

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

Жантулина Зибатуль Муратовна

Екінші категориялық зауыттың электрмен жабдықталуы және электр жүктемелерінің орталығын тиімді анықтау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев

« 4 » 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

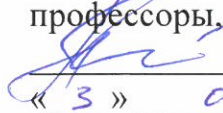
Тақырыбы: «Екінші категориялық зауыттың электрмен жабдықталуы және электр жүктемелерінің орталығын тиімді анықтау»

5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша

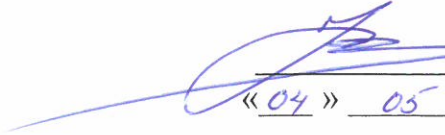
Орындаған:

Жантулина З.М.

Пікір беруші
АЭЖБУ «Электр машиналары
және электржетегі» кафедрасының
профессоры, т.ғ.д

 П. И. Сагитов
« 3 » 05 2019 ж.

Ғылыми жетекші
техн.ғыл.канд.,
ассоц. профессор

 Хидолда Е.
« 04 » 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

5B071800 – «Электр энергетикасы»

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев

« 18 » 01 2019 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Жантулина Зибагуль Муратовна

Тақырыбы Екінші категориялық зауыттың электрмен жабдықталуы және электр жүктемелерінің орталығын тиімді анықтау

Университет ректорының 30.10.2018ж. №1210-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «03» мамыр 2019 жылғы

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Зауыт бойынша электрлік қабылдағыштар қорек көзі – ЖЭО қуатты 267 МВт; 10,5 кВ шиналарындағы қысқа тұйықталу қуат $S_{\text{кп}}=450$ МВт; $L=1,2$ км, зауыт үш сменамен жұмыс жасайды.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

1 Кәсіпорынның электрлік жүктемелерін есептеу

2 Сыртқы электрмен жабдықтаудың нұсқаларын салыстыру

3 Жабдықты таңдау және қысқа тұйықталу токтарын есептеу

4 Электр жүктемелерінің орталығын есептеу

5 Электр қауіпсіздігі бөлімі


Сызба материалдар тізімі Сызбалық материалдар слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 12 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кәсіпорынның электрлік жүктемелерін есептеу	11.03.19ж - 15.04.19ж	жоқ
Сыртқы электрмен жабдықтаудың нұсқаларын салыстыру	01.04.19ж - 15.04.19ж	жоқ
Жабдықты таңдау және қысқа тұйықталу токтарын есептеу	08.04.19ж - 22.04.19ж	жоқ
Электр жүктемелерінің орталығын есептеу	01.04.19ж - 22.04.19ж	жоқ
Электр қауіпсіздігі бөлімі	15.04.19ж - 22.04.19ж	жоқ

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
Кәсіпорынның электрлік жүктемелерін есептеу	Е. Хидолда техн.ғыл.канд., ассоц.профессор	26.04.19ж	
Сыртқы электрмен жабдықтаудың нұсқаларын салыстыру	Е. Хидолда техн.ғыл.канд., ассоц.профессор	26.04.19	
Жабдықты таңдау және қысқа тұйықталу токтарын есептеу	Е. Хидолда техн.ғыл.канд., ассоц.профессор	02.05.19	
Электр жүктемелерінің орталығын есептеу	Е. Хидолда техн.ғыл.канд., ассоц.профессор	02.05.19	
Электр қауіпсіздігі бөлімі	Е. Хидолда техн.ғыл.канд., ассоц.профессор	02.05.19	
Норма бақылау	Ә.О.Бердібеков, сениор- лектор	04.05.19	

Ғылыми жетекші

Е.Хидолда

Тапсырманы орындауға алған
білім алушы

З.М. Жантулина

Күні «19» қаңтар 2019 ж.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс
(жұмыс түрінің атауы)

Жантулина Зибегуль Муратовна
(білім алушының Т.А.Ә.)

5B071800 – Электр энергетикасы

Тақырыбы: Екінші категориялық зауыттың электрмен жабдықталуы және электр жүктемелерінің орталығын тиімді анықтау

Орындалды:

- а) графикалық бөлім _____ парақ
б) түсініктеме _____ бет

Дипломдық жұмыс Рудный цемент зауытын электрмен жабдықтауды жобалауға арналған.

Дипломдық жұмыстың негізгі бөлімінде зауыттың электрлік жүктемесі есептелініп, қосалқы станциялар мен оларға трансформаторлар таңдалған, зауыттың сыртқы электрмен жабдықталу сұрақтары қарастырылып, қорғаныстық, коммутациялық аппараттар мен өлшеу аспаптары таңдалған.

Арнайы бөлімде зауыттың электр жүктемесі орталығын тиімді жолмен анықтау қарастырылған.

Электр қауіпсіздік бөлімінде қорғаныстың жерге қосу және найзағайдан қорғау аймағын есептеулер қарастырылған.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс «өте жақсы» (95 %) бағаға орындалған, ал оның авторы 5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін иеленуге лайық деп санаймын.

Рецензент
АЭЖБУ «Электр машиналары
және электр жетегі» кафедрасының
профессоры, т.ғ.д.



2019 ж.

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: Жантулина Зигагуль Муратовна

Название: Екінші категориялық зауыттың электрмен жабдыкталуы және электр жүктемелерінің орталығын тиімді анықтау.doc

Координатор: Еркин Хидолда

Коэффициент подобия 1:10,6

Коэффициент подобия 2:5,3

Тревога:300

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

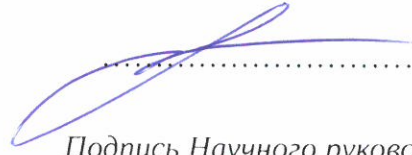
- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности 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:

Допускаю работу студента к
защите

03.05.2019

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: Жантулина Зибагуль Муратовна

Название: Екінші категориялық зауыттың электрмен жабдыкталуы және электр жүктемелерінің орталығын тиімді анықтау.doc

Координатор: Еркин Хидолда

Коэффициент подобия 1:10,6

Коэффициент подобия 2:5,3

Тревога:300

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:

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

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

допустить к защите

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

[Signature]

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

1 Кәсіпорынның электрлік жүктемелерін есептеу

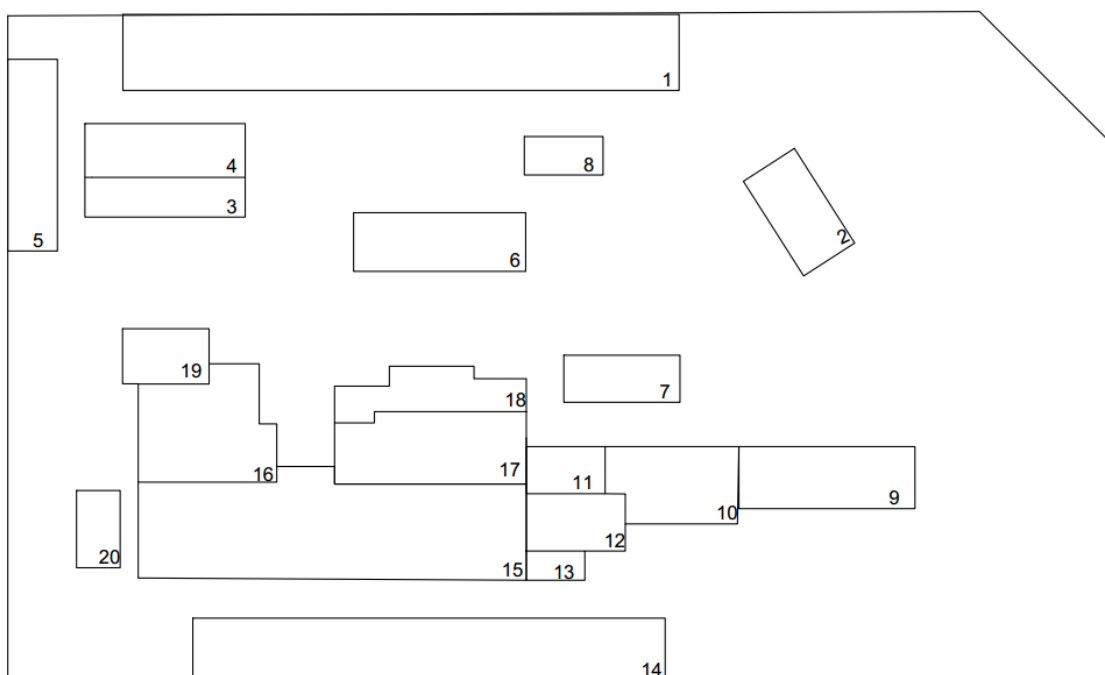
1.1 Диплом жұмысының берілгені

Зауыт бойынша электрлік қабылдағыштар, қорек көзі – ЖЭО, қуаты 267 МВт. 10,5 кВ шиналарындағы қысқа тұйықталу қуаты $S_{кт}=450$ МВт Энергожүйенің қосалқы станциясынан зауытқа дейінгі қашықтық 1,2 км. Зауыт үш сменамен жұмыс істейді. Зауыт цехтары бойынша электр жүктемелері туралы мәліметтер 1-кестеде, зауыттың бас жоспары (1-суретте) келтірілді.

1-кесте – Зауыт бойынша электр жүктемелер

№ жоспар б/ша	Атаулары	ЭҚ саны	Тұрақталған қуаты, кВт	
			Жалғыз ЭҚ	ΣP_n
1	Шиферлік өндірістің бас корпусы	110	1-50	2500
2	Шиферлік өндіріс қазандығы	25	1-40	350
3	Шикізат диірмендер бөл. А) 0,4 кВ Б) синх. Двигат 6,0 кВ	20	1-15	240
		4	630	2520
4	Шикізат қоймасы	20	10-25	500
5	Әкімшілік корпус	15	1-20	150
6	Буып-түю және цемент қоймасы	20	1-30	400
7	Материалдық қойма	10	1-10	50
8	Механикалық цехі	20	1-30	300
9	Қоспалар қоймасы	20	1-28	480
10	Клинкер қоймасы	20	1-28	420
11	Құрғақ қоспалар қоймасы	8	1-20	100
12	Кептіру бөлімшесі	20	10-50	580
13	Мазут қондырғылары	5	8	40
14	Пеш бөлімшесі	25	10-100	1600
15	Клинкер бөлімшесі	60	1-30	1200
16	Шлембассейндер бөлімшесі	20	10-70	800
17	Цемент диірмендер бөлімшесі А) синх. Двигат 6 кВ	6	650	3900
		6	650	3900
18	Компрессорлық А) синх. Двигат 6 кВ	6	650	3900
19	Саз дайындау бөлімі	15	20	300
20	Түтін сорғыш бөлімшесі	6	250	1500

«Цемент» зауытының басты жоспары



1-сурет- Цемент зауыттың бас жоспары

1.2 Цемент зауытының технологиясы

"Рудный цемент зауыты" ЖШС цемент өндіру технологиясы заманауи "кұрғақ" әдіс болып табылады.

"Сулы" және "кұрғақ" цемент өндірудің екі негізгі әдісі бар.

Цемент табиғи материал емес. Оның өндірісі қымбат және энергияны тұтынатын процесс болып табылады, бірақ оның нәтижесі - өздігінен және басқа құрылыс материалдарының (мысалы, бетон және темір бетон) құрамдас бөлігі ретінде пайдаланылатын ең танымал құрылыс материалдарының бірі. Цемент зауыттары әдетте цемент өндірісі үшін шикізатты алу орнында бірден орналасқан.

Бүгінгі таңда цемент зауыттарының басты кемшілігі, олар әлемнің дамыған елдерінде "кұрғақ" тәсілге қарағанда энергия көп қажет ететін "сулы" әдісті қолданатыны болып табылады. Сондықтан компаниялар үшін біртіндеп прогрессивті энергия үнемдейтін технологияларға көшу маңызды. «Рудный цемент зауыты» ЖШС цемент өндірудің «кұрғақ» әдісін пайдаланады, бұл компанияға отын шығынын азайтуға, пештердің өнімділігін айтарлықтай жақсартуға және ұнтақтау құралдарын шығаруға мүмкіндік берді.

Өндірістің құрғақ тәсілі кезінде ұсақталған шикізат материалдары кептіріледі және жұқа ұсақталады. Алынған шикізат ұны берілген химиялық

құрамға дейін түзетілгеннен және орташалағаннан кейін пештерде күйдіріледі. Осы тәсілді пайдалана отырып, Клинкерді күйдіруге 750—ден 1200 ккал/кг-ға дейін клинкер, "дымқыл" өндіріс тәсілі кезінде 1200-ден 1600-ге ккал/кг-нан дейін және одан да көп клинкер жұмсалады. Өндірістің "құрғақ" тәсілі шикізат материалдарының ылғалдылығы төмен және мүмкіндігінше біртекті химиялық құрамы болған кезде, нәтижесінде шикізат материалдарын кептіруге және клинкерді күйдіруге жұмсалатын жылудың жиынтық шығысы өндірістің ылғалды тәсілі кезінде осы материалдарды күйдіруге жұмсалатын жылудың шығынынан төмен.

Цемент өндірісінің негізгі технологиялық кезеңдері.

1. "Шикізатты кептіру" цехының қабылдау бункеріне карьерден шикізатты өндіру және тасымалдау;

2. Шикізатты ұнтақтау, кептіру, арқан қоймаға тасымалдау, орташалау және сақтау үшін;

3. Жабық қоймаға темір құрамды компоненттерді автокөлікпен жеткізу;

4. Шикізат компоненттерін арқа қоймасынан мөлшерлеу станциясына тасымалдау. Шикізат компоненттерін мөлшерлеу, шикізат қоспасын алу, "шикізатты ұнтақтау" цехына дейін тасымалдау;

5. Шикізатты ұнтақтау, кептіруге байланысты дайын шикізатты астық шикізатына жеткізеді;

6. Дайын шикізат ұнын сүрлемнен "күйдіру" цехының жылу алмастырғышына мөлшерлеп беру;

7. Шикізат ұнын декарбонизаторы және бір жақты бес сатылы циклонды жылу алмастырғышы бар айналмалы пеште күйдіру;

8. Дайын клинкерді салқындату және оны сақтау үшін клинкер силосына жеткізу;

9. Қоспаларды цементке енгізу үшін ұсақтау және қажет болған жағдайда кептіру, қоспаларды сүрлемге тасымалдау;

10. Цемент алу үшін компоненттерді мөлшерлеу. Цемент маркасына байланысты;

11. Жабық циклде цементті ұнтақтау, өнімдерді силостардан цементке тасымалдайды;

12. Цементті сақтау және тиеу.

Барлық технологиялық бөліктерде зауыттық зертхананың сапасын бақылау. Цементтің барлық түрлері ерікті сертификаттаудан өтті.

1.3 Жарықтандыру жүктемесін есептеу

Электрмен жабдықтау жүйесін жобалаудың бірінші кезеңі электр жүктемелерін анықтау болып табылады. Электр жүктемелерінің мәні бойынша электрмен жабдықтау жүйесінің электр жабдығын таңдап, тексереді, қуат пен электр энергиясының шығынын анықтайды.

Есептеу белгіленген қуат пен сұраныс коэффициенті бойынша жүргізіледі. Осы әдіс бойынша есептік жүктемелерді анықтау үшін электр қабылдағыштардың $P_{ном}$ тобының белгіленген қуатын, осы топтың $\cos \varphi$ қуат және K_c сұраныс коэффициенттерін анықтамалық материалдар бойынша анықталады.

Берілген кәсіпорында жабдықтар екі кернеу классынан қоректенеді. Екі класстың күштік жүктемесін ұқсас анықталады, ал 0,4 кВ кернеуінде жарықтандыру жүктемесін есептеу қажет.

Есептік жарықтандыру жүктемесі тең:

$$\begin{aligned} P_{po} &= K_{co} \cdot P_{yo}, & \text{кВт} \\ Q_{po} &= tg\varphi \cdot P_{po}, & \text{кВар} \end{aligned} \quad (1)$$

мұндағы, K_{co} -жарықтандыру жүктемесінің белсенді қуаты бойынша сұраныс коэффициенті; $tg\varphi$ - реактивті қуат коэффициенті белгілі $\cos\varphi$ жарық беру қондырғысы бойынша анықталады; P_{yo} - цех бойынша жарық қабылдағыштардың белгіленген қуаты еденнің 1 м² бетіндегі және белгілі өндірістік алаңдағы меншікті жарықтандыру жүктемесі бойынша анықталады:

$$P_{yo} = \rho_0 \cdot F, \quad \text{кВт} \quad (2)$$

мұндағы, F - өндірістік үй-жай еденінің ауданы, м;²
 ρ_0 - 1м²-ге кВт меншікті есептік қуат.

Есептеу қалған жарықтану жүктемесін зауыт 2 –кестеге енгіземіз.

1.4 Зауыт бойынша электрлік жүктемелерді есептеу

Завод цехтары бойынша кернеуі 1кВ-қа дейінгі электр жүктемелерді есептеу жеңілдетілген әдіс – реттелген диаграммалар – бойынша жүргізіледі. Цехтар бойынша күштік және жарықтану жүктемелерді есептеудің нәтижелері 3-кестеге “Кернеуі 0,4 кВ завод цехтары бойынша күштік жүктемелерді есептеу”-ге еңгізілген.

Заводтың ГПП және цех ТП орналасу орынын анықтау мақсатымен жобалау кезінде электр жүктемелер картограммасын құрады. Картограмма – заводтың жалпы планында орналасқан шеңберлер. Төменгі вольті жүктеме үшін картограмма цехтің жарықтандыру үлесін көрсету керек. Оны цехтің сәйкес келетін шеңбердің секторы түрінде көрсетуге болады.

2-кесте - Жарық жүктемесін есептеу

Өндіріс орындарының Атаулары	Орындардың өлшемі . F м ²	Менш. жар-у жүктемесі ρ ₀ кВт/м ²	Сұраны с коэффи циент K _c	Жарықтың тұрақ. қуаты P _{yo} кВт	Жарықтандыру жүктемесінің есебі		cosφ	tgφ
					P _{po} , кВт	Q _{po} , квар		
Шиферлік өндірістің бас корпусы	9720	0.017	0.5	165,24	90,882	45,441	0,9	0,5
Шиферлік өндіріс қазандығы	1215	0.017	0.55	20,655	11,3	5,65	0,9	0,5
Шикізат диірмендер бөлімшесі	1823	0.017	0.55	30,991	17	8,5	0,9	0,5
Шикізат қоймасы	2734	0.014	0.5	38,276	19,15	9,575	0,9	0,5
Әкімшілік корпус	1701	0.016	0.83	27,216	22,6	11,3	0,9	0,5
Буып-түю және цемент қоймасы	2633	0.014	0.6	36,862	22,1	11,05	0,9	0,5
Материалдық қойма	1266	0.014	0,6	17,724	10,6	5,3	0,9	0,5
Механикалық цехі	729	0.013	0,95	9,477	9	4,5	0,9	0,5
Қоспалар қоймасы	3038	0.014	0,55	42,532	23,4	11,7	0,9	0,5
Клинкер қоймасы	2278	0.014	0,55	31,892	17,5	8,75	0,9	0,5
Құрғақ қоспалар қоймасы	810	0.014	0,55	11,34	6,3	3,2	0,9	0,5
Кептіру бөлімшесі	1519	0.015	0.5	22,785	11,4	5,7	0,9	0,5
Мазут қондырғылары	526	0.018	0,6	9,468	5,6808	2,8404	0,9	0,5
Пеш бөлімшесі	6075	0.018	0,7	109,35	76,5	38,25	0,9	0,5
Клинкер бөлімшесі	13030	0.018	0.5	234,54	117,25	58,625	0,9	0,5
Шлембассейндер бөлімшесі	3260	0.018	0.7	58,68	41,1	20,55	0,9	0,5
Цемент диірмендер бөлімшесі	3144	0.015	0,5	47,16	23,6	11,8	0,9	0,5
Компрессорлық	1732	0.015	0.75	25,6	19,5	9,75	0,9	0,5
Саз дайындау бөлімі	1519	0.018	0,7	27,342	19,1	9,6	0,9	0,5
Түтін сорғыш бөлімшесі	602	0.018	0,7	10,836	7,6	3,8	0,9	0,5
Территория	59354	0,0015	0,6	89.031	53.42	26.7	0,9	0,5

Зауыт бойынша жүктемелерді есептеу 3-кестеге жинақталған.

- 1) бағанда-цехтардың атауы;
- 2) бағанда-электр қабылдағыштардың саны;
- 3) бағанда - осы цехтың электр қабылдағышының ең аз және ең жоғары қуаты;
- 4) бағанда-осы цехтың барлық қабылдағыштарының жиынтық қуаты;
- 5) бағанда n_3 электр қабылдағыштарының тиімді санын табу тәсілін анықтау үшін пайдаланылады;
- 6) бағанда жазылатын m саны мынадай формула бойынша анықталады:

$$m = \frac{P_{max}}{P_{min}} \quad (3)$$

m санының нақты мәні қажет емес, $m > 3$ немесе $m \leq 3$ анықтау жеткілікті;

- 7) бағанда-пайдалану коэффициентінің мәні;
- 8) бағанда - активті қуат коэффициентінің мәні;
- 9) бағанда - реактивті қуат коэффициентінің мәні;
- 10) бағанда ең жүктелген ауысым үшін орташа белсенді жүктеме есептеледі, кВт:

$$P_{cm} = K_{и} \cdot P_{н}. \quad (4)$$

- 11) бағанда ең жүктелген ауысым үшін орташа реактивті жүктеме есептеледі, кВар:

$$Q_{cm} = \operatorname{tg} \varphi \cdot P_{cm} \quad (5)$$

12) бағанда электр қабылдағыштардың тиімді санын есептейміз. Электр қабылдағыштардың тиімді (келтірілген) саны n_3 – бұл қуаты бірдей электр қабылдағыштардың жұмыс режимі бойынша біртекті саны, ол P_{max} есептік максимум мәнін береді, бұл электр қабылдағыштар тобы сияқты, қуаты мен жұмыс режимі бойынша әр түрлі. Өйткені көпшілігі үшін цехтар $t > 3$ және топтық коэффициенті $K_{и} > 0,2$, онда n_3 мына формула бойынша анықтаймыз:

$$n_3 = \frac{2 \sum_1^n P_n}{P_{max}} \quad (6)$$

$m \leq 3$, $n_3 = n_{\phi}$ кезіндегі цехтар үшін.

13) баған- K_m максимум коэффициенті n_3 электр қабылдағыштарының тиімді санына және орташа өлшенген $K_{и}$ байланысты кестелер бойынша анықталады.

14) баған-күштік электр қабылдағыштардан ең жоғары белсенді жарты сағаттық жүктеме, мынадай формула бойынша есептеледі:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM}, \quad (7)$$

мұнда P_p – есептік активті қуат, кВт ($n \leq 3$ жағдайда $P_p = \sum P_H$);

15) баған-күштік электр қабылдағыштардан ең жоғары реактивті жарты сағаттық жүктеме тең қабылданады:

Егер $n_э \leq 10$ $Q_p = 1,1 \cdot Q_{CM}$; $n_э > 10$ $Q_p = Q_{CM}$; $n \leq 3$ ($K_H \leq 0,6$ $Q_p = 0,87P_p$ мұндағы, Q_p – есептік реактивті қуат, кВар;

16) баған-ең жоғары толық есептік жүктеме формула бойынша анықталады, кВА:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (8)$$

17) баған - Электрлік жүктеменің картограммасын есептеу үшін шеңбер радиусы жазылады

$$R = \sqrt{\frac{P_p}{m \cdot \pi}}, \text{ мм} \quad (9)$$

мұндағы, R есептік жүктемеге сәйкес шеңбер радиусы, мм;

18) баған -шеңбер ортасының жүктемелерінің картограммасын жасау кезінде кәсіпорынның жекелеген бөлімшелерін бейнелейтін геометриялық фигуралардың ауырлық орталығымен біріктіріледі. Цехтың жарықтандыру жүктемесінің сектор бұрышы мынадай формула бойынша анықталады:

$$\alpha = \frac{P_{po}}{P_p} \cdot 360^\circ \quad (10)$$

мұндағы, α – тиісті жарықтандыру жүктемесінің сектор бұрышы.

3-кесте – Күштік жүктемелі кернеуді есептеу (0,4 кВ)

Цех №	Цех атаулары және ЭҚ топтары	ЭҚ саны n	Номиналды қуаты		M	Ки	cos φ	tgφ	Отташа жүктеме		nэ	Км	Қуатты есептеу			R мм	α град
			Pmin-кВт	ΣPн кВт					Pсм кВт	Qсм квар			Pp кВт	Qp квар	Sp кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Шиферлік өндірістің бас корпусы																
	күштік	110	1-50	2500	>3	0,5	0,7	0,8	1250	1000	100	1,08	1350	1000			
	жарықтандыру								90,882	45,441			90,882	45,441			
	Жинағы								1340,882	1045,441			1440,882	1045,441	1780,2	12,3	24,2
2	Шиферлік өндіріс қазандығы																
	күштік	25	1-40	350	>3	0,4	0,8	0,75	140	105	17,5	1,24	173,6	105			
	жарықтандыру								11,3	5,65			11,3	5,65			
	Жинағы								151,3	155,65			184,9	110,65	215,5	4,4	23,4
3	Шикізат диірмендер бөлімшесі																
	күштік	20	1-15	240	>3	0,4	0,8	0,75	96	72	32	1,17	112,32	72			
	жарықтандыру								17	8,5			17	8,5			
	Жинағы								113	80,5			129,32	80,5	152,34	3,7	55
4	Шикізат қоймасы																

3-кестенің жалғасы

	күштік	20	10-25	500	>3	0,4	0,6	1,3	200	260	40	1,15	230	260			
	жарықтандыру								19,15	9,575			19,15	9,575			
	Жинағы								219,15	269,575			249,15	269,575	367,1	5,1	30
5	Әкімшілік корпус																
	күштік	15	1-20	150	>3	0,7 5	0,8 5	0,6	112,5	95,625	15	1,07	120,375	95,625			
	жарықтандыру								22,6	11,3			22,6	11,3			
	Жинағы								135,1	106,925			142,975	106,925	184,2	3,9	67,6
6	Буып-түю және цемент қоймасы																
	күштік	20	1-30	400	>3	0,5	0,8 5	0,6	200	120	26,6	1,16	232	120			
	жарықтандыру								22,1	11,05			22,1	11,05			
	Жинағы								222,1	131,05			254,1	131,05	285,9	5,2	34,3
7	Материалдық қойма																
	күштік	10	1-10	500	>3	0,5	0,8 5	0,6	250	150	100	1,08	270	150			
	жарықтандыру								10,6	5,3			10,6	5,3			
	Жинағы								260,6	155,3			280,6	155,3	320,7	5,5	14,1
8	Механикалық цехі																
	күштік	20	1-30	300	>3	0,9	0,8 5	0,6	270	162	20	1,03	278,1	162			

3-кестенің жалғасы

	жарықтандыру								9	4,5			9	4,5			
	Жинағы								279	166,5			287,1	166,5	331,8	5,5	11,6
9	Қоспалар қоймасы																
	күштік	20	1-28	400	>3	0,4	0,7 5	0,88	160	140,8	28,6	1,19	190,4	140,8			
	жарықтандыру								23,4	11,7			23,4	11,7			
	Жинағы								183,4	152,5			213,8	152,5	262,6	4,7	44,2
10	Клинкер қоймасы																
	күштік	20	1-28	420	>3	0,4	0,7 5	0,88	168	147,84	30	1,19	199,92	147,84			
	жарықтандыру								17,5	8,75			17,5	8,75			
	Жинағы								185,5	156,59			217,42	156,59	267,9	4,8	31,5
11	Құрғақ қоспалар қоймасы																
	күштік	8	1-20	100	>3	0,4	0,7 5	0,88	40	35,2	10	1,43	57,2	35,2			
	жарықтандыру								6,2	3,1			6,2	3,1			
	Жинағы								46,2	38,3			63,4	38,3	74,07	2,6	39
12	Кептіру бөлімшесі																
	күштік	20	10-50	580	>3	0,4	0,8 5	0,6	232	139,2	23,2	1,21	280,72	139,2			
	жарықтандыру								11,4	5,7			11,4	5,7			
	Жинағы								243,4	144,9			292,12	144,9	326	5,5	14,6

3-кестенің жалғасы

13	Мазут қондырғылары																	
	күштік	5	8	40	>3	0,4	0,6	1,3	16	20,8	10	1,43	22,88	20,8				
	жарықтандыру								5,7	2,85			5,7	2,85				
	Жинағы								21,7	23,65			28,58	23,65	37,1	1,7	89,7	
14	Пеш бөлімшесі																	
	күштік	25	10-100	1600	>3	0,4	0,8	0,75	640	480	32	1,17	748,8	480				
	жарықтандыру								76,5	38,25			76,5	38,25				
	Жинағы								745,08	518,25			825,3	518,25	974,5	87,6	37	
15	Клинкер бөлімшесі																	
	күштік	60	1-30	1200	>3	0,6	0,75	0,88	720	633,6	80	1,08	777,6	633,6				
	жарықтандыру								117,25	58,625			117,25	58,625				
	Жинағы								837,25	692,225			894,85	692,225	1131,3	9,7	55	
16	Шлембассейндер бөлімшесі																	
	күштік	20	10-70	800	>3	0,6	0,85	0,6	480	288	22,8	1,13	542,4	288				
	жарықтандыру								41,1	20,55			41,1	20,55				
	Жинағы								821,1	308,55			583,5	308,55	660,06	61,9	27,3	
17	Цемент диірмендер бөл.																	
	күштік																	

3-кестенің жалғасы

	жарықтандыру								23,6	11,8			23,6	11,8			
	Жинағы												23,6	11,8	23.4	1.58	
18	Компрессорлық																
	күштік																
	жарықтандыру								19,5	9,75			19,5	9,75			
	Жинағы												19,5	9,75	21.8	1.4	
19	Саз дайындау бөлімі																
	күштік	15	20	300	>3	0,6	0,7	1,02	180	183,6	30	1,13	203,4	183,6			
	жарықтандыру								19,1	9,6			19,1	9,6			
	Жинағы								199,1	193,2			222,5	193,2	294,7	4,8	33,8
20	Түтін сорғыш бөл.																
	күштік	6	250	1500	>3	0,6	0,8	0,75	900	675	12	1,23	1107	675			
	жарықтандыру								7,6	3,8			7,6	3,8			
	Жинағы								907,6	678,8			1114,6	678,8	1305,03	10,8	2,5
	Территорияны жарықтандыру												53.42	26.7			
	Шина бойынша жинағы 0,4 кВ												7468.197	6749.558	9016.2		

1.5 Цех трансформаторлар санын таңдау және 0,4 кВ кернеудегі реактивті қуатты компенсациялау

Цехтық тұтынушыларды қоректендіру үшін ең бастысы ішкі (КТП) және сыртқы (КТПН) қондырғылардың кернеуі 6-10 кВ жиынтықты трансформаторлық қосалқы станциялар қызмет етеді, олардың электр жабдықтары мен ток өткізгіш бөліктері жабық қабықтарда болады.

Электрөткізгіштік материалдарды (түсті металды) тұтыну және электрмен жабдықтау желілерінде электр энергиясының жоғалуы тұрғысынан ең үнемді түрі - бұл ішкі-трансформаторлық қосалқы станция. Мұндай қосалқы станциялар колоннаның бағандарымен немесе цех ішіндегі ішкі немесе сыртқы қабырғаларының қасында орналасады. Цех ішінде қолданылатын қосалқы станциялардың кемшіліктерінің бірі цехтың жеткіліксіз ауданы.

Цех трансформаторларының саны мен қуатын технико-экономикалық есептеулер жолымен ғана мүмкін, келесі факторларды ескеріп: тұтынушыларды электрмен жабдықтау сенімділігінің категориясы; 1кВ-қа дейінгі реактивті жүктемені компенсациялауын; қалыпты (нормалы) және авариялы режимдерде трансформатордың аса жүктемелу қабілетін; стандартты қуаттар қадамы; жүктеме графигі бойынша трансформаторлардың тиімді жұмыс режимдерін.

Есептеулердің реактивті қуатты компенсациялау арқылы жүргіземіз.

Есептеулер үшін берілулер: $P_{p0.4} = 7468.197$ кВт; $Q_{p0.4} = 6749.558$ кВар ; $S_{p0.4} = 9016.2$ кВА

Трансформатордың жүктелу коэффициенті $K_{зтр}=0,8$. Трансформатор қуатын $S_{нтр}=1000$ кВА тең қабылдаймыз.

Ең көп есептік активті жүктемені қамдау үшін қажетті қуаттары бірдей цех трансформаторлардың минималды саны:

$$N_{T \min} = \frac{P_{p0.4}}{k_3 \cdot S_{нтр}} + \Delta N = \frac{7468.197}{0,8 \cdot 1000} + 0,7 = 10 \quad (11)$$

мұндағы, $P_{p0.4}$ – соммалы есептік активті қуат;

k_3 – трансформатордың жүктелу коэффициенті;

$S_{нтр}$ – трансформатордың қабылданған номинал қуаты;

ΔN – ең жақын бүтін санға дейінгі қосымша.

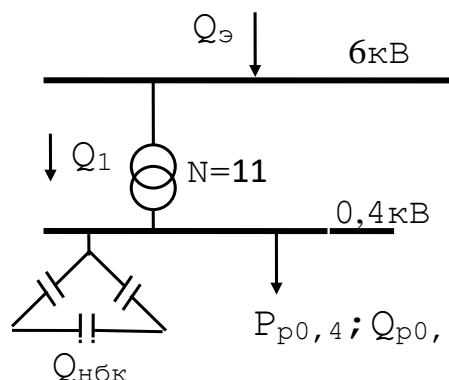
Экономика жағынан тиімді саны: $N_{т..э} = N_{\min} + m$,

мұндағы, m – қосымша трансформаторлардың саны.

$N_{т..э}$ - $3^*_{п/ст}$ капиталды шығындардың тұрақты құраушыларын ескеріп, реактивті қуатты беруге кететін меншікті шығындармен анықталады. $3^*_{п/ст} = 0,5$; $k_3 = 0,8$; $N_{\min} = 10$; $\Delta N = 0,7$, сондықтан $m=1$, ал $N_{т..э} = 10+1=11$ трансформатор.

Трансформаторлардың таңдалған саны бойынша кернеуі 1 кВ-қа дейінгі желіге трансформаторлар арқылы берілетін ең көп реактивті қуатты анықтайды:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{ТЭ} \cdot S_{НТ} \cdot K_3)^2 - P_{P0,4}^2} = \sqrt{(11 \cdot 1000 \cdot 0,8)^2 - 7468,197^2} \\ = 4654,7 \text{ кВар}$$



2-сурет- Реактивті қуат балансын құру үшін есептеу сұлбасы

0,4 кВ шиналарында реактивті қуаттар балансы шартынан $Q_{НБК1}$ шамасын анықтаймыз:

$$Q_{НБК1} + Q_1 = Q_{P0,4} \quad (12)$$

Осыдан

$$Q_{НБК1} = Q_{P0,4} - Q_1 = 6749,558 - 4654,7 = 2094,858 \text{ кВар}$$

Трансформаторлардың бұл тобы үшін төменгі кернеу конденсаторлар батареясының (НБК) қосымша $Q_{НБК2}$ қуаты келесі формула бойынша анықталады:

$$Q_{НБК2} = Q_{P0,4} - Q_{НБК1} - \gamma \cdot N_{ТЭ} \cdot S_{НТ} \quad (13) \\ = 6749,558 - 2094,858 - 0,5 \cdot 11 \cdot 1000 = -845,3 \text{ квар}$$

Есептеу бойынша $Q_{НБК2} < 0$, алынады $Q_{НБК2} = 0$

$Q_{НБК} = Q_{НБК1} + Q_{НБК2}$, сондықтан $Q_{НБК} = 2094,858$ квар.

Әр трансформаторға келісетін бір конденсаторлар батареясының қуатын анықтаймыз:

$$Q_{НБК\text{тп}} = \frac{Q_{НБК}}{N_{ТЭ}} = \frac{2094,858}{11} = 190,44 \text{ квар}$$

ЦТҚС бойынша төмен вольтты жүктемелерді тең таратамыз. Трансформаторлардың жүктелу коэффициенті, тең:

$$k_3 = \frac{S_{p0.4}}{N \cdot S_{нтр}} \quad (14)$$

Есептеулер нәтижесі бойынша 4-кесте “ТП бойынша цехтер жүктемелерін тарату” құрылады.

4-кесте-ТП бойынша цехтың төмені вольті жүктемелерін есептеу

№ ТП Снт, Қнбк тп	№ цех	Рр 0,4, кВт	Qр 0,4, квар	Sр0,4, кВА	Кз	
ТП1-2(4x1000) ΣSн=4x1000=4000 кВА Қнбк=4x190,7=762,8 квар Жинағы	1	1440.882	1045.441			
	2	184.9	110.65			
	3	129.32	80.5			
	4	249.15	269.575			
	5	142.975	106.925			
	6	254.1	131.05			
	8	287.1	166.5			
	освт	53.42	26.7			
			2740,965	1937,341		
				-762,8		
		2486,865	1174,541	2750,3	0.68	
ТП3-4 (4x1000) ΣSн=4x1000=4000 кВА Қнбк=4x190,7=762,8 квар Жинағы	7	280.6	155.3			
	9	213,8	152,5			
	10	217,42	156,59			
	11	63,4	38,3			
	16	583,5	308,55			
	17	23,6	11,8			
	18	19,5	9,75			
	19	222,5	193,2			
	20	1114,6	678,8			
			2738,92	1704,79		
			-762,8			
		2738,92	941,99	2896,4	0,72	
ТП5-6 (3x1000) ΣSн=3x1000=3000 кВА Қнбк=3x190,7=572,1 квар Жинағы	12	292,12	144,9			
	13	28,58	23,65			
	14	825,3	518,25			
	15	894,85	692,225			
			2040,8	1379,025		
				-572,1		
			2040,8	806,95	2194,5	0,73

1.6 Конденсаторлық бітпреяны ТП реактивті жүктемесіне пропорционал тарату

Бастапқы берілулер:

$$Q_{p0,4}=6749,558\text{квар}; Q_{\text{нбк}1} = 2097,858 \text{ квар}$$

ТП 1-2:

$$Q_{p\text{ТП}1-2}=2750,3 \text{ квар}, Q_{\text{р нбк}}= x,$$

сонда

$$Q_{\text{р нбк}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \cdot Q_{p\text{ТП}1-2}}{Q_{p0,4}} = \frac{2097,858 \cdot 2750,3}{6749,558} = 854,8 \text{ квар}$$

Төмен вольтті конденсатор қондырғыларды анықтамадан таңдаймыз: УКБН-0,38-200-50 УЗ нақты реактивті қуат: $Q_{\phi\text{ТП}1-2}=4 \times 200=800$ квар, ал қарымталмаған қуат тең:

$$Q_{\text{неск}}= Q_{p\text{ТП}1-2} - Q_{\phi\text{ТП}1-2}= 854,8-800=54,8\text{квар}.$$

ТПЗ-4

$$Q_{p\text{ТП}3-4}= 2896,4 \text{ квар}, Q_{\text{р нбк}}= x,$$

сонда

$$Q_{\text{р нбк}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \cdot Q_{p\text{ТП}1-2}}{Q_{p0,4}} = \frac{2097,858 \cdot 2896,4}{6749,558} = 900,2\text{квар}$$

Төмен вольтті конденсатор қондырғыларды анықтамадан таңдаймыз: УКБН-0,38-200-50 УЗ нақты реактивті қуат: $Q_{\phi\text{ТП}3-4}=4 \times 200=800$ квар, ал қарымталмаған қуат тең:

$$Q_{\text{неск}}= Q_{p\text{ТП}3-4} - Q_{\phi\text{ТП}3-4}= 900,2-800=100,2 \text{ квар}.$$

ТП 5-6:

$$Q_{p\text{ТП}5-6}=2194,5 \text{ квар}, Q_{\text{р нбк}}= x,$$

сонда

$$Q_{\text{р нбк}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \cdot Q_{p\text{ТП}5-6}}{Q_{p0,4}} = \frac{2097,858 \cdot 2194,5}{6749,558} = 682,1 \text{ квар}$$

Төмен вольтті конденсатор қондырғыларды анықтамадан таңдаймыз: УКБН-0,38-200-50 УЗ нақты реактивті қуат: $Q_{\phi\text{ТП}5-6}=3 \times 200=600$ квар, ал қарымталмаған қуат тең:

$$Q_{\text{неск}}= Q_{p\text{ТП}5-6} - Q_{\phi\text{ТП}5-6}= 682,1-600=82,1 \text{ квар}.$$

ТП бойынша $Q_{\text{нБК}}$ –ны таратудың есептік және бастапқы берілулері 5-кестеге еңгізілген.

5-кесте ТП бойынша $Q_{\text{нБК}}$ қуаттарын анықтау (қорытынды)

№ ТП	$Q_{\text{рТП}}$	$Q_{\text{р нБК тп}}$	$Q_{\text{факт нБК тп}}$	$Q_{\text{неск.}}$
ТП 1-2	2750,3	854,8	$4 \times 200 = 800$	54,8
ТП 3-4	2896,4	900,2	$4 \times 200 = 800$	100,2
ТП 5-6	2194,5	682,1	$3 \times 200 = 600$	82,1
Итого	7841,2	2437,1	2200	237,1

1.7 Цемент зауытының электр жүктемесінің дәл есептелуі

1.7.1 ЦТП-дағы қуат шығындарын анықтау

Трансформатордағы активті қуаттың шығындары мына формула бойынша анықталады:

$$\Delta P_T = \Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot k_3^2 \quad (15)$$

Трансформатордағы реактивті қуаттың шығындары мына формула бойынша анықталады

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{\text{xx}} + \Delta Q_{\text{кз}} \cdot k_3^2 = \frac{I_{\text{xx}}}{100} \cdot S_{\text{нт}} + \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot S_{\text{нт}} \cdot k_3^2 \quad (16)$$

Трансформаторды таңдаймыз: ТМ-1000/6

$U_{\text{в}}=6$ кВ, $U_{\text{н}}=0,4$ кВ, $\Delta P_{\text{xx}}=2,45$ кВт, $\Delta P_{\text{кз}}=11$ кВт, $I_{\text{xx}}=1,4$ %, $U_{\text{кз}}=5,5$ %

ТП1-2:

$K_3=0.68$,

$N=4$,

$$\Delta P_T = 2,45 + 11 \cdot 0,68^2 = 7,5 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,01(1,4 + 5,5 \cdot 0,68^2) \cdot 4 \cdot 1000 = 157,73 \text{ квар}$$

ТП3-4:

$K_3=0.72$,

$N=4$,

$$\Delta P_T = 2,45 + 11 \cdot 0,72^2 = 8,1 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,01(1,4 + 5,5 \cdot 0,72^2) \cdot 4 \cdot 1000 = 170 \text{ квар}$$

ТП5-6:
 $K_3=0.73$,
 $N=3$,

$$\Delta P_T = 2,45 + 11 \cdot 0,73^2 = 8,3 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,01(1,4 + 5,5 \cdot 0,73^2) \cdot 3 \cdot 1000 = 129,9 \text{ квар}$$

Барлық трансформаторлардағы соммалы шығындар:
 $\Sigma P_{1-11} = 7,5 + 8,1 + 8,3 = 23,9 \text{ кВт}$,
 $\Sigma Q_{1-11} = 157,73 + 170 + 129,9 = 457,63 \text{ квар}$.

1.7.2 Синхронды қозғалтқыштардың және ДСП-ның есептік қуаттарын анықтау

ВН жағында реактивтік қуаттын компенсациялау үшін 3-шы цехтың СҚ1 пайдаланамыз.

$P_{нсд} = 630 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,8$ $N_{сд} = 4$; $k_3 = \beta = 0,77$.
СҚ үшін есептік қуатын анықтаймыз:

$$P_{рсд} = P_{нсд} \cdot N_{сд} \cdot k_3 = 630 \cdot 4 \cdot 0,77 = 1940,4 \text{ кВт.}$$

$$Q_{рсд} = P_{рсд} \cdot \text{tg} \varphi = 1940,4 \cdot 0,75 = 1455,3 \text{ квар.}$$

$$S_{рсд} = \frac{P_{рсд}}{\cos \varphi} = \frac{1455,3}{0,8} = 1819,125 \text{ квар.}$$

Бір қозғалтқыш үшін

$$S_{рсд} = \frac{S_{рсд}}{N} = \frac{1819,125}{4} = 454,7 \text{ квар.}$$

ВН жағында реактивтік қуаттын компенсациялау үшін 17-шы цехтың СҚ2 пайдаланамыз.

$P_{нсд} = 650 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,8$; $N_{сд} = 6$; $k_3 = \beta = 0,8$.
СҚ үшін есептік қуатын анықтаймыз:

$$P_{рсд} = P_{нсд} \cdot N_{сд} \cdot k_3 = 650 \cdot 6 \cdot 0,8 = 3120 \text{ кВт.}$$

$$Q_{рсд} = P_{рсд} \cdot \text{tg} \varphi = 3120 \cdot 0,75 = 2340 \text{ квар.}$$

$$S_{рсд} = \frac{P_{рсд}}{\cos \varphi} = \frac{3120}{0,8} = 3900 \text{ квар.}$$

Бір қозғалтқыш үшін

$$S_{p\text{сд}} = \frac{S_{p\text{сд}}}{N} = \frac{3900}{6} = 650 \text{ квар.}$$

ВН жағында реактивтік қуаттың компенсациялау үшін 18-шы цехтың СКЗ пайдаланамыз.

$$P_{н\text{сд}} = 650 \text{ кВт}; \cos \varphi = 0,8; N_{сд} = 6; k_3 = \beta = 0,77.$$

СК үшін есептік қуаттың анықтаймыз:

$$P_{p\text{сд}} = P_{н\text{сд}} \cdot N_{сд} \cdot k_3 = 650 \cdot 6 \cdot 0,77 = 3003 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p\text{сд}} = P_{p\text{сд}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 3003 \cdot 0,75 = 2252,25 \text{ квар.}$$

$$S_{p\text{сд}} = \frac{P_{p\text{сд}}}{\cos \varphi} = \frac{3003}{0,8} = 3753,75 \text{ квар.}$$

Бір қозғалтқыш үшін

$$S_{p\text{сд}} = \frac{S_{p\text{сд}}}{N} = \frac{3753,75}{6} = 625,625 \text{ квар.}$$

СК жиынтық қуаты:

$$\Sigma P_{сд} = 1940,4 + 3120 + 3003 = 8063,4 \text{ кВт,}$$

$$\Sigma Q_{сд} = 1455,3 + 2340 + 2252,25 = 6047,55 \text{ квар.}$$

1.8 ГПП шинасындағы реактивті қуаттың компенсациясын есептеу

Резервті қуат:

$$Q_{рез} = 0,1 \cdot \Sigma Q_{расч} = 0,1 \cdot (Q_{p0,4} + \Delta Q_T) = 0,1 \cdot (6749,558 + 457,63) = 720,7 \text{ квар.}$$

Энергожүйеден берілетін қуаты:

$$Q_3 = 0,25 \times \Sigma P_p = 0,25 \cdot (P_{p0,4} + \Delta P_T + P_{сд}) = 0,25 \cdot (7468,197 + 23,9 + 8063,4) = 3888,8 \text{ квар.}$$

Реактивті қуаттар балансы шарты бойынша ВБК қуатын анықтаймыз:

$$Q_{ВБК} = Q_{p0,4} + \Delta Q_T + Q_{рез} - Q_3 - Q_{сд} - Q_{НБК} = 6749,558 + 457,63 + 720,7 - 3888,8 - 6047,55 - 2200 = -4208,5 \text{ квар.}$$

ВБК таңдамаймыз, өйткені. $Q_{ВБК} = -4208,5$ квар. Зауыт бойынша электр жүктемелерінің нақтыланған есебі 6 - кестеде келтірілген.

6-кесте – Зауыттың электр жүктемесін дәл есептеу

№ ТП	№ цехов	ЭҚ саны n	Тұрақталған қуаттылық		Ки	Орташа жүктеме		Nэ	Км	Есептелеген қуат			Кз
			Rmin- Rmax	Общая ∑Pн, кВт		Rсм кВт	Qсм квар			Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА	
ТП1-2 4x1000 Күштік жарықтандыру Қнбк Қорытынды	1	110	1-50	2500		1250	1000						
	2	25	1-40	350		140	105						
	3	20	1-15	240		96	72						
	4	20	10-25	500		200	260						
	5	15	1-20	150		112,5	95,625						
	6	20	1-30	400		200	120						
	8	20	1-30	300		270	162						
		230	10-50	4440	0,5 5	2268, 5	1814,6	177, 6	1,0 5	2381,9	1814,6		
										192,032	96,016		
											-800		
									2573,932	1110,61 2	2803,3	0,7	
ТП3-4 4x1000 Күштік жарықтандыру Қнбк Қорытынды	7	10	1-10	50		250	150						
	9	20	1-28	480		160	140,8						
	10	20	1-28	420		168	147,84						
	11	8	1-20	100		40	35,2						
	16	20	10-70	800		480	288						
	17	-	-	-		-	-						
	18	-	-	-		-	-						
	19	15	20	300		180	183,6						
	20	6	250	1500		900	675						
		99	10- 250	3650	0,5 3	2178	1620,4 4	29,2	1,1 6	2526,48	1620,44		

б-кестенің жалғасы

28

										168,7	84,45		
											-800		
										2695,18	904,89	2843,03	0,71
ТП5-6 3x1000 Күштік жарықтандыру Қнбк Қорытынды	12	20	10-50	580		232	139,2						
	13	5	8	40		16	20,8						
	14	25	10-100	1600		640	480						
	15	60	1-30	1200		720	633,6						
		110	10-100	3420	0,45	1608	1273,6	68,4	1,1	1768,8	1273,6		
										210,7308	105,4154		
											-600		
										1979,5308	779,0154	2127,3	0,71
0.4кВ шинадағы жинағы									7248,643	2794,52			
Трансформатордағы шығындар									23,9	457,63			
0,4 кВ жинағы келтіруі									7272,543	3252,15			
Синхронды қозғалтқыш	3	4	630	2520					1940,4	-1455,3			
	17	6	650	3900					3120	-2340			
	18	6	650	3900					3003	-2252,25			
Зауыттың қорытындысы бойынша									15335,943	-2795,4	15588,63		

2 Сыртқы электрмен жабдықтаудың нұсқаларын салыстыру

Зауыт бойынша электрлік қабылдағыштар, қорек көзі – ЖЭО, қуаты 267 МВт.

Өнеркәсіптік электрмен жабдықтауды оңтайландыру есептерін шешу кезінде көптеген нұсқаларды салыстыру қажеттілігі туындайды. Өнеркәсіптік энергетика есептерінің көп нұсқалылығы техникалық-экономикалық есепті жүргізуге себепші болады, оның мақсаты электр желісінің және оның элементтерінің схемасының оңтайлы нұсқасын, параметрлерін анықтау болып табылады.

Электр энергиясын қабылдағыштардың белгіленген қуатына байланысты үлкен, орташа және аз қуатты объектілер бар. Ол үшін электр энергиясының бір қабылдау пункті (ГПП) бар электрмен жабдықтау схемасын қабылдайтын үлкен қуатты объектілерге жатады. II категория тұтынушылар болғандықтан, қабылдау пунктінің шиналарын секциялауды және әр секцияны жеке желі бойынша қоректендіруді қарастырамыз. Тапсырмаға сәйкес қоректену шексіз қуатты энергожүйенің қосалқы станциясынан жүзеге асырылуы мүмкін. Экономикалық тиімділікті бағалау кезінде берілген мақсатқа қол жеткізуді қамтамасыз ететін техникалық шешімдердің екі және одан да көп нұсқаларын міндетті түрде қарау.

Техникалық-экономикалық салыстыру үшін электрмен жабдықтаудың екі нұсқасын таңдаймыз:

1) энергия жүйесінің қосалқы станциясынан 10 кВ кернеулі бас төмендетуші қосалқы станция (ГПП) дейін электр энергиясын әуе желісі арқылы беру және 10 кВ кернеулі зауыт бойынша тарату;

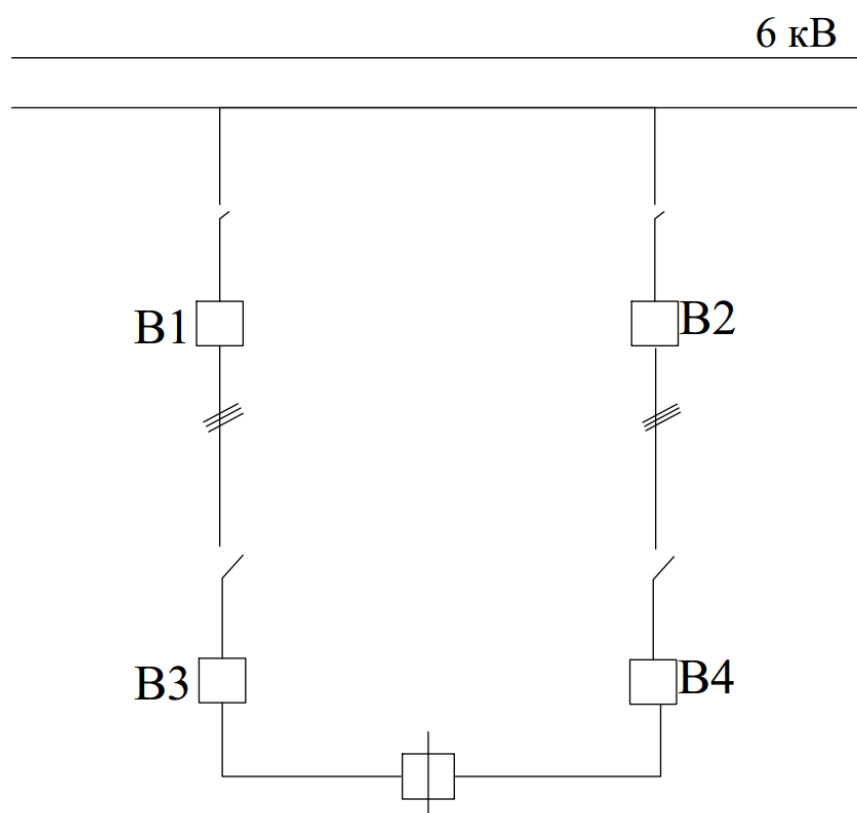
2) энергия жүйесінің қосалқы станциясынан 110 кВ кернеулі ГПП-ға дейін электр энергиясын әуе желісі арқылы беру және 10 кВ кернеулі зауыт бойынша тарату.

Электр қуатымен жабдықтаудың екі нұсқасын техникалық және экономикалық салыстыру нәтижесі екі нұсқаның төмендетілген шығындарын салыстыру болып табылады.

ГПП трансформаторларының қуатын таңдау реактивті қуат бойынша энергиямен жабдықтаушы ұйымның режимін ескере отырып, жұмыстың қалыпты режимінде кәсіпорынның есептік жүктемесі негізінде жүргізіледі. Апаттан кейінгі режимде, бір трансформаторды ажыратқан кезде, тұтынушыларды сенімді электрмен жабдықтау үшін олардың жұмысында қалған трансформатордан қоректенуі көзделеді. Бұл ретте, трансформатордың жүктемесін төмендету мақсатында жауапсыз тұтынушылардың бір бөлігі ажыратылуы мүмкін..

Егер ГПП-да екі трансформатор орнатылса, онда олардың әрқайсысының номиналды қуаты шарт бойынша анықталады, МВА. Бұл бөлімде жобаланған объектіні электрмен жабдықтау сұлбаларының нұсқаларын және олардың кернеулерін салыстыру жүргізіледі.

2.1 Бірінші нұсқа бойынша электр жабдықтарын таңдау



3-сурет – Бірінші нұсқа бойынша
электр жабдықтау схемасы

ГПП трансформаторларын таңдаймыз:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2} = \sqrt{15335,94^2 + 3888,8^2} = 15821,3 \text{ кВА}$$

Бір желі бойынша өтетін есептік ток:

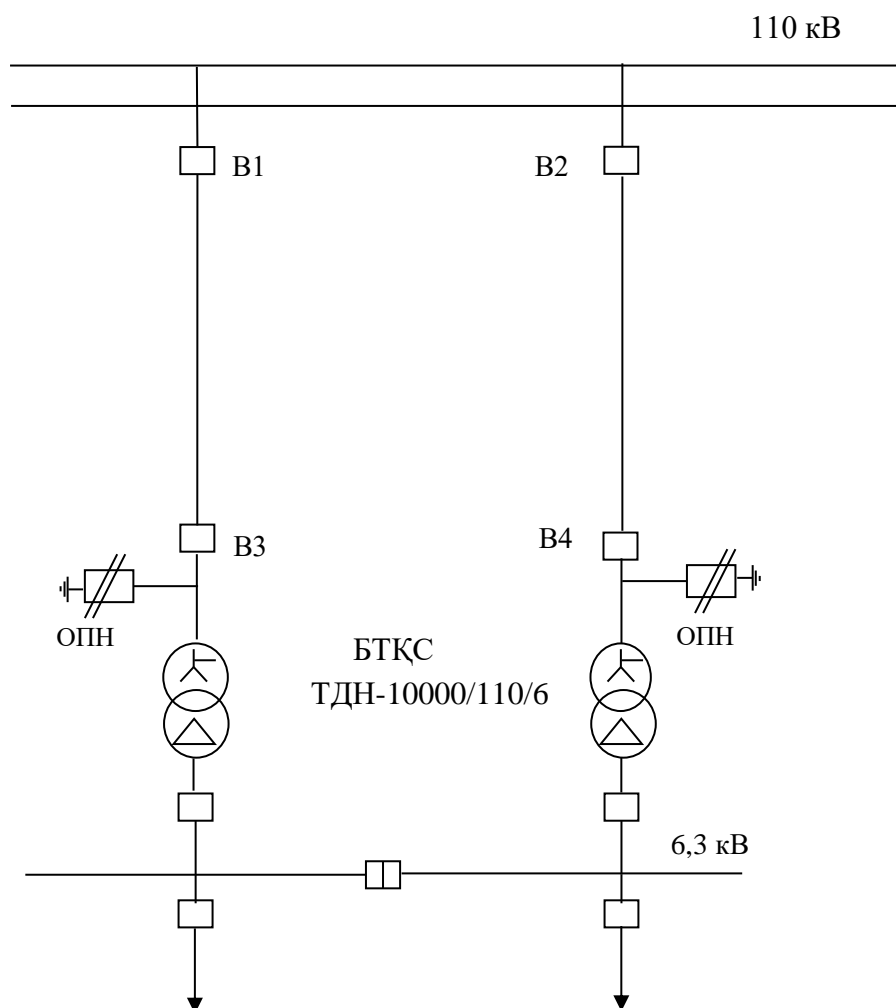
$$I_p = \frac{S_{лэп}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{15821,3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 762,1 \text{ А}$$

Апаттық режим тогы:

$$I_a = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 762,1 = 1524,2 \text{ А}$$

Апаттық ток үлкен болғандықтан, яғни осы вариантты қарастырмайсыз.

2.2 Екінші нұсқа бойынша электр жабдықтарын таңдаймыз



4-сурет –Екінші нұсқа бойынша электр жабдықтау схемасы

ГПП трансформаторларын таңдаймыз:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2} = \sqrt{15335,94^2 + 3888,8^2} = 15821,3 \text{ кВА}$$

Қуаты 10000 кВА екі трансформатор таңдаймыз
Жүктеу коэффициенті:

$$k_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{15821,3}{2 \cdot 10000} = 0.79$$

8-кесте -Трансформатордың паспорттық деректері

Түрі	S _{ном} , кВ· А	Кернеуі орамы., кВ		Шығындар, кВт		U _к , %	I _{хх} ,%
		ВН	НН	P _{хх}	P _{кз}		
ТДН-10000/110/6	10	115	6,6	14	58	10,5	0,9

Трансформаторлардағы қуат шығындары:

а) активті:

$$\Delta P_{\text{ТГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot k_3^2) = 2 \cdot (14 + 58 \cdot 0,79^2) = 100,4 \text{ кВт}$$

б) реактивті:

$$\Delta Q_{\text{ТГПП}} = 0,02 \cdot (I_{\text{хх}} + U_{\text{кз}} \cdot k_3^2) \cdot S_{\text{н}} = 0,02 \cdot (0,9 + 10,5 \cdot 0,79^2) \cdot 10000 = 1490,61 \text{ кВАР}$$

Трансформаторлардағы энергия шығынын жоғалту.

Үш ауысыммен T_{вкл}=6000сағ. T_{макс}=6000сағ., онда максималды жоғалту уақыты:

$$\tau = (0,124 + T_{\text{м}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 6000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 4592 \text{ ч.}$$

Трансформаторларда белсенді қуат шығыны

$$\Delta W = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot \tau \cdot k_3^2) = 2 \cdot (14 \cdot 6000 + 58 \cdot 4592 \cdot 0,79^2) = 500440,6 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

ЭБЖ –110 кВ бойынша өтетін толық қуат:

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{ТГПП}})^2 + Q_3^2} = \sqrt{(7468,197 + 100,4)^2 + 3888,8^2} = 8509,2 \text{ кВА}$$

Бір желі бойынша өтетін есептік ток:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{лэп}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{8502,2}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 22,3 \text{ А}$$

Апаттық режим тогы:

$$I_{\text{а}} = 2 \cdot I_{\text{р}} = 2 \cdot 22,3 = 44,6 \text{ А}$$

Токтың экономикалық тығыздығы бойынша сымдардың қимасын анықтаймыз:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{44,6}{1} = 44,6 \text{ мм}^2$$

мұндағы $j=1 \text{ А/мм}^2$ токтың экономикалық тығыздығы. $T_M=6000$ сағ және алюминий сымдардағы.

Сым таңдаймыз ААШв-6-(3×50) с $I_{\text{доп}}=146 \text{ А}$.

Таңдалған сымдарды рұқсат етілген ток бойынша тексереміз.

Ток есептеу бойынша: $I_{\text{доп}}=146 > I_p=22,3 \text{ А}$,

Апаттық режим кезінде:

$$I_{\text{доп ав}}=1,3 \cdot I_{\text{доп}}=1,3 \cdot 146=189,8 \text{ А} > I_{\text{ав}}=44,6 \text{ А}.$$

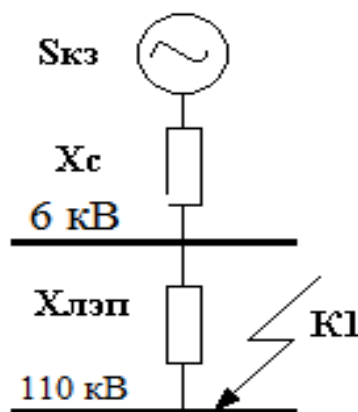
ЭБЖ электроэнергиялық шығындар :

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 22,3^2 \cdot 0,209 \cdot 10^{-3} \cdot 4592 = 2863,6 \text{ кВтч}$$

мұндағы $r_0=0.19 \text{ Ом/км}$ - болат алюминий сымының қимасымен салыстырмалы кедергісі 50 мм^2 , $l=1,2 \text{ км}$ – линия ұзындығы.

Ажыратқышты $U=110 \text{ кВ}$ кернеуге таңдау

Аппараттарды таңдау алдында алмастыру сұлбасын құрастырамыз (5-сурет) және қысқа тұйықталу тогын есептейміз.



5-сурет-Орынбасу схемасы

$S_6=1000 \text{ МВА}$; $U_6=110 \text{ кВ}$.

$$x_c = \frac{S_6}{S_{кз}} = \frac{1000}{450} = 2,22$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 5,25$$

$$x_L = x_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,4 \cdot 1,2 \cdot \frac{1000}{110^2} = 0,036$$

$$I_{к1} = \frac{I_6}{x_c + x_L} = \frac{5,25}{2,22 + 0,036} = 2,32$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 2,32 = 5,84$$

В1 және В2 ажыратқыштарын таңдаймыз.

Ажыратқыш МКП-110М-630-20

$I_{ном}=630A > I_{ав}=44,6 A$;

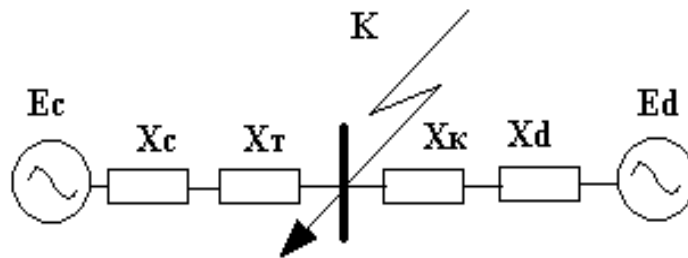
$I_{откл}=20кА > I_{к1}=1,78 кА$;

$I_{пред}=524кА > i_y=5,84 кА$;

$I_{терм}=20кА > I_{к1}=2,32 кА$.

3 Жабдықты таңдау және қысқа тұйықталу токтарын есептеу

3.1 ГПП шиналарындағы қысқа тұйықталу токтарын есептеу



6-сурет- Орын басу схемасы

Алмастыру сұлбасының параметрлерін табамыз.

$S_6=1000$ МВА; $U_6=10.5$ кВ

$$x_c = \frac{S_6}{S_{кз}} = \frac{1000}{450} = 2,22$$
$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,7 \text{ кА}$$
$$x_T = \frac{U_K \cdot S_6}{100 \cdot S_n} = \frac{1000 \cdot 8}{100 \cdot 10000} = 0,008 \text{ о. е.}$$

Жүйенің қысқа тұйықталу тогы:

$$I_{кз} = \frac{I_6}{x_c + x_T} = \frac{91,7}{2,22 + 0,008} = 41,2$$

СҚ кабелінің кедергісін табамыз.

СҚ1 үшін:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 57,85 \text{ А.}$$

СҚ2 үшін:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{650}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 59,63 \text{ А.}$$

СҚ3 үшін:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{650}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 59,63 \text{ A.}$$

Кабельді таңдаңыз ААШВ-6-(3x50), с Iдоп=146А.
 $x_{yd}=0.08 \text{ Ом/км.}$

$$x_k = x_{yd} \cdot L \cdot \frac{S_6}{N \cdot U_{cp}^2} = 0.4 \cdot 0,08 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 0.8$$

СҚ параметрлерін табамыз.

СҚ1 үшін:

$$X_{d1} = X_d'' \cdot \frac{S_6}{S_H} = 0.2 \cdot \frac{1000}{0,63} = 317,5 \text{ о. е.}$$

СҚ2 үшін:

$$X_{d2} = X_d'' \cdot \frac{S_6}{S_H} = 0.2 \cdot \frac{1000}{0,65} = 307,7 \text{ о. е.}$$

СҚ3 үшін:

$$X_{d3} = X_d'' \cdot \frac{S_6}{S_H} = 0.2 \cdot \frac{1000}{0,65} = 307,7 \text{ о. е.}$$

Қысқа тұйықталу тоғы:

$$I_{KT} = \frac{I_6 \cdot N}{X_K + X_{d1} + X_{d2} + X_{d3}} = \frac{91,7 \cdot 16}{0.8 + 317,5 + 307,7 + 307,7} = 1,6 \text{ кА}$$

$$I_{K3} = I_{Kc} + I_{KT} = 41,2 + 1,6 = 42,8 \text{ кА.}$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 42,8 = 107,8 \text{ кА.}$$

3.2 Ажыратқыш таңдау

Кіріспе: $S_p = 15588,63 \text{ кВА.}$

Есептелген ток :

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{15588,63}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6,3} = 715,1 \text{ A}$$

Апаттық ток :

$$I_{ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 715,1 = 1430,2 \text{ А}$$

Ажыратқыш қабылдаймыз МГГ-10-3150-45У3. Таңдаған ажыратқышты тексереміз:

9-кесте- Ажыратқыш таңдау

Паспорттық	Есептелген
U _н =10 кВ	U=6 кВ
I _н =3150 А	I _{ав} =1420,2 А
I _{откл} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{терм} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{дин} =120 кА	i _y =107,8 кА

Секциялық ажыратқыш арқылы енгізу ажыратқыштары арқылы өтетін қуаттың жартысы өтеді. Демек, ажыратқыш арқылы өтетін есептік ток: I_p=715,1А.

Ажыратқыш қабылдаймыз МГГ-10-3150-45У3. Таңдаған ажыратқышты тексереміз.

10-кесте- Ажыратқыш таңдау

Паспорттық	Есептелген
U _н =10 кВ	U=6 кВ
I _н =3150 А	I _{ав} =715,1 А
I _{откл} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{терм} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{дин} =120 кА	i _y =107,8 кА

Шығатын желілердің ажыратқыштарын таңдау:

1) Магистраль ГПП-ТП1-2

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2} = \sqrt{(7468,197 + 7,5)^2 + (6749,558 + 157,73)^2} = 10178,24 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{10178,24}{2 \cdot 1,73 \cdot 6,3} = 466,9 \text{ А}$$

Апаттық ток:

$$I_{ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 466,9 = 933,8A$$

Ажыратқыш қабылдаймыз МГГ-10-3150-45УЗ .Таңдаған ажыратқышты тексереміз.

11-кесте- Ажыратқыш таңдау

Паспорттық	Есептелген
U _н =10 кВ	U=6 кВ
I _н =3150 А	I _{ав} =933,8 А
I _{откл} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{терм} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{дин} =120 кА	i _y =107,8 кА

2) Магистраль ГПП-ТП2-4

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

$$\sqrt{(7468,197 + 8,1)^2 + (6749,558 + 170)^2} = 10187,01кВА$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{10187,01}{2 \cdot 1,73 \cdot 6,3} = 467,3 А$$

Апаттық ток:

$$I_{ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 467,3 = 934,6 А$$

Ажыратқыш қабылдаймыз МГГ-10-3150-45УЗ.Таңдаған ажыратқышты тексереміз.

12-кесте- Ажыратқыш таңдау

Паспорттық	Есептелген
U _н =10 кВ	U=6 кВ
I _н =3150 А	I _{ав} =934,6 А
I _{откл} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{терм} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{дин} =120 кА	i _y =107,8 кА

3) Магистраль ГПП-ТП5-6

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

$$\sqrt{(7468,197 + 8,3)^2 + (6749,558 + 129,9)^2} = 10159,9 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{10159,9}{2 \cdot 1,73 \cdot 6,3} = 466,3 \text{ А}$$

Апаттық ток:

$$I_{ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 466,3 = 932,6 \text{ А}$$

Ажыратқыш қабылдаймыз МГГ-10-3150-45УЗ. Таңдаған ажыратқышты тексереміз.

13-кесте- Ажыратқыш таңдау

Паспорттық	Есептелген
U _H =10 кВ	U=6 кВ
I _H =3150 А	I _{ав} =932,6 А
I _{откл} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{терм} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{дин} =120 кА	i _y =107,8 кА

4) Магистраль ГПП-СҚ
ГПП-СҚ1 үшін. I_p = 57,85 А.

Ажыратқыш қабылдаймыз МГГ-10-3150-45УЗ. Таңдаған ажыратқышты тексереміз.

14-кесте- Ажыратқыш таңдау

Паспорттық	Есептелген
U _H =10 кВ	U=6 кВ
I _H =3150 А	I _{ав} =57,85 А
I _{откл} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{терм} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{дин} =120 кА	i _y =107,8 кА

ГПП-СҚ2 үшін I_p = 59,63 А.

Ажыратқыш қабылдаймыз МГГ-10-3150-45УЗ. Таңдаған ажыратқышты тексереміз.

15-кесте- Ажыратқыш таңдау

Паспорттық	Есептелген
U _H =10 кВ	U=6 кВ
I _H =3150 А	I _{ав} =59,63 А
I _{откл} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{терм} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{дин} =120 кА	i _y =107,8 кА

ГПП-СҚЗ үшін. I_p = 59,63 А.

Ажыратқыш қабылдаймыз МГГ-10-3150-45УЗ. Таңдаған ажыратқышты тексереміз.

16-кесте- Ажыратқыш таңдау

Паспорттық	Есептелген
U _H =10 кВ	U=6 кВ
I _H =3150 А	I _{ав} =59,63 А
I _{откл} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{терм} =45 кА	I _{кз} =42,8 кА
I _{дин} =120 кА	i _y =107,8 кА

3.3 Шығатын желілердің ажыратқыштарын таңдау

1) Магистраль

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}} \quad (17)$$

$$I_p < I_{\text{доп}}$$

$$I_{\text{ав}} < 1.3 \cdot I_{\text{доп}},$$

мұндағы $j=1.2 \text{ А/мм}^2$ токтың экономикалық тығыздығы.

$$S_{\text{ТЕРМ}} = 12 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{0,8} = 185,7 \text{ мм}^2;$$

СҚ1:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{57,85}{1,2} = 48,2 \text{ мм}^2;$$

Кабель қабылданады ААШВ-6-(3x50) с I_{доп}=146 А.

$$I_{доп}=146 \cdot 0,8=116,8 \text{ А} > I_p=57,85 \text{ А}.$$

мұндағы, $K_p=0,8$ – траншеядағы кабельдердің саны кезіндегі түзету коэффициенті, $N=4$.

СҚ2:

$$S_{эк} = \frac{59,63}{1,2} = 49,7 \text{ мм}^2;$$

Кабель қабылданады ААШВ-6-(3x50) с $I_{доп}=146 \text{ А}$.

$$I_{доп}=146 \cdot 0,8=116,8 \text{ А} > I_p=59,63 \text{ А}.$$

мұндағы, $K_p=0,8$ – траншеядағы кабельдердің саны кезіндегі түзету коэффициенті $N=6$.

СҚ3:

$$S_{эк} = \frac{59,63}{1,2} = 49,7 \text{ мм}^2;$$

Кабель қабылданады ААШВ-6-(3x50) с $I_{доп}=146 \text{ А}$.

$$I_{доп}=146 \cdot 0,8=116,8 \text{ А} > I_p=59,63 \text{ А}.$$

мұндағы, $K_p=0,8$ – траншеядағы кабельдердің саны кезіндегі түзету коэффициенті $N=6$.

ТП1-2:

$$S_{эк} = \frac{466,9}{1,2} = 389,08 \text{ мм}^2;$$

Кабель қабылданады АПВП-10-(3x400/120) с $I_{доп}=990 \text{ А}$.

$$I_{доп}=990 \cdot 0,8= 792 > I_p=466,9 \text{ А}.$$

$$1,3 \cdot I_{доп}=1,3 \cdot 792=1029,6 \text{ А} > I_{ав}=933,8 \text{ А}.$$

мұндағы, $K_p=0,9$ – траншеядағы кабельдердің саны кезіндегі түзету коэффициенті $N=1$.

ТП3-4:

$$S_{эк} = \frac{467,3}{1,2} = 389,4 \text{ мм}^2;$$

Кабель қабылданады АПвП-10-(3x400/120) с Iдоп=990А.

$$I_{доп}=990 \cdot 0,8= 792 > I_p=467,3A.$$

$$1.3 \cdot I_{доп}=1,3 \cdot 792=1029,6 A > I_{ав}=934,6 A.$$

мұндағы, Kп=0,9 – траншеядағы кабельдердің саны кезіндегі түзету коэффициенті N=1.

ТП5-6:

$$S_{эк} = \frac{466,3}{1.2} = 388,6 \text{ мм}^2;$$

Кабель қабылданады АПвП-10-(3x400/120) с Iдоп=990А.

$$I_{доп}=990 \cdot 0,8= 792 > I_p=466,3 A.$$

$$1.3 \cdot I_{доп}=1,3 \cdot 792=1029,6 A > I_{ав}=932,6 A.$$

где Kп=0,9 - траншеядағы кабельдердің саны кезіндегі түзету коэффициенті N=1.

Таңдау нәтижелерін 17 кестеге енгіземіз.

17-кесте - Кабель журналы

Учаскенің атауы	S _p , кВА	N	Kп	Жүктеме		Токтың эконмикал ық тығ. тмм ²		ҚТ бойын ша, мм ²		Таңдаған кабель	I _{доп} , А
				I _p , А	I _{ав} , А	j _э	F _э , мм ²	I _к , кА	S, мм ²		
ГПП-СҚ1	630	4	0,8	57,8 5	-	1,2	48,2	7,5	75	ААШв-16-(3x50)	132
ГПП-СҚ2	650	6	0,8	59,6 3	-	1,2	49,7	7,5	75	ААШв-6-(3x50)	132
ГПП-СҚ3	650	6	0,8	59,6 3	-	1,2	49,7	7,5	75	ААШв-6-(3x50)	132
ГПП-ТП1-2	10178,24	1	0,9	466,9	933,8	1,2	389,08	7,5	75	АПвП-10-(3x400/120)	990
ГПП-ТП3-4	10187,01	1	0,9	467,3	934,6	1,2	389,4	7,5	75	АПвП-10-(3x400/120)	990
ГПП-ТП5-6	10159,9	1	0,9	466,3	932,6	1,2	388,6	7,5	75	АПвП-10-(3x400/120)	990

3.4 ТҚ жүктемелердің ажыратқыштарын таңдау

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 146,8A$$

Таңдаймыз ВМП-17 с ПК-6/100.

3.5 Ток трансформаторларын таңдау

Келесі шартпен ток трансформаторы таңдалады:

1) Құрылғының кернеуі бойынша: $U_{\text{ном тт}} \geq U_{\text{ном уст-ки}}$

2) Ток бойынша: $I_{\text{ном тт}} \geq I_{\text{расч}}$

3) Электродинамикалық беріктілік бойынша: $K_{\text{дин}} \geq \frac{i_{\text{уд}}}{\sqrt{2} \cdot I_{\text{ном тт}}}$

4) Екіншілік жүктеме бойынша: $S_{H2} \geq S_{\text{нагр.р}}$

5) Термиялық беріктілік бойынша: $K_{\text{т.с}} = \frac{I_{\text{об}} \cdot \sqrt{t}}{I_{\text{ном тт}} \cdot t_{\text{нт}}}$

6) Конструкциялық және дәлдік класы бойынша.

Енгізу және секциялық ажыратқыштағы ток трансформаторларын таңдау

1) Трансформатор ток желісі ГПП-ТП1-2;

18-кесте- Приборлардың түрлері

Прибор	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 трансформаторларының екінші жүктемесін есептейміз. Екінші жүктеме кедергісі аспаптар, жалғау сымдары және түйіспелердің өтпелі кедергісінен тұрады.:

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

Аспаптар кедергісі мына формула бойынша анықталады. I_2 аспаптың екінші реттік номиналды тогы. Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6.5}{5^2} = 0.26 \text{ Ом}$$

мұндағы, $S_{\text{приб}}$ - аспаптармен тұтынылатын қуат;
Екінші жүктемесінің кедергісі:

$$r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{н ТТ}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0.8 \text{ Ом}$$

Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

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

Сым қимасы анықталады:

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

мұндағы, ρ -меншікті өткізгіштігі, См / м;

L-желі ұзындығы, м.

Сымды қабылдаймыз АКР ТВ; $F=2.5\text{мм}^2$;

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

Екінші тізбектегі жүктеме анықталады:

$$S_2 = r_2 \cdot I_2^2 = 0.416 \cdot 5^2 = 10.5 \text{ ВА.},$$

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

$$W_{\text{к}} = I_{\text{кз}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}) = 7^2 \cdot (0.095 + 0.04) = 6.62 \text{ кА}^2\text{с}$$

Ток трансформаторын қабылдаймыз ТВЛМ-10 УЗ

19-кесте- Ток трансформаторларын таңдау

Есептік шамалар	Каталог бойынша
$U_{\text{н}}=6 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}}=933,8\text{А}$	$I_{\text{н}}=1000\text{А}$
$W_{\text{к}}=6,62 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}}=43075 \text{ кА}^2\text{с}$
$i_{\text{уд}}=107,8\text{кА}$	$I_{\text{дин}}=120,4\text{кА}$
$Z_{2\text{P}}=0,45\text{Ом}$	$Z_{2\text{H}}=0,8\text{Ом}$

2) Трансформатор ток желісі ГПП-ТПЗ-4

20-кесте- Приборлардың түрлері

Прибор	Түрі	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	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

Ток трансформаторларының екінші жүктемесін есептейміз. Екінші жүктеме кедергісі аспаптар, жалғау сымдары және түйіспелердің өтпелі кедергісінен тұрады.:

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

Аспаптар кедергісі мына формула бойынша анықталады. I_2 аспаптың екінші реттік номиналды тогы. Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}$$

мұндағы, $S_{\text{приб.}}$ - аспаптармен тұтынылатын қуат;
Екінші жүктемесінің кедергісі:

$$r_{2н} = \frac{S_{2н \text{ тт}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}$$

Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

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

Сым қимасы анықталады:

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

мұндағы, ρ -меншікті өткізгіштігі, См / м;

L-желі ұзындығы, м.

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

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{F} = \frac{0,028 \cdot 5}{1.5} = 0,093 \text{ Ом}$$

Екінші тізбектегі жүктеме анықталады:

$$S_2 = r_2 \cdot I_2^2 = 0,416 \cdot 5^2 = 10,5 \text{ ВА}$$

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

$$B_{\text{к}} = I_{\text{кз}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}) = 7^2 \cdot (0,095 + 0,04) = 6,62 \text{ кА}^2\text{с}$$

Ток трансформаторын қабылдаймыз ТВЛМ-10 У3

21-кесте- Ток трансформаторларын таңдау

Есептік шамалар	Каталог бойынша
$U_{\text{н}}=6 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}}=934,6$	$I_{\text{н}}=1000\text{А}$
$B_{\text{к}}=6,62 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}}=43075 \text{ кА}^2\text{с}$
$i_{\text{уд}}=107,8\text{кА}$	$I_{\text{дин}}= 120,4\text{кА}$
$Z_{2\text{P}}=0,45\text{Ом}$	$Z_{2\text{H}}=0,8\text{Ом}$

3) Трансформатор ток желісі ГПП-ТП5-6

22-кесте- Приборлардың түрлері

Прибор	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 трансформаторларының екінші жүктемесін есептейміз. Екінші жүктеме кедергісі аспаптар, жалғау сымдары және түйіспелердің өтпелі кедергісінен тұрады.:

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

Аспаптар кедергісі мына формула бойынша анықталады. I_2 аспаптың екінші реттік номиналды тогы. Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6.5}{5^2} = 0.26 \text{ Ом}$$

мұндағы $S_{\text{приб}}$ - аспаптармен тұтынылатын қуат;
Екінші жүктемесінің кедергісі:

$$r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{н ТТ}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0.8 \text{ Ом}$$

Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

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

Сым қимасы анықталады:

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

мұндағы, ρ -меншікті өткізгіштігі, См / м;

L -желі ұзындығы, м.

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

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{F} = \frac{0,028 \cdot 5}{1.5} = 0,093 \text{ Ом}$$

Екінші тізбектегі жүктеме анықталады:

$$S_2 = r_2 \cdot I_2^2 = 0.416 \cdot 5^2 = 10,5 \text{ ВА}$$

$$S_2 R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,093 + 0,1 = 0,45 \text{ Ом}$$

$$B_{\text{к}} = I_{\text{кз}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}) = 7^2 \cdot (0,095 + 0,04) = 6,62 \text{ кА}^2\text{с}$$

Ток трансформаторын қабылдаймыз ТВЛМ-10 У3

23-кесте- Ток трансформаторларын таңдау

Есептік шамалар	Каталог бойынша
$U_{\text{н}}=6 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}}=932,6$	$I_{\text{н}}=1000\text{А}$
$B_{\text{к}}=6,62 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}}=43075 \text{ кА}^2\text{с}$
$i_{\text{уд}}=107,8\text{кА}$	$I_{\text{дин}}= 120,4\text{кА}$
$Z_{2\text{р}}=0,45\text{Ом}$	$Z_{2\text{н}}=0,8\text{Ом}$

4) ГПП-СҚ1 желісіндегі ток трансформаторы

24-кесте- Приборлардың түрлері

Прибор	Түрі	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	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

Ток трансформаторларының екінші жүктемесін есептейміз. Екінші жүктеме кедергісі аспаптар, жалғау сымдары және түйіспелердің өтпелі кедергісінен тұрады.:

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

Аспаптар кедергісі мына формула бойынша анықталады. I_2 аспаптың екінші реттік номиналды тогы. Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6.5}{5^2} = 0.26 \text{ Ом}$$

мұндағы, $S_{\text{приб}}$. - аспаптармен тұтынылатын қуат;
Екінші жүктемесінің кедергісі:

$$r_{2н} = \frac{S_{2н\text{тт}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0.8 \text{ Ом}$$

Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

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

Сым қимасы анықталады:

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

мұндағы, ρ -меншікті өткізгіштігі, См / м;
 L -желі ұзындығы, м.

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

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

Екінші тізбектегі жүктеме анықталады:

$$S_2 = r_2 \cdot I_2^2 = 0,416 \cdot 5^2 = 10,5 \text{ ВА.}$$

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

$$B_{\text{к}} = I_{\text{кз}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_a) = 7^2 \cdot (0,095 + 0,04) = 6,62 \text{ кА}^2\text{с}$$

Ток трансформаторын қабылдаймыз ТВЛМ-10 У3

25-кесте- Ток трансформаторларын таңдау

Есептік шамалар	Каталог бойынша
$U_{\text{н}}=6 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}}=57,8$	$I_{\text{н}}=1000 \text{ А}$
$B_{\text{к}}=6,62 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}}=43075 \text{ кА}^2\text{с}$
$i_{\text{уд}}=107,8 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}}=120,4 \text{ кА}$
$Z_{2\text{P}}=0,45 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{H}}=0,8 \text{ Ом}$

5) ГПП-СҚ2 желісіндегі ток трансформаторы

26-кесте- Приборлардың түрлері

Прибор	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 трансформаторларының екінші жүктемесін есептейміз. Екінші жүктеме кедергісі аспаптар, жалғау сымдары және түйіспелердің өтпелі кедергісінен тұрады.:

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

Аспаптар кедергісі мына формула бойынша анықталады. I_2 аспаптың екінші реттік номиналды тогы. Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6.5}{5^2} = 0.26 \text{ Ом}$$

мұндағы, $S_{\text{приб}}$ - аспаптармен тұтынылатын қуат;
Екінші жүктемесінің кедергісі:

$$r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{н ТТ}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0.8 \text{ Ом}$$

Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

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

Сым қимасы анықталады:

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

мұндағы, ρ -меншікті өткізгіштігі, См / м;

L-желі ұзындығы, м.

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

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{F} = \frac{0,028 \cdot 5}{1.5} = 0,093 \text{ Ом}$$

Екінші тізбектегі жүктеме анықталады:

$$S_2 = r_2 \cdot I_2^2 = 0.416 \cdot 5^2 = 10,5 \text{ ВА.}$$

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

$$B_{\text{к}} = I_{\text{кз}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}) = 7^2 \cdot (0,095 + 0,04) = 6,62 \text{ кА}^2\text{с}$$

Ток трансформаторын қабылдаймыз ТВЛМ-10 У3

27-кесте- Ток трансформаторларын таңдау

Есептік шамалар	Католог бойынша
$U_{\text{н}}=6 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}}=59,63$	$I_{\text{н}}=1000\text{А}$
$B_{\text{к}}=6,62 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}}=43075 \text{ кА}^2\text{с}$
$i_{\text{уд}}=107,8\text{кА}$	$I_{\text{дин}}= 120,4\text{кА}$
$Z_{2\text{P}}=0,45\text{Ом}$	$Z_{2\text{H}}=0,8\text{Ом}$

6) ГПП-СҚЗ желісіндегі ток трансформаторы

28-кесте- Приборлардың түрлері

Прибор	Түрі	A, ВА	B, ВА	C, 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

Ток трансформаторларының екінші жүктемесін есептейміз. Екінші жүктеме кедергісі аспаптар, жалғау сымдары және түйіспелердің өтпелі кедергісінен тұрады.:

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

Аспаптар кедергісі мына формула бойынша анықталады. I_2 аспаптың екінші реттік номиналды тогы. Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6.5}{5^2} = 0.26 \text{ Ом}$$

мұндағы $S_{\text{приб}}$. - аспаптармен тұтынылатын қуат;
Екінші жүктемесінің кедергісі:

$$r_{2н} = \frac{S_{2н \text{ тт}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0.8 \text{ Ом}$$

Сымдардың рұқсат етілген кедергісі:

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

Сым қимасы анықталады:

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

мұндағы, ρ -меншікті өткізгіштігі, См / м;

L-желі ұзындығы, м.

Сымды қабылдаймыз АКР ТВ; F=2,5мм²;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{F} = \frac{0,028 \cdot 5}{1.5} = 0,093 \text{ Ом}$$

Екінші тізбектегі жүктеме анықталады:

$$S_2 = r_2 \cdot I_2^2 = 0.416 \cdot 5^2 = 10,5 \text{ ВА}$$

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

$$B_{\text{к}} = I_{\text{кз}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}) = 7^2 \cdot (0,095 + 0,04) = 6,62 \text{ кА}^2\text{с}$$

Ток трансформаторын қабылдаймыз ТВЛМ-10 У3

29-кесте- Ток трансформаторларын таңдау

Есептік шамалар	Католог бойынша
$U_{\text{н}}=6 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}}=59,63$	$I_{\text{н}}=1000\text{А}$
$B_{\text{к}}=6,62 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}}=43075 \text{ кА}^2\text{с}$
$i_{\text{уд}}=107,8\text{кА}$	$I_{\text{дин}}= 120,4\text{кА}$
$Z_{2\text{р}}=0,45\text{Ом}$	$Z_{2\text{н}}=0,8\text{Ом}$

Ток трансформаторын қабылдаймыз ТПЛК-10У3

3.6 ТП-да автоматты ажыратқыштарды таңдау

$$I_p = \frac{S_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2433,8 \text{ А}$$

Таңдаймыз ВА75-47 с $I_{\text{доп}}=4000\text{А}$.

3.7 Кернеу трансформаторларын таңдау

Кернеу трансформаторлары келесі шарттар бойынша таңдалады:

1. қондырғы кернеуі бойынша: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$;
2. екінші жүктеме бойынша: $S_{\text{ном2}} \geq S_{2\text{расч}}$;
3. Дәлдік сыныбы бойынша
4. Конструкция және қосу схемасы бойынша

30-кесте- Приборлардың түрлері

Прибор	Түрі	S _{об-ки} , ВА	Орам саны	cosφ	sinφ	Прибор саны	P _{общ} , Вт	Q _□ , вар
V	Э-335	3	1	1	0	1	3	-
W	Д-335	2.5	2	0.4	0.93	6	12	23
Var	И-335	2.5	2	0.4	0.93	6	12	23
Wh	СА3-	2	2	0.4	0.93	6	9	27
	И681							
Varh	СР4-	2	2	0.4	0.93	6	9	27
	И689							
Жинағы							45	100

Екіншілік жүктемесінің есептелуі:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{45^2 + 100^2} = 110 \text{ ВА.}$$

Таңдаймыз КТ НТМК-6-71У3

31-кесте- Кернеу трансформаторларын таңдау

U _{HT} =6 кВ	U _{HT} =6 кВ
S _{HT} =120 кВА	S _{p2} =110 ВА

4 Электр жүктемелерінің орталығын есептеу

Қосалқы станция (бас төмендетуші ГПП, бас тарату ГРП, цех трансформаторлық ТП) кез келген өнеркәсіптік кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесінің негізгі буындарының бірі болып табылады. Сондықтан кәсіпорын аумағында қосалқы станциялардың оптималдық орналасуы энергиямен жабдықтаудың ұтымды жүйесін құру кезінде маңызды мәселе болып табылады. Электрмен жабдықтау жүйесін жобалау кезінде жобаланатын объектінің бас жоспары әзірленеді, оған барлық өндірістік цехтар салынады. Олардың орналасуы өндірістің технологиялық процесімен анықталады. Бас жоспарда цехтардың белгіленген немесе есептік қуаты көрсетіледі. Сонымен қатар, жобада цехтар мен барлық кәсіпорындардың электр жүктемелерінің графиктері бар.

ГПП, ГРП және ТП-ны аумақта тиімді орналастыру кезінде электрмен жабдықтау жүйесінің техникалық-экономикалық көрсеткіштері оңтайлы болып табылады, демек, келтірілген жылдық шығындардың минимумы қамтамасыз етіледі. ГПП, ГРП және ТП орналасқан жерін анықтау үшін электрмен жабдықтау жүйелерін жобалау кезінде бас жоспарға жүктеме картограммасы салынады, ол шеңбердің бас жоспарында орналастырылған болады. Осы шеңбермен шектелген алаңдар таңдалған масштабта цехтардың есептік жүктемелеріне тең.

Өнеркәсіптік электрмен жабдықтауды оңтайландыру есептерін шешу кезінде көптеген нұсқаларды салыстыру қажеттілігі туындайды. Басты төмендету және цехтық қосалқы станцияларды жүктеме ортасына мүмкіндігінше жақын орналастыру керек, өйткені бұл жоғары кернеуді электр энергиясын тұтыну орталығына жақындатуға және жоғары кернеулі тарату желілерінің, сондай-ақ төмен кернеулі цехтық электр желілерінің ұзындығын едәуір қысқартуға, өткізгіш материалының шығынын азайтуға және электр энергиясының шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

Электр жүктемелерінің орталығы кәсіпорынның бас жоспарындағы белгілі бір тұрақты нүкте ретінде анықталады.

Шын мәнінде, ЦЭН өнеркәсіптік кәсіпорынның аумағы бойынша үнемі жылжып отырады. Бұл келесі себептермен түсіндіріледі:

1) жеке қабылдағыштар, цехтар және кәсіпорын тұтынатын қуаттар; жүктеме графигі өндірістің технологиялық процесінің өзгеруіне, жаңа, прогрессивті өндірістік процестердің енгізілуіне, өнім бірлігіне электр энергиясын үлестік тұтынудың өзгеруіне, өндірістік процестерді қарқындалу және автоматтандыру есебінен жабдықтарды пайдаланудың артуына және т. б. байланысты үнемі өзгеріп отырады.;

2) өнеркәсіп кәсіпорынының ауысуындағы өзгерістер;

3) кәсіпорынның дамуы.

Жоғарыда айтылғандарға сәйкес, ЦЭН өнеркәсіптік кәсіпорынның бас жоспарында күрделі пішінді сипаттайды. Сондықтан цехтың (кәсіпорынның) электр жүктемесінің орталығы туралы негізгі жоспардағы кейбір тұрақты нүкте ретінде емес, электр жүктемесінің орталығының шашырауы аймағы туралы айту дұрыс.

Электр жүктемесінің орталығы шашырау аймағын құру үшін шартты электр жүктемесінің орталығы қажет. Есептеулердің қажетті дәлдігіне қарай электрлік жүктемелердің шартты орталығын анықтау үшін сол немесе өзге формула пайдаланылады. Қазіргі уақытта өнеркәсіптік энергетикадағы оптимизациялық міндеттерді шешуге екі тәсіл бар: статикалық және динамикалық.

Жобалаудың техникалық-экономикалық міндеттерін шешуге статикалық тәсілдегенде электр жүктемелерінің өсуі ескерілмейді, бұл жобаланатын желінің тұрақсыз нұсқаларын қабылдауға әкелуі мүмкін. Динамикалық тәсіл кезінде алынатын шешімдер неғұрлым негізді болып табылады, өйткені электр энергиясын жеткізу жүйелерінің жеткілікті ұзақ уақыт кезеңі (15-20 жылға дейін) және олардың параметрлеріндегі өзгерістер ескеріледі.

Әр түрлі өнеркәсіп салаларының объектілерін электрмен жабдықтау жүйелерін жобалау және пайдалану тәжірибесін көрсетіп отырғандай, жобалау процесін жеке цехтар мен жалпы кәсіпорындардың электр жүктемелерінің динамикасын ескере отырып жүргізу қажет.

Осы ұстанымдарды негізге ала отырып, кернеу, қима, қосалқы станциялардың саны мен орналасқан жері және т.б. сияқты электрмен жабдықтау жүйесінің оңтайлы параметрлерін таңдау динамикалық жобалау міндеті ретінде қарастырылуы керек.

4.1 Кәсіпорын бойынша электр жүктемесінің орталығын есептеу

Электр жүктемелері орталығының (ЦЭНа) есебі цех трансформаторлық қосалқы станциялардың орналасу орнын және зауыттың бас жоспарында электр энергиясын қабылдау пунктін анықтау үшін жүргізіледі.

ЦЭН координаттарын осы формулалар бойынша анықталады, мм:

$$X_0 = \frac{\sum P_{p.v.цi} x_i}{\sum P_{p.v.цi}},$$
$$Y_0 = \frac{\sum P_{p.v.цi} y_i}{\sum P_{p.v.цi}},$$
(18)

Цехтың күштік жүктемесін (1 кВ жоғары) 6-10 кВ номиналды кернеуді көрсете отырып, пунктир түрінде жеке шеңбермен бөлу ұсынылады.

Есептеу нәтижелері 32-кестеде келтірілген.

32-кесте – Жүктеме картограммасын есептеу нәтижелері

Цех номері	$U_H, В$	$P_{p.v.c.}, кВт$	$x_i, мм$	$y_i, мм$	$r_i, мм$	$P_{po}, кВт$	$\alpha, град$
0,4 кВ							
1	400	1440.882	90	135	12.3	90.883	24.2
2	400	184.9	173	105	4.4	11.3	23.4
3	400	129.32	35	106	3.7	17	55
4	400	249.15	35	112	5.1	249.15	30
5	400	142.975	5	110	3.9	142.975	67.6
6	400	254.1	90	95	5.2	254.1	34.3
7	400	280.6	135	65	5.5	280.6	14.1
8	400	287.1	120	114	5.5	287.1	11.6
9	400	213.8	179	45	4.7	23.4	44.2
10	400	217.42	146	48	4.8	17.5	31.5
11	400	63.4	122	45	2.6	6.2	39
12	400	292.12	123	36	5.5	11.4	14.6
13	400	28.58	120	22	1.7	5.7	89.7
14	400	825.3	90	5	9.35	76.5	37
15	400	894.85	65	30	9.7	117.25	55
16	400	583.5	43	53	7.8	41.1	27.3
19	400	222.5	36	70	4.8	19.1	33.8
20	400	1114.6	22	32	10.8	7.6	2.5
6 кВ							
3	600	17	35	106	3.7	17	0
17	600	23.6	93	50	1.58	23.6	0
18	600	19.5	45	63	1.4	21.8	0

Электр жүктеменің орталығын (18) формулалар бойынша есептейді. ЭЖО

33- кесте – Электр жүктемесінің орталығының координаторлары

№	x_0	y_0
ТП1-2	80,9	122,05
ТП3-4	64,4	45,9
ТП5-6	84,2	20,63
ЭЖО	77,8	63

1) ТП1

$$x_0 = \frac{1440,882 \cdot 90 + 184,9 \cdot 173 + \dots + 142,975 \cdot 5 + 287,1 \cdot 120}{1440,882 + 184,9 + \dots + 142,975 + 287,1} = 80,9$$

$$y_0 = \frac{1440,882 \cdot 135 + 184,9 \cdot 105 + \dots + 142,975 \cdot 110 + 287,1 \cdot 114}{1440,882 + 184,9 + \dots + 142,975 + 287,1} = 122,05$$

Басқа электр жүктемесінің орталықтарының мәндері 33 - кестеде көрсетілген.

Кәсіпорынның электрлік жүктемелерінің шартты орталығы ПЭС шығындарын азайтатын орынды анықтайды.

Кәсіпорынның электр жүктемелерінің шартты орталығы орналастыру кезінде энергия ағынының тығыздығы келтірілген шығындар ең аз болатын орынды анықтайды.

Алайда, орналастыру орнын түпкілікті анықтау кезінде энергия ағынының тығыздығы мынадай факторларды ескеру қажет: қажетті бос алаңның болуы; қоршаған ортаның әсері; кәсіпорынның аумағына басты енгізу пунктін (ПГВ) қоректендіру үшін электр жеткізу желісін енгізу мүмкіндігі.

Электр жүктемесінің шартты орталығын анықтау үшін кәсіпорынның бас жоспарында X және Y координаттарының осьтерін еркін түрде алынады және цехтың белгілі есептік қуаттары (Pi) және олардың жүктеме орталықтарының координаттары (xi, yi) бойынша жалпы кәсіпорынның жүктеме орталығын анықтайды.

Есептеу нәтижесі бойынша зауыттың бас жоспарында электр жүктемесінің орталығын белгіленді (Ө қосымшасы)

5 Электр қауіпсіздігі бөлімі

5.1 Жерге қосуды есептеу

Адам арқылы өтетін токтың мәні, кернеудегі металл бөлікке жанасқан жағдайда, ең алдымен адамның кедергісімен анықталады.

Есептеулерде қабылдайды ең аз кедергісі адам $R_{ч} = 1$ кОм қауіпсіз ағза үшін ток $I_{бес.} = 0,03$ А. Сондықтан қауіпсіз-жанасу кернеуі

$$U_{пр} = I_{бес.} \cdot R_{ч} = 0,03 \cdot 1000 = 30 \text{ В.}$$

Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ететін іс-шаралар кешені:

- ашық ток өткізгіш бөліктерді кездейсоқ жанасу болдырмау үшін қол жетпейтін немесе одан қабықшамен қорғалған жерлерде орналастыру және т. б..

- электр құралы мен тасымалды шамдар үшін төмен кернеуді қолдану;

- резеңке қолғаптарды, тұғырықтарды, кілемшелерді және т. б. қолдану; қорғаныштық жерге тұйықтау мен нөлдеуді, сондай-ақ оқшаулауды және ағуды бақылау құрылғыларын және қорғаныстық ажырату құрылғыларын қолдану.

- адам кедергісін арттыруға мақсатында қорғаныс оқшаулағыш құрылғыларды қолдану арқылы қол жеткізіледі. Бұл құрылғылар негізгі және қосымша болып бөлінеді.

- Негізгі құралдар электр қондырғыларының жұмыс кернеуіне шыдайды. Олар ток өткізгіш бөліктерге жанасуға жол береді.

Қосымша қорғаныс құралдары негізгі құралдардың сенімділігін арттыру үшін қызмет етеді.

Кернеуі 1000 В дейінгі желілерде негізгі құралдарға:

- оқшауланған тұтқалары бар құрал, кернеу көрсеткіштері, ток өлшеу қысқыштары .

Қосымша құралдарға:

- диэлектрлік резеңке галоштар;

- резеңке кілемшелер (жолдар), оқшаулағыш тұғырықтар.

Электр қондырғыларын орнату ережелеріне сәйкес адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қалыпты ток өтпейтін карусельді станоктардың электр жабдықтарының барлық металл бөліктері жерге тұйықталуы тиіс. Электрқозғалтқыштардың корпустары, электршкафтардың қаңқалары, электромагниттердің өзекшелері мен қаптамалары, торлар, қоршау панельдері, іске қосу және реттеу реостаттарының қаңқалары, контроллерлердің қаптамалары жерге қосылады. Аталған элементтерді жерге қосу үшін жерге қосу құрылғысы болуы қажет. Цехтарда түйіспелі жерге

тұйықтау құрылғысы қолданылады. Ол екі жерде шықпалы металл жолақпен жалғанған жасанды жерге тұйықтағыштардан тұрады.

Қызмет көрсету қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін және электр қондырғыларындағы электржабдықтарының жұмыс жағдайлары бойынша жерге тұйықтағыштардан (өткізгіш жермен сенімді қосылған) және жерге тұйықтағыштарды электржабдықтарының корпустарымен қосатын өткізгіштерден тұратын жерге тұйықтау құрылғысы құрылады. Жерлендіргіш ретінде өзектер, көлемі 50x50; 60x60; 75x75; қабырғасының қалыңдығы кемінде 4мм, ұзындығы 2,5-3м бұрыштық болаттар; диаметрі 50x60мм, ұзындығы 2,5-3м, қабырғасының қалыңдығы кемінде 3,5 мм, диаметрі кемінде 10мм, ұзындығы 10м және одан артық шыбық болаттар қолданылады.

Жерге тұйықтағыштар ретінде 380В кернеудің төрт сымды торабында жерге тұйықтау құрылғысы үшін ұзындығы 2,5 м болатын 50x50x5 өлшемдегі бұрыштарды қолданамыз.

Жерлендіргіш-ұзындығы 40x4мм болат жолақ. Бұрыштар арасындағы қашықтық 2,5 м. бұрыштар қатарға соғылған. Созылған жерлендіргіштің орналасу тереңдігі 0,7 м.

Меншікті кедергісі $\rho_T = 40 \text{ Ом} \cdot \text{М}$ болатын саз топырағы.

Меншікті кедергісі бар саз топырағы $\rho_T = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Климаттық аймақ 2. Жерге тұйықтау құрылғысының нормаланған кедергісі 4 Ом. Тік жерге тұйықтағыштар үшін маусымдық коэффициентті ескере отырып, топырақтың меншікті кедергісі кесте бойынша анықталады [$K_c=1,45$].

$$\rho_{\text{расч.в}} = K_c \cdot \rho_T = 1,45 \cdot 40 = 58 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Тік жерге тұйықтағыштың ағуына кедергісі

$$R_B = \frac{0,366 \cdot \rho}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t' + l}{4t - l} \right) \\ = \frac{0,366 \cdot 58}{2,5} \left(\lg \frac{2 \cdot 2,5}{0,95 \cdot 0,5} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1,95 + 2,5}{4 \cdot 1,95 - 2,5} \right) = 18,4$$

мұндағы, $d=0,95$ в; v - сөренің ені бұрыш

$$t' = t_0 + 0,5 \ell = 0,7 + 0,5 \cdot 2,5 = 1,95 \text{ м}$$

Тік жерге тұйықтағыштар саны

$$n_B = \frac{R_B}{\eta_B \cdot R_3} = \frac{18,4}{0,7 \cdot 4} = 6,6$$

мұндағы R_3 -жерге тұйықтағыштың қажетті кедергісі, Ом.

η_B – тік жерге тұйықтағыштарды пайдалану коэффициенті. Кесте бойынша таңдалады.

7 бұрышын орнатуға қабылдаймыз. Көлденең жерге қосқыштың ұзындығы (жолақтар)

$$l_r = 1,05 \cdot n_B \cdot a = 1,05 \cdot 7 \cdot 2,5 = 18,4$$

$\ell = 19$ м қабылдаймыз. Көлденең жерге тұйықтағыштың ағу кедергісі

$$R_r = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{рас.г}}}{l} \lg \frac{l^2}{d \cdot t} = \frac{0,366 \cdot 140}{19} \lg \frac{19^2}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,7} = 11,8 \text{ Ом}$$

мұндағы, $d = 0,5$ в $= 0,5 \cdot 0,04$

Пайдалану коэффициентін есепке ала отырып, көлденең жерге тұйықтағыштың ағуына нақты кедергі

$$R_r = \frac{R_r}{\eta_r} = \frac{11,8}{0,67} = 17,8 \text{ Ом}$$

$\eta_r = 0,67$ кесте бойынша таңдаймыз.

Көлденең жерге тұйықтағыштың кедергісін есепке ала отырып, жерге тұйықтағыштардың ағуына кедергі

$$R_B = \frac{R'_2 \cdot R_3}{R'_r - R_3} = \frac{17,8 \cdot 4}{17,8 - 4} = 5,2$$

Тік жерге тұйықтағыштардың нақтыланған саны

$$\eta'_B = \frac{R_B}{\eta_B \cdot R'_B} = \frac{18,7}{0,7 \cdot 5,2} = 5,1$$

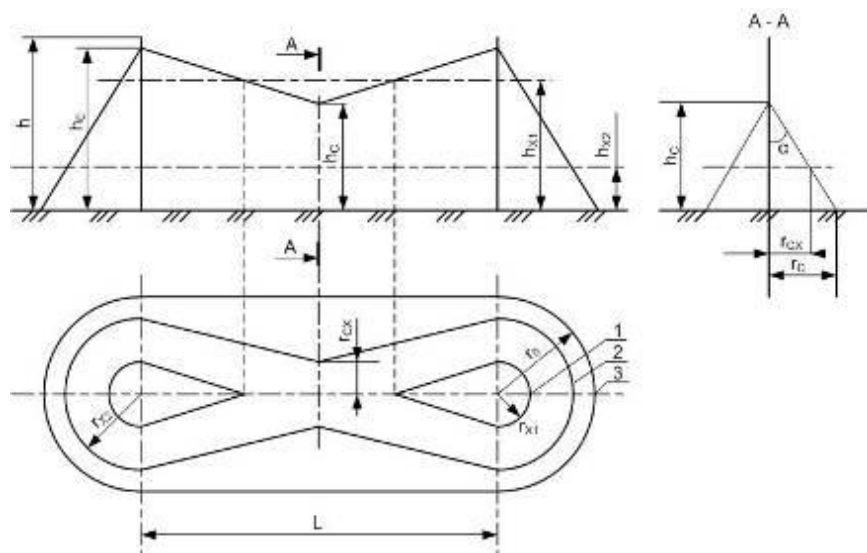
6 тік жерге қосқыштарды (бұрыштар) орнатуға қабылдаймыз

5.2 Найзағайдан қорғау аймағын есептеу

Биіктігі $h \leq 150$ м қос тросты найзағайдан қорғау аймағы 7-суретте көрсетілген, мұнда h -аралықтың ортасындағы арқанның биіктігі.

$$h = h_{\text{оп}} \text{ — 2 кезінде } a < 120 \text{ м;}$$

$$h = h_{\text{оп}} \text{ — 3 кезінде } 120 < a < 150 \text{ м.}$$



7-сурет- Қос өзекті найзағайдан қорғау аймағы:

Қорғаныс сенімділігінің дәрежесі бойынша аймақтардың екі түрі ажыратылады:

А-қорғаныс сенімділігінің деңгейі 99,5%-дан асады;

Б - қорғаныс сенімділігінің деңгейі 95-99, 5% құрайды

Қорғалған объектінің жарылғыш және өрт қауіпті аймақтарының класы, сондай-ақ жылына найзағайдың орташа ұзақтығын ескере отырып, қорғау аймағының түрін таңдаймыз.

Жылына найзағай зақымдануының күтілетін сан $N=0.0125675$ шт/жыл.

N және tCP байланысты найзағайдан қорғау аймағының талап етілетін түрін анықтаймыз(Б аймағы). Екі тросты найзағайдан қорғау аймағы өлшемдері көрсетілген 8-суретпен келтірілген.

Осылайша, таңдалған "Б" қорғау аймағын ескере отырып, біз: $h_c = 8.35$ м; $r_c = 20.00$ м; $r_{cx} = -15.94$ м.

Объектінің қорғалуын тексеру кезінде шарттардың сақталуы тексеріледі

$$h_c > h_x;$$

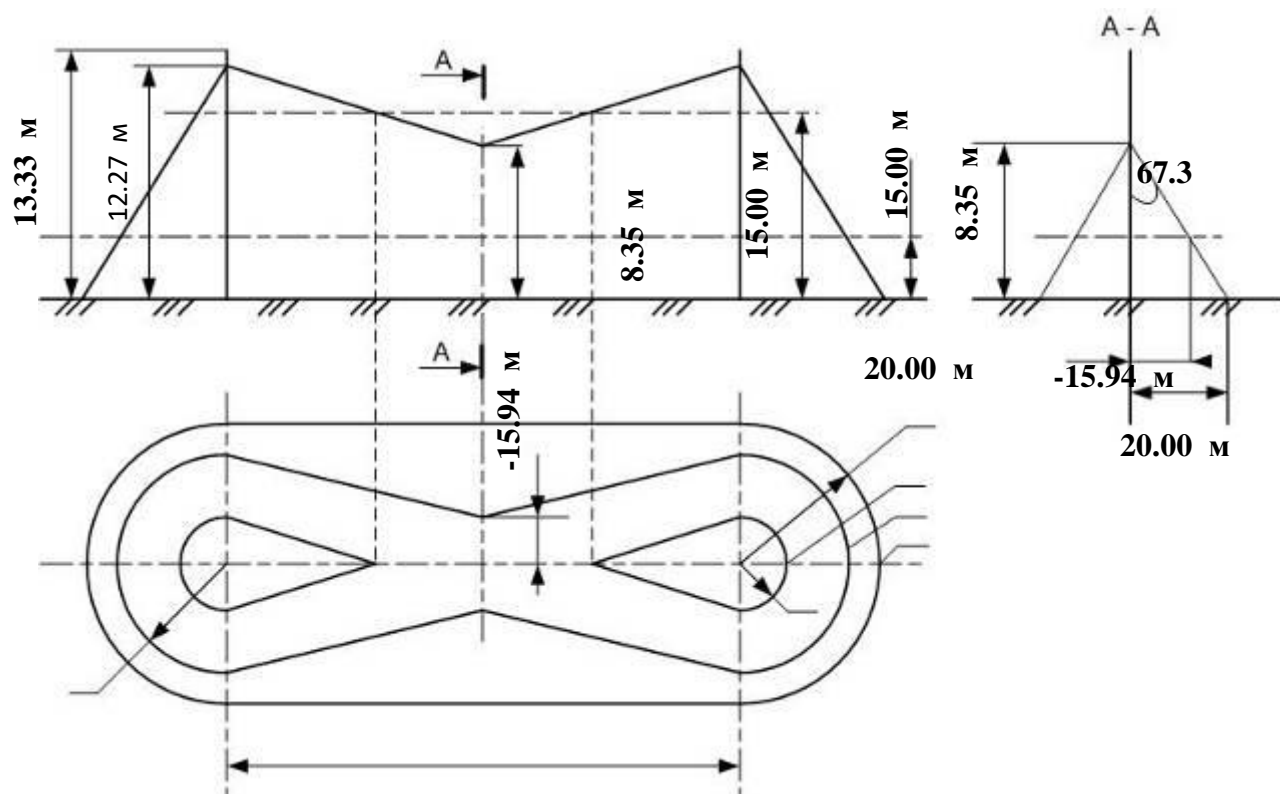
$$r_{cx} > B/2; \tag{19}$$

$$A < L \text{ немесе } \sqrt{(A-L)^2 + B^2} / 2 < r_x$$

$$h_c = 8.35 > h_x = 15.00;$$

$$r_{cx} = -15.94 > B/2 = 20.00/2$$

$$A = 40.00 < L = 50.00 \text{ немесе } \sqrt{(A-L)^2 + B^2} / 2 = 10.00 < r_x = -4.75.$$



8-сурет – Өлшемі бар қос өзекті найзағайдан қорғау аймағы

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жоба – «Цемент зауыттын электрмен жабдықтау» тақырыбына арналған. Келесідей дей есептеулер жүргізілді:

- зауыт бойынша электрлік жүктемелерді орналасу жоспары бойынша есептеу;

- цехтың есептік жүктемелері сұраныс коэффициенті әдісі бойынша анықталған.

- цех трансформаторлар санын таңдау;

- ЦТП-дағы қуат шығындарын анықтау;

- сыртқы электрмен жабдықтаудың нұсқаларын салыстыру;

- цехтарға ТҚС таңдау;

- найзағайдан қорғау және жерге қосуды құрылғысының есебі қаралды

- қысқа тұйықталу тоқтарын есептеу және электр жабдықтарын таңдау.

Есептеулер нәтижесінде зауыттың электр жүктемелерінің картограммасы салынды, ол бойынша ЭЖО орналасу орны анықталды.

Есептеулердің соңында зауыттың бас жоспары және бір желілік электрмен жабдықтау схемасы тұрғызылды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий; учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин.-М.: Интермет Инжиниринг, 2007. -672 с.
- 2 Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. Ростов на/Д.: Феникс, 2004.
- 3 Электротехнический справочник: В 4 т./Под общ. ред. Герасимова и др. -М.: Издательство МИЭ, 2004 .
- 4 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.
- 5 Правила технической эксплуатации и правила техники безопасности (ПТЭ и ПТБ)/ под ред. Парамонова А. И. - г. Алматы: Издательство Капитал, 2016. - 103 с.
- 6 Справочник по проектированию электроснабжения/под. ред. Ю.Г.Барыбина. - М.: Энергоатомиздат,1990.- с.123-129.
- 7 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию.Т.1, Т.2. Электроснабжение/ под.ред.А.А.Федорова.- М.,1986.- с.162-187.
- 8 Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования/под.ред.Ю.Г.Барыбина,-М.: Энергоатомиздат,1990., с 238-245.
- 9 Надежность электроснабжения промышленных предприятий/ Е.А.Конюхова, Э.А. Киреева - М.: ТНФ «Энергопрогресс», «Энергетик»,2001., стр 42.
- 10 Электробезопасность. Теория и практика:учебное пособие для вузов/ П.А.Долин, В.Т.Медведева.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательский дом МИЭ, 2008.-272с.
- 11 Казаков В.А. Электрические аппараты. Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений.- М.: ИП РадиоСофт, 2010.-372 с.:
- 12 Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ И.П. Крючков, Б.Н.Неклепаев, В.А.Старшинов и др.; под ред. И.П.Крюčkова и В.А. Старшинова.-2-е изд., стер.-М.: Издательский центр «Академия», 2006.-416с.