

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

Сағымбек Аружан Есенбекқызы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесінде (ЭЖЖ) шунттаушы
реакторларды қолдану

5В071800 – Электр энергетикасы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі
PhD, ассистент-профессор
Е.А.
Сарсенбаев
Институт энергетика
и машиностроения

«25» 05 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесінде (ЭЖЖ)
шунттаушы реакторларды қолдану»

5B071800 – «Электр энергетикасы»

Орындаған: Сағымбек А.Е.

Пікір беруші
PhD, ассистент-профессор
Ж.Ж.Калиев
НИ және кеңес
бөлімшесі
(қолы)
Управление HR
и кадрами
«25» 05 2022 ж.

Ғылыми жетекші
Сениор-лектор
Р.Ш.Абитаева
(қолы)
«24» 05 2022 ж.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
24.05.2022

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD, ассистент-профессор

Е.А. Сарсенбаев

«31» 01 2022 ж.



**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Сағымбек А.Е.

Тақырыбы: Кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесінде (ЭЖЖ) шунттаушы реакторларды қолдану

Университет ректорының 2021 жылғы «24» желтоқсандағы №489-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2022 жылғы «01» маусым.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) 110/35/10кВ ЭБЖ мен қосалқы станциясың жобалау

б) ЭБЖ параметрлеріне есептеу жүргізу

в) Трансформаорларды есептеп, таңдау

г) Шунттаушы реакторлар бойынша баяндама

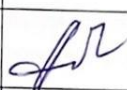
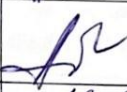

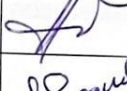
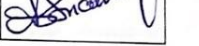
Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 13 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
110/35/10кВ ӘБЖ мен қосалқы станциясың жобалау	25.03.2022	жоқ
ӘБЖ параметрлеріне есептеу жүргізу	06.04.2022	жоқ
Трансформаторларды есептеп, таңдау	12.05.2022	жоқ
Шунттаушы реакторлар бойынша есептеулер	25.05.2022	жоқ

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
ӘБЖ жобалау	Абитаева Р., сениор-лектор.	25.03.2022	
ӘБЖ параметрлерін есептеу	Абитаева Р., сениор-лектор.	06.04.2022	
Трансформаторларды есептеп, таңдау	Абитаева Р., сениор-лектор.	12.05.2022	
Әр түрлі жүйе бойынша шығындарды есептеу	Абитаева Р., сениор-лектор.	23.05.2022	
Норма бақылаушы	Бердібеков А., сениор-лектор	23.05.2022	

Ғылыми жетекші
(колы)



Р.Ш. Абитаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы
(колы)



А.Е. Сағымбек

Күні

"12.03" наурыз 2022 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс әуе электр желісіндегі шығындарды азайтуға бағытталған электр энергиясын беру әдістері қарастырылды. Атап айтқанда, шунттаушы реакторларды пайдалану қарастырылды. Трансформаторлық типтегі басқарылатын шунттаушы реактор келесі функцияларды орындау үшін 35...500 кВ жоғары кернеулі электр желілерін қосалқы станцияларға орнатуға арналған:

- желілер мен қосалқы станциялардың жабдықтарын реактивті қуаттан түсіру және олардағы шығындарды азайту мақсатында реактивті қуатты баяу жылдам реттейтін;

- қосалқы станция шиналарындағы кернеуді тұрақтандыру.

Дипломдық жұмыста әуе электр желілерінің және 110/35/10 кВ қосалқы станция трансформаторларының параметрлері есептелді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматриваются способы наилучшего распределения электрической энергии, в частности, были рассмотрены использование шунтирующих реакторов. Управляемый шунтирующий реактор трансформаторного типа (УШРТ) является одним из видов управляемых реакторов и предназначен для установки на подстанциях линий электропередач высокого напряжения 35...500 кВ для реализации следующих функций:

- плавного быстродействующего регулирования реактивной мощности с целью разгрузки оборудования сетей и подстанций от реактивной мощности и снижения потерь в них;

- стабилизации напряжения на шинах подстанции.

В дипломной работе проведен расчет параметров воздушной линий электропередач и подстанций 110/35/10 кВ.

ABSTRACT

In this thesis, the methods of the best distribution of electrical energy are considered, in particular, the use of shunt reactors was considered. A transformer-type controlled shunt reactor is one of the types of controlled reactors and is designed to be installed at substations of 35...500 kV high voltage power lines to implement the following functions:

- smooth high-speed regulation of reactive power in order to unload the equipment of networks and substations from reactive power and reduce losses in them;
- voltage stabilization on substation tires.

In the thesis, the parameters of overhead power lines and substations of 110/35/10 kV were calculated.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Қарасай аудандық электр торабы	8
2	Электр тораптарын жобалау	9
2.1	Электр беріліс желісінің схемаларын құру	9
2.2	Электр беріліс желісінің номиналды кернеуін таңдау	10
2.3	Қосалқы станцияларда күштік трансформатордың типін таңдау	11
2.4	Трансформаторлардың кедергілерін және шығындарын есептеу	13
2.5	Тұйықталған жүйенің торап учаскілеріндегі қуат таралуын есептеу	16
2.6	Тұйықталған жүйе үшін қиманы анықтап параметрлерін есептеу	17
2.7	Тұйықталған жүйе үшін желінің жұмыс режимдерінің анализі мен есептеулері	22
2.8	Тұйықталған жүйе үшін желілер мен трансформаторлардың қуат шығындары	23
2.9	Тұйықталған жүйенің минималды режим кезіндегі трансформаторлардың кедергілерін және шығындарын есептеу	33
2.10	Тәж шарты бойынша қиманы тексеру	30
2.11	Технико- экономикалық есептеулер	31
2.12	Тұйықталған жүйе үшін экономикалық шығындар	32
2.13	Тұйықталмаған жүйе үшін экономикалық шығындар	35
3.1	Шунттаушы реакторлар	38
3.1.1	Шунттаушы реакторларды орнату	40
3.1.2	Қалыпты режимде реакторларды таңдау	41
3.1.3	Ішкі аса кернеуліктен қорғау шартына сәйкес реакторлардың қосылу тәсілі мен орналастырылуы	43
	Қорытынды	52
	Қолданылған әдебиеттер тізімі	53

КІРІСПЕ

Әуе электр беріліс желілері (ӘЖ) – электр жүйесінің бір бөлігі, құрамына қосалқы станциялар және әр түрлі кернеулі кабель және әуе желілері кіреді. Генерациялайтын қуаттардың, электр беру бойынша қуат ағындарының өсуі және энергия жүйелерінің күрделенуі берілетін қуат шектерін арттыруды, қуат тербелістерін демпферлеуді, желідегі кернеуді ұстап тұруды, қуат ағындарын қайта бөлуді қамтамасыз ететін құрылғылар мен жүйелерге барлық жаңа талаптарды қояды. Бұл келесі жағдайларға байланысты:

- орнықтылық шарттары бойынша шектелетін жүйе құраушы байланыстардың өткізу қабілетін арттыру қажеттілігімен (техникалық-экономикалық салыстырулар кейбір жағдайларда жаңаларын салуға қарағанда, қолданыстағы желілердің өткізу қабілетін арттыру тиімдірек екенін көрсетеді);

- жүйелердегі шығындардың өсуі және сақиналық құрылымдарды қалыптастыру процесінде, сондай-ақ әртүрлі номиналды кернеу желілерін параллель қосу арқылы электр желілерін пайдалану тиімділігінің төмендеуі көбінесе желінің өткізу қабілеттілігін төмендетеді, ал төменгі кернеу желілері жиі шамадан тыс жүктеледі, бұл электр энергиясының жоғалуына әкеледі.

Бұл проблемалар бүкіл әлемде, атап айтқанда біздің мемлекетте бұрыннан пайда болды, сондықтан үлкен энергетикалық бірлестіктердің қалыптасуы кезінде осы кемшіліктерді жою үшін әрдайым шаралар қабылданды. Атап айтқанда, энергетикалық бірлестіктер жүйелерінде Қазақстанда қағидаттар әзірленді және синхронды генераторлардың қозуын (АРВ) автоматты реттеуді (оның ішінде күшті әрекетті) кеңінен енгізу жүзеге асырылды, бұл генераторлардың ішкі кедергілерінің оларға іргелес айналымы ток желісінің өткізу қабілеттілігіне әсерін ішінара немесе толығымен жоюға мүмкіндік берді. Сондай-ақ, жоғары кернеулі ӘЖ-ге коммутацияланатын реакторларды орнату, сондай-ақ синхронды компенсаторларды орнату арқылы жүзеге асырылатын реактивті қуатты көлденең реттеу принциптері тұжырымдалды. Соңғы уақытта оларға қосымша статикалық тиристорлық компенсаторлар (СТК) және басқарылатын шунттаушы реакторлар (БШР) реактивті қуатты өтеудің реттелетін құрылғылары ретінде пайдаланылады.

Дәстүрлі конструкцияның шунттаушы реакторлары (ШР) жоғары вольтты желілердің зарядтау қуаттылығын өтеуді қамтамасыз етеді, ӘЖ бір жақты қосылу және ажырату кезінде коммутациялық асқын кернеулерді шектейді, бір ретті АПВ цикліндегі қысқа тұйықталу доғасының сөндірілуіне ықпал етеді. Бұл салыстырмалы түрде аз шығындармен (0,3%) сипатталатын және реактивті қуатты өтеу құрылғыларының ішіндегі ең аз есептелген құрылғылар.

1 Қарасай аудандық электр торабы

Қарасай аудандық электр торабы - электр желі және кернеуі 110/35/6-10/0,4 кВ қосалқы станциясымен жұмыс жасайтын электр желілік компаниясы, электр энергиясын тұтынушыларға дейінгі тарату мен жеткізу қызметтерін көрсетеді.

Бұл кәсіпорынның құрамында бірнеше аудандық электр торабы бар.

Негізгі атқаратын қызметі: тарату және жеткізу қызметі.

Желілермен қосалқы станциялардың барлық түрлеріне қызмет көрсету (трансформаторлық қосалқы станция, таратушы құрылғылар, релелік қорғаныс және автоматтандыру).

Техникалық қызмет көрсету (диагностика, қалпына келтіру жұмыстан шығып қалған қондырғыларды, жарамсыз қондырғыларды алмастыру, жөндеу), авариялық, капиталдық ремонт электр қондырғыларын, өлшеу аппараттарын жөндеу.

Қарасай электр желісіндегі қосалқы станциялардың сипаттамалары.

Қарасай аудандық қосалқы станциясы Бостандық қосалқы станциясынан 110 кВ кернеумен қоректенеді жалпы ұзындығы – 15км.

Қарасай аудандық электр желілері эксплуатацияға және электр желілерінің 110/35/10 кВ қосалқы станцияларын, 0,4/-10-35 кВ желілердің және 10/0,4 кВ КТП трансформаторларын жөндеу жұмыстары үшін берілген.

Желілік ауданынан қоректенетін қосалқы станциялары: 35/10 кВ.

Жалпы қуаты – 10 МВА.

КТП 10/0,4 кВ жалпы саны – 28 дана, (сонымен бірге, НОМ-35).

Трансформатор элегазды ажыратқыштармен қорғалған, Т-5 110/35 кВ 10 000 кВА трансформатор қойылған, КРУН 10 кВ.

Қосалқы станция құрылымы:

Күштік трансформаторы бар ашық ОРУ-35 кВ тарату құрылғысы,

35 кВ желі жағынан элегазды ажыратқышпен қорғалған. КРУН-10 кВ 15 ұяшықты және 7 шықпалы фидері бар. Қосалқы станция 2 секциялы шиналы және әрбір шина секциясында СН және НТМИ ұяшықтары бар.

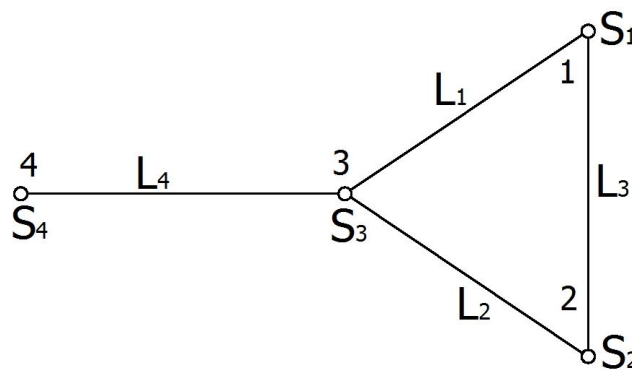
Күштік трансформаторлы ашық ОРУ-35 кВ тарату құрылғысы бар Трансформатор қорғанысы 35 кВ желі жағынан элегазды ажыратқышпен қорғалған, 35 кВ шиналар арасында СМВ-35 кВ орнатылған. КРУН-10 кВ 21 ұяшықты. 2004 жылы Т-1 күштік трансформаторы алмастырылды. 2007 жылы ТМН-2500/35 трансформаторы ТМН-2500/35 Т-2 жаңа трансформатормен алмастырылды.

2 Электр тораптарын жобалау

2.1 Электр беріліс желісінің схемаларын құру

Әртүрлі объектілерінің жұмыс істеу жағдайларының алуан түрлілігі олардың электрмен жабдықтау схемасының алуан түрлі болуына себепші болады. Тұтынушылардың қоректену схемалары энергия көзінің қашықтығына, берілген ауданның электрэнергетика жабдықтаудың жалпы схемасына, тұтынушылардың территориялық орналасуымен олардың қуатына, сенімділіген қойылатын талаптарға және т.б. тәуелді.

Желі схемасы мен конфигурациясының (пішім үйлесімділігі) таңдап алу өте күрделі, өйткені желі сенімділік, үнемділік, пайдалануға қойылатын, қауіпсіздіктерімен даму мүмкіндігін шарттарын қанағаттандыру тиіс.



$$L=15+3+5+8=31\text{км}$$

2.1-сурет - Тұйықталған жүйедегі электр беріліс желісінің схемасы

Осы дипломдық жұмыста мен тұйықталған схеманы қарастырамын. 2.1-суретте көрсетілген қарастыратынымыз осындай схема болып келеді. Бізге, экономикалық жағынан тиімді және тұтынушыларға электр қуатын үзіліссіз таратуды қамтамасыз ету, электр энергияны аймақтарға сенімді және тиімді тарату басты мақсат болып келеді. Осыған байланысты бізге ең тиімді сұлба таңдау басты шарттардың біріне кіреді. Қарапайым тұйықталған желілер айналмалы желілер болып келеді. Олар бір ғана контур құрайды. Оның артықшылығы желінің бір учаскесі үзілгенде желі басқа учаскіден қоректену береді, яғни жоғары дәрежеде тұтынушыларға электр таратудың сенімділігі. Сонымен қатар қуаттың аз шығындары. Қоректену көзі электрстанция немесе жүйеге қосылған қосалқы станцияның шиналары ретінде болып келеді.

Номиналды кернеуі 110 кВ болатындай тұйықталған электр беріліс желілерінен, төрт қосалқы станциясыдан тұратынды, сәйкесінше олардың ұзындықтары $l_{4-3}=15$, $l_{3-1}=3$, $l_{1-2}=8$, $l_{3-2}=5$ (км). Қосалқы станциялардың максималды жүктемелері $S_3=5,5+j2,64$, $S_1=4+j1,98$, $S_2=2+j0,96$ (МВА).

Максималдық жүктеменің жылдық сағаты $T_{max}=5100$ сағ. Қуат коэффициенті $\cos\varphi=0,88$. Минималды жүктеме кезіндегі жүктеме 40(%) пайыз. Мұзқату ауданы II болады. Жобаны тұйықталған және тұйықталмаған жүйеде жасау қажет.

2.2 Электр беріліс желісінің номиналды кернеуін таңдау

Желінің номинал кернеуін таңдау күрделі технико-экономикалық есеп болып табылады. Ол көптеген факторларға байланысты. Мысалы, кернеуінің мәні төмен желі жабдықтарының және құрылыстарының құны аз болады. Кернеудің ұлғаюына байланысты қуат және энергия шығындары азаяды, электрлік желіні дамыту жағдайлары жақсарады. Сол үшін Г.А. Илларионов формуласын қолданамыз.

Электр торабын даму жобалауы кезінде бір уақытта электр торабының конфигурациясы сұрағымен оның номиналды кернеуін таңдауы туралы сұрақ шешіледі. Электр тораптарының номиналды кернеу ұзындықтарының шкаласы МЕСТ 721-77 анықталған және келесідей кернеу қатарын құрастырады:

0,38; 3; 6; 10; 20; 35; 110; 150; 220; 330; 500; 750; 1150 кВ

Бөлек сызықты электр беріліс желісінің номиналды кернеуі ең алдымен екі параметрлі функциямен: желімен таратылатын P қуат, және де сол қуат таратылатын L қашықтыққа. Соған байланысты желінің номиналды кернеуін табудың, әр түрлі авторлармен ұсынылған бірнеше эмпирикалық формулалары болады. Мен өзімнің дипломдық жұмысымда Илларионов формуласына жүгіндім. Себебі, осы формула кернеуі 35-тен 750 кВ-қа дейін номиналды кернеудің барлық шкаласына қанағаттандырылған нәтиже береді. Г.А. Илларионов формуласы бойынша номиналды кернеуі осы формула бойынша анықталады:

$$U = \frac{1000}{\sqrt{500/L + 2500/P}} \text{ кВ}, \quad (2.1)$$

мұндағы U -желідегі кернеу, кВ;

S -толық қуат, МВА;

l -желінің ұзындығы, км;

P -активті қуат, кВт.

$$U = \frac{1000}{\sqrt{500/3 + 2500/4}} = 35,54 \text{ кВ},$$

$$U = \frac{1000}{\sqrt{500/5 + 2500/2}} = 27,218 \text{ кВ},$$

$$U = \frac{1000}{\sqrt{500/15 + 2500/11,5}} = 63,17 \text{ кВ}.$$

Одан әрі желінің номиналды кернеуін 110/35 кВ аламыз, кернеуді анықтаған соң, желінің активті және реактивті қуаттарын табамыз, біздің жағдайда активті қуат бізге белгілі

$$S_H = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (2.2)$$

мұндағы P - активті жүктеме, кВт;
 Q – реактивті жүктеме, квар.

2.3 Қосалқы станцияларда күштік трансформатордың типін таңдау

Күштік трансформаторлардың типін және қуатын анықтау
 Қосалқы станция үшін:

$$S_{тр} \geq \frac{S_H}{1,4}, \quad (2.3)$$

мұндағы, S_H – толық жүктеме, МВА.

Трансформаторлардың қуаты мен санын, төмендету қосалқы станцияларында келесі принцип бойынша таңдайды: егер, екі трансформаторлы қосалқы станция қолданса, онда трансформатордың қуаты келесі шартпен таңдалады:

$$S_H = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (2.4)$$

мұндағы P_H – активті жүктеме, МВт;
 Q_H – реактивті жүктеме, Мвар.
 S_{mp} – трансформатордың қуаты, МВА.

Қосалқы станциялардағы жүктеме мен номиналды кернеу бойынша таңдалады

№1 қосалқы станция үшін

$$S_{H1} = \sqrt{4^2 + 1,98^2} = 4,463 \text{ МВА},$$

$$S_{\text{тр1}} \geq \frac{4,463}{1,4} = 3,124 \text{ МВА.}$$

2.1- кестеде №1,2 қосалқы станциялар үшін таңдалған [2] ТМН – 4000/35, ТМН – 2500/35 типті трансформаторлардың параметрлері көрсетілген.

2.1-кесте - Таңдалған трансформаторлардың параметрлері

S _{НОМ} , МВА	Орамдағы кернеу, кВ		Активті шығындар, кВт		I _x %	U _к , %
	ВН	НН	P _x	P _к		
4	35	10,5	5,7	33,5	1	7,5
2,5	35	10,5	4,3	23,5	1	6,5
10	115	11	15	58	0,75	10,5

№2 қосалқы станция үшін

$$S_{\text{Н2}} = \sqrt{2^2 + 0,96^2} = 2,21 \text{ МВА,}$$

$$S_{\text{тр2}} \geq \frac{2,21}{1,4} = 1,55 \text{ МВА.}$$

№3 қосалқы станция үшін

$$S_{\text{3ан}} = \sqrt{5,5^2 + 2,64^2} = 6,1 \text{ МВА,}$$

$$S_{\text{тр3а}} \geq \frac{6,1}{1,4} = 4,27 \text{ МВА,}$$

$$S_{\text{3Н}} = S_{\text{3ан}} + S_{\text{2Н}} + S_{\text{1Н}} = 6,1 + 2,21 + 4,63 = 12,77 \text{ МВА,}$$

$$S_{\text{тр3}} \geq \frac{12,77}{1,4} = 8,94 \text{ МВА,}$$

2.2 - кестеде №3 қосалқы станция үшін таңдалған [2] ТМН – 10000/110 типті трансформатордың параметрлері көрсетілген.

2.2-кесте - ТДТН-10000/110 типті трансформатордың параметрлері

$S_{\text{НОМ}},$ МВА	Орамдағы кернеу, кВ			Активті шығындар, кВт		$I_x\%$	$U_k, \%$		
	ВН	СН	НН	P_x	P_k		ВН	СН	НН
10	115	38,5	11	17	76	1	10,5	17,5	6,5

№4 қосалқы станция үшін

$$S_{4Н} = S_{3на} + S_{2Н} + S_{1Н} = 6,1 + 2,21 + 4,63 = 12,77 \text{ МВА},$$

$$S_{\text{тр}4} \geq \frac{12,77}{1,4} = 8,94 \text{ МВА},$$

2.1 - кестеде №4 қосалқы станция үшін таңдалған [2] ТДН – 10000/110 типті трансформатордың параметрлері көрсетілген.

2.4 Трансформаторлардың кедергілерін және шығындарын есептеу

Трансформаторлардың активті және реактивті қуатын шығындарын келесі формула арқылы табамыз:

Трансформатордың активті меншікті кедергісі, Ом.

$$r_{\text{тр}} = \frac{P_k \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{ТРН}}^2} \text{ Ом}, \quad (2.5)$$

мұндағы $U_{\text{Н}}$ – желінің номиналды кернеуі, кВ;

ΔP_k – трансформатордың қысқа тұйықталу кезіндегі активті шығын, кВт;

Трансформатордың реактивті меншікті кедергісі, Ом.

$$x_{\text{тр}} = \frac{U_k \cdot U^2}{100 \cdot S_k} \text{ Ом}, \quad (2.6)$$

$$\Delta Q = \frac{I_x \cdot S_{\text{ТРН}}}{100 \cdot S_k} \text{ Ом}, \quad (2.7)$$

мұндағы ΔP_{xx} – трансформатордың бос жүріс кезіндегі активті шығын, кВт;

ΔQ_{xx} – трансформатордың бос жүріс кезіндегі реактивті шығыны, квар;

I_x – трансформатордағы бос жүріс тоғы, %.

$$\Delta P_{тр} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot r_{тр}, \text{ МВт} \quad (2.8)$$

$$\Delta Q_{тр} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot x_{тр} \text{ МВар}, \quad (2.9)$$

мұндағы U_H – желінің номиналды кернеуі, кВ;

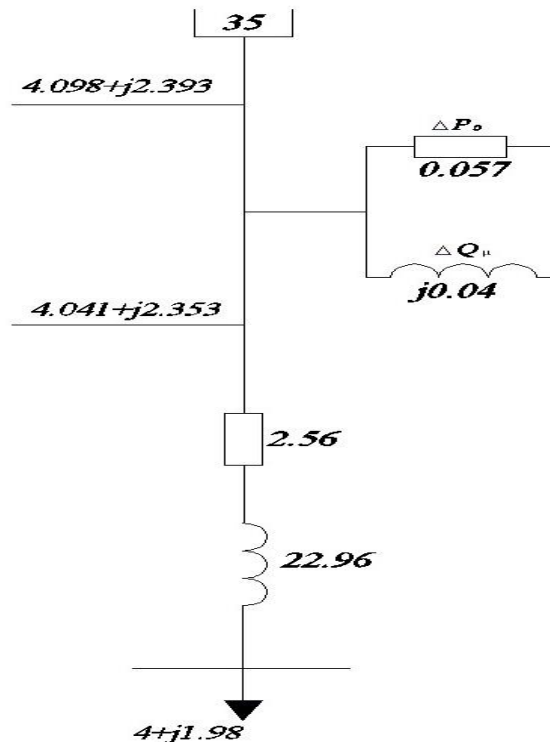
$r_{тр}$ – трансформатордың активті меншікті кедергісі, Ом;

$x_{тр}$ – трансформатордың реактивті меншікті кедергісі, Ом.

№1 қосалқы станция үшін

Трансформатор типі: ТМН-4000/35/10 екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы 2.3 – суретте көрсетілген.

Параметрлері:



2.3 – сурет - Екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы

$$r_{тр} = \frac{0,0335 \cdot 35^2}{4^2} = 2,55 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{тр}} = \frac{7,5 \cdot 35^2}{100 \cdot 4} = 22,95 \text{ Ом},$$

$$\Delta Q_{\text{xx}} = \frac{1 \cdot 4}{100} = 0,04 \text{ МВар},$$

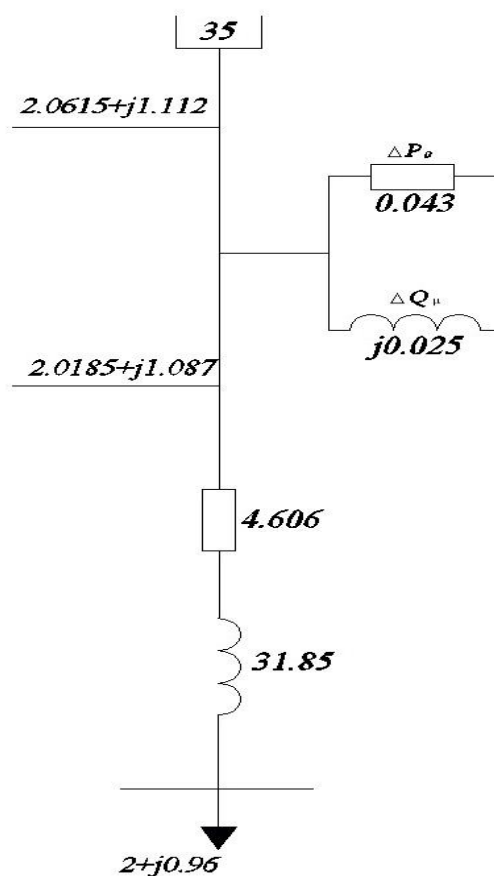
$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{4^2 + 1,98^2}{35^2} \cdot 2,55 = 0,041 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \frac{4^2 + 1,98^2}{35^2} \cdot 22,95 = 4,22 \text{ МВар}.$$

№2 қосалқы станция үшін

Трансформатор типі: ТМН-2500/35/10 екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы 2.4 – суретте көрсетілген.

Параметрлері:



2.4-сурет - Екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы

$$r_{\text{тр}} = \frac{0,0235 \cdot 35^2}{2,5^2} = 4,60 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{тр}} = \frac{6,5 \cdot 35^2}{100 \cdot 2,5} = 31,85 \text{ Ом},$$

$$\Delta Q_{\text{xx}} = \frac{1 \cdot 2,5}{100} = 0,025, \text{ МВар},$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{2^2 + 0,96^2}{35^2} \cdot 4,60 = 0,0185 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \frac{2^2 + 0,96^2}{35^2} \cdot 31,85 = 0,127 \text{ МВар}.$$

2.5 Тұйықталған жүйенің торап учаскілеріндегі қуат таралуын есептеу

Жобалаудың басында желінің бөліктеріндегі кедергі белгісіз болғандықтан, желілердегі қуат ағынының шамасы жуық мәндермен анықталады. Радиалды желінің басындағы бөліктеріндегі қуат жекелеген тұтынушылардың қосындысымен анықталады. Тұйықталған электр беріліс желісінің схемасы 2.5-суретте көрсетілген, сол желі үшін қуаттың таратылуын барлық бөліктердегі қима бірдей деп алып, екі жақты қоректендіретін желі сияқты анықталады:



2.5-сурет - Электр беріліс желісінің схемасы

Торап учаскілеріндегі кернеу мәнін таңдап, өтетін ток пен өткізгіш қимасын есептеу мақсатында қуат таралуын алдын – ала есептелінеді:

$$S_{3-1} = \frac{S_1 \cdot (l_2 + l_3) + S_2 \cdot l_2}{l_1 + l_2 + l_3} \text{ МВА}, \quad (2.10)$$

$$S_{3-1} = \frac{4 + j1,98 \cdot (5 + 8) + (2 + j0,96) \cdot 5}{3 + 5 + 8} = 3,87 + j1,9 \text{ МВА},$$

$$S_{3''-2} = \frac{S_2 \cdot (l_1 + l_3) + S_3 \cdot l_1}{l_1 + l_2 + l_3} \text{ МВА}, \quad (2.11)$$

$$S_{3''-2} = \frac{2 + j0,96 \cdot (3 + 8) + (4 + j1,98) \cdot 3}{3 + 5 + 8} = 2,13 + j1,04 \text{ МВА},$$

$$S_{1-2} = S_2 - S_{3-1} \text{ МВА}, \quad (2.12)$$

$$S_{1-2} = 4 + j1,98 - 3,87 + 1,9 = 0,13 + j0,08 \text{ МВА}.$$

2.6 Тұйықталған жүйе үшін қиманы анықтап параметрлерін есептеу

Желінің әрбір учаскесі бойынша токтарды анықтаймыз, ол желінің қуаты мен кернеуі арақатынасы арқылы табылады:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H}, A \quad (2.13)$$

Желілердегі токтар:

$$I_1 = I_{3-1} = \frac{\sqrt{3,87^2 + 1,9^2}}{\sqrt{3} \cdot 35} = 70 \text{ A},$$

$$I_3 = I_{1-2} = \frac{\sqrt{0,13^2 + 0,08^2}}{\sqrt{3} \cdot 35} = 2 \text{ A},$$

$$I_2 = I_{3''-2} = \frac{\sqrt{2,13^2 + 1,04^2}}{\sqrt{3} \cdot 35} = 39 \text{ A},$$

$$I_4 = I_{4-3} = \frac{\sqrt{11,5^2 + 5,58^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} = 67 \text{ A}.$$

Желілердегі есептік ток:

$$I_p = I_n \cdot \alpha_i \cdot \alpha_T, A, \quad (2.14)$$

мұндағы I -желідегі ток, А;

j - токтың экономикалық тығыздығы [1].

$$I_{1p} = I_1 = 0,07 \cdot 1 \cdot 1 = 70 \text{ A},$$

$$I_{2p} = I_2 = 0,039 \cdot 1 \cdot 1 = 39 \text{ A},$$

$$I_{3p} = I_3 = 0,002 \cdot 1 \cdot 1 = 2 \text{ A},$$

$$I_{4p} = I_4 = 0,067 \cdot 1,05 \cdot 1,2 = 75 \text{ A}.$$

Токтың экономикалық тығыздығына байланысты қиманы анықтаймыз [3]:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (2.15)$$

мұндағы $j_{\text{ЭК}}$ – ты анықтамадан аламыз, [1] ол ($j_{\text{ЭК}}=1 \text{ A/мм}$) тең.

Сонымен болатты алюминилі, яғни АС маркалы сымды таңдадым [2], олар төмендегі 2.3 - кестеде көрсетілген.

$$S_{\text{ЭК1}} = \frac{70}{1} = 70 \text{ мм}^2, \quad \text{АС} - 70/72,$$

$$S_{\text{ЭК2}} = \frac{39}{1} = 39 \text{ мм}^2, \quad \text{АС} - 50/8,$$

$$S_{\text{ЭК3}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ мм}^2, \quad \text{АС} - 50/8,$$

$$S_{\text{ЭК3}} = \frac{75}{1,2} = 62,5 \text{ мм}^2, \quad \text{АС} - 95/16.$$

2.3 – кесте - Таңдалған сымның берілгендері

Желі	Ұзындығы, км	Кернеуі, кВ	Маркасы	Тоғы, кА	Меншікті кедергісі, Γ_0 Ом/км
L ₁	3	35	АС-70/72	0,07	0,428
L ₂	5	35	АС-50/8	0,039	0,603
L ₃	8	35	АС-50/8	0,002	0,603
L ₄	15	110	АС-95/16	0,075	0,321

Кернеуі 110 кВ біртізбекті әуе беріліс желісінің салыстырмалы параметрлерін анықтаймыз. Маркасы АС 95/16 үш сымға фаза жарылуы мен фаза сымдарының бірдейжақты үшбұрыштың төбесінде орындалған. Желі порталды металл бағандарында жарылу фаза ортасының арақашықтығы 5м горизонтальмен орнатылған.

Желінің салыстырмалы параметрлерін анықтау.

Сымның арасындағы орта геометриялық арақашықтық осыған тең, [1]. 35 кВ кернеу үшін:

$$D_{\text{орт}} = 3,56\text{м},$$

110 кВ кернеу үшін:

$$D_{\text{орт}} = 5\text{м},$$

Участіктер бойынша желінің параметрлерін анықтаймыз.

Желінің активті кедергісін келесі формула арқылы есептейміз

$$R = r_0 \cdot l, \text{ Ом}, \quad (2.16)$$

мұндағы r_0 – меншікті активті кедергі, Ом/км;

l – желінің ұзындығы, км.

Желінің реактивті кедергісін келесі формула арқылы есептейміз

$$x_0 = 0,144 \cdot \log \left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым}}} \right) + 0,0157, \quad (2.17)$$

$$X = x_0 \cdot l, \text{ Ом}, \quad (2.18)$$

Желінің реактивті өткігіштігін келесідей есептеледі

$$b_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg(D_{\text{орт}}/r_{\text{сым}})}. \quad (2.19)$$

$$B_0 = b_0 \cdot l, \quad (2.20)$$

мұндағы

x_0 – меншікті реактивті кедергі, Ом/км;

b_0 – меншікті реактивті өткігіштік, См/км;

$D_{\text{орт}}$ – сымның орташа диаметрі, мм;

$r_{\text{сым}}$ – сымның радиусы, мм.

Желінің соңындағы зарядтық қуатты келесі формуламен есептеледі

$$Q_c = U_{\text{ном}}^2 \cdot B, \text{ МВар}, \quad (2.21)$$

Желідегі қуат шығындары

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot R, \text{ МВт}, \quad (2.22)$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot X, \text{ МВар}, \quad (2.23)$$

I₃₋₁ участка үшін L1 желісі:

СЫМ маркасы: АС-70/72

Параметрлері:

$$r_0 = 0.428 \text{ Ом /км,}$$

$$R = 0,428 \cdot 3 = 1,28 \text{ Ом,}$$

$$x_0 = 0,144 \cdot \log\left(\frac{3560}{7,7}\right) + 0,0157 = 0,4 \text{ Ом/км,}$$

$$X = 0,4 \cdot 3 = 1,2 \text{ Ом,}$$

$$b_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg(3560/7,7)} = 2,84 \cdot 10^{-6} \text{ См/км,}$$

$$B_0 = 2,84 \cdot 10^{-6} \cdot 3 = 8,52 \cdot 10^{-6} \text{ См/км,}$$

$$Q_c = 35^2 \cdot 8,52 \cdot 10^{-6} = 0,010 \text{ МВар,}$$

$$\Delta P = \frac{3,87^2 + 1,9^2}{35^2} \cdot 1,28 = 0,019 \text{ МВт,}$$

$$\Delta Q = \frac{3,87^2 + 1,9^2}{35^2} \cdot 1,2 = 0,018 \text{ МВар.}$$

I₃₋₂ участка үшін L2 желісі:

СЫМ маркасы: АС-50/8

Параметрлері:

$$r_0 = 0,603 \text{ Ом /км,}$$

$$R = 0,603 \cdot 5 = 3 \text{ Ом,}$$

$$x_0 = 0,144 \cdot \log\left(\frac{3560}{4,8}\right) + 0,0157 = 0,429 \text{ Ом/км,}$$

$$X = 0,49 \cdot 5 = 2,1 \text{ Ом,}$$

$$b_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg(3560/4,8)} = 2,64 \cdot 10^{-6} \text{ См/км,}$$

$$B_0 = 2,64 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 13,2 \cdot 10^{-6} \text{ См/км,}$$

$$Q_c = 35^2 \cdot 13,2 \cdot 10^{-6} = 0,016 \text{ МВар},$$

$$\Delta P = \frac{2,13^2 + 1,04^2}{35^2} \cdot 3 = 0,013 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q = \frac{2,13^2 + 1,04^2}{35^2} \cdot 2,1 = 0,009 \text{ МВар}.$$

I₁₋₂ участок үшін L3 желісі:

СЫМ маркасы: АС-50/8

Параметрлері:

$$r_0 = 0,603 \text{ Ом /км},$$

$$R = 0,603 \cdot 8 = 6,32 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0,144 \cdot \log\left(\frac{3560}{4,2}\right) + 0,0157 = 0,437 \text{ Ом/км},$$

$$X = 0,437 \cdot 8 = 3,49 \text{ Ом},$$

$$b_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg(3560/4,2)} = 2,59 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$

$$B_0 = 2,59 \cdot 10^{-6} \cdot 8 = 20,7 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$

$$Q_c = 35^2 \cdot 20,7 \cdot 10^{-6} = 0,025 \text{ МВар},$$

$$\Delta P = \frac{0,13^2 + 0,08^2}{35^2} \cdot 6,32 = 0,12 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q = \frac{0,13^2 + 0,08^2}{35^2} \cdot 3,49 = 0,06 \text{ кВар}.$$

I₄₋₃ участок үшін L4 желісі:

СЫМ маркасы: АС-95/16

Параметрлері:

$$r_0 = 0,306 \text{ Ом /км},$$

$$R = 0,308 \cdot 15 = 4,59 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0,144 \cdot \log\left(\frac{3560}{6,75}\right) + 0,0157 = 0,428 \text{ Ом/км},$$

$$X = 0,428 \cdot 15 = 6,42 \text{ Ом},$$

$$b_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg(3560/6,75)} = 2642 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$

$$B_0 = 2,642 \cdot 10^{-6} \cdot 15 = 39,63 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$

$$Q_c = 110^2 \cdot 39,63 \cdot 10^{-6} = 0,479 \text{ МВар},$$

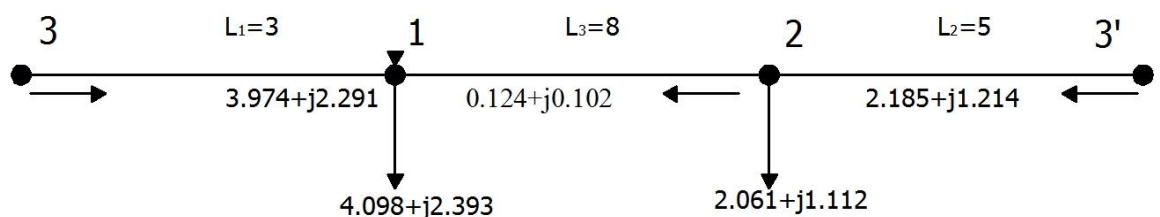
$$\Delta P = \frac{11,5^2 + 5,58^2}{110^2} \cdot 4,59 = 0,061 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q = \frac{11,5^2 + 5,58^2}{110^2} \cdot 6,42 = 0,086 \text{ МВар}.$$

2.7 Тұйықталған жүйе үшін желінің жұмыс режимдерінің анализі мен есептеулері

Жобалаудың басында желінің бөліктеріндегі кедергі белгісіз болғандықтан, қуаттың шамасы жуық мәндермен анықтылыды. Радиальды желінің басындағы бөліктеріндегі қуат жекелеген тұтынушылардың қосындысымен анықталады, ол 2.4-суретте электр беріліс желісінің схемасы көрсетілген.

Тұйықталған желі үшін қуаттың таратылуын барлық бөліктердегі қима бірдей деп алып, екі жақты қоректендірілетін желі сияқты анықталады.



2.4 – сурет - Электр беріліс желісінің схемасы

$$P_A = \frac{\sum P \cdot l}{\sum l} \text{ МВт}, \quad (2.24)$$

$$P_A = \frac{4,098 \cdot (5 + 8) + 2,061 \cdot 5}{5 + 3 + 8} = 3,974 \text{ МВт},$$

$$Q_A = \frac{\sum Q \cdot l}{\sum l} \text{ МВар}, \quad (2.25)$$

$$Q_A = \frac{2,393 \cdot (5 + 8) + 1,112 \cdot 5}{\sum l} = j2.291 \text{ МВар},$$

мұндағы, l – желінің ұзындығы, км.

$$P'_A = \frac{\sum P' \cdot l}{\sum l} \text{ МВт}, \quad (2.26)$$

$$P_A = \frac{2,061 \cdot (3 + 8) + 4,098 \cdot 3}{5 + 3 + 8} = 2,185 \text{ МВт},$$

$$Q'_A = \frac{\sum Q' \cdot l}{\sum l} \text{ МВар}, \quad (2.27)$$

$$Q_A = \frac{1,112 \cdot (3 + 8) \cdot 2,393 \cdot 3}{5 + 3 + 8} = j1,214 \text{ МВар},$$

$$P_A + P'_A = 3,974 + 2,185 \text{ МВт},$$

$$Q_A + Q'_A = 2,291 + 1,112 \text{ МВар},$$

$$S_{1-2} = P'_A - Q'_A - S_2 \text{ МВА}, \quad (2.28)$$

$$S_{1-2} = 2,185 + j1,214 - 2,061 + j0,112 = 0,124 + j0,102 \text{ МВА}.$$

2.8 Тұйықталған жүйе үшін желілер мен трансформаторлардың қуат шығындары

Электр беріліс желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы 2.7 – суретте көрсетілген.

№1 ҚС) ТРДН-4000/35/10 – $4,098 + j2,393$,

№2 ҚС) ТРДН-40000/110 – $2,061 + j1,112$.

L_1 - желісіндегі шығындар

$$\Delta P = \frac{3,974^2 + 2,291^2}{35^2} \cdot 1,28 = 0,0219 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q = \frac{3,974^2 + 2,291^2}{35^2} \cdot 1,2 = 0,0206 \text{ МВар.}$$

L₂- желісіндегі шығындар

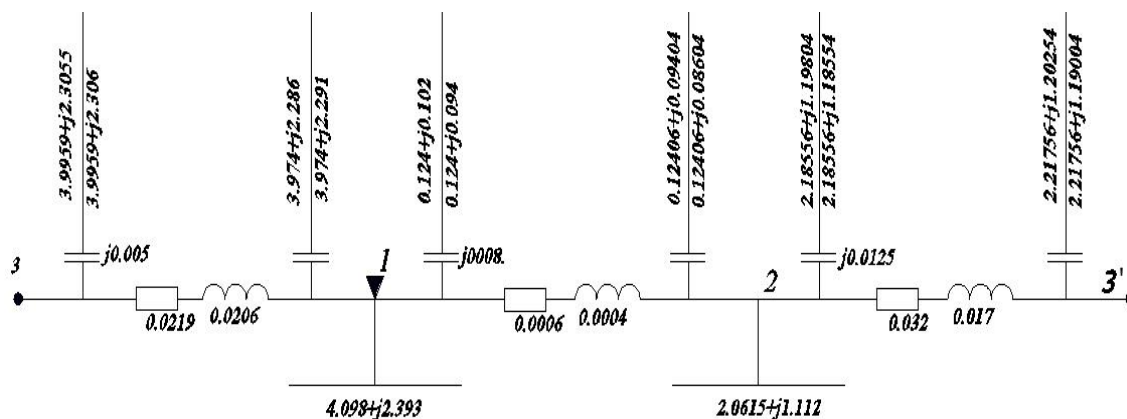
$$\Delta P = \frac{2,185^2 + 1,214^2}{35^2} \cdot 6,32 = 0,032 \text{ МВт,}$$

$$\Delta Q = \frac{2,185^2 + 1,214^2}{35^2} \cdot 3,49 = 0,017 \text{ МВар.}$$

L₃- желісіндегі шығындар

$$\Delta P = \frac{0,124^2 + 0,102^2}{35^2} \cdot 3 = 0,00006 \text{ МВт,}$$

$$\Delta Q = \frac{0,124^2 + 0,102^2}{35^2} \cdot 2,1 = 0,000044 \text{ МВар.}$$



2.7-сурет - Электр беріліс желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы

№3 қосалқы станция үшін

Трансформатор типі: ТДТН-10000/110 үш орамды трансформатордың алмастыру схемасы 2.8 – суретте көрсетілген.

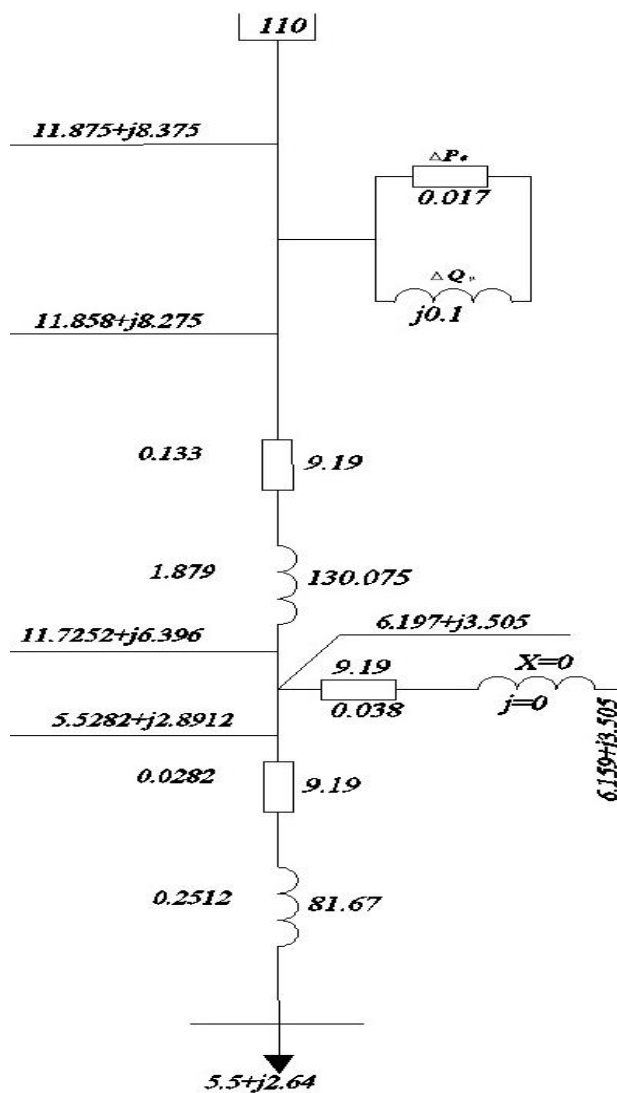
Параметрлері:

$$S_{\text{BH}} = P_{3-1} + Q_{3-1} + P_{3-2} + Q_{3-2} + S_3 \text{ МВА,} \quad (2.29)$$

$$S_{BH} = 3,995 + j2,305 + 2,217 + j1,190 + 5,5 + j2,64 = 11,712 + j6,135 \text{ MBA},$$

$$S_{CH} = P_{3-1} + Q_{3-1} + P_{3-2} + Q_{3-2} \text{ MBA}, \quad (2.30)$$

$$S_{CH} = 3,995 + j2,305 + 2,217 + j1,190 = 6,212 + j3,495 \text{ MBA}.$$



2.8-сурет - Үш орамды трансформатордың алмастыру схемасы

$$U_{KBH} = \frac{10,5 + 17,5 - 6,5}{2} = 10,75,$$

$$U_{КСН} = \frac{10,5 + 6,5 - 17,5}{2} = 0,$$

$$U_{\text{кНН}} = \frac{17,5 + 6,5 - 10,5}{2} = 6,75,$$

$$r_{\text{тр}} = \frac{0,076 \cdot 110^2}{10^2} = 9,19 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{трВН}} = \frac{10,5 \cdot 110^2}{100 \cdot 10} = 130,075 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{трНН}} = \frac{6,75 \cdot 110^2}{100 \cdot 10} = 81,67 \text{ Ом},$$

$$\Delta Q_{\text{xx}} = \frac{1 \cdot 10}{100} = 0,1 \text{ МВар},$$

$$\Delta P_{\text{трВН}} = \frac{11,712^2 + 6,135^2}{110^2} \cdot 9,19 = 0,133 \text{ МВт},$$

$$\Delta P_{\text{трСН}} = \frac{6,212^2 + 3,495^2}{110^2} \cdot 9,19 = 0,038 \text{ МВт},$$

$$\Delta P_{\text{трНН}} = \frac{5,5^2 + 2,64^2}{110^2} \cdot 9,19 = 0,028 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\text{трВН}} = \frac{11,712^2 + 6,135^2}{110^2} \cdot 130,075 = 1,879 \text{ МВар},$$

$$\Delta Q_{\text{трСН}} = \frac{6,212^2 + 3,495^2}{110^2} \cdot 0 = 0 \text{ МВар},$$

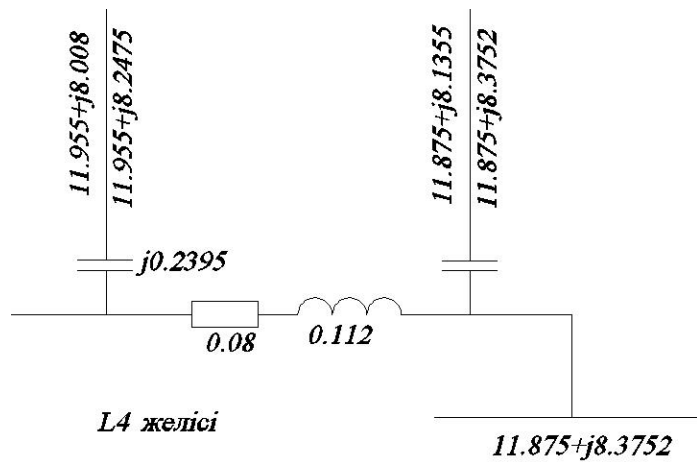
$$\Delta Q_{\text{трНН}} = \frac{5,5^2 + 2,64^2}{110^2} \cdot 81,67 = 0,25 \text{ МВар}.$$

L₄- желісіндегі шығындар

2.9-суретте L₄ электр берілісі желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы көрсетілген.

$$\Delta P = \frac{11,875^2 + 8,375^2}{110^2} \cdot 4,59 = 0,08 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q = \frac{11,875^2 + 8,375^2}{110^2} \cdot 6,42 = 0,112 \text{ МВар}.$$



2.9-сурет - Электр беріліс L₄ желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы

№4 қосалқы станция үшін

Трансформатор типі: ТДН-10000/110 екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы 2.10 – суретте көрсетілген.

Параметрлері:

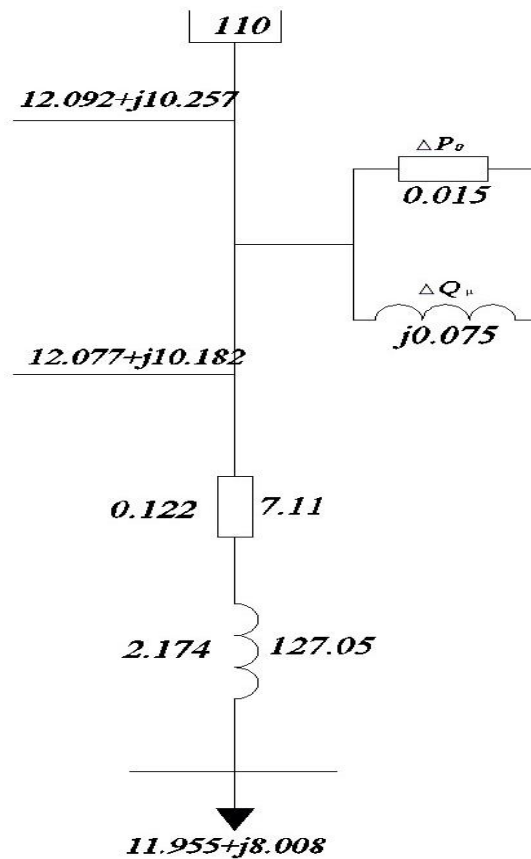
$$r_{\text{тр}} = \frac{0,058 \cdot 110^2}{10^2} = 7,11 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{тр}} = \frac{10,5 \cdot 110^2}{100 \cdot 10} = 127,05 \text{ Ом},$$

$$\Delta Q_{\text{xx}} = \frac{0,75 \cdot 10}{100} = 0,075 \text{ МВар},$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{11,955^2 + 8,008^2}{110^2} \cdot 7,11 = 0,122 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \frac{11,955^2 + 8,008^2}{110^2} \cdot 127,05 = 2,174 \text{ МВар}.$$



2.10 – сурет - Екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы

2.9 Кернеу шығындарын есептеу

Максималды режим кезінде желінің бойлық және көлденең шығындарын есептеу

$$U_{\max} = 110 \text{ кВ},$$

Желінің бойлық шығынын елесі формула арқылы анықтаймыз:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + jQ \cdot X}{U_{\text{ном}}} \text{ кВ}, \quad (2.31)$$

мұндағы U – шинадан шығатын кернеу.

Желінің көлденең шығынын келесі формула арқылы табады:

$$\delta U = \frac{P \cdot X - jQ \cdot R}{U_{\text{ном}}} \text{ кВ}, \quad (2.32)$$

$$U_i = U_i - \Delta U - j\delta U \text{ кВ}, \quad (2.33)$$

I₃₋₁ участок үшін L1 желісі:

$$AC - 70/72$$

$$\Delta U_1 = \frac{3,974 \cdot 1,28 + 2,291 \cdot 1,2}{38,5} = 0,2035 \text{ кВ},$$

$$\delta U_1 = \frac{3,974 \cdot 1,2 - 2,291 \cdot 1,28}{38,5} = j0,047 \text{ кВ},$$

$$U_1 = 38,5 - 0,2035 - j0,047 = 38,295 - j0,047 \text{ кВ},$$

$$U_1 = \sqrt{38,295^2 + (-0,047^2)} = 38,296 \text{ кВ}.$$

I₃₋₂ участок үшін L2 желісі:

$$AC - 50/8$$

$$\Delta U_2 = \frac{2,185 \cdot 3 + 1,214 \cdot 2,1}{38,5} = 0,236 \text{ кВ},$$

$$\delta U_2 = \frac{2,185 \cdot 2,1 - 1,214 \cdot 3}{38,5} = j0,0245 \text{ кВ},$$

$$U_2 = 38,5 - 0,236 - j0,0245 = 38,264 - j0,0245 \text{ кВ},$$

$$U_2 = \sqrt{38,264^2 + (-0,0245^2)} = 38,264 \text{ кВ}.$$

I₁₋₂ участок үшін L3 желісі:

$$AC - 50/8$$

$$\Delta U_2 = \frac{0,124 \cdot 6,32 + 0,102 \cdot 3,49}{38,5} = 0,0296 \text{ кВ},$$

$$\delta U_2 = \frac{0,124 \cdot 3,49 - 0,102 \cdot 6,32}{38,5} = -j0,0055 \text{ кВ},$$

$$U_2 = 38,5 - 0,0296 - j0,0055 = 38,4704 - j0,005 \text{ кВ},$$

$$U_2 = \sqrt{38,4704^2 + (0,0055^2)} = 38,4704 \text{ кВ}.$$

I₄₋₃ участок үшін L4 желісі:

$$AC - 95/16$$

$$\Delta U_2 = \frac{11,875 \cdot 4,59 + 8,3752 \cdot 6,42}{115} = 0,942 \text{ кВ},$$

$$\delta U_2 = \frac{11,875 \cdot 6,42 - 8,3752 \cdot 4,59}{115} = j0,328 \text{ кВ},$$

$$U_2 = 115 - 0,942 - j0,328 = 114,058 - j0,328 \text{ кВ},$$

$$U_2 = \sqrt{114,058^2 + (-0,328^2)} = 114,058 \text{ кВ}.$$

2.10 Тәж шарты бойынша қиманы тексеру

Бастапқы критериялық кернеулік.

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_{\text{СЫМ}}}}\right) \text{ кВ/см}, \quad (2.34)$$

Сымның бетіндегі кернеулік.

$$E = \frac{0,354 \cdot U_{\text{НОМ}}}{0,77 \cdot \log \cdot \left(\frac{U_{\text{ОПТ}}}{r_{\text{СЫМ}}}\right)} \text{ кВ/см}, \quad (2.35)$$

$$0,9 \cdot E_0 \geq 1,07 \cdot E \text{ кВ/см} \quad (2.36)$$

АС – 50/8

Маркалы сым үшін.

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{0,48}}\right) = 35,569 \text{ кВ/см},$$

$$E = \frac{0,354 \cdot 38,5}{0,77 \cdot \log \cdot \left(\frac{3560}{0,48}\right)} = 7,336 \text{ кВ/см},$$

$$32,012 \geq 7,85 \text{ кВ/см},$$

АС – 50/8

Маркалы сым үшін.

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{0,42}}\right) = 35,56 \text{ кВ/см},$$

$$E = \frac{0,354 \cdot 38,5}{0,77 \cdot \log \cdot \left(\frac{3560}{0,42}\right)} = 7,33 \text{ кВ/см},$$

$$32,004 \geq 7,843 \text{ кВ/см},$$

АС – 70/72

Маркалы сым үшін.

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{0,77}}\right) = 33,312 \text{ кВ/см},$$

$$E = \frac{0,354 \cdot 115}{0,77 \cdot \log \cdot \left(\frac{5000}{0,77}\right)} = 13,87 \text{ кВ/см},$$

$$29,9808 \geq 14,84 \text{ кВ/см}.$$

2.11 Техника-экономикалық есептеулер

Негізгі мақсат, Қазақстан Республикасындағы электр энергия нарығының даму шартына байланысты кернеуі 110/35/10 кВ болатын қосалқы станциясының қызметінің тиімділігін бағалау былай жүргізіледі:

- аймақта тұтынушыларды электр энергиясымен қамтамасыз етуді сенімді әрі тиімді қамту;
- энергетикалық нарығының субъектілері арасындағы екі жақты келісім шартты жедел жасаудың тиімді нұсқасын таңдау әрі негіздеу;
- электр энергия шығындарын азайту шараларын жүзеге асыру және таңдау;

Энергетикалық компанияның жеке жақтарының қызметін сипаттайтын тиімділік жүйесінің көрсеткіші, оның менеджментінің сапасына жан-жақты баға беруге мүмкіндік береді. Осындай баға компанияның басшылығына қалай қажет болса, электр энергиясын қолданушыларға да, реттеуші органдарға да, қоғамдық топтарға (экология қорғаушыларына) да және сыртқы инвесторларға да сондай қажет.

Тиімділік үш негізгі блокқа бөледі:

- нәтижелілік аймақтық компаниялардың өндірістік-инновациялық қызметі және қолданушылармен өзар іс-қимылы;
- үнемділік (экономикалық тиімділік) - өнімнің өзіндік құны, қор қайтарылымы және өндірістік қуат пен қондырғыларды тиімді қолданудың басқа да көрсеткіштерін бағалау;

- пайдалылық (қаржы тиімділігі) – қорытындылық пен үнемділіктен басқа сыртқы ортамен компаниялардың өзара іс-қимылы факторына байланысты компанияның, қаржы қызметінің қорытынды көрсеткішінің анықталуы.

Технико-экономикалық көрсеткіштерге ең алдымен жобаның арзандылығы, электр энергияны таратудың жоғары сенімділігі және обектінің өзі мен оның кейбір бөліктерінің ұзақ эксплуатациясы, желінің номиналды кернеуінің шамасы, сымға кететін түсті металлдардың шығыны.

2.4 – 2.5 – 2.6 – кестелерде сымдардың бағасы және қосалқы станциялардың бағалары келтірілген [2]. Желінің толық құнын және желінің объектілеріне кететін күрделі салымдарын есептейміз.

Желіні жөндеуге және қызмет етуге, амортизацияға кететін толық жылдық шығындарды және желідегі электр энергия шығындарын компенсациялауға кететін шығындарды есептейміз. Сонымен қатар қуаттың максималды шығын уақыты мен электрэнергияның жылдық шығынын есептейміз.

2.12 Тұйықталған жүйе үшін экономикалық шығындар

Таңдалған сымдардың алғашқы берілгендері мен бағалары 2.4 кестеде көрсетілген.

2.4-кесте - Таңдалған сымдардың берілгендері мен бағаларының берілгендері

Желі	Ұзындығы км	Кернеуі кВ	Маркасы	Тірек түрі	Бағасы
L ₁	3	35	АС-70/72	Біртізбекті болат	14
L ₂	5	35	АС-50/8		7,2
L ₃	8	35	АС-50/8		7,2
L ₄	15	110	АС-95/16		16,4

$$K_{л} = K_{л1} + K_{л2} + K_{л3} + K_{л4} \text{ млн. тг.} \quad (2.37)$$

Алдымен желінің толық құнын есептейміз, ол желінің ұзындығы мен желінің сым бағасы арақатынасы арқылы есептеледі:

$$K_{л} = \sum K_0 \cdot l \text{ млн. тг,} \quad (2.38)$$

мұндағы $K_{л1}$ - желінің толық құны,
 K_0 - желінің құны, тг;
 l - желінің ұзындығы, км.

$$K_L = (14 \cdot 3 + 7,2 \cdot 5 + 8 \cdot 7,2 + 16,4 \cdot 15) \cdot 500 = 181,5 \text{ млн. тг.}$$

Көпірлік ажыратқышты бар қосалқы станциясылары.

Таңдалынып алынған трансформатордың бағаларының берілгендері 2.5 кестеде келтірілген.

2.5-кесте - Таңдалған трансформатордың бағаларының берілгендері

Қосалқы станциясы	Трансформатор типі	Бағасы
№1	ТМН-4000/35	100
№2	ТМН-2500/35	60
№3	ТДТН-10000/110	180
№4	ТДН-10000/110	180

$$K_{\text{ПС}} = K_{\text{ПС1}} + K_{\text{ПС2}} + K_{\text{ПС3}} + K_{\text{ПС4}} \text{ млн. тг,} \quad (2.39)$$

мұндағы $K_{\text{ПС}}$ – қосалқы станцияның толық бағасы.

$$K_{\text{ПС}} = (60 + 100 + 180 + 180) \cdot 500 = 260 \text{ млн. тг,}$$

$$K = K_{\text{ПС}} + K_L \text{ млн. тг,} \quad (2.40)$$

$$K = 181,5 + 260 = 441,5 \text{ млн. тг.}$$

Эксплуатациялық шығындар.

$$I_T = I_{\text{ПС}} + I_L + I_{\Delta W} \text{ млн. тг} \quad (2.41)$$

Желіні жөндеуге және қызмет етуге, амортизацияға кететін толық жылдық шығындарды келесідей есептейміз

$$I_L = \frac{\alpha_a + \alpha_b}{100} \cdot K_L \text{ млн. тг,} \quad (2.42)$$

мұндағы $\alpha_a=2,4$ [1]; $\alpha_b=0,4$ [1];

$$I_L = \frac{2,4 + 0,4}{100} \cdot 181,5 = 5,082 \text{ млн. тг.}$$

Желідегі электр энергия шығындарын компенсациялауға кететін шығындарды келесі формула арқылы есептейміз.

$$I_{\text{пс}} = \frac{\alpha_a + \alpha_p}{100} \cdot K_{\text{пс}} \text{ млн. тг,} \quad (2.43)$$

мұндағы $\alpha_a=2$; [1]
 $\alpha_p=6,4$. [1]

$$I_{\text{пс}} = \frac{2 + 6,4}{100} \cdot 260 = 21,84 \text{ млн. тг.}$$

Қуаттың максималды шығын уақытын келесі формула арқылы есептейміз:

Максималдық жүктеменің жылдық сағаты $T_{\text{max}}=5000$ сағ.

$$\tau = \left(0,124 + \frac{5000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 3411 \text{ сағ,}$$

$$W_{\Delta w} = \Delta W_{\Delta l} + \Delta W_{\Delta \text{пс}} \quad (2.44)$$

Қуаттың максималды шығын уақытын есептейміз:

$$\Delta W_l = \Delta P_l \cdot \tau \quad (2.45)$$

Электр энергияның жылдық шығынын келесідей формуламен есептейміз:

$$\Delta W_{l1} = 21,9 \cdot 3411 = 74700,9 \text{ кВт,}$$

$$\Delta W_{l2} = 32 \cdot 3411 = 109152 \text{ кВт,}$$

$$\Delta W_{l3} = 0,06 \cdot 3411 = 204,66 \text{ кВт,}$$

$$\Delta W_{l4} = 80 \cdot 3411 = 272880 \text{ кВт,}$$

$$\Delta W_l = \Delta W_{l1} + \Delta W_{l2} + \Delta W_{l3} + \Delta W_{l4} \text{ кВт,} \quad (2.46)$$

$$\Delta W_l = 74700,9 + 109152 + 204,66 + 272880 = 456937,56 \text{ кВт,}$$

Қосалқы станциядағы қуат шығыны.

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}}} = n \cdot P_{\text{ХХ}} \cdot 8760 + \frac{1}{n} \cdot P_{\text{К}} \cdot \left(\frac{S_p}{S_n}\right)^2 \cdot \tau, \text{ кВт} \cdot \text{сағ}, \quad (2.47)$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}1}} = 2 \cdot 5,7 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 33,5 \cdot \left(\frac{4,463}{4}\right)^2 \cdot 3411 = 170997,569 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}2}} = 2 \cdot 4,3 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 23,5 \cdot \left(\frac{2,21}{2,5}\right)^2 \cdot 3411 = 106896,17 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}3}} = 2 \cdot 17 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 76 \cdot \left(\frac{13,22}{10}\right)^2 \cdot 3411 = 524439,851 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}4}} = 2 \cdot 15 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 76 \cdot \left(\frac{14,389}{10}\right)^2 \cdot 3411 = 467605,182 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}0}} = \Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}1}} + \Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}2}} + \Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}3}} + \Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}4}} \text{ кВт} \cdot \text{сағ} \quad (2.48)$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}0}} = 170990,3 + 106656,2 + 524439,8 + 467605,2 = 1269691,5 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}}} = \Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}0}} + \Delta W_{\text{I}} \text{ кВт} \cdot \text{сағ} \quad (2.49)$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}}} = 456937,56 + 1269691,52 = 1726629,08 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\beta = 14 \frac{\text{тг}}{\text{кВт}} \cdot \text{сағ},$$

$$I_{\Delta W} = \Delta W_{\Delta W} \cdot \beta \text{ млн. тг} \quad (2.50)$$

$$I_{\Delta W} = 1726629,08 \cdot 14 = 24,173 \text{ млн. тг},$$

$$I = 5,082 + 21,84 + 24,173 = 51,095 \text{ млн. тг}.$$

Бір жылдық келтірілген шығындарды есептейміз

$$Z_i = p_{\text{H}} \cdot \sum K + I \text{ млн. тг} \quad (2.51)$$

$$Z_i = 0,12 \cdot 441,5 + 51,095 = 104,075 \text{ млн. тг},$$

2.13 Тұйықталмаған жүйе үшін экономикалық шығындар

Таңдалған сымдардың берілгендері мен бағаларының берілгендері 2.6 кестеде көрсетілген.

2.6-кесте - Таңдалған сымдардың берілгендері мен бағаларының берілгендері

Желі	Ұзындығы	Кернеуі	маркасы	тірек түрі	Бағасы, млн.тг
L ₁	3 км	35	АС-50/8	Екігізбекті болат	14
L ₂	5 км	35	АС-35/6,2		10
L ₄	15 км	110	АС-70/72		24,6

$$K_{л} = (14 \cdot 3 + 10 \cdot 5 + 24,6 \cdot 15) \cdot 500 = 230,5 \text{ млн. тг,}$$

$$K_{пс} = (60 + 100 + 180 + 180) \cdot 500 = 260 \text{ млн. тг,}$$

$$K = 230,5 + 260 = 490,5 \text{ млн. тг.}$$

Эксплуатациялық шығындар.

$$И_{л} = \frac{2,4 + 0,4}{100} \cdot 230,5 = 6,454 \text{ млн. тг,}$$

Желідегі электр энергия шығындарын компенсациялауға кететін шығындарды келесі формула арқылы есептейміз мұндағы $\alpha_a=2$; $\alpha_p=6,4$.

$$И_{л} = \frac{2,4 + 6,4}{100} \cdot 260 = 21,84 \text{ млн. тг,}$$

Қуаттың максималды шығын уақытын есептейміз:

Электр энергияның жылдық шығынын келесідей формуламен есептейміз:

$$\Delta W_{l1} = 16 \cdot 3411 = 56622,26 \text{ кВт,}$$

$$\Delta W_{l2} = 8,8 \cdot 3411 = 30016,8 \text{ кВт,}$$

$$\Delta W_{l4} = 56 \cdot 3411 = 191016 \text{ кВт,}$$

$$\Delta W_l = 56622,26 + 30016,8 + 191016 = 277655,4 \text{ кВт.}$$

Қосалқы станциядағы қуат шығыны.

$$\Delta W_{\Delta W_{пс1}} = 2 \cdot 5,7 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 33,5 \cdot \left(\frac{4,463}{4}\right)^2 \cdot 3411 = 170997,569 \text{ кВт} \cdot \text{сағ,}$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}2}} = 2 \cdot 4,3 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 23,5 \cdot \left(\frac{2,21}{2,5}\right)^2 \cdot 3411 = 106896,17 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}3}} = 2 \cdot 17 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 76 \cdot \left(\frac{13,192}{10}\right)^2 \cdot 3411 = 523400,248 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}4}} = 2 \cdot 15 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 58 \cdot \left(\frac{14,068}{10}\right)^2 \cdot 3411 = 458564,9 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}0}} = 170990,317 + 106656,17 + 523400,3 + 458564,9 = \\ = 1259618,88 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\Delta W_{\text{ПС}}} = 1259618,887 + 277655,4 = 1537274,287 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$I_{\Delta W} = 1537274,287 \cdot 14 = 21,522 \text{ млн. тг},$$

$$I = 6,454 + 21,84 + 21,522 = 49,816 \text{ млн. тг}.$$

1 жылдық келтірілген шығындарды есептейміз

$$З_i = 0,12 \cdot 490,5 + 49,816 = 108,676 \text{ млн. тг}.$$

Қорыта келгенде, экономикалық есептеу жүргізген кезде, тиімдісі тұйықталған жүйе схемасын қолданған тиімді болғандықтан, тұйықталған жүйені тандап, ал схемасы 2.1 – суретте көрсетілген.

3 Шунттаушы реакторлар

Реакторлар қысқаша тұйықталу тогын шектеу мен кернеуді сүйемелдеу үшін арналған. Реактор өзін үлкен индуктивті орауышпен және кіші активті кедергісімен ұсынады. Реактор орауыштардың индуктивтілігі орамалардан өтетін тоққа тәуелді болмайды, сол үшін реакторларды болатты өзекшелерден орнындамайды.

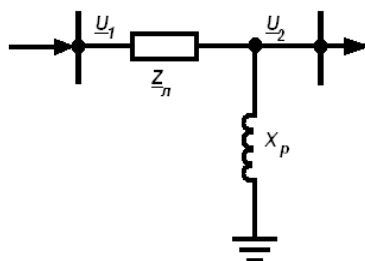
Кернеуі 1 кВ-тан жоғары желілерде тоқшектеуші, жерлендіруші және шунттаушы реакторлар қолданады.

Тоқшектеуші реакторлар РБА, РБАМ, РБАС, РБАСМ сериялы – бетонды, алюминилі орамамен, кіші шығындармен, қосараланған, құрғақ, тоқшектеуші, ауамен салқындату; ҚТ тоғын шектеуге арналған; оларды кернеуі 6 – 10 кВ жабық тарату құрылғыларында қолданады.

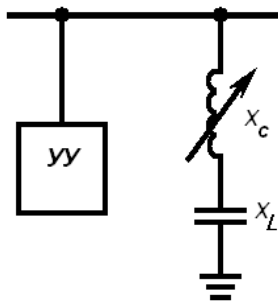
Жерлендіргіш реакторлар. Бірфазалы майлы жерлендіргіш реакторлар тоқтың жерге компенсациялауы үшін қызмет етеді (доғасөндіруші орауыштар). Реакторлар РЗДСОМ – бірфазалы, жерлендіргіш, доғасөндіруші, ПБВ құрылғысының көмегімен сатылы реттеу, номиналды кернеу 35 кВ-ке дейін, біркелкі шарттарда және тропикалық климаты кезде, желіден бірфазалы тоқпен жұмыс істейді, жер мен нейтраль (бейтарап) арасында қосылады.

Шунттаушы реакторлар майлы, кернеуі 10, 24, 35, 110, 330, 500, 750 кВ электр беріліс желілерінде реактивті қуатты компенсациялау үшін арналған. Салқындату майлы, мәжбүрлікпен ауаны айналып жүруімен, майды табиғи айналуымен және мәжбүрлікпен ауаны және майды айналып жүруімен.

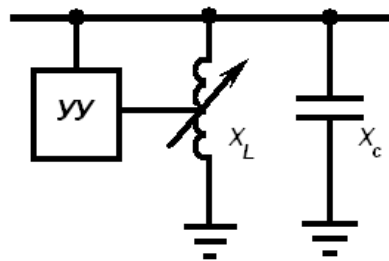
Шунттаушы реакторларды кернеу мен реактивті қуатты реттеу үшін қолданылады. Реактор – бұл статикалық электро-магниттік құрылғы, оның индуктивтілігін электрлік тізбекте қолдану үшін арналған. Реактордың активті кедергісінің белсенділігі өте аз. Шунттаушы реакторлар 35-750 кВ кернеуге есептелген және олар қалай желіге қосылса (3.1-сурет), дәл солай қосалқы станцияның шиналарына қосылуы мүмкін.



3.1-сурет - Реактордың желіге қосылу кезіндегі алмастыру сұлбасы



3.2-сурет - Реттелмейтін конденсатор батареясы x_c мен басқарылатын реактордың x_L тізбектей жалғанудың принципіалды схемасы. УУ – басқару құрылғысы



3.3-сурет - Реттелмейтін конденсатор батареясы x_c мен басқарылатын реактордың x_L параллельді жалғанудың қосылуының принципіалды схемасы

Реактор реактивті қуатты тұтынады, ұзындық аймағында оның электромагниттік сипаттамасы кернеу квадратынан тәуелді болады:

$$Q_P = b_P U^2, \quad (3.1)$$

мұндағы, b_P – реактордың индуктивті өткізгіштігі.

Шунттаушы реакторлар реттелетін және реттелмейтін болып бөлінеді. Басқару жағдайынан қарасақ басқарылмайтын реактор екі дискреттік жағдайлармен сипатталады: соған байланысты номиналды реактивті қуат Q_P «қосу» жағдайында тұтынылады $Q_{P.ном}$ немесе оған таяу кезде, «сөндіру» жағдайы сонда $Q_P=0$ болады. Қосалқы станциялардың жоғарғы кернеу шиналарында шунттаушы реакторлардың қосылу кезінде ауытқулардың рұқсат етілу жағдайы, тұтынылатын реактивті қуат $Q_{P.ном}$ (0,8÷1,1) аралығында өзгеруі керек.

Реттелетін немесе басқарылатын реакторлар тұтынылатын реактивті қуатты басқару сигналдары арқылы өзгертеді, кернеу мен реактивті қуатты реттеу тиімдірек болады. Магниттелу көмегі арқасында реакторды басқару оның параметрлерін өзгерту нәтижесінде жүзеге асырылады. Осындай

магниттелуді тек қана реактор арқылы басқаруға болады, ферромагниттік материалдан болуы мүмкін.

Магниттелудің бірнеше түрі болады. QR басқарылатын реактордың басқару аумағы оның конструкциясы мен кернеуге тәуелдігімен анықталады. Магниттелу реакторларын жоғарғы гармоника сүзгілерінде қолданады, сонымен қатар электр тораптарында кернеудің тербелуіне тиімді шек қоюшы болып келеді. Қазіргі күні магниттелу реакторлары мен лайықты реттегіштердің жұмыс режимін автоматты басқару жұмыстары жақсарту және тәжірибелі-өнеркәсіптік қанау сатысында жүргізіліп жатыр.

Шунттаушы реакторлардан басқа, электрэнергетикалық жүйелерде ҚТ тоғына шек қоятын тоқшектеуші реакторлар мен жерге сыйымдылық тоғын компенсациялауға арналған жерлендіргіш реакторларды қолданылады. магнитті сымы бар болған кезде.

Статикалық реактивті қуат көздері (РҚК) бір қалыпты генерация (реттелетін) немесе реактивті қуатты тұтыну үшін арналған, реттелмейтін конденсатор батареялардың қолдануымен және оған тізбектей немесе параллель қосылған реттелетін реактор РҚК жетіледі (3.2,3.3,-суреттер). Реактивті қуатты РҚК бірқалыпты реттеу қарқыны басқару құрылғысына кіретін реттелетін тиристор блогі арқылы жүзеге асырылады. РҚК сұлбалары әр түрлі және олар реактивті қуатты өндіруге немесе тұтынуға мүмкіндік береді (сұлбаның режимі мен түріне тәуелді болуына).

Реактивті қуат пен кернеуді реттеудің ең үлкен назары статикалық РҚК-ның БК-мен параллельді жалғануы және басқарылатын реакторлармен ұсынылады. Осындай құрылғының сұлбасы 3.3-суретте көрсетілген. Реакторлардың қуатын басқару не басқарылатын тиристорлық түрлендіргіштердің параллельді қарама-қарсы жалғануы көмегімен, не реактордың магниттелуін өзгерту жолымен жүргізіледі.

Құрылғының қуатын көтерген сайын РҚК-ның статикалық құнының төмендеуге тенденциясы болады. РҚК құнының едәуір бөлігін құратын тиристорларды толық жетілдіруіне негіздер бар деп есептеуге болады, жақын арада олардың технико-экономикалық жағдайының жақсартуына алып келеді. Синхронды компенсаторларды құруға қарағанда, статикалық РҚК-ны қолдану мақсатқа лайықты көбірек болады.

3.1.1 Шунттаушы реакторларды орнату

Кернеуі 220 кВ және одан жоғары әуе желілерінде зарядтық қуаттың мәні көп болады, сондықтан 300 км және одан жоғары аралықта сол әуе желілерінің зарядтық қуаттың жиынтық мәні оның өткізу қабілеттілігімен өлшемдес болады, ал 1000 км және одан жоғары кезде одан арман аса болады. Әуе желісінің реактивті қуатының тұтасатын жүйелерге ағыны, сол жүйенің өзінде және қосалқы станцияның жабдықтарына және желінің оқшауламасына едәуір кернеудің жоғарлауына алып келеді. Кернеудің жоғарылауы аз мөлшерде қуатты тарату және желінің біржақты қосылуы кезінде, қауіпті

мағынаға алып келе алады. Желінің жүктелмеген кезінде зарядтық қуаттың ағып кетуі, сол желінің кернеуінің жоғарылауына алып келеді: желінің екіжақты қосылуы кезінде – желінің аяғынан оның ортасына дейін, желінің біржақты қосылуы кезінде – аяқ жағындағы қосылғаннан ажыратылғанға дейін. Қысқаша тұықталудың (ТҚ) симметриялы емес немесе толық фазалы емес режимі кезінде бұзылмаған фазаларда кернеу, тұзу және нөлдік жүйеліліктердің көмегімен жоғарылайды.

Шунттаушы реакторларды қолдануды дәлелдеген кезде олардың желіге нормалы режимде болған кезде ықпалы, желінің қосылу шартына, ішкі аса кернеуліктен қорғалуы, электр беріліс жұмысының тұрақтылығы және оның релелік қорғанысы қарастырылады.

3.1.2 Қалыпты режимде реакторларды таңдау

Кернеуі 110-220 кВ энергожүйелер желілерінде кіші жүктеме режимдері кезінде, алыс электр беріліс қосалқы станцияларына тұтасатын және электр беріліс желісімен бойлай қолайлы кернеуді қамтамасыз ету үшін, шунттаушы реакторларды құру қажет, кернеуі 330-750 кВ желінің зарядтық қуатын 60-80%-ын компенсациялау үшін. Кіші жүктеме мен бос жүріс режимі кезінде энергияның қосымша шығындарын азайту үшін, желінің барлық бойымен реакторлардың қуат жиынтығын біркелкі тарату мақсатқа лайықты болады. Сонымен қатар, ұзақ электр берілістерде бір немесе екі пункттегі реакторлардың қуатының едәуір концентрациясы жағымсыз болады, яғни тарату үзілістерінде және қосылу сұлбаларында ұзақ желі учаскелері болуы мүмкін, қайсылардың сыйымдылықтары реакторлармен компенсацияланбаған. Реакторларды қосалқы станциялар мен ауыстырып қосқыш пунктінде орнату керек. Реакторларды қосалқы станция аралығында құру үшін арнайы пункттерді салу, тек қана қосалқы станция желісі аралығы 500 км және одан жоғары кезде, экономикалық жағынан өзін ақтап шығады. Реакторлар аралық және қабылдау қосалқы станцияларын үлкен жүктеме режимдері кезінде, шығынды азайту, кернеуді реттеу шартын жақсарту және қабылдау жүйелеріне реактивті қуат ағынын жоғарылату (синхронды компенсаторлардың қуатын азайту мақсаты) үшін, ажырату керек. Реакторлардың тізбегінде ажыратқыштардың жоқтығы әсерінен, қуатты үлкен режимде тарату кезінде, кернеудің едәуір құлауына алып келуі мүмкін. Сондықтан аралық қосалқы станцияларында орнатылған реакторларға ажыратқыштарды қондыру қажетті болып келеді.

Алыс электр беріліс желілерінде сөндірілмейтін реакторларды қолдану, тек қана таратудың соңында экономикалық жағынан тиімді болады, яғни максималды жүктеме режимі кезінде тұтынылатын қуат генератор станцияларының арқасында жабылуы мүмкін.

Электр беріліс желісіне қосылған электр станцияда орнатылған, реакторға ажыратқышты қондыру үшін, максималды жүктеме

станцияларында нормалы және авариядан кейінгі режимдерде (болашақта есепке алу перспективасымен) реактивті қуаттың балансын қарастыру керек.

Реакторларды ажырату және қосу кезінде желідегі кернеудің тербелуі 2-3%-дан аспай және осы формуламен анықталуы керек, %

$$\Delta U = \frac{Q_P}{S_K} \cdot 100 \quad (3.2)$$

мұндағы S_K – қарастырылатын режимде реакторлардың қосылу нүктесіндегі ҚТ қуаты.

Реакторларды кіші немесе орта кернеу орамдарына қондыру кезінде кернеудің тербелуі осыған тең болады, %

$$\Delta U = \frac{Q_P}{S_K} \left(\frac{X_P}{X_P \cdot X_T} \right)^2 \cdot 100 \quad (3.3)$$

Электр станцияларындағы реактивті қуатты қабылдау үшін пайдалану шектеледі:

алдыңғы бөліктердің қызуымен (қуаты 200 МВт, $\cos\varphi=1$ $P=150$ МВт, турбогенераторлар жұмысқа рұқсат етіледі, $\cos\varphi=0,9$ $P=100$ МВт және $\cos\varphi=0,8$ $P=70$ МВт);

қоздырудың төмендеуі - өзіндік қажеттіліктерінің қоректену шартына сәйкес.

Желінің кернеуін желіден сөндіру жағдайында генератордың үлкен реактивті қуатты қабылдау кезінде, станцияда қосулы болғанда, басында күрт төмендейді ($E_d=\text{const}$), бұдан былай жүктеменің сөндірілуіне немесе тұрақтылықтың жоғалуына алып келеді.

Қабылдау және жіберу энергожүйелерін синхронизациялау үшін, желінің қосылу шарты жиынтық қуатты таңдаған кезде, шунттаушы реакторлардың көлемі мен орналастыру жеріне байланысты жиі анықтаушы болып табылады.

Желінің бас жағын қосқан кезде кернеудің жоғарылауы $1,15U_{\text{ном}}$ аспауы керек, ал желінің өзінің бойы жағы мен оның сөндірілген соңында – $(1,15-1,2)U_{\text{ном}}$.

Біржақты қосылған желінің аяғы жағына қосылған шунттаушы реактордың кернеуі осыған тең болады:

$$U = \frac{U_H}{\cos \lambda + \frac{Z_\lambda}{X_P} \cdot \sin \lambda} \quad (3.4)$$

мұндағы U_H – желінің басындағы кернеу, X_P – шунттаушы реактордың индуктивті кедергісі, Ом.

Желіден жүйеге ағылатын реактивті қуат,

$$Q_L = \frac{U_H^2}{Z_{BX}} = E_{\text{ЭК}} \frac{Z_{BX}}{(Z_{BX} + jX_{\text{ЭК}})^2} \quad (3.5)$$

мұндағы $E_{\text{ЭК}}$ – жүйенің ЭКҚ эквиваленті, желінің қосылу нүктесінен оның сөндірілуіне дейінгі кернеуіне тең

$$Z_{BX} = jZ_{\lambda} \frac{\sin \lambda + \frac{X_P}{X_{\lambda}} \cos \lambda}{\cos \lambda - \frac{X_P}{X_{\lambda}} \sin \lambda} \quad (3.6)$$

мұндағы $jX_{\text{ЭК}}$ – жүктемелерді есепке алуымен жүйенің эквиваленттік кедергісі, желінің басымен салыстырмалы. Практикалық есептеулер кезінде $X_{\text{ЭК}}$ реактивті кедергімен тең етіп қабылдайды.

Егер, реактивті қуатты арақатынаста арттырсақ, онда шунттаушы реакторларды желінің басында қосқан кезде және реакторларды желінің соңында қосқан кезде бірдей әсер пайда болуы мүмкін

$$Q_{P.H} = Q_{P.K} (1 + Z_{\lambda} \operatorname{tg} \lambda / X_{\text{ЭК}}) \quad (3.7)$$

Шунттаушы реактордың ОК немесе КК жағын ҮК-дің орнына қосу, олардың қуаттардың жоғарылауымен байланысты болады. Есептеу жағынан қарастырған кезде, реактордың ОК жағы мен КК жағы реактордың ҮК индуктивті кедергісі бар жағымен тең тізбектес, автотрансформатордың X_{BC} немесе X_{BH} – ға үлкейтілген.

3.1.3 Ішкі аса кернеуліктен қорғау шартына сәйкес реакторлардың қосылу тәсілі мен орналастырылуы.

Қондыру жерін таңдау, кернеу мен реактордың қосылу тәсіліне аса кернеулік, желіні коммутациялау кезінде, үлкен ықпалын тигізеді. Шунттаушы реакторлардың моделіне аналитикалық және эксперименталды зерттеу жүргізу кезінде, алыс электрберілістерде өтетін және орнатылған режимдерде аса кернеулікті төмендетіп, жоғары әсерлігін көрсетті. Орнатылған аса кернеуліктің разрядтаушы мәніне қажеттісіне төмендеуі реакторлардың тез арада қажетті көлемінде қосылуымен қамтамасыз болуы мүмкін.

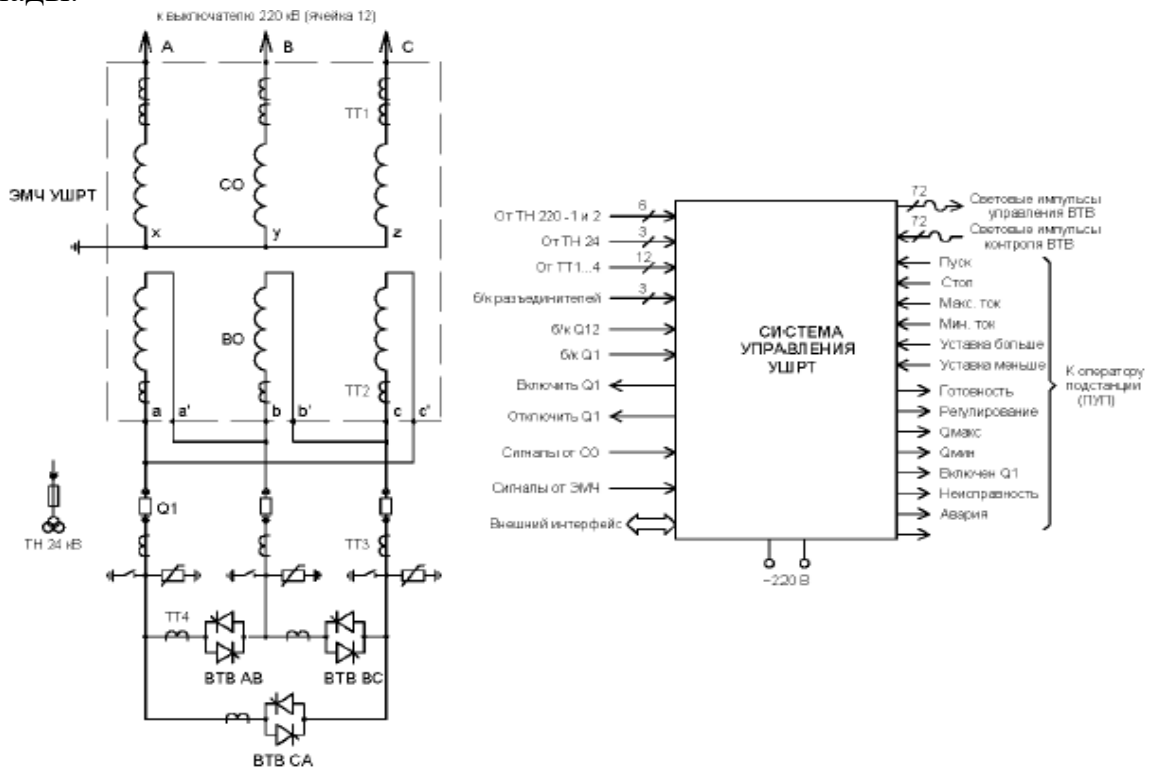
Реакторлардың автоматика режимінен механикалық қосылуы ұзақталған кернеудің артуы мен әуе желі жүйесінің реактивті қуаттың қосарланған авариялық және кездейсоқ жағдайларында кең қолданылады.

Қазіргі әуе желісінің ажыратқыштарының өзінік қосылу уақыты 0,2-0,3с құрайды. Сондықтан реакторлардың тез арада қосылу автоматикасы

коммутациялық асқын кернеулікті ұстап тұру немесе разрядтаушы жұмыс шарттарының жеңілдігі тым кеш пайда болады, яғни максималды асқын кернеулік 0,01-0,03с кейін болады, ал разрядтаушы 0,04с бойы аралығында тоқтың өтуі жағдайында (доғаны сөндірусіз) есептеледі. Осыған байланысты ішкі асқын кернеуліктен сақтауға ұшқын аралық реакторды қосу тиімді болады. ВНН-500 ажыратқыштарында, ол ажыратқыштарға параллель болып, ұшқын аралық қосылу арқылы қолданылады. Ажыратқыштың сөндірулі жағдайында оның басты контактілері тұықталған, бөлгіштердің контактілері тұықталмаған. Асқын кернеулік пайда болған жағдайда ұшқын аралық тесіледі және реактор тез арада желіге қосылады. Реактордың бір фазасында ток пайда болған кезде, автоматика жұмыс істейді, яғни ажыратқышты қосатын.

Ұшқын аралықтың ұзындығы 1200-1600 мм арасында таңдалады. Аралық тарату нүктеге реакторды қондырған кезде кіші мән алынады, ал үлкен мәні – оның желінің соңында орналасқан кезде.

Аралық қосалқы станциялы бар электр берілістердің зерттеу жұмыстарын жүргізу кезінде көрсеткендей, кейбір жағдайларда осы жағдай реакторларға таратылуы мүмкін, 35-110 кВ жағында орналасқан аралық және соңғылық қосалқы станцияларда. Автотрансформатордың біріншілік жағындағы асқын кернеуліктер аралық қосалқы станцияларға дейін $(2,0-2,5)U_{\phi}$ жетеді, ал екіншілік жақта $(2,0-2,5)U_{\phi}$ және сәйкесінше $(2,0-2,5)U_{\phi}$. Осы асқын кернеулік ұшқын аралықты тесуі үшін, кейбір кездерде жеткілікті болады.



3.4 – сурет - Басқарылатын шунттаушы реактордың бір сызықты схемасы

- Трансформаторлық типтегі басқарылатын шунттаушы реактор (БШРТ) зерттеулер нәтижесінде келесі негізгі ұсыныстар мен тұжырымдар жасалды:
- 1) 110-500 кВ транзиттік электр берудің жұмыс режимдерінің барлық диапазоны аралық қосалқы станцияларда басқарылатын көлденең өтемақы (БКӨҚ) құрылғыларының реактивті қуатын тұтынудың бірқалыпты өзгеруі есебінен ғана қамтамасыз етілуі мүмкін. Бұл жағдайда қосымша ШР коммутацияларын орындау қажет емес, ал мұндай жағдайда берілетін қуат шегі (және, тиісінше, рұқсат етілген жұмыс режимі) төмендемейді.
 - 2) Транзиттік электр берудің аралық қосалқы станцияларында көлденең өтемақының басқарылатын құрылғыларының оңтайлы құрамы анықталды. Егер транзиттің жұмыс режимдерінің кең диапазонында кернеуді 475 кВ деңгейіне дейін төмендету (немесе басқарылмайтын құрылғылардың қосымша коммутацияларын орындау) мүмкін деп есептелсе, онда оларды пайдалану қажеттілігі бар әрбір ҚС-қа бір БКӨҚ орнату жеткілікті. Алайда, егер мұндай төмен кернеу деңгейі орынды болмаса (ең алдымен қуат ысырабының ұлғаюына байланысты), онда БКӨҚ көлемін ұлғайту қажет. Олардың дәстүрлі конструкциядағы реакторлармен бірлескен жұмысы тек басқарылатын құрылғыларды қолданудың гипотетикалық нұсқасымен салыстырғанда 500 кВ электр берудің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін нашарлатпайды және схемалық-режимдік жағдайлардың жұмыс диапазонындағы транзиттердің оңтайлы жұмысының жеткілікті шарты болып табылады.
 - 3) Транзиттің "қуаты бойынша" ШР коммутациясы кернеуді реттеу құралын диспетчерлік басқаруда қарапайым және ыңғайлы болып табылады, бірақ ең тиімді деп санауға болмайды. ШР коммутациясы оның шиналарындағы "кернеу бойынша" немесе сол ҚС-да орнатылған БКӨҚ жұмысынан шығару фактісі бойынша транзит бойынша кернеуді неғұрлым тиімді реттеуге, осылайша желідегі қуаттың жиынтық шығынын азайтуға мүмкіндік беретіні көрсетілген.
 - 4) Егер ШР - де басқарылатын құрылғылар болса, ШР коммутациясын "кернеу бойынша" (немесе БКӨҚ-ын жұмыстан шығару сигналы бойынша) жасаған дұрыс, өйткені әйтпесе ("қуат бойынша" коммутация) БКӨҚ-ның белгіленген қуатын айтарлықтай дұрыс пайдаланбау жағдайы туындайды.
 - 5) Транзиттік электр берудің аралық қосалқы станцияларындағы БКӨҚ реттеу жүйелеріндегі кернеулердің белгіленімдері салыстырмалы түрде жоғары болуы және 515-520 кВ диапазонында болуы тиіс, шекті режимдерге жақындаған кезде кернеу қисығының еңісі едәуір ұлғаяды және ШР коммутациясы болмаған кезде кернеудің қатты төмендеуі транзит орнықтылығының жоғалуына әкелуі мүмкін.
 - 6) Зерттеулер көрсеткендей, көп жағдайда БКӨҚ тұтынатын реактивті қуаттың біртіндеп өзгеруіне байланысты аралық ШР шиналарындағы кернеу деңгейін ұстап тұрудың жоғары дәлдігі қажет емес. Осыған байланысты БКӨҚ реттеу статизмінің ұсынылатын мәні шамамен 5% шаманы құрайды.
 - 7) Баламалы синхронды генераторлардың қозуын басқарумен бірге БКӨҚ орнату және баптау жүйенің аperiodтық тұрақтылығын анықтайтын

сипаттамалық көпмүшенің нақты тамырларының тұрақтылық шекарасына жақын әсерін едәуір азайтады, осылайша статикалық орнықтылық қорының ұлғаюын қамтамасыз етеді.

8) Транзиттің тербелмелі тұрақтылығы тіпті айтарлықтай күшейту коэффициенттерімен (1% реттеу статизмі) басқарылатын көлденең өтемақы құрылғыларын енгізуден нашарламайды, ал барлық аралық ҚС-дағы кернеу сапасы айтарлықтай жақсарады.

9) Алынған нәтижелер БКӨҚ тұрақты уақытының жүйенің тербелмелі қасиеттеріне салыстырмалы түрде аз әсерін көрсетеді (құрылғының тұрақты уақыты 10 есе өзгерген кезде 10% шегінде). Сондықтан азайтуға бағытталған арнайы және қымбат шараларды әзірлеу (0,01 секундқа дейін.) БКӨҚ реттеу жүйесінің баламалы тұрақты уақыты орынды болып табылмайды.

10) Электр беру желісі тогының ауытқуы бойынша БКӨҚ реттеуді қолдану Дәл баптау кезінде кернеудің ауытқуы бойынша реттеу кезіндегіден тең немесе одан жоғары тұрақтылық дәрежесін алуға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Алайда, теңшеу аймағы өте тар және тізбек-режим жағдайлары өзгерген кезде рұқсат етілген тұрақтылық көрсеткіштерін қамтамасыз ететін ағымдағы реттеу коэффициенттерін таңдау өте қиын. Жоғарыда айтылғандар белсенді қуат ағындарының Елеулі өзгерістерімен транзиттік электр беру үшін реттеудің бұл түрін ұсынуға мүмкіндік бермейді.

11) Қарастырылып отырған жүйелердің демпферлік қасиеттерін жақсартудың мүмкін құралы-синхронды генераторлардың АРВ-СД-ге ұқсас БКӨҚ басқару заңына, бірқатар тұрақтандырғыш параметрлерге, мысалы, реактордың қосылу нүктесіндегі кернеу жиілігінің ауытқуына енгізу. D-бөлу әдісі арқылы алынған БКӨҚ -ның жиілік бойынша баптау параметрлері өте жоғары сенімділікке ие (яғни жұмыс режимінің өзгеруіне әлсіз тәуелділік) және транзит арқылы берілетін қуаттардың барлық диапазонында басқаруға ұсынылуы мүмкін. Бұл ретте басқарылмайтын өтемақы құрылғыларын қолдану жағдайымен салыстырғанда демпфирлеу көрсеткіштерінің 2 еседен астам жақсаруына қол жеткізіледі.

12) Басқарылатын өтемақы құрылғыларын орнату қарастырылып отырған Электр берілістерінің динамикалық қасиеттерінің нашарлауына әкелмейді және сонымен бірге апаттан кейінгі режимдердегі аралық ҚС шиналарындағы кернеу сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

13) Аса ауыр зақымданулар кезінде транзиттік электр берудің динамикалық тұрақтылығын зерттеу (кейіннен сәтсіз АҚҚ және зақымдалған тізбекті ажыратумен жерге екі фазалы қысқа тұйықталулар) жүйелердің динамикалық орнықтылықтың жеткілікті қоры бар екенін және оны жақсарту бойынша көптеген жағдайларда қосымша іс-шаралар талап етілмейтінін көрсетеді.



3.5 – сурет - Трансформаторлық типтегі басқарылатын шунттаушы реактор (БШРТ) электромагнитті бөлігі

БШРТ электромагниттік бөлігі үш фазалы екі орамалы реактор болып табылады.

Жерге тұйықталған бейтараппен жұлдызға қосылған және ВН қосалқы станциясының шиналарына қосылған Жоғары кернеу орамасы (желілік-СО) және номиналды кернеуі бар төмен кернеу орамасы (вентильді - ВО), оның мәні БШРТ қуатына байланысты және 10-дан 35 кВ-қа дейін. Орам фазаларының "үшбұрышына" қосылу мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін ораманың әрбір фазасына реактор бағының қақпағында орналасқан екі істікшемен жабдықталған.

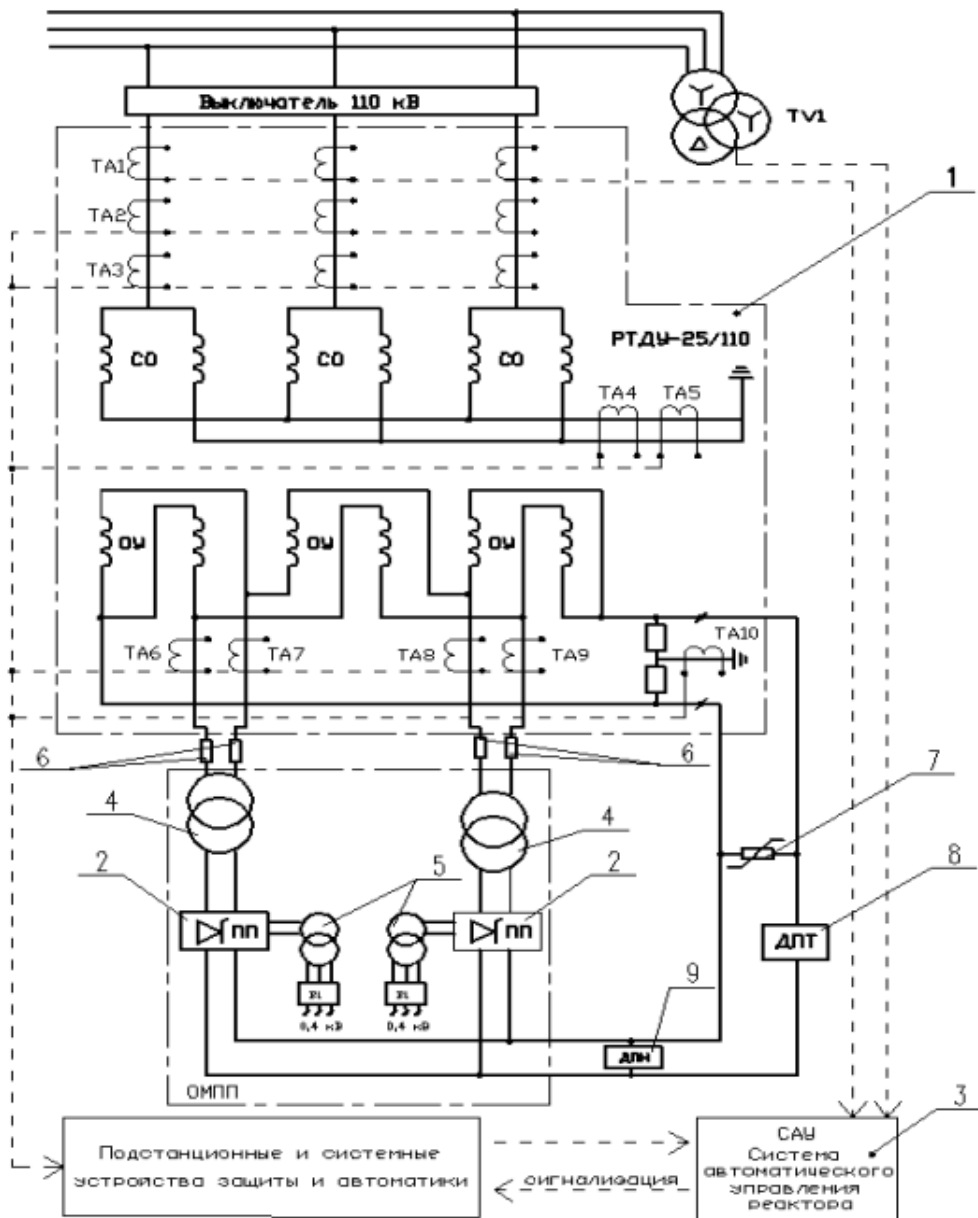
Электромагнитті БШР-нің бөлігінің ерекшелігі - СО және ВО орамалары арасындағы 100 пайыздық магниттік байланыс, бұл қоздыру орамаларына параллель қосылған тиристор клапанының тұтану бұрышын өзгерту арқылы бастапқы ораманың тогын реттеуге мүмкіндік береді.



3.6 – сурет - Басқарылатын шунттаушы реактордын реттегіші

3.1 – кесте – БШРТ негізгі параметрлері

Параметр атауы	Мәні
Номиналды кернеу, кВ	110, 220, 330, 500
Сынақ кернеулері	ГОСТ бойынша 1516.3-96
Номиналды кернеу кезіндегі номиналды реактивті қуат (тұтыну), МВАр	25....160
БШРТ жылдамдығы: - басқарудың бірқалыпты диапазонының шегінде БШР қуатының өзгеру уақыты, секундадан артық емес - тағайыншамалардың кернеуінің секіруін уставкасы, артық емес, с: 0,9 деңгейге дейін 0,05 дәлдікпен белгіленген мәнге дейін	0,03 0,03 0,12
Кернеу параметрлерін өзгерту ауқымы	$\pm 10\% U_{ном}$
Статикалық сипаттамалардың өзгеру ауқымы	1...10%
Реактивті қуатты фазалық реттеу	мүмкін
Номиналды режимдегі жиынтық шығындар, номиналды қуаттан, %, артық емес	0,55...0,8
БШРТ жұмысының қалыпты режимдерінде оның тоқындағы жоғары гармониканың мазмұны толық тұтыну режиміндегі БШРТ тогының шамасынан % - бен, артық емес	3



3.7 – сурет - 110 кВ БШР жалғану схемасы

Басқарылатын шунтталатын трансформатор типті реактор (БШР) –100% қысқа тұйықталу кернеуі бар қуатты электромагниттік энергия түрлендіргіші (сурет 3.7).

Екінші қайталама орамасында реактордың толық қуатына қарсы параллель тиристорлық кілттер орнатылған. Статикалық компенсатор схемасына ұқсас, толығымен ашылған тиристорлар екінші ораманы қысқартады және БШР максималды қуат тұтынуын қамтамасыз етеді, жабық тиристорлармен оның қуаты бос жүріс түрлендіргішке тең, ал аралық режимдерде қуат тұтыну тұтынылатын токтағы жоғары гармониканың тиісті пайда болуымен клапандарды басқару бұрышының өзгеруімен біркелкі реттеледі. Бұл гармониканың деңгейін төмендету үшін төменгі кернеу жағынан сүзгілер орнатылады.

Басқарылатын ШР 35-110 кВ үшін негізгі құрылымдық дизайн ретінде екі орамасы бар нұсқа таңдалды - желі және басқару орамасы (сурет. 3.7).

3.7-суретте келтірілген схемада РТУ-25000/110-УХЛ1 сериясының БШР құрамына кіретін келесі жабдық ұсынылған:

1. РТДУ - орналастырылған ТТ бар РТДУ-25000/110 типті реактордың электромагниттік бөлігі;

2. ПП - жартылай өткізгіш үш фазалы түрлендіргіш РРМ-200/750;

3. АБЖ - реакторды автоматты басқару жүйесі;

4. ОМ - трансформатор түрлендіргіш типі ОМ-200/22/0,22;

5. ТМТ - бастапқы магниттеу ТМТ трансформаторы-2,5/0,4/0,012;

6. ПКТ 101-10-31, 5-12, 5 типті сақтандырғыш;

7. УЗП - асқын кернеуден қорғайтын құрылғы;

8. ДПТ - тұрақты ток датчигі;

9. ДПН - тұрақты кернеу датчигі.

Мұндай орындалудағы БШР электромагниттік бөлігінің конструкциясы өте күрделі, өйткені ол үш фазалы, сонымен қатар қосылу схемасы, мысалы, желілік орамалар, өтпелі режимдерде тұрақты токтың ағып кету мүмкіндігін ескеруі керек және оның желіге кіруін болдырмауы керек, бұл БШР релелік қорғанысы үшін кейбір проблемалар туғызады.

Мұндай БШР-ны басқару орамасы да күрделі: ОУ қосылыстарының схемасы "Қос ашық үшбұрыш" болып табылады және бірнеше функцияларды біріктіреді:

- «+»/«-» төмен қуатты орамалардың (БШР - дің белгіленген қуатының шамамен 1%), түзетілген токтың ОУ-да айналымын жүзеге асыратын трансформаторлық-трансформаторлық блоктың «+»/«-» терминалдарына қосылуын қамтамасыз етеді;

- басқару орамаларын үшбұрышқа қосу арқылы гармониканың үш еселік өтемін қамтамасыз етеді.

Фазаның магниттік жүйесі екі жарты кернейден (1), жоғарғы (2) және төменгі (3) көлденең шұңқырдан және екі бүйір шұңқырдан (4) тұрады. Әрбір жарты ұстағышта ОУ басқару орамасының және СО желілік орамасының секциялары орналасады. 220-500 кВ БШР-дан айырмашылығы, 35-110 кВ БШР-дағы желілік ораманың екі бөлімі бар, олардың әрқайсысы өзінің жарты кеңістігінде орналасқан.

Басқару орамасының айнымалы кернеу терминалдарына сақтандырғыштар арқылы қосылатын және реактор тұтынатын реактивті қуатты толық диапазонда реттеуді қамтамасыз ететін ОМ200/22/0.22 типті екі бір фазалы трансформатор-түрлендіргіш блогы.

ТМО типті бастапқы (алдын ала) магниттелудің екі трансформаторы-2,5/0.4/0.012 бұл трансформаторлар төмен вольтты жағында ППМ-200/750 типті бір фазалы түрлендіргіштермен байланысады және оны қоспас бұрын реактордың бастапқы магниттелуін қамтамасыз ету үшін қажет.

Реактордың қуатын басқару алгоритмдерін қолданатын сандық автоматты басқару жүйесі. Реактор бағының ішіндегі басқару орамдарының

«+»/«-» шықпалары арасында қосылу нүктесі жерге тұйықталатын екі резистор орнатылады. Басқару орамасы мен түрлендіргіш полюсі арасындағы байланыс үзілген жағдайда резистор басқару орамасында сақталған энергияны "сөндіруді" қамтамасыз ету үшін қажет. БШР жұмысында тұрақты ток және кернеу датчиктерінен алынған ақпарат қолданылады (сәйкесінше ДПТ және ДПН). Осы ақпарат негізінде БШР жұмысының әртүрлі режимдерінде түрлендіргіштердің түзетілген тогын шектеу, сондай-ақ түрлендіргіш пен трансформатор шамадан тыс жүктелген жағдайда қажетті шектеулер орнатылады. Оларды пайдалану практикасы, сондай – ақ заттай сынақтар БШР 110 кВ ең маңызды кемшіліктерінің бірі реактордың толық қуатын жинақтау мен тастаудың төмен уақыты болып табылатынын көрсетті, ол шамамен 4 сек құрайды (БШР 500 кВ үшін-0,3 сек). Біржақты қоректендірілетін қосалқы станциялар үшін желіні, қосалқы станцияны және басқарылатын 110 кВ реакторды оны алдын ала магниттеусіз желіге бір мезгілде қосу мүмкін еместігі елеулі режимдік шектеу болып табылады, бұл БШР 500 кВ жағдайындағыдай, түрлендіргіштің шықпаларында қауіпті асқын кернеулердің пайда болу мүмкіндігімен байланысты.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жұмыста аудандық электр торабын жобалау барысында кернеуі 110/35/10 кВ қосалқы станцияларды қарастырдым. Тұтынушыларын қоректендіруші электр тораптарын есептедім. Осы қосалқы станциялардағы электр беріліс желісінің номинал кернеуін 110/35/10кВ таңдадым. Жобалау кезінде қосалқы станциялардағы трансформаторларының типін және қуатын таңдап, учасоктар бойынша активті және реактивті қуат шығындарына есептеулер жүргізіліп, жүктеме түйіндерінде кернеу шығындары есептелінген.

Арнайы бөлімде шунттауш реактор тұралы баяндама жүргізіліп, схемасы таңдап алынды.

Басқарылатын реакторлар кернеудің жоғары кластарының ұзын желілеріндегі көлденең өтем құралы ретінде неғұрлым перспективалы болып табылады. Олардың негізгі мақсаты – кернеу деңгейін қалыпқа келтіру үшін электр желісінің артық реактивті қуатын тұтыну. Бұл жағдайда БШР қолдану мүмкіндік береді:

- кернеуді реттеу тізбектеріндегі коммутациялық жабдықты бір уақытта түсіру арқылы кернеуді тұрақтандыру процесін немесе берілген режим параметрлерінің бірін автоматтандыру;

- рұқсат етілген кернеу деңгейі бойынша электр жеткізу желісінің өткізу қабілетін арттыру;

- электр желілеріндегі қуаттың жоғалуын төмендету және оларды пайдалану сенімділігін арттыру, оның ішінде трансформаторлардың ТБН құрылғыларының іске қосылу санын күрт төмендету есебінен;

- жүйенің статикалық орнықтылығы шарты бойынша берілетін қуат шегін арттыру;

- өтпелі процестердің жүру уақытын қысқарту;

- реттелетін реактивті қуат көзі ретінде электр станциясының генераторларын пайдалануды азайтыңыз;

- қымбат және күрделі жабдықты пайдалануды азайту (синхронды компенсаторлар және т. б.);

- желілерде басқарылмайтын шунтталатын реакторлардың күрделі коммутация жүйесін пайдалануды шектеу;

- электр энергетикалық жүйелердің (ЭЭЖ) техникалық-экономикалық көрсеткіштерін арттыру.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Методические указания и выполнению курсового проекта по предмету - Электрические сети энергетических систем. – Иваново, 1991. С.7-100.
- 2 Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С. С. Рокотяна. – М.: Энергоатомиздат, 1985. С.7-400.
- 3 Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д. Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005. – С.150-300.
- 4 Релейная защита систем электроснабжения, в примерах и задачах. В.А. Андреев. Москва, Высшая школа, 2008. С.150-195.
- 5 В.П. Шеховцов, Расчет и проектирование схем электроснабжения: Москва 2005. С. 140-258.
- 6 Блок В.М. Электрические системы и сети. М.: «Высшая школа», 1986-221-245 с.
- 7 Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. /Под ред. В.Л. Строева, -М.: Высшая школа, 1999- С.157-178.
- 8 Правила устройства электроустановок, изд-во «Энергия», 2015.
- 9 Түзелбаев Б.И., Жақыпов А.А. Экономика, өндірісті ұйымдастыру және басқару. Курстық жұмысқа арналған нұсқаулар (электр энергетика мамандықтарының күндізгі бөлімінің студенттері үшін). – Алматы: АЭЖБИ, 2006 – 18 б.
- 10 Неклепаев Б.Н. Крючков И. П. Электрическая часть электрических станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования М.: Энергоатомиздат 1989 г. С.245-255.

Тақырыбы: «Кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесінде (ЭЖЖ) шунттаушы
реакторларды қолдану»

5B071800 – Электр энергетикасы
(шифр және мамандық атауы)

Сағымбек Аружан Есенбекқызы
(Студенттің аты-жөні)

Дипломдық жұмысына
(жұмыс түрінің атауы)

СЫН ПІКІР

Бұл дипломдық жұмыста Алматы облысындағы Қарасай ауданының кернеуі 110/35/10 кВ қосалқы станциясы ұсынылған. Бұл дипломдық жұмыста әуе электр желісіндегі қуаттың таралуы, кернеу және қуат шығындарының есептеулері қарастырылды. Шунттаушы реакторларды пайдалану қарастырылды. Трансформаторлық типтегі басқарылатын шунттаушы реактор келесі функцияларды орындау үшін 35...500 кВ жоғары кернеулі электр желілерін қосалқы станцияларға орнатуға арналған есептеулерін жүргізген.

Дипломдық жұмыс екі басты бөлімнен тұрады, олар әуе электр беріліс желілерінің есебі, 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, тыныс белгілері дұрыс қойылмай кеткендігін және қазақша аудармалары кейбір жерлерде дұрыс аударылмағандығын айтуға болады. Жалпы дипломдық жұмысы талаптарға сәйкес жазылған.

Жұмысты бағалау

Жоғарыда айтылғандарды қорыта келе, Сағымбек Аружанның дипломдық жұмысы А «өте жақсы» (90 балл) бағасына, ал автор – электрэнергетика бакалавры академиялық дәрежесін иемденуге лайық деп бағалаймын.

Сын-пікір беруші

Логистика және қолдану академиясы,
«Энергетика» кафедрасының ассистент
профессоры Р.Н.Ж. Қашығалиев

(қолы) 
« 24 » 25 2023 ж.

Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

24.05.2023


Кашығалиева Ш.С.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сағымбек Аружан Есенбеккызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесінде (ЭЖЖ) шунттаушы реакторларды қолдану

Научный руководитель: Рахимаш Абитаева

Коэффициент Подобия 1: 13.1

Коэффициент Подобия 2: 3.7

Микропробелы: 15

Знаки из других алфавитов: 54

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:

Допущена к защите

Дата

25.05.2022

Заведующий кафедрой

Сараибаева



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сағымбек Аружан Есенбекқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесінде (ЭЖЖ) шунттаушы реакторларды қолдану

Научный руководитель: Рахимаш Абитаева

Коэффициент Подобия 1: 13.1

Коэффициент Подобия 2: 3.7

Микропробелы: 15

Знаки из других алфавитов: 54

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 (ма:ипуляции), 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
25.05.2022 г.



проверяющий эксперт