

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Есенгулова Нурби Жомартовна

Цемент зауытын электрмен жабдықтау және электр қауіпсіздігі бойынша техникалық
шешімдерді әзірлеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

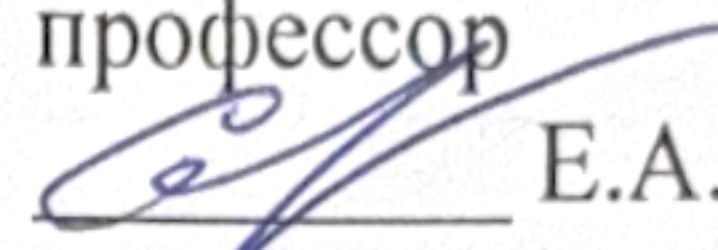
Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНУТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт энергетики
и машиностроения

КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Энергетика» кафедрасының
меңгерушісі
PhD, қауымдастырылған
профессор

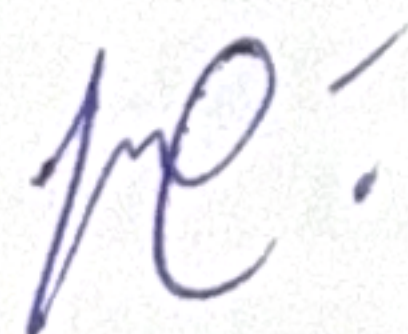
 Е.А.Сарсенбаев
«10» 06 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Цемент зауытын электрмен жабдықтау және электр қауіпсіздігі бойынша
техникалық шешімдерді әзірлеу»

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Орындаған:



Есенгулова Н. Ж.

Пікір беруші

АҚ «АЖК» қосалқы станция бөлімі

3 топ қосалқы станция бастығы

Ермағамбетов К. А.

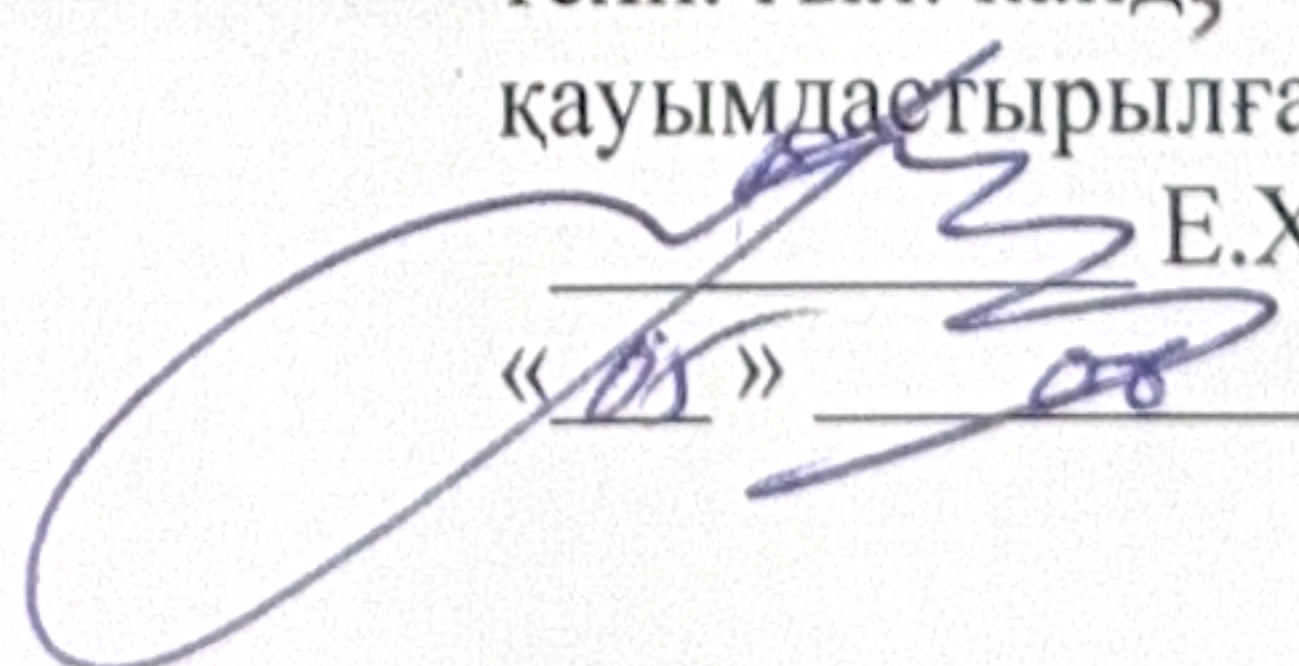
 «01» 06 2025 ж.

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд,

қауымдастырылған профессор

Е.Хидолда

 «01» 06 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

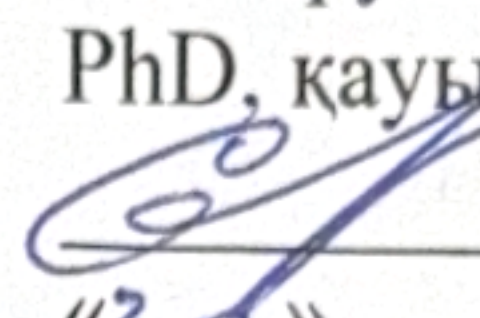
«Энергетика» кафедрасы

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

БЕКІТЕМІН

«Энергетика» кафедрасының
меңгерушісі

PhD, қауыпдастырылған профессор

 Е.А.Сарсенбаев
«30» 01 2025 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Есенгулова Нурби Жомартовна

Тақырыбы: Цемент зауытын электрмен жабдықтау және электр қауіпсіздігі бойынша
техникалық шешімдерді әзірлеу

Университеттің академиялық мәселелер жөніндегі проректорының 29.01.2025 ж. № 26-П/Ө
бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 19-мамыр 2025 жыл.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Қорек қуаты 40 МВА, кернеуі 115/10,5 кВ
(трансформаторлар бөлек жұмыс істейді), қ.т. қуаты 1200 МВА болатын екі
трансформатор орнатылған қуаты шектеусіз энергия жүйесінің қосалқы станциясынан
жүзеге асырылуы мүмкін. Қосалқы станциядан зауытқа дейінгі қашықтық 5 км.

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны:

а) Цемент зауытын электрмен жабдықтау;

ә) Электрмен жабдықтау схемаларының нұсқаларын салыстыру;

б) Электр қуатымен жұмыс істеу кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз етуге арналған
жабдықты жасау.

Сызба материалдар тізімі:

Сызба бойынша материалдар презентацияда көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 11 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Цемент зауытын электрмен жабдықтау	(10.02 - 28.04) 2025ж	—
Электр жабдықтау схемаларының нұсқаларын салыстыру	(10.03 - 30.04) 2025ж	—
Электр қауіпсіздігі бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу	(14.04 - 12.05) 2025ж	✓

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілердің аты-жөні, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Цемент зауытын электрмен жабдықтау	Е. Хидолда, техн.ғыл.канд. қауым.профессор	12.05.2025	✓
Электр жабдықтау схемаларының нұсқаларын салыстыру	Е. Хидолда, техн.ғыл.канд. қауым.профессор	20.05.2025	✓
Электр қауіпсіздігі бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу	Е. Хидолда, техн.ғыл.канд. қауым.профессор	01.06.2025	✓
Норма бақылау	Бердібеков Ә.О магистр, аға оқытушы	02.06.2025	✓

Ғылыми жетекшісі

_____ (қолы)

Е.Хидолда

Тапсырманы орындауға алған студент

_____ (қолы)

Н.Ж.Есенгулова

Күні

«10» 02 2025ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Есенгулова Нурби Жомартовна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Цемент зауытын электрмен жабдықтау және электр қауіпсіздігі бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу

Научный руководитель: Еркин Хидолда

Коэффициент Подобия 1: 8.8

Коэффициент Подобия 2: 1.5

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 191

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата 12.06.2025 г.

Заведующий кафедрой Энергетики
Сарсенбаев Б.А.


Ғылыми жетекшінің пікірі

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

(жұмыс түрінің атауы)

Есенгулова Нурби Жомартовна

(білім алушының Т.А.Ә.)

6B07101 – Энергетика

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Цемент зауытын электрмен жабдықтау және электр қауіпсіздігі бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу

Диплом бітіруші Есенгулова Н.Ж. дипломдық жұмысты графикке сәйкес орындаған, жұмыс барысында өзін сауатты, тапсырылған міндеттерді дербес шеше алатын, қажетті әдебиеттер мен техникалық құжаттарды өз бетінше іздеп, тиімді пайдалана алатын білім алушы ретінде көрсете білді.

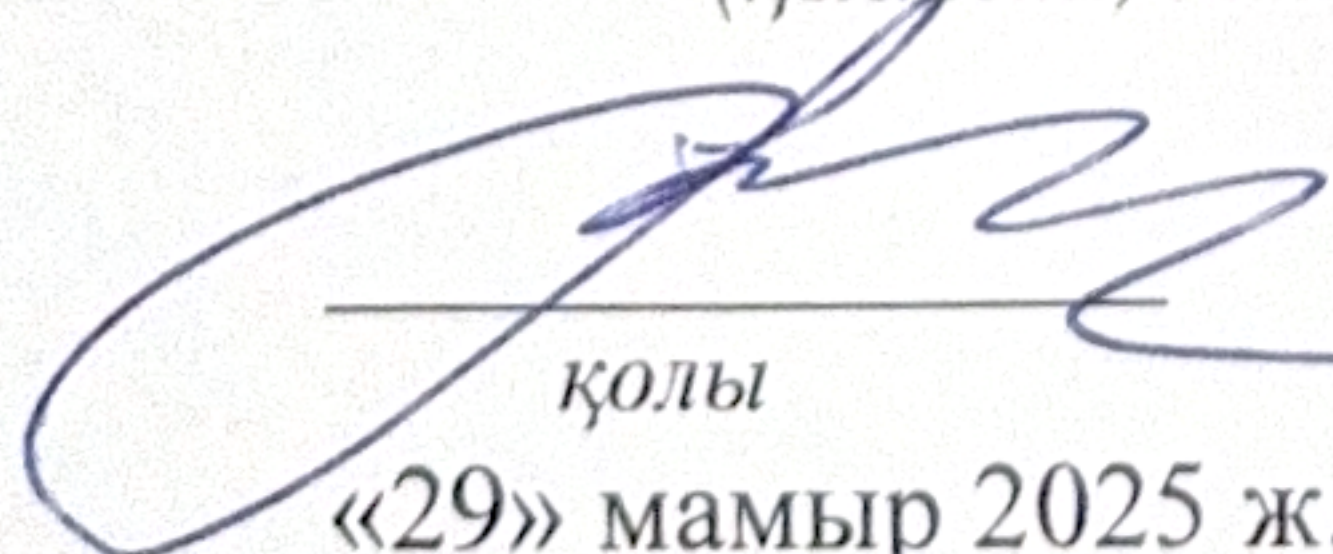
Дипломдық жұмыста цемент зауытының электр жүктемелері есептеліп, қуат көздерінің оңтайлы нұсқалары қарастырылды. Сонымен қатар, әртүрлі электрмен жабдықтау схемалары талданып, олардың техникалық және экономикалық тиімділігі салыстырылды,

Дипломдық жұмыс «өте жақсы» (94%) бағаға орындалған, ал оның авторы Есенгулова Н.Ж. 6B07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін иеленуге лайық деп санаймын.

Ғылыми жетекші

Қауымдастырылған профессор, техн.ғыл.канд.

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)


қолы

Хидолда Е.

Т.А.Ә.

«29» мамыр 2025 ж.

РЕЦЕНЗИЯ

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

(жұмыс түрінің атауы)

Есенгулова Нурби Жомартовна

(оқушының аты-жөні)

6B07101 – Энергетика

Тақырыбы: Цемент зауытын электрмен жабдықтау және электр қауіпсіздігі бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу

Орындалды:

а) графикалық бөлім _____ 12 _____ парақ

б) түсініктеме _____ 58 _____ бет

Дипломдық жұмыста цемент зауытының электрмен жабдықтау жүйесі жобаланған. Электр энергиясының сапасын арттыруға бағытталған техникалық шешімдер ұсынылған. Зерттеу барысында кәсіпорынның электр жүктемелері есептеліп, трансформаторлық қосалқы станциялардың қажетті қуаттылығы анықталды және технико-экономикалық талдау нәтижелері бойынша оңтайлы электрмен жабдықтау сұлбалары таңдалды.

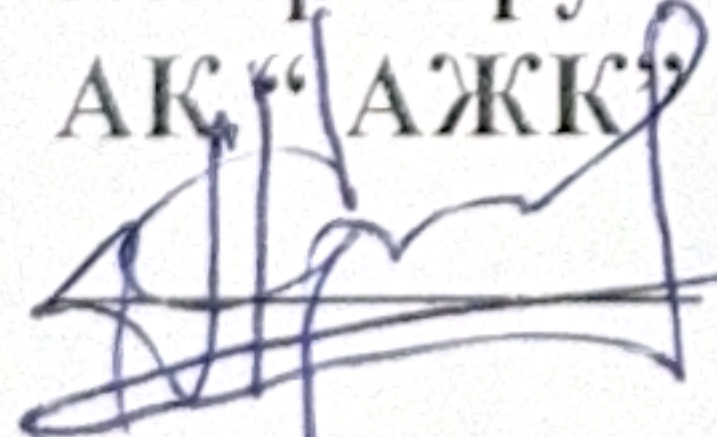
Арнайы бөлімде электр қауіпсіздігін қамтамасыз етуге арналған техникалық құралдар қарастырылған.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс «өте жақсы» (90 %) бағаға орындалған, ал оның авторы Есенгулова Н.Ж. 6B07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін иеленуге лайық деп санаймын.

Пікір беруші

АҚ «АЖК» қосалқы станция бөлімі 3 топ қосалқы станция бастығы

 Қ.А.Ермагамбетов

« 04 » _____ 06 _____ 2025 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Есенгулова Нурби Жомартовна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Цемент зауытын электрмен жабдықтау және электр қауіпсіздігі бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу

Научный руководитель: Еркин Хидолда

Коэффициент Подобия 1: 8.8

Коэффициент Подобия 2: 1.5

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 191

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☒ Обоснование:

Решение

к

заучено

Дата

08.06.2020

[Подпись]

[Подпись]

проверяющий эксперт

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс аясында цемент зауытын электрмен жабдықтау жүйесі жасалды. Өндіріс технологиясы сипатталған және негізгі электр жабдықтарының сипаттамалары келтірілген. Сыртқы электрмен жабдықтаудың әртүрлі нұсқаларына техникалық-экономикалық талдау жүргізілді, оның нәтижелері бойынша ең тиімдісі таңдалды.

Қосалқы станцияны орналастыру мәселелері зерттелді, трансформаторлардың түрі мен қуаты анықталды, сондай-ақ жүктемелерді бөлу картасы жасалды. Қысқа тұйықталу токтарының есептеулері жүргізіліп, қорғаныс құрылғылары таңдалды. Кәсіпорынды электрмен жабдықтау сенімділігіне талдау жүргізілді, сондай-ақ оның параметрлерін жақсартуға бағытталған техникалық шешімдерді қоса алғанда, электр энергиясының сапасын арттыру бойынша іс-шаралар ұсынылды.

АННОТАЦИЯ

В рамках дипломной работы разработана система электроснабжения цементного завода. Описана технология производства и приведены характеристики основного электрооборудования. Проведен технико-экономический анализ различных вариантов внешнего электроснабжения, по результатам которого был выбран наиболее эффективный.

Исследованы вопросы размещения подстанции, определены тип и мощность трансформаторов, а также составлена карта распределения нагрузок. Проведены расчеты токов короткого замыкания и выбраны защитные устройства. Проведен анализ надежности электроснабжения предприятия, а также предложены мероприятия по повышению качества электроэнергии, включая технические решения, направленные на улучшение его параметров.

ANNOTATION

In the thesis, the cement plant's power supply system was developed. Production technology is described and principal electrical equipment characteristics are given. Technical and economic comparison of alternative external power supplies has been done on the basis of which the most effective one has been selected.

The issues of site locations for substations have been researched, the transformer type and capacity have been determined, and a load distribution map has been designed. Short-circuiting currents have been calculated and protective equipment has been selected. The company's electric power supply reliability analysis has been performed, and ways have been proposed to improve the quality of electric energy, including technical solutions for its parameter improvement.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Цемент зауытын электрмен жабдықтау	8
1.1	Дипломдық жұмысқа арналған бастапқы деректер	8
1.2	Зауыттың электрлік жүктемелерін есептеу	9
1.2.1	Цехтарды жарықтандыру жүктемесін анықтау	9
1.2.2	0,4 кВ кернеулі электр жүктемелерін есептеу	12
1.2.3	Трансформаторлар санын анықтау және 0,4 кВ шиналардағы реактивті қуатты компенсациялау	19
1.2.4	Қнбк ҚТС-ң реактивті жүктемесіне пропорционал тарату	21
1.2.5	Цемент зауытының нақтыланған жүктемесінің есептелуі	22
2	Электрмен жабдықтау схемаларының нұсқаларын салыстыру	26
2.1	Бірінші нұсқа	26
2.2	Екінші нұсқа	32
2.3	10кВ қондырғыларын таңдау	36
2.3.1	Ажыратқыш таңдау	37
2.3.2	Шығыстағы желілердің күштік кабелдерін таңдау	40
2.3.3	ҚТС-ғы жүктеме ажыратқышын таңдау	42
2.3.4	ҚТС-ға автоматтық ажыратқышты таңдау	42
2.3.5	Тоқ трансформаторын таңдау	42
2.3.6	БТҚС шинасын таңдау	48
2.3.7	Оқшаулағыш таңдау	48
2.3.8	Кернеу трансформаторларын таңдау	49
3	Электр қауіпсіздігі бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу	51
3.1	Электр қауіпсіздігін сақтау үшін жүргізілетін іс-шаралар	51
3.1.1	Қорғанысты ажырату қондырғыларын есептеу	51
3.1.2	Найзағайдан қорғаныс	53
3.1.3	Қорғанысты жерге қосу	53
	Қорытынды	57
	Қолданылған әдебиеттер тізімі	58

КІРІСПЕ

Электр энергиясының негізгі тұтынушыларына өнеркәсіптік кәсіпорындар, көлік, ауыл шаруашылығы, сондай-ақ қалалар мен елді мекендердің коммуналдық қызметтері жатады.

Өнеркәсіптік нысандардың электрмен жабдықтау жүйелеріне номиналды кернеуі 1000 В және одан жоғары электр желілері мен трансформаторлар, сондай-ақ түрлендіргіш және тарату қосалқы станциялары кіреді. Бұл элементтер электр жүйелерінен электр энергиясын қажетті көлемде және тиісті сапада сенімді жеткізуді қамтамасыз етеді.

Тұтынушылардың әр санатының электрмен жабдықтау жүйесіне белгілі бір талаптар қоятын өзіндік ерекшеліктері бар, мысалы, қуат берудің сенімділігін қамтамасыз ету, электр энергиясының сапа көрсеткіштерін сақтау, резервтік көздер мен жеке компоненттерді қорғау жүйелерінің болуы.

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электрмен жабдықтау жүйелерін жобалау және пайдалану кезінде кернеу деңгейлерін дұрыс таңдау, электр жүктемелерін дәл анықтау, трансформаторлық қосалқы станциялардың түрін, саны мен қуатын таңдау, сондай-ақ қорғаныс жүйелерін ұйымдастыру, реактивті қуаттың орнын толтыру және кернеуді реттеу әдістері ерекше маңызға ие.

Бұл дипломдық жоба цемент зауытының электрмен жабдықтау жүйесін дамытуға арналған. Жұмыста трансформаторларды түрі мен қуаты бойынша таңдау, жүктемелер картасын жасау, қысқа тұйықталу токтарын есептеу және қорғаныс құрылғыларын таңдау мәселелері қарастырылады. Электр энергиясының сапасын арттыру, оның ішінде оның параметрлерін жақсартуға бағытталған техникалық шешімдерді әзірлеу мәселелеріне ерекше назар аударылды.

Жұмыстың мақсаты:

Қауіпсіздік талаптарын ескере отырып, тиісті сападағы цемент зауытын электрмен жабдықтаудың тиімді, сенімді және экономикалық негізделген жүйесін әзірлеу.

Жұмыстың міндеттері:

1) Цемент өндірісінің технологиялық процесін зерттеп, кәсіпорындағы электр энергиясының негізгі тұтынушыларын анықтау.

2) Электр жүктемелерін есептеп, жабдықтың сипаты мен жұмыс режимін анықтау.

3) Сыртқы электрмен жабдықтау нұсқаларын қарастыру.

4) Барлық негізгі элементтерді: тарату құрылғыларын, электр беру желілерін және қорғаныс аппараттарын көрсете отырып, ішкі электрмен жабдықтау схемасын әзірлеу.

5) Энергия тиімділігін бағалауды жүргізу және күтілетін пайдалану шығындарын есептеу.

1 Цемент зауытын электрмен жабдықтау

1.1 Дипломдық жұмысқа арналған бастапқы деректер

- 1) Зауыттың бас жоспарының схемасы
- 2) Зауыттың цехтарының электр жүктемесі туралы мәліметтер
- 3) Қорек қуаты 40 МВА, кернеуі 115/10,5 кВ (трансформаторлар бөлек жұмыс істейді), қ.т. қуаты 1200 МВА болатын екі трансформатор орнатылған қуаты шектеусіз энергия жүйесінің қосалқы станциясынан жүзеге асырылуы мүмкін.
- 4) Қосалқы станциядан зауытқа дейінгі қашықтық 5 км.
- 5) Зауыт үш ауысымда жұмыс істейді.

1.1 – кесте – Электр жүктемелер тізімі

Атауы	ЭП саны, n	Бекітілген қуат, кВт	
		P _н	Σ P _н
Бастапқы ұсақтау бөлімі	16	10-35	320
Екіншілік ұсақтау бөлімі	13	10-45	285
Шикізат фабрикасы бөлімі	66	20-60	2100
Қожды кептіру бөлімі	17	5-45	400
Бастапқы бөлімдердің суық соңы	34	20-160	2050
Негізгі бөлімдердің ыстық соңы	28	50-160	1900
Біріккен қойма	31	10-70	1950
Цемент диірмендері бөлімі	21	10-80	1100
Компрессорлық бөлме 10 кВ	5	1000	5000
Цемент силостары мен қаптамалары	14	20-75	720
Шикі ұн силос бөлімі	21	14-80	1125
Механикалық шеберханалар	30	5-60	350
Қазандық	46	10-70	1380
Материалдық қойма	13	3-27	140
Ұнтақтағыш денелерді сұрыптау және сақтау шеберханасы	11	5-15	90
Асхана	36	1-40	590
Зауыттық басқару	32	1-25	230
Гараж	27	1-15	150

1.2 Зауыттың электрлік жүктемелерін есептеу

1.2.1 Цехтарды жарықтандыру жүктемесін анықтау

Әрбір цехтың жарық жүктемесінің мәні қазіргі таңда жүктеме қуаты орташа жарық энергиясына тең, келесі формуламен анықталады:

$$Pp_0 = Kc_0 \cdot Py_0 \quad (1.1)$$

мұндағы Kc_0 – қуаттың сұраныс коэффициенті;

Py_0 – белгілі аудан үшін, жарық көзінің қуаты, Вт;

Оны бұл формуламен есептейміз:

$$Pe_0 = p_0 \cdot F \quad (1.2)$$

мұндағы p_0 – меншікті есептік қуат, Вт/м² ;

F – цех ауданы, м².

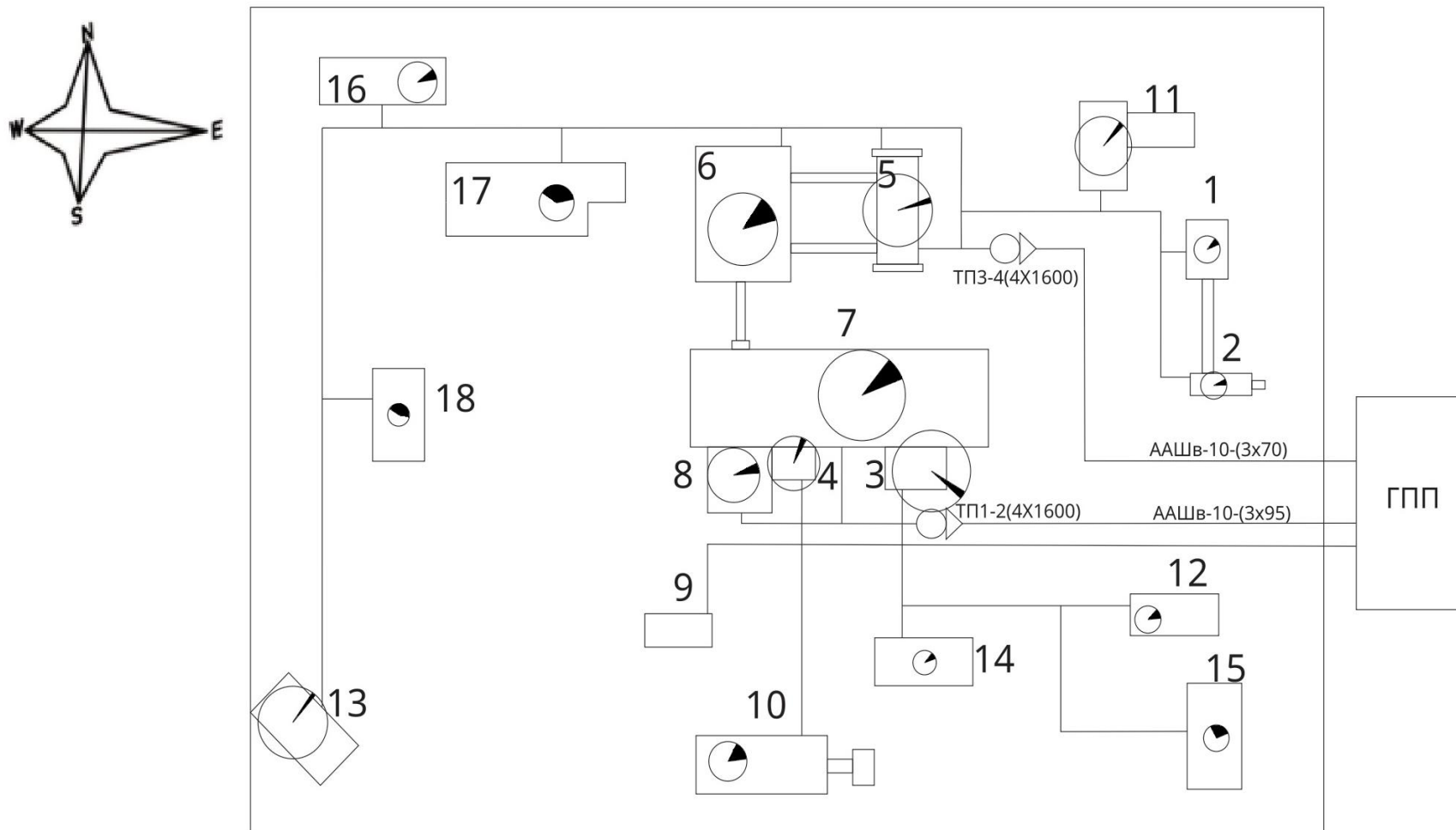
Жарық жүктемесінің реактивті қуатын төмендегі формуламен анықтаймыз:

$$Qp_0 = tg\varphi_0 \cdot Pp_0 \quad (1.3)$$

мұндағы $tg\varphi_0$ – реактив қуат коэффициенті. Шам немесе жарыққа қатысты өзгереді

1.2 – кесте – Цемент зауытын жарықтандыру

Цехтардың атауы	Цех өлшемдері, м ²	Меншікті жарық-у жүктемесі, ро кВт/м ²	Сұраныс коэффициц иенті Kс	Жарықтану тұрақты қуаты Р _{уо} кВт	Жарықтану жүктемесінің есептелуі		cosφ	tgφ
					Р _{ео} , кВт	Q _{ео} , квар		
Бастапқы ұсақтау бөлімі	1435	0,016	0,8	22,96	18,37	9,18	0,9	0,5
Екіншілік ұсақтау бөлімі	1003	0,016	0,8	16,04	12,83	6,41	0,9	0,5
Шикізат фабрикасы бөлімі	3619	0,015	0,8	54,28	43,42	21,71	0,9	0,5
Қожды кептіру бөлімі	1645	0,014	0,8	23,03	18,42	9,21	0,9	0,5
Бастапқы бөлімдердің суық соңы	2065	0,015	0,8	30,97	24,77	12,38	0,9	0,5
Негізгі бөлімдердің ыстық соңғы	9877	0,015	0,8	148,15	118,52	59,26	0,9	0,5
Біріккен қойма	22993	0,01	0,6	229,93	137,96	68,98	0,9	0,5
Цемент диірмендері бөлімі	3481	0,015	0,8	52,21	41,77	20,88	0,9	0,5
Компрессорлық бөлме 10 кВ	697	0,013	0,7	9,06	6,34	3,17	0,9	0,5
Цемент силостары мен қаптамалары	3325	0,014	0,8	46,55	37,24	18,62	0,9	0,5
Шикі ұн силос бөлімі	1711	0,014	0,8	23,95	19,16	9,58	0,9	0,5
Механикалық шеберханалар	1363	0,017	0,8	23,17	18,54	9,27	0,9	0,5
Қазандық	1885	0,013	0,7	24,5	17,15	8,57	0,9	0,5
Материалдық қойма	1105	0,01	0,6	11,05	6,63	3,31	0,9	0,5
Ұнтақтағыш денелерді сұрыптау және сақтау шеберханасы	1711	0,013	0,7	22,24	15,67	7,83	0,9	0,5
Асхана	1615	0,02	0,9	32,3	29,07	14,53	0,9	0,5
Зауыттық басқару	4465	0,02	0,9	89,3	80,37	40,18	0,9	0,5
Гараж	1885	0,02	0,9	37,7	33,93	16,96	0,9	0,5
Территория	467500	0,002	1	680.16	680.16	340.03	0,9	0,5



1.1-сурет- Цемент зауытының бас жоспары

1.2.2 0,4 кВ кернеулі электр жүктемелерін есептеу

0,4 кВ шиналарындағы күштік жүктемені “Келтірілген диаграмма” әдісі бойынша есептейміз және кестені келесідей реттілік бойынша толтырамыз.

- 1) Цехтардың атауы жазылады;
- 2) Электр қабылдағыштарының саны жазылады;
- 3) Электр тұтынушылардың ең төменгі және ең жоғарғы тұрақталған қуаты жазылады;
- 4) Электр тұтынушылардың жалпы тұрақталған қуаты жазылады;
- 5) m саны жазылады:

$$m = \frac{P_{н.мах}}{P_{н.мин}} \quad (1.4)$$

мұндағы $P_{н.мах}$ – қондырғының максимал тұтынатын қуаты, кВт;
 $P_{н.мин}$ – қондырғының минимал тұтынатын қуаты, кВт.

$$m = \frac{10}{1} > 3$$

- 6) Пайдалану коэффициентінің мәні жазылады;
- 7) $\cos\varphi$ активті қуат коэффициентінің шамасы жазылады;
- 8) $tg\varphi$ реактивті қуат коэффициентінің шамасы жазылады;
- 9) Ең жоғары жүктелген ауысымдағы орташа активті қуат шамасы жазылады:

$$P_o = K_{п} \cdot P_{н} \quad (1.5)$$

мұндағы $K_{п}$ – пайдалану коэффициенті;
 $P_{н}$ – номиналды активті қуат, кВт.

- 10) Ең жоғары жүктелген ауысымдағы орташа реактивті қуат шамасы жазылады:

$$Q_o = P_o \cdot tg\varphi \quad (1.6)$$

бұл жерде P_o – ең жүктелген ауысымдағы орташа активті қуат, кВт;
 $tg\varphi$ – реактивті қуат коэффициенті.

- 11) Электр тұтынушылардың тиімді саны жазылады:

$$n_3 = \frac{2 \cdot \sum P_{н}}{P_{н.мах}} \quad (1.7)$$

Шарт бойынша $n_3 \leq n$, сондықтан $n_3 = n$ деп қабылдаймыз.

- 12) K_m максимум коэффициенті жазылады. Электр тұтынушылардың тиімді саны n_t және пайдалану коэффициенті $K_{п}$ арқылы анықталады.

13) Күштік электр тұтынушылардың есептік активті қуаты жазылады:

$$P_e = K_m \cdot P_o \quad (1.8)$$

мұндағы K_m – максимум коэффициенті;

P_o – ең жүктелген ауысымдағы орташа активті қуат, кВт.

14) Күштік электр тұтынушыларының есептік реактивті қуаты жазылады:

$$Q_e = Q_o \text{ егер } n_3 > 10$$

$$Q_e = 1,1 \cdot Q_o \text{ егер } n_3 < 10$$

$$Q_e = Q_o = 24 \text{ квар}$$

15) Толық есептік қуат жазылады:

$$S_e = \sqrt{P_{e0,4}^2 + Q_{e0,4}^2} \quad (1.9)$$

мұндағы $Q_{e0,4}$ – 0,4 кВ реактивті қуаты, квар;

$P_{e0,4}$ – 0,4 кВ активті қуат, кВт.

Электр жүктеменің есептелуі 1.3-кестеде көрсетілген.

1.3 – кесте – Кернеуі $U = 0.4$ кВ зауыт цехтары бойынша электр жүктемесін есептеу

Цехтардың атауы және ЭҚ- ң тобы	n	Номиналды қуат		m	Ки	cos φ	tgφ	Орта жүктеме		nэ	Км	Есептік қуат			R мм	α град
		Pmin- Pmax кВт	ΣPн кВт					Pорт кВт	Qорт квар			Pe кВт	Qe квар	Se кВА		
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Бастапқы ұсақтау бөлімі																
а)күштік	16	10-35	320	>3	0,5	0,8	0,75	160	120	18	1,23	196,8	120			
б)жарықтандыру												18,37	9,18			
Барлығы												215,2	129,2	251	37	30.7
Екіншілік ұсақтау бөлімі																
а)күштік	13	10-45	285	>3	0,5	0,8	0,75	143	107	12	1,28	183	107			
б)жарықтандыру												12,83	6,41			
Барлығы												195,8	113,4	226,3	35.3	23.6
Шикізат фабрикасы бөлімі																
а)күштік	66	20-60	2100	>3	0,6	0,8	0,75	1260	945	69	1,09	1373,4	945			
б)жарықтандыру												43,42	21,71			
Барлығы												1412,8	966,7	1711,9	94.8	11
Қожды кептіру бөлімі																
а)күштік	17	5-45	400	>3	0,7	0,85	0,62	280	173.6	18	1,11	310,8	173,6			
б)жарықтандыру												18,42	9,21			
Барлығы								443.4	452.2			575.4	452.2	731.8	60.5	11.5

1.3 – кесте – жалғасы

Цехтардың атауы және ЭҚ- ң тобы	n	Номиналды қуат		m	Ки	cos φ	tgφ	Орта жүктеме		nэ	Км	Есептік қуат			R мм	α град
		Pmin- Pmax кВт	ΣPн кВт					Pорт кВт	Qорт квар			Pe кВт	Qe квар	Se кВА		
Бастапқы бөлімдердің суық соңы																
а)күштік	34	20-160	2050	>3	0,4	0,8	0,75	820	615	26	1,19	975,8	615			
б)жарықтандыру												24,77	12,38			
Барлығы												1000,6	627,4	1181	79.8	8.9
Негізгі бөлімдердің ыстық соңғы																
а)күштік	28	50-160	1900	>3	0,4	0,8	0,75	760	570	24	1,19	904,4	570			
б)жарықтандыру												118,52	59,26			
Барлығы												1022,9	629,3	1201	80.7	41.7
Біріккен қойма																
а)күштік	31	10-70	1950	>3	0,3	0,6	1,33	1170	1556	56	1,24	1450,8	1556			
б)жарықтандыру												137,9	68,98			
Барлығы												1588,7	1626	2273,2	100.5	31.2
Цемент диірмендері бөлімі																
а)күштік	21	10-80	1100	>3	0,5	0,8	0,75	550	412.5	27	1,2	660	412,5			
б)жарықтандыру												41,77	20,88			
Барлығы												701,8	433,4	446,6	66.5	21.4

1.3 – кесте – жалғасы

Цехтардың атауы және ЭҚ- ң тобы	n	Номиналды қуат		m	Ки	cos φ	tgφ	Орта жүктеме		nэ	Км	Есептік қуат			R мм	α град
		Pmin- Pmax кВт	ΣPн кВт					Pорт кВт	Qорт квар			Pe кВт	Qe квар	Se кВА		
Цемент силостары мен қаптамаалары																
а)күштік	14	20-75	720	>3	0,2	0,75	0,88	144	126.7	19	1,61	231,8	126,7			
б)жарықтандыру												37,24	18,62			
Барлығы												269	145,3	305,7	41.4	55.9
Шикі ұн силос бөлімі																
а)күштік	21	14-80	1125	>3	0,2	0,75	0,88	400	352	50	1,5	600	352			
б)жарықтандыру												19,16	9,58			
Барлығы												619,1	361,6	716,9	62.8	11.1
Механикалық шеберханалар																
а)күштік	30	14-80	350	>3	0,3	0,8	0,75	105	78.75	9	1,34	140,7	86,6			
б)жарықтандыру												18,54	9,27			
Барлығы												159,2	95,9	185,8	31.8	41.9
Қазандық																
а)күштік	46	10-70	1380	>3	0,65	0,8	0,75	897	672.7	39	1,12	1004,6	672,7			
б)жарықтандыру												17,15	8,57			
Барлығы												1051,8	636,3	1229,3	81.8	5.8

1.3 – кесте – жалғасы

Цехтардың атауы және ЭҚ- ң тобы	n	Номиналды қуат		m	Ки	cos φ	tgφ	Орта жүктеме		nэ	Км	Есептік қуат			R мм	α град
		Pmin- Pmax кВт	ΣPн кВт					Pорт кВт	Qорт квар			Pe кВт	Qe квар	Se кВА		
Материалдық қойма																
а)күштік	13	3-27	140	>3	0,3	0,6	1,33	42	55.86	10	1,6	67,2	61,44			
б)жарықтандыру												6,63	3,31			
Барлығы												73,8	64,7	98,14	21.7	32.3
Ұнтақтағыш денелерді сұрыптау және сақтау шеберханасы																
а)күштік	11	5-15	90	>3	0,3	0,6	1,33	27	35.91	12	1,6	43,2	35,91			
б)жарықтандыру												15,67	7,83			
Барлығы												58,9	43,7	73,4	19.4	95.7
Асхана																
а)күштік	36	1-40	590	>3	0,5	0,9	0,48	295	141.6	29	1,13	333,4	141,9			
б)жарықтандыру												29,07	14,53			
Барлығы												362,5	156,4	394,8	48	28.8
Зауыттық басқару																
а)күштік	32	1-25	230	>3	0,5	0,8	0,75	115	86.25	18	1,17	134,5	86,25			
б)жарықтандыру												80,37	40,18			
Барлығы												214,9	126,4	249,3	36.9	134.6

1.3 – кесте – жалғасы

Цехтардың атауы және ЭҚ- ң тобы	n	Номиналды қуат		m	Ки	cos φ	tgφ	Орта жүктеме		nэ	Км	Есептік қуат			R мм	α град
		Pmin- Pmax кВт	ΣPн кВт					Pорт кВт	Qорт квар			Pe кВт	Qe квар	Se кВА		
Гараж																
а)күштік	27	1-15	150	>3	0,2	0,7	1,02	30	30.6	20	1,5	45	30,6			
б)жарықтандыру												33,93	16,96			
Барлығы												78,93	47,56	92,15	22.4	154. 7
Территорияны жарықтандыру												680.16	340.03	760,4		
Шина бойынша жинағы 0,4 кВ												10041,8	6729,3	11020, 2		

1.2.3 Трансформаторлар санын анықтау және 0,4 кВ шиналардағы реактивті қуатты компенсациялау

Реактивті қуатты желі арқылы беру сымдар мен кабельдердің қималарын ұлғайтуға, трансформаторлардың қуатын арттыруға, қуат шығындарының артуына әкеледі. Мұндай шығындарды желідегі реактивті қуатты өтемелеу арқылы азайтуға және жоюға болады.

Цех трансформаторларының қуаты мен санын дұрыс таңдау келесі жағдайларды ескеріп жасалады: тұтынушыларды электрмен жабдықтаудың сенімділік категориясы; кернеуі 1 кВ дейінгі реактивті қуаттың компенсациясы; трансформаторлардың қалыпты және апаттық режимдегі жүктелу қабілеті.

$$P_{e0,4} = 10041,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{e0,4} = 6729,3 \text{ квар};$$

$$S_{e0,4} = 11020,2 \text{ кВА}.$$

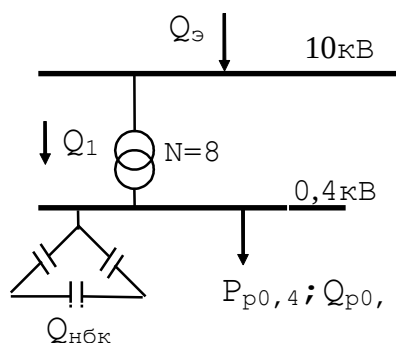
Қажетті трансформаторлардың минималды санан келесі формула арқылы анықтаймыз:

$$N_{\text{тmin}} = \frac{P_{e0,4}}{K_3 \times S_{\text{HT}}} + \Delta N = \frac{10041,8}{0,8 \times 1600} + 0,16 = 8 \quad (1.10)$$

Цемент зауыты тұтынушылардың 2-ші категориясына жатады, зауыт үш ауысымда жұмыс істейді, демек, трансформатордың жүктеме коэффициенті $K_3=0,8$. $S_{\text{HT}}=1600$ кВА трансформаторды қабылдаймыз.

$$Q_1 = \sqrt{(N_{\text{тэ}} \times S_{\text{HT}} \times K_3)^2 - P_{e0,4}^2} \quad (1.11)$$

$$Q_1 = \sqrt{(8 \times 1600 \times 0,8)^2 - 10041,8^2} = 2004,9 \text{ квар}.$$



1.2 – сурет – Орын алмастыру схемасы

0,4 кВ шиналарында реактивті қуаттар балансы шартынан $Q_{\text{нбк1}}$ шамасын анықтаймыз:

$$Q_{\text{нбк1}} + Q_1 = Q_{e0,4} \quad (1.12)$$

$$Q_{\text{нбк1}} = Q_{e0,4} - Q_1 = 6729.3 - 2004.9 = 4724.4 \text{ квар}$$

Бір батарея конденсатор қуатын анықтаймыз:

$$Q_{\text{нбк қтс}} = \frac{Q_{\text{нбк}}}{N_{\text{тз}}} = \frac{4724.4}{8} \approx 590 \text{ квар.} \quad (1.13)$$

1.4 – кесте – ҚТС бойынша цех жүктемелерін тарату

№ ҚТС S _{нт} , Q _{нбк қтс}	№ цех	P _{e0,4} , кВт	Q _{e0,4} , квар	S _{e0,4} , кВА	Кз
ҚТС 1 (2x1600) ҚТС 2 (2x1600) ΣS _н =4x1600=6400кВА	3	1412,8	966,7		
	4	329,2	182,8		
	7	1588,7	1626		
	8	701,8	433,4		
	9	6.5	3.2		
	10	269	145,3		
	12	159,2	95,9		
	14	73,8	64,7		
	15	58.9	43,7		
	Терр.ж арықта ндыру	680.16	340.03		
Q _{нбк} =4x590=2360квар			-2360		
<i>Барлығы</i>			5280.06	3221.7	0.79
ҚТС 3 (2x1600) ҚТС 4 (2x1600) ΣS _н =4x1600=6400кВА	1	215,2	129,2		
	2	195,8	113,4		
	5	1000,6	627,4		
	6	1022,9	629,3		
	11	619,1	361,6		
	13	1051,8	636,3		
	16	362,5	156,4		
	17	214,9	126,4		
	18	78,93	47,56		
Q _{нбк} =4x590=2360квар			-2360		
<i>Барлығы</i>		4761.73	467.56	4784.6	0.8

1.2.4 $Q_{нбк}$ ҚТС-ң реактивті жүктемесіне пропорционал тарату

Бастапқы берілулер:

$$Q_{e0,4}=6729.3 \text{ квар}; \quad Q_{нбк}=2004.9 \text{ квар.}$$

ҚТС 1-2:

$$Q_{e \text{ ҚТС1-2}}=5581.7 \text{ квар}, \quad Q_{e \text{ нбк}}=x,$$

$$Q_{e \text{ нбк}} = \frac{Q_{нбк} \times Q_{e \text{ қтс1-2}}}{Q_{e0,4}} = \frac{2004.9 \cdot 5581.7}{6729.3} = 1662.9 \text{ квар}, \quad (1.14)$$

Анықтамадан (Ю. Г. Барыбина) УК-0,4-300-150У3 конденсаторлық қондырғысын таңдаймыз, ал нақты реактивті қуат:

$$Q_{ф \text{ ҚТС1-2}}=4 \times 590 = 2360 \text{ квар},$$

ал компенсацияланбаған қуат :

$$Q_{\text{комп}}= Q_{e \text{ ҚТС1-2}} - Q_{ф \text{ ҚТС1-2}}= 5581.7-2360=3221.7 \text{ квар.} \quad (1.15)$$

ҚТС 3-4:

$$Q_{e \text{ ҚТС3-4}}= 2827.6 \text{ квар}, \quad Q_{e \text{ нбк}}=x,$$

$$Q_{e \text{ нбк}} = \frac{Q_{нбк} \times Q_{e \text{ ҚТС3-4}}}{Q_{e0,4}} = \frac{2004.9 \cdot 2827.6}{6729.3} = 842.44 \text{ квар}, \quad (1.16)$$

УКТБ-0,38-150 У3 конденсаторлық қондырғысын таңдаймыз, ал нақты реактивті қуат:

$$Q_{ф \text{ ҚТС3-4}}=4 \times 590=2360 \text{ квар.}$$

Компенсацияланбаған қуат:

$$Q_{\text{комп}}= Q_{e \text{ ҚТС3-4}} - Q_{ф \text{ ҚТС3-4}}= 2827.6-2360=467.6 \text{ квар.} \quad (1.17)$$

1.5 – кесте – $Q_{нбк}$ нақтыланған жіктелуі

№ ҚТС	$Q_{e \text{ қтс}}$	$Q_{e \text{ нбк қтс}}$	$Q_{\text{факт нбк қтс}}$	$Q_{\text{комп.}}$
ҚТС № 1,2	5581.7	1662.9	2360	3221.7
ҚТС № 3,4	2827.6	842.44	2360	467.6
Барлығы	8409.3	2505.3	4720	3689.3

1.2.5 Цемент зауытының нақтыланған жүктемесінің есептелуі

Трансформатордағы активті қуат шығындары:

$$\Delta P_T = \Delta P_{бж} + \Delta P_{КТ} \times K_3^2 \quad (1.20)$$

Трансформатордағы реактивті қуат шығындары:

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{бж} + \Delta Q_{КТ} \times K_3^2 = \frac{I_{xx}}{100} \times S_{HT} + \frac{U_{кз}}{100} \times S_{HT} \times K_3^2 \quad (1.21)$$

ТМН-1600-10/0.4 Трансформаторын таңдаймыз

$U_B = 6\text{кВ}$, $U_H = 0.4\text{кВ}$, $\Delta P_{бж} = 1,31\text{ кВт}$, $\Delta P_{КТ} = 8,5\text{ кВт}$, $I_{бж} = 2\%$, $U_{КТ} = 5,5\%$

ҚТС1-2:

$$K_3 = 0.8, N = 4.$$

$$\Delta P_T = (1.31 + 8.5 \cdot 0.8) \cdot 4 = 28\text{ кВт}. \quad (1.22)$$

$$\Delta Q_T = 0.01 \cdot (2 + 5.5 \cdot 0.8^2) \cdot 4 \cdot 1600 = 359\text{ квар}. \quad (1.23)$$

ҚТС3-4:

$$K_3 = 0.8, N = 4.$$

$$\Delta P_T = (1.31 + 8.5 \cdot 0.8) \cdot 4 = 28\text{ кВт}. \quad (1.24)$$

$$\Delta Q_T = 0.01 \cdot (2 + 5.5 \cdot 0.8^2) \cdot 4 \cdot 1600 = 359\text{ квар}. \quad (1.25)$$

Барлық трансформаторлардағы соммалы шығындар:

$$\Sigma P_{1-14} = 28 + 28 = 56\text{ кВт}, \quad (1.26)$$

$$\Sigma Q_{1-14} = 359 + 359 = 718\text{ квар}. \quad (1.27)$$

Синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаттары

9-шы цех синхронды қозғалтқышы бойынша берілген мәліметтер:

$P_{н\text{СҚ}} = 1000\text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,9$; $N_{\text{СҚ}} = 5$; $\kappa_3 = \beta = 0.85$.

Синхронды қозғалтқыш үшін есептік активті және реактивті қуаттарды анықтаймыз:

$$P_{р\text{СҚ}} = P_{н\text{СҚ}} \times N_{\text{СҚ}} \times \kappa_3 = 1000 \times 5 \times 0.85 = 4250\text{ кВт}. \quad (1.28)$$

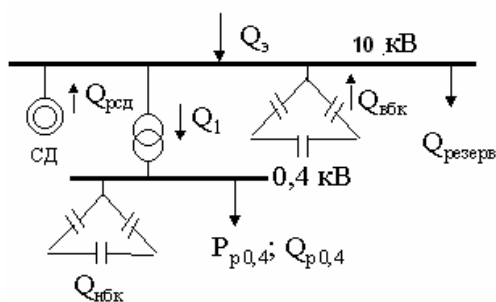
$$Q_{p\text{ CK}} = P_{p\text{ CK}} \times \operatorname{tg} \varphi = 4250 \times 0,48 = 1632 \text{ квар.} \quad (1.29)$$

$$S_{p\text{ CK}} = P_{p\text{ CK}} / \cos \varphi = 4250 / 0,9 = 3777 \text{ кВА.} \quad (1.30)$$

Бір қозғалтқыш үшін:

$$S_{p\text{ CK}} = S_{p\text{ CK}} / N = 3777 / 4 = 945 \text{ кВА} \quad (1.31)$$

БТҚС 10кВ шинасындағы реактивті қуат компенсациясы:
Орынбасу схемасын салайық.



1.3 – сурет – Орын алмастыру схемасы

Резервті қуат:

$$Q_{e3} = 0.1 \times \sum Q_e = 0.1 \times (Q_{e0,4} + \Delta Q_T) \quad (1.32)$$

$$Q_{рез} = 0.1 \times (6729.3 + 718) = 745 \text{ квар}$$

Энергожүйеден келетін қуат:

$$Q_3 = 0.25 \times \sum P_e = 0.25 \times (P_{e0,4} + \Delta P_T + P_{CK}) \quad (1.33)$$

$$Q_3 = 0.25 \times (10041.9 + 56 + 4250) = 3105 \text{ квар.}$$

ВБК қуатын реактивті қуат балансынан анықтаймыз:

$$Q_{ВБК} = Q_{e0,4} + \Delta Q_T + Q_{рез} - Q_3 - Q_{CK} - Q_{НБК}, \quad (1.34)$$

$$Q_{ВБК} = 6729.3 + 718 + 745 - 3105 - 4720 - 1632 = 0 \text{ квар.}$$

$Q_{ВБК} < 0$ квар болғандықтан, ВБК таңдамалмайды.

1.6 – кесте – Зауыттың күштік жүктемесінің нақтыланған есебі

№ ҚТС	№ цех	n	Орн. қуат		Ки	Орташа қуат		Nэ	Есептік қуат				Kз	
			Pmin- Pmax	Общая ΣPн, кВт		Pорт кВт	Qорт квар		Kм	Pe, кВт	Qe, квар	Se, кВА		
ҚТС1-2 4x1600	3	66	20-60	2100		1260	945							
	4	17	5-45	400		280	173.6							
	7	31	10-70	1950		1170	1556							
	8	21	10-80	1100		550	412.5							
	10	14	20-75	720		144	126.7							
	12	30	5-60	350		105	78.75							
	14	13	3-27	140		42	55.86							
	15	11	5-15	90		27	35.91							
	күштік жарықтандыру Тер. Жарық. Qнбк Барлығы		203	90	6850	0.43	3578	3384	152	1.05	3756.9	3384		
											319.6	159.81		
											680.16	340.03		
												-2360		
											4756.6	1523.8		

1.6 – кесте – жалғасы

№ ҚТС	№ цех	n	Орн. қуат			Ки	Орташа қуат		Nэ	Есептік қуат				Кз
			Pmin- Pmax	Общая ΣPн, кВт			Рорт кВт	Qорт квар		Км	Pe, кВт	Qe, квар	Se, кВА	
ҚТС3-4 4x1600	1	16	10-35	320		160	120							
	2	13	10-45	285		143	107							
	5	34	20-160	2050		820	615							
	6	28	50-160	1900		760	570							
	11	21	14-80	2000		400	352							
	13	46	10-70	1380		897	672.7							
	16	36	1-40	590		295	141.6							
	17	32	1-25	230		115	86.25							
	18	27	1-15	150		30	30.6							
	күштік жарықтандыру Қнбк Барлығы		145	8905	0.4	3620	2695	123	1.07	3873. 4	2695	145		
										354.17	177.05			
											-2360			
										4227.6	512.05	4258.5	0.72	
Трансф. Шығыны										56	718			
Жалпы жүктеме. 0,4кВ келтірілген										8984.2	2035.9			
СҚ	9	5	1000	5000						4250	-1632			
Жалпы зауыт										12412.2	762.9	12435.6		

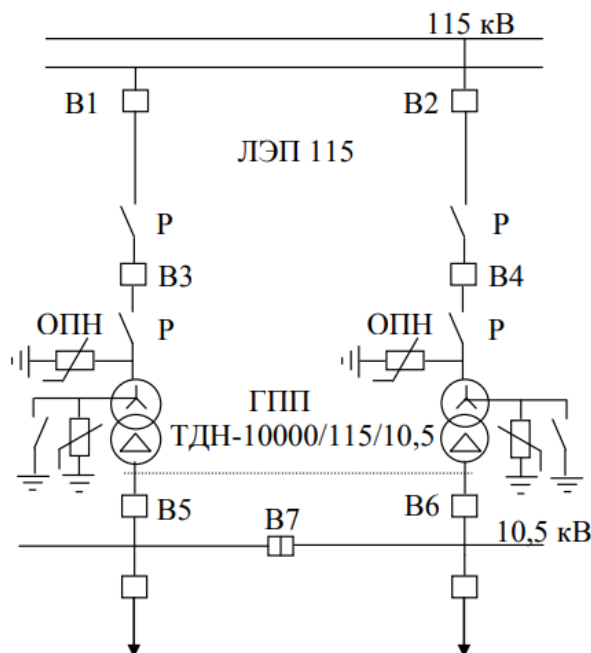
2 Электрмен жабдықтау схемаларының нұсқаларын салыстыру

Қуатты қуат шектеулері жоқ қуат жүйесінің қосалқы станциясынан алуға болады. Қосалқы станция әрқайсысының қуаты 40 МВА, кернеу деңгейі 115/10,5 кВ екі трансформатормен жабдықталған. Трансформаторлар бір-бірінен тәуелсіз жұмыс істейді. Қысқа тұйықталу қуаты 1200 МВА. Қосалқы станциядан зауытқа дейінгі қашықтық 5 шақырым.

Зауыттың электрмен жабдықтау нұсқаларына техникалық-экономикалық талдау жүргізу үшін біз екі ықтимал шешімді қарастырамыз:

- а) Бірінші нұсқа – 115 кВ электр беру желісі;
- б) Екінші нұсқа – 10,5 кВ электр беру желісі;

2.1 Бірінші нұсқа



1.4 - сурет - Электрмен жабдықтаудың бірінші нұсқасы

Бірінші нұсқа бойынша электр жабдықтарын таңдау.

1) БТҚС трансформаторларын таңдаймыз:

$$S = \sqrt{P_e^2 + Q_3^2} = \sqrt{12412.2^2 + 3105^2} = 12794.6 \text{ кВа} \quad (2.1)$$

Қуаты 10000 кВА екі трансформатор таңдаймыз.

Жүктелу коэффициенті:

$$K_3 = \frac{S_e}{2 \cdot S_H} = \frac{12794.6}{2 \cdot 10000} = 0.6 \quad (2.2)$$

Трансформаторлардың паспорттық мәліметтері:

Трансформатор типі ТДТН –10000/110;

$S_H=10$ МВА, $U_{жн}=110$ кВ, $U_{тн}=10$ кВ, $\Delta P_{бж}=18$ кВт, $\Delta P_{кт}=60$ кВт,
 $U_{кт}=10.5\%$, $I_{бж}=0.9\%$.

Трансформаторлардағы қуат шығындары:

активті:

$$\Delta P_{\text{БТҚС}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{бж}} + \Delta P_{\text{кт}} \cdot K_3^2) \quad (2.3)$$

$$\Delta P_{\text{тр БТҚС}} = 2 \times (\Delta P_{\text{бж}} + \Delta P_{\text{кт}} \times K_3^2) = 2 \times (18 + 60 \times 0.6^2) = 79.2 \text{ кВт}$$

реактивті:

$$\Delta Q_{\text{нбтқс}} = 0.02 \cdot (I_{\text{бж}} + U_{\text{кт}} \cdot K_3^2) \cdot S_H, \quad (2.4)$$

$$\Delta Q_{\text{мБТҚС}} = 2 \times \left(\frac{0.9 \times 10000}{100} + \frac{10.5 \times 10000 \times 0.6^2}{100} \right) = 936 \text{ квар.}$$

Трансформатордың активті қуат шығыны:

Үш сменмен жұмыс істеу режим кезінде: $T_{\text{қос}}=6000$ сағ; $T_{\text{макс}}=4500$ сағ.

Онда максималды шығын уақыты:

$$\tau = (0.124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 \quad (2.5)$$

$$\tau = (0.124 + 4500 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2886 \text{ сағ.}$$

$$\Delta W_{\text{тр БТҚС}} = 2 \times (\Delta P_{\text{бж}} \times T_{\text{қос}} + \Delta P_{\text{кт}} \times \tau \times K_3^2) \quad (2.6)$$

$$\Delta W_{\text{тр бтқс}} = 2 \times (18 \times 6000 + 60 \times 2886 \times 0.6^2) = 340675 \text{ кВт} \times \text{сағ}$$

ЛЭП –110 кВ.

ЛЭП арқылы өтетін толық қуат:

$$S_{\text{эбж}} = \sqrt{(P_e + \Delta P_{\text{мбтқс}})^2 + Q_3^2} \quad (2.7)$$

$$S_{\text{эбж}} = \sqrt{((10041.8 + 79.2)^2 + 3105^2)} = 10582.6 \text{ кВА}$$

Бір желі арқылы жүретін ток:

$$I_e = \frac{S_{\text{эбж}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{10582.6}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 26.5 \text{ A.} \quad (2.8)$$

Авариялық режим тоғы:

$$I_a = 2 \times I_e = 2 \times 26.5 = 53 \text{ A.} \quad (2.9)$$

Экономикалық ток тығыздығы арқылы сым қимасын анықтаймыз:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{26.5}{1.1} = 24 \text{ мм}^2. \quad (2.10)$$

Мұнда $j=1.1 \text{ A/мм}^2$ - $T_m=6000$ сағ. және алюминий сымдар болғандағы экономикалық ток тығыздығы.

Маркасы АС –70/11 кабель таңдаймыз $I_{p.e}=265 \text{ A}$.

Таңдалған сымды рұқсатты қыздырылуға тексереміз.

Есептік ток кезінде:

$$I_{p.e} = 265 \text{ A} > I_p = 26.5 \text{ A} \quad (2.11)$$

Авариялық режимде:

$$I_{p.e.a} = 1.3 \times I_{p.e} = 1.3 \times 265 = 347 \text{ A} > I_a = 53 \text{ A.} \quad (2.12)$$

ЭБЖ-ң электроэнергия шығындары:

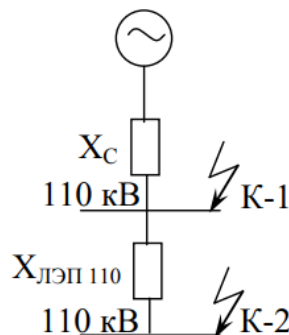
$$\Delta W_{\text{эбж5}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau \quad (2.13)$$

$$\Delta W_{\text{эбж5}} = 2 \times 3 \times 26.5^2 \times 2.3 \times 10^{-3} \times 2886 = 27968 \text{ кВт сағ}$$

$$\text{Мұндағы } R = r_0 \times L = 0.46 \times 5 = 2.3 \text{ Ом,} \quad (2.14)$$

мұнда $r_0=0.46 \text{ Ом/км}$ АС – 70 үшін

1) $U=110$ кВ сөндіргіштер мен ажыратқыштарды таңдау



1.5-сурет – Орынбасу схемасы

Таңдау алдында орынбасу схемасын (2.2 сурет) сызып, қысқа тұйықталу тогын есептейік.

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}; S_{\text{КТ}} = 1200 \text{ МВА}; U_6 = 115 \text{ кВ}$$

$$x_c = S_6 / S_{\text{КТ}} = 1000 / 1200 = 0.8 \text{ о.е.} \quad (2.15)$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 5.02 \text{ кА}; \quad (2.16)$$

$$x_{\text{эбж}} = \frac{x_0 \times L \times S_6}{U_{\text{ср}}^2} = \frac{0.34 \times 5 \times 1000}{115^2} = 0.12 \text{ о.е.} \quad (2.17)$$

$$I_{k-1} = \frac{I_6}{x_c} = \frac{5.02}{0.8} = 6.2 \text{ кА} \quad (2.18)$$

$$I_{k-2} = \frac{I_6}{x_c + x_{\text{лэп}}} = \frac{5.02}{0.8 + 0.12} = 5.4 \text{ кА} \quad (2.19)$$

$$i_{\text{соқ1}} = K_{\text{соқ}} \times \sqrt{2} \times I_{k-1} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 6.2 = 15.7 \text{ кА} \quad (2.20)$$

$$i_{\text{соқ2}} = K_{\text{соқ}} \times \sqrt{2} \times I_{k-1} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 5.4 = 13.8 \text{ кА} \quad (2.21)$$

В1 В2 В3 В4 ажыратқыштарын таңдаймыз

Ажыратқыш РНД-110/630У1

$$I_{\text{НОМ}} = 630 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 53 \text{ А};$$

$$I_{\text{откл}} = 20 \text{ кА} > I_{k1} = 6.2 \text{ кА};$$

$$I_{\text{пред}} = 52 \text{ кА} > i_y = 15.7 \text{ кА};$$

Р1-Р6 айырғыштарын таңдау:

Айырғыш РНД32-СК-110/1000У1

$$I_{\text{НОМ}} = 1000 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 53 \text{ А}$$

$$I_{\text{дин}} = 80 \text{ кА} > I_y = 5.4 \text{ кА}$$

$$I_{\text{терм}} = 31.5 \text{ кА} > I_{k1} = 13.8 \text{ кА}$$

Кернеу шектеуіштер: ОПНп-110/420/56 УХЛ1

ӘЭБЖ-110 кВ нұсқасының қондырғы шығындарын есептеу

Ажыратқыштарға кететін шығындар: В1-2, В3-4 (4 дана)

$$K_{B1-4}=n \cdot K_B$$

$$K_{B1-4}=4 \cdot 1.1 \cdot 10^6=4.4 \text{ млн. тг.} \quad (2.22)$$

Айырғышқа кететін шығындар: Р1-2, Р3-4 (4 дана)

$$K_{P1-6}=4 \cdot 856 \, 575=3.4 \text{ млн. тг.} \quad (2.23)$$

Асқын кернеуді шектегіштерге кететін шығындар: ОПН₁₋₂ (2дана)

$$K_{1-2}=2 \cdot 1.3 \cdot 10^6=2.6 \text{ млн. тг.} \quad (2.24)$$

БТҚС трансформаторларының шығыны: (2дана)

$$K_{TP}=2 \cdot 68 \cdot 10^6=98 \text{ млн. тг.} \quad (2.25)$$

Жабдықтарға кететін толық шығын:

$$K_{\text{ж}}=K_{B1-4}+K_{P1-6}+K_{TP1-2}=4.4+3.4+136+2.4=146.2 \text{ млн. тг.} \quad (2.26)$$

ӘБЖ-110 шығыны:

$$K_{\text{уд}}=4.5 \cdot 10^6 \text{ тг/км} \quad (2.27)$$

$$K_{\text{ӘБЖ}}=L \cdot K_{\text{уд}}=5 \cdot 4.5 \cdot 10^6=22.5 \text{ млн. тг.} \quad (2.28)$$

$$K_{\Sigma}=K_{\text{ж}}+K_{\text{ӘБЖ}}=146.2+22.5=168.7 \text{ млн. тг.} \quad (2.29)$$

ӘБЖ қолданысының шығындары:

$$I_{\text{әкс ӘБЖ}}=H_{\text{ӘБЖ}} \cdot K_{\text{ӘБЖ}}=0.028 \cdot 22.5=1.6 \text{ млн. тг.} \quad (2.30)$$

$H_{\text{ӘБЖ}}$ - ӘБЖ қолданыс шығынының нормасы, 2.8%-ға тең.

ӘБЖ амортизациялық шығыны:

$$I_{\text{аӘБЖ}}=H_{\text{аӘБЖ}} \cdot K_{\text{ӘБЖ}}=0.1 \cdot 22.5=2.25 \text{ млн. тг.} \quad (2.31)$$

$H_{\text{аӘБЖ}}$ -ӘБЖ амортизация шығынының нормасы, 10% құрайды.

Қондырғы эксплуатациясының шығыны:

$$I_{\text{экс. об.}} = N_{\text{э об.}} \cdot K_{\text{ж}} = 0.03 \cdot 108.2 \cdot 10^6 = 3.24 \text{ млн. тг.} \quad (2.32)$$

Бұл жерде $N_{\text{э об.}}$ -қондырғының эксплуатация шығындарының нормасы, 3%.

Қондырғының амортизациялық шығындары:

$$I_{\text{а об}} = N_{\text{а об}} \cdot K_{\text{ж}} = 0.15 \cdot 108.2 \cdot 10^6 = 16.2 \text{ млн. тг.} \quad (2.33)$$

$N_{\text{а об}}$ - қондырғының амортизация шығынының нормасы, 15%.

Шығын құны:

$$I_{\text{пот}} = C_o + W_{\text{ЭБЖ}} = 8.87 \cdot 433023 = 3.8 \text{ млн. тг.} \quad (2.34)$$

C_o -электроэнергия бағасы

Соммалық шығындар:

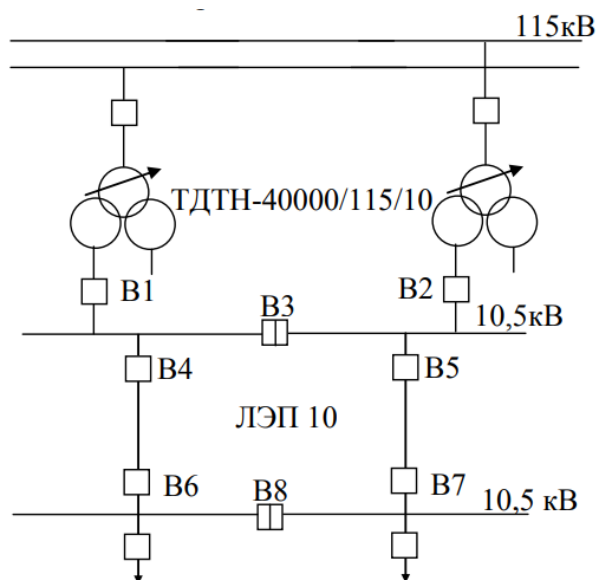
$$\begin{aligned} I_{\Sigma} &= I_{\text{экс. ЭБЖ}} + I_{\text{экс. об}} + I_{\text{а об}} + I_{\text{аЭБЖ}} + I_{\text{пот}} = \\ &1.6 + 3.24 + 16.2 + 2.23 + 3.8 = 27.7 \text{ млн. тг.} \end{aligned} \quad (2.35)$$

Келтірілген шығындар есептемесі:

$$З = E_c \cdot K_{\Sigma} + I_{\Sigma} = 0.15 \cdot 130.7 + 27.7 = 47.3 \text{ млн. тг.} \quad (2.36)$$

E_c -салыстырмалық экономикалық эффективтілік коэффициенті, 0.15.

2.2 Екінші нұсқа



1.6– сурет– Электрмен жабдықтаудың 2-ші нұсқасы

2-ші нұсқа бойынша электр жабдықтарын таңдау

1. БТҚС трансформаторларын таңдаймыз

$$S_{\text{рлЭП}} = \sqrt{10041.8^2 + 3105^2} = 10510.8 \text{ кВА} \quad (2.37)$$

Қуаты 16000 кВА екі трансформатор таңдаймыз.

$$I_a = \frac{10510.8}{\sqrt{3} \times 10.5} = 578 \text{ А} \quad (2.38)$$

$$I_p = \frac{578}{2} = 289 \text{ А} \quad (2.39)$$

а) Экономикалық тоқтың тығыздығына байланысты сым қимасын анықтаймыз:

$$j_{\text{эк}} = 1.1 \text{ А/мм}^2 \quad (2.40)$$

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{289}{1.1} = 263 \text{ мм}^2 \quad (2.41)$$

10 кВ үшін минималды стандартты қима $F_{\text{э}} = 120 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 380 \text{ А}$ болғандықтан ЗАС-120, $360 \text{ мм}^2 > 263 \text{ мм}^2$ аламыз.

б) жұмыс тогымен қыздыру үшін: $I_{\text{доп.пров.}} > I_p$ ($1140 > 289 \text{ А}$)

в) авариялық режим бойынша: $1.3 \times I_{\text{доп.пров.}} > I_{\text{ав}}$ ($1.3 \times 1140 > 578 \text{ А}$)

ЗАС-120, $I_{\text{доп}} = 1140 \text{ А}$ марканың сымын қабылдаймыз

110 кВ электр желісіндегі электр энергиясының шығындары:

$$\Delta W_{\text{эбж110}} = N \times 3 \times I_p^2 \times R \times 10^{-3} \times \tau = 2 \times 3 \times 289^2 \times 0,46 \times 10^{-3} \times 2886 = 665274 \text{ кВт сағ} \quad (2.42)$$

$$R = r_0 \times L = 0.28 \times 5/3 = 0.46 \text{ Ом} \quad (2.43)$$

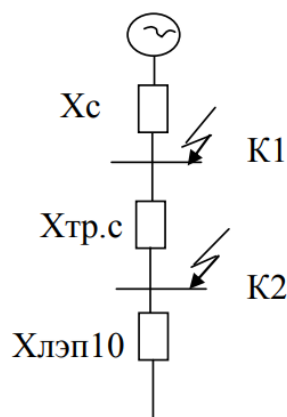
$$r_0 = 0.28 \text{ Ом/км AC} - 120 \text{ үшін}$$

Электр жүйесінің трансформаторларын таңдаймыз:

ТДТН-40000/115/10,5 типті екі трансформаторды таңдаймыз

Трансформаторлардың паспорттық мәліметтері:

$S_n = 40000 \text{ кВА}$, $U_{\text{жн}} = 115 \text{ кВ}$, $U_{\text{тн}} = 10,5 \text{ кВ}$, $\Delta P_{\text{бж}} = 52 \text{ кВт}$, $\Delta P_{\text{кт}} = 175 \text{ кВт}$, $U_{\text{кт}} = 10,5\%$, $I_{\text{бж}} = 0,7\%$.



1.7-сурет – Орынбасу схемасы

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}, U_6 = 10,5 \text{ кВ}, X_c = 0,8 \text{ о. е.}$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} U_6} = 55 \text{ кА} \quad (2.44)$$

$$x_{\text{лэп}} = \frac{\frac{x_0}{3} \times L \times S_6}{10 \times U_{\text{н.ср}}^2} = \frac{\frac{0.32}{3} \times 5 \times 1000}{10 \times 10.5^2} = 0.48 \quad (2.45)$$

$$x_{\text{тр.с}} = \frac{U_{\text{тн}} \times S_6}{100 \times S_{\text{н.тр.с}}} = \frac{10.5 \times 1000}{100 \times 40} = 2.62 \text{ о. е.} \quad (2.46)$$

K1 нүктесіндегі қт тогының мәнін есептейміз:

$$I_{\text{к1}} = \frac{I_6}{X_c + x_{\text{тр}}} = \frac{55}{0.8 + 2.62} = 16 \text{ кА} \quad (2.41)$$

$$\text{Соққы тоғы } i_{\text{соқк1}} = \sqrt{2} K_{\text{соқ}} \times I_{\text{к1}} = \sqrt{2} \times 1.8 \times 1.6 = 40.8 \text{ кА} \quad (2.47)$$

К1 нүктесіндегі қт тогының қуаты

$$S_{K1} = \sqrt{3} U_6 \times I_{K1} = \sqrt{3} \times 10.5 \times 16 = 290 \text{ МВА} \quad (2.48)$$

К2 нүктесіндегі қт тогының қолданыстағы мәні:

$$K2 = \frac{I_6}{X_c + X_{тр} + X_{эбж}} = \frac{55}{0.8 + 2.62 + 0.48} = 14 \text{ кА} \quad (2.49)$$

$$\text{Соққы тоғы } i_{соқ2} = \sqrt{2} K_{соқ} \times I_{K2} = \sqrt{2} \times 1.8 \times 14 = 35.5 \text{ кА} \quad (2.50)$$

К2 нүктесіндегі қт тогының қуаты

$$S_{K2} = \sqrt{3} U_6 \times I_{K2} = \sqrt{3} \times 10.5 \times 14 = 254 \text{ МВА} \quad (2.51)$$

В1, В2 ажыратқыштары арқылы өтетін токты табамыз:

$$I_{a_{B1, B2}} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{2 \times 20 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 10.5} = 2202 \text{ А} \quad (2.52)$$

В1, В2 ВМПЭ-10-3200-31, 5У3 типті ажыратқыштар таңдаймыз

Паспорттық деректер	Есептік деректер	Таңдау шарттары
$U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 3200 \text{ А}$ $I_{откл} = 31,5 \text{ кА}$ $I_{дин} = 52 \text{ кА}$	$U_p = 10 \text{ кВ}$ $I_{тр \text{ сист}} = 2202 \text{ А}$ $I_{к1} = 16 \text{ кА}$ $i_{соқ1} = 40.8 \text{ кА}$	$U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{a_{тр \text{ сист}}}$ $I \geq I_{к1}$ $I \geq i_{уд1}$

Секциялық ажыратқыш В3 апаттық токтан 2 есе аз токпен таңдалады

В3 қосқышы арқылы өтетін токты табамыз:

$$I_{B3} = \frac{I_a}{2} = \frac{2202}{2} = 1101 \text{ А} \quad (2.53)$$

ВМПЭ-10-1600-31, 5У3 типті ажыратқыш таңдаймыз

Паспорттық деректер	Есептік деректер	Таңдау шарттары
$U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 1600 \text{ А}$ $I_{откл} = 31,5 \text{ кА}$ $I_{дин} = 52 \text{ кА}$	$U_p = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав, тр \text{ сист}} = 1101 \text{ А}$ $I_{к1} = 16 \text{ кА}$ $i_{соқ1} = 40.8 \text{ кА}$	$U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{ав, тр \text{ сист}}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$

В4,В5 ажыратқыштары зауыттың апаттық тогы бойынша
таңдалады: $I=691\text{ A}$

ВМПЭ-10-1000-31,5У3 типті ажыратқыш таңдаймыз

Паспорттық деректер	Есептік деректер	Таңдау шарттары
$U_H=10\text{ кВ}$ $I_H=1000\text{ A}$ $I_{откл}=31,5\text{ кА}$ $I_{дин}=52\text{ кА}$	$U_p=10\text{ кВ}$ $I_{тр сист} = 691\text{ A}$ $I_{к1}=16\text{ кА}$ $i_{соқ1} = 40.8\text{ кА}$	$U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{тр сист}$ $I \geq I_{к1}$ $I \geq i_{уд1}$

Сол сияқты, біз 10 кВ ЭБЖ техникалық-экономикалық көрсеткіштерін есептеп, оларды 2-кестеге енгізіп, екі нұсқа бойынша жиынтық кестені жасаймыз.

Есептелген екі электрмен қамту нұсқаларын кестеге келтіріп, салыстырамыз:

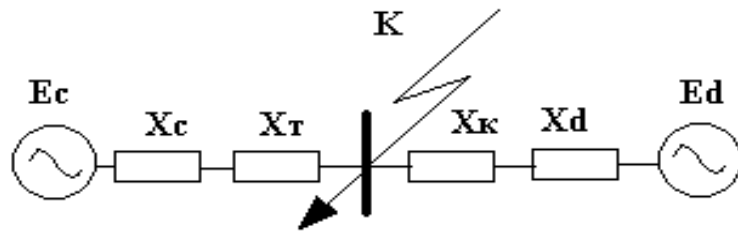
1.7 – кесте – Экономикалық есептеу нәтежиелері

Нұсқа	$U_{ном},\text{ кВ}$	$K_{\Sigma},\text{ млн. тг.}$	$I_{\Sigma},\text{ млн. тг.}$	$З,\text{ млн. тг.}$
I	115	168.7	27.7	47.3
II	10.5	168.5	28.9	43.4

Қорытынды: ең аз жылдық шығындар бойынша I нұсқаны таңдаған дұрыс.

2.3 Кернеуі 10кВ қондырғыларын таңдау

БТҚС шиналарындағы қысқа тұйықталу тогын есептеу



2.1-сурет – Орынбасу схемасы

Орынбасу схемасының параметрлерін анықтаймыз.

$S_6=1000$ МВА; $x_c=0.48+0.8=1.3$ о.е.; $U_6=10.5$ кВ.

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10.5} = 55 \text{ кА}; \quad (2.54)$$

$$X_T = \frac{U_k \cdot S_6}{100 \cdot S_n} = \frac{1000 \cdot 10.5}{100 \cdot 10} = 10.5 \text{ о.е.} \quad (2.55)$$

Энергожүйеден қысқа тұйықталу тогы:

$$I_{kc} = \frac{I_6}{X_c + X_T + X_{л\pi}} = \frac{55}{0.8 + 0.12 + 10.5} = 4.8 \text{ кА} \quad (2.56)$$

Синхронды қозғалтқыштан қуат тогын есептейміз

Бастапқы деректер:

Компрессор бөлмесінде СДН-16-41-20 типті 5 синхронды қозғалтқыш орнатылған: $P_H = 1000$ кВт, $U_H = 10.5$ кВ, $= 300 \frac{\text{айн}}{\text{са5}}$, $x_d'' = 14.5\%$,

$$\eta = 93.2\%.$$

$$S_{HCK} = \frac{P_{HCK}}{\cos \varphi} = \frac{1000}{0.9} = 1111 \text{ кВА} \quad (2.57)$$

$$I_{CK} = \frac{S_{HCK} \times K_3}{\sqrt{3} \times U} = \frac{1111 \times 0.85}{\sqrt{3} \times 10.5} = 51.9 \text{ А} \quad (2.58)$$

Синхронды қозғалтқышқа кабельді таңдаймыз

а) токтың экономикалық тығыздығы бойынша

$$F_3 = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{51.9}{1.4} = 37 \text{ мм}^2 \quad (2.59)$$

б) минималды қима бойынша:

$$F_{min} = \alpha \times I_{\text{КТ}} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 4.8 \times \sqrt{0.6} = 44 \text{ мм}^2 \quad (2.60)$$

ААШВ-10-(3× 50), $I_{\text{доп}} = 140 > 51.9 \text{ А}$ маркалы кабель таңдаймыз

$$r_0 = 0.447 \text{ Ом/км}, x_0 = 0.08 \text{ Ом/км}.$$

$$X_{\text{каб.СҚ}} = \frac{x_0 \times L \times S_6}{2 \times U_{\text{ср}}^2} = \frac{0.08 \times 5 \times 1000}{2 \times 10.5^2} = 2 \text{ о. е.} \quad (2.61)$$

$$X_{\text{СҚ}} = \frac{x_d'' \times S_6}{\Sigma S_{\text{н СҚ}}} = \frac{0.2 \times 1000}{2 \times 1.111} = 90 \text{ о. е.} \quad (2.62)$$

Двигатель тоғы

$$i_{\text{КТСҚ}} = \frac{E_{\text{СҚ}} \times I_6}{x_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1.048 \times 55}{2 + 90} = 0.6 \text{ кА} \quad (2.63)$$

$$E_{\text{СҚ}} = E_{\text{н}}'' \times \frac{U_{\text{н}}}{U_6} = 1.1 \times \frac{10}{10.5} = 1.048 \text{ о. е.} \quad (2.64)$$

Двигатель тоғы

$$i_{\text{КТСҚ}} = \frac{E_{\text{СҚ}} \times I_6}{x_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1.048 \times 55}{2 + 90} = 0.6 \text{ кА} \quad (2.65)$$

$$E_{\text{СҚ}} = E_{\text{н}}'' \times \frac{U_{\text{н}}}{U_6} = 1.1 \times \frac{10}{10.5} = 1.048 \text{ о. е.} \quad (2.66)$$

Компрессорлық қозғалтқыштардың қоректенуін ескере отырып, 10 кВ шиналардағы К-3 нүктесіндегі ҚТ тоғы:

$$\Sigma I_{\text{КТ}} = I'_{\text{К-3}} + I_{\Sigma \text{КТ СҚ}} = 4.8 + 0.6 = 5.4 \text{ кА} \quad (2.67)$$

К-3 нүктесіндегі соққы тоғы:

$$i_{\text{соқз}} = K_{\text{уд}} \times \sqrt{2} \times \Sigma I_{\text{КТ}} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 5.4 = 13.7 \text{ кА} \quad (2.68)$$

2.3.1 Ажыратқыш таңдау

Берілгені: $S_e = 10582.6 \text{ кВА}$.

Есептік ток:

$$I_P = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{10582.6}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10.5} = 291 \text{ А.} \quad (2.69)$$

Авариялық ток: $I_a = 2 \times I_p = 2 \times 291 = 582 \text{ А.}$ (2.70)

ВМПЭ-10-1000-31.5УЗ типті ажыратқышты таңдаймыз

Секциялық ажыратқыш $I_p = \frac{I_{\text{ав}}}{2} = \frac{582}{2} = 291 \text{ А}$ (2.71)

ВМПЭ-10-630-31.5У3 типті ажыратқыш таңдаймыз

Таңдалған ажыратқыштарды тексереміз:

2.1-кесте – Ажыратқыштардың берілгендері

	Ажыратқыш		Секциялық ажыратқыш	
	Есептік	Паспорттық	Есептік	Паспорттық
$U_H, \text{кВ}$	10	10	10	10
$I_H, \text{А}$	582	1000	291	630
$I_{откл}, \text{кА}$	5.4	31.5	5.4	31.5

Тармақты линиялардың ажыратқыштарын таңдау

1) Магистраль БТҚС-ҚТС1-2.

$$S_e = \sqrt{(P_e + \Delta P_T)^2 + (Q_e + \Delta Q_T)^2},$$

$$S_e = \sqrt{(4756.6 + 28)^2 + (1523.8 + 359)^2} = 5141,7 \text{кВА}. (2.72)$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{5141,7}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 141 \text{А}. (2.73)$$

Авариялық ток:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 141 = 282 \text{А}. (2.74)$$

ВМПЭ-10-630-31,5У3 ажыратқышын таңдаймыз.

Таңдалған ажыратқышты тексереміз:

Паспорттық	Есептік
$U_H = 10 \text{кВ}$	$U = 10 \text{кВ}$
$I_H = 630 \text{А}$	$I_p = 141 \text{А}$
$I_{откл} = 31,5 \text{кА}$	$I_{кт} = 5,4 \text{кА}$
$I_{терм} = 52 \text{кА}$	$I_y = 13,7 \text{кА}$

2) Магистраль БТҚС-ҚТСЗ-4.

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2},$$

$$S_c = \sqrt{(4227.6 + 28)^2 + (512.05 + 359)^2} = 4343.8 \text{ кВА} \quad (2.75)$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{4343.8}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10.5} = 120 \text{ А}. \quad (2.76)$$

Авариялық ток:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 120 = 240 \text{ А}. \quad (2.77)$$

ВМПЭ-10-630-31,5У3 ажыратқышын таңдаймыз.

Таңдалған ажыратқышты тексереміз:

Паспорттық	Есептік
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U = 10 \text{ кВ}$
$I_H = 630 \text{ А}$	$I_p = 120 \text{ А}$
$I_{откл} = 31.5 \text{ А}$	$I_{кт} = 5.4 \text{ кА}$
$I_{терм} = 52 \text{ А}$	$I_{кт} = 5.4 \text{ кА}$
$I_{дин} = 128 \text{ кА}$	$I_y = 13.7 \text{ кА}$

3) Магистраль БТҚС-СҚ.

$$I_p = \frac{P_{P.CK}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{5000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10.5} = 137 \text{ А} \quad (2.78)$$

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 137 = 274 \text{ А}. \quad (2.79)$$

ВЭ-10-40/1600У3 ажыратқышын таңдаймыз..

Таңдалған ажыратқышты тексереміз:

Паспорттық	Есептік
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U = 10 \text{ кВ}$
$I_H = 1600 \text{ А}$	$I_p = 137 \text{ А}$
$I_{откл} = 40 \text{ кА}$	$I_{кт} = 5.4 \text{ кА}$
$I_{терм} = 40 \text{ кА}$	$I_{кт} = 5.4 \text{ кА}$
$I_{дин} = 128 \text{ кА}$	$I_y = 14 \text{ кА}$

2.3.2 Шығыстағы желілердің күштік кабелдерін таңдау
Кабель таңдау шарттары:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{J_{\text{ЭК}}}; \quad (2.80)$$

$$I_p < I_{\text{доп}}, I_{\text{ав}} < 1.3 \cdot I_{\text{доп}} \quad (2.81)$$

Бұл жерде $J=1.2 \text{ А/мм}^2$ токтың экономикалық тығыздығы

$$S_{\text{ТЕРМ}} = 12 \cdot 5.4 \cdot \sqrt{0.8} = 58 \text{ мм}^2; \quad (2.82)$$

СҚ:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{137}{1.2} = 114 \text{ мм}^2; \quad (2.83)$$

ААШВ-10-(3х95) маркалы кабель $I_{\text{доп}}=192 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}}=192 \times 0.8=153.6 \text{ А} > I_p=114 \text{ А}. \quad (2.84)$$

ҚТС1-2:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{141}{1.2} = 117.5 \text{ мм}^2; \quad (2.85)$$

ААШВ-10-(3х95) маркалы кабель $I_{\text{доп}}=192 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}}=192 \times 0.9=172.8 \text{ А} > I_p=141 \text{ А}. \quad (2.86)$$

$$1.3 \times I_{\text{доп}}=1.3 \times 192=249.6 \text{ А} > I_{\text{ав}}=282 \text{ А}. \quad (2.87)$$

ҚТС3-4:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{120}{1.2} = 100 \text{ мм}^2; \quad (2.88)$$

ААШВ-10-(3х70) маркалы кабель $I_{\text{доп}}=225 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}}=225 \times 0.9=202.5 \text{ А} > I_p=120 \text{ А}. \quad (2.89)$$

$$1.3 \times I_{\text{доп}}=1.3 \times 202.5=263.2 \text{ А} > I_{\text{ав}}=240 \text{ А}. \quad (2.90)$$

Қалған кабелдердің барлық есептелген мәндері 2.1- кестесіне «Кабелдік журналға» еңгізілген.

2.1 – кесте – Кабельдік журнал

Учаскенің атаулары	Se, кВА	N	Кп	Жүктеме		Ток бойынша.экон.тығ., мм ²		ҚТ тоғы бойынша., мм ²		Таңдалған кабель	I _{доп} , А
				I _p , А	I _{ав} , А	j _э	F _э , мм ²	I _к , кА	S, мм ²		
БТҚС-СК ₉	1000	5	0.8	21.4	10.7	1.2	17.8	4.67	35	ААШВ- 10-(3×35)	105
БТҚС- ҚТС1-2	5141,7	2	0.9	142	284	1.2	118.3	4.67	35	ААШВ- 10- (3×185)	305
БТҚС- ҚТС3-4	4343.8	2	0.9	100	200	1.2	41.6	4.67	35	ААШВ- 10-(3×70)	225

2.3.3 ҚТС-ғы жүктеме ажыратқышын таңдау

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 88 \text{ А.} \quad (2.91)$$

Барлық трансформаторға ВНПу-10-400-10зп ЗУЗ.таңдаймыз.

2.3.4 ҚТС-ға автоматтық ажыратқышты таңдау

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0.38} = 2430 \text{ А} \quad (2.92)$$

ВЭС-10-40/3200УЗ(ТЗ) Ідоп=3200 А таңдаймыз.

2.3.5 Тоқ трансформаторын таңдау

Келесі шартпен тоқ трансформаторы таңдалады:

- 1)құрылғының кернеуі бойынша: $U_{\text{ном тт}} \geq U_{\text{ном уст-ки}}$;
- 2)тоқ бойынша: $I_{\text{ном тт}} \geq I_e$;
- 3)электродинамикалық беріктілік бойынша:
- 4)екіншілік жүктеме бойынша: $S_{H2} \geq S_{\text{нагр е}}$;
- 5). термиялық беріктілік бойынша: $I_T^2 t_T > W_k$;
- 6). конструкциялық және дәлдік класы бойынша.

1. Кірістегі және секциялық ажыратқыштардағы тоқ трансформаторын таңдау.

2.2 – кесте – Ток трансформаторының паспорттық берілгені

Аспап	Түрі	А, ВА	В,ВА	С, ВА
A	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	САЗ-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Жинағы		6,5	5,5	6,5

Тоқ тансформатордың шығысындағы жүктемесін есептейміз.

Шықпалық жүктеменің кедергісі, аспап кедергілерінен,жалғайтын сымдардың және контактідің өтетін кедергілерінен тұрады:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} \quad (2.93)$$

Аспаптардың кедергілері мына формуламен анықталады:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{н тт}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

мұнда $S_{\text{приб}}$ – аспап қоректенетін қуат;
 I_2 – аспаптың екінші номинал тоғы.

Сым кедергілері:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}. \quad (2.94)$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,44} = 0,32 \text{ мм}^2; \quad (2.95)$$

АКР ТВ; $F=1,5 \text{ мм}^2$ сымын қабылдаймыз;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{1,5} = 0,093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,093 + 0,1 = 0,45 \text{ Ом} \quad (2.96)$$

$$B_k = I_{\text{КТ}}^2 \times (t_{\text{отк}} + T_a) = 4,67^2 \times (0,095 + 0,04) = 2,94 \text{ кА}^2\text{с}. \quad (2.97)$$

ТЛМ-10 Тоқ трансформаторын қабылдаймыз.

Есеп айыру шамалары

$$U_H = 10,5 \text{ кВ}$$

$$I_{\text{ав}} = 284 \text{ А}$$

$$B_k = 2,94 \text{ кА}^2\text{с}$$

$$i_{\text{уд}} = 11,8 \text{ кА}$$

$$Z_{2P} = 0,45 \text{ Ом}$$

Каталогы бойынша

$$U_H = 10,5 \text{ кВ}$$

$$I_H = 600 \text{ А}$$

$$I_T^2 t_T = 1200 \text{ кА}^2\text{с}$$

$$I_{\text{дин}} = 125 \text{ кА}$$

$$Z_{2H} = 0,8 \text{ Ом}$$

2) БТҚС-ҚТС3-4 желісіндегі тоқ трансформаторы:

2.3 – кесте – Ток трансформаторының паспорттық берілгені

Аспап	Түрі	A, BA	B,BA	C, BA
A	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	CP4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Жинағы		6,5	5,5	6,5

Тоқ тансформатордың шығысындағы жүктемесін есептейміз.

Шықпалық жүктеменің кедергісі, аспап кедергілерінен, жалғайтын сымдардың және контактідің өтетін кедергілерінен тұрады:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}}$$

Аспаптардың кедергілері мына формуламен анықталады:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{н}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

мұнда $S_{\text{приб}}$ – аспап қоректенетін қуат;

I_2 – аспаптың екінші номинал тоғы.

Сым кедергілері:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,44} = 0,32 \text{ мм}^2;$$

АКР ТВ; $F = 1,5 \text{ мм}^2$ сымын қабылдаймыз;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{1,5} = 0,093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,093 + 0,1 = 0,45 \text{ Ом}$$

$$B_k = I_{\text{кТ}}^2 \times (t_{\text{отк}} + T_a) = 4.67^2 \times (0.095 + 0.04) = 2.94 \text{ кА}^2\text{с}.$$

ТЛМ-10 Ток трансформаторын қабылдаймыз.

Есеп айыру шамалары

$$\begin{aligned} U_H &= 10 \text{ кВ} \\ I_{\text{ав}} &= 200 \text{ А} \\ B_k &= 2.94 \text{ кА}^2\text{с} \\ i_{\text{уд}} &= 11.8 \text{ кА} \\ Z_{2\text{P}} &= 0.45 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Каталогы бойынша

$$\begin{aligned} U_H &= 10 \text{ кВ} \\ I_H &= 600 \text{ А} \\ I_T^2 t_T &= 1200 \text{ кА}^2\text{с} \\ I_{\text{дин}} &= 125 \text{ кА} \\ Z_{2H} &= 0.6 \text{ Ом} \end{aligned}$$

3) БТҚС-ҚТС5-6 желісіндегі ток трансформаторы:

2.4 – кесте – Ток трансформаторының паспорттық берілгені

Аспап	Түрі	А, ВА	В, ВА	С, ВА
A	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Жинағы		6,5	5,5	6,5

Ток трансформатордың шығысындағы жүктемесін есептейміз.

Шықпалық жүктеменің кедергісі, аспап кедергілерінен, жалғайтын сымдардың және контактінің өтетін кедергілерінен тұрады:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}}$$

Аспаптардың кедергілері мына формуламен анықталады:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{нтт}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

мұнда $S_{\text{приб}}$ – аспап қоректенетін қуат;

I_2 – аспаптың екінші номинал тоғы.

Сым кедергілері:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2H} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0.8 - 0.26 - 0.1 = 0.44 \text{ Ом.}$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0.028 \times 5}{0.44} = 0.32 \text{ мм}^2;$$

АКР ТВ; $F=1.5 \text{ мм}^2$ сымын қабылдаймыз;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0.028 \times 5}{1.5} = 0.093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0.26 + 0.093 + 0.1 = 0.45 \text{ Ом}$$

$$B_k = I_{\text{КТ}}^2 \times (t_{\text{отк}} + T_a) = 4.67^2 \times (0.095 + 0.04) = 2.94 \text{ кА}^2\text{с.}$$

ТЛМ-10 Ток трансформаторын қабылдаймыз.

Есеп айыру шамалары

$U_H = 10 \text{ кВ}$

$I_{\text{ав}} = 300 \text{ А}$

$B_k = 2.94 \text{ кА}^2\text{с}$

$i_{\text{уд}} = 11.8 \text{ кА}$

$Z_{2P} = 0.45 \text{ Ом}$

Каталогы бойынша

$U_H = 10 \text{ кВ}$

$I_H = 600 \text{ А}$

$I_T^2 t_T = 1200 \text{ кА}^2\text{с}$

$I_{\text{дин}} = 125 \text{ кА}$

$Z_{2H} = 0.6 \text{ Ом}$

4) БТҚС-СҚ желісіндегі ток трансформаторы:

2.5 – кесте – Ток трансформаторының паспорттық берілгені

Аспап	Түрі	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Жинағы		6,5	5,5	6,5

Ток тансформатордың шығысындағы жүктемесін есептейміз.

Шықпалық жүктеменің кедергісі, аспап кедергілерінен, жалғайтын сымдардың және контактідің өтетін кедергілерінен тұрады:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}}$$

Аспаптардың кедергілері мына формуламен анықталады:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2н} = \frac{S_{2н \text{ тт}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

Мұнда $S_{\text{приб}}$ – аспап қоректенетін қуат;

I_2 – аспаптың екінші номинал тоғы.

Сым кедергілері:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2н} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,44} = 0,32 \text{ мм}^2;$$

АКР ТВ; $F = 1,5 \text{ мм}^2$ сымын қабылдаймыз;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{1,5} = 0,093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,093 + 0,1 = 0,45 \text{ Ом}$$

$$B_k = I_k t^2 \times (t_{\text{отк}} + T_a) = 4,67^2 \times (0,095 + 0,04) = 2,94 \text{ кА}^2 \text{с}.$$

ТЛМ-10 Тоқ трансформаторын қабылдаймыз.

Есеп айыру шамалары

$U_H = 10 \text{ кВ}$

$I_{\text{ав}} = 10,7 \text{ А}$

$B_k = 2,94 \text{ кА}^2 \text{с}$

$i_{\text{уд}} = 11,8 \text{ кА}$

$Z_{2P} = 0,45 \text{ Ом}$

Каталогы бойынша

$U_H = 10 \text{ кВ}$

$I_H = 600 \text{ А}$

$I_T^2 t_T = 1200 \text{ кА}^2 \text{с}$

$I_{\text{дин}} = 125 \text{ кА}$

$Z_{2H} = 0,6 \text{ Ом}$

2.3.6 БТҚС шинасын таңдау

Шинаны рұқсатты тоғы бойынша таңдаймыз

$I_{ав}=980 \text{ А}$; $I_p=490 \text{ А}$.

$I_{доп}=1625 \text{ А}$ рұқсатты тоғы бар $8 \times 80 \text{ мм}^2$ тік бұрышты алюминий шинаны аламыз.

$$I_{доп} > I_{ав}; \\ 1625 \text{ А} > 980 \text{ А}.$$

а) Шинаның ҚТ тоғына эл.динамикалық беріктігін тексеру:

$$F_p = 1,76 \times i_{уд}^2 \times \frac{L}{a} \times 10^{-2}, \quad (2.98)$$

мұнда $i_{уд}$ – шинадағы соққы тоғы;

L – изоляторлар арасындағы қашықтық;

a – фазалар арасындағы қашықтық.

$L=200 \text{ см}$, $a=35 \text{ см}$.

$$F_p = 1,76 \times 11,8^2 \times \frac{200}{35} \times 10^{-2} = 14 \text{ Н}.$$

$$W = 0,17 \times n \times b \times h^2 \quad (2.99)$$

мұнда n – платадағы жолақ саны;

b – бір жолақтың саны;

h – шина биіктігі.

$$W = 0,17 \times 0,6 \times 8^2 = 6,5 \text{ см}^2 \text{ – кедергі моменті.}$$

$$\delta_{\epsilon} = \frac{F_p \cdot a \cdot c \cdot L}{10 \times W} = \frac{1,76 \times 10^{-3} \times i_{уд}^2 \times L^2}{a \times W} = \frac{1,76 \times 10^{-3} \times 11,8^2 \times 200^2}{35 \times 6,5} = 43 \text{ кгс/см}^2 \quad (2.100)$$

$$\delta_{доп} \geq \delta_{\epsilon}; \quad 65 \text{ МПа} \geq 4,2 \text{ МПа}.$$

$$\delta_{доп} \text{ – АТ маркалы шина үшін } (\delta = 650 \text{ кгс/см}^2 = 65 \text{ МПа}).$$

2.3.7 Оқшаулағыш таңдау

Оқшаулағыш таңдау шарты келесідей:

1) Номиналды кернеу арқылы

$$U_n \geq U_{н.уст}; \quad 10,5 \text{ кВ} \geq 10,5 \text{ кВ}.$$

2) Рұқсат етілген жүктеме арқылы

$$F_{\text{доп}} \times 0,6 \geq F_e; \quad 0,6 \cdot 400 = 240 \text{ Н} \geq 14 \text{ Н}.$$

3) Қысқа тұйықталу тогы арқылы

$$I_{\text{тн}} \geq I_{\infty}; \quad 20 \text{ кА} \geq 4,67 \text{ кА}.$$

ИЧ-80-4 ХЛЗ оқшаулағышы таңдалады.

2.3.8 Кернеу трансформаторларын таңдау

Кернеу трансформаторлары төмендегі шарттар бойынша таңдалады:

- 1). құрылғы кернеуі бойынша: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}};$
- 2). екіншілік жүктеме бойынша: $S_{\text{ном2}} \geq S_{2e};$
- 3). дәлдік класы бойынша;
- 4). конструкциясы және жалғану схемасы бойынша.

2.7 – кесте – Кернеу трансформаторының паспорттық берілгені

Құрал	Тип	$S_{\text{об-ки}}$, ВА	Орам саны	$\cos\phi$	$\sin\phi$	Құрал саны	$P_{\text{общ}}$, Вт	Q , вар
V	Э-335	2	2	1	0	2	8	-
W	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Var	И-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Wh	СА3-И681	3 Вт	2	0,38	0,925	9	54	131,4
Varh	СР4-И689	3 вар	2	0,38	0,925	9	22,18	54
Барлығы							90,18	185,45

Есептелетін екіншілік жүктеме

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{90,18^2 + 185,45^2} = 206,2 \text{ ВА}. \quad (2.101)$$

НТМИ-10-66У3 типті КТ қабылдаймыз.

2.8 – кесте – Кернеу трансформаторының шамаларын салыстыру

$U_{HT}=10 \text{ кВ}$	$U_{HT}=10 \text{ кВ}$
$S_{H2}=300 \text{ кВА}$	$Se_2=206,2 \text{ ВА}$
Орамдардың жалғану схемасы $Y_0/Y_0/\Delta_1 - 0$	

3 Электр қауіпсіздігі бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу

3.1 Электр қауіпсіздігін сақтау үшін жүргізілетін іс-шаралар

Электр қауіпсіздігі-бұл адамды электр энергиясының қауіпті әсерінен қорғауға бағытталған техникалық және ұйымдастырушылық шаралар жүйесі.

Мұндай әсерлерге электр тогы, электр доғасы және электромагниттік өріс жатады.

Электр қауіпсіздігін қамтамасыз етудің мақсаты — электр жарақаттарының алдын алу және электр қондырғыларын пайдалану кезінде қауіпсіз жағдайлар жасау.

Кәсіпорында энергетикалық экономиканың тиімді және қауіпсіз жұмыс істеуі нормативтік талаптар мен регламенттерді қатаң сақтауға негізделген. Энергетикалық қондырғылардың ұйымдастырушылық құрылымы мен жұмысының негізі келесі үш негізгі ережеден тұрады:

Қауіпсіздік техникасы қағидалары (ПТБ) — Электр қондырғыларын пайдалану кезінде қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз етуге қойылатын талаптарды белгілейді.

Электр қондырғыларын орнату ережелері (ПУЭ) — электр жабдықтарын жобалау, монтаждау және қосу тәртібін реттейді. Сенімділікті, электр қауіпсіздігін және белгіленген техникалық нормаларға сәйкестікті қамтамасыз етеді.

Тұтынушылардың электр қондырғыларын техникалық пайдалану қағидалары (ПТЭ) — электр қондырғыларына қызмет көрсету, тексеру, жөндеу және қызмет көрсету тәртібін айқындайды. Жабдықтың техникалық жай-күйін қадағалауды ұйымдастыруды және профилактикалық іс-шараларды жүргізуді регламенттейді.

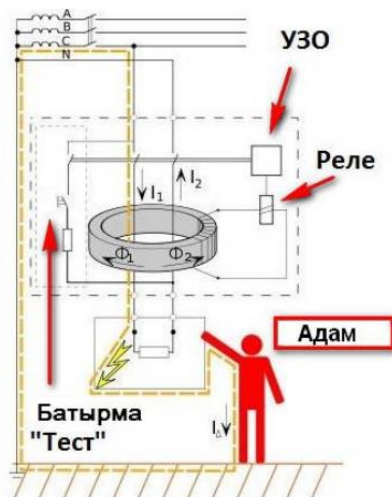
Электр қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі шаралары

- тораптарды бөлу;
- аз кернеу қолдану
- қорғаныстық ажырату қондырғылары
- жерге тұйықталу тоғының сыйымдылықтық тоқ құраушысын компенсациялау;
- жоғарғы кернеуден, төменгі кернеудегі көшудегі туындайтын қауіптіліктен қорғаныс;
- найзағайдан қорғаныс
- нөлдеу және нөлге қосу;
- қорғаныстық ажырату;

3.1.1 Қорғанысты ажырату қондырғыларын есептеу

Қорғаныс өшіру құрылғысы (УЗО) электр тогын дереу өшіруге арналған, бұл адамды тікелей немесе жанама жанасу кезінде электр тогының соғуынан қорғайды.

УЗО тұрмыстық және өндірістік жағдайларда қауіпсіздіктің жоғары деңгейін қамтамасыз ете отырып, бір фазалы және үш фазалы электр желілерінде қолданылады.



3.1-сурет- УЗО-ның жұмыс істеу принципі

Аспаптар цехының электрмен жабдықтау жүйесін жобалау кезінде персонал мен жабдықты шамадан тыс жүктеме және қысқа тұйықталу токтарынан қорғауға ерекше назар аударылады. Осы мақсатта дифференциалды ажыратқыштарды қолданған жөн. Таңдау барысында осы шарт орындалуы тиіс:

$$I_{\text{ном.авт}} \geq I_{\text{пуск}} \quad (3.1)$$

$$I_{\text{пуск}} = I_{\text{н}} \times K_{\text{пуск}} \quad (3.2)$$

3.1 – кесте – Аспаптар цехы үшін дифференциалды ажыратқыштардың маркаларын таңдау

ЭҚ аталуы	$I_{\text{н}}, \text{кВт}$	$I_{\text{н}}, \text{А}$	$K_{\text{п}}$	$I_{\text{пуск}}, \text{А}$	Дифф. ажыратқыш
Бұрғылау қондырғысы	5	10	3	30	ABB F202 A-30/0.03
Аспап желдеткіші	2.2	4.5	2.5	11.25	IEK VD-63 16A/30mA
Дәнекерлеу аппараты	6.3	12	3	36	Schneider Electric A9R11263
Өлшеу компрессоры	4	8	3	24	ABB F202 A-30/0.03
Пресс	7.5	14.5	2.5	36.2	Legrand DX 40A/30mA

3.1.2 Найзағайдан қорғаныс

БТҚС үшін найзағайдан қорғанысты есептеудегі шамалары:

$$h=42$$

$$h_x=15$$

$$B=18$$

$$n=110/(\text{км}^2 \cdot \text{жыл})$$

Бір өзекті жайтартқыш үшін найзағайдан қорғау параметрлері анықталады.

$$h_0 = 0.85h = 0.85 \times 42 = 36 \text{ м} \quad (3.3)$$

$$r_0 = (1.1 - 2 \times 10^{-3}h)h = (1.1 - 2 \times 10^{-3} \times 42)42 = 42.6 \text{ м} \quad (3.4)$$

$$r_x = (1.1 - 2 \times 10^{-3}h)(h - 1.2h_x) = \\ (1.1 - 2 \times 10^{-3} \times 42)(42 - 1.2 \times 15) = 24 \text{ м} \quad (3.5)$$

$$h_m = h - h_0 = 42 - 36 = 6 \text{ м} \quad (3.6)$$

$$h_a = h - h_x = 42 - 15 = 27 \quad (3.7)$$

$$\alpha^{(A)} = \arctg \frac{r_0}{h_0} = \arctg \frac{42}{36} = 49.9^\circ \quad (3.8)$$

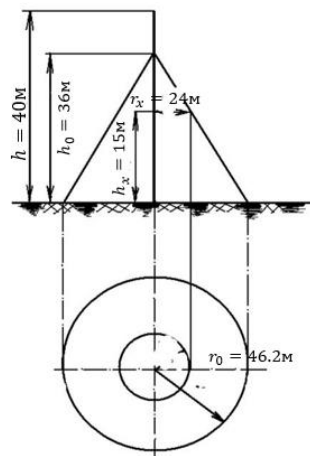
Қорғалатын объектінің өлшемі

$$\varphi^{(A)} = \arcsin \frac{B}{2r_x^{(A)}} = \arcsin \frac{18}{2 \cdot 24} = 16.33^\circ \quad (3.9)$$

$$\cos \varphi^{(A)} = \cos 16.33^\circ = 0.9$$

$$A^{(A)} = 2r^{(A)} \cdot \cos \varphi^{(A)} = 2 \cdot 24 \cdot 0.9 = 43.2 \text{ м} \quad (3.10)$$

$$A \times B \times H = 43 \times 18 \times 15$$



3.2 – сурет- Бір өзекті жайтартқыштың қорғау аймақтары

3.1.3 Қорғанысты жерге қосу

БТҚС үшін шамалар:

$$A \times B = 43 \times 18;$$

$$L_{\text{ЛЭП(ВЛ)}} = 1.5 \text{ км};$$

$$V_{\text{н}} = 110 \text{ кВ};$$

$$\rho = 300 \text{ Ом}$$

$$t = 0.7 \text{ м};$$

Климаттық аймақ-IV;

Тік электрод Дөңгелек болат $d=12$, $L=5$, $L_{\text{в}}=3$ м;

Жерге қосылу құрылғысының түрі-контурлық;

Көлденең электрод-жолақ;

Бір тік электродтың есептік кедергісі анықталады:

$$I_{\text{в}} = 0.3 \cdot \rho \cdot K_{\text{СЭЗ.В}} = 0.3 \cdot 300 \cdot 1.3 = 117 \text{ Ом} \quad (3.11)$$

Біріктірілген жерге қосу құрылғысының шекті кедергісі

$$R \leq \frac{125}{1} = \frac{125}{0.47} = 266 \quad (3.12)$$

$$I = \frac{V_{\text{н}} \cdot (35 \cdot L_{\text{кл}} + L_{\text{вл}})}{350} = \frac{110 \cdot 35 \cdot 1.5}{350} = 0.47 \text{ А} \quad (3.13)$$

$\rho > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, демек:

$$4 \cdot \frac{r_0}{R} = 4 \cdot \frac{300}{100} = 12 \text{ Ом} \quad (3.14)$$

Тік электродтардың саны

Экрандауды ескерусіз

$$N = \frac{r_{\text{в}}}{R} = \frac{115}{12} = 9.6 \quad (N = 10) \quad (3.5)$$

Экрандауды ескерумен

$$N = \frac{r_{\text{в}}}{R} = \frac{10}{0.6} = 16.6 \quad (N = 17)$$

Арақашықтық есепке алынады

$$L_{\text{i}} = (A + 2) - 2(B + 2) \cdot 2 = (43 + 2) - 2(18 + 2) = 130 \text{ м} \quad (3.6)$$

Нысанның формасын ескере электродтар арасындағы арақашықтық табамыз. $N_B = 18$ арқылы электродтарды біркелкі бөлеміз, сонда:

$$\alpha_B = \frac{B}{n_{B-1}} = \frac{14}{4} = 3.5 \quad (3.7)$$

$$\alpha_B = \frac{A}{n_{A-1}} = \frac{17}{4} = 4.5 \quad (3.8)$$

Пайдалану коэффициенттерін нақтылау:

$$\eta_B = F(\text{конт.}; 1, 3; 16) = 0.58;$$

$$\eta_\Gamma = F(\text{конт.}; 1, 3; 16) = 0.34;$$

Тік және көлденең электродтардың кедергілерінің нақты мәндері:

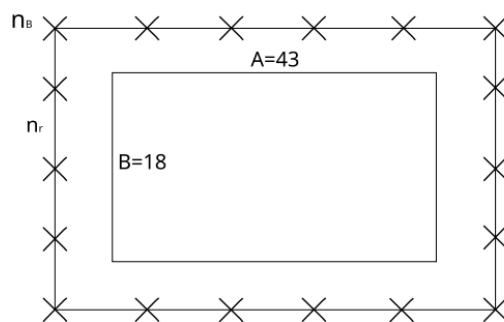
$$R_\Gamma = \frac{0.4}{L_\pi} \cdot \rho \cdot K_{\text{СЭЗ.В}} \cdot \lg \frac{2L_n}{bt} = 55.3 \text{ Ом}; \quad (3.9)$$

$$R_B = \frac{r_B}{N_B + \eta_B} = 11.2 \text{ Ом} \quad (3.10)$$

ЖҚ нақты кедергісі:

$$R_{\text{з.у.ф}} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma} = 9.31 \text{ Ом} \quad (3.11)$$

$$R_{\text{з.у.ф}}(9.31 \text{ Ом}) \leq R_{\text{з.у.}}(12 \text{ Ом}) \quad (3.12)$$



3.3-сурет-Жерге қосу электродтардың экрандау схемасы

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобаны жүзеге асыру аясында цемент зауытының электрмен жабдықтау жүйесі жасалды. Жұмыс электр энергиясын сенімді және сапалы жеткізуді қамтамасыз етуге бағытталған оңтайлы техникалық шешімдерді талдау мен негіздеуді қамтыды.

Жобалау процесі электр желілерінің ұтымды параметрлері мен схемасын анықтауға, трансформаторлар мен қорғаныс құрылғыларын таңдауға мүмкіндік берді. Электр жүктемелерін есептеу жүргізілді, сыртқы электрмен жабдықтаудың нұсқалары қарастырылды, сондай-ақ жабдықты таңдау жүргізілді. Бұл техникалық тиімді және экономикалық тұрғыдан негізделген электрмен жабдықтау жүйесін құруды қамтамасыз етті. Электр қауіпсіздігін арттыру үшін дифференциалды автоматты ажыратқыштар таңдалды.

Осылайша, цемент зауытының электрмен жабдықтау жүйесінің әзірленген жобасы заманауи өнеркәсіптік объектіні энергиямен қамтамасыз етудің барлық негізгі аспектілерін қамтитын кешенді және жан-жақты шешім болып табылады. Ұсынылған техникалық шараларды іске асыру электрмен жабдықтаудың сенімділігі мен сапасын арттырып қана қоймай, сонымен қатар кәсіпорынның жалпы өндірістік тиімділігіне оң әсер етеді.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – М.: Энергоатомиздат, последняя редакция.
- 2 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП). – М.: Минэнерго РФ, 2021.
- 3 Барыбина И.М., Чистяков И.С. *Электроснабжение промышленных предприятий*. – М.: Форум, ИНФРА-М, 2019. – 352 с.
- 4 Попов В.Н. *Электробезопасность на промышленных предприятиях*. – М.: Академкнига, 2019.
- 5 Федоров А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
- 6 Киреева Э.А. *Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий* / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2015.
- 7 Гладышев В. П. *Качество электрической энергии: теория и практика*. — М.: Энергоатомиздат, 2013. — 352 с.
- 8 Шеховцов В.П. *Расчет и проектирование схем электроснабжения*. - М.: «Форум-Инфра-М», 2010.
- 9 Маньков В.Д. *Основы проектирования систем электроснабжения*. - СПб.: «Электросервис», 2010.
- 10 Абрамович Б. Н., Сычев Ю. А., Устинов Д. А. *Электроснабжение нефтегазовых предприятий: Учебное пособие*
- 11 СТ КазННТУ – 09 – 2023. Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала.- КазННТУ, 2023.