

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»
Кафедра меңгерушісі
т.ғ.к., профессор Оржанова Ж.К.
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)
_____ « _____ » _____ 2020 ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Механикалық зауыттың компрессорлық қондырғысының электр жетегін жетілдіру

5B071800 - «Электр энергетика» мамандығы бойынша

Орындаған Аяпберген Нұрсұлтан Айбекұлы ЭЭ(ЭАТ)қ-16-4
(аты - жөні) (тобы)

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

_____ « _____ » _____ 20 _____ ж.
(қолы)

Кеңесшілер:

Техникалық бөлімі бойынша:

_____ (ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ « _____ » _____ 20 _____ ж.
(қолы)

Экономикалық бөлім бойынша:

Түзелбаев Бақберген Ибадиллаевич, PhD докторы
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ « _____ » _____ 20 _____ ж.
(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

Мусаева Ж.К., б.ғ.к., доцент
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ « _____ » _____ 20 _____ ж.
(қолы)

Пікір жазушы:

Исаханов Муратбек Жанабатырович, т.ғ.к., ҚазҰАУ профессоры
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ « _____ » _____ 20 _____ ж.

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

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

жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Аяпберген Нұрсұлтан Айбекұлы
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Механикалық зауыттың компрессорлық қондырғысының электр жетегін жетілдіру

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)
Түрі COMARO SB 55-08 компрессоры; қуаты 55 кВт; типі – ортадан
тепкіш компрессор; максималды өнімділігі – $Q=9,4 \text{ м}^3/\text{мин} = 0,14 \text{ м}^3/\text{с}$;
қысым – $p=8 \text{ атм.}$; кернеу - 380 В; масса – 1160 кг; қозғалтқыштың
синхрондық айналу жылдамдығы - 1500 айн/мин;

Дипломдық жұмыста әзірлеуге жататын сұрақтар тізімі немесе қысқаша мазмұны:

Кіріспе

1. Компрессор туралы жалпы мағлұматтар.
2. Компрессордың электр жетегінің негізгі элементтерін таңдау.
3. Электр қозғалтқыштың механикалық және электрмеханикалық сипаттамаларын есептеу.
4. Жиіліктік түрлендіргішті таңдау және оның элементтерінің параметрлерін есептеу.
5. Электр жетегінің басқару жүйесін жобалау және негізгі параметрлерін есептеу.
6. Асинхронды қозғалтқыштың имитациялық моделін құру және өтпелі үрдістерін зерттеу.
7. Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі.
8. Экономикалық бөлім.

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. Ортадан тепкіш компрессордың құрылысы.
2. Ортадан тепкіш компрессордың электр жетегінің функционалдық сұлбасы.
3. Асинхронды қозғалтқыштың орынбасу сұлбасы.
4. Асинхронды электр қозғалтқышының табиғи механикалық және электрмеханикалық сипаттамалары.
5. Электр қозғалтқыштың әртүрлі жиіліктегі жасанды механикалық және электрмеханикалық сипаттамалары.
6. Жиіліктік түрлендіргіштің желіге қосылу сұлбасы.
7. Компрессордың басқарылатын электр жетегінің тұйықталған жүйесінің құрылымдық сұлбасы.
8. MATLAB бағдарламасындағы электр жетектің виртуальды моделі және өтпелі үрдістердің графигі.
9. Тіршілік қауіпсіздігіне қатысты есептеулер нәтижелері.
10. Экономикалық есептеулердің нәтижелері.

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. Удун Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование электроприводов. Часть 8. – Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 464с.
2. Н.В. Кояин, О.П. Мальцева, Л.С. Удун. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод. Имитационные модели в среде модели MATLAB-Simulink. – 86с. Исследование электропривода посредством компьютерного моделирования: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2013. – 384с.
3. Шеховцев П.В. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов/ М.: ФОРУМ, 2010. – 352 с.: ил.

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

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

Диплом жұмысын дайындау

К Е С Т Е С І

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	<i>Дипломдық жұмыс тақырыбы бойынша материалдар жинау және ғылыми әдебиеттермен танысу</i>	18.11.2019	
2.	<i>Компрессор туралы жалпы мағлұматтар</i>	09.12.2019	
3.	<i>Компрессордың электр жетегінің негізгі элементтерін таңдау</i>	06.01.2020	
4.	<i>Электр қозғалтқыштың механикалық және электрмеханикалық сипаттамаларын есептеу</i>	27.01.2020	
5.	<i>Жиіліктік түрлендіргішті таңдау және оның элементтерінің параметрлерін есептеу</i>	14.02.2020	
6.	<i>Электр жетегінің басқару жүйесін жобалау және негізгі параметрлерін есептеу</i>	11.03.2020	
7.	<i>Асинхронды қозғалтқыштың имитациялық моделін құру және өтпелі үрдістерін зерттеу</i>	10.04.2020	
8.	<i>Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі</i>	08.05.2020	
9.	<i>Экономикалық бөлім</i>	21.05.2020	
10.	<i>Дипломдық жұмысты рәсімдеу</i>	28.05.2020	

Тапсырманың берілген уақыты « 18 » қараша 2019 ж.

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

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

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент _____ Аяпберген Н.А.
(қолы) (аты -жөні)

Аңдатпа

Дипломдық жұмыста тапсырмаға сәйкес компрессорлық қондырғының электр жетегін жетілдіру қарастырылды.

Жұмыста компрессор туралы жалпы мағлұматтар келтіріліп, олардың электр жетектеріне және басқару жүйелеріне қойылатын талаптар тұжырымдалған. Компрессордың электр жетек жүйесі ретінде «жиіліктік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесі таңдалынды.

Компрессордың жүктемелеріне есептеу жүргізіліп, есптік қуатқа сәйкес қуаты 55 кВт қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдалды. Қозғалтқыштың орынбасы сұлбасының параметрлері анықталды және оның табиғи және жасанды механикалық және электрмеханикалық сипаттамалары тұрғызылды.

Жұмыста автоматтандырылған электржетектің күштік сұлбасын жобаланып, жиіліктік түрлендіргішті таңдалды және оның элементтерінің параметрлері анықталды. Қозғалтқыштың математикалық моделі келтіріліп, басқару нысанының параметрлері есептелген және компрессордың электр жетегінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау үшін имитациялық модель жасалынған және өтпелі үрдістердің динамикасы көрсетілген.

Жұмыста қондырғыға қатысты ауа ластануын, сонымен қатар шу мен дірілге қатысты қауіпсіздік шаралары қарастырылып, ұсынылған электр жетегінің экономикалық тиімділігі есептелген.

Аннотация

В дипломном работе предусмотрена модернизация электропривода компрессорной установки в соответствии с заданием. В работе приведены общие сведения о компрессорах, сформулированы требования к их электроприводам и системам управления. В качестве системы электропривода компрессора выбрана система "частотный преобразователь-асинхронный двигатель".

В соответствии с требованиями, был произведен расчет нагрузок компрессора, выбран асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором мощностью 55 кВт. В данной дипломной работе были определены параметры схемы замещения двигателя и построены его естественные и искусственные механические и электромеханические характеристики.

В работе спроектирована силовая схема автоматизированного электропривода, выбран частотный преобразователь и определены параметры его элементов. Приведена математическая модель двигателя, рассчитаны параметры объекта управления и представлена структурная схема электропривода компрессора. Для анализа динамических характеристик электропривода разработана имитационная модель и представлена динамика переходных процессов.

В работе предусмотрены меры безопасности от загрязнения воздуха, а также от шума и вибрации агрегата и рассчитана экономическая эффективность предлагаемого электропривода.

Absract

The diploma project provides for the modernization of the electric drive of the compressor unit in accordance with the task.

The paper provides General information about the compressor, formulated requirements for their electric drives and control systems. The system "frequency Converter-asynchronous motor" was chosen as the electric drive system of the compressor.

In accordance with the requirements, the compressor loads were calculated and a closed rotor asynchronous motor with a capacity of 55 kW was selected. In this diploma project, the parameters of the engine replacement scheme were determined and its natural and artificial mechanical and Electromechanical characteristics were established.

In this paper, the power circuit of an automated electric drive is designed, a frequency Converter is selected and the parameters of its elements are determined. A mathematical model of the engine is given, parameters of the control object are calculated, and a block diagram of the compressor electric drive is presented. To analyze the dynamic characteristics of the electric drive, a simulation model is developed and the dynamics of transient processes is presented.

The work provides for safety measures against air pollution, as well as noise and vibration of the unit and calculated the economic efficiency of the proposed electric drive.

Мазмұны

Кіріспе.....	9
1. Компрессор туралы жалпы мағлұматтар.....	10
1.1 Компрессорлардың арналымы, түрлері және құрылысы.....	10
1.2 Компрессор жұмыс істеу жағдайлары, режимдері және жүктемелері.....	14
1.3 Компрессорлық электр жетегіне қойылатын негізгі талаптар.....	18
2 Компрессордың электр жетегінің негізгі элементтерін анықтау.....	21
2.1 Компрессордың қуатын есептеу және қозғалтқышын таңдау.....	21
2.2 Электр қозғалтқыштың есептік параметрлері.....	23
2.3 Қозғалтқыштың Г-тәріздес орынбасу сұлбасының параметрлерін анықтау.....	24
3 Электр қозғалтқыштың механикалық және электрмеханикалық сипаттамаларын есептеу.....	27
3.1 Қозғалтқыштың табиғи сипаттамаларын есептеу.....	27
3.2 Қозғалтқыштың $\frac{U_H}{f_H} = const$ жиіліктік реттеу заңына сәйкес жасанды механикалық және электрмеханикалық сипаттамаларын есептеу.....	30
4 Жиіліктік түрлендіргішті таңдау және оның элементтерінің параметрлерін есептеу.....	35
4.1 Жиіліктік түрлендіргішті таңдауды негіздеу.....	35
4.2 Жиіліктік түрлендіргіштің күштік тізбегінің элементтерін таңдау және параметрлерін есептеу.....	38
5 Электр жетегінің электрмеханикалық жүйесін сипаттау және негізгі элементтерінің параметрлерін анықтау.....	42
5.1 Компрессорлық қондырғының электр жетегінің функционалдық және құрылымдық сұлбасын құрастыру.....	42
5.2 Асинхронды қозғалтқыштың динамикалық моделі және оның параметрлерін есептеу.....	44
5.3 Компрессорлық қондырғының моделі және қысым датчигін таңдау.....	48
5.4 Жиілікті түрлендіргіштің динамикалық моделі және оның параметрлерін есептеу.....	51
5.5 Асинхронды қозғалтқыштың виртуалды моделін құру және өтпелі үрдістерін зерттеу.....	52
6 Өмір тіршілік қауіпсіздігі.....	58
7 Экономикалық бөлімі.....	74

Қорытынды.....	83
Пайдаланған әдебиеттер тізімі.....	84

Кіріспе

Компрессор деп ауаны, газдарды, буды тиісті қысымға дейін сығып, оларды құбыр ішінде қозғалтатын энергетикалық машина айтады.

Бұл машиналар қозғалтқыштан алынған механикалық энергияны сығылған газдың потенциалдық энергиясына және жылуға алмастырады. Оның даму тарихы ерте ғасырлардан бастау алады. Қарапайым ауа айдағыш құралдар металл өндірісінде және ұсталық жұмыстар кезінде кеңінен пайдаланылды. XVIII ғасырда металлургиялық зауыттарда доменді пештерге ауа айдау процесі үшін қолданылды.

1763 жылы Ресей механигі Ползунов И.И. поршенді ауа айдағыштың конструкциясын құрастырды. Ол бу машинасы арқылы жұмыс жасайтын және металл балқыту өндірісінде кең пайдаланылды.

Қазіргі компрессорлар мұнай, металлургия, тау-кен өндірісінде және басқа салаларда кең қолданыс тапты. Химиялық профилді заводтарда өндірістік үрдістер газ тәріздес заттарды үзіліссіз тасымалдаумен байланысты. Сонымен қатар, заводтарда өндірілетін өнімдер үлкен қысым немесе вакуум жағдайында алынады. Ол компрессорларды қажет етеді.

Химиялық өнеркәсіп өнімді және экономикалық тиімді компрессорларды қолданады. Поршенді, көп сатылы, ортадан тепкіш компрессорлар нарықта үлкен сұранысқа ие.

Қазіргі заманауи компрессорлар тиімді электр жетектерді қолданады және автоматты басқару қарастырылған.

Өндірісте пайдаланылып жатқан компрессорлардың өнімділігі 500 м³/мин. дейін, ал қысымы 5000 кПа-ға дейін барады. Қысымды 5-8 есеге дейін арттыру үшін көп сатылы поршенді компрессорлар қолданылады.

Қысымы 800 кПа дейін болса, конструкциясы қарапайым, өлшемі қолайлы тілімшелі ротациялық компрессорлар, ал үлкен көлемдегі газ алу үшін орта тепкіш компрессорлар (немесе турбокомпрессорлар) пайдаланылады. Компрессордың қарапайым құрылысы мына бөліктерден тұрады: электрқозғалтқыш немесе электр жетегі, айдау қондырғысы, қысылған газдың сыйымдылығы, жалғайтын құбыршек, құбыр.

Компрессорларда тұрақты және айнымалы токпен жұмыс істейтін электрқозғалтқыштар қолданылады.

Синхронды қозғалтқыштар қуаты 100 кВт жоғары компрессорларда жұмыс жасайды.

Бұл дипломдық жұмыста механикалық зауытқа арналған компрессорлық қондырғының автоматтандырылған электр жетегін жетілдіру қарастырылған. Ол үшін тиімді электр жетегі ретінде жиілік қозғалтқыш жүйесі ұсынылды. Бұл жүйенің күштік элементтері таңдалып, экономикалық тиімділігі анықталды.

1 Компрессор туралы жалпы мағлұматтар

1.1 Компрессорлардың арналымы, түрлері және құрылысы

Компрессорлар мына типі бойынша ажыратылады:

- көлемді (поршеньді, ротациялық), онда газдың қысылуы жабық жүйенің көлемі азайған кезде болады;

- газға күш әсері айналмалы қалақтармен жүзеге асырылатын қалақша және жұмыс істеу принципі ағынды сорғыларға ұқсас ағындық (ортадан тепкіш және осьтік).

Поршеньді компрессорлар - компрессорлардың ең көп таралған түрлерінің бірі. Жоғары өнімділікті талап етпейтін жүйе үшін оңтайлы шешім. Бұл технология XX ғасырдың басынан бастап техникалық іске асырудың қарапайымдылығына байланысты ауаны қысу үшін қолданылады. Поршеньді компрессорлар, соңғы уақытқа дейін, ауа компрессорларының негізгі түрі болды.

Бұрандалы компрессорлар роторлы компрессорлардың қосалқы түрі болып табылады. Бұрандалы компрессорлар жоғары сенімділігімен және аз габариттерімен ерекшеленеді.

Мембраналық компрессорды әрекет ету принципі бойынша поршеньді компрессорларға жатқызуға болады. Бұл компрессорларда газды сығу поршеньнің үдемелі қозғалысы салдарынан сығу камерасының көлемін азайту процесінде жүреді. Поршень рөлінде қақпақ пен цилиндр арасындағы периметрі бойынша қысылған дөңгелек иілгіш мембрана болады.

Компрессорлар бір сатылы және көп сатылы болуы мүмкін. Соңғылары үлкен қысымды алу үшін қолданылады. Поршеньді компрессорлар іштен жану қозғалтқыштары бар қондырғыларда кеңінен пайдаланылады.

Компрессорлар стационарлы және жылжымалы; көлденең, тік және цилиндрлердің көлбеу орналасуымен; бір сатылы және көп сатылы; бір цилиндрлік және көп цилиндрлік түрде тұрғызылады.

Ортадан тепкіш компрессор. Турбокомпрессор сығылатын орта доңғалақтың қалақтары мен диффузор арқылы, негізінен, бағыт бойымен, айналу осіне перпендикуляр қозғалады. Ортадан тепкіш компрессордың негізгі элементтері: корпус, жұмыс дөңгелегі, диффузор, кері бағыттаушы аппарат болып табылады.

Ортадан тепкіш компрессордың жұмыс процесінде сору құбырынан бу тәрізді хладагент үлкен жылдамдықпен айналатын жұмыс доңғалағының сору жағына түседі. Будың ортадан тепкіш күшінің әсерінің арқасында доңғалақтың шеткері, будың қысымы мен жылдамдығы, демек, оның кинетикалық энергиясы артады. Будың жұмыс дөңгелегінің перифериясынан диффузорға жіберіледі, онда оның жылдамдығы азаяды (өтпелі қиманың ұлғаюы есебінен), кинетикалық энергия потенциалдық энергияға өзгереді және қысым өседі.

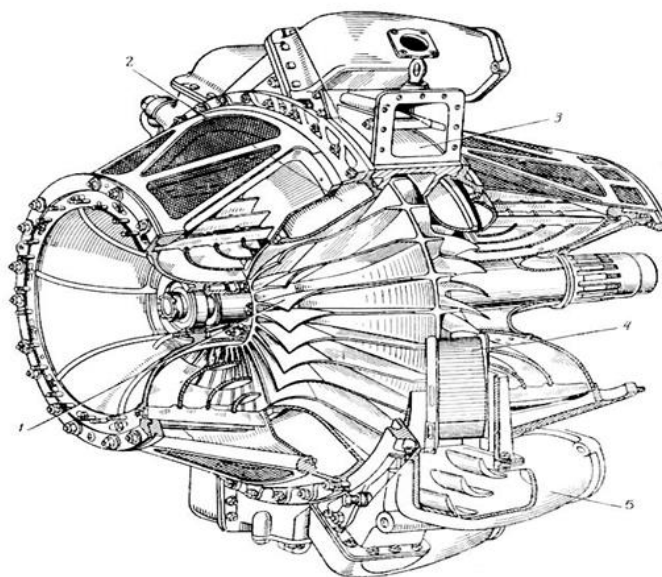
Компрессордың қуатын реттеу үшін бірінші жұмыс доңғалағының алдында атқарушы механизмнің жетегі бар реттеуші

бұрылыс қалақтары орнатылған.

Көп сатылы компрессорларда алдыңғы сатыдан кері бағыттаушы аппарат арқылы ағын келесі дөңгелектің сорғыш жағына шығарылады. Ротордың айналмалы элементтері мен статордың қозғалмайтын элементтері арасында машинаның ішінде бу ағуын азайту үшін лабиринтті тығыздағыштар орналасады. Олардың әрекет ету принципі тізбектей орналасқан саңылаулар (кедергілер) тобы арқылы өту кезінде бу қысымының жоғалуына негізделген. Осылайша, жұмыс дөңгелегі буға энергия әкелетін баспалдақтың жалғыз элементі болып табылады.

Ортадан тепкіш компрессордың роторы бар, ол әдетте бірнеше жұмыс күрекшелерінен тұрады. Корпустың ішкі қабырғасына бағыттаушы күрек қатарлары орналасады. Газды сору арна арқылы, ал арнаны айдау арқылы жүргізіледі. Осьтік компрессордың бір сатысы бірқатар жұмыс және бағыттаушы күректер қатарын құрайды. Осьтік компрессордың жұмысы кезінде айналмалы жұмыс қалақтары олардың арасындағы газ бөлшектеріне күш әсерін тигізеді, оларды қысуға, сондай-ақ компрессор осіне параллель ауысуға және айналуға мәжбүр етеді.

1 - бағыттаушы аспап; 2 - біржақты және екіжақты канатшалар; 3 – диффузор; 4 - тұрқысынан; 5 - кіріс және шығыс құрылғысы болатын қысқа шығыстық құбырлар.



1.1 сурет - Ортадан тепкіш компрессордың құрылысы

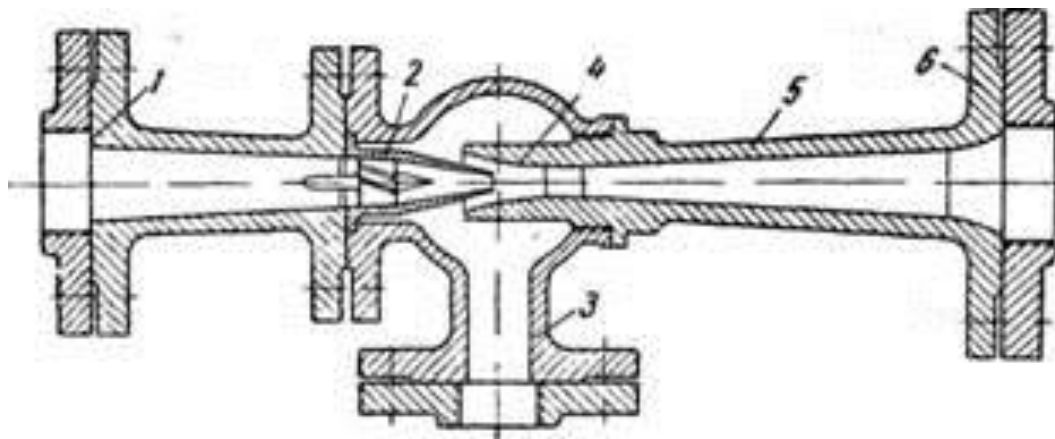
Қозғалмайтын бағыттаушы қалақшалардан жасалған тор ең алдымен келесі сатының тиімді әрекеті үшін қажетті газ бөлшектерінің жылдамдығының бағытын өзгертуді қамтамасыз етеді. Кейбір конструкцияларда осьтік компрессор бағыттаушы қалақтар арасында газ жылдамдығының азаюы есебінен қосымша қысым жоғарылайды. Бір сатылы

осьтік компрессор үшін қысымның жоғарылау дәрежесі әдетте 1,2-1,3 тең, яғни ортадан тепкіш компрессорға қарағанда айтарлықтай төмен, бірақ олардың ПӘК-і компрессорлардың барлық түрлерінің ең жоғары деңгейіне жетеді.

Қысым, тұтынылатын қуат және ПӘК-і сорылатын газдың бірдей температурасы кезінде ротордың бірнеше тұрақты айналу жиілігі үшін өнімділікке тәуелділігі жұмыс сипаттамасы түрінде болады. Осьтік компрессорларды реттеу ортадан тепкіш сияқты жүзеге асырылады. Осьтік компрессорлар газтурбиналық қондырғылар құрамында қолданылады.

Осьтік, сондай-ақ ротациялық, ортадан тепкіш және поршеньді компрессорлардың техникалық жетілдірілуін олардың механикалық ПӘК-і және газдың сығылу процесі осы жағдайларда теориялық аса тиімді болып келетіндіктен қандай шамаға жақын екенін көрсететін кейбір салыстырмалы параметрлер бойынша бағаланады.

Ағынды компрессорлар. Құрылысы және әрекет ету принципі бойынша ағынды сорғыларға ұқсас. Оларға газды немесе бу газ қоспасын соруға немесе айдауға арналған ағынды аппараттарға жатады. Ағынды компрессор ағынды сорғыларға қарағанда қысудың жоғары деңгейін қамтамасыз етеді. Жұмыс ортасы ретінде су буындарын жиі қолданады.



1 – сығылған газды беруге арналған арна; 2 – корпус; 3 – газды соруға арналған арна; 4 – ротор; 5 – бағыттаушы қалақтар; 6 - жұмыс қалақтары.

1.2 сурет - Ағынды компрессорлар

Поршеньді компрессор. Қысыммен ауаны немесе сұйықтықтарды (май, хладагент және т. б.) қысуға және беруге арналған энергетикалық машина. Бұл типтегі компрессорлар машина жасау, тоқыма өндірісінде, химия, тоңазытқыш өнеркәсібінде және криогендік техникада кеңінен қолданылады. Құрылымдық орындалуы, схемалар мен компоненттер бойынша алуан түрлі.

Поршеньді компрессорлар қисық-шатунды механизмнің құрылғысы, цилиндрлердің құрылымы мен орналасуы, қысу сатыларының саны бойынша ажыратылады.

Поршеньді компрессорлар крейцкопфты — екі жақты сору және брейцкопфты емес — бір жақты сору (қуаты 100 кВт дейін) болуы мүмкін.

Поршень компрессоры негізінен жұмыс цилиндрі мен поршеньден тұрады, сору және айдау клапандары бар, әдетте цилиндр қақпағында орналасқан. Поршеньді қайтарымды-үдемелі қозғалысқа хабарлау үшін поршеньді компрессорлардың көпшілігінде иінді білігі бар қисық-шатунды механизм бар. Поршеньді компрессорлар бір және көп цилиндрлі, тік, көлденең, V немесе M-тәрізді және цилиндрлердің басқа орналасуымен, дара және қос әрекетті (поршень екі жақты жұмыс істеген кезде), сондай-ақ бір сатылы немесе көп сатылы қысуы болады. Бір сатылы ауа поршеньді компрессордың әрекеті мынада: иінді біліктің айналуы кезінде онымен біріктірілген шатун поршеньді қайтарымды қозғалысқа келтіреді. Бұл жағдайда жұмыс цилиндрінде поршень түбі мен цилиндрдің қақпағы арасында жасалған көлемнің артуынан, сору клапанын ұстап тұратын серіппенің кедергісін өз қысымымен еңсере отырып, сирету және атмосфералық ауа пайда болады, оны ашады және ауа жинағыш (сүзгішпен) арқылы жұмыс цилиндріне түседі. Поршень кері жүргенде ауа қысылады, содан кейін оның қысымы айдау келте құбырындағы қысымнан қысатын клапанды қысатын серіппенің кедергісін еңсеруге қабілетті шамаға көп болғанда, ауа соңғысын ашады және құбырға түседі. Компрессорға газды қысу кезінде оның температурасы едәуір көтеріледі. Майлаудың өздігінен жануын болдырмау үшін компрессор сумен ауамен салқындатумен жабдықталады. Бұл ретте ауаны сығу процесі изотермиялық (тұрақты температураға) жақындайды, ол теориялық аса тиімді болып табылады. Цилиндрлердің орналасуы бойынша компрессорлар тік, көлденең және бұрыштық болып бөлінеді.

Вертикальға вертикаль орналасқан цилиндрлі машиналар жатады. Көлденең орналасқан кезде цилиндрлер иінді біліктің бір жағына орналастырылуы мүмкін, мұндай компрессорлар цилиндрлердің бір жақты орналасуымен көлденең деп аталады; немесе біліктің екі жағынан — цилиндрлердің көлденең немесе екі жақты орналасуымен.

Бұрыштық компрессорларға бір қатарда тік, екіншісінде көлденең орналасқан цилиндрлі машиналар жатады. Мұндай компрессорлар тікбұрышты деп аталады. Бұрыштық компрессорларға V-тәрізді және W-тәрізді орнатылған көлбеу цилиндрлі машиналар жатады (компрессорлар V - және W-тәрізді деп аталады).

Поршеньді компрессорлардың дамуында прогрессивті болып, ірі және орташа өнімділікпен компрессорларды оппозитті орындауға көшу табылды. Поршеньдердің қарама-қарсы қозғалысы және цилиндрлердің біліктің екі жағында орналасуы бар көлденең машиналар болып табылатын оппозитті компрессорлар жоғары динамикалық тепе-теңдікті, аз габаритті және массамен ерекшеленеді. Оппозит компрессорлары өз артықшылықтарының арқасында ірі көлденең компрессордың дәстүрлі түрін толығымен ығыстырды. Шағын және орташа өнімділіктегі машиналар үшін негізгі цилиндрлердің U-орналасуы бар компрессор мен компрессордың тікбұрышты түрі жатады.

Қысу сатыларының саны бойынша компрессорлар бір, екі және көп сатылы

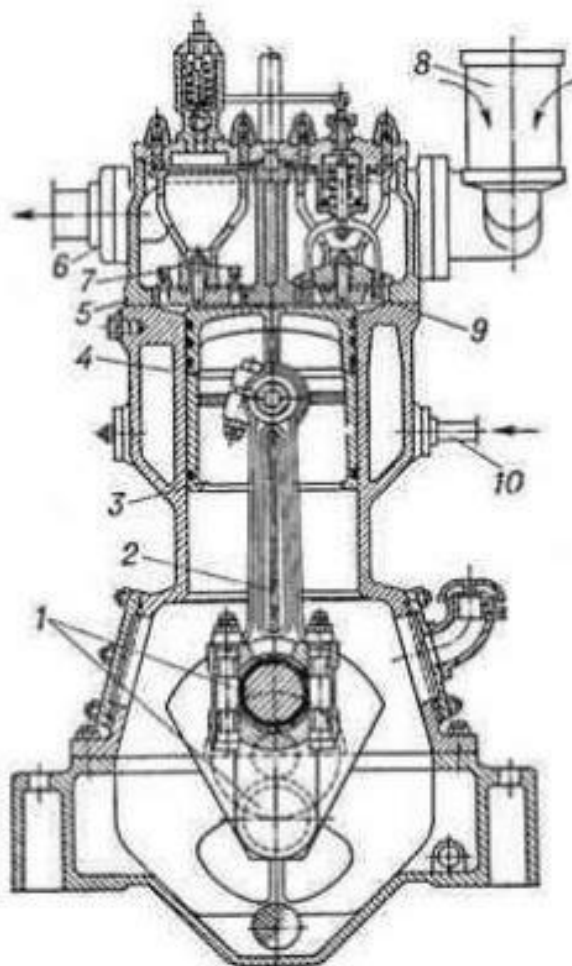
ажыратылады. Көп сатылы қысу қысылған газдың температурасын шектеу қажеттілігінен туындайды. Ауа компрессорларында труба құбырларында, компрессорлардың қақпақтарында және клапандардың бетінде жиналатын майлы қыздырудың тұтану және жарылу қаупі туындайды, сондықтан айдалатын ауаның температурасы 453К аспауы тиіс.

1.2 Компрессор жұмыс істеу жағдайлары, режимдері және жүктемелері

Бір сатылы ауа поршеньді компрессордың әрекеті мынада. Иінді біліктің айналуы кезінде онымен біріктірілген шатун поршеньді қайтарымды қозғалыстар хабарлайды. Бұл жағдайда жұмыс цилиндрінде поршень түбі мен цилиндрдің қақпағы арасында жасалған көлемнің артуынан, сору клапанын ұстап тұратын серіппенің кедергісін өз қысымымен еңсере отырып, сирету және атмосфералық ауа пайда болады, оны ашады және ауа жинағыш (сүзгішпен) арқылы жұмыс цилиндріне түседі. Поршеньді кері жүргенде ауа қысылады, содан кейін оның қысымы айдау келте құбырындағы қысымнан ершікке қысатын клапанды қысатын серіппенің кедергісін еңсеруге қабілетті шамаға көп болғанда, ауа соңғысын ашады және құбырға түседі. Компрессорға газды қысу кезінде оның температурасы едәуір көтеріледі. Майлардың өздігінен жануын болдырмау үшін компрессор сумен (су жеткізу үшін құбыр) немесе ауамен салқындатумен жабдықталады. Бұл ретте ауаны сығу процесі изотермиялық (тұрақты температурамен) жақындайды, ол теориялық аса тиімді болып табылады (термодинамиканы қараңыз). Бір сатылы Компрессорды, оның жұмысының қауіпсіздігі мен үнемділігіне сүйене отырып, $V = 7-8$ дейін қысу кезінде қысымның жоғарылау дәрежесімен қолданған жөн. Үлкен қысымдарда көп сатылы Компрессор қолданылады, онда аралық салқындатумен қысуды кезектестіріп, өте жоғары қысымдағы газды – $10\text{Мн}/\text{м}^2$ жоғары алуға болады. Поршеньді Компрессор әдетте айдау құбырындағы тұрақты қысымды қамтамасыз ету үшін сығылған газдың шығынына байланысты өнімділікті автоматты реттеу көзделеді. Реттеудің бірнеше жолы бар. Олардың ең қарапайым түрі – біліктің айналу жиілігінің өзгеруін реттеу.

Ротациялық компрессордың әртүрлі конструкциялары бар бір немесе бірнеше роторы бар. Роторы бар роторлы пластина компрессоры едәуір таралған, оған бос пластиналар кіреді. Ротор эксцентрлік корпус цилиндрінде орналасқан. Ол пластиналармен, сондай-ақ ротор мен корпус цилиндрінің беттерімен шектелген кеңістіктің сағат тілі бойынша айналғанда, компрессор сол жағында тесік арқылы газдың сіңуін қамтамасыз ететін өседі. Компрессордың оң жағында осы кеңістіктердің көлемі азаяды, ондағы газ қысылады және одан кейін компрессордан тоңазытқышқа немесе тікелей айдау құбырына беріледі. Ротациялық компрессордың корпусы құбырлар көзделген сумен салқындатылады. Бір сатыда қысымның жоғарылау дәрежесі пластиналы ротациялық компрессор әдетте 3-тен 6-ға дейін болады. Газды аралық салқындататын екі сатылы

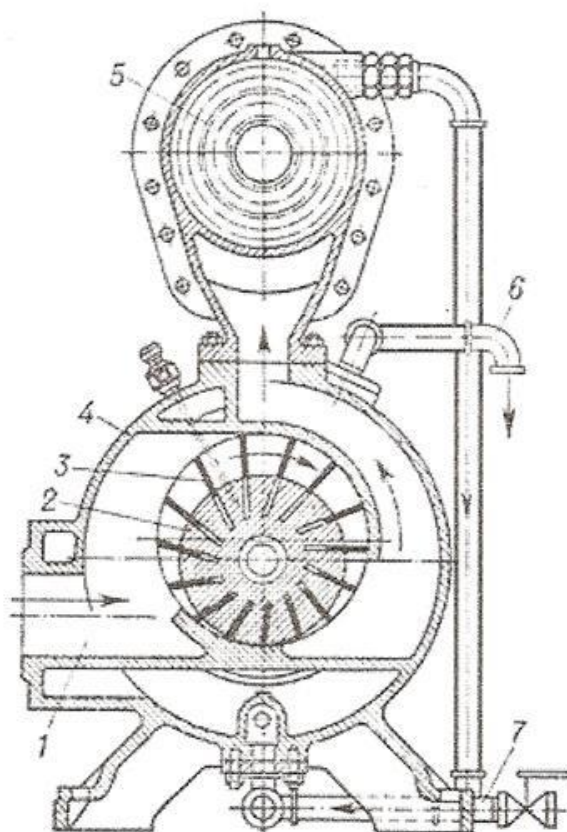
пластиналы ротациялық компрессор $1,5 \text{ Мн/м}^2$ дейін қысымды қамтамасыз етеді.



1 - иілген білік; 2 - шатун; 3 - поршень; 4 - жұмыстық цилиндр; 5 - цилиндр қақпағы; 6 - айдағыш құбыр; 7 - айдағыш клапан; 8 - ауажинағыш; 9 - сору клапаны; 10 - суытатын су келетін құбыр.

1.3 сурет – Поршендік компрессордың құрылысы

Ротациялық және поршендік компрессордың жұмыс істеу принциптері негізінен ұқсас және поршендік барлық процестер бір жұмыс цилиндрінде, бірақ әр уақытта, ал ротациялық компрессорда сору және айдау бір мезгілде, бірақ ротор пластиналарымен бөлінген әр түрлі жерлерде жүзеге асырылады. Ротациялық компрессордың басқа конструкциялары белгілі, соның ішінде бұрандалы, екі роторы бар. Қандай да бір кеңістікте сиретуді жасау мақсатында ауаны шығару үшін роторлы су сақиналы вакуум-сорғылар қолданылады. Ротациялық компрессордың өнімділігін реттеу әдетте ротордың айналу жиілігін өзгертумен жүзеге асырылады.



1 – ауаны соруға арналған тесік; 2 – ротор; 3 – пластина; 4 – корпус; 5 – тоңазытқыш; 6, 7- салқындатқыш суды бұру және жеткізуге арналған құбырлар.

1.4 сурет - Ротациялық пластинкалы компрессор

Бұрандалы компрессор. Бұрандалы компрессордың конструкциясы 1934 жылы патенттелген. Жұмыс істеу сенімділігі, металл сыйымдылығы аз және габариттік өлшемдері олардың кең таралуын анықтады. Бұрандалы компрессорлар көлемді компрессорлық машиналардың басқа түрлерімен табысты бәсекелесе алады, оларды жылжымалы компрессорлық станцияларда, кемелік тоңазытқыш қондырғыларда толығымен ығыстырады. Құрғақ сығу компрессорының типтік конструкциясы жұмыс қуысына май берместен жұмыс істейді. Компрессордың екі бұрандалы роторы бар. Дөңес кескішпен жетекші ротор тікелей немесе қозғалтқышпен тісті беріліс арқылы жалғанған. Роторлар бір немесе бірнеше ажыратқыштары бар алмалы-салмалы корпуста орналасқан. Корпуста бұрандалар, подшипниктер және тығыздағыштар, сондай-ақ сору және айдау камераларының астындағы шөгінділер жасалған.

Бұрандалы компрессорлардың жоғары айналу жиілігі оларда сырғанаудың тірек және тірек подшипниктерін қолдануды анықтайды.

Газ қысылатын подшипникті камералар мен роторлардың бұрандалы бөлігі арасында графитті және баббитті сақиналар жиынтығынан тұратын

тығыздау тораптары орналасқан. Камераларға сақиналар топтарының арасында подшипникті тораптардан сығылатын газға майдың, сондай-ақ газдың подшипникті камераларға түсуіне кедергі келтіретін жабатын газ беріледі.

Майланбаған кезде ротор бұрамаларының жанасуына жол берілмейді, сондықтан олардың арасында компрессордың қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ететін ең аз саңылау қалдырылады, ал жетекші және ведомстволық роторлардың синхронды айналу жиілігі сыртқы синхронды тістеушілермен қамтамасыз етіледі. Роторлар мен корпус қабырғаларының бұрандалы беттерін жұмыс камералары құрайды. Роторлар айналғанда роторлардың шығыңқы жерлері ойпаттардан аластағанда және сору процесі жүргенде камералардың көлемі артады. Камералардың көлемі максимумға жеткенде сору процесі аяқталады және камералар корпустың оқшауланған қабырғаларымен және соратын және айдайтын келте құбырлардан қақпақтармен болады.

Одан әрі айналу кезінде жетекші ротордың жанаспалы шығыңқы енгізіле бастайды. Енгізу алдыңғы бүйірден басталады және біртіндеп айдамалау терезесіне таралады. Кейбір уақыттан бастап екі бұрандалы беттер жалпы қуысқа біріктіріледі, оның көлемі айдамалау терезесіне қарай түйіскен элементтердің түйіспе сызығының үдемелі жылжуының арқасында үздіксіз азаяды. Роторлардың одан әрі айналуы газды қуыстан айдау келте құбырына ығыстыруға әкеледі. Роторлардың айналу жиілігі айтарлықтай және бір уақытта бірнеше камера бар болғандықтан, компрессор газдың біркелкі ағынын жасайды.

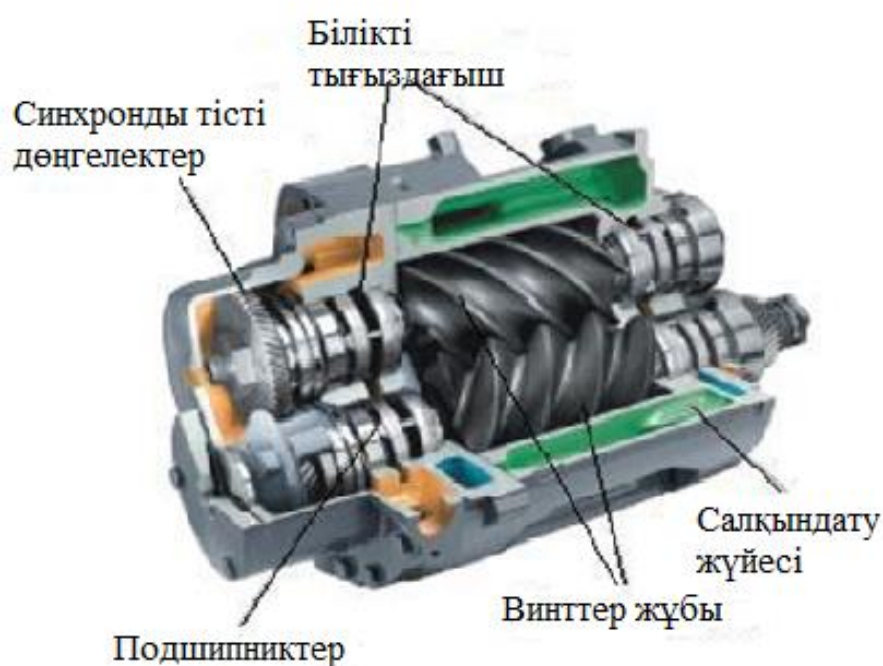
Клапандар мен теңдестірілмеген механикалық күштердің болмауы бұрамалы компрессорларға жоғары жұмыс айналу жиілігін қамтамасыз етеді, яғни салыстырмалы шағын сыртқы габариттерде үлкен өнімділікті алу. Май толтырылған компрессорлар "құрғақ қысу" компрессорларына қарағанда айналу жылдамдығына жол береді. Бұрандалы компрессордың жұмыс қуысындағы май ішкі саңылаулар арқылы ағуларды азайту, роторлардың бұрандалы ілінуін майлау және сығылған газды салқындату мақсатында беріледі.

Бұрандалы компрессордың артықшылықтары: пайдалы әрекеттің жоғары коэффициенті (99% - ға дейін); үздіксіз қарқынды режимде жұмыс істеу; шу мен дірілдің төмен деңгейі; тікелей тұтынушыға жақын орнату мүмкіндігі; сығылған ауа өндірісіне энергия шығынын төмендету; қауіпсіздік және жоғары сенімділік; техникалық қызмет көрсету арасындағы ұзақ жұмыс кезеңі.

Поршеньмен салыстырғанда ротациялық компрессорлардың ерекшелігі қисық-шатунды механизмнің және қайтарымды-үдемелі қозғалатын поршеньдің болмауы болып табылады. Сондықтан ротациялық компрессорлар жақсы тепе-теңдігі, суықтай өнімділіктің бірлігіне салыстырмалы түрде аз массасы, тозуға ұшырайтын қозғалатын бөліктердің аз саны, сорғыш, ал кейбір конструкцияларда және айдау клапандарының болмауы. Олар қызмет көрсету оңай және жұмысқа сенімді. Ротациялық компрессорлардың кемшіліктеріне оларды дайындау және жөндеу күрделілігін, қозғалатын бөлшектердің үлкен тозуын жатқызуға болады.

Роторлы компрессорлар

конструкциясының барлық алуан түрлілігін екі негізгі түрге келтіруге болады - осі цилиндр осіне (пластиналы ротациялық компрессорлар) қатысты бекітілетін айналмалы роторы бар компрессорлар және осі цилиндр осінің айналасында айналатын айналмалы роторы бар компрессорлар және ротор цилиндр осінің айналасында айналатын айналмалы роторы бар компрессорлар. Ротациялық (пластиналы және бұрандалы) компрессорлар жұмыс қуыстарының азаюынан ауаны сығады. Компрессорлар кез келген салаларда және қазіргі уақытта кең таралған. Компрессор ретінде кез келген түрі, оның қолданылу саласы, олардың бірегей сипаттамалары бар, бұл оларға қажет және осы күнге дейін қалуға мүмкіндік береді. Бірақ прогресс орнында тұрмайды және барлық жаңа және одан да жетілдірілген қондырғыларды әзірлеу қажет.



1.5 сурет - Винттік компрессордың құрылысы

1.3 Компрессордың электр жетегіне қойылатын негізгі талаптар

Компрессорлардың электр жетектеріне мынадай негізгі талаптар қойылады:

- берілген технологиялық үрдістерді және қажетті өнімділікті қамтамасыз етуі керек;
- өндіріс механизмінің іске қосу мен тежеуге қатысты шарттарын, қажет болған жағдайда реверстеу және жылдамдықты реттеу шарттарын қанағаттандыруы керек;
- динамикалық соққы кезіндегі асқын жүктемелерді шектеу;
- автоматизацияның (автоматтық басқару және жартылай автоматтық басқару және т.б.) қажетті деңгейін қамтамасыз етуі керек;

- қозғалтқыштың істен шығып қалмауына нақты қамтамасыз етуі керек;
- климаттық орындалуы мен қоршаған ортаның жағдайына байланысты электр жабдықтардың құрылымдық қорғаныстық орындалуы керек;
- электр жетектері жұмысында электр энергиясы шығыны аз болуын қамтамасыз етуі қажет.

Жиіліктік реттелетін электр жетектер асинхрондық қозғалтқыштан және кернеу инверторы бар жиілік түрлендіргіштен тұрады. Берілген талаптарды транзисторлық жиілікті түрлендіргіштермен жабдықталған, жылдамдық контурымен тұйықталған автоматтық реттеу жүйесі және төмен кернеулікті, роторлары қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштары бар электр жетектері қанағаттандыра алады. Мұндай электр жетек жылдамдықты реттеу сапасының жоғарғы көрсеткіштерімен, жоғарғы дәлдікпен, тез әрекет етуімен, пайдалануда қарапайымдылығымен ерекшеленеді.

Қозғалтқыштың компрессормен тікелей жалғауға ұмтылу жетекті таңдаған кездегі маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Мұндай жетектер сенімді жұмыс жасайды және ПӘК-ті жоғары болады.

Біліктің тікелей жалғануы жетекті үлкен үнемділік әкеледі, өйткені компрессордың поршені және қозғалтқышы бір білікте орналасқан.

Компрессорлар – газ турбиналық қозғалтқыштың бөлігі, яғни аэродинамикалық және құрылымдық жетілуі белгілі мөлшерде қуатын, үнемділігін, габариттік мөлшерін, қозғалтқыштың ресурсы мен сенімділігін анықтайтын құрылғы болып табылады. Қозғалтқышқа қойылатын талаптар компрессорға қойылатын талаптарға сәйкес болу керек.

Компрессорларға қосымша мынадай талаптар қойылады:

- берілген секундтық ауа шығынын қамтамасыз ету;
- қысымның берілген деңгейге дейін көтерілуін қамтамасыз ету;
- ротордың айналу жиілігінің реттеуді кең диапазонда тұрақты түрде қамтамасыз ету.

Компрессордың газды динамикалық параметрлеріне қойылатын талаптар қозғалтқыштың термодинамикалық есептеу нәтижесінен анықталады. Электрмеханикалық жүйе деп (ЭМЖ) белгілі бір тәртіп (ереже) бойынша жалғанған электрлік және механикалық буынның жиынтығын айтады.

Электрмеханикалық жүйенің негізгі элементі – электрқозғалтқыштар. Токтың түріне байланысты электрқозғалтқыштарды тұрақты ток және айнымалы ток (бірфазалы және көп фазалы) қозғалтқыштары деп бөледі. Өз кезегінде айнымалы ток электрқозғалтқыштарын синхронды, асинхронды және сызықтық деп үш топқа бөледі.

Асинхронды қозғалтқыштардың ішінде қысқаша тұйықталған роторлы қозғалтқыштар сенімділігі өте жоғары болуына байланысты жиі қолданылады. Фазалық роторлы асинхронды қозғалтқыштар электрмеханикалық жүйеде қуатты аз компрессорлық машиналарда көп қолданады. Бұл қозғалтқыштар мәні үлкен емес жүргізіп жіберу тогымен, бірақ үлкен жіберу моментімен ерекшеленеді. Бірақ олардың құрылысы күрделі, бағасы қымбат және жұмыс істеу сенімділігі төмен.

Синхронды

электр қозғалтқыштарды қуаты үлкен (100 кВт жоғары) компрессорларда қолданған тиімдірек. Синхронды электр қозғалтқыштар тұрақты айналу жиілігін, жоғары қуат коэффициентін қамтамасыз етеді. Синхронды қозғалтқыштарда фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштарға тән кемшіліктер бар.

Асинхронды қозғалтқыштардың артықшылығы олар дұрыс таңдалған және қолданған кезде жүзеге асырылуы мүмкін. Дұрыс таңдалған қозғалтқыштардың қуатына сәйкес электрмеханикалық жүйе құрамындағы жұмыстың сенімділігіне және пайдалану үрдісінің энергетикалық көрсеткішіне тікелей әсер етеді. Артық қуатты электрқозғалтқыштарды пайдалану энергетикалық және экономикалық көрсеткіштерді төмендетеді. Сол себепті электрқозғалтқыштың қуаты қатаң жарасымдылықтың жұмыс режимімен және жүктемесімен сәйкестендірілуі керек. Бірақта есептеу кезінде алынған қуатқа қозғалтқыш қуаты тура келе бермейді. Мұндай кезде қуаты есептік қуаты үлкен, әрі жақын электрқозғалтқышты таңдаған жөн.

2 Компрессордың электр жетегінің негізгі элементтерін анықтау

2.1 Компрессордың қуатын есептеу және қозғалтқышын таңдау

Берілген тапсырма бойынша техникалық талаптарды орындау үшін компрессордың типін таңдап, қажетті қуатты есептеп, каталогтан қуаты есептік қуаттан электрқозғалтқышты таңдау керек. Жұмыстың мақсаты компрессордың жұмыстық дөңгелегінің айналу жиілігін өзгерту арқылы оның қысымды реттеу болып саналады. Ол үшін таңдалған электрқозғалтқыштын да білігінің айналу жылдамдығын өзгерту керек.

Дипломдық жобаға берілген технологиялық тапсырма туралы мәліметтер 2.1 кестеде келтірілген.

2.1 кесте - Берілген технологиялық тапсырма туралы мәліметтер

Өнімділігі, Q, м ³ /мин	Қысымы, P, атм.	Жұмыс режимі
8,4	8	Созылмалы

Осы тапсырманы қанағаттандыратын COMARO SB 55-08 типті компрессорды таңдаймыз.

Бұл компрессордың техникалық көрсеткіштері:

Типі – ортадан тепкіш компрессор;

Максималды өнімділігі – $Q=9,4 \text{ м}^3/\text{мин}=0,14 \text{ м}^3/\text{с}$;

Қысым – $p=8 \text{ атм}$;

Кернеу – 380 В;

Масса – 1160 кг.

Компрессордың электрқозғалтқышының есептік қуатын $P_{др}$ анықтаймыз:

$$P_{др} = K_3 \cdot P_{ка}, \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

мұндағы $K_3 = 1,15$ – қор коэффициенті;

$P_{ка}$ – компрессорлық агрегаттың қуаты, кВт.

$$P_{ка} = \frac{Q \cdot A}{\eta_{ки} \cdot \eta_{п}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (2.2)$$

мұндағы Q – компрессорлық агрегаттың өнімділігі, м³/с;

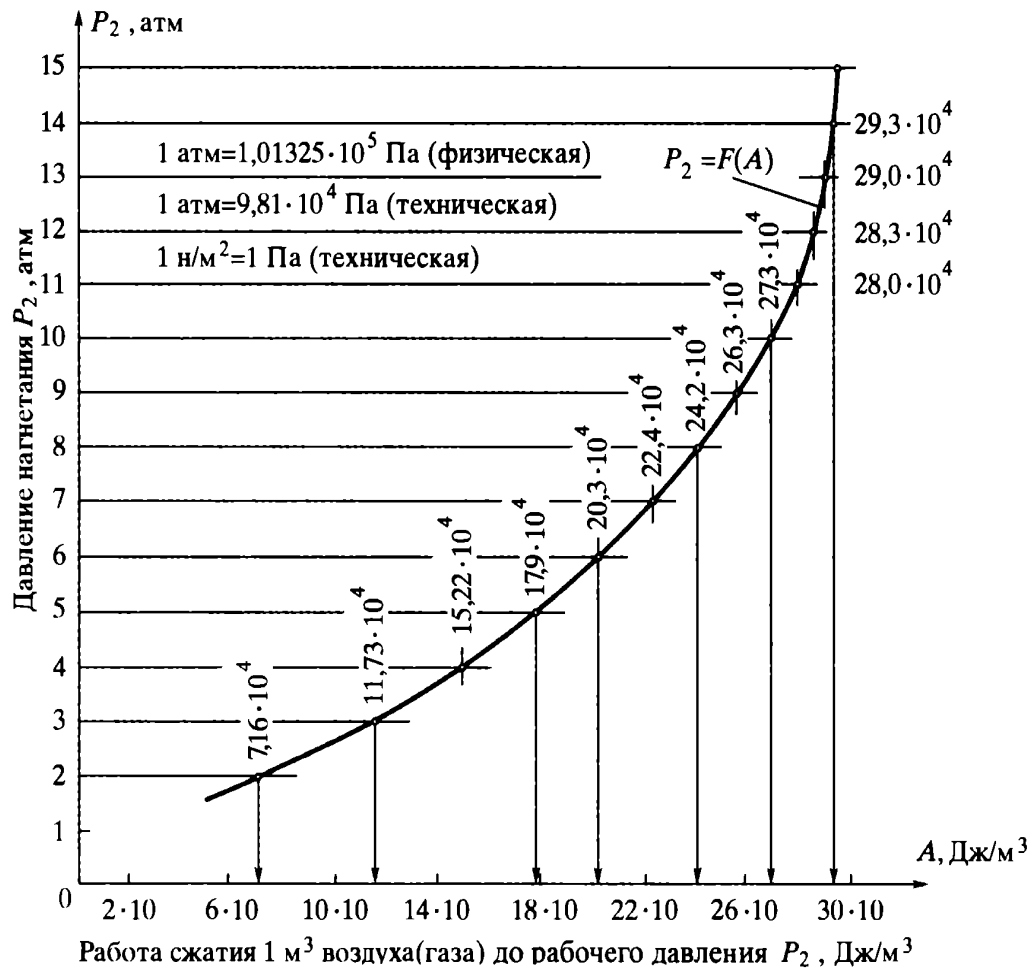
A – 1 м³ ауаның жұмыс қысымына дейінгі сығылу жұмысы, Дж/м³;

$\eta_{ки}=0,7 - 0,8$ – компрессордың индикаторлы политропты ПӘК-і;

Беріліс - ременді байланыс (ПӘК $\eta_6=0,9 - 0,95$; синхронды жылдамдық $n_c = 1500$ айн/мин).

1 м³ ауаны жұмыстық қысымға дейін сығуға жұмсалатын жұмысты анықтаймыз. Ол $p=f(A, \text{Дж}/\text{м}^3)$ тәуелділігінің графигін пайдаланамыз (2.1

сурет). Бұл графиктен $p=8$ атм болғанда $A = 24,2 \cdot 10^4$ Дж/м³ тең екендігін көреміз.



2.1 сурет - $p=f(A, \text{Дж/м}^3)$ тәуелділігінің графигі

Алынған мәндерді (2.2) формулаға қойып, компрессор қуатын анықтаймыз:

$$P_{ka} = \frac{Q \cdot A}{\eta_{ки} \cdot \eta_{п}} \cdot 10^{-3} = \frac{0,14 \cdot 24,2 \cdot 10^4}{0,75 \cdot 0,95} \cdot 10^{-3} = 47,55 \text{ кВт.}$$

Қозғалтқыштың есептік қуатын анықтаймыз:

$$P_{ec} = K_{э} \cdot P_{ka} = 1,15 \cdot 47,55 = 54,68 \text{ кВт.}$$

Шарттар бойынша таңдалатын электрқозғалтқыштың номиналдық қуаты P_n есептік қуаттан кем болмауы тиіс, яғни

$$P_n \geq P_{ec}; \omega_n \approx \omega_p.$$

Каталогтан қуаты 55 кВт 4А225М4У3 сериялы қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты таңдаймыз, оның техникалық сипаттамалары 2.2 кестеде келтірілген.

2.2 кесте – Электрқозғалтқыштың техникалық сипаттамалары

Параметр атаулары	Белгіленуі	Өлшембірлігі	Шамасы
Статор фазасының номиналдық кернеуі	$U_{н1}$	В	380
Номиналдық қуат	$I_{н}$	кВт	55
Синхронды айналу жылдамдығы, айн/мин	n_c	айн/мин	1500
Номиналдық қуат коэффициенті	Cos^φ	-	0,90
Номиналдық ПӘК,	η	%-	92,5
Номиналдық сырғанау	$s_{н}$	%-	1,4
Шектік сырғанау	$s_{ш}$	%	10,0
Жүргізіп жіберу моментінің еселігі	$m_n = \frac{M_{п}}{M_{НОМ}}$	с.б -	1,3
Максимальды моменттің еселік коэффициенті	$m_k = \frac{M_{\max}}{M_{НОМ}}$	с.б -	2,5
Минимальді моменттің еселік коэффициенті	$m_m = \frac{M_{\min}}{M_{НОМ}}$	с.б -	1
Жүргізіп жіберу тогының еселігі	k_i	с.б.	7,0
Инерция моменті	J	кг·м ²	0,64

2.2 Электрқозғалтқыштың есептік параметрлері

Қозғалтқыштың синхронды жиілігі:

$$n_0 = 1500 \text{ айн/мин.}$$

Қозғалтқыштың номиналды айналу жылдамдығын анықтаймыз:

$$n_{НОМ} = n_0(1 - s_{НОМ}) = 1500(1 - 0,014) = 1479 \text{ айн/мин.} \quad (2.3)$$

Қозғалтқыштың номиналды бұрыштық айналу жиілігі:

$$\omega_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1479}{60} = 154,8 \text{ рад/с.} \quad (2.4)$$

Қозғалтқыш білігіндегі номиналдық моментті анықтаймыз:

$$M_n = \frac{P}{\omega_n} = \frac{55000}{154,8} = 355,3 \text{ Нм} \quad (2.5)$$

Қозғалтқыштың шектік моментінің мәні есептейміз:

$$M_k = \lambda \cdot M_n = 2,5 \cdot 355,3 = 888,25 \text{ Нм.} \quad (2.6)$$

Статордың номиналдық фазалық кернеуі:

$$U_{1\phi} = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В.} \quad (2.7)$$

Статордың номиналдық фазалық тоғы:

$$I_{1n} = \frac{P}{3 \cdot U_{1n} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_n} = \frac{55000}{3 \cdot 220 \cdot 0,9 \cdot 0,925} = 100,1 \text{ А.} \quad (2.8)$$

Қозғалтқыштың тұтынатын максимал токты анықтаймыз :

$$I_{1max} = k_i \cdot I_{1n} = 7,0 \cdot 100,1 = 700,7 \text{ А.} \quad (2.9)$$

Қозғалтқыштың іске қосу моменті:

$$M_{\Pi} = m_{\Pi} \cdot M_n = 1,3 \cdot 355,3 = 461,89 \text{ Н} \quad (2.10)$$

Шектік сырғанау: ω

$$s_k = s_n (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,014 \cdot (2,5 + \sqrt{2,5^2 - 1}) = 0,067 \quad (2.11)$$

2.3 Электрқозғалтқыштың Г-тәріздес орынбасу сұлбасының параметрлерін анықтау

Қозғалтқыштың Г-тәріздес орынбасу сұлбасы 2.2 суретте көрсетілген.

2.3 кестеде таңдалған электрқозғалтқыштың орынбасу сұлбасының салыстырмалы бірлікте (с.б.) берілген параметрлері келтірілген.

Г-тәріздес орынбасу сұлбаның параметрлерін анықтау үшін қабылданған электрқозғалтқыш қатысты салыстырмалы бірлік түрінде берілген Г-тәріздес сұлбаның параметрлерін пайдаланамыз.

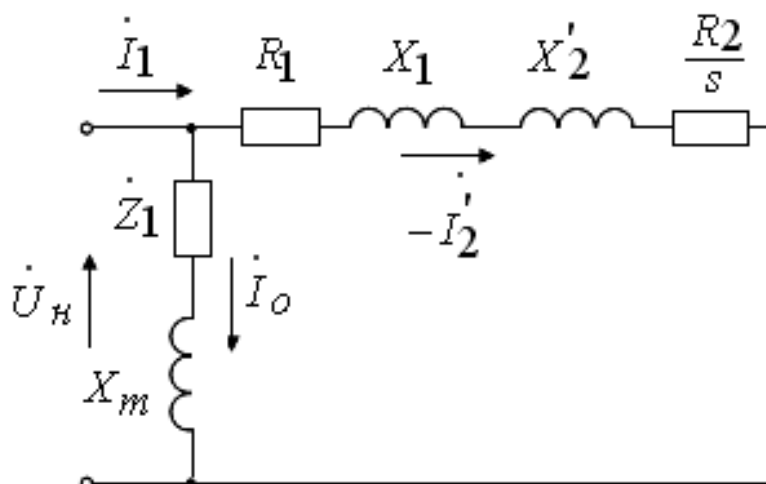
Г-тәріздес орынбасу сұлбасы қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың математикалық моделі негізінде құрастырылады. Ол жоғарыда көрсетілген асинхронды электрқозғалтқыштың параметрлері негізінде алынған.

Г-тәріздес орынбасу сұлбаның параметрлерін анықтау үшін қабылданған электрқозғалтқыш қатысты салыстырмалы бірлік түрінде берілген Г-тәріздес сұлбаның параметрлерін пайдаланамыз.

2.3 кесте – Орынбасу сұлбасының параметрлері

Бастыиндуктивті кедергі	x_m	Ом	4,2
Статор орамының активті кедергісі	r_1'	с.б.	0,027
Статор орамының индуктивті кедергісі	x_1'	с.б.	0,086
Ротор орамының келтірілген активті кедергісі	r_2'	с.б.	0,015
Ротор орамының келтірілген индуктивті кедергісі	x_2'	с.б.	0,14
Қысқа тұйықталу параметрі	$x_{к,п}$	с.б.	0,15

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



2.2 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың Г-тәріздес орынбасу сұлбасы

Сұлбаның магниттеуші тізбегінде статордың толық кешендік кедергісі келтірілген: $Z_1 = R_1 + jX_1$.

Фазалық кедергіні анықтаймыз:

$$Z_\phi = \frac{U_{\phi н}}{I_{1н}} \text{ Ом}; \quad (2.12)$$

мұндағы $I_{1н}$ – статордың номиналды фазалық тоғы, А.

$$I_{1H} = \frac{P}{3 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_H} = \frac{55000}{3 \cdot 220 \cdot 0,9 \cdot 0,925} = 100,1 \text{ А.} \quad (2.13)$$

Фазалық кедергіні есептейміз:

$$Z_{\Phi} = \frac{220}{100,1} = 2,19 \text{ Ом;}$$

$$R_1 = r_1' * Z_{\Phi} = 0,027 * 2,19 = 0,059 \text{ Ом} \quad (2.14)$$

$$R_2' = r_2' * Z_{\Phi} = 0,015 * 2,19 = 0,033 \text{ Ом} \quad (2.15)$$

$$X_1 = x_1' * Z_{\Phi} = 0,086 * 2,19 = 0,19 \text{ Ом} \quad (2.16)$$

$$X_2' = x_2' * Z_{\Phi} = 0,014 * 2,19 = 0,031 \text{ Ом} \quad (2.17)$$

$$X_{\mu} = 4,2 \cdot Z_{\Phi} = 4,2 \cdot 2,19 = 9,19 \text{ Ом.} \quad (2.18)$$

Қысқа тұйықталудың индуктивті кедергісі:

$$X_K = X_1 + X_2' \quad (2.19)$$

$$X_K = 0,19 + 0,031 = 0,221 \text{ Ом.}$$

Өзара индуктивтілікті есептейміз:

$$L_M = \frac{X_m}{\omega} = \frac{X_m}{2\pi f} = \frac{9,19}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = \frac{9,19}{314} = 0,029 \text{ Гн.} \quad (2.20)$$

Статор ормасының индуктивтілігі:

$$L_1 = \frac{X_1}{\omega} = \frac{0,19}{314} = 0,00061 \text{ Гн.} \quad (2.21)$$

Ротордың индуктивтілігі:

$$L_2 = \frac{X_2}{\omega} = \frac{0,031}{314} = 0,00099 \text{ Гн.} \quad (2.22)$$

3 Электрқозғалтқыштың механикалық және электрмеханикалық сипаттамаларын есептеу

3.1 Қозғалтқыштың табиғи сипаттамаларын есептеу

Асинхрондық қозғалтқыштың негізгі сипаттамаларына $M(s)$, $I_2'(s)$, $I_1(s)$ тәуелдіктері, яғни моменттің, ротор тогы мен статор тогының сырғанауға тәуелдіктері жатады. Асинхрондық қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы деп ротордың айналу жиілігінің n электромагниттік моментіне M тәуелділігі $n = f(M)$ айтады.

Бұл сипаттаманы моменттің $M=f(s)$ сырғанауға тәуелділігі арқылы есептеген ыңғайлы. Механикалық сипаттамаларды нақты есептеу Клосс формуласы арқылы жүргізген жөн:

$$M = \frac{2 \cdot M_K \cdot (1 + s_k)}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s} + 2 \cdot a \cdot s_k}, \quad (3.1)$$

мұндағы M_K – қозғалтқыштың шектік моменті;

s_k – сырғанаудың шектік мәні;

s -сырғанаудың ағымдық мәні;

$a = R_1'' / R_2'$ - коэффициент, $a = 1,79$.

Шектік сырғанау мына өрнек арқылы есептелінеді:

$$s_k = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1''^2 + (X_1 + X_2')}} = 0,144. \quad (3.2)$$

Енді моменттің сырғанауға тәуелділігін есептеу жұмыстырын мына формуланы арқылы жүргізуге болады:

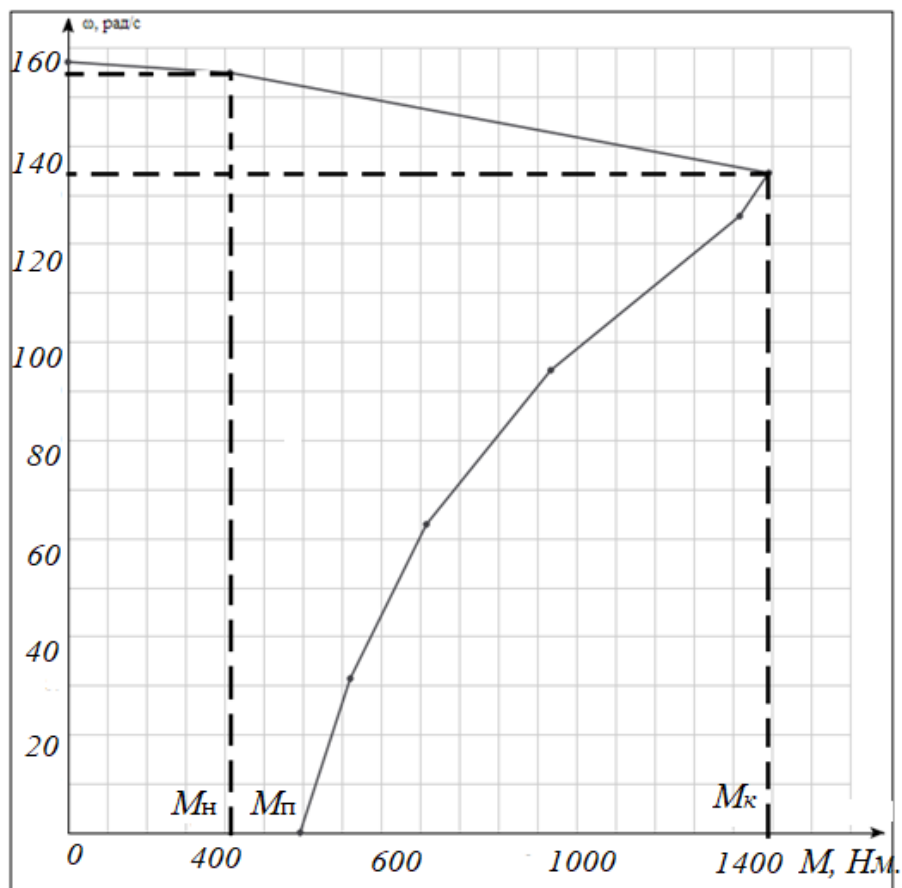
$$M = \frac{2 \cdot M_K \cdot (1 + s_k)}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s} + 2 \cdot a \cdot s_k} = \frac{2032,32}{\frac{s}{0,144} + \frac{0,144}{s} + 0,52}. \quad (3.3)$$

Сырғанау s мәнін $0 \dots 1$ аралығында өзгертіп, моменттің мәндерін анықтаймыз, есептеу нәтижелерін 3.1 кестеге ендіреміз.

3.1 кесте – Моментті есептеу нәтижелері

S	0	0,014	0,144	0,2	0,4	0,6	0,8	1
ω	157	154,8	134,4	125,6	94,2	62,8	31,4	0
M	0	732	1434	945,2	499,2	305	309	267,1

3.1 суретте асинхронды қозғалтқыштың механикалық табиғи сипаттамасы көрсетілген.



3.1 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасы

Асинхронды қозғалтқыштың электрмеханикалық сипаттамалары деп статор тогының және ротор тогының сырғанауға s тәуелділіктерін ($I_1(s)$, $I_2(s)$) айтады.

$$I_2' = \frac{U_H}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + X_K^2}}, \quad (3.4)$$

мұндағы U_H -статор орамының номиналды фазалық кернеуінің мәні, В;
 X_K -қысқа тұйықталудың индуктивтік кедергісі, Ом.

$$I_2' = \frac{U_H}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + X_K^2}} = \frac{220}{\sqrt{\left(0,059 + \frac{0,033}{S}\right)^2 + (0,221)^2}}. \quad (3.5)$$

Сырғанау мәндерін 0...1 аралығында өзгерте отырып, I_2' тогының мәндері есептеліп, есептеу нәтижелері 3.2 кестеде көрсетіледі.

I_1 тогы ротор тогы I_2' мен I_μ магниттеу тогының векторлық қосындысы болып табылады. Статор тогының модулін мына формула арқылы есептейміз:

$$I_1(S) = \sqrt{(I_2')^2 + I_\mu^2 + 2I_\mu I_2' \sin\psi_2}, \quad (3.6)$$

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

$$\sin\psi_2 = \frac{x_1 + x_2'}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + X_K^2}} = \frac{0,221}{\sqrt{\left(0,059 + \frac{0,033}{S}\right)^2 + 0,221^2}}. \quad (3.7)$$

I_μ – магниттеуші ток:

$$I_\mu = \frac{U_H}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_\mu)^2}} = \frac{220}{\sqrt{0,059^2 + (0,19 + 9,19)^2}} = 23,4 \text{ А}. \quad (3.8)$$

Сырғанау мәндерін 0...1 аралығында өзгерте отырып, I_2' тогының мәндері есептеліп, есептеу нәтижелері 3.2 кестеде көрсетіледі.

Сырғанаудың әртүрлі мәні кезіндегі ротор тогының мәндерін $I_2'(s)$ (3.5) формула бойынша, ал $\sin\psi_2$ мәндерін (3.7) формула бойынша, $I_1(s)$ мәндерін (3.6) формула бойынша анықтаймыз (3.2 кесте).

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

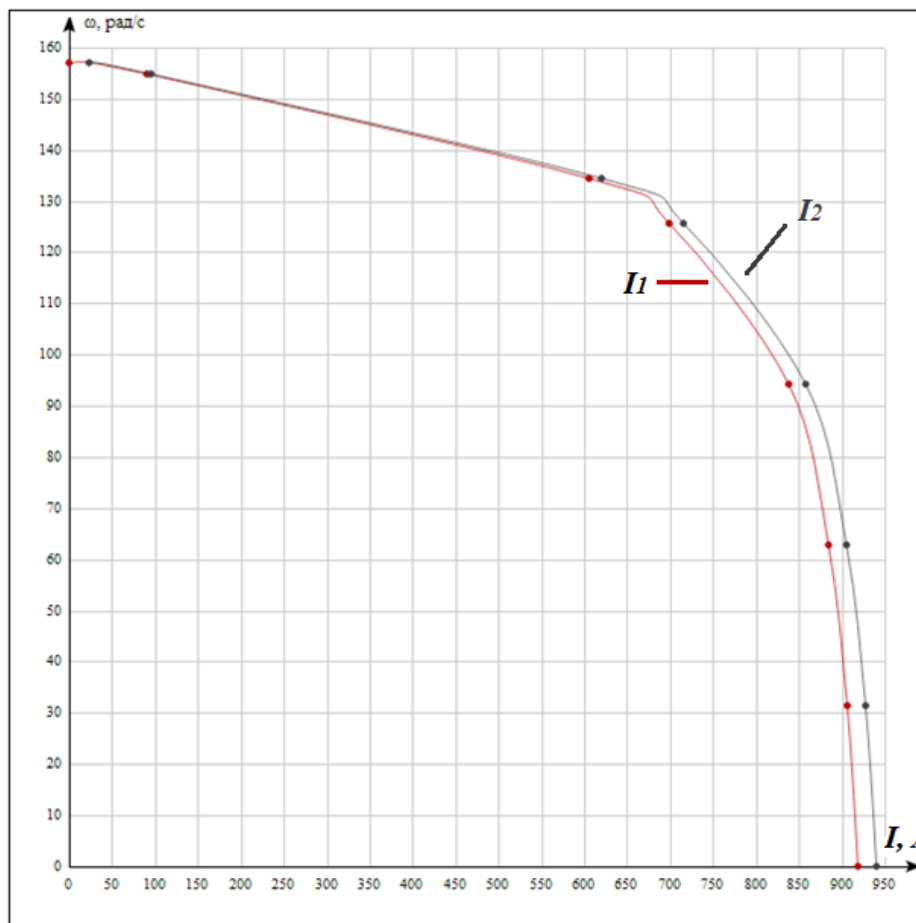
S	0	0,014	0,144	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$\sin\psi_2$	0	0,091	0,608	0,7	0,842	0,889	0,911	0,923
$I_2'(s)$	0	90,7	605,8	699,15	838,4	884,7	906,6	919
$I_1(s)$	23,4	95,7	620,31	715,7	858,2	905,6	927,9	940,6
ω	157	154,8	134,4	125,6	94,2	62,8	31,4	0

Асинхрондық қозғалтқыштың негізгі сипаттамаларына $M(s)$, $I_2'(s)$, $I_1(s)$ тәуелдіктері, яғни моменттің, ротор тогы мен статор тогының сырғанауға тәуелдіктері жатады. Асинхрондық қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы деп ротордың айналу жиілігінің n электромагниттік моментіне M тәуелділігі n

= f (M) айтады.

Бұл сипаттаманы моменттің $M=f(s)$ сырғанауға тәуелділігі арқылы есептеген ыңғайлы. Механикалық сипаттамаларды нақты есептеу Клосс формуласы арқылы жүргізген жөн.

3.3 суретте $I_1(\omega)$ тәуелділігінің графигі келтірілген.



3.3 сурет - $I_1(\omega)$ тәуелділігінің графигі

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

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

жағдайда оларды кейде *реттеушік сипаттамалар* деп те аталуы мүмкін.

Жүктеме моментінің сипаттамасына сәйкес жиіліктік реттеу заңы (U_{1i}/f_{1i}) таңдалады. Жүктеме моменті әртүрлі болуы мүмкін. Егер жүктеме моменті жылдамдыққа тәуелді сипаты сызықтық емес болса, онда ол мына өрнекпен жазылады:

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

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

k'' - жүктеме моментінің өзгеруін анықтайтын коэффициент.

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

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

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

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

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

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

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

$$X_1 + X'_2 = (X_1 + X'_2) \left(\frac{f_1}{f_{1H}} \right); \quad (4.12)$$

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

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

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

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

Енді механикалық сипаттаманы есептеу мына өрнек бойынша жүргізіледі:

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

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

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

$$s_{k30} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + [(X_1 + X_2') \cdot f^*]^2}} = \frac{0,033}{\sqrt{0,059^2 + (0,221 \cdot 0,6)^2}} = 0,227.$$

Моменттің есептік формуласы мынадай болады:

$$M = \frac{3 \cdot 132^2 \cdot 0,033'}{157 \cdot 0,6 \cdot s \cdot \left[\left(0,059 + \frac{0,033'}{s} \right)^2 + (0,221 \cdot 0,6)^2 \right]}$$

Сырғанаудың мәнін 0...1 аралығында өзгерте отырып, моменттің мәнін анықтаймыз. Ол мәндерді 3.3 кестеге енгіземіз.

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

$f_{1н} = 50$ Гц	S	0	0,014	0,144	0,227	0,4	0,6	0,8	1
	ω	94,	92,88	80,64	72,84	56,52	37,68	18,84	0

f ₁ =30Гц		2							
	M	0	223,3 9	1263,7 8	1358,7 9	1216,8 4	997,5 2	827,8 5	702,5 8

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

$$s_{k20} = \pm \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + [(X_1 + X_2) \cdot f]^2}} = \frac{0,033}{\sqrt{0,059^2 + (0,221 \cdot 0,4)^2}} = 0,31.$$

Моменттің есептік формуласы мынадай болады:

$$M = \frac{3 \cdot 88^2 \cdot 0,033}{157 \cdot 0,4 \cdot s \cdot \left[\left(0,059 + \frac{0,033}{s} \right)^2 + (0,221 \cdot 0,4)^2 \right]}$$

Сырғанаудың мәнін 0...1 аралығында өзгерте отырып, моменттің мәнін анықтаймыз. Ол мәндерді 3.4 кестеге ендіреміз.

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

f _{1H} =50Гц	S	0	0,014	0,144	0,31	0,4	0,6	0,8	1
f ₁ =20Гц	ω	62,8	61,92	53,76	43,33	37,68	25,12	12,56	0
	M	0	149,17	933,10	1119,12	1096,96	978,39	854,89	750,61

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

$$s_{k10} = \pm \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + [(X_1 + X_2) \cdot f]^2}} = \frac{0,033}{\sqrt{0,059^2 + (0,221 \cdot 0,2)^2}} = 0,45.$$

Моменттің есептік формуласы мынадай болады:

$$M = \frac{3 \cdot 44^2 \cdot 0,033}{157 \cdot 0,2 \cdot s \cdot \left[\left(0,059 + \frac{0,033}{s} \right)^2 + (0,221 \cdot 0,2)^2 \right]}$$

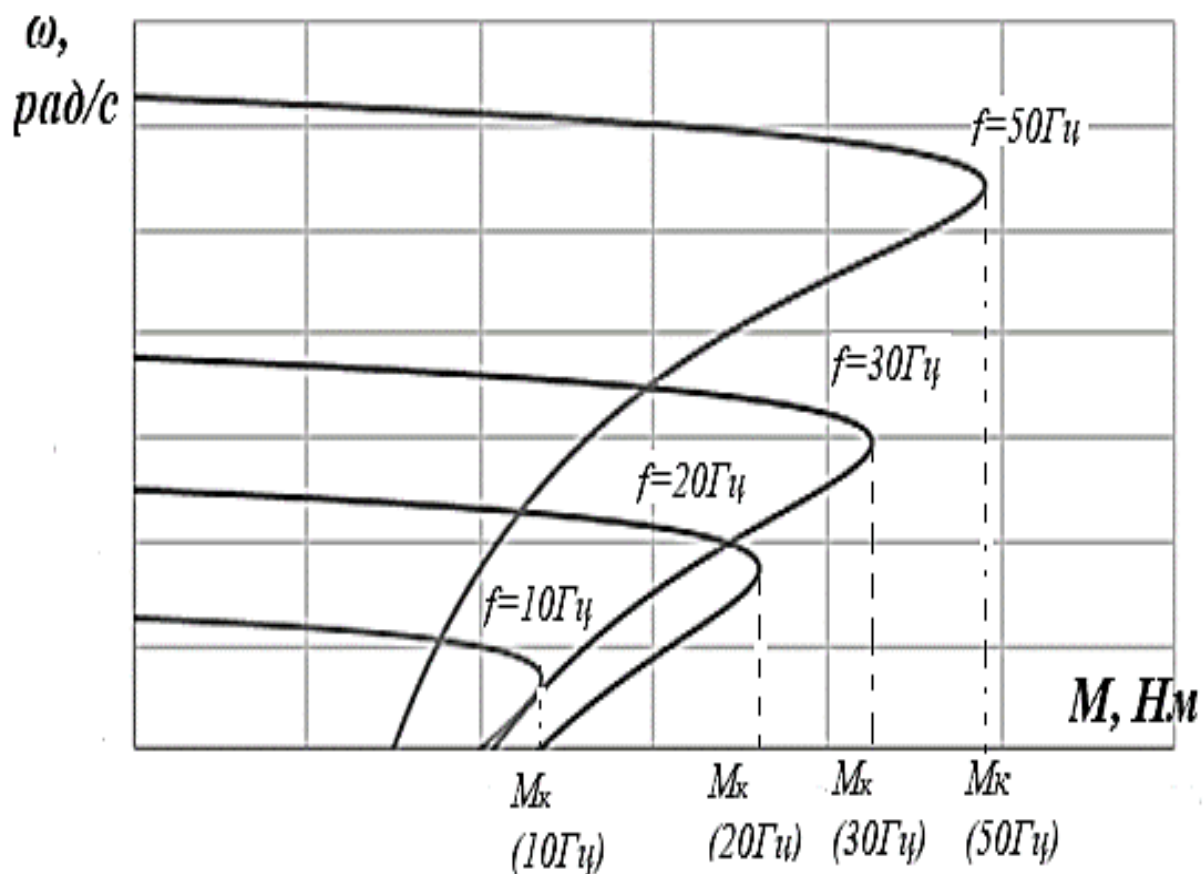
Сырғанаудың мәнін 0...1 аралығында өзгерте отырып, моменттің мәнін анықтаймыз. Ол мәндерді 3.5 кестеге ендіреміз.

Асинхронды қозғалтқыштың әртүрлі жиілік кезіндегі жасанды механикалық сипаттамалары суретте келтірілген.

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

$f_{1H}=50$ Гц	S	0	0,014	0,144	0,45	0,4	0,6	0,8	1
$f_1=10$ Гц	ω	31,4	30,96	26,88	17,27	18,84	12,56	6,28	0
	M	0	74,66	498,73	697	696,09	682,95	638,49	588,96

Асинхронды қозғалтқыштың әртүрлі жиілік ($f = 50; 30; 20; 10$ Гц) кезіндегі жасанды механикалық сипаттамалары 3.4 суретте келтірілген.



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

4 Жиіліктік түрлендіргішті таңдау және оның элементтерінің параметрлерін есептеу

4.1 Жиіліктік түрлендіргішті таңдауды негіздеу

Жиілік түрлендіргіштері қоректендіруші кернеумен жиіліктің мәндері өзгеруі арқылы асинхронды қозғалтқыштардың айналу жылдамдығын басқару үшін қолданылады. Асинхрондық қозғалтқыштар мен жиілік түрлендіргіштердің қолданылуы электр жетектер даму тарихындағы өте тиімді бағыт болып саналады.

Жиілік түрлендіргіштер электрқозғалтқыштарды басқаратын әмбебап құрылғы ретінде саналады. Жиілік түрлендіргіштерді қолдану артықшылығы:

а) Қозғалтқыштың айналу жылдамдығын кең диапазонда сатылы емес реттейді;

ә) Айналу бағытын қалаған бағытта өзгертуді қамтамасыз етеді;

б) Қозғалтқышты жайлап іске қосу және жайлап тоқтатуды қамтамасыз етеді;

в) Асинхронды қозғалтқыштың рекуперативті тежелуін қамтамасыз етеді;

г) Электрқозғалтқыштың толық қорғалуын қамтамасыз етеді;

ғ) Электр энергиясын қолдану тиімділігі 40-50%-ға дейін артады.

Жиынтық (комплектілік) түрлендіргіштер векторлық басқаруды немесе скалярлық басқаруды жүзеге асырады.

Түрлендіргіштің күштік бөлігі келесі бөліктерден тұрады: түзеткіштен, инвертордан, сүзгіштен, тежеуіш резисторынан, қорғау тораптарынан.

Кернеу амплитудасы мен жиілік түрлендіргіштің инверторда реттелетіндіктен түзеткіштік диодтар арқылы жасалуы мүмкін. Ал басқарылмайтын түзеткіш сұлбасында тежеуіш резисторы болуы керек.

Қазіргі заманда Hitachi, Siemens, ABB, Hyundai сияқты компаниялар заманауи түрлендіргіштерді өндіріп шығарып жатыр. Олардың бір-біріне айырмашылығы бағасы мен сапасында.

Жиіліктік түрлендіргіштерді мына шарттар бойынша таңдаймыз:

- түрлендіргіштің кернеуі қозғалтқыш кернеуінен үлкен немесе тең болу:

$$U_{ЖТ} \geq U_{НҚ} \quad (4.1)$$

- түрлендіргіштің тоғы қозғалтқыш тоғынан үлкен немесе тең деп алынады:

$$I_{ЖТ} \geq I_{НҚ}. \quad (4.2)$$

-қозғалтқыштың қуатына жиілік түрлендіргіштің қуаты сәйкес келу керек.

Жиіліктік түрлендіргішті таңдау үшін қозғалтқыштың параметрлері ескерілуі керек.

4.1 кестеде компрессордың электр жетегі үшін таңдалған 4A280S4Y3 типті асинхронды қозғалтқыш техникалық көрсеткіштері келтірілген.

4.1 кесте – 4A280S4Y3 қозғалтқыштың техникалық көрсеткіштері

Қуат P_n , кВт	380 В кезіндегі шарттыток I_n , А	Шартты айналу жиілігі n_n , айн/мин	Қуат коэффициенті, $\cos\varphi$
55	100,1	1479	0,90

Таңдалған қозғалтқыштың параметрлеріне сәйкес келетін EL-P7012 типті HYUNDAI фирмасының жиіліктік түрлендіргішін таңдаймыз. Бұл жиіліктік түрлендіргіш векторлық басқаруды және жоғарғы динамикалық сипаттаманы қамтамасыз етеді.

4.2 кестеде жиілікті түрлендіргіштің техникалық сипаттамалары келтірілген.

4.2 кесте - Жиілікті түрлендіргіштің техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыштың қолданылатын максималды қуаты, кВт	55
Түрлендіргіштің толық қуаты, кВА	90
Номиналдық шығыстық ток, А	110
Максималды шығыстық кернеу, В	380
Номиналдық шығыс жиілік, Гц	400 дейін
Номиналдық кірістік кернеу, В	380
Номиналдық кірістік жиілік, Гц	50/60
Кернеудің рұқсат етілетін ауытқулары	+10 %... -15 %
Жиіліктің рұқсат етілетін ауытқулары	4 %
Қоршаған орта температурасы	-10 °С... +40 °С
Салыстырмалы ылғалдылық, %	90% дейін

Түрлендіргіштің күштік бөлігі келесі бөліктерден тұрады: түзеткіштен, инвертордан, сүзгіштен, тежеуіш резисторынан, қорғау тораптарынан.

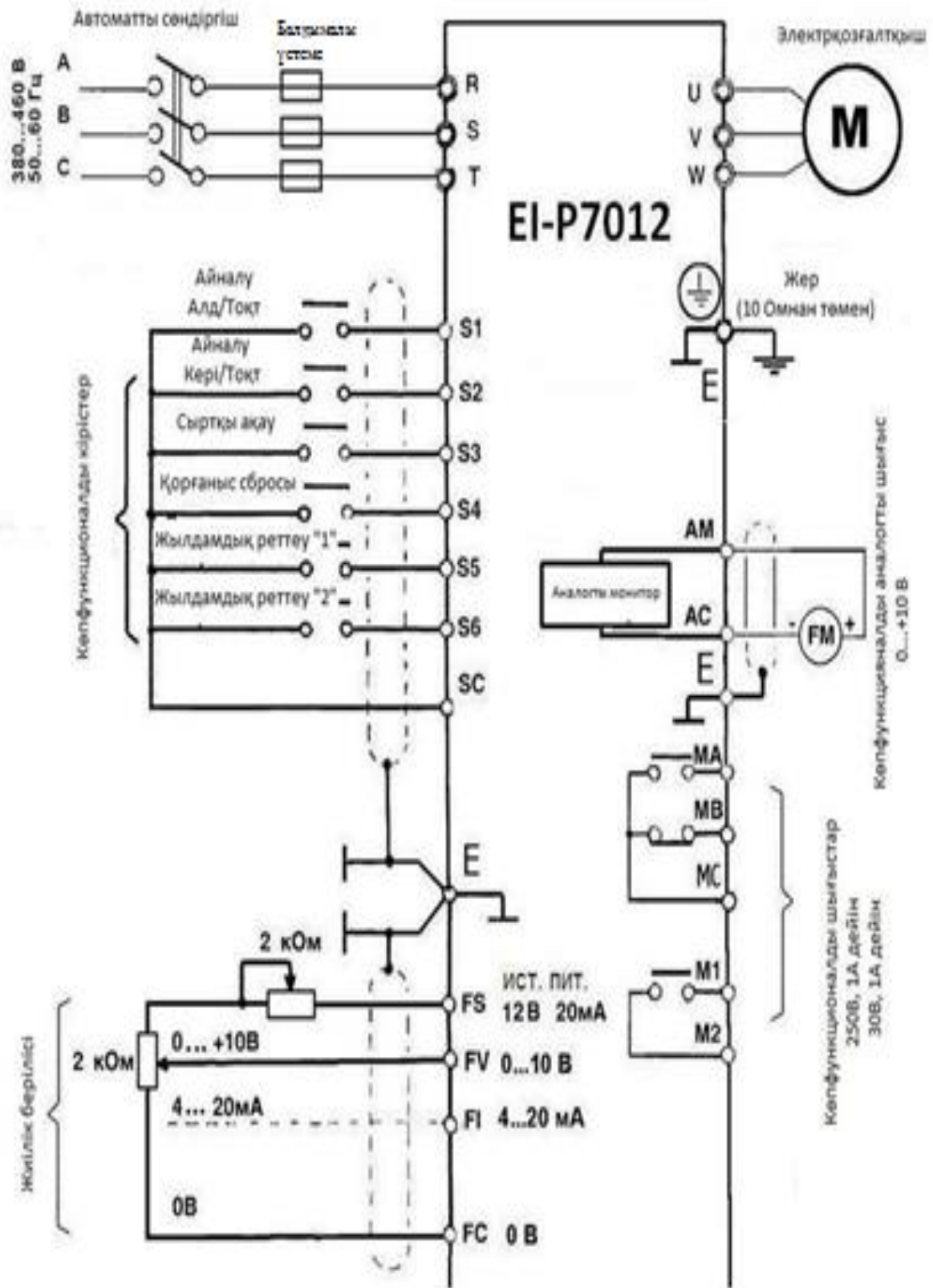
Кернеу амплитудасы мен жиілік түрлендіргіштің инверторда реттелетіндіктен түзеткіштік диодтар арқылы жасалуы мүмкін. Ал басқарылмайтын түзеткіш сұлбасында тежеуіш резисторы болуы керек.

Жиілік түрлендіргіштері қоректендіруші кернеумен жиіліктің мәндері өзгеруі арқылы асинхронды қозғалтқыштардың айналу жылдамдығын басқару үшін қолданылады. Асинхрондық қозғалтқыштар мен жиілік түрлендіргіштердің қолданылуы электр жетектер даму тарихындағы өте

тиімді бағыт болып саналады.

Жиынтық (комплектілік) түрлендіргіштер векторлық басқаруды немесе скалярлық басқаруды жүзеге асырады.

4.1 суретте жиіліктік түрлендіргіштің қосылу сұлбасы көрсетілген.



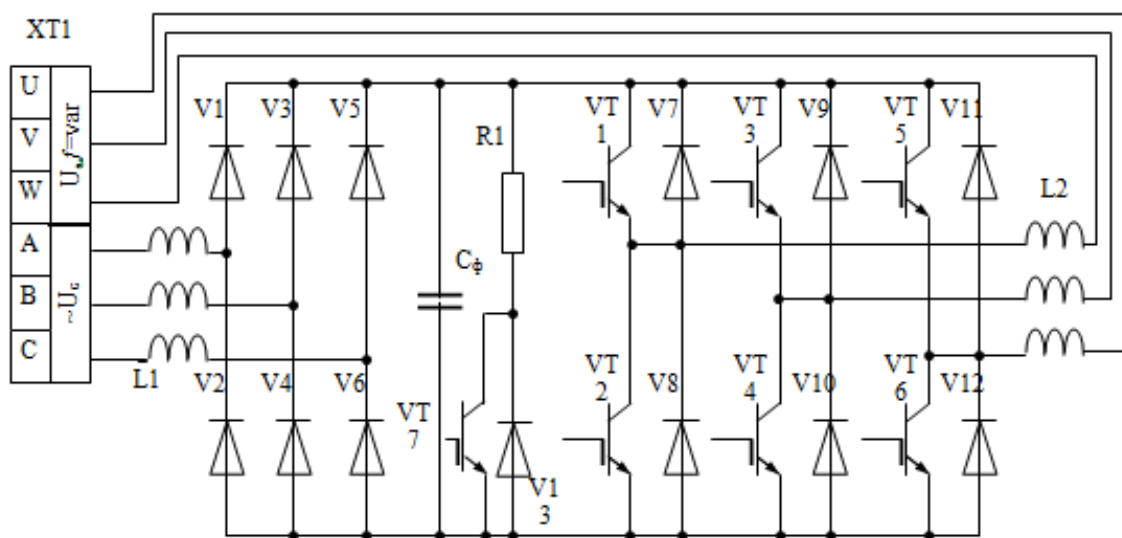
4.1 сурет - EI-P7012 типті жиіліктік түрлендіргіштің электрлік қосылу сұлбасы

4.2 Жиіліктік түрлендіргіштің күштік тізбегінің элементтерін таңдау және параметрлерін есептеу

Таңдалған жиіліктік түрлендіргіштің күштік тізбегінің құрамынамына бөліктер кіреді (4.2сурет):

- 1) түзеткіш, онда түзеткіш элементтер ретінде диодтары қолданылады;
- 2) инверторлар, онда инвертордың кілттік режимінде қайтымды диодтары бар транзисторды IGBT қолданылады, инвертор шығысында жиілікті реттеу үшін инвертор кілттерін қайтадан іске қосу кезінде жиілікті өзгерту керек, инвертор шығысында кернеудің шамасын реттейтін импульстік модуляция арқылы болады;
- 3) тежеу блогы, онда кедергілік тежеуіш қолданылады;
- 4) LC-сүзгіш (фильтр), ол кернеуді сүзуге арналған;
- 5) анодтық реакторлар, олар өтпелі үрдістер кезінде кернеуді сүзуге қолданылады;
- 6) ток пен кернеудің шектен өсуінен қорғайтын тізбектер;
- 7) ток шектеуіш кедергілер.

Күштік кілттер ретінде IGBT (Integrate Bipolar Transistor) транзистор модулі қолданылады, оның құрамында оқшауланған қос полярлы транзисторлар мен кері диодтар болады.



4.2 сурет –Түрлендіргіштің күштік тізбегінің негізгі сұлбасы

Инвертор мен түзеткіштің күштік элементтерін таңдау және есептеу.

Кең импульсты модулятор мен автономды инвертордың тұратын жиіліктік түрлендіргішті қоректендіргіштің кернеуін $U_{и}$ анықтаймыз. Ол мына формуламен есептеледі:

$$U_H = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \frac{U_{ж}}{\mu_{\max}}, \text{ В.} \quad (4.3)$$

мұндағы $U_{ж}$ - электрқозғалтқыш статорындағы желілік кернеудің номиналды мәні;

μ_{\max} - модуляция коэффициентінің максималды шектік мәні.

Берілген автномды инвертор үшін $\mu_{\max}=1$. Коммутация үрдісі кезінде іс жүзінде $\mu_{\max}<1$. Қазіргі заманғы IGBT транзисторларын қолданғанда жұмыстық жиілік $f_k=1,6$ кГц болғандықтан, ал μ_{\max} 1-ге жақындайды.

Модуляция коэффициентінің максималды мәнін мына формула бойынша есептеуге болады:

$$\mu_{\max} = 1 - 4f_k t_B, \quad (4.4)$$

мұндағы t_B - транзисторды өшіру уақыты;

$f_k = 1,6$ кГц болған кезде модуляция коэффициентін есептейміз:

$$\mu_{\max} = 1 - 4f_k t_B = 1 - 4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 = 0,994. \quad (4.5)$$

Бұл жағдайда:

$$U_H = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{380}{0,994} = 623,16 \text{ В.} \quad (4.6)$$

Транзистордың және кері диодтары арқылы келетін токтың орташа мәнін есептейміз.

Транзистор арқылы келетін токтың орташа мәнін есептеу үшін келесі формуланы қолданамыз:

$$I_{VT} = \frac{I_{sm}}{2\pi} \left(1 + \frac{\pi\mu}{4} \cos \varphi_s\right), \quad (4.7)$$

мұндағы I_{sm} - электрқозғалтқыш статорының тогының амплитудалық мәні;

φ_s - инвертордың шығысындағы кернеумен және токтың біріншілік коэффициенті арасындағы фазаның ығысу бұрышы.

Қозғалтқыш қуаты және қуат коэффициенті бойынша статор тогының амплитудалық мәнін табамыз:

$$I_{sm} = \frac{P_H \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} = \frac{55 \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,90} = 131,31 \text{ А.} \quad (4.8)$$

Статор тоғының амплитудалық мәні кезінде транзистор арқылы келетін токтың орташа мәнін есептейміз:

$$I_{VT} = \frac{I_{sm}}{2\pi} \left(1 + \frac{\pi\mu}{4} \cos \varphi_S\right) = \frac{131,31}{2 \cdot 3,14} \left(1 + \frac{3,14 \cdot 0,994}{4} \cdot 0,90\right) = 35,6 \text{ A.} \quad (4.9)$$

Транзистор үшін төменгі жиілікте, яғни ауыр жұмыс режимі кезінде, токтың амплитудалық мәні ұзақ уақыт бойы өзгеріп отырады. Бұл жағдайда транзистор арқылы жүретін жұмысшы токтың орташа мәні:

$$I_T = \frac{I_{S,m}}{2} (1 + \mu) = \frac{131,31}{2} (1 + 0,994) = 130,92 \text{ A.} \quad (4.10)$$

Кері диодтары арқылы келетін токтың орташа мәнін анықтаймыз:

$$I_{VD} = \frac{I_{sm}}{2\pi} \left(1 - \frac{\pi\mu}{4} \cos \varphi_S\right) = \frac{131,31}{2 \cdot 3,14} \left(1 - \frac{3,14 \cdot 0,994}{4} \cdot 0,90\right) = 6,22 \text{ A.} \quad (4.11)$$

Максималды жүктеме режимінде диодтағы токтың мәні:

$$I_D = \frac{I_{S,m}}{2} (1 - \mu) = \frac{131,31}{2} (1 - 0,994) = 0,39 \text{ A.} \quad (4.12)$$

Тежеу кедергісін мына формула бойынша есептейміз:

$$R_T = \frac{U_H}{I_{H \max}}, \quad (4.13)$$

мұндағы $I_{H \max}$ - тежелу кезінде АИК түзеткішке бағытталған тұрақты токтың максималды мәні.

Тұрақты токтың максималды мәнін формула бойынша есептейміз:

$$I_H = \frac{3}{4} \mu I_{sm} \cos \varphi_{S1} = \frac{3}{4} \cdot 0,994 \cdot 131,31 \cdot 0,90 = 88,1 \text{ A.} \quad (4.14)$$

Тежеуіш кедергісінің мәнін анықтаймыз:

$$R_T = \frac{U_H}{I_{H \max}} = \frac{623,16}{88,1} = 7,07 \text{ Ом.} \quad (4.15)$$

Есептеу нәтижелері негізінде кері диодты жарты көпір түріндегі күштік модульге SKM400GA123T (СКМ400ГА123Т) типті транзистор таңдалды.

Максимал берілген кернеуі кернеудің берілген шегінің аспау керек:

$$k_{zn} \cdot k_c \cdot U_{кер.м} \leq U_{DRM}, \quad (4.16)$$

мұндағы $k_{zn}=1,3...1,5$ - кернеудің қоркоэффициенті;

$k_c=1,1$ - жүйедегі кернеудің өсуін ескеретін коэффициент;

$U_{кер.м}$ - тетіктегі максималды қайтымды кернеу.

$$U_{кер.м} = \sqrt{6} \cdot 220 = 538,88В.$$

Күштік тізбектегі конденсаторын толық сыйымдылығы:

$$C = \frac{U_d T_n}{3R_n \Delta U_c} \quad (4.17)$$

мұндағы U_d – түзетілген кернеудің орташа мәні, В;

$T_n=0,001$ –жүктеменің уақыт тұрақтысы (транзистор жиілігі), с;

$R_n=0,059$ – жүктеме активті кедергісінің мәні, Ом;

ΔU_c – конденсатордағы кернеудің өсу шегі.

Түзетілген кернеудің орташа мәнін анықтаймыз:

$$U_d = k_{cx} U_\phi = 2,3 \cdot 220 = 506 В, \quad (4.18)$$

мұндағы $U_\phi = 220 В$ –жүйедегі фазалық кернеудің мәні;

$k_{cx} = 2,3$ –үш фазалы түзеткіш коэффициенті.

Конденсатордың кернеуінің өсуін, жүктеменің активті кедергісін, конденсаторының толық сыйымдылығын, конденсатордағы максималды шектік кернеуді анықтаймыз :

$$\Delta U_c = 0,1. U_d = 0,1 \cdot 506 = 50,6 В. \quad (4.19)$$

$$R_n = \frac{3 \cdot R_1}{2} = \frac{3 \cdot 0,059}{2} = 0,088 Ом \quad (4.20)$$

$$C = \frac{50,6 \cdot 0,001}{3 \cdot 0,088 \cdot 50,6} = \frac{0,0506}{13,3584} = 0,004 Ф. \quad (4.21)$$

$$U \geq \sqrt{2} \cdot U_d = \sqrt{2} \cdot 506 = 713,46 В. \quad (4.22)$$

Конденсатордың сыйымдылығы мен кернеуінің есептік мәндері бойынша конденсатордың типін таңдаймыз.

5 Электр жетегінің электрмеханикалық жүйесін сипаттау және негізгі элементтерінің параметрлерін анықтау

5.1 Компрессорлық қондырғының электр жетегінің функционалдық және құрылымдық сұлбасын құрастыру

Айналу жылдамдығын кең диапазонда реттеуді қажет ететін қондырғылары үшін тиімді электр жетегі ретінде «ТЖТ – АҚ» жүйесін таңдауға болады. Бұл жүйенің дистанциялық телемеханикалық басқаруға болатындығын атай кету керек.

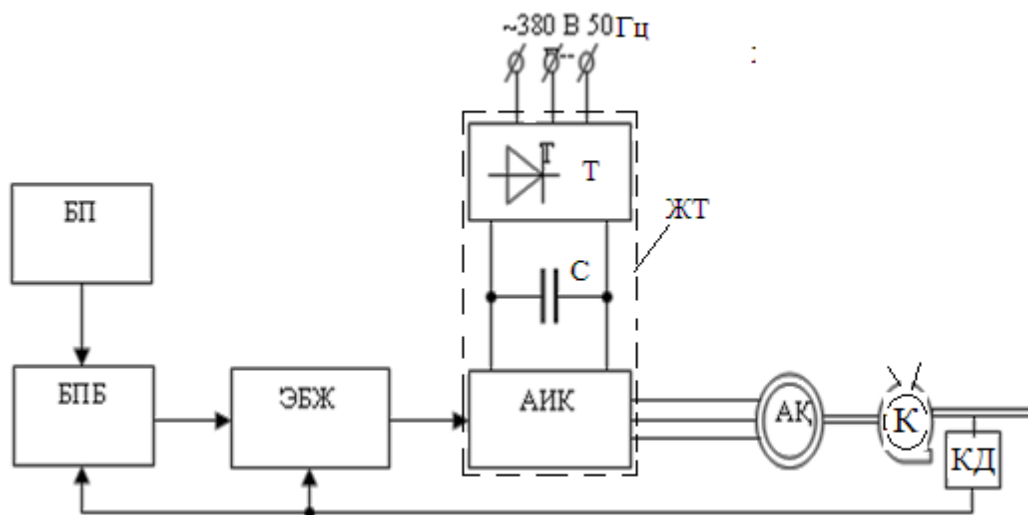
Мұндай жүйенің күштік сұлбасына жиілік түрлендіргіштен және қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш кіреді. Тиристорлық жиіліктік түрлендіргіш қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығын реттеуді статордағы кернеу жиілігінің өзгерту арқылы жүзеге асырады.

Алдымен электр жетегінің функционалдық сұлбасын құрамыз. Бұл сұлба 5.1 суретте көрсетілген.

Бұл сұлбаның құрамына мына элементтер кіреді:

- БП- басқару пульті;
- БПБ - басқару бағдарламасының блогі;
- ЭБЖ - электр жетегінің басқару жүйесі;
- ЖТ - жиіліктік түрлендіргіш;
- Т- түзеткіш;
- АИК - автономды инвертор кернеуі;
- АҚ – қысқа тұйықталған роторлы асинхронды электр қозғалтқыш;
- К –компрессор;
- ҚД –қысым өлшеу датчигі.

Жобаланатын жүйе бір контурлы басқару жүйесі болып табылады. Оның бір сыртқы контуры (қысым контуры) болады.



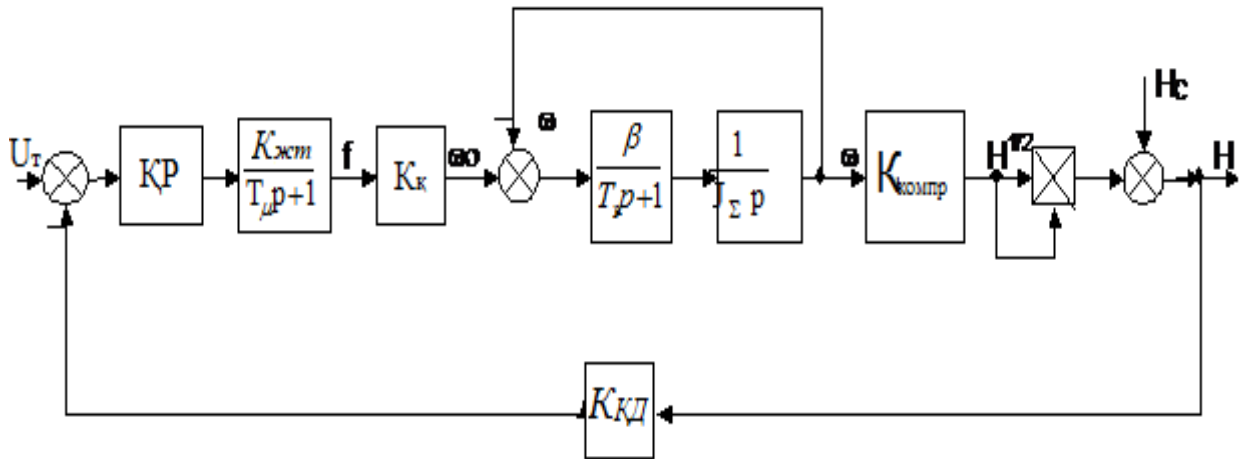
5.1 сурет– Электр жетектің функционалдык сұлбасы

Электр жетегінің автоматты басқару жүйесінің құрамына басқару объектісі мен реттеуіш кіреді. Басқару объектісін энергияны түрлендіретін және электрқозғалтқышты қоректендіретін құрылғылардың, электрқозғалтқыш пен жұмыстық органы ретінде қозғалтқыш білігімен жалғасқан компрессор қондырғысының жиынтығы ретінде қарастырады. Реттеуіш электр жетегінің автоматты басқару жүйесіне берілген арнайы тапсырмаға сәйкес құрастырылып, есептелінеді және жүзеге асырылады. Басқару жүйесінде реттелетін параметр ретінде қысым қабылданады. Сұлбадағы жиілік түрлендіргіш электр қозғалтқышты қоректену үшін таңдалған, ал реттеу реттеуіште жүзеге асырылған.

Жиіліктік басқарылатын электр жетектерінің жұмыс істеу принципі былай түсіндіруге болады.

Желіден берілетін айнымалы кернеуді түзеткіш (Т) тұрақты кернеуге түрленеді. Түзеткіштің шығысында орналасқан фильтр С (сүзгіш) екі функция атқарады – түзетілген кернеудің пульсациясын тегістейді және инвертордан келетін реактивті энергияны тұтынады. Сүзгіштің шығысынан шыққан түзетілген тұрақты кернеу автономды инвертор (АИК) кірісіне беріледі.

5.2 суретте компрессорлық қондырғының автоматтандырылған басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы бейнеленген.



5.2 сурет – Компрессорлық қондырғының автоматтандырылған электр жетегінің құрылымдық сұлбасы

Сұлбадағы белгілер:

U_T – тапсырмалық кернеу

$K_Р$ – қысым реттегіш;

$K_{жст}$ – жиіліктік түрлендіргіштің пропорционалдық коэффициенті

$K_{КД}$ – қысымның кері байланыс коэффициенті;

$K_к$ – қозғалтқыштың беріліс коэффициенті.

Беріліс коэффициенті мына өрнек арқылы анықталады:

$$K_к = \frac{2\pi}{p}, \quad (5.1)$$

Қысымның кері байланыс коэффициентін анаймыз.

Қысымның кері байланыс коэффициенті мына өрнек арқылы анықталады:

$$K_{КД} = \frac{U_T}{H_H}. \quad (5.2)$$

Жобаланатын жүйе негізінде бір контурлы басқару жүйесіне жатады және сыртқы контур қысым контуры болып саналады.

5.2 Асинхронды қозғалтқыштың динамикалық моделі және оның параметрлерін есептеу

Қазіргі кезде жиіліктік түрлендіргіші бар асинхронды электр жетегін құруға қатысты қолданылатын жаңа тәсіл асинхронды қозғалтқыштың толық дифференциалдық теңдеулеріне негізделген.

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

Асинхронды қозғалтқыштың толық дифференциалдық теңдеулері мына түрде жазылады:

$$\begin{aligned}
 U_{1u} &= i_{1u}R_1 + \frac{d\psi_u}{dt} - \omega_k \psi_{1\vartheta} \\
 U_{1v} &= i_{1\vartheta}R_1 + \frac{d\psi_\vartheta}{dt} - \omega_k \psi_{1u} \\
 0 &= i_{2u}R_2 + \frac{d\psi_{2u}}{dt} - (\omega_k - \omega_{эл})\psi_{2\vartheta} \\
 0 &= i_{2\vartheta}R_2 + \frac{d\psi_{2\vartheta}}{dt} - (\omega_k - \omega_{эл})\psi_{2u} \\
 M &= p_{\Pi}L_{12}(i_{1\vartheta}i_{2u} - i_{1u}i'_{2\vartheta}) \\
 \psi_{1u} &= L_1i_{1u} + L_{12}i_{2u} \\
 \psi_{1\vartheta} &= L_1i_{1\vartheta} + L_{12}i_{2\vartheta} \\
 \psi_{2u} &= L_2i_{2u} + L_{12}i_{1u} \\
 \psi_{2\vartheta} &= L_2i_{2\vartheta} + L_{12}i_{1\vartheta}
 \end{aligned} \tag{5.3}$$

мұндағы ω_k – координата өстердің айналу жылдамдығы;

i_v, i_u – токтың құраушылары;

ψ_v, ψ_u – ағын ілінісуі;

R_1 – статор кедергісі;

M – қозғалтқыштың электромагниттік моменті;

L_1, L_2 – статор мен ротордың фазалаырың индуктивтілігі;

L_{12} – өзаралық индуктивтілік;

U_1 – статордағы кернеу.

Бұл модельдегі айнымалылар статор тогының жиілігімен өзгереді.

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

$$\begin{aligned}
 \frac{di_{1\alpha}}{dt} &= K_1(U_{1\alpha} - i_{1\alpha}R_1) + K_3i'_{2\alpha} + K_2e_{1\beta}; \\
 \frac{di_{1\beta}}{dt} &= K_1(U_{1\beta} - i_{1\beta}R_1) + K_3i'_{2\beta} - K_2e_{1\alpha}; \\
 \frac{di'_{2\alpha}}{dt} &= -K_2(U_{1\alpha} - i_{1\alpha}R_1) - K_5i'_{2\alpha} - K_4e_{1\beta}; \\
 \frac{di'_{2\beta}}{dt} &= -K_2(U_{1\beta} - i_{1\beta}R_1) - K_5i'_{2\beta} \\
 &- K_4e_{1\alpha}; \\
 \frac{d\omega}{dt} &= \frac{1}{J}(M - |M_c|sign\omega);
 \end{aligned} \tag{5.4}$$

$$\begin{aligned}
 M &= K_6 (i_\beta i'_{2\alpha} - i_{1\alpha} i'_{2\beta}); \\
 e_{1\alpha} &= \omega_{\text{эл}} (L_2 i'_{2\alpha} + L_{12} i_{1\alpha}); \\
 e_{1\beta} &= \omega_{\text{эл}} (L_2 i'_{2\beta} + L_{12} i_{1\beta}); \\
 \omega_{\text{эл}} &= p_{\text{II}} \omega,
 \end{aligned}$$

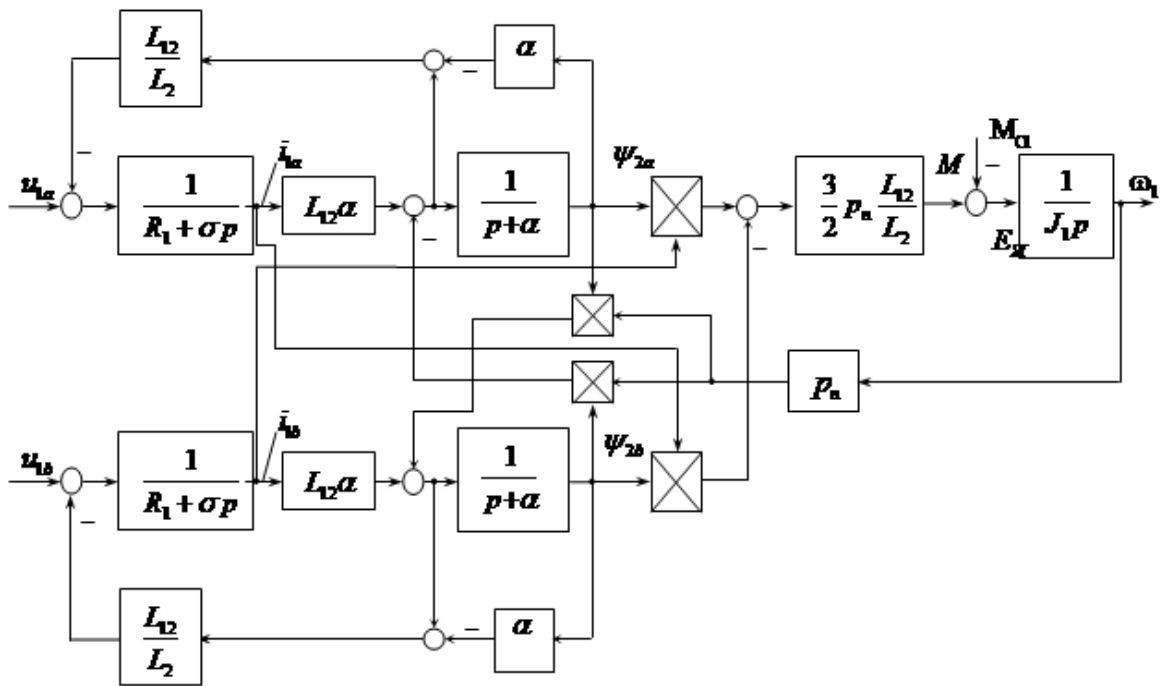
мұндағы

$$\begin{aligned}
 K_1 &= \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2}; \\
 K_2 &= \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}; \\
 K_3 &= K_2 R'_2; \\
 K_4 &= \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2}; \\
 K_5 &= K_4 R'_2; \\
 K_6 &= \frac{3}{2} p_{\text{II}} L_{12}; \\
 U_{1\alpha} &= U_{1m} \cos[\phi_{\text{эл}}(t)]; \\
 U_{1\beta} &= U_{1m} \sin[\phi_{\text{эл}}(t)]; \\
 \phi_{\text{эл}} &= 2\pi f_{1\text{НОМ}} \int \alpha(t) dt; \\
 \alpha(t) &= \frac{f_1(t)}{f_{1\text{НОМ}}};
 \end{aligned} \tag{5.5}$$

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

J_Σ - механизм инерциясының қорытынды моменті.

Екі фазалы асинхронды қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы 5.3 суретте көрсетілген.



5.3 сурет - Асинхрондық қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы

Қозғалтқыштың екі фазалы модель үшін $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ коэффициенттерін анықтаймыз. Ол үшін қажетті параметрлерді анықтау керек. Статордың индуктивтілігін есептейміз:

$$L_1 = \frac{X_1 + X_\mu}{2\pi f} = \frac{0,19 + 9,19}{314} = 0,0298 \text{ Гн.} \quad (5.6)$$

Ротордың индуктивтілігін есептейміз:

$$L_2 = \frac{X_2 + X_\mu}{2\pi f} = \frac{0,031 + 9,19}{314} = 0,0294 \text{ Гн.} \quad (5.7)$$

Өзіндік индукция есептейміз:

$$L_{12} = \frac{9,19}{314} = 0,0293 \text{ Гн.} \quad (5.8)$$

Статор тізбегінің эквивалентті индуктивтілігі есептейміз:

$$L_\sigma = L_1 - \frac{L_{12}^2}{L_2} = 0,0298 - \frac{0,0293^2}{0,0294} = 0,0006 \text{ Гн.} \quad (5.9)$$

$$K_1 = \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0,0294}{0,0298 \cdot 0,0294 - 0,0293^2} = 1667,61 \frac{1}{\text{Гн.}} \quad (5.10)$$

$$K_2 = \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0,0293}{0,0298 \cdot 0,0294 - 0,0293^2} = 1661,94 \frac{1}{\text{Гн.}} \quad (5.11)$$

$$K_3 = K_2 R_2 = 1661,94 \cdot 0,033 = 54,84 \frac{1}{\Gamma\text{H}}. \quad (5.12)$$

$$K_4 = \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0,0298}{0,0298 \cdot 0,0294 - 0,0293^2} = 1690,3 \frac{1}{\Gamma\text{H}}. \quad (5.13)$$

$$K_5 = K_4 R_2 = 1690,3 \cdot 0,033 = 55,78 \frac{1}{\Gamma\text{H}}. \quad (5.14)$$

$$K_6 = \frac{3}{2} \cdot P_{\Pi} L_{12} = 0,1310 \text{м}. \quad (5.15)$$

$$R_3 = R_1 + R_2 \left(\frac{L_{12}^2}{L_2^2} \right) = 0,059 + 0,033 \cdot \frac{0,0293^2}{0,0294^2} = 0,0920 \text{м}. \quad (5.16)$$

$$T_3 = \frac{L_3}{R_3} = \frac{0,0006}{0,092} = 0,0065 \text{с}. \quad (5.17)$$

$$\Psi_1 = \frac{E_S \cdot \text{НОМ}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{НОМ}}} = \frac{217}{314} = 0,69 \text{Вб}. \quad (5.18)$$

Асинхронды қозғалтқыштың сызықтық моделінің құрылымдық сұлбасы 5.4 көрсетілген.

Суреттегі белгілер мынаны білдіреді:

β - механикалық сипаттаманың сызықтық аумағының қатаңдығы;

T_3 - электромагниттік уақыт тұрақтысы, с;

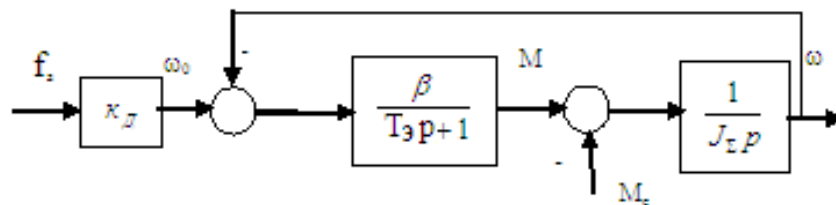
J_{Σ} - валдық қозғалтқышқа келтірілген инерция моментінің қосындысы;

ω_0 - бастапқы берілген айналу жиілігі, рад/с;

f_3 - тапсырманың жиілігі, Гц;

M - қозғалтқыштың механикалық моменті;

K_d - қозғалтқыштың беріліс коэффициенті.



5.4 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың сызықтық моделі

Қозғалтқыштың беріліс коэффициентін K_1 анықтаймыз:

$$K_1 = \frac{2\pi}{p} = \frac{6,28}{2} = 3,14. \quad (5.19)$$

Электромагниттік уақыт тұрақтысын T_3 анықтаймыз:

$$T_3 = \frac{1}{\omega_1 \cdot S_k} = \frac{1}{154,8 \cdot 0,144} = 0,045 \quad (5.20)$$

Қозғалтқыштың статикалық қатаңдық модулін β анықтаймыз:

$$\beta = \frac{I_1}{\omega_0 - \omega_1} = \frac{100,1}{157 - 154,8} = 45,5 \quad (5.21)$$

Қозғалтқыштың механикалық уақыт тұрақтысы T_μ анықтаймыз:

$$T_\mu = \frac{J}{\beta} = \frac{0,64}{45,5} = 0,014 \quad (5.22)$$

мұндағы $J=0,64$ кг/м² – қозғалтқыштың инерция моменті.

Алынған параметрлерді қолдана отырып, қозғалтқыштың беріліс функциясының өрнегін жазамыз:

$$W(p) = \frac{\frac{\beta k_1}{J_p(T_3 p + 1)}}{1 + \frac{\beta}{J_p(T_3 p + 1)}} = \frac{\beta k_1}{T_3 p^2 + J T_3 p + \beta} = \frac{k_1}{T_\mu T_3 p^2 + T_\mu p + 1} = \frac{3,14}{0,000091 p^2 + 0,014 p + 1} \quad (5.23)$$

Асинхронды қозғалтқыштың сызықтық моделі басқару жүйесінің реттегіштерін синтездеу үшін қолданылады.

5.3 Компрессорлық қондырғының моделі және қысым датчигін таңдау

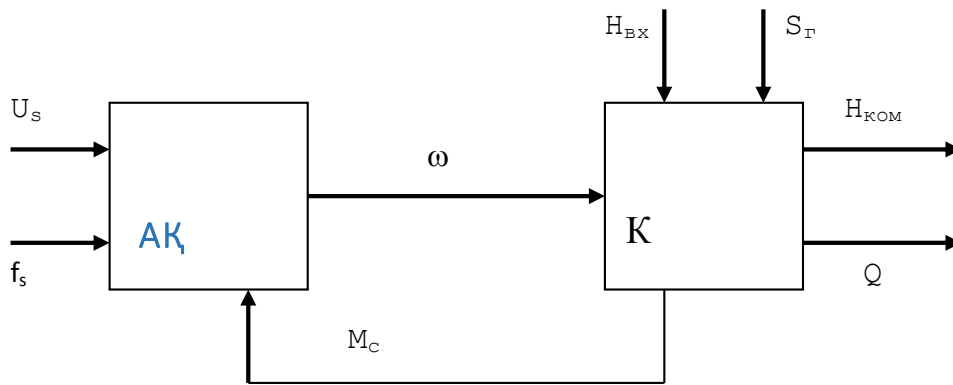
Компрессордың сипаттамасының және құбырдың сипаттамасының математикалық өрнегі қозғалтқыштың білігіндегі кедергі моментінің айналу жылдамдығына тәуелділігі екендігін көрсетуге керек.

Компрессордың негізгі параметрлері өнімділігі және қысымы болып табылады. Компрессордың өнімділігі Q деп уақыт бірлігі ішінде компрессорге беретін ауаның көлемін айтады.

Компрессордың дифференциалды теңдеуі бойынша құрылған құрылымдық сұлбасы қолайсыз және ауа динамикасындағы зерттелген көптеген параметрлерді есептеуді қажететеді.

Жалпылама жағдайда компрессорлық қондырғы келесі функционалдық сұлба бойынша өрнектеледі (5.5 сурет).

Қысым H компрессордың кірісі мен шығысындағы 1 кг ауадағы энергия мөлшерінің айырмасы болып табылады. Бұл жағдайда компрессордың моделі болады.



5.5 сурет - Компрессорлық қондырғының функционалдық сұлбасы

Суреттегі белгілер:

АҚ – асинхронды қозғалтқыш;

К –компрессор;

U_s – статордың кернеуі, В;

f_s – статор кернеуінің жиілігі, Гц;

ω - компрессордың жұмыс дөңгелегі мен ротордың механикалық бұрыштық айналу жылдамдығы, рад/с;

M_c – валдағы қозғалтқыштың статикалық жүктеме моменті, Н·м;

$H_{КОМ}$ – компрессордың шығысындағы қысым, м;

Q – компрессордың өнімділігі, м³/с;

S_r – желінің гидравликалық кедергісі .

Компрессордың сипаттамасының және құбырдың сипаттамасының математикалық өрнегі қозғалтқыштың білігіндегі кедергі моментінің айналу жылдамдығына тәуелділігі екендігін көрсетуге керек.

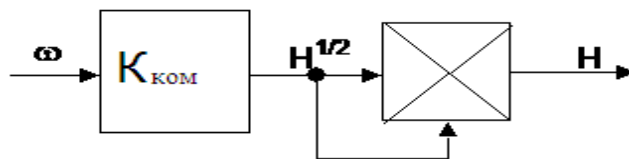
Компрессордың негізгі параметрлері өнімділігі және қысымы болып табылады. Компрессордың өнімділігі Q деп уақыт бірлігі ішінде компрессорге беретін ауаның көлемін айтады.

Қысым H компрессордың кірісі мен шығысындағы 1 кг ауадағы энергия мөлшерінің айырмасы болып табылады.

Компрессордың дифференциалды теңдеуі бойынша құрылған құрылымдық сұлбасы қолайсыз және ауа динамикасындағы зерттелген көптеген параметрлерді есептеуді қажететеді. Қондырғыны автоматтандыруға қатысты есептерді шешу үшін мына формулаларды пайдаланған жөн:

$$\left. \begin{aligned} \frac{Q_1}{Q_2} &= \frac{\omega_1}{\omega_2}; \\ \frac{H_1}{H_2} &= \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2}; \end{aligned} \right\} \quad (5.24)$$

Компрессордың механикалық сипаттамасының қатаң және біршама үлкен болуына байланысты қысымды басқарудың құрылымдық сұлбасын номиналдық нүкте маңынан сызықтандыруға, сол арқылы есептеу жұмысын жеңілдетуге болады. Бұл жағдайда компрессордың моделі 5.6 суреттегідей болады.



5.6 сурет - Компрессордың моделі

Компрессор және гидравликалық желіні бірінші реттегі аperiодикалық екпінді буын ретінде қарастыруға болады. Оның беріліс функциясы мына өрнек арқылы беріледі:

$$W_{\text{КОМ}}(p) = \frac{k_{\text{КОМ}}(\omega)}{T_{\text{КОМ}} p + 1}, \quad (5.25)$$

мұндағы, $k_{\text{КОМ}} = \sqrt{\frac{H_H}{\omega_H^2}}$ - компрессордың түрлендіргіш коэффициенті;

$T_{\text{КОМ}}$ – компрессордың уақыт тұрақтысы.

Компрессорды сызықтық емес күрделі жүйе деп санайды. Сондықтан ол төменгі ауытқушылықта жұмыс жасайды, және осы үшін беріліс коэффициентін сызықтандырамыз. $T_{\text{КОМ}} = 0,001$ с тең деп қабылдаймыз. Осыған байланысты синтездеу үрдісі кезінде уақыт тұрақтысын есепке алмаймыз. Бұл жағдайда компрессорды екпінді емес буын деп санауға болады.

$$W_{\text{КОМ}}(p) = k_{\text{КОМ}}(\omega). \quad (5.26)$$

Қысымды реттеу қысым датчигінің көмегімен жүргізіледі. Датчик компрессордың берілген номинал қысымына сәйкес таңдаланады.

Максимал қысымы 1,5 МПа болатын Метран 100 ДИ типті қысым датчигін таңдадық. Қысымдық кедергіні жеңу барысында датчик қысымды i токқа түрлендіреді. Сондықтан қысымның негізгі сипаттамалары ток түрінде беріледі. Максимал қысымдағы ток – 20 мА болады, ал минимал ток – 4 мА. Қысым датчигінің беріліс коэффициентін анықтаймыз.

Датчикпен өлшенетін максималды қысым төмендегідей:

$$H_{1H_{\text{max}}} = \frac{1,5 \cdot 10^6}{8,76 \cdot 1000} = 171,23 \text{ м}. \quad (5.27)$$

Беріліс коэффициентін келесі формуламен аламыз.

Беріліс коэффициенті:

$$K_1 = \frac{I_{1Hmax} - I_{1Hmin}}{H_{1Hmax} - H_{1Hmin}} = \frac{(20 - 4)}{171,23 - 0} = 0,093 \quad (5.28)$$

Реттегіш қысымы тоқ түрінде өтуіне байланысты тапсырма каналында датчик қысымының беріліс коэффициенті кері мәнге ие болатын масштабталған коэффициентке өзгереді.

$$K_m = \frac{1}{K_1} = \frac{1}{0.093} = 10,7 \quad (5.29)$$

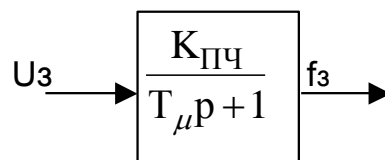
Компрессордың уақыт тұрақтысының өтпелі процесстердің параметрлеріне тигізетін әсері болғандықтан жүйені модельдеу кезінде ол міндетті түрде есепке алынады.

5.4 Жиілікті түрлендіргіштің динамикалық моделі және оның параметрлерін есептеу

Жиіліктік түрлендіргіштің тұрақты ток буынының құрамына бірнеше элементтерден кіреді: басқарушы түзеткіш, фильтр және автономды кернеу инверторы.

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

Реттегіштің басқару жүйесін синтездеу үшін жиіліктік түрлендіргіштердің сызықтық моделі қолданылады (5.7 сурет).



5.7 сурет - Жиілікті түрлендіргіштердің сызықтық моделі

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

Транзисторлық түрлендіргіштердің динамикасы үшін контурлық реттегіштегі орналасқан жиіліктік кесінді жиіліктен бірнешеесе төмен болады, сонымен бірге жүйедегі өтпелі үдерістердің уақыты жүйенің дискретизация кезеңінен айтарлықтай асып кетеді.

$$W_1(p) = \frac{K_1}{T_\mu p + 1} = \frac{3.33}{0.01p + 1}, \quad (5.30)$$

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

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

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

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

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

5.5 Асинхронды қозғалтқыштың виртуалды моделін құру және өтпелі үрдістерін зерттеу

Жартылай өткізгіш электр жетектерін модельдеуге арналған бағдарламалық пакет ретінде жартылай өткізгіш электр жетегін зерттеудің негізгі құралы ретінде кеңінен қабылданған MatLab жүйесі (матрицалық зертхана) кеңейту пакеттері (Toolboxes) ең қолайлы болып саналады.

Жартылай өткізгіш дискіні зерттеу үшін пайдаланылатын негізгі кеңейту пакеттері Simulink және Power System Blockset болып табылады.

Simulink пакеті қосымша қондырмалары бар әр түрлі электромеханикалық жүйелерді зерттеудің негізгі құралы болып табылады. Бұл жинақта электр жетегі жүйесін зерттеумен байланысты шешілмейтін тапсырмалар мүлде жоқ.

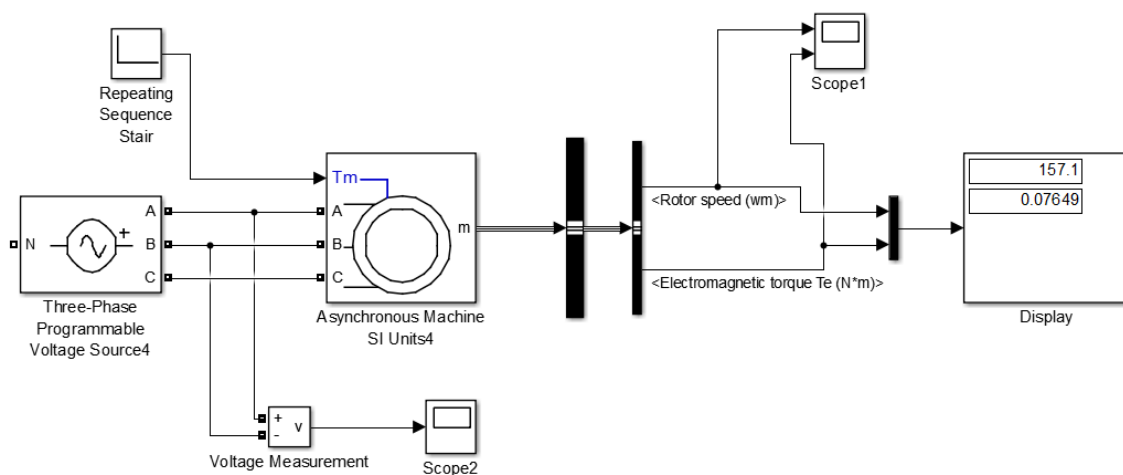
Simulink зерттеушіге жүйенің құрылымдық (математикалық) көрінісінен бастап және модельдің құрылымдық схемасына сәйкес микропроцессорды бағдарламалау үшін кодтарды генерациялаумен ұштасқан әр түрлі мүмкіндіктерді береді.

Simulink кітапханасы кез келген автоматты реттеу жүйесін зерттеуге болатын визуалды нысандар жиынтығы болып табылады. Барлық блоктар үшін параметрлерді баптау мүмкіндігі бар. Баптау параметрлері таңдалған блоктың баптау терезесі тақтасында көрсетіледі. Зерттелетін модельге (5.8 сурет) осындай элементтер кірді:

Asynchronous Machine SI Unit – 4A225M4Y3 қозғалтқыштың номиналды паспорттық деректеріне сәйкес келетін параметрлермен асинхронды қозғалтқыштың дайын моделі;

Синусоидальды кернеудің үшфазалы көзі 3Phase Programmable Voltage Source номиналды параметрлері: $U_m=380$ В; фаза бойынша бір-біріне қатысты 120° -ге жылжыған, номиналды мәні: $U_\phi=220$ В, $U_L=380$ В, $f=50$ Гц тең үшфазалы кернеу жүйесін модельдейді;

- Three-Phase V-I Measurement – желілік ток пен кернеуді өлшеуді жүзеге асыруға арналған үшфазалы мультиметр;
- Scope типті 2 элемент – желілік ток пен кернеу графиктерін көруге арналған осциллографтар модельдері, сондай-ақ қозғалтқыш роторының айналу жиілігі кезіндегі және оның білігіндегі момент өзгерістері;
- Display типті элемент - сол параметрлердің белгіленген мәнін бақылау үшін;
- Constant – қозғалтқыш білігіне тұрақты жүктемелерді модельдеуге болатын элемент;
- Repeating Sequence Stair – белгілі бір уақытта қозғалтқыш білігіне жүктемені түсіруге арналған модельдеуге болатын элемент.



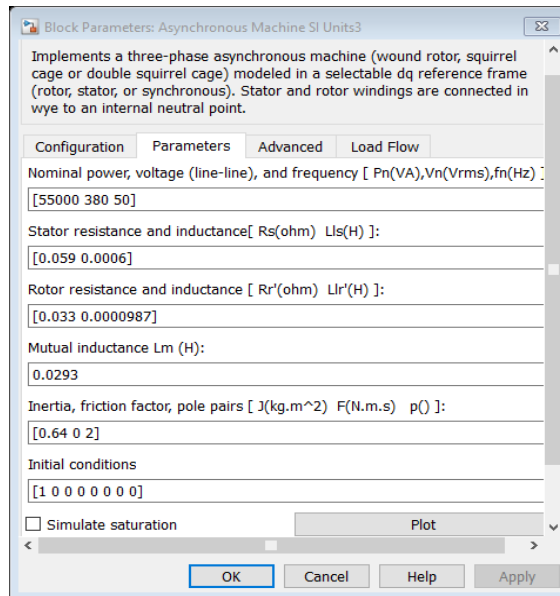
5.8 сурет - Асинхронды электр қозғалтқышты зерттеудің виртуалды моделі

Енгізу терезесіне таңдалған 4A225M4У3 электрқозғалтқыштың номиналды паспорттық деректерге сәйкес параметрлерін енгіземіз (5.8 сурет).

Жиілікті реттеу заңын қолдана отырып, $f_1 = 50$ Гц, $f_2 = 30$ Гц, $f_3 = 20$ Гц үш түрлі жиілікте беріп, электр қозғалтқышты жүктемесіз және жүктеме астында қосып сипаттаймыз.

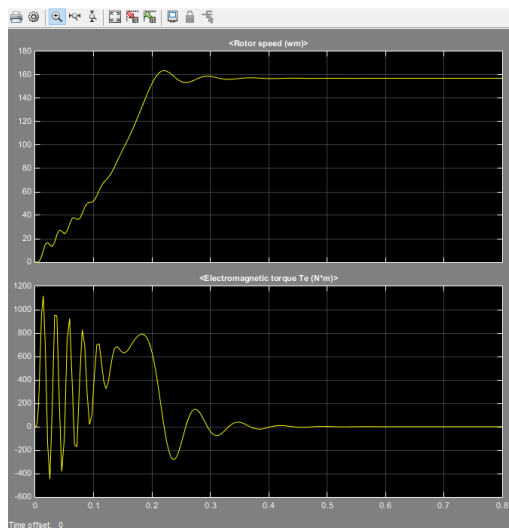
Simulink пакеті қосымша қондырмалары бар әр түрлі электромеханикалық жүйелерді зерттеудің негізгі құралы болып табылады. Бұл жинақта электр жетегі жүйесін зерттеумен байланысты шешілмейтін тапсырмалар мүлде жоқ.

Asynchronous Machine SI Unit – 4A225M4У3 қозғалтқыштың номиналды паспорттық деректеріне сәйкес келетін параметрлермен асинхронды қозғалтқыштың дайын моделі.



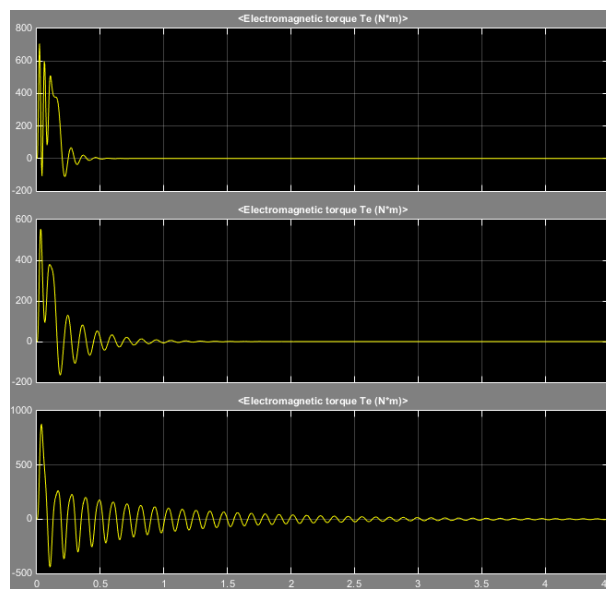
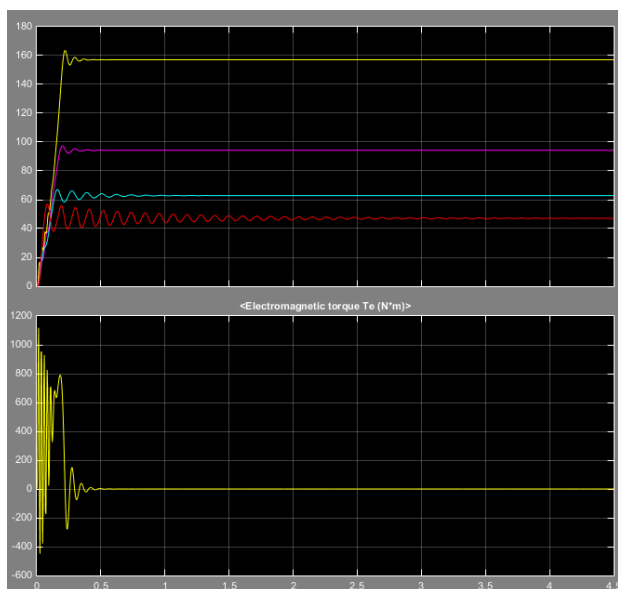
5.9 сурет - 4A225M4У3 электр қозғалтқыштың параметрлері

5.10 суретте электр қозғалтқышының $f = 50$ Гц $U_n = 380$ В және жүктемесіз қосылған кезінде жылдамдық мен моменттің өтпелі сипаттамасы көрсетілген.



5.10 сурет – Жүктеме қосылмаған және $f=50$ Гц $U_\phi=220$ В кезіндегі өтпелі сипаттама

5.10 суреттен көріп отырғанымыздай өтпелі процесс уақыты $t_n=0,5$ с тең. Орныққан режимінде қозғалтқыштың айналу жылдамдығы: $w_n=157$ рад/с тең.. 5.11 суретте $f=50$ Гц, 30 Гц, 20 Гц, 15 Гц жиіліктер кезінде жүктемесіз қосылған қозғалтқыштың өтпелі сипаттамасы бейнеленген.



а)

б)

5.11 сурет- Жүктеме қосылмаған және $f=50$ Гц, 30 Гц, 20 Гц, 15 Гц кезіндегі айналу жылдамдығының (а) және моменттің (б) өзгеру графиктері

$f=30$ Гц жиілікте өтпелі процесс уақыты $t_n=0,7$ с құрады. Орныққан режимінде қозғалтқыштың айналу жылдамдығы: $w_h=95$ рад/с тең.

$f=20$ Гц жиілікте өтпелі процесс уақыты $t_n=1,5$ с құрады. Орныққан режимінде қозғалтқыштың айналу жылдамдығы: $w_h=64$ рад/с тең.

$f=15$ Гц жиілікте өтпелі процесс уақыты $t_n=4$ с құрады. Орныққан режимінде қозғалтқыштың айналу жылдамдығы: $w_h=47$ рад/с тең.

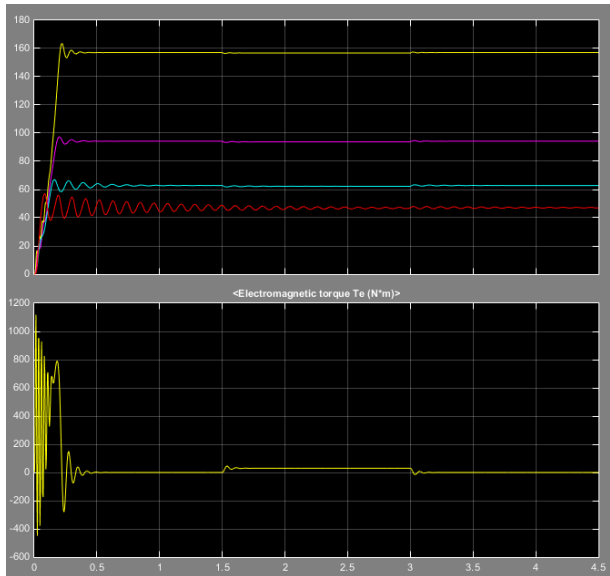
5.12 суретте $f=50$ Гц, 30 Гц, 20 Гц, 15 Гц жиіліктер кезінде істеп тұрған қозғалтқышқа $M=30$ Нм жүктеме түсіріліп, $1,5$ с кейін жүктеменің алынуы кезіндегі өтпелі үрдіс сипатталған.

$f=50$ Гц жиілікте жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу уақыты $t_n=0,2$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=155$ рад/с құрады. Жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=0,2$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=157$ рад/с тең болды.

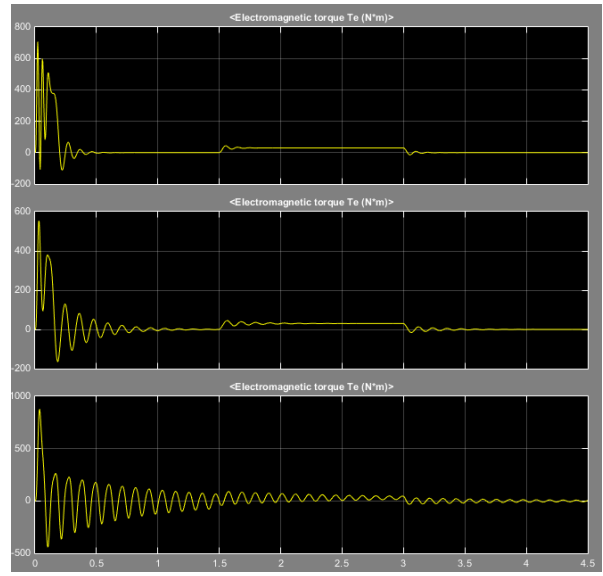
$f=30$ Гц жиілікте жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу уақыты $t_n=0,3$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=90$ рад/с құрады. Жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=0,3$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=95$ рад/с тең болды.

$f=20$ Гц жиілікте жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу уақыты $t_n=1,2$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=61$ рад/с құрады. Жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=1,2$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=64$ рад/с тең болды.

$f=15$ Гц жиілікте жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу уақыты $t_n=1,5$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=45$ рад/с құрады. Жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=1,5$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=47$ рад/с тең болды.

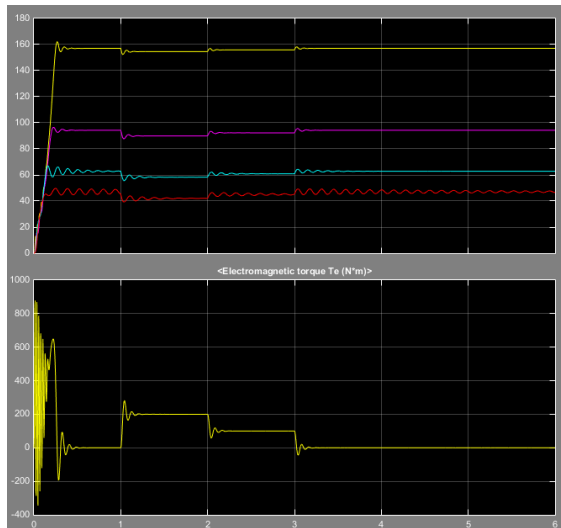


а)

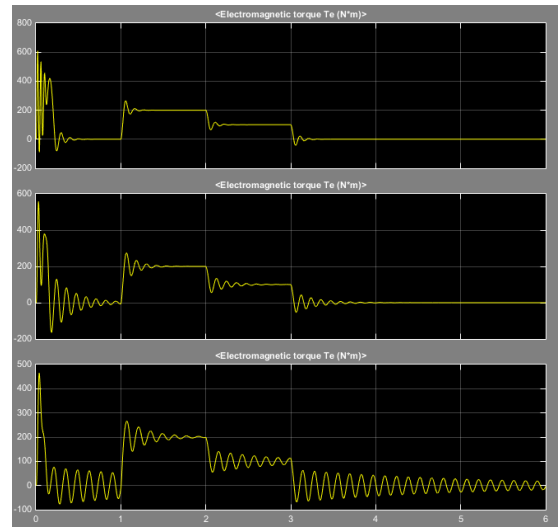


б)

5.12 сурет - $f=50$ Гц, 30 Гц, 20 Гц, 15 Гц болған кездегі қозғалтқышқа жүктеме ($M=30$ Нм) түсірілген және алынған кездегі жылдамдықтың (а) және моменттің (б) өзгеру графиктері



а)



б)

5.13 сурет - $f=50$ Гц, 30 Гц, 20 Гц, 15 Гц кезінде қозғалтқышқа жүктеме ($M=200$ Нм) түсіріліп және ($M=100$ Нм) алынған кездегі жылдамдықтың (а) және моменттің (б) өзгеру графигі

5.13 суретте $f=50$ Гц, 30 Гц, 20 Гц, 15 Гц жиіліктер кезінде істеп тұрған қозғалтқышқа $M=200$ Нм жүктеме түсіріліп, 0,7 с сайын $M=100$ Нм жүктемеден алыну кезіндегі өтпелі процес сипатталған. $f=50$ Гц жиілікте $M=200$ Нм жүктеме берілгендегі тұрақталған режимге көшу уақыт $t_n=0,2$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=153$ рад/с құрады. $M=100$ Нм жүктеме

алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=0,2$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=155$ рад/с тең болды. Толық жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=0,2$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=157$ рад/с тең болды.

$f=30$ Гц жиілікте $M=200$ Нм жүктеме берілгендегі тұрақталған режимге көшу уақыты $t_n=0,3$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=89$ рад/с құрады. $M=100$ Нм жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=0,3$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=92$ рад/с тең болды. Толық жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=0,3$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=95$ рад/с тең болды.

$f=20$ Гц жиілікте $M=200$ Нм жүктеме берілгендегі тұрақталған режимге көшу уақыты $t_n=1$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=58$ рад/с құрады. $M=100$ Нм жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=1$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=61$ рад/с тең болды. Толық жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=1$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=64$ рад/с тең болды.

$f=15$ Гц жиілікте $M=200$ Нм жүктеме берілгендегі тұрақталған режимге көшу уақыт $t_n=1$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=42$ рад/с құрады. $M=100$ Нм жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=1$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=44$ рад/с тең болды. Толық жүктеме алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты $t_n=4$ с құрап, айналу жылдамдығы $w_h=47$ рад/с тең болды.

Жоғарыда келтірілген нәтижелер жобаланған электр жетегі оған қойылатын талаптарды толық қанағаттандыратындығын көрсетті.

6 Өміртіршілік қауіпсіздігі

Дипломдық жобада тиристорлық түрлендіргіш негізінде электр жетегі электромеханикалық зауыттың компрессорлық құрылғысын жетілдіру және қоректендіру үшін өңделген. Ортадан тепкіш компрессорлық құрылғының электр жетегі схемасының құрамына қозғалтқыш жетегі және қорек көзі (трансформатор) бар тиристорлық түрлендіргіш кіреді. Апат болған жағдайда қорек қорының (АРҚ) қосылуы қарастырылған. Жұмыс орны қызмет көрсетуші қызметкерлерінің қауіпсіздігі үшін арнайы қорғағыш қаптамамен жабылған.

Электромеханикалық зауыттың еңбек жағдайы қолайлы және өндірістік санитария талаптарына жауап береді. Зауыта жұмыс істейтін жұмысшылардың денсаулық қауіпсіздігі үшін физикалық факторлардың шекті ұйғарынды деңгейі (ШҰД) мен шекті ұйғарынды концентрациясы (ШҰК) бекітілген нормаларға сай.

6.1 Қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың анализі

Еңбек өндірісін қорғау және техникалық қауіпсіздік шаралары жағынан қарағанда, су жүйесінде ортадан тепкіш компрессор жұмыс істеу кезінде мынадай қауіпті әрі зиянды өндірістік факторлардың болуы мүмкін: электрлі жарақаттарды алу; механикалық жарақаттарды алу; шу; шаң (адам денсаулығына қауіпті және зиянды заттар).

Бұл факторлар өз кезегінде жұмысшылардың физикалық жағдайына және көңіл-күйіне зиянды әсер етеді. Жұмыс орындарында ШРК және ШРК сақталмайды, бұл өз кезегінде жарақаттануға әкеледі.

Ғимаратта өрт құбыры жобаланады. Ішкі өрт сөндіру үшін су шығыны 6,6 л/сек құрайды. Сыртқы өрт сөндіруге жұмсалатын су шығыны қазандық ғимараты бойынша анықталады, оның көлемі 22,4 мың м³ құрайды. сыртқы өрт сөндіру кезіндегі су шығыны 10 л/сек. Бір мезгілде өрттердің есептік саны екі.

Сыртқы өрт сөндіру үшін судың өртке қарсы қоры сақталатын сыйымдылықтар бар.

Қызмет көрсетуші персоналды өмірге қауіпті кернеудің түсуінен қорғау үшін қорғаныш жерге тұйықтау және жерге тұйықтағыштар ретінде нөлдеу қарастырылады:

1. Қосалқы станциялардың трансформаторынхында жерге қосудың жасанды контуры.

2. Табиғи жерге тұйықтау (құбырлар, металл құрылымдары және т.б.), нөлдеуші өткізгіштер ретінде төртінші желілер мен электр өткізгіштердің құбырлары пайдаланылады.

6.2 Микроклимат жүйесінің шарттарын қамтамасыз ету жолдары

Метеорологиялық жүйедегі шарттарды зерттеуге ылғалдылық, температура, ауа қысымы қажет. Қозғалыстың жылдамдығын есептеп өлшеу және жылу арқылы сәулелену интенсивтілігін және қортындылайды. Метеорологиялық жүйедегі шарттар қызметкерлер және жұмысшылар сияқты техника үшін де қолайлы болуы шарт.

Зауыттың барлық цехтарындағы температура 20-дан 25 °С дейін өзгереді. Ауа ылғалдылығы болса 40-60% аралығында сақталады.

Жарықтандыру жұмыс жүргізу қауіпсіздігіне әсер ететін маңызды факторлардың бірі болып табылады. Жарықтандырудың үш түрі көзделеді:

1. Жұмыс жарығы - барлық үй-жайларда.
2. Апаттық жарықтандыру – адамдарды эвакуациялауды қамтамасыз ету үшін негізгі өндірістік және әкімшілік-тұрмыстық үй-жайларда.
3. Жөндеу жарықтандыру.

Жарықтандыру шамалары қолданыстағы жасанды жарықтандыру нормалары негізінде қабылданған.

Механикалық зауытта оқшауландырылған жарықтандыру орын алады, ол цех учаскелерінде жұмыс сипаты бойынша әртүрлі жұмыстарды орындау кезінде немесе көлеңкеленетін жабдықтар болған кезде көзделген.

Цехтарда жарықтың жеткіліксіз болуы кезінде 220 В кернеуіне арналған прожектор пайдаланылады, ол жұмыс орнында қол жетімсіз орнатылады.

Діріл. Жұмыс орындарының, жабдықтардың және құрылымдардың дірілдеуінен қорғаудың тиімді құралдарының бірі - дірілдеу машинасы мен негіз арасында орналасқан серпімді элементтер болып табылатын діріл оқшаулау. Діріл демпфирлері әдетте болат серіппелерден немесе резеңке тығыздағыштардан жасалады. Көктемгі амортизаторлар сорғыларды, ұнтақтағыштарды, электр қозғалтқыштарын, ішкі жану қозғалтқыштарын діріл оқшаулау үшін қолданылады, резеңке амортизаторлардың діріл оқшаулайтын беті көктемгі амортизаторларға қарағанда аз, бірақ олар жүйенің бос тербелістерінің ыдырау уақытын азайтуға мүмкіндік беретін жоғары үйкеліспен сипатталады.

Қораптардың, қоршаулардың және болат парақтардан жасалған басқа бөлшектердің дірілін азайту үшін діріл сіңіру қолданылады - резеңке, пластмасса, діріл сіңіретін мастиканы тербелмелі бетке жағыңыз, ол діріл энергиясын таратады. Дірілді сіңіретін жабынды қолдану өндіріс шуының айтарлықтай төмендеуіне де қол жеткізеді.

Аяқ арқылы адамға берілетін дірілден жеке қорғаныс ретінде киізден немесе қалың резеңкеден жасалған аяқ киімді кию ұсынылады. Қолды қорғауға арналған дірілді демпферлік қолғап ұсынылады.

6.3 Желдету

Біздің жағдайда жалпы алмасу, жергілікті және жасанды вентиляция қолданылады. Жергілікті вентиляция зиянды заттарды тікелей олардың пайда

болған жерден кетіру үшін қолданылады. Жергілікті жаппалардың келесі түрлерін көрсетуге болады:

- Зиянды заттар шығу көздерін паналайтын толығымен жабық футлярлар, олардан ауа сорып тасталады;

- Зиянды заттар шығу көздеріне жақындатылған ашық ауа қабылдағыштары.

Желдету жүйесінің тиімді жұмыс істеуі үшін ауа құбырларының күйін бақылау, жеке кескіндерді толығымен қосу өте маңызды. Механикалық вентиляцияның ең жетілдірілген түрі тыс ауаның өзгеруінен және бөлімдердің жұмыс істеу режимінен тәуелсіз әуе ортасының берілген күйін автоматты түрде реттейтін кондиционерлеу жүйелері болып табылады.

Цехтағы ауа бөлгіштерден ауа шығару температурасы, ылғалдылығы және жылдамдығы жұмыс аймағындағы ауа бөлгіштердің ең аз көлемі және ең аз саны кезінде нормаланатын метеорологиялық жағдайлар қамтамасыз етілгендігін ескере отырып анықталады. Ауа бөлгіштен шығатын ауа температурасы 45 градустан артық емес және 5 градустан кем емес. Табиғи желдету кезінде цехқа ағынды ауаны беру жылдың жылы кезеңі үшін кемінде 0,3 м биіктікте, бірақ 1,8 м – ден аспайтын, ал суық кезең үшін еден деңгейінен немесе жұмыс алаңынан желдету ойықтарының төменгі жағына дейін кемінде 4 м биіктікте көзделеді.

Жылу көздеріне мыналар жатады: бөлім жұмысшылары; ішкі және сыртқы қоршаулар; электрлік жабдықтар; электрлік шамдар және электр жылытқыштары.

Өлшемі 15x12x6 (m), ішкі көлемі $V = 1080 \text{ м}^3$ болатын бөлмедегі технологиялық процестің ағымы үшін үнемі:

а) Қыста – $t_i^k = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\phi_i^k = 45 \text{ \%}$; $J_i^k = 9,8 \text{ ккал/сағ}$;

б) Жазда – $t_i^j = 24 \text{ }^\circ\text{C}$; $\phi_i^j = 60 \text{ \%}$; $J_i^j = 14 \text{ ккал/сағ}$.

Бөлмедегі қызметкерлер саны - 3 адам. Жабдықтан жылу бөлінуі 20000 ккал/сағ құрайды.

СНиП- 2.04.05 - 91 сәйкес Алматы қаласы үшін есептелген сыртқы параметрлерді қабылдаймыз:

қысқы кезең үшін $t_c^k = - 25 \text{ }^\circ\text{C}$; $J_i^k = 6,8 \text{ ккал/сағ}$;

жазғы кезең үшін - $t_c^j = 31,2 \text{ }^\circ\text{C}$; $J_i^j = 12,6 \text{ ккал/сағ}$.

Жылы кезең:

а) Адамдардан жылу бөлінуі және $t_i^j = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ температурада жылуы:

$$Q_{\text{л}} = q \cdot n = 180 \cdot 3 = 540 \text{ ккал/сағ.} \quad (6.1)$$

мұндағы $q=180 \text{ ккал/сағ}$ – бір адамның жылу шығаратын мөлшері,

n – адамдар саны.

б) Сыртқы және ішкі қоршаулар арқылы жылу ағыны.

Бұл бөлме біздің шеберханамен бір ғимаратта орналасқандықтан, жылу беру ішкі қоршаулар арқылы есептеледі:

$$Q_i = K \cdot F (t_i - t_6) = 0,8 \cdot 72 \cdot (29-24) = 288 \text{ ккал/сағ.} \quad (6.2)$$

мұндағы $K = 0,8 \text{ ккал/м}^2\text{чград}$ - қоршаудың жылу беру коэффициенті
 $F = 12 \cdot 6 = 72 \text{ м}^2$ – қоршау ауданы;
 $T_i = 29 \text{ }^\circ\text{C}$ - шеберхана ішіндегі бөлме температурасы;

$$Q_{ш} = K \cdot F \cdot (t_c'' - t_i) = 0,8 \cdot 180 \cdot (31,2-24) = 1036,8 \text{ ккал/сағ} \quad (6.3)$$

мұндағы $t_c'' = 31,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ең ыстық айдағы сыртқы температурасы;
 $F = 15 \times 12 = 180 \text{ м}^2$ – шатырдың ауданы.
 Сонымен, жылы кезеңдегі жалпы жылу кірісі:

$$\sum Q_{п} = Q_{ж} + Q_i + Q_{ш} = 540 + 288 + 1036,8 = 1864,8 \text{ ккал/сағ.} \quad (6.4)$$

Суық кезең:

а) Адамдардан $t_i^k = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ температурада жылу бөліну:

$$Q_k = q \cdot n = 140 \cdot 3 = 420 \text{ ккал/сағ.} \quad (6.5)$$

мұндағы $q = 140 \text{ ккал/сағ}$ – бір адам шығаратын жылу мөлшері,
 $n = 3$ – адамдар саны.
 Жалпы жылу кірісі:

$$Q = Q_k + Q_{ш} - Q_i = 420 + 1036,8 - 288 = 1188,8 \text{ ккал/сағ.}$$

Суық мезгілде жылу тепе-теңдігін есептеу кезінде барлық алынған жылу мәндерінің қосындысын алу керек, бірақ жылу бөлмеден сыртқа шыққандықтан оның жылу шығынын бөлменің ішкі және сыртқы температурасының айырымы арқылы есептеу қажет.

Ауаның жылу қарқындылығы:

$$Q_c = Q_{изб} \cdot 860 / V_n \quad (6.6)$$

немесе

$$Q_c = \frac{Q_{изб} \cdot 860}{V_n}$$

$Q_{изб ж} > Q_{изб қыс}$ екенін ескере отырып, есептеу үшін біз жазғы кезеңі үшін $Q_{изб}$ пайдаланамыз:

Ол үшін ұзындығы = 15м, ені = 12м, биіктігі = 6м, болатын бөлменің көлемін табамыз:

$$V_n = 15 \cdot 12 \cdot 6 = 1080 \text{ м}^3 \quad (6.7)$$

$$Q_n = 1,4 \cdot 860 / 1080 = 1,6 \text{ ккал/м}^3$$

Шарттары:

Егер $Q_h \leq 20$ ккал/м³, онда $\Delta t = 6$ °С.

Егер $Q_h \geq 20$ ккал/м³, онда $\Delta t = 8$ °С.

Бөлмеге қажетті сырттан кіретін жылу мөлшері:

$$L = Q_{изб} \cdot 860 / C \cdot \Delta t \cdot \gamma \quad (6.8)$$

мұндағы C – ауаның жылусыйымдылығы, 1,005 ккал/кг°С;

Δt – Q_h тәуелділігіне байланысты таңдау;

γ – ауаның массасы, 1,204 кг/м³.

$$L = 1,4 \cdot 860 / 1,005 \cdot 8 \cdot 1,204 = 124,38 \text{ м}^3 / \text{сағ} \quad (6.9)$$

6.4 Өрт және электр қауіпсіздігі

Жерлендірілмеген және оқшауламасы бұзылған электр қондырғысының ток жүйесі жүргізілмеген металл бөлігіне жанасу электр желісінің бір фазасына жанасуға тең.

Жерге қосылған корпуста оқшаулама бұзылған кезде, ол $U_3 = I_3 \cdot R_3$ -ге тең кернеу астында болады, ал бұл жағдайға тап болған адам $U_{пр} = \alpha \cdot U_3$ кернеуінің астында болады, сондықтан адам денесі арқылы өтетін ток:

$$J_h = U_{пр} / R_h = \alpha \cdot U_3 / R_h = \alpha J_3 R_3 / R_h, \quad (6.10)$$

мұндағы U_3 – жерлендіруші құрылғының потенциалы;

α – жерлендірілген корпуспен жерлендіргіштің қашықтығына байланысты жанасу коэффициенті;

J_3 – жерге тұйықталу тоғы;

R_3 – жерлендіру құрылғысының кедергісі.

Жерлендіру құрылғысының кедергісі олар орналастырылған ρ , Ом·м топырақтың кедергісіне байланысты.

Оқшауламаның бұзылуы салдарынан металл конструкцияларына немесе электр жабдықтарының корпустарына тию нәтижесінде кернеу астында пайда болатын электр жарақаттарын болдырмау үшін, сондай-ақ жабдықты қорғау үшін, электр қондырғыларының жерге немесе оның ток өткізу жүйесіне қатыспайтын металл бөліктеріне жерлендіргіштер орналастырылған.

Мұндай байланыс жерлендіргіш пен жерге тұйықтағыш өткізгіштердің қосындысы болып табылатын жерге қосу құрылғысы арқылы жасалады.

Жерге қосқыш - бұл жермен тікелей байланыста болатын кез-келген формадағы (құбыр, сым және т.б.) бір немесе бірнеше металл өткізгіштер. Жерге қосылатын металл өткізгіш электр жабдықтары мен электр құрылғыларын жерлендіруші құрылғымен қосады.

Жерлендіргіштің жұмыс істеу принципі:

1. қашықтан жерлендіру - тек кадамдық кернеуді төмендетеді U_m ;
2. контурлы жерлендіру - адымдық кернеуді де, жанасу кернеуін де азайтады

Бөліктік немесе толық кернеусіз жұмыс кезінде жұмыс орнын дайындау үшін келесі ретпен техникалық шараларды орындау керек:

а) қажетті өшірулерді орындау және коммутациялық жабдықтың байқаусыз немесе өздігінен қосылуына байланысты жұмыс орнына кернеудің берілуіне кедергі келтіретін шаралар қабылдау;

ә) плакаттар ілу: «Қоспаңыз – жұмыс жүргізілуде», «Қоспаңыз - желіде жұмыс жүргізілуде», «Ашпаңыз - жұмыс жүргізілуде» және қажет болған жағдайда қоршаулар орнату;

б) Портативті жерлендірудің «жерге» қосу. Ток өткізетін бөліктерде кернеудің болмауын тексеру

в) жерге қосу (кернеудің жоқтығын тексергеннен кейін), яғни жерге қосу пышақтарын қосу немесе олар болмаған жағдайда портативті жерлендіргіш қосу;

г) жұмыс орнын қоршау және плакаттар ілу: «Тоқта - жоғары кернеу», «Кірме – өмірге қауіпті», «Осында жұмыс істе», «Кіру қауіпсіз». Қажет болған жағдайда ток жүрететін бөліктерін қоршау жүзеге асырылады; жергілікті жағдайларға байланысты, бұл қоршаулар жерлендіргіш қосылғанға дейін немесе одан кейін орнатылады.

Кернеуді төмендететін электр қондырғыларында барлық жұмыстарды бастамас бұрын жұмыс аймағында кернеудің болмауын тексеру қажет. Кернеуі 110 кВ дейінгі электр қондырғыларында кернеудің болмауын тексеру кернеу индикаторының көмегімен жүзеге асырылуы керек.

Кернеу индикаторын қолданар алдында, оның жұмыс қабілеттілігі кернеуге жақын немесе нақты тұрған бөлшектерге жақындау немесе арнайы құрылғыны қолдану арқылы тексерілуі керек.

Кернеудің дұрыс берілмеуі жағдайында жұмысшыларды электр тогының соғуынан қорғауға арналған жерге тұйықтау электр қондырғысының бір бөлігін барлық жағынан, соның ішінде кері түрлендіруге байланысты жұмыс істеуі үшін өшіру барлық фазалардың ток жүретін бөліктеріне орнатылуы керек.

Жерлендіру үшін жерлендіруге арналмаған өткізгіштерді пайдалануға, сондай-ақ оларды жерге бұрау арқылы жерге қосуға тыйым салынады.

Электр тогының соғуын болдырмас үшін жерлендіру келесі ретпен жүргізілуі керек: алдымен, жерлендіруші өткізгіш жерлендіргішке қосылады, содан кейін ғана ток жүретін бөліктерге қосылады. Жерлендіру кері тәртіпте алынады.

Контурлы жерлендіру жағдайында жерге тұйықтағыш өткізгіштер жерлендіргіш жабдықтың айналасындағы тізбек бойымен бір-бірінен аз қашықтықта орнатылады, осылайша үлкен потенциалдың таралу аймағы қорғалған жабдықтың бүкіл тізбегін жабады. Жерлендіргіштер арасындағы жеткілікті қашықтықта, тізбектегі нүктелер шамамен бірдей потенциалға ие

болады, бұл тізбектегі жеке нүктелер арасындағы потенциалдар айырымын азайтады, яғни адымдық жанасу кернеуі төмендейді.

Техникалық қызмет үшін қолданылатын сипаттардың әр түрлі бұзылуынан, элементтерінің қызуына, электрлік ұшқындармен доғаның әсерінен өрт пайда болуы мүмкін. Өрт қауіпсіздігі бойынша өндіріс В категориясына жатады.

Өрт қауіпсіздігі мақсатында қорғалған электрлік сымдарды қолдану қажет және басқару құрылғылары қорғалған болып жасалуы керек. Қондырғылар тұрған жерде жанатын заттардың мөлшерін мүмкіншілігінше азайтып және өртке төзімділік шаралармен қатаң қадағалап сақтау қажет.

Өрттен сақтайтын құлақтандырғыш құрылғыларды қолданып және өрт туралы хабарландыру құрылғыларын қолдану, өрт қорғанысын ұйымдастыру қажет. Өрт қауіпсіздігінде маңызды рольді ұйымдастыру шаралары алады. Оларға, яғни ұйымдастыру шаралары жұмысшылар мен қызметшілерді өрт қауіпсіздігіне үйрету қажеттігі жатады.

Өрт пайда болуының алдын алу үшін барлық жұмыскерлер өрт қауіпсіздігі ережелері мен қауіпсіздігі бойынша нұсқалармен танысу қажет. Жұмыскерлер ішінен өрт қауіпсіздігіне жауапты адам тағайындалуы қажет. Өрт пайда болып қалған жағдайда жұмыскерлерді эвакуация жоспары жасалуы тиіс. Газды, түтінді және жылу түтініндегі датчиктері бар өрт құлақтандырғыш жүйесімен жабдықталуы тиіс.

Қоршаулар мен қабырғалар өртке берікті дәрежеге ие болуы тиіс. Өртті сөндіру үшін құрылғы ұнтақ, аэрозоль және көмірқышқыл түріндегі өрт сөндіргіштермен жабдықталған. Өрт болған жағдайда ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 типті өрт сөндіргіштерін қолданған ыңғайлы, өйткені олардың көмегімен өрт сөндірушілер келгенге дейін өрт ошағын залалсыздандыруға болады.

6.5 Шулар және дірілдер әсерінен қорғаныс шаралары

Өндірістік шу дегеніміз уақыт бойынша ретсіз өзгертін және жұмысшыларда ұнамсыз субъективті сезінулерді тудыратын әртүрлі қарқындылықтағы және жиіліктегі дыбыстардың жиынтығы. Шудың қарқындылығын октавалардың шектерінде анықтайды. Октавалар дегеніміз жиіліктің жоғарғы шектері төменгі шектерінен екі есе асатын жиіліктер аралығы.

Өндірістегі шумен күрес кешенді түрде өткізілуі тиіс, оған технологиялық, санитарлы-техникалық және оқу-профилактикалық сипаттағы шаралар кіреді.

Ауыспалы шу энергия бойынша эквивалентті дыбыс деңгейімен мөлшерленеді.

Дыбыс деңгейі – ол мына теңдіктен есептеліп шығатын шама:

$$L_A = \frac{10 \lg P_A^2}{P_0^2}, \text{ дБА}, \quad (6.11)$$

мұндағы P_A – шу жиілігінің барлық аралығындағы орташа квадратты дыбысты қысымы H/m^2 .

Дыбыс деңгейі жиілік спектрінің анализаторы сөніп тұрған күйде, шу өлшегіштің “А” шкаласының көмегімен анықталады. Қарқынды шудың мөлшерлеу параметрі ретінде орташа геометриялық жиілікті октавалы жолақтарындағы 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц тең энергия бойынша эквивалентті дыбыс қысымының деңгейі болып табылады.

МЕСТ 12.1.003-06 сәйкес шу рұқсат етілген деңгейінің мөлшерлері, 6.1 кестеде келтірілген.

6.1 кесте – Дыбыс деңгейі мен дыбыс қысымының деңгейіне арналған түзетулер

Сыртқы фактор	Шарттар	Түзетулер дБ немесе дБА
Шу сипаттамасы	Кең жолақты үндестілік	0
	Қарқындылығы	-5
Дыбыстың әсер ету ұзақтығы	Бір сменадағы қосындысы	0
	4-8 сағат	+6
	1-4 сағат	+12
	0,25-1 сағат	+18
	5-15 минут	+24

Негізгі шаралардың бірі – жаңа технологиялық үрдістерді жетілдіру кезінде, машиналарды және құрал-жабдықтарды жобалау және жасап шығару кезінде, яғни, шу енді пайда болған кезде, конструкцияны жақсарту жолымен сол шудың пайда болу себебін жою немесе оны елеулі түрде әлсірету.

Вибрация ең қарапайым түрі гармоникалық тербеліс болатын қозғалыстың механикалық тербелісі болып табылады.

Таралу әдісі бойынша дірілдер қол арқылы берілетін жергілікті және отырған немесе тұрған адамның демеу беттері арқылы берілетін жалпы вибрация болып бөлінеді.

Спектр сипаты бойынша вибрациялар таржолақты және кеңжолақты болып бөлінеді. Таржолақты вибрацияның бақыланатын параметрлерінің мәндері 1/3-октавалы жиілік жолағында жанындағы 1/3-октавалы жолақтардың мәндерінен 15 децибелге асады. Кең жолақты вибрациялар бұл талапқа сәйкес келмейді.

Жиіліктік құрамы бойынша төмен жиілікті, орта жиілікті және жоғары жиілікті вибрацияларға бөлінеді.

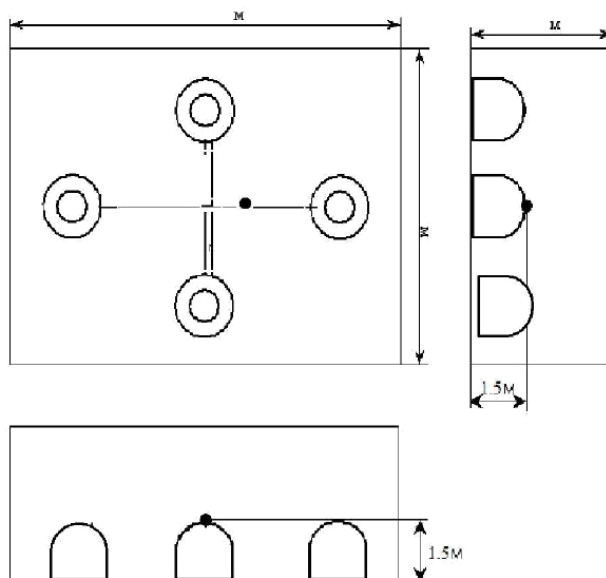
Шу және дірілмен күресу үшін объектілерді салған кезде панельдерде, сылақта, блоктарда іркілдек масса түріндегі дыбыс жұтушы материалдар қолданылады, жобалау және пайдаланымы кезінде шудың себепкөздерін жою немесе әлсірету, шуды оқшаулау немесе дыбысты жұту керек. Оның үстіне,

шу көздерін рационалды орналастырып, шу бәсеңдеткіштерін ұйымдастыру, шуды экрандау қажет. Шусыз және аз шулы станоктарын, электр қозғалтқыштарын, насос дөңгелектерін және басқа механизмдерін құрудың, технологиялық соқпалы үрдістерді соқпасызға ауыстырудың шу және дірілмен күресте зор маңызы бар. Құрғақ материалдардың ағысы кезінде шуды жою үшін тұтқыр майлайтын материалдар қолданылады. Шуды басудың негізгі әдістерінің бірі шуды сіңіру болып табылады. Шу сіңіруші материалдар ретінде қасаң, резеңке, киіз, жүн, мақта, асбест, линолеум, синтетикалық шайырлардан жасалған әртүрлі көпқабатты материалдар, бетон және т. б. өз қолдануын тапты.

6.6 Өндірістік шудан қорғаныс

Сорғы станциясында көлемі 850 м^3 4 ортадан тепкіш сорғы бар. Есептеу нүктесі сорғылардың арасында, бөлменің ортасында, жерден 1,5 м биіктікте орналасқан. Акустикалық орталардан есептеу нүктесіне дейінгі қашықтық $r_1 = r_3 = 5,4 \text{ м}$; $r_2 = r_4 = 6 \text{ м}$. Қарастырылып отырған көздерден максималды өлшем $l_{\text{max}} = 1,5 \text{ м}$ аспайды.

6.1 суретте шу көздерінің және есептеу нүктесінің бөлмедегі орналасу сұлбасы келтірілген. Ондағы параметрлер: $r_1 = 5.4$, $r_2 = 6$, $r_3 = 5.4$, $r_4 = 6$.



6.1 сурет - Шу көздерінің және есептеу нүктесінің бөлмедегі орналасу сұлбасы

Шуды есептеу.

Бірнеше тура және шағылысқан дыбыс шуыл көзінің орналасқан бөлмеде дыбыстық қысымның L октавалық деңгейлерін дБ-да келесі формуламен анықтау керек.

Біздің жағдайда есептеу нүктесінен акустикалық ортаға және оған жақын көзге дейінгі минималды ара қашықтық.

$$L = 10g \frac{1}{T} \left(\sum_i^n \Delta i \cdot x_i \cdot \frac{\Phi_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta i \right); \quad (6.12)$$

$$\Delta i = 10^{0,1L_{pi}}$$

мұндағы, L_{pi} – i нүкте үшін дыбыс қысымының октавалық деңгейі;

m – нүктеге жақын орналасқан шу көзінің саны (ол үшін $r_i < 5 r_{imin}$ орындалу керек);

n – шу көзінің толық саны;

B - бөлме тұрақтысы, m^2 .

Біздің жағдайда есептеу нүктесінен акустикалық ортаға және оған жақын көзге дейінгі минималды ара қашықтық $r_{min} = 5,4$ м, $5 r_{min} = 27$ м. $r_i < 5 r_{imin} = 27$ болғанда, есептеу нүктесіне жақын орналасқан шу көздерінің жалпы саны 4-ке тең болады ($m = 4$), демек r_1, r_2, r_3 және r_4 ара қатынасындағы барлық шуыл көздері ескеріледі.

χ - жақын орналасқан акустикалық өрістің әсерін ескеретін коэффициент, r_i / l_{max} қатынасының тәуелділігіне байланысты;

l_{max} – шу көздерінің барынша үлкен өлшемі.

$r_i / l_{max} = 5,4 / 1,5 = 3,6 \rightarrow$ демек $\chi = 1$;

Φ – шу көзінің бағытының факторы, $\Phi = 1$;

S – елестетіп отырған беттің дұрыс геометриялық формасының ауданы.

Барлық көздер үшін $2 \cdot l_{max} < r$; $2 \cdot 1,5 \text{ м} < 5 \text{ м}$ шарты орындалады.

Сондықтан $S_i = 2\pi r_i^2$ формуласын қолданамыз.

Ψ – дыбыстық өрісіндегі диффузияны жоюда есептейтін коэффициент, оны тәжірибе жүзінде немесе график бойынша анықталады $\Psi = 0,48$;

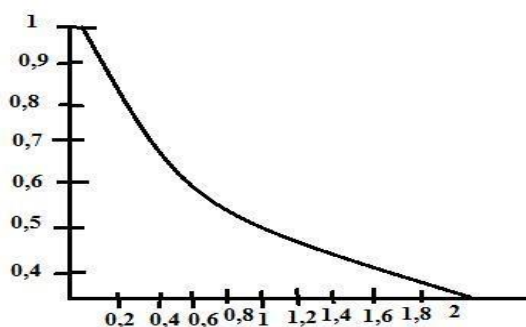
$B / S_{огр} = 1,5$ тең болғанда графикпен анықтаймыз;

B – бөлме тұрақтысы:

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \quad (7.13)$$

мұндағы B_{1000} – 1000 Гц орта геометриялық жиіліктегі бөлменің түрі мен көлеміне байланысты бөлме тұрақтысы, m^2 ;

μ - жиіліктік көбейткіш;



6.2 сурет - ψ коэффициентін анықтайтын график
 Ψ мәнін $V/S_{\text{огр}}$ байланысты 6.2 сызбамен анықтаймыз.
 Сорғы станциясы адам аз болатын бөлмелер қатарына кіреді. Осыған байланысты V_{1000} анықтаймыз:

$$V_{1000} = \frac{V}{20} = \frac{850}{20} = 42,5 \text{ м}^2; \quad (6.14)$$

Жиілікті көбейткіш мәні μ бөлме көлемі үшін $V=850 \text{ м}^3$ 6.2 кестесінен алынады.

125 Гц үшін μ жиілікті көбейткіш мәні 0,62-ге тең.

6.1 кесте бойынша есептік нүктелердегі дыбыстық қысымның нормативті деңгейлерін қабылдап, $\Delta_{\text{ТР}}$ шуылды қажетті төмендетуді анықтаймыз:

Жұмыс орны – өндірістік бөлмелер мен кәсіпорын территориясындағы тұрақты жұмыс орындары мен жұмыс аймақтары:

$$\Delta L_{\text{тp}} = L_{\text{жалпы}} - L_{\text{кoc}} \text{ ,дБ}; \quad (6.15)$$

мұндағы $L_{\text{жалпы}}$ – барлық шуыл көздерінен есептік нүктелеріндегі дыбыстық қысымның октавалық деңгейі, дБ.

Сорғы арқылы болатын дыбыстық қысымның деңгейлері:

Октавалық жолдардағы ортагеометриялық жиілік 125 Гц үшін $L_p=69$ дБ.

Дыбыстық қысымның шекті деңгейлері:

Октавалық жолдардағы ортагеометриялық жиілік 125 Гц үшін $L_{\text{кoc}}=92$ дБ.

Әртүрлі жиіліктерде есептеу үлгісі

6.1 кестесі бойынша ортадан тепкіш сорғы үшін мәндер аламыз. 125 Гц жиілік үшін $L_{p1} = 69$ дБ.

$$125 \text{ Гц үшін: } \Delta_i = 10^{0,1 \cdot 69} = 10^{6,9}.$$

$$63 \text{ Гц үшін: } \Delta_i = 10^{0,1 \cdot 60} = 10^6;$$

$$250 \text{ Гц үшін: } \Delta_i = 10^{0,1 \cdot 68} = 10^{6,8};$$

$$500 \text{ Гц үшін: } \Delta_i = 10^{0,1 \cdot 70} = 10^7;$$

$$1000 \text{ Гц үшін: } \Delta_i = 10^{0,1 \cdot 77} = 10^{7,7};$$

$$2000 \text{ Гц үшін: } \Delta_i = 10^{0,1 \cdot 79} = 10^{7,9};$$

$$4000 \text{ Гц үшін: } \Delta_i = 10^{0,1 \cdot 78} = 10^{7,8};$$

800 Гц үшін: $\Delta_i = 10^{0,1 \cdot 75} = 10^{7,5}$.

Сорғы станциясының ауданы (жоғарыдағы көрсетілен жиіліктер үшін):

$$S_i = 2\pi r_i^2; \quad (6.16)$$

$$S_1 = S_3 = 2 \cdot 3,14 \cdot 5,4^2 = 183,22 \text{ м}^3;$$

$$S_2 = S_4 = 2 \cdot 3,14 \cdot 6^2 = 226,08 \text{ м}^3;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^{6,9}}{183,22} \cdot 2 + \frac{10^{6,9}}{226,08} \cdot 2 = 15,7 \cdot 10^4;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^6}{183,22} \cdot 2 + \frac{10^6}{226,08} \cdot 2 = 1,97 \cdot 10^4;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^{6,8}}{183,22} \cdot 2 + \frac{10^{6,8}}{226,08} \cdot 2 = 12,46 \cdot 10^4;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^7}{183,22} \cdot 2 + \frac{10^7}{226,08} \cdot 2 = 19,76 \cdot 10^4;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^{7,7}}{183,22} \cdot 2 + \frac{10^{7,7}}{226,08} \cdot 2 = 99,05 \cdot 10^4;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^{7,9}}{183,22} \cdot 2 + \frac{10^{7,9}}{226,08} \cdot 2 = 156,9 \cdot 10^4;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^{7,8}}{183,22} \cdot 2 + \frac{10^{7,8}}{226,08} \cdot 2 = 153,39 \cdot 10^4;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^{7,5}}{183,22} \cdot 2 + \frac{10^{7,5}}{226,08} \cdot 2 = 62,49 \cdot 10^4;$$

Бөлме тұрақтысы (жоғарыдағы көрсетілен жиіліктер үшін) төмендегідей

анықталады:

$$B_{125} = B_{1000} \cdot \mu_i; \quad (6.17)$$

мұндағы μ коэффициентінің мәнін 7.2 кестеден аламыз, $V=850$ аудан 125 Гц жиілік үшін $\mu = 0,62$.

6.2 кесте - μ жиілікті көбейткіштің мәндері

Бөлменің көлемі, м ³	Орташа геометриялық жиілікті октавты жолақтың жиілікті көбейткіші μ , Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V < 200$	0,8	0,75	0,70	0,80	1	1,4	1,8	2,5
$V = 200 \dots 1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

Онда

$$B_{125} = 42,5 \cdot 0,62 = 26,35;$$

$$B_{63} = 42,5 \cdot 0,65 = 27,625;$$

$$B_{250} = 42,5 \cdot 0,64 = 27,2;$$

$$B_{500} = 42,5 \cdot 0,75 = 31,875;$$

$$B_{1000} = 42,5 \cdot 1 = 42,5;$$

$$B_{2000} = 42,5 \cdot 1,5 = 63,75;$$

$$B_{4000} = 42,5 \cdot 2,4 = 102;$$

$$B_{8000} = 42,5 \cdot 4,2 = 178,5;$$

Жоғарыда есептелген мәндер бойынша төмендегі мәндерді әртүрлі жиіліктер үшін анықтаймыз:

$$\frac{4\Psi}{B_{125}} \sum_{i=1}^4 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,48}{26,35} \cdot 4 \cdot 10^{6,9} = 2,32 \cdot 10^6;$$

$$\frac{4\Psi}{B_{63}} \sum_{i=1}^4 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,48}{26,35} \cdot 4 \cdot 10^6 = 0,278 \cdot 10^6;$$

$$\frac{4\Psi}{B_{250}} \sum_{i=1}^4 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,48}{26,35} \cdot 4 \cdot 10^{6,8} = 1,781 \cdot 10^6;$$

$$\frac{4\Psi}{B_{500}} \sum_{i=1}^4 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,48}{26,35} \cdot 4 \cdot 10^7 = 2,413 \cdot 10^6;$$

$$\frac{4\Psi}{B_{1000}} \sum_{i=1}^4 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,48}{26,35} \cdot 4 \cdot 10^{7,7} = 9,056 \cdot 10^6;$$

$$\frac{4\Psi}{B_{2000}} \sum_{i=1}^4 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,48}{26,35} \cdot 4 \cdot 10^{7,9} = 25,686 \cdot 10^6;$$

$$\frac{4\Psi}{B_{4000}} \sum_{i=1}^4 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,48}{26,35} \cdot 4 \cdot 10^{7,8} = 4,75 \cdot 10^6;$$

$$\frac{4\Psi}{B_{8000}} \sum_{i=1}^4 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,48}{26,35} \cdot 4 \cdot 10^{7,5} = 1,36 \cdot 10^6.$$

Осы есептеулерді қолданып берілген жиіліктердің мәндері арқылы жалпы қосындысын табамыз:

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B_{125}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 15,7 \cdot 10^4 + 2,32 \cdot 10^6 = 2,48 \cdot 10^6;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B_{63}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 1,97 \cdot 10^4 + 0,278 \cdot 10^6 = 0,297 \cdot 10^6;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B_{250}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 12,46 \cdot 10^4 + 1,781 \cdot 10^6 = 2,48 \cdot 10^6;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B_{500}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 19,76 \cdot 10^4 + 2,413 \cdot 10^6 = 2,610 \cdot 10^6;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B_{1000}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 99,05 \cdot 10^4 + 9,056 \cdot 10^6 = 10,046 \cdot 10^6;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B_{2000}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 156,9 \cdot 10^4 + 25,686 \cdot 10^6 = 27,255 \cdot 10^6;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B_{4000}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 153,39 \cdot 10^4 + 4,75 \cdot 10^6 = 6,283 \cdot 10^6;$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B_{8000}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 62,49 \cdot 10^4 + 1,36 \cdot 10^6 = 1,984 \cdot 10^6;$$

Дыбыстық қуаттың күтілетін октавалық деңгейін барлық жиіліктер үшін төмендегідей анықталады:

$$L_{\text{ож}} = 10Lg(2,48 \cdot 10^6) \approx 63,95 \text{ дБ};$$

$$L_{\text{ож}} = 10Lg(0,297 \cdot 10^6) \approx 54,72 \text{ дБ};$$

$$L_{\text{ож}} = 10Lg(1,905 \cdot 10^6) \approx 62,79 \text{ дБ};$$

$$L_{\text{ож}} = 10Lg(2,610 \cdot 10^6) \approx 64,16 \text{ дБ};$$

$$L_{\text{ож}} = 10Lg(10,046 \cdot 10^6) \approx 70,01 \text{ дБ};$$

$$L_{\text{ож}} = 10Lg(27,25 \cdot 10^6) \approx 74,35 \text{ дБ};$$

$$L_{\text{ож}} = 10Lg(6,283 \cdot 10^6) \approx 67,98 \text{ дБ};$$

$$L_{\text{ож}} = 10Lg(1,984 \cdot 10^6) \approx 62,97 \text{ дБ}.$$

6.2 кестесінен жиіліктердің мәні үшін $L_{\text{қос}}$, дБ алып, дыбыстық қуаттың октавалық деңгейінің талап етілетін төмедетілуін есептейміз

$$\Delta L_{\text{мр}} = L_{\text{ож}} - L_{\text{қос}} = 63,95 - 92 \approx -28,05 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_{\text{мр}} = L_{\text{ож}} - L_{\text{қос}} = 54,72 - 99 \approx -44,28 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_{\text{мр}} = L_{\text{ож}} - L_{\text{қос}} = 62,79 - 86 \approx -23,21 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_{mp} = L_{ож} - L_{қос} = 64,16 - 83 \approx -18,84 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_{mp} = L_{ож} - L_{қос} = 70,01 - 80 \approx -9,99 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_{mp} = L_{ож} - L_{қос} = 74,35 - 78 \approx -3,65 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_{mp} = L_{ож} - L_{қос} = 67,98 - 76 \approx -8,02 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_{mp} = L_{ож} - L_{қос} = 62,97 - 74 \approx -11,03 \text{ дБ};$$

Бөлім бойынша қорытынды:

Бұл бөлімде мен микроклимат, шу, дiрiл, электр қауiпсiздiгi сияқты өндiрiстiк факторларды қарастырдым, үй-жайдың жылу балансын есептедiм.

Жасалған есептеулер нәтижесiнде мен сорғылық станцияда орналасқан 4 ортадан тепкiш сорғының күтiлетiн дыбыстық қысым деңгейiн есептедiм. Бұл жағдайда есептеулер нәтижесi көрсеткендей шу деңгейi шектi мәнiнен әлдеқайда төмен, осыған байланысты шу деңгейiн төмендететiн қосымша iс-шаралар қажет емес.

Желдету жүйесiнiң тиiмдi жұмыс iстеуi үшiн ауа құбырларының күйiн бақылау, жеке кескiндердi толығымен қосу өте маңызды. Механикалық вентиляцияның ең жетiлдiрiлген түрi тыс ауаның өзгеруiнен және бөлімдердiң жұмыс iстеу режимiнен тәуелсiз әуе ортасының берiлген күйiн автоматты түрде реттейтiн кондиционерлеу жүйелерi болып табылады.

7 Экономикалық бөлім

7.1 Механикалық зауыттың компрессорлық қондырғысының электр жетегін жетілдіру

Дипломдық жобаның экономикалық бөлімінде 4A225M4Y3 асинхронды электрқозғалтқышы бар ЭПВ-3 арнайы электржетегін COMARO SB 55-08 компрессор жүйесінде бұрын қолданылатын вентильді ДВУ2М215 электрқозғалтқыштың орнына қойып, экономикалық тиімділігіне зерттеу жүргіземіз. MR25ME блогының негізіндегі басқарудың ескі жүйесі 3-дәрежелі ЭПВ векторлық электр жетегіне ауыстырылды.

Модернизацияның экономикалық тиімділігін зерттейміз. Қолданылатын электр жетегінің нұсқаларын салыстыру және жаңғыртудың экономикалық тиімділігін анықтау үшін алдын ала үш техника-экономикалық көрсеткішті анықтаймыз:

- машина өнімділігі;
- капиталды шығындар;
- эксплуатациялық шығындар.

7.2 Электр жетектің жылдық өнімділігін бағалау

Сапа көрсеткіштерін өнімділік тұрғысынан бағалаймыз. 4A225M4Y3 электрқозғалтқышы және ЭПВ-ТТПТ-25 электр жетегіне қозғалтқыштар мен электр жетектердің осы санатына қойылатын барлық талаптарды қанағаттандыратын ДВУ215LT1 вентильді электрқозғалтқышы мен БС3603 тиристорлы басқару жүйесімен салыстырғанда, ең жақсы жұмыс параметрлері тиісті (қуаты, кернеуі, айналу жиілігі, инерция моменті, реттеу диапазоны, желіге әсері және т.б.).

Сонымен қатар, 4A225M4Y3 және ЭП ЭПВ-ТТПТ-25 қозғалтқышының ең жақсы габариттік көрсеткіштері және жұмыс жасаудағы сенімділігі бар, демек, ДВУ2М215 және ЭП MR25ME қозғалтқышына қарағанда өндірісте тиімді.

Жоғарыда айтылғандардан 4A225M4Y3 қозғалтқышын және ЭПВ-ТТПТ-25 басқару жүйесін электр жетегінің жүйесінде қолдану, технологиялық қызмет көрсетуде уақытты үнемдеу есебінен, яғни машинаның үздіксіз жұмыс істеу уақыты есебінен компрессорлық қондырғының өнімділігін арттыруы тиіс деген қорытынды жасауға болады.

Шығындар электр жетектің құнын, монтаж шығындарын, үстеме шығындарын және өзге де шығындарды дайындау, қойма шығыны, көлік шығынын қамтиды.

7.3 Капиталды шығындарды анықтау

Күрделі шығындар электр жетектің құнын, монтаж шығындарын, үстеме шығындарын және өзге де шығындарды (дайындау, қойма шығыны, көлік шығыны және т.б.) қамтиды.

Электр жетек жүйелерін сатып алуға және орнатуға кететін капиталдық шығындарды мына формула бойынша анықтаймыз:

$$K_{ки} = K_{жс} + K_{к} + K_{қм} + K_{б} \quad (7.1)$$

мұнда $K_{ки}$ - капиталды шығындар;

$K_{жс}$ - жабдықтың бағасы;

$K_{к}$ - көлік шығындары;

$K_{қм}$ - құрылыс-монтаждық шығындар;

$K_{б}$ - басқа да шығындар.

Одан әрі "1" индексі ЭПВ-3 электр жетегі жүйесінің нұсқасына, ал "2" – ЭП БС3603 ескі электржетегіне сәйкес келеді.

2018 жылдың 1 қаңтарына "ОмскМонтаж" ЖШС (Омбы қ.) прайс-парақтарына сәйкес компрессорлық қондырғы механизмінің ЭПВ-3 векторлы-басқарылатын синхронды электр жетегінің құны 7.1 - кестеде келтірілген.

7.1 кесте - ЭПВ-3 электр жетегінің құны

Жабдықтың атауы	Құны, тг
Электрқозғалтқыш 1FT5136	1 374 000
Түрлендіргіш ЭПВ ТТПТ-25-380	875 000
Барлығы	2 249 000

Екатеринбург қ. "Станкосистема" АҚ прайс-парағында ауыстырылатын жабдықтың 2020 жыл бойынша құны 7.2 - кестеде келтірілген.

7.2 кесте - ДВУ2М215 электр жетегінің құны

Жабдықтың атауы	Құны, тг
Басқару блогы MR25ME	1 204 000
Электрқозғалтқыш ДВУ2М215	690 000
Барлығы	1 894 000

Көлік шығындарының құны капиталдық шығындардың (5-10)%-ын құрайтынын есепке ала отырып есептеледі:

$$K_{к} = 0,05 \cdot K_{ки} \quad (7.2)$$

$$K_{к1} = 0,05 \cdot K_{ки1} = 0,05 \cdot 2\,249\,000 = 112\,450 \text{ тг.}$$

$$K_{к2} = 0,05 \cdot K_{ки2} = 0,05 \cdot 1\,894\,000 = 94\,700 \text{ тг.}$$

Құрылыс-монтаж жұмыстарының құны капиталдық шығындардың 15-25% құрайтынын ескере отырып есептеледі:

$$K_{қм} = 0,15 \cdot K_{ки} \quad (7.3)$$

$$K_{қм1} = 0,15 \cdot K_{ки1} = 0,15 \cdot 2\,249\,000 = 337\,350 \text{ тг.}$$

$$K_{қм2} = 0,15 \cdot K_{ки2} = 0,15 \cdot 1\,894\,000 = 284\,100 \text{ тг.}$$

Басқа шығындар құны капиталдық шығындардан 5-10% құрайтынын есепке ала отырып есептеледі:

$$K_{б} = 0,1 \cdot K_{ки} \quad (7.4)$$

$$K_{б1} = 0,1 \cdot K_{ки1} = 0,1 \cdot 2\,249\,000 = 224\,900 \text{ тг.}$$

$$K_{б2} = 0,1 \cdot K_{ки2} = 0,1 \cdot 1\,894\,000 = 189\,000 \text{ тг.}$$

(7.1) формулаға сәйкес электржетектер жүйесін сатып алу және орнату үшін капиталды шығындарды анықтаймыз:

$$K_{ки1} = K_{ж1} + K_{к1} + K_{қм1} + K_{б1} = 2\,923\,700 \text{ тг.}$$

$$K_{ки2} = K_{ж2} + K_{к2} + K_{қм2} + K_{б2} = 2\,461\,800 \text{ тг.}$$

Бұдан $K_1 > K_2$ екенін көреміз, яғни MR25ME электр жетегі бар ДВУ2М215 электрқозғалтқышқа жұмсалатын шығындар ЭПВ-ТППТ-25 электр жетегі бар 4А225М4У3 электрқозғалтқышына жұмсалатын капиталдық шығындардан біршама төмен.

7.4 Эксплуатациялық шығындарды анықтау

Эксплуатациялық шығындарға тұтынылатын электр энергиясының құны, жөндеуге кететін шығындар, қызмет көрсететін персоналдың жалақысы, әр түрлі қорларға аударымдар және басқа да шығындар кіреді.

$$I_{эш} = I_{эл.эн} + I_{ж} + I_{қ} \quad (7.5)$$

мұндығы $I_{эл.эн}$ - тұтынылатын электр энергиясының құны, тг/жыл;

$I_{ж}$ - жөндеуге арналған шығындар, тг/жыл;

$I_{қ}$ - қызмет көрсетуге арналған шығындар, тг/жыл.

Электр энергиясының құнын анықтау

Электр энергиясына жұмсалатын шығындарды мына формула бойынша анықтаймыз:

$$I_{эл.эн} = W \cdot B_э, \quad (7.6)$$

мұнда W - тұтынылатын электр энергиясының саны, (кВт·сағ/жыл);

$B_э$ - 1-20 кВ кернеудегі тұтынушылар үшін электр энергиясының бағасы (тариф) (тг/кВт·сағ);

$B_э = 17,8$ тг/кВт·сағ, 2020 жылға Алматы облысының тұтынушылары үшін электр энергиясына арналған тарифтік мәліметтері бойынша.

Тұтынылатын электр энергиясының мөлшері:

$$W = N \cdot T \cdot K_{исп}, \quad (7.7)$$

мұндағы N - электр жетектің номиналды қуаты, (кВт);

T - жабдықтың бір жылдағы жұмыс уақыты, $T = 5000$ сағ (2 ауысымда жұмыс істеу);

$K_{най}$ - жабдықты пайдалану коэффициенті, машина жасау кәсіпорны үшін $K_{най} = 0,25$.

Жаңа электр жетегі үшін:

$$W_1 = 10,66 \cdot 5000 \cdot 0,25 = 13325 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{жыл}$$

Ескі электр жетегі үшін:

$$W_2 = 25,67 \cdot 5000 \cdot 0,25 = 32087,5 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{жыл}$$

Электр энергиясына жұмсалатын шығындар:

$$I_{эл.эн1} = 13325 \cdot 17,8 = 237\,185 \text{ тг} / \text{жыл}$$

$$I_{эл.эн2} = 32087,5 \cdot 17,8 = 571\,157,5 \text{ тг} / \text{жыл}$$

Капиталды және ағымдағы жөндеуге кететін шығындарды олардың капиталды шығындардың 10%-ын құрайтынын ескере отырып жүргізетін боламыз. Электр жетегі коллектордың және жылдамдық пен жүктеме бойынша коммутациялық шектеулердің болмауына байланысты жоғары сенімді болып табылады және жөндеу мен қызмет көрсету периодты үлкен қаржы салымдарын қажет етпейді.

$$E_1 = 0,1 \cdot K_{ку1} = 292\,370 \text{ тг} / \text{жыл}$$

$$E_2 = 0,1 \cdot K_{ки2} = 246\ 180 \text{ тг/жыл}$$

7.5 Қызмет көрсетуге арналған шығындарды есептеу

Олар қызмет көрсететін персоналдың негізгі және қосымша шығындарын қамтиды. Қызмет көрсетуші персоналдың саны және оның кәсіби деңгейі өзгермейді. Тиісінше, бірыңғай әлеуметтік салық пен жазатайым жағдайлардан сақтандыруларды есептеудің қажеті жоқ. Сонда жалпы пайдалану шығындары мынаған тең болады:

$$I_1 = 237\ 185 + 292\ 370 = 529\ 555 \text{ тг/жыл}$$

$$I_2 = 571\ 157,5 + 246\ 180 = 817\ 337,5 \text{ тг/жыл}$$

Бірінші және екінші нұсқалардың капиталды шығындары полярлы, яғни үлкен капиталды шығындарға аз шығындар және керісінше сәйкес келеді.

Өзін-өзі ақтау кезеңі және келтірілген шығындар әдістерімен нұсқалардың салыстырмалы экономикалық тиімділігіне алдын ала бағалау жүргіземіз.

7.6 Электржетектер жүйесінің нұсқалары бойынша келтірілген шығындардың және жаңа жабдықты пайдаланудың экономикалық тиімділігін анықтау

Келтірілген шығындарды мына формула бойынша анықтаймыз:

$$Ш_{ки} = E_n \cdot K_i + I_i \quad (7.8)$$

мұнда E_n - жылдың $T=3$ өтелімділігінің нормативтік (ұсынылатын) мерзіміне кері пропорционалды экономикалық тиімділіктің нормативтік коэффициенті;

$$Ш_1 = E_n \cdot K_1 + I_1 = \frac{1}{3} \cdot 2\ 923\ 700 + 529\ 555 = 1\ 504\ 121 \text{ тг/жыл}$$

$$Ш_2 = E_2 \cdot K_2 + I_2 = \frac{1}{3} \cdot 2\ 461\ 800 + 817\ 337,5 = 1\ 637\ 937,5 \text{ тг/жыл}$$

Осылайша, $Ш_1 = \min$ өлшемі бойынша электржетектің жаңа нұсқасы тиімдірек болды.

Техникалық-экономикалық көрсеткіштерді есептеу нәтижелерін 7.1 кестеде көрсетеміз.

7.3 кесте - Жүргізіліп жатқан модернизацияның техникалық-экономикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштің атауы	Өлшем бірлігі	ЭПВ-3	БС3603
1. Капиталды шығындар:			
– жабдықтың құны	<i>тг</i>	2 249 000	1 894 000
– көлік шығындары	<i>тг</i>	112 450	94 700
– құрылыс-монтаж шығындары	<i>тг</i>	337 350	284 100
– басқа да шығындар	<i>тг</i>	224 900	189 000
Всего	<i>тг</i>	2 923 700	2 461 800
2. Пайдалану шығындары:			
– электр энергиясының шығындар	<i>тг/жыл</i>	237 185	571 157,5
– капиталды және ағымдағы жөндеуге арналған шығындар	<i>тг/жыл</i>	292 370	246 180
Барлығы	<i>тг/жыл</i>	529 555	817 337,5
3. Келтірілген шығындар	<i>тг/жыл</i>	1 504 121	1 637 937,5

Экономикалық тиімділікті есептеу мына формула бойынша жүргізіледі:

$$\mathcal{E}_m = \mathcal{I}_2 - \mathcal{I}_1, \text{ тг/жыл} \quad (7.9)$$

(7.9) формулаға сәйкес жаңа электржетекті пайдаланудың экономикалық тиімділігі:

$$\mathcal{E}_m = \mathcal{I}_2 - \mathcal{I}_1 = 1\,637\,937,5 - 1\,504\,121 = 133\,816,5 \text{ тг/жыл}$$

Электр жетегін вектормен басқарылатын электр жетегіне ауыстыру кәсіпорынның кем дегенде жылына 133 816,5 тг үнемдеуге мүмкіндік береді.

7.7 Электржетектің алдын ала таңдалған жүйесін пайдаланудың экономикалық тиімділігін анықтау

Жаңғырту тиімділігі келесі көрсеткіштер бойынша бағаланады:

- NPV таза дисконтталған (келтірілген) кіріс;
- T_p капиталды шығындардың өтелімділігінің есептік мерзімі;

Таза дисконтталған (келтірілген) кіріс NPV мынадай формула бойынша анықталады:

$$NPV = \sum_{t=1}^{\tau} \frac{D_t}{(1+R)^t} + K_{\text{кш}} \quad (7.10)$$

мұндағы T - жабдықтың қызмет ету мерзімі, жыл;

R - дисконттау (10%);

D_t - кіріс, қолма-қол ақша ағыны, тг/жыл.

Ол келесі формулаға арқылы анықталады:

$$D = \mathcal{E}_m \cdot (1 - \mathcal{E}_c) + A_a \quad (7.11)$$

мұндағы \mathcal{E}_m – электржетек жүйесін енгізудегі экономикалық тиімділік, тг/жыл;

\mathcal{E}_c – әлеуметтік салық (9,5%)

A_a - амортизациялық аударымдар, тг/жыл.

Амортизациялық аударымдар

$$A_a = \frac{K_{\text{кш}}}{T} \quad (7.12)$$

(7.9) және (7.6) формулалар негізінде қолма-қол ақша ағынын анықтаймыз (7.11).

$$D = \mathcal{E}_m \cdot (1 - \mathcal{E}_c) + \frac{K_{\text{кш}}}{T} = 133816,5 \cdot (1 - 0,95) + \frac{2923700}{10} =$$

299 061 тг/жыл

$D_1 = D_2 = D_t$ екенін алып, таза дисконттық (келтірілген) кірісті табамыз:

$$NPV = \sum_{t=1}^{\tau} \frac{D_t}{(1+R)^t} - K_{\text{кш}} = \sum_{t=1}^{10} \frac{299061}{(1+0,1)^t} - 2923700 = 109\,601 \gg 0$$

$NPV > 0$ болғандықтан, жобаны экономикалық тұрғыдан орынды деп санаған жөн.

Жалпы 10 жыл ішінде инвестицияның өтелу мерзімін мына формула бойынша есептейміз:

$$DPBP = \sum_{t=1}^{\tau} \frac{D_t}{(1+RD)^t} \quad (7.13)$$

мұнда КВ дисконттау ставкасы (банктегі пайыздық мөлшерлеме), $RD=10\%$.

Ақша ағындарын қайта есептейміз:

$$DPBP_1 = \frac{299\,061}{(1+0,1)^1} = 271\,873,6 \text{ тг}$$

$$DPBP_2 = \frac{299\,061}{(1+0,1)^2} = 247\,157,8 \text{ тг}$$

$$DPBP_3 = \frac{299\,061}{(1+0,1)^3} = 224\,688,9 \text{ тг}$$

$$DPBP_4 = \frac{299\,061}{(1+0,1)^4} = 204\,262,6 \text{ тг}$$

$$DPBP_5 = \frac{299\,061}{(1+0,1)^5} = 185\,693,4 \text{ тг}$$

$$DPBP_6 = \frac{299\,061}{(1+0,1)^6} = 168\,812,1 \text{ тг}$$

$$DPBP_7 = \frac{299\,061}{(1+0,1)^7} = 153\,465,6 \text{ тг}$$

$$DPBP_8 = \frac{299\,061}{(1+0,1)^8} = 139\,514,2 \text{ тг}$$

$$DPBP_9 = \frac{299\,061}{(1+0,1)^9} = 126\,831,1 \text{ тг}$$

$$DPBP_{10} = \frac{299\,061}{(1+0,1)^{10}} = 115\,300,9 \text{ тг}$$

Шығындар өтелетін кезеңді анықтаймыз:

10 жыл үшін дисконтталған кірістер сомасы:

$$\sum DPBP = 271873,6 + 247157,8 + 224688,9 + 204262,6 + 185693,4 + 168812,1 + 153465,6 + 139514,2 + 126831,1 + 115300,9 = 1\ 837\ 600,2 \text{ тг}$$

бұл шығындар мөлшері көп және бұл бастапқы шығындарды өтеу 10 жыл бұрын болады.

Егер ақша ағыны бүкіл кезең ішінде біркелкі түссе, онда оныншы жылдың қалдығын есептеуге болады.

Өзін-өзі ақтаудың есептік мерзімін мына формула бойынша анықтаймыз:

$$T_{ок} = \frac{K - K_{квид}}{D} \quad (7.14)$$

мұнда $K_{квид}$ -квидациялық құны (капиталды салымдардан 0% мөлшерінде қабылдаймыз), тг.

Енгізілген жабдықтың өтелу мерзімін есептейміз:

$$T_{ок} = \frac{K - K_{квид}}{D} = \frac{2923700}{299061} = 9,76 \text{ жыл}$$

$T_{ок} > T_H$, бірақ $T_{ок} < T_{экс} = 10$ жыл және жаңа жабдықтар үздік сипаттамаларға ие бола отырып, ауыстырылатын жетекке қарағанда сенімді болғандықтан экономикалық тұрғыдан орынды деп санауға болады.

Қорытынды

Дипломдық жұмыста тапсырмаға сәйкес механикалық зауыттың компрессорлық қондырғысының электр жетегін жетілдіруін қарастырдым.

Жұмыста компрессорлардың түрлеріне, конструктивті ерекшеліктеріне, жұмыс режимдеріне тоқталып, олардың электр жетектеріне және басқару жүйелеріне қойылатын талаптарына көңіл аударылды.

Компрессордың электр жетектерінің жүйелеріне талдау жасалып, ең тиімді электр жетегі жүйесі ретінде «жиіліктік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесі таңдалынды.

Компрессордың жүктемелеріне есептеу жүргізіліп, есптік қуатқа және жылдамдыққа сәйкес қуаты 55 кВт тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдалды. Қозғалтқыштың Г-тәріздес сұлбасының параметрлері анықталды және оның табиғи механикалық және электрмеханикалық сипаттамалары тұрғызылды.

Скалярлық басқаруды қамтамасыз ететін $\frac{U_n}{f_n} = const$ заңын қолдану кездегі жасанды механикалық және электромеханикалық сипаттамалары анықталды.

Жұмыста автоматтандырылған электржетектің күштік сұлбасын жобаланып, жиіліктік түрлендіргішті таңдалды және оның элементтерінің параметрлері есептелді. Электр жетегінің басқару жүйесі жобаланды. Компрессорлық қондырғының құрылымдық сұлбасының элементтерінің параметрлері есептелді және асинхронды қозғалтқыш пен жиіліктік түрлендіргіштің динамикалық моделдері қарастырылып, олардың параметрлері есептелді. Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау үшін MATLAB 6.5 бағдарламалық пакетінде оның имитациялық моделі жасалынып, негізгі параметрлердің өтпелі үрдіс кезінде өзгеру динамикасы сипатталынды.

Жұмыста механикалық зауыттағы шу мен дірілге қатысты қауіпсіздік шаралары қарастырылды.

Компрессорлық қондырғыда ұсынылған электр жетегін қолдану қатысты күрделі және эксплуатациялық шығындар есептелініп, экономикалық тиімділігі анықталды.

Алынған нәтижелерді талдау компрессор үшін жобаланған электржетегі оған қойылатын талаптарды толық қанағаттандыратынын көрсетті.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- 1 Шеховцев В.И. Расчет и проектирование ОУ электроустановок промышленных механизмов, - Москва, 2010г.
- 2 Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. 2-ое изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.
- 3 Копылов И.П. Справочник по электрическим машинам, - Москва, энергоатомиздат, 1998г.
- 4 Сагитов П.И., Тергемес К.Т., Шадхин Ю.И. Параметрический синтез системы управления многодвигательного асинхронного электропривода, Вестник АУЭС. – 2011, №2.
- 5 М.А. Мустафин, Н.К. Алмуратова. Электржетегі. 5B071800 – Электр энергетикасы мамандығының барлық оқу түрлерінің студенттеріне арналған дәріс тержинағы. – Алматы: АЭЖБУ, 2011. - 58 б.
- 6 Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008г.
- 7 Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. –М: Энергоатомиздат, 1985 г – 560с.
- 8 Герман – Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. СПб.: Корона принт. 2001 - 320с.
- 9 М. К. Дюсебаев “Безопасность жизнедеятельности”.: Методические указания к выполнению раздела в дипломных проектах для студентов всех форм обучения специальностей направления 210000- Электроэнергетика . – Алматы.: АИЭС, 2003. – 27 с.
- 10 Абдимуратов Ж.С., Дюсебаев М.К., Санатова Т.С., Хакимжанов Т.Е. Еңбекті қорғау. Дәрістер жинағы (050718 – Электр энергетика мамандығы бойынша барлық түрде оқитын студенттер үшін) Алматы: - АЭЖБИ, 2006. – 36 б.
- 11 Жакупов А.А., Түзелбаев Б.И. Сала экономикасы. Бітірушілер жұмысының экономикалық бөлімін орындауға арналған әдістемелік