

Тақырыбы: «Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы қуат коэффициентін жақсарту жолдары»

6B07101 – Энергетика

Хапезова Жұлдыз Мерекеевна

Дипломдық жұмысына

СЫН ПІКІР

Бұл дипломдық жұмыста кәсіпорындарда қуат коэффициентін жақсартуды ескере отырып автомобиль зауытын электрмен жабдықтау қарастырылды. Сонымен қатар, коздырусыз ауыстыру (ПБВ) құрылғысының көмегімен цех трансформаторларының трансформация коэффициентін өзгерту арқылы активті қуат шығынын және кернеу төмендеуін азайту қарастырылған, соған байланысты есептеулер жүргізілген.

Дипломдық жұмыс екі басты бөлімнен тұрады, олар автомобиль зауытын электрмен жабдықтауды есептеу және кәсіпорындарда қуат коэффициентін арттыру бойынша аккумулятордың реактивті қуатын конденсатормен және синхронды қозғалтқышпен өтеуді есептеу, сонымен қоса қорытынды және қолданылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

Жалпы дипломдық жұмысты орындау барысында түлектің өзі өз ойымен жазып, есептеулерін есептеп шығарғаны байқалады.

Жұмыс бойынша ескерту:

Ескерту ретінде, грамматикалық қателіктер және қазақша аудармалары кейбір жерлерде дұрыс аударылмағандығын айтуға болады. Жалпы дипломдық жұмысы талаптарға сәйкес жазылған. Есептеулердің барлығы толық деңгейде жүргізілген.

Жұмысты бағалау

Жоғарыда айтылғандарды қорыта келе, Хапезова Жұлдыздың дипломдық жұмысы А+ «өте жақсы» (95 балл) бағасына, ал автор – энергетика бакалавры академиялық дәрежесін иемденуге лайық деп бағалаймын.

Сын-пікір беруші

т.ғ.к., ассоциированный профессор
«Ғ.Дәукеев атындағы АЭЖБУ» КЕАҚ

С.А. Юсупова
(қолы)

« 9 » 06 2025 ж.

Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю
Наиль Батырбеков
ҚЫЗМЕТ аты-жөні
« 09 » 06 2025 ж.



Хапезова Жұлдыз Мерекеевна

6B07101 – Энергетика

"Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы қуат коэффициентін жақсарту жолдары" дипломдық жұмысына

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Осы дипломдық жұмыста студент Хапезова Жұлдыз, кәсіпорындарда қуат коэффициентін жақсартуды ескере отырып автомобиль зауытын электрмен жабдықтау қарастырды.

Кернеуі 0,4 кВ цехтардың жарықтандыру, қуат жүктемесін және кернеуі 10 кВ жоғары вольтты жүктемені есептеу жүргізді. Есептік жүктемелер бойынша цех трансформаторларының оңтайлы саны және цех қосалқы станцияларының ұтымды орналасуы анықтады. Зауыттың сыртқы электрмен жабдықтау схемаларының екі нұсқасы ұсынды. Олардың ішінен экономикалық және техникалық тұрғыдан ең ұтымдысы таңдады.

Арнайы бөлімінде өнеркәсіптік кәсіпорындарда қуат коэффициентін жақсарту әдісіне талдау жасалды. Автомобиль зауытында қуат коэффициентін жақсартудың тиімді әдісі ретінде аккумулятордың реактивті қуатын конденсатормен және синхронды қозғалтқышпен өтеу қолданылды.

Дипломдық жұмыс екі басты бөлімнен тұрады, олар зауытты электрмен жабдықтау есебі, сонымен қоса қорытынды және қолданылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

Қорытынды мен ұсыныстардың айғақтылығы және нақтылығы бойынша дипломдық жұмыстағы алдына қойылған мәселені шешу дәрежесі жоғары, зерттеу толығымен аяқталған.

Диплом жазушы Хапезова Жұлдыз теориялық дайындығын жеткілікті көрсетті, практикамен ұштастыра білді, алдына қойылған тапсырмаларды өздігінен шешіп, жұмысты өте жақсы меңгерді.

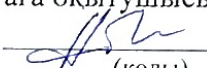
Дипломдық жұмыс қойылатын талаптарға сәйкес келеді және мемлекеттік аттестациялық комиссияның отырысында қорғауға жіберіледі. Ал, түлек Хапезова Жұлдыз «Энергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесіне лайықты және дипломдық жұмысын А+ «өте жақсы» 95 баллмен бағалаймын.

Ғылыми жетекші

PhD,

«Энергетика» кафедрасының

аға оқытушысы

 Р.Ш. Абитаева
(колы)

« 10 » 06 2025 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Хапезова Жулдыз Мерекеевна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Способы улучшения $\cos \varphi$ коэффициента мощности на промышленных предприятиях

Научный руководитель: Рахимаш Абитаева

Коэффициент Подобия 1: 2.9

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 80

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 5.06.2025

Заведующий кафедрой Энергетики
Сариев ЕА

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Халезова Жулдыз Мерекеевна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Способы улучшения cos ϕ коэффициента мощности на промышленных предприятиях

Научный руководитель: Рахимаш Абитасва

Коэффициент Подобия 1: 2.9

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 80

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

9.06.2025

проверяющий эксперт

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Хапезова Жұлдыз Мерекеевна

Тақырыбы: Способы улучшения cos φ коэффициента мощности на промышленных предприятиях

Жетекшісі: Рахимаш Абитаева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 2.9

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 0.5

Әріптерді ауыстыру: 80

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні

9.06.2025

Кафедра меңгерушісі *Э.М.Мерекеева*
Сәрибаев Е.А.

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

Хапезова Жулдыз Мерекеевна

Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы қуат коэффициентін жетілдіру жолдары

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

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сәтбаева»
Институт энергетика
и машиностроения

ҚОҒАМҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Энергетика» кафедрасының
менгерушісі

PhD, қауымдастырылған профессор

Е.А.Сарсенбаев

«2» 06 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы қуат коэффициентін жетілдіру жолдары»

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Орындаған:



Хатезова Ж.М

Пікір беруші

«Ғ. Дәукеев атындағы

Алматы энергетика және байланыс

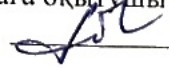
университеті» қауымдастырылған профессор

А.С.Юсупова

«9» 06 2025 ж.

Ғылыми жетекші

аға оқытушы



Ш.Р.Абитаева

«29» мамыр 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

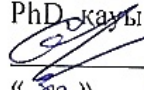
«Энергетика» кафедрасы

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

БЕКІТЕМІН

«Энергетика» кафедрасының
менгерушісі

PhD қауымдастырылған профессор

 Е.А.Сарсенбаев

« 20 » 07 2025 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Ханезова Жұлдыз

Тақырыбы: Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы қуат коэффициентін жетілдіру жолдары

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: Қуаты 40 МВА екі трансформатор, кернеуі 220/110/35 кВ, жүйенің қуаты 750 МВА, қуаты к. з. 110 жағында 420 МВА тең. Электр жүйесінен зауытқа дейінгі қашықтық 6 км. Зауыт екі ауысымда жұмыс істейді.

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны:

а) Зауыт цехтары бойынша жарықтандыру жүктемесін есептеу

ә) Механикалық зауыттың электр жүктемелерін есептеу

б) Зауыт бойынша жоғары вольтты жүктемелерді есептеу

в) Техникалық-экономикалық есеп

г) 10 кВ жағында жабдықты таңдау

д) Ток трансформаторларын таңдау

е) Шиналар мен оқшаулағыштарды таңдау

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдары 13 парақ слайдтарда көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 16 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Электр жүктемесін есептеу	02.03.25 – 20.03.25 ж.	—
Трансформатор мен реактивті қуатты өтемелейтін қондырғы таңдау	21.03.25 – 26.03.25 ж.	—
Сыртқы электрмен жабдықтау сұлбасын таңдау	27.03.25 – 05.04.25	—
БТҚС шинасындағы қысқа тұйықталу тоғын есептеу	06.04.25 – 20.04.25	—
Коммутациялық қондырғылар таңдау	21.04.25 – 07.05.25	—
Қуат коэффициентін жетілдіру жолдары	19.05.25	—

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілердің аты-жөні, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Есептеу бөлігі	Р.Ш.Абитаева аға оқытушысы	21.05.2025.	
Экономикалық бөлім	Р.Ш.Абитаева аға оқытушысы	29.05.2025	
Нормоконтролер	Ә.О.Бердібеков, магистр, аға оқытушы	05.06.25	

Ғылыми жетекшісі

(қолы)

Р.Ш.Абитаева

Тапсырманы орындауға алған студент

(қолы)

М.Ж.Хапезова

Күні

«30» 01 2025ж.

АННОТАЦИЯ

«Способы улучшения коэффициента мощности на промышленных предприятиях». Рассмотрен способ улучшения коэффициента мощности с помощью компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях. Выполнена работа по электроснабжению автомобильного завода с выбором нерегулируемых батареи конденсаторов на ТП. В работе были рассмотрены следующие вопросы: расчет электрических нагрузок, компенсация реактивной мощности, выбор трансформаторов, сравнение схем внешнего электроснабжения, самозапуск синхронных двигателей.

АҢДАТПА

«Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы қуат коэффициентін жақсарту жолдары». Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы реактивті қуаттың орнын толтыру арқылы қуат коэффициентін жақсарту әдісі қарастырылған. Автокөлік зауытын электрмен жабдықтау бойынша жұмыс ТП-да реттелмейтін конденсатор батареяларын таңдаумен орындалды. Жұмыста келесі мәселелер қарастырылды: электр жүктемелерін есептеу, реактивті қуаттың орнын толтыру, трансформаторларды таңдау, сыртқы электрмен жабдықтау схемаларын салыстыру, синхронды қозғалтқыштарды өздігінен іске қосу.

ANNOTATION

"Ways to improve the power factor in industrial enterprises." A method for improving the power factor by compensating reactive power in industrial enterprises is considered. Work has been carried out on the power supply of the car repair plant with the choice of unregulated capacitor banks at the TP. The following issues were considered in the work: calculation of electrical loads, reactive power compensation, choice of transformers, comparison of external power supply schemes, self-starting of synchronous motors.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	6
1 Автокөлік жасау зауытын электрмен жабдықтау	11
1.1 Өндірістің техникалық сипаттамасы	11
1.2 Жобаның берілген алғашқы мәліметтері	11
1.3 Зауыт бойынша электр жүктемелерін анықтау	12
2 Сыртқы электрмен жабдықтау сұлбасын таңдау	27
2.1 I нұсқа үшін техника-экономикалық есеп	27
2.2 II нұсқаның техника-экономикалық есебі	36
3 10 кВ кернеу БТҚС жабдықтар таңдау	43
3.1 БТҚС шинасындағы қысқа тұйықталу тоғын есептеу	43
3.2 Ажыратқыштар таңдау	46
3.3 Жүктеме ажыратқышын таңдау	48
3.4 Күштік шығыс кәбілдерін таңдау	49
4 Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы қуат коэффициенттінің жетілдіру жолдары	47
Қорытынды	61
Әдебиеттер тізімі	62

КІРІСПЕ

Электр қондырғыларының пайдалы әрекет коэффициенті (ПӘК) немесе КПД тұтынатын қуаттың белсенді және реактивті құраушыларының арақатынасына тікелей байланысты. Бұл арақатынас желінің қуат коэффициенті арқылы өрнектеледі, сондықтан қуат коэффициентін арттыру электр қондырғыларының ПӘК-ін жоғарылатумен тікелей байланысты. Қазіргі заманғы электр энергиясының тұтынушыларының көпшілігі индуктивті сипаттағы жүктемеге ие, олардың токтары кернеу көзінің фазасынан артта қалады, бұл электр желісінің жалпы қуат коэффициентіне кері әсерін тигізеді.

Сонымен қатар, электр желілерінде кездесетін ең кең таралған тұтынушылар тек пайдалы жүктемені қамтамасыз ету үшін белсенді қуатты ғана емес, сонымен қатар электромагниттік өрістерді құру үшін реактивті қуатты да тұтынады. Ең типтік тұтынушы – бұл қазіргі өнеркәсіптегі көптеген электр қондырғыларында негіз болатын асинхронды электр жетегі.

Жұмыста автожөндеу зауытындағы реактивті қуаттың орнын толтыру арқылы қуат коэффициентін жақсарту әдісі қарастырылған.

Электр энергетикасындағы НБК (төмен вольтты батарея конденсатор) қондырғылары энергетикалық желілердің сенімділігі мен тиімділігін қамтамасыз ете отырып, тұтынушыларды электрмен қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Жұмыстың мақсаты ТП-дағы НБК қондырғыларының көмегімен автожөндеу зауытындағы қуат коэффициентін арттыру, яғни жетілдіру болып табылады.

Жұмыстың міндеті кәсіпорындарда қуат коэффициентін жақсартуды ескере отырып автомобиль зауытын электрмен жабдықтау схемасы жасау.

Дипломдық жұмыста автожөндеу зауытының электрмен жабдықтау жүйесінің жобалануы көрсетілген. Электрмен жабдықтау мәселелерін шешу үшін тұтынушыны электр қабылдағыштардың жиынтығы ретінде қарастырып, оның электрмен жабдықталу сенімділігін, аумақ бойынша орналасуын, электрлік жүктемемен қамтамасыз етілуін және электр қабылдағыштар арасындағы технологиялық байланыстарды ескеру қажет. Электрмен жабдықтау жүйелерін жобалау барысында мынадай міндеттер қарастырылады: электрмен жабдықтау сұлбаларын негіздеу; электрлік жүктемелерді есептеу; күштік трансформаторлардың, электр аппаратурасының қуатын және түрін таңдау, электр беріліс желілерінің қимасын анықтау; Электрмен жабдықтау жүйесі жұмыс істеген кезеңде оны басқарудың кешенді өлшемі – тұтынушыларды сапалы электр энергиясымен сенімді қамтамасыз ету және шығындарды барынша азайту болып табылады.

1 Автокөлік жасау зауытының электрмен жабдықтау

1.1 Өндірістің техникалық сипаттамасы

Автокөлік шығаратын зауыт - автомобиль өнеркәсібі автомобиль бөліктері мен жабдықтарды жиналған орны, және құрастыру бірлік. Автомобиль бөлшектерін зауытта немесе басқа жерде сатып алуға болады.

Зауыт индустриясы жеңіл және ауыр өнеркәсіпке бөлінген. Ауыр өнеркәсіпте автобус, жүк және ауылшаруашылық техникасы орналасады.

Негізгі зауыттың өнімдері: негізгі конвейерлік және дүкендер, қозғалтқыш, дүкендер, жөндеу-механикалық, құрылымдық және семинарлар asparatar, соғу, сығымдау, модельдеу, құю және қойма, зауыттық басқару кіреді.

Қарапайым жұмыс үрдісіне, бірінші кезекте - олардың құю авто зерттеу нысанын беруге. Құю сұр шойын және түсті металдарды құю бөлінеді. Металлдарды құю цехтарында индукция және электр доғалық пештер металдарды еру үшін қолданылады.

Құю өндірісіндегі дайын өнім термиялық және механикалық өңдеуге ұшырап, бұрылуға жіберіледі. Дүкендерде дайын өнімдер, химия және жартылай фабрикаттар сақталады. Қоймада сақталатын өнімдер, бірліктер модельдеу дүкенінде өңделеді.

Бүкіл процесс өткеннен кейін өнім негізгі конвейерге жиналады. Дайын өнім тестпен жіберіледі. Негізгі конвейерлік белбеулер мен металл құюға арналған дүкендер ең кең қолданылатын электр станциялары деп аталады.

Зауыт негізгі және қосалқы және жанама семинарлардан тұрады. Негізгі семинарларда автомобиль жинау процестері жүргізіледі, қосалқы бөлшектер жөнделеді. Жанама дүкендердің жұмысы қалдықтарды жою болып табылады. өндірістік сайттың негізгі мақсаты - өнімнің техникалық деңгейін арттыру, оның сапасын жақсарту, энергия тиімділігін арттыру, техникалық және экономикалық тиімділігін арттыру.

1.2 Жобаның берілген алғашқы мәліметтер

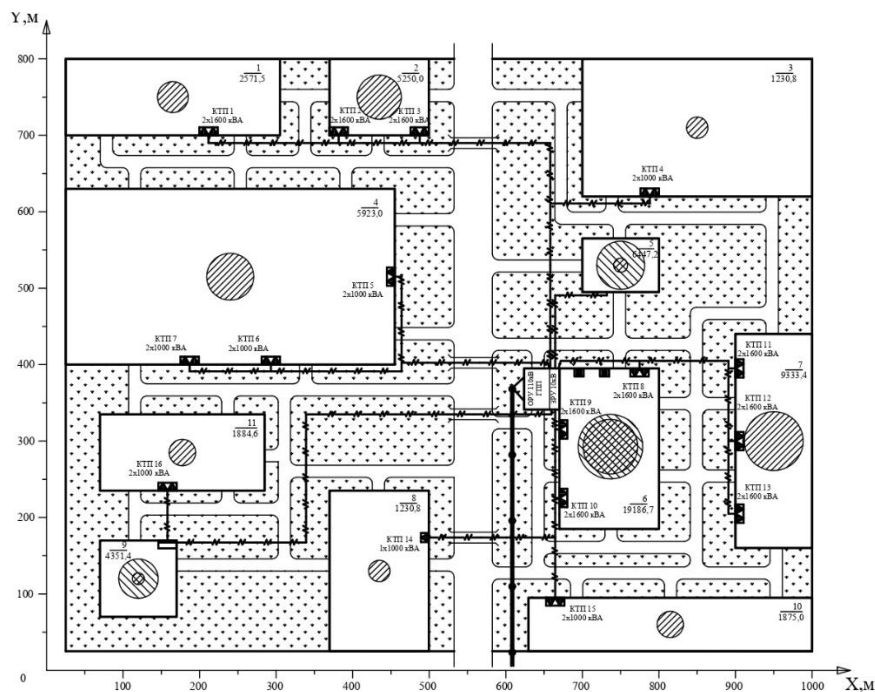
Қорек көзі 40 МВт (қуаты 100 МВт, кернеуі 10,5кВ, кернеуді автоматты реттегішті 4 турбогенератор) ЖЭС арқылы берілуі мүмкін. Генераторлар екі секциялы шинаға РБ-10-1600-0,35 реакторы арқылы параллель жұмыс істейді.

ЖЭС-та 40 МВА екі бөлек жұмыс істейтін 10,5/115 кВ көтергіш қосалқы станция бар. Энергия жүйе мен зауыт арақашықтығы 6 км. Зауыт екі ауысымда жұмыс істейді.

1.1 – кесте – Цехтардың электр жүктемелері

Атауы	Электр қабылдағыштарының саны, n	Орнатылған қуат, кВт	
		P_H	$\sum P_H$
Аспаптық цех	320	1-115	6000
Престеуші цехы	185	1-150	3000
Дайындау цехы	100	5-100	2800
Механикалық құрастыру цехы	45	1-25	650
Жөндеу-механикалық цехы	35	2-50	500
Компрессорлық цехы	25	1-30	200
Қую цехы	16	1-25	225
Термиялық цехы	30	3-20	250
Өнімдер қоймасы	75	5-90	2000
Зауыт басқармасы	65	5-30	1500
Шағын сериялы цех	23	1-20	150

Жарықтандыру жүктемесі цехтардың ауданына байланысты анықталады. Зауыттың бас жоспары 1 –суретте келтірілген



1 –сурет– Автомобильді зауыттың бас жоспары

1.3 Зауыт бойынша электр жүктемелерін есептеу

1.3.1 Цехтардың жарықтандыру жүктемесін есептеу

Өндірістік кәсіпорындардың жарықтық жүктемелерін есептегенде, меншікті тығыздық әдісімен, яғни, жарықтық жүктемені шаршы метр мен сұраныс коэффициенті арқылы табамыз.

Осы әдіс бойынша есептік жарықтық жүктеме ең көп жүктелген ауысымдағы орташа қуатпен анықталады:

$$P_{еж} = K_{сж} \cdot P_{ож} \text{ кВт}; \quad (1.1)$$

$$Q_{еж} = \operatorname{tg} \varphi_{ж} \cdot Z_{еж} \text{ кВАр}, \quad (1.2)$$

мұндағы $K_{сж}$ – жарықтық жүктеменің сұраныс коэффициенті;
 $\operatorname{tg} \varphi_{ж}$ – реактивті қуат коэффициенті, $\cos \varphi$ арқылы анықталады;
 $P_{ож}$ – цех бойынша электрқабылдағыштарының орнатылған жарықтық қуаты, меншікті жарықтық жүктеменің 1 м^2 ауданға түсетін орнатылған жүктемесі.

$$P_{ож} = \rho_{ж} \cdot F \text{ кВт}, \quad (1.3)$$

мұндағы F – өндірістік ортаның ауданы, м^2 ;
 $\rho_{ж}$ – 1 м^2 түсетін меншікті есептік қуат, кВт.

$$F_{аумақ} = F_{зауыт} - \sum F_{цех};$$

$$F_{терр.} = 121500 - 34950 = 86550 \text{ м}^2.$$

1.3.2 Өндірістік зауыт бойынша электр жүктемесін есептеу

Цехтар бойынша 1кВ дейінгі электр жүктемелерін реттелген диаграмма әдісімен есептейміз. Есеп нәтижелерін 1.3 кестеге енгіземіз.

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

Ең көп жүктелеген ауысымдағы орташа активті жүктемені анықтайтын формула:

$$P_{оа} = K_{қ} \cdot \Sigma P_{н}, \quad (1.5)$$

мұндағы $K_{қ}$ – қолданыс коэффициенті;
 $P_{н}$ – номинальді активті жүктеме.

Ең көп жүктелеген ауысымдағы орташа реактивті жүктемені анықтайтын формула:

$$Q_{oa} = P_{oa} \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (1.6)$$

Электрқабылдағыштардың эффективті санын жеңілдетілген формула бойынша анықтаймыз:

$$n_э = \frac{2 \cdot \Sigma P_n}{P_{н.макс}}. \quad (1.7)$$

Егер $m > 3$, онда электрқабылдағыштардың эффективті саны формула бойынша анықталады, егер $m < 3$, онда электрқабылдағыштардың эффективті саны $n_э = n$.

Есептік активті және реактивті жүктемені анықтайтын формула:

$$P_e = K_e \cdot P_{oa}. \quad (1.8)$$

Егер:

$$n_э > 10 \text{ онда } Q_{есеп} = Q_{oa}; \quad (1.9)$$

Егер:

$$n_э \leq 10 \text{ онда } Q_{есеп} = 1,1 \cdot Q_{oa}. \quad (1.10)$$

Толық есептік қуат:

$$S_{есеп} = \sqrt{Q_{есеп}^2 + P_{есеп}^2}. \quad (1.11)$$

1.2 – кесте – Жарықтандыру жүктемесін есептеу

Өндірістік зауыт атаулары	Зауыт өлшемдері, ұзындығы (м)× ені (м)	Зауыт көлемі, м ²	Меншікті жарықтық жүктеме ρ_0 , кВт/м	Сұраныс коэффициенті, $K_{сж}$	Орнатылған жарықтандыр у қуаты, $P_{ож}$, кВт	Жарықтық жүктеменің есептік шамасы		$\cos\varphi_0 / \tg\varphi_0$
						$P_{сж}$, кВт	$Q_{сж}$, кВАр	
Аспаптық цех	150×55	8250	0,014	0,95	115,50	109,73	52,67	0,9/0,48
Престеуші цехы	95×58	5510	0,014	0,95	77,14	73,28	35,18	0,9/0,48
Дайындау цехы	78×32	2492	0,013	0,95	32,40	30,78	14,77	0,9/0,48
Механикалық құрастыру цехы	80×29	2320	0,014	0,95	32,48	30,86	14,81	0,9/0,48
Жөндеу-механикалық цехы	31×17	527	0,014	0,8	7,38	5,90	2,83	0,9/0,48
Компрессорлық цехы	56×29	1624	0,016	0,95	25,98	24,68	11,85	0,9/0,48
Қую цехы	22×10	220	0,016	0,8	3,52	2,82	1,35	0,95/0,33
Термиялық цехы	40×22	880	0,014	0,85	12,32	10,47	5,03	0,9/0,48
Өнімдер қоймасы	88×20	1760	0,014	0,85	24,64	20,94	10,05	0,9/0,48
Зауыт басқармасы	95×23	2185	0,013	0,85	28,41	24,14	11,59	0,9/0,48
Шағын сериялы цех	33×15	495	0,015	0,8	7,43	5,94	2,85	0,9/0,48

1.3 – кесте – $U = 0,4\text{кВ}$ кернеудегі зауыт цехтарының күштік жүктемелері

Өндірістік цех атауы	ЭҚ саны, п	Орнатылған қуат, кВт		m	K_K	$\cos\varphi$	tgφ	Орташа жүктеме		Есептік жүктеме		$S_e, \text{кВА}$
		$P_{\text{нmin}} \div P_{\text{нmax}}$	$\sum P_H$					$P_{\text{ож}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{ож}}, \text{квар}$	$P_e, \text{кВт}$	$Q_e, \text{квар}$	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	15	16
Аспаптық цех												
Күштік	320	1-115	6000	>3	0,35	0,75	0,88	2100	1848	2100	1848	
Жарықтық										109,73	52,67	
Жалпы										2209,73	1900,67	2914,7
Престеуші цехы												
Күштік	185	1-150	3000	>3	0,3	0,7	1,02	900	918	900	918	
Жарықтық										73,28	35,18	
Жалпы										973,28	953,18	1362,29
Дайындау цехы												
Күштік	100	5-100	2800	>3	0,35	0,65	1,17	980	1146,6	980	1146,6	
Жарықтық										30,86	14,77	
Жалпы										1010,78	1161,37	1539,63
Механикалық құрастыру цехы												
Күштік	45	1-25	650	>3	0,35	0,75	0,88	227,5	200,2	227,5	200,2	
Жарықтық										30,86	14,81	
Жалпы										258,36	215,01	336,12
Жөндеу-механикалық цехы												
Күштік	35	2-50	500	>3	0,3	0,7	1,02	150	153	150	153	
Жарықтық										5,9	2,83	
Жалпы										155,9	155,83	220,43

1.3 кестенің жалғасы

Компрессорлық цехы										155,9	155,83	220,43
Күштік	25	1-30	200	>3	0,4	0,7	1,02	80	81,6	83,2	81,6	
Жарықтық										24,68	11,85	
Жалпы										24,68	11,85	
Жалпы										107,88	93,45	142,73
Қую цехы												
Күштік	16	1-25	225	>3	0,5	0,8	0,75	112,5	84,375	112,5	84,38	
Жарықтық										2,82	1,35	
Жалпы										115,32	85,73	146,69
Термиялық цехы												
Күштік	30	3-20	250	>3	0,3	0,7	1,02	75	76,5	75	76,5	
Жарықтық										10,47	5,03	
Жалпы										85,47	81,53	118,12
Өнімдер қоймасы												
Күштік	75	5-90	2000	>3	0,7	0,8	0,75	1400	1050	1400	1050	
Жарықтық										20,94	10,05	
Жалпы										1420,94	1060,05	1772,79
Зауыт басқармасы												
Күштік	65	5-30	1500	>3	0,7	0,9	0,48	1050	504	1050	504	
Жарықтық										24,14	11,59	
Жалпы										1074,14	515,59	1191,47
Шағын сериялы цех												
Күштік	23	1-20	150	>3	0,4	0,65	1,19	60	71,4	60	71,4	
Жарықтық										5,94	2,85	
Жалпы										65,94	74,25	99,3
Ұсталық цех												
Күштік	40	10-90	2000	>3	0,4	0,8	0,75	800	600	800	600	
Жарықтық										17,96	8,62	
Жалпы										817,96	608,62	1019,55

1.3.3 Картограмманы тұрғызу

Зауыттың жүктемелік картограммасын тұрғызу үшін:

$$R = \sqrt{\frac{P_e}{m \cdot \pi}}; \quad (1.12)$$

$$\alpha = \frac{P_{eo}}{P_e} \cdot 360^\circ, \quad (1.13)$$

мұндағы R – төңірек радиус;

α – сектор бұрышы;

m – шеңбер ауданын анықтайтын масштаб, 0,5 кВт/м.

1.3– кесте – Картограмма тұрғызуға арналған зауыт жүктемесі

Атауы	$P_{сж}$, кВт	$P_{оа}$, кВт	R , мм	α , °
Аспаптық цех	109,73	2100	36,57	18,81
Престеуші цехы	73,28	900	23,94	29,31
Дайындау цехы	30,78	980	24,98	11,31
Механикалық құрастыру цехы	30,86	227,5	12,04	48,83
Жөндеу-механикалық цехы	5,90	150	9,77	14,16
Компрессорлық цехы	24,68	83,2	7,28	106,79
Қую цехы	2,82	112,5	8,46	9,02
Термиялық цехы	10,47	75	6,91	50,26
Өнімдер қоймасы	20,94	1400	29,86	5,38
Зауыт басқармасы	24,14	1050	25,86	8,28
Шағын сериялы цех	5,94	60	6,18	35,64

1.3.4 0,4 кВ кернеудегі цехтық трансформатор санын тандау және реактивті қуат компенсациясы

Цех трансформаторларының саны мен қуатын анықтағанда техника-экономикалық жолмен келесі факторларға сүйену керек: тұтынушылардың электрмен жабдықтау сенімділік категориясы, 1кВ дейінгі кернеудегі реактивті қуаттың компенсациясы, нормальді және апатты режимдегі трансформаторлардың асқын жүктемелік қасиеті, жүктеме графигі бойынша трансформаторлардың экономикалық режимі.

Есепке қажет мәліметтер 1.2 кестеден:

$$P_{e0,4} = 10596,44 \text{ кВт};$$

$$Q_{e0,4} = 8321,46 \text{ кВар};$$

$$S_{e0,4} = 13584,78 \text{ кВа.}$$

Автомобиль зауыты II категориялы тұтынушыға жатады, зауыт екі ауысымда жұмыс істейді, сәйкесінше, трансформатордың жүктеме коэффициенті $K_{жтр} = 0,8$.

$S_{н.тр}$ – трансформатордың қабылданған номинальді қуаты, жүктеменің меншікті тығыздығы арқылы анықталады:

$$S_{уд} = \frac{S_{e,0,4}}{F_{цех}}; \quad (1.14)$$

$$S_{уд} = \frac{13584,78}{34950} = 0,39 \text{ кВА/м}^2.$$

Егер $S_{уд} = (0,3 - 0,5)$ болса, трансформаторлар қуаты 1600 кВА, $\Sigma F_{цех} = 34950 \text{ м}^2$.

Цехтік трансформаторлардың минималді саны:

$$N_{T.min} = \frac{P_{e,0,4}}{K_{ж} \cdot S_{н.тр}} + \Delta N; \quad (1.15)$$

$$N_{T.min} = \frac{10596,4}{0,8 \cdot 1600} + 0,72 = 9.$$

мұндағы $P_{e,0,4}$ – есептік активті қуат қосындысы;

$K_{ж}$ – трансформатордың жүктеме коэффициенті;

$S_{н.тр}$ – трансформатордың қабылданған номинальді қуаты;

ΔN – үлкен бүтін санға дейінгі қосылғыш.

$$N_{T.э} = N_{min} + m; \quad (1.16)$$

$$N_{T.э} = 8 + 0 = 8,$$

мұндағы m – трансформаторлардың қосымша саны;

$N_{T.э}$ – реактивті қуатты жіберудегі капиталды шығындарды есепке ала отырып, меншікті шығын арқылы анықталады.

ТСЗУ-1600-10/0,4 трансформаторын тандаймын.

1.4 – кесте – Трансформатордың паспорттық мәліметтері

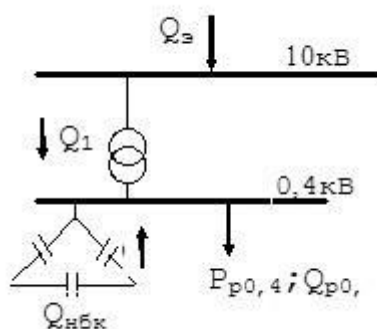
$S_{нтр}$, кВА	$I_{бж}$, %	$U_{қт}$, %	$\Delta P_{бж}$, кВт	$\Delta P_{қт}$, кВт	$\Delta P_{бж}$, кВт
1600	0,7	5,5	3,4	16	2,5



1.1 –сурет - ТСЗУ-1600-10/0,4 трансформаторы

Таңдап алынған трансформатор саны бойынша ең үлкен реактивті қуатты анықтаймыз Q_1 :

$$Q_1 = \sqrt{(K_{p.e.асқ} \cdot N_{Т.Э.} \cdot K_{ж} \cdot S_{Н.Т})^2 - P_{e,0,4}^2}; \quad (1.17)$$



1.2 –сурет – 0,4 кВ кернеуегі шинаның реактивті қуатының балансы

0,4 кВ шинадағы баланс бойынша $Q_{тбк 1}$ анықтаймыз:

$$Q_{тбк 1} = Q_{e,0,4} - Q_1 \quad (1.18)$$

$$Q_{тбк 1} = 8321,46 - 5833,41 = 2488,05 \text{ Квар.}$$

$Q_{тбк 2}$ мәнін анықтаймыз:

$$Q_{тбк 2} = Q_{e,0,4} - Q_{тбк1} - \gamma \cdot N_{эф.} \cdot S_{Н.тр}; \quad (1.19)$$

$$Q_{тбк1} = 8321,46 - 5833,21 \cdot 1600 \cdot 9 \cdot 0,73 = -8023,75 \approx 0,$$

мұндағы $\gamma = 0,73$ – есептік коэффициент;
 $\gamma = f(K_1, K_2, \text{ТП қоректену сызбасы})$;
 $K_1 = 16; K_2 = 3; -S_{\text{нт}} = 1600 \text{ кВА}$ трансформатор қуаты үшін.
 $Q_{\text{тбк}2} < 0$, болғандықтан $Q_{\text{тбк}2} = 0$, сол себепті:

$$Q_{\text{тбк}} = Q_{\text{тбк}1} + Q_{\text{тбк}2};$$

$$Q_{\text{тбк}} = 2488,05 + 0 = 2488,05 \text{кВАр}.$$

Әр трансформатор үшін бір батарея конденсаторларының қуатын анықтаймыз:

$$Q_{\text{тбк.ТҚС}} = \frac{Q_{\text{тбк}}}{N_{\text{т.э}}}; \quad (2.20)$$

УКМ 58-0,4-275-25 батарея конденсаторын таңдадым. Есептер нәтижесіне сәйкес 1.6 кесте толтырылады.



1.4 –сурет – УКМ 58-0,4-275-25 батарея конденсаторы

1.5 – кесте – Төменгі жүктеме бойынша цехтық ТҚС орналастыру

№ ТҚС $S_{\text{нт,кВА}}$ $Q_{\text{тбк}}$	Цех №	$P_{\text{с0,4 кВТ}}$	$Q_{\text{с0,4 кВар}}$	$S_{\text{с0,4 кВА}}$	К ж
М1: ТҚС1÷ ТҚС3 ТҚС1(2×1600) ТҚС(2×1600) ТҚС3(1×1600)	1	2209,73	1900,67		
	2	973,28	953,18		
	3	1010,78	1161,37		
	4	258,36	215,01		
	5	155,90	155,83		
Аумақ жарықтануы 20%		276,992	132,956		
$Q_{\text{тбк}}(5 \times 275)$			-1375		
Барлығы		5509,13	3714,34	6644,31	0,83

1.5 – кестенің жалғасы

№ ТҚС S _{HT} ,кВА Q _{T6K}	Цех №	P _{с0,4} кВт	Q _{с0,4} кВар	S _{с0,4} кВА	К ж
М2: ТҚС4÷ ТҚС5 ТҚС4(2×1600) ТҚС5(2×1600)	7	1420,94	1060,05		
	8	1074,14	515,59		
	9	65,94	74,25		
	10	817,96	608,62		
	11	251,93	188,43		
Аумақ жарықтануы 80%		1107,968	531,824		
Q _{T6K} (4×275)			-1100		
Барлығы		5158,42	2200,28	5608,08	0,88

1.3.5 10кВ шинадағы электр жүктемесінің есептеу
БТҚС электр шығынын анықтау.

1.6 – кесте – ТСЗУ-1600-10/0,4 трансформаторы

S _H , кВА	I _{бж} , %	U _{КТ} , %	ΔP _{бж} , кВт	ΔP _{КТ} , кВт	ΔP _{бж} , кВт
1600	0,7	5,5	3,4	16	2,5

ТҚС1-ТҚС3.

K₃ = 0,65 [1.6 кесте]; N_{тр}=5:

$$\Delta P_{e.тр} = (3,4 + 16 \cdot 0,65^2) \cdot 5 = 50,8 \text{ кВт.}$$

$$\sum \Delta Q_{тр} N \cdot \left(\frac{I_{бж} \cdot S_{H.тр}}{100} + \frac{U_{к} \cdot S_{H.тр} \cdot K_{ж}^2}{100} \right) \quad (1.22)$$

$$\Delta Q_{e.тр} = \left(\frac{0,7}{100} \cdot 1600 + \frac{5,5}{100} \cdot 1600 \cdot 0,65^2 \right) \cdot 5 = 241,9 \text{ кВАр.}$$

ТҚС 4-ТҚС 5.

K₃ = 0,72 [1.6 кесте]; N_{тр} = 4:

$$\Delta P_{e.тр.} = (3,4 + 16 \cdot 0,72^2) \cdot 4 = 46,78 \text{ кВт;}$$

$$\Delta Q_{e.тр} = \left(\frac{0,7}{100} \cdot 1600 + \frac{5,5}{100} \cdot 1600 \cdot 0,72^2 \right) \cdot 4 = 227,28 \text{ кВАр;}$$

$$\sum \Delta P_{e.тр} = 50,8 + 46,78 = 97,58 \text{ кВт;}$$

$$\Sigma \Delta P_{тр} = 241,9 + 227,28 = 469,18 \text{ кВАр.}$$

Синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаттарын анықтау:

$$P_{e.СҚ} = P_{н.СҚ} \cdot N_{СҚ} \cdot K_{ж}; \quad (1.23)$$

$$Q_{e.СҚ} = P_{e.СҚ} \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (1.24)$$

$$K_{ж} = 0,85 \div 0,92 (0,9);$$

$$P_{e.СҚ} = 1000 \cdot 4 \cdot 0,9 = 3600 \text{ кВт};$$

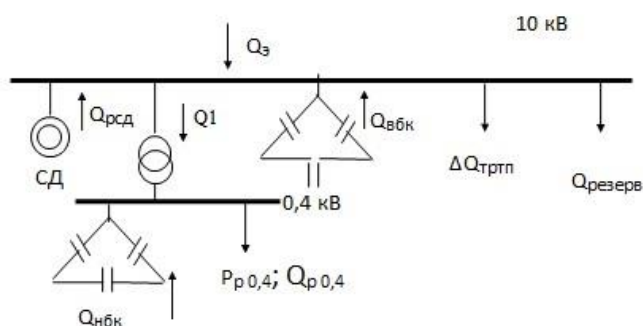
$$Q_{e.СҚ} = 3600 \cdot 0,48 = 1728 \text{ кВар.}$$

СТД-1000-2УХЛ4: $P_{СҚ} = 1000 \text{ кВт}$, $U = 10 \text{ кВ}$, $n = 3000 \text{ айн/мин}$, $x''d = 12,8\%$, $\cos \varphi = 0,9$.



1.4– сурет – Синхронды қозғалтқыш СТД-1000-2УХЛ4

10кВ БТҚС шинасындағы реактивті қуаттың компенсациясы.



1.5 –сурет – 10 кВ шинадағы реактивті қуат балансы

$Q_{\text{ЖБК}}$ үшін 10кВ шинадағы реактивті қуаттар балансын құрамыз:

$$\Sigma Q_{\text{өндіру}} = \Sigma Q_{\text{тұтыну}} ; \quad (1.25)$$

$$Q_{\text{э}} + Q_{\text{жбк}} + Q_{\text{сқ}} + Q_{\text{тбк}} = Q_{\text{е.0,4}} + Q_{\text{рез}} + \Delta Q_{\text{тр}}. \quad (1.26)$$

Резервті қуат:

$$Q_{\text{рез}} = (0,1 \div 0,15) \cdot \Sigma Q_{\text{р}} = 0,1 \cdot (Q_{\text{е.0,4}} + \Delta Q_{\text{тр}}); \quad (1.27)$$

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \cdot (5199,77 + 469,18) = 566,89 \text{ кВар}.$$

Энергожүйеден келетін қуат:

$$Q_{\text{э}} = (0,23 \div 0,25) \cdot \Sigma P_{\text{е.зауыт}} = 0,23 \cdot (P_{\text{е.0,4}} + P_{\text{е.сқ}} + \Delta P_{\text{тр}}); \quad (1.28)$$

$$Q_{\text{э}} = 0,23 \cdot (8074,07 + 97,58 + 3600) = 2707,48 \text{ кВар}.$$

ЖБК қуатын анықтау:

$$Q_{\text{жбк}} = Q_{\text{е.0,4}} + Q_{\text{рез}} - Q_{\text{е.сқ}} + \Delta Q_{\text{тр}} - Q_{\text{э}} - Q_{\text{тбк}}; \quad (1.29)$$

$$Q_{\text{жбк}} = 5199,77 + 506,3 + 469,18 - 1728 - 2707,48 = 2200,28 \text{ кВар}.$$

БТҚС шинасында реактивті қуатты компенсациялау мақсатында УКРМ-10,5-900 батарея конденсаторына 2 дана тандайын.



1.5—сурет – УКРМ-10,5-900 батарея конденсаторы

1.7 – кесте – Жоғарғы және төменгі кернеудегі электрлік шығындар

№ТҚС	Цех №	N	$P_{H.min} - P_{H.max}$ кВт	ΣP_H , кВт	$K_{к.ор.взв.}$	Орташа қуаттар		n_3	K_e	Есептік қуаттар		Se , кВА	$K_{ж}$	
						P_{oa} , кВт	Q_{oa} , кВАр			P_e кВт	Q_e , кВАр			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ТҚС1 (2×1600) ТҚС2 (2×1600) ТҚС3 (1×1600)	1	320	1-115	6000		2100	1848							
	2	185	1-150	3000		900	918							
	3	100	5-100	2800		980	1146,6							
	4	45	1-25	650		227,5	200,2							
	5	35	2-50	500		150	153							
	6	25	1-30	200		80	81,6							
	7	16	1-25	225		112,5	84,375							
	8	30	3-20	250		75	76,5							
	13	40	10-20	400		140	142,8							
	18	31	5-18	300		16,2	91,8							
	20	14	1-19	210		63	64,26							
Аумақтың жарықтануы 20% Цех жарықтануы		841	1÷150	14535	0,3	4844,20	4742,88	194	0,7	3390,94	4742,88			
ТТБК(5×275)										276,992 95,7	132,956 45,94			
Барлығы										3763,63	3546,77	5171,5 1	0,65	
ТҚС4	9	75	5-90	2000		1400	76,5							
	10	65	5-30	1500		1050	1050							
	11	23	1-20	150		60	504							

(2×1600) ТҚС5 (2×1600)	12	40	10-90	2000		800	71,4							
	14	23	25-30	500		250	187,5							
	15	15	5-20	250		75	56,25							
	16	7	10	70		14	18,62							
	19	39	1-60	380		190	142,5							
		293	1-90	6904	0,6	3855,2	2118,92	153	0,8	3084,16	2118,92			
Аумақтың жарықтануы 20% Цех жарықтануы										1107,968 118,31	531,824 52,25			
ҚТБК(4×275)											-1050			
Барлығы										4310,44	1652,99	4616,5 2	0,72	
Қорытынды 0,4 кВ										8074,07	5199,77			
Трансформат ор шығыны										97,58	469,18			
Қорытынды 10 кВ										8171,65	5668,95			
СҚ 10 кВ										3600	-1728			
Q _{жбк} (2×900)											-1800			
Зауыт бойынша барлығы										11963,65	2140,95	12153, 71		

2 Сыртқы электр жабдықтау сұлбаларын тандау

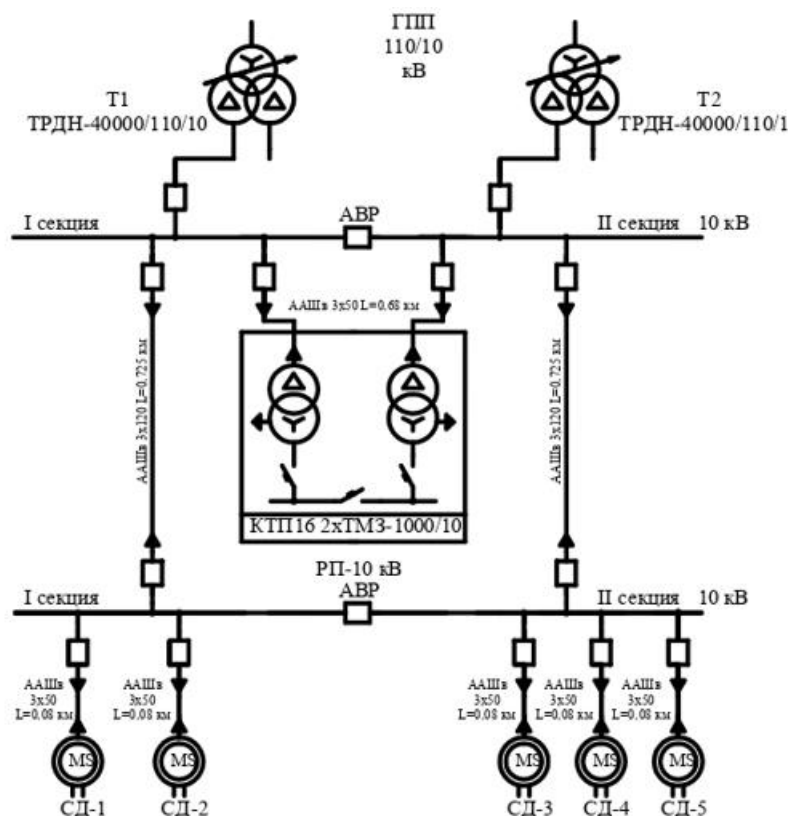
Өндірістік орынды электрмен жабдықтау барысында бірнеше нұсқалар қарастырылып, арасынан техника-экономикалық жағынан ыңғайлысы таңдалады. Ал ол үшін арнайы есептеулер жүргізіліп, электрмен жабдықтау сұлбасының тиімдісін, электр жүйенің және жүйе параметрлерін анықтау қажет.

Қорек көзі 40 МВт (қуаты 100 МВт, кернеуі 10,5кВ, кернеуді автоматты реттегішті 4 турбогенератор) ЖЭС арқылы берілуі мүмкін. Генераторлар екі секциялы шинаға РБ-10-15-3000 реакторы арқылы параллель жұмыс істейді. ЖЭС-та 40 МВА екі бөлек жұмыс істейтін 10,5/115 кВ көтергіш қосалқы станция бар. Энергия жүйе мен зауыт арақашықтығы 6 км. Зауыт екі ауысымда жұмыс істейді.

Техника-экономикалық салыстырудың екі нұсқасын қарастырамыз:

- Бірінші нұсқа – ЭБЖ 110кВ;
- Екінші нұсқа – ЭБЖ 6 кВ.

2.1 Бірінші нұсқа үшін техника-экономикалық есеп



2.1– сурет – Электрмен жабдықтау сұлбасының бірінші нұсқасы

БТҚС трансформаторларын тандаймыз:

$$S_{\text{тр.БТҚС}} = \sqrt{(K_0 \cdot P_e)^2 + Q_3^2}; \quad (2.1)$$

$$S_{\text{е.тр.БТҚС}} = \sqrt{(11963,65 \cdot 0,85)^2 + 2707,48^2} = 10523,36 \text{ кВА},$$

мұндағы K_0 – біруақтылық коэффициенті.

Қуаты 10000 МВА екі трансформаторды таңдаймыз. Жүктеме коэффициенті:

$$K_{\text{ж}} = \frac{S_{\text{е.тр.БТҚС}}}{2 \cdot S_{\text{н.тр}}}; \quad (2.2)$$

$$K_{\text{ж}} = \frac{10523,36}{2 \cdot 10000} = 0,5.$$

2.1 – кесте – ТДН-10000/110/10 паспорттық мәліметтері

$S_{\text{н}}$, кВА	Іб.ж., %	$U_{\text{қ.т.}}$, %	$\Delta P_{\text{б.ж}}$, кВт	$\Delta P_{\text{қ.т.}}$, кВт	Бағасы, млн. теңге
10000	0,9	10,5	14	58	46



2.2 –сурет – ТДН-10000/110/10 трансформаторы

Трансформатордағы қуаттар шығыны:

$$\sum \Delta P_{\text{е.тр.БТҚС}} = N \cdot (\Delta P_{\text{бж}} + \Delta P_{\text{қт}} \cdot K_{\text{ж}}^2); \quad (2.3)$$

$$\sum \Delta P_{\text{е.тр.БТҚС}} = 2 \cdot (14 + 58 \cdot 0,5^2) = 57.$$

$$\sum \Delta Q_{\text{е.тр.БТҚС}} = N \cdot \left(\frac{I_{\text{бж}} \cdot S_{\text{н.тр}}}{100} + \frac{U_{\text{бж}} \cdot S_{\text{н.тр}} \cdot K_{\text{ж}}^2}{100} \right); \quad (2.4)$$

$$\Delta Q_{\text{е.тр.БТҚС}} = 2 \cdot \left(\frac{0,9}{100} \cdot 1000 + \frac{10,5}{100} \cdot 1000 \cdot 0,5^2 \right) = 705 \text{кВАр.}$$

БТҚС электр энергиясының шығыны.

Екі ауысымды жұмыс кезінде $T_{\text{қосылу}}=4000$ сағ, сәйкесінше $T_{\text{макс}}=3000$ сағ [2 кесте 2.25], максимальді шығын келесі өрнекпен анықталады:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\text{макс}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760; \quad (2.5)$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{3000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 3714,24 \text{ сағат.}$$

Трансформатордың активті қуат шығыны:

$$\Delta W_{\text{тр.БТҚС}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{бж}} \cdot T_{\text{қосылу}} + \Delta P_{\text{тқ}} \cdot \tau \cdot K_{\text{ж2}}); \quad (2.6)$$

$$\Delta W_{\text{тр.БТҚС}} = 2 \cdot (14 \cdot 4000 + 58 \cdot 3714,24 \cdot 0,52^2) = 219712,96 \text{ кВт} \cdot \text{сағат.}$$

ЭБЖ-110 кВ сымының қимасын табу:

ЭБЖ толық қуатын табамыз:

$$S_{\text{е.БЖ}} = \sqrt{(K_0 \cdot P_{\text{е.зауыт}} + \Delta P_{\text{е.тр.БТҚС}})^2 + Q_3^2} \quad (2.7)$$

$$S_{\text{е.БЖ}} = \sqrt{(11963,65 \cdot 0,85 + 57)^2 + 2707,48^2} = 10578,45 \text{ кВА.}$$

а) Бір желімен өтетін есептік ток:

$$I_{\text{е.ЭБЖ}} = \frac{S_{\text{е.ЭБЖ}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}}}; \quad (2.8)$$

$$I_{\text{е.ЭБЖ}} = \frac{10578,45}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 27,8 \text{А.};$$

б) Апаттық режим тоғы:

$$I_{\text{ап}} = 2 \cdot I_{\text{е}}; \quad (2.9)$$

$$I_{\text{ап}} = 2 \cdot 27,8 = 55,6 \text{А.}$$

в) Токтың экономикалық тығыздығын табамыз сол бойынша сым қимасын таңдаймыз:

$$F_{\text{ЭБЖ}} = \frac{I_{\text{е.ЭБЖ}}}{j_{\text{э}}}; \quad (2.10)$$

$$F_{\text{ЭБЖ}} = \frac{27,8}{1,3} = 21,4 \text{ мм}^2,$$

мұндағы $j_{\text{э}}=1,3 \text{ А/мм}^2$ тоқтың экономикалық тығыздығы, $T_{\text{м}}=3000$ сағат және изоляциясы жоқ алюминий сымдарына байланысты.

АС –70 типті сымды таңдаймын.

Таңдалған сымды рұқсат етілген тоғы бойынша тексереміз:

- жұмыс тоғы бойынша:

$$I_{\text{рұқсат}} = 265 \geq I_{\text{е}} = 27,8 \text{ А.}$$

- апатты режим кезінде:

$$I_{\text{ап.рұқсат}} = 1,3 \cdot I_{\text{рұқсат}} = 1,3 \cdot 265 = 344,5 \text{ А} \geq I_{\text{ап}} = 55,6 \text{ А.}$$

ЭБЖ электр энергиясының шығындары:

$$\Delta W_{\text{эбж}} = 2 \cdot (3 \cdot I_{\text{е}}^2 \cdot R \cdot 10^3 \cdot \tau); \quad (2.11)$$

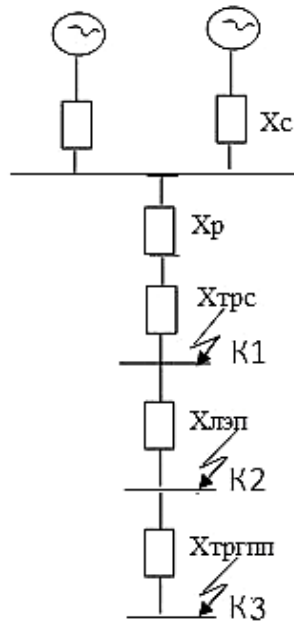
$$\Delta W_{\text{эбж}} = 2 \cdot (3 \cdot 27,8^2 \cdot 2,58 \cdot 10^3 \cdot 3714,24) = 44435,54 \text{ кВт} \cdot \text{сағ.}$$

$$R = r_0 \cdot l = 0,43 \cdot 6 = 2,58 \text{ Ом,}$$

мұндағы $r_0 = 0,43 \text{ Ом/км}$ – сымның меншікті кедергісі;

$l=6 \text{ км}$ – ЭБЖ ұзындығы.

Қысқа тұйықталу тоқтарын есептеу.



2.3 – сурет – Қысқа тұйықталу тоғын есептеуге арналған орынбасу сұлбасы

$$S_6 = 1000 \text{ MVA}; U_6 = 115 \text{ кВ.}$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}; \quad (2.12)$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ кА.}$$

Жүйе кедергісі:

$$X_{\text{тр.ж}} = \frac{U_k \cdot S_6}{100 \cdot S_{\text{ном}}} \quad (2.13)$$

$$X_{\text{тр.ж}} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 40} = 2,63 \text{ с.б.}$$

Қысқа тұйықталу тоғы (к-1):

$$I_{\text{к1}} = \frac{I_6}{X_{\text{тр.ж}}} \quad (2.14)$$

$$I_{\text{к1}} = \frac{5,02}{2,63} = 1,9 \text{ кА.}$$

ЭБЖ кедергісі:

$$X_{\text{ЭБЖ}} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{\text{опт.}}^2}; \quad (2.15)$$

$$X_{ЭБЖ} = 0,44 \cdot 6 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,2 \text{ с.б.}$$

Қысқа тұйықталу тоғы (к-2):

$$I_{K2} = \frac{I_6}{X_{жүйе} + X_{ЭБЖ110}}; \quad (2.16)$$

$$I_{K2} = \frac{5,02}{2,63+0,2} = 1,8 \text{ кА.}$$

БТҚС трансформаторының кедергісі:

$$X_{тр.БТҚС} = \frac{U_K \cdot S_6}{100 \cdot S_{н.тр}}; \quad (2.17)$$

$$X_{тр.БТҚС} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 10} = 10,55 \text{ с.б.}$$

Қысқа тұйықталу тоғы (к-3):

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}; \quad (2.18)$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55,05 \text{ кА.}$$

$$I_{K3} = \frac{I_6}{X_{тр.ж} + X_{ЭБЖ} + X_{тр.БТҚС}} \quad (2.19)$$

$$I_{K3} = \frac{55,05}{10,5+2,63+0,2} = 4,13 \text{ кА.}$$

K_1, K_2, K_3 нүктелеріндегі соққы тоқтың шамасын анықтаймыз:

$$i_{соқ1} = \sqrt{2} \cdot K_{соқ1} \cdot I_{K1}, \quad (2.20)$$

мұндағы $K_{соқ1}=1,84$ (Эж және Эж жүйе трансформаторы үшін);

$K_{соқ1}=1,9$ (Эж және Эж жүйе тр-ы, ЭБЖ үшін);

$K_{соқ1}=1,94$ (Эж және Эж жүйе тр-ы, ЭБЖ, БТҚС тр-ы үшін).

$$i_{соқ1} = \sqrt{2} \cdot 1,84 \cdot 1,9 = 4,9 \text{ кА;}$$

$$i_{соқ2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 1,9 = 4,8 \text{ кА;}$$

$$i_{\text{соқз}} = \sqrt{2} \cdot 1,94 \cdot 4,13 = 11,22 \text{ кА.}$$

110 кВ кернеуге ажыратқышын таңдау.

Q₁, Q₂ ажыратқыштарын апатты режимдегі тоқ бойынша таңдаймыз:

$$I_{B1,B2} = I_{\text{апэбж}} = \frac{2 \cdot S_{\text{эбж}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}; \quad (2.21)$$

$$I_{B1,B2} = \frac{2 \cdot 40000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 420 \text{ А.}$$

Жүйе трансформаторының үлестік қатысуы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{эбж}}}{S_{\text{номтрж}}} = \frac{10578,45}{40000} = 0,26.$$

Ажыратқыштардың үлестік қатысуы:

$$\gamma_2 = \frac{I_{\text{апэбж}}}{I_{\text{номВ}}} = \frac{55,6}{2500} = 0,02;$$

$$\gamma_3 = \frac{I_{\text{епэбж}}}{I_{\text{номВ}}} = \frac{27,8}{2500} = 0,01.$$

Q₁, Q₂ ажыратқыштарын таңдау шарттары:

ВГТ-110П-40/2500 У1 типті ажыратқыш. Бағасы – 5,67 млн. теңге.

$$U_{\text{н}} \geq U_{\text{орн.}}; \quad 110 \text{ кВ} > 110 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{н}} \geq I_{\text{ап.эбж}}; \quad 2500 \text{ А} > 420 \text{ А};$$

$$I_{\text{аж.}} \geq I_{\text{кт}}; \quad 40 \text{ кА} > 1,9 \text{ кА};$$

$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{соққы}}; \quad 102 \text{ кА} > 4,9 \text{ кА};$$

$$I_{\text{аж}}^2 \cdot t_{\text{от.}} \geq I_{\text{аж.}}^2 \cdot t_{\text{аж.}} \quad 40^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} > 1,9^2 \cdot 0,035 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$



2.4– сурет – ВГТ-110II-40/2500 У1 типті ажыратқыш

Q₃ ажыратқышын тандау шарты:

$$I_{B3} = \frac{I_{ap.эбж}}{2} = \frac{420}{2} = 210A.$$

ВГТ-110II-40/2500 типті ажыратқыш У1. Бағасы – 5,67 млн. теңге.

$$U_n \geq U_{орн.}; \quad 110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ};$$

$$I_n \geq I_{ap.эбж}; \quad 2500 \text{ А} > 210 \text{ А};$$

$$I_{аж.} \geq I_{КТ}; \quad 40 \text{ кА} > 1,9 \text{ кА};$$

$$I_{дин} \geq i_{соққы}; \quad 102 \text{ кА} > 4,9 \text{ кА};$$

$$I_{аж}^2 \cdot t_{от.} \geq I_{аж.}^2 \cdot t_{аж.} \quad 40^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} > 1,92 \cdot 0,035 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Q₄, Q₅ ажыратқыштарын тандау шарттары:

ВГТ-110II-40/2500 У1 типті ажыратқыш. Бағасы – 5,67 млн. теңге.

$$U_n \geq U_{орн.}; \quad 110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ};$$

$$I_n \geq I_{ap.эбж}; \quad 2500 \text{ А} > 420 \text{ А};$$

$$I_{аж.} \geq I_{КТ}; \quad 40 \text{ кА} > 1,9 \text{ кА};$$

$$I_{дин} \geq i_{соққы}; \quad 102 \text{ кА} > 4,9 \text{ кА};$$

$$I_{аж2}^2 \cdot t_{от.} \geq I_{аж.2}^2 \cdot t_{аж.} \quad 40^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} > 1,92 \cdot 0,035 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Q₆, Q₇ ажыратқыштарын тандау шарттары:

ВГТ-110II-40/2500 У1 типті ажыратқыш. Бағасы – 5,67 млн. теңге.

$$U_n \geq U_{орн.}; \quad 110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ};$$

$$\begin{aligned}
I_N &\geq I_{\text{ап.эбж}}; & 2500 \text{ A} &> 27,8 \text{ A}; \\
I_{\text{аж.}} &\geq I_{\text{КТ}}; & 40 \text{ кА} &> 1,8 \text{ кА}; \\
I_{\text{дин}} &\geq i_{\text{соққы}}; & 102 \text{ кА} &> 4,8 \text{ кА}; \\
I_{\text{аж2}} \cdot t_{\text{өт.}} &\geq I_{\text{аж.2}} \cdot t_{\text{аж.}} & 40^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \text{ с.} &> 1,82 \cdot 0,035 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}
\end{aligned}$$

110 кВ кернеуге айырғыштар тандау.

QS₁, QS₂, QS₃, QS₄ айырғыштарын таңдау шарттары:

РГ–2-110/1000УХЛ1 типті айырғыш Бағасы –800000 теңге.

$$\begin{aligned}
U_N &\geq U_{\text{орн}}; & 110\text{кВ} &= 110 \text{ кВ}; \\
I_N &\geq I_{\text{ап.тоқ}}; & 1000 \text{ A} &> 420 \text{ A}; \\
I_{\text{дин}} &\geq i_{\text{соққы}}; & 63 \text{ кА} &> 1,9 \text{ кА}; \\
I_{\text{терм}} &\geq I_{\text{КТ}}. & 25 \text{ кА} &> 4,9 \text{ кА}.
\end{aligned}$$



2.5 –сурет – РГ–2-110/1000УХЛ1 типті айырғыш

QS₅, QS₆ айырғыштарын тандау шарттары:

РГ–2-110/1000УХЛ1 типті айырғыш Бағасы – 800000 теңге .

$$\begin{aligned}
U_N &\geq U_{\text{орн}}; & 110\text{кВ} &= 110 \text{ кВ}; \\
I_N &\geq I_{\text{ап.тоқ}}; & 1000 \text{ A} &> 55,6 \text{ A}; \\
I_{\text{дин}} &\geq i_{\text{соққы}}; & 63 \text{ кА} &> 1,8 \text{ кА}; \\
I_{\text{терм}} &\geq I_{\text{КТ}}. & 25 \text{ кА} &> 4,8 \text{ кА}.
\end{aligned}$$

110 кВ асқын кернеу шектеуішін тандау:

SB90/10.3-0. Бағасы-421000

$$U_H \geq U_{орн} ; 115кВ > 110кВ.$$

Құрал-жабдықтарға кететін капиталды шығындар.

1) Жүйе трансформаторына кететін шығындар:

$$K_{трж} = \gamma_1 \cdot 2 \cdot C_{трж}; \quad (2.22)$$

$$K_{трж} = 0,26 \cdot 2 \cdot 88000000 = 45760000 \text{ теңге.}$$

2) Q₁ Q₂ ажыратқыштарына кететін шығын:

$$K_{в1в2} = \gamma_2 \cdot 2 \cdot C_{в1в2}; \quad (2.23)$$

$$K_{в1в2} = 0,02 \cdot 2 \cdot 5670000 = 226800 \text{ теңге.}$$

Q₃ ажыратқышына кететін шығын:

$$K_{в3} = \gamma_3 \cdot C_{в3}; \quad (2.24)$$

$$K_{в3} = 0,01 \cdot 5670000 = 56700 \text{ теңге.}$$

4) БТҚС трансформаторына кететін шығын:

$$K_{тр.бтқс} = 2 \cdot C_{тр.бтқс}; \quad (2.25)$$

$$K_{тр.бтқс} = 2 \cdot 46 = 96 \text{ млн.теңге.}$$

5) 110 кВ ЭБЖ кететін шығын: (темір-бетон бағаналы), АС-70/11.
Ұзындығы- 6 км.Цена – 6,5 млн. теңге

$$K_{эбж} = l \cdot c_{эбж}; \quad (2.26)$$

$$K_{эбж} = 6 \cdot 6,5 = 39 \text{ млн.теңге.}$$

6) Q₄- Q₇ ажыратқыштарына кететін шығындар :

$$\sum K_Q = 4 \cdot C_q; \quad (2.27)$$

$$\sum K_Q = 4 \cdot 5,67 = 22,68 \text{ млн. теңге.}$$

7) Айырғыштарға кететін шығындар:

$$\sum K_{QS} = 6 \cdot 900000 = 4800000 \text{ теңге.}$$

8) Асқын кернеу шектеуішіне кететін шығындар:

$$K_{\text{ОПН}} = 6 \cdot 421000 = 25260000 \text{ теңге}$$

1 нұсқа жабдықтарына кететін қосынды шығын:

$$K_{\text{жабдық}} = K_{\text{тр.бтқс}} + \sum K_Q + \sum K_{QS} K_{\text{ОПН}} + K_{\text{ТРЖ}} + K_{\text{В1В2}} + K_{\text{В3}}; \quad (2.28)$$

$$K_{\text{жабдық}} = (45,76 + 0,2268 + 0,0567 + 96 + 4,8 + 2,526) \cdot 10^6;$$

$$K_{\text{жабдық}} = 149369500 \text{ теңге};$$

$$K = 149369500 + 39000000 = 188369500 \text{ теңге.}$$

Амортизациялық аударымдар.

$$I_{\text{а.эбж}} = E_a \cdot K_{\text{эбж}} = 0,028 \cdot 39000000 = 1092000 \text{ теңге/жыл};$$

$$I_{\text{а.жаб.}} = E_a \cdot K_{\text{жаб.}} = 0,063 \cdot 149369500 = 9410278,5 \text{ теңге/жыл};$$

$$I_{\text{а}\Sigma} = 109200 + 9410278,5 = 1050278,5 \text{ теңге/жыл};$$

Эксплуатацияға кететін ұстанымдар.

$$I_{\text{ЭКС.ЭБЖ}} = E_{\text{ЭКС}} \cdot K_{\text{ЭБЖ}}; \quad (2.29)$$

$$I_{\text{ЭКС.ЭБЖ}} = 0,004 \cdot 39000000 = 156000 \text{ теңге/жыл};$$

$$I_{\text{ЭКС.жаб.}} = E_{\text{ЭКС}} \cdot K_{\text{жаб.}}; \quad (2.30)$$

$$I_{\text{ЭКС.жаб.}} = 0,01 \cdot 149369500 = 1493695 \text{ теңге/жыл};$$

$$I_{\text{ЭКС}\Sigma} = I_{\text{эбж}} + I_{\text{жаб.}}; \quad (2.31)$$

$$I_{\text{ЭКС}\Sigma} = 156000 + 1493695 = 1649695 \text{ теңге/жыл.}$$

Бір жылдық электр энергиясының шығынын ескере отырып, жоба жабдықтарына жұмасалатын шығындар:

$$I_{\text{шығ.}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{тр.бтқс}} + \Delta W_{\text{эбж}}); \quad (2.32)$$

$$I_{\text{шығ.}} = 22 \cdot (44436,54 + 219712,96) = 58118289; \text{теңге/жыл.}$$

мұндағы $C_o=22$ теңге/кВт·сағ – электрэнергия шығынының бағасы.
Қосынды ұстанымдар:

$$I_I = I_{a\Sigma} + I_{\text{шығ.}}; \quad (2.33)$$

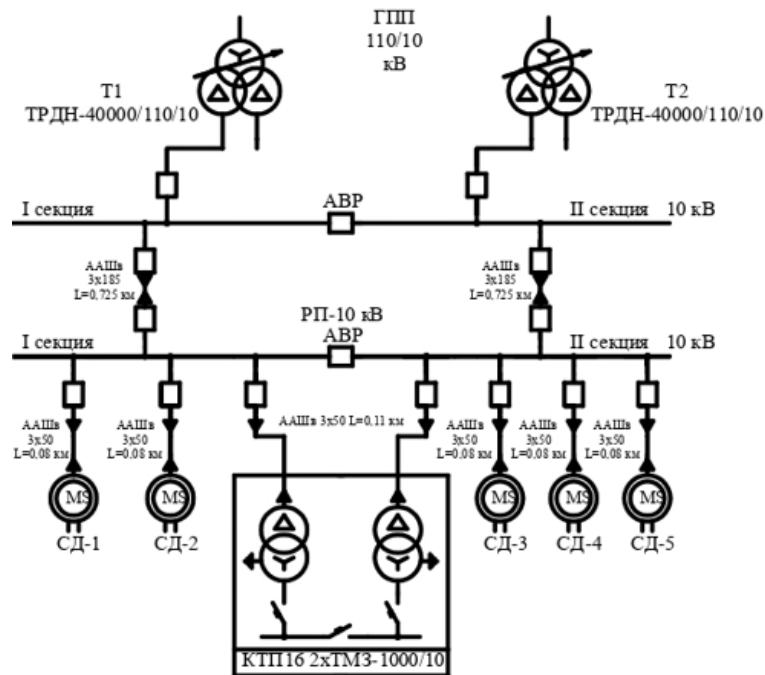
$$I_I = 10502278,5 + 1649695 + 5811289 = 17963262,5 \text{ теңге/жыл}$$

Келтірілген қосынды шығындар:

$$Z_I = E_n \cdot K_I + I_I; \quad (2.34)$$

$$Z_I = 0,12 \cdot 188369500 + 17963262,5 = 40567602,5 \text{ теңге/жыл.}$$

2.2 Екінші нұсқаның техника-экономикалық есебі



2.6 –сурет – Екінші нұсқа үшін сыртқы электр жабдықтау схемасы

ЭБЖ толық қуатын анықтаймыз:

$$S_{\text{эбж}} = \sqrt{(K_0 \cdot P_{\text{е.зауыт}})^2 + Q_3^2}; \quad (2.35)$$

$$S_{\text{эбж}} = \sqrt{(0,85 \cdot 11963,65)^2 + 2707,48^2} = 10523,36 \text{ кВА},$$

мұндағы K_0 – бір уақыттылық коэффициенті
КЖ-10 кВ сымның ауданын анықтау.

Бір желі арқылы өтетін жұмыс тоғы:

$$I_{\text{ж}} = \frac{S_{\text{эбж}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}; \quad (2.36)$$

Апаттық режим тоғы:

$$I_{\text{ап}} = 2 \cdot I_{\text{ж}} = 2 \cdot 304,14 = 608,28 \text{ А}.$$

Тоқтың экономикалық тығыздығы арқылы сымның ауданын анықтаймыз:

$$F_3 = \frac{304,14}{1,6} = 190,09 \text{ мм}^2,$$

мұндағы $j=1,6 \text{ А/мм}^2$ тоқтың экономикалық тығыздығы;

$T_m=3000$ сағ болған кездегі қағаз изоляция, алюминий өзекшесімен

Маркасы ААБЛУ–185 кәбілдік сымды таңдадым.

мұндағы $I_{рұқсат} = 1647 \text{ А}$,

$$x_0 = 0,077 \frac{\text{Ом}}{\text{км}},$$

$$r_0 = 0,099 \text{ Ом/км}.$$

Таңдап алынған кәбілді рұқсат етілген ток бойынша тексеру:

- жұмыс тоғы кезінде:

$$I_{рұқсат} = 1647 \geq I_{ж} = 304,14 \text{ А};$$

- апатты режим кезінде:

$$I_{рұқсат,ап} = 1,3 \cdot I_{рұқсат} = 1,3 \cdot 1647 = 2141,1 \text{ А} \geq I_{ап} = 608,28 \text{ А}.$$

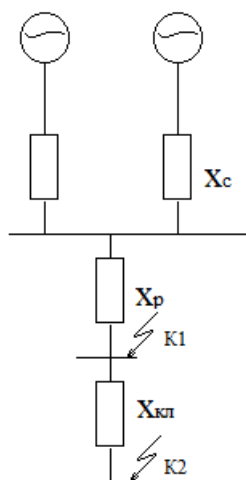
ЭБЖ электр энергиясының шығыны:

$$\Delta W_{эбж} = N \cdot (3 \cdot I_{э.эбж}^2 \cdot \tau \cdot R \cdot 10^{-3}); \quad (2.37)$$

$$\Delta W_{эбж} = 2 \cdot (3 \cdot 304,14^2 \cdot 3714,24 \cdot 0,396 \cdot 10^{-3}) = 6427773,26 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$R \cdot r_0 \cdot l = 0,099 \cdot 6 = 0,594 \text{ Ом}.$$

Қысқа тұйықталу тоғын есептейміз.



2.7– сурет – Қысқа тұйықталуды есептеу үшін орын басу сұлбасы
 $S_6 = 1000\text{MBA}$; $U_6 = 10,5 \text{ кВ}$.

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55,05 \text{кА}.$$

2.3 – кесте – РБ-10-1600-0,35 паспорттық мәліметтері

Номиналды индуктивті кедергісі, Ом	Фазадағы номиналды шығыны, кВ	Ұзаққа рұқсат етілген тоғы, А	Электр динамикалық беріктігі, кА	Термиялық беріктігі,с
0,35	11	1600	37	8

Реактор кедергісі:

$$X_p = \frac{X_{\text{ном}} \cdot S_6}{U_6^2}; \quad (2.38)$$

$$X_p = \frac{0,35 \cdot 1000}{10,5^2} = 3,17 \text{ с.б.}$$

Қысқа тұйықталу тоғы (к-1):

$$I_{K1} = \frac{I_6}{X_p}; \quad (2.39)$$

$$I_{K1} = \frac{55,05}{3,17} = 17,4 \text{кА}.$$

Кәбіл желісінің кедергісі:

$$X_{\text{КЖ}} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_3}{U_{\text{орт}}^2}; \quad (2.40)$$

$$X_{\text{КЖ}} = 0,077 \cdot 6 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 4,19 \text{с.б.}$$

Қысқа тұйықталу тоғы (к-2):

$$I_{K1} = \frac{I_6}{X_p + X_{\text{КЖ}}} \quad (2.41)$$

$$I_{K1} = \frac{55,05}{3,17 + 4,19} = 7,48 \text{кА}.$$

K_1 , K_2 нүктелеріндегі соққы тоғын анықтаймыз:

$$K_{\text{соққы1}} = 1,72 \text{ (Э}_{\text{ж}} \text{ үшін)}$$

$$i_{\text{соққы1}} = \sqrt{2} \cdot 1,72 \cdot 3,65 \cdot 10^3 = 9,788 \text{ кА.}$$

$$K_{\text{соққы2}} = 1,85 \text{ (Э}_{\text{ж}} \text{ мен кәбіл үшін) [2, б. 172].}$$

$$i_{\text{соққы1}} = \sqrt{2} \cdot 1,41 \cdot 4,5 \cdot 10^3 = 12,31 \text{ кА.}$$

10кВ кернеу үшін ажыратқыштар таңдау.

Q₁, Q₂, Q₃, Q₄ Q₅ ажыратқыштарын жүйенің апатты тоғы арқылы табамыз:

$$I_{\text{ап.в1-в4}} = \frac{2S_{\text{жүйе}}}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}} = \frac{2 \cdot 50000}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 1445,09 \text{ А;}$$

$$I_{\text{р.в5}} = \frac{I_{\text{ап}}}{2} = \frac{1445,09}{2} = 722,55 \text{ А.}$$

Q₁, Q₂, Q₃, Q₄ ажыратқыштарын таңдау шарттары.

ВВ/АЕ-10-20-1600 типті ажыратқыш. Бағасы – 3418322 теңге.

$$U_{\text{H}} \geq U_{\text{орн}}; \quad 10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ;}$$

$$I_{\text{H}} \geq I_{\text{ап.Аж1,Аж2}}; \quad 1600 \text{ А} > 1445,09 \text{ А;}$$

$$I_{\text{аж.}} \geq I_{\text{КТ1}}; \quad 20 \text{ кА} > 17,4 \text{ кА;}$$

$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{соққы1}}; \quad 52 \text{ кА} > 42,2 \text{ кА;}$$

$$I_{\text{аж.}}^2 t_{\text{от}} \geq I_{\text{КТ}}^2 \cdot t_{\text{аж.}} \quad 2023 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} > 17,42 \cdot 0,025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Q₁, Q₂, Q₃, Q₄ ажыратқыштарының үлестік қатысуы:

$$\gamma_{\text{в1-в4}} = \frac{I_{\text{ап.эбж}}}{I_{\text{ном}}} = \frac{608,28}{1600} = 0,35.$$

Q₅ ажыратқышын таңдау шарты:

ВВ/АЕ-10-20-1600 типті ажыратқыш. Бағасы – 3418322 теңге .

$$U_{\text{H}} \geq U_{\text{орн}}; \quad 10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ;}$$

$$I_{\text{H}} \geq I_{\text{ап.Аж1,Аж2}}; \quad 1600 \text{ А} > 722,55 \text{ А;}$$

$$I_{\text{аж.}} \geq I_{\text{КТ1}}; \quad 20 \text{ кА} > 17,4 \text{ кА;}$$

$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{соққы1}}; \quad 52 \text{ кА} > 42,2 \text{ кА;}$$

$$I_{\text{аж.2}} \cdot t_{\text{от}} \geq I_{\text{КТ2}} \cdot t_{\text{аж.}} \quad 20^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} > 17,4^2 \cdot 0,025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Q₅ ажыратқышы мен реактордың үлестік қатысуы:

$$\gamma_{\text{реактор}} = \frac{I_{\text{реактор}}}{I_{\text{ном}}} = \frac{722,55}{1600} = 0,45;$$

$$\gamma_{\text{в5}} = \frac{I_{\text{реактор}}}{I_{\text{ном}}} = \frac{722,55}{1600} = 0,45.$$

Q₆, Q₇ ажыратқыш таңдау шарты:

ВВ/АЕ-10-20-1600 типті ажыратқыш. Бағасы – 3418322 теңге.

$$U_{\text{н}} \geq U_{\text{орн}}; \quad 10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{н}} \geq I_{\text{ап.Аж1,Аж2}}; \quad 1600 \text{ А} > 608,28 \text{ А};$$

$$I_{\text{аж.}} \geq I_{\text{КТ1}}; \quad 20 \text{ кА} > 17,4 \text{ кА};$$

$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{соққы1}}; \quad 52 \text{ кА} > 42,2 \text{ кА};$$

$$I_{\text{аж.}}^2 \cdot t_{\text{от}} \geq I_{\text{КТ}}^2 \cdot t_{\text{аж.}} \quad 20^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} > 17,4^2 \cdot 0,025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

10 кВ кернеуге айырғыш таңдау.

QS₁, QS₂, QS₃, QS₄ айырғыштарын таңдау шарттары:

РВР-III-10/2000УЗ типті айырғыш. Бағасы – 450790 теңге .

$$U_{\text{н}} \geq U_{\text{орн}}; \quad 10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{н}} \geq I_{\text{ап.ТОК}}; \quad 2000 \text{ А} > 722,55 \text{ А};$$

$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{соққы2}}; \quad 31,5 \text{ кА} > 17,4 \text{ кА};$$

$$I_{\text{терм}} \geq I_{\text{КТ2}} \quad 85 \text{ кА} > 42,2 \text{ кА}.$$

10 кВ асқын кернеу шектеуішін таңдау:

ОПН-10. Бағасы-292000

$$U_{\text{н}} \geq U_{\text{орн}}; \quad 10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}$$

Құрал-жабдықтарға жұмсалатын капиталды шығындар.

1) Q₁ Q₂ Q₃ Q₄ ажыратқыштарға жұмсалатын шығындар:

$$K_{\text{в1-в4}} = \gamma_2 \cdot 4 \cdot C_{\text{в}}; \quad (2.42)$$

$$K_{\text{в1-в4}} = 0,38 \cdot 4 \cdot 3418322 = 5195849,44 \text{ теңге.}$$

2) Реакторға кететін шығын:

$$K_p = \gamma_3 \cdot C_p; \quad (2.43)$$

$$K_p = 0,45 \cdot 4 \cdot 4660000 = 2097000 \text{ теңге.}$$

3) Q₅ ажыратқышының шығыны:

$$K_{B5} = \gamma_3 \cdot C_B; \quad (2.44)$$
$$K_{B5} = 0,45 \cdot 3418322 = 1538244,9 \text{ теңге.}$$

4) Q₆ Q₇ ажыратқыштарының шығындары:

$$K_{B6B7} = 2 \cdot C_B; \quad (2.45)$$

$$K_{B6B7} = 2 \cdot 3418322 = 6836644 \text{ теңге.}$$

5) Айырғыштардың шығындары:

$$\Sigma K_{QS} = 4 \cdot K_{p1}; \quad (2.46)$$

$$\Sigma K_{QS} = 4 \cdot 450790 = 1803160 \text{ теңге.}$$

6) КЖ 10 кВ кететін шығын: Ұзындығы- 6 км. Бағасы – 19000000 теңге.

$$K_{КЖ} = l \cdot K_{ж}; \quad (2.47)$$

7) Асқын кернеу шектеуішін таңдау:

$$K_{ОПН} = 6 \cdot 292000 = 1752000 \text{ теңге.}$$

2 нұсқа үшін жабдықтарға кететін қосынды шығын:

$$K_{жаб} = K_{B1-B4} + K_{реактор} + K_{B5} + K_{B6,B7} + K_{ОПН}; \quad (2.48)$$

$$K_{жаб} = 5195849,44 + 2097000 + 1538244,9 + 6836644 + 1752000;$$

$$K_{жаб} = 17419738,34 \text{ теңге.}$$

$$K_{\Sigma} = 17419738,34 + 114000000 = 131419738,34 \text{ теңге.}$$

Амортизациялық аударымдар:

$$I_{a.эбж} = E_a \cdot K_{эбж}; \quad (2.49)$$

$$K_{кж} = 0,03 \cdot 114000000 = 342000 \text{ теңге/жыл};$$

$$I_{a.жаб} = E_a \cdot K_{жаб}; \quad (2.50)$$

$$K_{кж} = 0,063 \cdot 17419738,34 = 1097443,52 \text{ теңге/жыл};$$

$$I_{a\Sigma} = 3420000 + 1097443,52 = 451443,52 \text{ теңге/жыл}.$$

Эксплуатациялық ұстанымдар:

$$I_{экс.эбж} = 0,015 \cdot 114000000 = 1710000 \text{ теңге/жыл};$$

$$I_{экс.жаб} = 0,01 \cdot 1097443,52 = 10974,43 \text{ теңге/жыл};$$

$$I_{a\Sigma} = 1710000 + 10974,43 = 1720974,43 \text{ теңге/жыл}.$$

Бір жылдық электр энергиясының шығынын ескере отырып, жоба жабдықтарына жұмасалатын шығындар:

$$I_{шығ} = 22 \cdot 642773,26 = 14141011,72 \text{ теңге/жыл}.$$

Қосынды ұстанымдар:

$$I_I = 4517443,52 + 120974,43 + 14141011,72 = 18779429,67 \text{ теңге/жыл}.$$

Келтірілген қосынды шығындар:

$$Z_I = E_n \cdot K_I + I_I; \quad (2.51)$$

$$Z_I = 0,12 \cdot 131419738,34 + 18779429,67 = 36549798,27 \text{ теңге/жыл}.$$

мұндағы E_n – капитал салымының нормативті эффективті коэффициенті, электрэнергетикалық есептеулерде $E_n=0,12$ 1/жыл.

Екі нұсқаны салыстыра отырып кесте құрамыз.

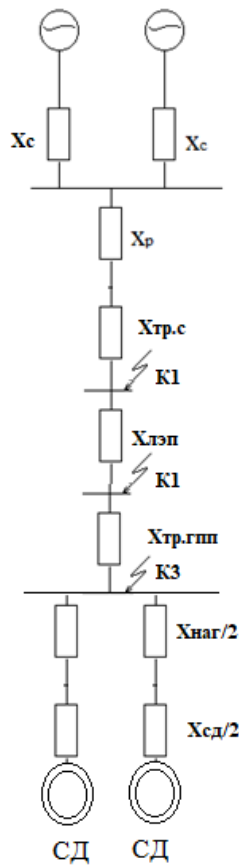
2.4 – кесте – Техника-экономикалық есеп

Нұсқа	U _{ном} , кВ	КΣ, теңге	ИΣ, теңге	З, теңге
1	110	188 369 500	17 963 262,5	34 549 798,27
2	10	131 419 738,34	18779429,67	40 567 602,5

Қорытынды: экономикалық шығындарды салыстырып қарағанда, I нұсқа техника-экономикалық тұрғыдан тиімді болғандықтан осы нұсқаны таңдаймын.

3 10 кВ кернеу БТҚС жабдықтар таңдау

3.1 БТҚС шинасындағы қысқа тұйықталу тоғын есептеу



3.1– сурет – Орын басу сұлбасы

Орын басу сұлбасының параметрлерін анықтаймыз:

$$S_6 = 1000; U_6 = 10,5\text{кВ}.$$

$$X_{\text{тр.ж}} = \frac{U_K \cdot S_6}{100 \cdot S_{\text{ном}}}; \quad (3.1)$$

$$X_{\text{тр.ж}} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 40} = 2,63 \text{ с.б.}$$

$$X_{\text{эбж}} = X_0 \cdot L \frac{S_6}{U_{\text{ор}}^2}; \quad (3.2)$$

$$X_{\text{эбж}} = 0,44 \cdot 6 \frac{1000}{10,5^2} = 0,2 \text{ с.б.}$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55,05 \text{ кА};$$

$$X_{\text{тр.бтқс}} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 10} = 10,55 \text{ с.б.}$$

Жүйеден БТҚС шинасына дейінгі қысқа тұйықталу тоғы шамасы тең болады:

$$I_{\text{кз}} = \frac{I_6}{X_{\text{тр.ж}} + X_{\text{эбж}} + X_{\text{тр.БТҚС}}} = \frac{55,05}{10,55 + 2,63 + 0,2} = 4,11 \text{ кА.}$$

СҚ-тан қысқа тұйықталу тоғын есептейміз:

$$S_{\text{еСҚ}} = \frac{P_{\text{нСҚ}}}{\cos \varphi}; \quad (3.3)$$

$$S_{\text{есепт.СҚ}} = \frac{1000}{0,9} = 1111,11 \text{ кВА.}$$

СҚ кәбілін таңдаймыз:

Экономикалық тығыздығы бойынша:

$$F_9 = \frac{57,8}{1,6} = 36,13 \text{ мм}^2;$$

минимальді қимасы арқылы:

$$F_{\text{min}} = \alpha \cdot I_{\text{КТ(з)}} \cdot \sqrt{t_{\text{өт}}}; \quad (3.4)$$

$$F_{\text{min}} = 12 \cdot 4,11 \cdot \sqrt{0,4} = 31,2 \text{ мм}^2,$$

мұндағы $\alpha = 12$ (алюминий), өткізгіштің материалына тәуелді коэффициент

$t_{\text{өт}} = 0,4$ вакуумды ажыратқыштар үшін.

АВВГ(3х35) типті кәбілін таңдаймыз.

мұндағы $I_{\text{рұқсат}} = 115 \text{ А,}$

$x_0 = 0,095 \text{ Ом/км,}$

$r_0 = 0,84 \text{ Ом/км.}$

$$X_{\text{эбж}} = X_0 \cdot L \frac{S_6}{N \cdot U_{\text{оп}}^2} = \frac{0,095 \cdot 0,3 \cdot 1000}{2 \cdot 10,5^2} = 0,13 \text{ с.б.}$$

СҚ параметрлерін таңдаймыз:

$$X_{\text{СҚ}} = \frac{X_d'' S_6}{\Sigma S_{\text{СҚ}}} = \frac{0,128 \cdot 1000 \cdot 1000}{2 \cdot 1111,11} = 57,6 \text{ с.б.}$$

$$X_{\text{эвк}} = X_{\text{кж}} + X_{\text{СҚ}} = 0,13 + 57,6 = 57,73 \text{ с.б.}$$

БТҚС шинасындағы қысқа тұйықталу тоғы:

$$E_H'' = \sqrt{1 + (X_d'')^2 + 2X_d'' \cdot \cos \varphi}; \quad (3.5)$$

$$E_H'' = \sqrt{1 + (0,128)^2 + 2 \cdot 0,128 \cdot 0,9} = 1,12.$$

$$E_{CK} = E_H'' \cdot \frac{U_H}{U_6}; \quad (3.6)$$

$$E_{CK} = 1,12 \cdot \frac{10}{10,5} = 1,07 \text{ кА}.$$

$$I_{CK} = \frac{E_{CK} \cdot I_6}{X_{ЭКВ}}; \quad (3.7)$$

$$I_{CK} = \frac{1,07 \cdot 55,05}{57,79} = 1,02 \text{ кА}.$$

10 кВ шинасындағы КЗ нүктедегі қысқа тұйықталу тоғы.

$$\sum I_{КТCK} = 4,11 + 1,02 = 5,13 \text{ кА};$$

$$i_{COҚҚЫЗ} = 1,94 \cdot \sqrt{2} \cdot 5,13 = 14,03 \text{ кА}.$$

- таңдап алынған $I_{KЗ}$ тоғына термиялық беріктігін тексеріп, кәбілдің $I_{KЗ}$ қатысты минимальді қимасының ауданын табамыз:

$$F_{min} = 12 \cdot 5,13 \cdot \sqrt{0,4} = 38,93 \text{ мм}^2;$$

$F=50 \text{ мм}^2$, АВВГ-(3х50) маркалы кәбілін таңдаймыз:

$$I_{pұқсат} = 140 \text{ А} \geq I_e = 57,8 \text{ А};$$

2) түзету коэффициентін $K_{попр}$ негізге ала отырып, жұмыс режимі бойынша бір траншеяда жататын кәбілдердің саны, $K_{түзету}=0,8$ (4 кәбіл траншеяда, арақашықтық 200мм):

$$\frac{I_e}{K_{попр}} = \frac{57,8}{0,8} = 72,25 \text{ А}, (115 \text{ А} > 72,25 \text{ А}).$$

Шарттарды қанағаттандырған кәбіл АВВГ-(3х35).

3.2 Ажыратқыштар таңдау

Енгізу және секциялық ажыратқыштарды таңдау:

$$S_{\text{тр.бтқс}} = \sqrt{(0,85 \cdot 11963,65)^2 + 2707,48^2} = 10523,36 \text{кВА};$$

Есептік тоқ:

$$I_{\text{ж}} = \frac{10523,36}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 304,14 \text{А};$$

Апаттық режим тоғы:

$$I_{\text{ап}} = 2 \cdot 304,14 = 608,28 \text{А}.$$

ВВ/TEL-10-12.5/630 У2 типті ажыратқышын таңдадым
Таңдалған ажыратқышын тексеру:

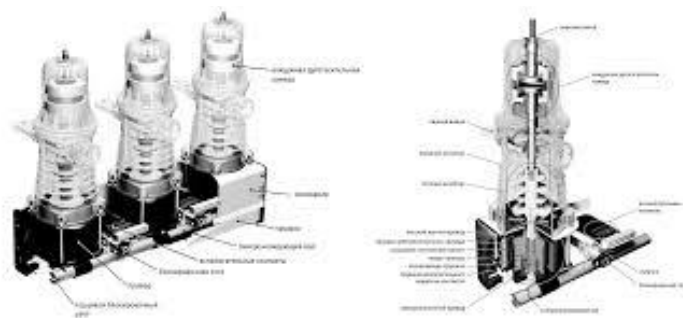
$$U_{\text{н}} \geq U_{\text{орн}}; \quad 10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{н}} \geq I_{\text{ап}}; \quad 630 \text{ А} > 608,26 \text{ А};$$

$$I_{\text{аж}} \geq I_{\text{ктз}}; \quad 12,5 \text{ кА} > 5,13 \text{ кА};$$

$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{соқкыз}}; \quad 32 \text{ кА} > 14,03 \text{ кА};$$

$$I_{\text{аж}}^2 \cdot t_{\text{от}} \geq I_{\text{кт}}^2 \cdot t_{\text{аж}}. \quad 12,52 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} > 5,13^2 \cdot 0,025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$



3.2 –сурет – ВВ/TEL-10-12.5/630 У2 типті ажыратқыш

Секциялық ажыратқыш: секциялық ажыратқыш арқылы енгізу ажыратқыштары арқылы өтетін қуаттың жартысы ғана өтеді. Сәйкесінше өтетін тоқ есептік тоқ.

ВВ/TEL-10-12.5/630 У2 типті ажыратқыш таңдаймын. [13] Таңдалған ажыратқышты тексеру:

$$\begin{aligned}
U_H &\geq U_{орн}; & 10 \text{ кВ} &= 10 \text{ кВ}; \\
I_H &\geq I_{ап.}; & 630 \text{ А} &> 304,14 \text{ А}; \\
I_{аж} &\geq I_{КТ3}; & 12,5 \text{ кА} &> 5,13 \text{ кА}; \\
I_{дин} &\geq i_{соққыз}; & 32 \text{ кА} &> 14,03 \text{ кА}; \\
I_{аж}^2 \cdot t_{от} &\geq I_{КТ}^2 \cdot t_{аж}. & 12,5^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} &> 5,13^2 \cdot 0,025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}
\end{aligned}$$

Шығыс желілеріне ажыратқыш таңдау:
Магистраль БТҚС-ТҚС1-ТҚС2- ТҚС3:

$$S_{тр.бтқс} = \sqrt{(3763,63 + 50,8)^2 + (3546,77 + 241,9)^2} = 5376,23 \text{ кВА};$$

$$I_{е.бтқс} = \frac{S_{е.бтқс}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}; \quad (3.8)$$

$$I_{е.бтқс} = \frac{5376,23}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 155,38 \text{ А};$$

$$I_{ап} = 310,76 \text{ А}.$$

ВВ/TEL-10-12.5/630 У2 типті ажыратқыш таңдаймын. Таңдалған ажыратқышты тексеру:

$$\begin{aligned}
U_H &\geq U_{орн}; & 10 \text{ кВ} &= 10 \text{ кВ}; \\
I_H &\geq I_{ап.}; & 630 \text{ А} &> 10,76 \text{ А}; \\
I_{аж} &\geq I_{КТ3}; & 12,5 \text{ кА} &> 5,13 \text{ кА}; \\
I_{дин} &\geq i_{соққыз}; & 32 \text{ кА} &> 14,03 \text{ кА}; \\
I_{аж}^2 \cdot t_{от} &\geq I_{КТ}^2 \cdot t_{аж}. & 12,5^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} &> 5,13^2 \cdot 0,025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}
\end{aligned}$$

Магистраль БТҚС-ТҚС4- ТҚС5:

$$S_{тр.бтқс} = \sqrt{(4310,44 + 46,78)^2 + (1652,99 + 227,28)^2} = 4745,61 \text{ кВА};$$

$$I_{е.бтқс} = \frac{4745,61}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 137,16 \text{ А};$$

$$I_{ап} = 274,32 \text{ А}.$$

ВВ/TEL-10-12.5/630 У2 типті ажыратқышын таңдаймын .
Таңдалған ажыратқышты тексеру:

$$\begin{aligned}
U_H &\geq U_{орн}; & 10 \text{ кВ} &= 10 \text{ кВ}; \\
I_H &\geq I_{ап.}; & 630 \text{ А} &> 274,32 \text{ А}; \\
I_{аж} &\geq I_{КТЗ}; & 12,5 \text{ кА} &> 5,13 \text{ кА}; \\
I_{дин} &\geq i_{соққыз}; & 32 \text{ кА} &> 14,03 \text{ кА}; \\
I_{аж}^2 \cdot t_{от} &\geq I_{КТ}^2 \cdot t_{аж}. & 12,5^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} &> 5,13^2 \cdot 0,025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}
\end{aligned}$$

СҚ ажыратқыш таңдау.
БТҚС-СҚ желісі:

$$I_{е.сқ} = \frac{S_{е.сқ} \cdot K_{ж}}{\sqrt{3} \cdot U_H}; \quad (3.9)$$

$$I_{е.сқ} = \frac{1111,11 \cdot 0,9}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ А}.$$

ВВ/TEL-10-12.5/630 У2 типті ажыратқышын таңдаймын.
Таңдалған ажыратқышты тексеру:

$$\begin{aligned}
U_H &\geq U_{орн}; & 10 \text{ кВ} &= 10 \text{ кВ}; \\
I_H &\geq I_{ап.}; & 630 \text{ А} &> 57,8 \text{ А}; \\
I_{аж} &\geq I_{КТЗ}; & 12,5 \text{ кА} &> 5,13 \text{ кА}; \\
I_{дин} &\geq i_{соққыз}; & 32 \text{ кА} &> 14,03 \text{ кА}; \\
I_{аж}^2 \cdot t_{от} &\geq I_{КТ}^2 \cdot t_{аж}. & 12,5^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} &> 5,13^2 \cdot 0,025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}
\end{aligned}$$

ЖБК-ға ажыратқыш таңдау:

$$I_{е.жбк} = \frac{Q_H}{\sqrt{3} \cdot U_H}; \quad (3.10)$$

$$I_{е.жбк} = \frac{900}{\sqrt{3} \cdot 10} = 52,03 \text{ А}.$$

ВВ/TEL-10-12.5/630 У2 типті ажыратқышын таңдаймын.
Таңдалған ажыратқышты тексеру:

$$\begin{aligned}
U_H &\geq U_{орн}; & 10 \text{ кВ} &= 10 \text{ кВ}; \\
I_H &\geq I_{ап.}; & 630 \text{ А} &> 52,03 \text{ А};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_{\text{аж}} &\geq I_{\text{КТЗ}}; & 12,5 \text{ кА} &> 5,13 \text{ кА}; \\
I_{\text{дин}} &\geq i_{\text{соққыЗ}}; & 32 \text{ кА} &> 14,03 \text{ кА}; \\
I_{\text{аж}}^2 \cdot t_{\text{өт}} &\geq I_{\text{КТ}}^2 \cdot t_{\text{аж}}. & 12,5^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.} &> 5,13^2 \cdot 0,025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}
\end{aligned}$$

3.3 Жүктеме ажыратқышын таңдау

ТҚС1, ТҚС2, ТҚС3 үшін жүктеме ажыратқышын таңдау.
ВНП –М1–10/400 УЗ.

$$I_{\text{есеп}} = \frac{S_{\text{нтр.тқс}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}; \quad (3.11)$$

$$I_{\text{есеп}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 92,38 \text{ А};$$

$$I_{\text{ап}} = 184,75 \text{ А}.$$

Таңдалған жүктеме ажыратқышын тексеру.
ТҚС1-ТҚС3 үшін жүктеме ажыратқышын таңдау шарттары:

$$\begin{aligned}
U_{\text{н}} &\geq U_{\text{орн}}; & 10 \text{ кВ} &= 10 \text{ кВ}; \\
I_{\text{н}} &\geq I_{\text{ап}}; & 400 \text{ А} &> 184,75 \text{ А}; \\
I_{\text{өтп.}} &\geq i_{\text{соққы}}; & 12,5 \text{ кА} &> 14,03 \text{ кА}.
\end{aligned}$$



3.3 – сурет – ВПН –М1–10/400 УЗ жүктеме ажыратқышы

110\10 кВ ҚС-ның бірсызықты электр сұлбасы Б қосымшасында көрсетілген.

3.4 Күштік шығыс кәбіл желілерін таңдау

Кәбілдерді келесі шарттар бойынша таңдаймын:

- тоқтың экономикалық тығыздығына байланысты: $F_3 = \frac{I_{\text{есепт}}}{j_{\text{эк}}}$;

минимальді қимасына байланысты: $F_{\text{min}} = \alpha \cdot I_{\text{КТ}} \cdot \sqrt{t_{\text{өт}}}$;

- жұмыс тоғының қызу шартына байланысты: $I_{\text{рұқсат}} \geq I_e$;

- апаттық режимге байланысты $I_{\text{рұқсат}} \geq I_{\text{ап}}$.

БТҚС-ТҚС1 кәбіл таңдау:

$$I_e = \frac{S_{\text{БТҚС-ТҚС1}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}; \quad (3.12)$$

$$I_e = \frac{6644,31}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 192,03 \text{ A};$$

$$I_{\text{ап}} = 2 \cdot 192,03 = 384,06 \text{ A}.$$

-тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша:

$$F_3 = 192,03 / 1,6 = 120,02 \text{ мм}^2,$$

мұндағы $j_{\text{эк}} = 1,6 \text{ А/мм}^2$ - $T_M = 3000 \text{ с}$ үшін.

- таңдап алынған $I_{\text{кз}}$ тоғына термиялық беріктігін тексеріп, кәбілдің $I_{\text{кз}}$ қатысты минимальді қимасының ауданың табамыз:

$$F_{\text{min}} = 12 \cdot 5,13 \cdot \sqrt{0,4} = 38,93 \text{ мм}^2,$$

$F = 120 \text{ мм}^2$; АВВГ-(3х120) маркалы кәбілді қабылдаймын:

$$I_{\text{рұқсат}} = 350 \text{ A} \geq I_e = 192,03 \text{ A};$$

- апаттық режим бойынша тексеру:

$$1,3 \cdot I_{\text{рұқсат}} = 455 \geq I_{\text{ап}} = 384,06 \text{ A};$$

- түзету коэффициентін $K_{\text{түзету}}$ негізге ала отырып, жұмыс режимі бойынша бір траншеяда жататын кәбілдердің саны, $K_{\text{түзету}} = 0,92$ (2 кәбіл траншеяда, арақашықтық 200мм):

$$I_{\text{рұқсат}} \geq \frac{I_{\text{БТҚС1-ТҚС1}}}{K_{\text{түз}}};$$

$$\frac{I_{\text{бтқс1-тқс1}}}{K_{\text{түз}}} = \frac{192,03}{0,92} = 208,73 \text{ A}, (350 \text{ A} > 208,73 \text{ A}).$$

АВВГ-(3х120) кәбілі барлық шартты қанағаттандырады.

Басқа учаскілерге кәбіл жоғарыда көрсетілген әдіс бойынш таңдалды
және нәтижелер 3.1 кестесіне енгізілді.

3.1 – кесте – Кәбілдер журналы

Атаулары	S _с , кВА	Траншея дағы кәбілдер саны	Жүктеме		Экономикал ық тығыздығы бойынша, мм ²		Рұқсат етілген жүктеме бойынша, мм ²		Қысқа тұйықталу тоғы бойынша, мм ²		Таңдалған кәбіл	I _{рұқ} , А	1,3I _{рұқ} А
			I _{ес} , А	I _{ап} , А	jэ	Fэ	Ктүзету	F _{рұқсат}	I _к , А	F _{min}			
БТҚС-ТҚС1	6644,31	2	192,03	384,06	1,6	72,01	0,92	95	5,13	38,93	АВВГ (3х95)	205	266,5
ТҚС1-ТҚС2	3986,59	2	115,22	230,44	1,6	48,01	1	50	5,13	38,93	АВВГ (3х50)	140	182
ТҚС2-ТҚС3	1328,86	1	76,81	153,62	1,6	101,3	0,92	120	5,13	38,93	АВВГ (3х120)	350	455
БТҚС-ТҚС4	5608,08	2	162,08	324,16	1,6	50,65	0,92	50	5,13	38,93	АВВГ (3х50)	140	182
ТҚС4-ТҚС5	2804,04	2	81,04	162,08	1,6	36,13	0,8	35	5,13	38,93	АВВГ (3х35)	115	149,5
БТҚС-СҚ	1111,11	4	57,8	-	1,6	120,02	0,92	120	5,13	38,93	АВВГ (3х120)	350	455

4 Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы электр қондырғыларының қуат коэффициентін арттыру әдістері

Қуат коэффициенті ($\cos \varphi$) – бұл кәсіпорындағы электр энергиясын пайдалану тиімділігін сипаттайтын маңызды көрсеткіш. Ол пайдалы жұмыс атқаратын белсенді қуаттың толық қуатқа қатынасын көрсетеді.

Қуат коэффициентін арттыру үшін қолданылатын техникалық шараларды екі санатқа бөлуге болады.

Біріншісі - арнайы компенсаторлық құрылғыларды орнату қажет болса, екіншісі - қосымша компенсаторлық құрылғылар қажет емес немесе табиғи өтемақы.

Бұл жұмыста өнеркәсіптік кәсіпорындардағы электр қондырғыларының қуат коэффициентін арттыру әдісі ретінде реттелмейтін БК (НБК) және синхронды қозғалтқыш көмегімен реактивті қуатты төмендету қолданылды.

Физикалық тұрғыдан алғанда, желідегі реактивті қуатты өтеу қажеттілігі реактивті токтың физикалық қасиеттерінен туындаған электр энергиясын түрлендіру құрылғыларындағы қосымша шығындармен байланысты.

Мұндай ток желідегі кернеуден 90 электр градусқа артта қалады, сондықтан берілген токты өтеудің ең оңай жолы және желінің қуат коэффициентінің жоғарылауы нәтижесінде желінің кернеуінен 90 электр градусқа озатын сыйымдылық тогын енгізу немесе айналмалы конденсатор қондырғыларын қолдану болып табылады. Мұндай қондырғылардағы реактивті токтың өтемақысы олардың қуатымен тікелей байланысты және жеткілікті мәнмен толық өтемақыға қол жеткізуге болады, алайда өтемақы жобасы үшін ескерілуі керек көптеген факторларға байланысты реактивті қуаттың өтемақысының бұл көлемі экономикалық тұрғыдан мүмкін емес.

Электр желілерінде электр энергиясын көздерден тұтынушыға тасымалдау кезінде энергияның жалпы көлемінің шамамен 20% жоғалады. Бұл шығындардың едәуір бөлігі реактивті энергияның жоғалуына байланысты. Реактивті энергияның жоғалуы өз кезегінде түйіндердегі кернеудің төмендеуіне және нәтижесінде желінің өткізу қабілеттілігінің төмендеуіне әкеледі.

Осылайша, қазіргі уақытта ең тиімді реактивті энергияны тікелей тұтынушыда өндіру болып табылады. Бұл электр желілерін беру кезінде шығындарды азайтуға мүмкіндік береді, сонымен қатар берілетін белсенді қуат көлемін арттыруға мүмкіндік береді. Мұндай шешімнің қолда бар генерацияланатын қуаттың жеткілікті деңгейі жоқ, бұл ретте жылдам дамушы өңірлерде енгізу үшін ерекше перспективасы бар. Бүгінгі күні осындай өңірлердің бірі перспективалы индустриялық даму аймақтары бар Ақтөбе облысы болып табылады.

Электр желілері мен қосалқы станциялар элементтерінің, сондай-ақ электр қабылдағыштардың электр тізбектерінің құрылымдық ерекшеліктері электр энергиясы параметрлерінің өзгеруіне кедергі келтіретін реактивті элементтердің (индуктивтілік және сыйымдылық) болуымен байланысты. Осылайша, индуктивтілік олардағы токтың өзгеруіне жол бермейді, ал

сыйымдылық кернеудің өзгеруіне жол бермейді. Бұл кедергі бұл элементтердің белгілі бір уақыт аралығында электр энергиясын «сақтайды» немесе «береді». Айнымалы кернеуде электр энергиясын генерациялау, түрлендіру, беру және тұтыну кезінде реактивті элементтердің болуы осы элементтер арасында энергия алмасуға әкеледі. Электр энергиясының бұл «алмасуы» реактивті энергия деп аталады. Реактивті энергия энергияның басқа түрлеріне айналмайды, бірақ реактивті энергияны желі арқылы беру теріс аспектілерге ие:

1. Өткізгіштердің қимасын және трансформаторлардың қуатын арттыру қажет (желінің құнын арттыру), өйткені желі тогы арқылы берілетін модульдің мәні артады;

2. Реактивті қуаттың берілуіне байланысты желіде қуат пен электр энергиясының қосымша шығындары бар;

3. Желіде қосымша кернеу шығындары бар.

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың энергиямен жабдықтау жүйелеріндегі реактивті қуат көздері энергиямен жабдықтаушы ұйымның электр желілері; белсенді энергия өндіру үшін электр станцияларында орнатылған синхронды генераторлар болып табылады. Бұл генераторлар реактивті қуат өндіруге де қабілетті. Реактивті қуат сонымен қатар супер экстракция режиміндегі синхронды қозғалтқыштармен, сондай-ақ арнайы компенсаторлық құрылғылармен (қуатты конденсаторлық батареялар, компенсаторлық блоктар және заманауи жартылай өткізгіш құрылғылар негізінде жасалған статикалық компенсаторлық құрылғылар) өндіріледі.

Электр энергиясын тұтынушылардың қалыпты жұмыс істеуі үшін оларға белсенді және реактивті қуат қажет. Реактивті қуаттың негізгі тұтынушылары синхронды қозғалтқыштар (65-70%), трансформаторлар (20-25%) және әуе электр желілері (10%) болып табылады. Энергия жүйелерінің жалпы жүктемесіндегі үлкен үлесті реактивті қуатты көп тұтынатын электр қондырғылары алады (мысалы, электровоздағы клапан түрлендіргіштері).

Сондықтан электр жүйесінің тиімділігін арттыру үшін желідегі реактивті қуаттың орнын толтыру қажет.

Реактивті қуатты өтеу мәселесі тек өнеркәсіптік электр жүйелері үшін маңызды, яғни қозғалтқышқа айтарлықтай асинхронды жүктеме бар жерде. Бұл проблема қалалық және ауылшаруашылық энергетикалық жүйелерде туындамайды. Трансформаторлардан басқа реактивті қуаттың елеулі тұтынушылары жоқ.

Кез-келген кәсіпорынның электр қондырғылары тұтынатын реактивті қуаттың орнын толтыру үшін синхронды машиналар, конденсаторлық қондырғылар және реактивті қуаттың статикалық көздері қолданылады.

4.1 Реактивті қуат түсінігі

Кәсіпорынды электрмен жабдықтау жағдайларында электр берілістерінде және тұтынушының жүктемесінде активті құраушысының құрамдас бөліктерінде индуктивті және сыйымдылық кедергілердің болатыны анық. Индуктивті токты тұтынатын құрылғылар реактивті қуатты қабылдағыштар ретінде және сыйымдылық токты тұтынатын құрылғылар реактивті қуат көздері болып саналады.

Өнеркәсіптік құрылғылардың көп бөлігі реактивті қуатты тұтынады. Реактивті қуатты тұтынушылардың құрамы, реактивті қуаттың негізгі бөлігін мынадай төрт құрылғының тұтынатынын көрсетеді:

1. Асинхронды қозғалтқыштар – 40 %,
2. Электр пеш қондырғылары – 8 %;
3. Вентильді түрлендіргіштер – 10 %,
4. Трансформаторлар және олардағы шығындар – 35 %,
5. Электр беріліс желілері және олардағы шығындар – 7%.

Желі бойында индуктивті жүктеме басым болғандықтан, желі бойынша активті қуатпен бірге индуктивті сипаттағы реактивті қуат беріледі.

Қандай да бір электр тізбегінде генерацияланатын реактивті энергия тұтынылатын реактивті энергияға тең. Яғни өнеркәсіптік құрылғылардың көп бөлігі реактивті энергияны тұтынушылар болып табылатындықтан, реактивті қуатқа қажеттіліктің өз дәрежесінен асып кетеді. Әдетте осы олқылықты жабу үшін электр станцияларындағы генераторларды қосымша жүктеу арқылы жабуға тура келеді. Сондықтан энергетикалық жүйеге реактивті қуатты қамтамасыз ететін қосымша құрылғыларды зерттеу қажеттілігі туындайды. Мұндай типті құрылғылар компенсаторлар (конденсаторлардың батареялары, синхронды компенсаторлар мен қозғалтқыштар) деп аталады, сондай-ақ реактивті қуаттың статикалық көздері бола алады. Номиналды жүктеме кезінде генераторлар талап етілетін реактивті қуаттың 60% - ға жуығын ғана өндіреді, 20% кернеуі 110 кВ жоғары ЭБЖ генерацияланады, 20% қосалқы станцияларда немесе тікелей тұтынушыларда орналасқан компенсаторлық құрылғыларда өндіріледі. Қарымталау құрылғыларының бірлескен жұмысы желідегі реактивті құраушы токты тұтынуды кемітеді. Бұл электр берілісінің қоректендіргіш желілері мен трансформаторларды реактивті қуаттан едәуір дәрежеде жүктеуді азайтады.

Өнеркәсіптік кәсіпорындарда реактивті қуаттың негізгі тұтынушысы АҚ асинхронды қозғалтқыштары (оны жалпы тұтынудың 60-65%), дәнекерлеу трансформаторлары (20-25%), вентильді түрлендіргіштер, реакторлар және басқа да электр қабылдағыштар болып табылады. Реактивті қуатпен қосымша кәсіпорынның қабылдағыштарымен қатар тарату желілері жүктеледі, тиісінше электр энергиясын жалпы тұтыну шамасы артады.

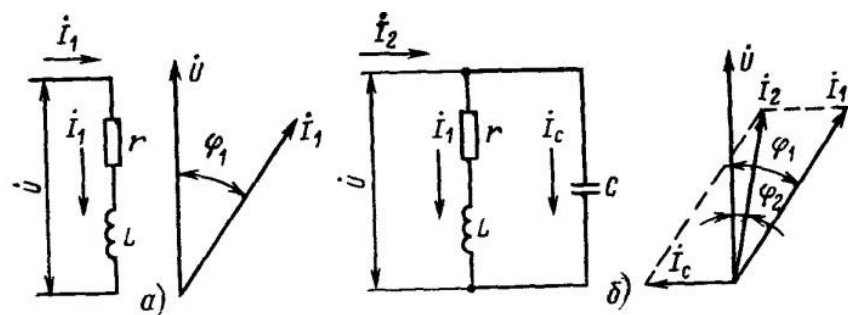
Реактивті қуатты тұтынуды төмендету бойынша: арнайы компенсациялық құрылғыларды қажет етпегін табиғи компенсация және жиі қолданылатын жасанды компенсация. Реактивті қуатты табиғи компенсациялау үлкен материалдық шығындарды талап етпейді және бірінші кезекте кәсіпорындарда жүргізілуі тиіс.

Табиғи компенсациялауға жүктеме кестесіне сәйкес жабдықтың энергетикалық режимін жақсартуға әкелетін технологиялық процесті реттеу және автоматтандыру жатады (фазалар бойынша жүктемелерді тиімді орналастыру, энергосыйымды ірі электр қабылдағыштарды энергожүйенің максимумынан тыс жұмысқа ауыстыру және керісінше қуатты электр қабылдағыштарды энергожүйенің максимум жүктелу сағаттарында жөндеуге шығару.); Трансформация сатыларының санын азайту есебінен электрмен жабдықтаудың ұтымды схемасын құру; ескі конструкциялардың трансформаторлары мен басқа да магниттелу шығыны аз электр жабдықтарына жаңасына ауыстыру; Аз жүктелген трансформаторлар мен қозғалтқыштарды қуаты кіші трансформаторлармен және қозғалтқыштарға ауыстыру және оларды толық жүктеу; Технологиялық процестердің шарттары бойынша рұқсат етілген кезде АҚ орнына СҚ қолдану; Қозғалтқыш пен дәнекерлеу трансформаторларының бос жүрісінің ұзақтығын шектеу, ірі электр қабылдағыштарын қуаттарына сәйкес ретімен орналастыру; Электр қозғалтқыштарын жөндеу сапасын жақсарту, түйіспелі қосылыстардың өтпелі кедергілерін азайту; Күштік трансформаторлардың резервті бөліктерін аз жүктеме кезінде (мысалы, түнгі уақытта, демалыс және мереке күндері) ажырату.

Реактивті қуатты жасанды компенсациялау үшін сыйымдылық сипаттағы реактивті энергия көздері болып табылатын арнайы компенсациялық құрылғылар қолданылады. Реактивті қуатты компенсациялаудың техникалық құралдарына келесі компенсациялаушы құрылғылар жатады: конденсаторлық батареялар, синхронды қозғалтқыштар, реактивті қуаттың вентильді статикалық көздері. Алайда, кәсіпорынның реактивті қуатын компенсация кезінде ескі басшылық нұсқауларына сәйкес ең төменгі жүктеме сағаттарында орнатылған компенсациялық құрылғыларды ажырату қажет деп санамады. Осыған байланысты қоректендіруші энергия жүйесінде реактивті қуатты асқын компенсациялау жиі байқалды. Асқын компенсация - бұл жүктеменің төмендеуі кезеңінде (түнде тамақтанатын үзілістер, жұмыс істемейтін және мереке күндері және т. б.) компенсациялық қондырғымен өндірілетін және энергия жүйесінің желісіне берілетін артық реактивті қуат. Осы себеппен 1982 жылдың 1 қаңтарынан бастап қолданысқа енгізілген жаңа "электр энергиясын пайдалану ережелерінде" қуат коэффициентінің нормаланатын мәні (0,92-0,95), ал кәсіпорында компенсациялық құрылғылардың энергия жүйесінің тапсырмасына сәйкес орнатылуы тиіс.

4.2 Реактивті қуатты компенсациялау принципі

Реактивті қуаттың компенсациялау деп компенсациялық құрылғылардың көмегімен өндіру немесе тұтынуды атайды. Реактивті қуатты компенсациялау принципі келесідей - конденсатор арқылы өтетін ток берілген кернеуден 90 - ға озады, ал индуктивтілік катушкасы арқылы өтетін ток берілген кернеуден 90 -ға артта қалатыны белгілі. Яғни, сыйымдылық тогы индуктивті токқа қарамақарсы және электр өрісін құруға арналған реактивті қуат магнит өрісін құруға арналған реактивті қуат бағытына қарама-қарсы. Сондықтан сыйымдылық тогы мен сыйымдылық қуаты шартты түрде оң қабылданған магниттеу тогына және магниттеу қуаттылығына қатысты шартты түрде теріс деп саналады.



а- компенсациялауға дейін, б- компенсациялаудан кейінгі схема

4.1– сурет – Реактивті магниттену тогын компенсациялау принципі

Р және L бар жүктемеге параллель қосылған С конденсаторының сыйымдылығы, конденсатор арқылы өтетін IC тогы мүмкіндігінше L индуктивтілігі тұтынылатын IL магниттену тогына жақын болатындай етіп таңдалады. Векторлы диаграммадан көрініп тұғандай конденсатордың қосылуы

Осылайша, сан жағынан бірдей сыйымдылықты және магниттелу реактивті қуаттары өзара «жойылады» ($Q_C - Q_L = 0$) және желіде реактивті жүктеме тогының азаюына әкеледі.

Реактивті қуатты компенсациялау, кез келген маңызды техникалық іс-шара ретінде бірнеше түрлі мақсаттар үшін қолданылуы мүмкін. Біріншіден, реактивті қуатты компенсациялау, реактивті қуат балансының сақтау үшін қажет. Екіншіден, компенсациялық құрылғыларды орнату желідегі электр энергиясының шығынын төмендету үшін қолданылады. Үшіншіден, компенсациялық құрылғылар кернеуді реттеу үшін қолданылады.

Желілер мен трансформаторлар бойынша реактивті қуат ағынын азайту үшін реактивті қуатты компенсациялау көздері оны тұтыну орындарына жақын орналасуы тиіс. Осыған сәйкес желіде таратылған реактивті қуат элементтері төмендейді, және бұл активті қуат пен кернеу шығынының азаюына қол жеткізіледі.

Осылайша, қосалқы станцияда компенсациялық құрылғыларды қолдану арқылы реактивті жүктеменің қуатын өзгертпей-ақ желідегі реактивті токты реактивті қуатты компенсациялау бойынша азайтуға мүмкіндік береді. Кәсіпорында реактивті қуатты тұтынуды азайту реактивті қуатты табиғи шаралармен қатар электрмен жабдықтау жүйесінің тиісті нүктелерінде арнайы компенсациялық құрылғылар есебінен қол жеткізіледі.

Электр тұтынушы қондырғыларының жобалау кезінде реактивті қуат бойынша жүргізілетін шаралар келесі үш топқа бөлінеді:

- 1) Өтемдік құрылғыларды қолдануды талап етпейтін;
- 2) Өтемдік құрылғыларды қолданумен байланысты;
- 3) Ерекше жағдайларда рұқсат етілген.

Бірінші жағдайда реактивті қуатты тұтынуды азайтуға бағытталған және бірінші кезекте оларды жүзеге асыру үшін елеулі күрделі шығындар талап етілмейді.

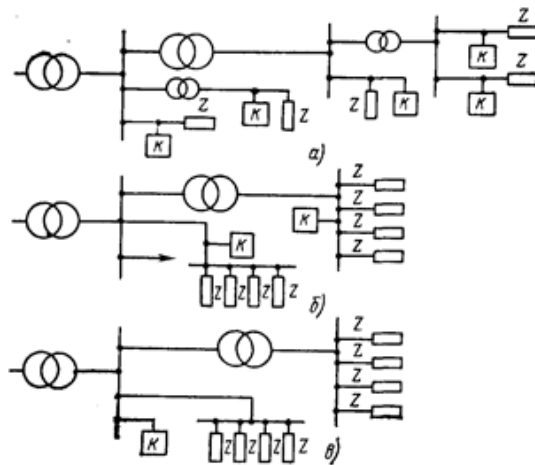
Соңғы екі іс - шара техникалық экономикалық есептермен негізделіп және энергожүйемен сәйкестендіре отырып қолданылуы тиіс. Реактивті қуатты компенсациялау құрылғыларын қолдану алдында осы құрылғылардың жоғары құны мен жеткілікті күрделілігіне байланысты мұқият техникалық экономикалық талдау жасалуға тиіс.

4.3 Компенсациялаудың түрлері

Компенсациялық құрылғылар олардың тармақталған электр энергетикалық жүйесінде орналасу орнына байланысты мынадай түрлерге бөлінеді: жеке, топтық, орталықтандырылған компенсаторлар.

4.2 - суретте электр энергетикалық жүйеде компенсациялық құрылғылардың орналасу сұлбалары көрсетілген.

Жеке компенсаторлар - қоректендіруші желіден реактивті қуатты тұтынатын қабылдағышпен тікелей жұмыс істейтін құрылғылар. Толық компенсация кезінде қабылдағыш пен компенсация құрылғысы тек қана активті қуатты тұтынатын құрылғыларды қоректендіретін желіге ұсынады. Бірақ тұтынушы сөндірілген кезде компенсациялық құрылғылар да пайдаланылмайды, бұл жеке компенсацияның басты кемшілігі болып табылады. Мұндай компенсация түрін сызықтық емес сипаттамалары бар қабылдағыштардың қуатын қарымталау үшін қолданған жөн.



4.2 – сурет- Компенсациялық құрылғыларды қосу схемасы:

Топтық және орталықтандырылған компенсация жеке тұтынушылардың жұмысына қарамастан құрылғыларды пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл түрде компенсациялауды іске асыру үшін қосымша коммутациялық және қорғаныстық құрылғылар қажет; бұдан басқа, компенсациялық құрылғылар тұтынылатын қуатты жеткілікті ауқымда реттеу мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс. Компенсациялау құрылғыларының қуат өзгеру диапазоны тұтынушылардың осы тобы үшін тұтынатын тәуліктік реактивті қуатқа қажеттілікті талдау негізінде анықталуы тиіс. Әдетте, тұтынушылар тобына жүктемені жиі өзгертуге тура келеді, бұл компенсатор беретін қуатты автоматты реттеумен компенсациялық құрылғыларды қолдануды талап етеді.

Топтық және орталықтандырылған компенсация жеке тұтынушылардың жұмысына қарамастан құрылғыларды пайдалануға

мүмкіндік береді. Бұл түрде компенсациялауды іске асыру үшін қосымша коммутациялық және қорғаныстық құрылғылар қажет; бұдан басқа, компенсациялық құрылғылар тұтынылатын қуатты жеткілікті ауқымда реттеу мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс. Компенсациялау құрылғыларының қуат өзгеру диапазоны тұтынушылардың осы тобы үшін тұтынатын тәуліктік реактивті қуатқа қажеттілікті талдау негізінде анықталуы тиіс. Әдетте, тұтынушылар тобына жүктемені жиі өзгертуге тура келеді, бұл компенсатор беретін қуатты автоматты реттеумен компенсациялық құрылғыларды қолдануды талап етеді.

Электр энергетикалық жүйелердің үздіксіз дамуы және неғұрлым ірі энергия блоктарын құру кезінде орталықтандырылған компенсацияның мәні төмендейді. Ірі энерго жүйелерде орталықтандырылған компенсация кезінде жүйенің барлық нүктелерінде, әсіресе электр станциялары мен қосалқы станциялардан үлкен қашықтықта орналасқан желілік емес жүктемелерде компенсация қамтамасыз етілуі қиындық тудырады, қашықтық көп болған сайын, желідегі шығында көп болады. Сондықтан қазіргі уақытта топтық компенсаторлар жиі жасайды, ал үлкен қуатты сызықтық емес жүктеме үшін – жеке компенсаторлар қолданылады.

Ең маңыздысы компенсатордың тиімді орналасуы, әсіресе өлшеуіш құрылғыларының сұлбаларын қосу орындарын таңдау болып табылады. Компенсаторды түрлендіргішті қосу нүктесінде реактивті қуатты тұрақтандыру мүмкіндігі болатындай етіп орналастыру қажет. Бұл жағдайда қосылған тұтынушылардың жұмыс жағдайы өзгерген кезде энергия жүйесіндегі кернеу ауытқуының шектелуіне қол жеткізіледі.

4.4 Реактивті қуат көздері

Синхронды қозғалтқыштар

АҚ қарағанда синхронды қозғалтқыштардың ең бірінші артықшылығы - ол қоздыру тоғын өзгерту арқылы синхронды қозғалтқыштардағы реактивті қуаттың мәнін өзгертуге болады. Қоздыру тоғының мәніне байланысты реактивті қуатты торапқа жіберуге (асқын қоздырылғанда) және тораптан тұтынуға (қоздырылмағанда) болады.

Электр жетектерінде қолданатын синхронды қозғалтқыштарды озатын токпен $\cos \varphi = 0,9$ күйінде орындайды. Синхронды қозғалтқыштар - реактивті қуатты өтемелеудің ыңғайлы түрі болып табылады. Синхронды қозғалтқыштардың ең жоғарғы қоздыру шегі уақыт ұстанымы кезіндегі ротор орамаларының рұқсат етілген температурамен анықталады. Реактивті қуаттың максималды мәні қозғалтқыштың активті қуат бойынша жүктелуіне k_3 байланысты болады және қозғалтқыштың техникалық берілулеріне

$$Q_{\text{сд.макс}} = K_{\text{п.р.м}} \frac{P_{\text{ном}} \cdot \tan \varphi}{K_{\text{п.д}}} 7$$

мұндағы $P_{\text{ном}}$ -қозғалтқыштың номиналды активті қуаты;
 $K_{\text{п.р.м.}}$ - реактивті қуат бойынша асқын жүктемелік коэффициент;
 $K_{\text{пд}}$ - пайдалы әсер коэффициенті.



4.3– сурет – Синхронды қозғалтқыш

Синхронды қозғалтқыштардың рационалды қоздыру режимін таңдаудағы басты критерий - реактивті қуатты өндіруге кететін активті қуаттың қосымша шығындары.

$$\Delta P_{\text{доп}} = D_1 \frac{Q_{\text{сд}}}{Q_{\text{ном}}} + D_2 \frac{Q_{\text{сд}}^2}{Q_{\text{ном}}^2} = \frac{D_1}{Q_{\text{ном}}} \cdot Q_{\text{сд}} + \frac{D_2}{Q_{\text{ном}}^2} \cdot Q_{\text{сд}}^2$$

мұндағы D_1 және D_2 - қозғалтқыштың параметріне тәуелді есептік коэффициенттер (кестелерде келтіріледі), кВт;

$Q_{\text{сд}}$ - синхронды қозғалтқыш беретін реактивті қуат;

$Q_{\text{ном}}$ - синхронды қозғалтқыштың номиналды қуаты;

$\frac{D_1}{Q_{\text{ном}}}$ және $\frac{D_2}{Q_{\text{ном}}^2}$ - қуаттың меншікті шығындары, кВт/Мвар; кВт/Мвар².

Дипломдық жұмыстың 17 бетінде синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаттарын анықтап, компенсациялық құрылғы ретінде СТД-1000-2УХЛ4 синхронды қозғалтқышы таңдалды.

Синхронды компенсаторлар (СК)

Синхронды өтемелер білігінде жүктемесі жоқ құрылысы жеңілдетілген синхронды қозғалтқыштарға. Олар реактивті өндіру режимінде де (синхронды

өтемелегіштердің асқын қоздырылуы кезінде) және оны тұтыну режимінде де (жеткіліксіз қоздырылуы кезінде) жұмыс істей алады.

Қазіргі уақытта ТМД (СНГ) өндірісі қуаты 5000-160000 кВА-ге жететіндей синхронды өтемелегіштер дайындайды.

Синхронды өтемелегіштер негізінде өндіріс орындарында сирек қолданылады: аудандық БТП-да, ірі электрпештер қондырғыларында. Бұл әдіс өтемелейтін құрылғылардың қуаты жоғары болған кезде тиімді.

Реактивті қуат көзі ретінде қолданған кездегі синхронды өтемелегіштердің артықшылықтары мыналар:

а) тораптағы кернеу төмендеген кезде синхронды өтемелегіштер өндіретін қуат торапта арта береді, ондық реттеуші эффект;

б) өтемеленетін реактивті қуаты болу және автоматты реттеу мүмкіндігі торап жұмысының тұрақтылығын жоғарылатады және тораптың режимдік параметрлерін жақсартады;

в) синхронды өтемелегіштердің қысқа тұйықталу кезінде орамаларының термиялық және электродинамикалық беріктігінің жеткіліктілігі.



4.4– сурет – Синхронды компенсатор

Синхронды өтемелегіштердің кемшіліктеріне жатады:

- 1) бағасының жоғары болуы;
- 2) іске қосудың қиындылығы және эксплуатацияның қиындауы;
- 3) жұмыс кезіндегі шуы;
- 4) активті қуаттың меншікті шығынының анағұрлы жоғары болуы.

Реактивті қуатты өндіруге кететін активті қуаттың шығыны синхронды қозғалтқыштар үшін қолданылатын формуламен анықталады

$$\Delta P = \frac{D_1}{Q_{\text{ном}}} Q_{\text{ск}} + \frac{D_2}{Q_{\text{ном}}^2} Q_{\text{ск}}^2$$

Статикалық конденсаторлар

Өндіріс орындарында реактивті қуатты өтемелеу үшін қолданылатын негізгі құрал күштік конденсаторлар батареялары болып табылады. Статикалық конденсатор құрылғылар бірнеше конденсаторлардан тұрады. Оларды жұмыстық кернеуге және есептік реактивті қуатына байланысты бір-бірімен параллель, тізбектей-параллель немесе тізбектей қосады.

Жұмыста НБК көмегімен реактивті қуаттың өтемақысын ескере отырып, автожөндеу кәсіпорнын электрмен жабдықтау ұсынылған. Жоғарыда 16 бетте зауыт бойынша реактивті қуат есептеліп, УКМ 58-0,4-275-25 батарея конденсаторы таңдалды.

Сондай-ақ, жұмыста 18 бетте БТҚС шинасында реактивті қуатты компенсациялау мақсатында УКРМ-10,5-900 батарея конденсаторынан 2 дана таңдалды.

Өндірістік кәсіпорындарында құрылғылардың реактивті қуатын ЭҚ-қа параллель қосылатын (көлденең өтемелеу) статикалық конденсаторлар көмегімен өтейді. Ал кейбір жағдайларда, атап айтқандай, торап жүктемесі аса тез өзгеретін жағдайларында, мысалы, қорек көзіне доғалық пештер, дәнекерлеу құрылғылары және басқалар қосылғанда конденсаторды тізбектей (тігінен өтелеу) жалғанғаны дұрыс.

Конденсаторлар батареясын 1000В-қа дейінгі және жоғары кернеудегі торапқа қосу үшін, оның ең бірінші шарты ретінде реактивті жүктеме кесірінен болатын активті қуат шығынының төмендігін ескерту қажет.



4.5 –сурет – Реттелмейтин батарея конденсаторлар (НБК)

Бұл жағдайда рұқсат етілетін өтемелер:

а) жеке - конденсатор батареяларын ЭҚ-дың қасында орналастырады. Бұл жағдайда реактивті тоқтан барлық СЭС тораптары жүктемелесізденеді;

б) топтық- конденсатор батареялары цехтардағы күштік қораптарға және шиналық желілерде орналасады. Бұл жағдайда ЭҚ-ға дейінгі торап реактивті тоқтардан жүктемеленбейді;

в) орталықтандырылған конденсатор батареялары 0,38; 6; 10 кВ қосалқы станцияларының шиналарына қосылады, бұл кезде:

1) $U=0,38$ кВ - реактивті тоқтардан қосалқы станцияда трансформаторлар жүктемесізденеді, бірақ төменгі кернеудегі қоректену және тарату тораптары емес;

2) $U=6-10$ кВ - реактивті тоқтардан энергожүйелеріндегі тораптар ғана жүктемесізденеді, ал қосалқы станция трансформаторлары жүктемесізденбейді.

Конденсатор батареяларының артықшылықтары:

1) құрылысының қарапайымдылығы;

2) бағасының анағұрлым төмендігі;

3) материалдардың тапшылық еместігі;

4) активті қуаттың меншікті шығынының аздығы ($DP_{БК}=2,4,5$ кВт/Мвар);

Конденсатор батареясының кемшілігі:

5) торапқа беретін реактивті қуаттың біркелкі автоматты реттелуінің болмауы (тек сатылы реттелу қолданады);

6) өртке қауіптілігі;

7) қалдық зарядтардың бар болуы;

8) жоғарғы гармоника тоқтары мен аса жүктелу қауіптілігі;

9) берілетін реактивті қуат кернеудің квадратына тәуелді $Q=U^2$.

Конденсаторлық қондырғылардың қуатының реттелуін 3 түрде орындауға болады: қолмен, автоматты және диспетчерлік бөлімнен.

Сонымен, жүктеме режимдерін ескермей толық өтемақыға қол жеткізу үшін қуаты әдейі жоғары шунтталатын конденсатор батареясын орнатқан кезде кері әсерге қол жеткізуге болады - желі қуатының қорытынды коэффициентін жол берілмейтін мәндерге дейін төмендетуге болады. Бұл жоғары қуатты конденсатор батареясы қосылған кезде бос режимде жүктеме арқылы желінің белсенді қуатын тұтыну нөлге ұмтылатындығына байланысты. Сондықтан, өтемақы қондырғысын таңдағанда, өтемақы қондырғысын жобалау кезеңінде қуат коэффициентін арттыру бойынша жұмыстарды орындау жоспарланған желінің немесе оның учаскесінің жұмысының көптеген факторларын ескеру қажет.

Сонымен, тұтынушылардың жұмыс режимдері, белсенді және реактивті қуатты тұтыну кестелері, белсенді немесе реактивті қуаттарды шығаратын құрылғылардың, желі учаскесінің қуат коэффициентін өзгертетін құрылғылардың болуы ескерілуі керек. Осы деректер болған кезде және өтемақының белгіленген қажетті деңгейі болған кезде өтемақы құрылғысын есептеу жүргізіледі.

Ең қарабайыр жағдайда, бұл конденсаторлардың статикалық жинағы болуы мүмкін, ол желінің учаскесіне үнемі бірдей көлемде әсер етеді, бірақ мұндай шешімдер аз қолданыла бастайды. Конденсатор батареясының реактивті қуатын автоматты режимде реттеуге болатын реттелетін

компенсаторлық қондырғылар желінің бақыланатын бөлігінде қуат коэффициенті төмендеген кезде сатыларды қосу немесе өшіру арқылы көбірек таралуда.



4.6–сурет – «Өскемен конденсатор зауыты» ЖШС статикалық конденсаторлардың батареялары

Мұндай өтемақының тиімділігі осы құрылғының қай жерде орнатылатындығына байланысты болады. Сонымен, мұндай Компенсаторларды орнатуды реттелетін жетектің шығысында орындау мүмкін емес-оның болуы жиілік пен кернеуді түрлендіру құрылғыларының электрондық компоненттерінің істен шығуы болуы мүмкін. Алайда, компенсаторлық құрылғыларды қашықтан орнату Желі учаскелеріндегі реактивті қуаттың жергілікті шырдарын ескермеуі мүмкін. Реактивті қуатты өтеудің тағы бір кең таралған әдісі - синхронды компенсаторлар-синхронды электр қозғалтқыштарына негізделген құрылғылар. Жалпы алғанда, мұндай құрылғылар бос жүруге арналған жеңіл конструкциялы синхронды қозғалтқыш болып табылады.

Қорытындылай келе, электр қондырғыларының қуат коэффициентін арттыру жөніндегі іс-шараларды іске асыру барлық деңгейдегі тұтынушылардың маңызды және жауапты міндеті болып табылатынын атап өткен жөн. Бұл қазіргі заманғы электр базасы электр энергиясының сапасына көбірек талаптар қоятындығына байланысты және оның тиімділігі желідегі токтардың белсенді және реактивті құрамдас бөліктерінің қатынасына тікелей байланысты болуы мүмкін.

Сондықтан реактивті қуатты өтеудің техникалық және экономикалық тиімді әдісін анықтау үшін көптеген байланысты есептеулер мен зерттеулер жүргізе отырып, осындай іс-шараларды ұйымдастыруға жақындау керек. Сонымен қатар, реактивті қуатты өтеу үшін ең жаңа құралдар мен компоненттерді қолдану әрдайым қажетті мақсатқа жетуге көмектесе бермейді, алайда жалпы ұсыныстарға олардың белгілі бір компенсаторлық құрылғылар мен шаралардың тиімділігін анықтау үшін бастапқы нүктені таңдаудағы басымдығы кіруі керек.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста кәсіпорындарда қуат коэффициентін жақсартуды ескере отырып автомобиль зауытын электрмен жабдықтау схемасы жасалды.

Кернеуі 0,4 кВ цехтардың жарықтандыру, қуат жүктемесін және кернеуі 10 кВ жоғары вольтты жүктемені есептеу жүргізілді. Есептік жүктемелер бойынша цех трансформаторларының оңтайлы саны және цех қосалқы станцияларының ұтымды орналасуы анықталды, саны 8 дана ТСЗУ-1600-10/0,4 цехтық трансформатор таңдалды.

Жұмыста зауыттың сыртқы электрмен жабдықтау схемаларының екі нұсқасы қарастырылған. Олардың ішінен экономикалық және техникалық тұрғыдан ең ұтымдысы таңдалды, бұл электр энергиясы АС-70 маркалы 110 кВ ЭБЖ арқылы берілетін 1 нұсқасы болып табылады. ГПП үшін ТДН-10000/110/10 трансформаторы таңдалды.

Әрі қарай қысқа тұйықталу токтарын есептеу жүргізілді, қысқа тұйықталу токтарын есептеу негізінде келесі коммутациялық-қорғаныс аппаратурасы таңдалды:

- 1) 110 кВ жағындағы ажыратқыштар - ВГТ-110 (У1, УХЛ1);
- 2) 10 кВ жағындағы ажыратқыштар - ВВ/TEL-10-12.5/630 У2;
- 3) Айырғыш - РГ-2-110/1000УХЛ1;

10 кВ кабельдерді таңдау ТП есептік жүктемелері бойынша жүргізілді және қысқа тұйықталу токтары бойынша термиялық төзімділікке тексеріледі. ААШВ-10 типті кабельдер таңдалды.

Өнеркәсіптік кәсіпорындарда қуат коэффициентін жақсарту әдісіне талдау жасалды. Автомобиль зауытында қуат коэффициентін жақсартудың тиімді әдісі ретінде аккумулятордың реактивті қуатын конденсатормен және синхронды қозғалтқышпен өтеу қолданылды.

0,4 және 10 кВ кернеудегі реактивті қуаттың өтемақысы есептелді, оның нәтижелері бойынша әр 0,4 кВ ТП үшін УКМ-58-0,4-275-25 типті конденсаторлардың батареялары таңдалды. Есептер нәтижесі 15-16 бетте анық көрсетілген. Осы есеп арқылы УКМ батарея конденсаторын таңдау себебім шығындарды азайтып, қуат коэффициентін соғұрлым жоғарлату үшін және БТҚС шинасындағы 10 кВ-қа реактивті қуатты компенсациялау мақсатында УКРМ-10,5-900-450 батарея конденсаторының 900-ден 2 данасын таңдадым. Есептеу арқылы таңдаған батарея конденсаторым 18-19 бетте орналасқан.

10 кВ шинадағы электр жүктемесінің есептеу кезінде синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаты анықталып, СТД-1000-2УХЛ4 типті қозғалтқыш қолданылды.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций. Под общей редакцией Немировского А.Е. Учебное пособие// М.: Вологда: Инфра-Инженерия, 2019.
- 2 Сумарокова Л.П. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие. / Л.П. Сумарокова; Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.
- 3 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., Яшков В.А. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.:Высшая школа, 2015.
- 4 Проектирование систем электроснабжения: практикум по курсовому проектированию / сост. Ю. П. Свиридов. – Ульяновск: УлГТУ, 2016.
- 5 Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. – М.: «Кнорус», 2011.
- 6 Щербаков Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях. – М.: «Форум», 2010.
- 7 Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. – М.: «Форум-Инфра-М», 2010.
- 8 Кудрин Б.И. Системы электроснабжения. – М.: «Академия», 2011.
- 9 Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. – М.: «ИД ФОРУМ-ИНФРА-М», 2010.
- 10 Правила устройства электроустановок Республики Казахстан. – Алматы, 2012.
- 11 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. РД 34 РК. 20/03.501/202-04. – Астана, 2014.
- 12 Руководящие указания по Вычисление токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98. – Москва «Издательство НЦ ЭНАС» 2012.
- 13 Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов.-М.: «Академия», 2012.
- 14 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Том 2. /Под общ. ред. А.А.Федорова; □ М: Энергоатомиздат, 2014.
- 15 Л.Д.Рожкова, В.С.Козулин. Электрооборудование станций и подстанций. 3-е издание, переработанное и дополненное; М: Энергоатомиздат, 2017.
- 16 СТ КазННТУ – 09 – 2023. Учебная работа. Общие требования к структуре, оформлению, изложению и содержанию текстовых и графических материалов.+