

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»

Кафедра меңгерушісі

т.ғ.к., профессор Оржанова Ж.К.

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« _____ » _____ 20__ ж.

(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Конвейердың автоматтандырылған электр жетегі

5B071800 - «Электр энергетика»

мамандығы бойынша

Орындаған Төкенов Даулет Абдрасилұлы

ЭАТКук-17-11

(аты - жөні)

(тобы)

Жетекші Алмуратова Нұрғұл Канаевна, PhD докторы

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« _____ » _____ 20__ ж.

(қолы)

Кеңесшілер:

Техникалық бөлімі бойынша:

Тойгожинова Жанар Жумакановна, аға оқытушы

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« _____ » _____ 20__ ж.

(қолы)

Экономикалық бөлім бойынша:

Түзелбаев Бақберген Ибадиллаевич, PhD докторы

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« _____ » _____ 20__ ж.

(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

Мусаева Ж.К., б.ғ.к., доцент

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« _____ » _____ 20__ ж.

(қолы)

Пікір жазушы:

Сәрсенбаев Ерлан Алиаскарович, PhD докторы

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« _____ » _____ 20__ ж.

Алматы 2020

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

**Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ**

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

жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Төкенов Даулет Абдрасилұлы
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Конвейердың автоматтандырылған электр жетегі

Ректордың « 11 » 11 2019 № 147 бұйрығы бойынша бекітілген.
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: « 28 » мамыр 2020 ж.
Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)
Конвейер қондырғысының техникалық параметрлері: Бункер саны 4;
Диаметрі, 1,4 м; Ұзындығы 5,6 м; Қуаты 11 кВт; Меншікті өнімділік
4,5; Айналым уақыты 54 с., электр қозғалтқышының параметрлері
және сипаттамалары

Дипломдық жұмыста әзірлеуге жататын сұрақтар тізімі немесе қысқаша мазмұны:

1. Техникалық бөлім
2. Кинематикалық сұлбаны талдау, электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлерін анықтау
3. Жетек жүйесін таңдау
4. Асинхронды электр қозғалтқышының орынбасу сұлбасының параметрлерін анықтау
5. Электр жетегіндегі жиілікті басқару әдісін таңдау
6. Электр жетегінің автоматты басқару жүйесі
7. Конвейердің электр жетегін модельдеу
8. Конвейер электр жетегін бағдарламамен зерттеу
9. Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі
10. Экономикалық бөлім

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. Конвейердің құрылысы

2. Конвейер жетегінің кинематикалық сұлбасы

3. Жиілікті басқаратын асинхронды электр жетегі

4. Асинхронды қозғалтқыштың орынбасу сұлбасы

5. Асинхронды электр қозғалтқышының табиғи механикалық сипаттамасы

6. Асинхронды электр қозғалтқыштың табиғи электр механикалық сипаттамасы

7. Векторды басқаратын асинхронды электр жетегінің электр каналының құрылымдық сұлбасы

8. Жиілікті вектормен басқару мен қозғалтқыш моделінен тұратын асинхронды электр жетегінің негізгі функционалды сұлбасы

9. Жылдамдық бойынша кері байланысы бар ЖТ-АҚ жүйесінің құрылымдық сұлбасы

10. Жиілікті түрлендіргіш асинхронды қозғалтқыш жүйесінің күштік каналының имитациялық моделі

11. Өмір тіршілік қауіпсіздігі

12. Экономикалық бөлім

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование электроприводов. Часть 8. – Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2010.

2. Н.В. Кояин, О.П. Мальцева, Л.С. Удут. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод. Имитационные модели в среде модели MATLAB-Simulink. Исследование электропривода посредством компьютерного моделирования: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2013.

3. Шеховцев П.В. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов / М.: ФОРУМ, 2010.

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімшелер	Кеңесші	Мерзімі	Қолы
Техникалық бөлім	Тойгожинова Ж.Ж.		
Өмір тіршілік қауіпсіздігі	Мусаева Ж.К.		
Экономикалық бөлім	Тузелбаев Б.И.		

Диплом жұмысын дайындау

К Е С Т Е С І

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	<i>Техникалық бөлім</i>	<i>18.11.2019</i>	
2.	<i>Кинематикалық сұлбаны талдау, электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлерін анықтау</i>	<i>19.12.2019</i>	
3.	<i>Жетек жүйесін таңдау</i>	<i>14.02.2020</i>	
4.	<i>Асинхронды электр қозғалтқышының орынбасу сұлбасының параметрлерін анықтау</i>	<i>30.03.2020</i>	
5.	<i>Электр жетегіндегі жиілікті басқару әдісін таңдау</i>	<i>13.04.2020</i>	
6.	<i>Электр жетегінің автоматты басқару жүйесі</i>	<i>27.04.2020</i>	
7.	<i>Конвейердің электр жетегін модельдеу</i>	<i>30.04.2020</i>	
8.	<i>Конвейер электр жетегін бағдарламамен зерттеу</i>	<i>12.05.2020</i>	
9.	<i>Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі</i>	<i>13.05.2020</i>	
10.	<i>Экономикалық бөлім</i>	<i>08.05.2020</i>	

Тапсырманың берілген уақыты « 18 » қараша 2019 ж.

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

Жұмыс жетекшісі _____ Алмуратова Н.К., PhD докторы
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____ Төкенов Д.А.
(қолы) (аты -жөні)

Аңдатпа

Дипломдық жұмыста конвейер қондырғысының құрамы мен технологиясына анықтама берілген, конвейердің кинематикалық сұлбасына талдау жасалып, электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлері анықталған. Электр жетегі жүйесі таңдалып, оның орынбасу сұлбасының параметрлері анықталып, табиғи механикалық және электр механикалық сипаттамалары тұрғызылды.

Электр жетегінің автоматты басқару жүйесі қарастырылған. Ленталы конвейердің реттелетін электр жетегі құрылды, сонымен қатар конвейердің электр жетегіне бағдарламамен зерттеулер жүргізілген. Зерттеулер әртүрлі жұмыс режимдерінде жүргізіліп таңдалған.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде конвейерлік өндірістің жұмыс ерекшелігіне талдау жасалып, өндірістегі немесе жұмыс орнындағы еңбек жағдайларын бағалаудың негізгі факторлары мен әдістері, электр тогын өндірісте пайдалану кезіндегі қауіпсіздік шаралары, өндіріс ғимаратын жарықтандыру қарастырылған.

Экономикалық бөлімде электр жетектің экономикалық тиімділігі мен оны бағалау арқылы таңдау қарастырылған, сонымен қатар капиталдық салымдар мен материалдық шығындарға есептеулер жүргізілген.

Аннотация

В дипломной работе рассматривается конструкция конвейера, кинематическая схема конвейера, определены параметры механической части электропривода. Выбран система электропривода, определены параметры схемы замещения, построены истинные механические и электромеханические характеристики электропривода.

Рассматривается система управления электроприводом. Построена регулируемый электропривод ленточного конвейера.

Рассмотрена имитационное моделирование регулируемого электропривода асинхронной частоты, приведена его функциональная схема и структурная схема.

В разделе безопасности жизнедеятельности анализируются специфика работы конвейерной отрасли, основные факторы и методы оценки условий труда на производстве или на рабочем месте, меры безопасности при использовании электроэнергии на производстве, освещение производственного здания.

В экономической части рассмотрены технико-экономические обоснования автоматизированного электропривода, рассчитаны капитальные и эксплуатационные затраты, определены экономические показатели предлагаемого электропривода.

Annotation

In the thesis, the construction of the conveyor, the kinematic diagram of the conveyor, the parameters of the mechanical part of the electric drive are determined. An electric drive system was selected, equivalent circuit parameters were determined, and naturally mechanical and electromechanical characteristics of the electric drive were constructed.

The drive control system is considered. Built adjustable electric conveyor belt.

Simulation modeling of an asynchronous frequency controlled electric drive is considered, its functional diagram and block diagram are given.

The life safety section analyzes the specifics of the conveyor industry, the main factors and methods for assessing working conditions in the workplace or at the workplace, safety measures when using electricity in the workplace, lighting of a production building.

The feasibility studies of automatic electric drive are considered in economic part, capital and operating costs are expected, the economic indicators of the offered electromechanic are certain.

Мазмұны

Кіріспе	10
1 Техникалық бөлім	11
1.1 DS-158 асфальт қондырғысының құрамы мен технологиясына сипаттама	11
1.2 Оператор мен өнеркәсіптік қондырғының өзара әрекеттесуін талдау	15
2 Электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлерін анықтау	18
2.1 Кинематикалық сұлбаны талдау	18
2.2 Конвейердің статикалық жүктемелерін есептеу	19
2.3 Электр жетегінің механикалық жүйе параметрлерін есептеу	24
3 Электр жетектің күштік параметрлерін есептеу және элементтердін таңдау	27
3.1 Конвейердің электр жетегіне қойылатын талаптар	27
3.2 Электр жетегі жүйесін таңдау және негіздеу	28
3.3 Конвейердің қозғалтқышын таңдау	29
3.4 Электр қозғалтқышының есептеу параметрлері	30
3.5 Асинхронды электр қозғалтқышының орынбасу сұлбасының параметрлерін анықтау	31
3.6 Қозғалтқыштың есептелініп алынған параметрлерінің сәйкестігін тексеру	33
3.7 Электр қозғалтқышының табиғи сипаттамаларын есептеу	34
3.7.1 Табиғи механикалық сипаттамаларды есептеу	34
3.7.2 Табиғи электр механикалық сипаттамаларын есептеу	36
3.8 Электр жетегіндегі жиілікті басқару әдісін таңдау	38
3.9 Электр жетегінің берілген жұмыс аймағын анықтау	41
3.10 Қозғалтқыштың дұрыс таңдалғанын тексеру	45
3.11 Түрлендіргішті таңдауды тексеру	45
3.12 Векторлық басқаруы бар асинхронды электр жетегінің күштік каналының құрылымдық сұлбасы	45
3.13 Электр жетегінің күштік каналының құрылымдық сұлбасының параметрлерін есептеу	48
3.14 Қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасындағы буындардың параметрлерін есептеу	49
4 Электр жетегінің автоматты басқару жүйесі	49
4.1 Векторлық басқарумен жиілікті басқаратын асинхронды электр жетегінің автоматты басқару жүйесінің параметрлерін есептеу	49
5 Конвейердің электр жетегін модельдеу	51
5.1 Реттелетін асинхронды электр жетегінің функционалды сұлбасы	51
5.2 Электр жетектің «жиілікті түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш» жүйесінің құрылымдық сұлбасы	51
6 Конвейер электр жетегін бағдарламамен зерттеу	54
6.1 Импульсті жылдамдық датчигінен тұратын модельде зерттеу	54

6.2	Сызықты реттегіші бар импульсті жылдамдық датчигынен тұратын моделде зерттеу	57
7	Еңбек қауіпсіздігі бөлімі	59
7.1	Конвейерлік өндірістің жұмыс ерекшелігіне талдау жасау	59
7.2	Өндірістегі немесе жұмыс орнындағы еңбек жағдайларын бағалаудың негізгі факторлары мен әдістері	59
7.3	Электр тогын өндірісте пайдалану кезіндегі қауіпсіздік шаралар	61
7.4	Өндіріс ғимаратын жарықтандыру	65
7.5	Циклонды есептеу	66
7.6	Еңбек қауіпсіздігі бөлімі бойынша қорытынды	69
8	Экономикалық бөлім	70
8.1	Электр жетектің экономикалық тиімділігін бағалау арқылы таңдау	70
8.2	Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу	71
	Қорытынды	79
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	80

Кіріспе

Қазіргі уақытта, 15-20 жылдар бұрын шығарылған, ұзақ қолданылып келе жатқан ДС-158 асфальтты араластыру қондырғыларының технологиялық жабдықтарын, технологиялық бақылау мен басқару құралдарын жаңарту қажеттілігі туындады. Асфальт қоспасының дәлдігі мен сапасына әсер ететін жабдық ескірген. Атап айтқанда, ДС -158 қондырғысында асфальтты дайындау кезінде көлденең және көлбеу конвейерлер қолданылады, олардың міндеті - құрғату барабанына қоспаның құрамдас бөліктерін жеткізу. Сонымен қатар, конвейердің электр жетегінде реттелмеген асинхронды электр жетегі қолданылады, ол қоспаны дайындау процесін толық автоматтандыруға мүмкіндік бермейді және оператордың араласуын қажет етеді. Сондықтан дайын өнімнің сапасы оператордың тәжірибесіне байланысты. Бұл жағдайда ең жақсы шешім - басқару жүйелерін барынша пайдалануға мүмкіндік беретін заманауи технологиялық жабдықты еңгізу, осылайша технологияның сапалы жаңа деңгейіне қол жеткізу.

Қазіргі уақытта асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын жиілікті әдіспен басқару кеңінен қолданылады, ол бүгінде энергияны үнемдеу тұрғысынан ғана емес, сонымен қатар технологиялық процестерді бақылауды жақсарту тұрғысынан да қарастырылады.

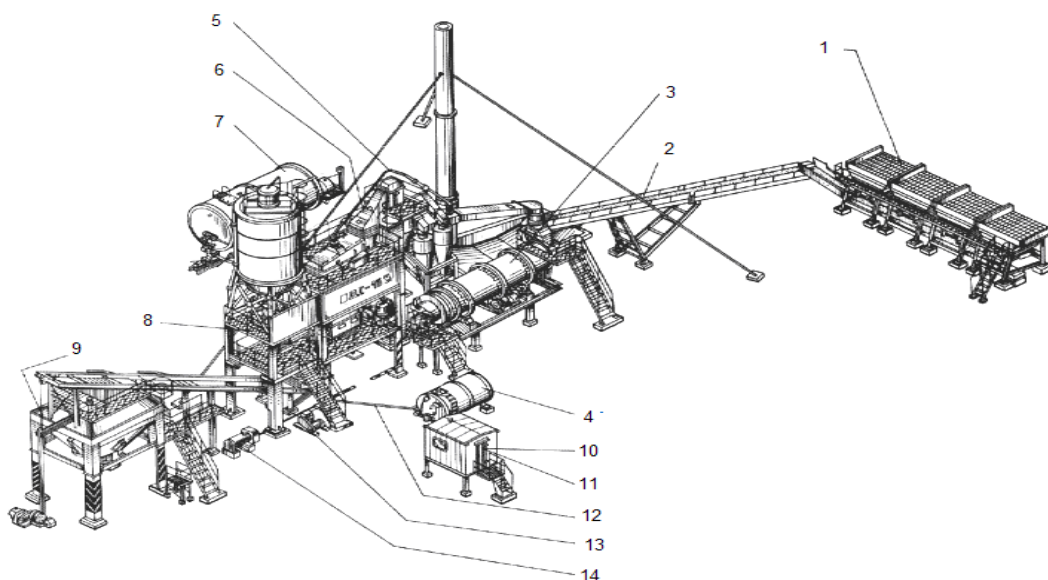
Жиілікті басқаруды қолдану арқылы конвейердің электр жетектерін модернизациялау технологиялық процестің автоматты басқару жүйесінің міндеті болып табылады. Сонымен қатар, энергия үнемдеу, технологиялық процестің сапасын арттыру, жүйелік қондырғылардың қызмет ету мерзімі, сонымен қатар жалпы жүйенің деңгейін жоғарылататын бірқатар мәселелер тиімді шешілуде.

Бұл жұмыстың мақсаты асфальтті қондырғыдағы конвейердің жиілікті басқарылатын электр жетегін құру және зерттеу.

1 Техникалық бөлім

1.1 DS-158 асфальт қондырғысының құрамы мен технологиясына сипаттама

DS-158 асфальт араластыру қондырғы асфальтбетонды және автомобиль жолдарын салу мен жөндеуде қолданылатын қара қоспаларды дайындауға арналған, оның жалпы көрінісі 1.1 суретте көрсетілген [1].



1.1 сурет - DS-158 асфальт қондырғысы

Асфальт құрылғысы толығымен мыналардан тұрады: 1 - қоректендіру блогы, 2 - көлбеу конвейер, 3 - кептіру қондырғысы, 4-жанармай құятын резервуар, 5 – газ шығару тетігінен, 6 - араластыру қондырғысы, 7 - битум жылытқышы, 8 - минералды ұнтақ агрегаты, 9 - дайын қоспалар блогы, 10 - оператордың кабинасы, 11- электр жабдықтары, 12-жанармай желілері, 13- пневматикалық жүйе, 14- бүрку жүйесі.

Қоректендіру болгы берілген рецепт бойынша ленталы конвейерге тас материалдарды (кұм, қиыршық тас) жинауға және жеткізуге қызмет етеді.

Минералды ұнтақ агрегаты минералды ұнтақты араластыру қондырғысының бункеріне қабылдауға, сақтауға, мөлшерлеуге және беруге арналған.

Ленталы конвейер тас материалын қоректендіру блогынан жүктеу ленталы конвейеріне түсіру үшін қолданылады.

Жүктеу ленталы конвейер кептіру қондырғысына тас материалдарын тиеу үшін қызмет етеді.

Кептіру қондырғысы асфальт қоспасын дайындауды қамтамасыз ететін температураға дейін тас материалдарды жылыту және кептіруге, араластыру қондырғысына келіп түсетін битум мен минералды ұнтақты араластыруға қолданылады.

Кептіру қондырғысын жылыту мазутта жұмыс істейтін жылыту қондырғысы арқылы жүзеге асырылады.

Битум дайындау қондырғысы битумды жұмыс температурасына дейін қабылдауға, сақтауға, қыздыруға және оны араластыру қондырғысының бункеріне жеткізуге арналған. Битумды жылыту сұйық жылу тасымалдағышымен жүзеге асырылады.

Битумды дайындау жүйесінде битумды үздіксіз сусыздандыруға арналған резервуар бар, онда битумды жалын түтіктері арқылы пеш қондырғысы қыздырады. Пеш қондырғысы мазутпен жұмыс істейді. Барлық құбырлар сұйық салқындатқышпен жылытылады. Жүйеде сусыздандырылған және жұмыс температурасына дейін қыздырылған битумды мөлшерлейтін және оны араластырғышқа беретін қондырғы бар.

Газ шығару кептіру және араластыру қондырғыларын шаңнан тазартқыш құрылғылармен және шаң түтікшелерімен қосу үшін қолданылады.

Шаңды тазарту жүйесі кептіру және араластыру қондырғылары арқылы шығатын газдардан шаңды кетіру үшін қолданылады.

Шаңды тазартатын қондырғы үш кезеңнен тұрады: екі құрғақ және біреуі дымқыл.

Араластыру қондырғысы тас материалдарын битуммен және минералды ұнтақпен араластыру арқылы асфальт қоспасын дайындауға арналған, олар араластыру рецепті бойынша қажетті мөлшерге дейін мөлшерленеді және келесі құрылғыларды қамтиды:

- ыстық элеватор;
- ыстық өткел;
- тас материалдардың салмақты бункерлері;
- араластырғыштың бункері;
- түсіру құрылғысы.

Ыстық элеватор кептірілген және қажетті температураға дейін қыздырылған тас материалдарды ыстық соққымен қабылдайтын бункерге беру үшін қызмет етеді.

Ыстық соққы тас материалдарды қажетті фракцияларға бөлуге және аса көлемді кішірейтуге қажет. Бұл материалдар қажетті фракциямен тас материалдарының бункеріне келіп түседі.

Тас материалдардың салмақты бункерлері араластыру ретцепіне сәйкес фракциялауды қажет ететін тас материалдарды жинау мен салмағын мөлшерлеуге қызмет етеді.

Араластыру бункері қоспаның құрамдас бөліктерін араластыру арқылы асфальтбетонның қоспасын дайындауға арналған.

Жүк түсіретін құрылғы дайын асфальтбетон қоспасын скипті көтергіштің шелегіне түсіруге қызмет етеді.

Скиптік көтергіш араластырғыш қондырғы бункерінен бункер-термоске асфальтбетонды жүктеу үшін қолданылады.

Жүк түсіретін құрылғы дайын асфальтбетон қоспасын скипті көтергіштің шелегіне түсіруге қызмет етеді.

Скиптік лифт араластырғыш қондырғы бактериясынан асфальтты термос хопперіне (дайын бак) беру үшін қолданылады.

Бункер-термос тұтынушыға асфальтбетон қоспасын қабылдау, уақытша сақтау және жеткізу үшін қолданылады.

Оператордың кабинасы - бұл асфальтты араластыру қондырғысының жұмысын басқаратын оператордың жұмыс орны.

Электр жабдықтары және қондырғының автоматтандыру жүйесі асфальтбетонды дайындаудың технологиялық процесін механикаландыру және автоматтандыру үшін қолданылады, ол апаттық жағдайда қондырғының автоматты түрде тоқтауын қамтамасыз етеді.

DS-158 асфальтты араластыратын қондырғы - бұл қоспаның рецепін тез өзгертуге мүмкіндік беретін циклдік қондырғы [1].

Технологиялық сұлба



1.2 сурет – Асфальтбетонды қоспаларды дайындаудың технологиялық сұлбасы

Асфальтбетонды қоспаны дайындау процесі мына кезеңдерден тұрады:

- агрегатындағы дымқыл тас материалдарын (қиыршық тас немесе табиғи құм) қоректендіру және оларды кептіру қондырғысына жеткізу;

- тас материалдарын кептіру және кептіру қондырғысындағы жұмыс температурасына дейін қыздыру және араластыру қондырғысының қызуымен қыздыру материалдарын беру;

- қыздырылған тас материалдарын төрт фракцияға сұрыптау (0-5; 5-10; 10-20; 20-40 мм), оларды «ыстық» бункерде уақытша сақтау, араластыру рецепіне сәйкес салмақ мөлшерлеу және араластырғышқа жеткізу;

- минералды ұнтақтың салмағын мөлшерлеу және оны араластырғышқа жеткізу;

- мұнай жол битумын көлемді мөлшерлеу және оны араластырғышқа беру;

- материалдардың барлық фракцияларын минералды ұнтақтармен және битумдармен араластырып, қоспаны автосамосвалдарға жеткізу немесе скип көтергіші арқылы дайын қоспаны бункерге беру, одан кейін автокөлік құралына беру.

1.1 кесте - ДС-158 асфальтараластырғыш құрылғысының техникалық дерктемелері

Параметрлері	
Бірліктің өнімділігі, т / сағ.	40
Қорктендіру агрегаты:	
Бункер саны	4
Бір бункердің көлемі, м ³	6
Құрғату барабаны:	
Диаметрі, м	1,4
Ұзындығы, м	5,6
Қуаты, кВт	11
Меншікті өнімділік, т / (м ³ * сағ.)	4,6
Араластырғыш:	
Сыйымдылығы, кг	600
Ұзындығы L, мм	1418
Ені B, мм	1020
Лопас білігінің жылдамдығы, айн / мин.	75,5
Айналым уақыты, с.	54
Жетек қуаты, кВт	22
Сақтау шкафтары:	
Сыйымдылығы, т.	70
Электр қозғалтқышының қуаты, кВт	20
Толық келтірілген қуат, кВт	195

Жұмыстың мақсаты төмендегі техникалық талаптар мен сипаттамаларға сәйкес келетін конвейердің реттелетін электр жетегін құру:

1. Жұмыс режимі - үздіксіз, реактивті жүктеме болуы тиіс.
2. Электр жетегі реверсивті емес, басқару диапазоны кемінде $D = 1: 100$ болады.

3. Электр жетегін басқару – қолмен, техникалық қызмет көрсететін персоналмен басқару батырмасымен орындалады, бақылау бойынша басқару жүйесіне интеграцияланған конвейер қозғалыс жылдамдығын реттеу автоматтандырылған режимде болады.

4. Конвертер жабық стационарлы үй-жайларда, қоршаған ортаның температурасы 5° -дан 45° С-қа дейін және салыстырмалы ылғалдылығы 80% -дан аспайтын температурада жұмыс істеуге арналған болуы керек.

5. Электр жетегін басқару жүйесі шамадан тыс жүктемелер мен авариялардан сенімді басқаруды, басқару мен техникалық қызмет көрсетуді жеңілдетуі керек.

6. Үш фазалы желі, $80 \pm 10\% \text{ В}$, $50 \pm 1 \text{ Гц}$.

1.2 Оператор мен өнеркәсіптік қондырғының өзара әрекеттесуін талдау

Асфальтты араластыру қондырғысының электр жабдықтарының екі жұмыс режимі болады, олар «Орнату» және «Жұмыс», бұлар үш позициялы қосқышты қажетті позицияға ауыстыру арқылы таңдалады. «Орнату» режимінде жұмыс істеу үшін ауыстырғыш тұтқасын нөлге қатысты сағат тіліне қарсы бағытта 45° бекітілгенше бұрайды, ал «Іске қосу» режимі үшін - нөлге қатысты сағат тіліне бағыттас 45° бекітілгенге дейін бұрылады. «Орнату» режимі барлық қондырғыларды жұмысқа қоспастан жеке агрегаттардың қосылу мүмкіндігін қарастырады. «Жұмыс» режимі барлық агрегаттар арасындағы технологиялық қатынасты қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, «Жұмыс» күйіндегі қосқыш жанармай сорғысы өшкен кезде жанармай клапанын жауып, оны өшіргенде түтін шығаратын амортизаторды жабуға мүмкіндік береді.

Кептіргіш барабанның оттық қорабын отқа жағу.

Жанармай бағындағы жанармай $60-70^\circ \text{ С}$ дейін алдын-ала қыздырылуы керек. Мұны істеу үшін резервуардағы жанармай қыздырғышты қосыңыз және жанармай температурасы 50° С -қа жеткенде, «Орнату» режимінде жанармай сорғысын қосыңыз. Қыздырғыштың алдындағы жанармай қыздырғышты ауыстырып қосқышпен қосыңыз. Бұл жағдайда қыздырғыштағы жанармай клапаны жабық, ал жанармай ағызу клапаны мен резервуар арқылы бак $60-70^\circ \text{ С}$ дейін қызғанша айналады. Жанармайдың қызуы режим ауыстырғышты «Жұмыс» режиміне ауысады. Қыздырғыштың алдындағы жанармай сорғысының көмегімен жылытқыш өшіріледі. Резервуардағы жанармайдың температурасы жанармай 60° С -қа дейін салқындағанда, оларды 80° С -де өшіргенде, резервуардағы электр жылытқыштарды қосқандағы электрлік термометрмен қамтамасыз етіледі.

От алдырмас бұрын, кептіргіш барабанды үрлеу керек, ол үшін түрінсорғыш пен желдеткіш жетектері қосылады. Содан кейін осы қондырғылардың демпфирлерін ашу үшін жетектерді қосады. Одан әрі соғу жетектері, элеватор, кептіргіш барабан, шаң сорғыш, араластырғыш, компрессор жетектері және оттыққта отын клапаны ашылады.

Қыздырғышты тұтату үшін «Алау» түймесін басу керек, бұл жағдайда шығатын желдеткіш қосылу қажет, заслонка 15-20% деңгейінде ашық, үрлеу желдеткіші жеткізетін бірінші ауаның ампуласы 80-100% ашық, ал қолмен басқарылатын екінші ауаның ампуласы 30% ашық. Одан әрі тұтану уақыт релесінің көмегімен автоматты түрде пайда болады.

Егер тұтану пайда болса, реле ұшқыш клапанды өшіреді және тұтану үшін жанармай беру тоқтатылады, ал жалын бақылау құрылғысы тұтану электродтарына кернеу беруді тежейді. Жанармай сорғысы, қыздырғыштың алдындағы жылытқыш, сондай-ақ екінші реттік ауа клапанын ашатын және негізгі отынды беретін жетек іске қосылады. Ауа заслонкасының жағдайы және жанар-жағармайдың мөлшері пайызбен көрсетілген индикатор құрылғысының көрсеткіші бойынша бағаланады. Негізгі отты тұтату құрылғының көрсеткіші 25% болған кезде пайда болады. 30 секундтан кейін уақыт релесі заслонканың клапанын өшіреді. Ауа заслонкасының одан әрі ашылуы және жанармай беру тиісті ауыстырып-қосқыш қосылған кезде пайда болады. Құрылғының стрелкасы 80% күйінде болғанда, отын шығыны жұмыс жылдамдығымен қамтамасыз етіледі.

Тұрақты жалынның күйіп кетпеуі үшін тексеру терезесінен алауды және мұржадан шыққан түтіннің түсін бақылау қажет.

Егер түтін қара болса - ауа жеткіліксіз болса, жанармайдың толық жануы болмайды. Бастапқы және қайталама ауаны беруді қолмен реттеп, жалынның өшіп кетуіне жол бермеу керек және оны шамадан тыс ұзартуға болмайды, әйтпесе пеш өшуі мүмкін.

Егер түтін ақ болса және алау алыс болса, жанармай толығымен жанбайды, ал екінші реттік ауа қайтадан қолмен реттелуі керек. Сонымен қатар температураны бақылау құралы шығарылған газдардың температурасын бақылайды. Тұрақты алау пайда болғаннан кейін, пайдаланылған газдардың температурасын 200-250° С-қа жеткізу үшін отын мен ауаны беруді арттыру қажет. Осы температураға жеткеннен кейін барабан қызады. Қалыпты жағдайда, бұл өрттен кейін 3-5 минуттан кейін болуы керек. Одан кейін материалды беруге болады, ол үшін көлбеу конвейердің жетегін және қоректендіру агрегатын қосу керек.

Асфальтобетонды дайындау.

Тас материалдарын, минералды ұнтақ пен битумды мөлшерлеу, сонымен қатар битумды ағызатын сорғының, қосымша бункерді жабу мен араластырғыштың жапқыштарының жұмысын бақылау екі режимде жүзеге асырылады: автоматты және қашықтан, олар үшін оператор ауыстырғыш тұтқасын «Авто.» күйіне және сәйкесінше «Dist.» орнатады.

Араластыру қондырғысының салмақ өлшейтін автоматты таратқышының қоректендіру құрылғысының тас материалдарының салалық жапқыштарының жұмысын басқару, минералды ұнтақты мөлшерлеу, араластыру қондырғысының битум мөлшерлегіші оператор қолмен қажетті күйге орнататын тиісті қосқыштармен басқарылады.

Араластырғышты басқару үшін араластыру есептегіші қолданылады, оған оператор жұмысқа кіріспес бұрын қажетті мөлшерін орнатады.

Автоматты режимде асфальтбетон қоспасының құрамдас бөліктерін мөлшерлеу (тас материалдарының, минералды ұнтақтардың және битумдардың барлық фракцияларына бөлек) берілген бағыт тілшесін қажетті материалдың бір рет араластыру салмағын қойғаннан кейін сандық реттеу

аспабының (КЭП-12У) көмегімен орындалады. Құрылғы материал жіберілген кезде қосылады, яғни бағыттау тілшесінің сілтемесі беру бағытының датчик апзасына кіргенде қосылады.

Сигнал шамдарын қолдана отырып, оператор араластырғышқа материалдарды мөлшерлеу мен түсіруді бақылайды.

Материалдарды қашықтықтан мөлшерлеу әр компонент үшін бөлек жүргізіледі. Ол үшін сәйкес қосқыш «Дозада» орнатылады. Мөлшерлеу көрсеткіш бағытынымен байқалады. Бағытты көрсеткіш масштабының белгіленген мәнімен үйлескен кезде, ауыстырғыш бейтарап болып орнатылады. Бұл жағдайда ысырма жабылады, ал материалды мөлшерлеу процесі тоқтайды. Қоспаның барлық басқа компоненттерін мөлшерлеу дәл осылай жүргізіледі.

Қоспаны автоматты режимде дайындау төмендегі ретпен орындалады:

1) Егер рецепт бойынша қарастырылған минералды материалдар мен битумдардың фракцияларын мөлшерлеу аяқталған болса;

2) Егер араластырғыш жапқыш жабық болса.

Бұл жағдайда командалық құрылғы қосылады. Оның бұйрығымен тас материалдардың тарелкасының жапқышы ашылады, минералды ұнтақты араластырғышқа түсіруге арналған драйв, сонымен қатар битум төгетін сорғы мен ескерту шамдары қосылады.

Араластырғыштың жетегі басқару пультіндегі қосқыш арқылы қосылады және басқару шамы жанады.

Салмақ өлшегіш бункерлердің қақпалары жабылып, араластырғыштың битумын төгуге арналған краннан кейін келесі айналымға фракцияларды мөлшерлеу басталады. Жоғарыда көрсетілген операциялардың ұзақтығы командалық құрылғының циклограммасымен анықталады. Компоненттерді араластыру ұзақтығы 40-60 сек.

Қашық режимде қоспаны қашықтан дайындау және түсіру үшін төмендегілерді орындау қажет:

1) Режимдерді таңдау ауыстырғышын «Dist» позициясына орнатыңыз;

2) Жоғарыда сипатталғандай мөлшерлеуді орындау;

3) тас материалдардың және минералды ұнтақтардың салмақтық бункерін ашу қажет (минералды ұнтақтың бұрандасы қосылады). Минералды ұнтақты теру көрсеткіші нөлдік қалыпқа оралғаннан кейін қақпақты жабыңыз (Минералды материалдарды түсіруді бастамас бұрын араластырғыш жетегі қосулы болуы керек);

4) минералды материалдарды түсіргеннен кейін су төгетін сорғышты қосып, араластырғышқа битум құйыңыз. Битумның көрсеткіш тілшесінің көрсеткіші нөлді көрсеткенде сорғыны өшіріңіз;

5) араластырғаннан кейін қосымша құлама мен араластырғыштың қақпаларын (немесе көлік құралдарына тікелей түсіру кезінде араластырғыштың қақпаларын) ашуға бұйрық беріңіз. Материалдарды түсіріп және араластырғыштың қақпағын жабыңыз.

Орнату жұмысы кезінде оператор дымқыл шаң жинағыштың тазартылған газ қондырғысындағы судың деңгейін түтіннің түсіне (түтіннің түсі ақ болуы керек) және түтін шығаратын газдың жұмысына қарап реттеуі керек. Ол артық жүктеместен жұмыс істеуі керек.

Жұмысты аяқтағаннан кейін араластырғышты кез-келген жабысқақ қоспадан тазарту керек. Ол үшін араластырғышқа 10-20 мм-ден 400-500 кг-ға дейінгі қиыршық тас фракциялары салынып, оны 1-1,5 минутқа жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Содан кейін қалдықтары аралық бункер арқылы төгілуі мүмкін. Кептіргіш барабанды барабан суытып алу үшін желдеткіш қосылып 5 минут материалсыз орап қою керек.

Минералды ұнтақ мөлшерлегішінде және бұрандада минералды ұнтақтар қалмауы керек. Қуат блогының бункері, габаритті ыдыс материалдан босатылуы керек.

Битумды мөлшерлегіштен және битуммен байланыстан шығару керек.

Қондырғылар мен сорғылардың жетектерін өшіргеннен кейін, шүмектерді жауып, басқару тізбектері мен кіріс ажыратқыштарын ажыратып, тұнбаны тұнба тұзағына ағызу қажет.

Осы жұмыста асфальтты араластыратын қондырғының барлық электр жабдықтарының ішінде, тас материалдарды кептіру қондырғысына жүктеу үшін қызмет ететін көлбеу конвейердің жетегін жобалау мен есептеулерін қарастырамыз.

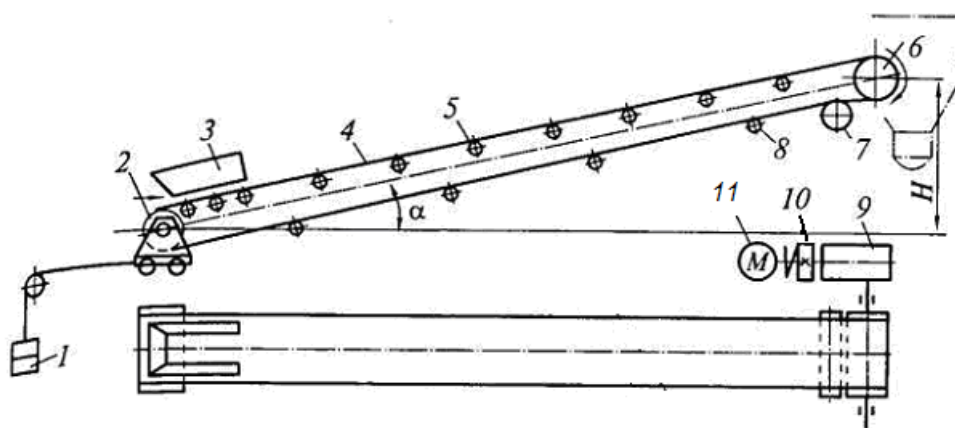
2 Электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлерін анықтау

2.1 Кинематикалық сұлбаны талдау

Көлбеу ленталы конвейердің көрінісі 2.1 суретте, ал оның сұлбасы 2.2 суретте көрсетілген.



2.1 сурет – Асфальт қондырғысының көлбеу ленталы конвейерінің көрінісі



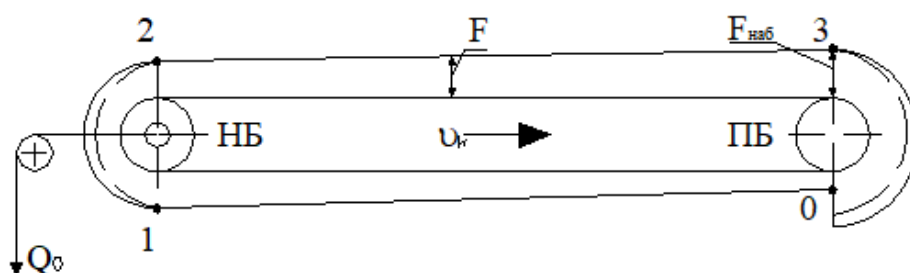
2.2 сурет – Көлбеу ленталы конвейердің сұлбасы

Ленталы конвейер 4 белдіктен, төменгі 8 және жоғарғы жұмысшы 5 (материялды тасушы) роликті подшипниктерден тұрады, жетек механизмі - жетекті барабаны 6 электр қозғалтқышына 11 муфта 10 және редуктор 9 арқылы жалғанған. Соңғы ұшындағы барабан 2 тарту құрылғысына 1 жалғанған, сондықтан тарту деп аталады. Барабан 7 тарту функциясын орындайды. Жетек барабаны олардың арасындағы ілестіру күштеріне байланысты лентаның қозғалысын береді. Тартымды күшейту үшін көбінесе жетек барабанына резеңке лента жабыстырылады. Лентаны жүктемемен жабдықталған 3 стационарлы воронканың көмегімен жүктейді.

2.2 Конвейердің статикалық жүктемелерін есептеу

Конвейердің статикалық жүктемесі конвейердің элементтеріндегі үйкеліс күштерімен (подшипниктер, тірек роликтері, иілу кезінде тарту элементтерінде және т.б.), сондай-ақ конвейер маршрутының көлбеу аймақтарында тасымалданатын жүктің ауырлық құрамдас бөліктерімен анықталады. Алынған қарсыласу күшінің (тартылыс күші) F_c мәні конвейердің тарту күшін есептеу арқылы анықталады [2].

Конвейер жұмыс істеп тұрған кезде электр жетегі қозғаушы күш жасайды, ол жетек барабаны арқылы тартылу аймағына беріледі. Бұл күштің қалыпты берілуі үшін лента Q_0 жүктемесінен туындаған алдын-ала кернеуі болуы керек (2.3 сурет).



2.3 сурет – Конвейер лентасындағы тартылыс күшінің диаграммасы

Лентаның тартылу күші F қозғалысқа қосымша қарсылық күштерінің әсерінен 0 нүктесінен 1-3 нүктесіне қарай өзгереді. 3 нүктеде лентаның апаттық тармағына $F_{наб}$ күші келесі компоненттердің қосындысы болады [2]:

$$F_{наб} = F_0 + F_n + \Delta F + F_{н.б.}, \quad (2.1)$$

мұндағы F_0 - конвейер лентасын қайта тарту кезіндегі күш, Н;
 F_n - көлбеу конвейердегі жүктеменің көтеруілуіне және түсуіне байланысты күш, ол төмендегі формула бойынша анықталады:

$$F_n = G_{жүк.} \cdot \sin \alpha, \quad (2.2)$$

ΔF - роликтердің, роликтердегі лентаның үйкелісінен пайда болған күшейткіштердің қосындысы, теңдеу бойынша:

$$\Delta F = C_{п.} \cdot (G_{жүк.} + G_0) \cdot \cos \alpha, \quad (2.3)$$

мұндағы $G_{жүк.}$ - тасымалданатын жүктің ауырлығы, Н;
 G_0 - жүргек және тартқыш элементтердің (ленталар, роликтер) ауырлық күші, Н;

α - көлденең конвейер жолының көлбеу бұрышы;

$C_{п.} = 0.02-0.05$ – түзу сызықты аймақтағы қозғалыс кедергісінің коэффициенті, оны $C_p = 0.05$ қабылдаймыз;

$F_{н.б.}$ - бұл кернеу барабанының подшипниктеріндегі үйкеліс әсерінен қозғалысқа тұрақтылықты толтыратын күш, формула бойынша:

$$F_{н.б.} \approx \frac{2 \cdot F_0 \cdot \mu \cdot d_{ц}}{D_б}, \quad (2.4)$$

мұндағы μ - үйкеліс коэффициенті, оны 0,03-0,06 тең деп қабылдаймыз;
 $D_б$ және $d_{ц}$ - барабан мен подшипниктің диаметрі, м.

Жетек қозғалтқышы жасаған F_c күші 3 және 0 нүктелеріндегі күштердің айырмашылығына байланысты, яғни конвейер лентасының іске қосылатын және шығатын тармақтарында және жетек барабанындағы қозғалысқа кедергі жасауды өтейтін $F_{н.б.}$ күш, ол мына теңдеумен анықталады:

$$F_c = F_{наб} - F_0 + F_{н.б.}, \quad (2.5)$$

мұндағы $F_{н.б.}$ күші мына теңдеумен анықталады:

$$F_{н.б.} = F_{наб.} \cdot \frac{2 \cdot \mu \cdot d_0}{D_0}. \quad (2.6)$$

Қондырғының Q_0 , т/сағ. массалық өнімділігін біле отырып, конвейер лентасының сызықтық жылдамдығын есептеуге болады:

$$Q_0 = 3600 \cdot S \cdot V_{л.ж.} \cdot \rho, \quad (2.7)$$

мұндағы S - сусымалы жүк ағынының көлденең қимасының ауданы, m^2 ;

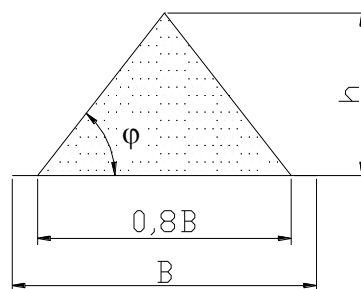
$V_{л.ж.}$ - лентаның қозғалыс жылдамдығы, м/с;

ρ - материалдың көлемді тығыздығы, kg/m^3 .

2.3 суретте көрсетілген көлемді жүк ағынының көлденең қимасы үшін аудан мына өрнекпен анықталады [3]:

$$S = 0,16 \cdot tg\varphi \cdot B^2, \quad (2.8)$$

мұндағы φ - лентаның көлденең қимасындағы жүктің еркін орналасу бұрышы, град; B - конвейер лентасының ені, м.



2.3 сурет - Сусымалы жүктердің көлденең қимасы

Құм-қиыршықтас қоспасы үшін $\varphi = 15^0$ [3].

Бұл жағдайда конвейер лентасының ені $B = 0,4$ м.

Онда (2.8) формула бойынша:

$$S = 0,16 \cdot tg15^0 \cdot (0,4)^2 = 6,9 \cdot 10^{-3}.$$

Құмды-қиыршықтас қоспасы үшін үйінді тығыздығы $\rho = 1,8$ т/м³ [3].

(2.7) формуласынан лентаның сызықтық жылдамдығын анықтаймыз:

$$V_{л.ж.} = \frac{Q_0}{3600 \cdot S \cdot \rho} = \frac{40 \cdot 10^3}{3600 \cdot 6,9 \cdot 10^{-3} \cdot 1,8 \cdot 10^3} = 0,9. \quad (2.9)$$

Конвейер лентасының еніне және керу құрылғысының түріне (бұрандалы керу құрылғысы) сәйкес жүктеме күші $F_0 = 8$ кН (4.29 кесте [3]).

Ені $B = 0,4$ м болатын конвейер лентасының таспасы үшін және жетексіз барабандар үшін [3]: $D_6 = 0.16$ м;

Роликтердің диаметрі $d_p = 0,063$ м;

Мойынтірек осінің диаметрі $d = 0,04$ м.

Тасымалданатын жүктің ауырлығын мына теңдеумен есептейміз:

$$G_{ж.а.} = S \cdot l_k \cdot \rho \cdot g, \quad (2.10)$$

мұндағы $l_k = 15$ м - конвейердің ұзындығы;

$g = 9,81$ м/с² – бос құлау үдеуі.

Онда (2.10) теңдеуге сәйкес:

$$G_{ж.а.} = 6,9 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 1,8 \cdot 10^3 \cdot 9,81 = 1827,6.$$

G_0 мойынтірек және тартқыш элементтердің ауырлығын есептейміз:

$$G_0 = G_l + G_p, \quad (2.11)$$

мұндағы G_l – лентаның ауырлық күші;

G_p – дөңгелектердің ауырлық күші.

Лентаның ауырлық күші мына теңдеумен анықталады:

$$G_l = m_{1л} \cdot l_l \cdot g, \quad (2.12)$$

мұндағы l_l – лентаның ұзындығы, м;

$m_{1л}$ – бір метр лентаның салмағы, кг.

Лентаның ұзындығы мына теңдеумен анықталады:

$$l_l = 2 \cdot l_1 \cdot l_2, \quad (2.13)$$

мұндағы l_l – жетек өсі мен жетек емес барабандардың арасындағы ұзындық, м; l_2 – барабанды қамтитын лентаның ұзындығы.

Барабандар өсінің арасындағы қашықтық:

$$l_1 = l_l - D_б, \quad (2.14)$$

Онда

$$l_1 = 15 - 0,16 = 14,84.$$

Лентаның l_2 ұзындығын 180° айналу бұрышымен мына формула бойынша анықталады:

$$l_2 = \pi \cdot D_б, \quad (2.15)$$

Онда

$$l_2 = 3,14 \cdot 0,16 = 0,5.$$

(2.13) теңдеу бойынша

$$l_{л} = 2 \cdot 14,84 + 0,5 = 30,2,$$

Таспаның ұзындығының бір метрінің салмағы $m_{1л}=5,6$ кг [4].

(2.12) теңдеу бойынша

$$G_{л} = 30,2 \cdot 5,6 \cdot 9,81 = 1659,1.$$

Роликтердің ауырлығы мына өрнек арқылы анықталады:

$$G_{р} = (m_{в.р.} \cdot n_{в.р.} + m_{н.р.} \cdot n_{н.р.}), \quad (2.16)$$

мұндағы $m_{в.р.}$ және $n_{в.р.}$ - сәйкесінше жоғарғы роликті мойынтіректердің массасы мен саны;

$m_{н.р.}$ және $n_{н.р.}$ - сәйкесінше төменгі роликтердің массасы мен саны.

Конвейерде жоғарғы және төменгі роликтердің саны сәйкесінше $n_{в.р.}=12$ және $n_{н.р.}=8$ болады.

4.16 және 4.17 [4] кестелерден ролик тірегінің массасы $m_{в.р.}=9,2$ кг және $m_{н.р.}=8,8$ кг.

(2.16) онда формула бойынша:

$$G_{р} = (9,2 \cdot 12 + 8,8 \cdot 8) \cdot 9,81 = 1772,6.$$

Сәйкесінше (2.11) формула бойынша:

$$G_0 = 1659,1 + 1773,6 = 3432,7.$$

Көлбеу конвейердің параметрлері: белдік ені $B = 0,4$ м, конвейердің ұзындығы $l_k = 15$ м, желілік лента жылдамдығы $V_{кон} = 0,9$ м/с.

Конвейер жүкті $h = 3,1$ м биіктікке дейін көтереді.

Конвейер жолының горизонтқа иілу бұрышын есептейміз:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{h}{l_k}\right) = \arcsin\left(\frac{3,1}{15}\right) = 12^0 \quad (2.17)$$

(2.2) теңдеуге сәйкес жүктемені көтеру және түсіруге байланысты күшті анықтаймыз:

$$F_n = G_{ж.а.} \cdot \sin\alpha = 1827,6 \cdot \sin 12^0 = 378.$$

ΔF күші (2.3) формуламен есептеледі:

$$\Delta F = 0,05(1827,6 + 3432,7) \cos 12^0 = 257,3 \text{ Н}$$

(2.4) формула бойынша:

$$F_{н.б.} = 8000 \cdot \frac{2 \cdot 0,06 \cdot 0,04}{0,16} = 240.$$

Онда (2.1) теңдеу бойынша $F_{\text{наб.}}$ күші мына теңдеумен анықталады:

$$F_{\text{наб.}} = 8000 + 378 + 257,3 + 240.$$

$F_{\text{п.б.}}$ күші (2.6) теңдеумен анықталады:

$$F_{\text{п.б.}} = 8875,3 \cdot \frac{2 \cdot 0,06 \cdot 0,04}{0,16} = 266,3 \text{ Н.}$$

(2.5) теңдеуіне сәйкес F_c күші мына теңдеумен анықталады:

$$F_c = 8875,3 - 8000 + 266,3 = 1141,6 \text{ Н.}$$

Көлденең конвейердің статикалық қуаты мына теңдеумен анықталады:

$$P_{\text{есеб.}} = \frac{F_c \cdot V}{\eta_{\text{п}}} = \frac{1141,6 \cdot 0,9}{0,85} = 1209,2 \text{ Вт,} \quad (2.18)$$

мұндағы η –редуктор мен барабандағы шығынды ескеретін п.э.к. ($\eta_{\text{п}} = 0,75 \div 0,85$). $\eta_{\text{п}} = 0,85$ деп қабылдайды.

Қондырғының t_{min} минималды жұмыс уақытын есептеу:

$$t_{\text{min}} = t_{\text{алмас.}} \cdot \frac{m_{\text{бункер.}}}{m_{\text{алмас.}}} = 60 \cdot \frac{32 \cdot 10^3}{750} = 2560 \text{ с,} \quad (2.19)$$

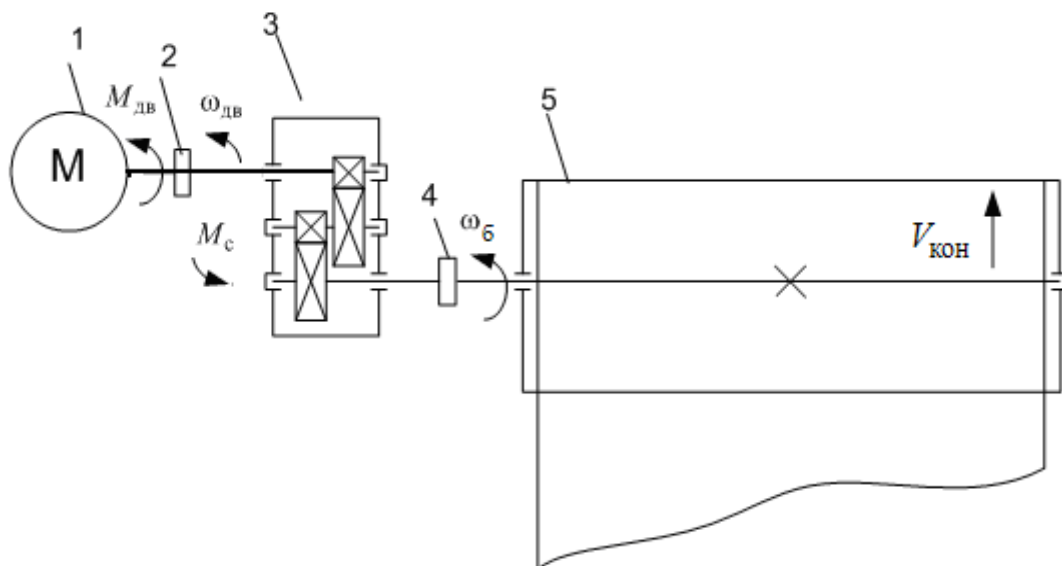
мұндағы $t_{\text{алм.}} = 60 \text{ с.}$ – алмастыру уақыты;

$m_{\text{бункер.}} = 32 \cdot 10^3 \text{ кг}$ – бункер-термостың сыйымдылығы;

$m_{\text{алмас.}} = 750 \text{ кг}$ – бір алмастырудың салмағы.

2.3 Электр жетегінің механикалық жүйе параметрлерін есептеу

Конвейер жетегінің кинематикалық жүйесі 2.4 суретте келтірілген.



2.4 сурет - Конвейер жетегінің кинематикалық сұлбасы

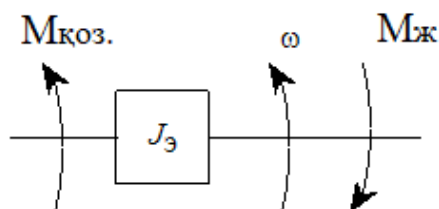
2.4 суреттегі сұлбада мына белгілеулер көрсетілген: 1- электрқозғалтқышы; 2,4 – қатаң муфталар; 3 – редуктор; 5 – жетек барабаны; $M_{коз}$ – жетек қозғалтқышымен пайда болатын айналу моменті; M_c – механизмнің кедергі моменті; ω_b және $\omega_{коз}$ – барабан мен қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығы; $V_{кон}$ – лентаның жылдамдығы.

Конвейердің механикалық бөлігі конвейердің ұзындығына байланысты параметрлерден тұратын күрделі жүйені құрайды: орынын ауыстыратын жүктің салмағы, тартылыс аймағының салмағы мен тығыздығы, статикалық кедергінің күші. Қатаң механикалық байланыстың болуы тербелістің болуына әсер ететін фактор, бұл қолайсыз жағдайларда жұмыс жабдығының динамикалық жүктемесін жоғарылатады. Таратылған параметрлерден тұратын жүйенің қозғалысы туынды бөлігімен дифференциалдық теңдеумен жазылады, оның жалпы шешілуі математикалық қиындықтарды тудырады.

Бірақ, егер конвейердің іске қосылу режимінде жетек қозғалтқышының моментын қажетті деңгейге дейін баяулатса нақты механикалық жүйесі қысқартылған динамикалық модельмен көрсетіледі, онда таратылатын салмақтар мен күштері эквивалентті түрге келтірілген.

Электр жетегі бөлігінің механикалық қозғалысын талдау үшін нақты кинематикалық сұлбадан есептеу сұлбасына өтеміз, онда қозғалыс элементтерінің момент инерциясы мен салмағы, сонымен қатар бұл элементтерге әсер ететін күштер мен моменттер қозғалтқыш жылдамдығына келтірілген эквивалентті шамалармен алмастырылған.

Электр жетегінің көп салмақты механикалық бөлігі J_{Σ} момент инерциясымен бір эквивалентті салмақпен (2.5 сурет) алмастырылады, оған $M_{коз}$ қозғалтқыштың электрмагнитті момент және қозғалтқыш білігіне келтірілген жүктеме моменттерінің қосындысы $M_{ж}$ әсер етеді. $M_{ж}$ жүктеме моменті M қозғалтқыш моментінен басқа механикалық жүйеге келтірілген барлық ішкі күштерден тұрады.



2.5 сурет – Электр жетегінің механикалық бөлігінің есептеу сұлбасы

Конвейер қозғалтқышының жылдамдығын $n_{дв.н} = 1300$ об/мин тең деп қабылдаймыз.

Конвейер қозғалтқышының бұрыштық жылдамдығы:

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_{дв.н}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1300}{30} = 136,1 c^{-1}$$

Конвейердің барабан жетегінің бұрыштық жылдамдығы:

$$\omega_б = \frac{2 \cdot V_{кон}}{D_б} = \frac{2 \cdot 0,9}{0,16} = 11,25 c^{-1}$$

Редуктордың есептелген беріліс коэффициенті:

$$i_{есеп.} = \frac{\omega_n}{\omega_б} = \frac{136,1}{11,25} = 12,1.$$

Редуктордың стандартты қатынасын [6] шарт бойынша таңдамаймыз:

$$i_{есеп.ст.} = 12 \leq i_{есеп.} = 12,1.$$

Жетектің механикалық бөлігінің радиусы [7] өрнегімен анықталады:

$$\rho_k = \frac{D_б}{2 \cdot i_{р.ст}} = \frac{0,16}{2 \cdot 12} = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Қозғалтқыш білігіне жүктелген статикалық момент [7]:

$$M_{с.дв} = \frac{F_c \cdot D_б}{2 \cdot i_{р.ст} \cdot \eta_n} = \frac{1141,6 \cdot 0,16}{2 \cdot 12 \cdot 0,85} = 8,6 \text{ Нм}$$

Қозғалтқыш білігіне берілген электр жетегінің механикалық бөлігінің инерция моменті:

$$J_{\text{пр.м}} = \frac{J_{\text{мех}}}{i_{\text{р.ст}}} + m_{\Sigma} \cdot \rho_{\kappa}^2 \quad (2.20)$$

мұндағы $J_{\text{мех}}$ - механизмнің айналмалы бөліктерінің инерция моменті;
 m_{Σ} - механизмнің біртіндеп қозғалатын бөліктерінің массасы.
 Конвейердің айналмалы бөліктерінің инерция моменті:

$$J_{\text{мех}} = J_{\text{н.б.}} + J_{\text{н.б.}}, \quad (2.21)$$

мұндағы $J_{\text{п.б.}}$ және $J_{\text{н.б.}}$ - жетектің инерция моменттері және тарту барабандарының моменттері.

Тарту мен жетектегі барабандар цилиндр пішінді болады деп болжаймыз [3]. Онда:

$$J_{\text{н.б.}} = J_{\text{н.б.}} = \frac{1}{2} m_{\text{б}} \cdot (D_{\text{б}}/2)^2 \quad (2.22)$$

Барабанның салмағы мына формула бойынша анықталады:

$$m_{\text{б}} = \rho_{\text{ж}} \cdot l_{\text{б}} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{б}}^2}{4} = 7800 \cdot 0,4 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} = 62,7 \text{ кг}$$

мұндағы $\rho_{\text{ж}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ – темір тығыздығы;
 $l_{\text{б}} = B = 0,4 \text{ м}$ – барабан ұзындығы.

$$J_{\text{н.б.}} = \frac{1}{2} 62,7 \cdot (0,16/2)^2 = 0,2 \text{ кгм}^2$$

Механизмнің үдемелі қозғалатын бөліктерінің массасы мына формула бойынша есептеледі:

$$m_{\Sigma} = m_{\text{л}} + m_{\text{зр}} = \frac{G_{\text{л}} + G_{\text{зр}}}{g} = \frac{1659,1 + 1827,6}{9,81} = 355,4 \text{ кг} \quad (2.23)$$

мұндағы $G_{\text{л}}$ және $G_{\text{жүк}}$ - лента мен жүктің ауырлығы.
 Конвейер қозғалтқышының білігіне келтірілген электр жетегінің механикалық бөлігінің инерция моменті:

$$J_{\text{пр.м}} = \frac{2 \cdot 0,2}{12^2} + 355,4 \cdot (6,6 \cdot 10^{-3})^2 = 0,018 \text{ кгм}^2 \quad (2.24)$$

3 Электр жетектің күштік параметрлерін есептеу және элементтердің таңдау

3.1 Конвейердің электр жетегіне қойылатын талаптар

Көлбеу конвейердің электр жетегі келесі жағдайларда жұмыс істейді:

- конвейердің жұмыс режимі - ұзақ;
- конвейердің максималды сызықтық жылдамдығы $V_{\max} = 0,9$;
- максималды статикалық конвейер жүктемесі $F_c = 1141,6$;
- электр қозғалтқышы ашық ауада келесі шарттарда орналасады: сыртқы температура 5-тен 30°C -қа дейін; салыстырмалы ылғалдылық 80% аспайды ($+ 25^\circ \text{C}$ температурада); конвертер бөлмедегі шкафта орнатылады. Электр қозғалтқышын сыртқы әсерлерден қорғаудың қажетті деңгейі IP44 құрайды.

Конвейердің электр жетегіне қойылатын талаптар оның үш негізгі режимін (іске қосу, тұрақты қозғалыс, тежеу) және бірқатар көмекші және іске қосу режимдерін алу қажеттілігімен, сондай-ақ конвейер жүйелерінің сенімді және үздіксіз жұмысын қамтамасыз етумен байланысты. Конвейердің электр жетегіне қойылатын негізгі талаптар:

1. Момент және үдеу мәндерін шектеумен қозғалтқыштың үздіксіз іске қосылуын қамтамасыз ету мақсаты:

- іске қосудың бастапқы кезеңіндегі тісті берілістердегі бос орындарды таңдау;

- тартылыс аймағының динамикалық күштерін шектеу.

2. Конвейерді іске қосу кезінде үлкен моменттермен қамтамасыз ету, өйткені қозғалыс кезінде үйкеліс кернеуі 1,25-1,8 еседен асуы мүмкін [2], сонымен қатар механизмнің қозғалатын бөлігі ластануы кезінде майдың қатаюы.

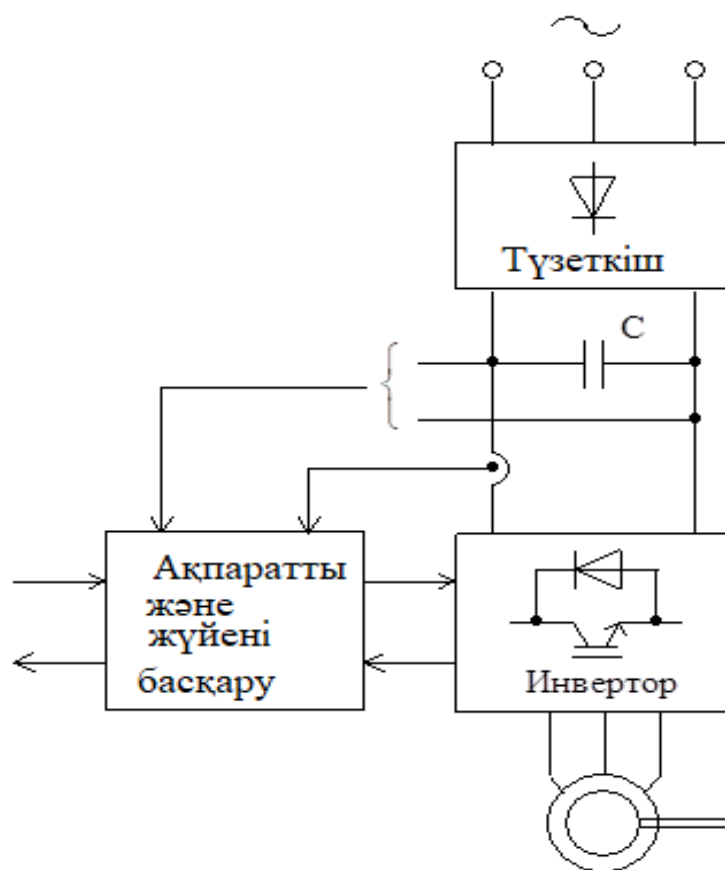
3. Жұмыс органы қозғалысының берілген жылдамдығымен тұрақты күйді қамтамасыз ету.

4. Кептіру қондырғысының шығысындағы тас материалдарының температурасын тұрақтандыру үшін белгілі бір аралықта жұмысшы дененің жылдамдығын бақылау мүмкіндігін беру.

3.2 Электр жетегі жүйесін таңдау және негіздеу

Жергілікті өндіріс зауыттарында асфальт қоспаларын дайындауға арналған негізгі қондырғыда, конвейер жетегінде өзінің қарапайымдылығымен және сенімділігімен танымал қысқа тұйықталған ротордан тұратын асинхронды қозғалтқыштар пайдаланылады [1]. Сондықтан, конвейердің электр жетегіне жоғарыда көрсетілген барлық талаптарды қамтамасыз ету үшін: дәлірек, қозғалтқыштың баяу іске қосылуын қамтамасыз ететін және оның жылдамдығын реттеу үшін қажетті қуаттан тұратын жиілік түрлендіргіштерін орнату жеткілікті.

Қазіргі заманғы жиілікті басқаратын айнымалы электр жетегінің құрылымына электр қозғалтқышы, басқарылатын электр түрлендіргіші және бағдарламаланатын микроконтроллер кіреді. Кеңінен қолдануға арналған мұндай жетектің құрылымы келесідей: желі - бақыланбайтын түзеткіш - конденсаторы бар тұрақты ток - процессор басқаратын импульстік ені модульденетін транзисторлық модульдердегі кернеу инверторы - қысқа тұйықталған асинхронды электр қозғалтқышы (3.1 сурет). Түрлендіргіштің төмен массасы, ерекше қорғанысы, жетектің күйін толық диагностикалау мүмкіндігі, сандық және аналогтық сигналдармен басқарылуы, жұмыстың қарапайым және ыңғайлы бағдарламалануы, технологиялық процесте өзара әрекеттесетін электр жетектерінің бірлескен жұмысын синхрондау мүмкіндігі және басқа да бірқатар пайдаланушылық қасиеттері жиілікті реттелетін асинхронды электр жетегін реттелетін электр жетегі ретінде қолдану көбейген.



3.1 сурет - Жиілікті басқаратын асинхронды электр жетегі

3.3 Конвейердің қозғалтқышын таңдау

Конвейердің электр жетегі S1 режимінде жұмыс істейді - тұрақты жүктеме бар үздіксіз жұмыс. Сондықтан конвейер үшін қозғалтқыш қуаттылығы жағынан механизмнің максималды өнімділігімен жұмыс жағдайымен таңдалады.

Конвейердің электр қозғалтқышының максималды статикалық қуаты [2]:

$$P_{\text{ст.макс.}} = k_{\kappa} \cdot P_{\text{ном}} = 1.3 \cdot 1209,2 = 1572 \text{ Вт}, \quad (3.1)$$

$k_{\kappa} \approx 1,1 \div 1,3$ – кедергі күшінің дәлсіздігін есептеудегі қауіпсіздік коэффициенті.

Асинхронды қозғалтқыш мына шартқа сәйкес таңдалады:

$$P_{\text{ном}} \geq P_{\text{ст.макс.}} \text{ және } n_{\kappa.н.} \geq 1300 \text{ айн/мин.} \quad (3.2)$$

Каталогқа сәйкес [5] АИР90L4 сериялы қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты таңдаймыз.

АИР90L4 түрдегі асинхронды электр қозғалтқышының параметрлері 3.1 кестеде келтірілген.

3.1 кесте - АИР90L4 қозғалтқышының техникалық деректері

Қозғалтқыштың түрі	Синхронды айналу жиілігі n_0 , айн/мин	Қуат P_H , кВт	Номиналды жүктемеде		
			Сырғу s_H , %	ПӘК η_H , %	$\cos \varphi_H$
АИР90L4	1500	2.2	7	81	0.83
$m_{\Pi} = \frac{M_{\text{пуск}}}{M_H}$	$m_{\kappa} = \frac{M_{\text{макс}}}{M_H}$	$m_M = \frac{M_{\text{мин}}}{M_H}$	$k_{i\text{дв}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_H}$	Қорғаныс дәрежесі	$J_{\text{дв}}$, кг·м ²
2.1	2.2	1.6	6.5	IP44	0.0056

$z_p = 2$ - полюсті жұп саны.

3.4 Электр қозғалтқышының есептеу параметрлері

Номиналды айналу жылдамдығы:

$$n_{\kappa.н.} = n_0 \cdot (1 - s_H) = 1500 \cdot (1 - 0,07) = 1395 \text{ айн/мин.} \quad (3.3)$$

Қозғалтқыштың синхронды бұрыштық жылдамдығы:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3.1415 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад./с.} \quad (3.4)$$

Айналымның номиналды бұрыштық жылдамдығы:

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3.1415 \cdot 1395}{30} = 146 \text{ рад./с.} \quad (3.5)$$

Қозғалтқыш білігіндегі номиналды момент:

$$M_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\omega_H} = \frac{2.2 \cdot 10^3}{146} = 15,06 \text{ Нм.} \quad (3.6)$$

Қозғалтқыштың номиналды тогы:

$$M_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{3 \cdot U_H \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{2.2 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0,83 \cdot 0,81} = 4,96 \text{ А.} \quad (3.7)$$

Тікелей іске қосу кезіндегі қозғалтқыштың максималды ток шығыны:

$$I_{1\text{макс}} = I_{1H} \cdot K_{i\text{дв}} = 4,96 \cdot 6,5 = 32,2 \text{ А} \quad (3.8)$$

Табиғи сипаттамадағы қозғалтқыштың критикалық моменті:

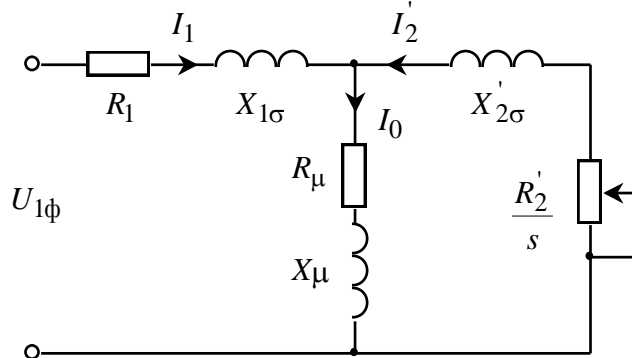
$$M_k = m_k \cdot M_{\text{дв.н}} = 2,2 \cdot 15,06 = 33,1 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.9)$$

Тікелей іске қосу кезіндегі қозғалтқыштың моменті:

$$M_{\text{дв.пуск}} = m_{\text{п}} \cdot M_{\text{дв.н}} = 2,1 \cdot 15,06 = 31,6 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.10)$$

3.5 Асинхронды электр қозғалтқышының орынбасу сұлбасының параметрлерін анықтау

Асинхронды қозғалтқышты инженерлік есептеуі үшін қарапайым және ыңғайлы түрі 3.2 суретте көрсетілген Т-тәрізді орынбасу сұлбасы [6].



3.2 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың орынбасу сұлбасы

Асинхронды қозғалтқыштың орынбасуі тізбегінің параметрлерін каталог мәліметтеріне сәйкес анықтаймыз.

Орынбасу тізбектің параметрлері [6] ұсынылған әдіс бойынша анықталады.

Асинхронды қозғалтқыштың бос жүріс тогының алдын-ала мәнін төмендегі өрнек арқылы анықтаймыз:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left[p_* \cdot I_{1f} \cdot \frac{1-s_f}{1-p_* \cdot s_f} \right]^2}{1 - \left[p_* \cdot \frac{1-s_f}{1-p_* \cdot s_f} \right]^2}} = \sqrt{\frac{3.91^2 - \left[0.75 \cdot 4.96 \cdot \frac{1-0.07}{1-0.75 \cdot 0.07} \right]^2}{1 - \left[0.75 \cdot \frac{1-0.07}{1-0.75 \cdot 0.07} \right]^2}} = 2,06 \text{ \AA}, \quad (3.11)$$

мұндағы

$$I_{11} = \frac{p_* \cdot P_i}{3 \cdot U_{1f} \cdot \cos \varphi_{p_*} \cdot \eta_{p_*}} = \frac{0.75 \cdot 2200}{3 \cdot 220 \cdot 0.79 \cdot 0.81} = 3.91 \text{ \AA}$$

– жартылай жүктелген кездегі қозғалтқыш статорының тогы;

$$p_* = \frac{P}{P_H} \text{ - қозғалтқыштың жүктелу коэффициенті, } p_* = 0.75;$$

η_{p_*} - жартылай жүктелген кездегі қозғалтқыштың ПӘК, 2.4 кестеге сәйкес $\eta_{0.75} = 0.81$ [1];

$\cos \varphi_{p_*}$ - жартылай жүктелген кездегі қуат коэффициенті, 2.5 кестеге сәйкес $\cos \varphi_{0.75} = 0,79$ [6].

Статор орамасына келтірілген ротор орамасының кедергісі:

$$R_2' = \frac{3 \cdot U_{1\Phi H}^2 \cdot (1 - s_H)}{2 \cdot m_K \cdot P_{\text{қоз H}} \cdot C_1^2 \cdot \left(\beta + \frac{1}{s_K} \right)} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0.07)}{2 \cdot 2.2 \cdot 2200 \cdot 1.023^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{0.191} \right)} = 3.42 \text{ Ом}. \quad (3.12)$$

мұндағы β – статор мен ротордың активті кедергілерін сипаттайтын коэффициент, мәні $0.6 \div 2.5$ аралығында болады, оны $\beta = 1$ қабылдаймыз;

C_1 есептік коэффициенті:

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_{i \text{ қоз}} \cdot I_{1H}} = 1 + \frac{2.06}{2 \cdot 6.5 \cdot 4.96} = 1.032. \quad (3.13)$$

Қозғалтқыштың критикалық сырғуының теңдеуі:

$$s_K = s_H \cdot \frac{m_K + \sqrt{m_K^2 - [1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (m_K - 1)]}}{1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (m_K - 1)} = \quad (3.14)$$

$$=0.07 \cdot \frac{2.2 + \sqrt{2.2 - [1 - 2 \cdot 0.07 \cdot 1 \cdot (2.2 - 1)]}}{1 - 2 \cdot 0.07 \cdot 1 \cdot (2.2 - 1)} = 0.353.$$

Номиналды режимдегі статор орамасының активті кедергісі:

$$R_1 = C_1 \cdot R_2' \cdot \beta = 1.032 \cdot 3.42 \cdot 1 = 3.53 \text{ Ом.} \quad (3.15)$$

Номиналды режимдегі қысқа тұйықталудың индуктивті кедергісі:

$$X_{\text{кн}} = \gamma \cdot C_1 \cdot R_2' = 2.646 \cdot 1.032 \cdot 3.42 = 9.34 \text{ Ом,} \quad (3.16)$$

мұндағы
$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{s_{\hat{e}}^2} - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{0.353^2} - 1^2} = 2.65$$

Анықталған $\gamma = 2.65$ коэффициенттің мәні номиналды режимдегі ротор орамасының активті кедергісіне келтірілген қысқа тұйықталудың индуктивті кедергісінің (коэффициент $C_1 \approx 1$) қатынасын анықтайды, қуаты 2,2 кВт болатын қозғалтқыш үшін коэффициент мәні қолайлы.

Ротор орамасының статор орамасына келтірілген индуктивті кедергісі:

$$X_{2\text{н}}' = 0.58 \cdot \frac{X_{\text{кн}}}{C_1} = 0.58 \cdot \frac{9.34}{1.032} = 5.25 \text{ Ом.} \quad (3.17)$$

Номиналды режимде шашырау ағынына негізделген ротор орамасының индуктивтілігі:

$$L_{2\text{н}}' = \frac{X_{2\text{н}}'}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{н}}} = \frac{3.92}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.012. \quad (3.18)$$

Магниттелу контурының индуктивті кедергісі:

$$X_{\mu} = \frac{E_{\mu}}{I_0} = \frac{194.7}{2.06} = 94.58 \text{ Ом.} \quad (3.19)$$

мұндағы

$$\begin{aligned} E_{\mu} &= \sqrt{(U_{1\text{н}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}} - I_{1\text{н}} \cdot R_1) + (U_{1\text{н}} \cdot \sin \varphi_{\text{н}} - I_{1\text{н}} \cdot X_{1\text{н}})} = \\ &= \sqrt{(220 \cdot 0.83 - 4.96 \cdot 3.53) + (220 \cdot \sin(\arccos(0.83))) - 4.96 \cdot 3.92} \quad (3.20) \\ &= 194.7 \text{ В.} \end{aligned}$$

- номиналды режимдегі статор орамасындағы ауа саңылауында пайда болған магниттеу тармағының ЭҚК.

Электр қозғалтқышының Т-тәрізді орынбасу сұлбасының есептік параметрлері 3.2 кестеде келтірілген.

3.2 кесте - Электр қозғалтқышының орынбасу сұлба тізбегінің параметрлері

$R_1, \text{Ом}$	$X_{\text{кн}}, \text{Ом}$	$L_{1\delta}, \text{Гн}$	$X_{2\text{н}}, \text{Ом}$	$L_{\mu}, \text{Гн}$	$R_2', \text{Ом}$	$X_2, \text{Ом}$	$L_2, \text{Гн}$	$X_{\text{кн}}, \text{Ом}$
3.53	3.92	0,012	94.58	0,3	3.42	0.847	0,017	9.34

3.6 Қозғалтқыштың есептелініп алынған параметрлерінің сәйкестігін тексеру

Электр қозғалтқышының номиналды моменті.

Табылған параметрлермен қозғалтқыштың номиналды электр магниттік моментінің мәні есептеледі:

$$M_{\text{эм.н}}^{**} = \frac{3 \cdot U_{1\text{фн}}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[X_{\text{кн}}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 3.42}{157 \cdot 0,07 \cdot \left[9.34^2 + \left(3.53 + \frac{3.42}{0,07} \right)^2 + \left(\frac{3.53 \cdot 3,42}{0,07 \cdot 94,58} \right)^2 \right]} = 15,92 \text{ Нм}; \quad (3.21)$$

$$M_{\text{эм.н}}^* = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_{\mu}}{(L_{\mu} + L'_{2\text{н}})} \cdot \psi_2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{1\text{н}}^2 - I_0^2} =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot \frac{0,3}{(0,3 + 0,017)} \cdot 0,877 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{4,96^2 - 2,06^2} = 15,9 \text{ Нм.}$$

$$\text{мұндағы } \psi_{2\text{н}} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot L_{\mu} = \sqrt{2} \cdot 2,06 \cdot 0,3 = 0,877.$$

Төмендегі екі шарт орындалуы қажет [8]:

$$M_{\text{дв.н}} < M_{\text{эм.н}}^* \leq 1,1 \cdot M_{\text{дв.н}};$$

$$15,06 < 15,92 \leq 1,1 \cdot 15,06 = 16,57; \quad (3.22)$$

$$M_{\text{эм.н}}^{**} \approx M_{\text{эм.н}}^*; \quad 15,9 \approx 15,92.$$

Есептеу нәтижелері бойынша бұл шарттар орындалды, бұл қозғалтқыштың есептелген параметрлерінің сәйкестігін көрсетеді.

3.7 Электр қозғалтқышының табиғи сипаттамаларын есептеу

Табиғи сипаттамаларды есептеу электр қозғалтқышының есептелген табиғи сипаттамаларының негізгі сипаттамалық нүктелеріне қатысты параметрлерінің электр қозғалтқыштың анықтамалық-техникалық деректерімен анықталған қозғалтқыш параметрлеріне сәйкес келу дәрежесін бағалау мақсатында жүргізіледі [8].

3.7.1 Табиғи механикалық сипаттамаларды есептеу

Асинхронды электр қозғалтқышының табиғи механикалық сипаттамасы $M=f(s)$ жиілік $f_{и} = f_{1н} = 50$ Гц үшін төмендегі өрнек бойынша есептеледі:

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_{1фн}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[X_{кн}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]}, \text{ Н} \cdot \text{ м.} \quad (3.23)$$

Сырғанаудың мәндерін $s = 0.01, 0.02, \dots, 0.5$ аралығында аламыз және $M=f(s)$ сипаттамасын есептейміз (3.3 сурет), мұндағы $\omega = \omega_0 \cdot (1 - s)$.

Сонымен қатар $M_{эм.н}$ электр магниттік момент мәндері де есептеледі:

$$\begin{aligned} M_{эм.н} &= \frac{3 \cdot U_{1фн}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_{н} \cdot \left[X_{кн}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_{н}} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_{н} \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} = \\ &= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 3.422}{157 \cdot 0.07 \cdot \left[9.34^2 + \left(3.53 + \frac{3.422}{0.07} \right)^2 + \left(\frac{3.53 \cdot 3.422}{0.07 \cdot 94.58} \right)^2 \right]} = \\ &= 15.92 \text{ Н} \cdot \text{ м.} \end{aligned} \quad (3.34)$$

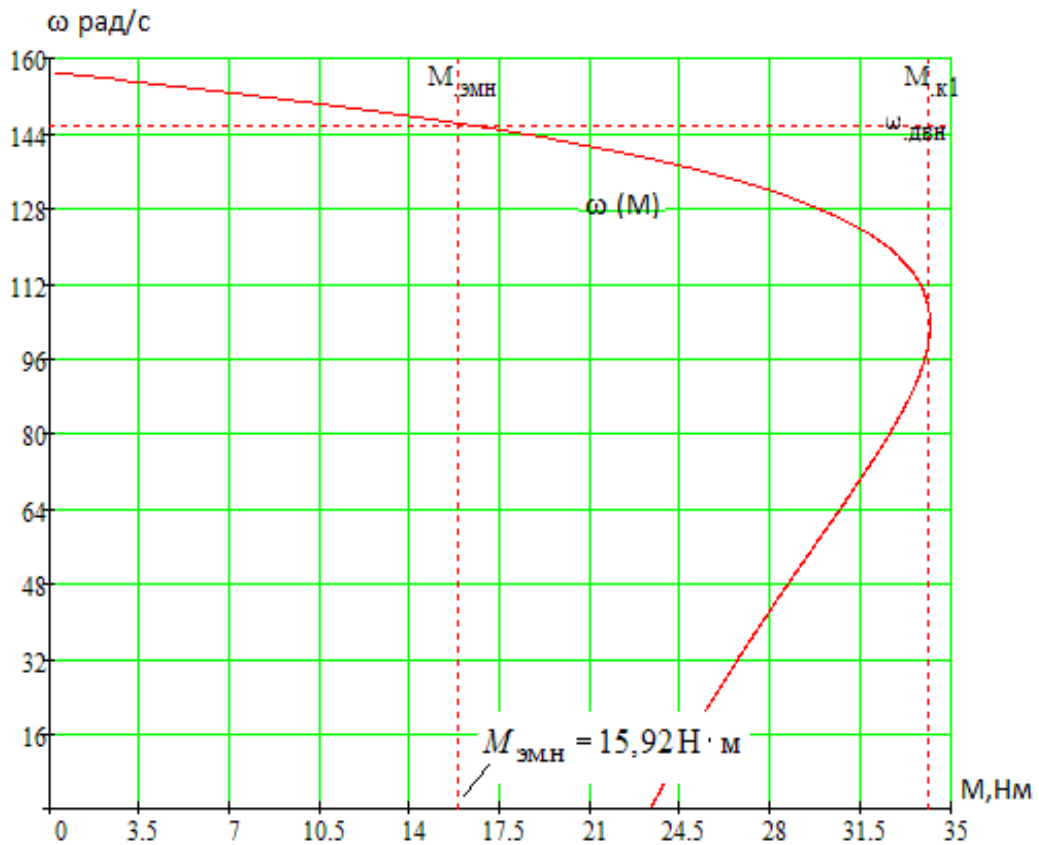
Критикалық сырғу:

$$s_{к} = R_2' \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{R_1}{X_{\mu}} \right)^2}{R_1^2 + X_{кн}^2}} = 3.42 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{3.53}{94.58} \right)^2}{3.53^2 + 9.34^2}} = 0.353 \quad (3.35)$$

Электр магнитті критикалық момент:

$$M_{\text{эм.н}}(s_k) = M_{\text{эм.к}} = \frac{3 \cdot U_{1\text{фн}}^2}{\omega_0 \cdot 2 \cdot \left[R_1 + \sqrt{(R_1^2 + X_{\text{кн}}^2) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{X_\mu}\right)^2} \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2}{157 \cdot 2 \cdot \left[3,53 + \sqrt{(3,53^2 + 9,34^2) \cdot \left(1 + \frac{3,53}{94,58}\right)^2} \right]} = 34,19 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.36)$$



3.3 сурет – Асинхронды электр қозғалтқышының табиғи механикалық сипаттамасы

Қозғалтқыш білігіндегі үйкеліс моменті:

$$\Delta M_{\text{үйк}} = M_{\text{эм.н}} - M_{\text{қоз.н}} = 15,92 - 15,06 = 0,86 \text{ Нм}. \quad (3.37)$$

3.7.2 Табиғи электр механикалық сипаттамаларын есептеу

Электр қозғалтқышының $I_1(s)$ табиғи электр механикалық сипаттамасы $f_{и} = f_{1н} = 50$ Гц жиілік мәні үшін мына өрнек бойынша есептеледі:

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2(s) + 2 \cdot I_0 \cdot I_2'(s) \cdot \sin \varphi_2(s)}, \quad (3.38)$$

мұндағы

$$I_2'(s) = \frac{U_{1н.}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_{к.н.}) + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu}\right)^2}}; \quad (3.39)$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{X_{кн}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{кн}^2}}. \quad (3.40)$$

Жоғарыда келтірілген өрнектерге сәйкес сырғу $s = s_n$ және $s \rightarrow 0$ ескере отырып $I_1(s_n)$ статор тогы мен I_0 бос жүріс ток есептеледі:

$$I_0 = \frac{U_{1фн}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1н} + X_\mu)^2}} = \frac{220}{\sqrt{3.53^2 + (3.92 + 94.58)^2}} = 2.2 \text{ A}, \quad (3.41)$$

$$\begin{aligned} I_1(s_f) &= \sqrt{I_0^2 + I_2'^2(s) + 2 \cdot I_0 \cdot I_2'(s) \cdot \sin \varphi_2(s)} = \\ &= \sqrt{2.2^2 + 4.13^2 + 2 \cdot 2.2 \cdot 4.13 \cdot 0.175} = 5.01 \text{ A}, \end{aligned}$$

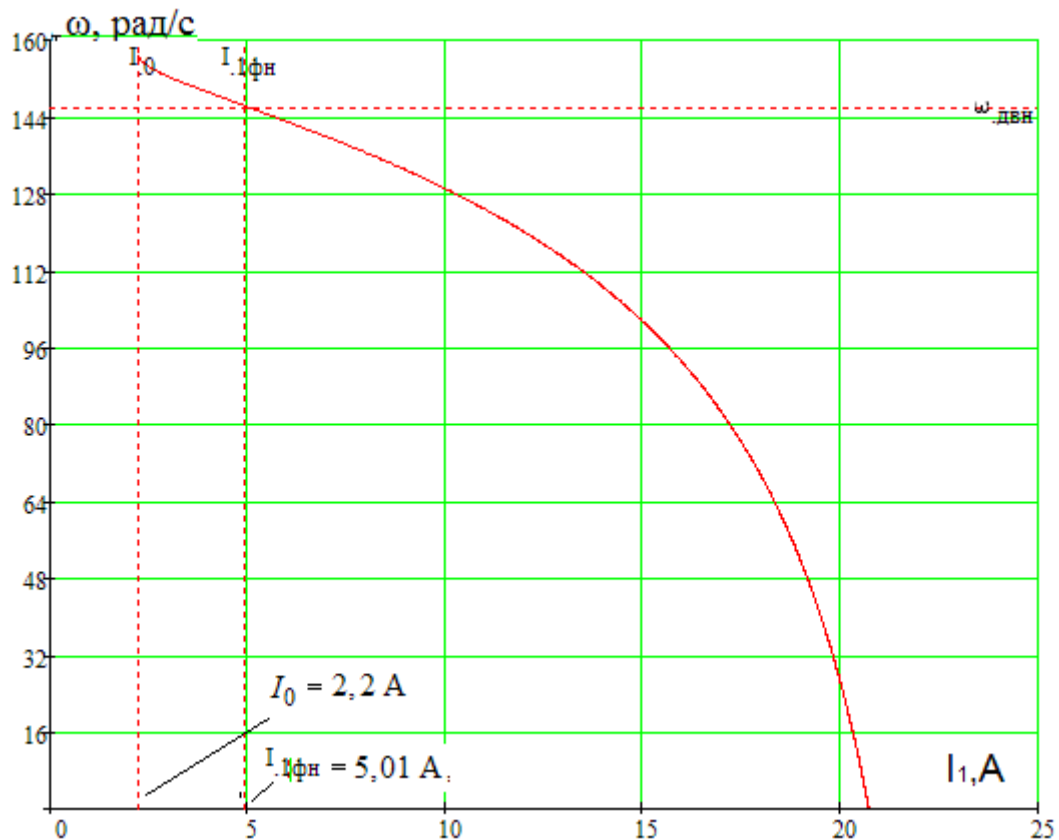
мұндағы

$$\begin{aligned} I_2'(s) &= \frac{U_{1н.}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_{к.н.}) + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu}\right)^2}} = \\ &= \frac{220}{\pm \sqrt{\left(3.53 + \frac{3.42}{0.07}\right)^2 + (9.34)^2 + \left(\frac{3.53 \cdot 3.42}{0.07 \cdot 94.58}\right)^2}} = 4.13 \text{ A}; \quad (3.42) \end{aligned}$$

$$\sin\varphi_2(s, f_1) = \frac{x_{\text{кн}}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + x_{\text{кн}}^2}} =$$

$$= \frac{9.34}{\sqrt{\left(3.53 + \frac{3.42}{0.07}\right)^2 + 9.34^2}} = 0,175; \quad (3.43)$$

Есептеу нәтижелері бойынша табиғи электр механикалық сипаттаманы тұрғызамыз. Электр механикалық сипаттама 3.4 суретте көрсетілген.



3.4 сурет – Асинхронды электр қозғалтқыштың табиғи электр механикалық сипаттамасы

Қозғалтқыштың табиғи сипаттамаларының сипаттамалық нүктелерінің есептелген параметрлерінің мәндері 4.1 кестеде келтірілген және есептелген анықтамалық деректермен салыстыра отырып, қозғалтқыштың орынбасу сұлбасының есептелген параметрлері дұрыс алынған деп тұжырымдай аламыз.

3.8 Электр жетегіндегі жиілікті басқару әдісін таңдау

220 В фазалық орамасының номиналды кернеуі бар және Y сұлбасына сәйкес орамалары қосылған үш фазалы асинхронды қозғалтқыш үшін жиілік түрлендіргішін таңдағанда, келесі ұсыныстарды орындау қажет [9]:

1. Желі параметрлері: 3 фазалық желі 380/220 В, 50 Гц.
2. Жиілік түрлендіргішінің шығыс параметрлері:
 - 3 фазалы;
 - ең жоғарғы (сызықты) шығс кернеуі 380 В;
 - түрлендіргіштің максималды шығыс жиілігі:

$$f_{\text{шығ.}} > 50 \cdot \frac{\omega_1}{\omega_0 \cdot (1-s_k)} = 50 \cdot \frac{146}{157 \cdot (1-0,353)} = 71,8 \text{ Гц.} \quad (3.44)$$

3. Түрлендіргішті $I_{\text{и.н}}$ номиналды (ұзақ мерзімді рұқсат етілген) және максималды $I_{\text{и.макс}} = I_{\text{и.н}} \cdot k_{\text{ин}}$ (қысқа мерзімді рұқсат етілген) токқа сәйкес таңдаймыз, мұндағы $k_{\text{ин}}$ - инвертордың рұқсат етілген артық жүктеме тогының коэффициенті, келесі шарттарға сәйкес келеді:

- бір аймақтық электр жетегінде:

$$I_{1\text{н}} \geq I_1 \cdot \frac{I_{\text{и.макс.}}}{I_{\text{и.н.}}} \geq 4,96 \cdot \frac{8,6}{15,06} = 2,8 \text{ А;} \quad (3.45)$$

$$I_{\text{и.макс.}} \geq I_{1\text{н}} \cdot \frac{2 \cdot I_{\text{и.макс.}}}{I_{\text{и.н.}}} \geq 4,96 \cdot \frac{2 \cdot 8,6}{15,06} = 5,7 \text{ А.} \quad (3.46)$$

Түрлендіргіштің құрамына кіретін енгізілген бағдарламалармен қамтылған аппараттық құралдар электр жетегінің әртүрлі конфигурацияларын қарапайым ажыратылған жүйелерден жылдамдығы мен күйін басқаруға арналған күрделі тұйық жүйелерге дейін, сонымен қатар технологиялық параметрлерді құруға мүмкіндік береді.

Асинхронды жиілікті басқаратын электр жетегіндегі жылдамдық пен моментті басқару мәселелерін шешу үшін жиілікті басқарудың екі негізгі әдісі қолданылады [9]:

- скалярлық басқару;
- векторлық басқару.

Жиілікті скалярмен басқаратын асинхронды электр жетегі қазіргі кезде ең кең таралған. Ол сорғыларды, желдеткіштерді, компрессорларды, конвейерлерді және басқа да қарапайым өндірістік механизмдерді басқару

үшін қолданылады. Скалярлық басқарудың негізгі қағидасы - $\frac{U_1}{f_1^n} = const$ заңға сәйкес қозғалтқышты қоректендіретін кернеудің жиілігі мен амплитудасын өзгерту, мұндағы $n \geq 1$. Тәуелділіктің нақты түрі жүктеме механизмінің сипатымен анықталады. Тәуелсіз әсер ретінде қозғалтқыштың айналу жылдамдығын анықтайтын жиілік қабылданады, ал осы жиіліктегі

кернеу қозғалтқыштың ағынын және механикалық сипаттаманың түрін, қозғалтқыштың бастапқы және критикалық моменттерінің мәнін анықтайды.

Скалярлық басқару жетектің жүктеме қабілетінің тұрақтылығын қамтамасыз етеді, егер жиілік тек үлкен мәндер аймағында өзгерсе, төмен жиіліктерде іске қосылу және максималды момент айтарлықтай төмендейді. Скалярлық басқаруы бар жетектер үшін қозғалтқыштың айналу жылдамдығын тұрақты қарсылық моментін реттеудің максималды диапазоны 1:10 құрайды.

Скалярлық басқару әдісін іске асыру үшін қарапайым, бірақ бірқатар кемшіліктері бар:

- жылдамдық датчигі болмаса, қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу мүмкін емес, өйткені ол жүктемеге байланысты;

- момент крутящий датчигі болмаса, қозғалтқыш білігіндегі моментті реттеу мүмкін емес;

- скалярлық басқару көмегімен кез келген жағдайда момент пен жылдамдықты бір уақытта басқару мүмкін емес.

Электр жетегін басқару жүйесінің арнайы құрылымын қолданудың арқасында жиілікті вектормен басқарудың көмегімен екі негізгі параметр өздігінен реттеледі - біліктегі момент және қозғалтқыш білігінің айналу жылдамдығы. Қазіргі заманғы электр жетектерінде қозғалтқыштың математикалық моделі электр жетегінің басқару жүйесіне ендірілген, бұл біліктің моментін және қозғалтқыштың айналу жылдамдығын есептеуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда қозғалтқыштың статор фазаларының ағымдағы датчиктері қажет (қозғалтқыштың ағымына арналған датчиктерсіз және жылдамдық датчиктерінсіз). Қазіргі уақытта векторлық басқару жүйелерінің екі классы анықталды - сенсорсыз жүйелер (қозғалтқыш білігіндегі жылдамдық сенсоры жоқ) және жылдам кері байланыс жүйелері. Жылдамдықты реттеудің шағын диапазонында (1:100-ден аспауы керек) және жылдамдықты сақтау дәлдігіне қатаң талаптар болмаса, датчиксіз векторлы басқару қолданылады.

Векторлық басқарумен электр жүйесінің артықшылықтары:

- жылдамдық датчигі болмаса да жылдамдықты басқарудың жоғары дәлдігі;

- жылдамдықтың кіші мәндері аймағында қозғалтқышты біркелкі айналдыру;

- жүктеме өзгеруіне жедел әрекет ету;

- асинхронды электр қозғалтқышының критикалық моментінен асатын тежеу режимдерінде электр жетегінің максималды моменттерін алу мүмкіндігі.

Векторлық басқарудың кемшіліктері үлкен есептеу күрделілігін және қозғалтқыш параметрлерін білу қажеттілігін қамтиды.

Конвейердің электр жетегінің іске қосылу режимдерінде оның механикалық бөлігіндегі динамикалық жүктемелерді азайту үшін қозғалтқыш моменті электр жетегінің кіріс тізбегіне орнатылған қарқындылық реттегішін

қолдана отырып шектеледі. Жиілік түрлендіргішіндегі қарқындылық реттегіші бағдарламалық қамтамасыздандыруда енгізілген.

Скалярлық және векторлық басқару жүйелерін салыстыра отырып, төмен жиіліктегі скалярлық бақылау кезінде бастапқы және максималды моменттің айтарлықтай төмендейтінін атап өтуге болады. Сонымен бірге конвейер құрылғыларында бастапқы моменттердің жоғарылауы болады [11]. Осының нәтижесінде іске қосу кезінде конвейердің қозғалысының кідірісі айтарлықтай артуы мүмкін. Қатаң механикалық байланыстар болған кезде тербелістерге алып келеді, бұл жұмыс істейтін жабдықтың динамикалық жүктемелерін едәуір арттырады, қарқындылық реттегішін қолдану әсерін азайтады және конвейердің сенімділігін төмендетеді.

Сондықтан қазіргі жиілікті түрлендіргіштерді басқару жүйесінің негізгі элементі микроконтроллер немесе сандық сигналдық процессор (DSP) болып табылады, онда скалярлық және векторлық басқару бағдарламаланған, осыған сәйкес жылдамдықты реттеу аралығы 100: 1 болатын, жылдамдық датчигі болмайтын векторлық басқару әдісін таңдаймыз. Тандалған басқару әдісіне сәйкес біз WESPER типті векторлық басқару мүмкіндігі бар түрлендіргішті таңдаймыз [10].

Тандалған жиілік түрлендіргішінің параметрлері 3.3 кестесінде келтірілген.

3.3 кесте - Жиілік түрлендіргіштің параметрлері

Түрі	Желіні қоректендіретін параметрлер		Шығыс кернеуі, $U_{и}$, В	Шығыс жиілігі, $f_{н}$, Гц	Шығыс тогы		Қуаты P_2 , Вт
	$U_{1л}$, В	f_c , Гц			I_1 , А	$I_{1ш.}$, А	
Е3-9100 «ВЕСПЕР»	$3 \times (380 \div 480)$	50	220	(0.5-500)	6	9	2,2

Инвертордың $f_{шим}$ тасымалдаушы жиілігін таңдау нақты жүктеме тогын ескере отырып, таңдалған түрлендіргіштің түрін өндірушінің ұсыныстарына сәйкес жүзеге асырылады [8].

Инвертордың жиілігін $f_{шим} = 20$ Гц деп қабылдаймыз.

3.9 Электр жетегінің берілген жұмыс аймағын анықтау

1. Механикалық сипаттаманың жазықтығында ұзақ мерзімді және қысқа мерзімді жұмыс режимдері үшін келесі шекаралық сипаттамаларды қолданамыз [8]:

$$M_{сприв.макс} + \Delta M_{сдв} = 8,6 + 0,86 = 9,4 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (3.47)$$

$$M_{\text{ЭП.макс}} + \Delta M_{\text{сдв}} = 2 \cdot 8,6 + 0,86 = 18 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2. Электр механикалық сипаттамалардың жазықтығында электр қозғалтқышының ұзақ мерзімді рұқсат етілетін тогының тәуелділігін тұрғызамыз және есептейміз, ол үшін қозғалтқыштың желдеткіш коэффициентін $k = 0,5$ деп қабылдаймыз:

$$\omega \leq 0,5 \cdot \omega_{\text{дв.н}} \text{ кезінде } I_{\text{дв.длит.доп}}(\omega) = I_{\text{дв.н}} \cdot \left(k + \frac{(1-k) \cdot 2 \cdot \omega}{\omega_{\text{дв.н}}} \right); \quad (3.48)$$

$$\omega > 0,5 \omega_{\text{дв.н}} \text{ кезінде } I_{\text{дв.длит.доп}}(\omega) = I_{\text{дв.н}} = 4,96 \text{ А}. \quad (3.49)$$

Есептеу нәтижелері 3.4 кестеде келтірілген.

3.4 кесте - $I_{\text{қоз.үз.}}(\omega)$ тәуелділікті есептеу нәтижелері

ω , рад/сек.	0	$0,5\omega_{\text{дв.н}} = 73$	$\omega_{\text{ЭП.макс}} = 146$
$I_{\text{дв.длит.доп}}$, А	2,5	4,96	4,96

3. Электр қозғалтқышының ұзаққа созылатын моментінің тәуелділігін есептейміз және құрамыз:

$$M_{\text{Ұ.с.}}(\omega) = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_\mu}{L_2} \cdot \psi_2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{\text{қоз.үз.}}^2(\omega) - I_0^2} = \\ = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot \frac{0,3}{0,317} \cdot 0,877 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{4,96^2 - 2,2^2} = 15,9 \text{ Нм}. \quad (3.50)$$

мұндағы

$$\Psi_{2\text{н}} = \frac{M_{\text{ЭМ.н}}}{\frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_\mu}{L_2} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_1^2(\omega_{\text{дв.н}}) - I_0^2}} = \frac{15,9}{\frac{3}{2} \cdot 2 \cdot \frac{0,3}{0,317} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{4,96^2 - 2,2^2}} = 0,877 \quad \text{Вб. (3.51)}$$

- қозғалқыш ағынының номиналды мәні.

Есептеу нәтижелері 5.2 кестеде келтірілген.

3.5 кесте - $M_{\text{Ұ.с.}}(\omega)$ тәуелділікті есептеу нәтижелері

ω , рад/сек.	0	$0,5\omega_{\text{дв.н}} = 73$	$\omega_{\text{ЭП.макс}} = 146$
$M_{\text{Ұ.с.}}(\omega)$, Нм.	11	15,9	15,9

4. Ұзақ мерзімді максималды жүктемеге $M_{\text{с.прив.макс}}(\omega)=\text{const}$ сәйкес келетін $I_{\text{с.макс}}(\omega)$ тәуелділікті есептейміз және тұрғызамыз. Ол үшін теңдеуді шешу арқылы $M(\omega)$ табиғи сипаттамаға сәйкес $M_{\text{с.прив.макс}} + \Delta M_{\text{с.дв}} = 8,6 + 0,86 = 9,46$ Нм сырғу $s_{\text{т.5}}$ мәнін анықтау керек:

$$\frac{3 \cdot U_{1\phi}^2(f_1) \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s \left[X_{\text{кн}}^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \right)^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} = I_{\text{қоз.үз.}} + \Delta M, \quad (3.52)$$

Содан кейін 3.49-3.52 өрнектерінен $I_{\text{с.макс}}(s_{\text{т.5}})$ ток пен $\omega_{\text{д.5}} = \omega_0 \cdot (1 - s_{\text{д.5}})$ жылдамдықтың мәнін есептейміз.

S ырғуға қатысты (3.47) теңдеуді шешіп, $s = s_{\text{т.5}} = 0,038$ аламыз. Онда

$$\omega_{\text{т.5}} = 157 \cdot (1 - 0,038) = 151 \text{ рад/с}, \quad (3.53)$$

$$I_{\text{с.макс}}(s_{\text{т.5}}) = 3,4 \text{ А}$$

Есептеу нәтижелері 3.6 кестеде келтірілген.

3.6 кесте – $I_{\text{с.макс}}(\omega)$ тәуелділікті есептеу нәтижелері

ω , рад/сек.	$\omega_{\text{қоз.н.}}=25$	$\omega_{\text{т.5}}=151$	$\omega_{\text{эж}}=146$
$I_{\text{с.макс}}$, А	3,4	3,4	3,4

5. Қысқа мерзімді максималды жүктемеге $M_{\text{с.прив.макс}}(\omega)=\text{const}$ сәйкес келетін $I_{\text{с.макс}}(\omega)$ тәуелділікті есептейміз және тұрғызамыз. Ол үшін $M(\omega)$ табиғи сипаттамаға сәйкес $I_{\text{үз.к}} + \Delta M_{\text{к}} = 17,2 + 0,86 = 18$ сырғу $s_{\text{т.14}}$ мәнін анықтау керек:

$$\frac{3 \cdot U_{1\phi}^2(f_1) \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s \left[X_{\text{кн}}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} = I_{\text{қоз.үз.}} + \Delta M, \quad (3.54)$$

Содан кейін 3.49-3.54 өрнектерінен $I_{\text{эл.макс}}(s_{\text{т.14}})$ ток пен $\omega_{\text{т.14}} = \omega_0 \cdot (1 - s_{\text{т.14}})$ жылдамдықтың мәнін есептейміз.

S сырғуға қатысты 3.52 теңдеуді шешіп, $s = s_{T.14} = 0,0817$ аламыз. Онда

$$\omega_{T.14} = 157 \cdot (1 - 0,0817) = 144 \text{ рад/сек.} \quad (3.55)$$

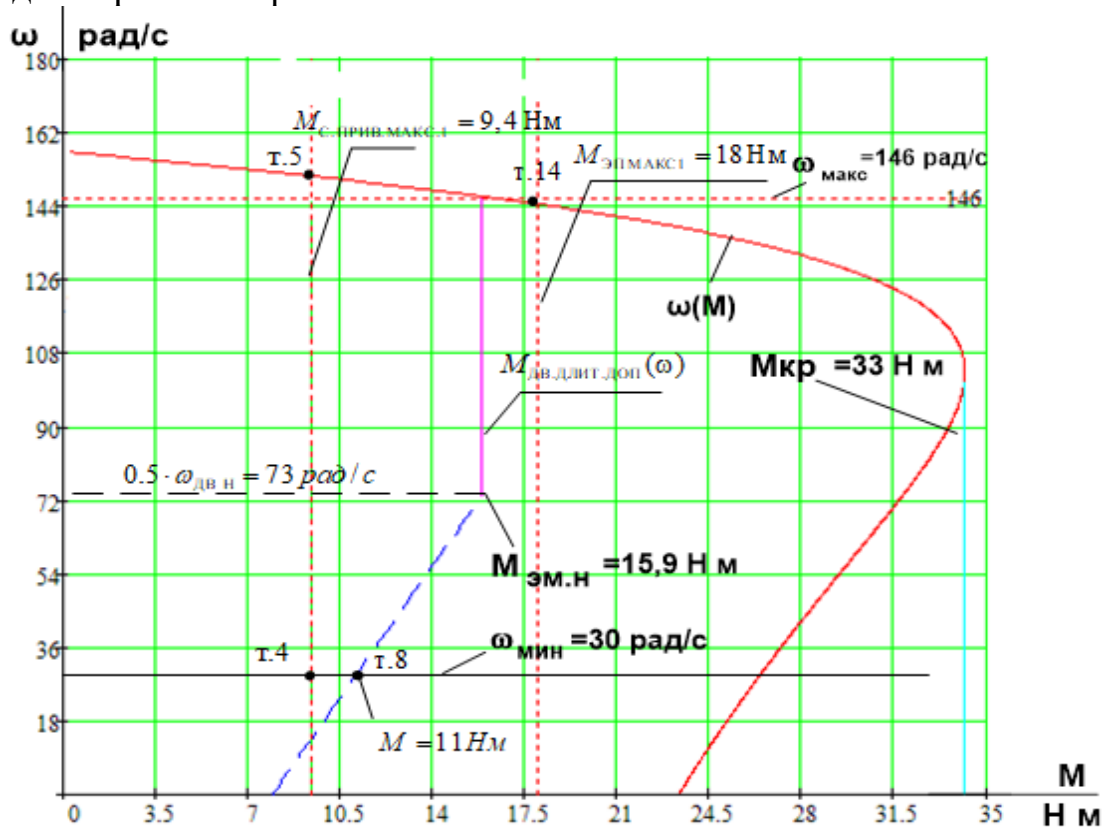
$$I_{\text{ЭЖ.макс}}(\omega_{T.14}) = 5,6 \text{ А.}$$

Есептеу нәтижелері 3.7 кестеде келтірілген.

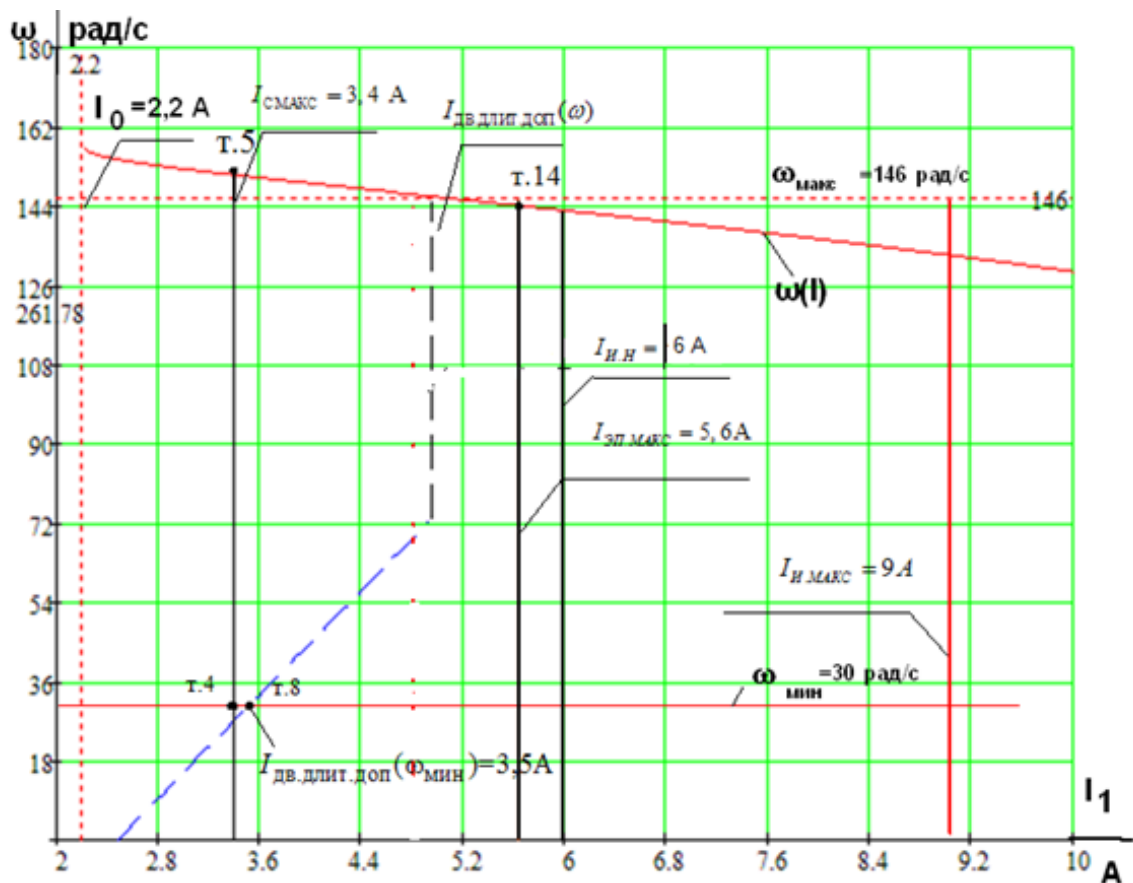
3.7 кесте – $I_{\text{ЭЖ.макс}}(\omega)$ тәуелділікті есептеу нәтижелері

ω , рад/сек.	$\omega_{\text{коз.н.}} = 30$	$\omega_{T.14} = 144$	$\omega_{\text{Эп.макс}} = 146$
$I_{\text{Эп.макс}}$, А	2,5	5,6	5,6

3.5 және 3.6 суреттерде, 1-5 тармақтарда есептелген электр жетегінің механикалық және электр механикалық сипаттамалары және векторды басқару кезіндегі жүктеме көрсетілген.



3.5 сурет - Электр жетегінің механикалық сипаттамалары



3.6 сурет - Электр жетегінің электр механикалық сипаттамалары

3.10 Қозғалтқыштың дұрыс таңдалғанын тексеру

Электр жетегі мен жүктеменің механикалық сипаттамаларын құру нәтижелері бойынша (3.5 сурет) қозғалтқышты таңдаудың дұрыстығын тексереміз [8]. Барлық аймақта мына шарттар орындалуы керек:

$$\begin{aligned} M_{к.в.}(\omega) &\geq I_{к.в.} + \Delta M_{с.к} \\ M_{кр.}(\omega) &\geq I_{кр.} + \Delta M_{к} \end{aligned} \quad (3.56)$$

(5.3) орындалуы электр қозғалтқышының рұқсат етілген қызуына сәйкес минималды жылдамдықты анықтауға мүмкіндік береді:

$$\begin{aligned} 11 \text{ Н} \cdot \text{м} &> 9,4 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ 33 \text{ Н} \cdot \text{м} &> 18 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned} \quad (3.57)$$

Демек, қозғалтқыш момент бойынша дұрыс таңдалған.

Электр жетегінің $\omega(I_1)$ электр механикалық сипаттамаларын құрастыру нәтижелері бойынша (5.2 сурет) біз электр қозғалтқышының ағымдағы таңдауының дұрыстығын тексереміз:

$$I_{к.в.}(\omega) \geq I_{с.макс} \quad (3.58)$$

Электр жетегінің $\omega_{\text{мин}} = 30$ рад/сек минималды жылдамдығына сәйкес:

$$3,5 \text{ A} > 3,4 \text{ A}. \quad (3.59)$$

Демек қозғалтқыш ток бойынша дұрыс таңдалған.

3.11 Түрлендіргішті таңдауды тексеру

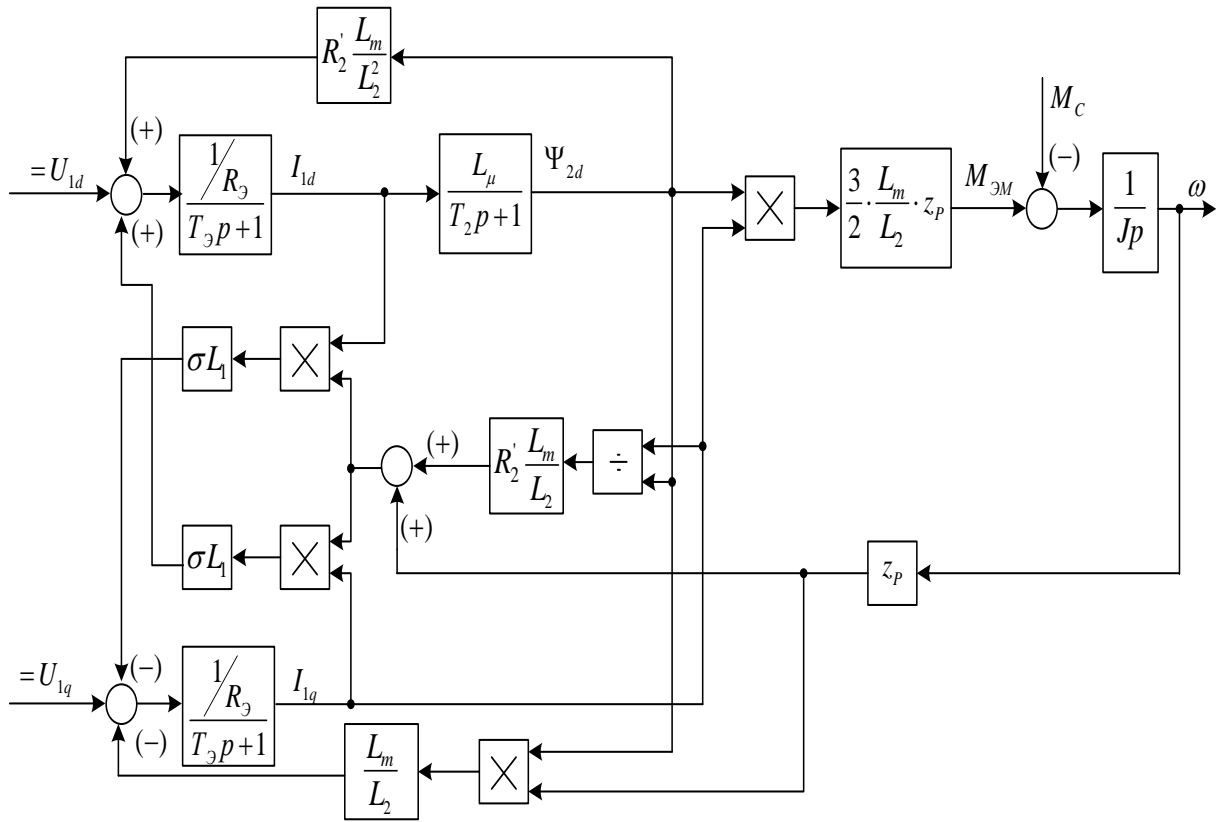
Электр жетегінің электр механикалық сипаттамаларын құрастыру нәтижелері бойынша (3.5 сурет) ток түрлендіргішін таңдаудың дұрыстығын тексереміз:

- шарт бойынша $I_{\text{с.макс}}(\omega) \leq I_{\text{и.н}}$, онда $3,4 \text{ A} < 6 \text{ A}$;
 - шарты бойынша $I_{\text{эж.макс}} \leq I_{\text{и.макс}}$, онда $5,6 \text{ A} < 9 \text{ A}$.
- Сәйкесінше түрлендіргіш дұрыс таңдалады.

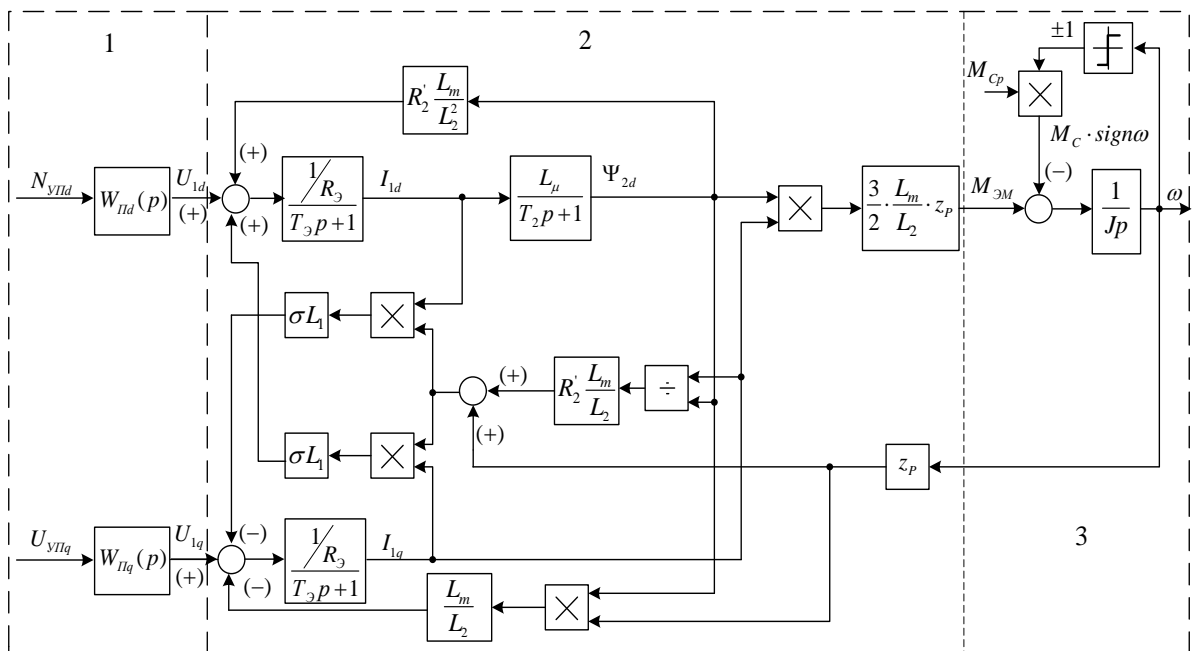
3.12 Векторлық басқаруы бар асинхронды электр жетегінің күштік каналының құрылымдық сұлбасы

Асинхронды қозғалтқыштың жиілігін басқаруға арналған векторлық басқару кеңістікте векторлармен қозғалтқыштың физикалық айнымалысын кеңістіктік векторлармен бейнелеуге негізделген, мұнда модуль мен кеңістікте өзгере алады. Векторлық басқаруы бар жиілікті басқарылатын асинхронды электр жетектерін басқару жүйелерін іске асыру үшін 5.3 суретте көрсетілген ротор $\vec{\Psi}_2$ ағынының байланыс векторына сәйкес бағытталған, айналмалы координат жүйесіндегі асинхронды қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы негіз болып табылады. Екі фазалы асинхронды электр қозғалтқышының тізбегіне айналатын координаталар жүйесінде, ротор ағынының байланыс векторына сәйкес бағытталған, тұрақты емес екі U_{1d} және U_{1q} тұрақты ток кернеуі өздігінен құрылуы керек.

Содан кейін векторлық басқарумен жиілікті басқаратын асинхронды электр жетегінің құрылымдық диаграммасы ротор ағынының байланыс векторына сәйкес бағытталған d, q айналмалы координат жүйесіндегі екі фазалы асинхронды электр қозғалтқышының құрылымдық диаграммасы негізінде 3.6 суретте көрсетілген түрінде ұсынылуы мүмкін.



3.7 сурет - Ротор ағынының байланыс векторына сәйкес бағытталған, d, q айналмалы координат жүйесіндегі индукциялық қозғалтқыштың құрылымдық диаграммасы



3.8 сурет - Векторлық басқару электр жетектегінен тұратын асинхронды қуат каналының құрылымдық сұлбасы

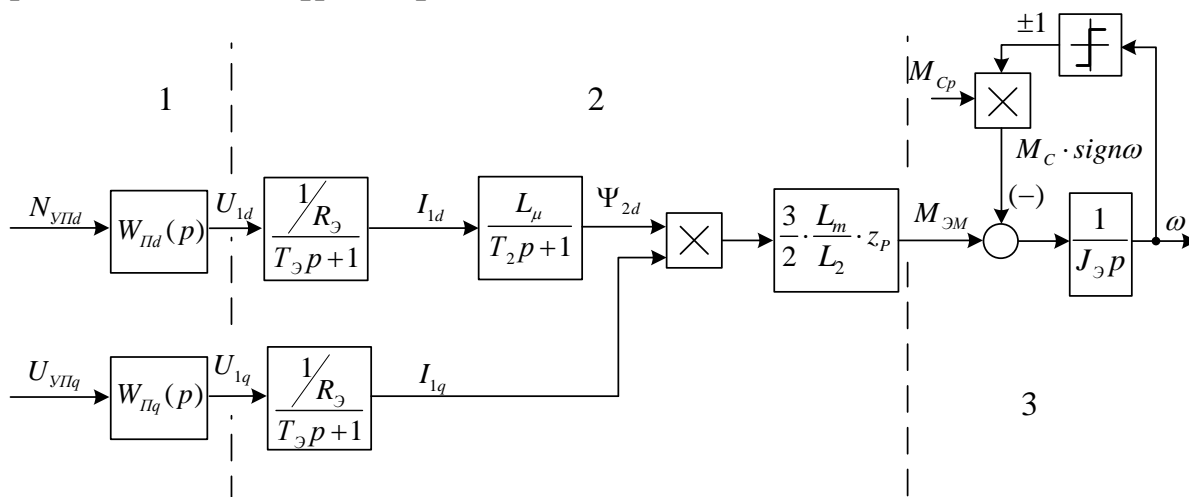
3.5 және 3.6 суреттегі диаграммалар мыналарды көрсетеді: 1 - екі фазалы асинхронды электр қозғалтқышын басқаруға арналған түрлендіргіш фазалық кернеу генераторы; 2 - айналатын координат жүйесіндегі ротор ағынының байланыс векторына сәйкес бағытталған екі фазалы асинхронды электр қозғалтқышы; 3-жалпы реактивті жүктемесі бар біртекті механикалық жүйе.

Электр жетегінің күштік каналы мыналарды қамтиды:

- электр түрлендіргіші ретінде жұмыс жасайтын жиілік түрлендіргіші;
- электр механикалық түрлендіргіш функциясын орындайтын электр қозғалтқышы;
- механикалық түрлендіргіш функциясын орындайтын механикалық жүйе.

Қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасындағы ішкі байланыс бастапқыда, АБЖ РҚ параметрлерін анықтау сатысында қосылады.

- электр жетегінің электр механикалық уақыт тұрақтылығымен немесе оларды жиілік түрлендіргіш кірістеріне қосу арқылы қалпына келтіруге болады. Бұл жағдайда жиілік түрлендіргіші - асинхронды электр қозғалтқыш жүйесінің электрлік арнасының құрылымдық диаграммасы 3.9 суретте көрсетілген тізбек түрінде ұсынылады [8].



3.9 сурет - Векторды басқаратын асинхронды электр жетегінің электр каналының құрылымдық сұлбасы

3.13 Электр жетегінің күштік каналының құрылымдық сұлбасының параметрлерін есептеу

Қарапайым жағдайда, ЕИМ қоспағанда, инвертор $T_{\text{шим}}$ енді импульстің модуляциясы аралығындағы мәні бойынша кідірісі бар сызықты күшейткіш болып табылады.

$$T_{\text{шим}} = \frac{1}{f_{\text{шим}}} = \frac{1}{20000} = 0,00005 \text{ с} \quad (3.60)$$

мұндағы $f_{\text{шим}} = 20000 \text{ Гц}$ векторлық басқарумен қабылдануға ұсынылған инвертордың жиілігі.

Электр қозғалтқышының ток және амплитудалық фазалық кернеуінің максималды мәндері сәйкесінше:

$$U_{1\text{фн}} = 220 \text{ В}, \quad U_{1\text{фm}} = \sqrt{2} \cdot U_{1\text{фн}} = \sqrt{2} \cdot 220 = 311 \text{ В} \quad (3.61)$$

Инвертордың ЕИМ кернеуін ескере отырып және қозғалтқыштың статор орамаларын жұлдызша қосқан кезде түрлендіргіштің параметрлері келесі өрнектерге сәйкес таңдалады:

$$U_{d0} = 1,35 \cdot U_c = 1,35 \cdot 380 = 513 \text{ В} - \text{ түрлендіргіштің тұрақты ток кернеуі;}$$

мұндағы $U_c = 380 \text{ В}$ – түрлендіргішті қоректендіру көзінің сызықты кернеуі;

$\gamma_{\text{макс}} < 1$ – инвертордың кілттерін қосудың салыстырмалы ұзақтығының коэффициентінің максималды мәні ($\gamma_{\text{макс}} = 0,95$ қабылдау ұсынылады) [8].

Инвертор мен қозғалтқыштың кернеуіне сәйкес келу шарты:

$$U_{d0} = \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3} \cdot U_1}{\gamma} = \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3} \cdot 220}{0,95} = 567 \text{ В}. \quad (3.62)$$

Инвертордың күшейту коэффициенті:

$$k_{\text{е}} = \frac{U_{d0}}{\sqrt{3}} = \frac{567}{\sqrt{3}} = 327,5 \quad (3.63)$$

3.14 Қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасындағы буындардың параметрлерін есептеу

Эквивалентті орамның индуктивтілігі [8]:

- статорға

$$L_1 = L_{1\delta} + L_{\mu} = 0,012 + 0,3 = 0,312; \quad (3.64)$$

- ротора сәйкес

$$L_2 = L_{2\delta} + L_{\mu} = 0,017 + 0,3 = 0,317.$$

Шашырау коэффициенті:

$$\sigma = 1 - \frac{L_{\mu}^2}{L_1 \cdot L_2} = 1 - \frac{0,3^2}{0,312 \cdot 0,317} = 0,09 \quad (3.65)$$

Эквивалентті кедергі:

$$R_3 = R_1 + R_2' \cdot \frac{L_{\mu}^2}{L_2^2} = 3,53 + 3,422 \cdot \frac{0,3^2}{0,317^2} = 6,6. \quad (3.66)$$

Электромагнитті тұрақты уақыт:

$$T_3 = \frac{\sigma \cdot L_1}{R_3} = \frac{0,09 \cdot 0,312}{6,6} = 0,00429; \quad (3.67)$$

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2'} = \frac{0,317}{3,422} = 0,093. \quad (3.68)$$

4 Электр жетегінің автоматты басқару жүйесі

4.1 Векторлық басқарумен жиілікті басқаратын асинхронды электр жетегінің автоматты басқару жүйесінің параметрлерін есептеу

Электр жетегінің бағынысты реттелуінің көп айналымды басқару жүйесінде реттегіштер тізбектей қосылады. Басқару элементтерін есептеу сыртқы тізбектен басталады. Контурдың кірісіне берілетін сигнал мен кері байланыс арқылы берілетін сигнал анықталғаннан кейін контур реттегіші басқаруды есептейді. Кері байланыс сигналы кері байланыс тізбегіндегі сигналдың сандық интервалына қарағанда есептеледі және тұрақты болып қалады. Контроллердің шығыс сигналы есептеледі және тізбектің алға бағытталған каналындағы сигналдың сандық интервалына қарағанда тұрақты болып қалады.

Ішкі тізбектегі ток максималды жылдамдыққа жеткенде электр жетегі ең жоғары жылдамдыққа қол жеткізеді.

Модельдің құрылымдық сұлбасының параметрлері электр қозғалтқышының анықтамалық және алынған жобалық параметрлеріне сәйкес келуі керек. Анықтамалық мәліметтерге сәйкес келетін қозғалтқыш параметрлері: $I_{дв.н} = I_{1фн}$ және $M_{дв.н}$. Есептелінетін қозғалтқыш параметрлері: I_0 ; $I_1(s_H)$; $M_{эм.н}$ және $\Psi_{2н}$.

Өтпелі (динамикалық) режимдерде және электр жетегінің үлкен статикалық жүктемелерінде қозғалтқыштың моменті шектеулі.

Біз басқару ілмектерін оңтайландыру үшін қажетті құрылымдық сұлбаның параметрлерін анықтаймыз, оларда қажетті сәйкестік қамтамасыз етіледі.

Біз жобаланған электр жетегінде электр жетегінің максималды моментінің мәнін шектеген кезде таңдау жасаймыз, онда:

– номиналды токтың мәні I_{1dH} :

$$I_{1dH} = \sqrt{2} \cdot I_0 = \sqrt{2} \cdot 2,06 = 2,9A; \quad (4.1)$$

– ротордың ағым ілмегінің номиналды мәні Ψ_{2d} :

$$\Psi_{2d} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot L_{\mu} = \sqrt{2} \cdot 2,06 \cdot 0,3 = 0,877 \text{ Вб}; \quad (4.2)$$

– токтың максималды мәні I_{1q} :

$$I_{1\text{макс}} = \frac{M_H}{\frac{3}{2} \frac{L_{\mu}}{L_2} z_{\sigma} \psi_2} = \frac{18}{\frac{3}{2} \frac{0,3}{0,317}} \cdot 2 \cdot 0,877 = 7,23 \text{ A}; \quad (4.3)$$

– статор тоғы векторының максималды мәні:

$$I_m = \sqrt{I_1^2 + I_{1d}^2} = \sqrt{7,23^2 + 2,9^2} = 7,8A; \quad (4.4)$$

– таңдалған $M_{\text{эп.макс}}$ максималды момент мәніне сәйкес келетін электр жетектің максималды тоғы:

$$I_{\text{эп.макс}} = \frac{\text{mod } \vec{I}_{1\text{макс}}}{\sqrt{2}} = \frac{7,8}{\sqrt{2}} = 5,6 \text{ A}. \quad (4.5)$$

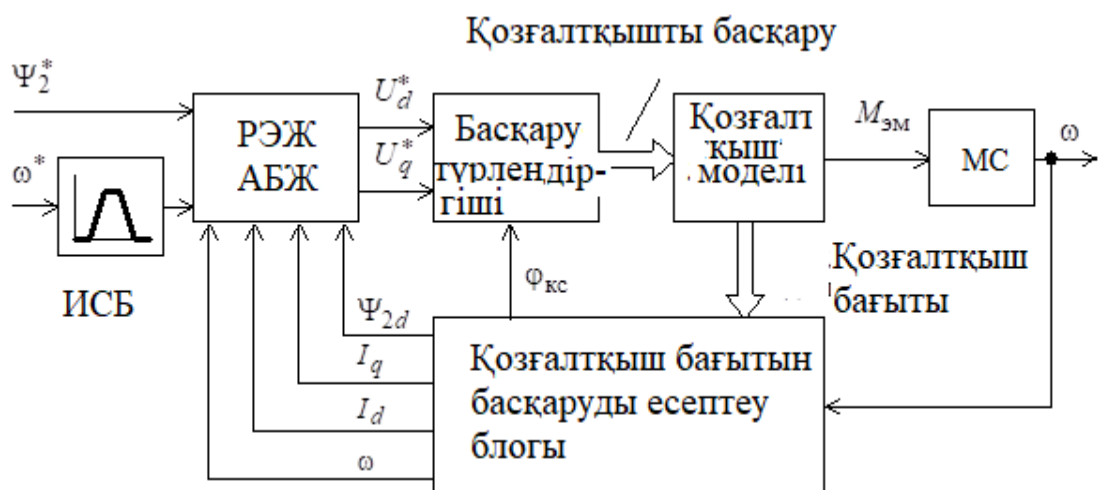
– номиналты ток мәні I_{1qH}

$$I_{1qH} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{1\text{фн}}^2 - I_0^2} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{4,96^2 - 2,06^2} = 4,5 \text{ A}. \quad (4.6)$$

5 Конвейердің электр жетегін модельдеу

5.1 Реттелетін асинхронды электр жетегінің функционалды сұлбасы

Жиілік векторын басқаратын реттелетін асинхронды электр жетегінің моделі 5.1 суретте келтірілген α, β координаталар жүйесіндегі қозғалтқыштың моделімен функционалды сұлба негізінде орындалады [9].

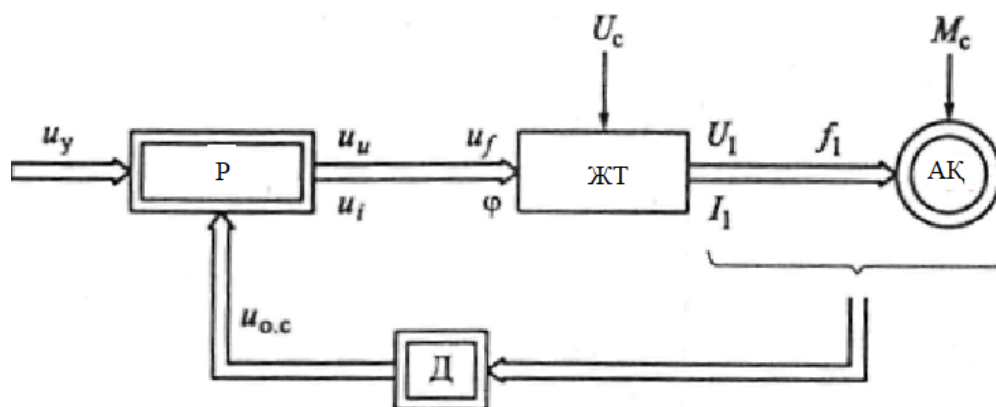


5.1 сурет - Жиілікті вектормен басқару мен қозғалтқыш моделінен тұратын асинхронды электр жетегінің негізгі функционалды сұлбасы

Модель үшін негізгі бөлігі болып реттелетін асинхронды электр жетегінің (РЭЖ) 4 тізбекті автоматты басқару жүйесі (АБЖ) жатады. РЭЖ кірісіндегі басқару сигналдары ротордың ағынды байланысының тұрақты мәні және қозғалтқыш жылдамдығының белгіленген мәні болып табылады.

5.2 Электр жетектің «жиілікті түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш» жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Асинхронды жиілікті басқаратын электр жетегінің қажетті статикалық және динамикалық қасиеттері, оның 5.2 суретте көрсетілген функционалды сұлбасындағы тұйықталған басқару жүйесіндегі координаттармен құрылады [20].

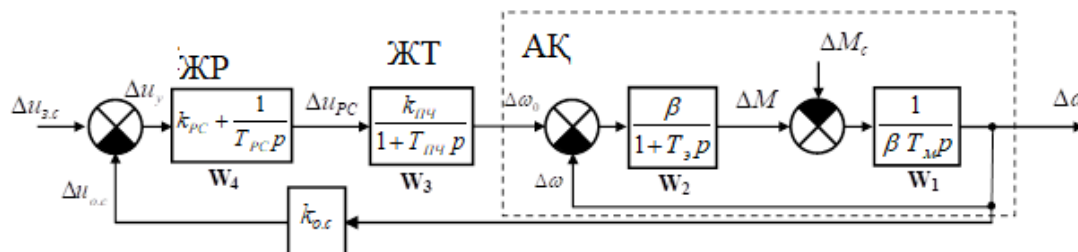


Р – реттегіш; Д – электр жетегінің датчигі;
ЖТ – жиілікті түрлендіргіш

5.2 сурет – Тұйықталған ЖТ-АК жүйесінің функционалды сұлбасы

АЭЖ құрылымдық сұлбасы жоғарыда көрсетілген 7.2 функционалды сұлбаға сәйкес құрастырылған.

Осы реттеу жүйесінде жылдамдықты реттеу аралығын арттыру үшін жылдамдық бойынша теріс кері байланысты енгізу қажет. Сондықтан электр жетегінің өтпелі кезеңдерінің математикалық сипаттамасында бұл кері байланыс ескеріледі. Бұл жағдайда жылдамдық бойынша кері байланысы бар ЖТ-АҚ жүйесінің құрылымдық сұлбасы төмендегідей түрде болады:



5.3 сурет – Жылдамдық бойынша кері байланысы бар ЖТ-АҚ жүйесінің құрылымдық сұлбасы

5.3 суретке сәйкес құрылымдық сұлба электр жетегінің сызықты жүйесі болып табылады.

Жиілікті түрлендіргіші бар АЭЖ қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштан, жиілікті түрлендіргіштен және жылдамдық реттегіштен тұрады. АҚ кері байланысқа сәйкес $k_{о.с}$ кері байланыс коэффициентінен тұрады. Қозғалтқыштың жылдамдығы $\Delta\omega_1$ Σ_1 құрылғысында салыстырылады. Мұнда шығыс сигналы $\Delta u_{o.p.c21} = k_{o.p.c1} \Delta\omega_{21}$ сумматор арқылы беріледі, бұл берілген сигнал $\Delta u_{o.p.c21}$ берілген $\Delta u_{з.с}$ сигналмен салыстырылады.

Сұлбада келесі белгілер қолданылады:

β – АҚ-ң сызықты механикалық сипаттамаларының қатаңдық модулі;

T_3 - статор мен ротор тізбектерінің эквивалентті электр магниттік уақытының мәні;

$k_{ПЧ}$ – ЖТ функциясының берілу коэффициенті;

$T_{ПЧ}$ – ЖТ басқару тізбегінің уақыт тұрақтысы;

T_m - электр механикалық уақыт тұрақтысы.

Құрылымдық схеманың $W1$ беріліс функциясына сәйкес қозғалыс тендеуі келесі түрде жазылуы мүмкін:

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta M - \Delta M_c} = \frac{1}{\beta T_m p} \quad (5.1)$$

немесе

$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{1}{\beta T_m} (\Delta M - \Delta M_c) \quad (5.2)$$

W_2 беріліс функциясына сәйкес:

$$\frac{\Delta M}{\Delta \omega_0 - \Delta \omega} = \frac{\beta}{1 + T_3 p}, \quad (5.3)$$

Оны дифференциалдық теңдеу түрінде жазуға болады:

$$T_3 \frac{d\Delta M}{dt} + \Delta M = \beta(\Delta \omega_0 - \Delta \omega) \quad (5.4)$$

W_3 беріліс функциясына сәйкес ЖТ теңдеуі:

$$T_{ПЧ} \frac{d\Delta \omega_0}{dt} + \Delta \omega_0 = k_{ПЧ} \Delta U_{PC}, \quad (5.5)$$

Беріліс функциясы W_4 болатын ЖР теңдеуі:

$$\Delta U_{PC} = k_{PC} (\Delta U_{3.c} - \Delta U_{o.c}) + \int_0^t (\Delta U_{3.c} - \Delta U_{o.c}) dt \quad (5.6)$$

немесе

$$T_{PC} \frac{d\Delta U_{PC}}{dt} = k_{PC} T_{PC} \frac{d\Delta U_y}{dt} + \Delta U_y \quad (5.7)$$

ΔU_y өзгерісін мына түрде жазамыз:

$$\Delta U_y = \Delta U_{3.c} - k_{o.c} \Delta \omega, \quad (5.8)$$

мұндағы $\Delta U_{3.c}$ - беріліс сигналының өзгерісі;

$k_{o.c}$ - жылдамдық бойынша кері байланыстың коэффициенті.

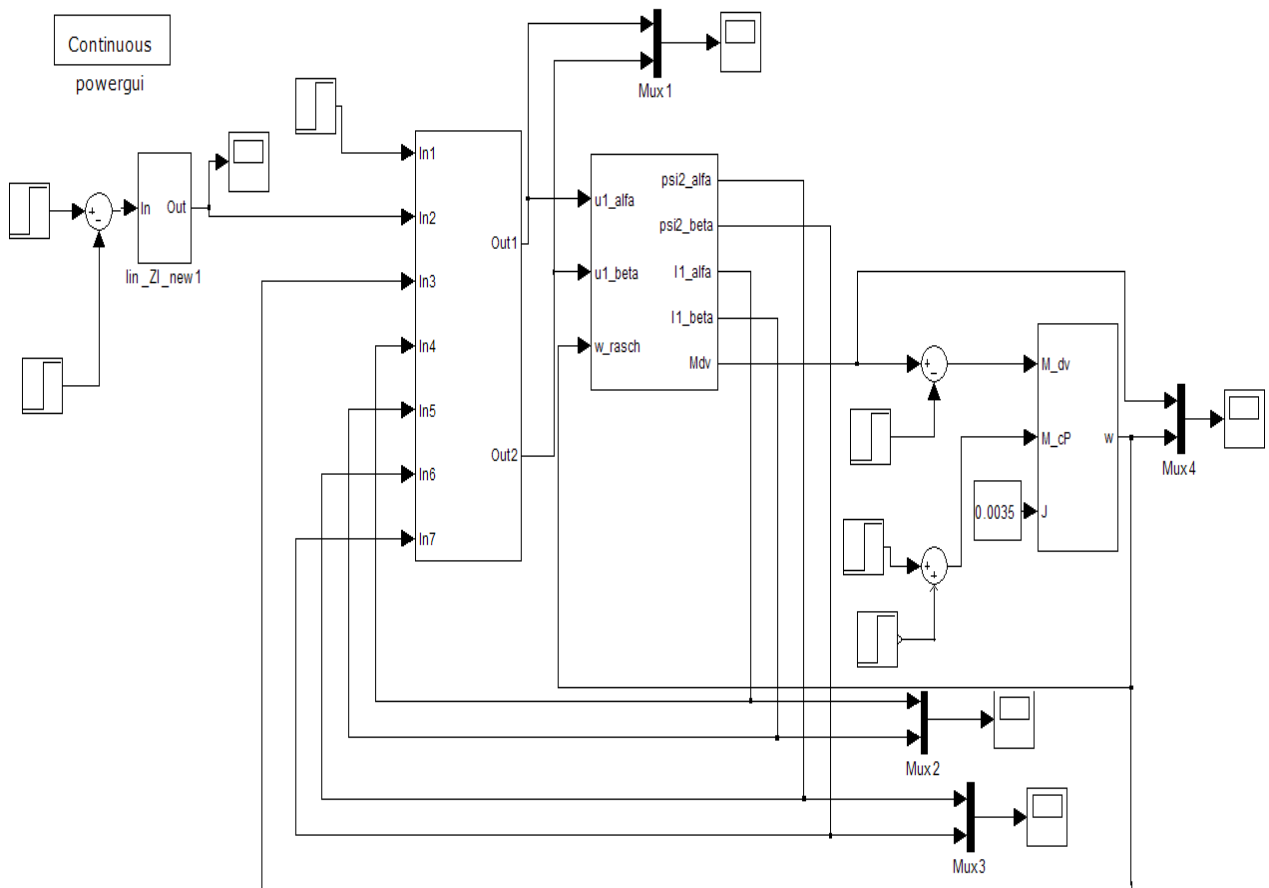
Жиілікті түрлендіргіші бар АЭЖ құрылымдық сұлбасы MatLab7.0 бағдарламасының көмегімен кері байланыс коэффициенттерінің әртүрлі мәндерінде өтпелі процестерді талдауға және АЭЖ әртүрлі жұмыс режимдерін моделдеуге көмектеседі.

6 Конвейер электр жетегін бағдарламамен зерттеу

6.1 Импульсті жылдамдық датчигінен тұратын модельде зерттеу

6.1 суреттегі имитациялық моделді қолдану арқылы электр жетегінің төрт жұмыс режимі үшін өтпелі процестің сызбасы есептелініп, тұрғызылған.

Ондағы $\omega_{1ном} = 146 \frac{\text{айн}}{\text{мин}}$ максималды жылдамдық бойынша іске қосылуы кезіндегі бос жүріс жүктемесі $M_{с.хх} = 0,1 \cdot M_{дв.н} = 0,1 \cdot 15 = 1,5 \text{ Нм}$ және максималды жүктемеде $M_{с.макс} = 9,4 \text{ Нм}$; бос жүріс жүктемесінде минималды жылдамдық кезінде $M_{с.хх} = 1,5 \text{ Нм}$ және максималды жүктемеде $I_{ном} = 9,4 \text{ А}$.



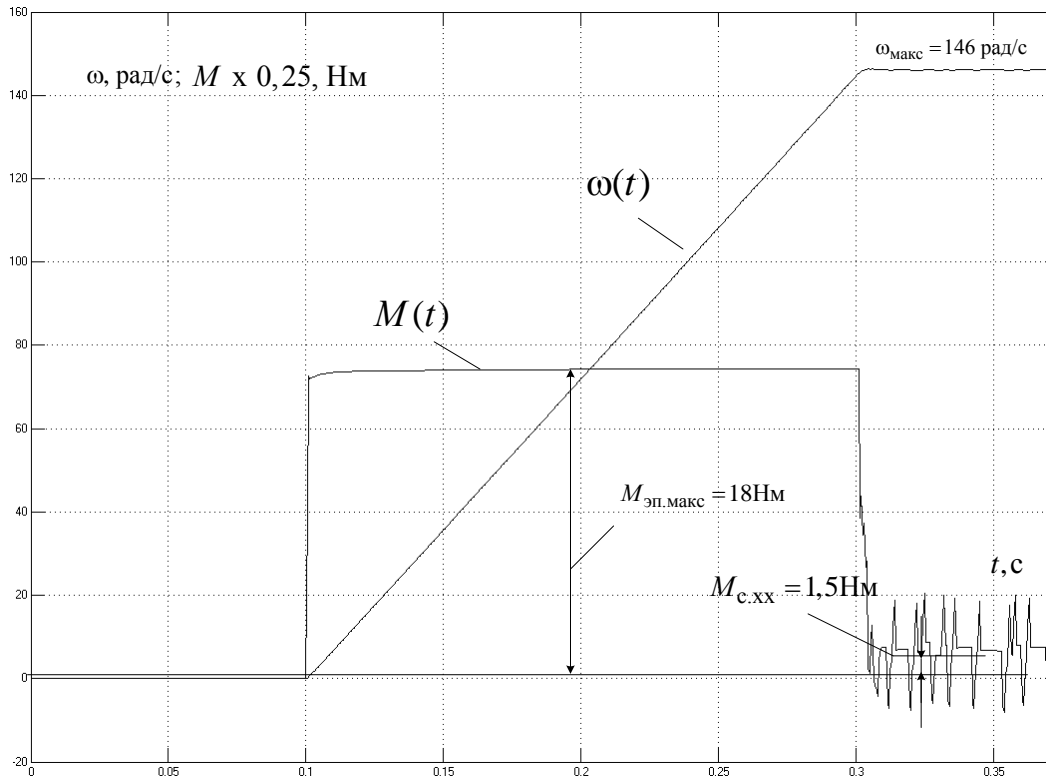
6.1 сурет – Жиілікті түрлендіргіш асинхронды қозғалтқыш жүйесінің күштік каналының имитациялық моделі

Векторлы басқарудан тұратын электр жетек жылдамдығын реттеу аралығы $D_\omega = 100$ болғанда жылдамдықтың минималды шамасы

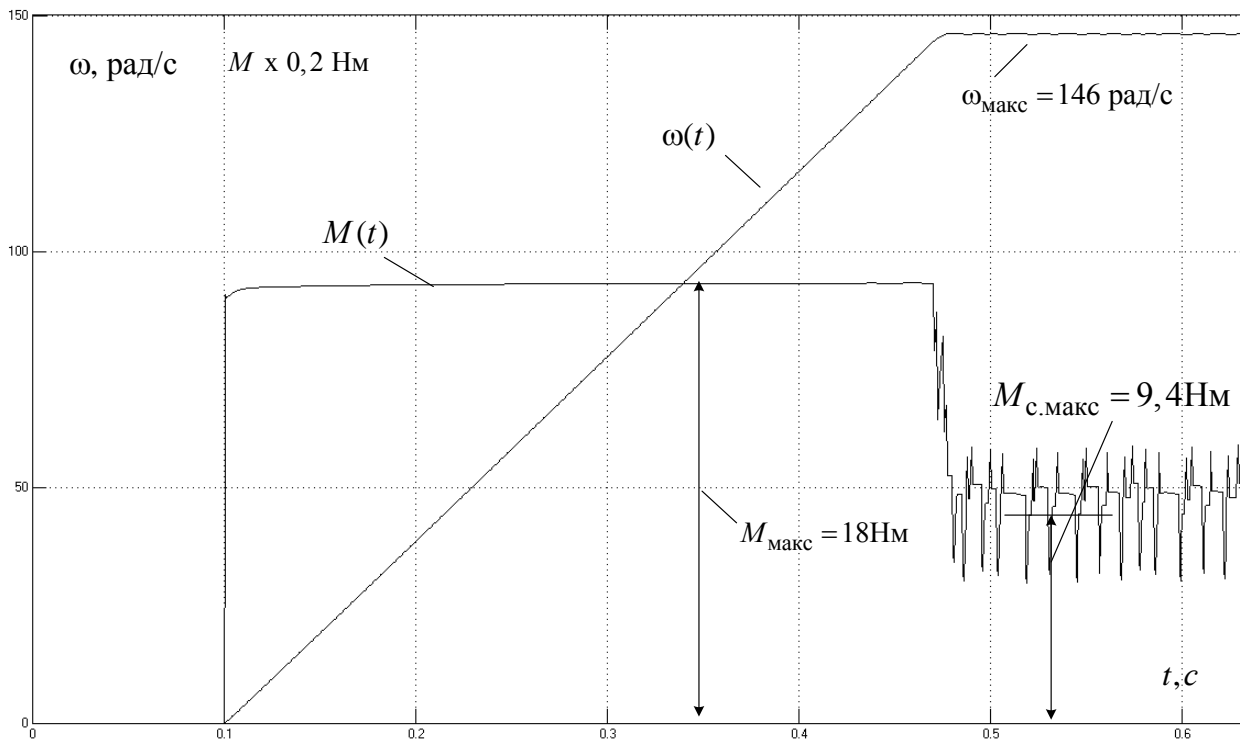
$$\omega_{мин} = \frac{\omega_{макс}}{D_\omega} = \frac{146}{100} = 1,46 \text{ рад/с}$$

$\omega = f(t)$, $M = f(t)$ өтпелі сипаттамалары 6.2 және 6.3 суреттерде көрсетілген.

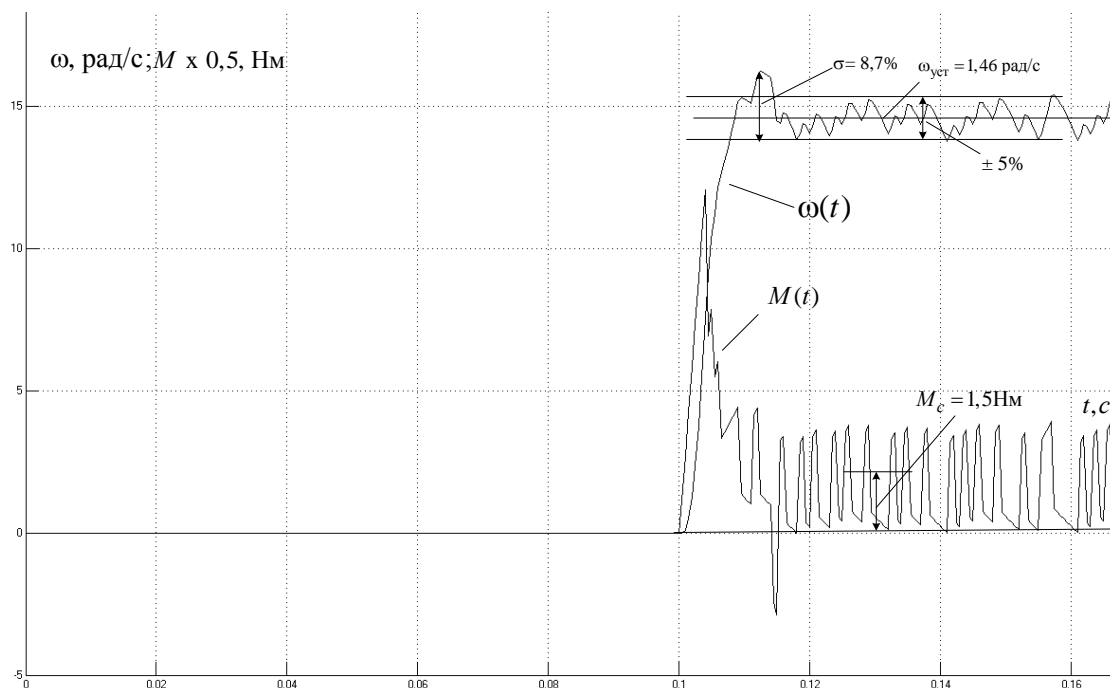
Ұсынылған моделде кітапханадағы REP_AD_221vect_bezdp – $i_{1\alpha}$, $i_{1\beta}$ ток датчиктерімен және қозғалтқыштың ω айналу жылдамдығымен бекітілген α, β координаттар жүйесінде екі фазалы электр қозғалтқыш моделіне негізделген жиілікті векторлық басқарумен реттелетін асинхронды электр жетегінің моделін таңдаймыз.



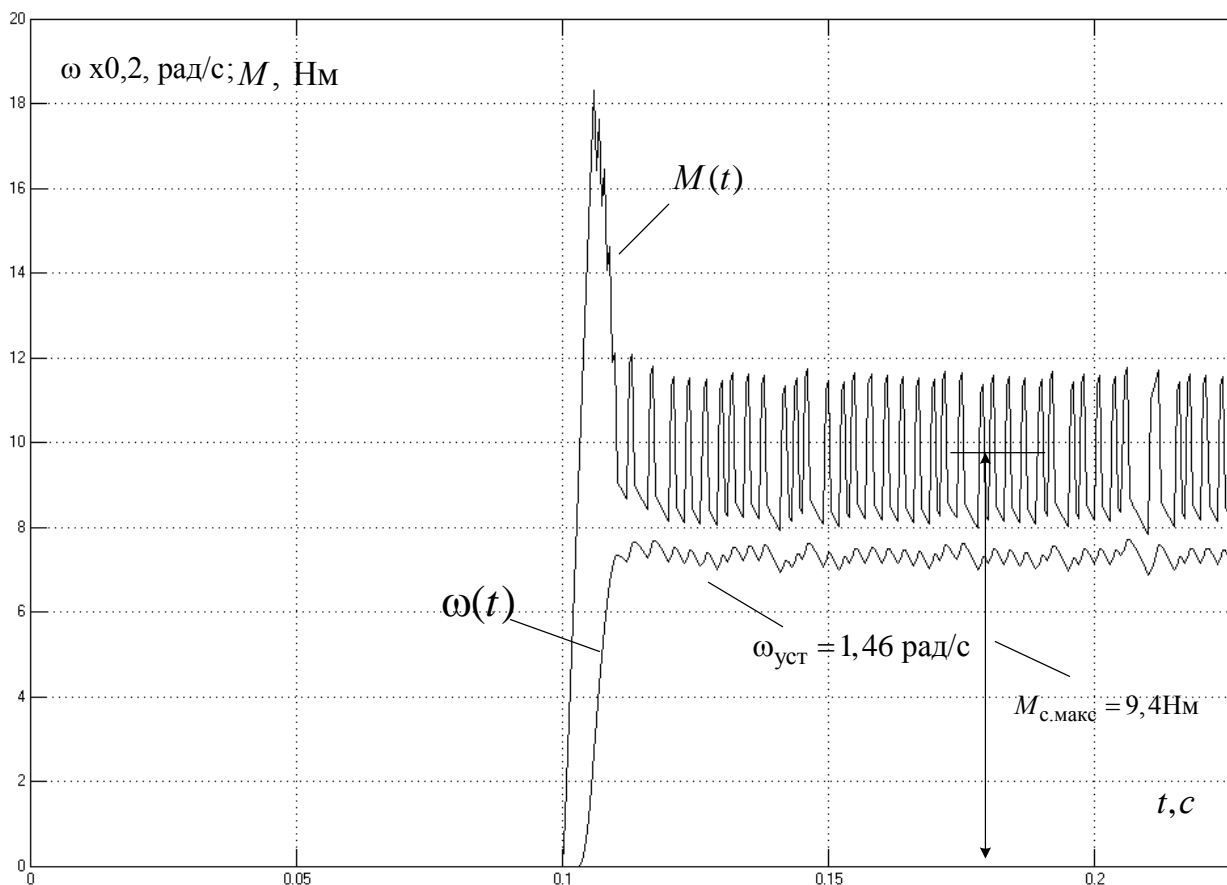
6.2 сурет- $M_{с.хх} = 1,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ кезіндегі максималды жылдамдықта $\omega_{макс} = 146 \text{ рад/с}$ іске қосылу кезіндегі $\omega = f(t)$, $M = f(t)$ өтпелі сипаттамалары



6.3 сурет- $M_{с\text{макс}} = 9,4 \text{ Нм}$ кезіндегі максималды жылдамдықта $\omega_{\text{макс}} = 146 \text{ рад/с}$ іске қосылу кезіндегі $\omega = f(t)$, $M = f(t)$ өтпелі сипаттамалары



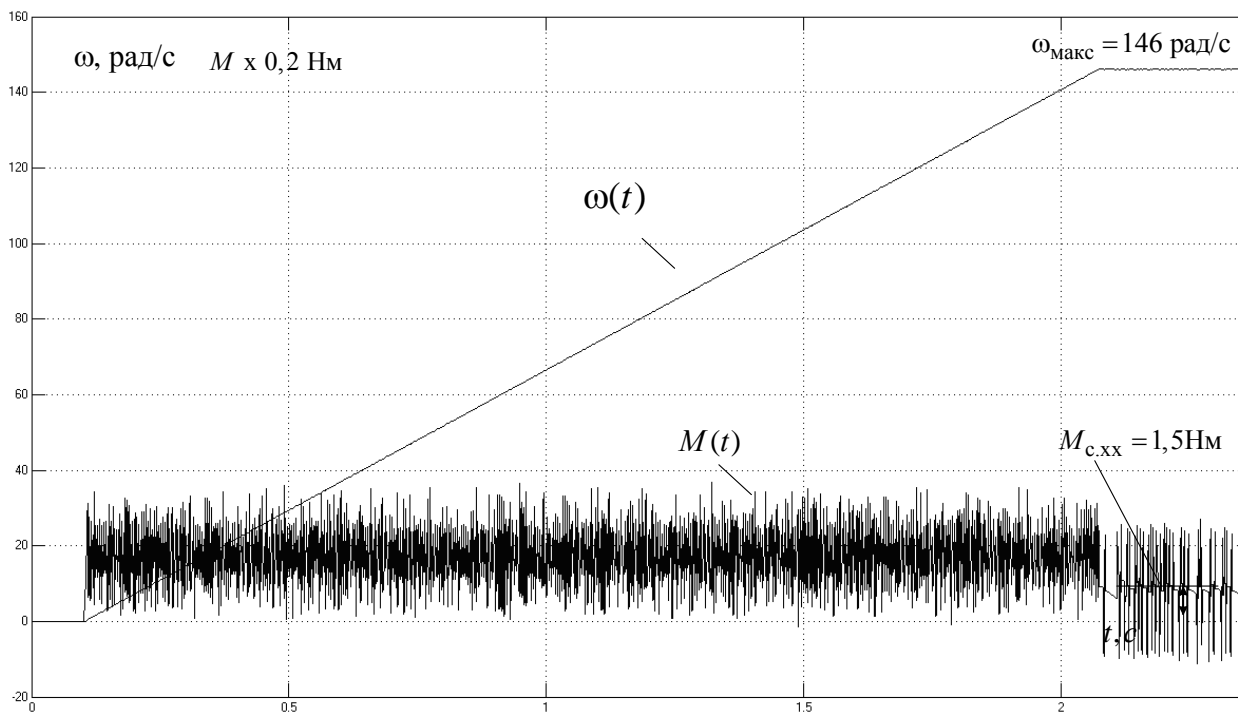
6.3 сурет- $M_{с\text{хх}} = 1,5 \text{ Нм}$ кезіндегі минималды жылдамдықта $\omega_{\text{мин}} = 1,46 \text{ рад/с}$ іске қосылу кезіндегі $\omega = f(t)$, $M = f(t)$ өтпелі сипаттамалары



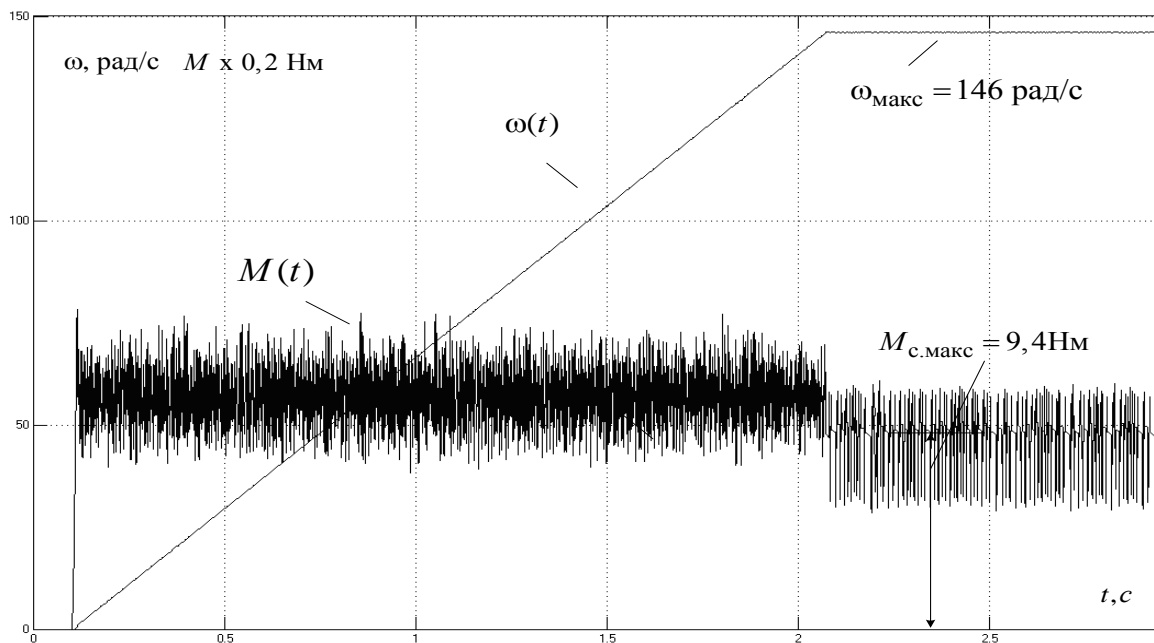
6.4 сурет- $M_{с.макс} = 9,4 \text{ Нм}$ кезіндегі минималды жылдамдықта $\omega_{мин} = 1,46 \text{ рад/с}$ іске қосылу кезіндегі $\omega = f(t)$, $M = f(t)$ өтпелі сипаттамалары

6.2 Сызықты реттегіші бар импульсті жылдамдық датчигынен тұратын моделде зерттеу

6.1 суреттегі имитациялық моделді қолдану арқылы электр жетегінің төрт жұмыс режимі үшін өтпелі процестің сызбасы есептелініп, тұрғызылған. Ондағы $\omega_{1ном} = 146 \frac{\text{айн}}{\text{мин}}$ максималды жылдамдық бойынша іске қосылуы кезіндегі бос жүріс жүктемесі $M_{с.хх} = 0,1 \cdot M_{дв.н} = 0,1 \cdot 15 = 1,5 \text{ Нм} = 1,5 \text{ Нм}$ және максималды жүктемеде $M_{с.макс} = 9,4 \text{ Нм}$; бос жүріс жүктемесінде минималды жылдамдық кезінде $M_{с.хх} = 1,5 \text{ Нм}$ және максималды жүктемеде $I_{ном} = 1,5 \text{ А}$.



6.5 сурет- $M_{с.хх} = 1,5 \text{ Нм}$ кезіндегі максималды жылдамдықта $\omega_{\text{макс}} = 146$ айн/мин іске қосылу кезіндегі $\omega = f(t)$, $M = f(t)$ өтпелі сипаттамалары



6.6 сурет- $M_{\text{макс}} = 9,41 \text{ Нм}$ кезіндегі максималды жылдамдықта $\omega_{\text{макс}} = 146$ айн/мин іске қосылу кезіндегі $\omega = f(t)$, $M = f(t)$ өтпелі сипаттамалары

6.5 және 6.6 суреттерінен көрініп отырғандай, электр жетегін сызықты қарқынды реттегішпен іске қосу кезінде басталу уақыты статикалық жүктеме

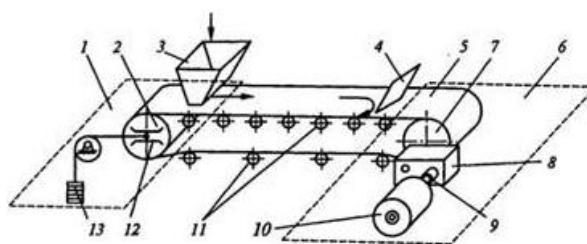
моментіне тәуелді емес және мәні қарқындылық реттегішімен белгіленетін динамикалық моментпен ғана анықталады.

7 Еңбек қауіпсіздігі бөлімі

7.1 Конвейерлік өндірістің жұмыс ерекшелігіне талдау жасау

Конвейер-барлық әсер ету процесі әр түрлі сатылардан өтетін бірнеше объектілермен операцияларды бір уақытта Тәуелсіз орындау жолымен өнімділікті арттыру мақсатында кезеңдердің бірізділігіне бөлінген объектілер бойынша операцияларды орындауды ұйымдастыру. Конвейер, сондай-ақ осындай ұйымның кезеңдерінің арасында объектілерді жылжыту құралы деп аталады.

Таспалы конвейерлер агломерациялық фабрикаларда, Металлургиялық зауыттардың Домна цехтарында, жылу станцияларында сусымалы жүктерді тасымалдау үшін қолданылады (7.1 сурет).



7.1 сурет - Таспалы конвейердің жалпы түрі

Жүк түріне байланысты конвейерлердің жіктелуі: үйінді, даналы. сондықтан конвейердегі жұмыс электр тогының әсері және тасымалданатын жүктің табиғатына байланысты зиянды заттардың бөлінуі сияқты қауіпті өндірістік факторлармен ұштасады. Сондықтан осы бөлімде берілген өндірістік факторларды қарастыру қажеттілігі туындайды

7.2 Өндірістегі немесе жұмыс орнындағы еңбек жағдайларын бағалаудың негізгі факторлары мен әдістері

Таспалы конвейердің машинисіне жұмыс кезінде келесі қауіпті және зиянды өндірістік факторлар әсер етуі мүмкін:

- көлік құралдарының, жабдықтардың қозғалатын элементтері және олар тасымалдайтын жүктер, материалдар, әсіресе осы құралдар мен жабдықтарды тоннельдерде, галереяларда және басқа да қысылған жағдайларда орналастырған кезде;

- жетек, тарту, тиеу, түсіру тораптарының айналмалы элементтері және т. б.;

- электр тогымен зақымдану;

- жұмыс аймағы мен өндірістік үй-жайлар ауасының жоғары тоздануы және газдануы;

- жеткіліксіз жарық.

Қарастырылып отырған өндірістің ерекшелігі еңбекті ұйымдастырудың прогрессивті формаларын қолдану болып табылады, атап айтқанда: еңбекті ұжымдық ұйымдастыру-бригада ұйымдастыру бірлігі ретінде; қызметкерлердің көп санын талап ететін конвейерлік ағынды желі.

Бригада бастапқы, салыстырмалы дербес ұжымдық бірлік болып табылады, оның шеңберінде жұмысшылардың - еңбек және өндірістік процестерді тікелей орындаушылардың еңбек кооперациясы жүзеге асырылады.

Бригада ұжымына аттас кәсіптер мен мамандықтардың жұмысшылары, сондай-ақ әртүрлі кәсіптер, мамандықтар мен біліктіліктің әртүрлі деңгейіндегі жұмысшылар кіруі мүмкін.

Кез келген өндірістік бригаданы сипаттайтын жалпы белгі оның барлық мүшелері еңбек процесінде өзара байланысты, өндірістік тапсырмаларды бірлесіп орындайды және өз еңбегінің нәтижелері үшін ұжымдық жауапкершілікте болады. Бұл ретте құрылады және жалпы бригаданың материалдық мүдделілік нәтижелері еңбек - белгілі бір түрдегі аяқталған жұмыстарды өндіруде, осы сатыға дайын өнімді шығару немесе қызмет көрсетудің белгілі бір функцияларын орындау үшін шығаруда.

Кәсіпорында қолданылатын конвейер еңбек ұйымының ұжымдық нысанына жатады. Конвейерлерге қызмет көрсету бойынша еңбекті ұйымдастырудың ерекшелігі бүкіл еңбек процесі, ол қалай қалыптаспаған болса да, ұзақтығы бойынша тең немесе еселік бірқатар ұсақ операцияларға бөлінеді. Бұл ретте еңбек заты (бұл жағдайда жиналатын автомобиль) бір жұмыс орнынан екіншісіне тасымалдау лентасы, рольганг немесе басқа көлік құрылғысы арқылы жылжытылады.

Еңбек жағдайларын зерделеуге ыңғайлы болу үшін келесі факторлардың (элементтердің) жиынтығымен сипатталады:

- санитариялық-гигиеналық, сыртқы өндірістік ортаны микроклиматты, ауа жағдайын, шу, дiрiл, ультрадыбыс, жарықтандыру, сәулеленудің әр түрлі түрлерін, сумен, маймен, уытты және заттармен және т. б. байланыс, сондай-ақ өндірісте санитарлық-тұрмыстық қызмет көрсету;

- еңбек қызметінің нақты мазмұнымен, осы еңбек түрінің сипатына байланысты психофизиологиялық физикалық және нервтік, психикалық жүктеме, монотондылық, еңбек қарқыны мен ырғағы;

- қызметкердің эмоциясын қалыптастыруға әсер ететін эстетикалық, жабдықтарды, жарақтарды, өндірістік киімді безендіру, функционалдық музыка және т.б;

- әлеуметтік-психологиялық, еңбек ұжымындағы өзара қарым-қатынасты сипаттайтын және қызметкердің жұмыс берушімен тиісті психологиялық жағдайын жасайтын;

- шаршауды азайту есебінен жоғары жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз ететін еңбек және демалыс режимдері.

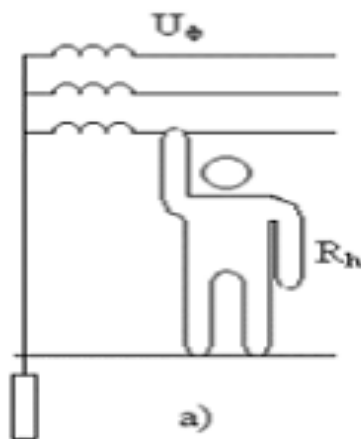
Еңбек жағдайы саласындағы еңбекті ғылыми ұйымдастырудың міндеті жұмыскерлердің жұмыс қабілетін арттыру және тіршілік әрекетін сақтау мақсатында барлық өндірістік факторларды оңтайлы жағдайға келтіру болып табылады. Қолайлы еңбек жағдайларын жасау жөніндегі жұмысты ұйымдастырудың маңызды алғышарты олардың нақты деңгейін объективті бағалау болып табылады. Өндірістік еңбек жағдайлары олардың жұмыс істейтін адамның ағзасына әсері тұрғысынан қаралатындықтан, олардың нақты жай-күйін бағалау осы әсердің салдарын есепке алуға Бұл ретте еңбек жағдайларын қалыптастыруға әсер ететін жекелеген элементтерді (факторларды) талдаумен және бағалаумен қатар, Бірыңғай интегралдық көрсеткіш көмегімен өндірістік орта әсерінің барлық алуан түрлілігін ескеру өте маңызды. Өндірістік ортаның барлық факторларының адамның жұмысқа қабілеттілігіне, денсаулығы мен тіршілік әрекетіне жиынтық әсерін сандық және сапалық бағалау еңбек ауырлығының көрсеткішінде көрініс табады. Өндірісте нақты еңбек жағдайларының әсерінен ағзаның үш сапалық анықталған негізгі функционалдық жағдайы қалыптасады: қалыпты, шекаралық (норма мен патология арасында) және патологиялық. Олардың әрқайсысы өзінің ерекше белгілері бар. Әсер ету дәрежесі, еңбек жағдайларын сипаттайды ауырлықтағы санатқа еңбек.

7.3 Электр тогын өндірісте пайдалану кезіндегі қауіпсіздік шаралар

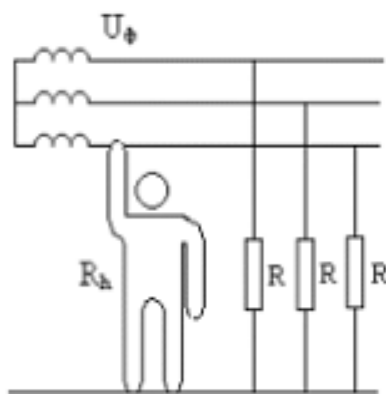
Электр тогы адам денесінен өтіп, оған жылу, химиялық, механикалық және биологиялық әсер етеді. Токтың жылулық әсері дененің жекелеген бөліктерінің күйіктерінен, тіндердің және биологиялық ортаның қызуынан көрінеді, бұл олардың функционалдық бұзылуларын тудырады. Химиялық әсер органикалық сұйықтықтың, қанның ыдырауынан көрінеді және олардың физикалық-химиялық құрамының өзгеруінен көрінеді; механикалық бұлшықет тіндерінің үзілуіне әкеледі; биологиялық ток ағзаның тірі тіндерін тітіркендіру және қоздыру қабілеттілігінен тұрады. Жоғарыда аталған токтың кез келген әсері жарақат әкелуі мүмкін. Электр тогының немесе электр доғасының әсерінен туындаған жарақат электр жарақаты деп аталады.

Практикада электр жарақаттары шартты түрде жергілікті және жалпы болып бөлінеді. Жергілікті электр жарақаттар ағзаның жергілікті зақымдануын тудырады - электрлік күйік, электрлік белгі, терінің электр доғасының әсерінен балқыған бөлшектермен металдануы, ток әсерінен бұлшықеттердің еріксіз қысқаруынан туындаған механикалық зақымданулар және электрофтальмия (электр доғасының әсерінен көздің сыртқы қабығының қабынуы). Электр соққысы деп аталатын жалпы электр жарақаттары ағзаның өмірлік маңызды органдары мен жүйелерінің қалыпты қызметінің бұзылуына әкеледі немесе бүкіл ағзаның зақымдануына әкеледі. Электр тогымен зақымданудың ауырлығы көптеген факторларға байланысты: - ток күші - адам денесінің электрлік кедергісі - дене арқылы токтың өту ұзақтығы - ток түрі мен жиілігі - адамның жеке қасиеттері - қоршаған орта жағдайлары адам

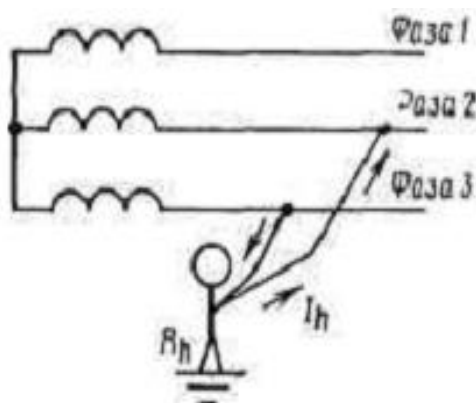
зақымдалуының белгілі бір дәрежесін шарттайтын негізгі фактор - ток күші. Оның адамға әсер етуінің сипаттамасы үшін үш критерий белгіленген: - шектік сезілетін ток - Елеулі тітіркенуді тудыратын токтың ең аз мәні - шектік босатылмайтын ток - бұлшықеттердің тырысып кетуін тудыратын, зақымдану көзінен босатуға мүмкіндік бермейтін токтың мәні - шектік фибрилляциялық ток - жүректің фибрилляциясын тудыратын токтың мәні адамның токтың электр тізбегіне қосылуының әртүрлі схемалары бар: - бір фазалық жанасу (Тура) - әрекеттегі электр қондырғысының бір фазасының өткізгішіне жанасу; - бір фазалық - екі фазалы жанасу (тура) - екі фазалы өткізгіштерге бір мезгілде жанасу, жұмыс істеп тұрған электр қондырғысының-оқшаулаудың зақымдануы нәтижесінде кернеудегі электр қондырғыларының ток өткізбейтін бөліктеріне жанасу, мысалы, авариялық корпусқа-адым кернеуіне қосу, яғни бір-бірінен адым қашықтығындағы ток тізбегінің екі нүктесінің арасында бір мезгілде адам тұрған ток тізбегінің екі нүктесінің арасында.



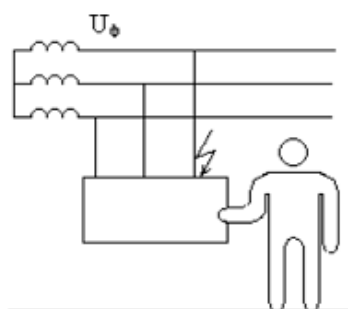
7.2 сурет - Электр тогының тізбегіне адам денесін бір фазалы қосу сұлбасы (бейтарап жерге қосылған желі)



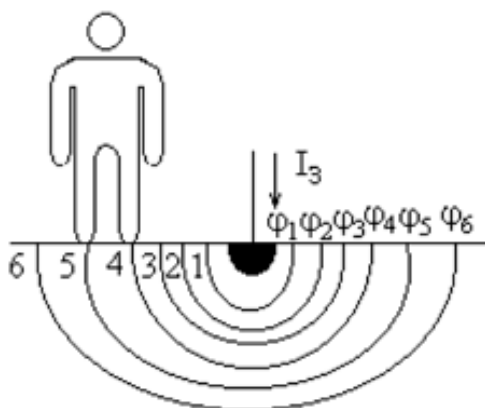
7.3 сурет - Электр тогының тізбегіне адам денесінің бір фазалы қосылу сұлбасы (оқшауланған бейтарабы бар желі)



7.4 сурет - Электр тогының тізбегіне адам денесінің екі фазалық қосылу сұлбасы

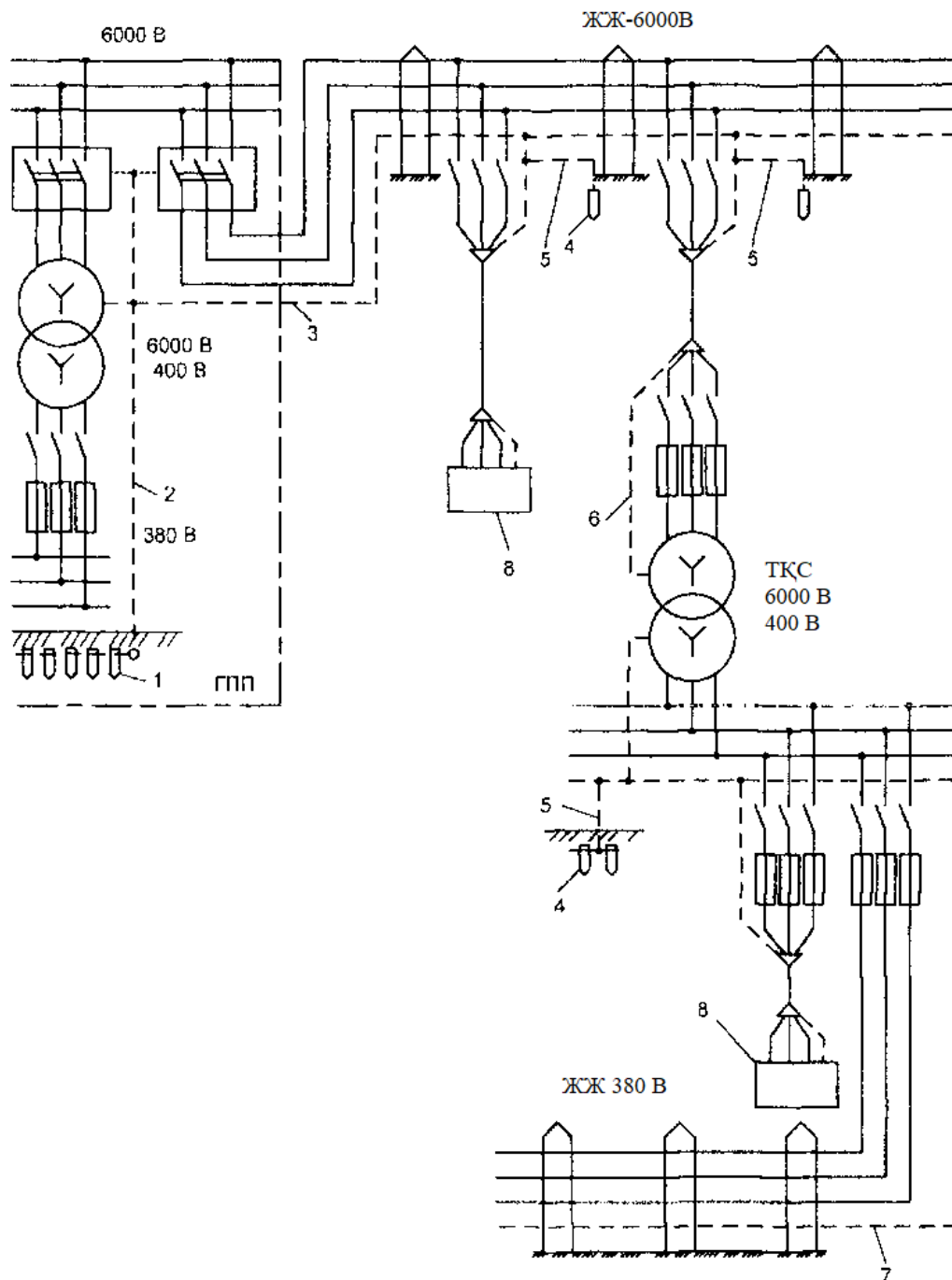


7.5 сурет - Электр қондырғының авариялық корпусына жанасу сұлбасы



7.6 сурет – Адам ағзасына әсері

Электр жарақатын жүйелі түрде зерттеу қаншалықты маңызды екенін түсіну үшін электр қауіпсіздігі саласындағы кез келген әзірлемелермен танысу жеткілікті. Бірақ электр жарақатын зерттеудің тиісті сапасын қамтамасыз ету оңай емес. Ол үшін жазатайым оқиғалар туралы толық және объективті ақпарат алып, қазіргі ғылыми деңгейде талдау жүргізу қажет. Электр жарақатының басты себептері: - оқшауланбаған ток өткізгіш бөліктерге жанасу мүмкіндігі; - кернеуі 1000 в жоғары электр қондырғысының ток өткізгіш бөліктері мен адам арасында электр доғасының пайда болуы; - персоналдың келісілмеген және қате әрекеттері. Мысалы, қондырғыға кернеу беру; адамдар жұмыс істейді.



1 – негізгі жерге тұйықтау; 2 – жерге тұйықтау шиналары ГПП; 3 – жерге тұйықтау сым; 4 – жергілікті жерге тұйықтау; 5 – жергілікті жерге тұйықтауды бөлу; 6 – ТҚС (трансформатор қосалқы станциясы) жерге тұйықтау желі, 7 – жерге тұйықтау сым; 8 – электрқондырғы.

7.7 сурет – Қорғаныс жерге тұйықтау сұлбасы

Қорғаныстық жерге қосу-жерге тұйықталу салдарынан және басқа да себептер бойынша (көршілес ток өткізгіш бөліктердің индуктивті әсері, потенциалын шығару, найзағайдың разряды және т. б.) кернеуде болуы мүмкін жермен немесе оның эквивалентімен әдейі электрлік қосылу.

Қорғаныс жерге тұйықтаудың мақсаты - электр қондырғысының корпусына және корпусқа тұйықталу салдарынан және басқа да себептер бойынша кернеу астында қалған басқа да ток өткізбейтін металл бөліктерге жанасқан жағдайда токпен зақымдану қаупін жою.

Жерге тұйықтауға, мысалы, сорғылардың, конвейерлердің, трансформаторлардың, ажыратқыштардың немесе басқа электр жабдықтарының корпустары жатады. Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі және одан жоғары жылжымалы электр қондырғыларының, машиналар мен механизмдердің қорғаныштық жерге қосылуы жалпы орындалады. Жалпы жерге тұйықтау құрылғысы орталық және жергілікті жерге тұйықтау құрылғыларынан тұрады. қорғаныстық жерге қосу құрылғысының үлгі схемасы жоғарыда келтірілген.

7.4 Өндіріс ғимаратын жарықтандыру

Өндірістік жарықтандырудың негізгі міндеті-жұмыс орнында көру жұмысының сипатына сәйкес жарықтандыруды ұстау. Өндірістік үй — жайлардағы Жарық тәуліктің жарық уақытында табиғи жарық көзі-аспан суымен жүзеге асырылады. Табиғи жарықтандыру адамдар тұрақты болатын үй-жайларда құрылады. Ол қысқа мерзімді адамдар болатын және жұмыстың технологиялық жағдайлары бойынша жарықтың болуына жол берілмейтін үй-жайларда болмауы мүмкін.

Жасанды жарықтандыру үшін қыздыру шамдары және газ разрядты (люминесцентті) шамдар қолданылады. Жасанды жарықтандыру көздерін таңдау кезінде олардың электрлік, жарық техникалық, конструктивтік, пайдалану және экономикалық көрсеткіштері ескерілуі тиіс. Шамдарды жарық ағынын қайта бөлуге, көзді жылтырлықтан және шамды ластанудан қорғауға, электр, жарылыс және өрт қауіпсіздігін қамтамасыз етуге, ылғалдан қорғауға арналған жарық беретін арматурада (оларды бірге шам деп атайды) орналастырады. Шамның маңызды сипаттамалары-қорғаныс бұрышы және шамның пайдалы әрекет ету коэффициенті (ПӘК). Шамның қорғаныс бұрышы деп бақылаушының көзі шамның соқыр әсерінен қорғалған және жарық беретін денеге және шағылдырғыштың жиегіне жанасатын көлденең және сызықпен түзілген бұрыш деп аталады. Бұрыштың ең аз мәні 15 градқа тең. Шамның пайдалы әсер коэффициенті шамның жарық ағынының осы шамдағы шамдардың жарық ағысына қатынасы деп аталады. Қазіргі заманғы КҚК шамдарында 60-80% құрайды.



7.8 сурет – Өндірісті жарықтандыру көрнісі

Көлік цехын жарықтандыру нормалары-дайын бұйымдарды көлікке тиеу объектісі 10 лк құрайды

7.5 Циклонды есептеу

Қазіргі заманғы технологиялар шаңның пайда болуына байланысты жұмыстардың барлық түрлерін жүргізу кезінде атмосфераға ластанушы заттардың шығарылуын азайтуға, сондай-ақ өндірістік үй-жайлардан шаң ұстайтын агрегаттардың көмегімен ластанған ауаны жоюға мүмкіндік береді.

Шаң ұстағыш жабдық әр түрлі материалдарды өңдеу кезінде ауада пайда болатын шаңды, зиянды қоспаларды және улы заттарды жоюға арналған. Ол ағаш өңдеу, ұсақтау, темір-бетон және басқа да өнеркәсіп кәсіпорындарында өзінің қолданылуын тапты.

Шаң ұстағыш агрегатты дұрыс таңдау және сатып алу үшін тазаланатын шаңның сипатын (абразивтілік, слипаемость, жарылыс қауіптілігі, талшықты), бөлшектердің тығыздығын, шаңның дисперсиялық құрамын, қажетті тазалау коэффициентін ескеру қажет.

Циклонды есептеу циклон түрінде беріледі және газдың оңтайлы жылдамдығын $\omega_{\text{оңт/ж}}$, анықтайды, циклон қимасы диаметрі D арқылы.

7.1 кесте – Циклонды септеу үшін берілген тапсырма

Жұмыс шарттары кезінде газдың тығыздығы Q , м ³ /с	1,3
Шаң бөлігінің тығыздығы - $\rho_{\text{ш}}$, кг/м ³	1900
Шаңның дисперсиясы - $lg\sigma_{\text{ш}}$	0,7
Кірістегі шоғырлану шаңы $C_{\text{кір}}$, г/м ³	80
Шаңның дисперсиялық құрамы $d_{\text{ш}}$, мкм	30
Газ тазалануының дәрежесі η	0,79

7.2 кесте - Есептеу

Циклон түрі	ЦН-15
газдың оңтайлы жылдамдығын $\omega_{\text{оңт/ж}}$	3,5
Диаметр $D = 500$ мм циклоны үшін K_1 , коэффициенті	1,0
$C_{\text{кід}} = 80$ г/м ³ сәйке, K_1 , коэффициенті	0,90
Бір циклонның гидравликалық кедергі коэффициентінің мәні диаметрі 500 мм, ζ_{500} , Атмосфераға шығарылған кезде	155
Шаң параметрлерінің міндері d_{50}^T	4,5
Шаң параметрлерінің мәндері $\lg \sigma_{\eta}$	0,352
Жұмыс температурасы кезінде газдың тұтқырлығы μ_T . Па·с.	$22,2 \cdot 10^{-6}$
Шаң бөлшектерінің тығыздығы $\rho_{\text{тығ}} = \text{кг/м}^3$	1930

Циклон диаметрін есептеу:

$$D = \frac{(4Q)^{0,5}}{\pi \omega_{\text{оңт/ж}}} = \left(\frac{4 \cdot 1,3}{3,14 \cdot 3,5} \right)^{0,5} = 0,68 \text{ м.} \quad (7.1)$$

Циклондағы нақты жылдамдықты есептейміз:

$$\omega = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 1,3}{3,14 \cdot 1 \cdot (0,68)^2} = 3,58 \text{ м/с.} \quad (7.2)$$

Бір циклонның гидравликалық кедергі коэффициентін есептейміз:

$$\zeta = K_1 K_2 \zeta_{50} = 1 \cdot 0,9 \cdot 155 = 139,5. \quad (7.3)$$

Циклонның гидравликалық кедергісін анықтайды, Па:

$$\Delta P = \frac{\zeta \cdot \rho \cdot \omega^2}{2} = \frac{139,5 \cdot 1900 \cdot (3,58)^2}{2} = 1698493,4 \text{ Па.} \quad (7.4)$$

d_{50}^T және $\lg \sigma_{\eta}$ мәндері типтік циклдің жұмыс шарттары бойынша анықталғандықтан, жұмыс жағдайының типтік мәннен ауытқуының шамаға әсерін ескеру қажет d_{50} , мкм:

$$d_{50} = d_{50}^T \left(\frac{D \cdot \rho_{\text{қт}} \cdot \mu \cdot \omega_T}{D \cdot \rho_{\text{қ}} \cdot \mu \cdot \omega} \right)^{0,5} = 4,5 \left(\frac{0,68 \cdot 1930 \cdot 22,2 \cdot 3,5}{0,68 \cdot 1900 \cdot 22,2 \cdot 3,58} \right)^{0,5} = 4,48$$

құрамы.

-шаңның диспесерлі

X құрамды есептеу:

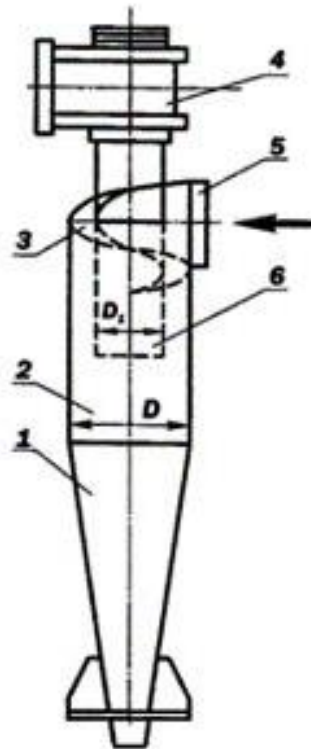
$$X = \frac{\lg \frac{d_{50}^T}{d_{50}}}{(\lg^2 \sigma_\eta + \lg^2 \sigma_\epsilon)^{0,5}} = \frac{\lg \frac{4.48}{4.5}}{((0,352)^2 + 0,7^2)^{0,5}} = -0,00315. \quad (7.5)$$

Параметрдің кестелік функциясы X: $\Phi(-0,00315) = 0,5$.

Циклондағы газды тазарту тиімділігін анықтау:

$$\eta = 0,5(1 + \Phi(x)),$$

$$\eta = 0,5(1 + 0,5) = 0,75.$$



1- конус бөлігі; 2 - цилиндрлік бөлік; 3 – винтті қақпақ; 4 – иілген бөлігі; 5- кіру келте құбыры; 6 - газ шығару құбыры.

7.9 сурет - ЦН – 15 циклон құрлысы

Осылайша, таңдалған ЦН-15 циклоны қажетті тазалау деңгейін қамтамасыз етеді. Газды алдын ала тазалау қажет емес.

ЦН-15 циклондары аспирациялық ауаны тазарту үшін пайдаланылады және ең көп топты білдіреді, сондай-ақ өндірістің кейбір процестерінде бөлінетін газдар мен ауаны құрғақ тазарту үшін: күйдіру, агломерация, кептіру, Отын және т. б. Циклон ЦН-15 (шаң ұстағыш) қолданылады: қара және түсті металлургия кәсіпорындарында, химия, мұнай, машина жасау өнеркәсібінде, сондай-ақ шаң ұстағыш энергетика кәсіпорындарында, құрылыс материалдарын және т. б. өндіру кезінде тиімді.

ЦН-15 типті циклондарды түтін газдарынан күлді; кептіргіштерден тозатын шаңды; газдағы өлшенген бөлшектері бар процестер өтетін аппараттардан газбен тозатын шаңды; материалдарды пневматикалық тасымалдау кезінде пайда болатын шаңды; бастапқы тозаңдануы 500 г/м³ дейінгі ластанған ауаны тазарту үшін қолдану ұсынылады .

ЦН-15 циклондары мөлшері 10 мкм артық шаң бөлшектерінің 80-95% тиімділікпен газдарды тазартуды қамтамасыз етеді. Негізінен оларды газдарды алдын ала тазалау үшін пайдалану және тиімділігі жоғары аппараттардың алдында (мысалы, сүзгіштер мен электр сүзгілері) орнату ұсынылады. Кейбір жағдайларда ЦН-15 циклондарының қол жеткізілетін тиімділігі атмосфераға газдар немесе ауаны шығару үшін жеткілікті болып табылады.

ЦН-15 циклонында газды тазарту тиімділігі дисперсті құраммен және ұстап қалатын шаң бөлшектерінің тығыздығымен, сондай-ақ оның температурасына байланысты газдың тұтқырлығымен анықталады. Циклон диаметрінің азаюы және циклондағы газ жылдамдығының белгілі бір шегіне дейін жоғарылауы кезінде тазарту тиімділігі артады.

Циклонның конструкциясы 400°С дейінгі температураға және 5 (500) кПа (кгс/м²) кернеуге есептелген. ЦН-15 циклондары сол жақта да, оң жақта да жасалады. Олар желдеткіштің сору желісінде де, айдау желісінде де орнатылуы мүмкін. Осыған байланысты жеке циклон тазартылған ауаның шығысындағы улиткамен немесе қолшатырмен жинақталады. Ауаны желдеткіш қанатшаларының тозуын тудыратын абразивті шаңнан тазарту кезінде циклондарды желдеткіш алдында орнату ұсынылады. Циклондар тобында тазартылған ауа шығатын келтекұбырлар ауаның тік шығатын жиналмалы коллектормен және жалпы фланецпен біріктірілген әрбір циклонның иілген жүйесімен біріктірілуі мүмкін.

7.6 Еңбек қауіпсіздігі бөлімі бойынша қорытынды

Бұл дипломдық жұмыста конвейр құрылғысын қрастырғандықтан мен бұл бөлімде конвейр өндірісіндегі жұмыс орнының қауіпсіздік шараларын қарастырдым. Ол қауіпсіздік шаралардың ішіне жұмыс орнының қауіпсіздігі және өндірістегі жұмыс орнындарға қатысты еңбек жағдайларын бағалаудың негізгі факторлары мен әдістері, электр тогын өндірісте пайдалану кезінде қауіпсіздік шараларын көрсеттім. Сонымен қатар қорғаныс жерге тұйықтау, өндірісті жарықтандыру ережелерін қарастырдым. Келесі бөлімінде циклонды есептеу арқылы өндірісте пайда болған шаңды және ластанған ауаны тазалауға арналған құрылғыны тандап, есептеу жүргіздім. Шаң ұстағыш ЦН-15 құрылғыны таңдадым. Бұл таңдалған құрылғы мен қарастырып отырған конвейрі бар өндіріске қолайлы деп таптым. ЦН-15 құрылғысы және жұмыс істеу принципі өнеркәсіп кәсіпорындарында өзінің қолданылуын тапты.

8 Экономикалық бөлім

8.1 Электр жетектің экономикалық тиімділігін бағалау арқылы таңдау

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

автоматтандырудың жоғары деңгейі;

- тозудың азаюы және құрылғының жұмыс істеу уақытының созылуы;

- жетек механизмінде динамикалық жүктемелердің азаюы;

- өзін-өзі диагностикалау арқылы бұзылуға тұрақтылықтың жоғарылығы;

- тоқ және момент бойынша асқын жүктемені көтеру қабілеттілігі;

- бұйымның өз класында баға/сапа қатынасы неғұрлым оптималды болуын қамтамасыз етуі;

- пайдалануға кеткен шығынның төмендеуі;

- энергия тұтынудың оптимизациялау есебінен электр энергиясын тұтынудың 10 % - ға азаюы;

- бөлінген ақша өтелімділігінің қысқа мерзімі.

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

Бұл дипломды жұмыста шахталы көтеру қондырғысының электр жетегін жетілдіру қарастырылған. Жиілік түрлендіргіш ақылы басқарылатын біржылдамдықты асинхронды электр жетегі қарастырылған. 4АНК355М4У3 сериялы фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыш қолданылды. Бұл қозғалтқыштың тиімділігін анықтау үшін АК4-400Х-4У3 сериялы екінші бір фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышпен салыстырамыз.

8.2 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу

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

8.1 кестеде қозғалтқыштардың техникалық деректері және 10.2 кестеде капиталдық салымдарды есептеудегі мәндері көрсетілген.

8.1 кесте – Қозғалтқыштардың техникалық деректері

Қозғалтқыштың параметрлері	1-ші нұсқа: фазалы роторлы АҚ	2-ші нұсқа: фазалы роторлы АҚ
Қозғалтқыш	АК4-400Х-4У3	4АНК355М4У3
Қуаты, кВт	500	400
ПӘК, %	94	94
Айналу жиілігі айн/мин	1500	1380
Бағасы	850000	700000

8.2 кесте - Капиталдық салымдарды есептеу

Қолданылатын құралдардың атауы:	Бір тауарға кететін баға, тг	Монтаждық және іске қосу салымдары, тг	Тасымалдауға Кететін шығын, тг	Құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары
1. Электр қозғалтқыш	850000	102000	19040	10200
2. Жиілік түрлендіргіш	87000	10440	1949	1044
3. Резистор	17000	2040	381	204
4. Түзеткіш	135000	16200	3024	1620
5. Электромагнитті тежегіш	30000	3600	672	360
Барлығы	1117000	134280	25066	13428

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептелінеді:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ.ж}} + K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б.с}}; \quad 8.1$$

мұндағы:

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

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

$K_{\text{м}}$ – монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының капиталдық салымдары;

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

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

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

$$K_{\text{м}} = 0,12 \cdot K_{\text{ж.с}} = 0,12 \cdot 850000 = 102000 \text{ тг}; \quad 8.2$$

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

$$K_{\text{қ.ж.}} = 0,1 \cdot 102000 = 10200 \text{ тг}; \quad 8.3$$

Тасымалдауға кететін шығын:

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

$$K_{\text{б.с}} = 0,02 \cdot (K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}}) = 0,02 \cdot (850000 + 102000) = 19040 \text{ тг}; \quad 8.4$$

$$K_{\text{жалпы}} = 1117000 + 134280 + 25066 + 13428 = 1289774 \text{ теңге.}$$

Эксплуатационды шығындар келесідей есептелінеді:

$$И = И_{\text{а}} + И_{\text{э}} + И_{\text{ж.ж}} + И_{\text{е.а}} + И_{\text{б.ш}} + И_{\text{б.а.с}}; \quad 8.5$$

мұнда:

$И_{\text{а}}$ - амортизациялық аударымдар (сала үшін амортизациялық аударымдар нормасы 5-10%);

$И_{\text{э}}$ – өндірістік қажеттіліктер үшін электр энергиясы шығындарының құны;

$И_{\text{ж.ж}}$ – электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны;

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

$И_{\text{б.ш}}$ – басқа эксплуатациялық шығындар

$И_{\text{б.а.с}}$ – зейнетақы жарнасын жинақтаушы зейнетақы қорына аудару арасындағы айырмасының 11% құрайтын бірыңғай әлеуметтік салық.

1. Амортизациялық аударымды $И_{\text{а}}$ келесі формула бойынша табылады:

$$И_{\text{а}} = \frac{Н \cdot \Phi}{100} = \frac{850000 \cdot 9,5}{100} = 80750 \text{ тг.} \quad 8.6$$

мұнда:

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

Φ – қондырғының бастапқы бағасы, (850000 теңге).

2. $И_{\text{э}}$ электр энергиясының шығынының құны мына формуламен анықталады:

$$И_{\text{э}} = \Delta A \cdot W; \quad 8.7$$

мұнда:

ΔA – электр энергиясының жылдық шығыны;

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

Жылдық шығын келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta A = P_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot K_{ж} \cdot T = 500 \cdot \frac{1 - 0,94}{0,94} \cdot 0,9 \cdot 4000 = 114893 \frac{\text{кВт}}{\text{сағ}}; \quad 8.8$$

мұнда:

P_2 – электр қозғалтқышының номиналды қуаты – 500 кВт;

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

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

T – қолданыстағы қор жұмыс уақыты – 4000 сағ.

$$I_э = 114893 \cdot 17,81 = 2046244 \text{тг.}$$

3. Қызмет көрсетуші қызметкерлердің еңбекақысы және әлеуметтік салықтарды төлеу:

Қызметкерлердің негізгі еңбек ақысы: $I_{е.а} = 90000 \cdot 12 = 1080000$;

Зейнетақы қорына бөлінгеннен кейінгі еңбек ақы:

$$I_{з.қ.б} = I_{в.а} - 10\% \cdot I_{в.а} = 1080000 - 10\% \cdot 1080000 = 972000 \text{ тг.} \quad 8.9$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{б.э.с} = 11\% \cdot I_{з.қ.б} = 11\% \cdot 972000 = 106920 \text{ тг.} \quad 8.10$$

4. Электр жабдықтарын жөндеуге арналған шығындар, қосалқы бөлшектер құны:

$$I_{қ} = 60000 \text{ тг.} \quad 8.11$$

5. $I_{жжк}$ электр құрылғыларын жөндеу жұмыстар құны:

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

$$I_{жжк} = I_{е.а} + I_{б.э.с} + I_{т.д} = 1080000 + 106920 + 10800 \quad 8.12 \\ = 1197720 \text{ тг.}$$

мұнда:

$I_{е.а}$ – еңбек ақысы (1080000 тг);

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

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

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

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (I_{а} + I_{э} + I_{қ} + I_{жжк}); \quad 8.13$$

Сонда:

$$И_{б.ш} = 0,05 \cdot (80750 + 2046244 + 60000 + 1197720) = 169236 \text{ тг.}$$

Эксплатационды шығындардың қосындысы:

$$И = 80750 + 2046244 + 1197720 + 1080000 + 169236 + 106920 \\ = 4680870 \text{ тг.}$$

8.3 кесте - Шығындар сметасы

Шығын көздері	Шығын суммасы, тг
1. Амортизациондық аударым	80750
2. Электр энергиясының шығының құны	2046244
3. Электр жабдықтарының қосалқы бөлшектер құны	60000
4. Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны	1197720
5. Басқа шығындар	169236
Барлығы	3553950

8.3 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу (2-нұсқа).

8.4 кесте - Капиталдық салымдарды есептеу

Қолданылатын құралдардың атауы:	Бір тауарға кететін баға, тг	Монтаждық және іске қосу салымдары, тг	Тасымалдауға Кететін шығын, тг	Құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары
1. Электр қозғалтқыш	700000	84000	15680	8400
2. Жилік түрлендіргіш	80000	9600	1792	960
3. Резистор	15000	1800	336	180
4. Түзеткіш	120000	14400	2688	12000
5. Электромагнитті тежегіш	25000	3000	560	2500
Барлығы	940000	112800	21056	24040

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептелінеді:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ.ж}} + K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б.с}}; \quad 8.14$$

мұндағы:

$K_{ж.с}$ – жабдықты сатып алуға жұмсалатын капиталдық салымдар;
 $K_{қ.ж}$ – құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары;
 $K_{м}$ – монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының капиталдық салымдары;

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

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

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

$$K_{м} = 0,12 \cdot K_{ж.с} = 0,12 \cdot 700000 = 84000 \text{ тг}; \quad 8.15$$

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

$$K_{қ.ж} = 0,1 \cdot 84000 = 8400 \text{ тг}; \quad 8.16$$

Тасымалдауға кететін шығын:

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

$$K_{б.с} = 0,02 \cdot (K_{ж.с} + K_{м}) = 0,02 \cdot (700000 + 84000) = 15680 \text{ тг}; \quad 8.17$$

$K_{жалпы} = 940000 + 112800 + 21056 + 24040 = 1097896$ теңге.

Эксплуатационды шығындар келесідей есептелінеді:

$$И = И_{а} + И_{э} + И_{ж.ж} + И_{е.а} + И_{б.ш} + И_{б.э.с}; \quad 8.18$$

мұнда:

$И_{а}$ - амортизациалық аударымдар (сала үшін амортизациялық аударымдар нормасы 5-10%);

$И_{э}$ – өндірістік қажеттіліктер үшін электр энергиясы шығындарының құны;

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

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

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

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

Амортизациялық аударымды $И_{а}$ келесі формула бойынша табылады:

$$И_{а} = \frac{Н \cdot \Phi}{100} = \frac{700000 \cdot 9,5}{100} = 66500 \text{ тг}. \quad 8.19$$

мұнда:

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

Ф – қондырғының бастапқы бағасы, (700000 теңге).

2. I_3 электр энергиясының шығынының құны мына формуламен анықталады:

$$I_3 = \Delta A \cdot W; \quad 8.20$$

мұнда:

ΔA – электр энергиясының жылдық шығыны;

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

Жылдық шығын келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta A = P_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot K_{ж} \cdot T = 400 \cdot \frac{1 - 0,94}{0,94} \cdot 0,9 \cdot 4000 = 91915 \frac{\text{кВт}}{\text{сағ}}; \quad 8.21$$

мұнда:

P_2 – электр қозғалтқышының номиналды қуаты – 400 кВт;

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

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

T – қолданыстағы қор жұмыс уақыты – 4000 сағ.

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

3. Қызмет көрсетуші қызметкерлердің еңбекақысы және әлеуметтік салықтарды төлеу:

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

Зейнетақы қорына бөлінгеннен кейінгі еңбек ақы:

$$I_{з.қ.б} = I_{в.а} - 10\% \cdot I_{в.а} = 1080000 - 10\% \cdot 1080000 = 972000 \text{ тг.}$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{б.э.с} = 11\% \cdot I_{з.қ.б} = 11\% \cdot 972000 = 106920 \text{ тг.} \quad 8.22$$

4. Электр жабдықтарын жөндеуге арналған шығындар, қосалқы бөлшектер құны:

$$I_{қ} = 50000 \text{ тг.} \quad 8.23$$

5. $I_{жжж}$ электр құрылғыларын жөндеу жұмыстар құны:

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

$$I_{жжж} = I_{e.a} + I_{б.э.с} + I_{т.д} = 1080000 + 106920 + 10800 = 1197720 \text{ тг.} \quad 8.24$$

мұнда:

$I_{e.a}$ – еңбек ақысы (1080000 тг);

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

$I_{тд}$ - тәуекел дәрежесіне байланысты әлеуметтік сақтандыру қорына аударымдар еңбекақы сомасынан 1%.

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

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (I_a + I_э + I_к + I_{жж}); \quad 8.25$$

Сонда:

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (66500 + 1637004 + 50000 + 1197720) = 147261 \text{ тг.}$$

Эксплуатационды шығындардың қосындысы:

$$И = 66500 + 1637004 + 1197720 + 1080000 + 147261 + 106920 \\ = 4235405 \text{ тг.}$$

8.4 – кесте Шығындар сметасы

Шығын көздері	Шығын суммасы, тг
1. Амортизациондық аударым	66500
2. Электр энергиясының шығының құны	1637004
3. Электр жабдықтарының қосалқы бөлшектер құны	50000
4. Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны	1197720
5. Басқа шығындар	147261
Барлығы	3098485

Жобаның экономикалық тиімділігін есептеу

Екі нұсқаны салыстыру үшін минимум келтірілген шығындар әдісі қолданылады.

Келтірілген шығындар мынадан тұрады:

$$КШ = С + E_H \cdot K \quad 8.26$$

мұндағы: C – эксплуатационды шығындардың қосындысы (теңге);

K – капиталды салым;

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

$$КШ_1 = 4680870 + 0,15 \cdot 1289774 = 4874336 \text{ тг.}$$

$$КШ_2 = 4235405 + 0,15 \cdot 1097896 = 4400089 \text{ тг.}$$

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

$$\Delta = KШ_1 - KШ_2 = 4874336 - 4400089 = 474247 \text{ тг.} \quad 8.27$$

Есептеулерді салыстыра отыра екіншіні ұсқаның тиімділігі көрінеді мұндағы:

$KШ_1$ – 1- нұсқа бойынша келтірілген шығындар, теңге;

$KШ_2$ –2- нұсқа бойынша келтірілген шығындар, теңге.

Екінші нұсқадағы экономикалық тиімділік тең:

$$\Delta = \Delta U + 0,15 \cdot \Delta K; \quad 8.28$$

$$\begin{aligned} \Delta &= (4680870 - 4235405) + 0,15 \cdot (1289774 - 1097896) \\ &= 445465 + 0,15 \cdot 191878 = 474247 \text{ тг.} \end{aligned}$$

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

$$T = \frac{K_1 - K_2}{I_1 - I_2} = \frac{1289774 - 1097896}{4680870 - 4235405} = 0,43. \quad 8.29$$

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

I_6 және I_e – эксплуатационды шығындардың қосындысы.

Салыстырмалы экономикалық тиімділік:

$$E = \frac{I_6 - I_e}{K_6 - K_e} = \frac{4680870 - 4235405}{1289774 - 1097896} = 2,32. \quad 8.30$$

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

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

Алынған коэффициентінің тиімділігі мен өтелу мерзімін салыстырылады нормативтермен және егер шарттары орындалса, $E \geq E_H$, $2,32 \geq 0,15$; $T \leq T_H$, $0,43 \leq 2,78$ болса, онда енгізу ұсынылып отырған жүйенің экономикалық тиімді.

Қорытынды

Дипломдық жұмыста қондырғысының құрамы мен технологиясына сипаттама көрсетіліп, конвейрдің кинематикалық сұлбасына талдау жасалып, электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлері анықталды. Электр жетегі жүйесі таңдалып, оның қажетті сипаттамалары тұрғызылған. Электр жетегінің автоматты басқару жүйесі қарастырылған. Ленталы конвейердің реттелетін электр жетегін құрылды. Сонымен қатар конвейердің электр жетегіне бағдарламамен зерттеулер жүргізілді. Зерттеулер әртүрлі жұмыс режимдерінде жүргізілді.

Имитациялық зерттеулер нәтижесінде қарастырылған жетек техникалық сипаттамалардың талаптарына толықтай сәйкес келетіндігін көрсетті.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде өндірістің жұмыс ерекшелігіне талдау жасалып, өндірістегі немесе жұмыс орнындағы еңбек жағдайларын бағалаудың негізгі факторлары мен әдістері, сонымен қатар электр тогын өндірісте пайдалану кезіндегі қауіпсіздік шаралары мен өндіріс ғимаратын жарықтандыру қарастырылған.

Экономикалық бөлімде электр жетектің экономикалық тиімділігін бағалау арқылы таңдау. Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу және экономикалық тиімділігі қарастырылған.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

- 1 Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование электроприводов. Часть 8. – Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2010.
- 2 Основы автоматизированного электропривода. - М., «Энергия», 1974. / Чиликин М.Г., Соколов М.М., Терехов В.М., Шинянский А.В.
- 3 Н.В. Кояин, О.П. Мальцева, Л.С. Удут. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод. Имитационные модели в среде модели MATLAB-Simulink. Исследование электропривода посредством компьютерного моделирования: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2013.
- 4 Шеховцев П.В. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов / М.:ФОРУМ, 2010.
- 5 Ключев В.И. Теория электропривода. - М., «Энергия», 1971.
- 6 Зимин Е.Н., Яковлев В.И. Автоматическое управление электроприводами: Уч. пособие для ВУЗов. - М., Высшая школа, 1979.
- 7 Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. Елисеева В.А. и Шинянского А.В. – М., Энергоатомиздат, 1983.
- 8 Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. - М., Изд. МЭИ, 1971.
- 9 Рабинович Г.Я., Ситковский А.Я. Автоматизация ленточных конвейеров. - М., «Энергия», 1966.
- 10 Башарин А.В., Голубев Ф.Н., Кепперман В.Г. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. - Л., «Энергия», 1971.
- 11 Глазенко Т.А. Полупроводниковые преобразователи в электроприводах постоянного тока. - Л., 1973.
- 12 Очистка производственных сточных вод: Учеб.пособие для вузов/ С.В.Яковлев, Я.А.Карелин, Ю.М.Ласков, Ю.В.Воронов; Под ред. С.В.Яковлева. – М.:Стройиздат, 1985, ил.
- 13 Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов. – М.: АСВ, 2004.
- 14 Манойлов В.Е. Основы электробезопасности. – Л.: Энергоатомиздат, 1985.
- 15 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учебное пособие для вузов, М.: Энергоатомиздат, 1984.
- 16 СНиП II-12-77 Защита от шума. – М.1978.
- 17 Правила устройства электроустановок /Минэнерго М.:Энергоатомиздат, 1985.
- 18 Безопасность жизнедеятельности. Защита от производственного шума. Методические указания к выполнению дипломного проекта, Алматинский институт энергетики и связи. Алматы, 1995.

19 Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса. - М., Высшая школа, 2003. Голланцев Ю.А. и Мартынов А.А. Частотное управление двигателем переменного тока. М.: Энергия, 1984.

20 Грузков С.А. Электроснабжение летательных аппаратов. М.: Энергия, 1984.

21 Джендунбаев А.-З. Р. Математическая модель асинхронного генератора с учетом потерь в стали. Электричество №7, 2001, с .36-45.

22 Ильинский Н.Ф., Ипатенко В. Н. Тепловые модели в неноминальных циклических режимах. Электричество, 1984, № 7, с. 37-41.

23 Кацман М.М. Руководство к лабораторным работам по электрическим машинам и электроприводу. М.: Высшая школа, 2001.