

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»  
Кафедра меңгерушісі

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

«    » 2018 ж.

(колы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Лентаны конвейердің автоматтағандықтан  
электр жетегін өңдеу

56071800 Электр энергетика мамандығы бойынша  
Орындаған Шоубалам Жаппа  
(студенттің аты - жөні) (тобы)

Жетекші Кидонда С. К.Т.Н. доцент  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)  
« 28 » мамыр 2018 ж.  
(колы)

Пікір жазушы : \_\_\_\_\_  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
«    » 2018 ж.  
(колы)

Кеңесшілер :  
Экономикалық бөлім бойынша : К.Э.Н. профессор Мәсүмов А.А.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« 10 » мамыр 2018 ж.  
(колы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша: доктор п.д.н. Бегимбетова А.С.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« 23 » мамыр 2018 ж.  
(колы)

Алматы 2018 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр энергетика және электр техника институты  
58071800 Электр энергетика мамандығы  
Электр машиналары және электр жетекі кафедрасы

жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Шоқбаев Ануар Байырханұлы  
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Ленталық конвейердің автоматтандырылған электр жетекін өңдеу  
ректордың «23» қазан 2018 ж. № 155 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «30» мамыр 2018 ж.

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

Жұмысқа бастапқы берілгендер:  
Лента қозғалысының жылдамдығы  $V_n = 0,18$  м/с;  
Қарабаның диаметрі  $D_0 = 0,15$  м/с;  
Жетекті қарабағандағы күш  $F = 788$  Н;  
Жетектің саны  $i_n = 63$ ;  
Конвейер бұрышы  $\gamma = 0^\circ$ .

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

Бұл дипломдық жұмыста ленталық конвейердің автоматтандырылған электр жетекі қарастырылып, ленталық конвейердің тиімді түрлендірілімі есептеледі. ЖШ ленталық конвейер электр жетекінің математикалық сипаттамасы жазылып, оның моделі компьютерлік бағдарламалық көмегімен құрылды.

ДИПЛОМ ЖҰМЫСЫН ДАЙЫНДАУ

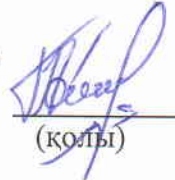
КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1	Меншік құқығын жалға сипаттамасы	13.03.18	
2	Меншік құқығын электр және байланыс желісінде таңдау	27.03.18	
3	Меншік құқығын өсіріп қорғаныс құрамын есептеу	3.04.18	
4	Шығу жұмысін тұрақты және сапалы ағарту МТ-АҚ механикалық сипаттамасы	2.05.18	
5	Әлеуметтік пай түсетін құқық және өнімді есептеу	25.05.18	
6	Әлеуметтік түрлендірілімі таңдау.	26.05.18	
7	Әлеуметтік құрылымы	17.05.18	
8	Жоғалтқыш	10.05.18	

Тапсырманың берілген уақыты « 25 » қазан 2017 ж.

Кафедра меңгерушісі  (қолы) Камилева К.М. Т.Ф.С. доцент  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жұмыс жетекшісі  (қолы) Кудряков С. к.т.н. доцент  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы  
қабылдаған студент  (қолы) Абдолматов А.К.  
(аты-жөні)

## **Аңдатпа**

Бұл дипломдық жобада ленталы конвейердің автоматтандырылған электр жетегі қарастырылып, ленталы конвейерлердің жиілік түрлендіргіші есептеледі. ЖТ ленталы конвейер электр жетегінің математикалық сипаттамасы жазылып, оның моделі компьютерлік бағдарлама көмегімен құрылды. Бағдарлама көмегімен бұрыштық жылдамдық пен өтпелі процессор қисықтары алынды.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде ленталы конвейердегі электр жетегін пайдалануда техника қауіпсіздігін сақтау шараларына талдау жасау, санитарлық гигиеналық еңбек жағдайларын бағалау, жұмыс бөлмесінде жарықтану жүйесіне есеп жүргізу, автоматты өрт сөндіру жүйесін есептеу қарастырылды.

Жобаның экономикалық бөлігінде ленталы конвейердің екі қозғалтқышты электр жетегінің екі баламалы жүйелерінің техникалық және экономикалық көрсеткіштерін салыстырмалы талдау арқылы экономикалық тиімділікті бағалау жүргізілді.

## **Аннотация**

В дипломном проекте рассматривается автоматизированный электропривод ленточного конвейера и рассчитывается частотный преобразователь ленточного конвейера. Описана математическая модель ЧП ленточного конвейера, составлена модель с помощью компьютерной программы. С помощью этой программы выведены графики угловой скорости и переходных процессов.

В разделе безопасности жизнедеятельности рассматриваются меры соблюдения техники безопасности при использовании электропривода ленточного конвейера, условия охраны труда перед работой, рассчитывается освещение рабочего помещения и система автоматического пожаротушения.

В разделе экономическое обоснование проекта дипломной работы производится сравнительный анализ двух альтернативных систем электропривода. Производится экономическая оценка двух систем и последующий выбор наиболее подходящей системы.

## **Annotation**

In the diploma project the automated electric drive of the belt conveyor is considered and the frequency converter of the belt conveyor is calculated. A mathematical model of the PE of a belt conveyor is described, a model is compiled using a computer program. With the help of this program graphs of angular velocity and transient processes are derived.

In the section on life safety, safety measures are considered when using the electric drive of the conveyor belt, the conditions of labor protection before work, the lighting of the working area and the automatic fire extinguishing system are calculated.

In the section of the economic justification of the draft thesis, a comparative analysis of two alternative drive systems is made. An economic evaluation of the two systems is made and the subsequent choice of the most suitable system



## Мазмұны

Кіріспе.....	9
1. Ленталы конвейер қондырғысы.....	10
1.1 Конвейер туралы жалпы сипаттама.....	10
1.1.1 Конвейердің классификациясы.....	10
1.1.2 Лентаның классификациясы.....	13
1.1.3 Ленталы конвейерлерді пайдалану аумағы.....	15
1.1.4 Ленталы конвейердің артықшылығы және кемшілігі.....	15
1.2 Ленталы конвейердің құрылымы.....	16
1.2.1 Конструкцияның негізгі элементтері.....	16
1.2.2 Ленталы конвейердің электр жетегі.....	16
1.2.3 Ленталы конвейерді монтаждау.....	17
1.3 Ленталы конвейердің электр жетегінің жүйесін таңдау.....	18
1.4 Ленталы конвейердің асинхронды қозғалтқышының қуатын есептеу.....	24
2. Жілік басқарылатын электр жетегінің механикалық сипаттамалары.....	26
2.1 $f_0 = 50$ Гц жиілігінде механикалық сипаттамаларды есептеу.....	26
2.2 $f_1 = 40$ Гц жиілігінде механикалық сипаттамаларды есептеу.....	33
2.3 $f_2 = 30$ Гц жиілігінде механикалық сипаттамаларды есептеу.....	34
2.4 $f_3 = 20$ Гц жиілігінде механикалық сипаттамаларды есептеу.....	36
2.5 Тиеу жүктемесінің тұрақтылығын сақталғандағы ЖТ - АҚ механикалық сипаттамалары.....	40
3 Жілік түрлендіргіштің күштік схемасының параметрлері мен элементтерін есептеу.....	49
3.1 Өткізгіш пен түзеткіштің күштік элементтерін есептеу және таңдау.....	49
3.2 Жілікті түрлендіргішті таңдау.....	54
3.3 SIMATIC S7 - 200 арқылы электржетекпен микроконтроллерді басқару.....	57
4 Жілік басқарылатын электр жетегінің динамикасын есептеу.....	59
4.1 ЖТ - АҚ жүйесінің элементтерін математикалық сипаттау.....	59
4.2 Matlab бағдарламасында ЖТ - АҚ моделі.....	64
4.3 Жүктемені қосу және түсіру кезіндегі өтпелі процестер.....	65
5 Өмір тіршілік қауіпсіздігі.....	68
5.1 Санитарлық-гигиеналық еңбек жағдайларын бағалау.....	68
5.2 Жұмыс бөлмесінде жарықтану жүйесіне есеп жүргізу.....	70
5.3 Автоматты өрт сөндіру жүйесін есептеу.....	76
6 Экономикалық бөлім.....	78
6.1 Келтірілген шығындарды есептеу.....	79
6.2 Эксплуатациялық шығындарды есептеу.....	81
6.3 Жылдық шығындарды есептеу.....	89
Қорытынды.....	91
Пайдаланылған әдебиеттер.....	92

## Кіріспе

Қазіргі таңда шахталы ленталы конвейерсіз тау - кен орындарында жұмыс жүргізу мүмкін емес. Мұндай өндірісте автоматтандыруға, үздіксіз қозғалысқа, көлбеу бетінде жұмыс істеуге, желіні бүгуге және құрылғыны оңай құруға, құрылғыны пайдалану кезінде салыстырмалы қауіпсіздіктің болуына ленталы конвейерлер қолайлы болып табылады. Конвейерлік жүйе ашық түрде тау – кен орындарында үздіксіз жұмыс жасайды.

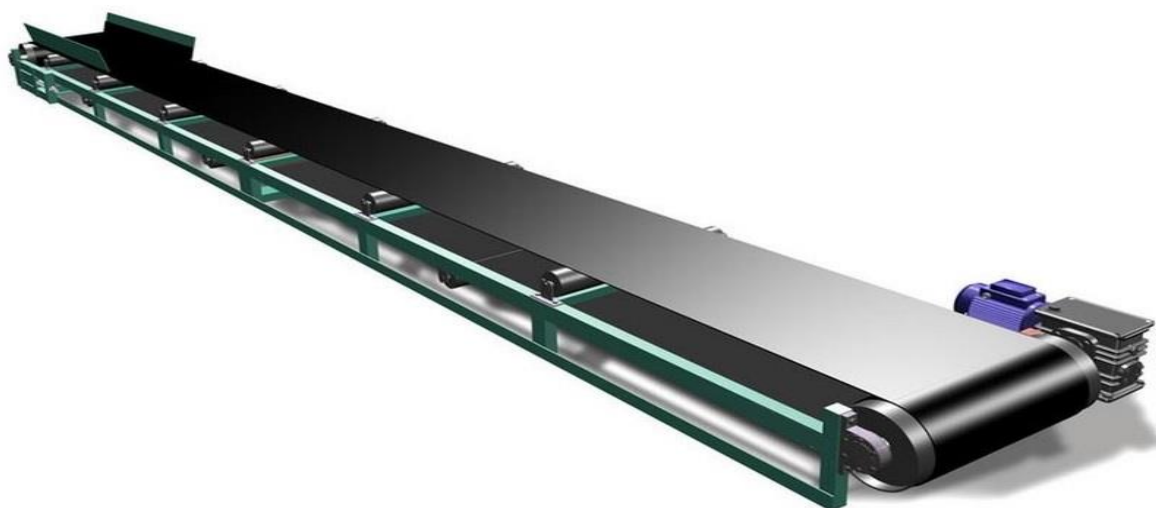
Жерасты ленталы конвейерлер Қазақстан территориясында ( сол кезде СССР аумағы) 20 ғасырдың 1 - ші жартысынан бастап қолданыла бастады. Біраз жылдан соң, қуатты ленталы конвейерлер көтеру механизмі ретінде пайдаланыла бастады. Бүгінгі күнге дейін қолданылып келе жатқан ленталы конвейерлердің өте ыңғайлы конструкциялары бар.

Металлургия өнеркәсібінде ленталы конвейерлер кеңінен қолданылады. Әртүрлі деректер бойынша олардың үлесі 90 - 95% құрайды. Ленталы конвейерлердің негізгі артықшылықтарына төмен пайдалану шығыны және жоғары өнімділік жатады. Сондай - ақ тасымалдау үдерісінің үздіксіздігі, сенімділік, автоматтандырылған басқару жүйесімен жұмыс істеудің технологиялық бейімделуіне, сондай-ақ қызмет көрсетудің төмен қарқындылығына, көліктік және көлбеу тау-кен жұмыстарын тасымалдауға мүмкіндігі бар.

## **1. Ленталы конвейер қондырғысы**

### **1.1 Конвейер туралы жалпы сипаттама**

Шахтадағы үздіксіз жұмыс жасайтын конвейерлі транспорт жүкті үздіксіз тасымалдауымен сипатталады. Олар жүкті тасымалдауды тоқтатпай, белгілі бір бағытта әрекет етеді. Ленталы конвейерлер металлургиялық өндірісте, тау - кен өнеркәсібінде, жеңіл өнеркәсіпте кеңінен қолданылады. Ленталы конвейер 1.1 суретте көрсетілген. Суретте көрініп тұрғандай, бұл көлденең және көлбеу бағытта үздіксіз ағынмен қозғалу үшін қолданылатын машина. Ленталы конвейердің негізгі элементі – резеңкеленген жабық лента. Олардың бірі барабанмен жанасатын асинхронды қозғалтқышпен байланысты, ал екінші жағынан лентаны тартады. Лентаның барлық ұзындығы роликтер арқылы өтеді. Лента көлбеу жазықтықта  $30^\circ$  аспайтын немесе көлбеу бұрышта орнатылады.

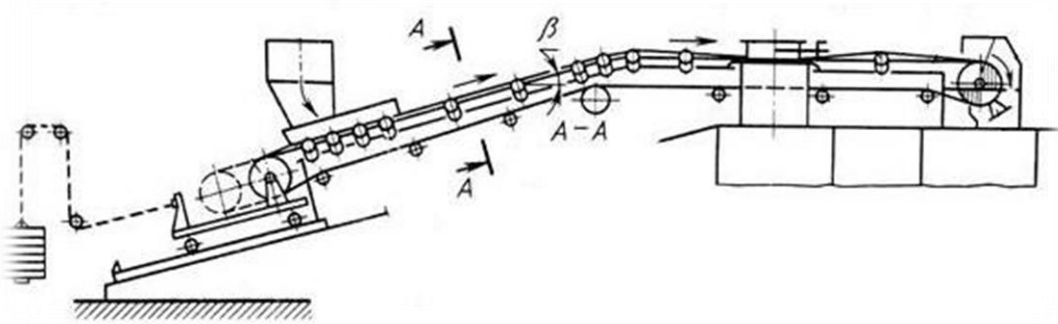


1.1 сурет - Ленталы конвейер

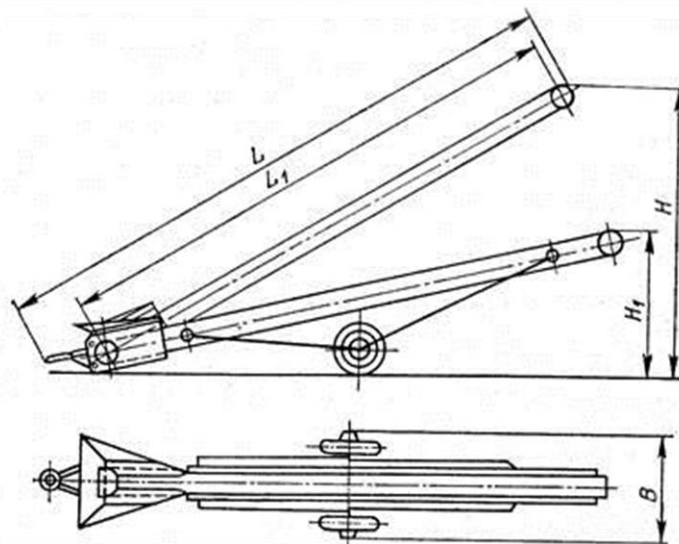
#### **1.1.1 Конвейердің классификациясы**

Ленталы конвейерлер 3 топқа бөлінеді: а) Ішкі көлік ретінде пайдаланылатын; б) алыс қашықтыққа жүк тасымалдау үшін пайдаланылатын жоғары қуатты конвейер; в) жер асты және ашық кенді өндіруге арналған конвейерлер.

Тасымалдау аймағы бойынша ленталы конвейерлер орындалады: а) стационарлық (1.2-сурет); б) жылжымалы (1.3-сурет); в) тасымалданатын; г) ауысымдық (ашық жұмыстар үшін); д) пантондар арқылы жүзетін.



1.2 сурет - Стационарлы конвейер



1.3 сурет - Жылжымалы конвейер

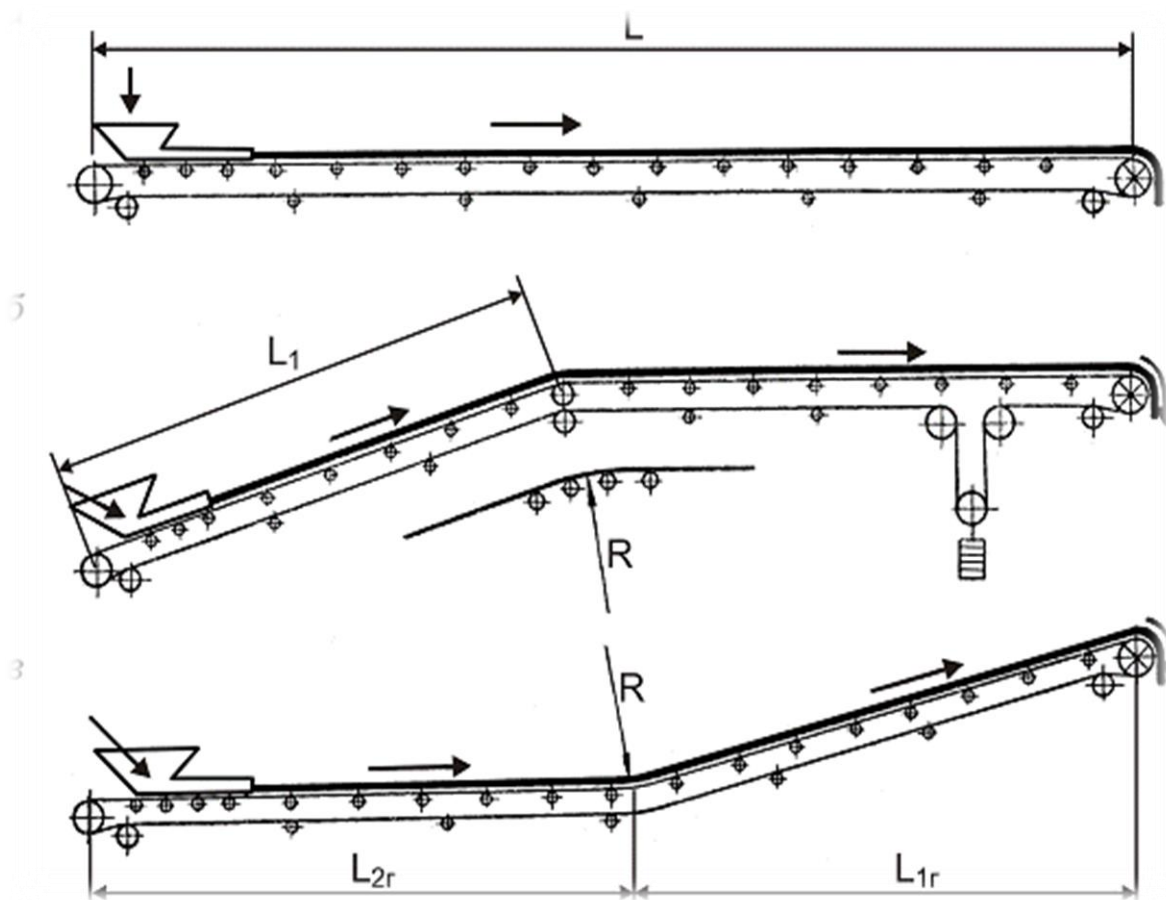
Трассаларға байланысты конвейерлер бірнеше түрге бөлінеді. Кеңінен таралған түрлері:

а) 1.4 а - суреттегі тура конвейер, шексіз жұмсақ лента – осы типті конвейердің негізгі бөлігі, онда екі бөлікке де роликті тіреуіштер арқылы қолдау көрсетіледі;

б) 1.4 б - суреттегі көлбеу конвейер – көкжиекке қарай бұрышта орналасқан созылмалы лента. Олар бұрыштық реттеу және бұрыштық берілген трассалар болып бөлінеді.



в) 1.4 в - суретте аралас типті конвейер – салыстырмалы түрде мұның бір бөлігі – тура, екінші бөлігі – қисық болып келеді. Конвейердің бұл түрі берілген шектеулі кеңістікте алдыңғы конвейердің 2 түрін пайдалану мүмкін емес жағдайда пайдаланылады.

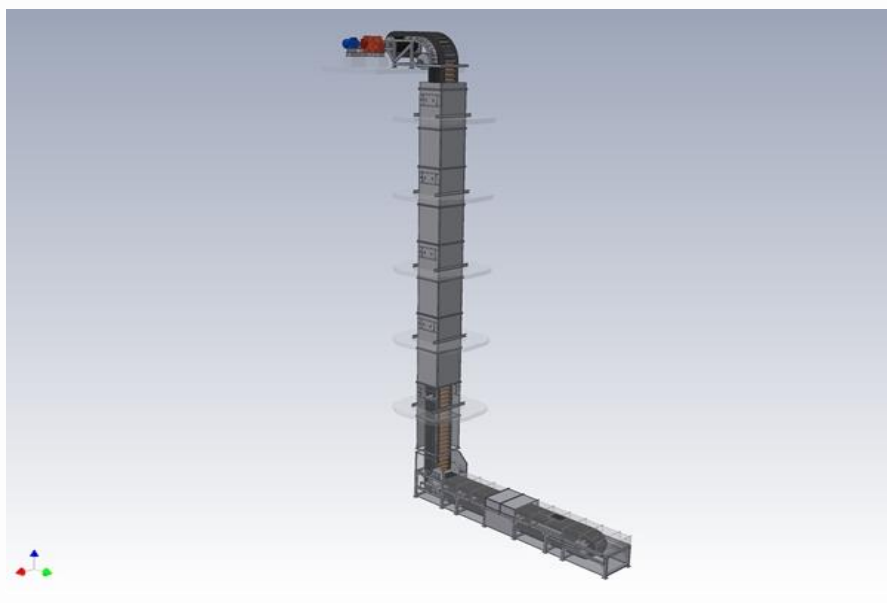


1.4 сурет - Ленталы конвейер трассасының сызбасы

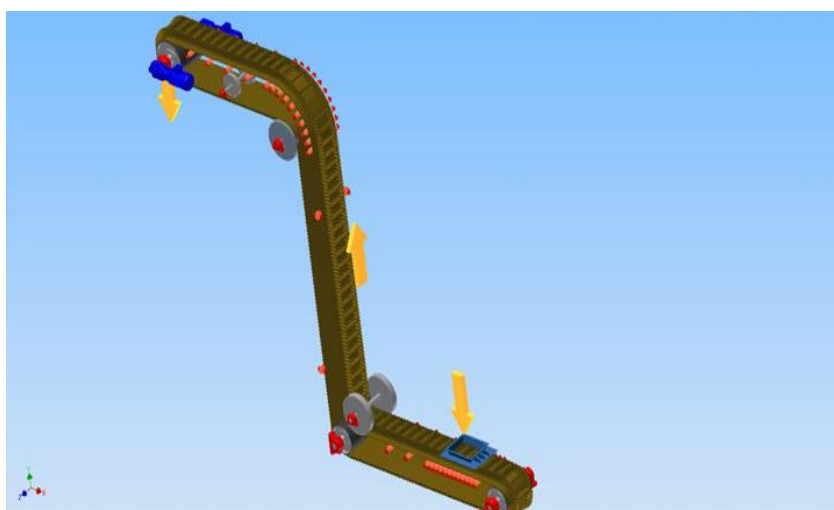
Шахтадағы конвейерлік желі екі нұсқада болуы мүмкін: тармақталған және тармақталмаған. Тармақталмаған лента – әрбір конвейердегі тауарлар тек бір ғана алдыңғы конвейерден келетін бір реттік желі. Тармақталған лента – бірнеше желілер мен құрама бөлшектерден тұратын көп реттік желі.

Конвейерлік желіні көлбеу бұрышпен бөлуге болады:

- а) шұңқырлы көлбеу;
- б) тегіс көлбеу ( $22^\circ$ -тан жоғары) 1.5 - суретте;
- в) тік сызық 1.6 - суретте.



1.5 сурет - Тегіс көлбеулі конвейер



1.6 сурет - Тік конвейер

### **1.1.2 Лентаның классификациясы**

Конвейерлі лента құрылғының негізгі элементтерінің бірі болып табылады. Осыған дейін біз конвейерлердің әртүрлі жағдайларға қарай түрлі типтерге (түрлер) бөлінгенін қарастырдық. Ленталарды да бірнеше түрге жіктеуге болады:

а) жалпы мақсаттағы конвейерлі лента

б) арнайы конвейерлі лента

Арнайы конвейерлі лента өзара бірнеше түрге жіктеледі:

а) сырғып кеткен кезде жанбайтын ыстыққа төзімді ленталар;

б) метан – ауа ортасында электростатикалық зарядтардың көмегімен жануына жол бермейтін электрленбейтін ленталар;

в) - 55 ° С дейінгі суыққа төзімді лента;

г) + 100 ° С дейін ыстыққа төзімді лента.

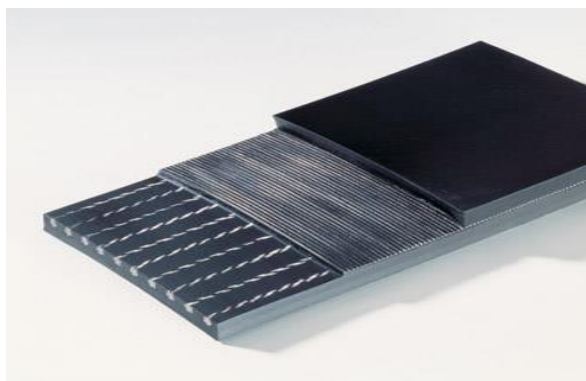
Жалпы мақсаттағы конвейерлі лентаның арнайы конвейер лентасынан айырмашылығы, - 25 ° С – тан + 60 ° С дейінгі температурада жұмыс істейді.

Шахта конвейерлерінің ленталарын құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты жіктеуге болады:

а) резеңке - сым;

б) резеңке - мата (синтетикалық).

Резеңке - сымды конвейер лентасы темір рудаларын, сондай-ақ басқа да полимерлік қазбалар тастарын тасымалдауға арналған. Бұл ленталар жылжымалы немесе тегіс роликті мойынтіректері бар конвейерлерде қолданылады. Бұл конвейерлі ленталар кен орындарында және жер асты шахталарында, байыту фабрикаларында, көмірді сақтау орындарында, электр және жылу станцияларында орнатылады. 1.7 - суретте көрсетілген резеңке - сымды лента қарқастан, жұмыс жасайтын және жасамайтын резеңкеден тұрады. Резеңке - сымды ленталар жоғары беріктігі, жұмыс барысында төменгі ұзаруы, бойлық және көлденең бағытта үлкен икемділікпен жұмыс жасауымен сипатталады. Ол транспортер жүйесінің кернеу құрылғысының өлшемдерін азайту үшін ұзақ қашықтыққа жүктерді тасымалдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.



1.7 сурет - Резеңке - сымды лентаның құрамы

Түрлі роликті мойынтіректері бар конвейерлі ленталарда борпылдақ, түйіршікті және бөлшек бұйымдарды тасымалдау үшін резеңке - мата лентасы қолданылады. Мұндай ленталар бірнеше типке бөлінеді:

а) аралас талшықтар (мақта және полиэфир);

б) синтетикалық жіптер;

в) полиамидті талшықтар.

Резеңке - маталы ленталар 1.8 - суретте көрсетілген.



1.8 сурет - Резеңке - маталы лентаның құрамы

### **1.1.3 Ленталы конвейерлерді пайдалану аумағы**

Ленталы конвейерлер тау жыныстарын, көмірді, калий тұздарын және басқа материалдарды тасымалдау үшін қолданылады. Конвейердің бұрышы  $30^\circ$  аспауы керек және тасымалданатын жүктің температурасы  $200^\circ \text{C}$  - тан аспауы керек. Ленталы конвейердің басты артықшылығы мынада: олар тауарларды жеткілікті қашықтықта – 10 километрден немесе одан көп тасымалдай алады. Жүк лентаға тасымалданады, яғни ол стационарлық болып табылады. Ленталы конвейерлерді шахталарда және ашық кеңістікте пайдаланады. Қондырғы металлургиялық және тау-кен өнеркәсібінде кеңінен қолданылады, сондай-ақ құрылыс жұмыстарында қолданылады. Ленталы конвейерлер жоғары өнімділікке ие, ол әсіресе ірі өндірісте бағаланады. Олар жоғары жылдамдығымен ерекшеленеді. Конвейерлер секундына 1,5 метрден 4 метрге дейін жүк тасымалдайды.

### **1.1.4 Ленталы конвейердің артықшылығы және кемшілігі**

Кез - келген басқа машиналар сияқты ленталы конвейерлердің де артықшылықтары және кемшіліктері болады.

Ленталы конвейердің артықшылықтары:

- а) тиімділік;
- б) көлденең, жоғарғы бұрыштан төменгі бұрышқа дейін жүкті тасымалдау мүмкіндігі;
- в) энергияның төмен қарқындылығы;
- г) автоматизацияның орнатылуына жол берілуі.

Ленталы конвейердің кемшіліктері:

- а) қатты зигзаг жолда, көлбеу бұрыштарда  $18 - 22^\circ$  - ден жоғары жүктерді тасымалдау мүмкін емес;
- б) роликтер мен ленталардың тез тозуы және олардың жоғары құны;

- в) ашық құбырларының климаттық жағдайларынан;
- г) үлкен материалдарды алдын ала кішігірім материалдарға айналдыру қажеттілігі.

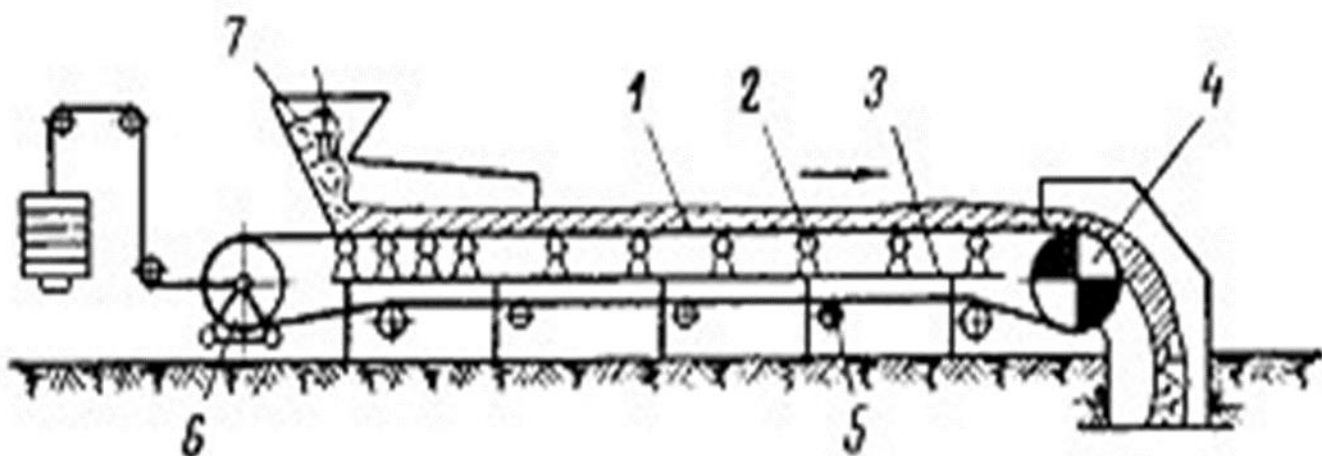
### 1.3 Ленталы конвейердің құрылымы

#### 1.2.1 Конструкцияның негізгі элементтері

Ленталы конвейерлерде лента ұстағыштары, жүктеме датчигі, тазалауды бақылау механизмі және т.б. орнатылды.

1.9 - суретте көрсетілген конвейердің негізгі компоненттері:

- а) тартқыш және тірек денесі болып табылатын белдеу – 1;
- б) жоғарғы және төменгі жақтардың ленталарын ұстап тұратын роликтер – 2 және 5;
- в) ленталарды басқаратын жетекті станция – 4;
- г) ленталарды созу үшін созылатын станция – 6;
- д) роликті нығайту үшін тіреу құралы – 3;
- е) жүктеу құрылғысы – 7.

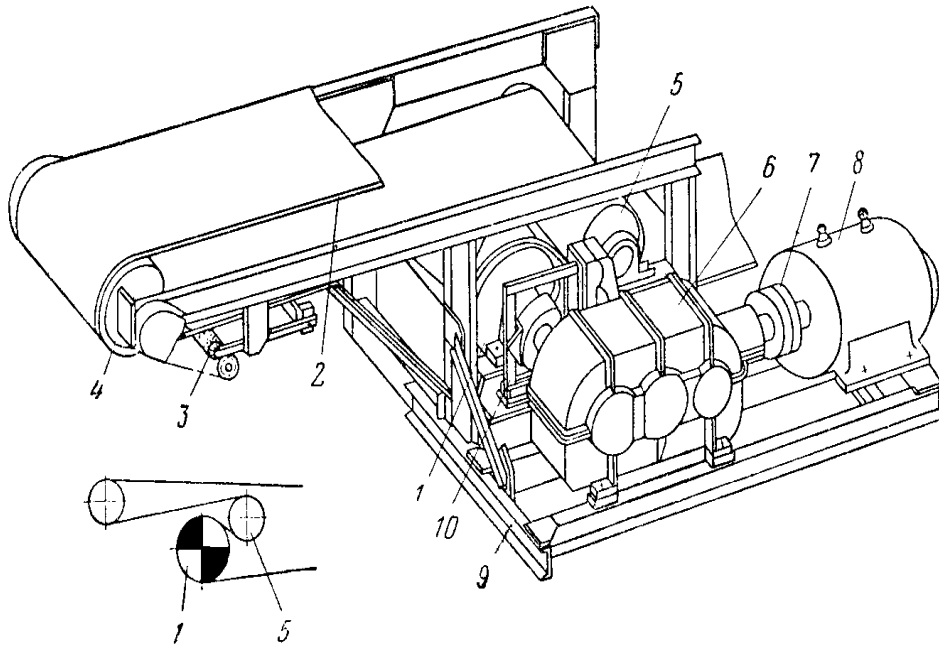


1.9 сурет - Ленталы конвейердің құрылысы

#### 1.2.2 Ленталы конвейердің электр жетегі

1.10 - суретте жетекті станцияның схемасы көрсетілген.

- а) жетекті барабан; ә) лента; б) лентаны тазалау механизмі; в) шығару барабаны; г) ауытқу барабаны; ғ) редуктор; д) муфта; е) қозғалтқыш; ж) тежегіш; з) жетектің рамасы.



1-жетекті барабан, 2-лента, 3-лентаны тазалау механизмі, 4-шығару барабаны, 5-ауытқу барабаны, 6-редуктор, 7-муфта, 8-қозғалтқыш, 9- жетектің рамасы, 10-тежегіш.

1.10 сурет - Жетекті станцияның құрылысы

### 1.2.3 Ленталы конвейерді монтаждау

Қозғалмайтын ленталы конвейер көліктік галереяларда, өтпе жолдарда, жеңіл фундаменттерде орнатылады.

Монтаждау арнайы сызбалар арқылы жүзеге асырылады. Негізінен конвейердің түзулігіне, горизонттағы келтірілген бұрышқа, профильдің қажетті радиустарын орындауға қатаң көңіл бөлінеді.

Конвейердің дұрыс жұмыс істеуінің бастты шарттары:

- а) ортаға ленталы жүктемені тиеу;
- б) ауыр объектілердің және жүк тасты блоктардың ленталарында тасымалдау туралы хабарлама;
- в) лентаның жылдамдығын реттеу;
- г) буындардың күйін бақылау және оларды жөндеу;
- д) роликтердің жай-күйін тексеру;
- е) тазалау құрылғысының уақытын орнату;
- г) конвейердің жұмыс жасауын үнемі бақылау.

### 1.3 Ленталы конвейердің электр жетегінің жүйесін таңдау



Техникалық әдебиетті негізге ала отырып, біз электр жетегіндегі ленталы конвейердің әртүрлі жүйелерін талдаймыз және ең қолайлы әдісті таңдаймыз.

Электр жетегі құрамына өзара байланысты және өзара әрекеттесетін электрлік, электромеханикалық, механикалық элементтер мен құрылғылар кіреді.

Әрбір ленталы конвейер өз мақсаттары мен қолдануында басқаша ерекшеленеді, сондықтан мұндай құрылғылар түрлі жағдайларда, оның ішінде қолайсыз жағдайларда жұмыс істей алады. Бұл жағдайларға ашық ауада, теңіз деңгейінен 1000 метрден асатын биіктікте, сондай - ақ жоғары ылғалдылықпен, ластанумен, жоғары қоршаған ортаның температурасымен сипатталатын белсенді заттардың буларының бар бөлмелері кіреді. Сонымен қатар осы топқа электрлік жабдықтардың тетіктері енгізіледі, олардың саны мен сипаттамаларына сәйкес, сондай-ақ қатаң қауіпсіздік талаптарына, пайдаланудың қарапайымдылығы мен жұмысының сенімділігіне ие болады. Кейбір жағдайларда конвейерлердің жетекші қозғалтқыштары жабық нұсқаға ие болуы керек.

Қазіргі заманғы өндірісте бірнеше конвейердің жұмысын жалпы технологиялық үдеріспен біріктіруге болады, яғни синхрондау. Бұл жағдайда жеке конвейерлердің қозғалысы жылдамдықта бір - бірімен қатаң сәйкес келеді. Конвейерлердің қозғалысының (үйлестірілген айналуы) синхронизациясы жекелеген конвейерлік желілерде қажетті технологиялық операциялардан кейін әртүрлі өнімдерді монтаждық конвейерге бір-бірімен нақты позициялық сәйкестікте қосу керек болған кезде маңызы бар.

Үздіксіз көліктік механизмдердің электр жетектеріне қойылатын ең басты талаптарға мыналар жатады: жылдамдық пен қысымды сенімді шектеумен, сондай - ақ максималды қозғалтқыш моментімен және оның туындысымен біртіндеп іске қосу мен тежеуді қамтамасыз ету.

Қысқа тұйықталу роторы бар асинхронды қозғалтқыштың қуаты бірнеше жүз киловаттан аспайды. Егер үлкен қуатты қозғалтқыштарды қолданатын болсақ, ол желінің қуат коэффициентінің едәуір төмендеуіне, сондай-ақ конвейер басталған кезде желідегі кернеудің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Қуатты қондырғыларға арналған синхронды қозғалтқышты пайдалану жетектің қуат сипаттамаларын едәуір арттыруға мүмкіндік береді. Дегенмен, осындай қуаттылықтың қондырғылары үлкен механикалық инерцияға ие және уақытты 30 - 100 секундқа кешіктіретін ауыр үздіксіз іске қосу арқылы сипатталады. Мұндай іске қосу синхрондық қозғалтқыштың температурасының артық болуына және кернеудің салыстырмалы үлкен үдеткіш уақыт аралығындағы төмендеуіне әкелуі мүмкін. Сондықтан, синхронды қозғалтқыштардың асинхронды қозғалтқыштардан артықшылығы бар болса да, олар конвейерлік жетек ретінде кеңінен қолданылмайды.

Күшті конвейерлерді іске қосу мәселесі фазалық ротордың көмегімен асинхронды қозғалтқышты пайдалану арқылы табысты шешіледі, онда бастапқы токтың шектелуі және жетектің көрсетілген бастапқы сипаттамасы қалыптасады.

Тегіс іске қосу үшін жоғары талаптар бар диск белбеулер, бір реттелмейтін синхронды немесе асинхронды қозғалтқыш қозғалысы реттелетін гидравликалық, немесе электромагниттік ұнтақ муфта арқылы тетігі беріледі, онда жүйе. Бұл жүйенің артықшылығы кіреді: іске қосу кезінде талап айналған кезде; электржетектің қарапайымдылығы мен сенімділігі; жеңіл қозғалтқышты іске қосу, ілінбеген ілініспен орындалады; механикалық сипаттамаларын қаттылық тегіс өзгерту мүмкіндігі, сондықтан көп моторлы электр жетекті қозғалтқыштардың арасындағы жүктемені бөлу бірқалыпты қамтамасыз салыстырмалы оңай. тіркелу диск мотор тең орнатылған электр қуаты болады, өйткені мұндай жүйенің кемшіліктері, жейде мен кеңейтілген өлшемде жетек жылжымалы жоғары шығындар болып табылады.

Тасымалдау белбеуінің транспортері үшін, бұл үрдіс дискінің ұзақ жұмыс режимін қажет етеді. Төмен жылдамдықтар ( $MF = 100\%$ ), түрлендіргіш-жиіліктік (жиіліктегі түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш) жүйесімен перспективті айнымалы жиілікті электржетегі перспективті болып табылады. Асинхронды қозғалтқыштардың жиіліктік бақылауы ең үнемді және басқаларға қарағанда дәлірек.

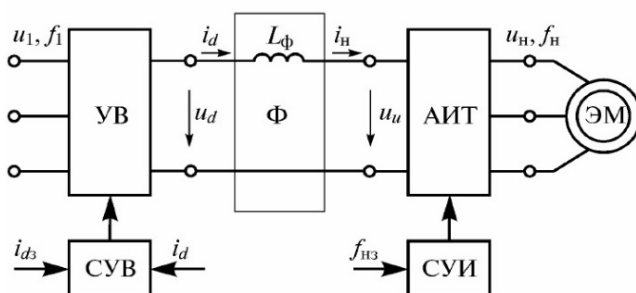
Жиілік түрлендіргіштері олардың дизайнына сәйкес екі түрге бөлінеді:

- а) тікелей жиілік түрлендіргіштері (NPC);
- б) екі қосылымдық жиілік түрлендіргіштері (DPH).

Тікелей айналдыратын тиристор түрлендіргіш болып табылады. Мұндай түрлендіргіштер қосымша құрылғыларсыз желіге қосылған.

Екі қосылымға транзистор немесе тиристор түрлендіргіш жатады. Қазіргі заманғы жиіліктегі реттелетін асинхронды электр жетектерінде аралық тұрақты ток байланысымен кең ауқымды DCH кеңінен қолданылады. Мұндай түрлендіргіштердің негізгі элементтері түзеткіш, тұрақты байланыс сүзгісі және автономды түрлендіргіш болып табылады.

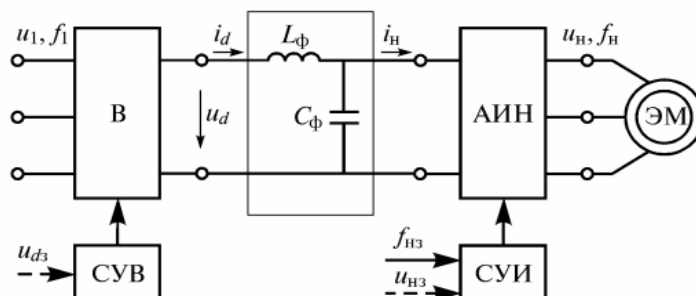
Жартылай өткізгіш қуат қосқыштарындағы қосқыш болып табылатын түрлендіргіштің түріне сәйкес, ЖЖЖ екі санатқа бөлінеді: жеке ток түрлендіргіші (АИТ) (1.7-сурет) және дербес кернеу түрлендіргіші (АИН) (сурет 1.8) [29].



UV - түзеткіш;  $\Phi$  - сүзгі; АИТ - автономды кернеу түрлендіргіші; ЭМ - электр машинасы; SUV, MIS - автономды түрлендіргішті басқару жүйелері;  $L_f$  - сүзгіш индуктивтілік;  $f_{Hz}$  - шығу тогының жиілігін орнату;  $i_{dz}$  - DC байланысындағы демалыс токын орнату.

1.11 сурет - Айнымалы ток қозғалтқышында жұмыс істейтін АИТ негізіндегі ГДЖ функционалдық диаграммасы

АИТ-да берілген жиіліктің шығу сигналын қалыптастырудағы басым рөл транзисторлар немесе тиристорлармен ауыстырылады. Коммутация жиілігі неғұрлым жоғары болса, жиілік түрлендіргішіндегі синусоидының сапасы соғұрлым жоғары болады, бірақ конвертердегі шығындар көбейеді.



В - түзеткіш; Ф - сүзгі; АИН - автономды кернеу түрлендіргіші; ЭМ - электр машинасы; СУВ, СУИ - автономды түрлендіргішті басқару жүйелері;  $L_\Phi$  және  $C_\Phi$  - индуктивтілік және сүзгінің сыйымдылығы;  $f_{Hz}$  - түрлендіргіштің шығу жиілігін орнату;  $u_{dz}$  - түзеткіштің шығу кернеуін орнату;  $u_{Hz}$  - түрлендіргіштің шығыс кернеуін орнатыңыз.

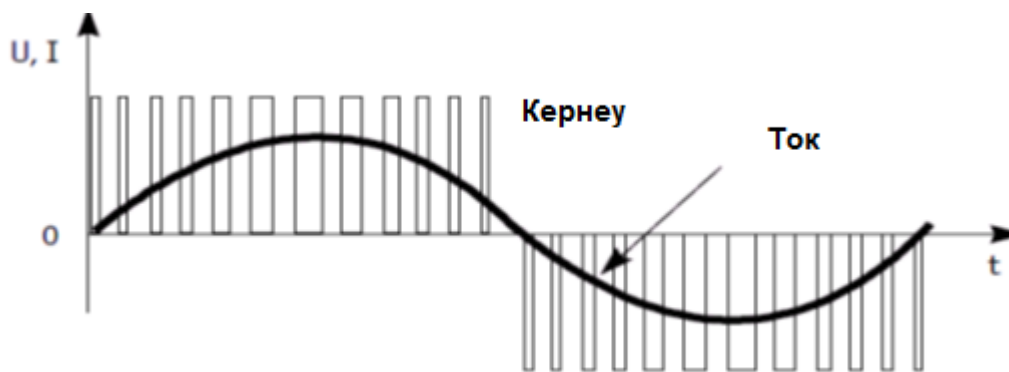
1.12 сурет - Айнымалы электр қозғалтқышында жұмыс істейтін АЭС негізінде НРХ функционалдық диаграммасы

Берілген алгоритмдермен бірге электр қуатының кілттерін және қасиеттерін коммутациялық түрлендіргіштің сипаттамалары ДІТ АИТ көмегімен шығыс кернеуінің белгілі бір түрін қамтамасыз етеді.

АИН ішіндегі тегістеу сүзгісі әдетте LC сүзгісінен тұрады. Егер кернеуді реттеу мәселесі АЭС - те жүзеге асырылса, бұл жағдайда түзеткіш басқарылатын (тиристор) немесе бақыланбайтын (диод) ретінде пайдаланылады.

Біздің жағдайда бақыланбайтын түзеткіш электр жетегі жүйесінде ыңғайлы және автономды кернеу түрлендіргіші жылдамдық пен үдеткіштің реттелетін шығу кернеуінің импульстік-ен модуляциясында (PWM) жұмыс істейді. Жиілік түрлендіргішінің шығу сигналы – тұрақты амплитудасының кернеу импульстарының тізбегі және индуктивті жүктеме (статор орамасы) бар, синусоидалды ағымдарды генерациялайтын, ұзындығы әртүрлі ұзақтық, 1.13 суретте бейнеленеді.

Модуляция жиілігі шығыс кернеуінің ең жоғары жиілігінен жоғары шамалы болуы керек. Шығу кернеуінің жиілігі басқару жүйесінің көмегімен орнатылады. Ерекше жағдайларда, негізгі қосқыштарға, желілік сақтандырғыштарға, негізгі контакторларға, арнайы схемаларға, электромагниттік үйлесімділік сүзгісіне, кіріс коммутациялық реакторға, синусоидалы сүзгіге және шығыс реакторына қосылады.



1.13 сурет - Жиілік түрлендіргіштің шығу сигналы

Осындай IF-AD жүйесінің жұмыс принципі – бұл  $\omega_0 = 2\pi f_1$  / the бұрыштық жылдамдық үшін өрнекке сәйкес қозғалтқыш кернеуінің  $f_1$  жиілігінің  $f_1$  өзгеруінің өзгеруіне әкеледі, бұл түрлі жасанды механикалық сипаттамаларға алып келеді

Электржетектің бұл жүйесі оның жылдамдығының кең ауқымында жылдамдығын реттеуге мүмкіндік береді, ал алынған сипаттамалар жоғары қаттылыққа ие. Жиілікті басқару кезінде қуат шығыны аз. Конвейердің сызықтық жылдамдығын реттеудің нәтижесі неғұрлым жақсы болса, онда босаңсыту сәті неғұрлым көп болса, соғұрлым оның өнімділігі азаяды.

АИН - мен жиілік түрлендіргіші желі мен қозғалтқыш арасындағы екі жақты энергия алмасуына мүмкіндік бермейді, өйткені ол бақыланбайтын түзеткішті пайдаланады. Генератордың тежеуі жағдайында қозғалтқыш арқылы шығарылатын қуат басқарылатын жартылай өткізгіш кілтпен тұрақты токпен қосылатын тежеуіш құрылғысының резисторы мен түрлендіргіштің элементтеріне таратылады.

Егер желі мен қозғалтқыш арасындағы энергия алмасуы электр жетегінің режимдерін іске асыру үшін тиімді болса, онда АИН-да PMD бақылаусыз түзеткіштің орнына белсенді түзеткішті қамтиды. Мұндай түрлендіргіштердегі түзеткіш және инвертор PWM режимінде жұмыс істейтін сәйкес тізбектермен орындалады.

Белсенді кернеу түзеткішті пайдалану тек индукциялық қозғалтқыштың регенеративті тежеуі ғана емес, сондай-ақ қуат коэффициентінің берілген мәнімен жиілік түрлендіргіштің жұмысын қамтамасыз етеді.

Жартылай өткізгіш жиілік түрлендіргіштері (FPDs) ағымдағы электржетегі технологиясында үлгілі өндірістік құрал болды.

PPC басқару жүйелерінің келесі түрлері бар: скаляр және векторлық бақылау.

Скалярлық басқару жүйесі қарапайым және салыстырмалы түрде арзан. Олар жылдамдықты бақылаудың шағын диапазонымен (1: 5-тен 1:10 дейін), реттеудің салыстырмалы төмен дәлдігі мен сапасымен сипатталады.

Векторлық басқару жүйесі жылдамдықпен және онсыз кері байланыспен болуы мүмкін. Олар жоғары жылдамдықты, жоғары сапалы және 1: 1000 және

одан жоғары жылдамдықпен басқарылатын диапазонға ие. Осы жүйенің кемшіліктері кіріктірілген моторды немесе тіркелген жылдамдық сенсорын қолдану қажеттілігін қамтиды.

Біздің бітіру жобамыз біріктіретін таспалы конвейерде мұндай дәл жылдамдықты реттеуді қажет етпейтіндіктен, біз скалярлық басқаруды негіз ретінде қабылдаймыз, бұл жиіліктегі реттелетін асинхронды электр жетегін басқарудың қарапайым әдісі болып табылады. Бұл бақылаудың сапасы төмен және реттеудің дәлдігі бар болса да, мұндай бақылаумен жиілік түрлендіргіштері осы технологиялық процестің барлық талаптарын толығымен қанағаттандыра алады. Скаляр жиілігін басқару идеясы – импульстік ені түрлендіргішінің шығу кернеуінің жиілігі мен амплитудасы. Жиілікті басқару панелінен немесе процестің ауыспалы контроллерінен орнатуға болады. Қажетті кернеу амплитудасы – жиілік функциясы. Скалярлық басқару кезінде қозғалтқыш моменті реттелмейді, бірақ жүктеме арқылы анықталады. Жылдамдықты басқарудың дәлдігі және оны бір деңгейде ұстау жоғары емес.

Осындай реттеуші заңмен басқарушы теріс жылдамдықты қосылыссыз жұмыс істей алады және шектеулі жылдамдықты басқару ауқымында механикалық сипаттамалардың табиғи қатандығына ие болады. Скалярлық басқаруды жылдамдық, ток және кернеу сенсорларысыз жүзеге асыруға болады. Дегенмен, барлық түрлендіргіштерде қызмет көрсету, қорғаныс және басқа қосымша функциялар қамтамасыз ету үшін ток және кернеу сенсорлары бар. Кернеу сенсоры DC байланысына орнатылған, ал түрлендіргіштің шығуындағы ток сенсорлары екі фазада орналасқан [16].

Электр қозғалтқышын оңтайлы пайдалану және оны пайдаланудың жоғары қуат параметрлерін алу үшін (қуат коэффициенттері, тиімділігі мен жүктемелік қуаты) электр қозғалтқышына жиілікте бір мезгілде қолданылатын кернеуді өзгерту қажет. Жиілік жиілігін реттеу заңы деп аталатын жиілік пен кернеу қатынасы жүктеме моментінің  $M_c$  жылдамдығына тәуелділігінің сипаты бойынша анықталады.

Тұрақты жүктеме моменті бар асинхронды қозғалтқышта  $M_c = const$  байланыстырғыш таспалы конвейер үшін статордағы кернеу төмендегі қатынастарға сәйкес жиілікте пропорционалды түрде реттелуі керек [16]:

$$\frac{U_1}{f_1} = const \quad (1.1)$$

Осылайша, қозғалтқыш жылдамдығының жиіліктік жиілігін басқару жүзеге асырылғанда жиілік түрлендіргіші қолданылуы керек, бұл белгілі бір пропорцияда электр қозғалтқышының кернеуін реттеуге мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта барлық жиіліктер түрлендіргіштері бұл мүмкіндікті пайдаланады.

#### **1.4 Ленталы конвейердің асинхронды қозғалтқышының қуатын есептеу**

Конвейер қозғалысы лентаға асинхронды қозғалтқыштан редуктор және жетекті барабан арқылы беріледі.

Алдымен есептеулер үшін қажетті бастапқы деректерді анықтаймыз:

- Редуктор түрі – бұрамдық;
- Жетекті барабанның күші,  $F = 788 \text{ Н}$ ;
- Лентаның желілік жылдамдығы,  $v_l = 0,17 \text{ м/с}$ ;
- Жетекті барабанның диаметрі,  $D_6 = 0,15 \text{ м}$ ;
- Редуктордың беріліс саны,  $i_{\text{п}} = 63$ ;
- Конвейердің көлбеу бұрышы,  $\gamma = 0^\circ$ .

Асинхронды қозғалтқыштың қажетті қуаты келесі формулалар арқылы анықталады:

$$P_{\text{эл.дв.}} = \frac{P_3}{\eta} \quad (1.2)$$

мұндағы  $P_3$  – жетекті барабанның білікпен берілетін қуаты, Вт;  
 $\eta$  – электр жетектің толық ПӘК-і.

Барабанның білігінің көмегімен берілген қуат келесідей анықталады:

$$P_3 = Fv_l, \quad (1.3)$$

$$P_3 = 788 \cdot 0,17 = 134 \text{ Вт.}$$

Электржетектің жалпы ПӘК - і:

$$\eta = \eta_p \eta_m \eta_{\text{пч}} \eta_{\text{оп}}. \quad (1.4)$$

мұндағы  $\eta_p$  – бұрамдық берілістің ПӘК-і,  $\eta_p = 0,8$ ;  
 $\eta_m$  – қосқыш муфтаның ПӘК-і,  $\eta_m = 0,98$ ;  
 $\eta_{\text{пч}}$  – жиілік түрлендіргіштің ПӘК-і,  $\eta_{\text{пч}} = 0,97$ ;  
 $\eta_{\text{оп}}$  – жетекті біліктің тіректерінің ПӘК-і,  $\eta_{\text{оп}} = 0,99$ .

$$\eta = 0,8 \cdot 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,753.$$

Енді (1.2) формула бойынша асинхронды электр қозғалтқышының қуатын есептейміз:

$$P_{\text{эл.дв.}} = \frac{134}{0,753} = 178 \text{ Вт.}$$

Асинхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығын есептейміз:



$$n_{\text{эл.дв.}} = n_3 i_p. \quad (1.5)$$

мұндағы  $n_3$  – жетекті барабанның айналу жылдамдығы.

Жетек барабанының айналу жылдамдығы анықталады:

$$n_3 = \frac{60v_d}{\pi D_6}, \quad (1.6)$$

$$n_3 = \frac{60 \cdot 0,17}{3,14 \cdot 0,15} = 21,65 \text{ об / мин.}$$

Содан кейін (1.5) формула бойынша асинхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығы келесідей болады:

$$n_{\text{эл.дв.}} = 21,65 \cdot 63 = 1364 \text{ об/мин.}$$

Жетек қозғалтқышының білігінің моменті келесі формуламен анықталуы мүмкін:

$$M = \frac{FR}{i_p \eta'}, \quad (1.7)$$

мұндағы  $R$  – жетекті барабанның радиусы.

$$M = \frac{788 \cdot 0,075}{63 \cdot 0,753} = 1,246 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

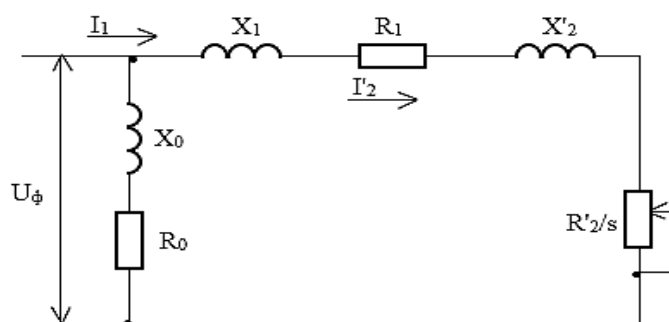
Анықтамалыққа сәйкес таңдаймыз [27] асинхронды электр қозғалтқышы - 4AA56B4УЗ, қуат,  $P_{2\text{ном}}$  - 0,18 кВт, синхронды жылдамдық,  $n$  - 1500 айн / мин.

## 2. Жиілік басқарылатын электр жетегінің механикалық сипаттамалары

### 2.1 $f_0 = 50$ Гц жиілігінде механикалық сипаттамаларды есептеу

Механикалық сипаттамалары моменттен білікке дейінгі ротордың айналу жылдамдығының тәуелділігі болып табылады. Электр жетегінің статикалық және динамикалық режимдерін талдау кезінде механикалық сипаттамалар қолданылады.

Есептеу техникалық әдебиеттерден алынған белгілі әдіспен жасалады. Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының теңдеуін алу үшін оның  $\Gamma$  - пішінді жеңілдетілген ауыстыру схемасын статикалық режимдерде бейнелеуі керек, ол 2.1 суретте көрсетілген.



2.1 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың орынбасу схемасы

2.1 - суретте келесі белгілер қабылданады:  $U_\phi$  – бастапқы кернеу;  $I_1$  – статордың фазалы ток;  $I'_2$  – статор тогының төмендеуі;  $X_1$  және  $X'_2$  – бастапқы және қайталама реактивті шашырау кедергісі;  $R_0$  және  $X_0$  – магниттелген тізбектің белсенді және реактивті қарсылығы;  $s$  – мотор слипi;  $R_1$  және  $R'_2$  – бастапқы және қайталама төмендетілген белсенді кедергілер.

Механикалық сипаттаманы есептеу үшін қосқыш конвейердің электр қозғалтқышының негізгі техникалық деректері (2.1-кесте) анықтамалықтан алынған.

Кесте 2.1 - Асинхронды қозғалтқыштың параметрлері 4AA56B4У3

Қуаты $P_H$ , кВт	0,18
Номиналды ток $I_H$ , А	0,427
Номиналды кернеу $U_H$ , В	380
Синхронды айналу жылдамдығы $n_H$ , айн/мин	1500
Номиналды айналу жылдамдығы $n$ , айн/мин	1366
Негізгі индуктивті кедергі, $X_{\text{мотH}}$	1,3
Статордың активті кедергісі $R_{1\text{отH}}$ , о.е.	0,18
Статордың реактивті кедергісі $X_{1\text{отH}}$ , о.е.	0,09
Ротордың активті кедергісі $R'_{2\text{отH}}$ , о.е.	0,16
Ротордың реактивті кедергісі $X'_{2\text{отH}}$ , о.е.	0,17

$\text{Cos}\varphi$	0,64
ПӘК, %	64
Номиналды сырғу $S_{\text{НОМ}}, \%$	8,9
Критикалы сырғу $S_{\text{К}}, \%$	50,5
Бастапқы моменттің номиналды моментіне қатынасы, $m_{\text{п}} = M_{\text{п}} / M_{\text{н}}$	2,1
Минималды моменттің номиналды моментіне қатынасы, $m_{\text{м}} = M_{\text{min}} / M_{\text{н}}$	1,5
Максималды моменттің номиналды моментіне қатынасы, $m_{\text{к}} = M_{\text{к}} / M_{\text{н}}$	2,2

Алдымен қозғалтқыштың номиналды тогын анықтаймыз:

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}} \text{Cos}\varphi_{\eta}}, \quad (2.1)$$

$$I_{\text{н}} = \frac{0,18 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,64 \cdot 0,64} = 0,668 \text{ А.}$$

Бұдан әрі базалық кедергіні анықтаймыз:

$$R_{\text{б}} = \frac{U_{\Phi}}{I_{\text{н}}}, \quad (2.2)$$

$$R_{\text{б}} = \frac{220}{0,668} = 329,34 \text{ Ом.}$$

мұндағы  $U_{\Phi}$  – желінің фазалы кернеуі 220 В - қа тең.

Асинхронды қозғалтқыштың активті және индуктивті кедергісімен базалық кедергілерді салыстырмалы бірліктерде көбейту арқылы абсолюттік бірліктерде олардың мәндерін табамыз.

Есептеу формулалар (2.3) және (2.4) көмегімен жүзеге асырылады:

$$R_{\text{н}} = R_{\text{нотн}} R_{\text{б}}, \quad (2.3)$$

$$X_{\text{н}} = X_{\text{нотн}} R_{\text{б}}, \quad (2.4)$$

$$R_1 = R_{1\text{отн}} R_{\text{б}} = 0,18 \cdot 329,34 = 59,28 \text{ Ом,}$$

$$X_1 = X_{1\text{отн}} R_{\text{б}} = 0,09 \cdot 329,34 = 29,64 \text{ Ом,}$$

$$R'_2 = R'_{2\text{отн}} R_{\text{б}} = 0,16 \cdot 329,34 = 52,69 \text{ Ом,}$$

$$X'_2 = X'_{2\text{отн}} R_{\text{б}} = 0,17 \cdot 329,34 = 55,98 \text{ Ом,}$$

$$X'_{\mu} = X'_{\text{мотн}} R_{\sigma} = 1,3 \cdot 329,34 = 428,142 \text{ Ом.}$$

Matlab программалық ортасында ЖТ-АҚ моделін жасау кезінде,  $L_S$ ,  $L_R$  роторының индуктивтерінің мәндері және негізгі индуктивті кедергінің  $L_{\mu}$  мәні қажет болады. Оларды келесі формулалар арқылы анықтаймыз:

$$L = \frac{X}{\omega}. \quad (2.5)$$

Содан соң индуктивтердің шамасын (2.5) формуласы арқылы есептеп шығарамыз:

$$L_S = \frac{X_1}{\omega},$$

$$L_S = \frac{29,61}{157} = 0,188 \text{ Гн,}$$

$$L_R = \frac{X'_2}{\omega},$$

$$L_R = \frac{55,98}{157} = 0,356 \text{ Гн,}$$

$$L_{\mu} = \frac{X_{\mu}}{\omega},$$

$$L_{\mu} = \frac{428,142}{157} = 2,727 \text{ Гн.}$$

Асинхронды қозғалтқыштың айналу схемасы ауыстыру схемасына сәйкес мынадай формула бойынша анықталады:

$$M = \frac{3U_{\phi}^2 R'_2}{\omega_0 s \left[ \left( R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2)^2 \right]}. \quad (2.6)$$

$M = f(s)$  механикалық сипаттамасын есептеу үшін асинхронды қозғалтқыштың моменттен сырғып кету тәуелділігін сипаттайтын Клосс формуласын қолдану қажет. Клосс формуласы асинхронды қозғалтқышы бар электр жетегі қолданылған жағдайларда қолданылады. Бұл формуланы пайдалана отырып, тек асинхронды қозғалтқыштың төлқұжат деректеріне ғана қатысты механикалық сипаттамалардың графигін оңай құрастыруға болады.

Клосс формуласы келесідей болады:

$$M_D = \frac{2M_k(1+as_k)}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s} + 2as_k}. \quad (2.7)$$

Қозғалтқыштың  $M_k$  максималды (критикалы) моментінің шамасы статорға қолданылатын кернеудің квадратына тікелей пропорционал және келесі формула бойынша анықталады:

$$M_k = \frac{3U_\phi^2}{2\omega_0 \left[ R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2} \right]}, \quad (2.8)$$

$$M_k = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 157 \cdot (59,28 + \sqrt{59,28^2 + (29,64 + 55,98)^2})} = 2,83 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Қозғалтқыштың максималды сәтті дамытатын сыни сырғытпасы:

$$s_k = \pm \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}}, \quad (2.9)$$

$$s_k = \pm \frac{52,69}{\sqrt{59,28^2 + (29,64 + 55,98)^2}} = 0,506.$$

$\omega_0$  бұрыштық синхронды жылдамдығы келесі формула бойынша есептеледі:

$$\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30}, \quad (2.10)$$

$$\omega_0 = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад/с},$$

$$a = \frac{R_1}{R'_2}, \quad (2.11)$$

$$a = \frac{59,28}{52,69} = 1,125.$$

Егер формуладағы (2.7) есептелген параметрлерді  $M_k$ ,  $s_k$  және  $a$  ауыстыратын болсақ, электр қозғалтқышының  $M = f(s)$  табиғи механикалық сипаттамасын білеміз:

$$M_D = \frac{8,881}{\frac{s^2 + 0,256}{0,506 \cdot s} + 1,125}$$

Қозғалтқыштың номиналды моментін (2.7) формуласы арқылы табайық, оған номиналды сырғуды енгіземіз:

$$M_H = \frac{8,881}{\frac{0,089^2 + 0,256}{0,506 \cdot 0,089} + 1,125} = 1,271 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Номиналды момент – қозғалтқыш білігіне номиналды қуатта және номиналды революцияда пайда болатын момент.

Есептеуді тексеру үшін номиналды моментті басқа формула бойынша табуға және мәндерді салыстыруға болады:

$$M_{\text{НОМ}} = 9570 \cdot \frac{P_{2\text{НОМ}}}{n_c(1-S_{\text{НОМ}})} \quad (2.12)$$

Сондай - ақ, асинхронды қозғалтқыштың бастапқы іске қосу моментін мынадай формула бойынша табуға болады: сырғу  $s = 1$  болған жағдайда:

$$M_{\Pi} = \frac{2M_k(1+as_k)s_k}{1+s_k^2(1+2a)}, \quad (2.13)$$

$$M_{\Pi} = \frac{2 \cdot 2,83 \cdot (1 + 1,125 \cdot 0,506) \cdot 0,506}{1 + 0,506^2 \cdot (1 + 2 \cdot 1,125)} = 2,56 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Бастапқы моменттің қозғалтқыш білігіне қосылған жүктің статикалық моментінен үлкен екенін ескеру маңызды.

$\omega = f(M)$  табиғи механикалық сипаттамасын есептеу үшін берілген қисық мәндер үшін бұрыштық жылдамдық мәндері келесі формула бойынша есептеледі:

$$\omega = \omega_0 - \omega_0 s. \quad (2.14)$$

Сырғудың  $s$  мәнін 0-ден 1-ге дейін орнату арқылы асинхронды қозғалтқыштың сәйкес бұрыштары және бұрыштық жылдамдық анықталады, содан кейін алынған мәндер 2.2-кестеде жазылады.

2.2 кесте - Жиілік үшін қозғалтқыш моменті және бұрыштық жылдамдық мәні  $f_0 = 50$  Гц

s	0	0,089	0,1	0,2	0,3	0,4	0,506	0,6	0,7	0,8	0,9
M <sub>D</sub>	0	M <sub>H</sub> = 1,271	1,39 1	2,19 2	2,6 08	2,79 2	M <sub>k</sub> = 2,83	2,81 5	2,748	2,66	M <sub>Π</sub> = 2,56



$\omega$	157	143,0 27	141, 3	125, 6	10 9,9	94,2	77,55 8	62,8	47,1	31,4	15,7
----------	-----	-------------	-----------	-----------	-----------	------	------------	------	------	------	------

## 2.2 $f_1 = 40$ Гц жиілігінде механикалық сипаттамаларды есептеу

Басқа жиілікте жұмыс істегенде асинхронды қозғалтқыштың жасанды механикалық сипаттамасын есептеу үшін берілген жиіліктегі ауысу схемасының индуктивті кедергісін қайта есептеу қажет:

$$X = \frac{f_n}{f_c} X_c. \quad (2.15)$$

мұндағы  $X$  – жиіліктің  $f_n$  үшін ауыстыру тізбегінің индуктивті кедергісі;  
 $f_c$  – асинхронды қозғалтқыштың (50 Гц) номиналды жиілігі;  
 $X_c$  – номиналды жиіліктегі индуктивті кедергі (50 Гц).

Келесі формула бойынша (2.15) жиілікте  $f_1 = 40$  Гц үшін асинхронды электр қозғалтқышының индуктивті кедергісін анықтаймыз:

$$X_1 = \frac{40}{50} \cdot 29,64 = 23,712 \text{ Ом},$$

$$X'_2 = \frac{40}{50} \cdot 55,98 = 44,784 \text{ Ом}.$$

Занды сақтау қажет болғандықтан,  $U / f = \text{const}$  желінің кернеуі формулаға сәйкес қайта есептеледі:

$$U_{\phi n} = \frac{f_n}{f_c} U_{\phi}, \quad (2.16)$$

$$U_{\phi n} = \frac{40}{50} \cdot 220 = 176 \text{ В}.$$

Қозғалтқыштың (2.8) формуласына сәйкес максималды (сыни) моментін анықтаймыз:

$$M_k = \frac{3 \cdot 176^2}{2 \cdot 125,6 \cdot (59,28 + \sqrt{59,28^2 + (23,712 + 44,784)^2})} = 2,468 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Критикалы сырғыма  $s_k$  формула бойынша есептеледі (2.9):

$$s_k = \pm \frac{52,69}{\sqrt{59,28^2 + (23,712 + 44,784)^2}} = 0,582.$$

Бұрыштық жылдамдық  $\omega_0$  формула бойынша есептеледі:

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{p}, \quad (2.17)$$

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 40}{2} = 125,6 \text{ рад/с.}$$

Асинхронды қозғалтқышының  $M = f(s)$  жасанды механикалық сипаттамасының формуласында есептелген параметрлерін (2.7) алмастырамыз:

$$M_D = \frac{8,867}{\frac{s^2 + 0,3387}{0,582 \cdot s} + 1,31}.$$

$\omega = f(M)$  жасанды механикалық сипаттамасын құрастыру үшін берілген сырғудың мәндері үшін бұрыштық жылдамдық мәндері формула бойынша есептеледі (2.12).

Сырғудың  $s$  мәнін 0-ден 1-ге дейін орнату арқылы асинхронды қозғалтқыштың тиісті моменттері және бұрыштық жылдамдық шамасы анықталады (2.3-кесте).

2.3 кесте - жиілігі  $f_1 = 40$  Гц үшін қозғалтқыш моменті және бұрыштық жылдамдық мәні

$s$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,58	0,7	0,8	0,9	1
$M_D$	0	1,19	1,789	2,16 9	2,365	2,45	$M_k =$ 2,467	2,448	2,393	2,331	$M_n =$ 2,262
$\omega$	12 5,6	113,04	100,5	87,9	75,36	62,8	52,75	37,68	25,12	12,56	0

### 2.3 $f_2 = 30$ Гц жиілігінде механикалық сипаттамаларды есептеу

Асинхронды қозғалтқыштың индуктивтілік кедергісін анықтаймыз, формула бойынша (2.12) жиілігі  $f_2 = 30$  Гц:

$$X_1 = \frac{30}{50} \cdot 29,64 = 17,784 \text{ Ом,}$$

$$X'_2 = \frac{30}{50} \cdot 55,98 = 33,588 \text{ Ом.}$$

Кернеу формула бойынша қайта есептеледі (2.14):

$$U_{\phi 2} = \frac{30}{50} \cdot 220 = 132 \text{ В.}$$

Қозғалтқыштың (2.8) формуласына сәйкес максималды (сыни) моментін анықтаймыз:

$$M_k = \frac{3 \cdot 132^2}{2 \cdot 94,2 \cdot (59,28 + \sqrt{59,28^2 + (17,784 + 33,588)^2})} = 2,015 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Критикалы сырғыма  $s_k$  формула бойынша есептеледі (2.9):

$$s_k = \pm \frac{52,69}{\sqrt{59,28^2 + (17,784 + 33,588)^2}} = 0,672.$$

Бұрыштық жылдамдық  $\omega_0$  формула бойынша есептеледі:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 30}{2} = 94,2 \text{ рад/с.}$$

Асинхронды қозғалтқышының  $M = f(s)$  жасанды механикалық сипаттамасының формуласында есептелген параметрлерін (2.6) алмастырамыз:

$$M_D = \frac{7,074}{\frac{s^2 + 0,451}{0,672 \cdot s} + 1,512}.$$

$\omega = f(M)$  жасанды механикалық сипаттамасын құру үшін, берілген қисық мәндер үшін бұрыштық жылдамдық мәндерін (2.12) формуласы арқылы есептейміз. Сырғудың  $s$  мәнін 0-ден 1-ге дейін орнату арқылы тиісті моторлық сәттер мен бұрыштық жылдамдық шамасы анықталады (2.4 кесте).

2.4 кесте - жиілігі  $f_2 = 30$  Гц үшін қозғалтқыш моменті және бұрыштық жылдамдық мәні

s	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,67	0,8	0,9	1
$M_D$	0	0,84	1,36 9	1,686	1,868	1,965	2,007	$M_k =$ 2,015	1,997	1,96	$M_n =$ 1,926
$\omega$	94,2	84,7	75,3	65,94	56,52	47,1	37,68	31,086	18,84	9,42	0

**2.4  $f_3 = 20$  Гц жиілігінде механикалық сипаттамаларды есептеу**

Асинхронды қозғалтқыштың индуктивтілік кедергісін анықтаймыз, формула бойынша (2.12) жиілігі  $f_3 = 20$  Гц:

$$X_1 = \frac{20}{50} \cdot 29,64 = 11,856 \text{ Ом},$$

$$X'_2 = \frac{20}{50} \cdot 55,98 = 22,392 \text{ Ом}.$$

Кернеу формула бойынша қайта есептеледі (2.14):

$$U_{\phi 3} = \frac{20}{50} \cdot 220 = 88 \text{ В}.$$

Қозғалтқыштың (2.7) формуласына сәйкес максималды (сыни) моментін анықтаймыз:

$$M_k = \frac{3 \cdot 88^2}{2 \cdot 62,8 \cdot (59,28 + \sqrt{59,28^2 + (11,856 + 22,392)^2})} = 1,448 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Критикалы сырғыма  $s_k$  формула бойынша есептеледі (2.9):

$$s_k = \frac{52,69}{\sqrt{59,28^2 + (11,856 + 22,392)^2}} = 0,77.$$

Бұрыштық жылдамдық  $\omega_0$  формула бойынша есептеледі:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 20}{2} = 62,8 \text{ рад/с}.$$

Асинхронды қозғалтқышының  $M = f(s)$  жасанды механикалық сипаттамасының формуласында есептелген параметрлерін (2.7) алмастырамыз:

$$M_D = \frac{5,403}{\frac{s^2 + 0,5929}{0,77 \cdot s} + 1,7325}.$$

$\omega = f(M)$  жасанды механикалық сипаттамасын құру үшін, берілген қисық мәндер үшін бұрыштық жылдамдық мәндерін (2.12) формуласы арқылы есептейміз. Сырғудың  $s$  мәнін 0 - ден 1 - ге дейін орнату арқылы тиісті моторлық сәттер мен бұрыштық жылдамдық шамасы анықталады (2.5 кесте).

2.5 кесте - жиілігі  $f_3 = 20$  Гц үшін қозғалтқыш моменті және бұрыштық жылдамдық мәні

s	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,769	0,9	1
$M_D$	0	0,565	0,92	1,15	1,293	1,33	1,423	1,444	$M_k = 1,447$	1,438	$M_n = 1,421$
$\omega$	62,8	56,52	50,2	43,9	37,68	31,4	25,12	18,84	14,507	6,28	0

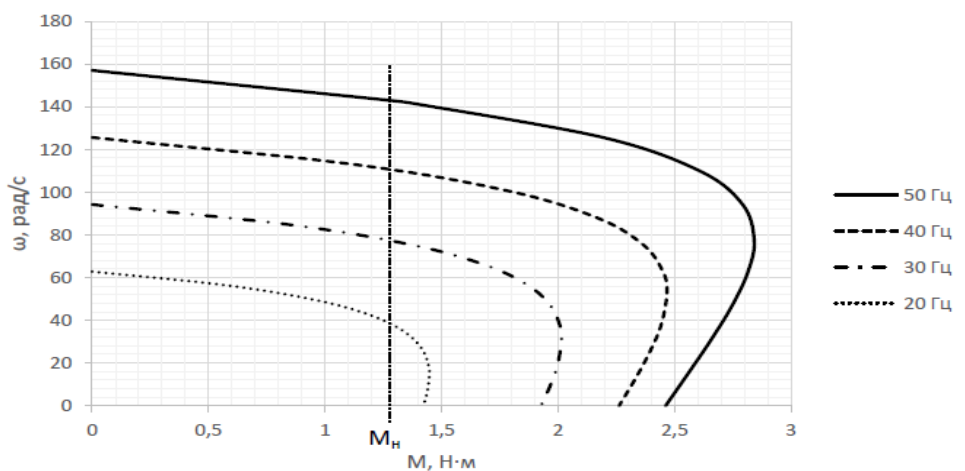
2.2 - суретте келесі жиіліктер үшін  $U / f = \text{const}$  бақылау заңы бойынша жиіліктегі басқарылатын жылдамдықты басқарумен асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары көрсетілген: 50, 40, 30, 20 Гц.

Суретте жиілік пен кернеудің азаюы, бұрыштық жылдамдық пен сын сәттің төмендеуі байқалады, демек, қозғалтқыштың жүктемелік қуатын азайтады.

Бұл құбылыс статордың белсенді кедергілеріне кернеудің төмендеу әсерімен түсіндіріледі. Қазіргі заманғы электр жетектерінде төменгі жылдамдықтардағы бұл кернеудің төмендеуі өтеледі. Ол түзетілуі мүмкін. Әдетте, кернеуді арттыру, заңда талап етілетін кернеудің 5-10% -ын құрайды.

$$U / f = \text{const}.$$

Талап етілетін бастапқы моментін қамтамасыз ету әсіресе IF-AD жүйесінде қажет, өйткені мұнда түрлендіргіштің қалыпты жұмысы үшін рұқсат етілген максималды токты ескеру қажет.



2.2 сурет – АҚ-тың жиіліктік бақылаудағы механикалық сипаттамалары

Бастапқы моментін арттыру үшін, түрлендіргіштің қуатын арттыру қажет, ол мотордың тұрақсыз жұмысына әкеледі. Егер қуатты ұлғайту арқылы қажетті бастапқы мәнді алу мүмкін болмаса, онда жиілік түрлендіргішінің қуаты мен индукциялық қозғалтқыштың күші күшейтілуі керек.

Белсенді статордың кедергісінде кернеудің төмендеуі (ИК өтемі) тұрақты сорғы сәтте маңызды скаляр бақылайтын көптеген түрлендіргіштерде қолданылады. Төмен қозғалтқыштың айналу жылдамдығы мен номиналды жүктеме кезінде статордың белсенді кедергісінің кернеу үлесі соншалықты

жақсы, бұл магнит ағынының қалған кернеуі қажетті жүктеме сыйымдылығын қамтамасыз етпейді. Сондықтан, төмен жиілікті диапазонда  $U1 / f1$  бақылау заңынан бірнеше тікелей сызық сегменттеріне жақындаған жөн. Бұл әдіс тиеу қабілетін төмендетуге мүмкіндік береді. ИК - компенсация әдісі шамамен берілген, нақты механизмнің ерекшеліктерін есепке алмайды. Пайдаланылған кезде кейде көп өтемақы бар, бұл қозғалтқышты іске қосу кезінде үлкен ток ағындарына әкеледі.

Сырғуда қозғалтқыш білігінің бұрыштық жылдамдығы мен кернеуінің бұрыштық жиілігі арасындағы айырмашылық анықталады. Кейде қолмен орнатылған жылдамдықпен механизмнің жұмысын қамтамасыз ету қажет. Бұл міндет тек қуат кернеуінің жиілігін ғана орнатуға болады, ал мотордың бұрыштық жиілігі оның жүктелуімен анықталады.

Беріліс кернеуінің номиналды жиілігінде, сырғанау шамамен 3% құрайды, бұл мән елемеуі мүмкін. Беріліс кернеуінің жиілігі азайған сайын, слип бұл жиілікте кері пропорционалды түрде артады, сондықтан ол скаляр бақыланатын түрлендіргіштерде алдын-ала орнатылған кернеудің кернеуінің жиілігінің артуына негізделген өтпелі өтемақы қолданылады.

Мұндай компенсацияның ең қарапайым және кең таралған тәсілі қан қысымының механикалық сипаттамасының жұмыс бөлігінің сызықты жуықтауына және токтардың өлшенген мәндерінен жүктеме моментін бағалауға негізделген.

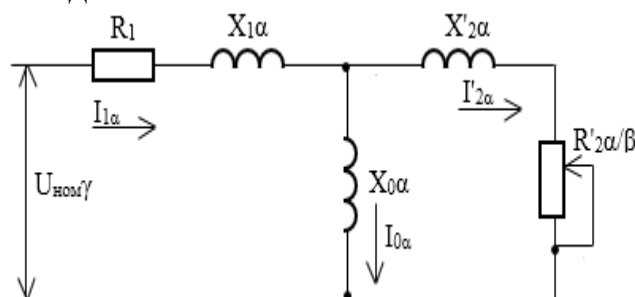
## 2.5 Тиеу жүктемесінің тұрақтылығын сақталғандағы ЖТ - АҚ механикалық сипаттамалары

Асинхронды қозғалтқыштың және тұтастай электржетектің жұмысының сенімділігі мен қысқа мерзімді жүктемелердің қозғалтқыштың тоқтауына әкелмеуін қамтамасыз ету үшін жүктеменің қабілеттілігі болған дұрыс.

Асинхронды қозғалтқыштың шамадан тыс жүктемесі максималды момент  $M_{max}$ -дан номиналды  $M$  қатынасына тең.

Жиілік басқаруымен асинхронды қозғалтқыштың қасиеттерін зерттеу үшін 2.3 суретте көрсетілген Т - пішінді орынбасу схемасын қолдану керек.

Есептеулер үшін негіз ретінде электр жетегі белгілі техникалық әдебиеттерді пайдаланады.



2.3 сурет - Жиілік басқаруымен асинхронды қозғалтқыштың орынбасу сұлбасы

Жиілікті басқаруға арналған үш негізгі параметр бар:

а) статор жиілігінің  $f_1$  номинал жиілігіне  $f_{1н}$  қатынасы ретінде анықталатын статор  $\alpha$  салыстырмалы жиілігі:

$$\alpha = \frac{f_1}{f_{1н}}. \quad (2.18)$$

ә) Абсолютті сырғу  $\Delta\omega$ -ның синхронды жылдамдыққа  $\omega_{1н}$  номиналды жиілігіндегі қатынасы ретінде анықталған абсолютті сырғытпа параметр  $\beta$ :

$$\beta = \frac{\Delta\omega}{\omega_{1н}} = \frac{\omega_1 - \omega}{\omega_{1н}} = \frac{f_2}{f_{1н}}. \quad (2.19)$$

Бұл параметр сырғу мәні орнына қолданылады және келесі формула бойынша анықталады:

$$s = \frac{\Delta\omega}{\omega_1} = \frac{f_2 f_{1н}}{f_1 f_{1н}} = \frac{\beta}{\alpha}. \quad (2.20)$$

б) формула бойынша анықталатын салыстырмалы кернеу:

$$\gamma = \frac{U}{U_H}. \quad (2.21)$$

$U / f = const$  немесе  $\gamma = \alpha$  заңы бойынша жиілік төмендеген кезде қозғалтқыштың максималды моменті азаяды, сондықтан қозғалтқыш сипаттамаларының қатандығы азаяды, қозғалтқыштың шығындары көбейеді.

Егер абсолютті сырғу параметрі  $\beta$  өзгеріссіз қалса, жиілік азайған жағдайда қозғалтқыштың ағымы да төмендейді. Егер жиілік реттелсе, бұл құбылыс статордың тұрақты белсенді қарсыласуымен және басқа балама кедергілердің арасындағы қатынастармен түсіндіріледі.

Басқару заңы бойынша  $\gamma = \alpha$ , ағын келесі формула бойынша анықталады:

$$\dot{\Phi}_\alpha = \frac{U_H}{c_1 f_{1н}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_1}{\alpha Z(\beta)} + j \frac{R_1}{Z(\beta)}}. \quad (2.22)$$

Осы формуланы талдай отырып, тұрақты сырғу мен жиілік азайған кезде ағыны мен қозғалтқыш моменті азаяды деп айтуға болады.

$\gamma$   $\beta$ -ға тәуелсіз болған кезде, қозғалтқыштың максималды моменті келесідей:

$$M_{k\alpha} = \frac{3U_H^2}{2\omega_{1н}} \gamma^2 \frac{1}{R_1 \alpha + \sqrt{(b^2 + c^2 \alpha^2)(d^2 + e^2 \alpha^2)}}. \quad (2.23)$$

Егер максималды сәттерді номиналды және  $M_{k\alpha} = M_{kH}$  жиілігімен теңестіретін болсақ, кернеу реттелетін заңға қол жеткізе аламыз:

$$\gamma = \frac{R_1\alpha + \sqrt{(b^2 + c^2\alpha^2)(d^2 + e^2\alpha^2)}}{R_1 + \sqrt{(b^2 + c^2)(d^2 + e^2)}}. \quad (2.24)$$

Бұл жағдайда

$$\begin{aligned} b &= R_1(1 + \tau_2), \\ c &= X_\mu \cdot \tau, \\ e &= 1 + \tau_1, \end{aligned} \quad (2.25)$$

$$\tau_1 = \frac{X_1}{X_\mu},$$

$$\tau_2 = \frac{X'_2}{X_\mu},$$

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_1\tau_2.$$

мұндағы  $\tau_1$  және  $\tau_2$  - статор мен ротордың шашырау коэффициенттері;  
 $\tau$  – шашыраудың толық коэффициенті;

Келтірілген номиналды жиілікті  $f_0 = 50$  Гц есептеп көрейік.

Формуланы пайдалана отырып, статор  $\alpha$  салыстырмалы жиілігін табайық  
 (2.18):

$$\alpha = \frac{50}{50} = 1.$$

Келесі формула бойынша басқа коэффициенттерді анықтаймыз (2.23):

$$b = 59,28 \cdot (1 + 0,1307) = 67 \text{ Ом},$$

$$c = 1,3 \cdot 329,34 \cdot 0,2087 = 89,35 \text{ Ом},$$

$$d = \frac{0,18}{1,3} = 0,1385,$$

$$e = 1 + 0,069 = 1,069,$$



$$\tau_1 = \frac{0,09}{1,3} = 0,069,$$

$$\tau_2 = \frac{0,17}{1,3} = 0,1307,$$

$$\tau = 0,069 + 0,1307 + 0,069 \cdot 0,1307 = 0,2087.$$

Онда кернеу формула бойынша реттелетін заңды анықтаймыз (2.24):

$$\gamma = \frac{R_1 \alpha + \sqrt{(b^2 + c^2 \alpha^2)(d^2 + e^2 \alpha^2)}}{R_1 + \sqrt{(b^2 + c^2)(d^2 + e^2)}} = 1.$$

Белгіленген жиіліктегі ең үлкен формула (2.25) арқылы анықтаймыз:

$$M_{k\alpha} = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 157} \cdot \frac{1}{59,28 + \sqrt{(67^2 + 89,35^2)(0,1385^2 + 1,069^2)}} = 2,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасын мынадай формула арқылы сипаттауға болады:

$$M_\alpha = 2M_{k\alpha} \frac{1+q(\alpha)\beta_k}{\frac{\beta}{\beta_k} + \frac{\beta_k}{\beta} + 2q(\alpha)\beta_k}. \quad (2.26)$$

мұндағы  $q(\alpha)$  - қозғалтқыш пен жиіліктің параметрлеріне байланысты коэффициент;

$\beta_k$  – критикалы сырғу.

$q(\alpha)$  коэффициентін мына формула арқылы табамыз:

$$q(\alpha) = \frac{R_1 \alpha}{R'_2 (d^2 + e^2 \alpha^2)}. \quad (2.27)$$

Критикалы сырғуды табу қажет:

$$\beta_k = \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}}, \quad (2.28)$$

$$\beta_k = \frac{52,69}{\sqrt{59,28^2 + (29,64 + 55,98)^2}} = 0,5.$$

Содан кейін келесі формулалар бойынша механикалық сипаттаманы құрып, деректерді 2.6 - кестеде жазамыз:

$$M_a(\beta) = \frac{2M_k\alpha}{\frac{\beta}{\beta_k} + \frac{\beta_k}{\beta}} \quad (2.29)$$

$$\omega = \omega_{1H} - \omega_{1H}\beta. \quad (2.30)$$

2.6 кесте - жиілігі  $f_0 = 50$  Гц үшін қозғалтқыш моменті және бұрыштық жылдамдық мәні

$\beta$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,506	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$M_a$	0	1,08	1,944	2,48	2,75	$M_k =$ 2,819	2,77	2,66	2,534	2,394	$M_n =$ 2,256
$\omega$	157	141,3	125,6	109,9	94,2	77,5	62,8	47,1	31,4	15,7	0

$f_1 = 40$  Гц жиілігі үшін есептеуді жасайық.

Формуланы пайдалана отырып, статор  $\alpha$  салыстырмалы жиілігін табайық (2.18):

$$\alpha = \frac{40}{50} = 0,8.$$

Келесі формула бойынша басқа коэффициенттерді анықтаймыз (2.24):

$$b = 59,28 \cdot (1 + 0,104) = 65,44 \text{ Ом},$$

$$c = 1,3 \cdot 329,34 \cdot 0,16,47 = 89,35 \text{ Ом},$$

$$e = 1 + 0,055 = 1,055,$$

$$\tau_1 = \frac{0,072}{1,3} = 0,055,$$

$$\tau_2 = \frac{0,136}{1,3} = 0,104,$$

$$\tau = 0,055 + 0,104 + 0,055 \cdot 0,104 = 0,1647.$$

Онда кернеу формула бойынша реттелетін заңды анықтаймыз (2.23):

$$\gamma = \frac{59,28 \cdot 0,8 + \sqrt{(65,44^2 + 70,5^2 \cdot 0,8^2)(0,1385^2 + 1,055^2 \cdot 0,8^2)}}{59,28 + \sqrt{(65,44^2 + 70,5^2)(0,1385^2 + 1,055^2)}} = 0,771.$$

Берілген жиіліктегі максималды қозғалтқыш моментін формула бойынша (2.23) анықтаңыз және мәндерді 2.7-кестеде жазыңыз:

$$M_{k\alpha} = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 125,6} \cdot 0,771^2 \cdot \frac{1}{0,00824} = 2,832 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Содан кейін келесі формулалар бойынша механикалық сипаттаманы құрастырамыз.

2.7 - кесте жиілігі  $f_1 = 40$  Гц үшін қозғалтқыш моменті және бұрыштық жылдамдық мәні

$\beta$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$M_a$	0	0,945	1,74	2,306	2,64	2,79	$M_k = 2,83$	2,784	2,69	2,58	$M_{II} = 2,462$
$\omega$	125,6	113	100,5	87,9	75,3	62,8	50,24	37,68	25,1	12,5	0

$f_2 = 30$  Гц жиілігі үшін есептеуді жасайық.

Формуланы пайдалана отырып, статор  $\alpha$  салыстырмалы жиілігін табайық (2.18):

$$\alpha = \frac{30}{50} = 0,6.$$

Келесі формула бойынша басқа коэффициенттерді анықтаймыз (2.24):

$$b = 59,28 \cdot (1 + 0,078) = 64 \text{ Ом},$$

$$c = 1,3 \cdot 329,34 \cdot 0,123 = 52,66 \text{ Ом},$$

$$e = 1 + 0,0415 = 1,0415,$$

$$\tau_1 = \frac{0,054}{1,3} = 0,0415,$$

$$\tau_2 = \frac{0,102}{1,3} = 0,078,$$

$$\tau = 0,0415 + 0,078 + 0,0415 \cdot 0,078 = 0,123.$$

Онда кернеу формула бойынша реттелетін заңды анықтаймыз (2.23):

$$\gamma = \frac{59,28 \cdot 0,6 + \sqrt{(64^2 + 52,66^2 \cdot 0,6^2)(0,1385^2 + 1,0415^2 \cdot 0,6^2)}}{59,28 + \sqrt{(64^2 + 52,66^2)(0,1385^2 + 1,0415^2)}} = 0,547.$$

Берілген жиіліктегі максималды қозғалтқыш моментін формула бойынша (2.23) анықтаңыз және мәндерді 2.7-кестеде жазыңыз:

$$M_{k\alpha} = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 94,2} \cdot 0,547^2 \cdot \frac{1}{0,0123} = 2,838 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Содан кейін келесі формулалар бойынша механикалық сипаттаманы құрастырамыз.

2.8 кесте - жиілігі  $f_2 = 30$  Гц үшін қозғалтқыш моменті және бұрыштық жылдамдық мәні

$\beta$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,67	0,8	0,9	1
$M_a$	0	0,82	1,55	2,11	2,49	2,71	2,819	$M_k = 2,838$	2,795	2,721	$M_{II} = 2,627$
$\omega$	94,2	84,7	75,3	65,9	56,5	47,1	37,68	31,086	18,84	9,42	0

$f_3 = 20$  Гц жиілігі үшін есептеуді жасайық.

Формуланы пайдалана отырып, статор  $\alpha$  салыстырмалы жиілігін табайық (2.18):

$$\alpha = \frac{20}{50} = 0,4.$$

Келесі формула бойынша басқа коэффициенттерді анықтаймыз (2.24):

$$b = 59,28 \cdot (1 + 0,052) = 62,36 \text{ Ом},$$

$$c = 1,3 \cdot 329,34 \cdot 0,081 = 34,68 \text{ Ом},$$

$$e = 1 + 0,0277 = 1,0277,$$

$$\tau_1 = \frac{0,036}{1,3} = 0,0277,$$

$$\tau_2 = \frac{0,068}{1,3} = 0,052,$$

$$\tau = 0,0277 + 0,052 + 0,0277 \cdot 0,052 = 0,081.$$

Онда кернеу формула бойынша реттелетін заңды анықтаймыз (2.23):

$$\gamma = \frac{59,28 \cdot 0,4 + \sqrt{(62,36^2 + 34,68^2 \cdot 0,4^2)(0,1385^2 + 1,0277^2 \cdot 0,4^2)}}{59,28 + \sqrt{(62,36^2 + 34,68^2)(0,1385^2 + 1,0277^2)}} = 0,355.$$

Берілген жиіліктегі максималды қозғалтқыш моментін формула бойынша (2.20) анықтаңыз және мәндерді 2.7-кестеде жазыңыз:

$$M_{k\alpha} = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 62,8} \cdot 0,386^2 \cdot \frac{1}{0,0164} = 2,833 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Содан кейін келесі формулалар бойынша механикалық сипаттаманы құрастырамыз.

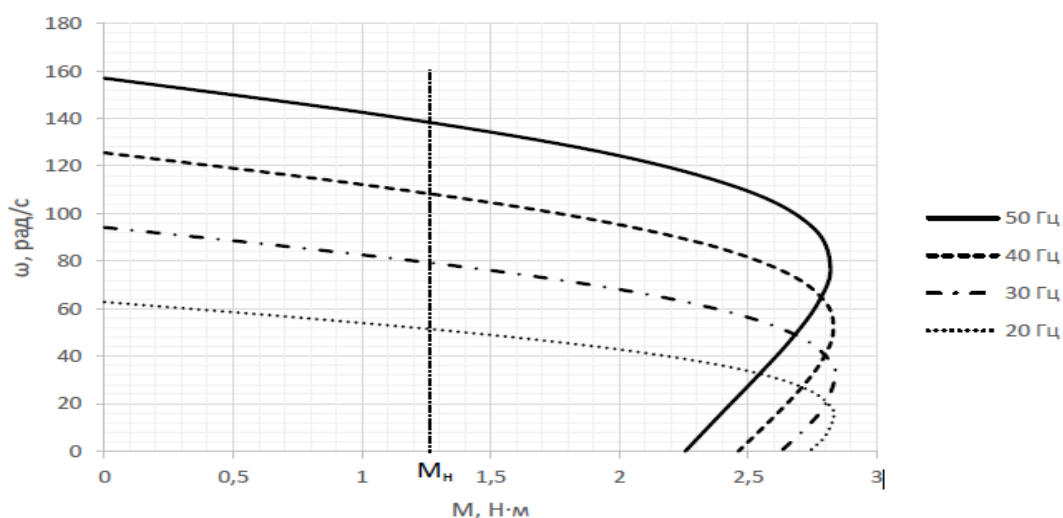
2.9 кесте - жиілігі  $f_3 = 20$  Гц үшін қозғалтқыш моменті және бұрыштық жылдамдық мәні

$\beta$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,769	0,9	1
$M_\alpha$	0	0,723	1,378	1,916	2,317	2,588	2,747	2,82	$M_k =$ 2,833	2,79 8	$M_\Pi =$ 2,738
$\omega$	62,8	56,52	50,24	43,96	37,68	31,4	25,12	18,84	14,50 7	6,28	0

50, 40, 30 және 20 жиіліктеріне арналған алынған сипаттамалар 2.4 суретте көрсетілген.

2.4-суретте көрсетілгендей, бүкіл бақылау ауқымында жеткілікті жүктеме сыйымдылығын қамтамасыз ету үшін төменгі жиілікте кернеуді азайту керек, жиілік азаяды.

Бұл жағдайда жиіліктің барлық ауқымында бірдей максималды (ең маңызды) момент байқалады.



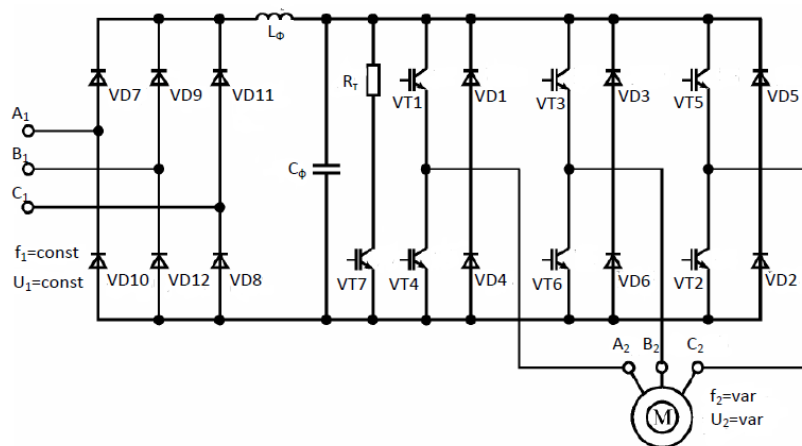
2.4 сурет - Тұрақты жүктемесі бар ЖТ -АҚ механикалық сипаттамалары

### 3. Жиілік түрлендіргіштің күштік схемасының параметрлері мен элементтерін есептеу

#### 3.1 Өткізгіш пен түзеткіштің күштік элементтерін есептеу және таңдау

3.1 суретте роторлы асинхронды қозғалтқышты беру үшін екі қосылымдық жиілік түрлендіргіші (ЕЖТ) көрсетілген. Бұл жиілікті түрлендіргіш тежеу режимінде пайдаланылатын бақыланбайтын түзеткіштен (БТ), автономды кернеу түрлендіргішін (АКТ), тегістеу сүзгіден (ТС) және тежеуіш резистордан (ТР) тұрады.

Бақыланбайтын түзеткіштің жұмысы VD7-VD12 диодтарына негізделген, VT1-VT6 транзисторларындағы автономды кернеу түрлендіргіші VD1-VD6 диодтары арқылы ауысады. Диодтар транзисторлар өшірілгенде ағымның өтуі үшін қажет, олар асинхронды қозғалтқыштың тежеу режимінде кері ретке келтіруге арналған.  $L_{\phi}S_{\phi}$  сүзгісі түзеткіш кезінде кернеуді түзету үшін қажет. ШИМ пайдалану есебінен, ЖТ шығуындағы кернеу бақыланады және оның пішіні синусоидалыға жақындайды. Фазалық индуктивтердің рөлі қозғалтқыштың фазалық шашырау индуктивтілігіне байланысты жүзеге асырылады.



3.1 сурет - ШИМ - мен екі транзисторлық жиіліктегі түрлендіргіш

Егер конденсатордағы кернеудің белгілі бір шамасы асып кетсе, транзистор VT7 қосылып, электр машинасынан берілетін энергия тежеуіш резисторда таратылады.

Бұл схема сирек кездесетін тежеуішпен жүретін электржетектерде қолданылады, бұл байланыстырушы ленталы конвейердің электр жетегіне жатады.

Алдымен, келесі формула бойынша АЖЖ-нің электрмен жабдықтау кернеуін есептеу қажет:

$$U_{и} = \frac{2\sqrt{2} U_{н}}{\sqrt{3} \mu_{max}} \quad (3.1)$$

мұндағы  $U_H$  - қозғалтқыш статорындағы кернеудің номиналды мәні;  
 $\mu_{max}$  - модуляция факторының ең жоғарғы рұқсат етілген мәні.

Мінсіз АИН үшін,  $\mu_{max} = 1$ . Көп жағдайларда,  $\mu_{max} < 1$ , тасымалдаушы жиілігінің бір бөлігінің коммутациялануына байланысты. Қазіргі заманғы IGBT транзисторларын пайдаланған кезде, тасымалдаушы жиілігі 16 кГц-ке жетеді, ал  $\mu_{max}$  бірлікке ұмтылады. IGBT транзисторы оқшауланған қақпасы бар үш электродты биполярлы транзистор болып табылады.

Модуляция коэффициенті - шығыс кернеуінің ең үлкен импульстік ұзақтығы интеркоммуникация аралығына қатынасы және оның максималды мәні мына формула бойынша есептеледі:

$$\mu_{max} = 1 - 4f_k t_B. \quad (3.2)$$

мұндағы  $t_B$  – транзистордың өшу уақыты.

Онда  $f_k = 2$  кГц кезінде максимум модуляция коэффициенті (3.2) формула бойынша есептеледі:

$$\mu_{max} = 1 - 4 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} = 0,992.$$

Осылайша, АЖЖ-ны ПВМ-мен электрмен қамтамасыз ету кернеуі (3.1) формула бойынша беріледі :

$$U_H = \frac{2\sqrt{2} \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 0,992} = 625,5 \text{ В.}$$

Әрі қарай, транзистор арқылы токтың орташа мәні және кері ток диодтары есептеледі. Тасымалдаушы жиіліктің қатынасының жоғары көпшілігінде және транзистор арқылы орташа токты есептеу үшін келесі формула қолданылады:

$$I_{VT} = \frac{I_{st}}{2\pi} \left( 1 + \frac{\pi\mu}{4} \cos\varphi_s \right), \quad (3.3)$$

мұндағы  $I_{st}$  – қозғалтқыштың статор тогының амплитудалық мәні;  
 $\varphi_s$  – бастапқы ток гармоникасы мен фазаның арасындағы, түрлендіргіштің шығыс кернеуінің ауысу бұрышы;  
 $I_{VT}$  – транзистор арқылы токтың орташа мәні.

Есептеу үшін біз асинхронды қозғалтқыштың паспортының деректерін қысқа тұйықталу роторымен 4AA56B4У3 пайдаланамыз (3.1-кесте).

3.1 кесте - Асинхронды қозғалтқыштың 4АА56В4У3 паспортының деректері

Қуаты $P_H$ , кВт	380 В кезіндегі номиналды ток $I_H$ , А	Номиналды айналу жылдамдығы $n_H$ , айн/мин	Қуаттың коэффициенті $\cos\varphi$
0,18	0,427	1500	0,64

Статор тоқының амплитудалық мәні келесі формула бойынша есептеледі:

$$I_{st} = \frac{P_H \sqrt{2}}{\sqrt{3} U_H \cos\varphi}, \quad (3.4)$$

$$I_{st} = \frac{0,18 \cdot 10^3 \sqrt{2}}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,64} = 0,604 \text{ А.}$$

Бұдан әрі транзистор арқылы токтың орташа мәні (3.3) формула бойынша есептеледі:

$$I_{VT} = \frac{0,604}{2 \cdot 3,14} \left( 1 + \frac{3,14 \cdot 0,992}{4} \cdot 0,64 \right) = 0,144 \text{ А.}$$

Кері токтың диодтары арқылы токтың орташа мәні мынадай формула бойынша анықталады:

$$I_{VD} = \frac{I_s}{2\pi} \left( 1 + \frac{\pi\mu}{4} \cos\varphi_s \right), \quad (3.5)$$

$$I_{VD} = \frac{0,604}{2 \cdot 3,14} \left( 1 + \frac{3,14 \cdot 0,992}{4} \cdot 0,64 \right) = 0,048 \text{ А.}$$

АИН транзисторлары мен диодтарды таңдау кернеулерге байланысты. Бұл кернеу  $\Delta U_c$  конденсаторының рұқсат етілген асқын кернеуі негізінде таңдалады.

Кіру кезінде кернеудің есептік мәні:  $\Delta U_c = 100 \text{ В}$ ,  $U_H = 625,5 \text{ В}$ ,  $U_{VT} = 625,5 \text{ В}$ . АИН-ні бір жақты қоректендіру көзінен (түзеткіштен)  $> \pi / 6$ -да азықтағанда, токтың қуат көзіне бағытталған кезде энергияны қабылдайтын АИН-дің кірісіне өтемақы конденсаторды орнату қажеттілігі пайда болады.

Сүзгі конденсаторының сыйымдылығы келесідей анықталады:

$$C_\phi = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\mu I_s}{f_k \Delta U_c} \sin^2 \frac{\varphi_{s1} - \frac{\pi}{6}}{2}, \quad (3.6)$$



$$C_{\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{0,992 \cdot 0,604}{2 \cdot 10^3 \cdot 100} \sin^2 \frac{50,2 - 30}{2} = 0,07965 \text{ мкФ.}$$

Сонымен қатар, тежеуіш резистор мына формула бойынша есептеледі:

$$R_T = \frac{U_{и}}{I_{иmax}}. \quad (3.7)$$

мұндағы  $I_{иmax}$  – АИН - дан түзеткішке дейін тежеу кезінде бағытталған тікелей токтың максималды мәні.

Тұрақты токтың максималды мәні мына формула бойынша анықталады:

$$I_{иmax} = \frac{3}{4} \mu I_s \cos \varphi_{s1}, \quad (3.8)$$

$$I_{иmax} = \frac{3}{4} 0,992 \cdot 0,604 \cdot 0,64 = 0,287 \text{ А.}$$

Енді (3.7) формула бойынша тежеу кедергісін есептеуге болады:

$$R_T = \frac{625,5}{0,287} = 2179 \text{ Ом.}$$

Бақыланбайтын түзеткіштің диодтарын таңдау ең жоғары кері кернеуді салқындату және шамасын ескере отырып, диодтың орташа мәні бойынша жүргізіледі:

$$I_{dcp} = K_I \frac{I_d}{k_0 m}, \quad (3.9)$$

$$I_{dcp} = 2 \cdot \frac{1,281}{0,3 \cdot 3} = 2,846 \text{ А.}$$

мұндағы  $K_I$  - ағымдағы қауіпсіздік коэффициенті 2 - 2,5 ауқымында;

$$I_d = 3 \cdot I_H = 3 \cdot 0,427 = 1,281 \text{ А;}$$

$m = 3$  - трансформатордың шығыс орамасының фазаларының саны;

$k_0$  - тиристордың салқындату қарқындылығын ескеретін коэффициент;  $k_0 = 1$  міндетті түрде және  $k_0 = 0,3 \div 0,35$  стандартты радиатормен табиғи ауаны салқындату.

Ең үлкен кері кернеудің мәні:

$$U_{bmax} = k_z k_{01} U_{d0}, \quad (3.10)$$

$$U_{bmax} = 1,5 \cdot 1,065 \cdot 515 = 823 \text{ В.}$$

мұндағы  $k_z$  – ауысу кернеуін және желіде кернеудің ықтимал жоғарылауын ескере отыратын қауіпсіздік коэффициенті  $k_z = 1,5 \div 1,8$ ;

$k_{01}$  – сызбаның түріне байланысты кері байланыс кернеу коэффициенті,  $k_{01} = 1,065$ ;

$$U_{d0} - \alpha = 0 \text{ үшін түзеткіштің кернеуі, } U_{d0} = 2.34 \cdot U_{\phi} = 515 \text{ В.}$$

Біз 2Д220И диодты тиісті параметрлермен таңдаймыз (класс 10 - 1000 В, шектеу ток - 3 А).

### 3.2 Жиілікті түрлендіргішті таңдау

2 және 3 - тарауларда орындалған есептеулерге сүйене отырып, Micromaster 420 Siemens жиілік түрлендіргіші қазіргі уақытта Simatic автоматтандыру жүйесіне ең жақсы түрде енгізілген каталогтан таңдап алынды.

Дискілік технологияны ТІА (Толық Интеграцияланған автоматтандыру) бағдарламасына енгізу арқылы дизайндағы ыңғайлылық, коммуникациядағы сенімділік және автоматтандырылған басқару жүйелерінің бірыңғай жиынтығына (автоматтандырылған технологиялық бақылау құралдары) қосылу қарастырылған.

Micromaster 420 түрлендіргішінде жоғары жиілікті модуляция (PWM) әдісі пайдаланылады. Түрлендіргіштің функционалдық диаграммасы 3.2-суретте көрсетілген.

3.2-кестеде жиілікті түрлендіргіштің техникалық сипаттамалары көрсетілген.

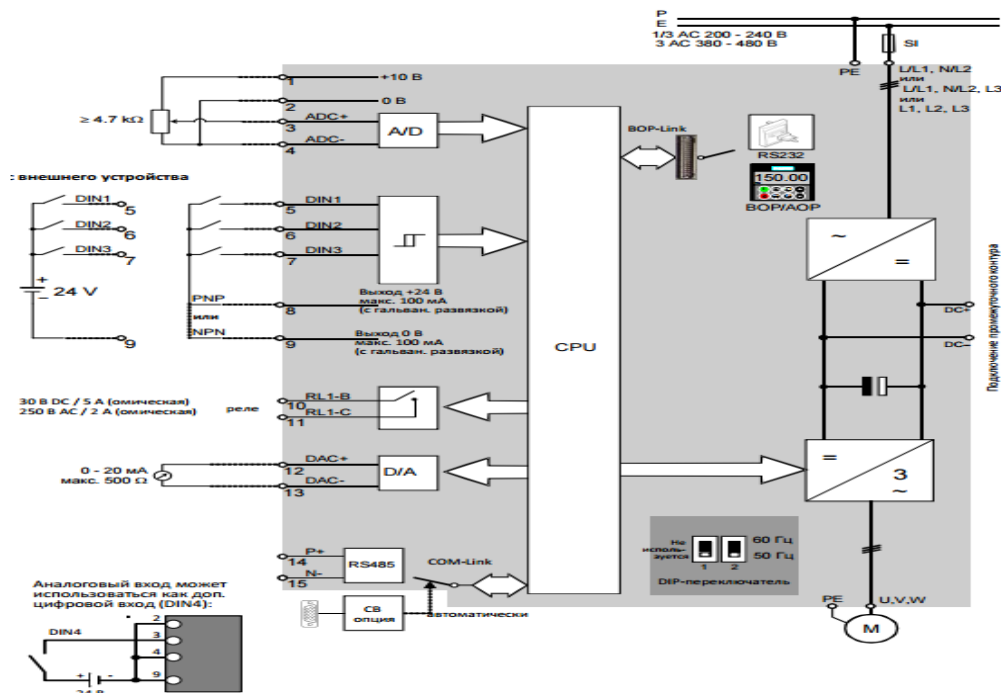
Micromaster жиілік түрлендіргіштері төменгі вольтты айнымалы ток қозғалтқыштарының жылдамдығын, тұрақты немесе квадраттық жүктеме кезіндегі айналу жылдамдығын реттеу үшін пайдаланылады.

Micromaster 420 - бұл параметрлердің ыңғайлы құрылымы, қарапайым орнату және іске қосу, сондай-ақ автоматтандыру жүйелеріне оңай интеграциялау арқылы басқасынан ерекшеленетін жиіліктегі түрлендіргіш.

3.2 кесте - Micromaster 420 жиіліктегі түрлендіргіштің ерекшеліктері

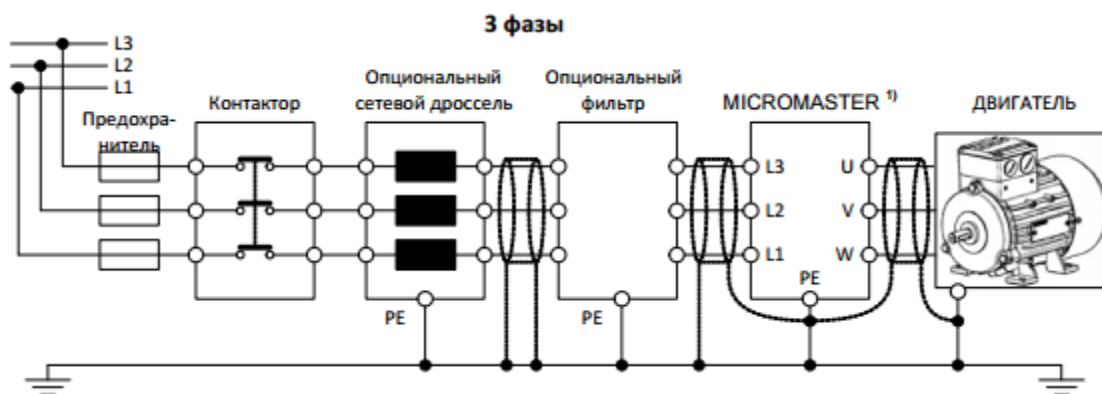
Параметр	Техникалық сипаттамалары
Қуаттың диапазоны	250 Вт, 230 В 3 АС
Кернеу диапазоны	208-240 В +/-10%
Кіріс жиілігі	47-63 Гц
Қуат коэффициенті Қосу тогы	$\cos\varphi > 0,7$ Номиналдан артық емес
ПӘК	97%
Жұмыстық температура	-10... +50°C
Сақтау температурсы	-40... +70°C
Рұқсат етілген ауа ылғалдылығы	95% (конденсациясыз)

Қорғау дәрежесі Шығыс жиілігі	IP20 0-650 Гц
Шығу жиілігінің ажыратымдылығы Тиеу қабілеті	0,01 Гц 60 с ішінде номиналды токтан 150%
Реттеу әдісі Сандық кірулер	Вольт-жиілік; сызықтық ( $U / f$ ); шаршы ( $U / f^2$ ); тікелей FCC ағынын бақылау; 3 (18 функция)
Аналогтық кіріс	0-10 V / PI контроллері, 10 ВІТ ажыратымдылығы сандық кіріс ретінде пайдаланылуы мүмкін
Аналогтық шығыс	0,4 - 20 мА, 500 Ом максималды жүктеме, рұқсат 10 Бит
Релелік шығыс	30 В DC 5А, 250 В айнымалы ток 2А, параметрі бар
Интерфейс	RS 485
Тежеу әдісі	1. Генераторлы 2. Динамикалы 3. Аралас
Жылдам ток шегі Қорғау функциялары бойынша:	Параметр жиынтығына кіреді 1. Төмен кернеу; 2. Асқын кернеу; 3. артық жүктеме; 4. Жерге орналастыру; 5. қысқа тұйықталу; 6. қозғалтқышты бұғаттау; 7. қозғалтқыштың қызып кетуі; 8. түрлендіргішті қызып кету
Регулятор	Енгізілген ПИ регуляторы, ПИ регуляторы үшін кіріктірілген қуат көзі



3.2 сурет - Micromaster 420 блоктық схемасы

Жиілік түрлендіргішінің және электр қозғалтқышының үш фазаға қосылуы электрлік схемасы 3.3 - суретте көрсетілген.



3.3 сурет - Micromaster 420 және электр қозғалтқыштың желіге қосылу схемасы

Жиілікте басқарылатын электр жетегі үшін ең оңтайлы жұмыс режимдерін орнату процедурасы өте қиын және барлық процестер мен жабдықтарды кеңінен білуді талап етеді, Micromaster Eco сериялы инверторлар арнайы таңдалған негізгі параметрлері бар қосымша жабдықпен жабдықталады, олардың реттелуі қарапайым бағдарламаларды жылдам іске асыруға мүмкіндік береді.

Жоғарыда келтірілген бақылау әдісі жиіліктер түрлендіргішінің параметрлерін жылдам өзгерту үшін және жұмыс кезінде ыңғайлы. Тиристорлық түрлендіргіштерді (АСУ ТП) автоматтандырылған басқару жүйелерінің бөлігі ретінде жиіліктегі басқарылатын электржетекті пайдалану үшін, түрлендіргіш дискретті және аналогтық кірулер мен шығуды және дәйекті интерфейстерді қоса алғанда, деректерді енгізу-шығару жүйесі сияқты басқару жүйесінің басқа элементтерімен біріктіріледі.

Мұндай түрлендіргіш бірқатар басқа қасиеттерге және функцияларға ие, мысалы:

- түрлендіргішті асинхронды және синхронды қозғалтқыштармен жұмыс істеу үшін пайдалануға мүмкіндік беретін U/f нүктелік сипаттамасы;
- Кеңейтілген режимде 16 қондырғы және 100-ден астам сарапшы;
- жоғары тиімді динамикалық тежеу және аралас тежеу;
- үнсіз жұмыс үшін автоматты модуляция жиілігін таңдау;
- пайдаланылған электр энергиясын өлшеу үшін электр энергиясының есептегіші;
- модульдік құрылыс.

Бұл кластың көптеген түрлендіргіштері қарапайым орналастыру тапсырмаларында пайдаланылады. Бұл жағдайда жиілік түрлендіргіші сенсорлардың жұмыс механизміне біріктірілген сигналдармен басқарылады. Micromaster 420 арқасында белгілі бір дәлдік класы үшін әдеттен тыс орналасу мәселесін және жылдамдықтың нақтылығын шешеді.

### 3.3 SIMATIC S7-200 арқылы электржетекпен микроконтроллерді басқару

Micromaster 420 (UZ) жиілік түрлендіргіші электр қозғалтқышы бар күштік кабель және іске қосу схемасы арқылы қосылған (KM атқарушы элемент, SB1 SB2 батырмалары, QF автоматы) (Сурет 3.4).

Жабдықтың нақты жұмысын бағдарламалау үшін, келесі әрекеттерді орындау керек:

а) QF-ды қосыңыз және түрлендіргішке кернеуді қолдану үшін SB1 түймесін басыңыз;

ә) дербес компьютерде SIMOVIS бағдарламасын қолданып, TSS протоколында жұмыс істеу үшін түрлендіргішті параметрлендіру;

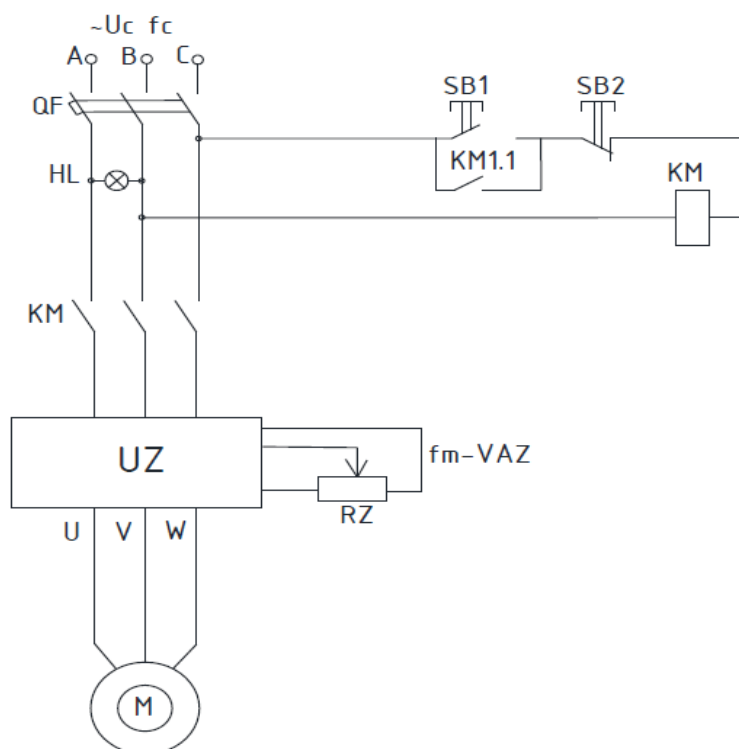
б) микроконтроллермен жұмыс істеу үшін Micro / Win32 бағдарламасын іске қосыңыз;

в) жаңа жобаны құру және LAD редакторы көмегімен USS протоколының командалары қосылатын көрсетілген алгоритмге сәйкес электр жетектерін басқару бағдарламасын жасаңыз;

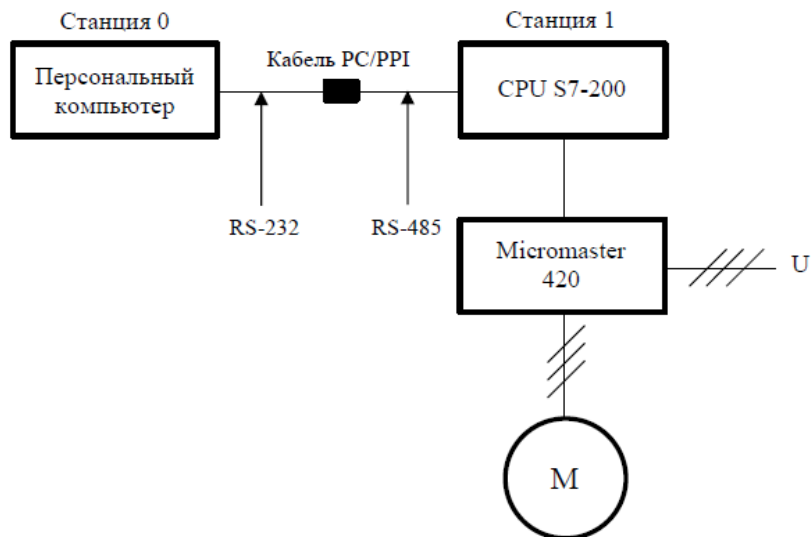
г) жасалған бағдарламаны микроконтроллерге жүктеп алыңыз;

ғ) бағдарламаны бастаңыз және электр жетегінің дұрыс жұмысын тексеріңіз.

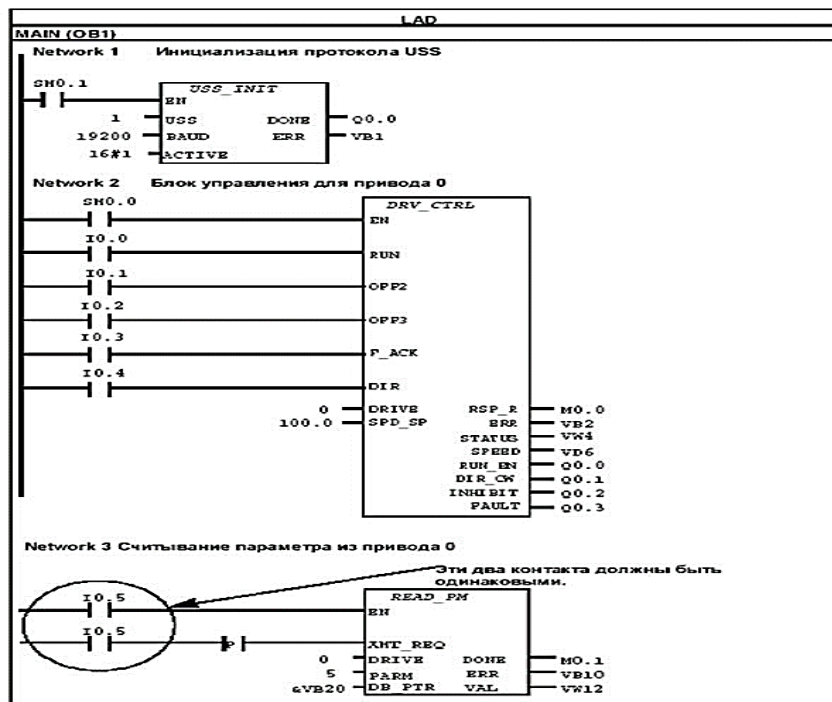
PC / PPI байланыс кабелі конвертерге және дербес компьютерге қосылған (3.5-сурет).



3.4 сурет - Жиілік түрлендіргіштің схемасы, қозғалтқыш және іске қосу схемалары



3.5 сурет - Микроконтроллердің қосылу диаграммасы



3.6 сурет - Бағдарлама енгізу үлгісі

#### 4. Жиілік басқарылатын электр жетегінің динамикасын есептеу

##### 4.1 ЖТ - АҚ жүйесінің элементтерін математикалық сипаттау

Күштік схеманың диаграммасы 4.1-суретте көрсетілген ЖТ - АҚ математикалық моделін құрастырғанда, жеке элементтер таңдалатын құрылымдық модельдеу әдісі қолданылады.

Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың моделі үшін скалярлық теңдеудің келесі жүйесін жазуға болады:

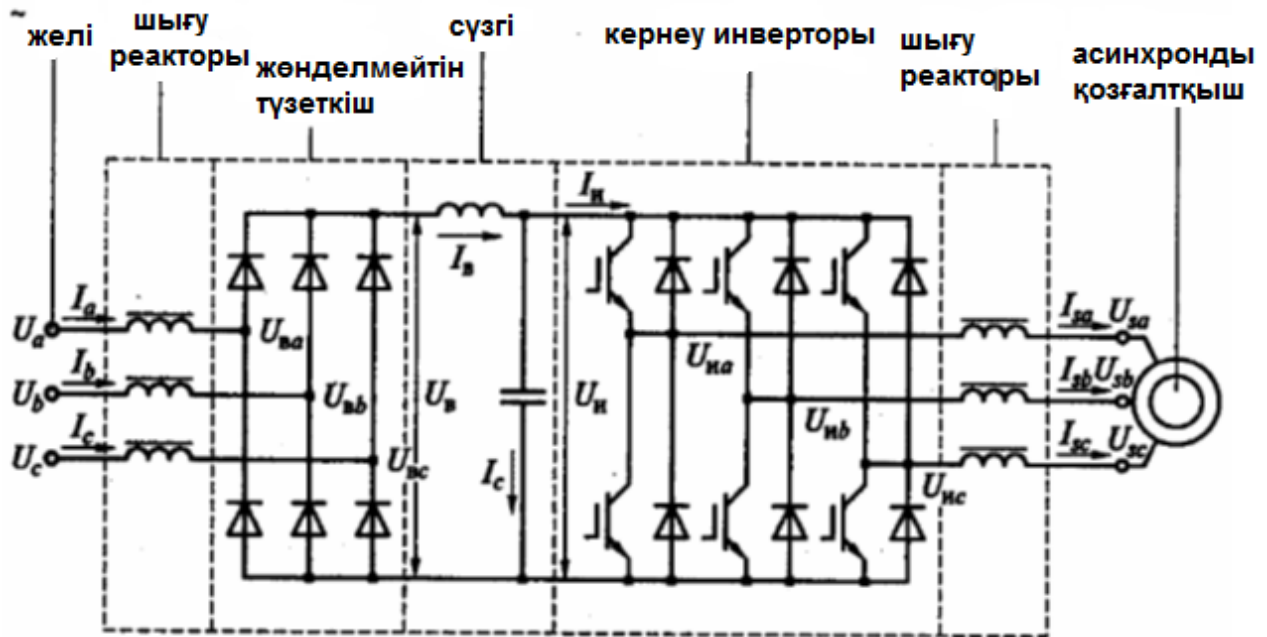
$$\begin{aligned}u_{1u} &= p\Psi_{1u} - \omega_k\Psi_{1v} + R_1i_{1u}, \\u_{1v} &= p\Psi_{1v} - \omega_k\Psi_{1u} + R_1i_{1v}, \\0 &= p\Psi_{2u} - (\omega_k - \omega_\Delta)\Psi_{2v} + R_2i_{2u}, \\0 &= p\Psi_{2v} + (\omega_k - \omega_\Delta)\Psi_{2u} + R_2i_{2v}, \\ \Psi_{1u} &= \Psi_{0u} + L_{1\sigma}i_{1u}, \\ \Psi_{1v} &= \Psi_{0v} + L_{1\sigma}i_{1v}, \\ \Psi_{2u} &= \Psi_{0u} + L_{2\sigma}i_{2u}, \\ \Psi_{2v} &= \Psi_{0v} + L_{2\sigma}i_{2v}, \\ \Psi_{0u} &= L_0i_{0u}, \\ \Psi_{0v} &= L_0i_{0v}, \\ i_{0u} &= i_{1u} + i_{2u}, \\ i_{0v} &= i_{1v} + i_{2v}, \\ M &= \frac{3}{2}p_n(\Psi_{0u}i_{1v} - \Psi_{0v}i_{1u}), \\ p\omega_\Delta &= p_nJ^{-1}(M - M_c),\end{aligned}\tag{4.1}$$

мұндағы  $u_{1u}, u_{1v}, i_{1u}, i_{1v}, \Psi_{1u}, \Psi_{1v}$  – статор орамасының өзгерген кернеулері, токтар мен толық ағындары;

$i_{2u}, i_{2v}, \Psi_{2u}, \Psi_{2v}$  – түрлендірілген токтар және роторлы орамның толық ағындық байланыстары;

$i_{0u}, i_{0v}, \Psi_{0u}, \Psi_{0v}$  – магниттелетін токтар мен негізгі ағындардың байланыстары.

АЖ моделіндегі машинаның магниттік тізбегінің қанықтылығы магнитизация тогына байланысты  $L_0$  айнымалы коэффициентімен ескеріледі және  $L_0 = L_0(i_0)$  деп анықталады, мұндағы  $i_0$  - магнитизация токтарының пайда болған векторының модулі,  $i_0 = (i_{0u}^2 + i_{0v}^2)^{1/2}$ . Магниттік тізбекті қарастырғанда,  $L_0$  коэффициенті тұрақты.



4.1 сурет - ЖТ - АҚ жүйесінің күштік схемасы

ШИМ бар АИН - кешенді сызықты емес дискретті құрылғы. АИН-тің тасымалдаушы жиілігі 2-ден 16 кГц диапазонында, сондықтан АИН-дің математикалық моделін құрастыру үшін, тасымалдағыш жиілігінің кезеңінде айнымалылардың лездік мәндерін орташалау арқылы пайдалы сигналдарды шығару әдісі қолданылады.

Бұл жағдайда кернеу түрлендіргіш келесі теңдеулермен сипатталады:

$$f_u = \frac{1}{2U_0} u_u^*$$

$$f_v = \frac{1}{2U_0} u_v^*$$

$$u_{uu} = u_u f_u, \tag{4.2}$$

$$u_{uv} = u_v f_v,$$



$$i_{и} = \frac{3}{2}(i_{1u}f_u + i_{1v}f_v),$$

Мұндағы  $u_u^*$ ,  $u_v^*$  – өзгертілген қозғалыс әсерлері;  
 $f_u$ ,  $f_v$  – орташаланған коммутация функциялары;  
 $U_0$  – тірек сигналының амплитудасы;  
 $u_{и}$  – түрлендіргіштің қуат көзінің кернеуі;  
 $i_{и}$  – орташа инверторлық ток қуаты;  
 $u_{иu}$ ,  $u_{иv}$  – орташа шығыс кернеуі;  
 $i_{1u}$ ,  $i_{1v}$  – түрлендіргіштің орташа шығу тогы.

Шығару реакторлары келесі теңдеулермен анықталады:

$$pi_{1u} = L_{p.в.ы.х}^{-1}(u_{иu} + \omega_k L_{p.в.ы.х} i_{1v} - R_{p.в.ы.х} i_{1u} - u_{1u}), \quad (4.3)$$

$$pi_{1v} = L_{p.в.ы.х}^{-1}(u_{иv} + \omega_k L_{p.в.ы.х} i_{1u} - R_{p.в.ы.х} i_{1v} - u_{1v}),$$

мұндағы  $L_{p.в.ы.х}$ ,  $R_{p.в.ы.х}$  – шығу реактордың белсенді кедергісі мен индуктивтілігі.

Бақыланбайтын түзеткіштің негізгі ерекшеліктерін анықтау үшін түзеткіштің коммутация функциясының іргелі гармоникасын көрсететін математикалық модельді пайдаланамыз.

Кіріс реакторы бар бақыланбайтын түзеткіштің математикалық моделі келесі теңдеулер жүйесі арқылы берілген:

$$u_u = u_{вu} + L_{p.в.х} pi_u - \omega_k L_{p.в.х} i_v + R_{p.в.х} i_u,$$

$$u_v = u_{вv} + L_{p.в.х} pi_v - \omega_k L_{p.в.х} i_u + R_{p.в.х} i_v,$$

$$f_{вu} = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \cos(\theta_i - \theta_k),$$

$$f_{вv} = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \sin(\theta_i - \theta_k), \quad (4.4)$$

$$u_{в} = \frac{3}{2}(u_{вu}f_{вu} + u_{вv}f_{вv}),$$

$$i_u = i_{в}f_{вu},$$

$$i_v = i_B f_{BV},$$

$$\omega_k = p\theta_k,$$

мұндағы  $u_u, u_v, i_u, i_v$  – кернеулер мен желі ағымдарының өзгерген негізгі гармоникасы;

$u_{BU}, u_{BV}$  – бақыланбайтын түзеткіштің қуат енгізу кезінде кернеулердің өзгерген негізгі гармоникасы;

$f_{BU}, f_{BV}$  – бақыланбайтын түзеткіштің коммутация функцияларының негізгі гармоникасы;

$\theta_i$  – түзеткіштің коммутация функциясының жалпыланған векторының айналу бұрышы;

$\theta_k$  – координат жүйесінің айналу бұрышы;

$u_B, i_B$  – түзеткіштің шығуындағы кернеу мен ток;

$L_{p.BX}, R_{p.BX}$  – кіріс реакторының активті және индуктивті кедергісі.

Бақыланбайтын түзеткіштің шығуындағы LC-сүзгінің моделі форманың сызықтық теңдеулері арқылы анықталады:

$$pi_B = L_{p.\phi}^{-1}(u_B - R_{p.\phi}i_B - u_u),$$

$$pu_u = C_{\phi}^{-1}i_c, \quad (4.5)$$

$$i_c = i_B - i_u,$$

мұндағы  $R_{p.\phi}, L_{p.\phi}^{-1}$  - LC сүзгісін тегістейтін реактордың активті кедергісі және индуктивтілігі;

$C_{\phi}^{-1}$  - сүзгі конденсатор батареясының сыйымдылығы;

$i_c$  – сүзгі конденсаторының тогы.

## 4.2 Matlab бағдарламасында ЖТ - АҚ моделі

Matlab - техникалық есептеу міндеттерін шешуге арналған қосымшалардың пакеті. Matlab бағдарламалау, сандық есептеулер және нәтижелерді визуализациялау үшін жоғары деңгейлі тіл мен интерактивті органы ұсынады. Бұл бағдарлама Mathworks өнімдерінің отбасы жинағы және кең ауқымды ғылыми және қолданбалы мәселелерді шешудің негізгі құралы болып табылады.

Асинхронды қозғалтқыштың сипаттамаларына әсер ететін бақылау әрекеттері - айнымалы ток кернеуінің амплитудасы (немесе тиімді мәні), статорға берілген желінің айнымалы кернеу жиілігі мен амплитудасы.

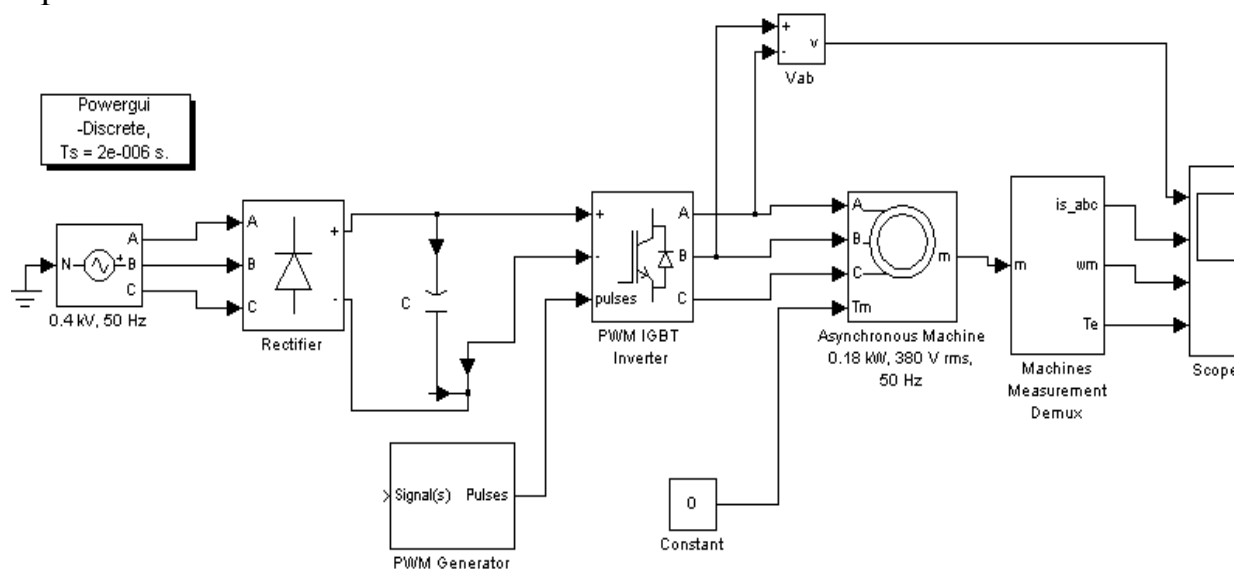
Matlab бағдарламасында ЖТ - АҚ жүйесін модельдеу үшін, біз 4AA56B4Y3 асинхронды қозғалтқыштың төлқұжатын және есептік деректерін пайдаланамыз (4.1-кесте).

4.1 кесте - Matlab-дағы ЖТ -АҚ моделі үшін қажетті деректер

Қозғалтқыштың қуаты P, кВт	0,18
Номиналды ток I, А	0,427
Номиналды кернеу U, В	380
Желі жиілігі f, Гц	50
Синхронды айналу жылдамдығы n, айн/мин	1500
Жұп полюстарының саны p	2
Инерцияның динамикалық моменті $J_D$ , кг · м <sup>2</sup>	0,00079
Статордың активті кедергісі $R_S$	0,18
Ротордың активті кедергісі $R_R$	0,16
Статордың индуктивтілігі $L_S$ , Гн	0,297
Ротордың индуктивтілігі $L_R$ , Гн	0,558
Негізгі индуктивті кедергінің индуктивтілігі $L_\mu$ , Гн	2,727
Түрлендіргіш кернеуінің көзі, В	625,5
Конденсатор сыйымдылығы, мкФ	0,07965
Тежеу резисторының кедергісі, Ом	2179

ЖТ - АҚ моделдеуінің нәтижесі шығыс кернеуінің, токтың, бұрыштық айналу жылдамдығының, асинхронды қозғалтқыштың электромагниттік моментінің осциллограммасы болып табылады.

Matlab бағдарламасында құрылған виртуалды модель 4.2-суретте көрсетілген.



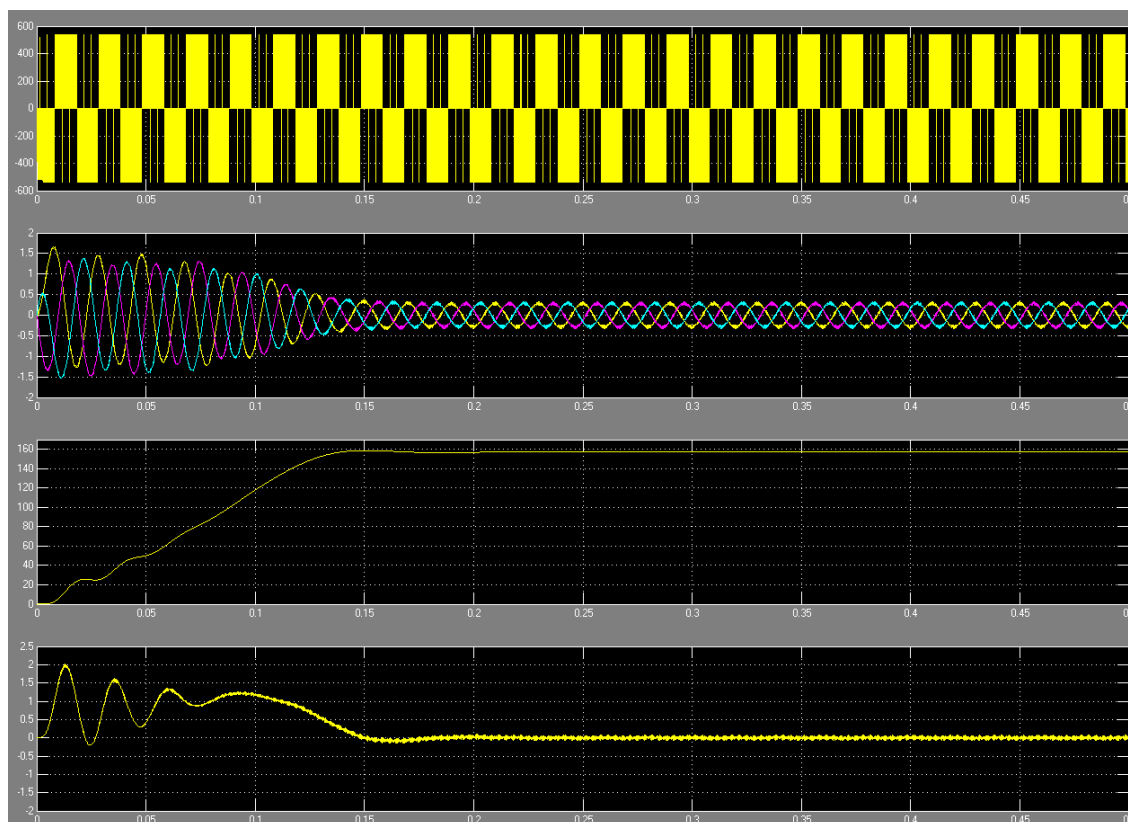
4.2 сурет - Виртуалды ЖТ -АҚ моделі

### 4.3 Жүктемені қосу және түсіру кезіндегі өтпелі процестер

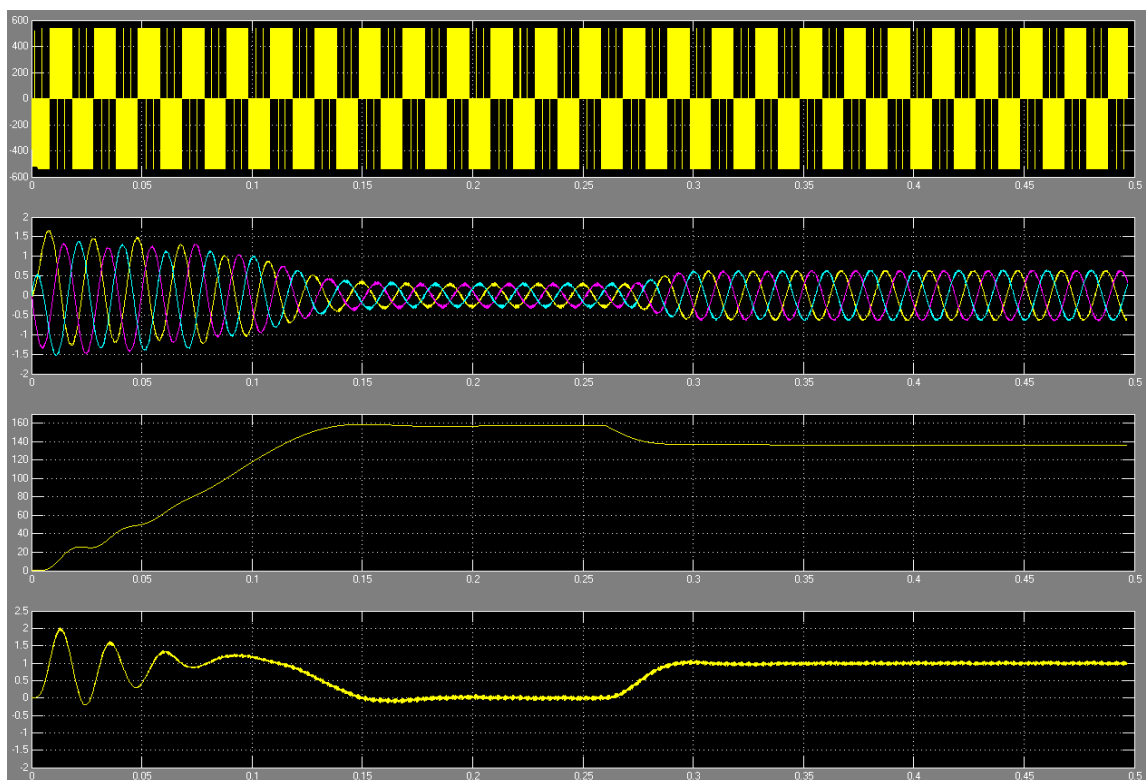
Matlab бағдарламасында өтпелі процестер 4.2-суретте бейнеленген, яғни жылдамдық пен кернеу бойынша кері байланыс болмаған кезде іске қосу және түсірудің ашық басқару жүйесімен зерттеледі.

Төмендегі 4.4-4.8 суреттер шығыс кернеуінің, токтың, бұрыштық айналу жылдамдығының, асинхронды қозғалтқыштың электромагниттік моментінің сигналдарын көрсететін модуляциялық коэффициенттерді көрсетеді.

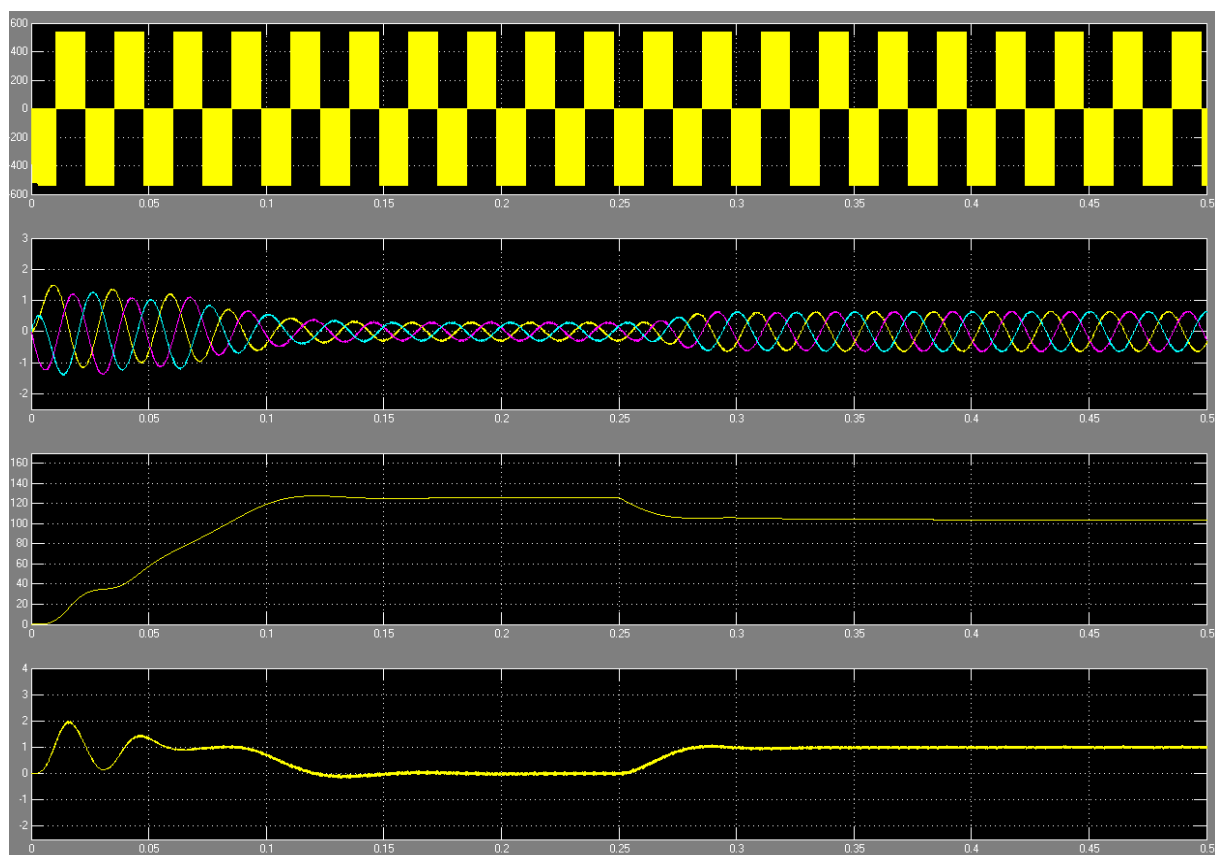
Алынған осциллограммдарды талдай отырып, барлық процестердің басталуына дейін барлық айнымалы мәндер нөлге тең болғанын, яғни нөлдік бастапқы шарттар болғанын білеміз. Электр жетегі номиналды жылдамдыққа шамамен 0,2 секунд ішінде жеделдетіледі. Кездейсоқ күйге жеткеннен кейін, 0,25-0,3 секунд аралығындағы уақыт ішінде, ток пен момент көтеріліп, айналу жылдамдығы белгілі бір деңгейге түседі. Қозғалтқыш іске қосылғаннан кейін шамамен 0,5 секундтан кейін екінші тұрақты күйде болады. ЖТ - АҚ жүйесін тұрақты жүктеме мүмкіндігін зерттеу үшін  $\mu$  модуляция коэффициенті  $\gamma$  салыстырмалы кернеу арқылы көбеюі керек. Қозғалтқышты іске қосу электр қозғалтқышын тікелей желіге қосылған кезде орындалады.



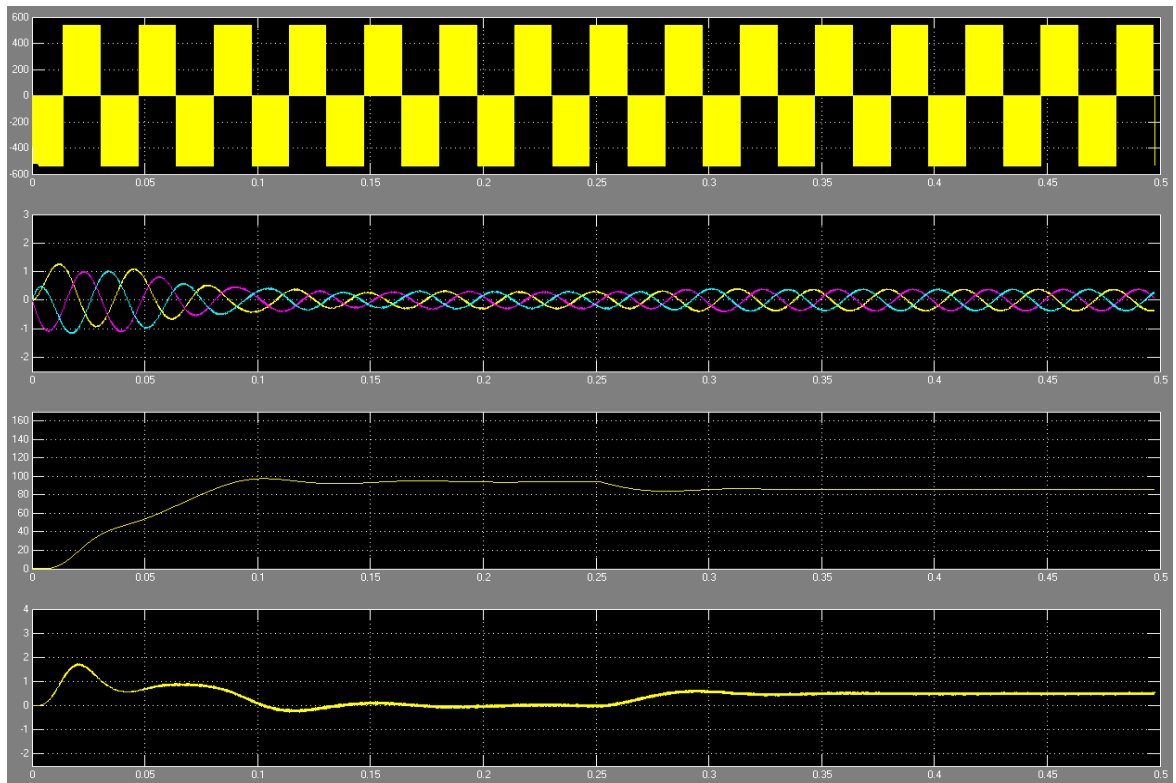
4.4 сурет - Қозғалтқыштың қалыпты іске қосылуы



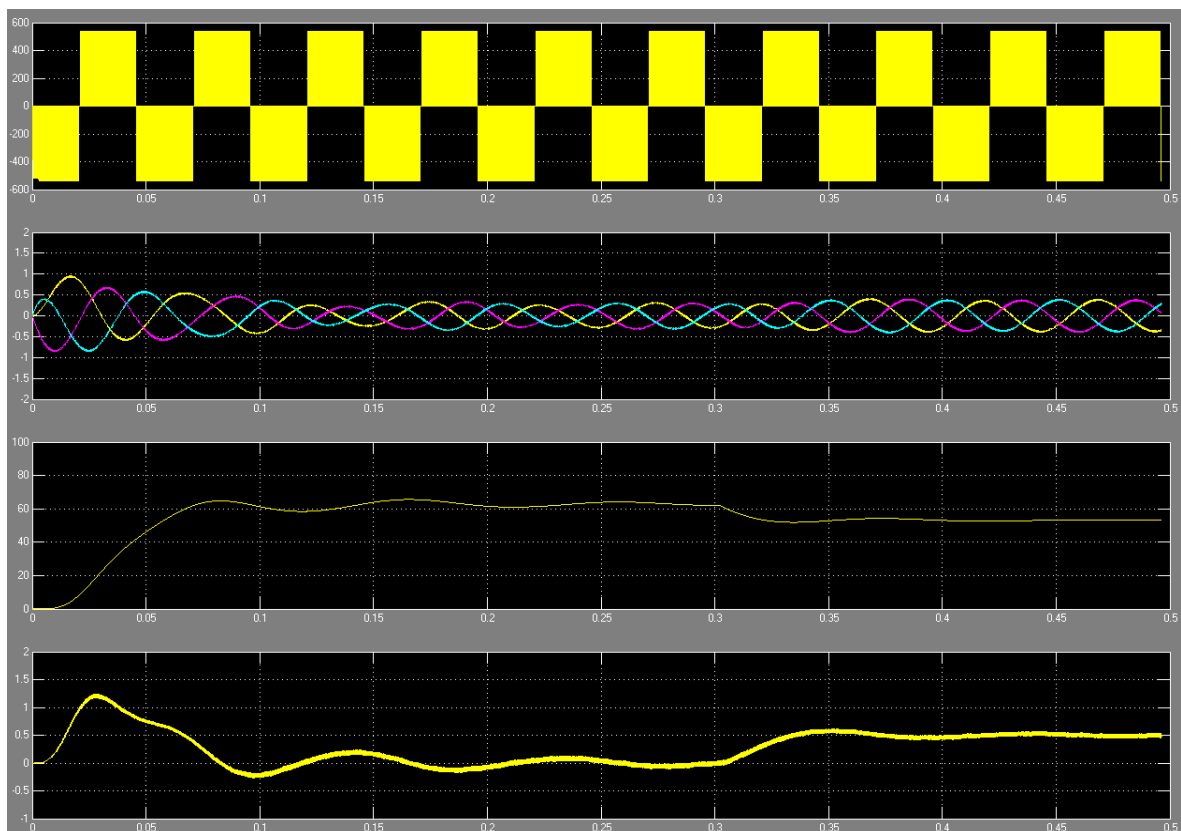
4.5 сурет - Қозғалтқышты іске қосу және 50 Гц жиіліктегі номиналды жүктеме



4.6 сурет - Қозғалтқышты іске қосу және жүктемені 40 Гц-ге жүктеу



4.7 сурет - қозғалтқышты іске қосу және 30 Гц жиіліктегі 80 % жүктемені жүктеу



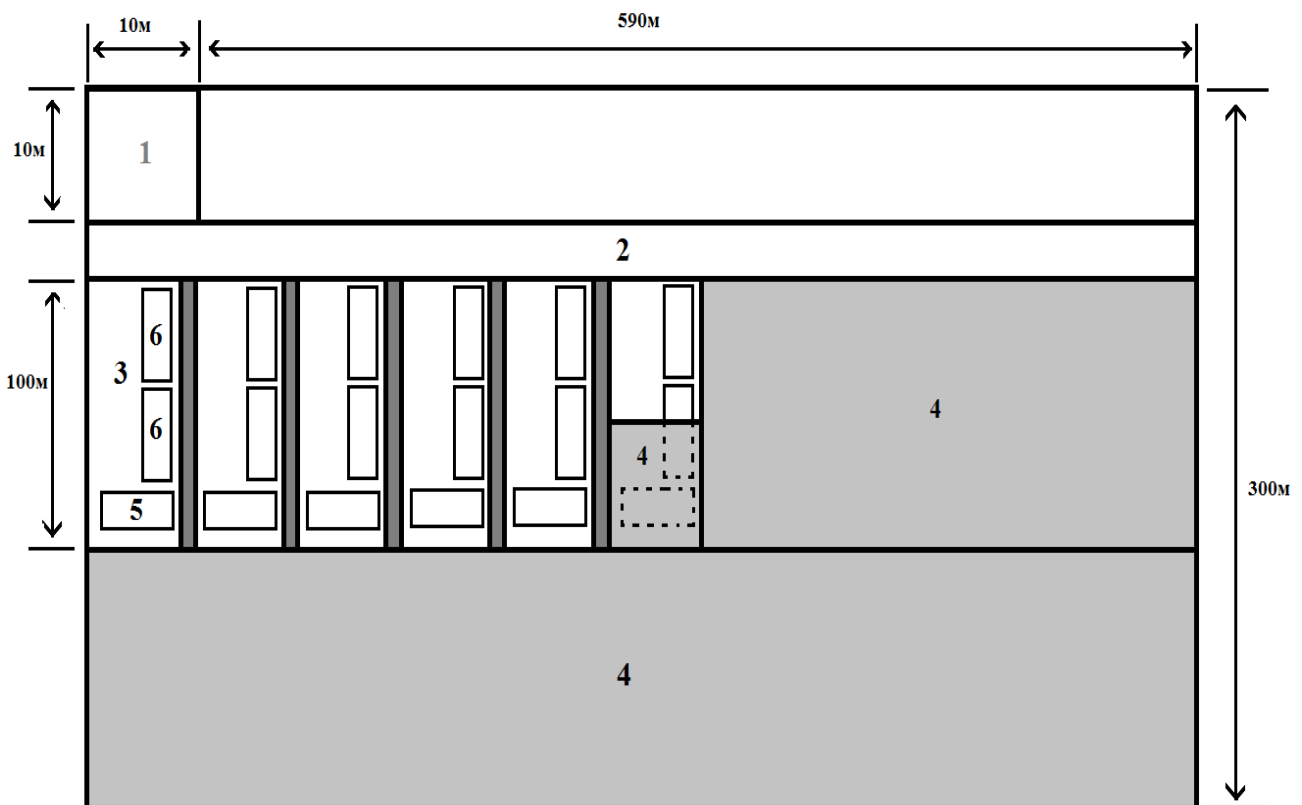
4.8 сурет - Қозғалтқышты іске қосу және 20 Гц жиіліктегі 50% жүктемені жүктеу

Зерттеуде асинхронды машинадағы процестердің математикалық сипаттамасының ерекшеліктері, ішкі кросс-байланыстардың болуы, магниттік жүйенің күйі есепке алынбайды, сондықтан статор мен ротордың белсенді кедергісі арқылы ғана ток пен момент анықталады. Алынған модельдеу нәтижелері тікелей іске қосу кезінде момент пен жылдамдықтың ауытқуы байқалады.

## 5. Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі

### 5.1 Санитарлық-гигиеналық еңбек жағдайларын бағалау

Дипломдық жобаның бұл бөлімінде көмір шахтасында орналасқан ленталы конвейердің электр жетегін қарастырамыз. Қарастырып отырған шахтамыздың тереңдігі шамамен 1 километр, ұзындығы – 0,6 км; ені – 0,3 км; ауданы 180 000 кв.м құрайды; лентаның ұзындығы мен ені – 10 м. Көмір өндіретін алқаптың жобасы 3.1 суретте көрсетілген. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөліміне анализ жүргізу үшін, біз көмір шахтасының бір бөлімін – далалық штректі қарастыратын боламыз. Оның ұзындығы 100 м, ені 3 м, конвейерлі штрек қимасы – 6 кв.м. Негізінен көмірді өндіру үлкен тереңдікте орындалады. Көмір қабаттарына жету үшін терең құдық салынады. Ол – шахтаның діңгегі болып табылады. Осыдан көмір қабаттарын дейін квершлаг деп аталатын көлденең қимылдар сериясы орын алады. Қабаттың төменгі жағында жан жаққа жерасты жолдары салынады. Оларға конвейерлер, рельсті жолдар орналастырылған. Осы жолдар арқылы көмір қабаттарына көмір немесе руда тасымалданады.



3.1 сурет - көмір алқабының жоспары



Қазіргі таңда шахтада барлық жұмыстар машиналар арқылы іске асырылады. Конвейер көмірді тасымалдауға арналған болса, ал комбайнның қызметі – көмір қабаттарын кесіп, ұсақтап конвейерге тиейді.

Жерасты шахтасының бір бөлігінде 48 қызметкер жұмыс жасайды. Жұмыс 4 ауысыммен жүреді. Жұмыс категориясы ГОСТ-12.1.005-76 сәйкес III дәрежелі ауыр, физикалық болып табылады. Жұмыс орнының микроклиматтық шарттары қарастырып отырған өндіріспен тығыз байланысты. Жасалынатын жұмысқа және тереңдікке байланысты температура үлкен өзгерістерге ұшырап отырады. Біздің қарастырып жатқан көмір шұңғымасы 200 метр тереңдікте орналасқан.

### 5.1 кесте – Рұқсат етілген микроклимат параметрлері

Жұмыс кезеңі	Жұмыс категориясы	Температура, °С	Ауа жылдамдығы, м/с	Ауа ылғалдылығы %, (24°С градууста)
Суық	III	11-20	0,51	75
Жылы		14-24	0,25	75

### 5.2 кесте – Агрегаттық участкағы микроклимат параметрлері

Жұмыс кезеңі	Жұмыс категориясы	Температура, °С	Ауа жылдамдығы, м/с	Ауа ылғалдылығы %, (24°С градууста)
Суық	III	18,3	0,5	73
Жылы		20,1	0,21-0,24	72

Осы көрсеткіштерді қарай отырып, микроклимат мәндері параметрлердің рұқсат етілген нормаларына сәйкес келетіндігіне қорытынды жасауға болады. ГОСТ 55733-2013 сәйкес жұмыс санаты III – жоғары дәлдік деп табылды. Шахтада жарылыс қауіпі жоғары болғандықтан, жарықтандыру құрылғыларын орнату, жөндеу, пайдалану тиімсіз. Сондықтан көптеген шахталарда жарықтың негізгі көзі - батареядан жұмыс істейтін басты лампа болып табылады. Люминесцентті шамдар тау – кен орындарында пайдаланылғанымен, көптеген жағдайларда, шахтерларға арналған бас шамы ретінде батарея арқылы қуат алатын вольфрамды қыздырылған шамдар қолданылады. Бұл шамдардың қыздыру температурасы жоғары, демек, бұл шамның жарқырауы жоғары.

### 5.2 Жұмыс бөлмесінде жарықтану жүйесіне есеп жүргізу

Жалпы айтқанда адам ақпаратты көзі арқылы 80-90% алады. Алған ақпараттың сапасы әсіресе жарықтануынан байланысты - жеткіліксіз жарықтану болған кезде тек көзі ғана шаршамай, ағзасы толығымен шаршайды. Қалыпсыз жарықтануда нашар жарықтандырылған қауіпті аумақтар, жарық

көздерінен және олардың сәулелерінен зақымданулар пайда болады, олардың айқын көлеңкелері жұмысшылардың көруін нашарлатады да бағдарын толығымен жояды, еңбек өнімділігі төмендейді де өнімнің брактары көбейеді. Өндірістік кәсіпорындарды жарықтандыру табиғи, жасанды және аралас болуы мүмкін.

Табиғи жарықтану бір қалыптылығымен бағаланады, сонымен бір қалыпсыздығы бүйірлік және табиғи жарықтануы бар бөлмелерде 3:1 (максималды ТЖК-ның минималды ТЖК-ға қатынасы) кем болмау керек. Жасанды жарықтандыру тәуліктің түнгі уақытында жеткіліксіз жарықтану болған кезде пайдаланылады және олар қызметтік тағайыны бойынша жұмыстық, кезекші, апаттық, эвакуациялық және күзетшілікке бөлінеді. Жұмыстық жарықтандыру адамның қалыпты жұмыс істеуі үшін қажетті жағдайларды жасайды. Апаттық жарықтандыру жұмыстық жарық сөнген кезде іске қосылады. Апаттық жарықтанудың шамдары жеке көзден қосылады және жұмыстық жарықтан 5% кем жарықты қамтамасыз етеді, бірақ бөлменің жұмыстық бетінде 2 лк кем емес және кәсіпорынның территориясында 1лк жарықты қамтамасыз етеді.

Эвакуациялық жарықтандыру қауіп пайда болған кезде бөлмелерден халықты шығару үшін іске қосылады. Ол 50 адамнан астам жұмыс істейтін бөлмелерде, сондай-ақ қоғамдық ғимараттарда және, егер бір уақытта 100-ден астам адам жұмыс істейтін өндірістік кәсіпорындарда орнатылады. Бөлмелердің жарықтануы 0,5 лк, сыртында – 0,2 лк болу керек. Күзетшілік жарықтандыру күзетілетін өңірлер шекараларының бойында қарастырылады және 0,5 лк жарықты қамтамасыз ету керек.

Жарық көздерінің орналасқаны бойынша жасанды жарықтанулар: жалпы, жергілікті және құрамаға бөлінеді. Жалпы жарықтануда шамдарды жұмыс орындарына бірқалыпты жарық беру үшін жоғарыда орналастырады. Жергілікті жарықтануда жарық ағыны жұмыс орындарына тікелей шоғырланады. Осы жағдайда жұмыс орны мен қоршаған кеңістік жарықтануының күрт айырмашылығы болады, жұмыстың жағымсыз жағдайлары құрылады, зақымдану қауіпі өседі. Бір жергілікті жарықтандыруды пайдалану тек кезеңдік жұмыста пайдаланылады. Құрама жарықтануда жалпы жарықтандыруға жергілікті жарықтандыру қосылады. Жасанды жарықтануда жарық көзі ретінде шоқтану шамы мен газ разрядтық шамдарды пайдаланады. Жарық көзінің негізгі сипаттамалары: қайтарымы және қызмет мерзімі болып табылады.

Газ разрядтық шамдардың ұзақ қызметтік мерзімі (10 000 сағат), үлкен жарық қайтарымы (750 лм/Вт), жарықтанатын бетінің аз жарықтылығы, жарықтың жақсы спектрлік құрамы болады. Олардың кемшіліктері: шамның екпінділігі жоқ болғандықтан жарық ағынының лүпілі, төмен температурада және төмен кернеуде тұрақсыз жұмысы, іске қосудың күрделі сұлбасы. Жарық ағынының лүпілі жабдықтың айналып тұрған бөлігін қозғалыссыз немесе қозғалыссыз тұрғандарды айналғандай көрсететін стробоскопиялық құбылысын шақырады.

Жарық көзі (шамның) жарықтандыратын арматурамен бірге шамдалыны құрайды. Шамдалы шамның бекітілуін, соған электрлік энергияның берілуін, ластанудан және механикалық бұзылулардан сақталуын қамтамасыз етеді. Жұмыстық орындарын жарықтандыру параметрлерін таңдау жасалатын жұмыстан байланысты. Объектінің көлемінен байланысты жұмысшының көзі барлық жұмыстарды және заттың қашықтығын байқауы бойынша сегіз разрядқа бөлінеді.

Жұмыс орындарын жарықтандыру келесі шарттарды қанағаттандыру керек: жұмыс беттерін жарықтандырудың деңгейі берілген жұмыстың түріне арналған гигиеналық нормаларға сәйкес болу керек; бөлмедегі жарықтың бір қалыптығы және тұрақтылығы қамтамасыз етілу керек; көріп қарайтын жерде жарық көздерінің және басқа заттар сәулелерінің шағылысуы болмау керек; өзінің спектрлік құрамы бойынша табиғи жарыққа жақын болу керек.

Жарықтандыру жүйесін есептеу жарық түрін таңдаудан, шамдалы түрі мен санын анықтаудан тұрады. Жарықтандыру жүйесін есептеудің ең қарапайым әдістері: нүктелік және меншікті қуатын қажетке жарату коэффициенті әдісі болып табылады.

Қажетке жарату коэффициенті әдісі жұмыс бетіне түсетін жарық ағынының жарық беретін аспаптың толық ағынына тең болатын қатынасының коэффициентін анықтаудан тұрады.

Есептеу әдісін жарықтандыру ағыны арқылы орындаймыз. Бұл есептеу әдісінде шамдалдан түсетін жарық ғана емес, сонымен қатар аймақты жарықтандыратын жұмыс беткейіндегі жарықты ескереді. Сондықтан, ол сарғыш немесе ашық бояумен қапталған беткейде ғимаратты есептеу кезінде едәуір қолайлы.

Есептеуге жарықтандыру қондырғысының жарық ағыны қолданатын коэффициент кіреді ( $\eta$ ). Бұл коэффициент шамдалдың түрінен, төбе мен қабырғаға түсетін жарық коэффициентінен және де көлем байланысын анықтайтын ғимараттың көрсеткішіне тәуелді.

Жарықтандыруды есептеу келесі амалдар арқылы жүзеге асырылады :

- Жарықтандыру жүйесін таңдау
- Жарық көзінің түрін таңдау
- Жарық шамдардың орналасуы
- Светотехникалық есептеу және жарық беретін қондырғының қуатын анықтау.

Бөлме	Механикалық цех
Өлшемі	10× 12 × 3,5
Шам түрі	ППД-100
Шам саны	12
Көру жұмысының разряды	IV, в
Шағылу коэффициенттері	
$\rho_{\text{пот}}$	50
$\rho_{\text{ст}}$	30
$\rho_{\text{пол}}$	10

Көру жұмысының разряды IV (в), сол себепті қалыпты жағдайдағы жарықтық  $E_n = 200$  лк [Ә.4. кесте 3.12].

Жұмыс орнындағы жарықты нүктелік әдістің келесі формуласымен анықтаймыз:

$$E = \frac{F_L \cdot \mu}{1000 \cdot K_3} \cdot \sum e_{\Gamma}. \quad (5.1)$$

мұндағы  $F_L$  – шамның жарық ағыны;  
 $\mu$  – шағылу арқылы қосымша жарықтандыруды есептейтін коэффициент, эмальданған шамдар үшін  $\mu = 1,1$ ;

$\sum e_{\Gamma}$  – жалпы жарықтандыру;

$K_3$  – қор коэффициенті ( $K_3 = 1,5$ );

Жарық ағынын анықтамалық мәліметтерден анықтаймыз, ол үшін жарық көзін таңдау керек.

Жалпы жарықтандыру келесі формуламен есептеледі:

$$\sum e_{\Gamma} = \frac{I_a \cos^3 \alpha}{h^2 \cdot K_3}. \quad (5.2)$$

$h$  – аспа биіктігінің есептелетін шамасы, ол келесі формуламен есептеледі:

$$h = H - (h_c + h_{p.п}) \quad (5.3)$$

мұндағы  $h_{p.п}$  – дене бетіндегі жұмыс биіктігі. Ол 0,8÷1 м аралығында алынады.

$h_c$  – жарық шамының аспа биіктігі. Ол 0÷1,5 м аралығында алынады.

$$H = 3,5 \text{ м}; h_c = 0,1; h_{p.п} = 0,8 \text{ м.}$$

$$h = 3,5 - (0,1 + 0,8) = 2,6 \text{ м.}$$

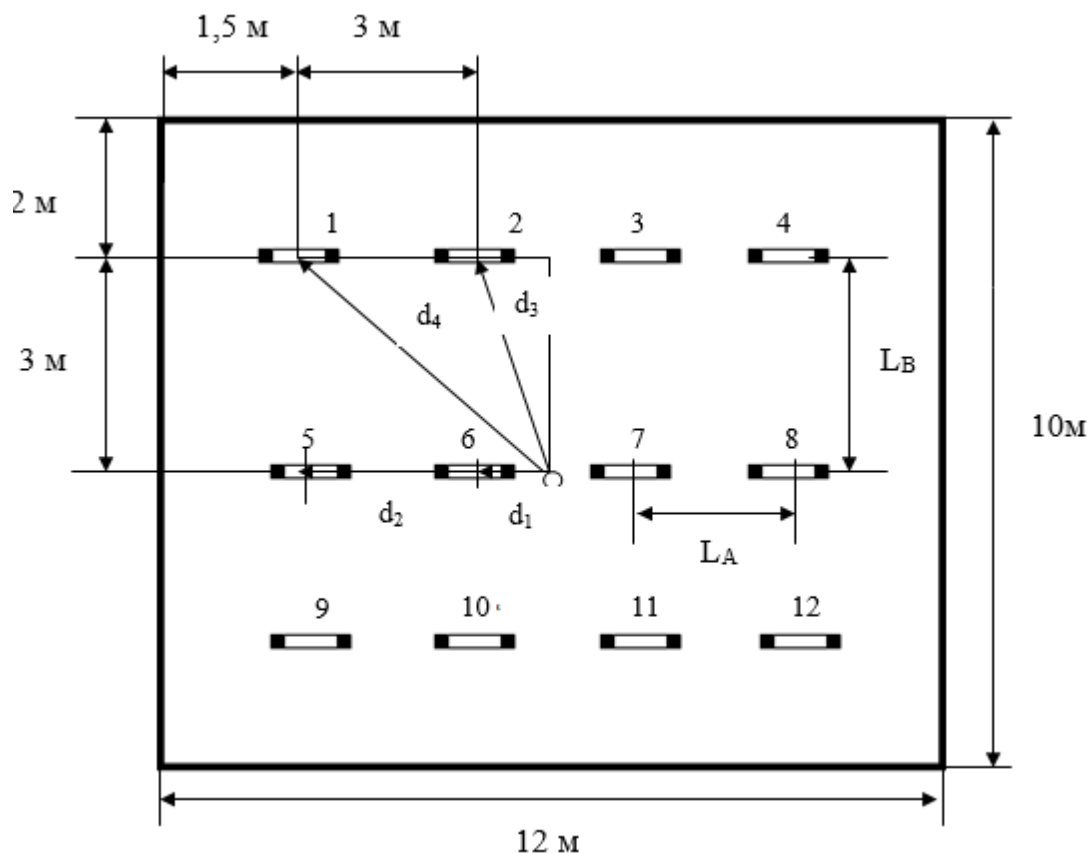
Жарық шамдарының ара қашықтықтарын табамыз:

$$\lambda = 1,2 \div 2; L_A \text{ үшін } \lambda = 2; L_B \text{ үшін } \lambda = 2.$$

Ұзындығына қарай  $L_A = \lambda \cdot h_{рас} = 2 \cdot 2,6 = 5,2$  м;

Еніне қарай  $L_B = \lambda \cdot h_{рас} = 2 \cdot 2,6 = 5,2$  м.

Шамдарды келесідей орналастырамыз:



5.2 сурет - Берілген мәндер бойынша жарық шамдарды орналастыру сұлбасы

Суретте 12 дана ППД – 100 шамы орнатылған.

Шам мен қабырға арасындағы қашықтық:

Ұзындығына қарай  $L_1 = 1,5$  м;

Еніне қарай  $L_2 = 2$  м.

Шамдар арасындағы ара қашықтық:

Ұзындығына қарай  $L_A = 5,2$  м;

Еніне қарай  $L_B = 5,2$  м.

Бөлмедегі шамдардың орналасу сұлбасына А нүктесін белгіледік. Осы нүкте үшін барлық шамдардың шартты жарықтылық қосындысын анықтаймыз:

$E_{AG} \geq E_{норм}$  шартын тексереміз.

Нүктенің шамдардан арақашықтығын анықтаймыз:  $d_{6,7} = d_1$ ,  $d_{5,8} = d_2$ ,  
 $d_{2,3,10,11} = d_3$ ,  $d_{1,4,9,12} = d_4$

$$d_1 = 1,5 \text{ м,}$$

$$d_2 = 4,5 \text{ м,}$$

$$d_3 = \sqrt{1,5^2 + 5,2^2} = 5,41,$$

$$d_4 = \sqrt{5,2^2 + 4,5^2} = 6,88.$$

$$tg\alpha = d_1/h(m) \quad tg\alpha = \frac{1,5}{3,5} = 0,42 \alpha = 23^\circ,$$

$$tg\alpha = d_2/h(m) \quad tg\alpha = \frac{4,5}{3,5} = 1,28 \alpha = 52^\circ,$$

$$tg\alpha = d_3/h(m) \quad tg\alpha = \frac{5,41}{3,5} = 1,54 \alpha = 57^\circ,$$

$$tg\alpha = d_4/h(m) \quad tg\alpha = \frac{6,88}{3,5} = 1,97 \alpha = 109^\circ.$$

Берілген кесте бойынша жарық күшін  $I\alpha$  және  $\cos^3\alpha$  табамыз:

$\alpha$	$I\alpha_n$	$\cos^3\alpha$
23°	276кд	0,96
52°	192кд	0,526
44°	242кд	0,81
57°	160кд	0,478

Табылған мәндерді есептейміз:

$$e_{AG1} = \frac{I\alpha_1 \cdot \cos^3\alpha}{h \cdot K_3} = \frac{276 \cdot 0,96}{3,5 \cdot 1,5} = 50,47 \text{ лк},$$

$$e_{AG2} = \frac{I\alpha_2 \cdot \cos^3\alpha}{h \cdot K_3} = \frac{192 \cdot 0,526}{3,5 \cdot 1,5} = 21,37 \text{ лк},$$

$$e_{AG3} = \frac{I\alpha_3 \cdot \cos^3\alpha}{h \cdot K_3} = \frac{242 \cdot 0,81}{3,5 \cdot 1,5} = 41,49 \text{ лк},$$

$$e_{AG4} = \frac{I\alpha_4 \cdot \cos^3\alpha}{h \cdot K_3} = \frac{160 \cdot 0,74}{3,5 \cdot 1,5} = 22,55 \text{ лк},$$

$$\Sigma e_{AG} = 50,47 + 21,37 + 41,49 + 22,55 = 135,88 \text{ лк}.$$

Яғни, А нүктесіндегі шартты жалпы жарықтандырудың мәні 135,88 лк – ке тең.

$$E_{AG} = \frac{\Phi \cdot \mu \cdot \sum e_{AG}}{1000 \cdot K_3} = \frac{2100 \cdot 1,1 \cdot 135,88}{1000 \cdot 1,5} = 209,26 \text{ лк.}$$

Егер  $E_T \geq E_H$  шарты орындалса, жұмыс орнындағы жарықтандыру жеткілікті болады.  $E_H = 200 \text{ лк. } 209,26 > 200$ .

Осы жағдайда шартымыз орындалды.

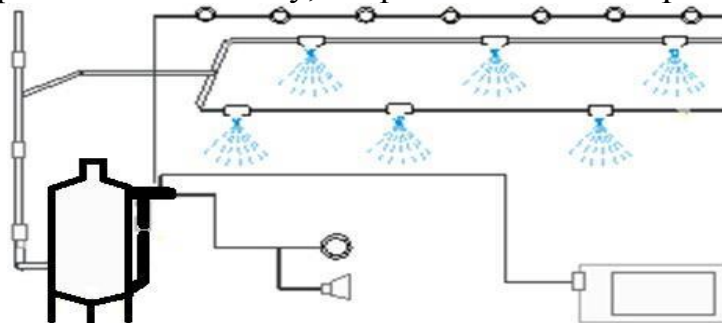
### 3.3 Автоматты өрт сөндіру жүйесін есептеу

Өрттер мен жарылыстар шахтерлердің қауіпсіздігіне және шахталардың өнімділігіне үнемі қауіп төндіреді. Шахталардағы өрттер мен жарылыстар дәстүрлі түрде өндірістік апаттардың ең жойғыш түрлерінің бірі болып саналады.

Өрт - бұл бақыланбайтын жану, соның салдарынан материалдық зиян, адам денсаулығына және өмірге зиян келтіруі мүмкін. Одан әрі өрт шығудың пайда болуы мен процесі үш негізгі аспекттің қатысуымен мүмкін болады: жанғыш материалдың болуы, оксиданттың жеткілікті мөлшері және тұтану көзі. Өрттің пайда болуы бұзылған технологиялық үдеріс, құрал-жабдықтың дұрыс жұмыс істемеуі (атап айтқанда, уақытында күтілмеген қызмет көрсету), технологиялық нұсқаулықтың бұзылуы, материалдарды өрт қаупінің қасиеттерін есепке алмай енгізу.

Жарылыс - бұл аз көлемде үлкен көлемдегі энергияны шығаратын жылдам процесс. Өнеркәсіптік қондырғыларда жарылыстардың себептері көбінесе: белгіленген технологиялық процестен ауытқу, өндірістік жабдық пен жабдықтардың қызмет көрсетілуіне тиісті бақылаудың жоқтығы, сондай-ақ жоспарлы техникалық қызмет көрсету уақытымен тиісті бақылаудан өтпеуі.

Кеніштердегі осы апаттардың алдын алу және оларды болдырмау үшін, олар негізінен олардың пайда болу сәтінде өртті сөндіруге және локализациялауға және осы апаттарды жоюға қажетті барлық техникалық шараларды қолданады. Шахта өрттері мен жарылыстарды болдырмау жөніндегі шаралар үш санатқа бөлінуі мүмкін: от көздерінің санын шектеу, жанармай көздерінің санын шектеу, олардың байланыс мүмкіндігін шектеу.



5.3 сурет - Шахта өрт сөндіру жүйесі схемасы

Біріккен құрамның есептелген массасын анықтайық:

$$m_d = K_6 \cdot q_n \cdot V. \quad (5.4)$$

мұндағы  $K_6$  – көміртегі диоксиді құрамы туралы жазылмаған шығындар үшін өтемақы коэффициенті. Параметрлер терезе саңылауларының бар екенін көрсетеді. Таңдалған жұмыс бөлмесінде терезе жоқ, сондықтан бұл 1.07;

$q_n$  – аралас құрамдардың нормативті өрт сөндіргіш концентрациясы. А және Б категориялы бөлмелерге  $0,37 \text{ кг/м}^3$  қабылданған.

$V$  – берілген бөлменің көлемі,  $\text{м}^3$ . ( $V = 100 \cdot 2 \cdot 3 = 600 \text{ м}^3$ )

$$m_d = 1,07 \cdot 0,37 \cdot 600 = 237,54 \text{ кг.}$$

Магистральді құбыр желісінің эквивалентті ұзындығы:

$$l_1 = K_7 \cdot l. \quad (5.5)$$

мұндағы  $K_7$  – тіркелмеген жергілікті шығындардың орнын толтыру үшін құбырдың ұзақтығын ұлғайту коэффициенті. Кестеге сәйкес магистральды құбыр желісінің диаметрі 35 – 50 мм.,  $K_7 = 1,1$ ;

$l$  – жоба бойынша құбыр желісінің ұзындығы, м.  $l = 100 \text{ м.}$

$$l_1 = 1,1 \cdot 100 = 110 \text{ м.}$$

Газ құбырының баламалы ұзындығына және диаметріне байланысты көміртегі диоксиді құрамы  $Q$ , кг / с тұтыну 3-кесте бойынша анықталады.  $Q = 4 \text{ кг/с.}$

Көміртегі диоксидінің арнайы тұтыну шығыны:

$$q = \frac{Q}{9,62}, \quad (5.6)$$

$$q = \frac{4}{9,62} = 0,42 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \cdot \text{см}^2.$$

Көміртегі диоксиді құрамының болжамды жеткізу уақыты, мин:

$$t = \frac{m_d}{60 \cdot Q}, \quad (5.7)$$

$$t = \frac{332,556}{60 \cdot 4} = 1,4 \text{ мин.}$$



мұндағы  $m_d$  – көміртегі диоксиді құрамының болжамды массасы, кг;  
 $Q$  – көміртегі диоксиді құрамын тұтыну, кг / с.

Көміртегі диоксиді құрамының негізгі қорының массасы  $m$ , кг:

$$m = 1,1 \cdot m_d \cdot \left(1 + \frac{K_8}{K_6}\right). \quad (5.8)$$

мұндағы  $K_8$  – цилиндрлер мен құбырлардағы көміртегі диоксиді құрамы қалғанын ескеретін коэффициент (Кесте 9 [12])  $K_8 = 0,23$ .

$K_6$  – есептелмеген шығындар үшін өтемақы коэффициенті (7-кесте [12]).  $K_6 = 1,07$ .

Онда:

$$m = 1,1 \cdot 332,556 \cdot \left(1 + \frac{0,23}{1,07}\right) = 444,444 \text{ кг.}$$

Жоғарыда келтірілген есептерге сәйкес, өрт сөндіру жабдықтары қажетті мөлшерін және түрін таңдаймыз. Нәтижелерге сәйкес, көмір қышқылды құрамының ОУ-55 өрт сөндіргіші (3.4 сурет), оның жұмыс салмағы  $56.0 \pm 2.8$  кг, жұмыс қысымы 14.7 МПа болып табылады.



5.4 сурет - ОУ-55 көміртегі диоксиді өрт сөндіргіші.

## 6. Экономикалық бөлім

Техника - экономикалық көрсеткіштерді есептеу электр жетегінің екі балама жүйесінің салыстырмалы техникалық деректерін талдау негізінде жүзеге асырылады. Жаңа жүйе бұрынғымен салыстырғанда, электр қуатын тұтынуды азайтады, асинхронды қозғалтқыштың жұмыс мерзімін ұзартады, электр қозғалтқыштарының қызмет мерзімін жақсартады және сыртқы факторлардың тұрақты күйде жұмыс істеу режиміне әсерін төмендетеді. Экономикалық бағалау ең төменгі бастапқы шығындар, операциялық шығындар, энергия шығындарының минималды принципіне негізделеді. Техникалық себептерге сәйкес тұрақты токтың электр жетегі ең тиімдісі болып табылады. Балама жүйе ретінде ТПН – АД жүйесін таңдауға болады. Салыстырмалы жүйелердің қозғалтқыштарының техникалық деректері 4.1-кестеде келтірілген. Баламалы жүйеге арналған қозғалтқышына ұқсас етіліп тұрақты токтың электр жетегі алынды.

6.1 - кесте Салыстырмалы жүйелердің қозғалтқыштарының техникалық деректері

Нұсқа нөмірі	Бірінші нұсқа: тұрақты ток жетегі	Екінші нұсқа: айнымалы ток жетегі
Қозғалтқыш түрі	4AM200L2	4A225M6У3
Қуат, кВт	40	37
ПӘК, %	0,90	0,95
cos φ	0,89	0,91
Айналу жиілігі, айн/мин	1000	1000

### 6.1 Келтірілген шығындарды есептеу

Келтірілген шығындар мына формула бойынша есептеледі:

$$Z_{\text{прив.}} = E_n \cdot K + C_{\Sigma}. \quad (6.1)$$

Бастапқы шығындар электр жетегінің сметалық құнын, қосалқы жабдықтарды, монтаж жұмыстарының шығындарын, тасымалдау және сатып алу шығындарын және монтажды ұйымның жоспарлы жинақтарын өзіндік құнын қамтитын күрделі салымдарды есептеу арқылы анықталады.

Электр жетектің ең қымбат компоненттері - мотор және түрлендіргіш.

Осылайша, тұрақты ток электр жетегінің сметалық құны:

$$k_{\text{ЭП1}} = k_{\text{ДВ1}} + k_{\text{П}} = 220000 + 350000 = 570000 \text{ теңге,}$$

мұндағы  $k_{\text{ДВ1}} = 220000$  электр қозғалтқыштың бағасы (ТТҚ), теңге;

$k_{\Pi} = 350000$  түрлендіргіштің бағасы, теңге.

Айнымалы ток электр жетегі үшін:

$$k_{\text{ЭП}2} = k_{\text{ДВ}2} + k_{\Pi 2} = 165000 + 230000 = 395000 \text{ теңге,}$$

мұндағы  $k_{\text{ДВ}2} = 165000$  электр қозғалтқыштың бағасы (АҚ), теңге;

$k_{\Pi 2} = 230000$  түрлендіргіштің бағасы, теңге.

Бастапқы жабдықтың құны конвейердің электр жетегінің түрлендіргішінің белгілі бір бөлігін (12%) құрайды.

Онда 1 - ші нұсқаның жетегі үшін:

$$k_{\text{пр}1} = 0,12 \cdot k_{\Pi 1} = 0,12 \cdot 350000 = 42000 \text{ теңге.}$$

2 - ші нұсқаның жетегі үшін:

$$k_{\text{пр}2} = 0,12 \cdot k_{\Pi 2} = 0,12 \cdot 230000 = 27600 \text{ теңге.}$$

Монтаж жұмыстарының бағасы электр жетегі мен жұмыс механизмі үшін жеке есептеледі. Электр жетегі үшін монтаж жұмыстарының бағасы электр жетегінің 6% - на тең, ал жұмыс механизмі - электр жетегінің бағасынан 5% - ды құрайды. Олай болса, 1 - ші нұсқа үшін монтаж жұмыстарының бағасы:

$$k_{\text{мп}1} = (0,06 + 0,05) \cdot k_{\text{ЭП}1} = (0,06 + 0,05) \cdot 570000 = 62700 \text{ теңге.}$$

2 - ші нұсқа үшін монтаж жұмыстарының бағасы:

$$k_{\text{мп}2} = (0,06 + 0,05) \cdot k_{\text{ЭП}2} = (0,06 + 0,05) \cdot 395000 = 43450 \text{ теңге.}$$

Тасымалдау және сатып алу шығындары электржетек құнының 2% -на және бірінші нұсқаға арналған монтаж жұмыстарының құнын құрайды:

$$k_{\text{тзр}1} = 0,02 \cdot (k_{\text{ЭП}1} + k_{\text{мп}1}) = 0,02 \cdot (570000 + 62700) = 12654 \text{ теңге.}$$

2 - ші нұсқаның шығындары:

$$k_{\text{тзр}2} = 0,02 \cdot (k_{\text{ЭП}2} + k_{\text{мп}2}) = 0,02 \cdot (395000 + 43450) = 8769 \text{ теңге.}$$

Жоғарыда келтірілген есептеулерден байқасаңыз, тұрақты ток электр жетегі бар бірінші нұсқа баламалы жүйемен салыстырғанда экономикалық тұрғыдан тиімді емес. Бұл бірінші нұсқада тасымалдау мен сатып алу

шығындарының айтарлықтай жоғары екендігі, сондай-ақ монтаж жұмыстарының құны да жоғары екендігі түсіндіріледі.

Нақты мәндерді алу үшін екі нұсқада күрделі салымдарды есептеу 4.2-кестеде келтірілген.

4.2 – кесте Күрделі салымдар

Шығын көздері	1 – нұсқа	2 – нұсқа
	Тұрақты ток жетегі	Айнымалы ток жетегі
	Құны, теңге.	Құны, теңге.
Электр қозғалтқыш	220000	165000
2. Түрлендіргіш	350000	230000
3. Бастапқы жабдық	42000	27600
4. Монтаж жұмыстары	62700	43450
5. Тасымалдау, сатып алу шығындары	12654	8769
6. Жалпы капитал салымдары	570000	395000

#### 4.2 Эксплуатациялық шығындарды есептеу.

Эксплуатациялық шығындарды есептегенде, есептеу жүргізілетін кезеңнің мәні маңызды. Тұрақты және айнымалы ток жетектерін салыстыру үшін 1 жыл кейінге шегерейік.

Жылдық эксплуатациялық шығын жыл ішінде механизмді басқару және жыл сайынғы өнім шығару үшін қажетті электр жетегі мен жұмыс механизмі үшін жалпы шығындар болып табылады. механизмнің жұмысының өзіндік құны. Жылдық пайдалану шығындары тұтастай алғанда тұтынылатын электр энергиясының құнын, амортизацияны және қондырғының электрлік бөлігін пайдаланудың жылдық шығындарын қамтиды. Жылдық пайдалану шығындары тұтастай алғанда тұтынылатын электр энергиясының құнын, амортизацияны және қондырғының электрлік бөлігін пайдаланудың жылдық шығындарын қамтиды.

Электр энергиясының құны жылына тұтынылатын энергия көлемі, қозғалтқыштың номиналды қуаты, сондай-ақ электр энергиясының тарифімен анықталады. Жылына тұтынылатын энергияны есептеу үшін, пайдалану коэффициенті арқылы анықталатын электр жетегінің жалпы жұмыс уақытын білу қажет.

$$k_{\text{исп}} = (ПВ \cdot t_{\text{раб.см}}) / (t_{\text{см}} \cdot 100\%) = (100 \cdot 8) / (8 \cdot 100) = 1.$$

мұндағы ПВ – орнатудың ұзақтығы, %;

$t_{\text{раб.см}}$  – ауысымда орнатудың ұзақтығы, сағ.;  $t_{\text{см}}$  -ауысымда жұмыс уақытының саны.

$k_{исп}$  коэффициентін біле отырып, бір жыл ішінде орнатудың жұмыс сағаттарының санын анықтай алады:

$$T_{г} = T_{раб.дн} \cdot n_{см} \cdot t_{см} \cdot k_{исп} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 1 = 2024 \text{ сағ.}$$

мұндағы  $T_{раб.дн}$  – бір жылдық жұмыс күндерінің саны;  
 $n_{см}$  – тәулік ішіндегі ауысым саны.

1 - ші нұсқа үшін жылына пайдаланылатын энергияны мына формуламен анықтаймыз:

$$\mathcal{E}_{г1} = P_{дв.н1} \cdot T_{г} / \eta_{н1} = 40 \cdot 2024 / 0,90 = 89956 \text{ кВт} \cdot \text{сағ.}$$

мұндағы  $P_{дв.н1}$ ,  $\eta_{н1}$  – тұрақты ток қозғалтқышының номиналды параметрлері (4.1 – кестеде).

2 - ші нұсқа үшін:

$$\mathcal{E}_{г2} = P_{дв.н2} \cdot T_{г} / \eta_{н2} = 37 \cdot 2024 / 0,91 = 82295 \text{ кВт} \cdot \text{сағ.}$$

мұндағы  $P_{дв.н2}$ ,  $\eta_{н2}$  – асинхронды қозғалтқыштың номиналды параметрлері (4.1 – кестеде).

Энергия шығынын 1 - ші нұсқа үшін мына формуламен есептейміз:

$$C_{э1} = \mathcal{E}_{г1} \cdot C_{осн.} \quad (6.2)$$

Онда:

$$C_{э1} = 89956 \cdot 14,8 = 1331349 \text{ теңге.}$$

мұндағы  $C_{осн.}$  – тариф, теңге/кВт · сағ. (негізгі төлем).

2 - ші нұсқа үшін:

$$C_{э2} = \mathcal{E}_{г2} \cdot C_{осн.} \quad (6.3)$$

Онда:

$$C_{э2} = 82295 \cdot 14,8 = 1217966 \text{ теңге.}$$

Амортизациялық аударымдар электр жетегі бағасының 9,5% құрайды.

Онда 1 - ші нұсқа үшін:

$$C_{a1} = 0,095 \cdot k_{\text{эп1}} = 0,095 \cdot 570000 = 54150 \text{ теңге.}$$

мұндағы  $k_{\text{эп1}}$  - тұрақты ток электр жетегінің сметалық құны, теңге.

2 - ші нұсқа үшін:

$$C_{a2} = 0,095 \cdot k_{\text{эп2}} = 0,095 \cdot 395000 = 37525 \text{ теңге.}$$

мұндағы  $k_{\text{эп2}}$  - асинхронды қозғалтқыштың сметалық құны, теңге.

Жабдықты пайдалану шығындары көптеген құрамдардан тұрады. Екі нұсқадағы электр жетектерінің жабдықтары жөндеуге жарамды, жоспарлы профилактикалық жөндеуден өтеді, жиілігі мен ауқымы алдын - алу бағасының есебімен реттеледі. Сонымен қатар, жабдық тұрақты түрде техникалық қызмет көрсетуді қажет етеді. Осылайша, жабдықты ұстау мен жөндеуге жұмсалған шығындар жөндеу жұмыстарының қызметкерлеріне төленетін шығындардың сомасы, жөндеу және техникалық қызмет көрсету үшін материалдардың құны, жалпы цех және жалпы зауыттық шығындар ретінде айқындалуы мүмкін.

Жөндеу жұмыстарын жүргізетін қызметкерлердің еңбекақысы электр жабдықтарын жөндеу және техникалық қызмет көрсету бойынша жұмыстарды орындау үшін қажетті уақыт көлемімен анықталады, бұл өз кезегінде жабдықты жөндеу және техникалық қызмет көрсетудің еңбек қарқындылығына байланысты. Электр жетегінің бүкіл жүйесі 4 негізгі бөлікке бөлінеді: қозғалтқыш, түрлендіргіш, трансформатор және жүргізу – реттеу аппаратурасы. Осы бөліктердің әрқайсысында жөндеу және техникалық қызмет көрсетудің жеке күрделілігі бар. Содан кейін барлық есептелген мәндер жинақталады. Күрделілік дәрежесін есептеу үшін жөндеу циклінің жоспарланған ұзақтығын және арасындағы жөндеу кезеңін, жылына жөндеу жұмыстарының саны және т.б. анықтау қажет.

Тұрақты ток электр қозғалтқышы үшін жөндеу циклінің жоспарланған ұзақтығы:

$$T_{\text{пл.1дв}} = T_{\text{табл.дв}} \cdot \beta_k \cdot \beta_p \cdot \beta_o = 9 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 0,85 = 11,5 \text{ жыл.}$$

мұндағы  $T_{\text{табл.дв}}$  - электр қозғалтқыштары үшін жөндеу циклінің ұзақтығы;

$\beta_k$  - коллекторлық машиналардың қызмет ету мерзімінің төмендеуін ескере отыру коэффициенті;  $\beta_p$  - жабдықты пайдаланудың өзгеруімен анықталатын коэффициент;  $\beta_o$  - негізгі жабдық ретінде жіктелген машиналардың жөндеу циклінің төмендеуін ескеретін коэффициент.

Асинхронды электр қозғалтқышы үшін:

$$T_{\text{пл.2дв}} = T_{\text{табл.дв}} \cdot \beta_p \cdot \beta_o = 9 \cdot 2 \cdot 0,85 = 15,3 \text{ жыл.}$$

Трансформатор үшін:

$$T_{\text{пл.тр}} = T_{\text{табл.тр}} \cdot \beta_o = 9 \cdot 0,85 = 6,8 \text{ жыл.}$$

мұндағы  $T_{\text{табл.тр}}$  - трансформатор үшін жөндеу циклінің ұзақтығы.

Тиристорлы түзеткіш үшін:

$$T_{\text{пл.вып}} = T_{\text{табл.вып}} \cdot \beta_o = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ жыл.}$$

мұндағы  $T_{\text{табл.вып}}$  - тиристорлы түзеткіш үшін жөндеу циклінің ұзақтығы.

Кернеу түрлендіргіші үшін:

$$T_{\text{пл.пр}} = T_{\text{табл.пр}} \cdot \beta_o = 6 \cdot 0,85 = 5,1 \text{ жыл.}$$

мұндағы  $T_{\text{табл.пр}}$  – кернеу түрлендіргіші үшін жөндеу циклінің ұзақтығы.

Тұрақты ток электр қозғалтқышы үшін күрделі жөндеу мерзімінің жоспарланған ұзақтығы:

$$T_{\text{пл.1дв}} = T_{\text{табл.дв}} \cdot \beta_k \cdot \beta_p \cdot \beta_o = 9 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 0,7 = 9,45 \text{ ай.}$$

Мұндағы  $T_{\text{табл.дв}}$  - қозғалтқыш үшін күрделі жөндеу кезеңі.

Асинхронды электр қозғалтқышы үшін:

$$T_{\text{пл.2дв}} = T_{\text{табл.дв}} \cdot \beta_p \cdot \beta_o = 9 \cdot 2 \cdot 0,7 = 12,6 \text{ ай.}$$

Трансформатор үшін:

$$T_{\text{пл.тр}} = T_{\text{табл.тр}} \cdot \beta_o = 6 \cdot 0,7 = 4,2 \text{ ай,}$$

мұндағы  $T_{\text{табл.тр}}$  – трансформатор үшін күрделі жөндеу кезеңі.

Тиристорлы түзеткіш үшін:

$$T_{\text{пл.вып}} = T_{\text{табл.вып}} \cdot \beta_o = 24 \cdot 0,7 = 16,8 \text{ ай.}$$

мұндағы  $T_{\text{табл.вып}}$  – тиристорлы түзеткіш үшін күрделі жөндеу кезеңі.

Кернеу түрлендіргіші үшін:

$$T_{\text{пл.пр}} = T_{\text{табл.пр}} \cdot \beta_0 = 18 \cdot 0,7 = 12,6 \text{ ай.}$$

мұндағы  $T_{\text{табл.пр}}$  – кернеу түрлендіргіші үшін күрделі жөндеу кезеңі.

Алынған мәндерге сүйене отырып, 1 жылдағы капиталды және ағымдағы жөндеуді есептеуге болады. Алдымен жылдық күрделі жөндеуді есептеу;

а) Тұрақты ток қозғалтқышы үшін:

$$M_{\text{к.р.1дв}} = 1/T_{\text{пл.1дв}} = 1/11,5 = 0,087.$$

ә) Асинхронды қозғалтқыш үшін:

$$M_{\text{к.р.2дв}} = 1/T_{\text{пл.2дв}} = 1/15,3 = 0,065.$$

б) Трансформатор үшін:

$$M_{\text{к.р.тр}} = 1/T_{\text{пл.тр}} = 1/6,8 = 0,147.$$

в) Түзеткіш үшін:

$$M_{\text{к.р.вып}} = 1/T_{\text{пл.вып}} = 1/8,5 = 0,118.$$

г) Кернеу түрлендіргіші үшін:

$$M_{\text{к.р.пр}} = 1/T_{\text{пл.пр}} = 1/5,1 = 0,196.$$

Ағымдағы жөндеу жұмыстарының саны 1 жыл ішінде анықталады:

$$M_{\text{т.р.1дв}} = 0,106 \cdot M_{\text{т.р.2дв}} = 0,08 \cdot M_{\text{т.р.тр}} = 0,238.$$

$$M_{\text{т.р.вып}} = 0,06 \cdot M_{\text{т.р.пр}} = 0,079.$$

Тұрақты ток қозғалтқышы үшін электр машиналарының бір жылдық жөндеу жұмыс қарқындылығын келесі формула арқылы анықтаймыз:

$$T_{\text{к.р.1дв}} = M_{\text{к.р.1дв}} \cdot N_{\text{к.р.дв}} \cdot k_w \cdot k_K = 0,087 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 1,8 = 3,22 \text{ адам – сағ.}$$



мұндағы  $N_{к.р.дв}$  – берілген электр энергиясының электр қозғалтқыштары үшін күрделі жөндеу жұмыстарының жылдамдығы;

$k_w$  – мотордың айналу жылдамдығын ескеретін түзету коэффициенті;

$k_K$  – коллекторлық машиналардың жұмыс күшінің қарқындылығын арттыруды ескеретін коэффициент.

Асинхронды қозғалтқыш үшін:

$$T_{к.р.2дв} = M_{к.р.2дв} \cdot N_{к.р.дв} \cdot k_w = 0,065 \cdot 25 \cdot 1,1 = 1,79 \text{ адам – сағ.}$$

Трансформатор, тиристор түзеткіші және кернеу түрлендіргіштері үшін күрделі жөндеудің жылдық қарқындылығы мынадай түрде есептеледі:

$$T_{к.р.тр} = M_{к.р.тр} \cdot N_{к.р.тр} = 0,147 \cdot 88 = 12,94 \text{ адам – сағ.},$$

$$T_{к.р.вып} = M_{к.р.вып} \cdot N_{к.р.вып} = 0,118 \cdot 35 = 4,13 \text{ адам – сағ.},$$

$$T_{к.р.пр} = M_{к.р.пр} \cdot N_{к.р.пр} = 0,196 \cdot 50 = 9,8 \text{ адам – сағ.}$$

Жабдықтардың түрлеріне байланысты жөндеу жұмыстарының жыл сайынғы қарқындылығы мынадай түрде анықталады:

$$T_{т.р.1дв} = M_{т.р.1дв} \cdot N_{т.р.дв} \cdot k_w \cdot k_K = 0,106 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 1,8 = 5,25 \text{ адам – сағ.},$$

$$T_{т.р.2дв} = M_{т.р.2дв} \cdot N_{т.р.дв} \cdot k_w = 0,08 \cdot 25 \cdot 1,1 = 2,2 \text{ адам – сағ.},$$

$$T_{т.р.тр} = M_{т.р.тр} \cdot N_{т.р.тр} = 0,238 \cdot 17 = 4,05 \text{ адам – сағ.},$$

$$T_{т.р.вып} = M_{т.р.вып} \cdot N_{т.р.вып} = 0,06 \cdot 10 = 0,6 \text{ адам – сағ.},$$

$$T_{т.р.пр} = M_{т.р.пр} \cdot N_{т.р.пр} = 0,079 \cdot 15 = 1,19 \text{ адам – сағ.}$$

мұндағы  $N_{т.р.дв}$ ,  $N_{т.р.тр}$ ,  $N_{т.р.вып}$ ,  $N_{т.р.пр}$  – әртүрлі жабдықтар үшін ағымдағы жөндеудің еңбек қарқындылығы нормалары.

Қосалқы жабдықтар үшін жылжымалы электр қозғалтқышты, трансформаторды және түрлендіргішті жөндеу үшін электр қозғалтқышты жөндеу жұмыстарының еңбегінен тұратын капиталдың (ағымдағы) күрделі жөндеу жұмыстарының (ағымдағы) 25% -ына тең капиталдың (ағымдағы) жыл сайынғы жөндеу жұмыстары жүргізіледі:

$$T_{п.р.к.р.1} = 0,25 \cdot (T_{к.р.1дв} + T_{к.р.тр} + T_{к.р.вып}) = 0,25 \cdot 20,29 = 5,07 \text{ адам – сағ.},$$

$$T_{п.р.т.р.1} = 0,25 \cdot (T_{т.р.1дв} + T_{т.р.тр} + T_{т.р.вып}) = 0,25 \cdot 9,9 = 2,47 \text{ адам – сағ.}$$

Айнымалы ток электр жетегі үшін:

$$T_{п.р.к.р.2} = 0,25 \cdot (T_{к.р.2дв} + T_{к.р.пр}) = 0,25 \cdot (1,79 + 9,8) = 2,9 \text{ адам – сағ.},$$

$$T_{п.р.т.р.2} = 0,25 \cdot (T_{т.р.2дв} + T_{т.р.пр}) = 0,25 \cdot (2,2 + 1,19) = 0,85 \text{ адам – сағ.}$$

Жабдықты еңбекке жарамды ұстау түзету коэффициенттерін ескерместен жабдықты ағымдағы жөндеудің күрделілігінің нормаларының 10% -ына тең деп есептеледі. Осылайша, жабдықтарға қызмет көрсетудің жыл сайынғы қарқындылығы тұрақты электр жетегі үшін мына формулалармен анықталуы мүмкін:

$$T_{т.о.1дв} = 0,1 \cdot 12 \cdot N_{т.р.дв} = 0,1 \cdot 12 \cdot 7 = 8,4 \text{ адам – сағ.},$$

$$T_{т.о.тр} = 0,1 \cdot 12 \cdot N_{т.р.тр} = 0,1 \cdot 12 \cdot 17 = 20,4 \text{ адам – сағ.},$$

$$T_{т.о.вып} = 0,1 \cdot 12 \cdot N_{т.р.вып} = 0,1 \cdot 12 \cdot 10 = 12 \text{ адам – сағат.}$$

Айнымалы ток электр жетегі үшін:

$$T_{т.о.2пр} = 1,2 \cdot 12 \cdot N_{т.р.пр} = 0,1 \cdot 12 \cdot 15 = 18 \text{ адам – сағат.}$$

Тұрақты ток электр жетегі үшін:

$$T_{п.р.т.о.1} = 0,1 \cdot (T_{т.о.1дв} + T_{т.о.тр} + T_{т.о.вып}) = 0,1 \cdot 40,8 = 4,08 \text{ адам – сағат.}$$

Айнымалы ток электр жетегі үшін:

$$T_{п.р.т.о.2} = 0,1 \cdot (T_{т.о.2дв} + T_{т.о.пр}) = 0,1 \cdot (8,4 + 18) = 2,64 \text{ адам – сағат.}$$

Салыстырудың ыңғайлылығы үшін екі нұсқада жөндеу мен техникалық қызмет көрсетудің қарқындылығын есептеу 4.3-кестеде келтірілген.

4.3 – кесте жөндеудің еңбек қарқындылығын есептеу нәтижелері.

Құрылғы түрі	Тұрақты ток электр жетегі	Айнымалы ток электр жетегі
Күрделі жөндеу жұмыстарының жыл сайынғы қарқындылығы, адам-сағат		
Электр қозғалтқыш	3,22	1,79
Трансформатор	12,94	-

Түрлендіргіш	4,1	9,8
Бастапқы жабдық	5,64	3,03
Ағымдағы жөндеу жұмыстарының жыл сайынғы қарқындылығы, адам-сағат		
Электр қозғалтқыш	5,25	2,2
Трансформатор	4,05	-
Түрлендіргіш	0,6	1,19
Бастапқы жабдық	2,47	0,85
Техникалық қызметтің жылдық қарқындылығы, адам – сағ.		
Электр қозғалтқыш	8,4	8,4
Трансформатор	20,4	-
Түрлендіргіш	12	18
Бастапқы жабдық	4,08	2,64
Тұрақты ток электр жетегі	Айнымалы ток электр жетегі	
83,15	47,9	

Жабдықтың белгілі бір жылдық еңбекке жарамдылығы бойынша, жөндеу жұмыстарының қызметкерінің, сондай-ақ тиісті тарифтің мөлшерін ескере отырып салықтарды бірінші нұсқаға жөндеу қызметкерлерінің жалақысын анықтауға болады:

$$C_{з.п.1} = C_{тар} \cdot C_{нал} \cdot T_{сум.1}, \quad (6.4)$$

$$C_{з.п.1} = 733 \cdot 1,6 \cdot 83,15 = 97518 \text{ теңге.}$$

мұндағы  $C_{тар}$  – жөндеу қызметкерінің сағаттық тарифі, тг. (IV деңгейде);  
 $C_{нал}$  – жалақыны есептеуге байланысты салық төлеу шығындарын айқындайтын коэффициент;

$T_{сум.1}$  – тұрақты ток электр жетегі жабдықтарының жалпы еңбек сыйымдылығы.

2 – ші нұсқа үшін:

$$C_{з.п.2} = C_{тар} \cdot C_{нал} \cdot T_{сум.2}, \quad (6.5)$$

$$C_{з.п.2} = 733 \cdot 1,6 \cdot 47,9 = 56177 \text{ теңге.}$$

мұндағы  $T_{сум.2}$  – айнымалы ток электр жетегі жабдықтарының жалпы еңбек сыйымдылығы.

Жабдықты жөндеу және техникалық қызмет көрсетуге арналған материалдардың құны салық төлеуге жұмсалатын шығындарды қоспағанда

жөндеу жұмыстарының қызметкерлерінің негізгі жалақысының 100% -ына тең деп есептеледі.

1 - ші нұсқа үшін:

$$C_{\text{мат.1}} = C_{\text{тар}} \cdot T_{\text{сум.1}} = 733 \cdot 83,15 = 60949 \text{ теңге.}$$

2 - ші нұсқа үшін:

$$C_{\text{мат.2}} = C_{\text{тар}} \cdot T_{\text{сум.2}} = 733 \cdot 47,9 = 35111 \text{ теңге.}$$

Бастапқы дүкенге жұмсалатын шығындар салықтарсыз негізгі жалақының 100% -на тең қабылданады, яғни, бұл жағдайда дүкеннің қабатындағы есептеулер жабдықты жөндеу және техникалық қызмет көрсету бойынша материалдардың құнын құрайды:

$$C_{\text{ц.1}} = C_{\text{мат.1}} = 60949 \text{ теңге,}$$

$$C_{\text{ц.2}} = C_{\text{мат.2}} = 35111 \text{ теңге.}$$

Жалпы зауыттық шығындар салықтарды есептемегенде негізгі жалақының 50% - ына тең қабылданады. Бұл жағдайда дүкеннің жалпы шығындарының жартысы:

$$C_{\text{з.1}} = 0,5 \cdot C_{\text{ц.1}} = 0,5 \cdot 60949 = 30475 \text{ теңге,}$$

$$C_{\text{з.2}} = 0,5 \cdot C_{\text{ц.2}} = 0,5 \cdot 35111 = 17556 \text{ теңге.}$$

### 4.3 Жылдық шығындарды есептеу

Осылайша, қондырғының электрлік бөлігін пайдаланудың жыл сайынғы шығындарын есептеу үшін және екі нұсқаға арналған эксплуатациялық шығындарды айқындау үшін қажетті барлық шамалар анықталды. Жалпы шығындар күрделі салымдардың сомасы және жылдық эксплуатациялық шығындар ретінде анықталады:

$$C_{\text{экс.эл}} = (C_{\text{з.п}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{ц}} + C_{\text{з}}), \quad (6.6)$$

$$C_{\text{экс}} = (C_{\text{з}} + C_{\text{а}} + C_{\text{экс.эл}}). \quad (6.7)$$

$$C_{\text{экс,эл1}} = 97518 + 60949 + 60949 + 30475 = 249891 \text{ теңге,}$$

$$C_{\text{экс,эп2}} = 56177 + 35111 + 35111 + 17556 = 143955 \text{ теңге,}$$

$$C_{\text{экс1}} = 30475 + 54150 + 249891 = 334516 \text{ теңге,}$$

$$C_{\text{экс2}} = 17556 + 37525 + 143955 = 199036 \text{ теңге.}$$

Күрделі және жыл сайынғы эксплуатациялық шығындарды қосу арқылы салыстыру электр жетегінің жалпы шығындарын анықтаймыз:

$$C_{\Sigma n} = C_a + C_э + C_{\text{зп}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{ц}} + C_з + C_{\text{экс.эп}} + C_{\text{экс}},$$

$$C_{\Sigma 1} = 54150 + 1331349 + 97518 + 60949 + 60949 + 30475 + 249891 + 334516 = 2219797 \text{ теңге,}$$

$$C_{\Sigma 2} = 37525 + 1217966 + 37886 + 35111 + 35111 + 17556 + 249891 + 199036 = 1830082 \text{ теңге.}$$

Формула бойынша біз жасаған шығындарды есептейміз:

$$Z_{\text{прив}} = E_n \cdot K + C_{\text{сум}}. \quad (6.8)$$

мұндағы  $E_n = 0,15$  - дамушы елдер үшін ЮНИДО ұсынған.

$$Z_{\text{прив.1}} = 0,15 \cdot 570000 + 2219797 = 2305297 \text{ теңге,}$$

$$Z_{\text{прив.2}} = 0,15 \cdot 395000 + 1830082 = 1889332 \text{ теңге.}$$

### **Экономикалық бөлім бойынша қорытынды**

Жоғарыда келтірілген есептеулерге сәйкес, екі жетекті жүйені салыстыру кезінде, екінші нұсқада келтірілген айнымалы ток электр жетегі шығындары әлдеқайда аз, және осыған сүйене отырып, мынадай қорытынды жасауға болады: екінші нұсқасы - ең үнемді.

## Қорытынды

Бұл дипломдық жобада ленталы конвейердің автоматтандырылған электр жетегі қарастырылды. Теориялық бөлігінде конвейерлердің жіктелуі, сондай-ақ конвейер ленталары толығырақ сипатталған. Сонымен қатар конвейердің кемшіліктері мен артықшылықтары айтылды.

Есептеу бөлімінде ленталы конвейердің жиілік түрлендіргіші есептелінді. ЖТ ленталы конвейер электр жетегінің математикалық сипаттамасы жазылып, оның моделі компьютерлік бағдарлама көмегімен құрылды. Бағдарлама көмегімен бұрыштық жылдамдық пен өтпелі процестер қисықтары алынды.

Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде ленталы конвейердің санитарлық - гигиеналық еңбек жағдайларын бағалау, жұмыс бөлмесіне жарықтану жүйесіне есеп жүргізу, автоматты өрт сөндіру жүйесін есептеу қарастырылды.

Жобаның экономикалық бөлігінде ленталы конвейердің екі қозғалтқышты электр жетегінің екі баламалы жүйелерінің техникалық және экономикалық көрсеткіштерін салыстырмалы талдау арқылы экономикалық тиімділікті бағалау жүргізілді. Нәтижесінде ең үнемді нұсқасы таңдалды.

## Әдебиеттер тізімі

- 1 Терехов В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008;
- 2 Конвейеры: Справочник / Р. А. Волков, А. Н. Гнутов, В. К. Дьячков и др.; ред. Ю. А. Пертен, - Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1984. 367 с., с ил.;
- 3 Руководство по эксплуатации IMA C2000.;
- 4 Исаханов М. Ж. И 85 Электр жетегі негіздері: Техникалық мамандық алушы студенттерге арналған //, - Алматы, 2009. – 178 бет.;
- 5 Алексеев С. Б. Силовые преобразовательные устройства: учеб. пособие. – Алматы: АИЭС, 2006. – 90с. – 2 н.а., 2 ч.з.;
- 6 Сагитов П. И., Мустафин М. А. Айнымалы ток электр жетегі (айнымалы токтары): оқу құралы. – Алматы, 2008. – 58 б. – 3 н.а., 2 ч. з.;
- 7 Сагитов П. И. Электропривод постоянного тока: Учеб. пособие. – 94с. – 3 н. а., 2 ч.з.;
- 8 Цыба Ю. А., Шадхин Ю. И., Тойгожинова Ж. Ж. Определение передаточной функции замкнутой системы ТП – ВД в программируемом комплексе Matlab // Вестник КазАТК. – Алматы: 2014, №6.;
- 9 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.;
- 10 Б. И. Түзелбаев, А. А. Жақыпов Сала экономикасы. Бітірушілер жұмысының экономикалық бөлімін орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар (Электр энергетикасы бағыты бойынша оқитын бакалаврлар үшін). – Алматы: АЭЖБУ, 2008.;