ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Т.Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

«Энергетика» кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**
«Энергетика»
кафедрасының меңгерушісі
м.а.
қауым.профессор, PhD
_____ Е.Ә.Сәрсенбаев
«14» ____05____2019 ж.

# ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Шахталық көп арқанды жүк көтеруге арналған автоматтандырылған электржетегін жасау»

Мамандығы 5В071800 - Электр энергетикасы

Орындаған Абушахман Ә. М.

Пікір беруші
АЭжБУ аға оқытушысы
техн./ғыл. канд.
_____ С.Ә. Юсупова
(колы)

Ғылыми жетекші
сениор-лектор
_____ Ә.О. Бердібеков
(колы)

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Т.Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

«Энергетика» кафедрасы

5В071800 - Электр энергетикасы

**БЕКІТЕМІН**
«Энергетика»
кафедрасының меңгерушісі м.а.
қауым. профессор, PhD
_____Е.Ә.Сәрсенбаев
«28» ____01____2019 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға**
**ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Абушахман Әбумансұр Мұсаәліұлы*
Тақырыбы: *Шахталық көп арқанды жүк көтеруге арналған автоматтандырылған электржетегін жасау*
Университет ректорының *2018жылғы «30» 10 №1210-б* бұйрығымен бекітілген.
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *2018 жылғы «14» мамыр*
Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: *көтерудің жылдық жобалық өнімділігі 2345000 т/жыл; тік оқпан тереңдігі 1000м; жылдағы жұмыс күндер саны 300; тәуліктегі жұмыс сағаттар саны 18; қор коэффициенті 1,5; жылдамдық диаграммасы- жеті периодты;*
Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:
*а) Электржетектің механикалық бөлігінің есебі*
*б) Көп арқанды шақтылық көтеру қондырғысының электржетегі*
*в) шақтылық көтеру қондырғысының электржетегін автоматты басқару*
*г) Электрқауіпсіздігі және экономикалық тиімділік есебі*
Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):
*Сызбалық материалдар 9 слайдпен көрсетілген*
Ұсынылатын негізгі әдебиет: *10 атау*

Дипломдық жұмысты дайындау

**КЕСТЕСІ**

| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі | Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері | Ескерту |
|---|---|---|
| Механикалық бөлім | 26-30 наурыз 2019ж. | неод |
| Электржетек элементтері | 23-28 сәуір 2019ж. | неод |
| Электржетекті автоматтандыру | 2-8 мамыр 2019ж. | неод |

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

**қолтаңбалары**

| **Бөлімдер атауы** | **Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)** | **Қол қойылған күні** | **Қолы** |
|---|---|---|---|
| Негізгі бөлім | Ә.О.Бердібеков, сениор-лектор | 05.05.2019 | |
| Экономика бөлімі | Ә.О.Бердібеков, сениор-лектор | 05.05.2019 | |
| Электр қауіпсіздігі бөлімі | Ә.О.Бердібеков, сениор-лектор | 13.05.2019 | |
| Норма бақылаушы | Н.Е.Балғаев, сениор-лектор | 14.05.2019ж | |

Ғылыми жетекші _____ Ә.О. Бердібеков
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Ә.М. Абушахман
(қолы)

Күні "10" наурыз 2019 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

# РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық
(жұмыс түрінің атауы)

Абушахман Әбумансур Мусаліұлы
(білім алушының Т.А.Ә.)

Электроэнергетика (5В071800)
(мамандық атауы және шифр)

Тақырыбы: Шахталық көп арқанды нүк көтеруге орнатылған автоматтандырылған электржетегін жобалау

Орындалды:
а) сызбалық бөлім 9 бет
б) түсіндірме жазба 55 бет

## ЖҰМЫС БОЙЫНША ЕСКЕРТУЛЕР

Бітіруші Абушахман Әбумансур бұл дипломдық жұмысында кішкене стандарттаудан (порта бояулау) қателіктер кеткен.

## Жұмысты бағалау

Бітіруші жұмыстың мазмұны мен құрамы, көлемі оқу жоспары мен бағдарламасына сәйкес, орнатылған нормативтер-КМЕ, БМБ, оқулықтар, оқытушылықтарға сай дұрыс шешімдер қабылданған. Жұмыс 85% болуға лайық.

**Рецензент**
АЭжБУ
«Электроника және робототехника»
Кафедрасының аға оқытушысы,
техн. ғыл. канд.
С. Юсупова
(қолы)
«___» _____ 20… ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

# ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс
(жұмыс түрінің атауы)

Абушахмаев Ибрахимжан Мусаевич
(білім алушының Т.А.Ә.)

5В071800 - Электр энергетикасы
(мамандық атауы және шифры)

Тақырыбы:

Шахтының көп арқонды жүк көтеруге арналған автоматтандырылған электржетегін таңдау

Дипломдық жұмыс орындау барысында білім алушы сөзге сезімтал жасалған күрделі жобалау материалдарын, дегенмен алдыңғы практика материалдарын бірлестіріп пайдаланды. Интернет желісі мен техникалық әдебиеттерден жұмыс істей алатындығын байқаттық.

Шахтының көтеруге арналған электржетегі өзінің жобалануының күрделілігімен ерекшеленеді. Бірақ соған қарамастан жобалау кезіндегі кейбір шешімдері өте ұтымды, әрі дұрыс болады.

Жұмыс 80% бағаға бағаланады, ал білім алушы Абушахмаев Ә. М. электрэнергетика бакалаврының біліктілігін алуға лайық.

**Ғылыми жетекші**

сеньор-лектор
( қызметі, дәрежесі, атауы)

_____ Ә. О. Бердібеков
(қолы)

«14» 05 2019ж.

**Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем**

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Абушахман Әбумансұр Мұсаәліұлы

**Название:** Шахталық көп арқанды жүк көтеруге арналған автоматтандырылған электржетегін жасау.doc

**Координатор:** Абдисаттар Бердибеков

**Коэффициент подобия 1**:9,9

**Коэффициент подобия 2**:2,6

**Тревога:343**

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

14.05.2019 ..... Бердібеков З.О. .....

*Дата* *Подпись Научного руководителя*

**Протокол анализа Отчета подобия**

**заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор**: Абушахман Әбумансұр Мұсаәліұлы

**Название**: Шахталық көп арқанды жүк көтеруге арналған автоматтандырылған электржетегін жасау.doc

**Координатор:** Абдисаттар Бердибеков

**Коэффициент подобия 1:**9,9

**Коэффициент подобия 2:**2,6

**Тревога:343**

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

14.05.19 .....

Дата

*Подпись заведующего кафедрой /*

*начальника структурного подразделения*

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**

допустить к защите

14.05.2021

Дата

*Подпись заведующего кафедрой /*

*начальника структурного подразделения*

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс көп арқанды шақтылық көтеру қондырғысының автоматтандырылған электржетегін жобалауға арналған. Онда шақтылық көтеру қондырғысының механикалық бөлігінің және оның электржетегінің негізгі элементтер есептеліп таңдалған. Шақтылық көтеру қондырғысының электржетегін автоматты басқару мәселелері қарастырылған.

Сонымен бірге кәсіпорындағы электр қауіпсіздігі шаралары мен экономикалық есептеулер де жүргізілген.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена проектированию автоматизированного электропривода многоканатной шахтной подъемной установки. Произведен расчет и выбор основных элементов механической части и электропривода шахтной подъемной установки. Рассмотрены вопросы автоматического управления электроприводом. На основании расчетов выбраны оптимальные элементы управления электроприводом.

Рассмотрены вопросы электробезопасности и экономической эффективности внедрения проекта.

## ANNOTATION

Thesis is devoted to the design of an automated electric drive of a multi-shaft mine lifting installation. The calculation and selection of the main elements of the mechanical part and the electric drive of the mine lifting installation was made. The issues of automatic control of the electric drive. Based on the calculations, the optimal drive controls were selected.

The issues of electrical safety and economic efficiency of project implementation are considered.

# МАЗМҰНЫ


Кіріспе
1 Электржетектің механикалық бөлігінің есебі
1.1 Скип таңдау
1.2 Көтеру арқандарын таңдау
1.3 Көп арқанды көтеру машинасын таңдау
1.4 Бас білік бойынша шкивтің сырғымау шарты
1.5 Көтеру уақыты
1.6 Көтеру қондырғысының кинематикасы
1.7 Көтеру қондырғысының динамикасы
2 Көп арқанды шақтылық көтеру қондырғысының электржетегі
2.1 Электржетек динамикасын есептеуге арналған бастапқы берілістер
2.2 Тиристорлық түрлендіргіш таңдау
2.3 Күштік трансформатор таңдау
2.4 Жатықтауыш реактор есептеу
2.5 Якорь тізбегінің автоматты ажыратқышын есептеу
2.6 Тиристорлық қоздырғыш таңдау
2.7 Жылдамдық бойынша кері байланыс тізбегіндегі тахогенераторды таңдау
3 Көп арқанды шақтылық көтеру қондырғысының электржетегін автоматты басқару
3.1 Электржетек координаттарын бағынышты реттеу жүйесін есептеу
3.2 Қоздыру тогының реттеу контурын есептеу
3.3 Якорь тізбегіндегі токты реттеу контурын есептеу
3.4 Жылдамдықты реттеу контурын есептеу
4 Кәсіпорындағы электр қауіпсіздігі
4.1 Қызметкердің электроқауіпсіздігі
4.2 Қорғаныстық жерлестіру және қорғаныстық нөлдестіру
4.3 Көтеру қондырғысының қорғаныс жерлестіруін есептеу
5 Экономикалық бөлім
5.1 Электржетекті жобалауға кететін шығындар
5.2 Электржетекті құруға кететін шығындар
5.3 Жалпы шығынды есептеу
5.4 Үнемдеу есебі
Қорытынды
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

# КІРІСПЕ

Шақтылық көтеру қондырғысы - шақтыны жер асты бөлігін жер бетімен байланыстыратын негізгі көлік кешені. Ол өндірілетін пайдалы қазба мен ұңғу кезіндегі тау жыныстарын жер бетіне шығаруға, адамдарды шақтыға түсіріп, шығаруға және кен-шақтылық жабдықтарды тасымалдауға арналған.

Көтеру қондырғылары былайша топталады: қолданылу мақсаты бойынша - басты немесе жүк, көмекші немесе жүк-адам тасымалдаушы; оқпан түрі бойынша – тік және көлбеу; арқан саны бойынша – бір және көп арқанды; орау органының түрі бойынша – орау радиусы тұрақты және айнымалы қондырғылар; көтеру ыдысының түрі бойынша – скипті, клетті, қауғалы; тепе-теңдік дәрежесі бойынша – теңдестірілген және теңдестірілмеген.

Көтеру қондырғыларын жобалау кезіндегі есептеулер мен таңдаулар шақтының жылдық қуатына, шығарылатын тау жыныстарының көлеміне, оқпан тереңдігіне, жұмыс істер тұрған горизонттар санына, жер астында жұмыс істейтін адамдар санына және шақтының жұмыс режіміне байланысты жүргізіледі. Көтеру қондырғыларының өнімділігі көтеру схемасына, көтеру ыдыстарының сыйымдылығы мен жылдамдығына және оқпан тереңдігіне тәуелді болады.

Көтеру ыдыстарының түрін салыстыратын болсақ, пайдалы қазбаларды көтеруге скипті қондырғылар жиі қолданылады. Скиптің өз салмағы мен оның көтеретін жүгінің ара қатынасы 0,6-дан 1,2-ге дейінгі аралықта ауытқиды. Бұл қатынас скиптің жүк көтерімділігі артқан сайын азая түседі. Жүкті тиеу және түсіру операциялары толығымен автоматтандырылған және олардың уақыты мейлінше қысқартылған.

Жүк тасымалдаушы ретінде әдетте екі скипті көтеру қондырғылары қолданылады, өйткені бұл кезде қондырғы өнімділігі бір скиптімен салыстырғанда екі есе артады. Скиптардың да екі түрі болады: төңкерілетін және төңкерімейтін. Төңкерілетін скиптар өздерінің сенімді әрі қарапайым құрылымымен және оқпанмен қозғалыс кезінде тау жыныстарының төгілмеуімен ерекшеленеді.

Түсіру қисықтары бойынша қозғалыс кезіндегі ыдыстардың динамикалық теңсіздік дәрежесінің жоғары болуы - көтеру қондырғыларының басты кемшілігі болып табылады.

Жобалауға тік оқпанды көтеру қондырғысын қабылдаймыз, өйткені тік оқпан кезінде жер бетіне шығару жолы қысқа, тік оқпанды құру технологиясы қарапайым және көлбеу оқпанмен салыстырғанда қаржылық шығындары мен жұмсалулары аз болып табылады.

## 1 Электржетектің механикалық бөлігінің есебі

Шақтылық көтеру қондырғысының (ШКҚ) механикалық бөлігінің негізгі параметрлеріне мыналарды жатқызуға болады: көтерілетін жүктің оңтайлы массасы, басты және соңғы арқандар диаметрі, қозғалыстың оңтайлы жылдамдығы, үдеуі және баяулауы, көтерудің тиімді қуаты. Көп арқанды ШКҚ жобалауға бастапқы берілістер 1.1-кестеде көрсетілген.

**1.1-кесте- Көп арқанды ШКҚ жобалауға бастапқы берілістер**

| Көрсеткіш атаулары | Өлшем бірлігі | Сандық мәні |
|---|---|---|
| Көтерудің жылдық жобалық өнімділігі, $А_г$ | мың т/жыл | 2345 |
| Тік оқпан тереңдігі, $Н_{ст}$ | метр | 1000 |
| Жылдағы жұмыс күндер саны | | 300 |
| Тәуліктегі жұмыс сағаттар саны | | 18 |
| Қор (резерв) коэффициенті | | 1,5 |
| Жылдамдық диаграммасы | жеті периодты | |

### 1.1 Скип таңдау

Скиптердің копер мен оқпанның төменгі бөлігінде орналасуын (1.1 – сурет) ескергенде есептік көтеру биіктігі:

$$H_р=H_{ст}+h_{загр}+h_{разгр}+2\cdot\Delta=1000+30+35+2\cdot0,35=1066 \text{ м}, \qquad (1.1)$$

мұндағы $H_{ст}$ – тік оқпан тереңдігі;

$h_{загр}$ – тасымалдау горизонтының белгісі мен тиеуші бункердің төменгі жиегі арасындағы көлденең (вертикал) қашықтық;

$h_{разгр}$ - «нөлдік» белгі мен қабылдаушы бункердің жоғарғы жиегі арасындағы көлденең (вертикал) қашықтық .

ШКҚ-ның сағаттық өнімділігі:

$$А_ч = \frac{c \cdot А_г}{nд \cdot t} = \frac{1,5 \cdot 2345 \cdot 10^3}{300 \cdot 18} = 651 \text{ т/ч}, \qquad (1.2)$$

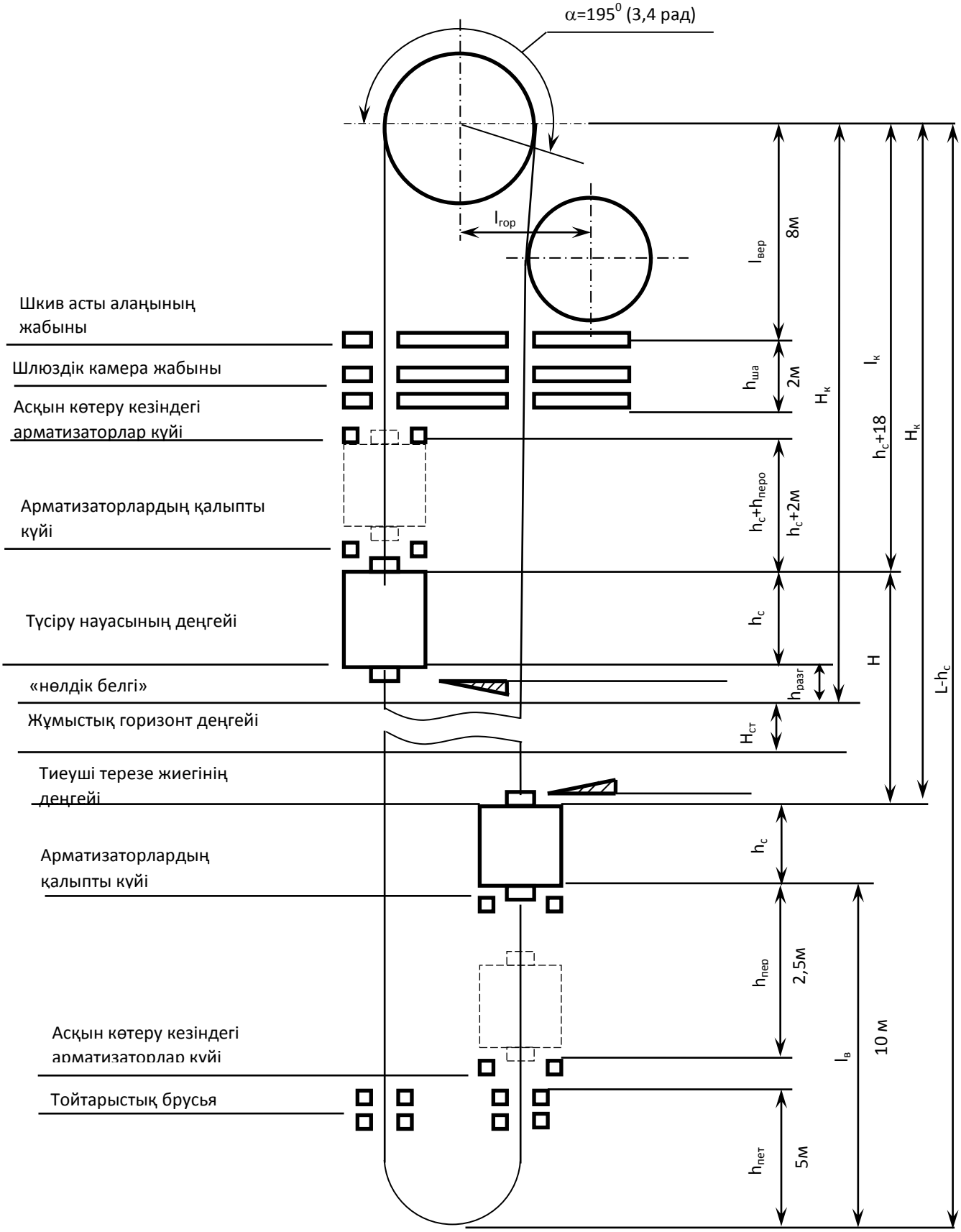
мұндағы $А_ч$ - ШКҚ-ның сағаттық өнімділігі, т/сағ;

$А_г$ - ШКҚ-ның жылдық өнімділігі, т/жыл;

с – өнімділіктің қор коэффициенті (с=1,5);

$n_д$ – жылдағы жұмыс күндер саны;

t – көтеру қондырғысының тәуліктегі жұмыс уақыты, сағ.




**1.1 – сурет - Скиптердің копер мен оқпанның төменгі бөлігінде орналасуы**

Көтеру қондырғысының эксплуатациялық шығындары минимал болатын оңтайлы жүк көтерімділік $Q_{опт}$, кг, көп арқанды екі скипті көтерулерге арналған формула бойынша анықталады:

$$Q_{опт} = A_ч \frac{2,9\sqrt{H} + t_п}{2,1} = 651\frac{2,9\sqrt{1066} + 10}{2,1} = 32452\ кг, \qquad (1.3)$$

мұндағы $A_ч$ – сағаттық өнімділік, кг;

$H_п$ – көтеру биіктігі, м;

$t_п$ – үзіліс ұзақтығы, с.

Жүк көтерімділігі $Q_п$=25т, массасы $Q_с$=24,4 т, түсіру жолы h=2,4 м болатын 2СН11-2 стандартты скип таңдалды[1].

Скип биіктігін $h_с$=13 м екендігін ескергендегі көтеру биіктігі:

$$H=H_р+h_с=1066+13=1079\ м. \qquad (1.4)$$

Төменгі қабылдағыш алаңнан үйкеліс шкиві осіне дейінгі қашықтық:

$$H_к=H+l_к=1066+13+18=1097\ м, \qquad (1.5)$$

мұндағы H – көтеру биіктігі, м;

$l_к=h_{ск}+18$ – копердағы көтеру арқандарының тіктеуіштерінің (отвестерінің) ұзындығы, м (1.1- сурет).

## 1.2 Көтеру арқандарын таңдау

Арқанның сызықтық массасы $P_к$, кг/м, мына формула бойынша анықталады:

$$P_к = \frac{Q_п + Q_с}{\frac{\sigma_в}{g \cdot z_{min} \cdot \rho_0} - H_к} = \frac{25 \cdot 10^3 + 24,4 \cdot 10^3}{\frac{1568 \cdot 10^6}{9,81 \cdot 4,5 \cdot 9700} - 1097} = 19,3\ кг/м, \qquad (1.6)$$

мұндағы $Q_п$ и $Q_с$ – бір рет көтерілетін жүктің пайдалы массасы мен скип массасы, кг;

$\sigma_в$ – арқан сымдарының үзілуіне уақытша кедергі, Н/м$^2$;

g=9,81м/с$^2$;

$z_{min}$=4,5 – беріктілік қоры коэффициенті;

$\rho_о$ – арқанның шартты тығыздығы, кг/м$^3$;

$H_к$ - төменгі қабылдағыш алаңнан үйкеліс шкиві осіне дейінгі қашықтық, м.

Көп арқанды көтерімнің көтеру арқандарының саны $n_к$ мына формула бойынша анықталады:

$$n_к = P_к \cdot \left(\frac{\varphi_к \psi}{D_{шт}}\right)^2 = 19,3 \cdot \left(\frac{0,0166 \cdot 95}{5}\right)^2 = 1,9, \qquad (1.7)$$

мұндағы $P_к$ - арқандардың сызықтық массасы, кг/м;

$D_{шт}$ - үйкеліс шкиві диаметрі, м;

$\varphi_к$ - арқан құрылымына тәуелді коэффициент;

$\psi$ - ауытқуы бар арқанды жүйелерге арналған қауіпсіздік ережелері бойынша $D_{шт}$ шамасының $d_к$ шамасына қатынасы, $\psi \geq 95$.

Алдын ала диаметрі $d_к$=46,5 мм, сызықтық массасы $P_к$=8,4кг/м, үзілу күштемесі $Q_р=1330 \cdot 10^3$ Н болатын төрт арқан $n_к$=4 қабылдаймыз[1].

Теңестіруші арқандардың сызықтық массасы $g_к$ мына формула бойынша анықталады:

$$g_к = \frac{n_к \cdot P_к}{n_{ук}} = \frac{4 \cdot 8,4}{3} = 11,2\,кг, \qquad (1.8)$$

мұндағы $n_к$ – көтеруші арқандар саны;

$P_к$ - көтеруші арқандардың сызықтық массасы, кг/м;

$n_{ук}$ - теңестіруші арқандар саны, (қауіпсіздік ережелері бойынша екеуден кем емес).

Өлшемдері 170×27,5 мм, есептік массасы $g_к$=11,5 кг/м болатын стандартты үш жалпақ арқан қабылданды[1].

Сызықтық массалар айырмасы:

$$n_к P_к = n_{ук} g_к \quad |4 \cdot 8,4 - 3 \cdot 11,2| = 0,9 \text{ кг/м}; \qquad (1.9)$$

Алдын ала таңдалған жүйені теңдестірілген деп қабылдаймыз.

## 1.3 Көп арқанды көтеру машинасын таңдау

ЦШ-5×4 типті көп арқанды көтеру машинасын таңдаймыз. Оның техникалық сипаттамалары төмендегідей:

| | |
|---|---|
| Арқан беруші шкив диаметрі | $D_ш$ =5 м; |
| Көтеруші арқан саны | $n_к$ =4; |
| Арқандардың статикалық созылуы | 1450 кН; |
| Арқандардың статикалық созылу айырмасы | 350 кН; |
| Машинаның сермеу моменті | $GD^2_м$=6250 кН·м$^2$; |

Ауытқушы шкивтардың сермеу моменті $GD^2_{ош}$ =500 кН·м$^2$.

Арқандардың статикалық созылуы мен олардың айырмаларының нақты мәндері мына формулалар бойынша анықталады:

$$T_{ст\ max}=(Q_п+Q_с+P_кH_к)g=(25\cdot10^3+24,4\cdot10^3+4\times8,4\cdot1097)9,81=846\cdot10^3\ Н;$$

$$T_{ст}=846\cdot10^3\ Н(факт)<1450\cdot10^3Н(норма); \qquad (1.10)$$

$$F_{ст}=[Q_п+(P_к-q)H]g=[25\cdot10^3+(4\cdot8,4-3\cdot11,5)\cdot1079]\cdot9,81=236\cdot10^3Н;$$

$$F_{ст}=236\cdot10^3Н(факт)<350\cdot10^3Н(норма). \qquad (1.11)$$

Беріктілік қоры коэффициенттері $Z_o$ и $Z_{min}$, мына формулалар бойынша анықталады:

$$z_0=\frac{n_кQ_p}{g(Q_n+Q_c)}=\frac{4\cdot1330\cdot10^3}{9,81\cdot(25\cdot10^3+24,4\cdot10^3)}=10,9(факт)>9,5(норма) \qquad (1.12)$$

$$z_{min}=\frac{n_кQ_p}{g(Q_n+Q_c+n_кP_кH_к+n_{ук}q_кl_з)}=$$

$$=\frac{4\cdot1330\cdot10^3}{9,81\cdot(25\cdot10^3+24,4\cdot10^3+4\cdot8,4\cdot1097+3\cdot11,5\cdot10)}=$$

$$=6,3(факт)>4,5(нор), \qquad (1.13)$$

мұндағы $Z_o$, $Z_{min}$ - беріктілік қоры коэффициенттерінің нақты мәндері;

$Q_п$, $Q_с$ – пайдалы жүк массасы мен ыдыс массасы, кг;

$n_к$, $n_{ук}$ – көтеруші және теңестіруші арқандар саны;

$Q_р$ – арқанның барлық сымдарының жалпы ажыратқыш күштемесі, Н;

$P_к$, $q_к$ - көтеруші және теңестіруші арқандардың сызықтық массасы, кг/м;

$H_к$ – төменгі қабылдау алаңынан бас шкив арқандарының осіне дейінгі қашықтық, м;

$l_з$ - зумпфадағы теңестіруші арқандар тіктеуіші, м.

Қорытындылай келе, жобалауға ЦШ-5×4 типті көп арқанды көтеру машинасын, маркировка тобы 1568 диаметрі 46,5 мм болатын ЛК-РО типті төрт көтеру арқанын және өлшемдері 170×27,5 мм болатын үш теңестіруші арқанды қабылдаймыз[1].

## 1.4 Бас білік бойынша шкивтің сырғымау шарты

Қауіпсіздіктің статикалық коэффициенті $К_{сб}$ мына формула бойынша анықталады:

$$K_{сб} = \frac{g(Q_c + qH - c)(e^{fa} - 1)}{g(Q_c + Q_n + pH + c) - g(Q_c + qH - c)} = \tag{1.14}$$

$$\frac{9{,}81 \cdot (24400 + 34{,}5 \cdot 1079 - 1250)(2{,}72^{0{,}25 \cdot 1{,}1 \cdot 3{,}14} - 1)}{9{,}81 \cdot (25000 + 24400 + 33{,}6 \cdot 1079 + 1250) - 9{,}81 \cdot (24400 + 34{,}5 \cdot 1079 - 1250)} = 3{,}3$$

3,3(факт)>2(норма),

мұндағы $F_{ст\ max}=(Q_п+Q_c+pH+c)g$ – бас шкивті орайтын арқанның бір тармағының мүмкін болған ең үлкен созылуы, Н;

$F_{ст\ min}=(Q_c+qH-c)g$ – арқанның басқа тармағының ең аз созылуы;

е - натурал логарифм негізі;

f – арқандар мен бас шкив футеровкасы арасындағы үйкеліс коэффициенті;

$\alpha$ - бас шкивтің қамту бұрышы, рад;

$c=\frac{к-1}{2}Q_п$ - арқанның бір тармағының қозғалысқа кедергісі;

к=1,1 – скиптік көтерім үшін [1].

Максимал рұхсат етілген үдеу мен тежеу ($a_{1\ max}$, $a_{3\ max}$) мына формула бойынша анықталады:

$$a_{1max} = \frac{e^{f\alpha}(m_1 - c) - (m_2 + c)}{e^{f\alpha}(m_1 + m_{ощ} + A)(m_2 + A)} g = \tag{1.15}$$

$$\frac{2{,}72^{0{,}25 \cdot 1{,}1 \cdot 3{,}14}(61{,}6 \cdot 10^3 - 1250) - (85{,}7 \cdot 10^3 + 1250)}{2{,}72^{0{,}25 \cdot 1{,}1 \cdot 3{,}14}(61{,}6 \cdot 10^3 + 2039 + 1478{,}4)(85{,}7 \cdot 10^3 + 1478{,}4)} \cdot 9{,}81 = 2{,}28\ м/с^2$$

2,28(факт)>2(норма)

$$a_{3max} = \frac{e^{f\alpha}(m_1 + c) - (m_2 - c)}{e^{f\alpha}(m_1 + m_{ош} + A) + (m_2 + A)} g = \tag{1.16}$$

$$= \frac{2{,}72^{0{,}25 \cdot 1{,}1 \cdot 3{,}14}(61{,}6 \cdot 10^3 + 1250) - (85{,}7 \cdot 10^3 - 1250)}{2{,}72^{0{,}25 \cdot 1{,}1 \cdot 3{,}14}(61{,}6 \cdot 10^3 + 2039 + 1478{,}4) + (85{,}7 \cdot 10^3 + 1478{,}4)} \cdot 9{,}8 = 2{,}62\ м/с^2$$

мұндағы $m_1=Q_c+qH=24,4\cdot10^3+3\cdot11,5\cdot1079=61,6\cdot10^3$ кг;

$m_2=Q_п+Q_c+PH=25\cdot10^3+244\cdot10^3+4\cdot8,4\cdot1079=85,7\cdot10^3$ кг;

$A=PL_{вш}=4\cdot8,4\cdot44=1478,4$ кг·м;

$m_{ош}=\frac{GD^2{}_{ош}}{gD^2{}_{ош}}=\frac{500\cdot10^3}{9,81\cdot5^2}=2039\,кг$ - барлық ауытқушы шкивтардың келтірілген массасы, кг;

$L_{вш}$ – көтеруші арқанның жоғарғы қабылдағыш алаң деңгейінен оның бас үйкеліс шкивіне жанасуына дейінгі ара қашықтығы, м.

Үдеу және тежеу мәндері $a_1=a_3=0,6$м/с$^2$, $a'=a''=0,3$м/с$^2$ және жылдамдық мәндері $V'=V''=0,8$м/с$^2$ болатын жеті периодты жылдамдық диаграммасын қабылдаймыз. Бұл мәндер максимал рұхсат етілген мәндердің 80%-ін құрайды. Қауіпсіздік ережелеріне де сәйкес келеді.

## 1.5 Көтеру уақыты

Бір сағат ішіндегі көтеру операцияларының саны $n_{пч}$ мына формула бойынша анықталады:

$$n_{пч}=A_ч/Q_п=651\cdot10^3/24,4\cdot10^3=26. \qquad (1.17)$$

Көтеру операциясының есептік уақыты $T_{рп}$ мына формула бойынша анықталады:

$$T_{рп}=3600/n_{пч}=3600/26=139\text{ с}. \qquad (1.18)$$

Көтеру ыдыстарының қозғалыс уақыты $T_р$ мына формула бойынша анықталады:

$$T_р=T_{рп}-t_п=139-11=128\text{с}, \qquad (1.19)$$

мұндағы $t_п$ – үзіліс уақыты, с.

Көтерудің орташа жылдамдығы $V_{ср}$ мына формула бойынша анықталады:

$$V_{ср}=H/T_р=1079/128=8,4\text{ м/с}, \qquad (1.20)$$

мұндағы H – көтеру биіктігі, м.

Шамамен алынған максимал көтеру жылдамдығы $V_{max}$ мына формула бойынша анықталады:

$$V_{max}=a_c V_{ср}=1,35\cdot 8,4=11,4 м/с, \quad (1.21)$$

мұндағы $a_c$ – жылдамдық көбейткіші , 1,15÷1,35 деп қабылданады [1].

Талап етілген айналу жиілігі $n_{ктш}$ мына формула бойынша анықталады:

$$n_{ктш}=60V_{max}/\pi D_{ктш}=60\cdot 11,4/(3,14\cdot 5)=44 об/мин. \quad (1.22)$$

Жетектік қозғалтқыштың шамамен алынған қуаты:

$$N_{ор}=\frac{кQ_n Hg}{1000T_p h_n}\rho=\frac{1,1\cdot 25\cdot 10^3\cdot 1079\cdot 9,81}{1000\cdot 128\cdot 0,93}\cdot 1,3=3180\ кВт, \quad (1.23)$$

мұндағы к – көтеру ыдыстарының қозғалысы кезінде ауа кедергісін, бағыттаушы шкивтардың подшипниктеріндегі үйкелісті және арқандар қаттылығын ескеретін коэффициент (к=1,1) [1];

$Q_п$ – пайдалы жүк массасы, кг;

Н – көтеру биіктігі, м;

$g=9,81$ м/с$^2$ – еркін түсу үдеуі;

$T_р$ - көтеру ыдыстарының қозғалыс ұзақтығы, с;

$\eta_п=0,93$ - көтеру қондырғысының ПӘК-і;

$\rho=1,3$ – динамикалық жүктемені ескеретін скипті көп арқанды қондырғыларға арналған динамикалық режім коэффициенті.

Алдын ала, қуаты 4000 кВт, айналу жиілігі 50 айн/мин болатын П2-800-255-КУ4 қозғалтқышын таңдаймыз [1].

## 1.6 Көтеру қондырғысының кинематикасы

Жылдамдықтың трапецеялық диаграмма негіздемесі $T_o$, оған сәйкес жол $H_o$ және үдеу модулі $a_м$ мына формулалар бойынша анықталады:

$$T_o=T_p-t'-t'_1-t''_1-t''+\frac{V'}{a_1}+\frac{V''}{a_3}=128-3-2-2-3+\frac{0,8}{0,6}+\frac{0,8}{0,6}=121\ с, \quad (1.24)$$

мұндағы $T_р$ – қозғалыс ұзақтығы, с;

$t'$, $t'_1$, $t''$, $t''_1$ - түсіру қисықтары бойынша қозғалыс кезінде скиптің қозғалыс ұзақтығы, с;

$V'$ и $V''$ - түсіру қисықтарынан шығу және оларға кіру жылдамдықтары, м/с;

$a_1$ и $a_3$ – үдеу мен тежеу, м/с$^2$.

$$H_0 = H - 2h_p + \frac{V'^2}{2a_1} + \frac{V''^2}{2a_3} = 1079 - 2 \cdot 2{,}4 + \frac{0{,}8^2}{2 \cdot 0{,}3} + \frac{0{,}8^2}{2 \cdot 0{,}3} = 1075\ м, \qquad (1.25)$$

мұндағы H – көтеру биіктігі, м;

$h_p$ - түсіру қисықтарындағы скиптің қозғалу жолы, м.

$a_м = a_1 a_3/(a_1+a_3) = 0{,}6 \times 0{,}6/(0{,}6+0{,}6) = 0{,}3$ м/с.

Түсіру қисықтары бойынша қозғалыс кезінде бос скиптің қозғалыс ұзақтығы $t'$, $t'_1$ мен жүктелген скиптің қозғалыс ұзақтығы $t''$, $t''_1$ мына формулалар бойынша анықталады:

$$t' = t'' = V'/a' = V'/a'' = 0{,}8/0{,}3 = 3\ с; \qquad (1.26)$$

$$t_1' = t_1'' \frac{h_p - \frac{V't'}{2}}{V'} = \frac{h_p - \frac{V''t''}{2}}{V''} = \frac{2{,}4 - \frac{0{,}8 \cdot 3}{2}}{0{,}8} = 2\ с. \qquad (1.27)$$

Скиптің қозғалу уақыты $t_1$,$t_3$ мен оның $a_1$ үдеумен және $a_3$ тежеумен қозғалған кездегі жолы мына формулалар бойынша анықталады:

$$t_1 = t_3 = \frac{V_{max} - V'}{a_1} = \frac{V_{max} - V''}{a_3} = \frac{11{,}4 - 0{,}8}{0{,}6} = 19\ с; \qquad (1.28)$$

$$h_1 = h_3 = \frac{V_{max} + V'}{2} t_1 = \frac{V_{max} + V''}{2} t_3 = \frac{11{,}4 + 0{,}8}{2} 19 = 122\ м. \qquad (1.29)$$

Қалыпты қозғалыс кезіндегі жол $h_2$ мен қозғалыс ұзақтығы $t_2$ мына формулалар бойынша анықталады:

$$h_2 = H - 2h_p - h_1 - h_3 = 1079 - 2 \cdot 2{,}4 - 122 - 122 = 830\ м; \qquad (1.30)$$

$$t_2 = h_2/V_{max} = 830/11{,}4 = 69\ с. \qquad (1.31)$$

Көтеру есептік максимал жылдамдығы $V_{max}$ мына формула бойынша анықталады:

$$V_{рм} = a_м T_0 - \sqrt{(a_м T_0)^2 - 2a_м H_0} = 0{,}3 \cdot 121 - \sqrt{(0{,}3 \cdot 121)^2 - 2 \cdot 0{,}3 \cdot 1075} = 10{,}4\ м/с.$$
(1.32)

Қажетті (талап етілетін) айналу жиілігі:

$$n = \frac{60V_{max}}{\pi D_б} = \frac{60 \cdot 10,4}{3,14 \cdot 5} = 40\ об/мин. \quad (1.33)$$

Көтеру ыдыстарының қозғалыс ұзақтығы Т мына формула бойынша анықталды:

$$T=t'+t'_1+t_1+t_2+t_3+t''_1+t''=3+2+19+69+19+2+3=117\ с. \quad (1.34)$$

Өнімділіктің нақты қор коэффициенті $C_ф$ мына формула бойынша анықталды:

$$C_ф = C\frac{T_p + t_n}{T + t_n} = 1,5\frac{128 + 11}{117 + 11} = 1,63, \quad (1.35)$$

мұндағы С=1,5 - өнімділіктің қор коэффициенті [1].

Сонымен, жылдамдықтар пен үдеулер диаграммаларының параметрлерін төмендегідей қабылдаймыз:

$V'=V''=0,8$м/с; $t'=t''=3$с; $h_p=2,6$м; $V_{max}=12$м/с;

$t_1=t_3=19$с; $h_1=h_3=122$м; $h_2=830$м; $t_2=69$с;

$a'=a''=0,3$м/с$^2$; $a_1=a_3=0,6$м/с$^2$; $T=117$с; $H=1079$м;

$t'_1=t''_1=2$с .

## 1.7 Көтеру қондырғысының динамикасы

ЦШ-5×4 $m'_м$ типті машинаның, $m'_{ош}$ ауытқушы шкивтарының және П2-800-255-8КУ4 $m'_д$ типті қозғалтқыштың массасы мына формулалар бойынша анықталды:

$$m'_м=GD^2_м/gD^2_{шт}=6250\cdot10^3/(9,81\cdot5^2)=25,5\times10^3кг; \quad (1.36)$$

$$m'_{ош}=GD^2_{ош}/gD^2_{шт}=500\cdot10^3/(9,81\cdot5^2)=2039кг; \quad (1.37)$$

$$m'_д=GD^2_д/gD^2_{шт}=2400\cdot10^3/(9,81\cdot5^2)=9786кг, \quad (1.38)$$

мұндағы $GD^2_м$, $GD^2_{ош}$, $GD^2_д$ - машинаның, ауытқушы шкивтардың және қозғалтқыш якорінің сермеу моменттері, Н·м$^2$.

Көтеру арқандарының ұзындығы $L_{пк}$ мына формула бойынша анықталды:

$$L_{пк}=H+2h_{вк}+\pi D_{шт}/2=1079+2\times35+3,14\times5/2=1157м, \quad (1.39)$$

мұндағы H – көтеру биіктігі, м;

$h_{вк}$ – жоғарғы қабылдау алаңынан үйкеліс шкивінің осіне дейінгі қашықтық, м;

$D_{шт}$ - үйкеліс шкивінің диаметрі, м.

Теңдестіру арқандарының ұзындығы $L_{ук}$ мына формула бойынша анықталды:

$$L_{ук}=H+30=1079+30=1109 \text{ м}, \quad (1.40)$$

мұндағы 30 – оқпан зумпфасында түйін жасауға және арқанды көтеру ыдыстарына байлауға кететін арқанның шамамен алынған ұзындығы, м.

Үйкеліс шкивінің дөңгелігіне келтірілген көтеру қондырғысының барлық қозғалмалы бөліктерінің массасы $m_п$ мына формула бойынша анықталды:

$$m_п=Q_п+2Q_с+L_{пк}P+L_{ук}q+m'_{ош}+m'_м+m'_д=$$

$$=25\cdot10^3+2\cdot24,4\cdot10^3+1157\cdot4\cdot8,4+1109\cdot3\times11,5+25,5\cdot10^3+2039+9786=$$

$$=188\times10^3 кг, \quad (1.41)$$

мұндағы $Q_п$ и $Q_с$ – пайдалы жүк массасы мен скип массасы, кг;

P и q – көтеру және теңдестіруші арқандардың сызықтық массасы, кг;

$L_{пк}$ и $L_{ук}$ - көтеру және теңдестіруші арқандардың ұзындығы, кг;

$m'_{ош}$, $m'_м$, $m'_д$ - ауытқушы шкив, машина және қозғалтқыш якорінің массалары, кг.

Академик М.М. Федоровтың негізгі динамикалық теңдеуінен қозғаушы күштеме F табылады (1.2- кесте):

$$F=[1,1Q_п+(H-2h_х)\cdot(q-P)]g\pm m_п a=$$

$$=[1,1\cdot25\cdot10^3+(1079-2\cdot h_х)(3\cdot11,5-4\cdot8,4)]9,81\pm188\cdot10^3 a=$$

$$=283\cdot10^3-23,5\cdot h_х\pm188\cdot10^3 a. \quad (1.42)$$

Эквиваленттік күштеме $F_{эк}$ мына формула бойынша анықталады:

$$F_{эк}=\sqrt{\frac{\sum F^2 t}{T'_n}}, \qquad (1.43)$$

мұндағы

$T'_п=к_{уд}(t'+t'_1+t_1+t_3+t''+t''_1)+t_2+k_п t_п=0,5(3\cdot2+2\cdot2+19\cdot2)+69+0,25\cdot11=96$ с;

$к_{уд}=0,5$, $к_п=0,25$ – үдеумен және тежеумен қозғалыс кезінде салқындату жағдайларының нашарлауын ескеретін коэффициенттер;

F и t – күштеме және күштемелік диаграмманың элементар учаскесіндегі уақыт (ұзақтық).

$$\sum F^2 t=(339400^2+339381^2)\frac{3}{2}+(282981^2+282981\cdot282943+282943^2)\frac{2}{3}+$$
$$+(395744^2+392874^2)\frac{19}{2}+(280074^2+280074\cdot260552+260552^2)\frac{69}{3}+$$
$$+(147752^2+144883^2)\frac{19}{2}+(257683^2+257683\cdot257254+257254^2)\frac{2}{3}+$$
$$+(201254^2+201221^2)\frac{3}{2}=9,158\cdot10^3 Н; \qquad (1.44)$$

$$F_{экв}=\sqrt{\frac{9,158\cdot10^3}{96}}=308862\ Н.=308862 Н.$$

**1.2-кесте- Қозғаушы күштеме мәндері**

| h,м | a,м/с$^2$ | F,Н |
|---|---|---|
| 0 | 0,3 | 339400 |
| 0,8 | 0,3 | 339381,184 |
| 0,8 | 0 | 282981,184 |
| 2,4 | 0 | 282943,552 |
| 2,4 | 0,6 | 395743,552 |
| 124,4 | 0,6 | 392874,112 |
| 124,4 | 0 | 280074,112 |
| 954,4 | 0 | 260552,512 |
| 954,4 | 0,6 | 147752,512 |
| 1076,4 | 0,6 | 144883,072 |
| 1076,4 | 0 | 257683,072 |
| 1077,6 | 0 | 257654,848 |
| 1077,6 | 0,3 | 201254,848 |
| 1079 | 0,3 | 201221,92 |

Көтеру кезіндегі асқын жүктеме коэффициенті:

$$K_{под} = \frac{F_{max}}{F_{эк}} = \frac{395743}{308861} = 1{,}28 < 2\,(ннорма, \qquad (1.45)$$

мұндағы $F_{max}$- жүкті көтеру кезіндегі максимал қозғаушы күш, Н.

Қозғалтқыштың номинал қуаты $P_д$ мына шарт бойынша таңдалады:

$$P_{ном} \geq P_{эф} = N_{эф} = \frac{F_{эк} V_{max}}{1000\eta_н} = \frac{308862 \cdot 13}{1000 \cdot 0{,}93} = 4317\ кВт. \qquad (1.46)$$

Қозғаушы күштемелердің диаграммалары 1.2-суретте көрсетілген.

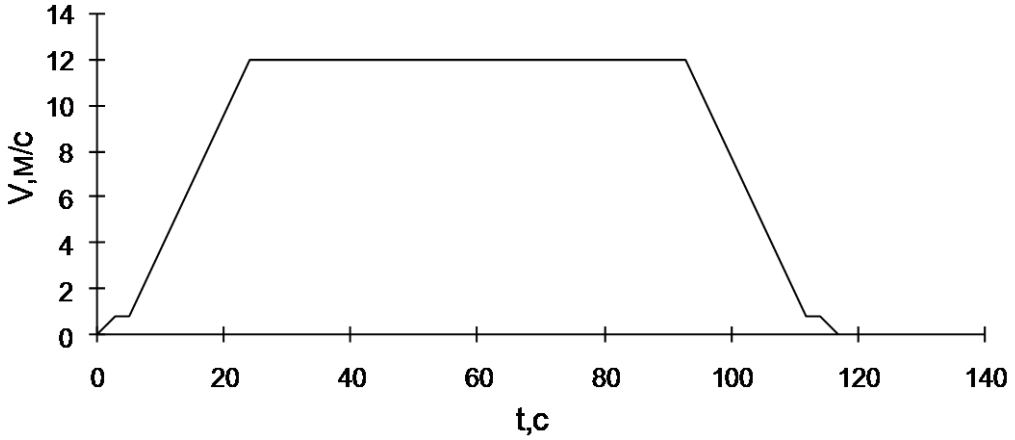
Сонымен, жобалауға номинал қуаты $P_{ном}$=5000 кВт, айналу жиілігі $n_{ном}$=63 айн/мин болатын П2-800-255-8КУ4 қозғалтқышын қабылдаймыз, өйткені эквиваленттік және номинал қуаттар арасындағы айырмашылық 5%,-тен жоғары. [1]:

$$\frac{4317 - 4000}{4317} 100\% = 7{,}34\%,$$

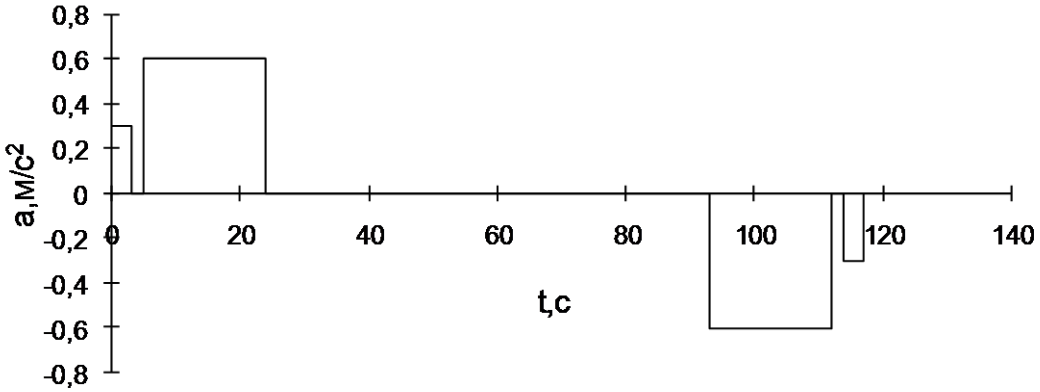
Ал жылдамдық алу кезіндегі асқын жүктеме мынаған тең:

$$\lambda = \frac{F_{max}}{\dfrac{30P_{ном}}{\pi n_{ном} 0{,}5D_{шт}}} = \frac{395743}{\dfrac{30 \cdot 5000}{3{,}14 \cdot 63 \cdot}} = 1{,}3 < \lambda_{дв} = \ , \qquad (1.47)$$

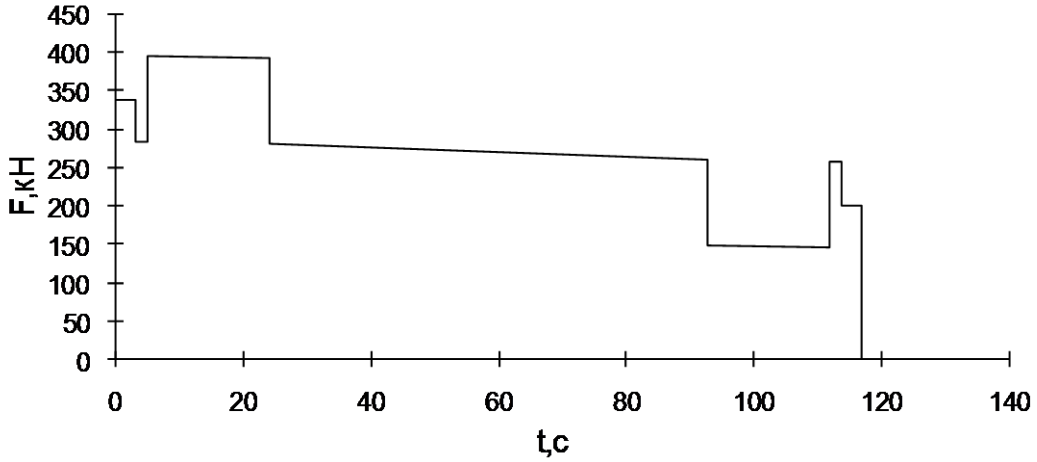
мұндағы $\lambda_{дв}$ – таңдалған қозғалтқыштың асқын жүктемелік қабілеті.




б)




в)




**1.2- сурет - Жылдамдықтар (а), үдеулер (б) және қозғаушы күштемелер (в) диаграммалары**

## 2 Көп арқанды шақтылық көтеру қондырғысының электржетегі

### 2.1 Электржетек динамикасын есептеуге арналған бастапқы берілістер

*Қозғалтқыш*

| | |
|---|---|
| Типі | П2-800-255-8КУ4 |
| Номинал қуаты | $P_{ном}$=5000кВт |
| Номинал айналу жиілігі | $n_{ном}$=63айн/мин |
| Номинал кернеуі | $U_{ном}$=930В |
| Номинал тогы | $I_{ном}$=5740А |
| Номинал моменті | $M_{ном}$=774кН·м |
| Номинал қоздыру ағыны | $Ф_{ном}$=0,375Вб |
| Пайдалы әсер коэффициенті | $\eta_{ном}$=90,5% |
| Қоздыру тогы | $I_в$=145А |
| Қоздыру орамының кернеуі | $U_в$=200В |
| Полюстер саны | 2р=16 |
| Якордің параллель тармақтар саны | 2а=16 |
| Якорь орамының кедергісі | $R_{я20}$=0,00348Ом |
| Қосымша полюстер кедергісі | $R_{д20}$=0,000631Ом |
| Компенсациялық орам кедергісі | $R_{к20}$=0,00235Ом |
| Қоздыру орамының кедергісі | $R_{в20}$=0,87Ом |
| Асқын жүктемелік қабілет (жұмыстық) | $\lambda_р$=1,6 |
| Асқын жүктемелік қабілет (ажыратушы) | $\lambda_в$=1,8 |
| Якорь тармақтарының саны | $W_{яд}$=1080/16 |
| Бас полюс тармақтарының саны | $W_{пд}$=84 |
| Қосымша полюс тармақтарының саны | $W_{дд}$=2 |
| Полюстегі компенсациялық орам тармақтарының саны | $W_{кд}$=3 |

*Қоректендіруші торап*

| | |
|---|---|
| Номинал кернеу | $U_с$=6000В |
| Жиілік | $f_с$=50Гц |
| Қысқа тұйықталу қуаты | $S_к$=15000МВ·А |

*Көтеру машинасы*

| | |
|---|---|
| Типі | ЦШ5×4 |
| Көтерудің тиімді қуаты | $P_{эф}$=4317кВт |
| Көтерудің максимал жылдамдығы | $V_{max}$=16м/с |
| Орташа жылдамдық | $V_{ср}$=8,4м/с |
| Жылдамдық көбейткіші | λ=1,35 |
| Үйкеліс шкивінің радиусы | $D_{шт}$=5м |
| Максимал күштеме | $F_{max}$=395743Н |

## 2.2 Тиристорлық түрлендіргіш таңдау

Қозғалтқышының қоздыру орамында реверсі бар, түзетуші көпірлері тізбектей жалғанған тиристорлық электржетектің күштік 12-пульстік схемасын қолданамыз. Тиристорлық түрлендіргіш таңдалған соң, күштік схеманы нақтылаймыз.

Якорь тізбегінің актив кедергісі $R_{яц}$ мына формула бойынша анықталады:

$R_{яц}=к_1к_2(R_{я20}+R_{д20}+R_{к20}+R_{щ})=$

$1{,}15\cdot1{,}1(0{,}00348+0{,}000631+0{,}00235+0{,}0005)=0{,}00880566$ Ом, (2.1)

мұндағы $к_1=1{,}15$ - жұмыстық температураға 60°С келтіру коэффициенті [2];

$к_2=1{,}1$ – байланыстырушы сымдар кедергісін ескеретін коэффициент,

[2];

$R_{я20}$, $R_{д20}$, $R_{к20}$, $R_{щ}$ - якорь орамының, қосымша полюстердің, компенсациялық орамның және щеткалық контактінің кедергілері, Ом

Қозғалтқыштың ЭҚК мен сызықтық жылдамдық арасындағы пропорционалдық коэффициент мына формула бойынша анықталады:

$$к_v=\frac{U_{ном}-R_{яц}I_{ном}}{V_{max}}=\frac{930-0{,}0088056\cdot5740}{16}=55\,\frac{В}{м/с}, \qquad (2.2)$$

мұндағы $U_{ном}$ и $I_{ном}$ – қозғалтқыштың номинал кернеуі мен тогы;

$R_{яц}$ – якорь тізбегінің кедергісі, Ом;

$V_{max}$ – көтерудің максимал жылдамдығы, м/с.

Түзетілген кернеудің коммутациялық төмендеуі мына формула бойынша анықталады:

$$U_{к\,ср}=0{,}5e_к к_v V_{max}=0{,}5\cdot0{,}06\cdot55\cdot16=26{,}4\ В, \qquad (2.3)$$

мұндағы $e_к$- трансформатордың қысқа тұйықталу кернеуі, (салыстырмалы бірлікпен).

Көтеру қондырғысының жұмыс циклі ішіндегі тиімді ток мына формула бойынша анықталады:

$$I_{эф}=P_{эф}/(V_{max}\cdot к_v)=4317\cdot10^3/(16\times55)=4906\ А,$$

мұндағы $P_{эф}$ - көтерудің тиімді қуаты, Вт.

Тиристорлық түрлендіргіш таңдау екі параметр бойынша жүргізіледі - түзетілген ток $I_{d\ ном}$ және түзетілген кернеу $U_{d\ ном}$ бойынша. Бірақ бұл кезде мына шарт сақталуы тиіс:

$$I_{d\ ном} \geq I_{эф} \text{ и } U_{d\ ном} \geq U_{ном}\ . \qquad (2.4)$$

КТЭУ-6300/1050-1249314-200Т-УХЛ4 типті жинақты (комплектік) тиристорлық электржетек қабылдаймыз. Көпірлері тізбектеліп қосылатын ТП3-6300/1050Т-10/ОУ4 типті тиристорлық агрегат таңдаймыз [2].

Тиристорлық түрлендіргіш ПӘК-і мына формула бойынша анықталады:

$$\eta_{тп} = \frac{U_{do} - \Delta U_{кср} - \Delta U_{т}}{U_{do}} = \frac{1050 - 26,4 - 0,96}{1050} = 0,97\ , \qquad (2.5)$$

мұндағы $U_{do}$ – максимал түзетілген кернеу (басқару бұрышы $\alpha$=0), В;

$\Delta U_{к\ ср}$ – түзетілген кернеудің коммутациялық төмендеуі, В;

$\Delta U_{т}$=0,96 В - тиристордағы кернеудің орташа статикалық түсуі [2].

Тиристорлық түрлендіргіштің беріліс коэффициенті $к_{тп}$ мына формула бойынша анықталады:

$$к_{тп}=U_{d\ ном}/U_{вх\ тп}=1050/8=131,25\ В, \qquad (2.6)$$

мұндағы $U_{d\ ном}$ - номинал түзетілген кернеу, В;

$U_{вх\ тп}$=8 В – басқарудың кірістік кернеуі.

## 2.3 Күштік трансформатор таңдау

Күштік трансформатордың толық қуаты $S_{т}$ мына формула бойынша анықталады:

$$S_{т} = \frac{P_{эф}}{\eta_{д} \cdot \eta_{тп} \cdot \eta_{т} \cdot к_{ит} \cdot к_{м\,ср\,вз}} = \frac{4317 \cdot 10^{3}}{0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,955 \cdot 0,97 \cdot 0,575} = 9232,5\ кВт, \qquad (2.7)$$

мұндағы $к_{м\ ср\ вз}$=0,575 – орташа салыстырмалы қуат коэффициенті[2].

Трансформатор таңдауға қажетті, екіншілік орамның сызықтық кернеуі мына формула бойынша анықталады:

$$U_2=(к_з/к_{сх})\cdot(V_{max}к_v+U_{кср}+I_{эф}R_{яц})=$$

$$=(1,1/1,35)(16\cdot55+26,4+4906\cdot0,00881)=773\ В, \qquad (2.8)$$

мұндағы $к_з$=1,1 – қор коэффициенті [2];

$к_{сх}$=1,35 - түзету схемасы коэффициенті [2];

$к_u$ - пропорционалдық коэффициент, В/(м/с);

$U_{к\ ср}$ – кернеудің коммутациялық төмендеуі, В;

$I_{эф}$ - тиімді ток, А;

$R_{яц}$ - якорь тізбегі кедергісі, Ом;

$V_{max}$ – максимал жылдамдық, м/с.

Трансформатор таңдау екі параметр бойынша жүргізіледі – толық қуат $S_{т\ ном}$ және екіншілік орамдағы кернеу $U_{2ном}$ бойынша. Бірақ бұл кезде мына шарт сақталуы тиіс:

$$S_{т\ нои} \geq S_т \text{ и } U_{2ном} \geq U_2. \qquad (2.9)$$

ТП3-6300/1050-10/ОУ4 типті түрлендіргіш агрегат құрамына ТДНПД-12000/10У2 типті екі орамды, бір бакте екі актив бөлігі бар майлы трансформатор таңдаймыз [2].

## 2.4 Жатықтауыш реактор есептеу

Жатықтаушы индуктивтілік түзетілген ток үздіксіздігі шарты бойынша анықталады. Бұл кезде тиристорлардың жабылу бұрышы $\alpha$=80°, ал жүктеме тогы номиналдың 10%-іне ($0,1I_{d\ ном}$) тең болғанда үзілісті ток режімі жойылуы тиіс деп қабылданады.

Түзетуші ток тізбегінің жалпы кедергісі $R_s$ мына формула бойынша анықталды:

$$R_\Sigma = R_{яц} + \frac{\Delta U_т + \Delta U_{к\ ср}}{I_{эф}} = 0,00880566 + \frac{0,96+26,4}{4906} = 0,01438\ Ом. \qquad (2.10)$$

Базалық ток мына формула бойынша анықталады:

$$I_б = \frac{U_{2\ max}}{R_\Sigma} = \frac{1050}{0,01438} = 75000\ А, \qquad (2.11)$$

мұндағы $U_2$ – күштік трансформатордың вентилдік орамындағы кернеудің максимал мәні .

Салыстырмалы бірліктермен алынған номинал ток:

$$іном = \frac{I_{дв}}{I_б} = \frac{5740}{75 \cdot 10^3} = 76 \cdot 10^{-3}; \qquad (2.12)$$

Жүктеменің базалық параметрі 2.1-суреттегі [2] график бойынша анықталады. $\alpha = 15^0$, $m_б$=6 және $i_{дв}$=0,076 мәндері үшін $tgQ_б$=7.

Түзетілген ток тізбегіндегі пульсацияның рұхсат етілген коэффициентін қамтамасыз ететін, талап етілетін жүктеме параметрі:

$$tgQ = 1 \cdot 0,25 \cdot 7 = 1,75; \; Q = 60,26^0; \qquad (2.13)$$

Түзетілген ток тізбегінің жалпы индуктивтілігі

$$L_\Sigma = \frac{R_\Sigma}{2\pi f} tgQ = \frac{0,01438}{314} \cdot 1,75 = 0,08 \cdot 10^{-3} \; Гн, \qquad (2.14)$$

мұндағы 2πf – қоректендіруші тораптың бұрыштық жиілігі;

Трансформатордың актив бөлігінің индуктивтілігі

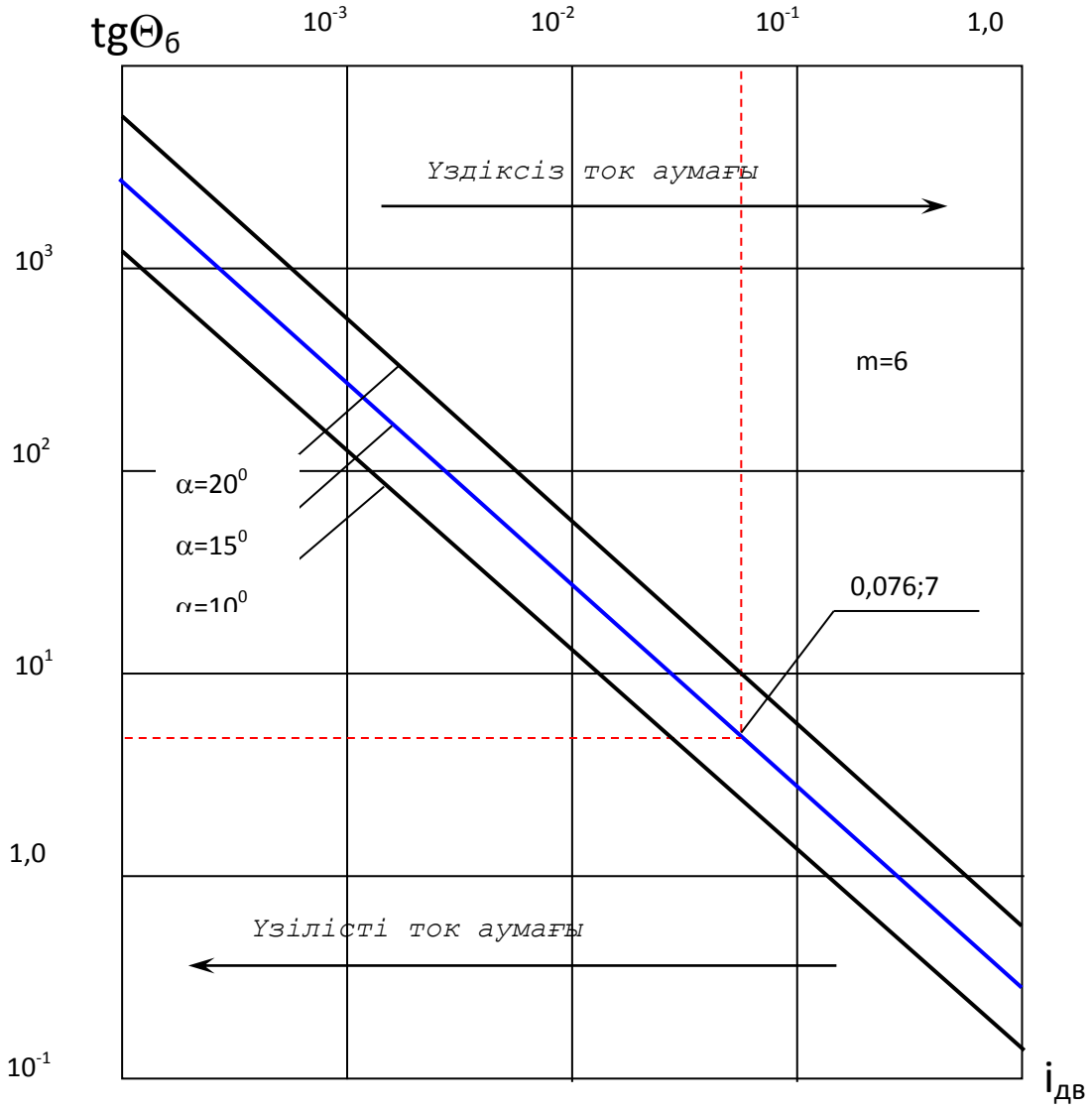
$$L_{m1} = L_{m2} = \frac{e_к U_{2ном}}{2\pi f I_{2ном}} = \frac{0,06 \cdot 1050}{314 \cdot 6300} = 0,03 \cdot 10^{-3} \; Гн, \qquad (2.15)$$

мұндағы $e_к$ – ҚТ кернеуі, салыстырмалы бірліктермен;

$U_{2\,ном}$ - вентилдік орамның фазалық кернеуі, В;

$I_{2\,ном}$ - вентилдік орам тогы, А;

f - қоректендіруші торап жиілігі,Гц.




**2.1-сурет- жүктеме параметрінің мәнін анықтауға арналған график**

Қозғалтқыш якорінің индуктивтілігі $L_д$ Лиумвиль-Уманский формуласы бойынша анықталды:

$$L_д = C_1 \frac{U_{ном}}{I_{ном}} \cdot \frac{30}{\pi p n_{ном}} = \frac{0,1 \cdot 930 \cdot 30}{3,14 \cdot 8 \cdot 63 \cdot 5740} = 0,31 \cdot 10^{-3}\ Гн, \qquad (2.16)$$

мұндағы $c_1$=0,1 – компенсацияланған электр қозғалтқыштарына арналған коэффициент;

2p=16 - жұп полюстер саны;

$n_{ном}$ – қозғалтқыштың номинал айналу жиілігі, об/мин;

$U_{ном}$ - қозғалтқыштың номинал кернеуі, В;

$I_{ном}$ - қозғалтқыштың номинал тогы, А.

Жатықтауыш реактор индуктивтілігі мына формула бойынша анықталады [4]:

$$L_p = \frac{8{,}8U_{ном}}{\delta I_{ном}} - aL_m - L_д = \frac{8{,}8 \cdot 930}{2 \cdot 5740} 10^{-3} - 2 \cdot 0{,}036 \cdot 10^{-3} - 0{,}31 \cdot 10^{-3} = 0{,}33\ Гн, \quad (2.17)$$

мұндағы $U_{ном}$ - қозғалтқыштың номинал кернеуі, В;

$I_{ном}$ - қозғалтқыштың номинал тогы, А.

Номинал тогы 3200А және индуктивтілігі 0,5 мГн болатын СРОС3-3200МУХЛ4 типті реактор таңдаймыз [2].

## 2.5 Якорь тізбегінің автоматты ажыратқышын есептеу

Қозғаушы күштеме мен якорь тогы арасындағы пропорционалдық коэффициент $к_f$ мына формула бойынша анықталады:

$$K_f = \frac{M_{ном}}{R_{шт} \cdot I_{ном}} = \frac{750 \cdot 10^3}{2{,}5 \cdot 5740} = 54\ Н/А, \quad (2.18)$$

мұндағы $M_{ном}$ – қозғалтқыштың номинал моменті, Н·м;

$R_{шт}$ – үйкеліс шкивінің радиусы, м;

$I_{ном}$ – қозғалтқыштың номинал тогы, А.

Қозғалтқыштың максимал тогы $I_{max}$ мына формула бойынша анықталады:

$$I_{max} = \frac{F_{max}}{K_f} = \frac{395743}{54} = 7329\ А. \quad (2.19)$$

Максимал қорғаныс релесінің тағайыншама (уставка) тогы $I_{уст}$ мына формула бойынша анықталады:

$$I_{уст} = к_н I_{max} = 1{,}1 \cdot 7329 = 8062\ А, \quad (2.20)$$

мұндағы $к_н$=1,1 – сенімділік коэффициенті [2].

Тағайыншама (уставка) тогының диапазоны 6000÷12000 А болатын РДШ-6000 қорғаныс релесі бар ВАТ-42-1000/10-Л-У4 типті автоматты ажыратқыш таңдаймыз [1].

## 2.6 Тиристорлық қоздырғыш таңдау

Қозғалтқыштың қоздыру орамындағы индуктивтілік мына формула бойынша анықталады:

$$L_{ов} = L + L_p = 2pW_в^2\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta I_в W_в} + \frac{0{,}5\Phi_{ном}(\sigma_{ном} - 1)}{I_{вном}W_в}\right) =$$

$$16 \cdot 84^2 \cdot \left(\frac{0{,}2}{5 \cdot 10^3} + \frac{37{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}1}{145 \cdot 84}\right) = 3{,}1\,Гн, \qquad (2.21)$$

мұндағы L – пайдалы ағынға негізделген индуктивтілік, Гн;

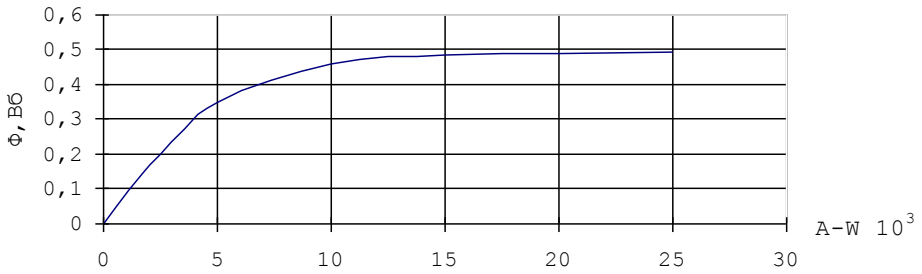
$L_р$ – шашырау өрістерінің индуктивтілігі, Гн;

2р - жұп полюстер саны;

$W_в$=84 – полюстегі тармақтар саны;

$\sigma_{ном}$=1,1 - номинал ағын кездегі шашырау коэффициенті [2];

ΔФ - ампер-тармақтардың өзгеруінен туындайтын ағын өзгерісі ($\Delta I_в W_в$), Вб (2.2- сурет).




**2.2- сурет -Электрқозғалтқышының магниттелу қисығы**

Қоздыру тізбегінің уақыт тұрақтысы $T_в$ мына формула бойынша анықталады:

$$T_в = \frac{L_{ов}}{1{,}15R_{ов}} = \frac{3{,}1}{1{,}15 \cdot 0{,}87} = 3{,}06\,с, \qquad (2.22)$$

мұндағы $L_{ов}$ – қоздыру орамының индуктивтілігі, Гн;

$R_{ов}$ - қоздыру орамының кедергісі, Ом.

Графикке сәйкес көтеру биіктігі Н=1079 м кездегі жұлқу уақыты $t_р$ [2]:

$$t_р = 2с. \qquad (2.23)$$

Форсировка коэффициентінің талап етілетін мәні $к_ф$ мына формула бойынша анықталады:

$$T_в = t_p / ln\left(\frac{K_ф + 1}{K_ф - 1}\right) \approx 0,5K_ф t_p, \quad (2.24)$$

$$K_Ф = \frac{T_в}{0,5t_p} = \frac{3,06}{0,5 \cdot 2} = 3,06, \quad (2.25)$$

мұндағы $T_в$ – қоздырудың уақыт тұрақтысы, с.

Түзетілген кернеудің максимал мәні $U_{max}$ мына формула бойынша анықталады:

$$U_{d\ max}=K_ф U_{в\ ном}=3,06 \cdot 145=443,7\ В, \quad (2.26)$$

мұндағы $U_{в\ ном}$ - қоздырудың жарты орамдары параллель жалғанған кездегі номинал қоздыру кернеуі, В.

Номинал тогы 320 А және номинал кернеуі 460 В болатын ТПР9-320/460Р-31У4 типті тиристорлық қоздырғыш таңдалды [2].

Тиристорлық қоздырғыштың беріліс коэффициенті $к_{тв}$ мына формула бойынша анықталады:

$$К_{тв}=U_{d\ ном}/U_{вх\ тв}=460/8=57,5, \quad (2.27)$$

мұндағы $U_{d\ ном}$ – номинал түзетілген кернеу, В;

$U_{вх\ тв}$=8 В – басқарудың шығыстық кернеуі.

## 2.7 Жылдамдық бойынша кері байланыс тізбегіндегі тахогенераторды таңдау

Номинал айналу жиілігі $n_{тг\ ном}$=100 айн/мин және номинал кернеуі $U_{тг\ ном}$=230В болатын ПТ-42 типті тахогенератор қолданамыз [2].

Тахогенератор шығысындағы максимал кернеу $U_{тг\ max}$ мына формула бойынша анықталады:

$$U_{тг}=U_{тг\ ном}(n_{дв\ ном}/n_{тг\ ном})=230(63/100)=145, \quad (2.28)$$

мұндағы $U_{тг\ ном}$ - тахогенератордың номинал кернеуі, В;

$n_{дв\ ном}$ – қозғалтқыштың номинал айналу жиілігі, айн/мин;

$n_{тг\ ном}$ - тахогенератордың номинал айналу жиілігі, айн/мин.

Тахогенератордың беріліс коэффициент $к_{тг}$ мына формула бойынша анықталады:

$$к_{тг}=U_{тг\ max}/n_{дв\ ном}=145/63=2,3\ В/(айн/мин). \quad (2.29)$$

## 3 Көп арқанды шақтылық көтеру қондырғысының электржетегін автоматты басқару

Электржетектің автоматты басқару жүйесін құрайтын ток және жылдамдық реттегіштері мен тағы да басқа техникалық құралдар таңдалады.

Осыған дейінгі бөлімдерде таңдалған қондырғылардың негізгі параметрлері 3.1- кестеде көрсетілген.

**3.1- кесте - Таңдалған қондырғылардың негізгі параметрлері**

| Шама атаулары | Мәні |
|---|---|
| *Көтеру машинасы* | |
| Жалпы сермеу моменті | $\Sigma GD^2$=9150 кг·м$^2$ |
| Қалыпты үдеу мен тежеу | $a_1 = a_3$ =0,6 м/с$^2$ |
| Максимал жылдамдық | $v_{max}$=16 м/с |
| Үйкеліс шкивінің радиусы | $D_{шт}$ =5 м |
| *Қозғалтқыш* | |
| Номинал момент | $M_{ном}$ = 774 кНм |
| Номинал айналу жиілігі | $n_{ном}$ = 63 об/мин |
| Якорь орамының жалпы кедергісі | $R_я$ = 0,00348 Ом |
| Якорь орамының жалпы индуктивтілігі | $L_я$ = 0,08 мГн |
| Жатықтауыш дроссель индуктивтілігі | $L_р$ = 0,5 мГн |
| Номинал ток | $I_{я\,ном}$ = 5740 А |
| Тиімді ток | $I_{эф}$ = 4906 А |
| Максимал ток | $I_{я\,max}$ = 7610 А |
| Номинал кернеу | $U_{ном}$ = 930 В |
| Номинал қуат | $P_{ном}$ = 5000 кВт |
| Якорь орамының полюстер саны | 2р = 16 |
| Якорь орамының параллель тармақтар саны | 2а = 16 |
| Якорь орамының актив өткізгіштер саны | N = |
| Номинал магнит ағыны | $Ф_{ном}$ = 37,5 Вб |
| Номинал қоздыру кернеуі | $U_{в.ном}$ = 200 В |
| Номинал қоздыру тогы | $I_{в.ном}$ = 145 А |
| Қоздыру орамының кедергісі | $r_в$ = 0,87 Ом |
| Қоздыру орамының индуктивтілігі | $L_в$ = 3,1 Гн |
| Тахогенератордың беріліс коэффициенті | $К_{тг}$ = 2,3 В/айн/мин |
| Қоздыру орамының уақыт тұрақтысы | $Т_в$ = 3,06 с |
| Шунттың номинал тогы | $I_ш$ = 200 А |
| *Тиристорлық түрлендіргіш* | |
| Уақыт тұрақтысы | $Т_м$ = 0,02 с |
| Максимал түзетілген кернеу | $U_{d\,max}$ = 660 В |
| Беріліс коэффициенті | $К_{тп}$ = 82,5 |

*3.1- кесте жалғасы*

| Шама атаулары | Мәні |
|---|---|
| *Тиристорлық қоздырғыш* | |
| Уақыт тұрақтысы | $T_{вм}$ = 0,02 с |
| Максимал түзетілген кернеу | $U_{d\,max}$ = 1050 В |
| Беріліс коэффициенті | $K_{тв}$ = 131,25 |
| Форсировка коэффициенті | $K_{ф}$ = 3,06 |
| *Электржетек жүйесі* | |
| ЭҚК мен жылдамдық арасындағы пропорционалдық коэффициент | $K_{v}$ = 55 В/(м/с) |
| Күштеме мен якорь тогы арасындағы пропорционалдық коэффициент | $K_{F}$ = 52 Н/А |
| Жалпы келтірілген масса | $m_{п}$ = $188 \cdot 10^{3}$ кг |

## 3.1 Электржетек координаттарын бағынышты реттеу жүйесін есептеу

АБЖ параметрлерін КТЭУ электржетегінің құрамына кіретін УБСР-АИ элементтері негізінде есептейміз.

Жүйе якорь тізбегінің тогы $0{,}5I_{дв\ ном}$ шамасынан төмендеген кезде қоздыру тогын осы якорь тізбегінің тогына тәуелді реттеу қағидасына негізделіп құрылған. Реттеудің мұндай түрі қолданылған жүйе бағынышты реттеу жүйесі деп аталады.

АБЖ-ның нақты параметрлерін [3] –те келтірілген құрылымдық схеманы қолдана отырып есептейміз. Ол схема электромеханикалық үдерістердің абсолют бірліктермен көрсетілген математикалық жазбалары бойынша құрылған [3].

Есептеулер кезінде мынадай долбарлар (допущение) қабылдаймыз:

- механикалық жүйені бір массалы жүйе деп есептейміз;
- электрқозғалтқыштың шихталанған станинасындағы құйындық токтардың демпфирлеуші әсері жоқ деп есептейміз.

## 3.2 Қоздыру тогының реттеу контурын есептеу

Қоздыру тогының реттеу контурының құрылымдық және функционалдық схемалары 3.1-суретте көрсетілген.

Фильтрдің уақыт тұрақтысы $T_{фв}$ мына формула бойынша анықталады:

$$T_{фв} = \frac{\sqrt{к^2 - 1}}{2\pi mf} = \frac{\sqrt{5^2 - 1}}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 6 \cdot 50} = 0{,}0025\ с, \qquad (3.1)$$

мұндағы к=5÷6 - пульсация деңгейінің азаюын ескеретін коэффициент [3];

m=6 – көпірлік схемаға арналған период ішіндегі пульсация сигналы;

f=50 Гц – қорек көзінің жиілігі.

Қоздыру тогының контурының уақыт тұрақтысы $T'_{\mu\ в}$ мына формула бойынша анықталады:

$$T'_{\mu в}=T_{\mu в}+T_{фв}=0{,}02+0{,}0025=0{,}0225\ с, \qquad (3.2)$$

мұндағы $T_{\mu\ в}$ - тиристорлық қоздырғыштың уақыт тұрақтысы, с;

$T_{фв}$ – фильтрдің уақыт тұрақтысы, с.

Фильтр параметрлері ($R_ф$ ,$C_ф$ ):

$$C_ф=T_{фв}/R_ф=0{,}0025/100=25\cdot10^{-6}\ Ф, \qquad (3.3)$$

мұндағы $R_ф$=10÷100 Ом - фильтр кедергісі;

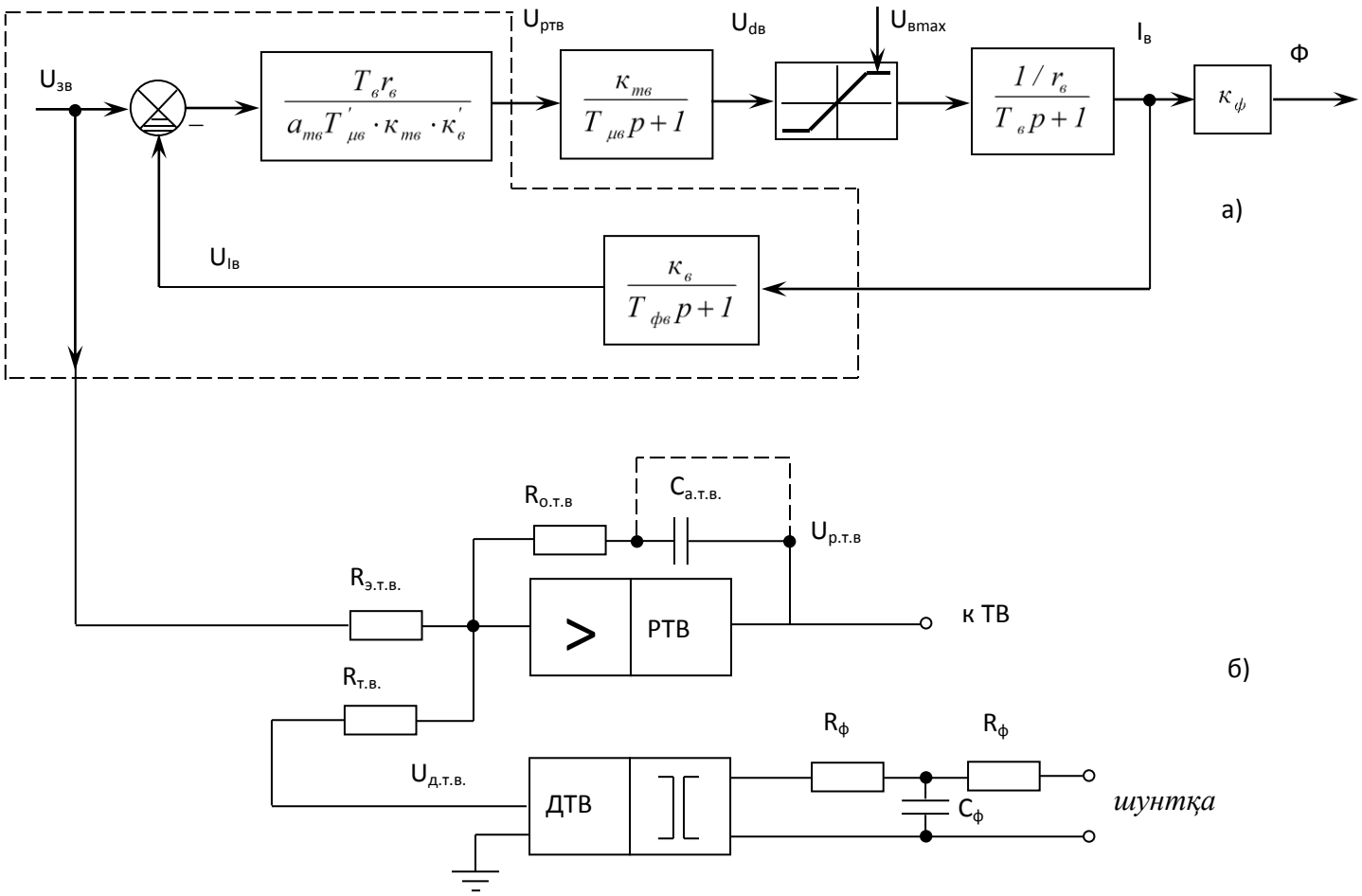
$C_ф$ - фильтр сыйымдылығы.

Кері байланыс тізбегінің беріліс коэффициенті $К_в$:

$$K_в = \frac{R_{зтв}}{R_{тв}} \cdot \frac{U_{дтв}}{I_{вном}} = 1\frac{10}{145} = 0{,}069\ В/А, \qquad (3.4)$$

мұндағы $R_{зтв}$ и $R_{тв}$ – реттегіштің кірістік кедергілері ($R_{зтв}$=$R_{тв}$);

$U_{дтв}$=10В - номинал ток $I_{в\ ном}$ кезде датчик шығысындағы кернеу.




**3.1- сурет - Қоздыру тогының реттеу контурының құрылымдық (а) және функционалдық (б) схемалары**

Пропорционал реттегіштің статикалық қателігі $\Delta I_в$ мына формула бойынша анықталады:

$$\Delta I_в = I_{в.ном}\left(1-\frac{T_в}{T_в + a_{тв}T'_{\mu в}}\right) = 145\left(1-\frac{3{,}06}{3{,}06+2\cdot 0{,}0225}\right) = 2{,}1A < 0{,}05\cdot 145 = 7{,}25A, \qquad (3.5)$$

мұндағы $I_{в\ ном}$ – номинал қоздыру тогы, А;

$T_в$ - қоздыру орамының уақыт тұрақтысы, с;

$a_{тв}$=2 - модульдік оптимум шарты бойынша қабылданатын контурды баптау коэффициенті [3];

$T'_{\mu в}$ - қоздыру тогы контурының уақыт тұрақтысы, с.

$U_{дв}$=$U_{дтв}$ шартын жүзеге асырып, қоздыру тогы реттегішінің кірістік кедергі мәндері мынаған тең деп қабылдаймыз:

$R_{зтв}$=$R_{тв}$=10 кОм

Ток датчигінің талап етілетін коэффициенті $К_{дтв}$ мына формула бойынша анықталады:

$$K_{дтв} = \frac{I_{шном}}{I_{вном}} \cdot \frac{K_в}{K_{шв}} = \frac{200}{145} \cdot \frac{0,069}{0,075 / 200} = 254, \qquad (3.6)$$

мұндағы $I_{ш\ ном}$ - шунттың номинал тогы, А;

$I_{в\ ном}$ – номинал қоздыру тогы, А;

$К_в$ - кері байланыс тізбегінің беріліс коэффициенті;

$К_{шв}=U_{ш\ ном}/I_{ш\ ном}$ - шунт коэффициенті.

Алдын ала ДТ-3АИ(УБСР-АИ) типті ток датчигінің ячейкасын қабылдаймыз. Оның беріліс коэффициенті 53,3÷133,3 шектерінде реттеледі. Ток датчигінің талап етілетін коэффициенті азайту үшін бір-бірімен параллель жалғанған 75ШСМ 200А типті екі шунтты қолдануға болады [3].

Қоздыру тогы реттегішінің кері байланыс кедергісі $R_{отв}$ мына формула бойынша анықталады:

$$R_{отв} = R_{этв} \frac{T_в r_в}{a_{тв} T'_{\mu в} K_{тв} K_в} = 10 \cdot 10^3 \frac{3,06 \cdot 0,87}{2 \cdot 0,0225 \cdot 131,25 \cdot 0,069} = 65\ кОм, \qquad (3.7)$$

мұндағы $R_{зтв}$ - қоздыру тогы реттегішінің кірістік кедергісі, Ом;

$T_в$ - қоздыру орамының уақыт тұрақтысы, с;

$r_в$ - қоздыру орамының кедергісі, Ом;

$a_{тв}$ - контурды модульдік оптимумге баптау коэффициенті;

$T'_{\mu в}$ - қоздыру тогы контурының уақыт тұрақтысы, с;

$К_{тв}$ - тиристорлық қоздырғыштың беріліс коэффициенті;

$К_в$ – кері байланыстың беріліс коэффициенті.

Номинал және жедел (форсировка) режімдерге арналған қоздыру тогы реттегішінің шығыстық кернеуінің тұрақтанған деңгейлері $U_{ртв\ ном}$ $U_{ртв\ ф}$ мына формула бойынша анықталады:

$$U_{ртв.ном} = \frac{U_{в.ном}}{K_{тв}} = \frac{145}{131,25} = 1,1\ В;\ U_{ртвф} = \frac{U_{вном} K_ф}{K_{тв}} = \frac{145 \cdot 3,06}{131,25} = 3,4\ В < 15\ В. \qquad (3.8)$$

мұндағы $U_{в\ ном}$ - қоздыру орамының номинал кернеуі, В;

$К_{тв}$ - қоздыру орамының беріліс коэффициенті;

$К_ф$ - форсировка коэффициенті.

Сонымен, ДТ-3АИ(УБСР-АИ) типті ток датчигінің ячейкасын қабылдаймыз.

### 3.3 Якорь тізбегіндегі токты реттеу контурын есептеу

Якорь тізбегіндегі токты реттеу контурының құрылымдық және функционалдық схемалары 3. 2-суретте көрсетілген.

Ток датчигі кірісіндегі фильтрдің уақыт тұрақтысы $T_{фт}$ мына формула бойынша анықталады:

$$T_{фт} = \frac{\sqrt{к^2 - 1}}{2\pi mf} = \frac{\sqrt{5^2 - 1}}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 12 \cdot 50} = 0{,}00125\ с, \qquad (3.9)$$

мұндағы к=5÷6 - пульсация деңгейінің азаюын ескеретін коэффициент [3]

m=12 – жұптасқан үшфазалы көпірлік схема үшін период ішіндегі сигнал пульсациясы;

f=50Гц – қоректендіруші торап жиілігі.

Т-пішінді фильтр сыйымдылығы мына формула бойынша анықталады:

$$C_ф = T_{фт}/R_ф = 0{,}00125/100 = 12{,}5\ мкФ, \qquad (3.10)$$

мұндағы $R_ф$ - 10÷100 Ом шектерінде қабылданатын кедергі.

Ток контурының эквиваленттік, компенсацияланбайтын уақыт тұрақтысы мына формула бойынша анықталады:

$$T'_{\mu т} = T_{\mu т} + T_{фт} = 0{,}02 + 0{,}00125 = 0{,}02125\ с, \qquad (3.11)$$

мұндағы $T_{\mu т}$=0,02с - тиристорлық түрлендіргіштің уақыт тұрақтысы.

*Шешім*: якорь тогы $I_я$ мен қоздыру тогын $I_в$ үйлесімді басқару $U_{рс}$ жылдамдық реттегішінің шығысындағы кернеу функциясында жүргізіледі деп қабылдаймыз.

Реверстелудің басталу шарты $I_в/I_я$=0,5I деп, яғни қоздыру тогының өзгерісі басталатын якорь тогының деңгейі мынаған тең деп қабылдаймыз:

$i_{я\ рев}$=0,5.

Якорь тогының өзгеру жылдамдығының рұхсат етілген мәні мына формула бойынша анықталады:

$$\frac{di_Я}{dt} = \frac{K_n i_{ярев}}{T_в \ln\left(\frac{K_ф + 1}{K_ф - 1}\right)} = \frac{2 \cdot 0{,}5}{3{,}06 \ln\left(\frac{3{,}06 + 1}{3{,}06 - 1}\right)} = 0{,}48\ с^{-1}, или\ \frac{dI_я}{dt} = 0{,}48 \cdot 5740 = 2764\ А/с, \qquad (3.12)$$

мұндағы $К_п$=2 – якорь тогы бойынша асқын жүктемені ескеретін коэффициент [3];

$Т_в$ – қозғалтқыштың қоздыру орамының уақыт тұрақтысы, с;

$К_ф$ - форсировка коэффициенті;

$i_{я\ рев}$ - қоздыру тогының өзгерісі басталатын, якорь тогының салыстырмалы мәні (реверс).

Ток реттегішін баптау параметрінің максимал мәні $а_т$ мына шарт бойынша анықталады:

$$a_m \le \frac{i_я}{5T'_{\mu m}\frac{di_я}{dt}} = \frac{1}{5 \cdot 0{,}02125 \cdot 0{,}48} = 19{,}6. \qquad (3.13)$$

*Шешім*: Ток реттегішін баптау параметрін модульдік оптимум шарты бойынша, $а_т$=2 деп қабылдаймыз.

Ток контурындағы кері байланыстың беріліс коэффициенті мына формула бойынша анықталады:

$$K_m = \frac{R_{зт}}{R_m} \cdot \frac{U_{дт\,max}}{I_{я\,max}} = 1\frac{11{,}4}{7610} = 0{,}0015\ В/А, \qquad (3.14)$$

мұндағы $R_{зт}$ и $R_т$ – ток реттегішінің кірістік кедергілері; олардың қатынасы бірге тең деп қабылданады;

$U_{дт\ max}$ - УБСР-АИ-дың қорек кернеуі (мәні 15 В-тан аспау керек).

Шунт коэффициенті паспорттық берілістер бойынша анықталады:

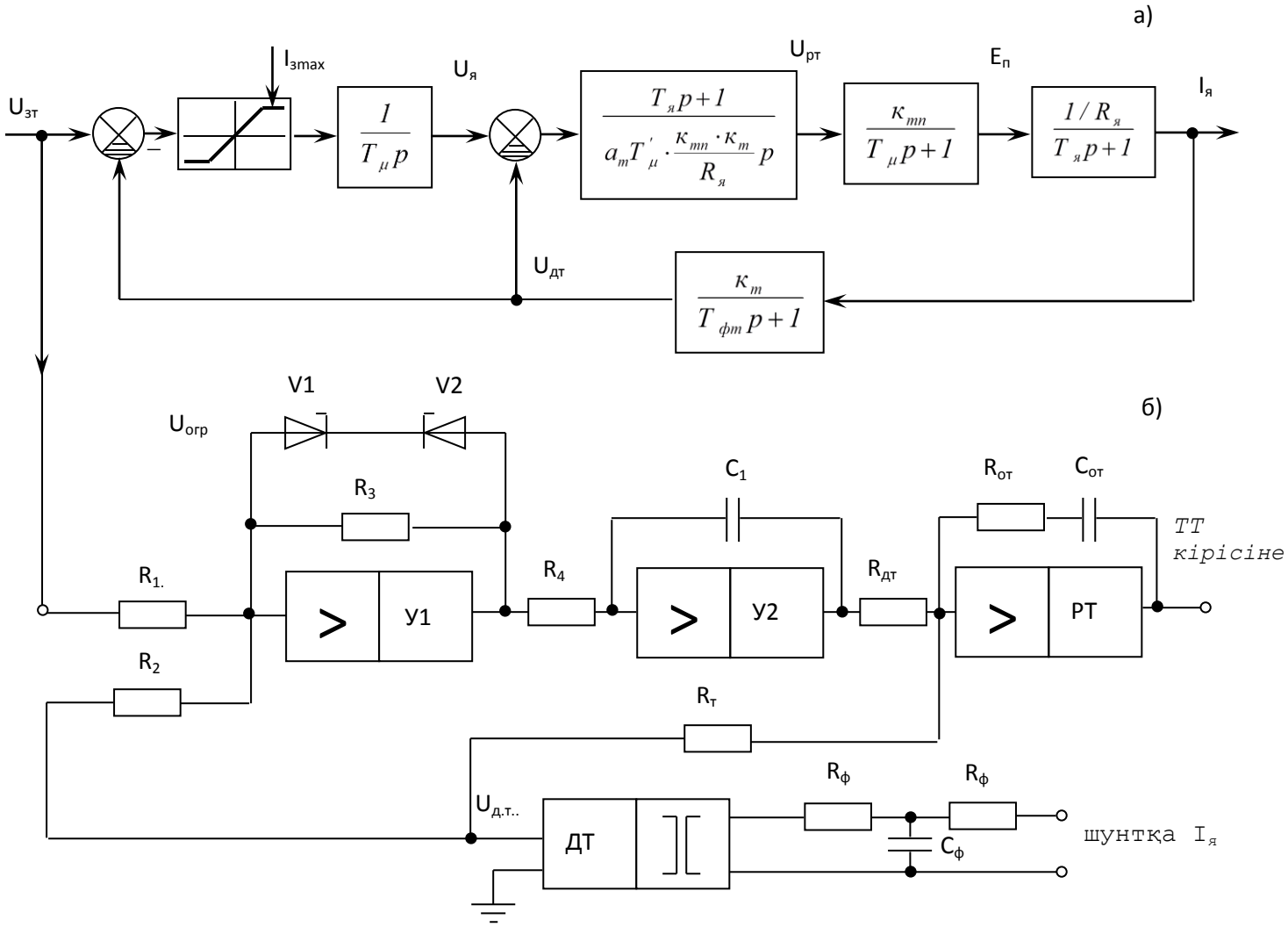
$$К_ш = U_{ш\ ном} / I_{ш\ ном} = 0{,}075/10000 = 75 \cdot 10^{-6}\ В/А, \qquad (3.15)$$

мұндағы $U_{ш\ ном}$=75 мВ (75 ШСМ шунты үшін) [3];

$I_{ш\ ном}$ - шунттың номинал тогы.

Ток датчигі коэффициенті мына формула бойынша анықталады:

$$K_{дт} = \frac{I_{шном}}{I_{я\,max}} \cdot \frac{K_m}{K_ш} = \frac{10000 \cdot 15 \cdot 10^{-4}}{7610 \cdot 75 \cdot 10^{-6}} = 26. \qquad (3.16)$$




**3.2-сурет - Якорь тізбегіндегі токты реттеу контурының құрылымдық (а) және функционалдық (б) схемалары**

Ток реттегіші параметрлері мына формула бойынша анықталады:

$$R_{зт} = R_т = \frac{T_{ит}}{C_{от}} = \frac{a_m T'_\mu \frac{K_{тп} K_т}{R_я}}{C_{от}} = \frac{2 \cdot 0{,}02125 \cdot 131{,}25 \cdot 0{,}0015}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}01438} = 290\ кОм; \qquad (3.17)$$

$R_{от}=T_я/C_{от}=0{,}08\cdot10^{-3}/(2\cdot10^{-6}\cdot0{,}01438)=2{,}78$ кОм,

мұндағы $T_{ит}$ - ПИ-реттегішінің интегралдық бөлігінің уақыт тұрақтысы, с;

$C_{от}=2\div3$мкФ - Ток реттегішінің кері байланыс сыйымдылығы [3];

$T_я=L_я/R_я$ - якорь тізбегінің уақыт тұрақтысы, с;

$K_{тп}$, $R_я$, $L_z$ – берілген шамалар.

Интегратордың уақыт тұрақтысы:

$$T_{ип} = \frac{i_{я\,max}}{\frac{di_я}{dt}} = \frac{1{,}33}{0{,}48} = 2{,}77\ c, \qquad (3.18)$$

мұндағы $i_{я\ max}=I_{я\ max}/I_{я\ ном}$=7610/5740=1,33.

Сызықтық аймақтағы бейсызықты элементтің күшейту коэффициенті:

$$K_{нэ} = \frac{T_{ин}}{a^2 T'_{\mu}} = \frac{3}{2^2 \cdot 0{,}02125} = 35{,}3. \qquad (3.19)$$

R1=10 кОм кездегі R3 кері байланыс кедергісі:

$$R3=R1\cdot K_{нэ}=10K_{нэ}=10\cdot 35{,}3=353\ Ом. \qquad (3.20)$$

С1=3 мкФ кездегі У2 күшейткішіне арналған R4 кірістік кедергісі:

$$R4=T_{ип}/C1=3/(3\cdot 10^{-6})=100\ кОм. \qquad (3.21)$$

У1күшейткішінің шектеуші кернеуі:

$$U_{огр} = \frac{U_{от\,max} I_{я ном}}{I_{я\,max}} = \frac{11{,}4 \cdot 5740}{7610} = 8{,}6\ В. \qquad (3.22)$$

У1 күшейткішіне арналған R2 кірістік кедергісі:

$$R2=R1=10\ кОм. \qquad (3.23)$$

### 3.4 Жылдамдықты реттеу контурын есептеу

Қозғаушы күштеме өсімшесінің максимал мәні $\Delta F_{ст\ max}$ мына шарт бойынша анықталады:

$$\Delta F_{ст\ max} \le 0{,}1F_1=0{,}1\cdot 339400=33{,}94\ кН, \qquad (3.24)$$

мұндағы $F_1$ – бастапқы уақыт моментінде статикалыққа тең қозғаушы күштеме, Н.

*Шешім:* Тұйықталған реттеу жүйесінде жылдамдық 1%-тен артыққа өзгермейтін қозғаушы күштеменің максимал мәні мынаған тең деп қабылдаймыз:

$$\Delta V_{max}=0{,}01\cdot 16=0{,}16\ м/с. \qquad (3.25)$$

Тұйықталған басқару жүйесіндегі статикалық қателіктің абсолют мәні $\Delta V_a$ мына формула бойынша анықталады:

$$\Delta V_a = \frac{R_я a_c T_{\mu c}}{K_к T_м K_\upsilon} \Delta F_{ст\,max} = \frac{0{,}01438 \cdot 2 \cdot 0{,}15}{55 \cdot 52 \cdot 0{,}95} \cdot 33{,}94 \cdot 10^3 = 0{,}054\ м/с, \qquad (3.26)$$

мұндағы $a_c$=2 – жылдамдық реттегішінің баптау параметрі [3];

$T_{\mu c}=a^2_т(T_\mu+T_{фт})+T_{фс}$=4(0,02+0,0125)+0,02=0,15 с – жылдамдық контурының эквивалентті, компенсацияланбайтын уақыт тұрақтысы, с;

$a_т$=2 - ток реттегішінің баптау параметрі [3];

$T_\mu$=0,02с - тиристорлық түрлендіргіштің уақыт тұрақтысы [3];

$T_{фт}$ - ток датчигі кірісіндегі фильтрдің уақыт тұрақтысы, с;

$T_{фс} = \frac{\sqrt{K^2 - 1}}{2\pi f} = \frac{\sqrt{3^2 - 1}}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 6{,}7} = 0{,}02\ с$ - жылдамдық датчигі кірісіндегі фильтрдің уақыт тұрақтысы, с;

К=3 - тахогенератор кернеуі пульсациясының азаю еселігі [3];

$f = \frac{2pn_{тгном}}{60} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 100}{60} = 6{,}7\ Гц$ - тахогенератордың полюстік пульсацияларының жиілігі, Гц;

$K_K$, $K_V$ – берілген шамалар;

$T_м$ – электржетектің электромеханикалық уақыт тұрақтысы, с; m, $R_\Sigma$ - бұрын есептелген шамалар.

Тұйықталған жүйедегі тұрақтанған режім кезінде статикалық қателіктің салыстырмалы мәні мына формула бойынша анықталады:

$$\Delta V\% = (\Delta V_a / V_{max})100\% = (0{,}054/16)100 = 0{,}34 < 1\%. \qquad (3.27)$$

Реттеу уақыты мына формула бойынша анықталады:

$$t_{рег} = 5\delta \frac{V_{max}}{a_{max}} = 5 \cdot 0{,}03 \frac{16}{0{,}8} = 3\ с, \qquad (3.28)$$

мұндағы δ=0,03 - жылдамдық бойынша рұхсат етілген допустимая динамикалық қателік [3];

$V_{max}$ – көтеру ыдыстарының максимал қозғалыс жылдамдығы, м/с;

$a_{max}$ – жылдамдық алу мен тежеу кезіндегі максимал удеу, м/с$^2$.

Уақыт масштабы Z мына формула бойынша анықталады:

$$Z = t_{рег}/t_{нор} = 3/6 = 0{,}5\ с, \qquad (3.29)$$

мұндағы $t_{нор}$=6 с – өтпелі үдерістің нормаланған уақыты [3].

Z=0,5, $\Theta_т$=0,15 параметрлері үшін өтпелі үдеріс графигін қабылдаймыз [5].

Екі рет интегралдаушы жылдамдық контурын баптау параметрлері мына теңдік шарттары бойынша анықталады:

$$в_c a_c^2 a_т^2 \Theta_\mu^2 = 2{,}5Z^2;\ в_c a_c a_т \Theta_\mu = 2{,}5Z. \qquad (3.30)$$

Осыдан

$$в_c = 2{,}5;\quad a_c = Z/(a_т \Theta_\mu) = 0{,}5/(2\times 0{,}15) = 1{,}7. \qquad (3.31)$$

*Шешім:* Жылдамдықты реттеу контурының құрылымдық және функциональдік схемаларын қабылдаймыз (3.3-сурет).

Жылдамдық бойынша кері байланыс коэффициенті мына формула бойынша анықталады:

$$K_c = \frac{R_{зс} U_{дс}}{R_c V_{max}} = 1\ В/(м/с), \qquad (3.32)$$

мұндағы $R_{зс}=R_c$;

$U_{дс}$ – көтеру жылдамдығы $V_{max}$ кезде жылдамдық датчигінен алынған В кернеуі, м/с.

ДН-2АИ (УБСР-АИ) типті кернеу датчигі ячейкасын қолданамыз және оның кірісін тахогенератор шығысымен кернеу бөлгіштерінің көмегімен $R_д'$ и $R_д''$ жалғаймыз. $|U_{дс}|=|V_{max}|$ деп қабылдаймыз [3].

Тахогенератордан алынған кернеу мына формула бойынша анықталады:

$$U_{тг} = U_{тгном} \frac{n_{двном}}{n_{тгном}} = 230 \frac{65}{100} = 149{,}5\ В, \qquad (3.33)$$

мұндағы $U_{тг\ ном}$ –тахогенератордың номинал кернеуі, В;

$n_{тг\ ном}$ - тахогенератордың номинал айналу жиілігі, айн/мин;

$n_{дв\ ном}$ – қозғалтқыштың номинал айналу жиілігі, айн/мин.

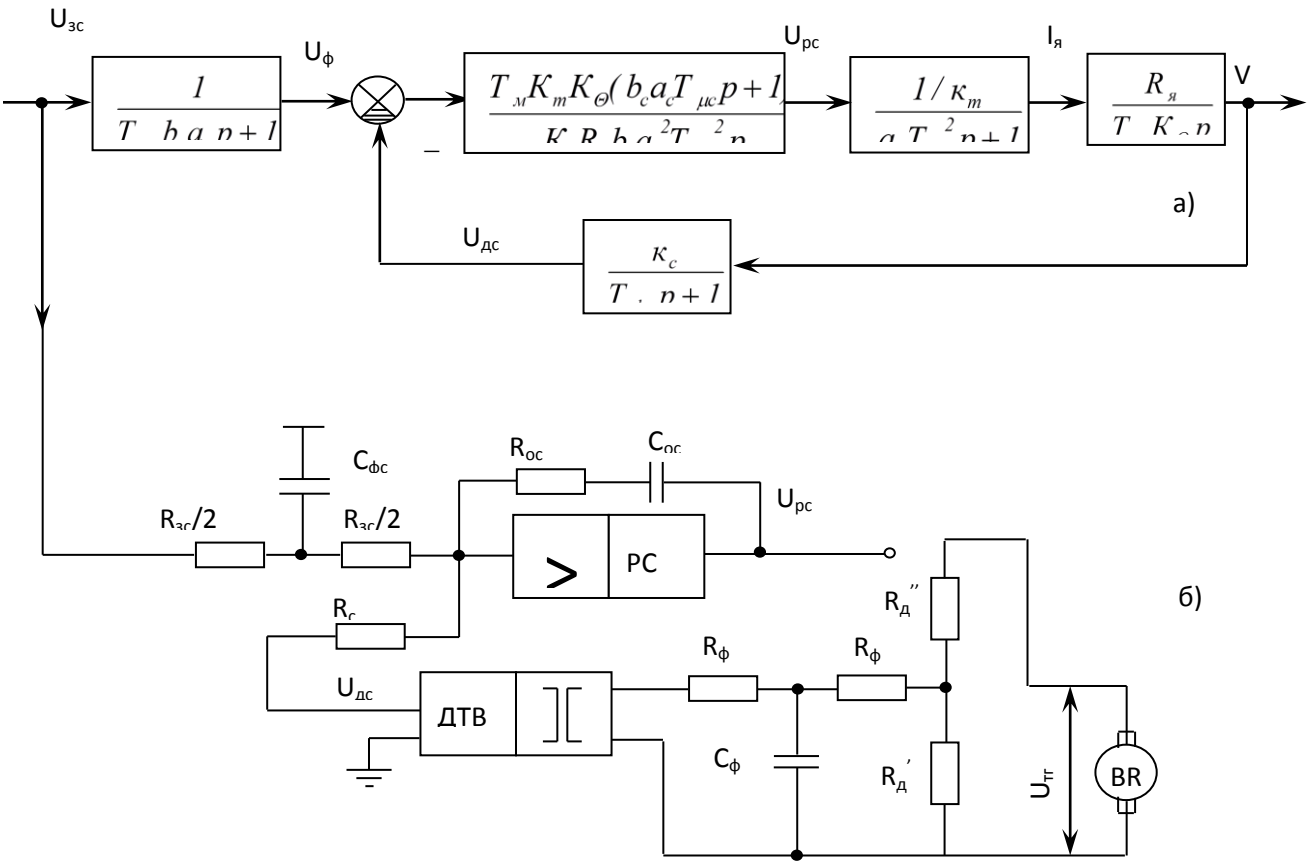
Кернеу бөлгішінің толық кедергісі мына формула бойынша анықталады:

$$R_д=U_{тг}/I_{тг\ ном}=149,5/0,1=1,5\ кОм, \qquad (3.34)$$

мұндағы $I_{тг\ ном}$ - тахогенератордың номинал тогы, А.

Резисторлар қуаты:

$$P_д=U_{тг}I_{тг\ ном}=149,5\times0,1=14,95\ Вт. \qquad (3.35)$$




**3.3 - сурет- Жылдамдықты реттеу контурының құрылымдық (а) және функциональдік (б) схемалары**

$$R_д' = \frac{R_д U_{дс}}{U_{тг}} = \frac{1495 \cdot 16}{149,6} = 160\ Ом. \qquad (3.36)$$

Үйлестіру шарты:

$$R_д' \le \frac{R_{вх\ д}}{10} = 2400/10 = 240\ Ом, \qquad (3.37)$$

мұндағы $R_{вх\ д}$=2,4кОм - ДН-2АИ(УБСР-АИ) датчигінің кіріс кедергісі.

*Жылдамдықтың ПИ-реттегішінің беріліс функциясы:*

$$W_{рс}(p)=\frac{T_{\mu}(в_c a_c T_{\mu} p+1)}{\frac{K_c R_я}{K_m K_v} в_c a_c^2 T_{\mu c}^2 p}=\frac{T_{\mu}}{\frac{K_c R_я}{K_m K_v} a_c T_{\mu c}}+\frac{1}{\frac{K_c R_я}{T_м K_m K_v} в_c a_c^2 T_{\mu c}^2 p}=K_{пс}+\frac{1}{T_{\mu c} p}, \qquad (3.38)$$

Жылдамдықтың ПИ-реттегішінің параметрлері:

$$K_{пс}=\frac{T_{\mu} K_m K_v}{K_c R_я a_c T_{\mu c}}=\frac{0{,}95\cdot 0{,}0015\cdot 55}{1\cdot 0{,}01438\cdot 1{,}7\cdot 0{,}15}=21{,}4. \qquad (3.39)$$

*Көтеру арқандарының қатаңдық шарты:*

$K_{пс}\geq 10$ болғандықтан демпфирлеуші коэффициент қабылдау қажет:

$$a_c=\frac{T_{\mu} K_m K_v}{K_c K_я T_{\mu c} K_{пс}}=\frac{0{,}95\cdot 0{,}0015\cdot 55}{1\cdot 0{,}01438\cdot 0{,}15\cdot 21{,}4}=1{,}7, \qquad (3.40)$$

мұндағы $K_{пс}=10$ [3].

Жылдамдықтың ПИ-реттегішінің интегралдық бөлігінің уақыт тұрақтысы:

$$T_{ис}=\frac{K_c R_я}{T_{\mu} K_m K_v} в_c a_c^2 T_{\mu c}^2=\frac{1\cdot 0{,}01438}{0{,}95\cdot 0{,}0015\cdot 55}\cdot 2{,}5\cdot 1{,}7^2\cdot 0{,}15^2=0{,}03\ с. \qquad (3.41)$$

РС-1АИ (УБСР-АИ) типті жылдамдық реттегіші ячейкасын таңдаймыз.

Жылдамдық реттегішінің кірістік кедергілері ($C_{ос}$=2мкФ):

$$R_{зс}=R_c=T_{ис}/C_{ос}=0{,}03/(2\cdot 10^{-6})=15\ кОм. \qquad (3.42)$$

Жылдамдық реттегішінің кері байланыс кедергілері:

$$R_{ос}=R_{зс}K_{пс}=15000\cdot 21{,}4=321\ кОм. \qquad (3.43)$$

Жылдамдық реттегішінің кірісіндегі фильтр параметрлері:

$$T_ф'=в_c a_c T_{\mu c}=2{,}5\cdot 1{,}7\cdot 0{,}15=0{,}64\ с; \qquad (3.44)$$

$$C_{фс}=T_ф'/(0{,}5R_{зс})=0{,}64/(0{,}5\cdot 15000)=0{,}85\ мкФ. \qquad (3.45)$$

## 4 Кәсіпорындағы электр қауіпсіздігі

### 4.1 Қызметкердің электроқауіпсіздігі

Кәсіпорында қауіпсіздікпен қамтамасыз ету, еңбекті қорғаудың жағдайы мен еңбек ұжымдарын оның нәтижелері туралы дер кезінде ақпараттандыру жұмыс берушілерге жүктеледі. Кәсіпорындарда қауіпсіз еңбек шарттарымен қамтамасыз ету бойынша жұмыс берушінің міндеттері мен жұмысшылардың еңбекті қорғау бойынша нұсқаулар мен нормаларды, ережелерді, стандарттарды сақтау ұжымдық келісім шартта қарастырылған. Ұжымдық келісім шарт негізінде және мемлекеттік басқару ұйымдарымен орнатылған еңбек шарты бойынша жұмысшыларға меншік иесінің есебінен арнайы киім, арнайы аяқ киім және басқа жеке қорғаныс құралдары, жуушы және дезинфекциялық материалдар беріледі.

Қызмет етуші қызметкердің электроқауіпсіздігі МЕСТ 12.1.009-96 – ке сәйкес адамдарға электр тогының, электрлік доғаның және электрмагнитті өрістің қауіпті және зиянды әсерлерінен қорғауды қамтамасыз ететін ұйымдық жәнетехникалық құралдар мен шаралар жүйесі деп аталады.

Электр тогының соғуына электр қондырғысының ток өткізгіш бөліктеріне адамдардың жанасу алып келуі мүмкін. Соғу токтың сал қылушы және қиратқыш әсерлерінен ішкі және сыртқы мүшелерінде – бұлшық еттерде, дем алу мүшелерінде, жүректе, жүйке жүйесінде –көрінеді.

Ток соғу дәрежесі факторлар тізбектерінеде тәуелді, соның ішінде адам денесінің кедергісінің мәнінеңде. Бұл кедергі тері қабатының қалыңдығы мен жағдайына, оның құрғақтығына немесе дымқылдығына, адамның денсаулық жағдайына, токтың өту ұзақтығына, аяқ киім мен киімнің ток оқшаулағыштық құрылысына тәуелді болады. Айтылған жағдайларға тәуелді ол өте кең шектерде 500 – ден 10000 Ом – ға дейін өзгереді. Есептеулер кезінде жанасу кернеуі 50В болғанда кедергіні 1000 Ом – ға тең деп қабылдайды.

Соғу дәрежесі адам денесінің учаскелері немесе мүшелері арқылы токтың өту ұзақтығына тәуелді болады. Сонымен бірге ол арқылы токтың ағуы оның көмірленуіне және ішкі мүшелердің жылулық қирауын шақыратын дененің жалпы электрлік кедергісінің бірден төмендеуі мен ток өсуіне алып келеді.

Электр қондырғыларында қауіпсіз жұмыспен қамтамасыз ететін ұйымдық шаралар болып келесілер табылады:

а) бұйрықпен немесе ағымдағы эксплуацациялау ретіндегі орындалатын жұмыстар тізімімен нарядпен – жіберілуімен жұмысты дайындау;

б) жұмысқа жіберілу;

в) жұмыс уақытында қадағалау;

г) жұмыстың аяқталуын, басқа жұмыс орнына ауысуын және жұмыс кезіндегі демалыстарды хаттау.

Электриктер жұмысқа келген кезде және содан кейін жылына 2 рет медициналық тексеруден өтулері тиіс, ал егер биікте жұмыс істейтін болса

жылына 1 рет. Техника қауіпсіздігінің сұрақтарында барлық квалификация бойынша жұмыс істейтін электр қондырғыларда қызмет ететіндер бес квалификационды топтарға бөлінеді.

Кернеуді алып тастап орындалатын жұмыс қауіпсіздігін қамтамасыз ететін техникалық шаралар.

Кернеу алынғаннан кейін жұмыс орнын дайындау үшін келесі шаралар көрсетілген ретте орындалу қажет:

- жұмыс орнына кернеу беру мен жаңылысып қосудың болмауы үшін қажетті өшірулер мен керекті шаралар;
- коммутациялық аппаратпен алыстан басқару кілт немесе қолмен басқару жетектерінде тиым салынған плакаттар ілінген;
- төк өткізгіш бөліктерде кернеудің жоқ екендігі тексерілген және қажеттілік кезінде адамдарды токтың соғуынан қорғау үшін жерлестіру салынған;

Сөндірулердің орындалу реті.

Кернеу алынуымен жұмастардың өндіру орындарында 1000 в жоғары кернеулі элекрт қондырғыларда өшулі болуы қажет:

- жұмыс жүргізілетін ток өткізгіш бөліктер;
- адамдардың жақындауы мүмкін ток өткізгіш бөліктер;

Егер ток өткізгіш бөліктердің өшірілуі мүмкін болмаса, онда олар қоршаулы болуы қажет.

1000 В дейінгі электр қондырғыларда жұмыс жүргізілетін ток өткізгіш бөліктерде кернеу барлық жағынан алынуы қажет.

Кернеу алынбай қауіпсіз жұмыспен қамтамасыз ететін техникалық шараларға келесілер жатады:

- электромонтердың жұмыс орны ток өткізгіш бөліктер оның алдында немесе бір жағында болатындай орналасуы;
- қорғаныс құралдарын пайдалану;
- таза және құрғақ бас киімі және ұзын жеңдері түймеленуші арнайы киімдерді пайдалану;
- электр қозғалтқыштардға қызмет көрсету:
- электр қозғалтқыштың ток өткізгіш бөліктеріне жанасумен немесе электр қозғалтқыштың айналу бөліктеріне және онымен қозғалысқа келіп тұрған мехенизмдерге жанасумен байланысты жұмыстар кезінде электр қозғалтқыштың жіберу құрылғысында немесе басқару кілтіне плакатілу қажет.
- 1000В жоғары кернеулі электр қозғалтқышта немесе онымен қозғалысқа келіп тұрған мезанизмдерде ток өткізгіш немесе айналу бөліктеріне жанасуға байланысты жұмыстар кезінде электр қозғалқыштан кернеу алынуы қажет.
- электр қозғалтқышпен жұмыс кезінде жерлестіру кабельге жапсырылады немесе оның РУ қосылуы.
- механизммен жұмыс кезінде, егер ол айналу бөліктерне жанасумен байланыспаса немесе егер қосылған муфта ажыратылса электр жетектің қоректендіру кабелін жерлестіру талап етілмейді.

- желдеткіштердің, түтін сорғыштардың, соғыштардың электр қозғалтқыштарына жұмысқа жіберілер алдында, егер электр қозғалтқыштардың олармен бірген қосылған механизмдерден айналуы мүмкін болса соңғысының сұқпажапқышы мен ысырмалар жабық болуы қажет, сонымен қатар электр қозғалтқыштың роторын тежеу бойынша шаралар қабылданған.
- электр қозғалтқыштардың айналу бөліктерінің қоршауын олардың жұмысы уақытында алуға тиым салынады.
- қолмен басқарылатын жетекті жіберу кернеуі 1000В – тан жоғары электр электр қозғалтқыштарды қосу мен сөндіру бойынша операцияларды оқшауланған жерде тұрып диэлектрлік қолбақты пайдаланып іске асырады.

Жұмыстық электр қозғалтқыштағы щеткалы аппаратқа қызмет көрсетуге электр қауіпсіздігі бойынша 3 – ші топтан төмен емес осы мақсат үшін дайындалған адам немесе оперативті қызметкер жіберіледі.

- бұл кезде келесі алдын ала сақтау шараларын ұстану қажет: бас киіммен және түймеленген арнайы киіммен жұмыс істеу, машинның айналушы бөліктеріне жанасудан сақтану, диэлектрлік голоштарды немесе резеңке кілемдерді пайдалану, екі полюстердің ток өткізу бөліктерін немесе ток өткізгіш және жерлестіру бөліктерін бір уақытта қолдарымен ұстамау.
- жұмыс істеп тұрған көп жылдамдықты электр қозғалтқыштың пайдаланылмаған орамасы мен қоректенуші кабелін кернеу қатынасында сияқты қарастыру қажет.

Барлық жоғарыда айтылған кешендік шаралар электр қондырғылардың қауіпсіз жұмыс ұйымы үшін қажет және сәйкесінше барлық өндірістің құрылымдық бөлімшелерімен орындалуы қажет.

## 4.2 Қорғаныстық жерлестіру және қорғаныстық нөлдестіру

Қорғаныстық жерлестіру және нөлдестіру, сонымен қатар басқада теникалық құрылғылар мен әдістер электр қондырғылардың оқшаулағыштарының бұзылу кезінде өшу шарттарын қамтамасыз ету және электр тогының соғуынан қорғау үшін қолданылады.

Қорғаныстық жерлестіру деп электр қондырғылардың металдық бөліктерінің жерлестіруімен қосылуын айтады.

Жерлестіру деп әртүрлі профилді төменкөміртегілі болаттан дайындалған жерге терең орналастырылған металл бөліктерді айтады. Жерге қағылатын қдағыштар түріндегі жерлендірулер электродтар деп аталады. Олар жалғыз немесе топтық болуы мүмкін. Ортақ сызықтық топтық электродтардың электрлік қосылысы жерлестіру контурын құрады.

Жерлестіру адам жанасқан кернеуді қауіпсіз мәнге дейін төмендетеді, өйткені изоляцияның бұзылған кезінде адам кедергісі адам кедергісімен салыстырғанда айтарлықтай аз электрлік тізбекке параллельді жерлестіру

болып қосылады. Бұл бұзылған қондырғыға жанасқан адам арқылы ағатын ток мәнін айтарлықтай төмендетеді.

Жүйеде жерлестірулерді оқшауланған – бейтарапты және бітеу бейтарапты болып ажыратады.

Нөлдестіру деп үш фазалы ток желісіндегі трасформатордың немесе генератордың бітеу жерлестірілген бейтарапты электр қондырғының бөліктерінің арнайы қосылуы айтылады. Нөлдестіру кернеуі 1000 В – қа дейінгі электр қондырғыларда қолданылады.

Қорғаныштық нөлдестірудің әрекеті қондырғылардың фазалары немесе фазалардың изоляциясының бұзылуы кезінде қорғаныс аппаратымен өшірілетін Ік қысқа тұйықталу пайда болуымен қортындыланады. Нөлдестірілген қондырғылар үшін қондырғының ток өткізбейтін металды бөліктердің жерлестіруге қосатын қайта жерлестіру орындалады.

Жерлестіру мен нөлдестіруді мынадай етіп қабылдауға болады:

- айнымалы токтың 380 В және жоғары кернеуі кезінде және тұрақты токтың 440 В және жоғары – барлық жағдайларда.

- айнымалы токтың 42 В жоғары кернеуі кезінде және тұрақты токтың 110 В – қауіптілігі жоғарғы ғимараттарда, аса қауіпті және сыртқы қондырғыларда.

Айнымалы токтың 42 В дейін және тұрақты токтың 110 В кернеуі кезінде жерлестіру немесе нөлдестіру талап етілмейді.

Жерлестірулерге немесе нөлдестіруге мыналар жатады:

- жарықтандырғыштардың, трансформаторлардың, аппараттарды, электр машиналарының қаңқалары және т.с.с.;

- электрлік аппараттардың жетектері;

- өлшеу трансформаторларының екіншілік орамалары;

- жарықтандыру щиттарының, тарату щиттарының, басқару шкафтарының, щиттардың қаңқалары және т.с.с.

- тарату құрылғыларының металдық құрылыстары, металдық кабельдік муфта, бақылаушы және күштік кабельдердің металды қабықшасы мен қорғанышы, электр өткізгіштердің болат құбырлары және т.б.;

- электр қабылдағыштардың қозғалмалы және тасымалдамалы металды қаңқалар;

- бақылаушы және күштік кабельдердің металды қабықшасы мен қорғанышы және жалпы металды конструкцияларға салынған 42В дейінгі айнымалы және 110В тұрақты ток кернеулі өткізгіштер.

Жерлестіру орнату кезінде топырақ кедергісі маңызды мағына ие.

Жерлендіруші қондырғының кедергісі.

Жерлендіруші қондырғының кедергісі жоғары болмауы қажет:

бітеу жерлестірілген бейтарапты 1000В жоғарғы қондырғыларда табиғи жерлестіруді есепке алғанда 0,5 Ом с

- оқшауланған бейтарапты 1000В жоғары қондырғыларда 125/I Омбір уақытта 1000В – қа дейінгі қондырғыларда пайдаланылатын жерлестіру

қондырғылары үшін, 250/I Ом – тек 1000В – тан жоғарғы қондырғылар үшін, мұндағы I – жерге тұйықталатын есептік ток.

- бітеу жерлестірілген бейтарапты 1000В – қа дейінгі қондырғыларда – 660, 380 және 220В сызықтық кернеу кезінде сәйкесінше 2,4 және 8 Ом.

- оқшауланған бейтарапты 1000В дейінгі қондырғыларда – 4 Ом. Трасформаторлардың номиналды қуаттары кезінде 100кВА дейін – 10 Ом – нан көп емес.

### 4.3 Көтеру қондырғысының қорғаныс жерлестіруін есептеу

ПУЭ – ге сәйкес жерлестіру қондырғысының мүмкін мәні $R_{мүм.} = 4$ Ом.

Болат құбырдан жасалған тік жерлестіргішті таңдаймыз:

Құбыр диаметрі: d = 40 мм.

Құбыр ұзындығы: L = 2,5 м.

Құбырды салу тереңдігі: H = 0,7 м.

Жалғанушы жолақ: 5 х20 мм; H = 0,7 м; a = 3 м.

Топырақтың салыстырмалы кедергісін табамыз:

$$\rho_{гр} = 150 \text{ Ом} \times \text{м}$$

Жеке жерлендірігштің кедергісі:

$$R = \frac{\rho_{гр}}{2 \times \Pi \times \ell} \times \left( \ell n \frac{2 \times \ell}{d} + \frac{1}{2} \times \ell n \frac{4 \times H + 3 \times \ell}{4 \times H + \ell} \right) \text{ Ом}$$

$$R = \frac{150}{2 \times 3{,}14 \times 5} \times \left( \ell n \frac{2 \times 2{,}5}{0{,}04} + \frac{1}{2} \times \ell n \frac{4 \times 0{,}7 + 3 \times 2{,}5}{4 \times 0{,}7 + 2{,}5} \right) = 23{,}6 \text{ Ом}$$

$$R > R_{доп}$$

Сондықтан жерлендіргіштер санын анықтаймыз:

$$n^{/} = \frac{R}{R_{доп}}$$

$$n^{/} = \frac{23{,}6}{4} = 6 \text{ дана}$$

Контур бойынша жерлендіргіштерді орналастыру кезінде тік жерлендіргіштердің пайдалану коэффициентін $\eta_в$ анықтаймыз:

$$\eta_в = 0{,}75$$

Жерлестірушілердің санын дәлірек анықтаймыз:

$$n = \frac{R}{R_{доп} \times \eta_в}$$

$$n = \frac{23{,}6}{4 \times 0{,}75} = 8 \text{ дана}$$

жалғанған жолақтардың кедергісі:

$$R_{пол} = \frac{\rho_{гр}}{2 \times \Pi \times \ell_{пол}} \times \ell n \frac{2 \times \ell^2_{пол}}{B \times H}$$

мұндағы $L_{пол} = 1{,}05 \times a \times n$

$$L_{пол} = 1{,}05 \times 3 \times 8 = 25{,}2 \text{ м}$$

$$R_{пол} = \frac{150}{2 \times 3{,}14 \times 25{,}2} \times \ell n \frac{2 \times 25{,}2^2}{0{,}02 \times 0{,}7} = 10{,}8 \text{ Ом}$$

Жалғанған жолақтардың пайдалану коэффициенттері

$$\eta_в = 0{,}79$$

Жерлестіруші құрылғының кедергісі:

$$R_{общ} = \frac{R_{пол} \times R}{R \times \eta_{пол} + R_{пол} + \eta_в \times n} \text{ Ом}$$

$$R_{общ} = \frac{10{,}8 \times 23{,}6}{23{,}6 \times 0{,}79 + 10{,}8 \times 0{,}75 \times 8} = 3{,}05 \text{ Ом}$$

$$R_{общ} < R_{доп}$$

Сәйкесінше есептелген жерлестіруші құрылғы ПУЭ талаптарын қанағаттандырады.

## 5 Экономикалық бөлім

Жобаны енгізуге байланысты шығындарды екі топқа бөлуге болады: капиталды енгізуге кететін шығындар және автоматтандырылған технологиялық процесті енгізумен байланысты эксплуатациялы шығындар.

Бірінші топқа монтаждық жобаның, ғимараттың, жабдықтардың құны және транспортты шығындар, ал екінші топқа–амортизациялы есеп, жұмыс күшінің, энергияның, шикізаттың құны жатады.

Жобаны енгізу бірінші және екінші топтың шығындар құнының өзгеруіне әкеледі. Бірнеше нұсқауларды есептеу капиталды шығындардың тиімді комбинациясын көрсетуі мүмкін. Мұндай талдауда жабдық жұмысының сенімділігін жоғарлату және өнім сапасын жақсарту есебінде пайданың қосымша статьяларының пайда болу мүмкіндігін ескеру қажет.

### 5.1 Электржетекті жобалауға кететін шығындар

Бұл жобаны құру және жобалау үшін 3 ай керек. Оны іске асыру үшін 1 инженер–құрастырушы, 2 инженер–жобалаушы және 1 консультант керек.

**5.1 - кесте - Қызметкердің еңбекақысына кететін шығындар**

| Қызметі | Саны | Еңбекақы көлемі, теңге | Жұмыс мерзімі, Ай | Сомасы, Теңге |
|---|---|---|---|---|
| Инженер-құрастырушы | 1 | 150000 | 4 | 600000 |
| Инженер-жобалаушы | 1 | 95000 | 2 | 190000 |
| консультант | 1 | 75000 | 1 | 75000 |
| Барлығы: | | | | 865000 |

Еңбекақыдан алынатын төлемдер. 20%–әлеуметтік салық, 15%–түсімге салынатын салық.

2525–айлық есептеу көрсеткіші.

$$2525 \cdot 15 = 37875 \text{ теңге}$$

$$(37875 – 3787,5 – 2525) = 31562,5 \text{ теңге}$$

$$31562,5 \cdot 7 \cdot 0,2 = 44187,5 \text{ теңге}$$

$$[865000 – 37875 \cdot 7 – (86500 – 3787,5 \cdot 7)] \cdot 0,15 = 80983,13 \text{ теңге}$$

$Ж_{төл}$ = 31562,5 + 80983,13 = 112 545,6 теңге

## 5.2 Электржетекті құруға кететін шығындар

Электржетекті құруға қажетті жабдықтар 5.2–кестеде көрсетілген.

**5.2- кесте**

| Құрал–жабдықтардың заттары | Саны | Бірлік құны | Жалпы құны |
|---|---|---|---|
| Автомат, 300А | 1 | 118000 | 118000 |
| Жылу релесі | 3 | 11000 | 33000 |
| Магнитті қосқыш | 3 | 11500 | 34500 |
| Сигналдау лампасы | 4 | 1100 | 4400 |
| Түйістіргіш | 3 | 1500 | 4500 |
| “Іске қосу” кнопкасы | 1 | 1200 | 1200 |
| “Тоқтату” кнопкасы | 1 | 1200 | 1200 |
| Вольтметр | 1 | 1300 | 1300 |
| Монтаждау сымдары | 50м | 135 | 6750 |
| Коректендіруші кабельдер | 100м | 235 | 23500 |
| Интегралды микросхемалар | 1 | 140000 | 140000 |
| Қорытынды | | | 23 500 140 |

Монтаждау жұмыстарына кететін шығын жабдықтар мен құрылғыларға кететін шығынның 5% құрайды.

$Ш_{монтаж} = Ш_{жабд} \cdot 0{,}5\% = 23\ 500\ 140 \cdot 0{,}05 = 1175017$ теңге

Сонда, жұмсалатын жалпы капиталдық шығын:

$$Ш_{к} = Ш_{төл} + Ш_{жабд} + Ш_{монтаж} + Ш_{жалақы} =$$

= 112 545,6 + 23 500 140 + 1175017 + 865000 = 2565270,26 теңге

Эксплуатациялық шығындар:

Жөндеу жұмыстарына кететін шығындар барлық соманың 10% құрайды.

$$Ш_{жөнд} = Ш_{жабд} \cdot 10\% = 23\ 500\ 140 \cdot 0{,}1 = 2350014 \text{ теңге}$$

Жабдықтардың амортизациясы.

Амортизациялық төлемдер жабдықтардың жалпы сомасының 15% құрайды.

$$Ш_{амор} = Ш_{жабд} \cdot 15\% = 23\ 500\ 140 \cdot 0{,}15 = 3525021 \text{ теңге}$$

Электрэнергиясына кететін шығындар.
Электр энергиясының шығыны 3 кВт·сағ болып табылады.

Уақыттың жылдық қоры келесідей

$Қ_{ж} = 252 \cdot 11 = 2772$

Электрэнергиясына кететін шығынын есептеу

$P_{электр} = 2772 \cdot 3 \cdot 4{,}6 = 38253$ тенге

Көтеру қондырғысын және басқарылатын электржетектің жұмысын бақылаушылар: қызмет көрсетуші инженердің еңбек ақысы 150000 тенге, ал электриктің еңбек ақысы 90000 теңгені құрайды. Барлығы 240000 тенге, төлемдерді қоса есептесек:

$$Ж_{бақыл.} = 240000 \cdot 12 = 2\ 880\ 000 \text{ теңге}$$

$$31562{,}5 \cdot 0{,}2 \cdot 12 = 75750 \text{ теңге}$$

$$(2\ 880\ 000 - 44187{,}5 - 257074) \cdot 0{,}15 = 386\ 810{,}8 \text{ теңге}$$

$$Ж_{төл} = 386\ 810{,}8 + 75750 = 462\ 560{,}8 \text{ теңге}$$

$$Ж_{бақыл.ж} = 240000 + 462\ 560{,}8 = 702\ 560{,}8 \text{ теңге}$$

### 5.3 Жалпы шығынды есептеу

Аталған жобаны іске асыруға қажетті жабдықтар жоғарыда аталып өтті, олардың құрайтын сомасы–55400 теңге. Аталған жатық іске қосу арқылы басқарылатын электржетекті құру үшін қажетті шығындар:

$$Ш_{жалпы} = Ш_{жонд.} + Ш_{аморт.} + Ш_{бақыл.ж} + Ш_{элек.эн};$$

$$Ш_{жалпы} = 2350014 + 3525021 + 702\ 560{,}8 + 38253 = 6\ 615\ 848{,}8 \text{ теңге}$$

**5.4 Үнемдеу есебі**

Жылдық экономиялық тиімділік:

$$Э_{ж} = Э - E_{н} \cdot K \text{, теңге}$$

мұндағы $Э$ – еңгізу нәтижесінде алынған экономия;
$E_{н}$ – тиімділіктің нормалық коэффициенті.

Экономия эксплуатациялық шығындарды қысқартуға байланысты алынады. Эксплуатациялық шығындар енгізуге дейін 8664072 теңгені құрады.

Осыдан экономия

$$Э = 8664072 - 6\,615\,848{,}8 = 2048223{,}2 \text{, теңге}$$

$$Э_{ж} = 2048223{,}2 - 0{,}32 \cdot 2565270{,}2 = 1227336{,}7 \text{, теңге}$$

Қайырып алу уақыты келесі формуламен анықталады:

$$T_{о} = \frac{K}{Э} = \frac{25652702{,}6}{2048223{,}2} = 12{,}5 жыл$$

мұндағы $T_{о}$ – қайырып алу мерзімі;
$K$ – капиталдық енгізу;
$Э$ – экономиялық тиімділік;

# ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста шақтылық көтеру қондырғысының электржетегінің механикалық бөлігіндегі негізгі элементтер есептеліп таңдалды. Көп арқанды ШКҚ жобалауға бастапқы берілістерге сәйкес жүргізілген есептеулер нәтижесінде жүк көтерімділігі Qп=25т болатын 2СН11-2 типті стандартты скип, ЦШ-5х4 типті көп арқанды көтеру машинасы, диаметрі 46,5 мм болатын ЛК-РО типті төрт көтеру арқанын және өлшемдері 170х27,5 мм болатын үш теңестіруші арқан таңдалды. Сонымен бірге бас білік бойынша шкивтің сырғымау шарты, көтеру операциясының есептік уақыты анықталды. Жетектік қозғалтқыштың шамамен алынған қуаты негізінде, көтеру қондырғысының кинематикасы мен динамикасының есептерін ескере отырып, жобалауға номинал қуаты Рном=5000 кВт, айналу жиілігі nном=63 айн/мин болатын П2-800-255-8КУ4 тұрақты ток қозғалтқышы қабылданды.

Шақтылық көтеру қондырғысының электржетегіне тұрақты ток қозғалтқышының таңдалуына оның асинхронды қозғалтқыштармен салыстырғандағы мынадай артықшылықтары себеп болды:

1) тұрақты ток қозғалтқышының механикалық сипаттамасы қатаңдығы жылдамдықты реттеудің барлық диапазонында (әсіресе жылдамдық алу және тежеу кезінде) біркелкі жоғары болуы;

2) арқанды жұлқып тартудың жоқтығы;

3) скиптің қозғалыс жылдамдығын реттеудің жатықтылығы.

Шақтылық көтеру қондырғысының электржетегінің элементтері есептеліп, КТЭУ-6300/1050-1249314-200Т-УХЛ4 типті жинақты (комплектік) тиристорлық электржетек, ТДНПД-12000/10У2 типті екі орамды, бір бакте екі актив бөлігі бар майлы трансформатор, номинал тогы 3200А және индуктивтілігі 0,5 мГн болатын СРОС3-3200МУХЛ4 типті реактор, номинал тогы 320 А және номинал кернеуі 460 В болатын ТПР9-320/460Р-31У4 типті тиристорлық қоздырғыш және номинал айналу жиілігі nтг ном=100 айн/мин және номинал кернеуі Uтг ном=230В болатын ПТ-42 типті тахогенератор таңдалды.

Көп арқанды шақтылық көтеру қондырғысының электржетегін автоматты басқару мәселелері қарастырылып, автоматты басқару жүйесінің параметрлері КТЭУ электржетегінің құрамына кіретін УБСР-АИ (унификацияланған, реттеудің блоктық жүйесі – аналогты интегралданған микросхемалар) элементтері негізінде есептелінді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Родченко А.Я., Евсеев Ю.В. Автоматизированный электропривод многоканатной подъемной установки. Ч.1. Механическая часть электропривода: Учеб.пособие /Норильский индустр. ин-т.– Норильск, 1996.- 44с.

2 Писарев А.И., Родченко А.Я. Автоматизированный электропривод многоканатной подъемной установки. Ч.2. Система «управляемый выпрямитель – двигатель» с реверсом возбуждения двигателя. Силовые элементы электропривода: Учеб.пособие /Норильский индустр. ин-т.– Норильск, 1996.- 48с.

3 Писарев А.И., Родченко А.Я. Автоматизированный электропривод многоканатной подъемной установки. Ч.3. Система «управляемый выпрямитель – двигатель» с реверсом возбуждения двигателя. Автоматическое управление электроприводом: Учеб.пособие /Норильский индустр. ин-т.– Норильск, 1996.- 26с.

4 Комплектные тиристорные электроприводы:Справочник / И.Х.Евзеров, А.С.Горобец, Б.И.Мошкович и др.; Под ред. канд. техн. наук В.М.Перельмутера.- М.:Энергоатомиздат, 1988.-319с.:ил.

5 Католиков В.Е., Динкель А.Д., Седунин А.М. Тиристорный электропривод с реверсом возбуждения двигателя рудничного подъема.- М.:Недра, 1990.- 382с.:ил.

6 Тиристорный электропривод рудничного подъема /А.Д.Динкель, В.Е.Католиков, В.И.Петренко, Л.М.Ковалев.-М.:Недра, 1977.-312с.:ил.

7 Александров К.К., Кузьмина Е.Г., Электротехнические чертежи и схемы.- М.:Энергоатомиздат, 1990.- 288с.:ил.

8 Католиков В.Е., Динкель А.Д., Седунин А.М. Автоматизированный электропривод подъемных установок глубоких шахт.- М.:Недра, 1983.-270с.:ил.

9 Малиновский А.К., Автоматизированный электропривод машин и установок шахт и рудников: Учебник для вузов.- М.:Недра,1987.- 277с.:ил.

10 Хаджиков Р.Н., Бутаков С.А., Горная механика:Учебник для техникумов.- 6-е изд., перераб. и доп.- М.:Недра, 1982.-407с.