жағдайда оларды кейде реттеушік сипаттамалар деп те аталады.

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

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

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

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

k'' - жүктеме моментінің өзгеруін анықтайтын коэффициент.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Енді механикалық сипаттаманы есептеу мына өрнек бойынша жүргізіледі:

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

немесе

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

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

Бұл жиілікте шектік сырғанау мынаған тең:

$$S_{k30} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + [(X_1 + X_2') \cdot f^*]^2}} = \frac{0.077}{\sqrt{0.157^2 + [(0.42 + 0.595) \cdot 0.6]^2}} = 0.122.$$

Моменттің есептік формуласы мынадай болады:

$$M = \frac{3 \cdot 132^2 \cdot 0.077}{78.5 \cdot 0.6 \cdot S \cdot \left[\left(0.157 + \frac{0.077}{S} \right)^2 + (1.015 \cdot 0.6)^2 \right]}$$

Сырғанаудың мәнін 0...1 аралығында өзгерте отырып, моменттің мәнін анықтаймыз. Ол мәндерді 6 кестеге енгіземіз.

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

$f_{1H}=50$ Гц	S	0	0,018	0,115	0.2	0,4	0,6	0,8	1
$f_1=30$ Гц	ω	47.1	46.2	41.64	37.68	28.26	18.84	9.42	0
	M	0	245.42	629	644	434,1	315,93	248,4	201,25

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

Бұл жиілікте шектік сырғанау мынаған тең:

$$S_{k20} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1'^2 + [(X_1 + X_2') \cdot f^*]^2}} = \frac{0.077}{\sqrt{0.157^2 + [(0.42 + 0.595) \cdot 0.4]^2}} = 0.188.$$

Моменттің есептік формуласы мынадай болады:

$$M = \frac{3 \cdot 88^2 \cdot 0.077}{78.5 \cdot 0.4 \cdot S \cdot \left[\left(0.157 + \frac{0.077}{S} \right)^2 + (1.015 \cdot 0.4)^2 \right]}$$

Сырғанаудың мәнін 0...1 аралығында өзгерте отырып, моменттің мәнін анықтаймыз. Ол мәндерді 7 кестеге ендіреміз.

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

$f_{1H}=50$ Гц	S	0	0,018	0,115	0.2	0,4	0,6	0,8	1
$f_1=20$ Гц	ω	31.4	30.8	27.76	25.12	18.84	12.56	6.28	0
	M	0	159,6	588	638,5	505,8	393,8	319,2	266,8

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

Бұл жиілікте шектік сырғанау мынаған тең:

$$S_{k10} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1'^2 + [(X_1 + X_2') \cdot f^*]^2}} = \frac{0.077}{\sqrt{0.157^2 + [(0.42 + 0.595) \cdot 0.2]^2}} = 1,2.$$

Моменттің есептік формуласы мынадай болады:

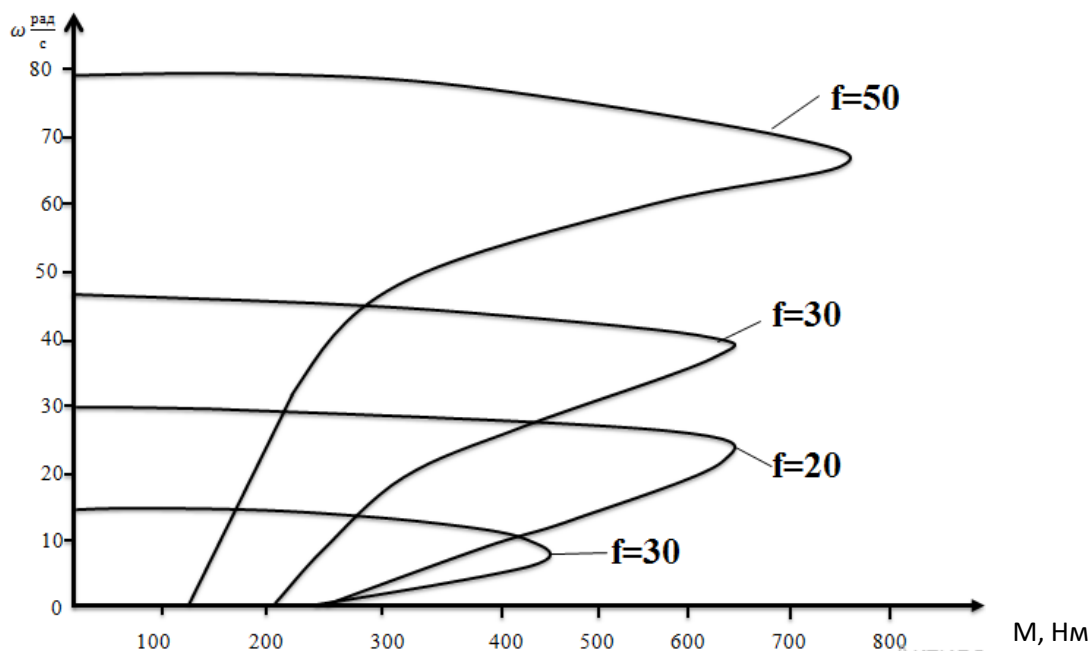
$$M = \frac{3 \cdot 44^2 \cdot 0.077}{78.5 \cdot 0.2 \cdot S \cdot \left[\left(0.157 + \frac{0.077}{S} \right)^2 + (1.015 \cdot 0.2)^2 \right]}$$

Сырғанаудың мәнін 0...1 аралығында өзгерте отырып, моменттің мәнін анықтаймыз. Ол мәндерді 8 кестеге ендіреміз

8 кесте - $f_{1H}=10$ Гц болған кездегі есептеу нәтижелері

$f_{1H}=50$ Гц	S	0	0,018	0,115	0.2	0,4	0,6	0,8	1
$f_1=10$ Гц	ω	15,7	15,4	13,88	12,56	9,42	6,28	3,14	0
	M	0	81,31	344	422	430	379	344	298,1

Асинхронды қозғалтқыштың әртүрлі жиілік ($f=50;30;20;10$ Гц) кезіндегі жасанды механикалық сипаттамалары 14 суретте келтірілген.



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

Бұл графиктерден $\frac{U_i}{f_{1i}} = \frac{U_H}{f_{1H}} = const$ жиіліктік реттеу заңын қолданда жиіліктің мәні азайған сайын шектік моменттің мәні M_K біршама азаятындығын, ал жүргізіп жіберу моментінің көбейетіндігін көреміз.

Сонымен қатар, жиіліктің мәні азайған сайын синхрондық жылдамдық та кемітінін көреміз.

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

Жылдамдық сипаттаманы әртүрлі жиілікті кернеуде есептеп, кестеге енгіземіз.

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

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

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

мұндағы, $f^* = f_i / f$;

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

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

f_i - өзгертін жиіліктің мәндері.

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

Бұл жиілікте ротор тогы мына формула бойынша анықталады:

$$I_2' = \frac{132}{\sqrt{\left[\left(0,157 + \frac{0,077}{S(f)} \right)^2 + (1,015 + 0,6)^2 \right]}}$$

Есептеу нәтижелері 9 кестеге ендіреміз.

9 кесте - Есептеу нәтижелері

$f_{1н} = 50$ Гц $f_1 = 30$ Гц	S	0	0,018	0,115	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	ω	47.1	46.2	41.64	37.68	28.26	18.84	9.42	0
	I_2'	0	29,53	129,41	165	188,5	197	203	206,2

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

Бұл жиілікте ротор тогы мына формула бойынша анықталады:

$$I_2' = \frac{88}{\sqrt{\left[\left(0.157 + \frac{0.077}{S(f)} \right)^2 + (1.015 + 0.4)^2 \right]}}$$

Есептеу нәтижелері 10 кестеге ендіреміз.

10 кесте - Есептеу нәтижелері

f _{1H} =50Гц f ₁ =20Гц	S	0	0,018	0,115	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	ω	31.4	30.8	27.76	25.12	18.84	12.56	6.28	0
	I ₂ '	0	19.77	97.7	131.3	166.03	179.6	187.2	193.3

Бұл жиілікте ротор тогы мына формула бойынша анықталады:

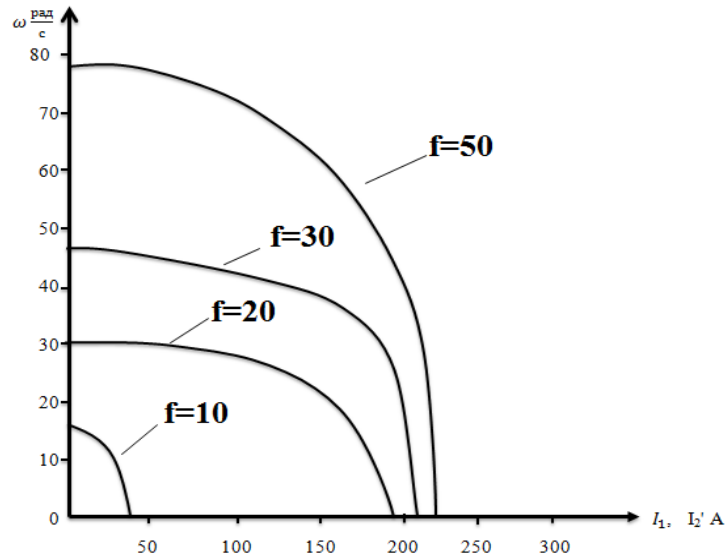
$$I_2' = \frac{44}{\sqrt{\left[\left(0.157 + \frac{0.077}{S(f)} \right)^2 + (1.015 + 0.2)^2 \right]}}$$

Есептеу нәтижелері 11 кестеге ендіреміз.

11 кесте - Есептеу нәтижелері

f _{1H} =50Гц f ₁ =10Гц	S	0	0,018	0,115	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	ω	15,7	15,4	13,88	12,56	9,42	6,28	3,14	0
	I ₂ '	0	9.5	30.1	33.33	34.9	35	35.5	35.6

Өртүрлі жиіліктер үшін кестелерде келтірілген деректер бойынша электромеханикалық сипаттамаларды тұрғызамыз (15 сурет).



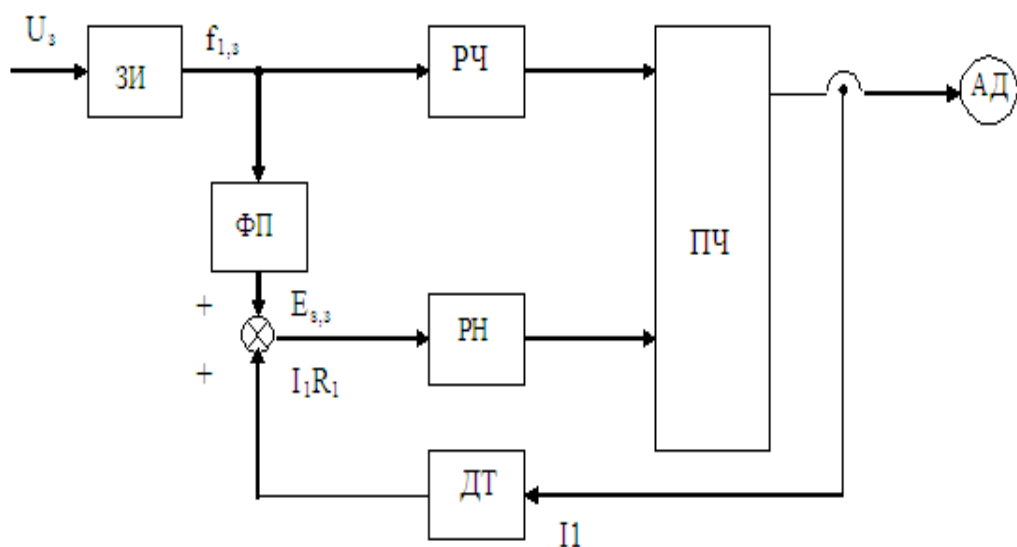
15 сурет – Қозғалтқыштың әртүрлі жиіліктегі (50 Гц;30Гц;20 Гц;10 Гц) электрмеханикалық сипаттамалары

5 Электр жетегінің электрмеханикалық жүйесін математикалық сипаттау және негізгі элементтерінің параметрлерін анықтау

5.1 Электр жетектің функционалдық және құрылымдық сұлбалары

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

Автоматтандырылған электржетектің функционалдық сұлбасы 16 суретте көрсетілген.



16 сурет - Автоматтандырылған электр жетектің функционалдық сұлбасы

16 суреттегі шартты белгілер мынаны білдіреді:

- ЗИ – қарқын бергіш (задатчик интенсивности);
- РЧ – жиілік реттегіш (регулятор частоты);
- РН – кернеу реттегіш (регулятор напряжения);
- ФП – функционалдық түрлендіргіш (функциональный преобразователь);
- ПЧ – жиіліктік түрлендіргіш (преобразователь частоты);
- ДТ – ток датчигі (датчик тока);
- АД – асинхронды қозғалтқыш (асинхронный двигатель).

АҚ кернеуін $\Psi_1 = const$ заңы бойынша реттегенде механикалық сипаттаманың қатаңдығының β модулінің тұрақтылығы қамтамасыз етіледі. 17 суретте электр жетегінің құрылымдық сұлбасы келтірілген.

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

$$U_{1m} = \sqrt{2K_y (\alpha e_{\text{шом}} + iR_1)}, \quad (5.18)$$

мұндағы, K_y – басқару жүйесінің кушейту коэффициенті;

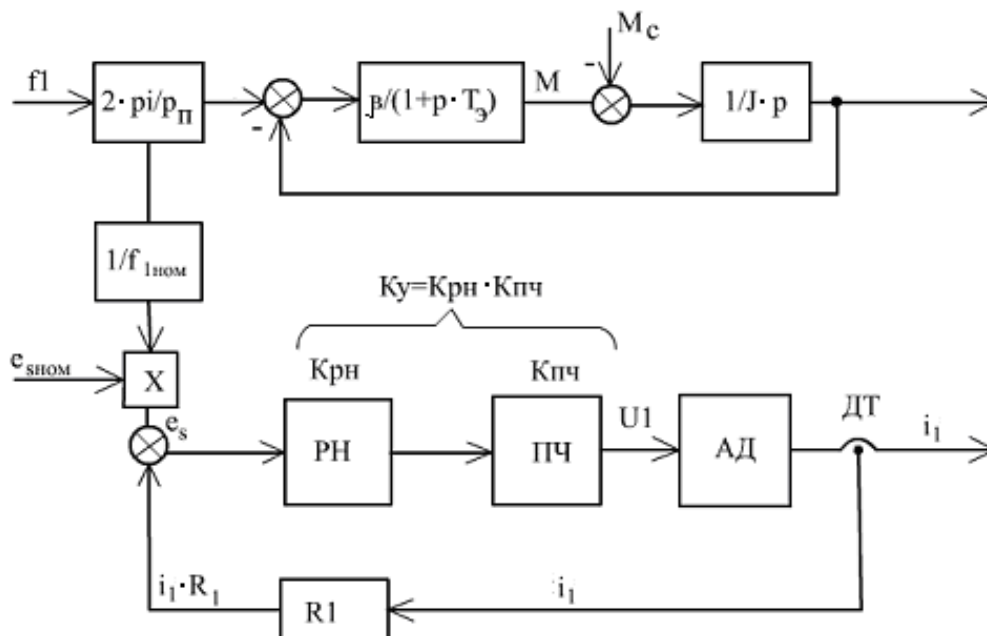
$\alpha = f_1/f_{\text{ном}}$ - салыстырмалы жиілік;

$e_{\text{шом}} = E_{\text{шом}}/K_y$ – статордағы номиналды ЭҚК сигналы

$E_{\text{шом}}$ - статорғы ЭҚК әрекеттік мәні.

$$i_1 \cdot R_1 = I_1 \cdot \frac{R_1}{K_y}, \quad (5.19)$$

мұндағы, I_1 - статор тогының әрекеттік мәні.



17 сурет - Автоматтандырылған электр жетегінің құрылымдық сұлбасы

5.2 Электрозғалтқыштың математикалық моделі және құрылымдық сұлбасы

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

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

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

$$\left. \begin{aligned}
 \omega_k &= 0; \\
 \bar{U}_1 &= \bar{i}_1 R_1 + \frac{d\bar{\psi}_1}{dt}; \\
 0 &= \bar{i}_2 R_2 + \frac{d\bar{\psi}_2}{dt} - j\omega_{эл} \bar{\psi}_2; \\
 \bar{M} &= p_n L_{12} \text{Im}(\bar{i}_1^* \bar{i}_2) = p_n L_{12} (i_{1\beta} i_{2\alpha} - i_{1\alpha} i_{2\beta}),
 \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

мұндағы, ω_k —координата өстердің айналу жылдамдығы.

i_v, i_u – токтың құраушылары;

ψ_v, ψ_u – ағын ілінісуі;
 R_1 – статор кедергісі;
 M – қозғалтқыштың электромагниттік моменті;
 L_1, L_2 – статор мен ротордың фазалаырың индуктивтілігі;
 L_{12} – өзаралық индуктивтілік;
 U_1 – статордағы кернеу.

Бұл модельдегі барлық айнымалылар статор тогының жиілігімен өзгереді.

Екі фазалы асинхронды қозғалтқыштың α мен β өстеріндегі математикалық моделі мына түрде жазылады:

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{di_{1\alpha}}{dt} &= K_1 (U_{1\alpha} - i_{1\alpha} R_1) + K_3 i'_{2\alpha} + K_2 e_{1\beta}; \\
 \frac{di_{1\beta}}{dt} &= K_1 (U_{1\beta} - i_{1\beta} R_1) + K_3 i'_{2\beta} - K_2 e_{1\alpha}; \\
 \frac{di'_{2\alpha}}{dt} &= -K_2 (U_{1\alpha} - i_{1\alpha} R_1) - K_5 i'_{2\alpha} - K_4 e_{1\beta}; \\
 \frac{di'_{2\beta}}{dt} &= -K_2 (U_{1\beta} - i_{1\beta} R_1) - K_5 i'_{2\beta} - K_4 e_{1\alpha}; \\
 \frac{d\omega}{dt} &= \frac{1}{J} (M - |M_c| \text{sign} \omega); \\
 M &= K_6 (i_{\beta} i'_{2\alpha} - i_{1\alpha} i'_{2\beta}); \\
 e_{1\alpha} &= \omega_{эл} (L_2 i'_{2\alpha} + L_{12} i_{1\alpha}); \\
 e_{1\beta} &= \omega_{эл} (L_2 i'_{2\beta} + L_{12} i_{1\beta}); \\
 \omega_{эл} &= p_{II} \omega;
 \end{aligned} \right\} \quad (5.3)$$

$$\left. \begin{aligned}
 K_1 &= \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2}; K_2 = \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}; K_3 = K_2 R_2'; \\
 K_4 &= \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2}; \\
 K_5 &= K_4 R_2'; \\
 K_6 &= \frac{3}{2} p_{II} L_{12}; \\
 U_{1\alpha} &= U_{1m} \cos[\phi_{эл}(t)]; \\
 U_{1\beta} &= U_{1m} \sin[\phi_{эл}(t)]; \\
 \phi_{эл} &= 2\pi f_{1НОМ} \int \alpha(t) dt;
 \end{aligned} \right\} \quad (5.4)$$

$$\alpha(t) = \frac{f_1(t)}{f_{1ном}}$$

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

J_{Σ} - механизм инерциясының суммарлық моменті.

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

Статордың индуктивтілігін есептейміз:

$$L_1 = \frac{X_1 + X_{\mu}}{2\pi f} = \frac{0,42 + 8,05}{314} = 0,0269 \text{ Гн.} \quad (5.5)$$

Ротордың индуктивтілігін есептейміз:

$$L_2 = \frac{X_2 + X_{\mu}}{2\pi f} = \frac{0,59 + 8,05}{314} = 0,0275 \text{ Гн.} \quad (5.6)$$

Өзіндік индукция есептейміз:

$$L_{12} = \frac{8,05}{314} = 0,0256 \text{ Гн.} \quad (5.7)$$

Статор тізбегінің эквивалентті индуктивтілігі есептейміз:

$$L_3 = L_1 - \frac{L_{12}^2}{L_2} = 0,0269 - \frac{0,0256^2}{0,0275} = 0,003 \text{ Гн.} \quad (5.8)$$

$$K_1 = \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0,0275}{0,0269 \cdot 0,0275 - 0,0256^2} = 275 \frac{1}{\text{Гн}}. \quad (5.9)$$

$$K_2 = \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0,0256}{0,0269 \cdot 0,0275 - 0,0256^2} = 256 \frac{1}{\text{Гн}}. \quad (5.10)$$

$$K_3 = K_2 R_2 = 256 \cdot 0,077 = 19,71 \frac{1}{\text{Гн}}. \quad (5.11)$$

$$K_4 = \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0,0269}{0,0269 \cdot 0,0275 - 0,0256^2} = 269 \frac{1}{\text{Гн}} \quad (5.12)$$

$$K_5 = K_4 R_2 = 269 \cdot 0,077 = 20,71 \frac{1}{\text{Гн}} \quad (5.13)$$

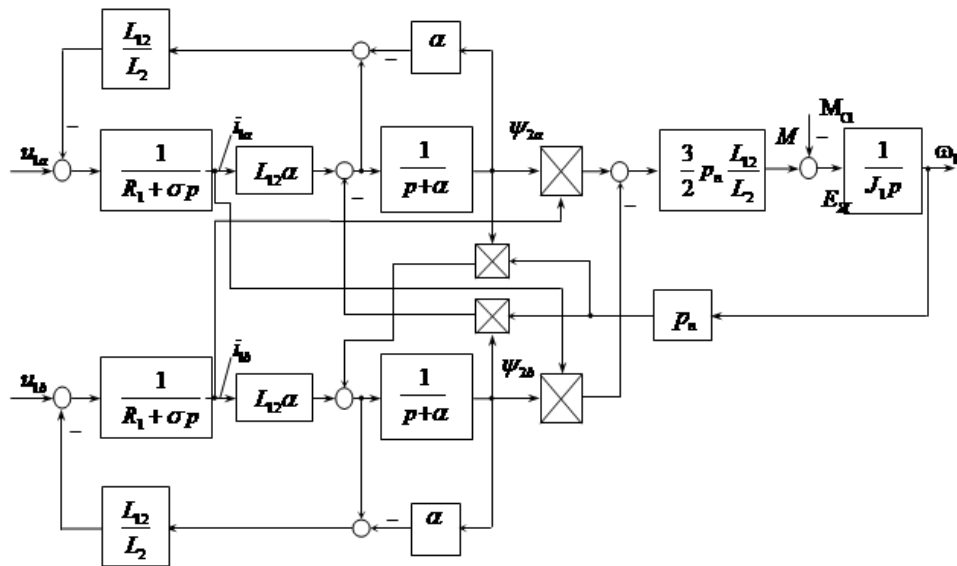
$$K_6 = \frac{3}{2} \cdot P_{II} L_{12} = \frac{3}{2} \cdot 3 \cdot 0,0256 = 0,115 \text{ Ом} \quad (5.14)$$

$$R_3 = R_1 + R_2 \left(\frac{L_{12}^2}{L_2^2} \right) = 0.157 + 0.077 \cdot \frac{0.0256^2}{0.0275^2} = 0.325 \text{ Ом} \quad (5.15)$$

$$T_3 = \frac{L_3}{R_3} = \frac{0.003}{0.325} = 0.0092 \text{ с} \quad (5.16)$$

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

Екі фазалы асинхрондық қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы 19 суретте келтірілген.

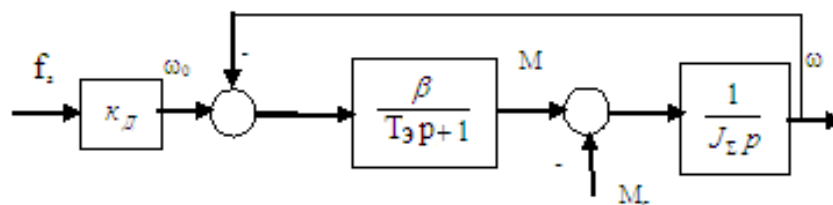


19 сурет - Екі фазалы асинхрондық қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы

Асинхронды қозғалтқыштың сызықтық моделінің құрылымдық сұлбасы 20 суретте көрсетілген.

Суреттегі белгілер мынаны білдіреді:

- β - механикалық сипаттаманың сызықтық аумағының қатаңдығы;
- $T_э$ – электромагниттік уақыт тұрақтысы, с;
- $J_э$ – валдық қозғалтқышқа келтірілген инерция моментінің қосындысы;
- ω_0 – бастапқы берілген айналу жиілігі, рад/с;
- f_3 – тапсырманың жиілігі, Гц;
- M – қозғалтқыштың механикалық моменті;
- $K_д$ – қозғалтқыштың беріліс коэффициенті.



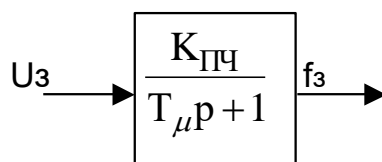
20 сурет– Асинхронды қозғалтқыштың сызықтық моделі

5.3 «Жиіліктік түрлендіргіш-асинхрондық қозғалтқыш» жүйесінің элементтерінің беріліс функцияларын анықтау

Тұрақты ток буыны бар жиіліктік түрлендіргіштің құрамына басқарылатын түзеткіш, фильтр және автономды кернеу инверторы кіреді.

Көп жағдайда электр жетегін басқару жүйесінің зерттеу барысында түзеткіш апериодикалық буынның беріліс коэффициентімен K_B және уақыт тұрақтысымен T_B сипатталады, ал инверторды екпінді емес буын ретінде қарастырады. Транзисторлы түрлендіргіштер шектеуші басқарушысы бар сызықты емес дискретті динамикалық құрылғылар болып табылады. Олардың жиіліктік түрлендіргіштерден айырмашылығы мынада: олар сызықты емес нысан ретінде жұмыс жүйесінде әсерін тигізбейді.

Реттегіштің басқару жүйесін синтездеу үшін жиіліктік түрлендіргіштердің сызықтық моделі қолданылады (21 сурет).



21 сурет - Жиілікті түрлендіргіштердің сызықтық моделі

Модельдегі $K_{ПЧ}$ – жиілікті түрлендіргіштердің күшейту коэффициенті;
 T_{μ} - жиілікті түрлендіргіштердің уақыт тұрақтысы.

$$W_1(p) = \frac{K_1}{T_{\mu}p+1} = \frac{3.33}{0.01p+1}, \quad (5.18)$$

мұндағы, $K_{ПЧ} = f_{1H}/I_3 = 50/15 = 3,33$ Гц/мА, - жиілікті түрлендіргіштердің күшейткіш коэффициенті;

$f_{1H} = 50$ Гц – желідегі кернеудің номиналды жиілігі;

$I_3 = 15$ мА – стандарт бойынша қабылданатын ток, $(20-5)=15$ мА;

$T_{\mu} = 0,01$ с - жиіліктік түрлендіргіштің уақыт тұрақтысы.

Негізгі жүйе үшін $T_{\mu} = 0,008 \div 0,01$, синтез үшін $T_{\mu} = 0,01$ қабылданады.

Асинхронды қозғалтқышпен бірге жиілікті түрлендіргіш математикалық сипаттаманың объектісі ретінде жоғары ретті динамикалық буыны болып табылады.

Егер "жиілік түрлендіргіші – асинхронды қозғалтқыш" жүйесін электромеханикалық және электромагниттік тұрақты уақытпен екінші ретті динамикалық буын түрінде елестетсе, онда ол осы жүйенің оңайлатылған математикалық сипаттамасы болып табылады деп есептеуге болады. Механикалық сипаттаманың жұмыс тармағының желілік бөлігіндегі жиіліктік-реттелетін электржетектің механикалық сипаттамасының теңдеуін келесі түрде ұсынуға болады.

$$M = K \cdot (U_{01} - K_{\omega} \cdot \omega_1), \text{ Нм}, \quad (5.19)$$

мұндағы, ω_1 – ротордың бұрыштық жылдамдығы.

Қозғалтқыштың статикалық орамасының бос жүрісінің кернеуі:

$$U_{01} = I_{\mu} \cdot (x_0 + x_1) \cdot v, \text{ Нм}, \quad (5.20)$$

мұндағы, I_{μ} – қозғалтқыштың бос жүріс тогы, А;

x_0 – қозғалтқышты магниттеу контурының индуктивті кедергісі, Ом;

x_1 – статор орамасының индуктивті кедергісі, Ом;

$v = \frac{f}{f_{\text{ном}}}$ – статордың салыстырмалы жиілігі;

$f_{\text{ном}}$ – статордың номиналды жиілігі, Гц.

Бос жүріс режимінде, $M = 0$ (5.19) біз, $U_{01} = K_{\omega} \cdot \omega_{1\text{ном}}$ сонда

$$K_{\omega} = \frac{U_{01}}{\omega_{1\text{ном}}} = \frac{I_{\mu} \cdot (x_0 + x_1)}{\omega_{1\text{ном}}}, \text{ Вc}. \quad (5.21)$$

$$K_{\omega} = \frac{I_{\mu} \cdot (X_0 + X_1)}{\omega_{1\text{ном}}} = \frac{25.97 \cdot (32.02 + 0.157)}{78.5} = 10.64 \text{ Вc},$$

мұндағы, $\omega_{1\text{ном}}$ – статордың номиналды жиілігі кезіндегі қозғалтқыштың номиналды синхронды бұрыштық жылдамдығы, c^{-1} .

(5.19) сәйкес асинхронды қозғалтқыштың номиналды сәті (5.21)

$$M_{\text{ном}} = K_M \cdot (U_{01} - K_{\omega} \cdot \omega_1) = K_M \cdot K_{\omega} \cdot \Delta\omega_{\text{ном}}, \text{ Нм}, \quad (5.22)$$

мұндағы, $\omega_{\text{НОМ}}$ – номиналды сәтте ротордың номиналды бұрыштық жылдамдығы, с^{-1} ;

$\Delta\omega_{\text{НОМ}} = \omega_{1\text{НОМ}} - \omega_{\text{НОМ}}$ – номиналды бұрыштық жылдамдық ауытқуы, с^{-1} .

(5.22) өрнектен біз аламыз:

$$K_M = \frac{M_{\text{НОМ}}}{K_\omega \cdot \Delta\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{M_{\text{НОМ}}}{s_{\text{НОМ}} \cdot I_\mu (X_0 + X_1)}, \text{ Нм/В.} \quad (5.23)$$

$$K_M = \frac{M_{\text{НОМ}}}{s_{\text{НОМ}} \cdot I_\mu (X_0 + X_1)} = \frac{389,2}{0,01 \cdot 25,97 \cdot (32,02 + 0,157)} = 46,89 \text{ Нм/ В,}$$

мұндағы, $S_{\text{НОМ}} = \frac{\omega_{1\text{НОМ}} - \omega_{\text{НОМ}}}{\omega_{1\text{НОМ}}}$ – асинхронды қозғалтқыштың номиналды сырғуы.

Жүйенің электромеханикалық тұрақты уақытының шамасы

$$T_M = \frac{(J_1 + J_2) \cdot \Delta\omega_{\text{НОМ}}}{M_{\text{НОМ}}} = \frac{J_\Sigma}{K_M \cdot K_\omega} \text{ с.} \quad (5.24)$$

$$T_M = \frac{(1,36 + 1,39) \cdot 1,42}{389,2} = 0,01.$$

"Жиілік түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш" жүйесінің электромагниттік тұрақты уақыты

$$T_\Delta = \frac{L_\Delta}{R_\Delta} \text{ с.} \quad (5.25)$$

Электромагниттік тұрақты уақытты анықтау үшін индуктивтілік және белсенді кедергі жиілікті түрлендіргіштің тұрақты ток тізбегіне келтіріледі.

Жүйенің эквивалентті белсенді кедергісі (жиілік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш)».

$$R_\Delta = r_d + \frac{3}{2} \cdot K_i^2 \cdot \left(r_1 + r_2' \cdot \frac{L_\mu^2}{L_r^2} \right) \text{ Ом.} \quad (5.26)$$

$$R_\Delta = 4 + \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{2\sqrt{3}}{3,14} \right)^2 \cdot \left(0,157 + 0,077 \cdot \frac{0,102^2}{(0,102 + 0,042)^2} \right) = 4,1,$$

мұндағы, r_d – жиілік түрлендіргішінің тұрақты ток тізбегіндегі дроссельдің белсенді кедергісі, Ом;

k_i – автономды инвертордың тогы бойынша беру коэффициенті;

r_1 – статорлық орамның белсенді кедергісі, Ом;

r_2' – статорлық орамаға келтірілген ротор орамасының белсенді кедергісі, Ом;

$L_{\mu} = \frac{x_0}{314}$ – қозғалтқышты магниттеу контурының индуктивтілігі, Гн;

$L_r = L_{\mu} + L_2$ – ротор орамасының толық индуктивтілігі;

$L_2 = \frac{x_2}{314}$ – ротор орамасының шашырауының индуктивтілігі, Гн;

x_2 – статор орамына келтірілген ротор орамасының индуктивтілігі, Гн.

Жүйенің эквивалентті индуктивтілігі «жиілікті түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш».

$$L_{\Theta} = L_d + \frac{3}{2} \cdot K_1^2 \cdot \left(L_s - \frac{L_{\mu}^2}{L_r} \right), \text{ Гн.} \quad (5.27)$$

$$L_{\Theta} = 0.5 \cdot 10^{-3} + \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{2\sqrt{3}}{3.14} \right)^2 \cdot \left(0.102 + 0.0269 - \frac{0.102^2}{0.144} \right) = 0.107 \text{ , Гн,}$$

мұндағы, L_d – жиілікті түрлендіргіштің тұрақты ток тізбегінің индуктивтілігі, Гн;

$L_s = L_{\mu} + L_1$ – статор орамасының толық индуктивтілігі, Гн;

$L_1 = \frac{x_1}{314}$ – статор орамасының шашырауының индуктивтілігі, Гн.

(5.25) формула бойынша:

$$T_{\Theta} = \frac{0.107}{4.1} = 0.026 \text{ С}$$

Алынған аналитикалық өрнектер статордың бос жүріс кернеуінің басқару сигналынан тәуелділігімен толықтыру қажет. Әдетте пропорционалды тәуелділік қолданылады:

$$U_{01} = k_{\text{пч}} \cdot U_y, \quad (5.28)$$

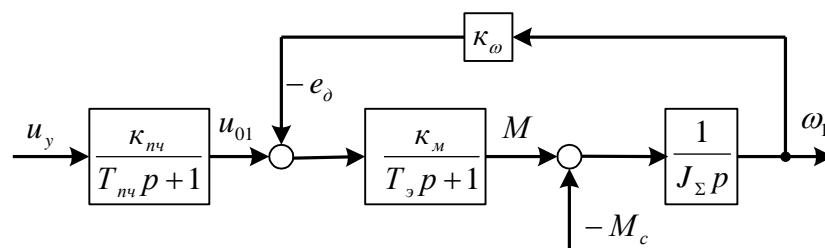
мұндағы, $k_{\text{пч}} = \frac{U_{01}}{U_{y.\text{ном}}} = \frac{I_{\mu} \cdot (x_0 + x_1)}{U_{y.\text{ном}}}$ – жиілік түрлендіргішінің статикалық берілу коэффициенті;

$U_{y.\text{ном}}$ – жиілікті түрлендіргішті басқарудың номиналды кернеуі, есептерде $U_{y.\text{ном}} = 10$ – қабылдау керек, ГСП сәйкес.

$$K_{\text{пч}} = \frac{25.97 \cdot (32.02 + 0.157)}{10} = 83.56.$$

Электромагниттік инерциондық шамасы өте аз ($T_{\text{пч}} = 0,005 \text{ с}$) және оны жиі елемейді.

22 суретте электржетектің құрылымдық сұлбасы "жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш" көрсетілген.



22 сурет - Жиліктік-реттелетін электр жетегінің құрылымдық сұлбасы

Ток бойынша кері байланыс коэффициенті статордың номиналды тогының екі есе шамасына тең іске қосу тогын қамтамасыз ету шарттарынан есептеледі. $I_{1\max} = 2 \cdot I_{1\text{НОМ}} = 124.7 \text{ А}$, Уақыт бойынша кері байланыс коэффициентіне өтуге болады. Бұл жағдайда $M_{\max} = 2 \cdot M_{\text{НОМ}} = 778.4$. Сонда

$$k_{\text{от}} = \frac{U_{\text{от}}}{I_{1.\max}}, \text{ В/А немесе } k_{\text{ом}} = \frac{U_{\text{ом}}}{M_{\max}}. \quad (5.29)$$

$$K_{\text{от}} = \frac{9}{124.7} = 0.07 \text{ В/А.}$$

$$K_{\text{ом}} = \frac{9}{778.4} = 0.01 \text{ В/А.}$$

мұндағы, $U_{\text{от}} = U_{\text{ом}} = 9 \text{ В}$ - ток немесе сәт бойынша кері байланыс кернеуі.

Токты қайта реттеу қоры немесе динамикалық үдерістердегі сәттер үшін 10 В аз қабылданады.

5.4 Электр жетегіне арналған ток датчигін таңдау

Асинхрондық қозғалтқышты жиіліктік басқаруға қажет ток датчигін қозғалтқыштың фазасындағы токтардың лездік мәндерін өлшеу негізінде таңдау керек, сонан кейін фаза тогының әрекеттік мәнінің сигналын қалыптастыру керек.

$$i_{\alpha} = i_a;$$

$$i_{\beta} = (i_b - i_c) / \sqrt{3};$$

$$I_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(i_{\alpha}^2 + i_{\beta}^2)}.$$

LEM" фирмасы шығарған, Холлдың элементтері негізінде жасалған, HAS сериялы 3 датчикті статордың номиналдық тогының ($I_H=62,35$ А) мәніне сәйкес таңдаймыз.

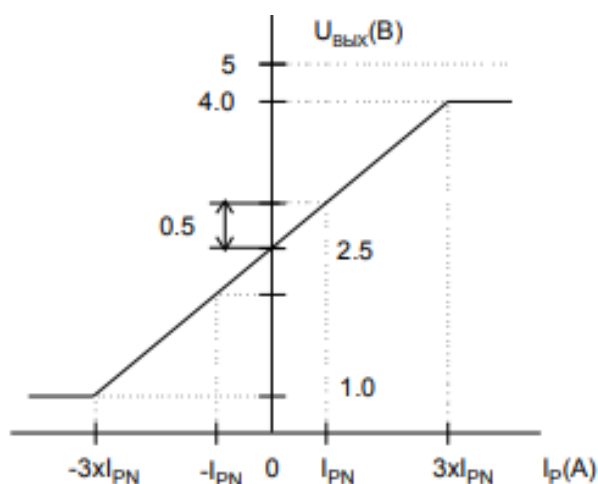
HAS 100 S/SP1 ток датчигінің негізгі параметрлері:

Номиналды ток, $I_{PN}=100$ А;

Түрлендіру диапазоны, ± 360 А;

Қоректендіруші кернеу, $+5$ В.

23 суретте HAS сериялы ток датчиктерінің сипаттамасы келтірілген.



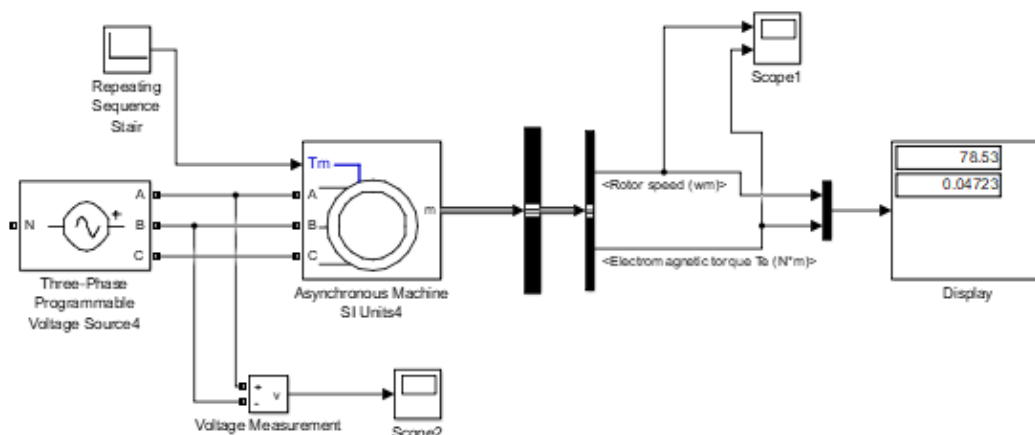
23 сурет - HAS сериялы ток датчиктерінің сипаттамасы

5.5 Электржетектің динамикалық сипаттамаларын зерттеу

Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау үшін асинхронды қозғалтқыштың имитациялық моделін құру керек және ол моделде өтпелі үрдістерді зерттеу керек. Модель құру үшін MatLab 6.5 бағдарламалық пакетінің Simulink кітапханасын қолданамыз. Бұл кітапханада виртуаль әр түрлі элементтердің модельдері келтірілген.

Соның арқасында бұл бағдарламада электр жетектер жүйесін зерттеуге мүмкіндік туады. Электр жетектер жүйесінің виртуалды моделіне кіретін блоктардың параметрлерін баптауға, өзгертуге мүмкіндік бар. Блоктарда әр түрлі элементтердің көрсеткіштерін ендіруге арналған арнаулы терезелер қатары қарастырылған.

24 суретте асинхронды қозғалқыштың MatLab6.5 бағдарламалық пакетінде жасалған имитациялық моделі көрсетілген.



24 сурет – Асинхронды қозғалқыштың MatLab6.5 бағдарламалық пакетінде жасалған имитациялық моделі

Имитациялық модель құрамында келесі элементтер болады:

- үш фазалы асинхронды қозғалтқыш (Asynchronous Machine S IUnit блогі);
- үш бір фазалы кернеу көздері (AC Voltage Source блогі);
- Three-Phase V-I Measurement – бұлар ток пен кернеуді өлшеуге арналған мультиметр ретінде саналады;
- екі Scope элементі – қозғалтқыштың білігіндегі момент пен қозғалтқыштың роторының айналу жиілігінің, сонымен қатар желідегі ток пен кернеудің графиктерін көрсетуге арналған осциллограф;
- екі Display элементі жылдамдық пен моменттің мәндерін өлшеуге арналған аспап;
- Step – бұл элемент белгіленген уақыт сәтінде қозғалтқышқа жүктеме беруге арналған.

Зерттеу жұмыстарын жүргізер алдында ендіру терезелеріне қажетті параметрлерді ендіру керек.

Ендіру терезесіне ендіретін параметрлер:

- қозғалтқыштың номиналдық қуаты (Вт), желілік кернеу $U_{ж}$ (В), жиілік (f), айналу жылдамдығы, айн/мин;
- статор тізбегінің активті кедергісі R_s (Ом) мен индуктивтілігі L_s (Гн);
- ротор тізбегінің активті кедергісі R_r (Ом) и индуктивтілігі L_r (Гн);
- өз аралық индуктивтілік L_m (Гн);
- машинаның инерциялық моменті J (N.m.s);
- құрғақ үйкеліс коэффициенті F (N.m).

Үш бір фазалы кернеу көздерінің (AC Voltage Source блогі) ендіру терезелеріне мына параметрлерді енгіземіз:

- фазалық кернеудің амплитудасы;
- фазалық кернеулердің бастапқы фазалары;
- кернеудің жиілігі.

Step элементінің ендіру терезелеріне жүктеме берілетін уақытты көрсетеміз.

Қозғалтқыштың динамикалық сипаттамаларын зерттеу үшін мынадай режимдерді қарастырамыз.

Бірінші режим:

Жиілік $f=50\text{Гц}$, $U_{\text{ж}}=380\text{В}$, қозғалтқышқа жүктеме берілмейді (бос жүріс режимі).

Екінші режим:

Кернеудің жиілігі $f=50\text{Гц}$, ал кернеу $U_{\text{ж}}=380\text{В}$, қозғалтқышқа ол іске қосылған сәтте мәні $M_c=0.5 M_H$ тең жүктеме береді.

Үшінші режим:

Жиілікті $f=30\text{Гц}$ тең етіп қабылдайды, ал кернеу $U_{\text{ж}}=380\text{В}$, қозғалтқышқа жүктеме берілмейді ($M_c=0$).

Төртінші режим:

Жиілік $f=30\text{Гц}$ тең, $U_{\text{ж}}=380\text{В}$, қозғалтқышқа толық жүктеме береді ($M_c=M_H$).

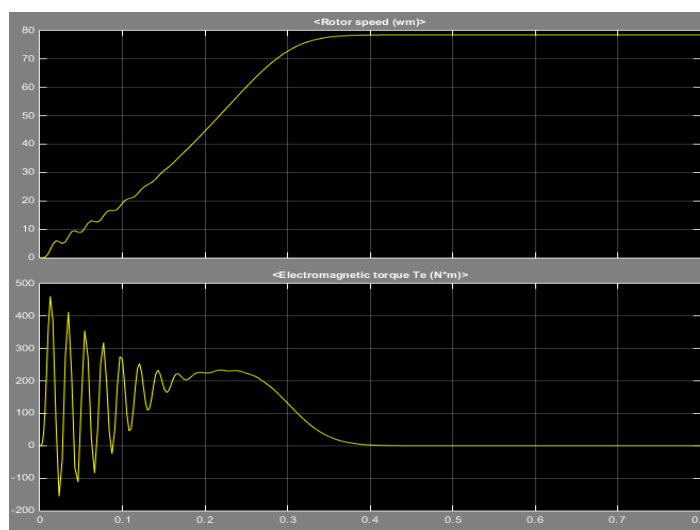
25 суретте бос жүріс режим кезіндегі жылдамдық пен моменттің уақытқа тәуелді өзгеру графиктері көрсетілген. Бұл графиктерді талдау момент мен жылдамдық мәндері іске қосу сәтінде күрт көтеріліп, өтпелі үрдістің соңына қарай тұрақталған мәндерге (графиктерде олар салыстырмалы бірлікпен берілген) жететіндігін көрсетеді.

Өтпелі үрдіс аяқталғаннан кейін тұрақталған режим үшін мынадай мәндер аламыз:

$M_{\text{бс}}=5\text{Нм}$; $\omega_{\text{тыр}}=156,9\text{рад/с}$; Өтпелі үрдістің ұзақтығы $t=0,12\text{с}$;

Артық реттелуді анықтаймыз:

$$\delta = \frac{\Delta\omega}{\omega_{\text{тыр}}} = \frac{12}{156,9} \cdot 100\% = 7,6\% \quad (5.30)$$



25 сурет - Бос жүріс режимі ($f=50\text{Гц}$, $U_{\text{ж}}=380\text{В}$, $M_c=0$) кезіндегі өтпелі үрдістердің ($\omega=f(t)$ және $M=f(t)$) графиктері

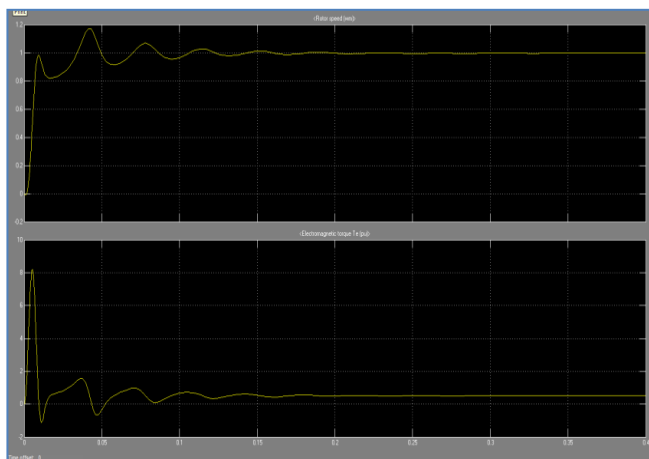
Екінші режимге ($f=50\text{Гц}$, $U_{\text{ж}}=380\text{В}$, $M_{\text{с}}=0.5 M_{\text{н}}$) қатысты өтпелі үрдістердің графиктері 26 суретте көрсетілген.

Бұл графиктер қозғалтқышты іске қосу уақытында момент мен жылдамдық мәндері тербеліске түсетіндігін және өтпелі үрдістің соңына қарай тербелістер өшіп, бұл параметрлер тұрақталған мәндерге ие болатындығын көрсетеді. Графиктерде олардың мәндері салыстырмалы бірлікпен берілген.

Екінші режим үшін өтпелі үрдіс аяқталғаннан кейін мынадай тұрақталған мәндер аламыз:

$M = 0,5 M_{\text{н}}$, Нм; $\omega_{\text{тур}}=156$ рад/с; Өтпелі үрдістің ұзақтығы $t=0,14$ с;
Артық реттелуді анықтаймыз:

$$\delta = \frac{\Delta\omega}{\omega_{\text{тур}}} = \frac{15}{156} \cdot 100\% = 9,5\%$$



26 сурет –Екінші режим кездегі ($f=50\text{Гц}$, $U_{\text{ж}} =380\text{В}$, $M_{\text{с}}=0.5 M_{\text{н}}$) өтпелі үрдістердің ($\omega=f(t)$ және $M_{\text{в}}=f(t)$) графиктері

27 суретте үшінші режим ($f=30$ Гц, $U_{\text{ж}} =380\text{В}$, $M_{\text{с}}=0$) кезіндегі өтпелі үрдістердің графиктері көрсетілген. Графиктерді талдау бос жүріс жағдайында қозғалтқышты іске қосу уақытында момент мен жылдамдық мәндері алдымен тербеліске түсетіндігін және өтпелі үрдістің соңына қарай тұрақталған мәндерге жететіндігін көрсетеді.

Бұл кезде назар аударатын фактор – ол қозғалтқышқа берілетін кернеудің жиілігінің мәні 30 Гц болғандықтан айналу жылдамдығы айтарлықтай төмен ($0,6 \omega_0$) болады.

Тұрақталған режим кезіндегі мәндер:

$M_{\text{бс}} = 5\text{Нм}$; $\omega_{\text{тур}}=94,6$ рад/с; Өтпелі үрдістің ұзақтығы $t=0,7$ с;

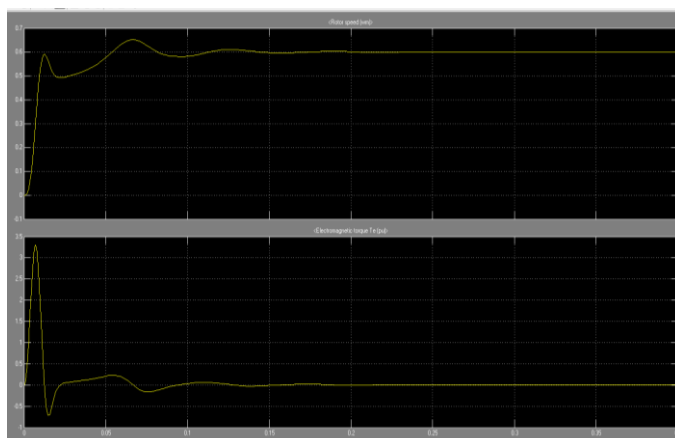
Артық реттелуді анықтаймыз:

$$\delta = \frac{\Delta\omega}{\omega_{\text{тур}}} = \frac{8}{94,6} \cdot 100\% = 8,5\%$$

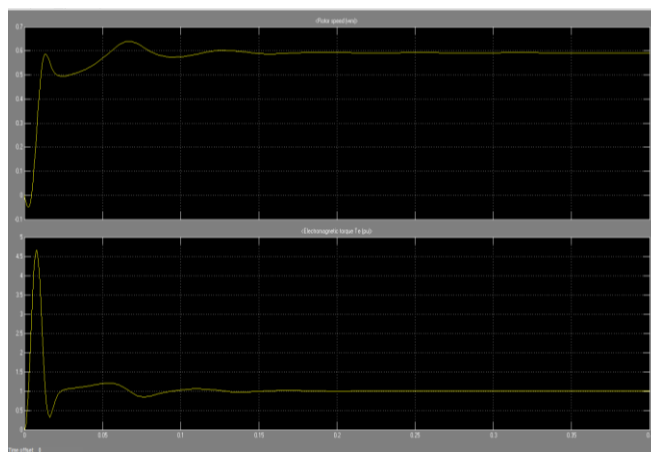
28 суретте төртінші режим ($f=30$ Гц, $U_{ж} =380$ В, $M_c=M_n$) кезіндегі өтпелі үрдістердің графиктері көрсетілген. Бұл графиктер қозғалтқышты іске қосу сәтінде оған толық жүктеме берілсе момент мен жылдамдық мәндері өшетін тербеліске түсетіндігін және өтпелі үрдістің соңына қарай тұрақталған мәндерге жететіндігін көрсетеді. $M =M_n$ Нм; $\omega_{тур}=93.61$ рад/с; Өтпелі үрдістің ұзақтығы $t=0,14$ с;

Артық реттелу:

$$\delta = \frac{\Delta\omega}{\omega_{тур}} = \frac{7}{93,61} \cdot 100\% = 7,5\%$$



27 сурет - Үшінші режим ($f=30$ Гц, $U_{л}=380$ В, $M_c=0$) кезіндегі $\omega=f(t)$ және $M_b=f(t)$ тәуелділіктерінің графиктері



28 сурет - Төртінші режим ($f=30$ Гц, $U_{л}=380$ В, $M_c=M_n$) кезіндегі $\omega=f(t)$ және $M_b=f(t)$ тәуелділіктерінің графиктері

Таңдалған асинхронды электрқозғалтқыштың иммитациялық моделінде жүргізілген зерттеулер әртүрлі режимдер кезіндегі өтпелі үрдістердің талдауға мүмкіндік беретіндігін және электрқозғалтқыш қабылданған электр жетекке қойылатын талаптарды қанағаттандыратындығын көрсетті.

6. Тіршілік қауіпсіздігі бөлімі

Тіршілік қауіпсіздігі – бұл адамды өндірісте өндіріс ортасындағы қауіптен сақтар шаралары жиынтығы яғни, ол өндірістік процесте қалыптасқан адам өміріне, денсаулығына әсер етуші өндірістік қауіптің төнуі, еңбек қызметінің жағдайы. Әсіресе адамның қауіпсіздігі жөніндегі мәселе өнеркәсіп ортасында көрінеді, бұл қызметкерлердің еңбек орнында қалыптасқан әртүрлі қауіпті зиянды әсерлер өндірістің барлық ортасын ластайды.

Механикалық цехта метал өндіруден барлық түрі жүргізіледі. Мысалы, метал өңдеу, пласмасс және т.б. металдарды метал кескіш станоктарда цехтарда жүргізіледі. Осыған орай қауіпті жағдайлар туындайды.

Адам ағзасына әсер ету табиғатына байланысты зиянды және өндірістік факторлар төрт топқа бөлінеді:

1. Физикалық;
2. Химиялық;
3. Биологиялық;
4. Психофизиологиялық.

Физикалық өндірістік факторларға мыналар жатады: машиналардың қозғалыстағы бөлшектері, өткір қиындылар, шу мен дірілдің шектен тыс жоғары дәрежеде болуы, микроклиматтың (ылғалдың жоғарылығы, жел температурасы) қолайсыздығы, ауадағы шаң мен тозаңның көп болуы, сәуле, жарықтың жеткіліксіздігі, т.б.

Химиялық факторлар токсинді, тітіркендіруші, аллергия тудырушы, канцерогенді, мутагенді болып бөлінеді.

Биологиялық факторларға мыналар жатады: адам, жануарлар, өсімдіктер, ауру туғызушы микроағзалар және олардан шыққан қалдықтар, бактериялар, микробтар.

Психофизиологиялық факторлар: жүйкеге күш түсу, жұмыстың бір сарында жүруі, статистикалық және динамикалық күш түсу, түнгі кезекте жұмыс жасау.

6.1 Жұмыс орнындағы еңбекті талдау

Цехтың негізгі қызметін ескере отырып, механикалық цехтағы еңбек жағдайына әртүрлі қолайсыз факторлар әсер етеді, олар жұмыс персоналының жұмысқа қабілеттілігіне теріс әсер етеді деп болжауға болады.

Механикалық өңдеу кезінде металл кесетін станоктарда адамға қолайсыз әсер ететін факторлар туындайды. Мұндай факторлар діріл, шу, көру органдарының жарақаттары, дененің ашық бөліктерінің күйігі, мертiгyі және т.б. болып табылады. Ажарлау станоктарында жұмыс істеу кезінде 4 концентрациясы бар металл және абразивті шаң пайда болады...6 мг/м³ (МЕМСТ 12.01.005-88 бойынша шекті жол берілетін концентрация 4...10 мг/м³ құрайды), жабдық жұмысы кезінде артық жылу бөлінеді.

Санитарлық нормаға сәйкес жұмыс орындарына ауаның температурасы мынандай мөлшерде болу керек: жылы мезгілде 18-25 °С (сыртқы ауаның температурасы $t > +10$ °С), суық мезгілде 16-23 °С тең болу (сыртқы температура $t \leq 0$ С).

Ауаның жоғары дымқылдығы да жағамсыз метеорологиялық жағдай туғызады. Ыстық кезде ауаның жоғары дымқылдығы дененің жылу шығу процессін азайтып, оның қызыуы шамадан тыс көтерілуі мүмкін, содан адамның хал-жайы нашарлап, жұмысқа қабылеттілуі төмендейді. Ал суық кезде, адамның хал-жағдайын нашарлатады.

Жыл кезеңі	Жұмыс санаты	Ауа температурасы, °С				Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы	Ауа қозғалысының жылдамдығы		
		оңтайлы	рұқсат етілген		шекара				
			жоғарғы	төменгі					
			жұмыс орындарындағы						
тұрақты	тұрақсыз	тұрақты	тұрақсыз	оңтайлы	оңтайлы	рұқсат етілген, белгілі мөлшерге дейін			
Суық	II Б	17-19	21	23	15	13	40-60	≤0,2	0,4
Жылы	II Б	20-22	27	29	16	15	40-60	≤0,3	0,2 0,4

29 сурет -Механикалық цехтың жұмыс аймағындағы микроклимат параметрлерінің оңтайлы және рұқсат етілген нормалары

Қауіпті өндірістік факторлар адам ағзасына тыныс алу органдары, тері қабаттарымен тынысы арқылы енеді.

Сол себептенде адам ағзасын қорғайтын жеке қорғаныс құралдарын пайдалану қажет. Оларды атап әр қайсына жеке мағлұмат берейін.

Бет қалқандар мен көзілдіріктер бет пен көзді сынықтардың түсуінен қорғауға арналған. Оңтайлы нұсқа - жылдамдығы 45 м/с жетуі мүмкін Болат жоңқаның пышақтан ұшып шыққан кезде деформацияланбайтын поликарбонаттан жасалған аксессуарлар. Қорғаныс көзілдірігі мен бет қалқаншасының арасында таңдау кезінде соңғысы жақсы, өйткені ол барлық басы мен мойын бөлігін жабады. 70-тен 90 дБ-ға дейінгі дауыс шулары есту қабілетін әлсіретіп, тіпті оның жоғалуына әкелуі мүмкін. Қорғау ретінде әдетте құлаққаптар (30 сурет) қолданылады. Қатты жиектегі немесе баулы беруштер (көп рет қолданылатын және бір рет қолданылатын модельдер шығарылады) есту құралдарын шудан толығымен оқшаулай алмайды. Құлаққаптар бұл тапсырманы жақсы орындайды, ал кейбір модельдер тіпті сыртқы дыбыстардың деңгейін реттеуге мүмкіндік береді.

Барлық қызметкерлердің міндетті элементі қорғаныш каскалар және арнайы киімдер болып табылады болып табылады.



30 сурет- Құлаққап, қорғаныш каскасы және арнайы киім

Металл дайындамаларын механикалық өңдеу процесінде кесу, сүргілеу, фрезерлеу, қайрау, тегістеу және кесу жатады. Аталған жұмыс түрлерін жүргізу үшін тиісті жабдығы бар токарлық, сүргілеу, фрезерлік, тегістеу, бұрғылау және басқа да станоктар қолданылады.

Кесу жылдамдығының артуымен және құралды беру жылдамдығының артуымен, кесу құралын қайрау сапасының төмендеуімен бөлінетін жылу мөлшері артады. Бұл жағдайда құрал, бөлшек, жоңқалар қауіпті температураға дейін қыздырылуы мүмкін, бұл олармен жанатын материалдардың тұтануына, өрттің шығуына алып келуі мүмкін, өрттің шығу себептерін атап өтсем:

- жабдықтың жетек белдіктерінің оларды сырғытқан кезде қызуы және тұтануы;

- механизмдердің қозғалмалы және қозғалмайтын бөлшектерінің өзара жағдайы бұзылған жағдайда соққы ұшқыны;

- металл қалдықтары мен май сіңдірілген сұрту материалдарының өздігінен жану жылуы.;

- электр қозғалтқыштарына қосылған электр кабельдерінің оқшаулағышының механикалық зақымдануы кезіндегі ұшқындар мен электр доғалары;

- ақаулы электр жабдықтарының, жарық беретін және күш беретін желілердің жылулық көрінісі (қысқа тұйықталу, шамадан тыс жүктеме, үлкен өтпелі кедергілер);

Металлдарды механикалық өңдеу цехтарында өрттің таралуына ғимараттардың жанғыш конструкциялары, технологиялық коммуникациялар, желдету жүйесінің ауа өткізгіштері, төгілген жанғыш сұйықтықтар және т. б. ықпал етеді.

Жұмысшылар сондықтанда өрт қауіпсіздігі ережелерін, өрт сөндіру техникасын білуі тиіс. Өртке қарсы күзетті ұйымдастыру негізіне әртүрлі іс-шаралар кешені кіреді. Цехта өрт сөндіргіштер, құм салынған жәшіктер, суы бар бөшкелер орнатылады. Барлық өрт крандарына еркін кіру керек.

Кәсіпорында өрт қауіпсіздігі жанбайтын және қиын жанатын заттар мен материалдарды барынша мүмкін қолдану, жанатын заттардың мөлшерін шектеу, жанатын ортаны оқшаулау, өрттің ошақтан тыс таралуын болдырмау, құралдарды қолдану қамтамасыз етіледі.

Кәсіпорындарда өрт сөндіру және жануды сөндіру үшін өрт сөндірудің стационарлық және алғашқы құралдары қолданылады. Бастапқы кезеңде жануды бастапқы өрт сөндіру құралдарының көмегімен сөндіруге болады. Оларға өрт доғалары мен жеңдері бар өрт ішіндегі крандар, өрт сөндіргіштер, су бар бөшкелер, багрлер, сынықтар, балталар, шелектер жатады.

Өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша техникалық іс-шараларды орындаудан басқа кәсіпорында міндетті түрде ұйымдастыру іс-шаралары жүргізіледі. Оларға: жұмыскерлерді оқыту, өрт қауіпсіздігі нормаларын, ережелерін, нұсқаулықтарын әзірлеу және іске асыру, өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша көрнекі үгіт құралдарын дайындау және қолдану және басқалары жатады.



31 сурет -Көбікті өртсөндіргіш, ұнтақты және газды өрт сөндіргіштер

Электр қауіпсіздігі - электр тогының және электромагниттік өрістердің әсерімен байланысты еңбек қызметі процесінде қызметкерлердің өмірі мен денсаулығын сақтау жүйесі.

Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін жеке немесе бір-бірімен үйлесімде мынадай техникалық тәсілдер мен құралдар қолданылуы тиіс: ток өткізгіш бөліктерді оқшаулау (жұмыс, қосымша, күшейтілген екі есе); қоршау құрылғылары; ескерту дабылы, бұғаттау, қауіпсіздік белгілері; қауіпсіз биіктікте орналасуы; аз кернеу; қорғаныстық жерге қосу, нөлдеу және қорғаныс ажыратуы; потенциалдарды теңестіру; желілерді электрлік бөлу; қорғаныс құралдары және сақтандыру құралдары.

Электр қондырғыларына өз персоналымен қызмет көрсету үшін қорғаныс құралдарымен жабдықтау және олардың дұрыс сақталуын қамтамасыз ету қажет.

Электр қондырғыларының тоқ өткізбейтін металл бөліктеріне жанасу жағдайында ток соғу қаупінен қорғаудың ең тиімді шараларының бірі қорғаныстық жерге тұйықтау болып табылады. Қорғаныстық жерге тұйықтау деп жерге тұйықталу салдарынан немесе басқа да себептер бойынша кернеуде болуы мүмкін жермен немесе оның эквивалентімен әдейі электрлік қосылыс деп аталады.

Тік электрод ретінде 75X75, 3м болат бұрышын таңдаймыз. Көлденен электрод ретінде 40X4 болат жолағын таңдаймыз. Жерге қосу құрылғысының түрі-контурлы. Топырақ түрі-саз, салыстырмалы қарсылық $\rho = \text{Ом} \cdot \text{м}$. Бір тік электродтың есептік кедергісін анықтаймыз $R_B, \text{Ом}$:

$$R_B = 0,3 \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.в}}$$

мұндағы, ρ - топырақтың меншікті кедергісі, $\text{Ом} \cdot \text{м}$;

$K_{\text{сез.в}}$ - тік жерге тұйықтағыштың маусымдық коэффициенті.

$$R_B = 0,3 \cdot 300 \cdot 1,8 = 162.$$

Із- жерге тұйықтаудың есептік тогы, А:

$$I_3 = \frac{U_{\text{ЛЭП}} \cdot 35 \cdot L_{\text{ЛЭП}}}{350} \quad (6.1)$$

$$I_3 = \frac{10 \cdot 35 \cdot 0,9}{350} = 0,9.$$

Қосарлы жерге тұйықтау құрылғысының шекті кедергісін анықтаймыз:

$$R_{3y1} = \frac{125}{I_3} \quad (6.2)$$

$$R_{3y1} = \frac{125}{0,9} = 138,89.$$

$R_{3y2} = 4 \text{ Ом}$ қабылдаймыз.

$$R_{3y} = R_{3y2} \cdot \frac{\rho}{100} \text{ Ом.} \quad (6.3)$$

$$R_{3y} = 4 \cdot \frac{300}{100} = 12.$$

Тік электродтардың санын экрандауды ескерусіз анықтаймыз, дана:

$$N_{b,p} = \frac{R_B}{R_{3y}} \quad (6.4)$$

$$N_{b,p} = \frac{162}{12} = 13.5.$$

$N_{b,p} = 14$ деп қабылдаймыз.

Тік электродтардың санын экрандауды ескере отырып анықтаймыз, дана:

$$N_{b,p} = \frac{N_{b,p}}{\mu b} \quad (6.5)$$

$$N_{b,p} = \frac{19}{0.76} = 18.42.$$

$N_{b,p} = 19$ деп қабылдаймыз.

Контурлық жерге тұйықтау құрылғысы кемінде 1 м қашықтықта салынғандықтан, онда бетбелгінің периметрі бойынша ұзындығы тең

$$L_{\pi} = (A+2) \cdot 2 + (B+2) \cdot 2 \quad (6.6)$$

$$L_{\pi} = (48+2) \cdot 2 + (36+2) \cdot 2 = 176 \text{ м}$$

Ғимаратының ені бойынша электродтар арасындағы қашықтықты анықтаймыз:

$$l_{ab} = \frac{B'}{nb-1} \quad (6.7)$$

$$l_{ab} = \frac{38}{5} = 7.6$$

Ғимаратының ұзындығы бойынша электродтар арасындағы қашықтықты анықтаймыз:

$$l_{aa} = \frac{A'}{na-1} \quad (6.8)$$

$$l_{aa} = \frac{50}{7} = 7.1.$$

Пайдалану коэффициентін есепке ала отырып, тік электродтар кедергілерінің нақтыланған мәнін анықтаймыз $\mu = 0,45$

$$R_r = \frac{0.4}{L_{n\mu}} \cdot \rho \cdot K_{ces} \cdot \lg. \quad (6.8)$$

Онда $L_{n\mu}$ - электродтың орналасу тереңдігі
 K_{ces} - көлденең жерге тұйықтау маусымдылығы коэффициенті

$$R_r = \frac{0.4}{176 \cdot 0.32} \cdot 300 \cdot 1.8 \cdot \frac{\lg(2 \cdot 176^2)}{0.04 \cdot 7} = 24.3.$$

Пайдалану коэффициентін есепке ала отырып, көлденең электродтар кедергісінің нақтыланған мәнін анықтаймыз:

$$R_B = \frac{162}{19 \cdot 0.71} = 12.008. \quad (6.9)$$

Жерге қосу құрылғысының нақты кедергісін анықтаймыз $R_{зу. \phi}$, Ом

$$R_{зу. \phi} = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B + R_r}. \quad (6.10)$$

$$R_{зу. \phi} = \frac{12,008 \cdot 24,3}{12,008 + 24,3} = \frac{291,8}{36,3} = 8,03.$$

Рұқсат етілген кедергімен теңдігі бойынша жерге тұйықтау құрылғысының кедергісін тексереміз, Ом

$$R_{зу. \phi} \leq R_{зу.}$$

$$8,03 \leq 12.$$

$8,03 \leq 12$ болғандықтан, жерге қосу құрылғысы тиімді болады.

Өндірістік цехтар мен өндірістік кәсіпорындарда жарықтандырудың қаншалықты сапалы ұйымдастырылғанына жұмысшылардың еңбек қауіпсіздігі, сондай-ақ олардың өнімділігі байланысты. Жеткіліксіз жарық өндірісте жарақат алу қаупін арттырады, кәсіпорын қызметкерлерінің денсаулығы мен көңіл-күйінің нашарлауына ықпал етеді. Сонымен қатар, нашар жарықтандыру ақау шығару ықтималдығын арттыра отырып, кәсіпорынның өнімділігіне да әсер етуі мүмкін.

Өнеркәсіптік цехтарда жарықтандыруды жобалау кезінде келесі факторларға назар аудару керек:

- цехтың құрылымдық ерекшеліктері;
- беттердің шағылысу көрсеткіштері;
- осы цехта жүргізілетін жұмыс түрлері.

Цехтардың барлық бөлігінде цехты жинау және күзету үшін кезекші жарықтандыру құрылғысы ұсынылады. Кезекші жарықтандыру ретінде эвакуациялық жарықтандыруды (ЭЖ) және авариялық жарықтандыруды (АЖ) пайдалану орынды.

Өндірістік кәсіпорындардың жөндеу цехтарының жарықтандыруын жөндеу цехтарының жалпы жарықтандыруын разрядтық шамдарды (ЛЛ, ДРЛ, МГЛ), ал жекелеген жағдайларда НЛВД қолдану керек. Люминесцентті шамдарды, әдетте, биіктігі аз үй-жайларда (6-8 м дейін) қолдану керек. Биіктігі 6-8 м астам кран аралықтарында РЛВД қолданылуы керек.

Қыздыру шамдары тиісті техникалық-экономикалық негізделген жағдайларда, негізінен кезекші, тасымалды және жергілікті жарықтандыру ретінде, жарылыс қаупі аз үй-жайларда, АЖ және ЭЖ үшін РЛВД жұмыс жарықтандыруы ретінде пайдалану кезінде қолданылады.

Егер тірек көпірлі крандар болған кезде жөндеу цехтарының аралықтарында шамдарға қызмет көрсету әдетте қиындық тудырмаса, онда аспалы кран-арқалықтар болған кезде жобада жоғарғы жалпы жарықтандыруға қызмет көрсету мүмкіндігі көзделуі тиіс. Ол үшін бас жобалаушы — ұйымның тапсырмасын едендік жылжымалы құрылғылар жобасында есепке алуға, құрылыс бөлігін жобалайтын ұйымның тапсырмасын, жарық техникалық көпіршелерді орнатуға, аспалы кран-балкаларда алмалы-салмалы бесіктерді пайдалану күшімен орнатуға, шамдарға және т. б. қызмет көрсетуге арналған алаңдары бар арнайы тіркеме кран-балкаларды орнатуға беру қажет.

Ені шағын цехтарда (9 м дейін) тіреуіш баспалдақтары мен баспалдақтарынан тіреуіштерге қызмет көрсете отырып, кран асты жолдарынан төмен қабырғаларға тіреуішті орнатуға рұқсат етіледі. Жағдайында жөндеу цехтары (механикалық, электр жөндеу және т. б.) қолданылады, көбінесе жүйе аралас жарықтандыру, мұнда жергілікті жарық верстаках, монтаждау үстелдерде арттыруға мүмкіндік береді жарықтандыру жасауға қажетті жарық бағытын жария етуді қамтамасыз ету ішкі бетінің бұйымдарды, экранированной жалпы жарықтандыру құру, қолайлы бөлу жарықтылық жұмыс аймағында.

Жергілікті жарықтандыруды қолдану еңбек өнімділігін арттыруға, жиі шығарылатын өнімнің ақауын төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл ретте, әдетте, электр энергиясының шығыны мен жарықтандыруды монтаждауға кететін күрделі шығындардың күрт төмендеуі байқалады.

Құрамдастырылған жарықтандыру жүйесі кезінде жалпы жарықтандыру шамдарымен жасалатын жұмыс бетінің жарықтануы жергілікті жарықтандыру үшін қолданылатын жарық көздері кезінде құрамдастырылған жарықтандыру үшін нормаланған 10% - дан кем болмауы тиіс. Бұл ретте құрама жарықтандыру жүйесіндегі жалпы жарықтандырудан жарықтану РЛ жалпы жарықтандыру үшін пайдалану кезінде кемінде 150 және 500 Лк - ден аспауы тиіс және тиісінше ЛН кезінде кемінде 50 және 100 Лк-ден аспауы тиіс.

Табиғи жарықсыз цехтарда құрамдастырылған жарықтандыру жүйесіндегі жалпы жарықтың шырағандарымен жасалатын жарықтың жоғарыда көрсетілгендерге қарағанда үлкен мәні болуы мүмкін.

Өндірістік шаң қатты денелердің механикалық ұсақталуы, шаң тәріздес материалдарды тасымалдау, жанғыш заттардың толық жанбауы және конденсация процестерінде (металдарды құю, электрмен дәнекерлеу және т.б.) пайда болады. Шаң органикалық, органикалық емес және аралас, органикалық және органикалық емес заттардан тұрады.

Механикалық цехтардағы шаңның болуы шекті рұқсат етілген шоғырлану мәнінен (ШРК) аспауы тиіс. Негізгі ластаушы заттар 2 кестеде көрсетілген.

12 кесте - Механикалық цехтардағы шаңның нақты мазмұны

Зиянды зат	Нақты мазмұны, мг/м ³	ШРК, мг/м ³	Қауіп класы
Мұнай минералды майы	3,0-4,5	5	3
Темір тотықтарының шаңы	3,5-4,5	6	4
Көміртегі оксиді	15,0-18,0	20,0	4
Азот тотықтары	2,5-4,5	5,0	2

Бағалы бөлімшелерді желдету немесе желдету жөніндегі ерекше талаптарға бағынышты жабдықтар болмаған кезде әрбір жұмыс істейтін адамда ауа алмасудың әдеттегі нормалары пайдаланылады. Егер шаңның, аэрозольдардың немесе қоспалардың үлкен көлемі бар қондырғылар пайдаланылса, олардың әрқайсысына жергілікті сору орнатылады. Оның қуаты мен өнімділігі жұмыс аймақтарынан жағымсыз компоненттерді шығаруды сақтауға және цех ауасымен бөлінетін бөліністерді ассимиляциялауды болдырмауға тиіс.

Механикалық гильдияның желдеткіші сору-сору жалпы алмасу жүйесін және қосымша жергілікті сору жүйесін пайдалануға негізделген. Мәжбүрлі желдеткіштің механикалық жүйелері қолданылады. Ауа алмасудың табиғи қабілеті жоққа шығарылмайды, бірақ әрбір жеке жағдайда олардың мүмкіндігі әсіресе, сыртқы ауа тайып кетуі көрші тыстардың бағалы тастандыларымен ластануы мүмкін.

Өндірістік желдеткіштердің түрлері мәжбүрлі желдету жүйелеріндегі ауа механикалық құрылғылармен: электрден жұмыс істейтін ауа үрлеу машиналарымен қозғалысқа келтіріледі. Көбінесе радиалды немесе осьтік модельдерді орнатады. Радиалды немесе ортадан тепкіш желдеткіш қалақтары бар дөңгелегі орнатылған корпус пішіні бойынша тағы да "улитка" деп аталады. (32 сурет)



32 сурет - Радиалды ортадан тепкіш желдеткіш

Дөңгелекті айналдыру кезінде ауа корпусқа кіреді, бағытын өзгертеді және қысым астында ауа өткізгішке беріледі. Сорғыш ауа жиі зиянды және агрессивті компоненттерге және тіпті жарылғыш заттарға бай. Мүмкін қоспаларға байланысты желдеткіштер пайдаланылады: +80 градусқа дейінгі температурадағы ауаның стандартты түрі аз мөлшерде шаң; тотығуға қарсы түрі – сілтілер мен қышқылдардың булары үшін; ұшқыннан қорғау – жарылыс қаупі бар ауа қоспалары үшін; шаңды – егер ауада шаң 100 миллиграмм кубометрден артық болса пайдаланылады. Желдеткіштердің нөмірлері дециметрлерде көрсетілген дөңгелектің диаметрін білдіреді. Осьтік желдеткіштер цилиндрлік корпусқа орнатылған көлбеу қалақтар болып табылады. Жұмыс кезінде ауа желдеткіштің осіне параллель қозғалады. Мұндай модельдер көбінесе ірілендірілмеген желілерде, апатты сору каналдарында және кеніштерде орнатылады. Олардың артықшылығы-бір Желдеткіш сору және ағуды жүзеге асыра отырып, екі қарама-қарсы бағытта ауа бере алады. Ауа ауа өткізгіш бойынша қажетті нүктелерге беріледі. Көбінесе оларды табак металдан, ал агрессивті заттармен жұмыс істегенде — пластиктен, керамикадан және басқа да тұрақты материалдардан жасайды.

6.2 Ауаны газ-шаң шығарындыларынан тазарту аппаратын есептеу

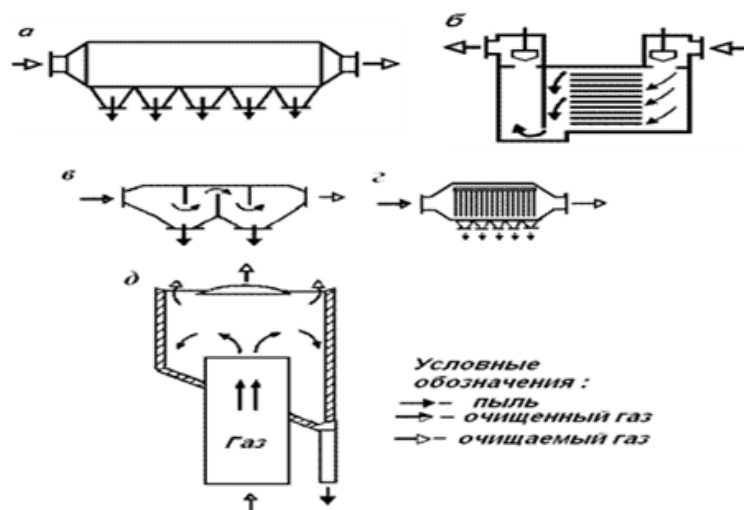
Түрлі металл кесетін станоктары бар механикалық цехтар ауыр өнеркәсіптің барлық кәсіпорындарында қатысады. Цех металл бұйымдарын дайындау бойынша түрлі жұмыстарды орындауға арналған өндірістік үй-жай болып табылады. Цехтың үй-жайы бірнеше аймаққа бөлінген: механикалық, гальваникалық, құрастыру және т.б. негізгі бөліктердің бірі механикалық болып табылады. Ол металл кескіш станоктармен және қосалқы жабдықтармен жабдықталған. Тегістеу технологиялық үдерісте ажырамас оп бөлігі болып табылады. Ол қажетті конфигурацияға және бөлшектің сапасына қол жеткізуге мүмкіндік береді, бұл бөлшекті қамтитын механизмнің тоқтаусыз жұмысын қамтамасыз етеді.

Металл кесетін станоктарда жұмыс істеу әрдайым қауіпсіз емес және жұмыс жағдайына қолайсыз әсер ететін бірқатар зиянды факторлар бар. Сондай-ақ түрлі шаң, зиянды заттар және артық жылу бөлінуі мүмкін. Осыған байланысты қосымша қорғаныс шаралары және жабдықты пайдалану қауіпсіздігін қамтамасыз ететін шаралар қажет.

Сондықтанда мен тіршілік қауіпсіздігі бөлімінің есептік бөлігінде ауаны газдан тазарту аппаратының есебін ұсынуды шештім.

Ол үшін мен қарапайым шаңсорғыш камераны яғни шаң ұстағыш құрылғыны пайдаландым.

Шаңсорғыш камера ішінде қуыс немесе вертикальды сөрелері бар тікбұрышты қорап, оның төменгі бөлігінде шаң жинауға арналған тесік немесе бункер бар (33 сурет). Горизонталь және вертикаль газ ағындарынан жеткілікті тығыздықтағы құрғақ қатты дисперсті шаңды қатты тазалау үшін қолданылады. Камерадағы газ жылдамдығы 0,2 – 1,5 м/с, гидравликалық кедергі 50 – 150 Па құрайды. Тазалау дәрежесі 40-50 % аспайды. Ауа ағыны бар камераға түсетін шаң бөлшектері инерция күштерінің және ауырлық күшінің әсерінен болады.



a - шаңсорғыш көлденең камера; *б*- көпқырлы камера; *в*-қалқаны бар камера; *г*-тізбекті немесе сым перделері бар камера. *д* –вертикальды камера

33 сурет - Шаңсорғыш камералар

Артықшылықтары: Төмен аэродинамикалық кедергісі бар, сондықтан қарапайым және дешева пайдалануда.

Кемшіліктері: қатты және төмен тазалау дәрежесі.

Қарапайым конструкциядағы шаңсорғыш көлденең камера 1 (33,а сурет) суретте ұсынылған. Тозаңдатылған газ ағыны камераның сепарациялық кеңістігінде баяу қозғалады, ал шаң бөлшектері одан шаң жинағыштың секциясына түседі. Мұндай конструкция қарапайым, бірақ тым үлкен, өйткені айыру камерасы көлденең жазықтықта газдың жеткілікті баяу қозғалысын

қамтамасыз ету және қалаусыз жергілікті турбуленттік ағындарды болдырмау үшін өте көлемді болуы тиіс.

Көпполкалы камерада 1 (33,б сурет сонымен қатар, газ ағынының тік турбуленттік араластырылуын болдырмайды және газ ағынының үлкен жылдамдығымен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Шаңды жою үшін сөрелер көлбеу жасалынады; сондай-ақ дірілдеткіш, жұдырықшалы сілкілеу құрылғылары қолданылады.

Қабырғалары бар камерада 9 (33,в сурет) гравитациялық күштерден басқа инерциялық және тазалау тиімділігін арттырады.

Шаң отырғызу камерасында 9 (33, г сурет) инерциялық кеңістікте тізбекті немесе сым перделері бар, олар газқозғалтқыштардың көлденең қозғалысын тежейді, шаңды сүзеді, кездейсоқ турбулентті ағындарды бөледі. Тік шаң отырғызу камерасы 9 (33, д сурет) көрсетілген. Шаң бөлшектеріне әсер ететін ауырлық күші және газдың қарсы кедергісі қарама-қарсы бағытталған. Газ ағыны газдан шығып, кеңейеді, оның жылдамдығы айтарлықтай төмендейді және одан шаң бөлшектері түседі. Шаң бөлшектерінің камераның осьтік аймақтарынан ығысуы үшін оның жоғарғы бөлігінде шағылыстырғыш диск орнатылған.

Сонымен қатар, газ ағыны w_r жылдамдығымен бірге көлденең бағытта қозғалады және бір мезгілде $w_{\text{вит}}$ айналу жылдамдығына тең жылдамдықпен төмен түседі. Шаңның бөлшектері, егер ол газ ағыны оны камерадан шығарғаннан бұрын камера түбіне жеткен болса, ауланады.

Таңдалған жабдықтың аэрозольді ұстау үшін негізгі жұмыс сипаттамаларына есептеу жүргіземін.

Күкірт колчеданын күйдіру пешінің газдарынан шығатын пиритті от шаңы.

Қалыпты жағдайда шығатын газдардың шығыны:

$$Q_{\text{nu}} = 9500 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{час}} \right).$$

Шығатын газдардың орташа температурасы, град. Цельсия:

$$T_{\text{sred}} = 210.$$

Аэрозоль бөлшектерінің ең аз диаметрі, микрон:

$$D_{\text{min}} = 35.$$

Дисперсиялық фазаның құрамы:

Fe₂O₃, % CFe₂O₃=90

FeS, % CFeS=5

балласт, % Cballast=5

Шаң отырғызу камерасындағы сөрелер саны: N=4

12 кесте - Анықтамалық деректер

Дисперсиялық ортаның тығыздығы	$\rho_{sr} = 0,83(\text{кг/м}^3)$
Дисперсиялық ортаның тұтқырлығы	$C_{\mu sr} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$
Тығыздығы Fe_2O_3	$\rho_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 5300 (\text{кг/м}^3)$
Тығыздығы FeS	$\rho_{\text{FeS}} = 4600 (\text{кг/м}^3)$
Балласт тығыздығы:	$\rho_{ballast} = 4700(\text{кг} / \text{м}^3)$

Пиритті оттан шаң бөлшектерінің тығыздығын анықтаймыз:

$$\rho_{PP} = \rho_{\text{FeS}} \cdot \frac{C_{\text{FeS}}}{100} + \rho_{ballast} \cdot \frac{C_{ballast}}{100} + \rho_{\text{Fe}_2\text{O}_3} \cdot \frac{C_{\text{Fe}_2\text{O}_3}}{100}. \quad (6.11)$$

$$\rho_{PP} = 5,235 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Бөлшектердің шөгу жылдамдығын анықтаймыз:

$$U_0 = \frac{(D_{\min} \cdot 10^{-6})^2}{18 \cdot \mu_{sr}} \cdot \frac{(\rho_{PP} - \rho_{sr}) \cdot 9,81}{18 \cdot \mu_{sr}}. \quad (6.12)$$

$$U_0 = 0,025 \text{ м/с}.$$

Рейнольдс критерийін есептейміз:

$$\text{Reinolds} = \frac{U_0 \cdot D_{\min} \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{sr}}{\mu_{sr}}. \quad (6.13)$$

$$\text{Reinolds} = \frac{0,025 \cdot 35 \cdot 10^{-6} \cdot 0,83}{1,2 \cdot 10^{-5}} = 0,06.$$

Өйткені $\text{Reinolds} < 0.4$ камера жұмыс режимі ламинарлық.

Ені $B = 2$ метр және биіктігі $H = 2$ метр шаң отырғызу камерасының өлшемін таңдаймыз: $B = 2, H = 2$.

Көлемді жылдамдықты және газ - әуе ағынының қозғалыс жылдамдығын есептейміз:

$$Q_{210} = Q_{nu} \cdot \frac{T_{sred} + 273}{273}. \quad (6.14)$$

$$Q_{210} = 9500 \cdot \frac{210+273}{210} = 16,8 \cdot 10^3 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}.$$

$$V_{210} = \frac{Q_{210}}{B \cdot H \cdot 3600}.$$
(6.15)

$$V_{210} = \frac{16,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 2 \cdot 3600} = 1,16 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Шаң отырғызу камерасының ұзындығын есептейміз:

$$L = H \cdot \frac{V_{210}}{U_0}.$$
(6.15)

$$L = 2 \cdot \frac{1,16}{0,025} = 46,4 \text{ м}.$$

Шаң тұтқыш камерамен пиритті отты шаң ұстау тиімділігін есептейміз:

$$\eta = \frac{L \cdot U_0}{H \cdot V_{210}}.$$
(6.16)

$$\eta = \frac{46,4 \cdot 0,025}{2 \cdot 1,16} = 0,5.$$

Шаң ұстау камерасында пиритті от шаңының тұну уақытын есептейміз:

$$\tau = \frac{H}{U_0}.$$
(6.17)

$$\tau = \frac{2}{0,025} = 80 \text{ сек}.$$

Көпполкалы шаңсорғыш камераның ұзындығын есептейміз:

Сөрелер саны $N=4$.

$$L_m = \frac{H}{N} \cdot \frac{V_{210}}{U_0}.$$
(6.18)

$$L_m = \frac{2}{4} \cdot \frac{1,16}{0,025} = 23,2 \text{ м}.$$

Көпполочнолды шаң ұстау камерасымен пиритті оттың шаңын ұстау тиімділігін есептейміз:

$$\eta_m = \frac{L_m \cdot U_0}{\frac{H}{N} \cdot V_{210}} \quad (6.19)$$

$$\eta_m = \frac{23,2 \cdot 0,025}{\frac{2}{4} \cdot 1,16} = 1.$$

Шаң ұстау камерасында пиритті от шаңының тұну уақытын есептейміз:

$$\tau = \frac{H}{U_0} \quad (6.20)$$

$$\tau = \frac{2}{0,025} = 80 \text{ сек.}$$

Шаң отырғызу камерасының кедергі коэффициентін есептейміз:

$$\xi = \frac{24}{\text{Reinolds}} \quad (6.21)$$

$$\xi = \frac{24}{0,06} = 400.$$

Шаң отырғызу камерасының қарсылығын есептейміз:

$$\Delta P = \xi \cdot \frac{V_{210}^2}{2} \cdot \rho_{sr} \quad (6.22)$$

$$\Delta P = 400 \cdot \frac{1,16^2}{2} \cdot 0,83 = 223,3 \text{ Па.}$$

Электрқозғалтқыштың қуатын анықтаймыз:

$$N_{dw} = \frac{K_z \cdot \Delta P \cdot Q_{210}}{\eta_p \cdot \eta_w \cdot 3600 \cdot 1000} \quad (6.23)$$

мұндағы, қор коэффициенті - $K_z = 1,23$;

беру ПӘК - $\eta_p=0,92\dots0,95$;

желдеткіштің пәк - $\eta_w=0,65\dots0,80$.

$$N_{dw} = \frac{1,23 \cdot 223,3 \cdot 16,8 \cdot 10^3}{0,92 \cdot 0,65 \cdot 3600 \cdot 1000} = 2,14 \text{ кВт.}$$

Қорытынды. Мен дипломдық жұмысымның тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде механикалық цехты қауіптен сақтау шараларының жиынтығын қарастырдым. Яғни, механикалық цехтағы өрт қауіпсіздігін, электр қауіпсіздігін, желдетуді және жарықтандыру нормаларын. Өндіріс орнындағы зиянды факторларды анықтап олардың алдын алу шарасында қажетті аппараттарды тауып оларға сипаттама бердім. Сонымен қатар ауаны газ-шаң шығарындыларынан тазарту аппаратын таңдап есептеу жүргіздім.

7 Экономикалық бөлім

7.1 Электр жетекті жетілдіруге кететін шығындарды есептеп, жетілдіру тиімділігін ақшалай бағалау

Көпірлі кранның басқару жүйелерін жиілікті түрлендіргіш пен асинхронды қозғалтқыштарды пайдалана отыра басқару электр энергиясын үнемдеп, сыртқы әсерлер факторларынан қорғайды және оның қолдану мерзімін ұзартады.

Аппараттық құрылғыларды таңдау кезінде элементтер базасының барынша тиімді, сенімді қолайлы түрлерін таңдаймыз.

Қамтамасыз ететін аппараттық құрылғылар: жиілік түрленгіштер, күштік модульдер, қосындылайтын құрылғылар, сонымен қатар басқару жүйелерінің аналогты сигналдарын қадағалауға арналған сандық аспаптар және т.б. Осыған байланысты біз экономикалық тиімділікті қамтамасыз етуіміз қажет.

Біздің жобаланған нұсқамызда электр жетек жүйесін таңдау және бастапқы шығындарымен, жөндеу, пайдалану кезіндегі шығындары, кран құрылғыларын тоқтату және бөлу үшін тұтынылатын энергия шығындары аз мөлшерде шығын шығару мүмкіндігін қамтамасыз етуіміз қажет.

Тиімді қаржы көрсеткіштеріне жеткізетін жүйе таңдалуы тиіс. Егер салыстырылатын жүйелердің қаржылық сипаттамалары жақын болған жағдайда (айырмашылығы 15%-дан аспайтын), онда массогабаритті көрсеткіштер және электр жабдығын орналастыру шарттары бойынша қосымша бағалау орындалады.

Бұл жобаның экономикалық тиімділігін анықтау мақсатында капиталдық шығын есептелінеді.

Электр энергиясының шығындары номинал қуат қозғалтқышының бір жылда тұтынатын электр энергиясымен, сонымен қатар электр энергиясының тарифтік құнымен анықталынады.

Электрлі жетек пен жұмыс механизмдерінің жөндеу жұмыстарының құны әр бөлек есептелінеді.

Реттелетін электр жетегін таңдау арқылы қажет болған жағдайда технологиялық процестер жылдам басқарылады. Жәнеде, технологиялық режимді орнатуға, дәл ұстап тұруға мүмкіндік береді, осылайша бүкіл технологиялық процестерді аса дәлдікпен басқарып отыруға мүмкіндігіміз болады.

Сонымен бұл технологиялық процестерді оңай түзетіп отыраға мүмкіндік аламыз.

Электр энергия шығынын азайту үшін технологиялық процестерді жүргізгенде реттелетін электр жетегін пайдалансақ, көптеген жақсы нәтижелерге қол жеткізе аламыз.

13 кестеде есептеу жүргізетін жүйелеріміздің берілген техникалық мәліметтері келтірілген.

13 кесте – Есептеу жүргізетін жүйелеріміздің берілген техникалық мәліметтері

Параметрлері	Базалық нұсқа	Бағасы	Жобаланған нұсқа	Бағасы
Қозғалтқыш түрі	АИР200L8У3	333000	4А225М8У3	510000
Қуаты, кВт	22	-	30	-
ПӘК,	0,81	-	0,9	-
Айналу жиілігі, айн/мин	750	-	750	-
Электромагнитті тежегіш	-	-	VFD-S	65000
Түрлендіргіш			ATV71HD30N4	1070000
Түрлендіргіш қуаты, кВт	-	-	30	-
Түрлендіргіш ПӘК	-	-	97	-
Беріліс механизмі	Жылдамдық қорапшасы	2150000	-	-
Іске қосып реттегіші		635000		368000

7.2 Электр жетекті жетілдіруге қажетті капиталды шығындар

Капиталдық шығындар деп біз негізгі қорларды жақсартуға және жаңа түрлеріне жұмсалатын қаражатты айтамыз. Жаңа қондырғыларды және аспаптарды алуға кеткен шығындармен, келтірілетін шығындар және монтаж жасауға кететін шығындар арқылы капиталды шығынды есептейміз.

Электр жетектің негізгі және көп мөлшерде қаражат қажет ететін құраушыларына қозғалтқыш, түрлендіргіш және беріліс механизмі жатады.

База нұсқасы бойынша капиталды салымды есептеймін:

$$k_{ж1} = k_{эж1} + k_{1кра1} + k_{жк} = 333000 + 635000 + 215000 = 3118000 \text{ тг}, \quad (7.1)$$

мұндағы, $K_{эж1}$ - Қозғалтқыштың құны, теңге;

$K_{1кра1}$ - іске қосып реттейтін аппаратураның құны, теңге;

$K_{жк}$ - жылдамдық қорапшасының құны, теңге.

Жобалық нұсқа бойынша капиталды салымды есептеймін:

$$k_{ж2} = k_{эж2} + k_{1кра1} + k_{жт} = 510000 + 368000 + 1070000 = 1948000 \text{ тг}, \quad (7.2)$$

$K_{эж2}$ - асинхронды қозғалтқыш құны, теңге;

$K_{\text{КРА}2}$ - іске қосып реттейтін апаратураның құны, теңге;

$K_{\text{ЖТ}}$ - жиілікті түрлендіргішінің құны, теңге.

Эксплуатациялық шығындарды есептеу. Электрлі жетек пен жұмыс механизмдерінің жөндеу жұмыстарының құны әр бөлек есептеледі. Электр жетек бойынша бұл өлшемдерді электрлік жетектің құнынан 6% деп, ал жұмыс механизмдері үшін электрлі жетек құнынан 5% деп аламыз. Осыдан жөндеу жұмыстарының құны шығарылады.

Базалық нұсқа үшін:

$$k_{\text{ЖК}1} = (0,06 + 0,05) \cdot k_{\text{ЭЖ}1} = 0,11 \cdot 333000 = 36630, \text{ тг.} \quad (7.3)$$

Жобаланатын нұсқа үшін:

$$k_{\text{ЖК}2} = (0,06 + 0,05) \cdot k_{\text{ЭЖ}2} = 0,11 \cdot 510000 = 56100, \text{ тг.} \quad (7.4)$$

Транспортты дайындау жұмыстары бойынша, электр жетектің, жөндеу жұмыстарының құны 2% құрайды.

Базалық нұсқа үшін:

$$k_{\text{ЖК}1} = (k_{\text{Ж}1} + k_{\text{ЖК}1}) \cdot 0,02 = (3180000 + 107360) \cdot 0,02 = 65747, \text{ тг.} \quad (7.5)$$

Жобаланатын нұсқа үшін:

$$k_{\text{ЖК}2} = (k_{\text{ЭЖ}2} + k_{\text{ЖК}2}) \cdot 0,02 = (1948000 + 56100) \cdot 0,02 = 40082 \text{ тг.} \quad (7.6)$$

Жөндеу ұйымдары көрсеткен жөндеу жұмыстарының құны 10%:

Базалық нұсқа үшін:

$$k_{\text{Ж}1} = 0,1 \cdot k_{\text{ЖК}1} = 0,1 \cdot 36630 = 3663, \text{ тг.} \quad (7.7)$$

Жобаланатын нұсқа үшін:

$$k_{\text{Ж}2} = 0,1 \cdot k_{\text{ЖК}1} = 0,1 \cdot 56100 = 5610, \text{ тг.} \quad (7.8)$$

Екі нұсқа бойынша капитал салымдарына жүргізілген есептеулерді 14 кестеге толтырамыз.

7.3 Еңбек сыйымдылығы

Пайдаланылған шығындарды есептеудің маңызы зор. Жетектердің салыстырылуы кезеңдері бойынша 20 жылдық аралықты меншіктелейміз.

Электр энергиясының шығындары номинал қуат козгалтқышының бір жылда тұтынатын электр энергиясымен, сонымен қатар электр энергиясының

тарифтік құнымен анықталады. Жылдық энергияны есептеу, электржетектің бір жыл ішінде жұмыс істейтін уақыттың қосындысын білу қажет, оны қолдану коэффициентімен анықтаймыз:

$$k_{\text{сын}} = \text{ЖҰ} \cdot \frac{t_{\text{жұм.үз}}}{t_{\text{а.ж}}} \quad (7.9)$$

мұндағы, $t_{\text{жұм.үз}} = 8 \text{ сағ}$;

$t_{\text{а.ж}}$ -ауысымдағы жұмыс сағаты, $t_{\text{үз}} = 8 \text{ сағ}$. $K_{\text{сын}} = 1$.

14 кесте - Капитал салымды есептеу нәтижелері

Құралдардың жиынтығы	Базалық нұсқа	Жобаланған нұсқа
Асинхронды қозғалтқыш, теңге	333000	510000
Түрлендіргіш, теңге.	-	1070000
Іске қосу реттегіш аспаптары, теңге	635000	368000
Механикалық беріліс, теңге	2150000	-
Жөндеу жұмыстары, теңге	36630	56100
Транспорттық жұмыстар, теңге.	65747	40082
Жөндеу жоспарлау жұмыстары, теңге.	3663	5610
Капиталды салымдардың қосындысы, теңге	3224040	2049792

Құрылғының бір жыл ішіндегі жұмыс сағатын анықтаймыз:

Жұмыс ұзақтығы – $\text{ЖҰ} = 17$

$$T_{\text{к}} = T_{\text{жұм.к}} \cdot P_{\text{ауыс.с}} \cdot T_{\text{жжк}} \cdot k_{\text{сын}} = 300 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 1 = 4800, \text{ сағ} \quad (7.10)$$

мұндағы, $T_{\text{жұм.к}}$ - бір жылдағы жұмыс күнінің саны,

$T_{\text{жжк}} = 300$;

$P_{\text{ауыс.с}}$ -ауысым саны, $P_{\text{ауыс.с}} = 2$.

Бір жылда тұтынатын энергияны анықтаймыз.

Базалық нұсқа үшін:

$$\mathcal{E}_{\text{ж1}} = P_{\text{н.эк}} \cdot \frac{T_{\text{к}}}{\eta_{\text{пн}}} \quad (7.11)$$

мұндағы, $P_{\text{н.эк,пн}}$ - қозғалтқыштың номинал параметрлері:

$$\mathcal{E}_{\text{ж}} = 22 \cdot \frac{4800}{0,8} = 132000 \text{ кВт}\cdot\text{сағ.} \quad (7.12)$$

Жобаланатын нұсқа үшін келесідей:

$$\mathcal{E}_{\text{ж}} = 30 \cdot \frac{4800}{0,68} = 211765 \text{ кВт}\cdot\text{сағ.} \quad (7.13)$$

Осыдан базалық нұсқа үшін шығындар:

$$C_{\text{ш1}} = \mathcal{E}_{\text{ж1}} \cdot C_{\text{кос}} + P_{\text{орн}} \cdot C_{\text{нег}}, \quad (7.14)$$

мұндағы, $C_{\text{нег}}$ -негізгі тарифтік құны,
 $C_{\text{нег}} = 20$ тенге /кВтсағ;
 $C_{\text{кос}}$ -қосымша тарифтік құны;
 $C_{\text{кос}} = 20$ /кВтсағ.

$$C_{\text{ш1}} = 132000 \cdot 20 + 22 \cdot 20 = 2640440, \text{ тг.}$$

Жобаланатын нұсқа үшін:

$$C_{\text{ш2}} = 211765 \cdot 20 + 30 \cdot 20 = 4235900 \text{ тг.}$$

Амортизациялы аударым электржетектің сметалы құнының 9,6%-
кұрайды.

Базалық нұсқа үшін:

$$C_{a1} = 0,095 \cdot K_{\text{ж1}} = 0,095 \cdot 3118000 = 296210, \text{ тг.} \quad (7.15)$$

Жобаланатын нұсқа үшін:

$$C_{a2} = 0,095 \cdot K_{\text{ж2}} = 0,095 \cdot 1948000 = 185060, \text{ тг.} \quad (7.16)$$

Тартқыш қозғалтқышты жөндеу циклының жоспарланған ұзақтығын
есептеу:

$$T_{\text{кесте.коз}} = T_{\text{кесте.коз}} \cdot \beta_0 \cdot \beta_p, \quad (7.17)$$

мұндағы, $T_{\text{кесте.коз}}$ - қозғалтқыш үшін жөндеу циклдарының ұзақтығы
 $T_{\text{кесте.коз}} = 9$ жыл;
 β_p -қондырғы жұмыс сметасымен анықтау коэффициенттері;
 β_0 -қондырғының негізгі категориясына қатысты машинаның жөндеу
циклын ескеретін коэффициент.

$$T_{T.AK}=99 \cdot 2 \cdot 0,8585=15,2 \text{ ЖЫЛ.} \quad (7.18)$$

Жиілік түрлендіргіш үшін:

$$T_{TЖТ}=T_{KЕС.ЖТ} \beta_0, \quad (7.19)$$

мұндағы, T- жиілік түрлендіргіш үшін жөндеу циклының ұзақтығын аламыз,

$$T_{KЕС.ЖТ}=6 \text{ ЖЫЛ.}$$

$$T_{TЖТ}=0,85 \cdot 6=5.$$

Жылдамдық қорапшасы үшін:

$$T_{TЖК}=T_{KЕС.ЖК} \cdot \beta_0. \quad (7.20)$$

$T_{KЕС.ЖК}$ - жылдамдық қорапшалары үшін жөндеу цикл ұзақтығы, $T_{KЕС.ЖК}=5$ ЖЫЛ;

$$T_{TЖК}=0,85 \cdot 5=4,25$$

Энергетикалы қондырғы атқарымдары, асинхронды қозғалтқыш үшін екі жөндеу жұмыстары арасындағы күнтізбелік уақытпен ай түрінде көрсетілген:

$$t_{TЭК}=t_{KЭС.ЭК} \cdot \beta_p \cdot \beta_0=9 \cdot 2 \cdot 0,7=12,5 \text{ ай.} \quad (7.21)$$

Жиілік түрлендіргіш үшін:

$$t_{TЖТ}=t_{KЭС.ЖТ} \cdot \beta_0=6 \cdot 0,7=4,2 \text{ ай.} \quad (7.22)$$

Жылдамдық қорапшасы үшін:

$$t_{TЖК}=t_{KЭС.ЖК} \cdot \beta_0=5 \cdot 0,7=3,5 \text{ ай.} \quad (7.23)$$

Алынған өлшемдер бойынша бір жылдың ішінде ағымдағы және капитал жөндеу жұмыстар санын есептеуге болады. Капитал жөндеу жұмыстар саны келесідей:

Бір жылдық ағым жөндеу жұмыстарына сәйкесінше анықталады:

$$M_{Ж.А.ЖК}=0,079$$

$$M_{T.P.ЖТ}=0,238$$

$$M_{T.P.KC}=0,2285$$

Бір жылға тапсырылған жөндеу жұмыстар саны, сонымен қатар еңбек сыйымдылықтарының тапсыру нормалары бойынша жылдық жөндеу жұмыстарының еңбек сыйымдылықтары анықталады. Электрлі машиналардың жылдық еңбек сыйымдылықтары мынадай формулалармен анықталады:

$$T_{K.K.ЖЖ}=M_{K.K.ЖЖ} \cdot N_{K.K.ЖЖ} \cdot K_{\omega}, \quad (7.24)$$

мұндағы, $N_{K.K.ЖЖ}$ - қозғалтқыш үшін капитал жөндеу жұмыстары еңбек сыйымдылық нормасы;

$$N_{K.K.ЖЖ} = 31 \text{ адам/сағат};$$

K_{ω} - түзету коэффициенті, электрқозғалтқыш айналу жиілігін ескеретін, $K_{\omega}=1,1$.

$$T_{K.K.ЖЖ} = 0,065 \cdot 31 \cdot 1,1 = 2,2 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}.$$

Түрлендіргіш үшін:

$$T_{K.K.ЖЖ} = 0,196 \cdot 50 = 9,8 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}.$$

Жылдамдық қорапшасы үшін:

$$T_{K.K.ЖЖ} = M_{K.K.ЖЖ} \cdot N_{K.K.ЖЖ} \cdot K_{\omega} = 0,235 \cdot 43 \cdot 1,1 = 11,11 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}.$$

Ағымдағы жөндеу жұмыстардың сәйкесінше түрі үшін еңбек сыйымдылығының капитал жөндеу жұмыстарының еңбек сыйымдылығы тәрізді анықтаймыз:

$$T_{T.P.ЖК} = M_{T.P.ЖК} \cdot N_{T.P.ЖК} \cdot K_{\omega} = 0,079 \cdot 7 \cdot 1,1 = 0,608 \text{ адам/сағат.}$$

$$T_{T.P.ЖК} = M_{T.P.ЖК} \cdot N_{T.P.ЖК} \cdot K_{\omega} = 0,238 \cdot 15 \cdot 1,1 = 3,9 \text{ адам сағат.}$$

$$T_{T.P.ЖК} = M_{T.P.ЖК} \cdot N_{T.P.ЖК} \cdot K_{\omega} = 0,285 \cdot 59 \cdot 1,1 = 18,49 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}.$$

Іске қосып реттегіш аспаптары үшін жылдық капитал жөндеу жұмыстарының еңбек сыйымдылығы электр жетек капитал (ағымдағы) жөндеу жұмыстарының 25%-і алуға болады:

$$T_{T.P.ЖК} = 0,25 \cdot T_{K.K.ЖЖ} = 0,25 \cdot 2,2 = 0,574 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}.$$

$$T_{Т.Р.ЖК}=0,25 \cdot (T_{К.К.ЖЖ} + T_{кр.ЖТ}) = 0,25 \cdot (2,2 + 9,8) = 3,02 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}$$

Қондырғының техникалық қызмет еңбек сыйымдылығы, ағымдағы жөндеу жұмыстарының еңбек сыйымдылығы нормасының 10% деп, түзету коэффициенттерін ескермей аламыз.

$$T_{Т.Р.ЖК} = 0,1 \cdot 12 \cdot Н.$$

$$T_{Т.Р.ЖК} = 0,1 \cdot 12 \cdot 7 = 8,4 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}$$

$$T_{Т.О.ЖТ} = 0,1 \cdot 12 \cdot Н.$$

$$T_{Т.Р.ЖК} = 0,1 \cdot 12 \cdot 15 = 18 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}$$

$$T_{Т.О.ЖК} = 0,1 \cdot 12 \cdot Н.$$

$$T_{Т.Р.ЖК} = 0,1 \cdot 12 \cdot 59 = 70,8 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}$$

$$T_{Т.О.КРА} = 0,1 \cdot T_{ОЖ.К} = 0,1 \cdot 8,4 = 0,84 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}$$

$$T_{Т.О.КРА2} = 0,1 \cdot (T_{ТОЖК} + T_{ТОЖТ}) = 0,1 \cdot (8,4 + 18) = 2,64 \frac{\text{адам}}{\text{сағат}}$$

Жөндеу жұмысы мен техникалық қызмет еңбек сыйымдылығының жүргізілген есептеулерді салыстыру ыңғайлығына қарай 15 кесте құрамыз.

15 кесте – Есептеу нәтижелері

Қондырғы түрі	Базалық нұсқа	Жобалы нұсқа
Капиталды жөндеу жұмысының жылдық еңбек сыйымдылығы, адам/сағат		
Асинхронды қозғалтқыш	22	30
Түрлендіргіш	-	9,8
Іске қосу реттеу аппараттары	0,574	3,03
Механикалық беріліс	11,11	-
Ағымдағы жөндеу жұмысының жылдық еңбек сыйымдылығы, адам/сағат		
Электрлі қозғалтқыш	0,608	0,608
Түрлендіргіштер	-	3,57
Іске қосу реттеу аппараттары	0,575	3,03
Механикалық беріліс	18,49	-
Электрлі қозғалтқыш	8,4	8,4
Түрлендіргіш	-	18
Іске қосу реттеу аппараттар	0,84	2,64
Механикалық беріліс	70,8	-
Пайдаланылатын қондырғы еңбек сыйымдылық қосындысы	133,397	79,078

7.2 Электр жетекті жетілдіру тиімділігін ақшалай бағалау

Қолданатын қондырғының белгілі жылдық еңбек сыйымдылығы, жөндеу жұмысына қойылатын тарифтік құнды ескерсек, сонымен қатар сәйкес салықтарды, осыдан келіп жөндеу жұмысының бір жылдық жалақыға кететін шығынды анықтаймыз.

Базалық нұсқа бойынша:

$$C_{E1} = C_{\text{тар}} \cdot C_{\text{сал}} \cdot T \sum 1, \quad (7.23)$$

мұндағы, $C_{\text{тар}}$ - жөндеу жұмыстарының сағатты тариф құны разряды бойынша), $C_{\text{тар}} = 2150$ теңге/сағ;

$C_{\text{сал}}$ - жалақы беруге байланысты, салықты төлеген шығындарды анықтау коэффициенті:

9,5% - әлеуметтік салық,

10% - зейнетақы қор аударымы,

25% - сыйлық ақы аударымы,

10% - қосымша жалақы төлеуге аударым.

$T \sum 1$ - пайдаланылатын қондырғы еңбек сыйымдылық соммасы.

$$C_{E1} = 2150 \cdot (0,95 + 0,1 + 0,25 + 0,1) \cdot 133,397 = 401534 \text{ тг.}$$

Жобаланатын нұсқа үшін:

$$C_{E2} = C_{\text{тар}} \cdot C_{\text{сал}} \cdot T \sum 2, \quad (7.24)$$

$$C_{E1} = 2150 \cdot (0,095 + 0,1 + 0,25 + 0,1) \cdot 79,078 = 238025, \text{ тг.}$$

Базалық нұсқа үшін:

$$C_{\text{мат1}} = C_{\text{тар}} \cdot T \sum 1 = 2150 \cdot 133,397 = 286804, \text{ тг.} \quad (7.25)$$

Жобаланатын нұсқалар:

$$C_{\text{мат2}} = C_{\text{тар}} \cdot T \sum 2 = 2150 \cdot 79,078 = 170018, \text{ тг.} \quad (7.26)$$

Жалпы цех шығыны салықты ескермей негізгі жалақыны 100% деп аламыз:

$$C_{\text{ц1}} = C_{\text{мат1}} = 286804, \text{ тг,}$$

$$C_{Ц2}=C_{МАТ2}=170018, \text{ тг.}$$

Жалпы зауыттық шығын салықты ескермей негізгі жалақының 50% деп аламыз:

$$C_{з1}=0,5 \cdot C_{Ц1}=0,5 \cdot 286804=143402, \text{ тг,}$$

$$C_{з2}=0,5 \cdot C_{Ц2}=0,5 \cdot 170018=85009 \text{ тг.}$$

Осылайша, кондырғыны пайдаланылатын электр бөліктің жылдық шығынын есептеу мен екі нұсқа үшін жылдық пайдалану шығынын есептеп бірге, екі нұсқа үшін керек өлшемдерді таптық.

$$C_{\text{пай}}=C_E+C_{\text{мат}}+C_{\text{ц}}+C_{з}+C_{\text{э}}+C_A, \quad (7.27)$$

$$C_{\text{пай1}}=1571252, \text{ тг.}$$

$$C_{\text{пай2}}=1115778, \text{ тг.}$$

Қабылданған экономика бөлімі шешімдеріне талдау жүргізгенде келтірілген шығын тәсілін қолданамыз:

$$\text{Ш}=E_H \cdot K + C_{\text{пайд}}. \quad (7.28)$$

$$E_H=0,15.$$

$$\text{Ш}_1=0,15+1571252=1571252,15 \text{ тг.}$$

$$\text{Ш}_2=0,15+1115778=1115778,15 \text{ тг.}$$

Экономикалық тиімділік есептеледі:

$$\text{Э}=\text{Ш}_1 - \text{Ш}_2=1571252,15 - 1115778,15=455474 \text{ тенге} \quad (7.29)$$

16 кестеде салыстырылып отырған жетек жүйелерінің технико-экономикалық көрсеткіштері келтірілген.

Қорытынды. Есептелген нәтиже бойынша жобаланған нұсқаның тиімділігін анықтадым. Тиімділік көрсеткіштері өндіріс орнының қаржылық жұмысын бағалау үшін және инвестициялық саясат пен баға беру үшін қолданылады. Бағалаудың белгісі ең аз келтірінді шығындар болып табылады. Менің есептеу жұмысымның нәтижесінде жобалаған нұсқам экономикалық тиімді болып шықты.

16 кесте - Салыстырылып отырған жетек жүйелерінің технико-экономикалық көрсеткіштері

Атаулары	Базалық нұсқа	Жобаланған
Қозғалтқыш номинал қуаты, кВт	22	30
Қозғалтқыш номинал ПЭК, %	0,81	0,9
Түрлендіргіш номинал ПЭК, %	-	0,97
Капитал салымы, мың теңге	3118000	1948000
Амортизациялы аударым, мың теңге	296210	185060
Тұтынылған электрэнергия бағасы, мың теңге	132000	211765
ЭЖ жөндеуге кеткен материал құны, мың.теңге	286804	170018
Цех шығындары, мың.теңге	286804	170018
Жалпы зауыттық шығындар, мың.теңге	143402	85009
Жылдық пайдалану шығындары, мың.теңге	1571252	1115778
Келтірілгеншығындар, мың.теңге	1571252,15	1115778,15
Экономикалық тиімділік, мың.теңге	455474	

Қорытынды

Дипломдық жұмыста берілген тапсырма бойынша жүк көтергіштігі 15 тонна көпірлі кранның көтеру механизмі үшін скалярлық басқарылатын автоматтандырылған электр жетегі ұсынылды.

Жұмыста көпірлік кранның қолдану аясы, түрлері, конструкциясы, жүк көтеру технологиялық үрдістеріне талдау жасалды. Кранның кинематикалық сұлбасына талдау жасалып, электр жетегінің механикалық бөлігінің ерекшеліктері анықталды.

Кранның жетегі бойынша мәліметтер, соның нәтижесінде автоматтандырылған электр жетегіне, басқару жүйесіне қойылатын талаптар анықталды. Ең тиімді электр жетегі жүйесі ретінде «жиіліктік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесі таңдалынды.

Кранның жүктемелеріне есептеу жүргізіліп, механизмның және электр жетегінің жүктемелік диаграммалары тұрғызылды. Есептік қуатқа және жылдамдыққа сәйкес қуаты 30 кВт тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдалып, оны қызуға және артық жүктелуге алдын-ала тексеру жүргізілді. Қозғалтқыштың Г-тәріздес сұлбасының параметрлері анықталды.

Жобада автоматтандырылған электржетектің күштік сұлбасын жобаланып, жиіліктік түрлендіргішті таңдалды және оның элементтерінің параметрлері анықталды. Скалярлық басқаруды қамтамасыз ететін $\frac{U_n}{f_n} = const$ заңын қолдану кездегі механикалық және электромеханикалық сипаттамалары анықталды. Асинхронды қозғалтқыштың математикалық моделі келтіріліп, басқару нысанының параметрлері есептелген және кранның автоматтандырылған электр жетегінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау үшін MATLAB 6.5 бағдарламалық пакетінде имитациялық модель жасалынды және қозғалтқыштың негізгі параметрлерінің өтпелі үрдіс кезінде өзгеру динамикасы көрсетілді.

Жобада жүк көтергіш қондырғыларға, механикалық цехқа байланысты қауіпсіздік шаралары аталып, ұсынылған электр жетегінің экономикалық тиімділігі есептелінді.

Алынған нәтижелер кранның электр жетегі оған қойылатын талаптарды толық қанағаттандыратынын көрсетті.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- 1 Справочник по кранам: В 2-х т. Под общей ред. проф. Гохберга М.М. - М.: Машиностроение, 1988. - 559 с.
- 2 Шеховцев П.В. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов / М.:ФОРУМ, 2010.-352с.
- 3 Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: учебн. пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
- 4 Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование электроприводов. часть 8. – Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 464 с.
- 5 Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/ А 90 А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
- 6 Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов- 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 536 с.
- 7 Ляхомский А.В., Фащиленко В.Н. Автоматизированный электропривод горных машин и установок. Часть 1: Автоматизированный электропривод механизмов циклического действия: Учебное пособие / Под ред. А.В. Ляхомского. – Издательство «Горная книга», 2014. – 476 с.
- 8 Шеховцев П.В. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов. - М.:ФОРУМ, 2010.-352 с.
- 9 Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод. - М.:1986.-416 с.
- 10 М.Г. Чиликин, М.М. Соколов, В. М. Терехов, А.В. Шинянский Основы автоматизированного электропривода. Учеб. пособие для вузов. -М., «Энергия», 1974. – 568 с.
- 11 Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебн. пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
- 12 Түзелбаев Б.И. Сала экономикасы: оқу құралы - Алматы, 2007.
- 13 Хакімжанов Т.Е. Еңбек қорғау. Жоғары оқу орындары үшін оқу құралы. – Алматы: «ЭВЕРО», 2008 – 240 б.