

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТИ

Өндірістік қондырғылардың электр желісі және автоматандырылу
кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»

Кафедра меңгерушісі

Салимов Т.И. т.ғ.ғ. профессор

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« » 20 ж.

(колы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Жилікті түрлендіріш асинхронды қозғалтқыш
жүйесі бойынша жетілдірілген көпірлік қранның
электр желісі БҚОТҚО электрэнергетика мамандығы бойынша

Орындаған Атақалиев Марат Атақалиұлы ЭАТк-12-1
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші ата оқытушы Байжаншова К.К.
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Кенесшілер:

Экономикалық бөлім бойынша:

К.Э.Н. профессор Жакулов А.А.

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

«27» 05 2016 ж.

(колы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

ата оқытушы Байзақова С.М.

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

«27» 05 2016 ж.

(колы)

Мөлшер бақылаушы:

ата оқытушы Бестерекова А.Н.

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

«02» 06 2016 ж.

(колы)

Пікір жазушы:

Р.ғ.ғ. докторы ата оқытушы Балмаев Н.Е.

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« » 20 ж.

(колы)

Алматы 2016

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТИ

Электр энергетика факультеті
Электр энергетикасы мамандығы
Әкімшілік қондырғылардан электр желісі және автоматтардан кафедрасы

жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Айтқашев Марат Айтқалиұлы
(аты - жөні)

Жоба тақырыбы Жиікті түрлендіріш-асинхронда қозғалтқыш
нұсқасы бойынша жобаланып отырған қалың қранның электр желісі
ректордың «19» қаңтар №148 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «8» мамыр 2016 ж.

Жобаға бастапқы деректер (талап етілетін жоба нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Нүк
Нүк көтерілімі: 101 (кН), ГН
Мәшиннің салмағы: 39 (кН), ГН
Көтеру/түсірудің минималды нөлділігі: 0,04 (м/с)
Көтеру/түсірудің максималды нөлділігі: 0,16 (м/с)
Реттеу басқыштарының саны: 4
Көтеру биіктігі: 15 (м), ГН
Редуктордың ПӘК: 78 %

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:

Бұл дипломдық жобада нақтырақ қарастырылған
қалың қранның атыра қазіргі заманғы
мамыр жиікті түрлендіріш асинхронда
электр желісі қарастырылған. Осы
және бұл сөздікте қарастырылған
экономикалық өкіміне жобаның
экономикалық тиімділігін және
таза құны есептеуі.

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. Көпірлік кранның құрамы
2. Принципында көпірлік кранның электр сұлбасы.
3. Көпірлік кранның қолданымда
4. Бір, екі, үш, төрт ауалықта крандардың құрамы
5. Қозғалғыш Тахограммасы
6. Электр негізіннің принципіндағы сұлбасы
7. Шлік түрлендігіш, асинхронды қозғалғыш, Нығдалмағыш реттеуші.

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. Булаков, А.А. Частотное управление асинхронными двигателями. А.А. Булаков - 3-е перераб. Изд. М. Энергоиздат, 1982. 216 с. ил.
2. Ключев, В.И. Теория электродвигателя. Учебник для вузов. В.И. Ключев, М. Энергоиздат, 1985 560 с. ил.
3. Яуре А.Г. Крановый электродвигатель. Справочник. А.Г. Яуре, Б.М. Мевзнер - М. Энергоиздат, 1988 - 344 с. ил.

Жоба бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	КОЛЫ
ТӘҚ және ҚОҚ	Байрақова С.М.	27.05.16	
Экология бөлімі	Малухов А.А.	27.05.16	
Архив бөлімі	Тейсенбаева Т.С.	02.06.16	

диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сурактардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	Қолданылатын кранның құрылымы және сипаттамалары	1. 04. 2016	
2.	Қозғалтқыштың қуатын анықтау және оның жұмыс істеу бойынша таңдау.	8. 04. 2016	
3.	Электр желісінің құрылымын және таңдау элементтерін есептеу және таңдау	14. 04. 2016	
4.	Электр қозғалтқышының механикалық сипаттамасын есептеу және құру	20. 04. 2016	
5.	Қозғалтқыштың максималды, орташа және минималды моментінде механикалық сипаттамаларды есептеу және құру	29. 04. 2016	
6.	Рекуперативті теңгеруде механикалық сипаттамаларды есептеу және құру.	5. 05. 2016	
7.	Электр желісінің принциптік схемасын құру және оның анықтамасы.	13. 05. 2016	

Тапсырманың берілген уақыты « _____ » _____ 20 _____ ж.

Кафедра меңгерушісі

(қолы)

Салимов Т. И. т.ғ.д., профессор

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жоба жетекшісі

(қолы)

Ата-жөні Тоболжанов М. А.

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент

(қолы)

Атқалиев Марат Атақалиұлы

(аты-жөні)

Аңдатпа

Дипломдық жоба «Жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесі бойынша жетілдірілген көпірлік кранның электр жетегі тақырыбына орындалған. Оған келесі бөлімдер кіреді: арнайы бөлім, өміртіршілік қауіпсіздігі және экономикалық бөлім.

Арнайы бөлімінде жаңғыртудың қажеттілігін есептей отыра қазіргі заманға лайық жиілікті түрлендіргіш асинхронды электр жетегі қарастырылған. Көпірлік кранның құрылысы және сипаттамалары келтіріліп, қуаты есептелініп, қозғалтқышы таңдалып, оның механикалық сипаттамалары және диаграммасы тұрғызылды. Сонымен қатар электр жетегінің құрылымдық сұлбасы құрылды және MATLAB бағдаламасын қолдану арқылы ЖТ-АҚ жүйесінің өтпелі процестері қарастырылды.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде қоршаған ортаны қорғаудың қажетті шаралары қарастырылған және шу мен өрт қауіпсіздігі техникасы қарастырылған. Шуды азайту және өрт сөндіруге насос таңдалды.

Жобаның экономикалық бөлімінде капиталды шығындарға және базалық және жобаланған нұсқа бойынша қолдану шығындарына есеп жүргізілген, сонымен қатар жобаның экономикалық тиімділігімен ағымдағы таза құны есептелді.

Аннотация

Дипломная работа была выполнено на тему усовершенствованный электропривод мостового крана по системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель». Она включает в себя следующие разделы: специальный раздел, безопасности жизнедеятельности и экономического отдела.

Учитывая необходимость модернизации специальной секции современного преобразователя который обеспечивает асинхронный электропривод. Строительство мостового крана и мощности двигателя характеристик, вычисленных были выбраны механические характеристики и диаграммы. В то же время, структурная схема системы электропривода РГ создана с использованием программ MATLAB и обсудили процесс перехода.

Раздел безопасность жизнедеятельности предоставляет необходимые меры по защите окружающей среды, безопасности и шума и пожарной безопасности оборудования предоставляется. Снижение уровня шума и пожарный насос выбран.

Разработанный и капитальные расходы в технико-экономическом и базовой версии проекта приложения учета затрат, а также экономической эффективности рассчитываются чистой приведенной стоимости проекта.

Annotation

Diploma work was carried out on an improved electric overhead traveling crane on the "frequency converter - induction motor" system. It includes the following sections: a special section, life safety and economic department.

Given the need for modernization of the special section of the modern converter that provides asynchronous electric. Construction of the bridge crane and the power characteristics of the engine, the calculated mechanical properties and diagrams have been chosen. At the same time, a block diagram of a motor drive system WG created using MATLAB program transition and discussed.

Life safety section provides the necessary environmental protection measures, safety and noise and fire safety equipment is provided . Noise reduction and fire pump is selected.

Designed and capital costs in the feasibility and basic version of the project cost accounting applicatio, as well as economic efficiency are calculated net present value of the project.

Мазмұны

	Кіріспе	10
1	Техникалық бөлім	11
1.1	Жалпы сипаттамасы	11
1.2	Көпірлік кранның құрлысы және сипаттамалары	12
1.3	Көпірлік кранның қолданылуы	14
2	Негізгі бөлім	18
2.1	Бастапқы мәліметтер	18
2.2	Есептелетін шамалар	18
2.3	Атқарушы механизмнің инерция моменті мен статикалық моменттерінің келтірілген мәндерін анықтау	19
2.4	Қозғалтқыштың қуатын алдын ала анықтау және де оны тізімдеме бойынша таңдау	24
2.5	р жетегінің күш тізбегінің элементтерін есептеу және таңдау	24
2.6	Электр қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасын есептеу және құру	26
2.7	Қозғалудың максимальді, орташа және минимальді мәндерінде механикалы сипаттамаларды есептеу және құру	38
2.8	Рекуперативті тежелуде механикалық сипаттамаларды есептеу және құру	40
2.9	Электр қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығын тұрақтандыру үшін кері байланысты қолдану қажеттілігін бағалау	41
2.10	Бұрыштық жылдамдық, электр қозғалтқышты іске қосқанда және тоқтатанда момент пен токтың өзгеру қисығын есептеу және құру; ауыспалы процестердің ұзақтығын анықтау	50
2.11	Қызу және артық жүктеу бойынша алдын ала таңдалған қозғалтқышты тексеру	51
2.12	Электр жетегінің принципалдық сұлбасын құру және оның анықтамасы	52
3	Электр жетегінің динамикалық сипаттамалары	54
3.1	ЖТ-АҚ жүйесі бойынша электр жетегінің құрылымдық сұлбасын құру	54
3.2	Жиілікті түрлендіргіш асинхронды қозғалтқыш жүйесінің математикалық сипаттамасы	56
4	Өмір тіршілік қауіпсіздік негіздері	58
4.1	Қауіпсіздікті қамтамасыз ету негіздері	58
4.2	Қауіпті және зиянды өндірістік факторларын сәйкестендіру	59
4.3	Шу	60
4.4	Төтенше жағдайлар	63

4.5	Өрт қауіпсіздігі	Өрт қауіпсіздігі – өрттің пайда болуы мен дамуы және өрттің қауіпті	65
5	Экономикалық бөлім		70
5.1		Бұл жұмыста 4АС200М4У3 типті қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш қолданылды. Бұл қозғалтқыштың тиімділігін анықтау үшін фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышпен салыстырамыз	71
5.2		Капиталдық салымдардың салыстырмалық тиімділігін анықтаймыз	78
		Қорытынды	79
		Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	80

Кіріспе

Өндірістік жұмыстарды кешенді механикалау және автоматтандыруды кеңінен енгізу, барлық салаларда, әсіресе қосалқы және көмекші жұмыстарда қол еңбегімен айналысатын жұмысшылар санының ұдайы қысқаруы халық шаруашылығының маңызды міндеттерінің бірі болып табылады. Мұнда кран құрылғысы ауыр физикалық еңбекті қысқартудың негізгі құралдарынан бірі болып табылады.

Отанды өнеркәсіппен өндірілетін жүк көтергіш машиналардың басым көпшілігі механизмдердің электрлік жетегіне ие және сондықтан бұл машинлардың әрекет ету тиімділігі мен өнімділігін едәуір дәрежеде қолданылатын кран электр құрылғысының сапалық көрсеткіштеріне байланысты. Заманауи кран электр жетегі соңғы уақытта қолданылатын басқару жүйелерінің құрамылында да біршама қолданыс тапты.

Көптегн жүк көтергіш кранда жүктерді өңдеуде үнемі өзгеруші қолдану шарттарымен сипатталады, және сондықтан өзінің құрамында электр жетегі бар крандардың механизмі өндірістік бөлмелер жағдайына немесе ашық жүк алаңдарында максималды дәрежеде массасы, көлемі, формасы бойынша әртүрлі жүктермен үнемі түрі өзгеріп отыратын жұмыстарға бейімделген болуы қажет.

Жалпы тағайындалымдағы едәуір крандар үшін қысқа тұйықталған қозғалтқыштар негізінде электр жетектері кеңінен қолданыла бастады, крандардың басым бөлімі еденнен басқарумен дайындалады, ал жылдам жүріетін крандар ауыр жұмыс режимдері үшін жылдамдықты, іск қосу бірқалыптылығын және энергия ресурстарын үнемдеуге қойылатын үнемі жоғарылаушы талаптарда тежелуді терең реттеуді қамтамасыз ететін әртүрлі тиристорлық жүйелермен толымдалады.

Металлургиялық кран - көтеру-транспорттық және әртүрлі технологиялық операцияларды орындау үшін металлургиялық және машина құру зауыттарының технологиялық процесінде қолданылатын крандардың ерекше түрі.

1 Техникалық бөлім

1.1 Жалпы сипаттамасы

Краншы мен матаушы қызмет көрсететін қарапайым көпірлі кранға қарағанда, металлургиялық кранды әдетте тек машинист басқарады. Матаушының болмауы металлургиялық кранның қармаушы органдарын толық механизациялаушы қажет етеді. Жүкте қармау үшін, көптеген металлургиялық крандардың қармаушы органдары қатты аспаға ие, оның көмегімен машинисттің кабинасынан кранның көтеру-транспорттық операцияларын басқаруды механизациялау жеңілдейді.

Металлургиялық зауыттардың мартен цехтерінде қолданылатын металлургиялық крандарға жатады:

- құю крандары (бұлғауышты, құюшы және құйғыш);
- едендік-жинаушы машиналар;
- мартен құймаларын шешу крандары.

Машина құру зауыттарының болат балқытатын цехтерінде келесілер қолданыс тапқан:

- ойыс-транспорттық крандар;
- жинаушы және құйғыш крандар.

Ұста-престеу цехтерінде қолданылады:

- соғу крандары;
- ұста едендік манипуляторлары;
- отырғызу крандары.

Термиялық цехтерде жинаушы крандарды қолданады.

Илемдеу (прокат) цехтерінің жылыту құдықтары бөлімдеріне қызмет көрсететін құдық крандарының көмегімен арнайы күректердің көмегімен подиндерді қоқыстан тазлау жүзеге асырылады. Едендік-жинаушы машиналар мен жинаушы крандарды мартен пештерінің жалынды құрылысында шихталарды «жоспарлау» үшін қолданады.

Металлургиялық крандар ауыр өндірістік жағдайларда жұмыс істей отырып, жүктемелердің төрт негізгі түрімен кездеседі.

Статикалық жүктемелер өзіндік салмақ және көтерілетін жүктердің салмағына әсер етеді.

Динамикалық жүктемелер кранның бөліктері мен механизмдерінің ұмытылысында және тежелуінде туындайды.

Соққылық жүктемелер әртүрлі туындау себептері бар. Жиі бір аралықта жұмыс істейтін крандардың қос екпінінен туындайды. Жиналушы крандардың вертикальді ось бойынша кабиналары бұрылғанда бағаналар немесе пештерге ауыздарының соғылу жағдайлары бар. Құдық крандары бағаналарының вертикальді жылыту құдықтарының қабырғаларына соғылуы болады, мартен

құймаларын құймақалыптан шешу үшін крандардың атауыздарының соғылулары жиі болады.

Технологиялық жүктемелер. Жинаушы машиналар және мартен пештерінің крандарыен шихталарды «жоспарлау» кезінде туындайды. Бұдан басқа, олар соғу крандарында және бұйымдарды пресс және балғалармен соғуда ұста манипуляторларында, сондай-ақ құдық подиндерн қоқыстан тазалауда құды крандарында туындайды.

1.2 Көпірлік кранның құрлысы және сипаттамалары

Крандардың көпірлері арқалықты және тор тесікті болады. Олардың көбісі қозғалуды екі механизмімен жабдықталған. Соғу крандарының көпірлерінде қозғалудың төрт жеке механизмі орналасқан.

Өзіндік салмақ мен көтерілетін жүктің салмағына байланысты көпірлер төрт, сегіз, он екі немесе он алты жүрісті доңғалақтарға сүйенуі мүмкін, мысалы, құю крандары.

Кейбір крандарда бір арбадан болады, мысалы құймаларды шешу крандары, отырғызу, табанды крандар. Басқа крандар екі арбамен жабыдталған - басты және қосалқы, мысалы, ойыс-магнитті, жинаушы, құю, құдық, соғу, жинаушы крандар. Қосалқы арбалардың кейбіреулерін екі көтеру механизмімен жабдықтайды (құю крандары).

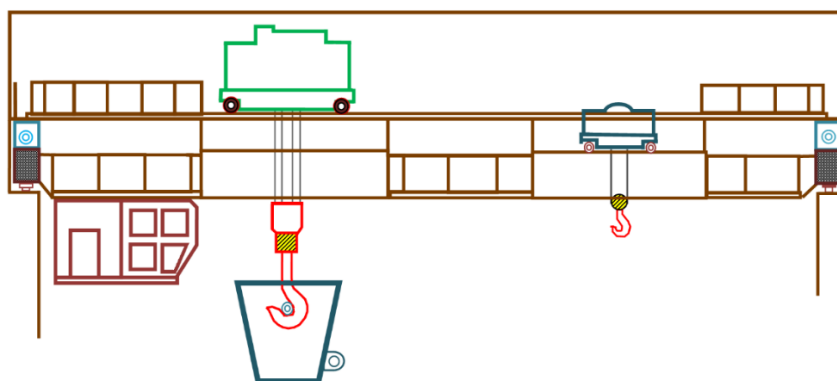
Конструктивтік орындалуы бойынша қосалқы арбалар жалпы тағайындалымдағы көпірлі крандардың арбаларынан аз ғана ерекшеленеді. Металлургия өндірісінің технологиялық процестеріне қызмет көрсеткенде, кран орындайтын көтеру-транспорттық операцияларына байланысты басты арбалардың конструкциялары алуан түрлі.

Тағайындалуы бойынша кранның үш түрін ажыратады:

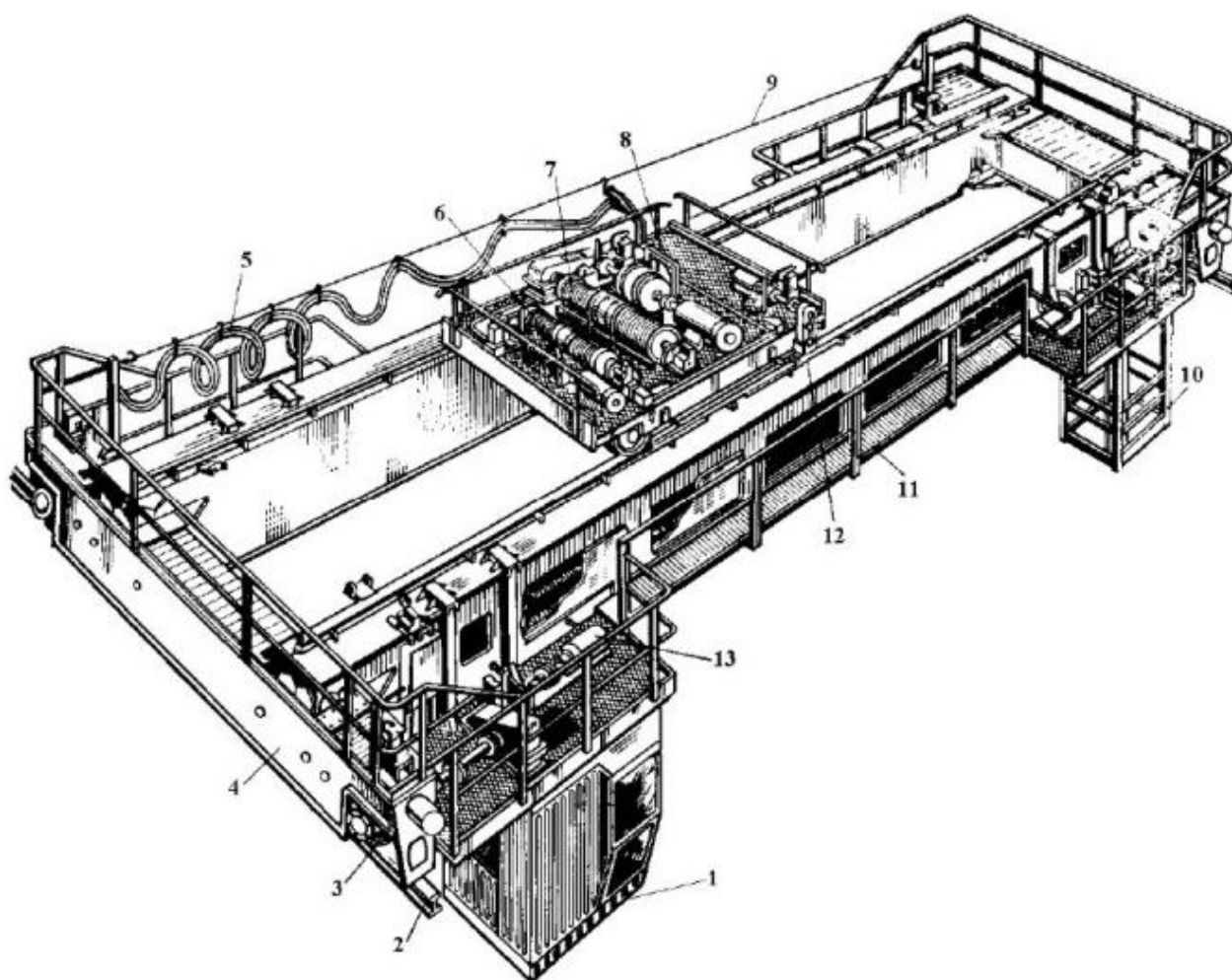
- бұлғауышты;
- құюшы;
- құйғыш.

Бұлғауышты кран мартен цехінің бұлғауышты бөлімінде, құюшы - пеш, және құйғыш - құйғышты аралықта жұмыс істейді. Бұлғауышты кран арнайы темір жол вагондары - шойын тасушылардан сұйық шойынмен шөміштерді көтеру және сұйық шойынды бұлғауышқа құюды жүзеге асырады.

Бұлғауыш - ішкі отқа төзімді құрылысымен цилиндр түріндегі сұйық шойын үшін арнайы қойма. Бұлғауыштардың сыйымдылығы 1500 тоннаны құрайды. Бұлғауыш тіректі-роликті құрылғының көмегімен бұрылады және арнайы электрлендірілген вагонда орнатылған шөміштерге сұйықт шойынды құя алады. Бұл вагон сұйық шойынды мартен цехінің пеш аралығына жайғастырады, онда құюшы кран оны мартен пешіне жүктейді. Құйғыш кран сұйық мартен (немесе конверторлық) болатын құймақалыпқа құяды. Құю крандарының басты арбаларының жүк көтергіштігі 100-500 т, ал қосалқы арбалардікі - 20-100 т.



1.1 сурет – Көпірлік кранның құрылғысы



1 – Кабина; 2 – Кранасты жолдар; 3 – Өтімді дөңгелектер; 4 – Шеткі арқалықтар; 5 – Иілгіш кабель; 6 – Көтергіштің қосалқы тетігі; 7 – Көтергіштің басты тетігі; 8 – Кран арбасы; 9 – Сым; 10 – Қызмет көрсету алаңы; 11 – Көпір; 12 – Арбаның қозғалу тетігі; 13 – Кранның ауысу тетігі

1.2 сурет- Принципиалды көпірлік кранның электр сұлбасы

Суретте басты арқалық және екі қосалқы арқалық бекітілетін екі ұштық арқалықпен құю краны көрсетілген. Басты арқалықтар бойынша басты арба, қосалқы арқалықтар бойынша - қосалқы арба орналасады. Басты арба көтеру механизмінің көмегімен балқытылған металмен шөмішті орналастырады, қосалқы арба бұл шөмішті түсіргенде бұрады. Басты арбаның арқандары басты және қосалқы арқалықтар арасындағы траверске өтді. Қосалқы арба басты арбаның астымен жылжи алады және мартен пешіне сұйық шойынды құю үшін шөмішті аудару немесе болат құюшы шөмішті қоқыстан босатуы мүмкін.

Құю крандарының атқарушы (жүк) органдары осьтерге асылған кең құрулы пластинкалы ілмектермен траверстер түрінде орындалған. Траверстің қырлары бойынша осьтерге бекітілген арқанды блоктар орналасқан. Соңғылары траверсте ілмектердің осіне перпендикулярлы бекітілген. Траверстің конструкциясын балқытылған металдың әсерінен қорғау үшін шөміштің төменгі беткейін қорғаушы табақпен орындайды. Ілмектер арасындағы қашықтық сұйық металл үшін шөміштің көлеміне байланысты. Көтеру механизмінің екі жетігінің әрқайсысында электр қозғалтқыш пен редуктор бар. Әр механизмде екі тежегіштен орнатылған.

Құю крандарының жүк көтергіштігін анықтағанда балқытылған металмен шөміштің массасын, траверстің және көтеру арқандарының массасын есепке алады. Құю кранын көтеру механизмін есептеудің негізгі ерекшелігі, әрбір көтеру механизмін қалыпты және авариялық жұмыста есептеуден тұратындығы болып табылады. Сұйық металды көтергенде қауіпті жағдайларды ескере отырып, әрбір көтеру механизмінде екі тежегіштен орнатылған. Тежеуші моментті Мемлекеттік тау техникалық бақылау ережелеріне сай анықтайды.

1.3 Көпірлік кранның қолданылуы

Құю крандары металлургия зауыттарының мартен цехтерінде қолданылады.

Металлургиялық көпірлі құю краны.

Көпірлі құю крандары сұйық металды тасымалдау, құю және құйып алу металлургия кәсіпорындарында қолданылатын негізгі көтеру-транспорттық құрылғы болып табылады. Негізінен олар балқытылған шойынды конвертерлерге немесе электрлік пештің жүктеу аралығына құю, сондай-ақ балқытылған болатпен шөмішті қабылдау құрылғысына тасымалдау немесе металды әрі қарай шақпақтау үшін пеш-шөміш қондырғысына тасымалдау үшін қолданылады.

Құю крандары металлургия кәсіпорындарының конвертерлік және электрлік болат балқыту цехтеріне қызмет көрсетуге арналған және ауыр әрі аса ауыр жұмыс режиміне есептелген, ол өндірістің технологиясымен байланысты жоғары статикалық, динамикалық және соғылу жүктемелерін қосады.

Металлургиялық құю крандарын тасымалдаушы, құюшы және құйғыш крандарына бөлінеді.

Тасымалдаушы кран дайындамаларды үздіксіз құю машиналарының (ДҮҚМ) бұрылысты стендке болат тасымалдаушыдан балқытылған металмен шөмішті немесе пеш-шөмішті беруге арналған. Құюшы кран цехтің пеш бөліміне қызмет көрсетеді және конвертерлер немесе электр болатты балқыту пештеріне сұйық шойынмен шөмішті құяды. Конверторлық болаты құймақалыпқа немесе формаларға құю үшін құйғыш кранды пайдаланады.

Металлургиялық құю крандары бірнеше көтеру крандарына ие: балқытылған металмен шөмішті араластыруға арналған басты механизм; құюда шөмішті аудару үшін бірінші қосалқы (қажет болғанда екінші жән үшінші) көтеру механизмі, сондай-ақ аралықта құрылғыға қызмет көрсету бойынша жұмыстарды орындауға арналған басқа да көтеру механизмдері.

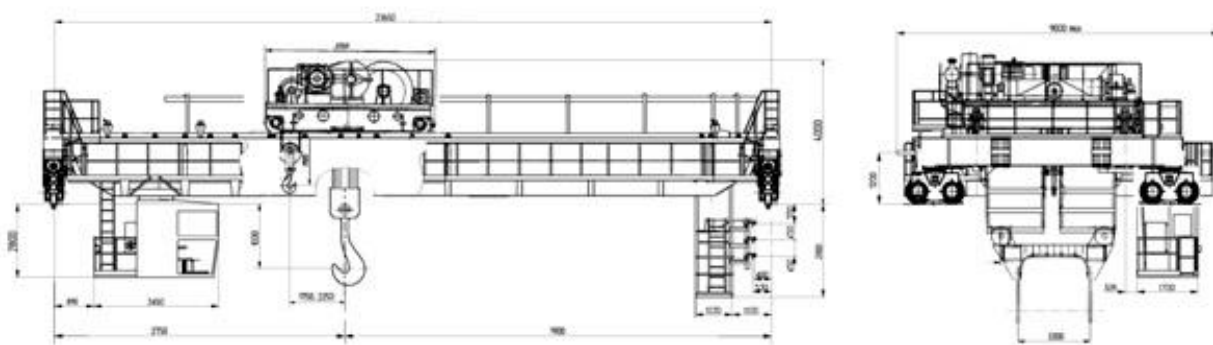
Басты көтеру механизмі жеке басты арбаға орнатылады. Жеке қосалқы арбада қосалқы көтеру механизмдері, бірнеше механизм орналасады. Тапсырыс берушіге қажетті басқа да көтеру механизмдері осы және/немесе қосымша арбаларда орналасуы және/немесе кранның көпірінде жеке монорельстерде орнатылған қозғалмалы электротельферлерден тұруы мүмкін.

Бір арбада басты және бірінші қосалқы көтеру механизмдері орналасқан болуы мүмкін. Бұл жағдайда, бірінші қосалқы көтеру механизмі ілмекті шөміке апру жән құйғанда немесе шөмішті көмкергенде ілмектің жылжуын бақылау үшін арбаның жақтауы бойынша басқарылатын жылжу мүмкіндігімен жеке жақтауға орнатылады.

Арбалардың саны және эксплуатациялаудың технологиялық шарттарына байланысты көпірлі құю крандары екі, үш немесе төрт аралық арқалыққа ие болуы мүмкін, олар бөренелік арқалықтардың көмегімен бірыңғай жақтауға - көпірге байланысады. Алынған жақтау кранның қозғалу механизміне сүйенеді, ол балансирлі көп доңғалақты (8-4 доңғалақ) және көп жетекті (4-8 жетек) жүйеден тұрады.

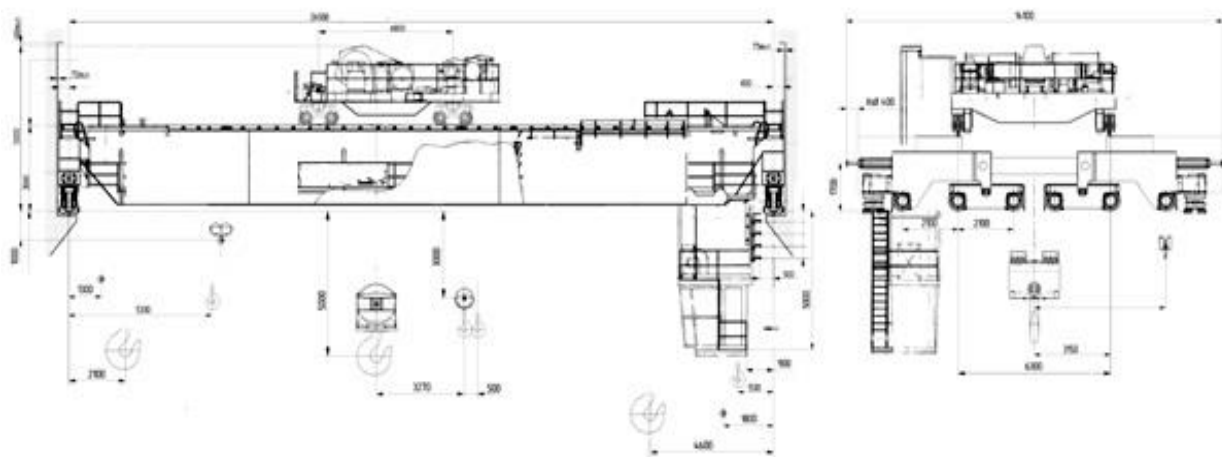
Жалпы кран құрастыруына сай, "Отандық Кран Жүйелері" Компаниясы құю крандарының крандық сызығын келесі топтарға бөледі:

1. Басты көтеру механизмі орнатылған бір арбамен екі арқалықты құю крандары. Бұл крандар тек жүктерді тасымалдау және көмкерусіз сұйық металмен шөміштерді тасымалдауға арналған. Жүк көтергіш орган ілмекті аспа немесе екі ілмекті траверса болуы мүмкін. Бұл крандардың жүк көтергіштігі 150 тоннаға дейін болуы керек. Мұндай құрастырудағы құю крандарының қажетті жүк көтергіштігі мен басқа да параметрлері жауап алу парақтарын толтырғанда көрсетіледі.



1.3 сурет - Басты көтеру механизмі орнатылған бір арбамен екі арқалықты құю крандарының құрылысы

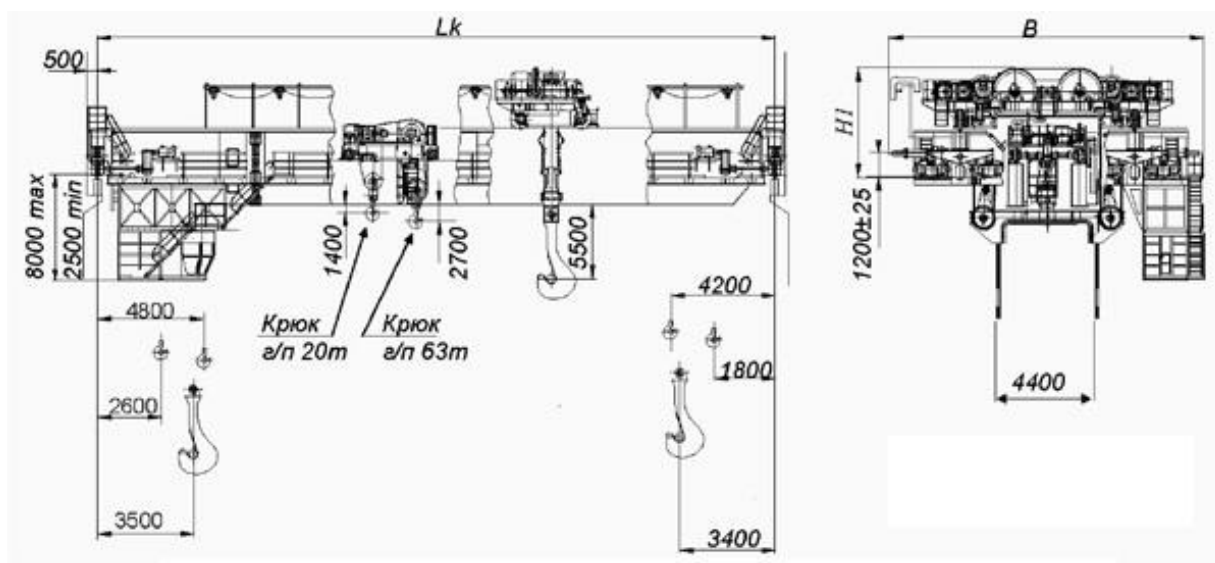
2. Басты көтеру механизмі және бір қосалқы көтеру механизмі орнатылған бір арбамен екі арқалықты құю крандары, қосалқы көтеру механизмі жеке жақтауға орнатылады және арбаның жақтауы бойынша жылжуды басқару мүмкіндігіне ие. Бұл топтағы құю крандары жүктерді тасымалдау, сұйық металмен шөміштерді тасымалдау және оларды көмкеруге арналған. Басты көтеру механизмінің жүк көтеру органы ілмекті аспа немесе шөміш үшін екі ілмекті траверса болуы мүмкін. Бұл крандардың басты көтеру механизмінің жүк көтергіштігі 300 тоннаға дейін болуы керек. Шөмішті бұрудың технологиялық қажеттілігінде бұрмалы арба қолданылады. Мұндай құрастырудағы құю крандарының қажетті жүк көтергіштігі мен басқа да параметрлері жауап алу парақтарын толтырғанда көрсетіледі.



1.4 сурет - Үш арқалықты құю кранының сипаттамасы

3. Үш арқалықты құю крандары шөмішті бұру қажеттілігінде және үлкен жүк көтергішті (сериялық электротельферлерге қарағанда едәуір үлкен) қосалқы механизмдердің болуы туралы талап болғанда немесе осы қосалқы көтеру механизмдерінің (грейферлік және/немесе магнитті) специализациясы қажет болғанда қолданылады. Бұл жағдайда басты арба құю крандарының екінші құрушы тобына аналогты. Мұндай құю крандарының арбалары бір деңгейде параллелді орналасады. Бұл крандардың басты көтеру механизмінің жүк көтергіштігі 300 тоннаға дейін болуы керек. Мұндай құрастырудағы құю крандарының қажетті жүк көтергіштігі мен басқа да параметрлері жауап алу парақтарын толтырғанда көрсетіледі.

4. Төрт арқалықты құю крандары аса қажетті болып табылады және әрдайым екі арбамен қолданылады: басқы және қосалқы, олар әртүрлі биіктік деңгейінде көпірде өзінің аралық арқалықтары бойынша параллелді орналасады (қосалқы арба басты арбаның астынан өту мүмкіндігіне ие). Бұл құю крандарының басты көтеру механизмінің жүк көтергіштігі 600 тоннаға дейін болуы керек. Мұндай құрастырудағы құю крандарының қажетті жүк көтергіштігі мен басқа да параметрлері жауап алу парақтарын толтырғанда көрсетіледі.



1.5 сурет – Төрт арқалықты құю кранының құрылысы

Кранның түйіндерін құрастырғанда бір тапсырыс берушінің өндірісінің технологиялық спецификасын, сондай-ақ кранға техникалық тапсырмада көрсетілген жеке талаптарды назарда тұтамыз. Металлургиялық көпірлі құю краны өндірісінде біз жетекші өндірушілердің және сенімді жеткізушілердің толымдаушыларын қолданамыз.

"Жиілік түрлендіргіші - асинхронды қысқа тұйықталған қозғалтқыш" схемасы бойынша құю кранының электр жетегі.

2 Негізгі бөлім

2.1 Бастапқы мәліметтер

2.1 кесте - Жүктемелік диаграммалардың параметрлері мен атқарушы механизмнің мәліметтері

Кранның түрі	КЛ-75/19,1
Жүк көтергіштік (кН), F_H	191
Шөміштің салмағы (кН), F_K	39
Көтеру/түсірудің минимальді жылдамдығы (м/с), v_{\min}	0,04
Көтеру/түсірудің максимальді жылдамдығы (м/с), v_{\max}	0,16
Реттеу басқыштарының саны	4
Редуктордың ПӘК (%), η_P	78
Редуктордың өткізу саны, i_P	168
Барабанның диаметрі (м), D_b	0,36
Көтеру биіктігі (м), H_P	15
Рұқсат етілетін жылдамдау (м/с ²), $a_{\text{доп}}$	0,8
Барабан инерциясының моменті (кгм ²), J_b	233

Айнымалы тоқтың қуаттандырушы торабы ~3-TN-S, 380 В, 50 Гц.

2.2 Атқарушы механизмнің инерция моменті мен статикалық моменттерінің келтірілген мәндерін анықтау. Өртүрлі жұмыс режимінде статикалы моменттің келтірілген мәндерін анықтау

Жүкті көтергенде келтірілген статикалық момент:

$$M_{c1} = (F_H + F_K) \cdot \frac{D_b}{2} \cdot \frac{1}{i_P \cdot \eta_P} = (191 \cdot 10^3 + 39 \cdot 10^3) \cdot \frac{0.36}{2} \cdot \frac{1}{168 \cdot 0.78} = 315.9 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.1)$$

Жүкті түсіргенде келтірілген статикалық момент:

$$M_{c2} = (F_H + F_K) \cdot \frac{D_b}{2} \cdot \frac{\eta_P}{i_P} = (191 \cdot 10^3 + 39 \cdot 10^3) \cdot \frac{0.36}{2} \cdot \frac{0.78}{168} = 192.2 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.2)$$

Шөмішті көтергенде келтірілген статикалық момент:

$$M_{c3} = F_K \cdot \frac{D_b}{2} \cdot \frac{1}{i_P \cdot \eta_P} = 39 \cdot 10^3 \cdot \frac{0.36}{2} \cdot \frac{1}{168 \cdot 0.78} = 55.6 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.3)$$

Шөмішті түсіргенде келтірілген статикалық момент:

$$M_{c4} = F_k \cdot \frac{D\delta}{2} \cdot \frac{np}{ip} = 39 \cdot 10^3 \cdot \frac{0.36}{2} \cdot \frac{0.78}{168} = 32.62 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.4)$$

Атқарушы механизмнің инерция моментінің келтірілген мәнін анықтау.
Толтылырған шөміште атқарушы механизмнің инерция моментінің келтірілген моменті:

$$J_{m1} = \frac{J\delta}{ip^2} + \frac{(F_H + F_k) \cdot D\delta^2}{4 \cdot ip^2} = \frac{233}{168^2} + \frac{(191 \cdot 10^3 + 39 \cdot 10^3) \cdot 0.36^2}{4 \cdot 168^2} = 0.272 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (2.5)$$

Бос шөміште атқарушы механизмнің инерция моментінің келтірілген моменті:

$$J_{m1} = \frac{J\delta}{ip^2} + \frac{F_k \cdot D\delta^2}{4 \cdot ip^2} = \frac{233}{168^2} + \frac{39 \cdot 10^3 \cdot 0.36^2}{4 \cdot 168^2} = 0.053 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (2.6)$$

2.3 Қозғалтқыштың қуатын алдын ала анықтау және де оны тізімдеме бойынша таңдау

Алдымен электр қозғалтқыштың максималды жылдамдығын және де жүкті түсіру көтерудің минималды уақытын анықтаймыз.

Қозғалтқыш айналуының максималды жиілігі:

$$\omega_{\max} = v_{\max} \cdot \frac{2}{D\delta} ip = 0.16 \cdot \frac{2}{0.36} \cdot 168 = 149.3 \text{ с}^{-1}. \quad (2.7)$$

Жүкті көтеру/түсірудің минималды уақыты:

$$t_n = \frac{Hn}{v_{\max}} = \frac{15}{0.16} = 93.75 \text{ с}. \quad (2.8)$$

Келесі қадам - қозғалтқыштың келтірілген эквивалентті моментін, қозғалтқыштың есептік қуатын анықтау және де оны тізімдемеден таңдау.

Атқарушы механизмнің жүктемелік диаграммасы берілмегендіктен, бірақ қозғалтқыш жұмыс істейтін режим белгілі болғандықтан, қосылу ұзақтығын стандартты мәнге тең деп белгілеуге болады: ПВ = 40%.

Қозғалтқыштың жұмыс циклының уақыты тең болады:

$$t_{\Sigma} = 4 \cdot t_n + 4 \cdot t_0; \quad (2.9)$$

$$t_0 = \frac{100 - \text{ПВ}}{\text{ПВ}} \cdot t_n = \frac{100 - 40}{40} \cdot 93.75 = 140.625 \text{ с}; \quad (2.10)$$

мұндағы t_0 - қозғалтқыштың іркілу уақыты.
Онда цикл уақыты тең болады:

$$t_{\text{ц}} = 4 \cdot 93.75 + 4 \cdot 140.625 = 937.5 \text{ с} . \quad (2.11)$$

Қозғалтқыштың келтірілген эквиваленттік моменті:

$$M_{np} \sqrt{\frac{Mc_1^2 \cdot t_n + Mc_2^2 \cdot t_n + Mc_3^2 \cdot t_n + Mc_4^2 \cdot t_n}{t_{\text{ц}}}} = \quad (2.12)$$

$$= \sqrt{\frac{315.9^2 \cdot 93.75 + 192.2^2 \cdot 93.75 + 55.6^2 \cdot 93.75 + 32.62^2 \cdot 93.75}{937.5}} = 118.6 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Қозғалтқыштың есептік қуаты:

$$P_{рас} = M_{np} \cdot \omega_{\text{max}} = 118.6 \cdot 149.3 = 17710 \text{ Вт} = 17.7 \text{ кВт} . \quad (2.13)$$

Жетектің осы түрінің ерекшелігін [8, 13 б.] және қосылу ұзақтығын ескереміз:

Металлургиялық құю краны;
Кранның жұмыс режимі тобы - 7К;
Механизмнің түрі - басты көтергіш;
Жұмыс режимі - 5М;
ПВ = 40%.

Осыған қарай қозғалтқыштың есептік қуаты:

$$P_p = \sqrt{\frac{ПВ}{100\%}} \cdot P_{рас} = \sqrt{\frac{40\%}{100\%}} \cdot 17.7 \cdot 10^3 = 11.2 \text{ кВт} . \quad (2.14)$$

Қайталамалы қысқа уақыттық жұмыс үшін 4АС сериялық қозғалтқышты таңдаймыз. Жақын сәйкес келетін қозғалтқыштар: 4АС132М4У3, 4АС160S4У3, 4АС160М4У3, 4АС180S4У3, 4АС180М4У3, 4АС200М4У3. Жылу және артық жүктемелік тексеру жүргіземіз.

1. 4АС132М4У3

Қозғалтқыштың номиналды қуаты: $P_{2H} = 11.8 \text{ кВт}$;

Номиналды сырғу: $s_H = 0.061$;

Синхронды айналу жиілігі: $\omega_0 = 157 \text{ с}^{-1}$;

Номиналды айналу жиілігі:

$$\omega_H = \omega_0 \cdot (1 - s_H) = 157 \cdot (1 - 0.061) = 147.5 \text{ с}^{-1} .$$

Номиналды момент:

$$M_H = \frac{P_{2H}}{\omega_H} = \frac{11,8}{147,5} = 80H \cdot m. \quad (2.15)$$

$M_{np} = 118.6H \cdot m$: $M_{np} > M_H$ - қозғалтқыш жылу тексеруінен өтпейді.

2. 4AC160S4УЗ

Қозғалтқыштың номиналды қуаты: $P_{2H} = 17кВт$;

Номиналды сырғу: $s_H = 0.061$;

Синхронды айналу жиілігі: $\omega_0 = 157с^{-1}$.

Номиналды айналу жиілігі:

$$\omega_H = \omega_0 \cdot (1 - s_H) = 157 \cdot (1 - 0.061) = 147.5с^{-1}. \quad (2.16)$$

Номиналды момент:

$$M_H = \frac{P_{2H}}{\omega_H} = \frac{17}{147,5} = 115.3H \cdot m. \quad (2.17)$$

$M_{np} = 118.6H \cdot m$: $M_{np} > M_H$ - қозғалтқыш жылу тексеруінен өтпейді.

3. 4AC160M4УЗ

Қозғалтқыштың номиналды қуаты: $P_{2H} = 20кВт$;

Номиналды сырғу: $s_H = 0,053$;

Синхронды айналу жиілігі: $\omega_0 = 157с^{-1}$;

Номиналды айналу жиілігі:

$$\omega_H = \omega_0 \cdot (1 - s_H) = 157 \cdot (1 - 0.053) = 147с^{-1}. \quad (2.18)$$

Номиналды момент:

$$M_H = \frac{P_{2H}}{\omega_H} = \frac{20}{148,7} = 134.45H \cdot m. \quad (2.19)$$

$M_{np} = 118.6H \cdot m$: $M_{np} < M_H$ - қозғалтқыш жылу тексеруінен өтпейді.

Критикалық момент:

$$M_K = 2.2 \cdot M_H = 2.2 \cdot 134.45 = 295.8H \cdot m. \quad (2.20)$$

Максимальді статикалық момент:

$$M_{c1} = 315.9H \cdot m.$$

$0.8 \cdot M_K = 0.8 \cdot 295.8 = 236.6H \cdot m < M_{c1}$ - қозғалтқыш артық жүктемелік қабілеті бойынша тексеруден өтпейді.

4. 4AC180S4УЗ

Қозғалтқыштың номиналды қуаты: $P_{2H} = 21кВт$;

Номиналды сырғу: $s_H = 0.057$;
 Синхронды айналу жиілігі: $\omega_0 = 157 \text{ c}^{-1}$;
 Номиналды айналу жиілігі:

$$\omega_H = \omega_0 \cdot (1 - s_H) = 157 \cdot (1 - 0.057) = 148 \text{ c}^{-1} .$$

Номиналды момент:

$$M_H = \frac{P_{2H}}{\omega_H} = \frac{21}{148,1} = 141.8 \text{ H} \cdot \text{ м} . \quad (2.21)$$

$M_{np} = 118.6 \text{ H} \cdot \text{ м}$: $M_{np} < M_H$ - қозғалтқыш жылу тексеруінен өтпейді.

Критикалық момент:

$$M_K = 2.2 \cdot M_H = 2.2 \cdot 141.8 = 311.9 \text{ H} \cdot \text{ м} .$$

Максимальді статикалық момент: $M_{c1} = 315.9 \text{ H} \cdot \text{ м} .$

$0.8 \cdot M_K = 0.8 \cdot 311.9 = 249.5 \text{ H} \cdot \text{ м} < M_{c1}$ - қозғалтқыш артық жүктемелік қабілеті бойынша тексеруден өтпейді.

5. 4AC180M4У3

Қозғалтқыштың номиналды қуаты: $P_{2H} = 26.5 \text{ кВт}$;

Номиналды сырғу: $s_H = 0.044$;

Синхронды айналу жиілігі: $\omega_0 = 157 \text{ c}^{-1}$;

Номиналды айналу жиілігі:

$$\omega_H = \omega_0 \cdot (1 - s_H) = 157 \cdot (1 - 0.044) = 150.1 \text{ c}^{-1} .$$

Номиналды момент:

$$M_H = \frac{P_{2H}}{\omega_H} = \frac{26.5}{150.1} = 176.5 \text{ H} \cdot \text{ м} . \quad (2.22)$$

$M_{np} = 118.6 \text{ H} \cdot \text{ м}$: $M_{np} < M_H$ - қозғалтқыш жылу тексеруінен өтпейді.

Критикалық момент:

$$M_K = 2.2 \cdot M_H = 2.2 \cdot 176.5 = 388.2 \text{ H} \cdot \text{ м} .$$

Максимальді статикалық момент: $M_{c1} = 315.9 \text{ H} \cdot \text{ м} .$

$0.8 \cdot M_K = 0.8 \cdot 388.2 = 310.6 \text{ H} \cdot \text{ м} < M_{c1}$ - қозғалтқыш артық жүктемелік қабілеті бойынша тексеруден өтпейді.

6. 4AC200M4У3

Қозғалтқыштың номиналды қуаты: $P_{2H} = 31.5 \text{ кВт}$;

Номиналды сырғу: $s_H = 0.057$;

Синхронды айналу жиілігі: $\omega_0 = 157 \text{ c}^{-1}$.

Номиналды айналу жиілігі:

$$\omega_H = \omega_0 \cdot (1 - s_H) = 157 \cdot (1 - 0.057) = 148.1 \text{ c}^{-1} .$$

Номиналды момент:

$$M_H = \frac{P_{2H}}{\omega_H} = \frac{31.5}{148.1} = 212.6 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.23)$$

$M_{np} = 118.6 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $M_{np} < M_H$ - қозғалтқыш жылу тексеруінен өтпейді.

Критикалық момент:

$$M_k = 2.2 \cdot M_H = 2.2 \cdot 212.6 = 467.8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальді статикалық момент: $M_{c1} = 315.9 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

$0.8 \cdot M_k = 0.8 \cdot 467.8 = 374.3 \text{ Н} \cdot \text{м} < M_{c1}$ - қозғалтқыш артық жүктемелік қабілеті бойынша тексеруден өтпейді.

Осылайша, 4АС200М4У3 қозғалтқышын таңдаймыз.

Осы қозғалтқышның негізгі параметрлерін есептеу қажет: [6]

Қуаттандырушы желінің фазалық кернеуі: $U_{1\phi} = 220 \text{ В}$;

Қуаттандырушы желінің желілік кернеуі: $U_{1л} = 380 \text{ В}$;

Қуаттандырушы желінің жиілігі: $f = 50 \text{ Гц}$;

Қозғалтқыштың номиналды қуаты: $P_{2H} = 31.5 \text{ кВт}$;

Синхронды жылдамдық: $n_0 = 1500 \frac{\text{айн}}{\text{мин}}$;

Синхронды айналу жиілігі: $\omega_0 = 157 \text{ с}^{-1}$;

Номиналды сырғу: $s_H = 0.057$;

Номиналды айналу жиілігі:

$$\omega_H = \omega_0 \cdot (1 - s_H) = 157 \cdot (1 - 0.057) = 148.1 \text{ с}^{-1}.$$

Номиналды момент:

$$M_H = \frac{P_{2H}}{\omega_H} = \frac{31.5}{148.1} = 212.6 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.24)$$

Ауыстыру схемасының параметрлері:

$$x_H = 4.5;$$

$$r'_1 = 0.034;$$

$$x'_1 = 0.075;$$

$$r''_2 = 0.062;$$

$$x''_2 = 0.1.$$

Іске қосу параметрлері.

Іске қосу момент: $m_H = 2.0$;

Минималды момент: $m_M = 1.6$;

Критикалық момент: $m_K = 2.2$;

Номиналды сырғу: $s_H = 0.057$;

Критикалық сырғу: $s_K = 0.446$;

Іске қосу тоғы: $i_H = 7.0$;

Қозғалтқыш рооторының инерция моменті: $J_D = 0.37 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$;

Номиналды п.э.к.: $\eta_H = 0.875$;

Номиналды cos: $\cos \varphi_H = 0.92$;

Статордың номиналды тоғы:

$$I_{1n} = \frac{P_{2n}}{3 \cdot U_{1n} \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{31.5 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0.875 \cdot 0.92} = 59.3 \text{ A} . \quad (2.25)$$

2.4 Электр жетегінің күш тізбегінің элементтерін есептеу және таңдау

Жиілік түрлендіргіші:

Маркасы - HYUNDAI N300;

Моделі – 370 HF.

Түрлендіргіштің параметрлері:

Қозғалтқыштың қуаты - 37кВт;

Номиналды тоқ - 75А;

Номиналды кернеу - 380В;

Номиналды жиілік - 50Гц;

Диапазон - 0,1–400Гц. Автоматты сөндіргіш:

Автоматты сөндіргіш тіркеуін ағытушы түрлендіргіштің номиналды тоғына есептеледі, ол шамамен қозғалтқыштың номиналды тоғына тең. Іске қосу төмен кернеу мен жиілікте болғандықтан, қозғалтқыштың іске қосу тоғын есепке алудың қажеттілігі жоқ.

Сөндіргіш: АЕ 2063ММ.

Тіркеуді ағытушының номиналды тоғы: $I_n = 63 \text{ A}$.

2.5 Электр қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасын есептеу және құру

Екіншілік ораманың орамдар санына келтірілген біріншілік ораманың кедергісі мен екіншілік ораманың кедергісін алдын ала есептеу қажет.

$$r_1 = r'_1 \cdot \frac{U_1 \phi}{I_{1n}} = 0.034 \cdot \frac{220}{59.3} = 0.126 \text{ Ом}; \quad (2.26)$$

$$x_1 = x'_1 \cdot \frac{U_1 \phi}{I_{1n}} = 0.075 \cdot \frac{220}{59.3} = 0.278 \text{ Ом}; \quad (2.27)$$

$$r_2 = r''_2 \cdot \frac{U_1 \phi}{I_{1n}} = 0.062 \cdot \frac{220}{59.3} = 0.23 \text{ Ом}; \quad (2.28)$$

$$x_2 = x''_2 \cdot \frac{U_1 \phi}{I_{1n}} = 0.1 \cdot \frac{220}{59.3} = 0.371 \text{ Ом} . \quad (2.29)$$

Сырғу мәндерінің диапазоны: $s = 0.1$.

Қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының теңдеуі:

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_1 \phi^2 \cdot r'^2}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[\left(r_1 + \frac{r'^2}{s} \right)^2 + (x_1 + x'_2)^2 \right]} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0.23}{157 \cdot s \cdot \left[\left(0.126 + \frac{0.235}{s} \right)^2 + (0.278 + 0.371)^2 \right]} \quad (2.30)$$

Сырғу функциясында электр қозғалтқыштың жылдамдығы:

$$\omega(s) = \omega_0 \cdot (1 - s) = 157 \cdot (1 - s) .$$

Есептеулер нәтижесі:

2.2 кесте - Қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы

s	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
$\omega, \text{с}^{-1}$	0	15,7	31,4	47,1	62,8	78,5	94,2	110	125,7	141,4	157
$M, \text{Н} \cdot \text{м}$	387,6	416,4	448,4	483,3	520,2	555,7	582	581,4	518,4	337	0

Алайда, бұл теңдеу АҚ іске қосылғанда жүретін процестерді қате сипаттайды. Мысалы, ол тоқты ығыстыру эффектінің салдарынан ротор фазасының белсенді кедергісінің жоғарылауына ескермейді. Сондықтан эмпириклық шығарылған формула бойынша механикалық сипаттаманы есептеу қажеттілігі бар.

Сырғудың өзгеру диапазоны алдыңғы есептеулердегідей.

Критикалық сырғу:

$$sk + \frac{r'^2}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x'_2)^2}} = \frac{0.23}{\sqrt{0.126^2 + (0.278 + 0.371)^2}} = 0.348 . \quad (2.31)$$

Критикалық момент:

$$M_k = \frac{3 \cdot U_1 \phi^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot \left[r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x'_2)^2} \right]} ; \quad (2.32)$$

$$M_k = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 157 \cdot \left[0,126 + \sqrt{0,126^2 + (0.278 + 0.371)^2} \right]} = 576.8 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Іске қосу моменті:

$$M_n = m_n \cdot M_n = 2 \cdot 212.6 = 425.3 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

К коэффициенті:

$$K = \frac{\frac{Mn}{Mk} \cdot \left(\frac{1}{sk} + sk \right) - 2}{1 - sk} = \frac{\frac{425.3}{576.8} \cdot \left(\frac{1}{0.348} + 0.348 \right) - 2}{1 - 0.348} = 0.5. \quad (2.33)$$

Электр қозғалтқыштың моменті:

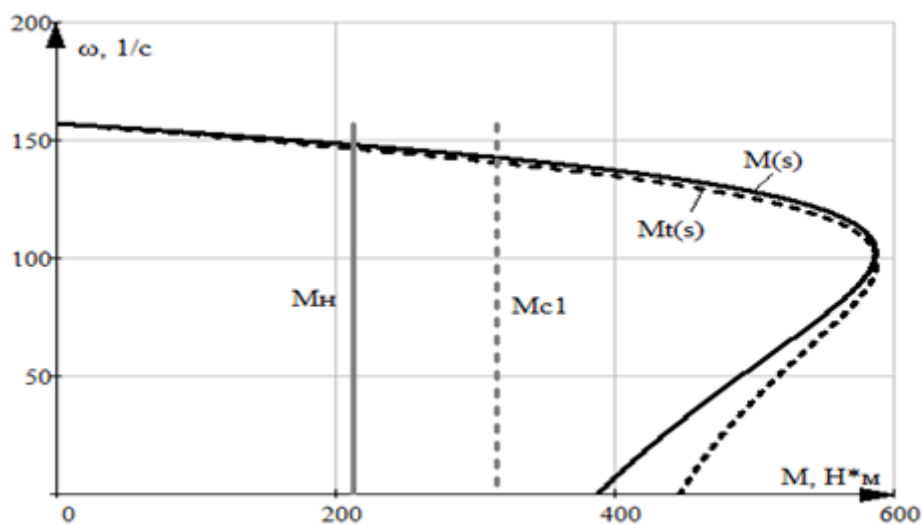
$$Mt(s) = Mk \cdot \frac{2 + (s^2 - sk^2) \cdot K}{\frac{s}{sk} + \frac{sk}{s}} = 576.8 \cdot \frac{2 + (s^2 - 0.348^2) \cdot 0.5}{\frac{s}{0.348} + \frac{0.348}{s}}. \quad (2.34)$$

Есептеу нәтижелері: 2.3 кестеге еңгізілген.

2.3 кесте - Эмпирикалық формула бойынша МС

s	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
$\omega, \text{с}^{-1}$	0	15,7	31,4	47,1	62,8	78,5	94,2	110	125,7	141,4	157
M, Н·м	446,6	464,6	486,5	512,1	540,5	568,4	586,9	575,8	496,6	302,8	0

Табиғи механикалық сипаттамалардың графиктері:



2.1 сурет - Табиғи механикалық сипаттамалардың графиктері

2.6 Қозғалудың максималды, орташа және минималды мәндерінде механикалық сипаттамаларды есептеу және құру

Қозғалтқыштың жасанды сипаттамаларын есептегенде, есептің шартын қолдану қажет: $\omega_{\max} = 149.3c^{-1}$,

$$\omega_{\min} = v_{\min} \cdot \frac{2}{D_b} \cdot ip = 0.04 \cdot \frac{2}{0.36} \cdot 168 = 37.3c^{-1}. \quad (2.35)$$

Мұнда әртүрлі моменттерде максималды жылдамдықта жұмысты қамтамасыз ететін түрлендіргіштің жиіліктері де әртүрлі болады.

Жиілікті реттегенде МС қаттылығы тұрақты болып қалады:

$$\beta = \frac{M_n}{\omega_0 - \omega_n} = \frac{212,7}{157 - 148,1} = 23,75. \quad (2.36)$$

Әртүрлі моменттерде максималды жылдамдыққа сай келетін синхронды айнал жылдамдығын анықтағанда осындай өрнекті қолдануға болады:

Минималды статикалық момент:

$$\beta = \frac{M_c}{\omega_{01} - \omega_{\max}} \rightarrow \omega_{01_{\min}} \frac{M_{c4} + \beta \cdot \omega_{\max}}{\beta} = \frac{32,6 + 23,75 \cdot 149,3}{23,75} = 150,7c^{-1}. \quad (2.37)$$

Максималды статикалық момент:

$$\beta = \frac{M_{c1}}{\omega_{01} - \omega_{\max}} \rightarrow \omega_{01_{\min}} \frac{M_{c1} + \beta \cdot \omega_{\max}}{\beta} = \frac{319,6 + 23,75 \cdot 149,3}{23,75} = 162,6c^{-1}. \quad (2.38)$$

Осы синхронды жылдамдықтарға сай келетін жиіліктер:

Минималды статикалық моментте:

$$f_{1_{\min}} = \frac{\omega_{01_{\min}} \cdot 2}{2 \cdot \pi} = \frac{105,7 \cdot 2}{2 \cdot \pi} = 47,97 \text{Гц} . \quad (2.39)$$

Максималды статикалық моментте:

$$f_{1_{\max}} = \frac{\omega_{01_{\min}} \cdot 2}{2 \cdot \pi} = \frac{162,6 \cdot 2}{2 \cdot \pi} = 51,77 \text{Гц} . \quad (2.40)$$

Қысқа тұйықталу кедергісі:

$$x_k = x_1 + x'_2 = 0,278 + 0,371 = 0,649 \text{Ом}. \quad (2.41)$$

R_k және P_u коэффициенттері:

$$P_{\mu} = \frac{r1}{x\mu} = \frac{0,126}{4,5} = 0,028 ; \quad (2.42)$$

$$P_{\kappa} = \frac{r1}{x\kappa} = \frac{0,126}{0,649} = 0,194 . \quad (2.43)$$

Салыстырмалы жиілік:

Минималды статикалық моментте:

$$\alpha_{1\text{мин}} = \frac{f1_{\text{мин}}}{f} = \frac{47,97}{50} = 0,959 . \quad (2.44)$$

Максималды статикалық моментте:

$$\alpha_{1\text{макс}} = \frac{f1_{\text{мин}}}{f} = \frac{51,77}{50} = 1,035 . \quad (2.45)$$

Статордағы салыстырмалы кернеу:

Минималды статикалық моментте:

$$\begin{aligned} \gamma_{1\text{мин}} &= \sqrt{\frac{\alpha_{1\text{мин}} \cdot p_{\kappa} + \sqrt{(\alpha_{1\text{мин}}^2 + p_{\mu}^2) \cdot (\alpha_{1\text{мин}}^2 + p_{\kappa}^2)}}{p_{\kappa} + \sqrt{(1 + p_{\mu}^2) \cdot (1 + p_{\kappa}^2)}}} = \\ &= \sqrt{\frac{0,959 \cdot 0,194 + \sqrt{(0,959^2 + 0,028^2) \cdot (0,959^2 + 0,194^2)}}{0,194 + \sqrt{(1 + 0,028^2) \cdot (1 + 0,194^2)}}} = 0,963 . \quad (2.46) \end{aligned}$$

Максималды статикалық моментте:

Жиілік номиналдан жоғарығанда статордағы кернеуді де жоғарылату қажет, бірақ бұған жол берілмейді. Демек, салыстырмалы кернеу 1 ге тең болады: $\gamma_{1\text{макс}} = 1$.

Бұл моменттің төмендеуіне әкеледі. Мұндай жағдайда қозғалтқыштың жұмысы мына шартты орындағанда мүмкін болады:

$$0,8 \cdot M_{\kappa 1\text{макс}} > M_{c1}.$$

Түрлендіргіштің шығысындағы кернеу:

Минималды статикалық моментте:

$$U_{1\text{мин}} = U_1 \phi \cdot \gamma_{1\text{мин}} = 220 \cdot 0,963 = 211,9V$$

Максималды статикалық моментте:

$$U_{1\text{макс}} = U_1 \phi \cdot \gamma_{1\text{мин}} = 220 \cdot 1 = 220V$$

Критикалық сырғу:

Минималды статикалық моментте:

$$sk_{1мин} = \frac{r'2}{\alpha_{1мин} \cdot xk} \cdot \sqrt{\frac{\alpha_{1мин}^2 + p\mu^2}{\alpha_{1мин}^2 + pk^2}} = \frac{0,371}{0,959 \cdot 0,649} \cdot \sqrt{\frac{0,959^2 + 0,028^2}{0,959^2 + 0,194^2}} = 0,362 . \quad (2.47)$$

Максималды статикалық моментте:

$$sk_{1макс} = \frac{r'2}{\alpha_{1мин} \cdot xk} \cdot \sqrt{\frac{\alpha_{1макс}^2 + p\mu^2}{\alpha_{1макс}^2 + pk^2}} = \frac{0,371}{1,035 \cdot 0,649} \cdot \sqrt{\frac{1,035^2 + 0,028^2}{1,035^2 + 0,194^2}} = 0,336 . \quad (2.48)$$

Қозғалтқыштың критикалық моменті:

Минималды статикалық моментте:

$$M_{к1мин} = \frac{3 \cdot U_{1мин}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot xk \cdot \left[\alpha_{1мин} \cdot pk + \sqrt{(\alpha_{1мин}^2 + p\mu^2) \cdot (\alpha_{1мин}^2 + pk^2)} \right]} = \quad (2.49)$$

$$= \frac{3 \cdot 211,9^2}{2 \cdot 157 \cdot 0,649 \cdot \left[0,959 \cdot 0,194 + \sqrt{(0,959^2 + 0,028^2) \cdot (0,959^2 + 0,194^2)} \right]} = 586,6H \cdot м .$$

Максималды статикалық моментте:

$$M_{к1макс} = \frac{3 \cdot U_{1макс}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot xk \cdot \left[\alpha_{1макс} \cdot pk + \sqrt{(\alpha_{1макс}^2 + p\mu^2) \cdot (\alpha_{1макс}^2 + pk^2)} \right]} = \quad (2.50)$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 157 \cdot 0,649 \cdot \left[1,035 \cdot 0,194 + \sqrt{(1,035^2 + 0,028^2) \cdot (1,035^2 + 0,194^2)} \right]} = 550,8H \cdot м .$$

Шартты тексеру:

$$0,8 \cdot M_{к1макс} = 0,8 \cdot 550,8 = 440,6H \cdot м ;$$

$$M_{с1} = 315,9H \cdot м .$$

Көрініп тұрғандай, шарт орындалады.

a коэффициенті:

Минималды статикалық моментте:

$$\alpha_{1мин} = \frac{r1 \cdot \alpha_{1мин}^2}{r'2 \cdot (\alpha_{1мин}^2 + p\mu^2)} = \frac{0,126 \cdot 0,959^2}{0,23 \cdot (0,959^2 + 0,028^2)} = 0,548 . \quad (2.51)$$

Максималды статикалық моментте:

$$\alpha_{1\text{мин}} = \frac{r_1 \cdot \alpha_{1\text{макс}}^2}{r_1' \cdot (\alpha_{1\text{макс}}^2 + p\mu^2)} = \frac{0,126 \cdot 1,035^2}{0,23 \cdot (1,035^2 + 0,028^2)} = 0,548. \quad (2.52)$$

Моментті Клосс формуласы бойынша есептейміз:
Минималды статикалық моментте:

$$M_{1\text{мин}}(s) = \frac{2 \cdot M_{k1\text{мин}} \cdot (1 + \alpha_{1\text{мин}} \cdot sk_{1\text{мин}})}{\frac{s}{sk_{1\text{мин}}} + \frac{sk_{1\text{мин}}}{s} + 2 \cdot \alpha_{1\text{мин}} \cdot sk_{1\text{мин}}} = \quad (2.53)$$

$$= \frac{2 \cdot 586,6 \cdot (1 + 0,548 \cdot 0,362)}{\frac{s}{0,362} + \frac{0,362}{s} + 2 \cdot 0,548 \cdot 0,362}.$$

Максималды статикалық моментте:

$$M_{1\text{макс}}(s) = \frac{2 \cdot M_{k1\text{макс}} \cdot (1 + \alpha_{1\text{мин}} \cdot sk_{1\text{макс}})}{\frac{s}{sk_{1\text{макс}}} + \frac{sk_{1\text{макс}}}{s} + 2 \cdot \alpha_{1\text{макс}} \cdot sk_{1\text{макс}}} = \quad (2.54)$$

$$= \frac{2 \cdot 550,8 \cdot (1 + 0,548 \cdot 0,336)}{\frac{s}{0,336} + \frac{0,336}{s} + 2 \cdot 0,548 \cdot 0,336}.$$

Электр қозғалтқыштың жылдамдығы:
Минималды статикалық моментте:

$$\omega_{1\text{макс}}(s) = \omega_{01\text{мин}} \cdot (1 - s) = 150,7 \cdot (1 - s).$$

Минималды статикалық моментте:

$$\omega_{1\text{макс}}(s) = \omega_{01\text{макс}} \cdot (1 - s) = 162,6 \cdot (1 - s).$$

Есептеу нәтижелері 2.4 және 2.5 кестелерде көрсетілген

2.4 кесте - Минималды моментте максималды жиілікте ЖС есептеу

s	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
ω	150.7	135.6	120.6	105.5	90.42	75.35	60.28	45.21	30.14	15.07	0
M, Н	0	327.4	509.5	578	584.1	561.9	529.1	493.8	459.6	428	399.327

2.5 кесте - Максималды моментте максималды жиілікте ЖС есептеу

S	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
ω	162.6	146.4	130.1	113.8	97.58	81.32	65.05	48.79	32.53	16.26	0
M,H	0	323.7	493.2	547.7	543.9	516.1	480.9	445.3	411.9	381.7	354.8

Минималды жиілікте МС құрғанда есептер аналогты болады.
 Өртүрлі моменттерде айнарудың синхронды жиілігі:
 Минималды статикалық моментте:

$$\beta = \frac{Mc^4}{\omega_{04} - \omega_{мин}} \rightarrow \omega_{04.мин} = \frac{Mc^4 + \beta \cdot \omega_{мин}}{\beta} = \frac{32,6 + 23,75 \cdot 37,3}{23,75} = 38,7c^{-1}. \quad (2.55)$$

Максималды статикалық моментте:

$$\beta = \frac{Mc^4}{\omega_{04} - \omega_{мин}} \rightarrow \omega_{04.макс} = \frac{Mc^4 + \beta \cdot \omega_{мин}}{\beta} = \frac{319,6 + 23,75 \cdot 37,3}{23,75} = 50,6c^{-1}. \quad (2.56)$$

Осы синхронды жылдамдықтарға сай жиіліктер:
 Минималды статикалық моментте:

$$f_{4.мин} = \frac{\alpha_{04.мин} \cdot 2}{2 \cdot \pi} = \frac{38,7 \cdot 2}{2 \cdot \pi} = 12,3Гц. \quad (2.57)$$

Максималды статикалық моментте:

$$f_{4.макс} = \frac{\alpha_{04.макс} \cdot 2}{2 \cdot \pi} = \frac{50,6 \cdot 2}{2 \cdot \pi} = 16,1Гц. \quad (2.58)$$

Салыстырмалы жиілік:

Минималды статикалық моментте:

$$\alpha_{4.мин} = \frac{f_{4.мин}}{f} = \frac{12,3}{50} = 0,246. \quad (2.59)$$

Максималды статикалық моментте:

$$\alpha_{4.макс} = \frac{f_{4.макс}}{f} = \frac{16,1}{50} = 0,322. \quad (2.60)$$

Статордағы салыстырмалы кернеу:
Минималды статикалық моментте:

$$\begin{aligned} \gamma_{4\text{мин}} &= \sqrt{\frac{\alpha_{4\text{мин}} \cdot pk + \sqrt{(\alpha_{4\text{мин}}^2 + p\mu^2) \cdot (\alpha_{4\text{мин}}^2 + pk^2)}}{pk + \sqrt{(1 + p\mu^2) \cdot (1 + pk^2)}}} = \\ &= \sqrt{\frac{0,246 \cdot 0,194 + \sqrt{(0,246^2 + 0,028^2) \cdot (0,246^2 + 0,194^2)}}{0,194 + \sqrt{(1 + 0,028^2) \cdot (1 + 0,194^2)}}} = 0,322. \end{aligned} \quad (2.61)$$

Максималды статикалық моментте:

$$\begin{aligned} \gamma_{4\text{макс}} &= \sqrt{\frac{\alpha_{4\text{макс}} \cdot pk + \sqrt{(\alpha_{4\text{макс}}^2 + p\mu^2) \cdot (\alpha_{4\text{макс}}^2 + pk^2)}}{pk + \sqrt{(1 + p\mu^2) \cdot (1 + pk^2)}}} = \\ &= \sqrt{\frac{0,332 \cdot 0,194 + \sqrt{(0,246^2 + 0,028^2) \cdot (0,332^2 + 0,194^2)}}{0,194 + \sqrt{(1 + 0,028^2) \cdot (1 + 0,194^2)}}} = 0,39. \end{aligned} \quad (2.62)$$

Түрлендіргіштің шығысындағы кернеу:

Минималды статикалық моментте:

$$U_{4\text{макс}} = U_1 \phi \cdot \gamma_{4\text{макс}} = 220 \cdot 0,322 = 70,8B.$$

Максималды статикалық моментте:

$$U_{4\text{макс}} = U_1 \phi \cdot \gamma_{4\text{макс}} = 220 \cdot 0,39 = 85,8B.$$

Критикалық сырғу:

Минималды статикалық моментте:

$$s_{k4\text{мин}} = \frac{r'^2}{\alpha_{4\text{мин}} \cdot x_k} \cdot \sqrt{\frac{\alpha_{4\text{мин}}^2 + p\mu^2}{\alpha_{4\text{мин}}^2 + pk^2}} = \frac{0,371}{0,246 \cdot 0,649} \cdot \sqrt{\frac{0,246^2 + 0,028^2}{0,246^2 + 0,194^2}} = 1,136. \quad (2.63)$$

Максималды статикалық моментте:

$$sk_{4\text{макс}} = \frac{r'^2}{\alpha_{4\text{макс}} \cdot x_k} \cdot \sqrt{\frac{\alpha_{4\text{макс}}^2 + p\mu^2}{\alpha_{4\text{макс}}^2 + pk^2}} = \frac{0,371}{0,332 \cdot 0,649} \cdot \sqrt{\frac{0,332^2 + 0,028^2}{0,332^2 + 0,194^2}} = 0,945. \quad (2.64)$$

Қозғалтқыштың критикалық моменті:

Минималды статикалық моментте:

$$M_{\kappa 4\text{мин}} = \frac{3 \cdot U_{4\text{мин}}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot x_k \cdot \left[\alpha_{4\text{мин}} \cdot p_k + \sqrt{(\alpha_{4\text{мин}}^2 + p_\mu^2) \cdot (\alpha_{4\text{мин}}^2 + \rho_k^2)} \right]} = \quad (2.64)$$

$$= \frac{3 \cdot 70,8^2}{2 \cdot 157 \cdot 0,649 \cdot \left[0,246 \cdot 0,194 + \sqrt{(0,246^2 + 0,028^2) \cdot (0,246^2 + 0,194^2)} \right]} = 586,6 \cdot \text{м}.$$

Максималды статикалық моментте:

$$M_{\kappa 4\text{макс}} = \frac{3 \cdot U_{4\text{макс}}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot x_k \cdot \left[\alpha_{4\text{макс}} \cdot p_k + \sqrt{(\alpha_{4\text{макс}}^2 + p_\mu^2) \cdot (\alpha_{4\text{макс}}^2 + \rho_k^2)} \right]} = \quad (2.65)$$

$$= \frac{3 \cdot 85,8^2}{2 \cdot 157 \cdot 0,649 \cdot \left[0,322 \cdot 0,194 + \sqrt{(0,322^2 + 0,028^2) \cdot (0,322^2 + 0,194^2)} \right]} = 586,6 \cdot \text{м}.$$

α коэффициенті:

Минималды статикалық моментте:

$$\alpha_{4\text{мин}} = \frac{r_1 \cdot \alpha_{4\text{мин}}^2}{r'2 \cdot (\alpha_{4\text{мин}}^2 + \rho\mu^2)} = \frac{0,126 \cdot 0,246^2}{0,23 \cdot (0,246^2 + 0,028^2)} = 0,541. \quad (2.66)$$

Максималды статикалық моментте:

$$\alpha_{4\text{макс}} = \frac{r_1 \cdot \alpha_{4\text{макс}}^2}{r'2 \cdot (\alpha_{4\text{макс}}^2 + \rho\mu^2)} = \frac{0,126 \cdot 0,332^2}{0,23 \cdot (0,332^2 + 0,028^2)} = 0,544. \quad (2.67)$$

Моментті Клоасс формуласы бойынша есептейміз:

Минималды статикалық моментте:

$$M_{4\text{мин}(s)} = \frac{2 \cdot M_{\kappa 4\text{мин}} \cdot (1 + \alpha_{4\text{мин}} \cdot sk_{4\text{мин}})}{\frac{s}{s_{\kappa 4\text{мин}}} + \frac{s_{\kappa 4\text{мин}}}{s} + 2 \cdot \alpha_{4\text{мин}} \cdot s_{\kappa 4\text{мин}}} = \frac{2 \cdot 586,6 \cdot (1 + 0,541 \cdot 1,136)}{\frac{s}{1,136} + \frac{1,136}{s} + 2 \cdot 0,541 \cdot 1,136}. \quad (2.68)$$

Максималды статикалық моментте:

$$M_{4,макс(s)} = \frac{2 \cdot M_{к4,макс} \cdot (1 + \alpha_{4,макс} \cdot sk_{4,макс})}{\frac{s}{s_{к4,макс}} + \frac{s_{к4,макс}}{s} + 2 \cdot \alpha_{4,макс} \cdot s_{к4,макс}} = \frac{2 \cdot 586,6 \cdot (1 + 0,544 \cdot 0,945)}{\frac{s}{0,945} + \frac{0,945}{s} + 2 \cdot 0,544 \cdot 0,945}. \quad (2.69)$$

Скорость электродвигателя:

Минималды статикалық моментте:

$$\omega_{4,мин(s)} = \omega_{04,мин} \cdot (1 - s) = 38,7 \cdot (1 - s).$$

Минималды статикалық моментте:

$$\omega_{4,макс(s)} = \omega_{04,макс} \cdot (1 - s) = 50,6 \cdot (1 - s).$$

Есептеу нәтижелері 2.6 және 2.7 кестелерге енгізілген.

2.6 кесте - Минималды моментте минималды жиілікте ЖС есептеу

s	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
ω	38.17	34.84	30.96	27.09	23.22	19.35	15.48	11.61	7.741	3.871	0
M, Н	0	149.4	267.3	358.7	428.3	480.5	518.8	546.1	564.8	576.8	583

2.7 кесте - Максималды моментте минималды жиілікте ЖС есептеу

s	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
ω	50.64	45.57	40.51	35.44	30.38	25.32	20.25	15.19	10.13	5.064	0
M, Н	0	150.5	276.0	375.4	450.8	505.4	542.9	566.8	580.4	586	585

Орта жиіліктерде мұндай есептеу жүргізудің қажеті жоқ, өйткені мұндай жылдамдыққа ешқандай шектеулер қойылмайды.

Синхронды айналу жиілігі:

$$\omega_{02} = \omega_{04,макс} + (\omega_{01м1ма} - \omega_{04м4ма}) \cdot \frac{2}{3} = 50,6 \cdot + (162,6 - 50,60) \cdot \frac{2}{3} = 125,3c^{-1}. \quad (2.70)$$

Түрлендіргіштің шығысындағы жиілік:

$$f_2 = \frac{\omega_{02} \cdot 2}{2 \cdot \pi} = \frac{125,3 \cdot 2}{2 \cdot \pi} = 39,88 \text{ Гц}. \quad (2.71)$$

Салыстырмалы жиілік:

$$\alpha_2 = \frac{f_2}{f} = \frac{39,88}{50} = 0,798. \quad (2.80)$$

Статордағы салыстырмалы кернеу:

$$\begin{aligned} \gamma_2 &= \sqrt{\frac{\alpha_2 \cdot pk + \sqrt{(\alpha_2^2 + p\mu^2) \cdot (\alpha_2^2 + pk^2)}}{pk + \sqrt{(1 + p\mu^2) \cdot (1 + pk^2)}}} = \\ &= \sqrt{\frac{0,798 \cdot 0,194 + \sqrt{(0,798^2 + 0,028^2) \cdot (0,798^2 + 0,194^2)}}{0,194 + \sqrt{(1 + 0,028^2) \cdot (1 + 0,194^2)}}} = 0,817. \quad (2.81) \end{aligned}$$

Түрлендіргіштің шығысындағы кернеу:

$$U_2 = U_{1\phi} \cdot \gamma_2 = 220 \cdot 0,817 = 179,8 \text{ В.}$$

Критикалық сырғу:

$$s_{k2} = \frac{r'2}{\alpha_2 \cdot xk} \cdot \sqrt{\frac{\alpha_2^2 + p\mu^2}{\alpha_2^2 + pk^2}} = \frac{0,371}{0,798 \cdot 0,649} \cdot \sqrt{\frac{0,798^2 + 0,028^2}{0,798^2 + 0,194^2}} = 0,432. \quad (2.82)$$

Қозғалтқыштың критикалық моменті:

$$M_{k2} = \frac{3 \cdot U_2^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot xk \cdot \left[\alpha_2 \cdot pk + \sqrt{(\alpha_2^2 + p\mu^2) \cdot (\alpha_2^2 + pk^2)} \right]} = \quad (2.83)$$

$$M_{k2} = \frac{3 \cdot 179,8^2}{2 \cdot 157 \cdot 0,649 \cdot \left[0,798 \cdot 0,194 + \sqrt{(0,798^2 + 0,028^2) \cdot (0,798^2 + 0,194^2)} \right]} = 586,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

a коэффициенті:

$$\alpha_2 = \frac{r_1 \cdot \alpha_2^2}{r'2 \cdot (\alpha_2^2 + p\mu^2)} = \frac{0,126 \cdot 0,798^2}{0,23 \cdot (0,798^2 + 0,028^2)} = 0,548. \quad (2.84)$$

Моментті Клосс формуласы бойынша есептейміз:

$$M_{2(s)} = \frac{2 \cdot M_{k2} \cdot (1 + \alpha_2 \cdot sk_2)}{\frac{s}{sk_2} + \frac{sk_2}{s} + 2 \cdot \alpha_2 \cdot sk_2} = \frac{2 \cdot 586,6 \cdot (1 + 0,548 \cdot 0,432)}{\frac{s}{0,432} + \frac{0,432}{s} + 2 \cdot 0,548 \cdot 0,432}. \quad (2.85)$$

Электр қозғалтқыштың жылдамдығы:

$$\omega_{2(s)} = \omega_{02} \cdot (1 - s) = 125,3 \cdot (1 - s).$$

Есептеу нәтижелері 2.8 кестеге еңгізілген.

2.8 кесте - Бірінші орта жиілікті ЖС есептеу

s	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
ω	125.3	112.8	100.2	87.71	75.18	62.65	50.12	37.59	25.06	12.53	0
M, H	0	288.8	468.6	556.4	585.17	581.5	561.7	535.0	506.2	477.6	450.3

Синхронды аңналу жиілігі:

$$\omega_{03} = \omega_{04,макс} + (\omega_{01м1ма} - \omega_{04,макс}) \cdot \frac{1}{3} = 50,6 + (162,6 - 50,6) \cdot \frac{1}{3} = 89c^{-1}. \quad (2.86)$$

Түрлендіргіштің шығысындағы жиілік:

$$f_3 = \frac{\omega_{03} \cdot 2}{2 \cdot \pi} = \frac{89 \cdot 2}{2 \cdot \pi} = 28 \text{ Гц}. \quad (2.87)$$

Салыстырмалы жиілік:

$$\alpha_3 = \frac{f_3}{f} = \frac{28}{50} = 0,56. \quad (2.88)$$

Статордағы салыстырмалы кернеу:

$$\begin{aligned} \gamma_3 &= \sqrt{\frac{\alpha_3 \cdot pk + \sqrt{(\alpha_3^2 + p\mu^2) \cdot (\alpha_3^2 + pk^2)}}{pk + \sqrt{(1 + p\mu^2) \cdot (1 + pk^2)}}} = \\ &= \sqrt{\frac{0,56 \cdot 0,194 + \sqrt{(0,56^2 + 0,028^2) \cdot (0,56^2 + 0,194^2)}}{0,194 + \sqrt{(1 + 0,028^2) \cdot (1 + 0,194^2)}}} = 0,603. \quad (2.89) \end{aligned}$$

Түрлендіргіштің шығысындағы кернеу:

$$U_3 = U_{1\phi} \cdot \gamma_3 = 220 \cdot 0,603 = 132,6 \text{ В}.$$

Критикалық сырғу:

$$s_{k3} = \frac{r'2}{\alpha_3 \cdot xk} \cdot \sqrt{\frac{\alpha_3^2 + p\mu^2}{\alpha_3^2 + pk^2}} = \frac{0,371}{0,56 \cdot 0,649} \cdot \sqrt{\frac{0,56^2 + 0,028^2}{0,56^2 + 0,194^2}} = 0,598. \quad (2.90)$$

Қозғалтқыштың критикалық моменті:

$$M_{k3} = \frac{3 \cdot U_3^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot xk \cdot \left[\alpha_3 \cdot pk + \sqrt{(\alpha_3^2 + p\mu^2) \cdot (\alpha_3^2 + pk^2)} \right]} \quad (2.91)$$

$$= \frac{3 \cdot 132,6^2}{2,157 \cdot 0,649 \cdot \left[0,56 \cdot 0,194 + \sqrt{(0,56^2 + 0,028^2) \cdot (0,56^2 + 0,194^2)} \right]} = 586,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

α коэффициенті:

$$\alpha_3 = \frac{r_1 \cdot \alpha_3^2}{r'2 \cdot (\alpha_3^2 + p\mu^2)} = \frac{0,126 \cdot 0,56^2}{0,23 \cdot (0,56^2 + 0,028^2)} = 0,547. \quad (2.92)$$

Моментті Клосс формуласы бойынша есептейміз:

$$M_{3(s)} = \frac{2 \cdot M_{k3} \cdot (1 + \alpha_3 \cdot sk_3)}{\frac{s}{sk_3} + \frac{sk_3}{s} + 2 \cdot \alpha_3 \cdot sk_3} = \frac{2 \cdot 586,6 \cdot (1 + 0,547 \cdot 0,598)}{\frac{s}{0,598} + \frac{0,598}{s} + 2 \cdot 0,547 \cdot 0,598}. \quad (2.93)$$

Электр қозғалтқыштың жылдамдығы:

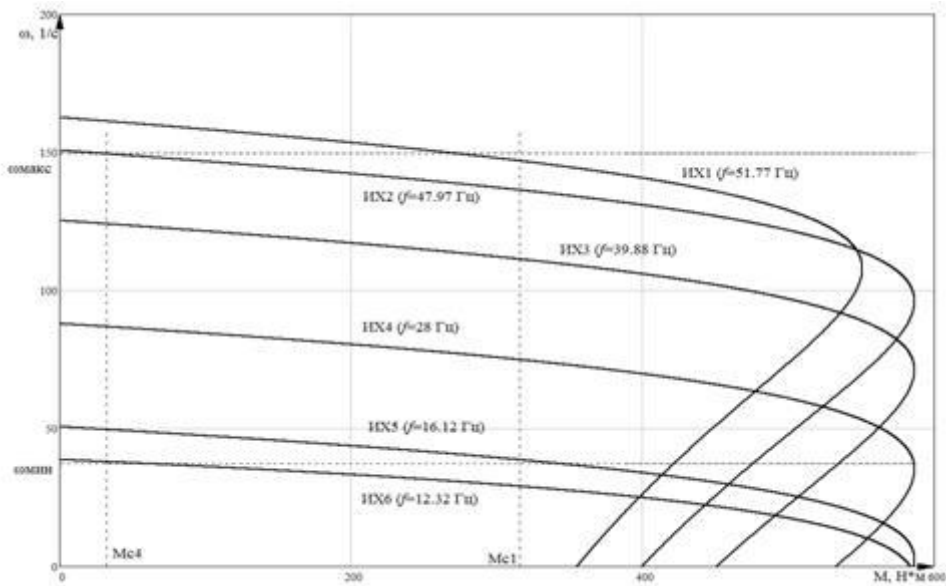
$$\omega_{2(s)} = \omega_{02} \cdot (1 - s) = 88 \cdot (1 - s).$$

Есептеу нәтижелері 2.9 кестеге еңгізілген.

2.9 кесте - Екінші орта жиілікте ЖС есептеу

s	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
ω	8	79.2	70.4	61.6	52.8	44	35.2	26.4	17.6	8.8	0
M,Н	0	228.7	391.1	494.2	552.3	579.5	586.5	581.1	568.4	551.5	532.5

Барлық есептелген ЖС құрамыз. Суретте жылдамдықтың максималды және минималды мәні, максималды және минималды статикалық момент, сондай-ақ әртүрлі жиіліктерде ЖС көрсетілген.



2.2 сурет - Әртүрлі жиіліктерде ЖС графиктері

Осылайша, осы сипаттамаларды есептегенде, есептің шектеулері ескерілді:

$$\omega_{\max} = 149,3\text{c}^{-1};$$

$$\omega_{\min} = 37,3\text{c}^{-1}.$$

2.7 Рекуперативті тежелуде механикалық сипаттамаларды есептеу және құру

Тежеу міндеті - қозғалтқышты тоқтату. Рекуперативті тежелу - энергия желіге берілетін тежелу. Мұндай тежелу, мысалы, ротордың айналу жылдамдығы синхрондыдан үлкен болғанда мүмкін. Бұл үшін жиілікті реттеуде жартылай өткізгішті аспаптардың екінші жинағы қойылады, олар инвертор режимінде жұмыс істейді және уаттандырушы желінің жиілігі төмендетіледі. Алайда қозғалтқыштың соңғы тержелуі динамикалық сипаттамада болады. Бұл үшін қозғалтқыштың статоры желіден өшіріледі, ал қозғалтқыштың 2 фазасында тұрақты ток беріледі.

Бастапқы мәліметтер - қозғалтқыш $\omega_{\max} = 149,3\text{c}^{-1}$ жиілікпен, $M_{c1} = 315,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$ моментімен жұмыс істеді.

Тежелу интенсивтілігін анықтау үшін келесіні есептеу үшін келесілерді есептеу қажет:

Рұқсат етілген жылдамдау:

$$s_{\partial} = \alpha_{\max} \cdot \frac{2}{D_6} \cdot ip = 0,8 \cdot \frac{2}{0,36} \cdot 168 = 747\text{c}^{-2}. \quad (2.94)$$

Инерцияның жиынтық моменті:

$$J \Sigma = J_{\partial} + J_{.m1} = 0,37 + 0,272 = 0,642 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 . \quad (2.95)$$

Уақыттың электрмеханикалық тұрақтысы:

$$TM = \frac{J \Sigma}{\beta} = \frac{0,642}{23,75} = 0,027 . \quad (2.96)$$

Тежелуде максималды момент:

$$M_{\text{торм}} = s_{\partial} \cdot TM \cdot \beta - M_{c1} = 747 \cdot 0,027 \cdot 23,75 - 315,9 = 163,2 . \quad (2.97)$$

Динамикалық тежелу сипаттамасының критикалық моменті:

$$M_{\text{кдт}} = \frac{-3 \cdot x \mu^2 \cdot I_{\text{экв}}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot (x'2 + x \mu)} = \frac{-3 \cdot 4,5^2 I_{\text{экв}}^2}{2 \cdot 157 \cdot (0,371 + 4,5)} . \quad (2.98)$$

Максималды интенсивтілік үшін критикалық момент тежелудегі максималды моментке тең болуы керек:

$$M_{\text{торм}} = M_{\text{кдт}} . \quad (2.99)$$

Осы шартқа қарай, динамикалық тежелудің эквиваленттік тоғы тең:

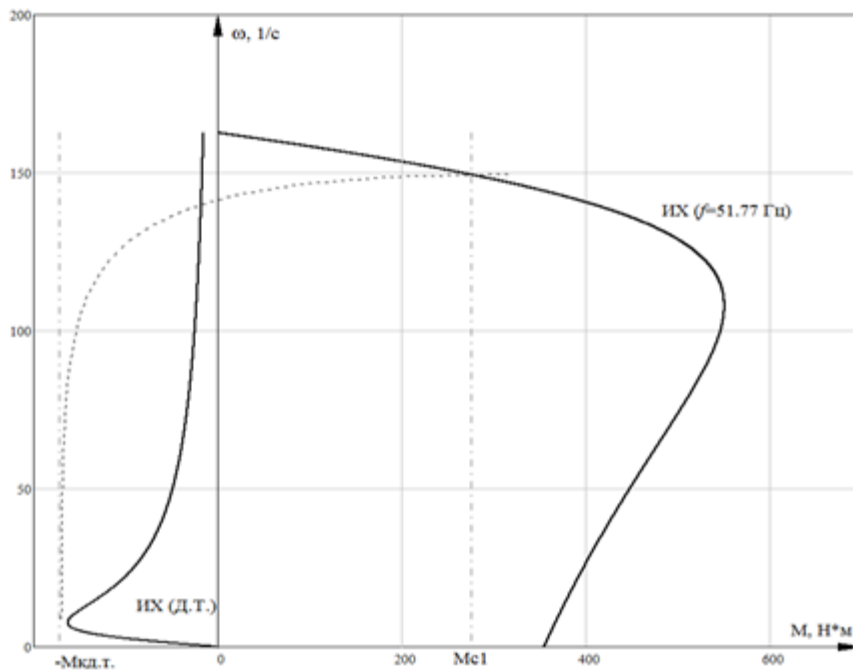
$$I_{\text{экв}} = 64 \text{ А} .$$

Динамикалық тежелудің сипаттамасын құрамыз:

$$M_{\partial m(S)} = \frac{-3 \cdot x \mu^2 \cdot I_{\text{экв}}^2 \cdot r'2}{S \cdot \omega_0 \cdot \left[\left(\frac{r'2}{S} \right)^2 + (x \mu + x'2) \right]} = \frac{-3 \cdot 4,5^2 \cdot 64^2 \cdot 0,23}{S \cdot 157 \cdot [(0,23)^2 + (4,5 + 0,371)]} . \quad (2.100)$$

Динамикалық тежелу сипаттамаының графигі. Онда көрсетіледі:

- қозғалтқыш жұмыс істеген жасанды сипаттама;
- максималды статикалық момент;
- тежелудің максималды моменті;
- тежелудің динамикалық сипаттамасы.



2.3 сурет - Динамикалық тежелудің сипаттамасы

2.8 Электр қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығын тұрақтандыру үшін кері байланысты қолдану қажеттілігін бағалау

Жетек жиілікті реттеуішпен жабдықталғандықтан, ондың сипаттамалары жиілікке байланасыз бірдей қаттылыққа ие. Сондықтан бір сипаттаманы, мысалы, максималді жылдамдықпен жүктің көтерілуі жүзеге асатын сипаттаманы қарастыруға болады. Мұндай жағдайда 0 ден $M_{cl} = 315,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ге дейін момент өзгергенде, қозғалтқыштың айналу жиілігі $\omega_{0, \max} = 162,6 \text{ с}^{-1}$ тан $\omega_{\max} = 149,3 \text{ с}^{-1}$ қа дейін өзгереді.

Жылдамдықтың абсолютті өзгеруі:

$$\Delta \omega = \omega_{0, \max} - \omega_{\max} = 162,6 - 149,3 = 13,3 \text{ с}^{-1}. \quad (2.101)$$

Жылдамдықтың салыстырмалы өзгеруі:

$$\varepsilon \omega = \frac{\Delta \omega}{\omega_{0, \max}} \cdot 100\% = \frac{13,3}{162,6} \cdot 100\% = 8,18\%. \quad (2.102)$$

Момент 0 ден $M_{cl} = 315,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ге дейін өзгергенде, жылдамдықтың салыстырмалы өзгеруі 15%-дан аспайтындығы көрініп тұр. Момент 0 ден $M_n < M_{cl}$ ге дейін өзгергенде, жылдамдықтың салыстырмалы өзгеруі де 15%-дан аспайды, деп болдау қисынды болмақ. Осылайша, жылдамдықты

тұрақтандыру үшін қандай да бір күшейту коэффициентімен кері байланысты енгізу қажеттілігі жоқтығы туралы қорытынды жасауға болады.

2.9 Бұрыштық жылдамдық, электр қозғалтқышты іске қосқанда және тоқтатанда момент пен тоқтың өзгеру қисығын есептеу және құру; ауыспалы процестердің ұзақтығын анықтау

1. Қозғалтқыштың ұмтылысы.

Қозғалтқыш жиілік түрлендіргішінің қуат алғандықтан, яғни шығыс шамасын өзгертудің сызықты заңын құру мүмкіндігі:

$$\omega_{0(t)} = \omega_{нач} + \varepsilon \cdot t = \varepsilon \cdot t, \quad (2.103)$$

мұндағы ε - қозғалтқыштың шекті бұрыштық жылдамдауы.

Оны есептеу үшін келесі есептеулерді жасау қажет:

Іске қосу моменті:

$$M_{пуск} = 0,8 \cdot M_k = 0,8 \cdot 586,6 = 469,4 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.104)$$

Осылайша, рұқсат етіген бұрыштық жылдамдау:

$$\varepsilon = \frac{M_{пуск} - M_{с1}}{TM \cdot \beta} = \frac{469,4 - 315,9}{0,027 \cdot 23,75} = 239 \text{ с}^{-2}. \quad (2.105)$$

$\varepsilon < s_{доп}$ шарты орындалатындығы белгілі.

Қозғалтқыштың ұмтылысын 3 кезеңге бөлуге болады:

2. Момент $M_{с1}$ ге дейін жоғарылайды. Жылдамдық 0 ге тең.

Кезеңнің ұзақтығы – кешігу уақыты.

$$t_z = \frac{M_{с1}}{\beta \cdot \varepsilon} = \frac{315,9}{23,75 \cdot 239} = 0,056 \text{ с}. \quad (2.106)$$

Қозғалтқыш моменті:

$$M_{1(t)} = \beta \cdot \varepsilon \cdot t = 23,75 \cdot 239 \cdot t. \quad (2.107)$$

Қозғалтқыштың жылдамдығы: $\omega_{1(t)} = 0$ Момент пен жылдамдықтың бастапқы және соңғы мәндері:

$$M_{1нач} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad \omega_{1нач} = 0 \text{ с}^{-1} \quad M_{1кон} = 315,9 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad \omega_{1кон} = 0 \text{ с}^{-1}$$

3. Екінші кезең – момент экспоненциалды $M_{пуск}$ дейін жоғарылайды, жылдамдық сызықты жоғарылайды.

Кезеңнің ұзақтығы – уақыт $t_0 - t_z$, мұнда $t_0 - \omega_{0(t)}$ кіріс сигналы $\omega_{0\max}$ ка дейін жоғарылайтын уақыт.

$$t_0 = \frac{\omega_{0\max}}{\varepsilon} = \frac{162,6}{239} = 0,681 \text{ с.} \quad (2.108)$$

Қозғалтқыштың моменті:

$$M_{2(t)} = M_{c1} + \beta \cdot \varepsilon \cdot TM \cdot (1 - e^{-\frac{t}{TM}}) = 315,9 + 23,75 \cdot 239 \cdot 0,027 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{0,027}}). \quad (2.109)$$

Жылдамдық:

$$\omega_{2(t)} = \varepsilon \cdot t - \varepsilon \cdot TM \cdot (1 - e^{-\frac{t}{TM}}) = 239 \cdot t - 239 \cdot 0,027 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{0,027}}). \quad (2.110)$$

Жылдамдық пен моменттің бастапқы және соңғы мәндері:

$$M_{2\text{нач}} = 315,9 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad \omega_{2\text{нач}} = 0 \text{ с}^{-1}, \quad M_{2\text{кон}} = 469 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad \omega_{2\text{кон}} = 142,9^{-1}.$$

4. Үшінші кезең – жылдамдық пен моменттің белгіленген мәндеріне дейін жасанды сипаттама бойынша ұмтылыс. Кезеңнің ұзақтығы - $5 \cdot TM$. Қозғалтқыш моменті:

$$M_{3(t)} = M_{c1} + (M_{\text{пуск}} - M_{c1}) \cdot e^{-\frac{t}{TM}} = 315,9 + (469 - 315,9) \cdot e^{-\frac{t}{0,027}}. \quad (2.111)$$

Қозғалтқыштың жылдамдығы:

$$\omega_{3(t)} = \omega_{\text{макс}} + (\omega_{\text{нач}} - \omega_{\text{макс}}) \cdot e^{-\frac{t}{TM}} = 149,3 + (142,9 - 149,3) \cdot e^{-\frac{t}{0,027}}. \quad (2.112)$$

Жылдамдық пен моменттің бастапқы және соңғы мәндері:

$$M_{3\text{нач}} = 469 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad \omega_{3\text{нач}} = 142,9 \text{ с}^{-1}, \quad M_{32\text{кон}} = 315,9 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad \omega_{3\text{кон}} = 149,3^{-1}.$$

Ұмтылыстың толық уақыты:

$$t_p = t_0 + 5 \cdot TM = 0,681 + 5 \cdot 0,027 = 0,816 \text{ с.} \quad (2.113)$$

5. Рекуперативті тежелу.

Рекуперативті тежелу режимінде қозғалтқышты ауыстырғанда шекті бұрыштық жылдамдау өзгереді:

$$s_d = 756 \text{ с}^{-2}.$$

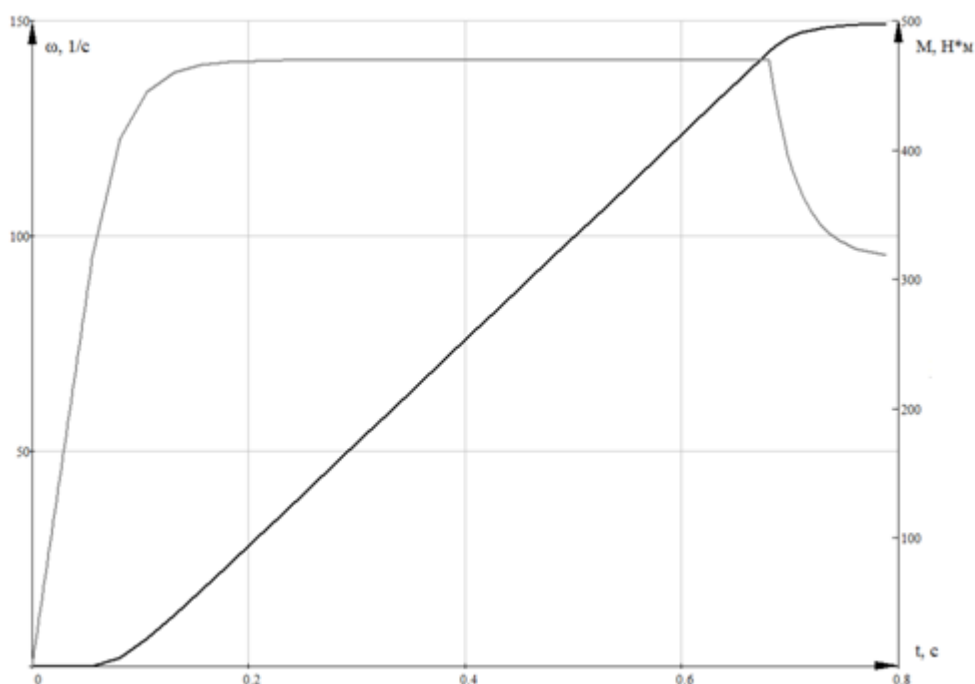
Тежелу 2 кезеңге бөлінеді:

1. Момент экспоненциальді $-M_{нукс}$ ке дейін жоғарылайды, жылдамдық сызықты төмендейді.

Кезеңнің ұзақтығы:

$$t_{p1} = \frac{\omega_{01макс}}{756} = \frac{162,6}{756} = 0,215 \text{ с.} \quad (2.114)$$

Алынған мәндер бойынша ұмтылыста момент пен жылдамдықтың өзгеру графигін құрамыз.



2.4 сурет - Іске қосқанда момент пен жылдамдық өзгерісінің графигі

Қозғалтқыштың моменті:

$$M_{1(t)} = M_{c1} - \beta \cdot \varepsilon_m \cdot TM \cdot (1 - e^{-\frac{t}{TM}}) = 315,9 - 23,7 \cdot 756 \cdot 0,027 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{0,027}}). \quad (2.115)$$

Қозғалтқыштың жылдамдығы:

$$\omega_{1(t)} = \omega_{макс} \cdot e^{-\frac{t}{TM}} - \varepsilon_o \cdot t + (\omega_{01макс} + \varepsilon_d \cdot TM - \Delta\omega_c) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{0,027}}) = . \quad (2.116)$$

$$= 149,3 \cdot e^{-\frac{t}{0,027}} - 756 \cdot t + (162,6 + 756 \cdot 0,027 - 12,8) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{0,027}})$$

Жылдамдық пен моменттің бастапқы және соңғы мәндері:
 $M_{1нач} = 315,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\omega_{1нач} = 149,3 \text{ с}^{-1}$, $M_{1кон} = 163,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\omega_{кон} = 7,6 \text{ с}^{-1}$

2. Динамикалық тежелу сипаттамаларында жылдамдық пен момент + ге дейін төмендейді.

Кезеңнің ұзақтығы - $5 \cdot TM$

Қозғалтқыштың моменті:

$$M_{2(t)} = M_{торм} \cdot e^{\frac{t}{TM}} = -163,2 \cdot e^{\frac{t}{0,027}}. \quad (2.117)$$

Қозғалтқыштың жылдамдығы:

$$\omega_{2(t)} = \omega_{нач} \cdot e^{\frac{t}{TM}} = 7,6 \cdot e^{\frac{t}{0,027}}. \quad (2.118)$$

Жылдамдық пен моменттің бастапқы және соңғы мәндері: $M_{2нач} = -163,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\omega_{2нач} = 7,6 \text{ с}^{-1}$, $M_{2кон} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\omega_{2кон} = 0 \text{ с}^{-1}$.

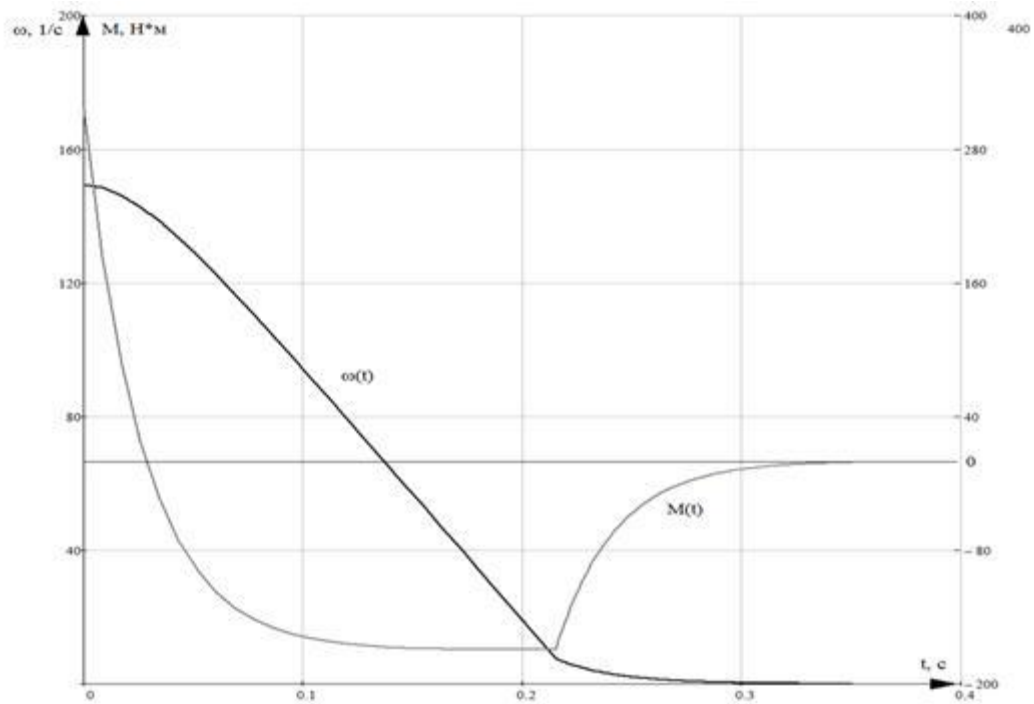
Тежелудің толық уақыты:

$$t_t = t_{p1} + 5 \cdot TM = 0,215 + 5 \cdot 0,027 = 0,35. \quad (2.119)$$

Есептердің негізінде тежелудегі жылдамдық мен моменттің өзгеру графигін құрамыз.

Енді жүк түсуінің ауыспалы процесін есептейміз.

Жүкті түсіруді жүзеге асыру үшін қозғалтқыштың статорына берілетін кернеудің кезектесуін алдын ала өзгертеді. Бұл қозғалтқыштың 3 квадрантта ұмтылыс бастауына әкеледі.



2.5 сурет - Рекуперативті тежелуде момент пен жылдамдықтың өзгеру графигі

Іске қосу моменті:

$$M_{\text{пуск}} = 0,8 \cdot M_{\kappa} = 0,8 \cdot 586,6 = 496,4 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.120)$$

Осылайша, шекті бұрыштық жылдамдау:

$$\varepsilon = \frac{M_{\text{пуск}}}{T M \cdot \beta} = \frac{496,4}{0,027 \cdot 23,75} = 730,86 \text{ с}^{-2}, \quad (2.121)$$

$\varepsilon < s_{\text{доп}}$ шарты орындалады.

$\omega \leq \omega_{\text{макс}}$ шарты әсер еткендіктен, мұндай жағдайда синхронды жылдамдық тең болады:

$$\omega_0 = \omega_{\text{макс}} - \frac{M_{c2}}{\beta} = 149,3 - \frac{192,2}{23,75} = 141,2 \text{ с}^{-1}. \quad (2.122)$$

Бірінші кезеңнің уақыты тең:

$$t_{02} = \frac{\omega_0}{\varepsilon} = \frac{141,2}{730,86} = 0,193 \text{ с}. \quad (2.123)$$

Қозғалтқыштың ұмтылысын 2 кезеңге бөлуге болады:

1. Бірінші кезең - момент экспоненциальді $M_{\text{нуск}}$ қа дейін жоғарылайды, жылдамдық сызықты жоғарылайды.

Бірінші кезеңнің уақыты тең болады:

$$t_{02} = \frac{\omega_0}{\varepsilon} = \frac{141,2}{730,86} = 0,193 \text{ с}. \quad (2.124)$$

Қозғалтқыш моменті:

$$M_{1(t)} = -\beta \cdot \varepsilon \cdot TM \cdot (1 - e^{-\frac{t}{TM}}) = -23,75 \cdot 730,86 \cdot 0,027 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{0,027}}). \quad (2.125)$$

Жылдамдық:

$$\omega_{1(t)} = -\varepsilon \cdot t + \varepsilon \cdot TM \cdot (1 - e^{-\frac{t}{TM}}) = -730,86 \cdot t + 730,86 \cdot 0,027 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{0,027}}). \quad (2.126)$$

Жылдамдық пен моменттің бастапқы және соңғы мәндері:

$$M_{1\text{нна}} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad \omega_{1\text{нна}} = 0 \text{ с}^{-1}, \quad M_{1\text{ккк}} = -469 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad \omega_{1\text{ккк}} = -121,5 \text{ с}^{-1}.$$

2. Екінші кезең - синхронды моменттен жоғары жылдамдықтың белгіленген мәніне дейін жасанды сипаттамалар бойынша ұмтылыс. Кезеңнің ұзақтығы - $5 \cdot TM$.

Қозғалтқыштың моменті:

$$M_{2(t)} = M_{c2} + (-M_{\text{нуск}} - M_{c2}) \cdot e^{-\frac{t}{TM}} = 192,2 + (-469 - 192,2) \cdot e^{-\frac{t}{0,027}}. \quad (2.127)$$

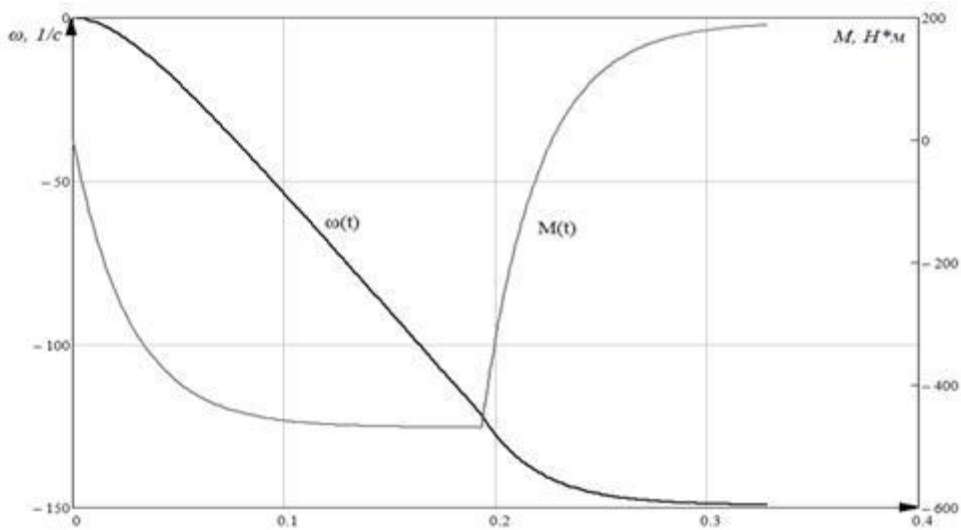
Қозғалтқыштың жылдамдығы:

$$\omega_{2(t)} = \omega_{\text{макс}} + (\omega_{1\text{ккк}} + \omega_{\text{макс}}) \cdot e^{-\frac{t}{TM}} = -149,3 + (-121,5 + 149,3) \cdot e^{-\frac{t}{0,027}}. \quad (2.128)$$

Жылдамдық пен моменттің бастапқы және соңғы мәндері:
 $M_{2\text{нна}} = -469 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad \omega_{2\text{нна}} = -121,5 \text{ с}^{-1}, \quad M_{2\text{ккк}} = 192,2 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad \omega_{2\text{ккк}} = -149,3 \text{ с}^{-1}.$

Ұмтылыстың толық уақыты: $t_p = t_{02} + 5 \cdot TM = 0,193 + 5 \cdot 0,027 = 0,328 \text{ с}$

Алынған мәндер бойынша ұмтылыстағы момент пен жылдамдықтың өзгеру графигін құрамыз.



2.6 сурет - Іске қосқанда момент пен жылдамдықтың өзгеру графигі (жүктің түсу режимі)

Рекуперативті тежелу.

Қозғалтқышты рекуперативті тежелу режиміне ауыстырғанда шекті бұрыштық жылдамдау өзгереді:

$$M_{\text{торм}} = 0,8 \cdot M_{\text{к}} = 0,8 \cdot 586,6 = 469,4 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.129)$$

$$\varepsilon = \frac{M_{\text{торм}} - M_{\text{с2}}}{TM \cdot \beta} = \frac{469,4 - 192,2}{0,027 \cdot 23,75} = 431,6 \text{ с}^{-2}. \quad (2.130)$$

$\varepsilon < \varepsilon_{\text{дон}}$ шарты орындалады.

Тежелу екі кезеңге бөлінеді:

1. Момент экспоненциалды $M_{\text{нук}}$ дейін жоғарылайды, жылдамдық сызықты төмендейді.

Кезеңнің ұзақтығы:

$$t_{p2} = \frac{\omega_{01}}{\varepsilon} = \frac{141,2}{431} = 0,327 \text{ с}. \quad (2.131)$$

Қозғалтқыштың моменті:

$$M_{1(t)} = M_{\text{с2}} + \beta \cdot \varepsilon_m \cdot TM \cdot (1 - e^{-\frac{t}{TM}}) = 192,2 - 23,75 \cdot 431,6 \cdot 0,027 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{0,027}}). \quad (2.132)$$

Қозғалтқыштың жылдамдығы:

$$\begin{aligned}\omega_{1(t)} &= \omega_{\text{макс}} \cdot e^{-\frac{t}{TM}} - \varepsilon \cdot t + (-\omega_{01\text{м1ма}} + \varepsilon \cdot TM) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{0,027}}) = \\ &= 149,3 \cdot e^{-\frac{t}{0,027}} - 431,6 \cdot t + (-162,6 + 431,6 \cdot 0,027) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{0,027}}).\end{aligned}\quad (2.133)$$

Жылдамдық пен моменттің бастапқы және соңғы мәндері: $M_{1\text{нна}} = 192,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\omega_{1\text{нна}} = -149,3 \text{ с}^{-1}$, $M_{1\text{кко}} = 469,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\omega_{1\text{кко}} = -9,7 \text{ с}^{-1}$.

2. Момент пен жылдамдық динамикалық сипаттамаларға 0-ге дейін төмендейді.

Кезеңнің ұзақтығы - $5 \cdot TM$.

Қозғалтқыштың моменті:

$$M_{2(t)} = M_{\text{торм}} \cdot e^{-\frac{t}{TM}} = 469,4 \cdot e^{-\frac{t}{0,027}}. \quad (2.134)$$

Қозғалтқыштың жылдамдығы:

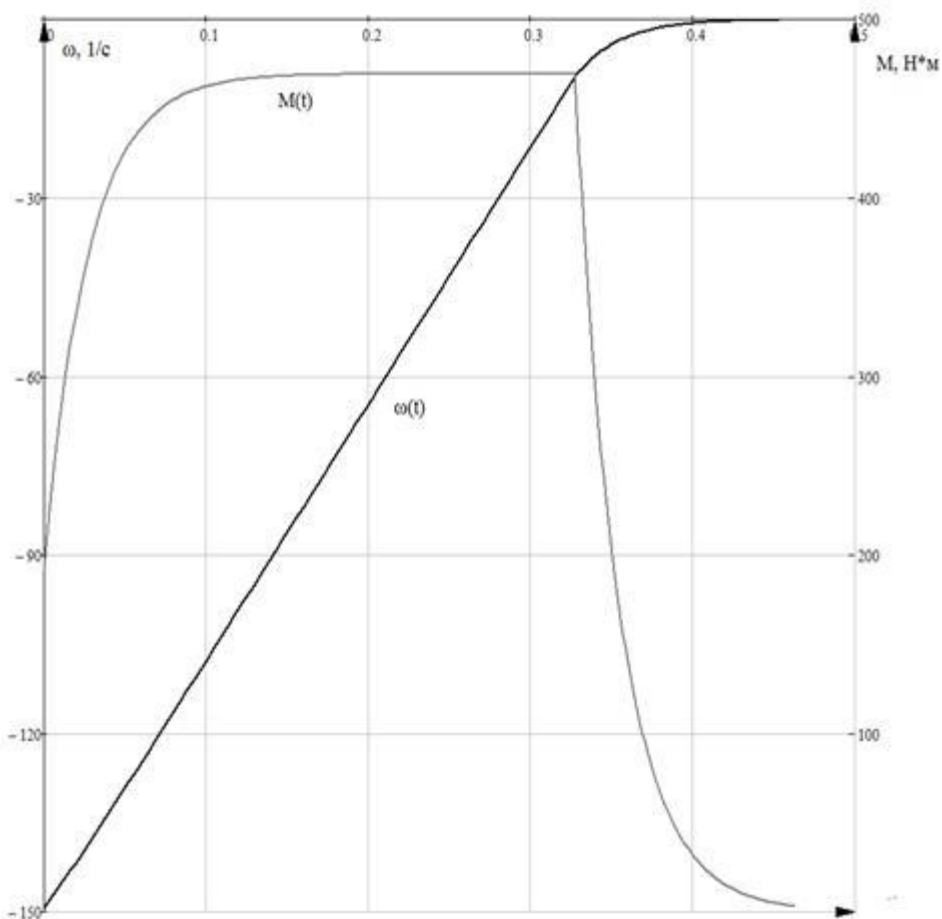
$$\omega_{2(t)} = \omega_{\text{торм}} \cdot e^{-\frac{t}{TM}} = -9,7 \cdot e^{-\frac{t}{0,027}}. \quad (2.135)$$

Жылдамдық пен моменттің бастапқы және соңғы мәндері: $M_{2\text{нач}} = 469,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\omega_{2\text{нач}} = -9,7 \text{ с}^{-1}$, $M_{2\text{кон}} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\omega_{2\text{кон}} = 0 \text{ с}^{-1}$.

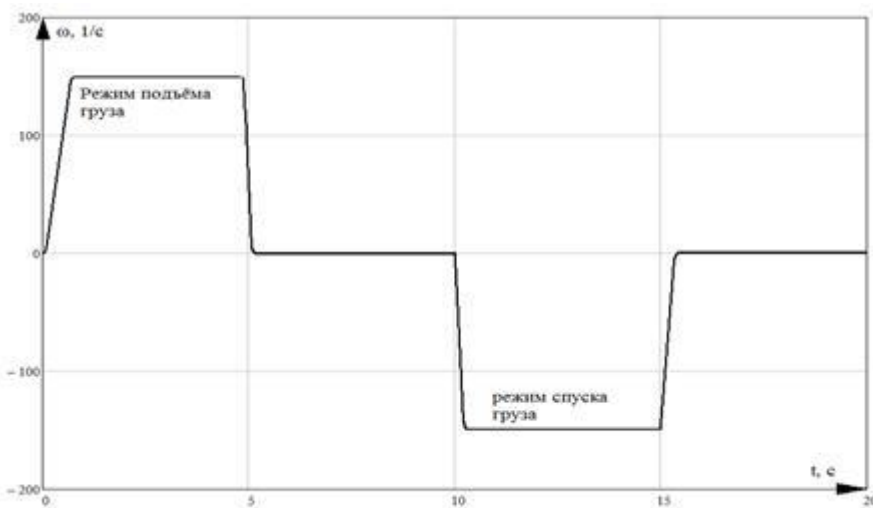
Тежелудің толық уақыты:

$$t_{12} = t_{p2} + 5 \cdot TM = 0,327 + 5 \cdot 0,027 = 0,462 \text{ с}. \quad (2.136)$$

Есептер негізінде тежелуде жылдамдық пен моменттің өзгеру графигін құрамыз.

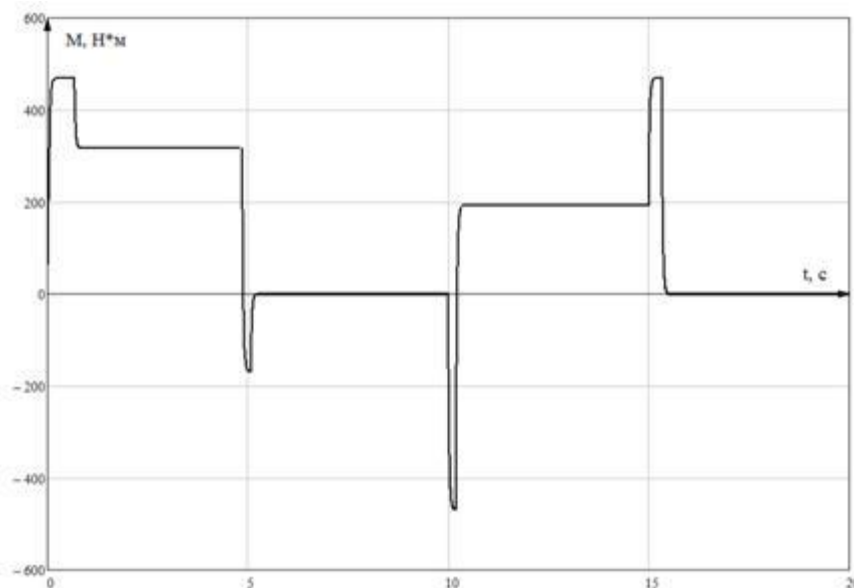


2.7 сурет - Рекуперативті тежелуде момент пен жылдамдықтың өзгеру графигі (жүкті түсіру режимі)



2.8 сурет - Қозғалтқыштың тахограммасы

Ауыспалы процесті есептегеннен кейін тахограмманы және қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасын құруға болады.



2.9 сурет - Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы

2.10 Қызу және артық жүктеу бойынша алдын ала таңдалған қозғалтқышты тексеру

Қызу бойынша қозғалтқышты тексеру үшін эквивалентті қыздыру әдісін қолданамыз:

Қозғалтқыштың эквивалентті келтірілген моменті:

$$M_{np} = \sqrt{\frac{M_{c1}^2 \cdot t_n + M_{c2}^2 \cdot t_n + M_{c3}^2 \cdot t_n + M_{c4}^2 \cdot t_n}{t_u}} = \quad (2.137)$$

$$= \sqrt{\frac{315,9^2 \cdot 93,75 + 192,2^2 \cdot 93,75 + 55,6^2 \cdot 93,75 + 32,62^2 \cdot 93,75}{937,5}} = 118,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Қозғалтқыштың номиналды моменті:

$$M_n = \frac{P_{2n}}{\omega_n} = \frac{1,5}{148,1} = 212,6 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.138)$$

$M_{np} < M_n$ арақатынасы сақталады, соған сай қозғалтқыштың шекті мәннен жоғары қызуы болмайды.

Қозғалтқыштың артық жүктемелік қабілетін тексеру үшін келесі арақатынасты қолданамыз:

$$M_{cmax} \leq 0,8 \cdot M_k.$$

Максималды статикалық моментті:

$$M_{\text{cmax}} = M_{\text{cl}} = 315,9H \cdot m.$$

Критикалық момент:

$$M_k = 2,2 \cdot 212,6 = 467,8H \cdot m.$$

Кернеуді 10%-ға төмендеткенде критикалық моментті:

$$0,8 \cdot M_k = 0,8 \cdot 467,8 = 374,3H \cdot m.$$

Осылайша, арақатынас орындалатындығы көрінеді. Бұл білікте максималды статикалық моментте кернеуді тіпті 10%-ға төмендеткеннің өзінде артық жүктемелік қабілет сақталатындығын білдіреді.

2.11 Жұмыс циклында электр жетегінің п.э.к. анықтау

Электр жетегінің п.э.к. мына формула бойынша есептеуге болады:

$$\eta = \eta_d \cdot \eta_p \cdot \eta_m,$$

мұндағы η_d - жұмыс кезеңінде қозғалтқыштың п.э.к.;

$\eta_p = 0,78$ - жұмыс кезеңінде редуктордың п.э.к.;

$\eta_m = 0,97$ - түрлендіргіштің п.э.к..

Жұмыс кезеңінде қозғалтқыштың п.э.у. анықтау үшін келесі шамаларды есептеу қажет:

Қозғалтқыштағы номиналды толық шығындар:

$$\Delta P_n = P_{2n} \cdot (1 - \eta_n) = 31,5 \cdot 10^3 \cdot (1 - 0,875) = 3,938 \cdot 10^3 \text{ Вт}. \quad (2.139)$$

Қозғалтқыштағы номиналды айнымалы шығындар:

$$V_n = M_n \cdot \omega_0 \cdot s_n \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) = 212,6 \cdot 157 \cdot 0,057 \cdot \left(1 + \frac{0,124}{0,23}\right) = 2,948 \cdot 10^3 \text{ Вт}. \quad (2.140)$$

Қозғалтқыштағы номиналды тұрақты шығындар:

$$K_n = \Delta P_n - V_n = 3,938 \cdot 10^3 - 2,948 \cdot 10^3 = 1 \cdot 10^3 \text{ Вт}. \quad (2.141)$$

Қозғалтқышның білігінде әртүрлі момнттерде қозғалтқыштағы айнымалы шығындар:

$$V_1 = M_{c1} \cdot \omega_0 \cdot s_n \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r'2}\right) = 315,9 \cdot 157 \cdot 0,057 \cdot \left(1 + \frac{0,124}{0,23}\right) = 4,87 \cdot 10^3 \text{ Bm}; \quad (2.142)$$

$$V_2 = M_{c2} \cdot \omega_0 \cdot s_n \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r'2}\right) = 192,2 \cdot 157 \cdot 0,057 \cdot \left(1 + \frac{0,124}{0,23}\right) = 2,665 \cdot 10^3 \text{ Bm}; \quad (2.143)$$

$$V_3 = M_{c3} \cdot \omega_0 \cdot s_n \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r'2}\right) = 53,75 \cdot 157 \cdot 0,057 \cdot \left(1 + \frac{0,124}{0,23}\right) = 0,74 \cdot 10^3 \text{ Bm}; \quad (2.144)$$

$$V_4 = M_{c4} \cdot \omega_0 \cdot s_n \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r'2}\right) = 32,6 \cdot 157 \cdot 0,057 \cdot \left(1 + \frac{0,124}{0,23}\right) = 0,45 \cdot 10^3 \text{ Bm}. \quad (2.145)$$

Жұмыс циклында қозғалтқыштың п.ә.к.:

$$\eta_o = \frac{\omega_{\max} \cdot t_n \cdot (M_{c1} + M_{c2} + M_{c3} + M_{c4})}{\omega_{\max} \cdot t_n \cdot (M_{c1} + M_{c2} + M_{c3} + M_{c4}) + 4 \cdot K_n \cdot t_n + t_n \cdot (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)} = \quad (2.146)$$

$$= \frac{149,3 \cdot 93,75 \cdot (315,9 + 192,2 + 53,75 + 32,6)}{149,3 \cdot 93,75 \cdot (315,9 + 192,2 + 53,75 + 32,6) + 4 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 93,75 + 93,75 \cdot (8,725) \cdot 10^3} =$$

$$= 0,879$$

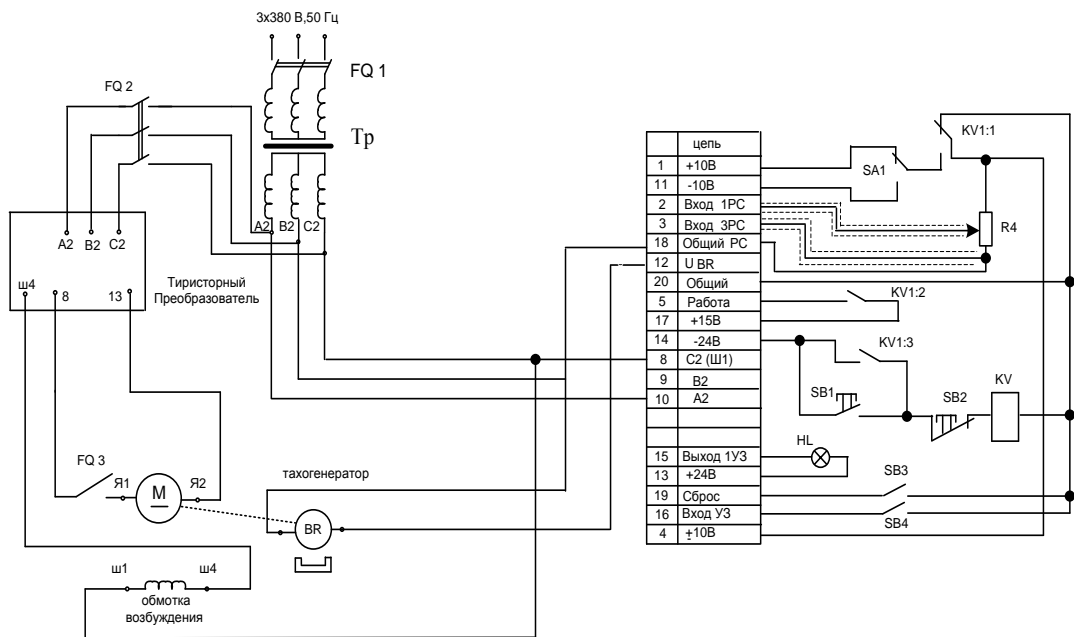
Онда жұмыс циклында жетектің п.ә.к.:

$$\eta = \eta_d \cdot \eta_p \cdot \eta_n = 0,879 \cdot 0,97 \cdot 0,78 = 0,665. \quad (2.147)$$

2.12 Электр жетегінің принципалдық сұлбасын құру және оның анықтамасы

Электр жетегінің принциптік электрлік сұлбасы графикалық бөлімде келтірілген.

ЭПУ1Д басқармасы органының қосылу сұлбасы электр жетегі 2.10 суретте көрсетілген.



2.10 сурет - Электр жетегінің принципіалдық сұлбасы

SB1 («Пуск») батырмасын басқанда KV1 релесі жұмыс істейді және өзінің KV1: 3 қалыпты ашық контактісі арқылы өзін-өзі құлыпқа салады. «Работа» клеммасына KV1:2 екінші қалыпты ашық контактісі +15 В кернеуді қосады. KV1:1 қос – лақтыру контактісі қорек көздерін жылдамдық бергіш R1 «Общий» клеммасынан электр қозғалтқышының реверсін ±10В кернеуді жылдамдық бергішке жеткізуді атқаратын SA1 кілттің орта контактісіне ауыстырады. R2 резисторы арқылы электр қозғалтқышының минималды айналу жылдамдығы орнатылады.

SB2 («Стоп») батырмасын басқанда KV1 реле контактілері бастапқы қалыпқа қайтып келеді. Бұл жағдайда R1 кірмесінде тапсырманың сигналы нольге тең болып, электр қозғалтқыш тоқтап қалады. Содан 2-3с кейін басқарушы импульстері шешіліп және жылдамдық бергіштің шықпасы шунтталады.

SB3 «Сброс» қосқышы жұмыс істеген қорғанысқа қатысты керек кезде жабылады. SB4 батырмасы жетектің авариялық жағдайда тоқтатылуына жауап береді. SB4 батырмасын басқанда жалпы қорғаныстың триггерінің іске қосылуына әкеледі.

Кез келген қарастырылған қорғаныс іске қосылған кезде HL индикаторы жанып тұрады.

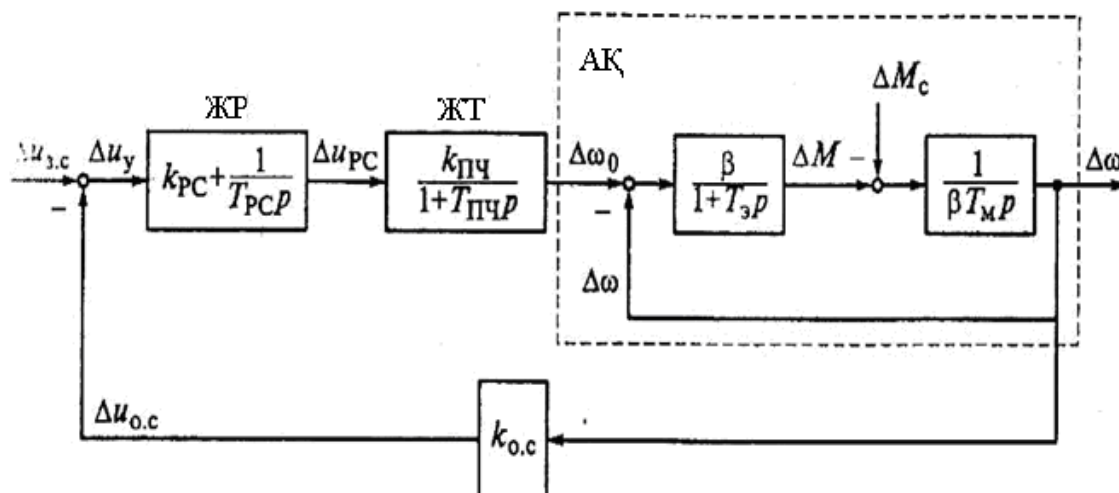
НІ индикаторы ретінде кез келген 100 мА тогынан көп емес индикаторлар қолданыла береді. KV1 релесі ретінде 24В кернеуі және 50 мА-ге дейінгі ток бар кез келген релені қолдана беруге болады.

Жылдамдық бергіштің кедергісі технологиялық 1 кОм болуы керек, сонымен қатар кернеуі $\pm 10\text{В}$ шамасында болуы тиіс.

3 Электр жетегінің динамикалық сипаттамалары

3.1 ЖТ-АҚ жүйесі бойынша электр жетегінің құрылымдық сұлбасын құру

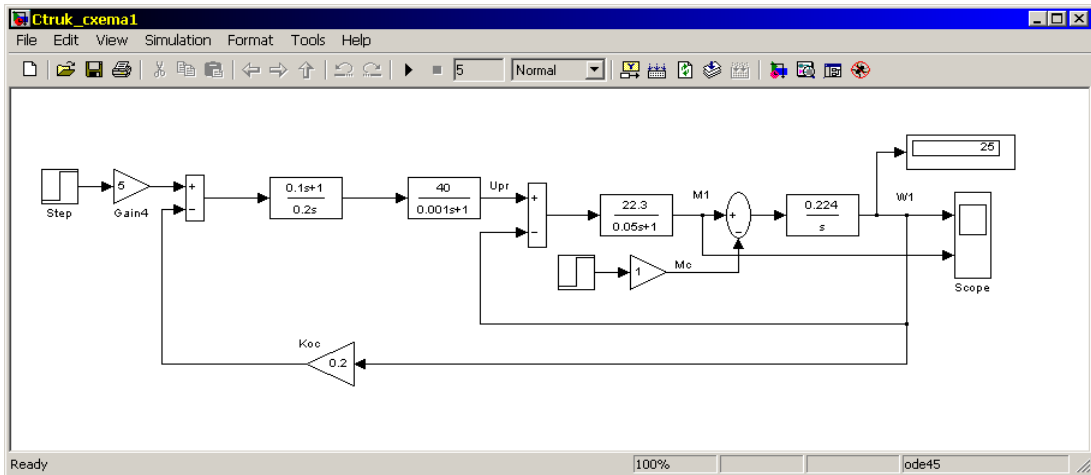
ЖТ-АҚ жүйенің құрылымдық сұлбасының математикалық сипаттамасы әр элементтердің беріліс функциясы арқылы құрастырылады. ЖТ-АҚ жүйесі бойынша құрылымдық сұлба 3.1 суретте келтірілген [1].



ЖР – жылдамдық реттеуші, ЖТ – жиілік түрлендіргіш, АҚ- асинхронды қозғалтқыш, $K_{кб}$ – кері байланыс коэффициенті

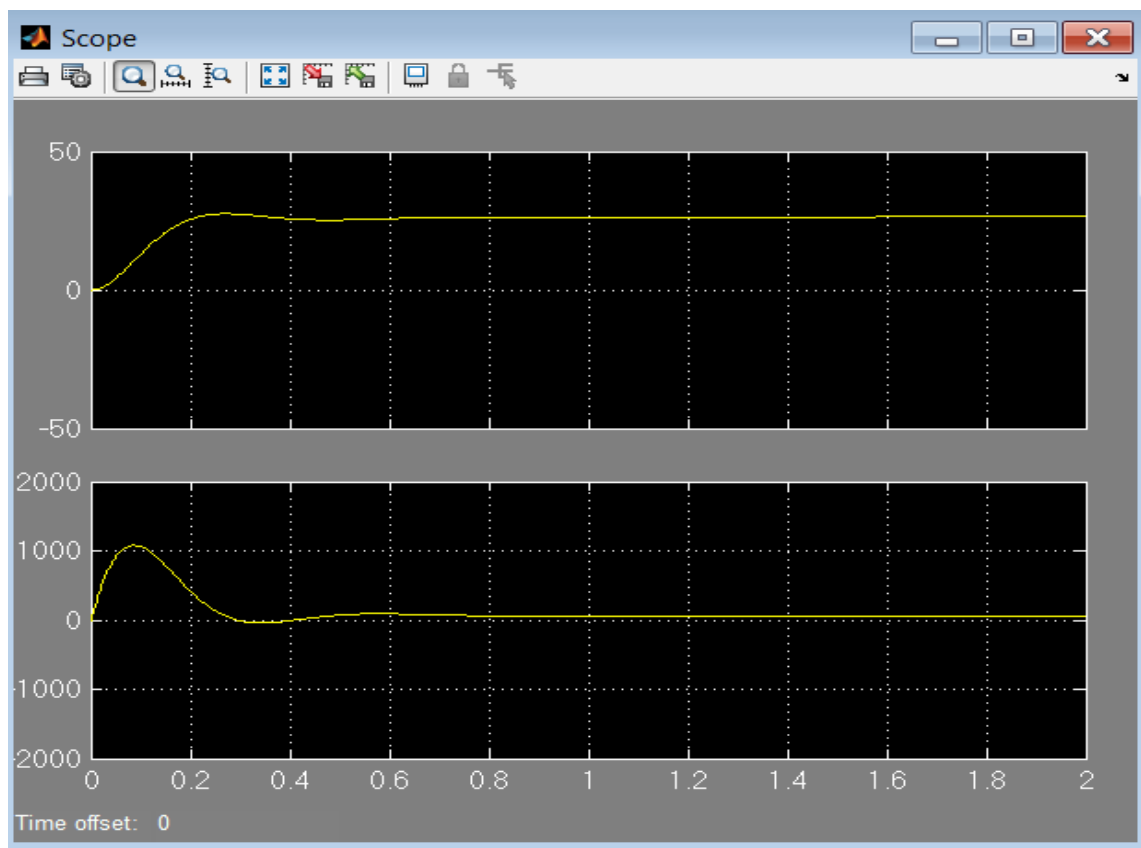
3.1 - сурет – ЖТ – АҚ жүйесінің жылдамдық бойынша тұйықталған жүйесінің құрылымдық сұлбасы

ЖТ-АҚ жүйесі бойынша электр жетегі жүйесінің құрылымдық сұлбасы MATLAB бағдарламасы арқылы 3.2 суретте көрсетілген.



3.2 сурет – ЖТ – АҚ түйық жүйесінің құрылымдық сұлбасының моделі

ЖТ - АҚ түйық жүйесінің тұрақты уақыты мен коэффициенттерінің сандық мәндері таңдалған [1]. Жылдамдықтың ауыспалы процесінің қисықтары және асинхронды қозғалтқыштың ЖТ – АҚ түйық жүйесінің моментіне жүйе кірісіндегі басқарма бірегей көтерілгендегі $U(t) = 1(t)$ ықпал етуі 3.3 суретте көрсетілген.



3.3 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың түйықталған ЖТ-АҚ жүйесіндегі жылдамдық пен моменттің өтпелі процесстері

Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығының өтпелі процесстер қисығы болып өтпелі процесстің жоғарғы қисығы есептеледі, ал төменгі қисық қозғалтқыштың электромагниттік моментінің өтпелі процесі болып саналады. Суретте көрсетілгендей жылдамдықты реттеу 30% құрайды. Құрылымды сұлбадағы (3.3 сурет) параметрлері 4АС200М4У3 типті асинхронды қозғалтқыштың параметрлері болып саналады.

3.2 Жиілікті түрлендіргіш асинхронды қозғалтқыш жүйесінің математикалық сипаттамасы

Асинхронды қозғалтқыштың математикалық сипаттамасын асинхронды қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасымен сәйкес қарастырамыз. Жоғарыда көрсетілгендей (3.2 сурет) АҚ құрылымдық сұлбасы екі динамикалық буындардан (интеграцияланған және инерцияланған) құралады, бірегей кері байланыспен болған. Әр динамикалық буынды дифференциалды теңдеумен көрсетеміз. Согласно интеграцияланған буынның беріліс функциясының дифференциалды теңдеуі келесі түрде болады [1]:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{\beta T_M} \Delta M - \frac{1}{\beta T_M} \Delta M_c, \quad (3.1)$$

мұндағы $\Delta\omega$ - қозғалтқыштың жылдамдығының өзгерісі;

ΔM - қозғалтқыштың электромагниттік моментінің өзгерісі;

ΔM_c - қозғалтқыштың статикалық моментінің өсімшесі;

β - АҚ сызықтық механикалық сипаттамасының қаттылық модулі;

T_M - уақыттың электр механикалық тұрақтылығы.

Екінші динамикалық буын үшін, АҚ инерцияланған буынына дифференциалды теңдеуді келесі түрде жазамыз:

$$T_\vartheta \frac{d\Delta M}{dt} + \Delta M = \beta(\Delta\omega_0 - \Delta\omega), \quad (3.2)$$

$\Delta U_{p2} = \Delta\omega_0$ кезіндегі туынды электромагнитті моменттің ΔM (3.2) теңдеуі төмендегідей:

$$\frac{d\Delta M}{dt} = \frac{\beta}{T_\vartheta} U_{p2} - \frac{\beta}{T_\vartheta} \Delta\omega - \frac{1}{T_\vartheta} \Delta M, \quad (3.3)$$

мұндағы T_ϑ - АҚ статоры мен ротор тізбегінің эквивалентті электр магниттік уақыт тұрақтысы;

U_{p2} - жиілік түрлендіргішінің шығысындағы кернеу өсімшесі.

Беріліс функциясына байланысты жиілік түрлендіргіштің дифференциалды теңдеуі келесі түрде болады:

$$T_{pr} \frac{d\Delta U_{pr}}{dt} + \Delta U_{pr} = \Delta K_{pr} \Delta U_{pc}, \quad (3.4)$$

немесе

$$T_{pr} \frac{d\Delta U_{nu}}{dt} = \frac{K_{nu}}{T_{nu}} \Delta U_{pc} - \frac{1}{T_{nu}} \Delta U_{nu}, \quad (3.5)$$

мұндағы $T_{\text{ЖТ}}$ - жиілік түрлендіргіштің (ЖТ) уақыт тұрақтысы;

$k_{\text{ЖТ}}$ - ЖТ беріліс коэффициенті;

ΔU_{pc} - жылдамдықты реттеу шығысындағы кернеу өсімшесі (ПИ-реттегіш).

$\Delta U_{3.C} = \text{const}$ болғанда ПИ-жылдамдық реттегішінің беріліс функция кезінде жылдамдық реттегішінің дифференциалдық теңдеуі төмендегідей анықталады:

$$\frac{d\Delta U_{pc}}{dt} = \frac{1}{T_{pp}} \Delta U_{3.C} - K_{ppc} K_o \frac{d\Delta \omega}{dt} - K_{ppc} K_o \Delta \omega. \quad (3.6)$$

(3.6) дифференциалды теңдеуін басқа түрде көрсетуге болады, туынды жылдамдықтың $d\Delta \omega/dt$ орнына (3.1) теңдеуінің оң бөлігін қойып. (3.6) теңдеуін келесі түрде жазып аламыз:

$$\frac{d\Delta U_{pc}}{dt} = \frac{1}{T_{pc}} \Delta U_{3.C} - \frac{K_{pc} K_{oc}}{\beta T_M T_{pc}} \Delta M - \frac{K_{pc} K_{oc}}{\beta T_M T_{pc}} \Delta M_c - \frac{K_{pc} K_{oc}}{T_{pp}} \Delta \omega, \quad (3.7)$$

мұндағы $\Delta U_{3.C}$ - берілген сигналдың өсімшесі;

K_{pc} - ПИ – реттегіштің еселігі;

T_{pc} - ПИ – реттегіштің уақыт тұрақтысы;

K_{oc} - ЖТ-АҚ жүйесінің кері байланыс коэффициенті.

ЖТ-АҚ тұйық жүйесінің математикалық моделінің дифференциалдық теңдеуін келесі түрде көрсетуге болады:

$$1. \quad \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{\beta T_M} \Delta M - \frac{1}{\beta T_M} \Delta M_c,$$

$$2. \quad \frac{d\Delta M}{dt} = \frac{\beta}{T_3} U_{p2} - \frac{\beta}{T_3} \Delta \omega - \frac{1}{T_3} \Delta M,$$

$$3. \quad \frac{d\Delta U_{nu}}{dt} = \frac{K_{nu}}{T_{nu}} \Delta U_{pc} - \frac{1}{T_{nu}} \Delta U_{nu},$$

(3.8)

$$4. \quad \frac{d\Delta U_{PC}}{dt} = \frac{1}{T_{PC}} \Delta U_{3.C} - \frac{K_{PC} K_{OC}}{\beta T_M T_{PC}} \Delta M - \frac{K_{PC} K_{OC}}{\beta T_M T_{PC}} \Delta M_C - \frac{K_{PC} K_{OC}}{T_{PC}} \Delta \omega.$$

Сонымен ЖТ-АҚ тұйық жүйесінің математикалық сипаттамасы (3.8) бірінші ретті дифференциалдық теңдеулер жүйесімен көрсетілгеню. Мұндай математикалық моделдің көрінісі конвейердің көп қозғалтқышты асинхронды электржетегінің басқару жүйесінің ЭВМ-ді қолдану арқылы анализ бен синтез есептерін шешуге мүмкіндік береді.

4 Өмір тіршілік қауіпсіздік негіздері

4.1 Қауіпсіздікті қамтамасыз ету негіздері

Адам, оның құқықтары мен бостандығы Қазақстан мемлекетінің аса маңызды құндылығы болып табылады. Адам мен азаматтың құқықтары мен еркіндігін тану, сақтау және қорғау – бұл мемлекеттік міндеті. Осы жағдайлар Қазақстан Республикасы Конституциясында бекітілген. Адам ең жоғары құндылық болып табылатындықтан, мемлекетте адамның өмірі мен денсаулығын қамтамасыз ету қажеттігі туындайды. Құқықтық іс-шаралары қауіпсіздік еңбек ету жағдайының мемлекеттік стандарттарын белгілейтін құқықтық нормалар жүйесін және олардың орындалуын қамтамасыз ету бойынша құқықтық құралдарын жасаудан тұрады.

Тіршілік ету қауіпсіздігі (ТЕҚ) – бұл тұру ортасында адамның қауіпсіздігін қамтамасыз етуге, оның денсаулығын сақтауға, зиянды және қаупті факторлардың әсерін рұқсат етілген мәніне дейін төмендету арқылы қорғау әдістері мен құралдарын әзірлеуге, бейбіт және әскери уақыттағы төтенше жағдайлардың салдарын жоюда болатын шығынды шектеу бойынша іс-шараларды жасауға бағытталған іс-шаралар кешені.

Тұру ортасы келесі элементтерден қалыптасады: өндірістік ортадан, тұрмыстық ортадан, қоршаған ортадан (бейбіт және әскери уақыттағы төтенше жағдайларында). Өндірістік орта және еңбек үрдісі жағдайында адамның тіршілік ету қауіпсіздігін қамтамасыз етумен еңбекті қорғау айналысады.

Қауіпсіздікті қамтамасыз ету негізгі үш әдістердің көмегімен жүргізіледі:

- адамның қызмет ету аймақтарын қауіп-қатер мен зияндардың пайда болу аймағымен кеңістікті және уақыт бойынша бөлу. Бұл өндірісті автоматтандыру, еңбекті ұтымды ұйымдастыру, өндірістік кеңістікті жоспарлау және т.б. арқылы қолжеткізіледі.

- машиналардың құралмаларын өзгерту, желдетуді қолдану, дыбысты оқшаулау, өндірістік жарықтандыруды жақсарту және т.б. салдарынан қауіптер мен зияндар туындайтын аймақты қалыпты күйге келтіру.

- адамның өндірістік ортаға бейімделуі және оның қорғалуын жоғарылату. Мысалға, оқыту, жеке қорғаныс құралдарын пайдалану және т.б. арқылы.

Еңбек жағдайлары деп еңбек ету үрдісінде адамның денсаулығы мен жұмыс қабілеттілігіне әсер ететін өндірістік сала және еңбек үрдісі факторларының жиынтығы түсініледі.

Қауіпсіз еңбек жағдайлары деп жұмысшыларға зиянды және қауіпті өндірістік факторларының ықпалы жоққа шығарылатын немесе олардың деңгейі гигиеналық нормативтерінен аспайтын еңбек жағдайлары түсініледі.

Әлеуметтік-экономикалық шараларға келесілер кіреді: еңбек жағдайларын жақсарту және еңбекті қорғау мақсатында мемлекеттің жұмыс берушілерді ынталандыру шаралары; ауыр еңбекті орындағаны үшін, сондай-ақ, зиянды және қауіпті еңбек ету жағдайларында жұмыс істегені үшін өтемақы бекіту; жұмысшылардың жекелеген санаттарын қорғау (әйелдерді, жастарды, мүгедектерді және т.б.); міндетті әлеуметтік сақтандыру және кәсіби науқастану мен өндірістік жарақаттану болған кезде өтемақы төлеу және т.б.

Кәсіпорын деңгейіндегі ұйымдастырушылық-техникалық іс-шаралары еңбекті қорғау бойынша шараларын жоспарлау, жүзеге асыру және оның жүргізілуін бақылаудан, соның ішінде басшылар мен қызметкерлерді оқытуды ұйымдастыру, зиянды және қауіпті факторлардың болуы (болмауы), олардың құқықтары мен міндеттері жайлы жұмысшыларды ақпараттандыру; сондай-ақ, жұмыс орындарын еңбек жағдайлары бойынша аттестациялау және еңбекті қорғау бойынша жұмыстарды сертификаттаудан; сонымен бірге, жаңа қауіпсіз технологияларды, машиналарды, механизмдер мен материалдарды енгізуден; еңбек тәртібін жоғарылатудан және т.б. тұрады.

Осы дипломдық жобада металлургия кәсіпорындарының кран шаруашылығында жиілігі реттелетін электржетегінің қолданылуы қарастырылады. Көпір краны металлургия циклында көмекші механизм болып табылады. Жобаның қауіпсіздік және экологиялық мәселелерін көпір кранына қатысты қарастыратын боламыз. Оператордың жұмыс орнына және кей жерде, өндірістік жарақат алу ықтималдығы ең жоғары болатын машина бөліміне ерекше назар аударамыз.

Көпір краны өндірістік циклда көмекші механизм болып табылады. Жобаның қауіпсіздігін және экологиялық мәселелерін көпір кранына қатысты қарастыратын боламыз. Оператордың жұмыс орнына және кей жерде, өндірістік жарақат алу ықтималдығы ең жоғары болатын машина бөліміне ерекше назар аударамыз.

4.2 Қауіпті және зиянды өндірістік факторларын сәйкестендіру

Еңбей жағдайлары дегеніміз еңбек ету үрдісінде адамның денсаулығы мен жұмыс қабілеттілігіне әсер ететін өндірістік орта мен еңбек үрдісіндегі факторлардың жиынтығы болып табылады.

Қауіпсіз еңбек жағдайлары деп жұмысшыларға зиянды және қауіпті өндірістік факторларының ықпалы жоққа шығарылатын немесе олардың деңгейі гигиеналық нормативтерінен аспайтын еңбек жағдайлары түсініледі.

Еңбек ету жағдайларының гигиеналық нормативтері – зиянды өндірістік факторлардың деңгейі, ол күн сайынғы (демалыс күндерінен басқа) жұмыста, бірақ барлық жұмыс өтілімі ішінде аптасына 40 сағаттан аспайтын, жұмыс істеу үрдісінде немесе қазіргі және кейінгі ұрпақ өмірінің алыстағы мерзімдерінде заманауи зерттеу әдістерімен анықталатын ауруларды немесе денсаулықтың жай-күйіндегі ауытқуларды тудырмауы тиіс.

Зиянды факторларға ұзақ уақыт ішінде әсер ететін және төмен деңгейіне қарамастан, адамның денсаулығы мен өміріне біртіндеп зиян келтіруі мүмкін факторлар жатады; алайда, қысқа мерзімді әсер еткен кезде адамның ағзасы қандай да болса салдарынсыз оңалып кетуге қабілетті. Қауіпті факторларға қысқа мерзімді әсерлескен кезде зағыптануға немесе өлімге алып келуі мүмкін факторлар жатқызылады.

Көпір кранының операторына әсер ететін зиянды факторларға мыналар жатқызылады: шу, жарықтың жеткілікті болмауы, діріл, көтеріңкі шандылығы және газдылығы, жоғары температура немесе қоршаған орта температурасының күрт ауытқуы (минустан +60 - 70 °C-қа дейін), жоғары ылғалдылық (80-90%-қа дейін), химиялық реагенттердің әсері. Көтергіш-көлік машинасы, көпір кранының электр жабдығы ретінде көпір кранының өзі қауіпті факторға жатқызылады. Кейбір факторларды толығырақ қарастырайық.

4.3 Шу

Шу деп адамға жағымсыз түрде әсер ететін барлық дыбысты айтады.

Әдетте, шу жиілігі мен қарқындылығы әртүрлі дыбыстардың үйлесуі болып табылады.

Өндірістік шудан қорғанудың мәні зор. Шу адамның ағзасына әсер ете отырып, психикалық және физиологиялық бұзуларды тудырады, жұмыс қабілеттілігін төмендетіп, аурудың және өндірістік жарақаттың пайда болуына алғышарттар жасайды. Ұзаққа созылатын қатты шу жүрек-қан тамыр және жүйке жүйесіндегі функционалдық өзгерудің себебі болуы мүмкін, сондай-ақ, ол естудің нашарлауына және керең болуға әкелуі мүмкін. Ми қабығына әсер ете отырып, шу ашуланғыштық әсерін тудырады, шаршау үрдісін жылдамдатады, зейінді әлсіретеді, реакция жылдамдығын бәсеңдетеді.

Шудың шекті рұқсат етілген көлемі (МЕМСТ 12.1.003-83 ССБТ), ол бір күн бойы және бірнеше жыл бойы адамға күн сайынғы жүйелі түрде әсер еткен кезде, оның ағзасында айтарлықтай науқастануды тудырмайды және оның қалыпты жұмыс істеуіне кедергі келтірмейді. 29-кестесінде жұмыс орнында рұқсат етілген шу деңгейлері көрсетілген.

Шуды нормалаудың негізі – бұл жұмыс ауысымы ішінде адамға әсер ететін дыбыс энергиясын оның денсаулығы мен жұмыс қабілеттілігі үшін қауіпсіз ететіндей түрде шектеу болып табылады. Машина іші көпір краны операторының жұмыс орны болып табылатындықтан, біздің жағдайда, нормалау ҚН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Жұмыс орындары, тұрғын орынжайлары, қоғамдық ғимараттары мен тұрғын құрылыстарындағы шу» бойынша жүргізіледі.

Өндірістік шудан қорғанудың мәні зор. Шу адамның ағзасына әсер ете отырып, психикалық және физиологиялық бұзуларды тудырады, жұмыс қабілеттілігін төмендетіп, аурудың және өндірістік жарақаттың пайда болуына алғышарттар жасайды. Ұзаққа созылатын қатты шу жүрек-қан тамыр және жүйке жүйесіндегі функционалдық өзгерудің себебі болуы мүмкін, сондай-ақ, ол естудің нашарлауына және керең болуға әкелуі мүмкін. Ми қабығына әсер ете отырып, шу ашуланғыштық әсерін тудырады, шаршау үрдісін жылдамдатады, зейінді әлсіретеді, реакция жылдамдығын бәсеңдетеді.

4.1 кесте - Шу деңгейінің нормативтік мәндері (МЕМСТ 12.1.003-88)

Жұмыс орындары	Орташагеометриялық жиілігінің октавалық жолағындағы, Гц; дыбыс деңгейі, дБ.								Дыбыс деңгейі және эквивалентті дыбыс деңгейі, дБ
	3	25	50	500	1000	2000	4000	8000	
Басқару бөлімшесі, жұмыс бөлмесі (кран кабинасы)	99	70	68	58	55	52	50	49	60
Күнделікті жұмыс орындары және өндіріс орындағы	99	92	85	83	80	78	76	74	85

4.2 кесте - Шу көзінің дыбыс қуатының деңгейі

Өлшемі, дБ	Октавты жолағының ортагеометриялық жиілігі, Гц
------------	--

	63	25	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	99	92	86	83	80	78	76	74

Шу көздері еден бетінде орналасқандықтан:

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r^2, \text{ м}^2; \quad (4.1)$$

$$S = 2 \cdot 3.14 \cdot 2.5^2 = 39,25 \text{ м}^2.$$

S - жақын жатқан акустикалық аймақтың әсерін есепке алатын және шу көзінің акустикалық ортасы мен есептік нүктенің максимал ұзындығы арасындағы арасындағы қашықтықтың қатынасына тәуелді, яғни:

$$\frac{r}{l_{max}} = \frac{2,5}{3} = 0,83, \lambda = 1.24. \quad (4.2)$$

Ψ – $B/S_{огр}$ қатынасынан сызбақтан анықталатын қоршау беттерін есепке алатын еселеуіш, біздің жағдайда $B/S_{огр} = 0.6$ болғанда, $\Psi = 0,63$
 B – бөлме тұрақтысы, м^2 :

$$B = B_{1000} \cdot \mu. \quad (4.3)$$

мұндағы B_{1000} – 1000Гц ортагеометриялық жиіліктегі бөлменің түрі мен көлеміне байланысты бөлме тұрақтысы, м^2 .

V - жиіліктік көбейткіш. Біздің бөлмеміз үшін:

$$B_{1000} = \frac{V}{20}, \quad (4.4)$$

мұндағы, V – бөлме көлемі .

$$B = \frac{6000}{20} = 300; \quad (4.5)$$

$$0,1 \cdot L_{p_i};$$

$$\Delta l_i = 10,$$

мұндағы L_{p_i} – шу көзінің тудыратын дыбыстық қуатының деңгейі, дБ

4.3 - кесте - Дыбыстық қысымның деңгейі

$f, \text{ Гц}$	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-----------------	----	-----	-----	-----	------	------	------	------

L _{pі} дБ	100	103	99	95	97	98	85	82
Δі	1·10 ¹⁰	1,99· 10 ₀	7,9·10 ⁹	3,16· 10 ⁹	5,01· 10 ⁹	6,31· 10 ⁹	3,16· 10 ⁸	1,58· 10 ⁸

Әрі қарай алынған мәндердің көмегімен есептік нүктедегі дыбыстық қысымның деңгейін анықтаймыз:

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \Delta i \cdot \frac{K_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\varphi}{B} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta i \right); \quad (4,6)$$

$$L = 10 \lg \left(\frac{1 \cdot 10^{10} \cdot 1,1}{39,25} + \frac{4 \cdot 0,67}{150} \cdot 1 \cdot 10^{10} \cdot 1 \right) = 120,87 \text{ дБ.}$$

Шу көзінен есептік нүктеге дейінгі шу мөлшерін азайту шуды азайту шараларына дейінгі есептік нүктедегі дыбыс қысымы L мен жіберілген деңгейдің L_{доп} айырмасы ретінде анықталады:

$$\Delta L_{\text{тр}} = \Delta L - \Delta L_{\text{доп}}, \text{ Дб}; \quad (4,7)$$

$$\Delta L_{\text{тр}} = 120 - 80 = 40 \text{ дБ.}$$

4.4 Төтенше жағдайлар

Төтенше жағдай — бұл адамдар құрбан болған, адам денсаулығына немесе қоршаған ортаға зиян, қомақты материалдық шығын әкелуі мүмкін немесе әкелген апат, қирау, дүлей немесе өзге апат нәтижесінде қалыптасқан белгілі бір аумақ немесе акваториядағы жағдай.

Қызметкерлерді сейсмикалық белсенділіктен қорғау тәсілдері:

- ҚНЖЕ II-7-81* «Сейсмикалық аудандарындағы құрылыс» және ҚНЖЕ-2.01.51-90 «Азаматтық қорғаныстағы инженерлік-техникалық шараларын» ескере отырып, сейсмологиялық аймақтары үшін объектілерді жобалау сапасын жоғарылату;

- сейсмикалық аймақтарда сейсмикалық бекем құрылыстарын салу, құрылыс сапасын жоғарылату, құрылыстық нормалары мен ережелерін ұстану, ақауды жоққа шығару;

- осы объектілер салынған алаңдардың сейсмикалық бекемдігін және сейсмикалық сәйкес келуін айқындау;

- ғимараттар мен құрылыстардың сейсмикалық бекемділігін жоғарылату (күшейту), жеткілікті бекем емес құрылыстар мен құрылымдарды бөлшектеу (демонтаждау) бойынша арнайы жұмыстар жүргізу; оқыту іс-шараларын өткізу.

Радиациядан қорғану:

- халықты эвакуациялау;
- радиациядан қорғалған паналарды жасау;
- радиациядан қорғану құралдарын сатып алу;
- қызметкерлерді радиацияға қарсы қорғану құралдарын пайдалануға үйрету;

- қызметкерлерді кезең сайын үйретіп тұру.

Найзағай кезіндегі қорғаныс:

- найзағайдан зақымдану ықтималдығын төмендету үшін адам денесі жермен мүмкіндігінше аз жанасып тұруы тиіс. Ең қауіпсіз тұрыс келесі болып есептеледі: тізерлей отыру, табанды бірге қойып, бас пен кеудені тізе мен білікке қарай төмен түсіріп, екі қолмен тізені қушақтап алыңыз;

- оқшаулауыш материалына: бөрене, тақтай, тас, палатка, түнемел қабы, жіп, рюкзакқа отыруға немесе соның үстіне шығуға болады;

- найзағай кезінде темір бетон төсемінің үстіне мінуге, су қойманың, жайтартқышы жоқ биік объектінің жанында тұруға болмайды;

- басты, арқаны немесе дененің өзге бөліктерін жартасқа, ағаш бұталарына, металл құрылмаларына тигізуге болмайды;

- қатысты түрдегі қауіпсіздік аймағында биік объекті: ағаш, жартас, ДЭП тіреулерінен 1,5-2 метр қашықтығында құрғақ орында тұру қажет;

- қосулы электр құрылғыларының, сымның, металл заттарының жанында тұруға, оларды қолға алуға болмайды, найзағайдан қорғалған жерге тұйықталудың жанында тұруға болмайды;

- жай түскен жер телімдеріден айналып өту керек немесе электрдің таралып кетуі үшін бірнеше минут күте тұрыңыз;

- найзағай кезінде киім мен денені құрғақ түрде қалдыруға тырысу қажет;

- жай түскеннен өрт пайда болған жағдайда, дереу өрт сөндіргіштер мен құтқарушыларды шақыру қажет, оны өз күшіңізбен жоюға тырысып көріңіз;

- зардап шеккендерге көмектесу қажет.

Басым көпшілік төтенше жайдай келесі себептерден пайда болады:

- жабдықтағы техникалық бұзылудан (негізгі себеп);

- реттеуші мен оператордың немқұрайлы іс-әрекеттерінен.

Кранмен төтенше жағдайға алып келуі мүмкін апаттық жағдайлары:

- кран операторының қатесінен құрылма элементтерімен соқтығысып қалу, өрт.

4.4 кесте - Кранмен төтенше жағдайға алып келуі мүмкін апаттық жағдайлары

ТЖ аталуы	Авариялық жағдай пайда болу шарты	Салдардың даму ықтималы	Аварияның алдын алу жолы мен әдісі	Авария шектеу әдісітері
1	2	3	4	5
Кранның Стелажбен соқтығысуы	Кранды көтеру қағидаларының бұзылуы	Жүктің адамға құлауы	Қауіпсіздік шынжырын ажырату құрылғысы	Кран тоқтауы
Өрт	Өрт қауіпсіздігі дабылы	Кранның түтеуі мен жануы	Өрт қауіпсіздігі құрылғысы	Кран тоқтауы

4.5 Өрт қауіпсіздігі Өрт қауіпсіздігі – өрттің пайда болуы мен дамуы және өрттің қауіпті

Өрт факторларының адамға әсер ету мүмкіндігі регламенттелетін, сондай-ақ, материалдық құндылықтардың қорғалуы қамтамасыз етілетін ықтималдықпен жоққа шығарылатын объектінің жағдайы.

ҚНЖЕ 2.01.02–85 (өртке қарсы нормалары) бойынша ғимараттың өртке төзімділігі II-ші деңгейге сәйкес келеді (ғимараттың салмақ түсетін және қоршайтын құрылмалары жанбайтын табақ пен плиталы материалын қолдана отырып, табиғи немесе жасанды тас материалдарынан, бетоннан немесе темір бетонынан жасалған; жабылған ғимараттарда қорғалмаған болат құрылмаларын қолдануға рұқсат беріледі).

Отқа төзімділік – өрттің әсеріне және оның қауіпті факторларының таралуына қарсыласу қасиеті.

В санаты (өртке қауіпті) Жанғыш және қиын жанатын сұйықтықтар, қатты жанғыш және қиын жанатын заттары мен материалдары (соның ішінде, талшықтар мен шаң), сумен, оттегімен немесе бір-бірімен өзара әрекеттескен кезде жануға қабілетті заттар мен материалдар, бұл кезде олар қойылған орынжайлар А немесе Б санатына жатқызылмауы тиіс.

ҚР-ғы өрт қауіпсіздігі ережелеріне (ӨҚЕ01-03) сәйкес, жұмыс аймағындағы жануды оқшаулау үшін өрт сөндіру гидранттары, өрт сөндіру шкафына қондырылған көмір қышқыл өрт сөндіргіші қолданылады. Оған

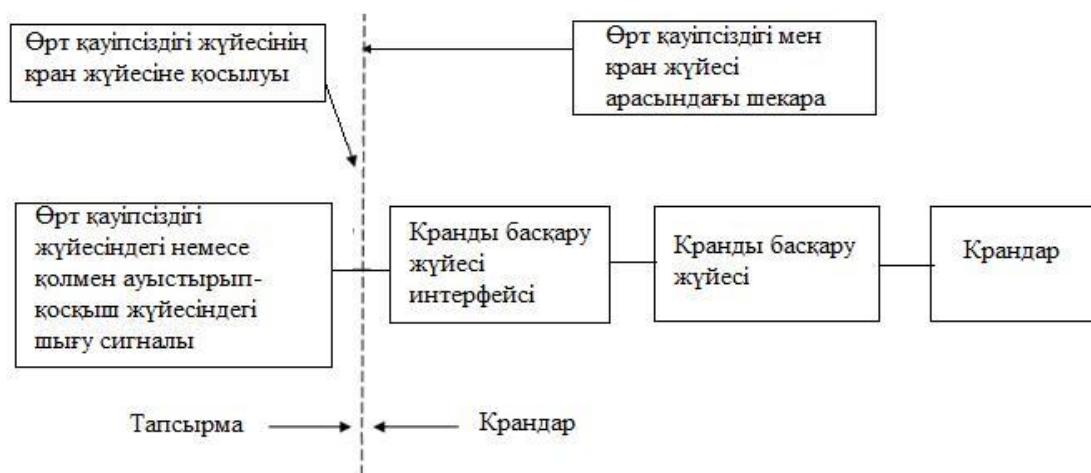
кран орнатылып, бас панелден, түтінді және жылуды ескертушілерден, шынысы сындырылатын қолмен өртті хабарлағыштан тұратын ұқсасты өрт сөндіру сигнализациясымен жасақталған.

Кранда өрт сигнализациясы жүйесінің жабдығы қолданылады, оның көмегімен өрт хабарлағыштарына электр қуатын беру қамтамасыз етіледі.

Тиісті жабдық арқылы өрттің анықталуы туралы сигналды өрт сөндіру ұйымдарына және автоматты өрт сөндіру жүйелеріне береді.

Жүйенің тиісті түрде қызмет етуін автоматты түрде мониторингілеу үшін қолданылады.

Өрт сигнализациясы жүйесі мен кран жүйесінің өзара әрекеттесу сұлбасы 4.1 суретінде көрсетілген.



4.1 сурет - Өрт дабылы жүйесі қосылуы

Өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету. Автоматты өрт сөндіру жүйесін есептеу.

Есеп әдістемелік- нұсқаулық бойынша шығарылды.

Кран цехы орны бір этажды ғимаратта орналасқан. Ені – 8 метр, ұзындығы – 13+5 метр және биіктігі – 6 метр қорғалатын ғимарат.

Өндіріс санаты- А, ғимараттың класы – II. Өндірістік үрдістің өрт қауіптілігі бар.

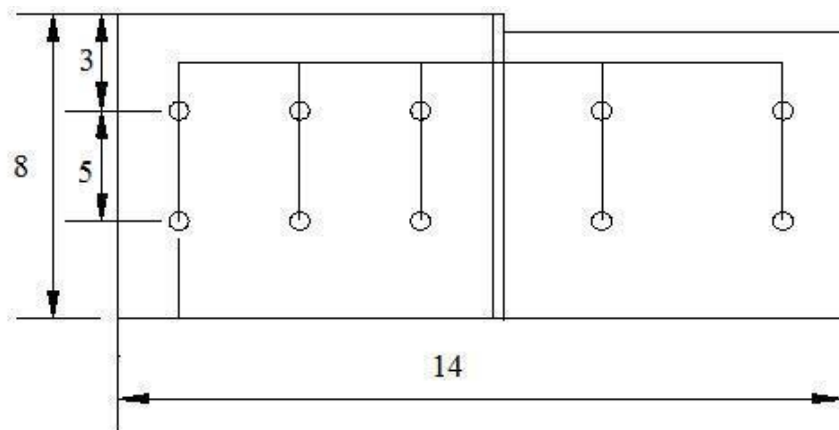
Қорғалатын бөлме- ауданы 13x8+6x5 м, биіктігі 5 м кран цехы орны. Насос станциясы мен қорғайтын бөлменің қоректенетін құбырының кірісіне дейінгі ара қашықтығы 85 м. Сыртқы су құбыр желісінің арыны 30 м. Кран цехында спринкерлі құрылғының су жіберу қарқындылығы

$J=0,24$ л/с·м², есептеудің ауданы 125 м², сөндіру уақыты 60 минут, бір спринкерлі су сепкіштің қорғау аумағы $F_c = 12\text{м}^2$.

Гидравликалық есептеуге қатысатын су сепкіштердің саны

$$n = F_e / F_c = 10 \text{ дана.} \quad (4.8)$$

Кран цехы үшін СВН-10 маркалы спринкерлі су сепкіштерін таңдаймыз. Су сепкіштің шығысының диаметрі $D=10$ мм ($K=0,31$; $H_{\text{мин}}=5$ м.), суландыру радиусы 2м, розеткасы төмен орнатылған аспалы төбеде бекітіледі.



4.2 сурет - Автоматты өрт сөндіру құрылғысының есептік сұлбасы

Бастапқы су сепкіштегі судың шығыны келесідей анықтайды:

$$Q_1 = k\sqrt{H}, \frac{\text{л}}{\text{с}} \quad (4.9)$$

Келесі кез келген спринклердегі су ағысы төмендегідей анықталады:

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + \frac{L_{\text{уч}} \cdot Q_{\text{уч}}}{k_m}, \text{ м,} \quad (4.10)$$

мұндағы, $H_{\text{пред}}$ - алдындағы спринклердің ағысы, м;

$L_{\text{уч}}$ - қарастырылып жатқан аймақтың ұзындығы, м;

$Q_{\text{уч}}$ - қарастырылып жатқан аймақтағы шығын, л/с;

k_m - құбырдың үйкеліс сипаттамасы, л/с², құбыр диаметріне байланысты.

Құбыр диаметрі келесі формуламен анықталады:

$$d_{mp} = \frac{4Q_{\text{уч}} \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot V}, \text{ м,} \quad (4.11)$$

мұндағы V – қарастырып жатқан аумақтағы құбыр арқылы өтетін судың жылдамдығы (3...5 м/с аралығында қабылдайды).

Сонымен,

$$H_{\text{дикт}} = H_1 = \left(\frac{I_n \cdot F_c}{k} \right) = \left(\frac{0,24 \cdot 10}{0,31} \right) = 59,94 \text{ м;} \quad (4.12)$$

$$Q_1 = k \cdot H_1 = 0,31 \cdot 59,94 = 2,4 \text{ л/с.} \quad (4.13)$$

Құбырдың шартты өту диаметрін анықтаймыз.

а) Қатардың оң жақ тармағында екі су сепкіш орнатылған, сондықтан қатар бойынша максималды су шығыны: $Q=2 \cdot Q_1 = 2 \cdot 2,4 = 4,8 \text{ л/с}$.

Құбыр бойымен өтетін су жылдамдығы $V=5 \text{ м/с}$, сонд

$$a_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,8 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 5}} = 33,61 \text{ мм.} \quad (4.14)$$

Барлық қатардағы құбырдың шартты өту диаметрін 40 мм деп аламыз, $K_I = 34,5$ (НПБ 88-2001).

б) құбырдағы соңғы су сепкішке дейінгі сұйықтың бағдарлы шығыны:

$$a_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 5}} = 78,2 \text{ мм.} \quad (4.15)$$

Соңғы су сепкіштен насосқа дейінгі құбырдың шартты өту диаметрін 80 мм деп аламыз, $K_I = 5800$.

Есептік нүктелердегі ағыс пен шығын мәндерін анықтаймыз:

$$\text{а) } H_1 = 59,94 \text{ м; } Q_1 = K \cdot \sqrt{H_1} = 0,31 \cdot \sqrt{59,94} = 2,4 \text{ л/с;} \quad (4.16)$$

$$\text{б) } H_2 = H_1 + L \cdot Q_1 \cdot K_1 = 59,94 + \frac{2 \cdot 2,4}{34,5} = 60,27 \text{ м;} \quad (4.17)$$

$$Q = 0,31 \cdot 60,27 = 2,41 \text{ л.} \quad (4.18)$$

$$\text{в) } H_1 = H_2 + \frac{L(Q+Q_1)^2}{K_1} = 60,27 + \frac{1,5 \cdot 4,81^2}{34,5} = 61,28 \text{ м} \quad (4.19)$$

г) I қатардағы қосынды су шығыны. Қатар симметриялы орналасқандықтан, бір тармақтағы шығынды екі еселейміз.

I қатарындағы Q_I нақты шығыны:

$$Q_I = (Q_1 + Q_2) \cdot 2 = (2,4 + 2,41) \cdot 2 = 9,62 \text{ л/с.} \quad (4.20)$$

д) II қатардағы ағыс пен Q_6 шығынын анықтаймыз:

$$H_2 \cdot H_1 + \frac{L \cdot Q^2}{K_1} = 61,28 + \frac{2 \cdot 9,62^2}{34,5} = 66,64 \text{ м}; \quad (4.21)$$

$$B = Q_{I2} / H_1 = 9,622 / 66,64 = 1,39; \quad (4.22)$$

$$B = \frac{Q_1^2}{H_1} = \frac{9,62^2}{66,64} = 1,39, \quad (4.23)$$

е) III қатардағы ағыс пен Q_6 шығынын анықтаймыз:

$$B = \frac{Q_2^2}{H_2} = \frac{9,62^2}{66,64} = 1,39; \quad (4.24)$$

$$Q_3 = 1,39 \cdot 66,67 = 9,63 \text{ л/с}, \quad (4.25)$$

Әр қатардағы ағыс пен су шығыны жоғарыдағыдай есептелінеді.
Қосынды су шығыны

$$L_{cm} = h_{болме} = 4,55 \text{ м}; \quad (4.26)$$

$$\Delta h \frac{(l_{2-6} + l_{стсх} + l) \cdot Q^2}{K_1} = \frac{(35 + 4,55 + 85) \cdot 19,25^2}{5800} = 7,96 \text{ м}. \quad (4.27)$$

III қатардан I нүктеге дейінгі құбырдағы ағыстың сызықты шығыны:

$$h = H_{III} - H_1 = 66,67 - 59,94 = 6,73 \text{ м}. \quad (4.28)$$

III қатардан басқару нүктесіне дейінгі (тікқұбырдың ұзындығын қоса алғанда) құбырдағы ағыстың сызықты шығыны:

$$L_{cm} = h_{болме} = 4,55 \text{ м}. \quad (4.29)$$

Сызықты шығынның қосынды мәні : $\Delta h_{сыз} = 6,73 + 7,96 = 14,69 \text{ м}$.

БКМ (КЗС, J-1, F200) клапанын таңдаймыз. Ондағы ағыс шығыны:

$$h_{кл} = \varepsilon \cdot Q_{кoc}^2 = 3,62 \cdot 10^{-3} \cdot 19,25^2 = 1,34 \text{ м}. \quad (4.30)$$

Насостағы есептік ағыс :

$$H_{нр} = 1,2 \cdot \Delta h_{сыз} + \Delta h_{кл} + Z + H_1 - H_{гар}, \text{ м}; \quad (4.31)$$

$$H_{нр} = 1,2 \cdot 14,69 + 1,34 + 4,55 + 59,94 - 30 = 53,46 \text{ м}. \quad (4.32)$$

Осы мәнд ерді ескере отырып К 100-65-250 сериялы насосын таңдаймыз. Насос қуаты 45 кВт.

Бұл бөлімде кран цехы тіршілік қауіпсіздігін қамтамасыз ету қарастырылды. Өндіріс категориясына және өрттің туындау себептеріне байланысты газ реттеу станциясының өрт қауіпсіздігімен қамтамасыз етілді. Автоматты өрт сөндіру жүйесін есептеу барысында спинкерлі өрт сөндіру жүйесі жүргізілді.

5 Экономикалық бөлім

Кіріспе

Соңғы уақыттары Қазақстанда, сондай-ақ, шетелде көпір крандарының жиілігі реттелетін электржетегін пайдалануда тұрақты беталыс байқалуда. Ал бұл өз кезегінде, жиілігі-реттелетін жетегімен қамтамасыз етілетін бірқалыпты ауысатын үрдістері жетектің кинематикалық тізбегінің элементтеріндегі динамикалық салмақтың айтарлықтай төмендеуіне алып келеді, осының арқасында кранның механикалық жабдығының жұмыс істеу сенімділігі мен өміршеңдігі артады, редукторды, тежегіш қалыпты және электрқозғалтқышын ауыстыру қажеттігі болмайды. Крандарда реттелетін жетекті кең түрде қолданудың негізгі себебі – бұл кранның 30 - 40%-ға жұмыс істегенінде оның электрді тұтынуының төмендеуі.

Осылайша, жиілігі реттелетін электржетегін ендіруден болатын экономикалық нәтиже электр энергиясын үнемдеуден және қолданымдық шығындарын төмендетуден қалыптасады.

Жиілігі-реттелетін түрленгіштерді пайдалану жалпы қолданыстағы қысқа тұйықталған роторы бар бір жылдамдықты асинхронды қозғалтқыштарын қолдануға мүмкіндік береді.

Атоматтандырылған электр жетегі екі технологиялық функцияларды орындайды:

- 1) электр энергиясының механикалық энергияға айналуы берілген технологиялық процестің орындалуы үшін маңызды;
- 2) технологиялық процеспен басқарылуы.

Жобаның капиталдық шығындар мен экономикалық тиімділігін есептеу келтірілген.

Егер қажет болса, автомобильдер реттелетін электр жетегі технологиялық процесінің барысын жедел басқару (электр крандар, экскаваторлар, қайтымды илектеу станын) пайдаланылады.

Бақыланатын электр жетегі пайдалану электр энергиясын шығындарды процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

5.1 Бұл жұмыста 4АС200М4У3 типті қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш қолданылды. Бұл қозғалтқыштың тиімділігін анықтау үшін фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышпен салыстырамыз

5.1 кесте - Қозғалтқыштардың техникалық дереректері

Қозғалтқыштың параметрлері	Бірінші нұсқа: қысқа тұйықталған роторлы АҚ	Екінші нұсқа: фазалы роторлы АҚ
Қозғалтқыш	4АС200М4У3	4АНК225М8У3
Қуаты, кВт	30	30
п.э.к., %	88	86,5
Айналу жиілігі об/мин	600	600

Бірінші нұсқа қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштың экономикалық тиімділігін қарастырамыз.

Капиталды салымдардың қосындысы (асинхронды қозғалтқыш, жиілік түрлендіргіш):

$$\sum K = K_k + K_m, \quad (5.1)$$

мұндағы K_k – қондырғыларды сатып алуға және тасымалдауға кеткен шығындар, теңге; K_m – монтажға кететін шығындар, теңге.

$$B = B_{АҚ} + B_{ЖТ}, \quad (5.2)$$

мұндағы $B_{АҚ}$ – асинхронды қозғалтқыштың бағасы, теңге; $B_{ЖТ}$ – жиілік түрлендіргіштің бағасы, теңге.

$$B = 408012 + 130000 = 538012 \text{ теңге.}$$

Асинхронды қозғалтқышты тасымалдауға кететін шығындар оның бағасының 10%-ын құрайды деп есептеледі:

$$K_k = 0,1 \cdot B + B = 0,1 \cdot 538012 + 538012 = 591813,2 \text{ теңге.} \quad (5.3)$$

Монтаждық шығындар оның бағасының 7%-ын құрайды деп есептейді:

$$K_M = 0,07 \cdot B = 0,07 \cdot 538012 = 37660,84 \text{ теңге.} \quad (5.4)$$

Барлық капиталды салымдардың қосындысын есептейміз:

$$\Sigma K = 591813,2 + 37660,84 = 629474,04 \text{ теңге.}$$

БТҮ нұсқасы бойынша жылдық эксплуатациялық шығындарды есептеу. Эксплуатацияның жылдық шығындары:

$$И = И_{\text{етк}} + И_{\text{эс}} + И_{\text{м}} + И_{\text{э}} + И_{\text{а}} + И_{\text{і}}, \quad (5.5)$$

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

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

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

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

$И_{\text{а}}$ – амортизациялық аударымдар, біздің салада амортизациялық аударымдар нормасы 5-10% -ті құрайды;

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

Қызмеи көрсетуші мамандардың жалақысын есептеу үшін орташа айлық еңбекақысы кестеде көрсетілген.

5.2 кесте - Орташа айлық еңбекақы

Жұмысшылар тізімі	Саны	Міндетті еңбекақысы, теңге	Жылдық еңбекақысы, теңге
Машинист	1	100000	1200000
Электрик	1	67000	804000
Қорытынды	2		2004000

Бір жылдағы еңбек төлем қоры:

$$И_{\text{етк}} = 2004000 \text{ теңге.} \quad (5.6)$$

Әлеуметтік салықтар шығыны:

$$И_{\text{эс}} = (И_{\text{етк}} - 10\% И_{\text{етк}}) \cdot 11\% , \quad (5.7)$$

мұндағы 10% - зейнетақы аударымдары;

$$I_{\text{эк}} = (2004000 - 0,1 \cdot 2004000) \cdot 0,11 = 198396 \text{ теңге.}$$

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

$$I_{\text{м}} = K \cdot 0,005 = 629474,04 \cdot 0,005 = 3147,37 \text{ теңге.} \quad (5.8)$$

Шығынмен есептеген кездегі жылдық электр энергиясына кететін шығындарды есептеу:

$$I_{\text{э}} = W \cdot I_{\text{эт}} \cdot N, \quad (5.9)$$

мұндағы W – жылдық электр энергиясын тұтыну;

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

N – электр қозғалтқышының саны.

Электр энергиясының шығыны:

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

$$\Delta P = P_{\text{к}} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) = 30 \left(\frac{1}{0,88} - 1 \right) = 4,1 \text{ кВт.} \quad (5.10)$$

$P_{\text{к}} = 30 \text{ кВт}$, қозғалтқыштың төлқұжаттық берілгені бойынша.

Енді бос жүріс шығыны мен жүктелген номинал шығындарды анықтаймыз:

$$\Delta P_{\text{xx}} = 0,05 \cdot \Delta P_{\text{н}}; \quad (5.11)$$

$$\Delta P_{\text{xx}} = 0,05 \cdot 4,1 = 0,205 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\text{нн}} = 0,67 \cdot \Delta P_{\text{н}}; \quad (5.12)$$

$$\Delta P_{\text{нн}} = 0,67 \cdot 4,1 = 2,75 \text{ кВт.}$$

Ендігі кезекте активті қуаттың максималдық шығынын анықтаймыз, ол келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta P_{\text{м}} = \Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_{\text{нн}} \cdot K_{\text{ж}}^2; \quad (5.13)$$

$$\Delta P_{\text{м}} = 0,205 + 2,75 \cdot 0,8^2 = 1,97,$$

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

Активті қуаттың орташа шығынын төменде келтірілген формуламен анықтаймыз:

$$\Delta P_c = \Delta P_M \cdot \tau, \quad (5.14)$$

мұндағы τ – шығын максимумын пайдаланудың салыстырмалы уақыты:

$$\tau = 0,7 \cdot \frac{T_M}{T_{ж}}, \quad (5.15)$$

мұндағы T_M – жылдық шығын максимумын пайдаланудың пайдаланудың сағат саны, 365 күнде 18 сағаттан.

$$T_{ж} = T_M - 0,1 \cdot T_M; \quad (5.16)$$

$$T_M = 365 \cdot 18 = 6570 \text{ сағат}; \quad (5.17)$$

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

$$\Delta P_c = 1,97 \cdot 1,11 = 2,19 \text{ кВт.}$$

Электр энергиясының шығынын анықтаймыз:

$$\Delta W = \Delta P_c \cdot T_{ж} = 2,19 \cdot 5913 = 13214,58 \text{ кВт.} \quad (5.18)$$

Электр энергиясының жылдық тұтынуы:

$$W = T_M \cdot P_k = 6570 \cdot 30 = 197100 \text{ кВт·сағ/жыл.} \quad (5.19)$$

Шығынды есептеген кездегі электр энергиясын тұтынуы:

$$W_T = W + \Delta W = 197100 + 12949,47 = 210049,47 \text{ кВт·сағ/жыл.} \quad (5.20)$$

Электр энергиясының жылдық шығыны:

$$I_э = 210049,47 \cdot 16,05 \cdot 1 = 3371293,99 \text{ теңге.}$$

Амортизациялық аударымдары:

$$I_a = \sum K \cdot 0,1 = 629474,04 \cdot 0,1 = 62947,404 \text{ теңге.} \quad (5.21)$$

Іс-қағаздар шығыны:

$$I_1 = 0,15 \cdot (I_{\text{етк}} + I_{\text{эс}} + I_{\text{м}} + I_{\text{а}} + I_{\text{э}}); \quad (5.22)$$

$$I_1 = 0,15 \cdot (2004000 + 198396 + 3147,37 + 62947,404 + 3371293,99) = 845969,215 \text{ теңге};$$

$$\sum I = I_{\text{етк}} + I_{\text{эс}} + I_{\text{м}} + I_{\text{а}} + I_{\text{э}} + I_1; \quad (5.23)$$

$$\begin{aligned} \sum I &= 2004000 + 198396 + 3147,37 + 62947,404 + 3371293,99 + 845969,215 \\ &= 7485695,88 \text{ теңге.} \end{aligned}$$

Екінші нұсқа фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштың экономикалық тиімділігін қарастырамыз.

4АНК225М8У3 типті фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыш және ЯС-100 типті кедергілер жәшігі қолданылады.

$$B = B_{\text{АК}} + B_{\text{ЖТ}}, \quad (5.24)$$

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

$B_{\text{ЖТ}}$ – кедергілер жәшігінің бағасы, теңге.

$$B = 564000 + 286000 = 850000 \text{ теңге.}$$

Асинхронды қозғалтқышты тасымалдауға кететін шығындар оның бағасының 10%-ын құрайды деп есептеледі:

$$K_{\text{К}} = 0,1 \cdot B + B = 0,1 \cdot 850000 + 850000 = 935000 \text{ теңге.} \quad (5.25)$$

Монтаждық шығындар оның бағасының 7%-ын құрайды деп есептейді:

$$K_{\text{М}} = 0,07 \cdot B = 0,07 \cdot 850000 = 59500 \text{ теңге.} \quad (5.26)$$

Барлық капиталды салымдардың қосындысын есептейміз:

$$\sum K = 935000 + 59500 = 994500 \text{ теңге}$$

БТУ нұсқасы бойынша жылдық эксплуатациялық шығындарды есептеу. Эксплуатацияның жылдық шығындары:

$$I = I_{\text{етк}} + I_{\text{эс}} + I_{\text{м}} + I_{\text{э}} + I_{\text{а}} + I_1. \quad (5.27)$$

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

$$I_M = K \cdot 0,005 = 994500 \cdot 0,005 = 4972,5 \text{ теңге} . \quad (5.28)$$

Шығынмен есептеген кездегі жылдық электр энергиясына кететін шығындарды есептеу:

$$I_3 = W \cdot I_{3T} \cdot N , \quad (5.29)$$

мұндағы W – жылдық электр энергиясын тұтыну;

I_{3T} – электр энергияның тарифі, 16,02 теңге/кВт·сағ;

N – электр қозғалтқышының саны.

Электр энергиясының шығыны:

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

$$\Delta P = P_K \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) = 30 \left(\frac{1}{0,865} - 1 \right) = 4,68 \text{ кВт} . \quad (5.30)$$

P_K – 30кВт, қозғалтқыштың төлқұжаттық берілгені бойынша.

Енді бос жүріс шығыны мен жүктелген номинал шығындарды анықтаймыз:

$$\Delta P_{xx} = 0,05 \cdot 4,68 = 0,234 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{hh} = 0,67 \cdot 4,68 = 3,14 \text{ кВт}.$$

Ендігі кезекте активті қуаттың максималдық шығынын анықтаймыз, ол келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta P_M = 0,234 + 3,14 \cdot 0,8^2 = 2,244,$$

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

Активті қуаттың орташа шығынын төменде келтірілген формуламен анықтаймыз:

$$\Delta P_c = \Delta P_M \cdot \tau , \quad (5.31)$$

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

$$\Delta P_c = 2,244 \cdot 1,11 = 2,49 \text{ кВт.}$$

Электр энергиясының шығынын анықтаймыз:

$$\Delta W = \Delta P_c \cdot T_{ж} = 2,49 \cdot 5913 = 15487,45 \text{ кВт.} \quad (5.32)$$

Электр энергиясының жылдық тұтынуы:

$$W = T_m \cdot P_k = 6570 \cdot 30 = 197100 \text{ кВт} \cdot \text{сағ/жыл.} \quad (5.33)$$

Шығынды есептеген кездегі электр энергиясын тұтынуы:

$$W_T = W + \Delta W = 197100 + 14723,37 = 211823,37 \text{ кВт} \cdot \text{сағ/жыл.} \quad (5.34)$$

Электр энергиясының жылдық шығыны:

$$I_3 = 211823,37 \cdot 16,05 \cdot 1 = 3399765,09 \text{ теңге.}$$

Амортизациялық аударымдары:

$$I_a = \sum K \cdot 0,1 = 994500 \cdot 0,1 = 99450 \text{ теңге.} \quad (5.35)$$

Іс-қағаздар шығыны:

$$I_i = 0,15 \cdot (2004000 + 198396 + 4972,5 + 99450 + 3399765,09) = 855987,538 \text{ теңге;}$$

$$\sum I = 2004000 + 198396 + 4972,5 + 99450 + 3399765,09 + 855987,538 = 7995214,55 \text{ теңге.}$$

5.3 - кесте. Екі қозғалтқыш нәтижелері

	4АС200М4У3	4АНК225М8У3
$\eta, \%$	88	86,5
$P_n, \text{кВт}$	30	30
$\Delta P_n, \text{кВт}$	4,1	4,68
$\Delta P_{нн}, \text{кВт}$	2,75	3,41
$\Delta P_{xx}, \text{кВт}$	0,205	0,234
$\Delta P_m, \text{кВт}$	1,97	2,244
$\Delta P_c, \text{кВт}$	2,19	2,49
$T_{ж}, \text{сағ}$	6570	6570
$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{сағ}$	13214,58	15487,45
$\sum I, \text{тг}$	7485695,88	7995214,55
айырмашылығы	85471,25	

5.2 Капиталдық салымдардың салыстырмалық тиімділігін анықтаймыз

1 әдіс. Тиімділікті бағалауда ең аз шығын кететін нұсқаны анықтаймыз. Әрбір нұсқа үшін кететін шығындарды салыстырмалы тиімділіктің нормативті коэффициентіне сәйкес келетін жылдық шығындар мен капиталдық салымдарды құрайды:

$$Z_i = I_i + E_n \cdot K_i; \quad (5.36)$$

$$E_n = 0,15.$$

Бірінші нұсқа үшін:

$$Z_i = 845969,215 + 0,15 \cdot 6485763,98 = 1818833,81 \text{ теңге.}$$

Екінші нұсқа үшін:

$$Z_i = 855987,538 + 0,15 \cdot 6562571,13 = 1840373,21 \text{ теңге.}$$

2 әдіс. Капиталдық салымдардың өтімділік мерзімін есептеу:

$$T_{\text{өт}} = \frac{K_2 - K_1}{I_1 - I_2} = \frac{994500 - 629474,04}{6562571,13 - 6485763,98} = 4,75 \text{ жыл.} \quad (5.37)$$

3 әдіс. Салыстырмалы тиімділік коэффициентін анықтау:

$$E_T = \frac{I_1 - I_2}{K_2 - K_1} = \frac{656257,13 - 8485763,98}{994500 - 629474,04} = 0,21. \quad (5.38)$$

Келесі шарт орындалса, таңдалған қозғалтқыш тиімді:

$$T_{\text{өт}} \leq T_n, E_T \geq E_n, \quad (5.39)$$

мұндағы $T_n = 6,7$ жыл – нормативтік өтелу мерзімі;
 $4,75 \text{ жыл} < 6,7 \text{ жыл}; 0,21 > 0,15$.

Есептелулерден шығатыны қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқышты пайдалану тиімді, ал фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышты пайдалану да тиімді болады.

Қорытынды

Мен бұл дипломдық жобада КЛ-75/19,1 типті металлургиялық кранның қозғалтқышын ауыстырдым және де жиілікті түрлендіріп, электр жетегін жетілдірдім. 4АС200М4У3 типті қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышы қолданылды. Электр жетегінің принципалдық сұлбасын құрылды және оның анықтамасы келтірілген. Көпірлік кранның құрылысы және сипаттамаларына жалпылама анықтама беріліп және де қолданылуы қарастырылды. .

Жиілікті түрлендіргіш асинхронды қозғалтқыш жүйесі бойынша электр жетегі жүйесінің құрылымдық сұлбасы MATLAB бағдарламасы арқылы көрсетілді.

Өмір тіршілік қауіпсіздік негіздеріне жалпылама түсіндірме берілді. Өзірленген технологияда шудан, дірілден қорғану қарастырылған, арнайы қозғалтқыштары, жерге тұйықтаулары қолданылады, басқару жүйесінде апаттық өшірілу қарастырылған, басқару кабинасында желдету және кондицияландыру қолданылады, жасанды жарықтандыру бар. Осылайша, оператордың жұмыс орны және жабдық МЕМСТ пен ҚНЖЕ сәйкес, санитарлы нормалар мен талаптарға сәйкес келеді. Осы жобада қарастырылған еңбек ету жағдайлары нормадан ауытқымайды.

Соңғы уақыттары Қазақстанда, сондай-ақ, шетелде көпір крандарының жиілігі реттелетін электржетегін пайдалануда тұрақты беталыс байқалуда. Крандарда реттелетін жетекті кең түрде қолданудың негізгі себебі – бұл кранның 30 - 40%-ға жұмыс істегенінде оның электрді тұтынуының төмендеуі. Осылайша, жиілігі реттелетін электржетегін ендіруден болатын экономикалық нәтиже электр энергиясын үнемдеуден және қолданымдық шығындарын төмендетуден қалыптасады.

Бұл экономикалық жұмыста 4АС200М4У3 типті қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш қолданылды. Бұл қозғалтқыштың тиімділігін анықтау үшін 4АНК225М8У3 типті фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышпен салыстырылды. Капиталдық салымдардың салыстырмалық тиімділігін анықталды.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

- 1 Булгаков, А.А. Частотное управление асинхронными двигателями./ А.А. Булгаков. – 3-е перераб. изд. – М.: Энергоиздат, 1982. – 216 с.: ил.
- 2 Ключев, В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов / В.И. Ключев. – М.: Энергоиздат, 1985. – 560 с.: ил.
- 3 Ключев, В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов / В.И. Ключев, В.М. Терехов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с.: ил
- 4 Чиликин, М.Г. Общий курс электропривода: Учебник для вузов / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.: ил.
- 5 Чиликин, М.Г. Основы автоматизированного электропривода: Учеб. пособие для вузов / М.Г. Чиликин, М.М. Соколов, В.М. Терехов, А.В. Шинянский. – М.: Энергия, 1974. – 568 с.: ил.
- 6 Кравчик, А.Э. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А. Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.: ил.
- 7 Онищенко, Г.Б. Автоматизированный электропривод промышленных установок: Учеб. пособие для студентов вузов / Под общ. ред. Г.Б. Онищенко. – М.: РАСХН, 2001. – 520 с.: ил.
- 8 Яуре, А.Г. Крановый электропривод: Справочник / А.Г. Яуре, Е.М. Певзнер. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 344 с.: ил.
- 9 Стандарт промышленного предприятия. Проекты дипломные и курсовые. Общие требования к оформлению пояснительных записок и чертежей. СТП 1-У-НГТУ-2004/ НГТУ: Н.Новгород, 2004.
- 10 Реле управления и защиты /Н.В.Возняк. М., Информэлектро, 1998.
- 11 Аппараты защиты. т.1, ч.1. Предохранителя низкого и высокого напряжения. Справочник. М., Информэлектро 1999.
- 12 Автоматические выключатели общего применения до 630 А. Справочник. М., Информэлектро, 1996, 184с.: с илл. табл.
- 13 Силовые полупроводниковые приборы: Справочник /О.Г.Чебовский Л.Г.Моисеев, Р.П.Недошивин -2-е изд., перераб. и доп. -М., Энергоатомиздат, 1985. -400с.,илл.

