

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

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

Энергетика кафедрасы

Іліяс Әсел Шормаққызы

Электр торабын жобалау және реактивті қуатты автоматты басқару

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071800 – Электр энергетикасы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

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

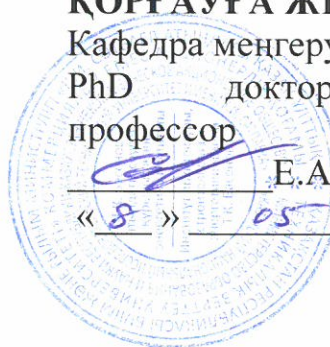
Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент
профессор

 Е.А. Сарсенбаев
« 8 » 05 2019 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Электр торабын жобалау және реактивті қуатты автоматты басқару»

5B071800 – Электр энергетика мамандығы бойынша

Орындаған

Іліяс Ә.Ш.

Пікір беруші

Ғылыми жетекші

АЭЖБУ “Электр машиналары және
электр жетегі” кафедрасының
доценті, PhD

т.ғ.к., ассоц.профессор



Алмуратова Н.К.



Акпанбетов Д.Б.

« 10 » 05 2019 ж.

« 14 » 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

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

Энергетика кафедрасы

5B071800 – Электр энергетикасы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент профессор

Е.А. Сарсенбаев

«28» 01 2019 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Іліяс Әсел Шормақызы*

Тақырыбы «Электр торабын жобалау және реактивті қуатты автоматты басқару»
Университет ректорының 2018ж. «15» желтоқсандағы № 1210-б бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «23» сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістер: Қосалқы станциялардың қуаты,
ұзындығы, қуат коэффициенті максималды жұмыс уақыты

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Электр торабын жобалау;

б) Арнайы бөлім. Реактивті қуатты автоматты басқару;

в) Еңбек қорғау бөлімі;

Сызбалық материалдар тізімі Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 6 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кернеуі 500 кВ Электр торабын жобалау	22.02.19	тоқ
Реактивті қуатты автоматты басқару	29.03.19	тоқ
Еңбек қорғау және қауіпсіздік	25.04.19	тоқ

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Д.Б. Ақпанбетов т.ғ.к., ассоц.профессор		
Еңбек қорғау бөлімі	Д.Б. Ақпанбетов т.ғ.к., ассоц.профессор		
Норма бақылау	Ә. О. Бердібеков Магистр, сениор-лектор	03.05.2019	

Ғылыми жетекші



Д.Б. Ақпанбетов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Ә.Ш. Іліяс

Күні

« 10 » 05 2019 ж.

Студент

Іліяс Әсел

(аты-жөні)

Дипломдық жұмысына

П І К І Р

Мамандық

5B071800 – Электр энергетикасы

Дипломдық жұмыс тақырыбы

Электр торабын жобалау және реактивті қуатты автоматты басқару

а) графикалық бөлімі 9 слайд Power point форматында;

б) түсініктемелік жазба 52 бет.

Дипломдық жұмыс бойынша ескертулер

Дипломдық жұмысты негізгі, арнайы бөлімдер, еңбекті қорғау бөлімдері құрайды. Негізгі бөлімде кернеуі 500кВ электр беріліс желісі үшін есептеулер жүргізіледі, қысқа тұйықталу токтары есептеледі, тіректер, аппараттар және құрылғылар таңдалады. Арнайы бөлімде синхронды компенсаторлардың реактивті қуаттын автоматты басқару және статикалық компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеу қарастырылады. Еңбек қорғау бөлімінде қауіпсіздік жөніндегі сұрақтар қарастырылып, найзағайдан қорғау аймағына есептеулер жүргізілді.

Ескерту:

1) Электр жабдықтарды таңдау барысында тиімділіктері туралы ақпарат келтірілмеген.

1) Арнайы бөлімде тақырыбына сай теориялық мағлұматтар басым, келтірілген экономикалық тиімділік бойынша есептеулер жеткіліксіз.

Дипломдық жұмыстың бағасы

Дипломдық жұмыс «95б», «А», «өте жақсы» деп бағаланады, ал студент Іліяс Әсел электрэнергетика мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавры академиялық дәрежесіне лайық деп есептеймін.

Пікір беруші

Алмұратова Н.Қ.

(аты-жөні)

Қызметі

Алматы энергетика және байланыс университеті

«Электр машиналар және электр жетегі» кафедрасының доценті, PhD



«10» мамыр 2019 жыл

Т.К Бәсенов атындағы сәулет, құрылыс және энергетика институты
Энергетика кафедрасы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС ЖЕТЕКШІСІНІҢ ПІКІРІ

Диплом
қорғаушы

Іліяс Әсел Шормаққызы

(аты-жөні)

Тақырыбы

**Электр торабын жобалау және реактивті қуатты
автоматты басқару**

Дипломдық жұмыстың түсіндірмелік жазбасы 3

*бөлімнен құрылған. Бірінші бөлімінде электрэнергетиканың даму
қарқынына байланысты ЭБЖ жобалау маңыздылығы көрсетілген.*

*Дипломдық жұмыстың негізгі бөлімінде ЭБЖ екі нұсқасы
салыстырылып, техникалық экономикалық есептеулер бойынша
тиімдісі таңдалған. Майлы ажыратқыштардың орнына элегазды
ажыратқыштар, аз майлы ажыратқыштардың орнына вакуумдық
ажыратқыштар таңдалған.*

*Арнайы бөлімінде қазіргі уақытта маңызды мәселелердің бірі -
реактивті қуатты автоматты реттеу мәселелері қарастырылған.*

*Берілген тапсырманы орындау барысында Іліяс Ә. дипломдық
жұмысты тақырыбына сәйкес толық көлемде орындады және өзін
сауатты, электр тораптарын жобалау мәселелерін өз бетімен шеше
алатын, техникалық әдебиетпен жұмыс істей алатын
маман ретінде көрсете білді.*

*Дипломдық жұмыс «96б», «А», «өте жақсы» деп бағаланады,
ал студент Іліяс Әсел Шормаққызы 5B071800 – Электр
энергетикасы мамандығы бойынша техника және технологиялар
бакалавры академиялық дәрежесіне лайық деп есептеймін.*

Жетекші

ассоц. профессор, техн. ғыл. канд.

(ғылыми атағы, дәрежесі)

(қолы)

Ақпанбетов Д.Б.

(аты-жөні)

«11» 05 2019 жыл

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста электр торабы жобаланды. Негізгі бөлімде электр беріліс желісінің номиналды кернеуін таңдау, желі бойындағы қосалқы станцияларға трансформатор таңдалып, олардың кедергілерімен шығындарын есептелінді. Коммутациялық аппараттар таңдалды. Арнайы бөлімде электр желілеріндегі кернеу мен реактивті қуатты автоматты реттеу қарастырылды. Еңбек қорғау бөлімінде қауіпсіз шаралары қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе была спроектирована электрическая сеть. В основной части рассматривался выбор номинального напряжения линии электропередачи, на подстанции по линии выбирали трансформатор и рассчитали потери с их сопротивлениями. Были выбраны коммутационные аппараты. В специальной части предусмотрено автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности в электрических сетях. В части охраны труда рассмотрены меры безопасности.

ANNOTATION

In the thesis was engineered electrical network. In the main part, the choice of the nominal voltage of the power line was considered, at the substation, a transformer was chosen along the line and the losses with their resistances were calculated. Was chosen switching devices. The special part considers automatic regulation of voltage and reactive power in electrical networks. In terms of labor protection safety measures are considered.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Электр торабын жобалау	8
1.1	Электр беріліс желісінің сұлбасын құру нұсқалары	8
1.1.1	Электр беріліс желісінің номиналды кернеуін таңдау	9
1.1.2	Желі бойындағы қосалқы станцияларға трансформатор таңдау	10
1.1.3	Трансформатордың кедергілерін және шығындарын есептеу	13
1.1.4	Тұйықталған жүйе учаскісіндегі қуат таралуын есептеу	21
1.2	Тұйықталған желінің қималарын есептеу және таңдау	22
1.2.1	Тұйықталған жүйеде максималды жүктеме кезіндегі алмастыру сұлбасы және шығындарын есептеу	27
1.3	Желідегі қысқа тұйықталу тогын табу және параметрлеріне сәйкес аппараттар таңдау	29
1.3.1	Есептелген параметрлер бойынша электр аппараттарын таңдау	32
1.3.2	Әуе электір беріліс желісі үшін тірек материалын таңдау	37
2	Реактивті қуатты автоматты басқару	39
2.1	Электр желілеріндегі кернеу мен реактивті қуатты автоматты реттеу	39
2.2	Реактивті қуатты автоматты басқарудың мақсаттарымен ерекшеліктері	39
2.3	Синхронды компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеу ерекшеліктері	41
2.4	Статикалық компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеу	43
2.5	Статикалық компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеуші	44
2.6	Реактивті қуатты қарымталау	46
3	Еңбек қорғау	49
3.1	Тұтынушылардың электр қондырғыларын техникалық пайдалану кезіндегі қауіпсіздік қағидалары	49
3.2	Қауіпсіздік шаралары	50
	Қорытынды	51
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	52

КІРІСПЕ

Электр энергетикасы базалық салалардың бірі бола отырып, кез келген мемлекеттің экономикалық, әлеуметтік саласында маңызды рөл атқарады. Сондықтан электр энергетикасы Қазақстан Республикасы экономикасының басым секторларының бірі ретінде айқындалып, жаңа тиімділігі жоғары технологиялар мен елдің жалпы ішкі өніміндегі энергия қажетсінуді тұрақты төмендету базасында электр энергетикасының орнықты дамуы кезінде энергетика – экономика – табиғат – қоғам серпінді теңдестірілген жүйе ретінде қарастырылады. Экономиканы әр тараптандыру мен өнеркәсіптің шикізаттық емес салаларын және ауыл шаруашылығын дамытуға күш салынып жатыр. Әлемнің барынша бәсекеге қабілетті 50 елінің қатарына кіру міндеті қойылған.

Электр қуаты және энергиясына перспективті қажеттіліктің өсуін жабу үшін электр станцияларын дамыту мынадай негізгі бағыттар бойынша жүзеге асыру көзделуде: жұмыс істеп тұрған электр станцияларының жабдықтарын техникалық қайта жарақтандыру мен қайта жаңғырту; жұмыс істеп тұрған электр станцияларында жаңа қуаттарды іске қосу; жаңа электр станцияларын салу (ЖЭО, КнЭС, СЭС, ГТЭС) теңгерімге дәстүрлі емес жаңартылатын энергия көздерін енгізу (ЖЭС, КЭС). Электр жүктемесінің артуын жабу үшін жұмыс істеп тұрған электр станцияларын кеңейту мен техникалық қайта жарақтандыру, сондай-ақ жаңасын салу жөніндегі іс-шаралар қажет.

Болашақта электр энергетика саласында мәселелер туындамауы үшін, бұл дипломдық жұмыста электр тораптарының және электр жүйелердің жақсы қызмет көрсетуі үшін электр таратушы торапты өте дәл жобалау қажет. Онда желі конфигурациясының өте тиімді экономикалық сұлбасын, желілердің ұтымды нұсқаларын, ұтымды кернеулерді, керекті трансформаторлардың санын және қуатын, компенсациялайтын құралдардың қуаты және орналасуының нақты шешімдерін табу керек.

Электр тұтынушылардың электрлік жүктемелерін және әр қосалқы станциялармен энергетикалық түйіндердің активті қуаттының балансын құрып, жаңа төмендеткіш қосалқы станциялардың құрылғыларын орнату.

Қоректендіруші торапты жобалаған кезде энергетикалық станциялардың және қосалқы станциялардың сұлбалары ескеріледі.

1 Электр торабын жобалау

1.1 Электр беріліс желісінің схемасын құру нұсқалары

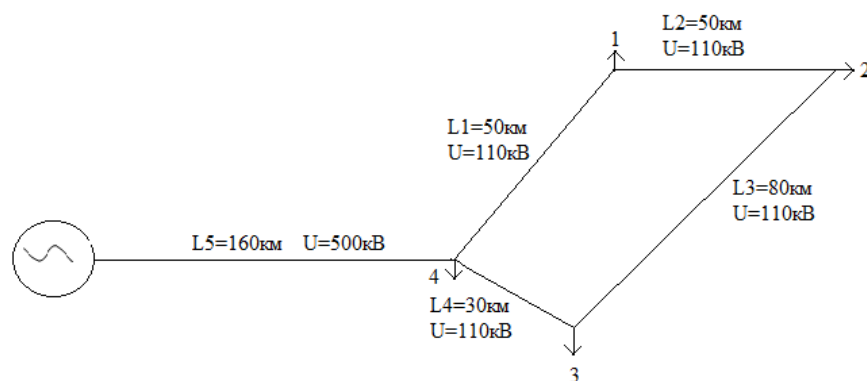
Әртүрлі объектілерінің жұмыс істеу жағдайларының алуан түрлілігі олардың электрмен жабдықтау схемасының алуан түрлі болуына себепші болады. Тұтынушылардың қоректену схемалары энергия көзінің қашықтығына, берілген ауданның электрэнергетика жабдықтаудың жалпы схемасына, тұтынушылардың территориялық орналасуымен олардың қуатына, сенімділіген қойылатын талаптарға және т.б. тәуелді. 1.1-кестеде тораптың берілген мәндері көрсетілген.

1.1-кесте – берілген тораптың мәндері

Қосалқы станциялардың қуаты, МВт	P1	60
	P2	30
	P3	20
	P4	50
Ұзындығы, км	L1	50
	L2	50
	L3	80
	L4	30
	L5	160
Қуат коэффициенті, $\cos\varphi$	0,87	
Макс. жұмыс уақыты T _{max} , сағ	5900	
K _x	0.6	
Min _{режим}	43%	

1.1-кесте бойынша P1-P4 – қосалқы станциялардың максималды жүктемелері, L1-L5 – желі ұзындықтары, T_{max}=5900сағ – Максималдық жүктеменің жылдық сағаты, 40(%) пайыз – Минималды жүктеме кезіндегі жүктеме.

Осы дипломдық жобада тұйықталған желі қарастырылған. Бұл жерде, экономикалық жағынан тиімді және тұтынушыларға электр қуатын үзіліссіз таратуды қамтамасыз ету, электр энергияны аймақтарға сенімді және тиімді тарату басты мақсат болып келеді. Осыған ең тиімді сұлба таңдау басты шарттардың біріне кіреді. Тұйықталған желілер айналмалы желілер болып келеді. Олар бір ғана контур құрайды. Оның артықшылығы желінің бір учаскесі үзілгенде желі басқа учаскіден қоректену береді. Сонымен қатар қуаттың аз шығындары. Тұйықталған желінің сұлбасы 1.1 – суретте көрсетілген.



1.1 – сурет – Тұйықталған желінің схемасы

1.1.1 Электр беріліс желісінің номиналды кернеуін таңдау

Желі линиясының номинал кернеуін таңдау күрделі технико-экономикалық есеп болып табылады. Ол көптеген факторларға байланысты. Мысалы, кернеуінің мәні төмен линияның жабдықтарының және құрылыстарының құны аз болады. Кернеудің ұлғаюына байланысты қуат және энергия шығындары азаяды, электрлік желіні дамыту жағдайлары жақсарады. Сол үшін Стилла формуласын қолданамыз. 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 курстық жұмысымда Стилл формуласымен есептедім. Себебі, осы формула кернеуі 35-тен 750 кВ-қа дейін номиналды кернеудің барлық шкаласына қанағаттандырылған нәтиже береді.

Стилла формуласы бойынша номиналды кернеуі осы формула бойынша анықталады:

$$U_{\text{ном}} = 4,34 \cdot \sqrt{L + 16 \cdot P}, \quad (1.1)$$

$$U_{\text{н1}} = 4,34 \cdot \sqrt{50 + 16 \cdot 60} = 114 \text{ кВ} \approx 110 \text{ кВ},$$

$$U_{\text{н2}} = 4,34 \cdot \sqrt{50 + 16 \cdot 30} = 99 \text{ кВ} \approx 110 \text{ кВ},$$

$$U_{\text{н3}} = 4,34 \cdot \sqrt{80 + 16 \cdot 20} = 86,8 \text{ кВ} \approx 110 \text{ кВ},$$

$$U_{\text{н4}} = 4,34 \cdot \sqrt{30 + 16 \cdot 50} = 112 \text{ кВ} \approx 110 \text{ кВ},$$

$$U_{\text{ном5}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{160} + \frac{2500}{160}}} = 230\text{кВ} \approx 500\text{кВ}.$$

мұндағы $U_{\text{ном5}}$ – Илларионов формуласымен есептедім

U - желідегі кернеу, кВ;

l - желінің ұзындығы, км;

P - активті қуат, МВт.

1- және 2- қосалқы станцияның қуатын 40МВт деп алып есептедім.

Кернеу шығыны келесі формуламен есептейміз:

$$\Delta U = \frac{P \cdot r_0 \cdot L + Q \cdot x_0 \cdot L}{U_{\text{ном}}} \quad (1.2)$$

110кВ үшін $r_0 = 0,2$; $x_0 = 0,4$ деп аламыз.

мұндағы r_0 – меншікті активті кедергі, Ом/км;

x_0 – меншікті реактивті кедергі, Ом/км.

$$\Delta U_1 = \frac{60 \cdot 0.2 \cdot 50 + 34 \cdot 0.4 \cdot 50}{110} = \frac{600 + 680}{110} = 11.63\text{кВ},$$

$$\Delta U_2 = \frac{30 \cdot 0.2 \cdot 50 + 17 \cdot 0.4 \cdot 50}{110} = \frac{300 + 340}{110} = 5.81\text{кВ},$$

$$\Delta U_3 = \frac{20 \cdot 0.2 \cdot 80 + 11.3 \cdot 0.4 \cdot 80}{110} = \frac{320 + 361,6}{110} = 6.19\text{кВ},$$

$$\Delta U_4 = \frac{50 \cdot 0.2 \cdot 30 + 28.33 \cdot 0.4 \cdot 30}{110} = \frac{300 + 339,6}{110} = 5.81\text{кВ},$$

$$\Delta U_5 = \frac{160 \cdot 0.2 \cdot 160 + 90,65 \cdot 0.4 \cdot 160}{500} = \frac{5120 + 5801,6}{500} = 21.8\text{кВ}$$

1.1.2 Желі бойындағы қосалқы станцияларға трансформатор таңдау

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

$$S_{ec} = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (1.3)$$

$$S_{\text{тр}} \geq \frac{S_{\text{ec}}}{2 \cdot 0,7}, \quad (1.4)$$

$$Q_{ij} = \sqrt{S_n^2 - P_n^2}. \quad (1.5)$$

мұндағы P – активті жүктеме, МВт;

$\cos \varphi$ – қуат коэффициенті.

S_{ec} - толық жүктеме

$S_{\text{трн}}$ - трансформатордың қуаты МВА

Q_{ij} - реактивті қуат, МВар

1-қосалқы станция үшін:

$$S_{\text{ec}} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{60}{0.87} = 68.965 \text{ МВА},$$

$$S_{\text{тр}} \geq \frac{S_{\text{ec}}}{2 \cdot 0,7} = \frac{68.965}{1.4} = 49.26 \text{ МВА},$$

$$Q_1 = \sqrt{S_n^2 - P_n^2} = \sqrt{68.965^2 - 60^2} = 34.$$

Осы шыққан мәндерге сәйкес, 1 – қосалқы станцияға ТРДН/63000/110 типті трансформаторы таңдалды. 1.2 – және 1.3 – кестеге 1- қосалқы станцияға таңдалған трансформатордың параметрлері енгіземін.

2 – қосалқы станция үшін:

$$S_{\text{ec}} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{30}{0.87} = 34.48 \text{ МВА},$$

$$S_{\text{тр}} \geq \frac{S_{\text{ec}}}{2 \cdot 0,7} = \frac{34.48}{1.4} = 24.63 \text{ МВА},$$

$$Q_2 = \sqrt{S_n^2 - P_n^2} = \sqrt{34.48^2 - 30^2} = 17.$$

Осы шыққан мәндерге сәйкес, 2 – қосалқы станцияға ТРДН/25000/110 типті трансформаторы таңдалды. 1.2 – және 1.3 – кестеге 2 – қосалқы станцияға таңдалған трансформатордың параметрлері енгіземін.

3 – қосалқы станция үшін:

$$S_{\text{ec}} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{20}{0.87} = 22.98 \text{ МВА},$$

$$S_{\text{тр}} \geq \frac{S_{\text{ec}}}{2 \cdot 0,7} = \frac{22.98}{1.4} = 16.42 \text{ МВА},$$

$$Q_3 = \sqrt{S_n^2 - P_n^2} = \sqrt{22.988^2 - 20^2} = 11.33.$$

Осы шыққан мәндерге сәйкес, 3 – қосалқы станцияға ТРДН/25000/110 типті трансформаторы таңдалды. 1.2 – және 1.3 – кестеге 3 –қосалқы станцияға таңдалған трансформатордың параметрлері енгіземін.

Бас таратушы қосалқы станция үшін:

$$S_{ec} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{160}{0.87} = 183.90 \text{ МВА},$$

$$S_{тр} \geq \frac{S_{ec}}{2 \cdot 0,7} = \frac{183.90}{1.4} = 131.36 \text{ МВА},$$

$$Q_5 = \sqrt{S_n^2 - P_n^2} = \sqrt{183.90^2 - 160^2} = 90.6.$$

Осы шыққан мәндерге сәйкес, бас таратушы қосалқы станцияға АТДЦТН/250000/500/110 типті автотрансформаторы таңдалды. 1.2 – және 1.3 – кестеге бас таратушы қосалқы станцияға таңдалған трансформатордың параметрлері енгіземін.

1.2-кесте - Таңдалған трансформаторлар параметрлері

Трансформатор типi	$S_{ном}$	Уном.орам, кВ			Uк, %			Рқ.т кВт	Рб.ж кВт	I,%
		U _{вн} , кВ	U _{сн} , кВ	U _{нн} , кВ	Жк- Ок	Ж к- Тк	Ок- Тк			
ТРДН-63000/110	63000	115	-	6.3	10,5	-	-	245	50	0.5
ТРДН-25000/110	25000	115	-	6.3	10,5	-	-	120	25	0.65
АТДЦТН- 250000/500/110	250000	500	121	10,5	13	33	18,5	670	190	0.40

1.3-кесте-Қосалқы станцияның берілгендері бойынша таңдалған параметрлері

Қосалқы станция-ның берілгендері	P1	P2	P3	P4	P5
Активті қуаты, МВт	60	30	20	50	160
ҚС-қа дейінгі ұз-дық, км	50	50	80	30	160
Толық қуаты,МВА	68.96	34.48	22.98	57.47	183.9
Есептелген қуаты, МВА	49.26	24.63	16.42	41.05	131.36
Реактивті қуаты, Мвар	34	17	11.33	28.33	90.6
Таңдалған кернеу, кВ	110	110	110	110	500
Таңдалған трансформаторлар	ТРДН – 63000/110	ТРДН – 25000/110	ТРДН – 25000/110	-	АТДЦТН- 250000/500/110

1.1.3 Трансформатордың кедергілерін және шығындарын есептеу

Таңдалған трансформатордың шығындарын анықтай отырып олардың әр қосалқы станцияның алмастыру схемаларын сызамын.

1 – қосалқы станция үшін (1.6)-(1.11)- формулаларды пайдалана отырып есептелуді жүргіземіз. 1 – қосалқы станцияның трансформатор типі: ТРДН – 63000/110, трансформатордың алмастыру схемасы 1.2 – суретте көрсетілген.

Трансформатордың параметрлерін келесі формулаларымен анықтаймыз:

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{кт}} \cdot U_{\text{н}}^2}{10^3 \cdot S_{\text{н}}^2}, \quad (1.6)$$

мұндағы $\Delta P_{\text{кт}}$ – трансформатордың қысқа тұйықталу шығыны;

$U_{\text{н}}$ – трансформатордың номиналды кернеуі;

$S_{\text{н}}$ – трансформатордың номиналды қуаты.

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{кт}} \cdot U_{\text{н}}^2}{10^3 \cdot S_{\text{н}}^2} = \frac{245 \cdot 115^2}{10^3 \cdot 63^2} = 0.81 \text{ Ом.}$$

Әр орамның реактивтік кедергісін анықталады:

$$X_1 = \frac{U_{\text{к}} \% \cdot U_{\text{н}}^2}{100 \cdot S_{\text{н}}}, \quad (1.7)$$

$$X_1 = \frac{U_{\kappa \%} \cdot U_{\text{H}}^2}{100 \cdot S_{\text{H}}} = \frac{10.5 \cdot 115^2}{100 \cdot 63} = 22,04 \text{ Ом.}$$

мұндағы U_{κ} – трансформатор орамының қысқа тұйықталу кернеуі.

Қуат коэффициенті бойынша толық қуатты және реактивтік қуатты анықталады:

$$\Delta P_1 = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{H}}^2} \cdot R, \quad (1.8)$$

$$\Delta P_1 = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{H}}^2} \cdot R = \frac{60^2 + 34^2}{115^2} \cdot 0.81 = 0.29 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_1 = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{H}}^2} \cdot X, \quad (1.9)$$

$$\Delta Q_1 = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{H}}^2} \cdot X = \frac{60^2 + 34^2}{115^2} \cdot 22.04 = 7.91 \text{ МВрт},$$

$$P'_1 + jQ' = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q), \quad (1.10)$$

$$\begin{aligned} P'_1 + jQ' &= (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (60 + 0.29) + j(34 + 7.91) \\ &= 60.29 + j41.91, \end{aligned}$$

$$\Delta P_0 = P_{\text{бж}} = 50 \text{ кВт} = 0,05 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\mu} = \frac{I_0 + S_{\text{H}}}{100}, \quad (1.11)$$

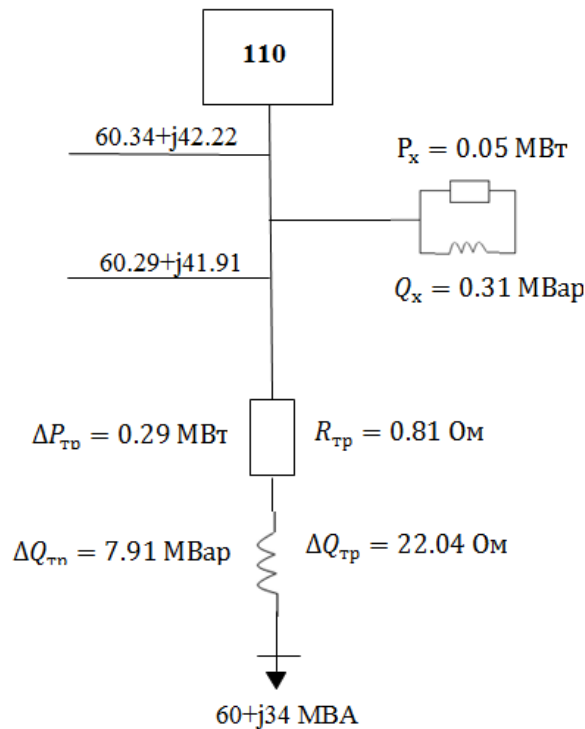
$$\Delta Q_{\mu} = \frac{I_0 + S_{\text{H}}}{100} = \frac{0,5 \cdot 63000}{100} = 0,31 \text{ МВар},$$

$$\Delta P_1'' + jQ_1'' = (60.29 + 0.05) + j(41.91 + 0.31) = 60.34 + j42.22 \text{ МВА.}$$

мұндағы ΔP – желідегі активті қуат шығыны, МВт;

ΔQ_{μ} – зарядтық қуат;

ΔQ – желідегі реактивті қуат шығыны, МВар



1.2 – сурет - ТРДН – 63000/110 типті трансформаторының алмастыру схемасы

2 – қосалқы станция үшін (1.6)-(1.11)- формулаларды пайдалана отырып есептелуді жүргіземіз. 2 – қосалқы станцияның трансформатор типі: ТРДН – 25000/110, трансформатордың алмастыру схемасы 1.3 – суретте көрсетілген.

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{КТ}} \cdot U_{\text{Н}}^2}{10^3 \cdot S_{\text{Н}}^2} = \frac{120 \cdot 115^2}{10^3 \cdot 25^2} = 2.53 \text{ Ом},$$

$$X_1 = \frac{U_{\text{к}} \% \cdot U_{\text{Н}}^2}{100 \cdot S_{\text{Н}}} = \frac{10.5 \cdot 115^2}{100 \cdot 25} = 55.5 \text{ Ом},$$

$$\Delta P_2 = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{Н}}^2} \cdot R = \frac{30^2 + 17^2}{115^2} \cdot 2.53 = 0.22 \text{ МВт},$$

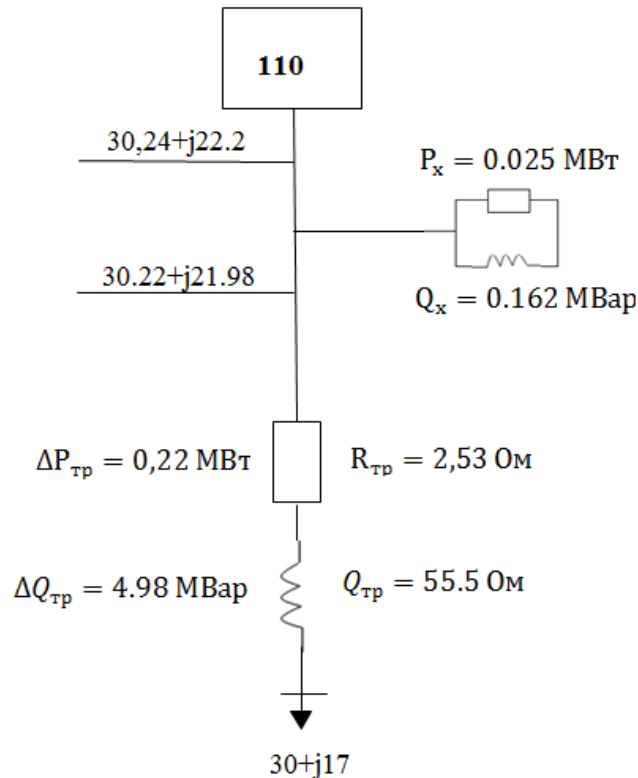
$$\Delta Q_2 = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{Н}}^2} \cdot X = \frac{30^2 + 17^2}{115^2} \cdot 55.5 = 4.98 \text{ МВар},$$

$$P'_2 + jQ'_2 = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (30 + 0.22) + j(17 + 4.98) = 30.22 + j21.98,$$

$$\Delta P_0 = P_{\text{бж}} = 25 \text{ кВт} = 0.025 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\mu} = \frac{I_0 + S_{\text{Н}}}{100} = \frac{0.65 \cdot 25}{100} = 0.162 \text{ МВар},$$

$$\Delta P_2'' + jQ_2'' = (30.22 + 0.025) + j(21.98 + 0.22) = 30.245 + j22.2 \text{ МВА.}$$



1.3 – сурет - ТРДН – 25000/110 типті трансформаторының алмастыру схемасы

3 – қосалқы станция үшін (1.6)-(1.11)-формуларды пайдалана отырып есептелуді жүргіземіз. 3 – қосалқы станцияның трансформатор типі: ТРДН – 25000/110, трансформатордың алмастыру схемасы 1.4 – суретте көрсетілген.

$$R_{tr} = \frac{\Delta P_{кт} \cdot U_H^2}{10^3 \cdot S_H^2} = \frac{120 \cdot 115^2}{10^3 \cdot 25^2} = 2.53 \text{ Ом,}$$

$$X_1 = \frac{U_k \% \cdot U_H^2}{100 \cdot S_H} = \frac{10.5 \cdot 115^2}{100 \cdot 25} = 55.5 \text{ Ом,}$$

$$\Delta P_3 = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot R = \frac{20^2 + 11.33^2}{115^2} \cdot 2.53 = 0.10 \text{ МВт,}$$

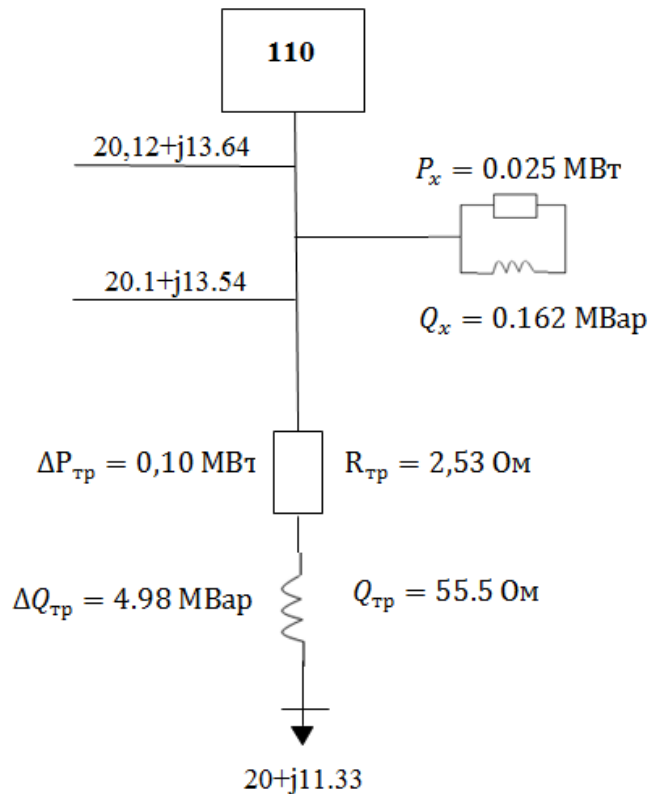
$$\Delta Q_3 = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot X = \frac{20^2 + 11.33^2}{115^2} \cdot 55.5 = 2.21 \text{ МВар,}$$

$$P'_3 + jQ'_3 = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (20 + 0.10) + j(11.33 + 2.21) = 20.1 + j13.54,$$

$$\Delta P_0 = P_{\text{бж}} = 25 \text{ кВт} = 0,025 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\mu} = \frac{I_0 + S_H}{100} = \frac{0,65 \cdot 25}{100} = 0.162 \text{ МВар},$$

$$\Delta P_3'' + jQ_3'' = (20.1 + 0.025) + j(13.54 + 0.10) = 20.125 + j13.54 \text{ МВА}.$$



1.4 – сурет - ТРДН – 25000/110 типті трансформаторының алмастыру схемасы

4 – қосалқы станция үшін (1.6)-(1.11)-ші формулаларды пайдалана отырып есептелуді жүргіземіз. 4 – қосалқы станцияның трансформатор типі: АТДЦТН/250000/500/110, трансформатордың алмастыру схемасы 1.5–суретте көрсетілген.

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{кт}} \cdot U_{\text{н}}^2}{10^3 \cdot S_{\text{н}}^2} = \frac{670 \cdot 500^2}{10^3 \cdot 250^2} = 2.68 \text{ Ом},$$

Қосалқы станцияда трансформаторлар параллель жұмыс істемейді, сондықтан:

$$R_1 = R_2 = R_3 = 0.5 \cdot R_{\text{тр}}, \quad (1.12)$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 0.5 \cdot 2.68 = 1.34 \text{ Ом},$$

Әр орамның қысқа тұйықталу кернеулері анықтаймыз

$$U_{k1} = 0.5 \cdot (U_{(ЖК-ОК)} + U_{(ЖК-ТК)}) - U_{(ОК-ТК)}, \quad (1.13)$$

$$U_{k2} = 0.5 \cdot (U_{(ОК-ТК)} + U_{(ЖК-ОК)}) - U_{(ЖК-ТК)}, \quad (1.14)$$

$$U_{k3} = 0.5 \cdot (U_{(ЖК-ТК)} + U_{(ОК-ТК)}) - U_{(ЖК-ОК)}, \quad (1.15)$$

$$U_{k1} = 0.5 \cdot (U_{(ЖК-ОК)} + U_{(ЖК-ТК)}) - U_{(ОК-ТК)} = 0,5 \cdot (13 + 33 - 18,5) = 13.75\%,$$

$$U_{k2} = 0.5 \cdot (U_{(ОК-ТК)} + U_{(ЖК-ОК)}) - U_{(ЖК-ТК)} = 0,5 \cdot (18.5 + 13 - 33) = -0.75\%,$$

$$U_{k3} = 0.5 \cdot (U_{(ЖК-ТК)} + U_{(ОК-ТК)}) - U_{(ЖК-ОК)} = 0,5 \cdot (33 + 18.5 - 13) = 19.25\%,$$

$$X_1 = \frac{U_K \% \cdot U_H^2}{100 \cdot S_H} = \frac{13.75 \cdot 500^2}{100 \cdot 250} = 137.5 \text{ Ом},$$

$$X_2 = \frac{U_K \% \cdot U_H^2}{100 \cdot S_H} = \frac{0 \cdot 500^2}{100 \cdot 250} = 0 \text{ Ом},$$

$$X_3 = \frac{U_K \% \cdot U_H^2}{100 \cdot S_H} = \frac{19.25 \cdot 500^2}{100 \cdot 250} = 192.5 \text{ Ом}.$$

Қуат коэффициенті бойынша толық қуатты және реактивтік қуатты және автотрансформатордың жүктелуі (1.3-1.5) формулалары бойынша қуаттарын анықтаймыз:

$$S_{40} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{64}{0.87} = 73 \text{ МВА},$$

$$Q_{40} = \sqrt{S_n^2 - P_n^2} = \sqrt{73^2 - 64^2} = 35.51 \text{ МВар},$$

$$S_{60} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{96}{0.87} = 110 \text{ МВА},$$

$$Q_{60} = \sqrt{S_n^2 - P_n^2} = \sqrt{110^2 - 96^2} = 53 \text{ МВар},$$

$$\Delta P_{43} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot R = \frac{64^2 + 35.51^2}{500^2} \cdot 1.34 = 0.02 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{43} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot X = \frac{64^2 + 35.11^2}{500^2} \cdot 192,5 = 4.10 \text{ МВар},$$

$$P'_{43} + jQ'_{43} = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (64 + 0.02) + j(35.11 + 4.10) \\ = 64.02 + j39.21 \text{ MBA},$$

$$\Delta P_{42} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot R = \frac{96^2 + 53^2}{500^2} \cdot 1.34 = 0.06 \text{ MBТ},$$

$$\Delta Q_{42} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot X = \frac{96^2 + 53^2}{500^2} \cdot 0 = 0 \text{ MBТ},$$

$$P'_{42} + jQ'_{42} = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (96 + 0.06) + j(53 + 0) \\ = 96.06 + j53 \text{ MBA},$$

$$P_{41} + jQ_{41} = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (64 + 96) + j(39.21 + 53) \\ = 160 + j92.21 \text{ MBA},$$

$$\Delta P_{41} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot R = \frac{160^2 + 121^2}{500^2} \cdot 1.34 = 0.2 \text{ MBТ},$$

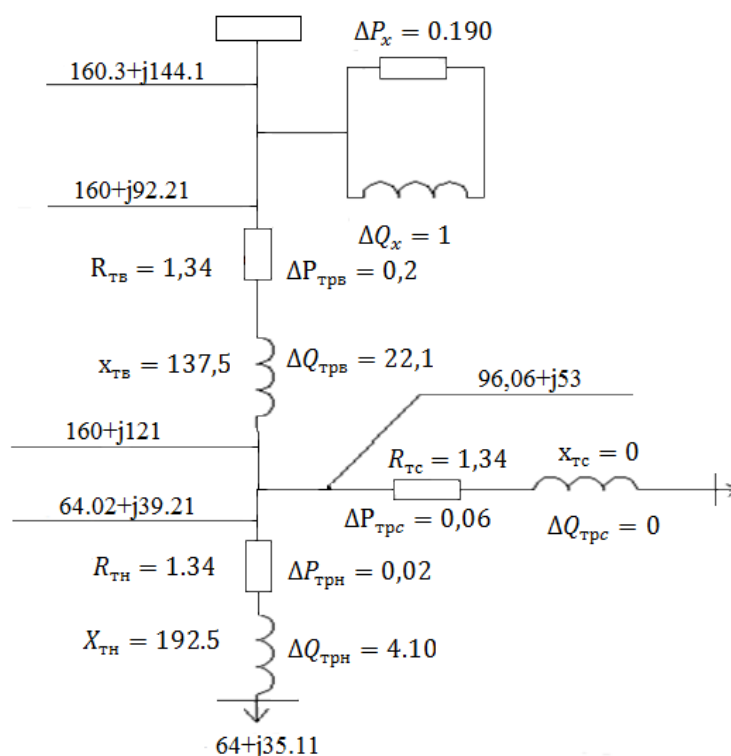
$$\Delta Q_{41} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot X = \frac{160^2 + 121^2}{500^2} \cdot 137,5 = 22,1 \text{ MBap},$$

$$P'_4 + jQ'_4 = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (160 + 0.2) + j(121 + 22.1) \\ = 160.2 + j143.1 \text{ MBA},$$

$$\Delta P_0 = P_{\text{бж}} = 190 \text{ кВт} = 0,190 \text{ MBТ},$$

$$\Delta Q_{\mu} = \frac{I_0 + S_H}{100} = \frac{0,40 \cdot 250}{100} = 1 \text{ MBap},$$

$$\Delta P_4'' + jQ_4'' = (160.2 + 0.190) + j(143.1 + 1) = 160.39 + j144.1 \text{ MBA}.$$



1.5 – сурет - АТДЦТН/250000/500/110 типті автотрансформаторының алмастыру схемасы

Барлық төрт қосалқы станциядағы трансформатордың есептелген шығындарын 1.4 - кестеге енгіземіз

1.4 – кесте – Трансформатордың есептелген шығындары

Трансформа торлар	$R_{тр}$	$X_{тр}$	ΔP	ΔQ	P'_n	Q'_n	ΔP_0	ΔQ_μ	$\Delta P''_n$	Q''_3
ТРДН – 63000/110	0,81	22,04	0,29	7,91	0,05	0,31	60,29	41,91	60,34	42,2 2
ТРДН– 25000/110	2,53	55,5	0,22	4,98	0,025	0,162	30,22	21,98	30,24	22,2
ТРДН– 25000/110	2,53	55,5	0,10	2,21	0,025	0,162	20,1	13,54	20,12	13,6 4
АТДЦТН- 250000/500/ 110	1,34	137,5	0,06	4,10	64,02	39,21	0,190	1	160,3	144, 1
	1,34	0	0,02	0	96,06	53				
	1,34	192,5	0,2	22,1	160	92,21				

1.1.4 Тұйықталған жүйе учаскісіндегі қуат таралуын есептеу

Жобалаудың басында желінің линия бөліктеріндегі кедергі белгісіз болғандықтан, қуаттың шамасы жуық мәндермен анықтылды. Радиалды

желінің басындағы бөліктеріндегі қуат жекелеген тұтынушылардың қосындысымен анықталады. Тұйықталған желі үшін қуаттың таратылуын барлық бөліктердегі қима бірдей деп алып, екі жақты қоректендірілетін линияда сияқты анықталады.

Желінің екі жақтан қоректендіруші қорек көзінің қуаттары есептейміз

$$P_A = \frac{P_1(L_1) + P_2(L_1 + L_2) + P_3(L_1 + L_2 + L_3)}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}, \quad (1.16)$$

$$P_A = \frac{60(50) + 30(50 + 50) + 20(50 + 50 + 80)}{50 + 50 + 80 + 30} = 45.71 \text{ МВт},$$

$$Q_A = \frac{Q_1(L_1) + Q_2(L_1 + L_2) + Q_3(L_1 + L_2 + L_3)}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}, \quad (1.17)$$

$$Q_A = \frac{34(50) + 17(50 + 50) + 11.33(50 + 50 + 80)}{50 + 50 + 80 + 30} = 25.90 \text{ МВт},$$

$$P'_A = \frac{P_3(L_4) + P_2(L_4 + L_3) + P_1(L_4 + L_3 + L_2)}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}, \quad (1.18)$$

$$P'_A = \frac{20(30) + 30(30 + 80) + 60(30 + 80 + 50)}{50 + 50 + 80 + 30} = 64.28 \text{ МВт},$$

$$Q'_A = \frac{Q_3(L_4) + Q_2(L_4 + L_3) + Q_1(L_4 + L_3 + L_2)}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}, \quad (1.19)$$

$$Q'_A = \frac{11.33(30) + 17(30 + 80) + 34(30 + 80 + 50)}{50 + 50 + 80 + 30} = 36.42 \text{ МВт},$$

$$S_A = P_A + Q_A = 45.71 + j25.90 \text{ МВА},$$

$$S'_A = P'_A + Q'_A = 64.28 + j36.42 \text{ МВА},$$

$$P_A + P'_A = 45.71 + 64.28 = 110 \text{ МВт},$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 60 + 30 + 20 = 110 \text{ МВт},$$

$$110 = 110 \text{ МВт},$$

$$Q_A + Q'_A = 25.90 + 36.42 = 62.32 \text{ МВар},$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 34 + 17 + 11.33 = 62.32 \text{ МВар},$$

$$62.32=62.32 \text{ МВар},$$

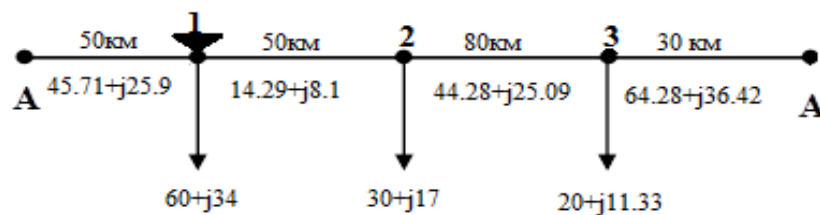
$$S_{34к} = S'_A - S_3,$$

$$S_{34к} = 64.28 + j36.42 - 20 + j11.33 = 44.28 + j25.09,$$

$$S_{\text{тол}} = S_A + S'_A,$$

$$S_{\text{тол}} = 45.71 + j25.90 + 64.28 + j36.42 = 110 + j62.92.$$

Электр беріліс желісіндегі әр бөліктегі қуаттың таралуын анықтап, кеңейтілген 1.6 – суреттегі схемаға енгіздім.



1.6 – сурет – Электр беріліс желісінің схемасы

1.2 Тұйықталған желінің қималарын есептеу және таңдау

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

$$I_{\text{ec}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (1.20)$$

$$I_{01} = \frac{\sqrt{110^2 + 62.32^2}}{\sqrt{3} \cdot 500} = 1461 \text{ A},$$

$$I_{12} = \frac{\sqrt{45.71^2 + 25.90^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} = 276 \text{ A},$$

$$I_{41} = \frac{\sqrt{64.28^2 + 36.42^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} = 380 \text{ A},$$

$$I_{23} = \frac{\sqrt{14.29^2 + 8.1^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} = 86 \text{ A},$$

$$I_{34} = \frac{\sqrt{44.28^2 + 25.09^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} = 26 \text{ A.}$$

Сымның қимасы ток тығыздығына байланысты есептеледі. Сымның қимасының экономикалық шарты:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I}{j_{\text{эк}}}, \quad (1.21)$$

мұндағы $j_{\text{эк}}$ – ток тығыздығы
 $j_{\text{эк}} = 1,5 \text{ A/mm}^2$

$$S_{\text{эк01}} = \frac{1461}{1.5} = 974 \text{ мм}^2.$$

Осыған сәйкес таңдалған қима $AC = 3 \cdot 330/43$
 Апаттық режимдегі тогы $I_{\text{доп}} = 3 \cdot 730 \text{ A}$

$$S_{\text{эк12}} = \frac{276}{1.5} = 184 \text{ мм}^2,$$

Осыған сәйкес таңдалған қима $AC = 185/29$
 Апаттық режимдегі тогы $I_{\text{доп}} = 510 \text{ A}$

$$S_{\text{эк41}} = \frac{380}{1.5} = 253 \text{ мм}^2,$$

Осыған сәйкес таңдалған қима $AC = 300/48$
 Апаттық режимдегі тогы $I_{\text{доп}} = 690 \text{ A}$

$$S_{\text{эк23}} = \frac{86}{1.5} = 57.3 \text{ мм}^2,$$

Осыған сәйкес таңдалған қима $AC = 70/11$
 Апаттық режимдегі тогы $I_{\text{доп}} = 265 \text{ A}$

$$S_{\text{эк34}} = \frac{26}{1.5} = 17.3 \text{ мм}^2,$$

Осыған сәйкес таңдалған қима $AC = 35/6.2$
 Апаттық режимдегі тогы $I_{\text{доп}} = 175 \text{ A}$

Кернеуі 110 кВ біртүзбекті әуе беріліс желісінің салыстырмалы параметрлерін анықтаймыз.

Меншікті активті кедергі, Ом/км

$$r_0 = \frac{\rho}{S} \quad (1.22)$$

Сымның радиусы, мм

$$r_{\text{сым}} = \frac{D_{\text{сым}}}{2} \quad (1.23)$$

Меншікті реактивті кедергі, Ом/км

$$x_0 = 0.144 \cdot \lg \left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым}}} \right) + 0.0157 \quad (1.24)$$

Меншікті реактивті өткізгіштік, См/км

$$b = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg \left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым}}} \right)} \quad (1.25)$$

Сымдарның арасындағы орташа геометриялық арақашықтық мынаған тең

$$D_{\text{орт}} = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{2-3} \cdot D_{1-3}} \quad (1.26)$$

Тұйықталған желінің кедергілерін келесі формулалар арқылы есептеледі.

Желінің активті кедергісін келесі формула арқылы есептеледі

$$R_i = r_0 \cdot l \quad (1.27)$$

Желінің реактивті кедергісін келесі формула арқылы есептеледі

$$X_i = r_0 \cdot l \quad (1.28)$$

Желінің реактивті өткізгіштігін келесідей есептеледі

$$B_i = b_0 \cdot l \quad (1.29)$$

Желінің соңындағы зарядтық қуатты келесі формуламен есептеледі

$$Q_{ci}^k = \frac{1}{2} \cdot U_{\text{ном}}^2 \cdot B_i \quad (1.30)$$

0-1 аймағы үшін (1.22)-(1.30) формулалар көмегімен есептеулер келесідей жүргізіледі

$$r_{01} = \frac{\rho}{S} = \frac{31.52}{330} = 0.09 \frac{\text{Ом}}{\text{км}},$$

$$r_{\text{сбм}} = \frac{D_{\text{сбм}}}{2} = \frac{2,52}{2} = 1,26 \text{ см},$$

$$R_i = r_0 \cdot l = 0,09 \cdot 160 = 14,4 \text{ Ом},$$

$$D_{\text{опт}} = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{2-3} \cdot D_{1-3}} = \sqrt[3]{14 \cdot 14 \cdot 14} = 1400 \text{ см},$$

$$x_{01} = 0.144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{опт}}}{r_{\text{сбм}}}\right) + 0.0157 = 0.144 \cdot \lg\left(\frac{1400}{1,26}\right) + 0.0157 = \frac{0,452 \text{ Ом}}{\text{км}},$$

$$X_{01} = r_0 \cdot l = 0,452 \cdot 160 = 72,32 \text{ м},$$

$$b_{01} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{D_{\text{опт}}}{r_{\text{сбм}}}\right)} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{1400}{1,26}\right)} = 2,493 \cdot 10^{-6} \frac{\text{см}}{\text{км}},$$

$$B_{01} = b_0 \cdot l = 2,493 \cdot 10^{-6} \cdot 160 = 3,98 \cdot 10^{-4} \text{ см},$$

$$Q_{ci}^k = \frac{1}{2} \cdot U_{\text{ном}}^2 \cdot B_i = \frac{1}{2} \cdot 500^2 \cdot 3,98 \cdot 10^{-4} = 49,7 \text{ МВар}.$$

1-2 аймағы үшін (1.22)-(1.30) формулалар көмегімен есептеулер келесідей жүргізіледі

$$r_{02} = \frac{31.52}{185} = 0.17 \frac{\text{Ом}}{\text{км}},$$

$$r_{\text{сбм}} = \frac{1,88}{2} = 0,94 \text{ см},$$

$$R_{02} = 0,17 \cdot 50 = 8,5 \text{ Ом},$$

$$D_{\text{опт}} = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{2-3} \cdot D_{1-3}} = \sqrt[3]{5 \cdot 5 \cdot 5} = 500 \text{ см},$$

$$x_{02} = 0.144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{опт}}}{r_{\text{сбм}}}\right) + 0.0157 = 0.144 \cdot \lg\left(\frac{500}{0,94}\right) + 0.0157 = 0,407 \frac{\text{Ом}}{\text{км}},$$

$$X_{02} = 0,407 \cdot 50 = 20,35 \text{ Ом},$$

$$b_{02} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{D_{\text{опт}}}{r_{\text{сбм}}}\right)} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{500}{0,94}\right)} = 2,786 \cdot 10^{-6},$$

$$B_{02} = 2,786 \cdot 10^{-6} \cdot 50 = 1,39 \cdot 10^{-4},$$

$$Q_{ci}^k = \frac{1}{2} \cdot U_{\text{НОМ}}^2 \cdot B_i = \frac{1}{2} \cdot 110^2 \cdot 1,39 \cdot 10^{-4} = 0,80 \text{ МВар.}$$

2-3 аймағы үшін (1.22)-(1.30) формулалар көмегімен есептеулер келесідей жүргізіледі

$$r_{03} = \frac{31,52}{300} = 0,10 \frac{\text{Ом}}{\text{км}},$$

$$r_{\text{сым}} = \frac{2,41}{2} = 1,20 \text{ см},$$

$$R_{03} = 0,10 \cdot 50 = 5 \text{ Ом},$$

$$D_{\text{орт}} = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{2-3} \cdot D_{1-3}} = \sqrt[3]{5 \cdot 5 \cdot 5} = 500 \text{ см},$$

$$x_{03} = 0,144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым}}}\right) + 0,0157 = 0,144 \cdot \lg\left(\frac{500}{1,20}\right) + 0,0157 = 0,391 \frac{\text{Ом}}{\text{км}},$$

$$b_{03} = \frac{X_{03} = 0,391 \cdot 50 = 19,57 \text{ Ом},}{\lg\left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым}}}\right)} = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{500}{1,20}\right)} = 2,90 \cdot 10^{-6},$$

$$B_{03} = 2,90 \cdot 10^{-6} \cdot 50 = 1,45 \cdot 10^{-4},$$

$$Q_{ci}^k = \frac{1}{2} \cdot U_{\text{НОМ}}^2 \cdot B_i = \frac{1}{2} \cdot 110^2 \cdot 1,45 \cdot 10^{-4} = 0,87 \text{ МВар},$$

3-4 аймағы үшін (1.22)-(1.30) формулалар көмегімен есептеулер келесідей жүргізіледі

$$r_{04} = \frac{31,52}{70} = 0,45 \frac{\text{Ом}}{\text{км}},$$

$$r_{\text{сым}} = \frac{1,14}{2} = 0,57 \text{ см},$$

$$R_{04} = 0,45 \cdot 80 = 36 \text{ Ом},$$

$$D_{\text{орт}} = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{2-3} \cdot D_{1-3}} = \sqrt[3]{5 \cdot 5 \cdot 5} = 500 \text{ см},$$

$$x_{04} = 0,144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым}}}\right) + 0,0157 = 0,144 \cdot \lg\left(\frac{500}{0,57}\right) + 0,0157 = 0,439 \frac{\text{Ом}}{\text{км}},$$

$$X_{04} = 0,439 \cdot 80 = 35,12 \text{ Ом},$$

$$b_{04} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{D_{\text{опт}}}{r_{\text{сйм}}}\right)} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{500}{0,57}\right)} = 2,57 \cdot 10^{-6},$$

$$B_{04} = 2,57 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 2,05 \cdot 10^{-4},$$

$$Q_{ci}^k = \frac{1}{2} \cdot U_{\text{ном}}^2 \cdot B_i = \frac{1}{2} \cdot 110^2 \cdot 2,05 \cdot 10^{-4} = 1,24 \text{ МВар},$$

1.2.1 Тұйықталған жүйеде максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы және шығындарын есептеу

А-1 аймақ үшін есептеулер келесідей жүргізіледі және мәндері 1.7 – суретке енгізіледі.

$$S_{A-1}^k = S_{A-1} - Q_{A-1} = 45.71 + j25.9 - 0.84 = 45.71 + j25.06,$$

$$\Delta S_{A-1} = \frac{45.71^2 + 25.06^2}{110^2} \cdot (8.5 + 20.35j) = 1.87 + j4.47,$$

$$S_{A-1}'' = S_{A-1}^k + \Delta S_{A-1} = (45.71 + 1.87) + j(25.06 + 4.47) = 47.58 + j29.53.$$

1-2 аймақ есептеулер келесідей жүргізіліп мәндері 1.7-суретке енгізіледі.

$$S_{1-2}^k = S_{1-2} - Q_{1-2} = 14,29 + j8,1 - 0.87 = 14,29 + j7,23,$$

$$\Delta S_{1-2} = \frac{14,29^2 + 7,23^2}{110^2} \cdot (5 + 19,5j) = 0,1 + j0,39,$$

$$S_{1-2}'' = S_{1-2}^k + \Delta S_{1-2} = (14,29 + 0,1) + j(7,23 + 0,39) = 14,39 + j7,62.$$

2-3 аймақ үшін есептеулер келесідей жүргізіледі және мәндері 1.7 – суретке енгізіледі.

$$S_{2-3}^k = S_{2-3} - Q_{2-3} = 44,28 + j25,09 - 1,24 = 44,28 + j23,85,$$

$$\Delta S_{2-3} = \frac{44,28^2 + 23,85^2}{110^2} \cdot (36 + 35,12j) = 7,2 + j7,024,$$

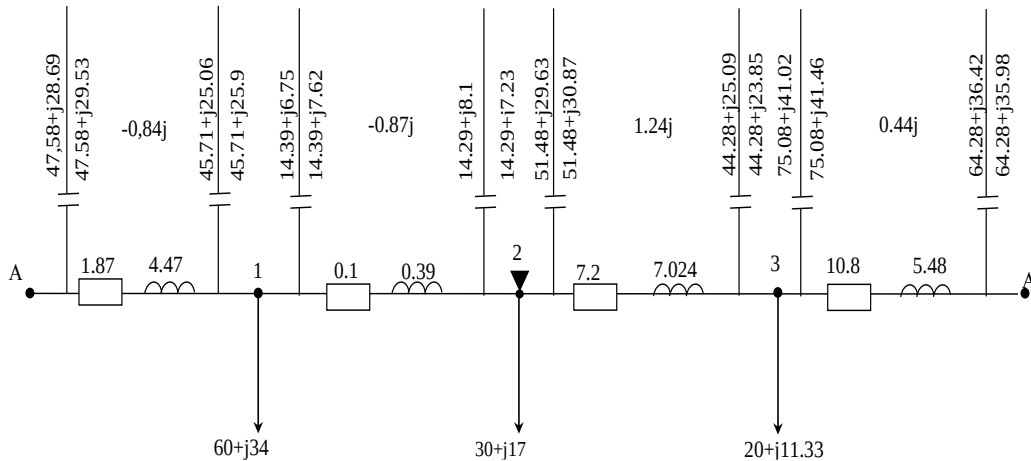
$$S_{2-3}'' = S_{2-3}^k + \Delta S_{2-3} = (44,28 + 7,2) + j(23,85 + 7,024) = 51,48 + j30,87.$$

3-А' аймақ үшін есептеулер келесідей жүргізіледі және мәндері 1.7 – суретке енгізіледі.

$$S_{3-A'}^k = S_{3-A'} - Q_{3-A'} = 64,28 + j36.42 - 0.44 = 64,28 + j35.98,$$

$$\Delta S_{3-A'} = \frac{64,28^2 + 35,98^2}{110^2} \cdot (27 + 13,7j) = 10,8 + j5,48,$$

$$S''_{3-A'} = S^k_{3-A'} + \Delta S_{3-A'} = (64,28 + 10,8) + j(35,98 + 5,48) = 75,08 + j41,46$$



1.7 – сурет – Электр беріліс желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы

1.3 Желідегі қысқа тұйықталу тогын табу және параметрлеріне сәйкес аппараттар таңдау

АТДЦТН–250000/500/110 типті трансформатордың паспорттық берілгендерін 1.5 – кестеге енгіземін.

Салыстырмалы бірлікте базистік қуат

$$S_6 = 100 \text{ MVA}$$

Базистік кернеу

$$U_{\text{баз1}} = 500 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{баз1}} = 110 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{баз1}} = 10,5 \text{ кВ}$$

1.5 – кесте – АТДЦТН-250000/500/110 трансформаторының паспорттық берілгені

Трансформатор типi	$S_{\text{ном}}$	Уном.орам, кВ			Uк, %			Рк.т кВт	Рб.ж кВт	I, %
		U _{вн} , кВ	U _{сн} , кВ	U _{нн,к} , В	Ж к- Ок	Ж к- Тк	Ок- Тк			
АТДЦТН- 250000/500/110	250000	500	121	10,5	13	33	18,5	670	190	0.40

Генератордың кедергісі:

$$x_{\Gamma} = x_d'' \cdot \frac{S_6}{S_{\text{нг}}}. \quad (1.31)$$

мұндағы x_{Γ} – генератор кедергісі

x_d'' – аса өтпелі индуктивті кедергі

$S_{\text{нг}}$ – генератордың номиналды қуаты, МВА

S_6 – базистік қуат, МВА

(1.31) формулаға сәйкес:

$$x_{\Gamma} = x_d'' \cdot \frac{S_6}{S_{\text{нг}}} = 0.3 \cdot \frac{100}{250} = 0.12,$$

Желілердің кедергілері:

$$x_{\text{л}} = x_0 \cdot \frac{S_6}{U_6^2}, \quad (1.32)$$

$$x_{\text{л}} = x_0 \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0.4 \cdot 160 \cdot \frac{100}{500^2} = 0.0256.$$

Трансформатордың кедергілері:

$$x_{\text{тр}*} = \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{нт}}}. \quad (1.33)$$

мұндағы $x_{\text{тр}*}$ – трансформаторлардың кедергілері

$U_{\text{кз}}$ – трансформатордың қысқа тұйықталу кернеуі

$S_{\text{нт}}$ – трансформатордың қуаты

Әр орамның қысқа тұйықталу кернеулері анықталады

$$U_{\text{k1}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк}-\text{ок})} + U_{(\text{жк}-\text{тк})}) - U_{(\text{ок}-\text{тк})},$$

$$U_{\text{k2}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{ок}-\text{тк})} + U_{(\text{жк}-\text{ок})}) - U_{(\text{жк}-\text{тк})}, \quad (1.34)$$

$$U_{\text{k3}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк}-\text{тк})} + U_{(\text{ок}-\text{тк})}) - U_{(\text{жк}-\text{ок})},$$

$$U_{\text{k1}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк}-\text{ок})} + U_{(\text{жк}-\text{тк})}) - U_{(\text{ок}-\text{тк})} = 0.5 \cdot (13 + 33 - 18.5) = 13.75\%,$$

$$U_{\text{k2}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{ок}-\text{тк})} + U_{(\text{жк}-\text{ок})}) - U_{(\text{жк}-\text{тк})} = 0.5 \cdot (18.5 + 13 - 33) = -0.75\%,$$

$$U_{\text{k3}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк}-\text{тк})} + U_{(\text{ок}-\text{тк})}) - U_{(\text{жк}-\text{ок})} = 0.5 \cdot (33 + 18.5 - 13) = 19.25\%.$$

(1.33) формулаға сәйкес трансформатор кедергілерін табамыз

$$x_{T.ж} = \frac{13,75}{100} \cdot \frac{100}{250} = 0,055,$$

$$x_{T.0} = 0,$$

$$x_{T.т} = \frac{19,25}{100} \cdot \frac{100}{250} = 0,077.$$

Қысқа тұйықталу нүктесіне дейінгі нәтижелік кедергі

$$x_1 = x_{\Gamma} = 0,12, \quad (1.35)$$

$$x_{\text{кос2}} = x_{\Gamma} + x_{\text{л}} + x_{\text{тж}} + x_{\text{т0}} = 0,12 + 0,0256 + 0,055 + 0 = 0,20,$$

$$x_{\text{кос3}} = x_{\Gamma} + x_{\text{л}} + x_{\text{тж}} + x_{\text{тт}}, \quad (1.36)$$

$$x_2 = x_{\Gamma} = 0,12 + 0,0256 + 0,055 + 0,077 = 0,27.$$

Нүктелердегі базистік тоқты табу

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (1.37)$$

$$I_{61} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 500} = 0,11 \text{ кА},$$

$$I_{62} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 121} = 0,47 \text{ кА},$$

$$I_{63} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,6 \text{ кА}.$$

К нүктелерінің қысқа тұйықталу токтары

$$I_{\text{к3}} = \frac{I_6}{x_1}, \quad (1.38)$$

$$I_{\text{к-1}} = \frac{0,11}{0,12} = 0,91 \text{ кА},$$

$$I_{\text{к-2}} = \frac{0,47}{0,20} = 2,35 \text{ кА},$$

$$I_{\text{к-3}} = \frac{5,6}{0,27} = 20,7 \text{ кА}.$$

Қысқа тұйықталу тогынан пайда болатын соққы токтар:

$$i_{y.t=0} = k_{yd} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k.3.t=0}, \quad (1.39)$$

$$i_{y.t=0} = k_{yd} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k.3.t=0} = 1.78 \cdot \sqrt{2} \cdot 0.91 = 2.28,$$

$$i_{y.t=\infty} = k_{yd} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k.3.t=0} = 1.78 \cdot \sqrt{2} \cdot 2.35 = 5.89,$$

$$i_{y.t=\infty} = k_{yd} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k.3.t=0} = 1.78 \cdot \sqrt{2} \cdot 20.7 = 51.9.$$

Трансформатордың жоғарғы және төменгі орамдарындағы есептік токтары

$$I_{расч} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 500} = 289 \text{ A},$$

$$I_{расч} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 121} = 1194 \text{ A},$$

$$I_{расч} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 13766 \text{ A}.$$

1.3.1 Есептелген параметрлер бойынша электр аппараттарын таңдау

Барлық электр аппараттары номинал кернеуі, номинал тогы бойынша таңдалады және электродинамикалық және термиялық тұрақтылыққа тексеріледі.

Кернеуі бойынша таңдағанда келесі шарт орындалуы керек:

$$U_{ж} \leq U_{н} \quad (1.40)$$

Ток бойынша дұрыс аппаратты таңдау қалыпты режимде ұзақ жұмыс кезінде аппарат бөліктерінің қауіпті қызуларына жол бермейді. Сол үшін келесі шарт орындалуы керек:

$$I_{есеп} \leq I_{н} \quad (1.41)$$

10,5кВ, 110кВ және 500 кВ үшін таңдалған аспаптар мәндерін 1.6 – кестеге, 1.7 – кестеге, 1.8 – кестеге енгіземін.

1.6 – кесте – 500 кВ үшін таңдалған аспаптар

Таңдау шарты	Есептелген мәндер			
		Ажыратқыш GL 317	Айырғыш PM-40-40 ABB	Ток трансф-ы ТГФ-500
$U_{ж} \leq U_{н}, \text{кВ}$	500	500	500	500
$I_{есеп} \leq I_{н}, \text{А}$	289	4000	4000	1200
$I_{кз} \leq I_{откл}, \text{кА}$	0.91	50	40	-
$i_y \leq k_d \cdot \sqrt{2} \cdot I_{н}, \text{кА}$	2.28	40	40	127

500 кВ үшін таңдалған GL 317 типті ажыратқыш 1.8 – суретте көрсетілген, PM-40-40 ABB типті айырғыш 1.9 – суретте, ТГФ – 500 типті ток трансформаторы 1.10 – суретте көрсетілген.



1.8 – сурет – GL 317 типті ажыратқыш



1.9 – сурет – PM-40-40 ABB типті айырғыш



1.10 – сурет – ТГФ 500 типті ток трансформаторы

1.7 – кесте – 110 кВ үшін таңдалған аспаптар

Таңдау шарты	Есептелген мәндер			
		Ажыратқыш DT1-145	Айырғыш РПВ-110	Ток трансф-ы ТРГ-УЭТМ-110
$U_{ж} \leq U_{н}, \text{кВ}$	110	110	110	110
$I_{есеп} \leq I_{н}, \text{А}$	1194	1200	2000	3000
$I_{кз} \leq I_{откл}, \text{кА}$	2,35	25	-	-
$i_y \leq K_d \cdot \sqrt{2} \cdot I_{н}, \text{кА}$	5,89	25	40	40

110 кВ үшін таңдалған аспаптар: DT1-145 типті ажыратқыш 1.11 – суретте көрсетілген, РПВ – 110 типті айырғыш 1.12 – суретте, ТРГ – УЭТМ – 110 типті ток трансформаторы 1.13 – суретте көрсетілген.



1.11 – сурет – 110кВ DT 145 типті ажыратқыш



1.12 – сурет – РПВ - 110типті айырғыш



1.13 – сурет – ТРГ-УЭТМ-110 типті ток трансформаторы

1.8 – кесте – 10,5 кВ үшін таңдалған аспаптар

Таңдау шарты	Есептелген мәндер			
		Ажыратқыш HVX Schneider	Айырғыш PP43-20	Ток трансф-ы ТОЛ-СЭЩ
$U_{ж} \leq U_{н}, \text{кВ}$	10,5	10.5	20	20
$I_{есеп} \leq I_{н}, \text{А}$	13766	31500	63000	3000
$I_{кз} \leq I_{откл}, \text{кА}$	20.7	40	-	-
$i_y \leq \kappa_d \cdot \sqrt{2} \cdot I_{н}, \text{кА}$	51.9	-	200	-

10,5 кВ үшін таңдалған аспаптар: HVX Schneider типті ажыратқыш 1.14 – суретте көрсетілген, PP43 – 20 типті айырғыш 1.15 – суретте, ТОЛ – СЭЩ типті ток трансформаторы 1.16 – суретте көрсетілген.



1.14 – сурет – HVX Schneider типті ажыратқыш



1.15 – сурет – PP43-20 типті айырғыш



1.16 – сурет – ТОЛ-СЭЩ типті ток трансформаторы

Кернеу трансформаторын таңдау. Бұл аспаптар өз шарттарына байланысты таңдалады және сақтау және қорғау аспаптарының қорек көзі ретінде электротехникада маңызды орынға ие аспаптарға жатады. 10,5кВ, 110кВ және

500 кВ үшін таңдалған аспаптар мәндерін 1.9 – кестеге енгіземін. НАМИ – 500 типті таңдалған кернеу трансформаторы 1.17 – суретте көрсетілген, ЗНОГ – 110 типті таңдалған кернеу трансформаторы 1.18 – суретте, НОМ – 10 – 66У2 типті таңдалған кернеу трансформаторы 1.19 – суретте көрсетілген.

1.9 – кесте – Кернеу трансформаторларының таңдалуы

Типі	U,кВ	Орамдардағы кернеу, кВ біріншілік	Номиналды қуат,ВА 0,5 класс	Шектелген қуат,ВА
НАМИ-500	500	$500\sqrt{3}$	200	2000
ЗНОГ-110	110	$110\sqrt{3}$	300	1600
НОМ-10-66У2	10	10000	75	630



1.17 – сурет – НАМИ-500 типті кернеу трансформаторы



1.18 – сурет – ЗНОГ-110 типті кернеу трансформаторы



1.19 – сурет – НОМ-10-66У2 типті кернеу трансформаторы

1.3.2 Әуе электір беріліс желісі үшін тірек материалын таңдау

Есептелетін әуе электр беріліс желісінің номиналды кернеуі 110 және 500 кВ болғандықтан, техника – экономикалық көрсеткіш бойынша ең тиімді электр желісі үшін темірбетонды тіректер қолданылады. Темірбетонды тіректер

станция үшін таңдалған трансформатор типі ТРДН/63000/110,2-және3–қосалқы станция үшін таңдалған трансформаторлар типі ТРДН/25000/110, бас таратушы қосалқы станциясы үшін таңдалған трансформатор типі АТДЦТН/250000/500/110. Сымдардың параметрлерін таңдау алдында сымның қимасы таңдалып, сол аймақтың токтарына байланысты алынады.

Сонымен қатар желінің кернеу шығындарын, желінің технико-экономикалық тиімділігі есептелінді. Ең соңында сымдардың механикалық есептеулері жүргізілді. Есептелген параметрлер бойынша электр аппараттары таңдалды, соның бірі 500кВ-қа таңдалған айырғыш РММ–40–40 типті, 110кВ үшін таңдалған РПВ – 110 типті және 10,5 кВ үшін таңдалған РР43 – 20 типті айырғыштар. Ажыратқыштар 500 кВ үшін GL 317 типті, 110 кВ үшін DT1-145 типті және 10,5 кВ үшін HVX типті ажыратқыштар таңдалды. Ток пен кернеу трансформаторлары таңдалды, олар 500кВ үшін ТГФ-500,110кВ үшін ТРГ-УЭТМ-110 және 10,5 кВ үшін ТОЛ-СЭЩ ток трансформаторлары таңдалды. Ал кернеу трансформаторларына таңдалған 500кВ үшін НАМИ-500, 110кВ үшін ЗНОГ-110, 10,5кВ НОМ-10-66У2 типтері таңдалды.Тіректерді номинал кернеуі бойынша таңдалды, 110кВ үшін ПБ-110-12 маркалы және 500кВ үшін ПБ-500-5Н маркалы тірек таңдалды.Таңдалған электр аппараттары номинал кернеуі ,номинал тогы бойынша таңдалды.

2 Реактивті қуатты автоматты басқару

2.1 Электр желілеріндегі кернеу мен реактивті қуатты автоматты реттеу

Бұл берілген тақырыптың мақсаты автоматиканың техникалық құралдары мен тәсілдерін зерттеу, жалпы жүйелік тарату қосалқы станцияларының шиналарындағы берілген кернеуді қамтамасыз ету және реактивті қуат ағынның электр энергиясын беру немесе тұтынуы, электр энергиясының сапасы негізгі көрсеткіштерінің бірі ретінде оның қабылдағыштарындағы қысқаштардың номиналды кернеуі болып табылады. Бұл синхронды компенсаторлар мен электр қозғалтқыштардың автоматты қоздыру реттеушінің әсері арқылы қол жеткізіледі, үздіксіз және дискретті басқарылатын статикалық көздердің реактивті қуатты реттегіштері (статистикалық компенсаторлар) және трансформаторлар мен автотрансформаторлардың трансформация коэффициенттерінің автоматты реттеуіштері.

2.2 Реактивті қуатты автоматты басқарудың мақсаттарымен ерекшеліктері

Электр станциялардағы синхронды генераторлар толық жүктеу кезінде жоғары қуат коэффициентімен жұмыс істейді $\cos \varphi_r$, яғни, салыстырмалы түрде шағын реактивті қуаттымен жасалады, ал оны тұтынуы электр станцияларының параллель жұмысының статикалық тұрақтылығымен шектеледі. Заманауи электр беріліс желілері жоғары және аса жоғары кернеуде, берілетін P_L , қуаты кезінде, қуатты басқарылмайтын генераторлар болып табылады, аз табиғи $P_{нат}$, немесе тұтынушылар $P_L > P_{нат}$ реактивті токта. Реактивті қуаттың қазіргі заманғы генераторлары – синхронды компенсаторлар – басқарылатын реверсивті көздер ретінде жұмыс істейді, яғни, оны тұтынушылар ретінде.

Құрылған және де өзінің шығарылуын жалғастырып келе жатқан жаңа үздіксіз басқарылатын тиристорлы құрылғылар реакторлық (тұтынатын) және реактивті-конденсаторлық (реверсивті) реактивті қуаттың статикалық компенсаторлары, электр станцияларының шиналарын қосуға және магистральды электр беріліс желілеріне аралық тораптың қосалқы станцияларына арналған.



2.1 – сурет – Реактивті қуаттың статикалық тиристорлы компенсатор

Реверсивті басқарылатын синхронды және статикалық компенсаторлар реактивті қуатты қамтамасыз етеді:

- кернеу мен реактивті қуаты бойынша талап етілетін электр беріліс желісінің жұмыс режимдері;
- синхронды генераторлардың роторларының тербелістерін тиімді демпфирлеу;
- статикалық және динамикалық тұрақтылық шарттары бойынша берілетін активті қуаттың жоғарғы шектері;
- электр беріліс жұмысында толық емес фазалы режимінде кернеулер мен токтарды симметриялау;
- бірфазалы қысқа тұйықталудың электр доғасының сөндіру жағдайын жақсарту үшін және желілердегі коммутациялық асқын кернеулердің алдын алу мен әуе желісінің бір ғана зақымдалған сымның ажыратылуы кезінде.

Электр станцияларда түрлі кернеудегі шиналардың байланысы трансформаторлар мен автотрансформаторлардың жүктеме астындағы трансформациясы – реттеу коэффициентін өзгертуге арналған құрылғылар болып табылады, олар реактивті қуат ағындары мен бекітілген деңгейде шиналардың кернеуін басқару үшін қажет. Жоғары сенімді тиристорлы жүктемемен реттеледі.

Көрсетіліп басқарылатын электр энергетикалық объектілер автоматты реттеуіш реактивті қуат (АРРҚ) жабдықталады және де автоматты реттеуіш коэффициент трансформациясы (АРКТ). Автоматты реттеуіш реактивті қуат (АРРҚ) ерекшелігі үздіксіз әрекеті, ал автоматты реттеуіш коэффициент трансформациясының (АРКТ) ерекшелігі ол – үлкен уақыт кідірістерімен әрекет етуі.

Тарату қосалқы станцияларының реактивті қуаттың дәстүрлі конденсаторлық көздері орнатылған, дискретті басқарылатын автоматты реттеуіш реактивті қуатында, электрмеханикалық немесе тиристорлық ажыратқыштарға әсер ететін конденсаторлардың ауыстырып қосқыш

секцияларында. Тиристорлы түрлендіргіштері бар реактивті қуаттың үздіксіз басқарылатын көздері мен шығарылып енгізіледі.

Барлық қосалқы станциялардың трансформаторлары мен автотрансформаторларында кірістірілген жүктеме реттеуіші болады және автоматты реттеуіш коэффициент трансформациясымен толық жеткізіледі. Реактивті қуат көзінің негізгі мақсаты және трансформатордың жүктеме реттеуіші электр энергиясының сапасын көрсетілген көрсеткіште қамтамасыз ету болып табылады – олар тұтынатын активті қуаттың кез келген өзгерістері кезінде оның қабылдағыштарының қысқыштарындағы тұрақты кернеуді қамтамасыз ету.

2.3 Синхронды компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеу ерекшеліктері

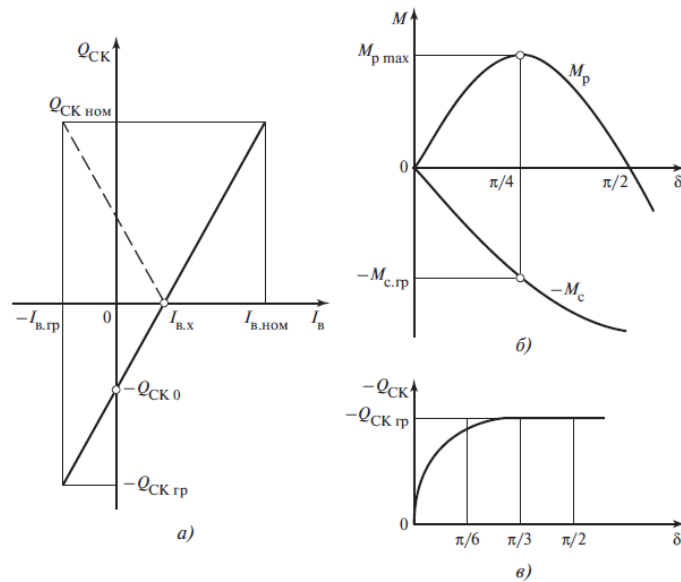
Синхронды компенсатор (СК) – реактивті қуаттың дәстүрлі генераторы, қазіргі заманғы электр энергетикалық жүйелерде және оның басқарылатын тұтынушысы ретінде қолданылады. Синхронды компенсатор (2.1 – сурет)



2.2 – сурет – Синхронды компенсатор

Генерациялау (беру) немесе тұтыну режимі синхронды компенсаторды қоздыру арқылы анықталады. U – бейнелі сипаттамасына сәйкес (2.2a – сурет) номиналды қозу кезінде I_B синхронды компенсатор реактивті қуатты береді:

$$Q_{\text{СКНОМ}} = (E_{q\text{НОМ}} - U_{\text{ш}}) / x_d. \quad 2.1$$



2.3 – сурет – Синхронды компенстордың сипаттамасы

а - идеалды U – бейнелі сипаттамасы, б – айналмалы уақыттың ротор жағдайына тәуелділігі, в – тұтынылатын реактивті қуаттың δ ішкі бұрышына тәуелділігі, ал қозу болмаған кезде ($I_B = 0$) — реактивті қуатты тұтынады.

$$|-Q_{CK0}| = \frac{U_{ш}^2}{x_d} \sim Q_{CKном}, \quad (2.2)$$

Тұтынылатын реактивті қуаттың синхронды компенсатордың ең үлкен ықтимал жүктелуіне қол жеткізіледі немесе қоздырудың шекаралық теріс тогы кезінде $-I_{B.гр}$ немесе қозу болмаған кезде $I_B = 0$ және компенсатордың ішкі бұрышында $\delta = \frac{\pi}{2}$, яғни ротор көлденең ось бойынша орналасқан кезінде. Бұл ретте

$$|-Q_{CKгр}| = \frac{U_{ш}^2}{x_q} \approx 0.75 Q_{CKном}, \quad (2.3)$$

Реактивті қуатты тұтынудың шекаралық режимі синхронды компенсатор жұмысының тұрақтылығы — синхронизмді сақтау шартымен анықталады. Синхронды айналмалы момент синхронды электромагниттік M_c және реактивті (айқын полюсті байланыспен) M_p моментпен жасалады:

$$\left. \begin{aligned} M_c &= \frac{E_q U_{ш}}{x_d} \sin \delta \\ M_p &= \frac{U_{ш}}{2} \cdot \frac{x_d - x_q}{x_d \cdot x_q} \sin 2\delta \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

Теріс қозғалған кезде ең көп тұтынылатын реактивті қуат $-Q_{СКгр}$, $\delta = 0$ кезінде шекаралық режимі теориялық түрде қол жеткізіледі. Активті қуаттың шығындары іс-жүзінде бар болуына байланысты (вентиляцияға) қуаты $-Q_{СКгр}$ $\delta = \frac{\pi}{10}$ бұрышы кезінде қол жеткізіледі (1в – суретте).

Синхронды компенсатордың шекаралық режимінде синхронизмі түседі, (3) – формулаға және (1б – суретіне) сәйкес $\delta = \frac{\pi}{4}$ моменті тең:

$$|M_{с.гр}| = M_{p\ max}. \quad (2.5)$$

ал $\delta = \frac{\pi}{4}$ кезінде синхрондау моменті теріс болады. Тіпті теріс қозу болмаған кезінде де $\delta = \frac{\pi}{4}$ бұрышы артады, себебі реактивті моменті азаяды.

Синхронды компенсатор жұмысының жасанды тұрақтылығы ротордың көлденең осі бойынша орналасуы кезінде синхронды компенсатордың реверсивті қозуы $\pm\Delta\delta$ бұрышының ауытқуының, шекаралық мәннен $\delta_{гр} = \frac{\pi}{2}$ жылдам әрекет жасап, автоматты реттеумен қамтамасыз етіледі. Осыдан пайда болатын оң немесе теріс синхрондаушы айналмалы момент роторды баяулатады немесе жеделдетеді, ол вибрация арқылы көлденең ось бойынша динамикалық тепе-тең күйді ұстап қалады. Бұл жерде синхронды компенсатордың қоздыру орамасы, ротордың тек ұстап тұратын жағдайдағы рөлін атқарады. Бойлық ось бойынша роторды ұстап тұрудың келесідей қызметі бар, яғни $\delta = 0$ бұрышы теріс қозғанда, демек, ротордың көлденең осі бойынша орналасқан – екінші қозу орамасы қызметін атқара алады.

2.4 Статикалық компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеу

Реакторлардың қуатын үздіксіз басқару мүмкіндігі және қуатты тиристорлы басқарылатын құрылғылардың конденсаторлық қондырғылары қуаттың дискретті өзгеруі мен тиристорлы ажыратқыштары тиісінше реверсивті статикалық басқарылатын компенсаторлардан жасалады, олар айналмалы синхронды компенсаторларға қарағанда, сенімді, аса қымбат емес және тез әрекет етеді. Секцияланған конденсаторлық қондырғыларды коммутациялау ерекшеліктерінің анықталуына байланысты, статикалық компенсаторларды басқарылатын реакторлық бөлігі LR үздіксіз басқарады, ал тұрақты қосылатын немесе енді қосылатын және ажыратылатын конденсаторлық қондырғысы СВ болады. Ол (2а – суретте) көрсетілген. Үздіксіз басқарылатын реакторлық статикалық компенсаторлар, реактивті қуаты аз жүктеме режимінде басқаратын болғандықтан (тиристорлардың қосылу үлкен бұрыштарында $\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{2\pi}{3}$) кернеу мен токтың гармоникалық құраушы құрағандықтан, оларды секциялап, қуатын дискретті-үздіксіз басқаруды жүзеге асырады, яғни, әр тиристордың

түрлендіргіштерін үздіксіз өзгертіп, әр реактордың қуатын өзгерте отырып қосып және ажыратуы, тиристорлардың қосылудың ең кішкентай бұрыштарында жұмыс жасайды $\frac{\pi}{6} < \alpha < \frac{\pi}{2}$. Сондықтан статикалық компенсатордың екі типі анықталды, олар жеке модульден тұрады: біреуі тұрақты қосылған конденсатор қондырғысы, ал екіншісі – мерзімді коммутацияланатын. Статикалық компенсаторлардың бірінші түрі бөлек, ал екіншісі толық реверсивті болып табылады. Мысалы, кернеуі 1150 кВ бір электр берілісінің статикалық компенсаторлары 14 реакторлық үздіксіз басқарылатын модульден тұрады, 1100МВар дейін реактивті қуатты тұтынады және конденсаторлық қондырғының қуаты +300 МВар. Қуаты +55 Мвар реверсивті статикалық компенсаторы VST тиристорлы түрлендіргішпен үздіксіз басқарылатын (2а – суретте көрсетілген) LR реакторлық бөлігін және дискретті басқарылатыны секцияланбаған, яғни, 10 кВ немесе 20 кВ кернеумен қосылатын немесе ажыратылатын, конденсаторлық қондырғы СВ. Реверсивті статикалық компенсатор үшін, реактивті қуаттың үздіксіз-дискретті автоматты реттеуіші жасалған.

2.5 Статикалық компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеуіші

Реверсивті статикалық компенсатор үшін, реактивті қуаттың үздіксіз-дискретті автоматты реттеуіші жасалған (2а – суретте көрсетілген). Оның үздіксіз бөлігі алгоритм бойынша жұмыс істейді:

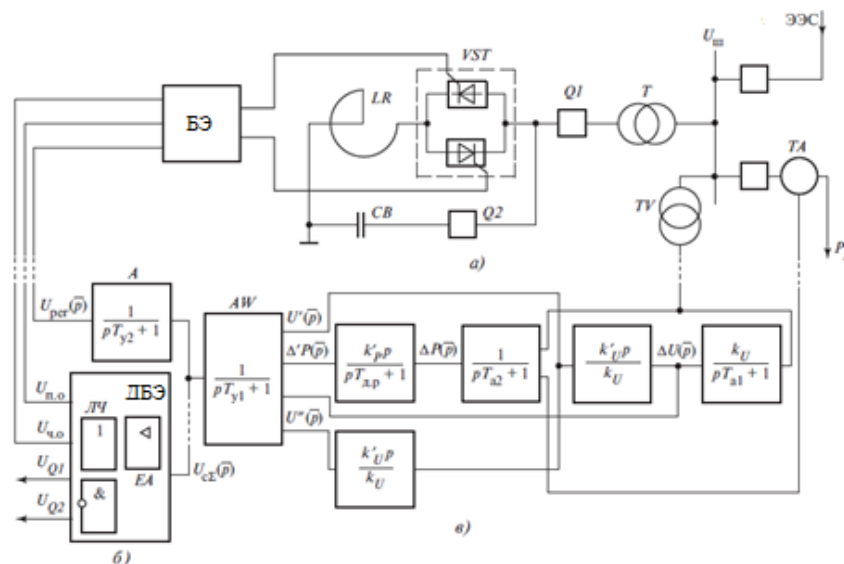
$$U_{\text{рег}}(\bar{p}) \left[k_U \Delta U(\bar{p}) + k'_U p \Delta(\bar{p}) + k''_U p^2 \Delta U(\bar{p}) + k'_p \frac{p}{pT_{\text{д.р}} + 1} \Delta P_{\text{л}}(\bar{p}) \right] / (pT_y + 1)^2. \quad (2.6)$$

мұндағы: k_U – реттеуіштің статизмін анықтайтын кернеудің ауытқуы бойынша сигналды күшейту коэффициенті;

k'_U, k'_p – Идеалды, дифференциаторлы тұрақты уақытының мөлшерімен реттеуішті коэффициенттер;

k''_U – екінші дәрежелі тұрақты уақыт өлшемінің коэффициенті;

T_y – тұрақты уақытты қосушы АW және атқарушы А (2в – суретте) күшейткіштері $T_y = T_{y1} = T_{y2}$.



2.4–сурет–Автоматты реттеуіштің басқарылатын статикалық компенсатор схемасы (а), дискретті бөліктің шартты схемасы (б) және үздіксіз бөліктің құрылымдық схемасы (в)

Құрастырушы (2.6), ΔU кернеудің пропорционалды ауытқуын, генерацияланатын немесе тұтынылатын реактивті қуатпен статикалық компенсатордың жүктелуін анықтайды. Бірінші және екінші туынды кернеу бойынша сигналдар автоматты реттеу жүйесін тұрақтандырады, кернеу ауытқуы бойынша сигнал күшейтудің жоғары коэффициенттері кезінде жұмыс істейді. Сигнал, электр беріліс желісінің активті қуатының өзгеруін көрсетеді, ΔP_d ауытқуы бойынша нақты дифференциалданатын буынмен қалыптасады, ол электр берілістегі электромеханикалық өтпелі процестердің сөнуін қамтамасыз етеді. Олардың тиімді демпфирлеу жағдайларынан, $T_{d.p}$ нақты дифференциаторының тұрақты уақыты таңдалады.

Реактивті қуатты автоматты реттеуіштің үздіксіз бөлігінің құрылымдық схемасы апериодты буынның беріліс функциясынан тұрады (2в – суреті).

$H_{a1}(\bar{p}) = \frac{k_U}{(pT_{a1}+1)}$ және $H_{a2}(\bar{p}) = \frac{1}{(pT_{a2}+1)}$, (2.6) – алмастырып қабылданған, инерциясыз кернеу өлшеуіш түрлендіргіштері (ИПН) және активті қуатты өлшеу түрлендіргіштері (ИПАМ); екі идеалды тізбектей қосылған $[k'_U p^2 = (k'_U p)]$ және дифференциалданатын нақты беріліс функциясы $\frac{k'_p p}{pT_{d.p}+1}$ бірінші реттегі инерциялық буындардан, және атқарушы күшейткіштерді алмастырушы.

Жиынтық үздіксіз сигналы $U_{c\bar{\Sigma}}(\bar{p})$, AW жиынтығының шығысында A атқарушы күшейткіш пен үздіксіз басқарылатын VST тиристорлы түрлендіргіштің реттеуші әсеріне айналады, статикалық компенсатордың LR реакторының үздіксіз өзгеріп тұтынылатын реактивті қуаты.

Үздіксіз дискретті әрекет реттеуішінде дискретті сигналдарды қалыптастыру элементі бар, ол – дискретті басқару элементі (2б – суреті),

тиристорлардың толық ашылуы, оның конденсаторлық бөлігінің Q1 және Q2 ажыратқыштарын қосу немесе ажырату сигналдары. Олар статикалық компенсатор қуатының дискретті өзгеруіне әсер ету кезінде оның конденсаторлық бөлігін ажырату немесе қосу жолымен Q2 ажыратқышын қайта қосып ажыратуын болдырмау үшін қажет.

СВ конденсаторын ажырату жолымен реактивті қуатты тұтыну режиміне статикалық компенсаторды ауыстыру қажеттілігі, дискретті сигналдар бойынша бірнеше кезеңге оза отырып, $U_{ч.о}$ және $U_{Q1} = 1$ тиристорлар өзара ашылу жағдайына ауыстырылады және компенсатордың Q1 ажыратқышы өшіріледі. Конденсатор жартылай ашық тиристорлар арқылы реакторға разрядталады. Олардың толық ашылуы кезінде реакторлық кедергінің теңдігі салдарынан және конденсатор бөлігінің өнеркәсіптік жиілігі кезінде қайта зарядтаудың ұзақ әлсіз өшетін мерзімді процесі (конденсатор разрядының тұрақсыздығы).

Микропроцессорлық автоматты кешенді басқару жүйесі және статикалық компенсаторларды қорғау әзірленді, В7 типті басқарушы есептеуіш техниканың микроқұрылымдары базасында орындалған. Ол статикалық компенсатордың кернеу мен реактивті қуатын автоматты реттеу ғана емес, сонымен қатар аварияға қарсы басқару: тиристорлы түрлендіргіштерді қорғау, асқын кернеуді шектеу, берілген кернеудің дискретті көтерілуі аварияға қарсы автоматика сигналы бойынша.

2.6 Реактивті қуатты қарымталау

Жобаланатын өнеркәсіптік кәсіпорындар үшін реактивті қуатты қарымталау (РҚҚ) құралдарына қойылатын талаптар ҚР ҚН 4.04-08 талаптарына және «Электр қондырғыларын орнату қағидаларына» сәйкес анықталады. Жалпы арнаудағы электр желілері үшін реактивті қуатты қарымталау құралдарын таңдау кезінде келесі нұсқауларды басшылықта алу керек:

- Реактивті қуатты қарымталау (РҚҚ) құралдары ретінде кернеулері сәйкесінше 0,4 кВ, 6 кВ немесе 10 кВ төмен вольтты және жоғары вольтты конденсаторлардың батареялары және 6 кВ немесе 10 кВ синхронды электр қозғалтқыштар алынады;
- Реактивті қуатты қарымталау (РҚҚ) құралдарын және қарымталаушы құрылғылардың қуатын таңдау екі кезеңде жүзеге асырылады:
 - экономикалық мән шегінде энергия жүйесінен реактивті қуатты тұтынған жағдайда;
 - экономикалық мәннен асатын энергия жүйесінен реактивті қуатты тұтынған жағдайда;
- 6 кВ немесе 10 кВ конденсаторлардың батареялары әдеттегідей жеке (арнайы оларға арналған) жайларда, сонымен қатар қосалқы станцияларда орналасуы тиіс;

- 1 кВ дейінгі конденсаторлардың батареяларын қондырғыларында реактивті қуат, жүктеме түйінінің реактивті немесе толық ток қызметінде қуатты автоматты сатылы реттеуі болуы тиіс;

- реактивті қуаты қарымталау (РҚҚ) үшін қолданылатын 6 кВ немесе 10 кВ кернеудегі синхронды электр қозғалтқыштарда энергия жүйесімен баланстық шектеу шекарасында жүктеме түйінінің реактивті қуаты қызметінде тудыруды автоматты реттеу болуы тиіс.

Реактивті қуатты қарымталайтын қондырғылар (РҚҚҚ). РҚҚҚ тағайындалуы - электр тораптарында қуат коэффициентінің белгілі деңгейін жоғарылау және ұстап тұру электр энергиясы мен қуатты төлемақысын үнемдейді, трансформаторлардың қосымша қуатын босатады, тұтынушы торабында шығындарды азайтады, аз қималы электр беріліс желілерін қолдануға мүмкіндік жасайды, күштік электр жжабдықтардың қызмет көрсету мерзімін жоғарылатады, тұтынушы электр қондырғыларда апаттық жағдайды азайтады. Реактивті қуат пен энергия энергожүйенің жұмысының көрсеткіштерін нашарлатады, яғни электр станцияларда генераторлардың реактивті токтармен жүктелуі отын шығындарын жоғарылайды, өткізгіш тораптарда және қабылдағаштарда шығындар жоғарылайды, электр тораптарында кернеудің түсуі жоғарылайды. Сонымен қатар реактивті ток электр беріліс тораптарын қосымша жүктейді, осының салдарынан сымадар мен кабельдердің қималарының үйлкеюін болдырып, сыртқы және ішкі тораптардың капиталдық шығындарын ұлғайтады.

Реактивті қуатты тікелей тұтынушыда қарымталау ең тиімді болып саналады, бірақ бұл үрдіс өте ұзаққа созылады, әрі қымбатқа түседі. Мардымды нәтиже алу үшін бірінші кезеңде реактивті қуатты алдымен қосалқы станцияларда қарымталау қажет, бұл тораптың жүгін төмендетуге және энергияны 10-20% үнемдеуге мүмкіндік береді. Реактивті қуатты қарымталау бойынша мәселелерді шешу үшін жұмысты бірнеше кезеңде жүргізу керек:

- қосалқы станцияларда орталықтандырылған (қатаң) қарымталау жүргізіледі және құрамына электр энергияның сапалық көрсеткіштерінің мониторингін, фазаларды теңестіруді, ток сүзгішті және РҚҚ қондырғысы кіреді.

- жеке қарымталау жүктемеге параллельді РҚҚ қондырғыларын (сыйымдылығы онша көп емес косинустық конденсаторларды) тікелей жалғау арқылы жүргізіледі. Бұл ісшара токтың синусоидалығын, сонымен қатар техникалық шығындарды төмендетуге мүмкіндік жасайды.

Бұл реактивті қуатты автоматты басқару бөлімін қорытындылай келсек, оны бірнеше жағдайда қарастыруға болады. Ең алдымен реактивті қуаттың басты мақсаттарымен ерекшеліктері айтылады. Реактивті қуаттың қазіргі заманғы генераторлары-синхронды компенсаторлар-басқарылатын реверсивті көздер ретінде жұмыс істейді. Яғни, синхронды компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеу ерекшеліктері жайлы айтылады. Реверсивті басқарылатын синхронды және статикалық компенсаторлар реактивті қуатты қамтамасыз ететін режимдері бар. Реактивті қуат көзінің негізгі мақсаты және трансформатордың жүктеме реттеуіші электр энергиясының сапасын көрсетілген көрсеткіште қамтамасыз ету болып табылады. Синхронды компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеу ерекшеліктері және синхронды компенсаторлардың сипаттамасы үш жағдайда қарастырылды, идеалды күйі, айналмалы уақыттың ротор жағдайына тәуелділігі және тұтынылатын реактивті қуаттың қозуы болмаған кезіндегі. Реактивті қуатты қарымталау оны қарымталайтын қондырғылары айтылады. Реактивті қуатты қарымталау бойынша мәселелерді шешу үшін жұмысты бірнеше кезеңде жүргізу жұмыстары жайлы қарастырылады.

3 Еңбек қорғау

3.1 Тұтынушылардың электр қондырғыларын техникалық пайдалану кезіндегі қауіпсіздік қағидалары

Осы тұтынушылардың электр қондырғыларын пайдалану кезіндегі қауіпсіздік техникасы қағидалары "Электр энергетикасы туралы" Қазақстан Республикасының заңына сәйкес жасалады және тұтынушылардың электр қондырғыларын пайдалану кезіндегі қауіпсіздік техникасы тәртібін белгілейді. Осы қағидаларға келесідей ұғымдар мен анықтамалар жатады.

II-IV топтарға жататын жұмыскер – персоналдың электр қауіпсіздігі бойынша біліктілік дәрежесі;

1000 В жоғары электр қондырғыларында жұмыс істеу үшін электр қондырғысында жеке қызмет көрсететін жедел персонал арасынан немесе электр қауіпсіздігі бойынша IV топтың ауысымдағы үлкендері, III топтың ауысымдағы қалған жұмыскерлерге рұқсат етіледі.

1000 В дейінгі электр қондырғыларында жұмыс істеу үшін қызмет ететін жұмыскерлердің электр қауіпсіздігі бойынша III тобы бар электр қондырғысында қызмет көрсететін жедел қызметкерлерге рұқсат етіледі.

Наряд, өкім беруші жұмыс орындарын дайындау шараларын қабылдайды және нарядта көрсетілген қауіпсіздік шараларының жеткіліктілігіне, дұрыстығына, бригаданың сапалық және сандық құрамына және жауапты адамдарды тағайындауға, сондай-ақ нарядта көрсетілген қызметкерлердің электр қауіпсіздігі бойынша топтар орындайтын жұмыстарға сәйкестігіне жауап береді.

Кернеуі 1000 В жоғары электр қондырғыларында наряд, өкім беру әкімшілік-техникалық персонал арасынан электр қауіпсіздігі бойынша V топқа, ал кернеуі 1000 В дейінгі электр қондырғыларында электр қауіпсіздігі бойынша IV топқа жататын жұмыскерлерге беріледі.

Бір типті жұмыстарды бірнеше қосалқы станцияларда немесе бір қосалқы станцияның бірнеше қосылымдарында кезекпен жүргізу үшін бір наряд беруге рұқсат етіледі. Мұндай жұмыстарға:

- 1) оқшаулағыштарды тазарту; қысқыштарды қыса түсу;
- 2) сынамаларды алу және майды толтырып құю;
- 3) трансформатор орамаларын ауыстырып қосу, реле қорғанысы, автоматика құрылғыларын, өлшеу құралдарын тексеру;
- 4) өзге энергия көзінен жоғары кернеумен сынау;
- 5) оқшаулағыштарды өлшегіш штангамен тексеру; КЖ-нің бүлінген жерлерін іздеп табу. Мұндай нарядтың қолданылу мерзімі – 1 тәулік.

Әр қосалқы станцияға және әр қосылымға рұқсат беру осы көрсетілген нарядтың тиісті бағанында рәсімделеді.

Әр қосалқы станцияны жұмысқа қосуға онда наряд бойынша жұмыс толық аяқталғаннан кейін рұқсат беріледі.

3.2 Қауіпсіздік шаралары

1 Жерге тұйықтауды орнатудағы ережелер:

Ток өткізгіш бөліктерге жерге тұйықтау кернеуі жоқтығын толық тексергеннен кейін орнату қажет.

Тасымалды жерге тұйықтау құралы алдымен жерге тұйықтау құрылғысына жалғанады, одан кейін кернеу жоқтығына тексеріліп, ток өткізгіш бөліктерге орнатылады.

ӘЖ сымдар әртүрлі деңгейде тартылған кезде, жерге тұйықтау төменгі сымнан бастап орнатылады.

Тасымалды жерге тұйықтау конструкцияның жерге тұйықтау шинасына және ток өткізгіш бөліктерге бояудан тазартылған орындарға жалғанады.

Тасымалды жерге тұйықтау құралын орнату және алу кернеуі 1000 В жоғары электр қондырғыларында диэлектрлік қолғаптарды киіп, оқшаулағыш штанганы пайдалану арқылы жүргізіледі. Тасымалды жерге тұйықтау құралдарының қысқыштары оқшаулағыш штангамен немесе тікелей диэлектрлік қолғаптармен жерге тұйықталады.

2 Найзағайдан қорғау аймағындағы есептеулер

3.1 – кесте есептің берілгені

$h, \text{м}$	$h_x, \text{м}$	$B, \text{м}$	$t_{\text{ср}}, \text{с/жыл}$	$n, \text{км}^2 \cdot \text{жыл}$	Найзағайдан қорғау түрі
40	20	15	110	8,5	Бір өзекті

Табу керек:

- найзағайдан қорғау аймағының параметрлерін анықтау;
- қорғалатын объектінің габариттік өлшемдерін анықтау;
- объектінің ықтимал зақымдануын анықтау.

Есептің шығарылу жолы:

1 Бір өзекті жайтартқышқа арналған формулалар бойынша аймақ үшін найзағайдан қорғау параметрлері анықталады. Масштабта А және Б аймақтары бейнеленеді (3.1 – сурет).

А аймағы:

$$\begin{aligned}h_0 &= 0,85h = 0,85 \cdot 40 = 34 \text{ м}, \\r_0 &= (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} h)h = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 40) \cdot 40 = 40,8 \text{ м}, \\r_x &= (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} h)(h - 1,2h_x) = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 40) \cdot (40 - 1,2 \cdot 20) = 16,32 \text{ м}, \\h_m &= h - h_0 = 40 - 34 = 6 \text{ м}, \\h_a &= h - h_x = 40 - 20 = 20 \text{ м}, \\ \alpha(A) &= \arctg \frac{r_0}{h_0} = \arctg \frac{40,8}{34} = 50,2^\circ.\end{aligned}$$

Б аймағы:

$$\begin{aligned}
h_0 &= 0,92h = 0,92 \cdot 50 = 46 \text{ м}, \\
r_0 &= (1,5h) = 1,5 \cdot 50 = 75 \text{ м}, \\
r_x &= 1,5(h - 1,1h_x) = 1,5 \cdot (50 - 1,1 \cdot 20) = 42 \text{ м}, \\
h_m &= h - h_0 = 50 - 46 = 4 \text{ м}, \\
h_a &= h - h_x = 50 - 20 = 30 \text{ м}, \\
\alpha^{(B)} &= \arctg \frac{r_0}{h_0} = \arctg \frac{60}{36,8} = 58,5^\circ.
\end{aligned}$$

2 Әрбір найзағайдан қорғау аймағында қорғалатын объектінің габариттік өлшемдері анықталады. Бұл үшін орташа сызықтан $B/2$ қашықтықта параллельді сызық r_x шеңберімен қиылысқанға дейін жүргізіледі.

А аймағы:

$$\begin{aligned}
\varphi^{(A)} &= \arcsin B_{2r_x^{(A)}} = \arcsin \frac{15}{2 \cdot 16,32} = 27,4^\circ, \\
\cos \varphi^{(A)} &= \cos 27,4^\circ = 0,89, \\
A^{(A)} &= 2_r^{(A)} \cos \varphi^{(A)} = 2 \cdot 16,32 \cdot 0,89 = 29,05 \text{ м}, \\
A \times B \times H &= 29 \times 15 \times 15 \text{ м}.
\end{aligned}$$

Б аймағы:

$$\begin{aligned}
\varphi^{(B)} &= \arcsin B_{2r_x^{(B)}} = \arcsin \frac{15}{2 \cdot 19,8} = 22,3^\circ, \\
\cos \varphi^{(B)} &= \cos 22,3^\circ = 0,93, \\
A^{(B)} &= 2_r^{(B)} \cos \varphi^{(B)} = 2 \cdot 19,8 \cdot 0,93 = 36,8 \text{ м}, \\
A &= 37 \text{ м қабылданады} \\
A \times B \times H &= 37 \times 15 \times 15 \text{ м}.
\end{aligned}$$

3 Найзағайдан қорғау болмаған жағдайда қорғалатын объектінің аймақтардағы ықтимал зақымдануы анықталады.

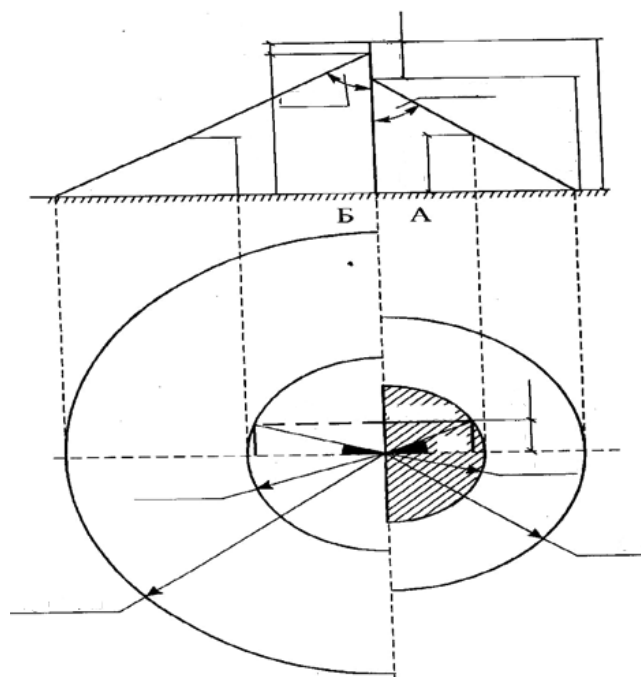
$$N_A = [(B + 6h_x)(A^{(A)} + 6h_x) - 7,7h_x^2] n \cdot 10^{-6} = [(15 + 6 \cdot 20)(29 + 6 \cdot 20) - 7,7 \cdot 20^2] \cdot 8,5 \cdot 10^{-6} = 19,7 \cdot 10^{-2},$$

$$N_B = [(B + 6h_x)(A^{(B)} + 6h_x) - 7,7h_x^2] n \cdot 10^{-6} = [(15 + 6 \cdot 20)(37 + 6 \cdot 20) - 7,7 \cdot 20^2] \cdot 8,5 \cdot 10^{-6} = 15,4 \cdot 10^{-2}.$$

А аймағында найзағайдан қорғауы, В аймағына қарағанда зақымдану саны жылына көп. Найзағайдан қорғау аймағының параметрлері (3.1 – суретте) көрсетілген.

$$\text{А аймағы үшін: } A \times B \times H = 29 \times 15 \times 15 \text{ м. } N_A = 19,7 \cdot 10^{-2},$$

$$\text{Б аймағы үшін: } A \times B \times H = 37 \times 15 \times 15 \text{ м. } N_B = 15,4 \cdot 10^{-2}.$$



3.1 – сурет – Бір өзекті жайтартқышты қорғау аймақтар

Еңбек қорғау бөлімінде тұтынушылардың электр қондырғыларын техникалық пайдалану кезіндегі қауіпсіздік қағидалары айтылады. Бір типті жұмыстарды бірнеше қосалқы станцияларда немесе бір қосалқы станцияның бірнеше қосылымдарында кезекпен жүргізу үшін нарядтар қарастырылады. Сонымен қарай, қауіпсіздік шаралары жазылады. Яғни, жерге тұйықтаудағы орнатудағы ережелер, тасымалды жерге тұйықтау. Қауіпсіздік шарасындағы тағы бір қарастырылып отырған найзағайдан қорғау аймағы осыған сәйкес есеп жүргізілді. Ол жердің басты мақсаты найзағайдан қорғау аймағының параметрлерін анықтау, қорғалатын объектінің габариттік өлшемдерін анықтау және объектінің ықтимал зақымдануын анықтау болып табылады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жобаның бірінші бөлімінде, кернеуі 500кВ қосалқы станцияның тұтынушыларын қоректендіруші электр торабы жобаланып қарастырылды. 5 қосалқы станцияларының берілген мәндері бойынша электрлік есебі жүргізілді. Осы қосалқы станциялардағы электр беріліс желісінің номинал кернеуі таңдалды. Қуаттарына байланысты трансформатор таңдалды.

Стилл формуласы бойынша желінің кернеуі анықталды. Жобалау кезінде қосалқы станция трансформаторларының типін және қуатын таңдалып, олардың қуат шығындары есептелді. Әр қосалқы станциясы үшін трансформаторлар таңдалды. Сымдардың параметрлерін таңдау алдында сымның қимасы таңдалып, сол аймақтың токтарына байланысты алынады.

Сонымен қатар желінің кернеу шығындарын, желінің технико-экономикалық тиімділігі есептелінді. Ең соңында сымдардың механикалық есептеулері жүргізілді. Есептелген параметрлер бойынша электр аппараттары таңдалды, 500кВ, 110 кВ және 10,5 кВ үшін айырғыштар, ажыратқыштар, ток пен кернеу трансформаторлары таңдалды. Тіректерді номинал кернеуі бойынша таңдалды. Таңдалған электр аппараттары номинал кернеуі, номинал тогы бойынша таңдалды.

Дипломдық жұмыстың екінші бөлімі – реактивті қуатты автоматты басқару. Бұл жерде электр желілеріндегі кернеу мен реактивті қуатты автоматты реттеу мақсаты, техникалық құралдары мен зерттеу тәсілдері қарастырылды. Сонымен қарай, реактивті қуаттың автоматты басқарудың мақсаттарымен ерекшеліктері, реактивті қуаттың статикалық компенсаторы және реверсивті басқарылатын синхронды және статикалық компенсаторлар реактивті қуатты қамтамасыз ететін шаралары қарастырылды. Синхронды компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеу ерекшеліктері және синхронды компенсаторлардың сипаттамасы үш жағдайда қарастырылды, идеалды күйі, айналмалы уақыттың ротор жағдайына тәуелділігі және тұтынылатын реактивті қуаттың қозуы болмаған кезіндегі. Тағы да статикалық компенсаторлардың реактивті қуатын автоматты реттеуші дискретті және үздіксіз жағдайында қарастырылды. ҚР ҚН 4.04-08 талаптарына және «Электр қондырғыларын орнату қағидаларына» сәйкес реактивті қуатты қарымталаудың құралдарын таңдау кезінде бірнеше нұсқаулар жазылып қарастырылды.

Дипломдық жұмыстың үшінші бөлімі – еңбек қорғау. Бұл бөлімде тұтынушылардың электр қондырғыларын техникалық пайдалану кезіндегі қауіпсіздік қағидалары және қауіпсіздік шаралары қарастырылды. Яғни, жерлендіру кезіндегі, найзағайдан қорғау аймағы осыған сәйкес есеп жүргізілді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Сәулет, қала құрылысы және құрылыс саласындағы мемлекеттік нормативтер ҚР ережелер жинағы, ҚР ЕЖ 4.04-108-2014

2 Автоматика Энергосистем, учебник для вузов Н.И.Овчаренко 2006 Москва

3 Материалы XLI Международной научно-практической конференции КазАТК им. М. Тынышпаева на тему: «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика» том 2 2017г

4 Константинов Б. А. Зайцев Г. 3. Компенсация реактивной мощности. Л., "Энергия", 2006.

5 Қазақстан Республикасының нормативтік құқықтық актілерінің акпараттық – құқықтық жүйесі

6 Автоматика электрических станции и электрических систем Н.И.Овчаренко Москва Издательство НЦ ЭНАС 2000г