

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

« 17 » 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Электр торабын есептеу және автоматты қайта қосу құрылғылары»

5B071800 – Электр энергетикасы мамандығы бойынша

Орындаған

Сагимбаев Р.С.

Пікір беруші

АЭЖБУ аға оқытушысы

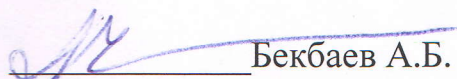
тех. ғыл. канд.

 Юсупова

« 17 » 05 2019 ж.

Ғылыми жетекші

Профессор

 Бекбаев А.Б.

« 17 » 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 энергетика мамандығы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент

профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«28» 01 2019 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Сагимбаев Рауан Серикович*

Тақырыбы: «Электр торабын есептеу және автоматты қайта қосу құрылғылары».

Университет проректорының 2018ж. «30» қазандағы № 1210-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «24» сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістер: Қосалқы станцияның принципалдық схемасы; Трансформаторладың параметрлері;

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Электр беріліс желісін құру;

б) Арнайы бөлім. Автоматты қайта қосу құрылғылары;

в) Экономикалық бөлім;

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 8 атау.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Электр беріліс желісін құру	10.03.19ж	<i>жоқ</i>
Арнайы бөлім. Автоматты қайта қосу құрылғылары	17.03.19ж	<i>жоқ</i>
Экономикалық бөлім	25.04.19ж	<i>жоқ</i>

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	Бекбаев А.Б. Профессор	10.03.	<i>М</i>
Арнайы бөлім	Бекбаев А.Б. Профессор	17.03.	<i>М</i>
Еңбек қорғау бөлімі	Бекбаев А.Б. Профессор	25.04	<i>М</i>
Норма бақылау	Н.Е. Балғаев Доктор PhD, сениор-лектор	17.05.19ж	<i>Н.Е.</i>

Ғылыми жетекші _____

Б.А. Бекбаев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____

Р. Сагимбаев

Күні «17» маз 2019ж

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Сагимбаев Рауан Серикович

Название: Электр торабын есептеу және автоматты қайта қосу құрылғылары.doc

Координатор: Амангельды Бекбаев

Коэффициент подобия 1:4,5

Коэффициент подобия 2:1,5

Тревога:133

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

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

16.05.192



Дата

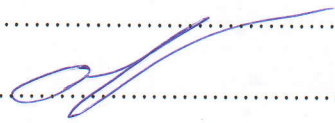
Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

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

16.05.192



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Сагимбаев Рауан Серикович

Название: Электр торабын есептеу және автоматты кайта қосу құрылғылары.doc

Координатор: Амангельды Бекбаев

Коэффициент подобия 1: 4,5

Коэффициент подобия 2: 1,5

Тревога: 133

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

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

16.05.1972

Дата



Подпись Научного руководителя

Ғылыми жетекшінің пікірі

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрлерінің атауы)

Сагимбаев Рауан

(оқушының аты жөні)

5B071800 – Электр энергетикасы

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы:

Дипломдық жұмыс «Электр торабын есептеу және автоматты қайта қосу құрылғылары» тақырыбы бойынша орындалған. Жұмыста қосалқы станцияның принципиалдық сұлбасы, күштік қондырғылар және жалғаулық аппараттар таңдалған. Қысқа түйықталуға есептелініп, қосалқы станцияның жабдықтарының қауіпсіздігі қарастырылған.

Дипломдық жұмысты орындау барысында диплом қорғаушы Сагимбаев Рауан Серикович алдына қойылған тапсырмаларды уақытында орындап және теорияда алған білімін нақты есептерді шешу үшін қолдана алатынын көрсете білді.

Жалпы дипломдық жұмысты 95% «өте жақсы» бағалауға, ал диплом қорғаушы Сагимбаев Рауан Серикович 5B071800 мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавры академиялық дәрежесіне лайық деп санауға болады.

Ғылыми жетекші

Профессор

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)



Бекбаев А.Б.

(қолы)

« 16 » 05 2019 ж.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс
(жұмыс түрінің атауы)

Сагимбаев Рауан Серикович
(білім алушының Т.А.Ә.)

5B071800 – Электр энергетика мамандығы

Тақырыбы: «Электр торабын есептеу және автоматты қайта қосу құрылғылары»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 13 парақ
б) түсініктеме 65 бет

Дипломдық жұмыс электро тораптарын және олардың әуе желілерін жобалауға арналған.

Дипломдық жұмыстың негізгі бөлімінде бас станция мен қосалқы станцияларға трансформаторлар таңдалған, электр тораптарының электр қауіпсіздігі және экономикалық бөлігі қарастырылды.

Арнайы бөлімде автоматты қайта қосу құрылғылары қарастырылған.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс «өте жақсы» (93 %) бағаға орындалған, ал оның авторы 5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін иеленуге лайық деп санаймын.

Рецензент
АЭЖБУ аға оқытушысы
тех.ғыл.канд.

Лауреат
С.Ә. Юсупова
«10» _____ 2019 ж.



АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс «Электр торабын есептеу және автоматты қайта қосу құрылғылары» тақырыбында орындалған. Жұмыста қосалқы станциялардың саны және қуаты таңдалды. Кернеу мен қуат шығындарымен мүмкін жүктемелер есептелді. Сымдар параметрлері есептеліп, соған сәйкес қима алынды. Механикалық есептеулер жүргізілді, қорғаныс есебі жасалды.

Жұмыстың арнайы бөлімінде автоматты қайта қосу құрылғылары қарастырылды.

Экономикалық бөлімде жобаның арзандылық мәні, электроэнергия тарату жоғары сенімділігі және объекттің, кейбір бөліктердің эксплуатация ұзақтығы, желі номинал кернеуінің шамасы, сымға жұмсалатын түсті металл шығыны есептелді.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа написана по теме «Расчет электрической сети и автоматические устройства повторного включения». В работе были произведены принципиальная схема подстанции, выбор силовых оборудования и выбор коммутационных аппаратов. Произведен так же расчет на защиты элементов подстанции.

В специальной части дипломной работы рассматриваются устройства повторного включения.

В экономической части произведены расчеты экономичности проекта, надежности распределения электроэнергии и срок эксплуатации объекта, а так же убытки на цветной металл для проводов.

ANNOTATION

The diploma work is written on the topic "Calculation of the electrical network and automatic devices of re-inclusion". The work was made schematic diagram of the substation, the choice of power equipment and the choice of switching devices. Made the same calculation for protection elements of the substation.

In a special part of the thesis examined the device re-inclusion.

In the economic part, the calculations of the efficiency of the project, the reliability of electricity distribution and the life of the object, as well as losses on non-ferrous metal for wires.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Негізгі бөлім	8
1.1 Электр беріліс желісінің схемасын құру нұсқалары	8
1.2 ЭБЖ номиналды кернеуін таңдау	9
1.3 Күштік трансформаторлардың типін және қуатын анықтау	11
1.3.1 Трансформатордың шығындарын анықтау	15
1.4 Сымдар қимасы және параметрлерінің есептелуі	23
1.4.1 Сымның параметрлері	25
1.4.2 Участоктарда желінің параметрлерін есептеу	26
1.5 Желі жұмыс режимдерінің анализдері мен есептеулері	29
1.5.1 Кернеудің шығындарын есептеу	30
1.5.2 Максимал жүктеме кезінде қуатты есептеу	32
1.5.3 Минималды жүктеме кезінде қуатты есептеу	33
1.5.4 Қосалқы станцияның минималды режимін есептеу	35
1.5.5 Апаттық режим қуаттын есептеу	39
1.6 Қысқаша тұйықталу тогын есептеу	43
1.7 Электроаппараттарын таңдау	45
1.7.1 Өлшеу ток, кернеу трансформаторлар таңдау	47
1.8 Сымдар механикалық есептеулері	49
2 Экономикалық бөлім	53
2.1 Экономикалық есептеулер	53
3 Арнайы бөлім	56
3.1 Автоматты қайта қосу құрылғылары	56
3.1.1 Қайта қосу автоматикасы қалай жұмыс істейді	57
3.1.2 АПВ жұмысына қойылатын талаптар	59
3.1.3 Қайта қосу ұзақтығы	59
3.1.4 Қарапайым бір реттік АПВ желісінің жұмыс істеу принципі	61
Қорытынды	62
Пайдаланылған әдебиет тізімі	63

КІРІСПЕ

Барлық энергия көздерімен салыстырғанда шаруашылыққа және тұрмысқа ең керектісі электроэнергия болып табылады. Алысқа желіні жалғау басқа энергиядан тоқ алу үшін қажет және бұл энергия тұтынушылардың пайдалануына жұмсалады.

Энергетика – бүкіл күрделі энергетика ресурстарын практика жүзінде алуға, түрлендіруге, беруге және қолдануға арналған үлкен табиғи, жасанды жүйелердің ортақтығы.

Электроэнергияны электростанциялардан аламыз. Электростанциялар тұтынушылардан алыс немесе жақын арада орналасуы мүмкін. Электроэнергияс қандай қашықтықта болса да электрожелілері арқылы беріледі.

Электрожелілер дегеніміз – электрожүйенің бір құраушысы. Оған қосалқы станциялар, кабельдер және әуе желілері кіреді. Электрожелінің қызметі – электроэнергияны өндіретін жерден тұтынушыларға дейін энергияны жеткізу және оны тұтынушыларға тарату. Бұл жұмысты электроберіліс желілері (ЭБЖ) атқарады.

Қазіргі таңда электроэнергияны жеткізетін өткізгіштер екі түрлі: әуе желілер және жер кабельдері болады.

ЭБЖ бетон немесе метал орындауындағы тіректерге ие. Олардың иіндеріне фарфор немесе шыны материалдын жасалған ток өткізбейтін тізбек орнатылады. Тіректер арасына мыс, алюминий немесе болат – алюминийден жасалған сымдар тіректердің ток өткізбейтін тізбектердің ұштарына бекітіледі. Ал өткізгіштер арасында ауа ток өткізбеу жұмысын атқарады. Сондықтан, кернеудің мөлшері көп болса, өткізгіштер ара қашықтығы да көп болады.

ЭБЖ адамға қауіпсіз қашықтықта болуы қажет. Ауа ток өткізгіштігі ауа райы мен метеорология жағдайларына байланысты. ЭБЖ – ін қоюшылар желдің күшін, мезгіл температура айырымын және басқа жайларды ескерулері керек. Сондықтан, жаңа ЭБЖ салғанда, ол өтетін жол талданады, күрделі есептеу жасалады және оны салғанда құрастырушалардан шеберлік суралады.

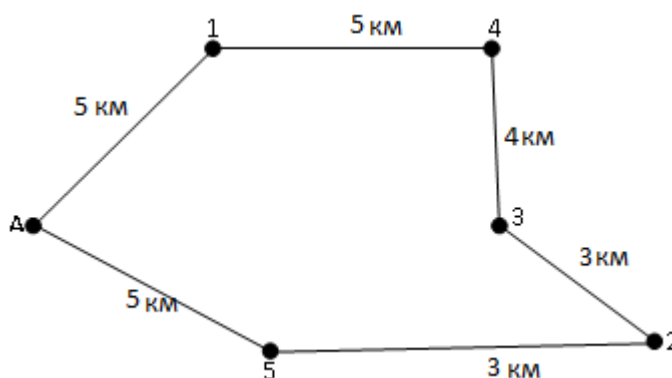
1 Негізгі бөлім

1.1 Электр беріліс желісінің схемасын құру нұсқалары

Әр объектілердің жұмыс жағдайлары алуан түрлі, сондықтан, электр жабдықтау схемасы әртүрлі болады. Тұтынушылар қоректену схемасы энергияның қашықтығы, ауданның электроэнергиямен жабдықтау жалпы схемасы, тұтынушылар орналасуына, олардың қуатына, сенімділігіне байланысты орындалатын талаптардың негізінде орындалады.

Мен бұл диплом жұмысымды қосалқы станцияларды тұйықталған, тұйықталмаған ЭБЖ негізінде қарастырдым.

Төменде ЭБЖ тұйықталған схемасы көрсетілген.

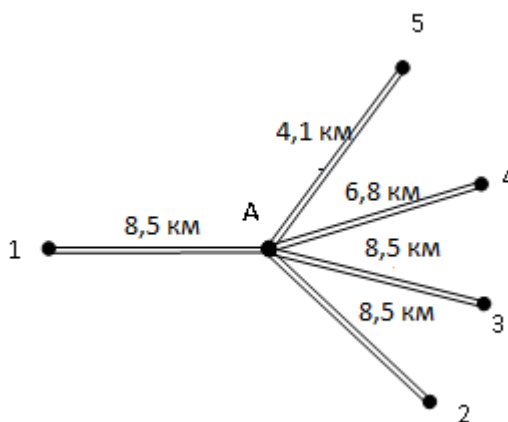


1.1-сурет-ЭБЖ тұйықталған схемасы

Қосалқы станциялар арасындағы ара қашықтықтың жалпы ұзындығы

$$L=5+5+4+3+3+5=25\text{км}$$

Төменде ЭБЖ тұйықталмаған схемасы көрсетілген.



1.2-сурет-ЭБЖ тұйықталмаған екі тізбекті схемасы

Қосалқы станциялар арасындағы ара қашықтықтың жалпы ұзындығы

$$L=8,5+4,1+6,8+8,5+8,5=36,4\text{км.}$$

1.1.1 Дипломдық жұмысқа берілген мәндер

Номиналды кернеуі 35 кВ болатындай 1,2,3,4,5 станцияларын қосатын, тұйықталған электр беріліс желілерінен, бес қосалқы станциядан тұратындай, сәйкесінше олардың ұзындықтары $l_1 = 5$, $l_2 = 3$, $l_3 = 4$, $l_4 = 5$, $l_5 = 3$ (км). Қосалқы станциялардың максималды жүктемелері $P_1 = 5$, $P_2 = 4$, $P_3 = 3$, $P_4 = 2$, $P_5 = 7,5$ (кВт). Максималдық жүктеменің жылдық сағаты $T_{max} = 3000$ сағ. Қуат коэффициенті $\cos \varphi = 0,85$. Минималды жүктеме кезіндегі жүктеме 40 (%) пайыз. Мұз қату ауданы II болады.

1.2 ЭБЖ номиналды кернеуін таңдау

Желінің номиналды кернеуін алу өте күрделі есеп. Электроторапты жобалау жұмыстарында электроторабының конфигурациясы мен номинал кернеуді таңдау жүргізіледі. Электротораптарының номинал мәндері МЕСТ 721-77 анықталған және келесі кернеу қатарларын құрастырады:

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

Электроберіліс желінің номинал кернеуі алдымен екі параметрлі функциямен анықталады: P қуат, L қашықтық. Желі номинал кернеуін табу әртүрлі автордың эмпирикалық формулалармен есептеледі. Осы дипломдық жұмыста Ф.Стилл формуласын қолдандым.

Ф.Стилл формуласы бойынша номиналды кернеуі осы формула бойынша анықталады:

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

мұндағы: U -желі кернеуі, кВ;

l -желі ұзындығы, км;

P -актив қуаты, кВт.

$$U_{ном} = 4,34\sqrt{5 + 16 * 5} = 40$$

$$U_{ном} = 4,34\sqrt{3 + 16 * 4} = 35$$

$$U_{ном} = 4,34\sqrt{4 + 16 * 3} = 31,2$$

$$U_{ном} = 4,34\sqrt{5 + 16 * 2} = 26$$

$$U_{ном} = 4,34\sqrt{3 + 16 * 7,5} = 47,7$$

Желі номинал кернеуін 35 кВ аламыз, кернеу анықталған соң, желі активті, реактивті қуаттарын есептейміз, осы жағдайда активті қуат белгілі болды

$$P + jQ,$$

мұндағы: P - активті жүктеме, кВт;

Q – реактивті жүктеме, квар.

Осы формула арқылы желі реактивті қуатын есептейміз:

$$Q_i = P \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.2)$$

Реактивті қуаттарды $\operatorname{tg} \varphi$ арқылы есептейміз, бізде $\operatorname{tg} \varphi$ белгісіз, оны $\cos \varphi$ -дың арақатынасынан аламыз, $\cos \varphi = 0,85$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi},$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - 0,85^2}}{0,85} = 0,62$$

$\operatorname{tg} \varphi$ есептелгеннен кейін, желінің әр учаскесінде реактивті қуаттарды табамыз:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 5 \cdot 0,62 = 3,1 \text{ Мвар}, \\ Q_2 &= 4 \cdot 0,62 = 2,5 \text{ Мвар}, \\ Q_3 &= 3 \cdot 0,62 = 1,9 \text{ Мвар}, \\ Q_4 &= 2 \cdot 0,62 = 1,2 \text{ Мвар}, \\ Q_5 &= 7,5 \cdot 0,62 = 4,7 \text{ Мвар}, \end{aligned}$$

Желінің әрбір учаскесіндегі толық жүктемелерін есептейміз.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (1.3)$$

мұндағы: P – активті жүктеме, кВт;

Q – реактивті жүктеме, квар.

$$S_1 = \sqrt{3,1^2 + 5^2} = 5,9 \text{ МВА},$$

$$S_2 = \sqrt{2,5^2 + 4^2} = 4,7 \text{ МВА},$$

$$S_3 = \sqrt{1,9^2 + 3^2} = 3,6 \text{ МВА},$$

$$S_4 = \sqrt{2^2 + 1,2^2} = 2,3 \text{ МВА},$$

$$S_4 = \sqrt{4,7^2 + 7,5^2} = 8,9 \text{ МВА},$$

1.3 Күштік трансформаторлардың типін және қуатын анықтау

№1 қосалқы станция үшін:

$$S_{ec} \geq \frac{P}{\cos \varphi}, \quad (1.4)$$

мұндағы, P – активті қуат.

Екі трансформаторлы қосалқы станция үшін трансформатордың қуаты осы шартпен алынады:

$$S_{mp} = P \cdot 0,7, \quad (1.5)$$

мұндағы: P – активті жүктеме, кВт;

$$S_{ec} \geq \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{5}{0,85} = 5,9 \text{ МВА},$$

$$S_{mp} = P \cdot 0,7 = 5,9 \cdot 0,7 = 4,1$$

мұндағы: S_{mp} – трансформатордың қуаты, МВА.

ТМН-4000/35 тип трансформаторын қабылдаймыз. (ТМН-4000/35 типті трансформаторының параметрлері 1.1 және 1.2-кестелерде көрсетілген.)

1.1-кесте-ТМН-4000/35 трансформаторының параметрлері

S _{ном} , МВА	Орамдағы кернеу, кВ		Активті шығындар, кВт		I _{x%}	U _к , %
	ЖК	ТК	P _x	P _к		
4	35	6,3	6,7	33,50	1	7,5

1.2-кесте-ТМН-4000/35 трансформаторының параметрлері

Трансформатордың активті Кедергісі R _т , Ом	Трансформатордың реактивті кедергісі X _т , Ом	ΔQ _x , квар
2,6	23	40

№2 қосалқы станция үшін:

$$S_{ec} \geq \frac{P}{\cos \varphi}$$

мұндағы: P – активті қуат.

Осында трансформатордың қуаты осы шартпен алынады:

$$S_{mp} = P \cdot 0,7,$$

мұндағы: P – активті жүктеме, кВт;

$$S_{ec} \geq \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{4}{0,85} = 4,7 \text{ МВА},$$

$$S_{mp} = P \cdot 0,7 = 4,7 \cdot 0,7 = 3,3$$

мұндағы: S_{mp} – трансформатордың қуаты, МВА.

ТМН-4000/35 тип трансформаторын қабылдаймыз. (ТМН-4000/35 типті трансформаторының параметрлері 1.3 және 1.4-кестелерде көрсетілген.)

1.3-кесте-ТМН-4000/35 трансформаторының параметрлері

S _{ном} , МВА	Орамдағы кернеу, кВ		Активті шығындар, кВт		I _{x%}	U _{к%}
	ЖК	ТК	P _х	P _к		
4	35	6,3	6,7	33,50	1	7,5

1.4-кесте-ТМН-4000/35 трансформаторының параметрлері

Трансформатордың активті кедергісі R _т , Ом	Трансформатордың реактивті кедергісі X _т , Ом	ΔQ _х , квар
2,6	23	40

№3 қосалқы станция үшін:

$$S_{ec} \geq \frac{P}{\cos \varphi}$$

мұндағы: P – активті қуат.

Осында трансформатордың қуаты осы шартпен алынады:

$$S_{mp} = P \cdot 0,7,$$

мұндағы: P – активті жүктеме, кВт;

$$S_{ec} \geq \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{3}{0,85} = 3,5 \text{ MVA},$$

$$S_{mp} = P \cdot 0,7 = 3,5 \cdot 0,7 = 2,5,$$

мұндағы: S_{mp} – трансформатордың қуаты, МВА.

ТМН-2500/35 тип трансформаторын қабылдаймыз. (ТМН-2500/35 типті трансформаторының параметрлері 2.5 және 2.6-кестелерде көрсетілген.)

1.5-ТМН-2500/35 трансформаторының параметрлері

$S_{\text{НОМ}}$, МВА	Орамдағы кернеу, кВ		Активті шығындар, кВт		$I_x\%$	$U_k, \%$
2,5	ЖК	ТК	P_x	P_k	1,1	6,5
	35	6,3	5,1	24,25		

1.6-кесте-ТМН-2500/35 трансформаторының параметрлері

Трансформатордың активті кедергісі $R_T, \text{ Ом}$	Трансформатордың реактивті кедергісі $X_T, \text{ Ом}$	$\Delta Q_x,$ квар
4,8	31,9	27,5

№4 қосалқы станция үшін:

$$S_{ec} \geq \frac{P}{\cos \varphi},$$

мұндағы: P – активті қуат.

Осында трансформатордың қуаты осы шартпен алынады:

$$S_{mp} = P \cdot 0,7,$$

мұндағы: P – активті жүктеме, кВт;

$$S_{ec} \geq \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{2}{0,85} = 2,4 \text{ MVA},$$

$$S_{mp} = P \cdot 0,7 = 2,4 \cdot 0,7 = 1,6$$

мұндағы: S_{mp} – трансформатордың қуаты, МВА.

ТМН-1600/35 тип трансформаторын қабылдаймыз. (ТМН-1600/35 типті трансформаторының параметрлері 1.7 және 1.8-кестелерде көрсетілген.)

1.7-кесте-ТМН-1600/35 трансформаторының параметрлері

S _{НОМ} , МВА	Орамдағы кернеу, кВ		Активті шығындар, кВт		I _{x%}	U _к , %
	ЖК	ТК	P _x	P _к		
1,6	35	6,3	3,65	17,25	1,4	6,5

1.8-кесте-ТМН-1600/35 трансформаторының параметрлері

Трансформатордың активті кедергісі R _т , Ом	Трансформатордың реактивті кедергісі X _т , Ом	ΔQ _x , квар
8,3	49,8	22,4

№5 қосалқы станция үшін:

$$S_{ec} \geq \frac{P}{\cos \varphi}$$

мұндағы: P – активті қуат.

Осында трансформатордың қуаты осы шартпен алынады:

$$S_{mp} = P \cdot 0,7,$$

мұндағы: P – активті жүктеме, кВт;

$$S_{ec} \geq \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{7,5}{0,85} = 8,8 \text{ MVA},$$

$$S_{mp} = P \cdot 0,7 = 8,8 \cdot 0,7 = 6,2$$

мұндағы: S_{mp} – трансформатордың қуаты, МВА.

ТМН-6300/35 тип трансформаторын қабылдаймыз. (ТМН-6300/35 типті трансформаторының параметрлері 1.9 және 1.10-кестелерде көрсетілген.)

1.9-кесте-ТМН-6300/35 трансформаторының параметрлері

S _{НОМ} , МВА	Орамдағы кернеу, кВ		Активті шығындар, кВт		I _{x%}	U _к , %
	ЖК	ТК	P _х	P _к		
6,3	35	6,7	9,40	46,50	0,9	7,5

1.10-кесте-ТМН-6300/35 трансформаторының параметрлері

Трансформатордың активті кедергісі R _Т , Ом	Трансформатордың реактивті кедергісі X _Т , Ом	ΔQ _х , квар
1,6	16,1	56,7

1.3.1 Трансформатордың шығындарын анықтау

Трансформатордың актив және реактив қуаттарының шығындарын келесі формуламен есептейміз:

$$\Delta P_{mpn} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mpn}, \quad (1.6)$$

$$\Delta Q_{mpn} = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{ном}^2} \cdot x_{mpn}, \quad (1.7)$$

мұндағы: $U_{ном}$ – желінің номиналды кернеуі, кВ;

r_{mp} – трансформатордың активті меншікті кедергісі, Ом;

x_{mp} – трансформатордың реактивті меншікті кедергісі, Ом.

$$\Delta P_{xx} = \Delta P_x \cdot 2, \quad (1.8)$$

Таңдалған трансформатор орамдары екеу болғандықтан, екі орам қуат шығындарын есептедім.

$$\Delta P_{mp1BH} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mp} = \frac{4^2 + 3,1^2}{35^2} \cdot \frac{2,6}{2} = 0,03 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{mp1BH} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot x_{mp} = \frac{4^2 + 3,1^2}{35^2} \cdot \frac{22,9}{2} = 0,2 \text{ Мвар},$$

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{x\%} \cdot S_{mp}}{100} \cdot 2, \quad (1.9)$$

мұндағы: ΔP_{xx} – бос жүріс кезінде активті шығын, кВт;
 ΔQ_{xx} – бос жүріс кезінде реактивті шығыны, квар;
 I_x – бос жүріс тоғы, %.

$$\Delta P_{xx} = \Delta P_x \cdot 2 = 6,7 \cdot 2 = 13,4 \text{ кВт} = 0,01 \text{ МВт},$$

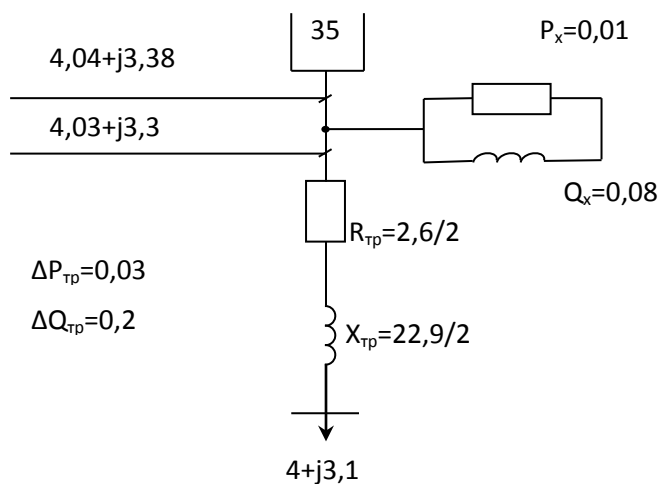
$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{x\%} \cdot S_{mp}}{100} \cdot 2 = \frac{1 \cdot 4}{100} \cdot 2 = 0,08 \text{ Мвар},$$

Трансформатор есептік толық қуаты осы формула арқылы есептеледі:

$$P' + jQ' = (4 + 0,03) + j(3,1 + 0,2) = 4,03 + j3,3 \quad (1.10)$$

$$P'' + jQ'' = (4,03 + 0,01) + j(3,3 + 0,08) = 4,04 + j3,38$$

ТМН-4000/35 трансформатор алмастыру схемасы төменде көрсетілген



1.3-сурет-Екі орамы бар трансформатордың алмастыру схемасы

Трансформатор активті және реактивті қуат шығындарын осы формуламен есептейміз:

$$\Delta P_{mpn} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mpn},$$

$$\Delta Q_{mpn} = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{ном}^2} \cdot x_{mpn},$$

мұндағы: $U_{ном}$ – желі номинал кернеуі, кВ;

r_{mp} – трансформатор активті меншікті кедергі, Ом;

x_{mp} – трансформатор реактивті меншікті кедергі, Ом.

$$\Delta P_{xx} = \Delta P_x \cdot 2$$

Автотрансформатор орамы үшеу болғандықтан, үш орамның қуат шығындарын есептеймін.

$$\Delta P_{mp1BH} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mp} = \frac{4^2 + 2,5^2}{35^2} \cdot \frac{2,6}{2} = 0,03 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{mp1BH} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot x_{mp} = \frac{4^2 + 2,5^2}{35^2} \cdot \frac{26}{2} = 0,2 \text{ Мвар},$$

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{x\%} \cdot S_{mp}}{100} \cdot 2,$$

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

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

I_x – бос жүріс тоғы, %.

$$\Delta P_{xx} = \Delta P_x \cdot 2 = 6,27 = 10 \text{ кВт} = 0,01 \text{ МВт},$$

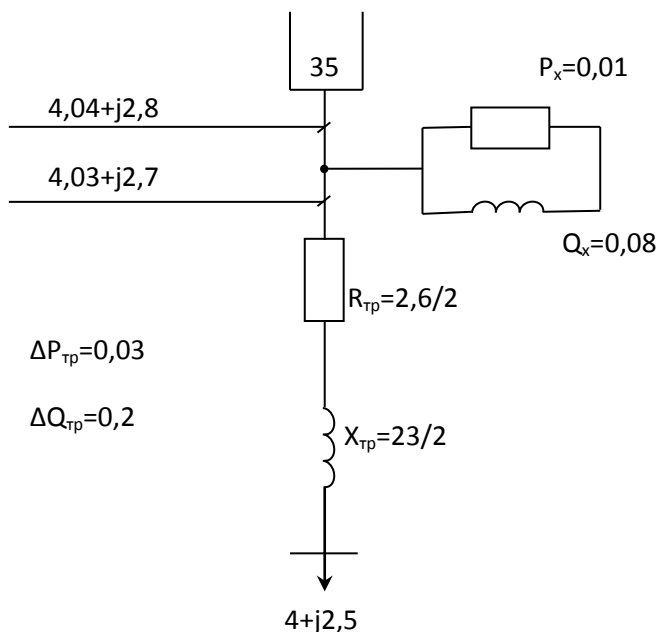
$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{x\%} \cdot S_{mp}}{100} \cdot 2 = \frac{1 \cdot 4}{100} \cdot 2 = 0,08 \text{ Мвар},$$

Трансформатор есептік толық қуатын осы формуламен есептейміз:

$$P' + jQ' = (4 + 0,03) + j(2,5 + 0,2) = 4,03 + j2,7$$

$$P'' + jQ'' = (4,03 + 0,01) + j(2,7 + 0,08) = 4,04 + j2,8$$

ТМН-4000/35 трансформатор алмастыру схемасы төменде көрсетілген



1.4-сурет-Екі орамы бар трансформатордың алмастыру схемасы

Трансформаторлардың активті және реактивті қуат шығындарын осы формуламен табамыз:

$$\Delta P_{mpn} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mpn},$$

$$\Delta Q_{mpn} = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{ном}^2} \cdot x_{mpn},$$

мұндағы: $U_{ном}$ – желі номинал кернеуі, кВ;

r_{mp} – трансформатордың активті меншікті кедергі, Ом;

x_{mp} – трансформатордың реактивті меншікті кедергі, Ом.

$$\Delta P_{xx} = \Delta P_x \cdot 2$$

$$\Delta P_{mp} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mp} = \frac{2,5^2 + 1,8^2}{35^2} \cdot \frac{4,8}{2} = 0,02 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{mp} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot x_{mp} = \frac{2,5^2 + 1,8^2}{35^2} \cdot \frac{31,9}{2} = 0,13 \text{ Мвар},$$

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{x\%} \cdot S_{mp}}{100} \cdot 2,$$

мұндағы: ΔP_{xx} – бос жүріс кезіндегі активті шығын, кВт;
 ΔQ_{xx} – бос жүріс кезіндегі реактивті шығыны, квар;
 I_x – бос жүріс тоғы, %.

$$\Delta P_{xx} = \Delta P_x \cdot 2 = 5,1 \cdot 2 = 10 \text{ кВт} = 0,01 \text{ МВт},$$

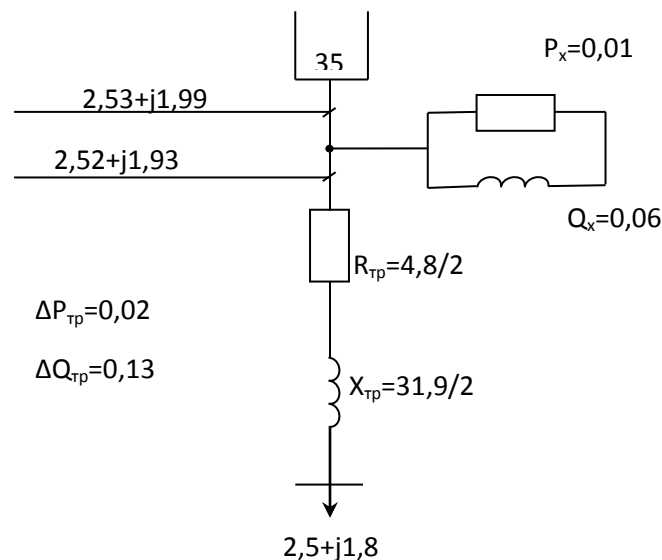
$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_x \% \cdot S_{mp}}{100} \cdot 2 = \frac{1,1 \cdot 2,5}{100} \cdot 2 = 0,06 \text{ Мвар},$$

Трансформатор есептік толық қуатын осы формула арқылы табамыз:

$$P' + jQ' = (2,5 + 0,02) + j(1,8 + 0,13) = 2,52 + j1,93$$

$$P'' + jQ'' = (2,52 + 0,01) + j(1,93 + 0,06) = 2,53 + j1,99$$

Төмендегі суретте ТМН-2500/35 екі орамды трансформаторының алмастыру схемасы көрсетілген.



1.5-сурет-Екі орамды трансформатор алмастыру схемасы

Трансформаторлар активті және реактивті қуат шығындарын осы формула арқылы табамыз:

$$\Delta P_{mpn} = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mpn},$$

$$\Delta Q_{mpn} = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{ном}^2} \cdot x_{mpn},$$

мұндағы: $U_{ном}$ – желі номинал кернеуі, кВ;

r_{mp} – трансформатордың активті меншікті кедергі, Ом;
 x_{mp} – трансформатордың реактивті меншікті кедергі, Ом.

$$\Delta P_{xx} = \Delta P_x \cdot 2$$

Трансформаторға сәйкес қуат шығындарын есептеймін.

$$\Delta P_{mp} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{НОМ}^2} \cdot r_{mp} = \frac{1,6^2 + 1,3^2}{35^2} \cdot \frac{8,3}{2} = 0,02 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{mp} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{НОМ}^2} \cdot x_{mp} = \frac{1,6^2 + 1,3^2}{35^2} \cdot \frac{49,8}{2} = 0,09 \text{ Мвар},$$

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{x\%} \cdot S_{mp}}{100} \cdot 2,$$

мұндағы: ΔP_{xx} – бос жүріс кезіндегі активті шығын, кВт;
 ΔQ_{xx} – бос жүріс кезіндегі реактивті шығын, квар;
 I_x – трансформатордағы бос жүріс тоғы, %.

$$\Delta P_{xx} = \Delta P_x \cdot 2 = 3,65 \cdot 2 = 7,3 \text{ кВт} = 0,007 \text{ МВт},$$

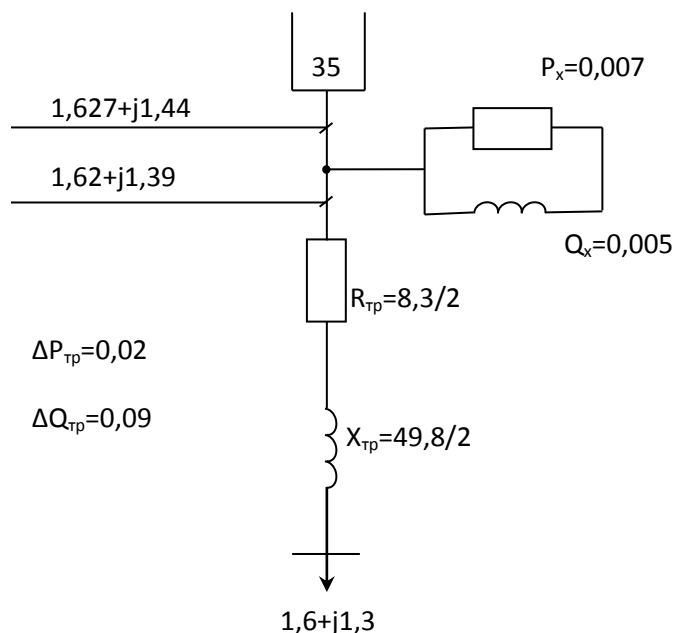
$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{x\%} \cdot S_{mp}}{100} \cdot 2 = \frac{1,4 \cdot 1,60}{100} \cdot 2 = 0,05 \text{ Мвар},$$

Трансформатор есептік толық қуатын осы формула арқылы табамыз:

$$P' + jQ' = (1,6 + 0,02) + j(1,3 + 0,09) = 1,62 + j1,39$$

$$P'' + jQ'' = (1,62 + 0,007) + j(1,39 + 0,05) = 1,627 + j1,44$$

Төмендегі суретте ТМН-1600/35 трансформаторының алмастыру схемасы көрсетілген



1.6-сурет-Екі орамды трансформатор алмастыру схемасы

Трансформаторлар активті және реактивті қуатын шығындарын осы формула арқылы табамыз:

$$\Delta P_{\text{тpн}} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{\text{нoм}}^2} \cdot r_{\text{тpн}},$$

$$\Delta Q_{\text{тpн}} = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{\text{нoм}}^2} \cdot x_{\text{тpн}},$$

мұндағы: $U_{\text{нoм}}$ – желі номинал кернеуі, кВ;

$r_{\text{тp}}$ – трансформатордың активті меншікті кедергі, Ом;

$x_{\text{тp}}$ – трансформатордың реактивті меншікті кедергі, Ом.

$$\Delta P_{\text{xx}} = \Delta P_x \cdot 2$$

Трансформаторға сәйкес қуат шығындарын есептеймін.

$$\Delta P_{\text{тp}} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{\text{нoм}}^2} \cdot r_{\text{тp}} = \frac{6,3^2 + 4,6^2}{35^2} \cdot \frac{1,6}{2} = 0,04 \text{ MBт},$$

$$\Delta Q_{mp} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot x_{mp} = \frac{6,3^2 + 4,6^2}{35^2} \cdot \frac{14,6}{2} = 0,4 \text{ Мвар},$$

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{x\%} \cdot S_{mp}}{100} \cdot 2,$$

мұндағы: ΔP_{xx} – бос жүріс кезіндегі активті шығын, кВт;
 ΔQ_{xx} – бос жүріс кезіндегі реактивті шығын, квар;
 I_x – трансформатордағы бос жүріс тоғы, %.

$$\Delta P_{xx} = \Delta P_x \cdot 2 = 9,4 \cdot 2 = 18,8 \text{ кВт} = 0,02 \text{ МВт},$$

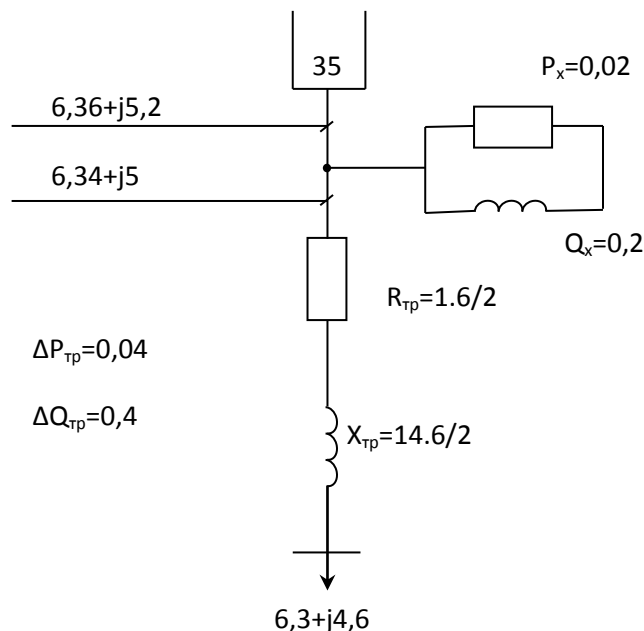
$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{x\%} \cdot S_{mp}}{100} \cdot 2 = \frac{1,4 \cdot 6,3}{100} \cdot 2 = 0,2 \text{ Мвар},$$

Трансформатор есептік толық қуатын осы формула арқылы табамыз:

$$P' + jQ' = (6,3 + 0,04) + j(4,6 + 0,4) = 6,34 + j5$$

$$P'' + jQ'' = (6,34 + 0,02) + j(5 + 0,2) = 6,36 + j5,2$$

Төмендегі суретте ТМН-6300/35 трансформаторының алмастыру схемасы көрсетілген



1.7-сурет-Екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы

1.4 Сымдар қимасы және параметрлерінің есептелуі

Желі әрбір учаскесі бойынша тоқты анықтаймыз, ол желі қуаты мен кернеу қатынасы арқылы табылады:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.11)$$

1-нұсқа: тұйықталған ЭБЖ үшін

$$I_{A-1} = \frac{11,5}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,1897 \text{кА} = 189,7 \text{А},$$

$$I_{1-4} = \frac{5,6}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,09 \text{кА} = 90 \text{А},$$

$$I_{4-3} = \frac{6,6}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,108 \text{кА} = 108 \text{А},$$

$$I_{3-2} = \frac{1,34}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,02 \text{кА} = 20 \text{А},$$

$$I_{2-5} = \frac{5,3}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,08 \text{кА} = 80 \text{А},$$

$$I_{5-A^p} = \frac{14,1}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,232 \text{кА} = 232 \text{А}.$$

2-нұсқа үшін: тұйықталмаған ЭБЖ үшін

$$I_{A-1} = \frac{5,9}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,09 \text{кА} = 90 \text{А},$$

$$I_{A-2} = \frac{4,2}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,07 \text{кА} = 70 \text{А},$$

$$I_{A-3} = \frac{3,6}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,06 \text{кА} = 60 \text{А},$$

$$I_{A-4} = \frac{3,2}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,052 \text{кА} = 52 \text{А},$$

$$I_{A-5} = \frac{8,9}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,15 \text{кА} = 150 \text{А},$$

Ток экономикалық тығыздығымен байланысты қиманы анықтаймыз:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I}{j_{\text{эк}}}, \quad (1.12)$$

мұндағы: $j_{\text{эк}}$ – ты анықтамадан аламыз, ол ($j_{\text{эк}}=1,5\text{А/мм}$) тең.
Сонымен болатты – алюминилі, яғни АСК маркалы сымды таңдадым.

1-нұсқа: тұйықталған ЭБЖ үшін сымдарды таңдау

$$S_{\text{экA-1}} = \frac{189,7}{1,5} = 126,5\text{мм}^2, \quad \text{AC150/24,}$$

$$S_{\text{эк1-4}} = \frac{90}{1,5} = 60\text{мм}^2, \quad \text{AC75/11,}$$

$$S_{\text{эк4-3}} = \frac{108}{1,5} = 72\text{мм}^2, \quad \text{AC95/16,}$$

$$S_{\text{эк3-2}} = \frac{20}{1,5} = 13,3\text{мм}^2, \quad \text{AC35/6,2,}$$

$$S_{\text{эк2-5}} = \frac{80}{1,5} = 53\text{мм}^2, \quad \text{AC95/11,}$$

$$S_{\text{эк5-A}} = \frac{232}{1,5} = 155\text{мм}^2, \quad \text{AC150/24,}$$

2-нұсқа: тұйықталмаған ЭБЖ үшін сымдарды таңдау

$$S_{\text{эк1-A}} = \frac{90}{1,5 \cdot 2} = 30\text{мм}^2, \quad \text{AC – 35/6,2,}$$

$$S_{\text{экA-2}} = \frac{70}{1,5 \cdot 2} = 23,3\text{мм}^2, \quad \text{AC – 35/6,2,}$$

$$S_{\text{экA-3}} = \frac{60}{1,5 \cdot 2} = 20\text{мм}^2, \quad \text{AC – 35/6,2,}$$

$$S_{\text{экA-4}} = \frac{52}{1,5 \cdot 2} = 17,3\text{мм}^2, \quad \text{AC – 35/6,2,}$$

$$S_{\text{экA-5}} = \frac{150}{1,5 \cdot 2} = 50\text{мм}^2, \quad \text{AC – 50/8,}$$

Кернеуі 35 кВ әуе беріліс желісінің салыстырмалы параметрлер анықтаймыз. Маркасы АС 150/24 үш сымға фаза жарылу мен фаза сымдардың

бірдей үшбұрыштың төбесінде орындалған, қашықтығы 5 см болатын сымдардың орналасуы. Желі порталды металл бағандарында жарылу фаза ортасында арақашықтығы 12м горизонталь орнатылған.

АС 150/24 маркалы сым үшін, $r_0 = 0,21$ Ом/км, сымның диаметрі $2r_{\text{сым}} = 17,1$ мм.

1.4.1 Сымның параметрлері

1-нұсқа: тұйықталған ЭБЖ үшін әр учаскесіне байланысты сымның параметрлері

А-1 учаскесі

$$\begin{aligned} r_0 &= 0,21 \text{ Ом/км} \\ x_0 &= 0,38 \text{ Ом/км} \\ b &= \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg(D_{\text{орт}} / r_{\text{экв}})} \end{aligned} \quad (1.13)$$

Сымн арасындағы орта геометриялық арақашықтық осыған тең

$$D_{\text{орт}} = \sqrt[3]{3,5 \cdot 3,5 \cdot 7} = 4,41 \text{ м}$$

мұндағы: r_0 – меншікті активті кедергі, Ом/км;
 x_0 – меншікті реактивті кедергі, Ом/км;
 b_0 – меншікті реактивті өткізгіштік, См/км;
 $D_{\text{орт}}$ – сымның орташа диаметрі, мм;
 $r_{\text{экв}}$ – сымның эквиваленттік радиусы, мм;
 a - бір фазадағы таңдалған 2 сым ара қашықтығы (40см);

$$b_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg(D_{\text{орт}} / r_{\text{экв}})} = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg(3,15 / 0,009)} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$

1-4 учаскесі:

$$2r_{\text{сым}} = 11,4 \text{ мм}, r_0 = 0,46 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}, b_0 = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

4-3 учаскесі:

$$2r_{\text{сым}} = 13,5 \text{ мм}, r_0 = 0,34 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,39 \text{ Ом/км}, b_0 = 2,9 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

3-2 учаскесі:

$$2r_{\text{с\у\м}} = 8,4 \text{ мм}, r_0 = 0,92 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}, b_0 = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

2-5 учаскесі:

$$2r_{\text{с\у\м}} = 11,4 \text{ мм}, r_0 = 0,46 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}, b_0 = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

5-А` учаскесі:

$$2r_{\text{с\у\м}} = 18,9 \text{ мм}, r_0 = 0,17 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}, b_0 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

2-нұсқа: тұйықталмаған ЭБЖ үшін әр учаскесіне байланысты сымның параметрлері

А-1 учаскесі:

$$r_0 = 0,92 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}, b_0 = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

А-2 учаскесі:

$$r_0 = 0,92 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}, b_0 = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

А-4 учаскесі:

$$r_0 = 0,92 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,3 \text{ Ом/км}, b_0 = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

А-3 учаскесі:

$$r_0 = 0,92 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}, b_0 = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

А-5 учаскесі:

$$r_0 = 0,64 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}, b_0 = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

1.4.2 Участоктарда желінің параметрлерін есептеу

Желі активті кедергісі келесі формуламен есептеледі

$$R_i = r_0 \cdot l. \quad (1.14)$$

Желі реактивті кедергісі келесі формуламен есептеледі

$$X_i = x_0 \cdot l. \quad (1.15)$$

Желі реактивті өткігіштігі келесідей есептеледі

$$B_i = b_0 \cdot l. \quad (1.16)$$

Желі соңындағы заряд қуатты келесі формуламен есептеледі

$$Q_{ci}^k = U_{ном}^2 \cdot B_i. \quad (1.17)$$

1-нұсқа: тұйықталған ЭБЖ үшін участоктар бойынша желі параметрлері

А-1 учаскесі:

$$\begin{aligned} R_{A-1} &= r_0 \cdot l = 0,21 \cdot 5 = 1,10 \text{ Ом}, \quad X_{A-1} = x_0 \cdot l = 0,38 \cdot 5 = 1,90 \text{ Ом}, \\ B_{A-1} &= b_A \cdot l_A = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 15 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}, \\ Q_{CA-1}^k &= U_{ном}^2 \cdot B_{A-1} = 35^2 \cdot 15 \cdot 10^{-6} = 0,02 \text{ Мвар}. \end{aligned}$$

1-4 учаскесі:

$$\begin{aligned} R_{1-4} &= r_0 \cdot l = 0,46 \cdot 5 = 2,30 \text{ Ом}, \quad X_{1-4} = x_0 \cdot l = 0,4 \cdot 5 = 2,0 \text{ Ом}, \\ B_{1-4} &= b_A \cdot l_A = 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 14 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}, \\ Q_{C1-4}^k &= U_{ном}^2 \cdot B_{1-4} = 35^2 \cdot 14 \cdot 10^{-6} = 0,02 \text{ Мвар}. \end{aligned}$$

4-3 учаскесі:

$$\begin{aligned} R_{4-3} &= r_0 \cdot l = 0,34 \cdot 4 = 1,36 \text{ Ом}, \quad X_{4-3} = x_0 \cdot l = 0,39 \cdot 4 = 1,60 \text{ Ом}, \\ B_{4-3} &= b_A \cdot l_A = 2,9 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 11,6 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}, \\ Q_{C4-3}^k &= U_{ном}^2 \cdot B_{4-3} = 35^2 \cdot 11,6 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ Мвар}. \end{aligned}$$

3-2 учаскесі:

$$\begin{aligned} R_{3-2} &= r_0 \cdot l = 0,92 \cdot 3 = 2,80 \text{ Ом}, \quad X_{3-2} = x_0 \cdot l = 0,4 \cdot 3 = 1,20 \text{ Ом}, \\ B_{3-2} &= b_A \cdot l_A = 2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 3 = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}, \\ Q_{C3-2}^k &= U_{ном}^2 \cdot B_{3-2} = 35^2 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ Мвар}. \end{aligned}$$

2-5 учаскесі:

$$\begin{aligned} R_{2-5} &= r_0 \cdot l = 0,46 \cdot 3 = 1,40 \text{ Ом}, \quad X_{2-5} = x_0 \cdot l = 0,4 \cdot 3 = 1,20 \text{ Ом}, \\ B_{2-5} &= b_A \cdot l_A = 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot 3 = 8,4 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}, \\ Q_{C2-5}^k &= U_{ном}^2 \cdot B_{2-5} = 35^2 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ Мвар}. \end{aligned}$$

5-А`учаскесі:

$$R_{5-A} = r_0 \cdot l = 0,17 \cdot 5 = 0,90 \text{ Ом}, \quad X_{5-A} = x_0 \cdot l = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ Ом},$$
$$B_{5-A} = b_A \cdot l_A = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 15 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$
$$Q_{C5-A}^k = U_{ном}^2 \cdot B_{5-A} = 35^2 \cdot 15 \cdot 10^{-6} = 0,02 \text{ Мвар}.$$

2-нұсқа: тұйықталмаған ЭБЖ үшін учасоктар бойынша желінің параметрлері

А-1 учаскесі:

$$R_{A-1} = 0,92 \cdot 8,5 = 7,82 / 2 = 3,91 \text{ Ом}, \quad X_{A-1} = 0,4 \cdot 8,5 = 3,4 / 2 = 1,7 \text{ Ом}$$
$$B_{A-1} = b_A \cdot l_A = 2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 8,5 \cdot 2 = 22,1 \cdot 10^{-6} \text{ См/км} \cdot 2 = 44,2,$$
$$Q_{CA-1}^k = U_{ном}^2 \cdot B_{A-1} = 35^2 \cdot 44,2 \cdot 10^{-6} = 0,05 \text{ Мвар}.$$

А-2 учаскесі:

$$R_{A-2} = 0,92 \cdot 5,1 = 4,7 / 2 = 2,35 \text{ Ом}, \quad X_{A-2} = 0,4 \cdot 5,1 = 2,04 / 2 = 1,02 \text{ Ом}$$
$$B_{A-2} = b_A \cdot l_A = 2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 5,1 \cdot 2 = 26,5 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$
$$Q_{CA-2}^k = U_{ном}^2 \cdot B_{A-2} = 35^2 \cdot 26,5 \cdot 10^{-6} = 0,03 \text{ Мвар}.$$

А-4 учаскесі:

$$R_{A-4} = 0,92 \cdot 8,5 = 7,8 / 2 = 3,9 \text{ Ом}, \quad X_{A-4} = 0,3 \cdot 8,5 = 2,6 / 2 = 1,3 \text{ Ом}$$
$$B_{A-4} = b_A \cdot l_A = 2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 8,5 \cdot 2 = 44,2 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$
$$Q_{CA-4}^k = U_{ном}^2 \cdot B_{A-4} = 35^2 \cdot 44,2 \cdot 10^{-6} = 0,05 \text{ Мвар}.$$

А-3 учаскесі:

$$R_{A-3} = 0,92 \cdot 6,8 = 6,3 / 2 = 3,2 \text{ Ом}, \quad X_{A-3} = 0,4 \cdot 6,8 = 2,7 / 2 = 1,35 \text{ Ом}$$
$$B_{A-3} = b_A \cdot l_A = 2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 6,8 \cdot 2 = 35,4 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$
$$Q_{CA-3}^k = U_{ном}^2 \cdot B_{A-3} = 35^2 \cdot 35,4 \cdot 10^{-6} = 0,04 \text{ Мвар}.$$

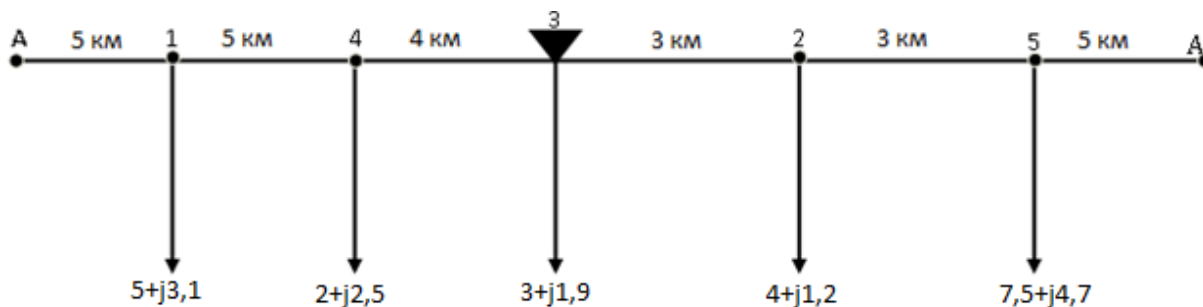
А-5 учаскесі:

$$R_{A-5} = 0,64 \cdot 8,5 = 5,4 / 2 = 2,7 \text{ Ом}, \quad X_{A-5} = 0,4 \cdot 8,5 = 3,4 / 2 = 1,7 \text{ Ом}$$
$$B_{A-5} = b_A \cdot l_A = 2,7 \cdot 10^{-6} \cdot 8,5 \cdot 2 = 45,9 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$
$$Q_{CA-5}^k = U_{ном}^2 \cdot B_{A-5} = 35^2 \cdot 45,9 \cdot 10^{-6} = 0,06 \text{ Мвар}.$$

1.5 Желі жұмыс режимдерінің анализдері мен есептеулері

Жобалау басында желі линия бөліктерінде кедергі белгісіз болғандықтан, қуат шамасы жуық мәндермен анықталды. Радиал желі басындағы бөліктерінде қуат жеке тұтынушылар қосындысымен анықталады. Тұйық желі үшін қуат таратылу барлық бөліктерде қима бірдей деп алып, екі жақты қоректендіретін линия сияқты анықталды.

Төмендегі суретте электр беріліс желісінің схемасы келтірілген



1.8-сурет-ЭБЖ схемасы

$$S_A = \frac{(S_4) \cdot l_{25} + (S_3) \cdot l_{25} + (S_2) \cdot l_{35} + (S_5) \cdot l_5}{l_{жалты}}, \quad (1.18)$$

$$S_B = \frac{(S_5) \cdot l_{41} + (S_4) \cdot l_{31} + (S_3) \cdot l_{21} + (S_2) \cdot l_1}{l_{жалты}}, \quad (1.19)$$

мұндағы: l – желі ұзындығы, км.

$$P_1 = \frac{5 \cdot (17) + 2 \cdot (15) + 3(11) + 4 \cdot (7) + 7,5(5)}{25} = 9,7 \text{ MBm}$$

$$Q_1 = \frac{3,1 \cdot (17) + 2,5 \cdot (15) + 1,9 \cdot (11) + 1,2 \cdot (7) + 4,7 \cdot (5)}{25} = 6,2 \text{ MBA},$$

$$P_1' = \frac{7,5 \cdot (20) + 4(17) + 3 \cdot (14) + 2 \cdot (10) + 5(5)}{25} = 12,2 \text{ MBm},$$

$$Q_1' = \frac{4,7 \cdot (20) + 1,2 \cdot (17) + 1,9 \cdot (14) + 2 \cdot (10) + 3,1 \cdot (5)}{25} = 7,1 \text{ MBm}.$$

Тексеру: $21,9 \approx 21,5$,
 $13,3 \approx 13,4$.

1.5.1 Кернеудің шығындарын есептеу

Максималды режим кезінде желінің бойлық және көлденең шығындарын есептеу.

А-1 учаскесі:

$$U_{\max} = 35\text{кВ},$$

Желі бойлық шығыны келесі формуламен есептеледі:

$$\Delta U_i^H = \frac{P_i^H \cdot R_i + jQ_i^H \cdot X_i}{U_{\text{шин.}}}, \quad (1.20)$$

мұндағы: $U_{\text{шин.}}$ – шинадан шығатын кернеу.

Желі көлденең шығыны келесі формуламен есептеледі:

$$\delta U_i^H = \frac{P_i^H \cdot X_i - jQ_i^H \cdot R_i}{U_{\text{шин.}}}, \quad (1.21)$$

$$U_i = U_i - \Delta U_i^H - j\delta U_i^H. \quad (1.22)$$

3-2 учаскесі:

$$\Delta U_{32}^H = \frac{P_{32}^H \cdot R_{32} + jQ_{A1}^H \cdot X_{A1}}{U_{\text{шин.}}} = \frac{9,7 \cdot 1,1 + 6,2 \cdot 1,9}{38,5} = 0,6\text{кВ},$$

$$\delta U_{A1}^H = \frac{P_{A1}^H \cdot X_{A1} - jQ_{A1}^H \cdot R_{A1}}{U_{\text{шин.}}} = \frac{9,7 \cdot 1,9 - 6,2 \cdot 1,1}{38,5} = 0,3\text{кВ},$$

$$U_{A1} = U_{\text{шин.}} - \Delta U_{A1}^H - j\delta U_{A1}^H = 38,5 - 0,6 - j0,3 = 37,9 - j0,3\text{кВ},$$

$$U_2 = \sqrt{37,9^2 + 0,3^2} = 37,9\text{кВ}.$$

1-4 учаскесі:

$$\Delta U_{1-4}^H = \frac{P_{14}^H \cdot R_{14} + jQ_{14}^H \cdot X_{14}}{U_{\text{шин.}}} = \frac{4,7 \cdot 2,3 + 3,1 \cdot 2}{37,9} = 0,5\text{кВ},$$

$$\delta U_{14}^H = \frac{P_{14}^H \cdot X_{14} - jQ_{14}^H \cdot R_{14}}{U_{\text{шин.}}} = \frac{4,7 \cdot 2 - 3,1 \cdot 2,3}{37,9} = 0,06\text{кВ},$$

$$U_{14} = U_2 - \Delta U_{14}^H - j\delta U_{14}^H = 37,9 - 0,5 - j0,06 = 37,4 - j0,06\text{кВ},$$

$$U_3 = \sqrt{37,4^2 + 0,06^2} = 37,4 \text{кВ.}$$

4-3 учаскесі:

$$\Delta U_{43}^H = \frac{P_{43}^H \cdot R_{43} + jQ_{43}^H \cdot X_{43}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{2,7 \cdot 1,4 + 6 \cdot 1,6}{37,4} = 0,4 \text{кВ,}$$

$$\delta U_{43}^H = \frac{P_{43}^H \cdot X_{43} - jQ_{43}^H \cdot R_{43}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{2,7 \cdot 1,6 - 6 \cdot 1,4}{37,4} = 0,1 \text{кВ,}$$

$$U_{43} = U_{\text{шнн.}} - \Delta U_{43}^H - j\delta U_{43}^H = 37 - 0,4 - j0,1 = 37 - j0,1 \text{кВ,}$$

$$U_4 = \sqrt{37^2 + 0,1^2} = 37,4 \text{кВ.}$$

5-А` учаскесі:

$$\Delta U_{5A}^H = \frac{P_{5A}^H \cdot R_{5A} + jQ_{5A}^H \cdot X_{5A}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{12,2 \cdot 0,9 + 7,1 \cdot 2}{38,5} = 0,7 \text{кВ,}$$

$$\delta U_{5A}^H = \frac{P_{5A}^H \cdot X_{5A} - jQ_{5A}^H \cdot R_{5A}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{12,2 \cdot 2 - 7,1 \cdot 0,9}{38,5} = 0,5 \text{кВ,}$$

$$U_{5A} = U_{\text{шнн.}} - \Delta U_{5A}^H - j\delta U_{5A}^H = 38,5 - 0,7 - j0,5 = 37,8 - j0,5 \text{кВ,}$$

$$U_{5A} = \sqrt{37,8^2 + 0,5^2} = 37,8 \text{кВ.}$$

2-5 учаскесі:

$$\Delta U_{25}^H = \frac{P_{25}^H \cdot R_{25} + jQ_{25}^H \cdot X_{25}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{4,7 \cdot 1,4 + 2,4 \cdot 1,2}{37,8} = 0,3 \text{кВ,}$$

$$\delta U_{25}^H = \frac{P_{25}^H \cdot X_{25} - jQ_{25}^H \cdot R_{25}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{4,7 \cdot 1,2 - 2,4 \cdot 1,4}{37,8} = 0,06 \text{кВ,}$$

$$U_{25} = U_{\text{шнн.}} - \Delta U_{25}^H - j\delta U_{25}^H = 37,8 - 0,3 - j0,06 = 37,5 - j0,06 \text{кВ,}$$

$$U_4 = \sqrt{37,5^2 + 0,06^2} = 37,5 \text{кВ.}$$

3-2 учаскесі:

$$\Delta U_{32}^H = \frac{P_{32}^H \cdot R_{32} + jQ_{32}^H \cdot X_{32}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{0,7 \cdot 2,8 + 1,2 \cdot 1,2}{37,5} = 0,09 \text{кВ,}$$

$$\delta U_{32}^H = \frac{P_{32}^H \cdot X_{32} - jQ_{32}^H \cdot R_{32}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{0,7 \cdot 1,2 - 2,8 \cdot 1,2}{37,5} = 0,07 \text{кВ,}$$

$$U_{23} = U_{\text{шин.}} - \Delta U_{23}^H - j\delta U_{23}^H = 37,5 - 0,09 - j0,07 = 37,4 - j0,07 \text{кВ},$$

$$U_4 = \sqrt{37,4^2 + 0,07^2} = 37,4 \text{кВ}.$$

1.5.2 Максимал жүктеме кезінде қуатты есептеу

А-1 учаскесі:

$$S_n^K = S_n - jQ_{cn}^K, \quad (1.29)$$

$$S_{3-2}^K = S_A - jQ_{C3-2} = 0,7 + j1,2 - j0,01 = 0,7 + j1,19 \text{MBA},$$

$$\Delta S_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot (R_n + X_n), \quad (1.30)$$

$$\Delta S_{32} = \frac{0,7^2 + 1,19^2}{35^2} \cdot (2,8 + j1,2) = 0,004 + j0,002 = \text{MBA},$$

$$S_n^H = S_n^K + \Delta S_n, \quad (1.31)$$

$$S_{32}^H = S_{32}^K + \Delta S_{32} = 0,7 + j1,19 + 0,004 + j0,002 = 0,704 + j1,192 \text{MBA}.$$

2-5учаскесі:

$$S_{25}^K = S_2 - jQ_{C25}^K = 2,331 + j2,662 - j0,01 = 2,331 + j2,612 \text{MBA},$$

$$\Delta S_{25} = \frac{2,331^2 + 2,612^2}{35^2} \cdot (1,4 + j1,2) = 0,01 + j0,01 \text{MBA},$$

$$S_{25}^H = S_{25}^K + \Delta S_{25} = 2,331 + j2,612 + 0,01 + j0,01 = 2,341 + j2,622 \text{MBA}.$$

5-А` учаскесі:

$$S_{5A'}^K = S_3 - jQ_{C5A'}^K = 8,701 + j7,812 - j0,02 = 8,701 + j7,792 \text{MBA},$$

$$\Delta S_{5A'} = \frac{8,701^2 + 7,792^2}{35^2} \cdot (0,9 + j2) = 0,1 + j0,2 \text{MBA},$$

$$S_{5A'}^H = S_{5A'}^K + \Delta S_{5A'} = 8,701 + j7,792 + 0,1 + j0,2 = 8,801 + j7,992 \text{MBA}.$$

3-4 учаскесі:

$$S_{34}^K = S_4 - jQ_{C34}^K = 2,7 + j6 - j0,01 = 2,7 + j5,99 \text{MBA},$$

$$\Delta S_{34} = \frac{2,7^2 + 5,99^2}{35^2} \cdot (1,4 + j1,6) = 0,05 + j0,06 \text{MBA},$$

$$S_{34}^H = S_{34}^K + \Delta S_{34} = 2,7 + j5,99 + 0,05 + j0,06 = 2,75 + j6,05 \text{ МВА.}$$

4-1 учаскесі:

$$S_{41}^K = S_5 - jQ_{C41}^K = 6,79 + j8,84 - j0,02 = 6,79 + j8,82 \text{ МВА,}$$

$$\Delta S_{41} = \frac{6,79^2 + 8,82^2}{35^2} \cdot (2,3 + j2) = 0,2 + j0,2 \text{ МВА,}$$

$$S_{41}^H = S_{41}^K + \Delta S_{41} = 6,79 + j8,82 + 0,2 + j0,2 = 6,99 + j9,02 \text{ МВА.}$$

1-А учаскесі:

$$S_{1A}^K = S_6 - jQ_{C1A}^K = 11,3 + j12,38 - j0,02 = 11,3 + j12,36 \text{ МВА,}$$

$$\Delta S_{1A} = \frac{11,3^2 + 12,36^2}{35^2} \cdot (1,1 + j1,9) = 0,3 + j0,4 \text{ МВА,}$$

$$S_{1A}^H = S_{1A}^K + \Delta S_{1A} = 11,3 + j12,36 + 0,3 + j0,4 = 11,6 + j12,76 \text{ МВА.}$$

1.5.3 Минималды жүктеме кезінде қуатты есептеу

Тәулік ішінде тұтынушылар жүктемесі өзгергенде, онда минимал жүктемемен есептеуді жүргіземіз. Бұл режимде жеке желі өзінің жүктемесін азайтса, басқалары көтерілуі мүмкін. Осы жағдай сымдарды қыздырады. Кернеу деңгейі, шығыны өзгереді, барлық желіде, трансформаторларда қуат шығыны өзгереді. Сымдардың қызуын болдырмас үшін және минималды жүктемеде кернеу деңгейін анықтау үшін қосымша есептеу жүргіземіз. Есептеулерден кейін кернеу деңгейін анализдейміз.

2-3 учаскесі:

$$S_n^K = S_n - jQ_{cn}^K, \quad (1.32)$$

$$S_{3-2}^K = S_A - jQ_{C3-2}^K = 0,805 + j0,52 - j0,01 = 0,805 + j0,51 \text{ МВА,}$$

$$\Delta S_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{юм}^2} \cdot (R_n + X_n), \quad (1.33)$$

$$\Delta S_{32} = \frac{0,805^2 + 0,51^2}{35^2} \cdot (2,8 + j1,2) = 0,002 + j0,001 \text{ МВА,}$$

$$S_n^H = S_n^K + \Delta S_n, \quad (1.34)$$

$$S_{32}^H = S_{32}^K + \Delta S_{32} = 0,805 + j0,51 + 0,002 + j0,001 = 0,807 + j0,511 \text{ МВА.}$$

2-5учаскесі:

$$S_{25}^K = S_2 - jQ_{C25}^K = 1,456 + j1,081 - j0,01 = 1,456 + j1,071MBA,$$

$$\Delta S_{25} = \frac{1,456^2 + 1,071^2}{35^2} \cdot (1,4 + j1,2) = 0,004 + j0,003MBA,$$

$$S_{25}^H = S_{25}^K + \Delta S_{25} = 1,456 + j1,071 + 0,004 + j0,003 = 1,46 + j1,074MBA.$$

5-A` учаскесі:

$$S_{5A}^K = S_3 - jQ_{C5A}^K = 3,806 + j3,164 - j0,02 = 3,806 + j3,144MBA,$$

$$\Delta S_{5A} = \frac{3,806^2 + 3,144^2}{35^2} \cdot (0,9 + j2) = 0,02 + j0,02MBA,$$

$$S_{5A}^H = S_{5A}^K + \Delta S_{5A} = 3,806 + j3,144 + 0,02 + j0,02 = 3,826 + j3,184MBA.$$

3-4 учаскесі:

$$S_{34}^K = S_4 - jQ_{C34}^K = 0,172 + j0,13 - j0,01 = 0,172 + j0,12MBA,$$

$$\Delta S_{34} = \frac{0,172^2 + 0,12^2}{35^2} \cdot (1,4 + j1,6) = 0MBA,$$

$$S_{34}^H = S_{34}^K + \Delta S_{34} = 0,172 + j0,12 + 0 + j0 = 0,172 + j0,12MBA.$$

1-4 учаскесі:

$$S_{14}^K = S_5 - jQ_{C14}^K = 1,786 + j1,22 - j0,02 = 1,786 + j1,2MBA,$$

$$\Delta S_{14} = \frac{1,786^2 + 1,2^2}{35^2} \cdot (2,3 + j2) = 0,01 + j0,01MBA,$$

$$S_{14}^H = S_{14}^K + \Delta S_{14} = 1,786 + j1,2 + 0,01 + j0,01 = 1,796 + j1,21MBA.$$

A-1 учаскесі:

$$S_{A1}^K = S_6 - jQ_{CA1}^K = 3,41 + j2,55 - j0,02 = 3,41 + j2,53MBA,$$

$$\Delta S_{A1} = \frac{3,41^2 + 2,53^2}{35^2} \cdot (1,1 + j1,9) = 0,02 + j0,03MBA,$$

$$S_{A1}^H = S_{A1}^K + \Delta S_{A1} = 3,41 + j2,53 + 0,02 + j0,03 = 3,43 + j2,56MBA.$$

1.5.4 Қосалқы станцияның минималды режимін есептеу

$$P_1 = \frac{1,614 \cdot (20) + 1,614 \cdot (15) + 1,013(13) + 0,649 \cdot (8) + 2,546(5)}{25} = 3,4 \text{ MBm}$$

$$Q_1 = \frac{1,36 \cdot (20) + 1,11 \cdot (15) + 0,8 \cdot (13) + 0,58 \cdot (8) + 2,1 \cdot (5)}{25} = 2,6 \text{ MVA},$$

$$P_1' = \frac{2,546 \cdot (20) + 0,649(17) + 1,013 \cdot (14) + 1,614 \cdot (10) + 1,614(5)}{25} = 4 \text{ MBm}$$

$$Q_1' = \frac{2,1 \cdot (20) + 0,58 \cdot (17) + 0,8 \cdot (14) + 1,11 \cdot (10) + 1,36 \cdot (5)}{25} = 3,2 \text{ MBm}$$

Тексеру: $7,4 = 7,4$

$5,8 = 5,9$

№1 қосалқы станциясы:

$$P_{\min} = 40\%,$$

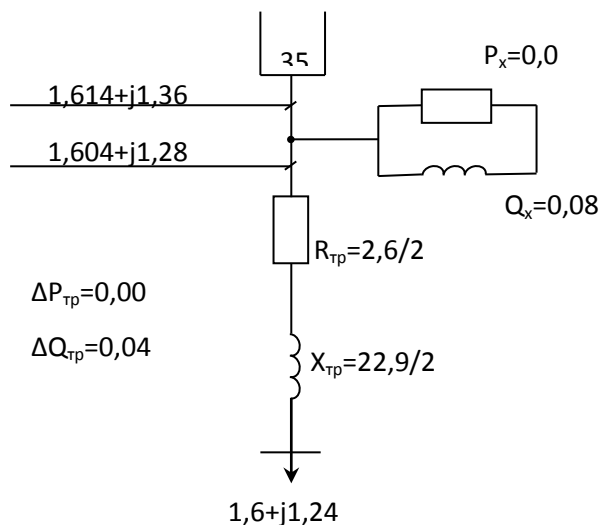
$$P + jQ = 0,4(4 + j3,1) = 1,6 + j1,24 \text{ MVA},$$

$$\Delta P_{\text{mpn}} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot r_{\text{mpn}} = \frac{1,6^2 + 1,24^2}{35^2} \cdot \frac{2,6}{2} = 0,004 \text{ MBm}$$

$$\Delta Q_{\text{mpn}} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot r_{\text{mpn}} = \frac{1,6^2 + 1,24^2}{35^2} \cdot \frac{22,9}{2} = 0,04 \text{ MBm}$$

$$S_{\text{есен}} = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (1,604 + 0,01) + j(1,28 + 0,08) = 1,614 + j1,36 \text{ MVA}.$$

Төмендегі суретте екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы көрсетілген



1.10-сурет-Екі орамды трансформатор алмастыру схемасы

№2 қосалқы станциясы:

$$P_{\min} = 40\%,$$

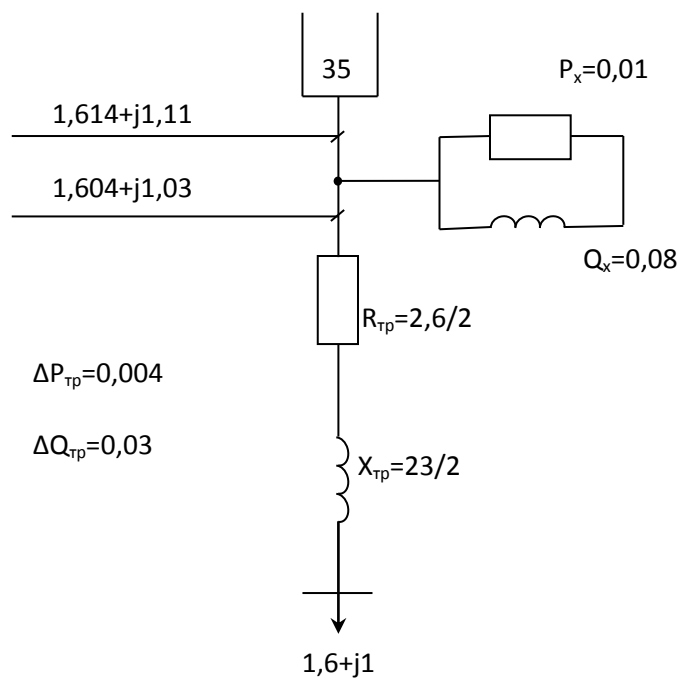
$$P + jQ = 0,4(4 + j2,5) = 1,6 + j1 \text{MBA},$$

$$\Delta P_{\text{mpn}} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot r_{\text{mpn}} = \frac{1,6^2 + 1^2}{35^2} \cdot \frac{2,6}{2} = 0,004 \text{MBm}$$

$$\Delta Q_{\text{mpn}} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot r_{\text{mpn}} = \frac{1,6^2 + 1^2}{35^2} \cdot \frac{23}{2} = 0,03 \text{MBm}$$

$$S_{\text{есен}} = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (1,604 + 0,01) + j(1,03 + 0,08) = 1,614 + j1,11 \text{MBA}.$$

Төмендегі суретте екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы көрсетілген



1.11-сурет-Екі орамды трансформатор алмастыру схемасы

№3 қосалқы станциясы:

$$P_{\min} = 40\%,$$

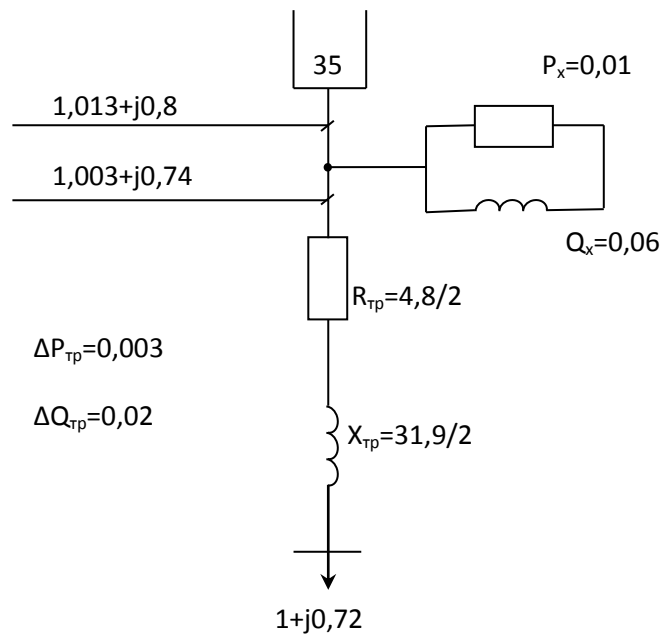
$$P + jQ = 0,4(2,5 + j1,8) = 1 + j0,72 \text{MBA},$$

$$\Delta P_{mpn} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mpn} = \frac{1^2 + 0,72^2}{35^2} \cdot \frac{4,8}{2} = 0,003 MBm$$

$$\Delta Q_{mpn} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mpn} = \frac{1^2 + 0,72^2}{35^2} \cdot \frac{31,9}{2} = 0,02 MBm$$

$$S_{есен} = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (1,003 + 0,01) + j(0,74 + 0,06) = 1,013 + j0,8 MBA.$$

Төмендегі суретте екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы көрсетілген.



1.12-сурет-Екі орамды трансформатор алмастыру схемасы

№4 қосалқы станция:

$$P_{\min} = 40\%,$$

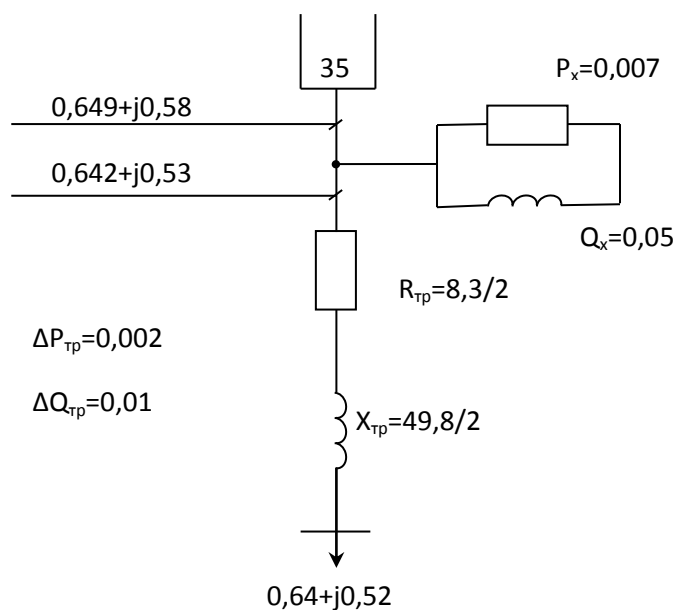
$$P + jQ = 0,4(1,6 + j1,3) = 0,64 + j0,52 MBA,$$

$$\Delta P_{mpn} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mpn} = \frac{0,64^2 + 0,52^2}{35^2} \cdot \frac{8,3}{2} = 0,002 MBm$$

$$\Delta Q_{mpn} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{ном}^2} \cdot r_{mpn} = \frac{0,64^2 + 0,52^2}{35^2} \cdot \frac{49,8}{2} = 0,01 MBm$$

$$S_{есен} = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (0,642 + 0,007) + j(0,53 + 0,05) = 0,649 + j0,58 MBA.$$

Төмендегі суретте екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы көрсетілген.



1.13-сурет-Екі орамды трансформатор алмастыру схемасы

№5 қосалқы станция

$$P_{\min} = 40\%,$$

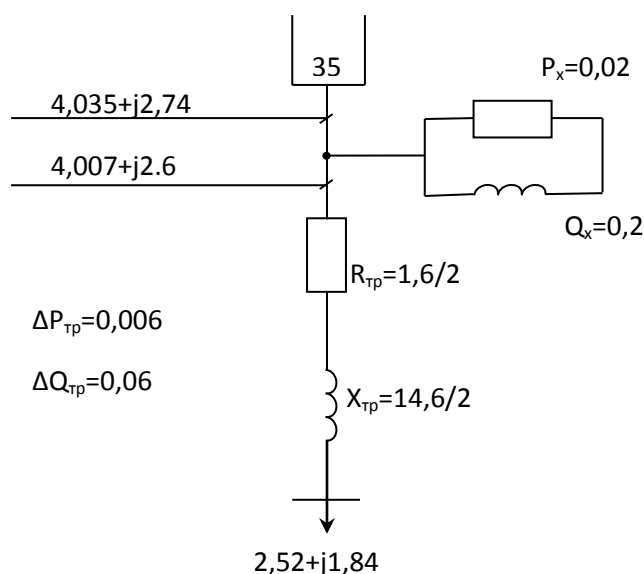
$$P + jQ = 0,4(6,3 + j4,6) = 2,52 + j1,84 \text{ MVA},$$

$$\Delta P_{\text{mpn}} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot r_{\text{mpn}} = \frac{2,52^2 + 1,84^2}{35^2} \cdot \frac{1,6}{2} = 0,006 \text{ MBm}$$

$$\Delta Q_{\text{mpn}} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot r_{\text{mpn}} = \frac{2,52^2 + 1,84^2}{35^2} \cdot \frac{14,6}{2} = 0,06 \text{ MBm}$$

$$S_{\text{есен}} = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (2,526 + 0,02) + j(1,9 + 0,2) = 2,546 + j2,1 \text{ MVA}.$$

Төмендегі суретте екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы көрсетілген.



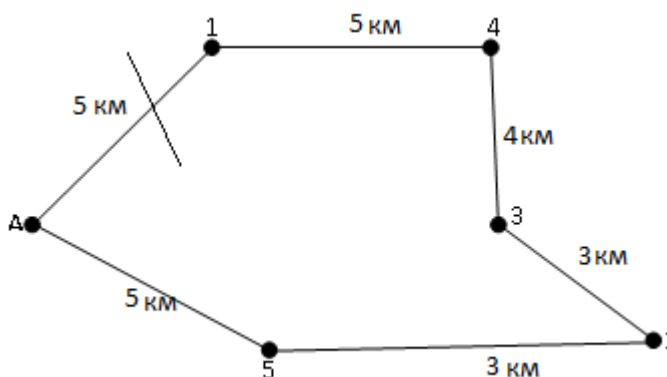
1.14-сурет-Екі орамды трансформатор алмастыру схемасы

1.5.5 Апаттық режим қуаттын есептеу

Апаттық режим тораптың белгілі бір аймағы бұзылғанда мысалы А-1, онда бұл аймақ өшіріледі, жүктеме бір жақ қорек алады, яғни торап тұықталмаған болады, екі оқшау сұлбасы сияқты жұмыс жасайды: А және І. Осы кезде қуат шығыны, кернеу максимал шығыны ұлғаяды. Бұндай режимдер үшін кернеудің шығынын, қуаттың шығынын анықтау және қыздыруға тексеру керек.

Учаскі А-1 аралығында апат жағдайын туғызамыз. Оны желіден үзіп, есептеулер жүргіземіз.

Төмендегі суретте апат режимінде ЭБЖ схемасы көрсетілген.



1.15-сурет-Апаттық режим кезіндегі желінің схемасы

4-3 учаскесі:

$$S_n^K = S_n - jQ_{cn}^K, \quad (1.35)$$

$$S_{4-3}^K = S_A - jQ_{C4-3}^K = 8,08 + j6,18 - j0,01 = 8,08 + j6,17MBA,$$

$$\Delta S_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{НОМ}^2} \cdot (R_n + X_n), \quad (1.36)$$

$$\Delta S_{43} = \frac{8,08^2 + 6,17^2}{35^2} \cdot (1,4 + j1,6) = 0,1 + j0,1MBA,$$

$$S_n^H = S_n^K + \Delta S_n, \quad (1.37)$$

$$S_{43}^H = S_{43}^K + \Delta S_{43} = 8,08 + j6,17 + 0,1 + j0,1 = 8,18 + j6,27MBA.$$

4-1учаскесі:

$$S_{41}^K = S_2 - jQ_{C41}^K = 12,22 + j9,06 - j0,02 = 12,22 + j9,04MBA,$$

$$\Delta S_{41} = \frac{12,22^2 + 9,04^2}{35^2} \cdot (2,3 + j2) = 0,4 + j0,4MBA,$$

$$S_{41}^H = S_{41}^K + \Delta S_{41} = 12,22 + j9,04 + 0,4 + j0,4 = 12,62 + j9,44MBA.$$

3-2 учаскесі:

$$S_{32}^K = S_3 - jQ_{C32}^K = 10,61 + j8,17 - j0,01 = 10,61 + j8,16MBA,$$

$$\Delta S_{32} = \frac{10,61^2 + 8,16^2}{35^2} \cdot (2,8 + j1,2) = 0,4 + j0,2MBA,$$

$$S_{32}^H = S_{32}^K + \Delta S_{32} = 10,61 + j8,16 + 0,4 + j0,2 = 11,01 + j8,36MBA.$$

2-5 учаскесі:

$$S_{25}^K = S_4 - jQ_{C25}^K = 12,637 + j9,79 - j0,01 = 12,637 + j9,78MBA,$$

$$\Delta S_{25} = \frac{12,637^2 + 9,78^2}{35^2} \cdot (1,4 + j1,2) = 0,3 + j0,3MBA,$$

$$S_{25}^H = S_{25}^K + \Delta S_{25} = 12,637 + j9,78 + 0,3 + j0,3 = 12,937 + j10,08MBA.$$

5-A` учаскесі:

$$S_{5A}^K = S_5 - jQ_{C5A}^K = 12,297 + j15,27 - j0,02 = 12,297 + j15,25MBA,$$

$$\Delta S_{5A} = \frac{12,297^2 + 15,25^2}{35^2} \cdot (0,9 + j2) = 0,3 + j0,6 \text{MBA},$$

$$S_{5A}^H = S_{5A}^K + \Delta S_{5A} = 12,297 + j15,25 + 0,3 + j0,6 = 12,597 + j15,45 \text{MBA}.$$

Апаттық режимде желі бойлық және көлденең шығындарын есептеу

1-4 учаскесі

$$U_{\max} = 35 \text{кВ},$$

Желі бойлық шығыны осы формула арқылы есептеледі:

$$\Delta U_i^H = \frac{P_i^H \cdot R_i + jQ_i^H \cdot X_i}{U_{\text{шин.}}}, \quad (1.38)$$

мұндағы: $U_{\text{шин.}}$ – шинадан шығатын кернеу.

Желі көлденең шығыны осы формула арқылы есептеледі:

$$\delta U_i^H = \frac{P_i^H \cdot X_i - jQ_i^H \cdot R_i}{U_{\text{шин.}}}, \quad (1.39)$$

$$U_i = U_i - \Delta U_i^H - j\delta U_i^H. \quad (1.40)$$

1-4 учаскесі:

$$\Delta U_{14}^H = \frac{P_{14}^H \cdot R_{14} + jQ_{14}^H \cdot X_{14}}{U_{\text{шин.}}} = \frac{4,04 \cdot 2,3 + 3,38 \cdot 2}{38,5} = 0,4 \text{кВ},$$

$$\delta U_{14}^H = \frac{P_{14}^H \cdot X_{14} - jQ_{14}^H \cdot R_{14}}{U_{\text{шин.}}} = \frac{4,04 \cdot 2 - 3,38 \cdot 2,3}{38,5} = 0,06 \text{кВ},$$

$$U_{23} = U_{\text{шин.}} - \Delta U_{23}^H - j\delta U_{23}^H = 38,5 - 0,4 - j0,06 = 38,1 - j0,06 \text{кВ},$$

$$U_2 = \sqrt{38,1^2 + 0,06^2} = 38,1 \text{кВ}.$$

4-3 учаскесі:

$$\Delta U_{34}^H = \frac{P_{34}^H \cdot R_{34} + jQ_{34}^H \cdot X_{34}}{U_{\text{шин.}}} = \frac{8,08 \cdot 1,4 + 6,18 \cdot 1,6}{38,1} = 0,6 \text{кВ},$$

$$\delta U_{34}^H = \frac{P_{34}^H \cdot X_{34} - jQ_{34}^H \cdot R_{34}}{U_{\text{шин.}}} = \frac{8,08 \cdot 1,6 - 6,18 \cdot 1,4}{38,1} = 0,04 \text{кВ},$$

$$U_{34} = U_{34} - \Delta U_{34}^H - j\delta U_{34}^H = 38,1 - 0,6 - j0,04 = 37,5 - j0,04 \text{кВ},$$

$$U_{34} = \sqrt{37,5^2 + 0,04^2} = 37,5 \text{кВ.}$$

3-2 учаскесі:

$$\Delta U_{32}^H = \frac{P_{32}^H \cdot R_{32} + jQ_{32}^H \cdot X_{32}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{10,61 \cdot 2,8 + 8,17 \cdot 1,2}{37,5} = 1 \text{кВ,}$$

$$\delta U_{32}^H = \frac{P_{32}^H \cdot X_{32} - jQ_{32}^H \cdot R_{32}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{10,61 \cdot 1,2 - 8,17 \cdot 2,8}{37,5} = 0,5 \text{кВ,}$$

$$U_{1A} = U_{\text{шнн.}} - \Delta U_{1A}^H - j\delta U_{1A}^H = 37,5 - 1 - j0,5 = 36,5 - j0,5 \text{кВ,}$$

$$U_4 = \sqrt{36,5^2 + 0,5^2} = 36,5 \text{кВ.}$$

2-5 учаскесі:

$$\Delta U_{25}^H = \frac{P_{25}^H \cdot R_{25} + jQ_{25}^H \cdot X_{25}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{12,237 \cdot 1,4 + 9,61 \cdot 1,2}{36,5} = 0,8 \text{кВ,}$$

$$\delta U_{51}^H = \frac{P_{51}^H \cdot X_{51} - jQ_{51}^H \cdot R_{51}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{12,237 \cdot 1,2 - 9,61 \cdot 1,4}{36,5} = 0,2 \text{кВ,}$$

$$U_{51} = U_{\text{шнн.}} - \Delta U_{51}^H - j\delta U_{51}^H = 36,5 - 0,8 - j0,2 = 35,7 - j0,2 \text{кВ,}$$

$$U_{51} = \sqrt{35,7^2 + 0,2^2} = 35,7 \text{кВ.}$$

5-A` учаскесі:

$$\Delta U_{5A'}^H = \frac{P_{5A'}^H \cdot R_{5A'} + jQ_{5A'}^H \cdot X_{5A'}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{18,597 \cdot 0,9 + 14,81 \cdot 2}{35,7} = 1,3 \text{кВ,}$$

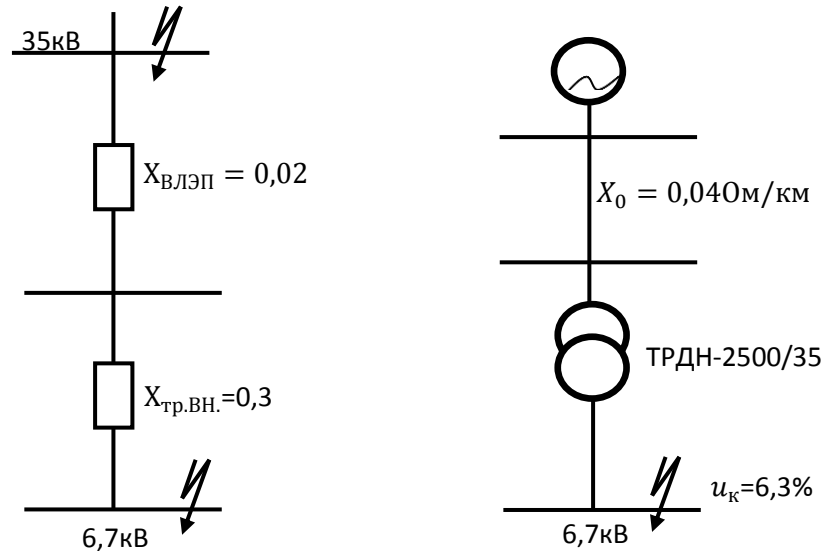
$$\delta U_{45}^H = \frac{P_{45}^H \cdot X_{45} - jQ_{45}^H \cdot R_{45}}{U_{\text{шнн.}}} = \frac{18,597 \cdot 2 - 14,81 \cdot 0,9}{35,7} = 0,4 \text{кВ,}$$

$$U_{45} = U_{\text{шнн.}} - \Delta U_{45}^H - j\delta U_{45}^H = 35,7 - 1,3 - j0,4 = 34,4 - j0,4 \text{кВ,}$$

$$U_{45} = \sqrt{34,4^2 + 0,4^2} = 34,4 \text{кВ.}$$

1.6 Қысқаша тұйықталу тогын есептеу

Қысқаша тұйықталу тогының алмастыру схемасы көрсетілген.



1.16-сурет-Қысқаша тұйықталу тогының алмастыру схемасы

Қысқаша тұйықталу (қ.т.) тогы есептелгенде келесі шамалар анықталады:

J'' - қ.т. тогы периодты құрауышы алғашқы мәні;

i_y - электр аппараттар, оқшауламалар, шиналар динамикалық тұрақтылыққа тексерілетін, қ.т. соққы тогы;

I_y - қ.т. бірінші кезеңіндегі электрлік аппараттарды динамикалық тұрақтылыққа тексеру үшін толық қ.т. тогының үлкен әсер ету мәні;

$I_{0,2}$ - ажыратқыштарды тексеру үшін $t = 0,2$ с кезіндегі токтың мәні;

I_{∞} - электрлік аппараттарды, оқшауламаларды, шиналарды, кабельдерді термиялық тұрақтылыққа тексеру үшін орныққан қ.т. тогының әсер ету мәні;

Салыстырмалы бірлікте базистік қуат ретінде 100 МВ·А аламын. Әр қадам үшін базистік кернеуім 500 және 10 кВ тең деп алдым. Генератор кедергісі:

$$X_{б.г*} = \frac{S_{\sigma}}{S_{HG}}, \quad (1.62)$$

Трансформаторлар кедергісі:

$$X_{T.\delta^*} = \frac{u_{к.з.}}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{HT}}, \quad (1.63)$$

$$X_{T.\delta^*} = \frac{6,5}{100} \cdot \frac{100}{2,5} = 2,6$$

мұндағы: $u_{к.з.}$ - трансформатор кернеуі %;

S_{HT} - трансформатор номинал қуаты, МВ·А.

Базистік ток келесі формуламен есептеледі, кА:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}}, \quad (1.64)$$

Реактивті кедергі келесідей есептеледі:

$$X_{*BL} = 4 \cdot 0,39 \cdot \frac{100}{35^2} = 0,12.$$

35 кВ торабында базистік ток, кА:

$$I_{\delta} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 35} = 1,7 \text{ кА.}$$

6,3 кВ торабында базистік ток, кА:

$$I_{\delta} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,2 \text{ кА.}$$

К-1 нүктесінде қысқа тұйықталу тогы анықталады:

$$I_{K-1} = \frac{I_{\delta}}{X_{рез.\delta^*}}, \quad (1.65)$$

мұндағы: $X_{рез.\delta^*}$ - қ.т нүктеге дейін нәтижелік кедергі.

$$X_{рез.\delta^*} = X_{\delta.G^*} + X_{*BL} = 0,17 + 0,12 = 0,29,$$

$$I_{K-1} = \frac{I_{\delta}}{X_{рез.\delta^*}} = \frac{1,7}{0,29} = 5,9 \text{ кА.}$$

К-2 нүктесінде қысқа тұйықталу тогы анықталады:

$$X_{рез.б*} = X_{б.Г*} + X_{*БЛ} + X_{Т.б*} = 0,17 + 0,12 + 2,6 = 2,89,$$

$$I_{К-2} = \frac{I_{б}}{X_{рез.б*}} = \frac{9,2}{2,89} = 3,2 \text{ кА}.$$

Қысқа тұйықталу соққы тогы анықталады:

$$i_y = 3,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,369 = 7,6 \text{ кА},$$

$$i_y = 5,9 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,608 = 13,3 \text{ кА}.$$

1.7 Электроаппараттарын таңдау

Бүкіл электроаппараттар номинал кернеуі, номинал тогына қарап алынады және электродинамикалық және термиялық тұрақтылықта тексеріледі.

Кернеуге қарап таңдағанда келесі шарт орындалуы керек:

$$U_{нy} \leq U_{на}. \quad (1.66)$$

Токқа қарап дұрыс аппаратты таңдау қалыпты режимде ұзақ жұмыс кезінде аппарат бөліктерінде қауіпті қызуларын болдырмайды. Сол үшін осы шарт орындалу қажет:

$$I_{p \max} < I_{на}. \quad (1.67)$$

Осы қатынас қоршаған ортаның $+35^\circ\text{C}$ (ЭЖЕ сәйкес) температурасы үшін қалыпты.

Төмендегі 1.15, 1.16, 1.17, 1.18-кестелер жоғарғы және төменгі жақ кернеу трансформатордың, тоқ трансформатордың және ажыратқыш, айырғыштың параметрлерін көрсетеді.

1.15-кесте-Кернеуі 35 кВ жақтағы тоқ трансформаторын таңдау

Таңдау шарты	Есептелген мәндер	Каталог мәндері	Ескерту
		ТФЗМ35-У1	
$U_{уст} \leq U_n$	$U_{уст} = 35 \text{ кВ}$	$U_n = 35 \text{ кВ}$	дәлдік класы-0,5
$I_{раб.макс} \leq I_n$	$I_{раб.макс} = 41,3 \text{ А}$	$I_n = 15 - 600 \text{ А}$	$z_{2H} = 1,2 \text{ Ом}$
$i_y \leq k_{\delta} \cdot \sqrt{2} \cdot I_n$	$i_y = 13,3 \text{ кА}$	$3 - 127 \text{ кА}$	$I_{H2} = 13,3 \text{ А}$
$B_k \leq (k_T \cdot I_n)^2 \cdot t_T$	$B_k = 72,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$(k_T \cdot I_n)^2 \cdot t_T = 12,5^2 \cdot 3 = 468,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	фарфорлы қақпақтағы тіректі-ТФНД

1.16-кесте-Кернеуі 6,3 кВ жақтағы ток трансформаторын таңдау

Таңдау шарты	Есептелген мәндер	Каталог мәндері	
		ТВЛМ6-У3	Ескерту
$U_{уст} \leq U_n$	$U_{уст} = 6,3 \text{ кВ}$	$U_n = 6,3 \text{ кВ}$	0,5-дәлдік класы
$I_{раб.макс} \leq I_n$	$I_{раб.макс} = 229,4 \text{ А}$	$I_n = 300 \text{ А}$	$z_{2н} = 1,2 \text{ Ом}$
$i_y \leq k_\delta \cdot \sqrt{2} \cdot I_n$	$i_y = 6,1 \text{ кА}$	6,9	$I_{н2} = 5 \text{ А}$
$B_\kappa \leq (k_T \cdot I_n)^2 \cdot t_T$	$B_\kappa = 31,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$(k_T \cdot I_n)^2 \cdot t_T = 48 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	Құйылған оқшауламасы бар өтпелі шиналы

1.17-кесте-Кернеуі 35 кВ жақтағы айырғыш, ажыратқышты таңдау

Таңдау шарты	Есептелген мәндер	Каталог мәндері	
		ВГБЭ-35 ажыратқышы	РВ-35/630У3 айырғышы
$U_{уст} \leq U_n$	$U_{уст} = 35 \text{ кВ}$	$U_n = 35 \text{ кВ}$	$U_n = 35 \text{ кВ}$
$I_{раб.макс} \leq I_n$	$I_{раб.макс} = 41,3 \text{ А}$	$I_n = 630 \text{ А}$	$I_n = 630 \text{ А}$
$I_{к.з} \leq I_{отк.н}$	$I_{к.з} = 5,9 \text{ кА}$	$I_{отк.н} = 12,5 \text{ кА}$	-
$i_y \leq i_{нр.с}$	$i_y = 13,3 \text{ кА}$	$i_{нр.с} = 35 \text{ кА}$	$i_{нр.с} = 51 \text{ кА}$
$B_\kappa \leq I_T^2 \cdot t_T$	$B_\kappa = 72,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 12,5^2 \cdot 3 = 468,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

1.18-кесте-Кернеуі U=6,3 кВ жақтағы айырғыш ажыратқышты таңдау

Таңдау шарты	Есептелген мәндер	Каталог мәндері	
		ВВТЭ-10-630 ажыратқышы	РВ3-10/400У3 айырғышы
$U_{уст} \leq U_n$	$U_{уст} = 6,3 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
$I_{раб.макс} \leq I_n$	$I_{раб.макс} = 229,4 \text{ А}$	$I_n = 630 \text{ А}$	$I_n = 400 \text{ А}$
$I_{к.з} \leq I_{отк.н}$	$I_{к.з} = 3,2 \text{ кА}$	$I_{отк.н} = 10 \text{ кА}$	-

$i_y \leq i_{np.c}$	$i_y = 6,1 \text{ кА}$	$i_{np.c} = 10 \text{ кА}$	$i_{np.c} = 41 \text{ кА}$
$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$	$B_k = 31,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

1.7.1 Өлшеу ток, кернеу трансформаторлар таңдау

Кернеу 35 кВ жақта, 6,3 кВ жинақты шинада реле қорғаныс және өлшеуіш аспаптар байланысы үшін трансформатор тогы таңдалады.

Аспаптар толық қуаты:

$$S = \sqrt{51^2 + 9,7^2} = 52 \text{ ВА}$$

Трансформатор тогы үшін өлшеуіш аспаптар таңдау кестеде келтірілген.

1.19-кесте-Трансформатор тогы үшін өлшеуіш аспаптар таңдау

Аспап	Түрі	А-В фазаларындағы жүктеме		
		А	В	С
Ваттметр	Д-335	0,5	-	0,5
Варметр	Д-335	0,5	-	0,5
Активті энергияның санауышы	САЗ-4680	2,5	-	2,5
Амперметр	Н-344	-	10	-
Ваттметр	Н-348	10	-	10
Жалпы:				13,5

Бақылау кабельдер таңдау үшін сыртқы торап толық рұқсат етілетін кедергісі есептеледі:

$$Z_{\Pi} = Z_{приб} + Z_{\partial} + Z_{конт}, \text{ Ом} \quad (1.68)$$

мұндағы: $Z_{\partial} = 1,2 \text{ Ом}$ – жалғанатын сымдардың рұқсат етілетін кедергісі;

$Z_{конт} = 0,54 \text{ Ом}$ – түйіспелердің кедергісі;

$Z_{приб}$ – тізбектей жалғанған аспаптар мен реле орамаларының кедергілер суммасы.

$$Z_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_{ном}^2}, \text{ Ом}, \quad (1.69)$$

мұндағы: $S_{приб} = 52$ ВА аспаптардың сумма қуаты;
 $I_{ном} = 5$ А –трансформатор екінші орамында номинал тоқ.

$$Z_{приб} = \frac{13,5}{5^2} = 0,54 \text{ Ом},$$

$$Z_{II} = 0,54 + 0,56 + 0,1 = 1,2, \text{ Ом}.$$

Бақылау сымдары қимасы:

$$S_{пров} = \frac{\rho \cdot l_{расч}}{Z_{II}}, \text{ мм}^2, \quad (1.70)$$

мұндағы: $\rho = 0,0283$ – алюминий кабельдің меншікті кедергі;
 $l_{расч} = 60$ м – бір бағытта кабель ұзындығы.

$$S_{пров} = \frac{0,0283 \cdot 60}{0,56} = 3,1 \text{ мм}^2$$

АКРВР – $3,1 \times 4 \text{ мм}^2$ типті кабелін таңдаймыз.

Аспаптар параметрлері мен берілгендері төмендегі кестеде көрсетілген.

1.20-кесте-Аспаптардың параметрлері

Аспап	Түрі	Тұтынатын қуат	cos φ	Аспаптар саны	Тұтынылатын толық қуат	
					P, Вт	Q, Вар
Вольтметр	Э-335	2	1	1	2	-
Ваттметр	Д-335	1,5	1	2	6	-
Варметр	Д-335	1,5	1	1	3	-
Актив қуатты датчик	Е-829	10	1	1	10	-
Реактив қуатты датчик	Е-830	10	1	1	10	-
Санауыш	И-680	2	0,38	1	4	9,7
Ваттметр	Н-348	10	1	1	20	-
Частотометр	Э-372	3	1	1	6	-
Жалпы:				9	51	9,7

Аспаптар толық қуаты мына формуламен есептеледі:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ ВА} \quad (1.71)$$

$$S = \sqrt{9,7^2 + 51^2} = 52 \text{ ВА}$$

Толық қуат бойынша ТВЛМ6-У3 кернеу трансформаторын таңдаймыз.

1.8 Сымдар механикалық есептеулері

Осы есептеулер жүйелі орналасқан, әуе желілер конструктивті бөліктері қабылданған технологиямен жобалау сәйкес болады. Бұл есептеулер болат – алюминилі және найзағайдан қорғау тростар есептеулерін орындау, климат шарттарын анықтау, тартылыс тәсіліне сәйкес олардың механика беріктігін анықтау, климат шарттарын табу, сымдар жер бетіне ең үлкен салбырау және жақындаулар туғызатын жағдайларға негізделген

Тірек таңдау

Унифицирленген темір бетонды және болатты аралық тіректердің өлшемдері төмендегі кестеде келтірілген.(1.21-кесте)

1.21-кесте-Унифицирленген темір бетонды және болатты аралық тіректердің өлшемдері

Тірек	H, м	h _{т-п} , м	h _{п-з} , м	h _{п-п} , м	h _з , м
ПБ35-1	22,6	2,0	15,5	3,0	3,0

Унифицирленген темір бетонды және болатты аралық тіректердің өлшемі аймақтары: тірек ПБ35-1, сымның қимасы 120мм², мұз қату ауданы II, габариттік ұшу мөлшері 395 м.

Үш тірекке де окшауламаның сипаттамасы: ПФ-160, механикалық жүктеменің разряды 200 кН, салмағы 128 Н, биіктігі 194 мм, 35кВ кернеу кезіндегі гирляндадағы окшаулағыштың саны 3 дана.

Болат-алюминий ауа желілерінің сымдарының физика-механикалық сипаттамалары 1.22-кестеде көрсетілген.

1.22-кесте-Болат-алюминий ауа желілерінің сымдарының физика-механикалық сипаттамалары

Сымның қимасы	Сымның сипаттамалары						
	H, мм	P, даН/км	E*10 ³	α*10 ⁶	σ _{мин}	σ _{макс}	σ _{ср}
АС-120	15,2	471	8,25	19,2	13	13	8,7

1) сым өзіндік салмағы:

$$\rho_1 = \frac{P \cdot 10^3}{F}, \quad (1.72)$$

мұндағы: P – сым салмағы, кг/м;

F – сым шынайы немесе есептік қимасы, м²;

$$\rho_1 = \frac{384 \cdot 10^3}{95} = 0,004 \text{ даН} / \text{м} \cdot \text{мм}^2,$$

Ұшу мөлшері максималды рұқсат стреласы:

$$f = h_{n-3} - \lambda - h_T = 15,5 - 0,6 - 7 = 7,9$$

Келтіру ауырлық центрі орналасу биіктігі:

$$h_{np} = \frac{\sum_1^n (h_i)}{m} - \lambda - \frac{2}{3} f = \frac{54,6}{3} - 0,6 - \frac{2}{3} \cdot 7,9 = 12,3$$

$$h_i = h_{n-3} + (h_{n-3} + h_{n-n}) + (H - h_{m-n}) = 15,5 + 18,5 + 20,6 = 54,6$$

2) мұзқату жиналу салмағы уақытша әрекет ету жүктемесі:

$$\rho_{2H} = \frac{\pi \cdot g_0 \cdot k_i \cdot k_d \cdot b(d + k_i \cdot k_d \cdot b)}{F} = \frac{3,14 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 15 \cdot (13,6 + 1 \cdot 1 \cdot 15)}{95}$$

$$= 0,01$$

мұндағы: b – сымның мұзқату цилиндрінің қабырғасының есепті қалыңдығы;

k_i – түзету коэффициенті (10мм сымның диаметрін ескере отырып);

k_d – келтірілген сымдар жүйесінің ауырлық центріне орналасу биіктігін ескергендегі айырмашылық кезіндегі түзету коэффициенті.

f – тіректің белгілі конструктивті өлшемі бойынша анықталатын, сымның үлкен рұқсат етілетін іліну бойы, 35 кВ үшін – 7 метр.

$$\rho_1 = \rho_{2H} \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f \cdot \gamma_d = 0,01 \cdot 1,3 \cdot 1,6 \cdot 0,5 = 0,01 \text{ даН} / \text{м} \cdot \text{мм}^2,$$

мұндағы: γ_{nw} - I (35кВ);

γ_p – (1-1,3);

γ_f – (I,II үшін 1);

$\gamma_d - 0,5$.

3) сым өзіндік салмағы және мұзқату салмағының сумма вертикаль меншікті жүктеме:

$$\begin{aligned}\rho_3 &= \rho_1 + \rho_2, \\ \rho_3 &= 0,004 + 0,01 = 0,014 \text{ даН} / (\text{м} \cdot \text{мм}^2),\end{aligned}\tag{1.73}$$

4) тайғақсыз, жел қысымынан сымға уақытша әрекет ету горизанталь жүктеме:

$$\rho_4 = \frac{\alpha_w \cdot k_l \cdot k_w \cdot C_x \cdot W \cdot d \cdot 10^3}{F}\tag{1.74}$$

мұндағы: C_x – аэродинамикалық коэффициент, ол -1,1-ге тең.

Меншікті жүктеме:

$$\rho_4 = \frac{0,71 \cdot 1,2 \cdot 0,65 \cdot 1,1 \cdot 50 \cdot 13,6 \cdot 10^3}{95} = 0,004 \text{ даН} / \text{м} \cdot \text{мм}^2$$

5) тайғақпен, жел қысымнан сымға уақытша әрекет ететін горизанталь жүктеме

$$\begin{aligned}\rho_{5H} &= \frac{\alpha_w \cdot k_l \cdot k_w \cdot C_x \cdot W_{\Gamma} \cdot (d + 2 \cdot k_i \cdot k_d \cdot b) \cdot 10^3}{F} \\ \rho_{5H} &= \frac{0,71 \cdot 1,2 \cdot 0,65 \cdot 1,1 \cdot 12,5 \cdot (13,6 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 15) 10^3}{95} = 0,003 \text{ даН} / \text{м} \cdot \text{мм}^2 \\ W_{\Gamma} &= W \cdot 0,25 = 12,5\end{aligned}\tag{1.75}$$

$$\rho_4 = \rho_{4H} \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f \cdot \gamma_d = 0,004 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 0,5 = 0,005 \text{ даН} / \text{м} \cdot \text{мм}^2,$$

$$\rho_5 = \rho_{5H} \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f \cdot \gamma_d = 0,003 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 0,5 = 0,004 \text{ даН} / \text{м} \cdot \text{мм}^2,$$

6) сымның өз салмағы және жел қысымының нәтижелік меншікті жүктемесі:

$$\rho_6 = \sqrt{(\rho_1^2 + \rho_4^2)},\tag{1.76}$$

$$\rho_6 = \sqrt{(0,004^2 + 0,005^2)} = 0,006 \text{ даН / м} \cdot \text{мм}^2,$$

7) СЫМ салмағы, тайғақ салмағы және жел қысымының нәтижелік меншікті жүктеме:

$$\rho_7 = \sqrt{(\rho_3^2 + \rho_5^2)}, \quad (1.77)$$

$$\rho_7 = \rho_{\text{макс}} = \sqrt{(0,014^2 + 0,004^2)} = 0,014 \text{ даН / м} \cdot \text{мм}^2,$$

$$\Theta = -5^0\text{C};$$

$$\sigma_{\text{макс}} = 11,6$$

$$C = \frac{\sigma_{\text{макс}} + \alpha \cdot 10^{-6} \cdot E \cdot 10^3 \cdot O - \rho_{\text{макс}}^2 \cdot l_2^2 \cdot E \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma_{\text{макс}}^2},$$

$$C = \frac{11,6 + 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 8,25 \cdot 10^3 \cdot (-5) - 0,014^2 \cdot 130,5^2 \cdot 8,25 \cdot 10^3}{24 \cdot 11,6^2} = -8,5,$$

$$A = \alpha \cdot E \cdot O_{\text{мин}} - C = 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 8,25 \cdot 10^3 \cdot (-26) + 8,5 = 4,4,$$

$$B = \frac{-\rho_1^2 \cdot l^2 \cdot E}{24} = \frac{-0,004^2 \cdot 130,5^2 \cdot 8,25 \cdot 10^3}{24} = -93,7,$$

$$\sigma_{\text{мин}}^3 + A \cdot \sigma_{\text{мин}}^2 + B = 0,$$

$$\sigma_{\text{мин}}^3 + 4,4 \cdot \sigma_{\text{мин}}^2 - 93,7 = 0,$$

$$\sigma_{\text{мин}} = 3,45.$$

$\Theta_{\text{ср}}$ бойынша :

$$A = \alpha \cdot E \cdot O_{\text{ср}} - C = 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 8,25 \cdot 10^3 \cdot (8,5) + 8,5 = 9,8,$$

$$B = \frac{-\rho_1^2 \cdot l^2 \cdot E}{24} = \frac{-0,004^2 \cdot 130,5^2 \cdot 8,25 \cdot 10^3}{24} = -93,7,$$

$$\sigma_{\text{ср}}^3 + A \cdot \sigma_{\text{ср}}^2 + B = 0,$$

$$\sigma_{\text{ср}}^3 + 9,8 \cdot \sigma_{\text{ср}}^2 - 93,7 = 0,$$

$$\sigma_{\text{ср}} = 2,74.$$

$\Theta_{\text{макс}}$ бойынша :

$$A = \alpha \cdot E \cdot O_{\text{макс}} - C = 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 8,25 \cdot 10^3 \cdot 43 + 8,5 = 15,3,$$

$$B = \frac{-\rho_1^2 \cdot l^2 \cdot E}{24} = \frac{-0,004^2 \cdot 130,5^2 \cdot 8,25 \cdot 10^3}{24} = -93,7,$$

$$\sigma_{maa}^3 + A \cdot \sigma_{maa}^2 + B = 0,$$

$$\sigma_{maa}^3 + 15,3 \cdot \sigma_{maa}^2 - 93,7 = 0,$$

$$\sigma_{maa} = 2,3$$

$$f_{\min} = \frac{\rho_1 \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_{\min}} = \frac{0,004 \cdot 130,5^2}{8 \cdot 3,45} = 2,5,$$

$$f_{\max} = \frac{\rho_1 \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_{\max}} = \frac{0,004 \cdot 130,5^2}{8 \cdot 2,74} = 3,1,$$

$$f_{cp} = \frac{\rho_1 \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_{cp}} = \frac{0,004 \cdot 130,5^2}{8 \cdot 2,3} = 3,7.$$

Осы шарт орындалу керек:

$$h_{n-3} - \lambda - f_{\max} \geq h_{\Gamma},$$

$$15,5 - 0,6 - 3,7 \geq 7.$$

2 Экономикалық бөлім

2.1 Экономикалық есептеулер

Экономикалық көрсеткіштер ең алдымен жоба арзандылығы, электр энергияны тарату жоғары сенімділігі және обекттің өзі мен оның кейбір бөліктердің ұзақ эксплуатациясы, желі номинал кернеуінің шамасы, сымға кететін түсті металлдар шығыны.

Осында АСК 150/24 маркалы сымдар бағасы мен элегаз ажыратқыштары бағасы келтірілді. Желі толық құны және желі объектілеріне кететін күрделі салымдар есептелді.

Төменде 2.1-кестеде әр участікке байланысты сымның бағасы көрсетілген.

2.1-кесте-Әр участікке байланысты сым бағасы

Участок	Аудан	Тірек түрі	Сым	Бағасы, тг
А-1	II	Болатты бір тізбекті	АС-150/24	7150
1-4	II	Болатты бір тізбекті	АС-70/11	7200
4-3	II	Болатты бір тізбекті	АС-95/16	7050
3-2	II	Болатты бір тізбекті	АС-35/6,2	1750
2-5	II	Болатты бір тізбекті	АС-70/11	7200
5-А`	II	Болатты бір тізбекті	АС-150/24	7150

Желі толық құнын есептейміз, ол желі ұзындығы және желі сым бағасы қатынасы арқылы есептеледі

$$K_{л1} = \sum K_0 \cdot l, \quad (2.1)$$

мұндағы: $K_{л1}$ - желінің толық құны,

K_0 - желінің құны, тг;

l - желінің ұзындығы, км.

l – нұсқа: тұйықталған ЭБЖ үшін

$$K_{л1} = 35750 + 36000 + 28200 + 5250 + 21600 + 35750 = 162550 \text{ млн.тг,}$$

Желі жөндеуге және қызмет етуге, амортизацияға кететін толық жыл шығындары есептеледі

$$I_l = \frac{\alpha_{ал} + \alpha_{рл} + \alpha_{ол}}{100} \cdot K_l, \quad (2.1)$$

мұндағы: $\alpha_{ал}=2,4$;
 $\alpha_{рл}+\alpha_{ол}=0,4$.

$$I_{л} = \frac{(2,4 + 0,4)}{100} \cdot 162550 = 4551,400 \text{ млн.тг / жыл},$$

Желі электр энергия шығындары компенсациялауға кететін шығындар келесі формуламен есептеледі

$$I_{nc} = K_{nc} \cdot \frac{\alpha_{anc} + \alpha_{pnc} + \alpha_{onc}}{100}, \quad (2.2)$$

мұндағы: $\alpha_{anc}=6,4$;
 $\alpha_{pnc}+\alpha_{onc}=3$.

$$I_{nc} = 9550000 \cdot \frac{6,4 + 3}{100} = 8977000 \text{ млн.тг / жыл},$$

Қуат максималды шығын уақыты келесі формуламен есептеледі:

Максималдық жүктеменің жылдық сағаты $T_{max} = 3000 \text{ сағ}$,

$\tau = 1574,8 \text{ тг / жыл}$.

Қуат максимал шығын уақытын есептейміз:

$$\Delta W = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot r \cdot \tau, \quad (2.3)$$

$$\Delta W_{A-1} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot r \cdot \tau = \frac{9,7^2 + 6,2^2}{35^2} \cdot 1,1 \cdot 1574,8 = 187,4 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

$$\Delta W_{1-4} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot r \cdot \tau = \frac{4,7^2 + 3,1^2}{35^2} \cdot 2,3 \cdot 1574,8 = 93,7 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

$$\Delta W_{4-3} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot r \cdot \tau = \frac{2,7^2 + 6^2}{35^2} \cdot 1,4 \cdot 1574,8 = 77,9 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

$$\Delta W_{3-2} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot r \cdot \tau = \frac{0,7^2 + 1,2^2}{35^2} \cdot 2,8 \cdot 1574,8 = 6,9 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

$$\Delta W_{2-5} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot r \cdot \tau = \frac{4,7^2 + 2,4^2}{35^2} \cdot 1,4 \cdot 1574,8 = 50 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

$$\Delta W_{5-A} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot r \cdot \tau = \frac{12,2^2 + 7,1^2}{35^2} \cdot 0,85 \cdot 1574,8 = 217,7 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

Электрэнергия жылдық шығынын осы формуламен есептейміз:

$$\Delta W = \Delta W_{A-1} + \Delta W_{1-4} + \Delta W_{4-3} + \Delta W_{3-2} + \Delta W_{2-5} + \Delta W_{5-A} = 633,6 \text{ кВт} / \text{сағ} ,$$

$$\beta=5$$

$$I_n = \beta \cdot \sum \Delta W_i, \quad (2.4)$$

$$I_n = 5 \cdot 633,6 = 3168000 \text{ млн.тг},$$

$$I = 3168 + 455,4 + 8977000 = 16,6$$

2 – нұсқа : тұйықталмаған ЭБЖ үшін

Төменде 2.2-кестеде әр участікке байланысты сымның бағасы көрсетілген.

2.2-кесте-Әр участікке байланысты сымның бағасы

Участок	Аудан	Тірек түрі	Сым	Бағасы, тг
А-1	II	Болатты екі тізбекті	АС-35/6,2	8950
А-2	II	Болатты екі тізбекті	АС-35/6,2	8950
А-4	II	Болатты екі тізбекті	АС-35/6,2	8950
А-3	II	Болатты екі тізбекті	АС-35/6,2	8950
А-5	II	Болатты екі тізбекті	АС-50/8	8950

$$K_{n2} = 76075 + 45645 + 76075 + 60860 + 76075 = 334738 \text{ млн.тг},$$

$$I_n = \frac{(2,4 + 0,4)}{100} \cdot 1504500 = 42,126 \text{ млн.тг} / \text{жыл},$$

$$I_{nc} = 236400000 \cdot \frac{6,4 + 3}{100} = 22,221600 \text{ млн.тг} / \text{жыл},$$

1 жылдық келтірілген шығындар есептеледі

$$Z_i = p_n \cdot \sum K + I, \quad (2.5)$$

$$Z_1 = 0,12 \cdot 683 + 48,5 = 130,5 \text{ млн.тг}$$

$$Z_2 = 0,12 \cdot 1740 + 105 = 314 \text{ млн.тг}$$

3. Арнайы бөлім

3.1 Автоматты қайта қосу құрылғылары.

Тәжірибе көрсетіп отырғандай, елеулі бөлігін ажырату-жабдықтың релелік қорғау шақырылады оқшаулау қабілеті жоғары кернеу, самоустраются кернеуді. Бұл түрдегі зақымданулар тұрақсыз деп аталады. Ауа желілерінде, мысалы, Олар найзағай кезінде оқшаулауды жабу кезінде, күшті жел, лақтыру кезінде және басқа да себептер бойынша сымдар сырғу кезінде пайда болады. Желі қысқа уақытқа ажыратылғаннан кейін оны оқшаулау әдетте қалпына келтіріледі және желіні қайта қосу кезінде АПВ әрекетімен ол жұмыста қалады. Статистикалық деректермен бірінші қосу кезінде 70% жағдайда әуе желілерінің АҚҚ табыстылығы және екіншісінде 15% дейін расталады. Үшінші қайта қосу, әдетте, мағынасы жоқ, себебі оның табыстылығы 1-2%.

Тұрақты зақымдану кезінде желіде оны қайта қосу табысты бола алмайды және кернеуді беру кезінде желі қайтадан қорғаныспен ажыратылады.

Желілерді автоматты түрде қайта қосу. АПВ желілерін іске қосу әр түрлі тәсілдермен жүзеге асырылады. Олардың бірі зақымдалған тізбектің ажыратқыштарын ажырату кезінде Релелік қорғанысты іске қосу. Бұл тәсілдің кемшілігі релелік қорғаныс әрекет еткен жағдайда ғана қайта қосу болып табылады, осыған байланысты ол жиі қолданылмайды. Көрсетілген кемшілік бос басқа іске қосу тәсілі, бұл кезде АҚҚ келеді әрекет әр кезде туындайды сәйкес келмеуі ережелерін ажыратқыш және кілтті басқару. Бұл жағдайда АҚҚ ажыратқыштың кез келген ажыратылуы кезінде, оның ішінде басқару кілтінің көмегімен қашықтықтан ажыратудан басқа, орнату орнынан қолмен ажыратылуы кезінде қамтамасыз етіледі. Ажыратқышты басқару кілтімен ажыратқаннан кейін, сондай-ақ Ажыратқышты релелік қорғанысы ажыратқан жағдайда оны тұрақты ҚТ-ға қосқаннан кейін бірден АҚҚ барлық сұлбаларының аса маңызды жедел ерекшелігі болып табылады.

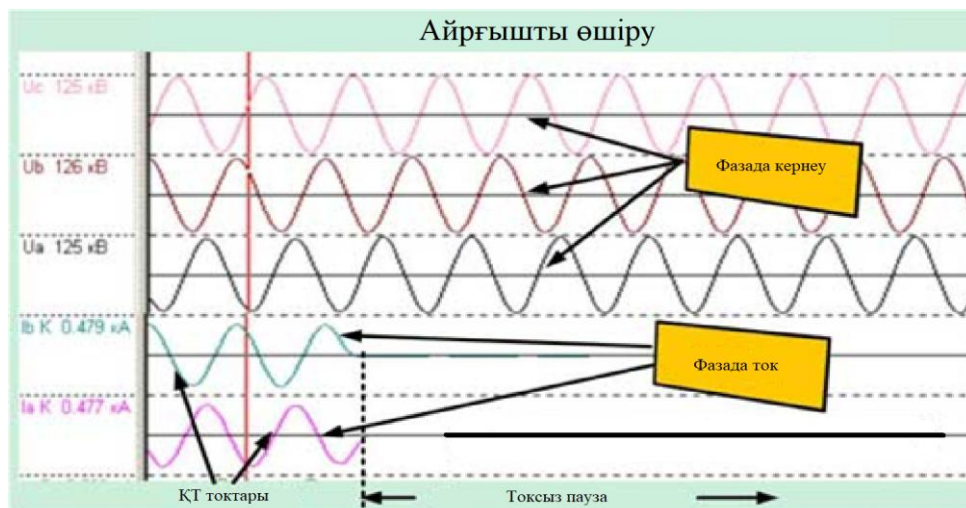
Тұтынушыларды электрмен жабдықтауға қойылатын негізгі талаптар электр энергиясын берудің сенімділігі мен үздіксіздігі болып табылады. Электр желілерінің көліктік энергетикалық ағындары жүздеген және мың шақырымды алады. Мұндай қашықтықта ЭБЖ-ға жабдықты зақымдайтын, ағу немесе қысқа тұйықталу токтарын жасайтын әртүрлі табиғи және физикалық процестер әсер етуі мүмкін.

Апаттардың таралуына жол бермеу үшін кез келген электр беру желілері нақты уақытта электр энергиясының барлық қажетті параметрлерін үнемі қадағалап отыратын және ақаулық пайда болған жағдайларда, желінің генераторлық шеті жағында орнатылған күштік ажыратқыштың жұмысын ЭБЖ-мен қоректендіруді тез ажырататын қорғағыштармен жабдықталған.

ЭЖЖ зақымдануы әртүрлі себептермен әртүрлі ұзақтықта болуы мүмкін. Олардың қабылданды бөлуге екі топқа әрекет ететін:

- 1) қысқа;

2) ұзақ уақыт бойы.



3.1-сурет-Айырғышты өшіру

Бірақ, электр энергиясын тұтынушыларға электр энергиясын жеткізу қажет, өйткені олар онсыз жүре алмайды. Сондықтан ажыратқыштың кернеуіне арналған желіні қосу қажет және барынша тез.

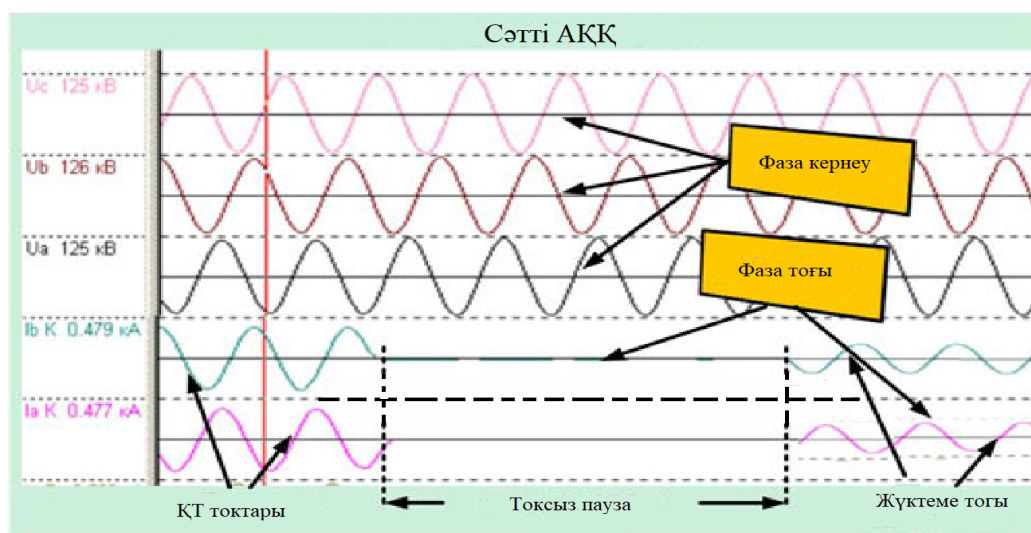
Бұл автоматты түрде бірнеше кезеңдерде немесе жедел персоналмен қатаң белгіленген алгоритм бойынша қолмен жасалады.

3.1.1 Қайта қосу автоматикасы қалай жұмыс істейді (АПВ)

Барлық қосалқы станцияларда күштік ажыратқыштар жұмыс істейді, олар автоматика жүйелерін немесе диспетчердің іс-қимылдарын басқара алады. Ол үшін олар соленоидтармен жабдықталған:

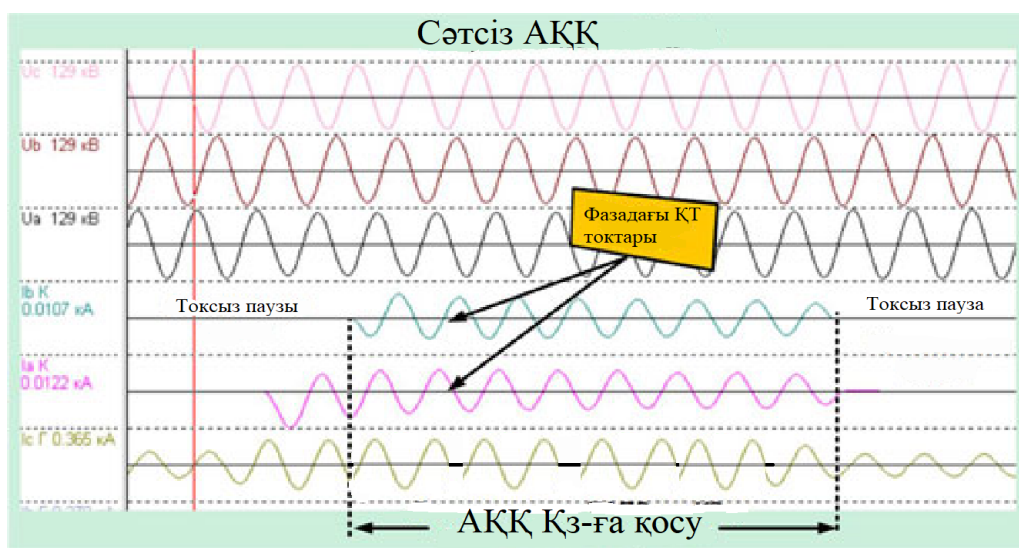
- қосу;
- ажырату.

Алдын ала қойылған уақыт аяқталғаннан кейін автоматика соленоид қосу кернеуін береді: желі жұмысқа енгізіледі. Бұл жағдайда қосу орындалуы мүмкін:



3.2-сурет-Сәтті АҚҚ

Табысты қосылумен бәрі түсінікті. Электрмен жабдықтаудағы қысқа мерзімді үзіліс тұтынушыларға үлкен зиян келтірмейді, ал көп жағдайда олар оны байқамайды.



3.3-сурет-Сәтсіз АҚҚ

АҚҚ сәтсіз кезінде тұтынушылармен жағдай күрделене түседі: ақаулық қалды және желіні қорғау одан кернеуді қайта алып тастады — тұтынушылар қайтадан токтан ажыратылды. Осылайша, АПВ жұмысының бірінші шығыны сәтсіз болды.

Ақпарат шынайылығын біраз уақыттан кейін арттыру үшін, мысалы, 15÷20 секунд жүктемеге желіні қосуды Автоматиканың екінші әрекеті қолданылады.

Жоғары вольтты электр беру желілерінде екі реттік АҚҚ пайдалану тәжірибесі оның жүз-дан іске қосылу жағдайында тиімділігін көрсетті. Апаттық ажыратулардың 50% — ға дейін бірінші еселенген АПВ жойылатынын және 15% - екіншіге дейін жойылатынын ескере отырып, екі еселенген циклді қолдану арқылы желіні қосудың жалпы сенімділігі 60÷65% - ға дейін айтарлықтай артады.

Егер АҚҚ екінші әрекеттен кейін апат жойылмаса және қорғаныс қайтадан ажыратылса, онда ақаулық тұрақты сипатқа ие, эксплуатациялық персоналдың визуалды бағалауын, жөндеуді талап етеді. Мұндай желіні жүктемеге шығу бригадасының зақымдануын жойғанға дейін қосуға болмайды. Ал, орналасқан орны және жөндеу жұмыстарын орындау қажет белгілі бір уақыт.

Жөнделген учаскеге кернеу беру ақаудың қайта туындауын болдырмайтын көптеген тексерулер орындалғаннан кейін қол режимінде жүзеге асырылады.

Ауа желісі үшін қарастырылған АПВ құрылғыларының жұмыс істеу принциптері шиналарды, секцияларды, трансформаторларды, электр қозғалтқыштарды және басқа да төмен вольтты немесе жоғары вольтты энергетикалық жабдықты басқару құралдарына толық сай келеді.

3.1.2 АПВ жұмысына қойылатын талаптар

Жүйе жұмысының сенімділігін құру үшін келесі факторларға сүйене отырып, автоматиканы баптаудың оңтайлы шарттарын таңдау қажет:

- тез қосылған кезде доғаның қайта оталуын болдырмайтын ортаның иондалуын болдырмау үшін үзілістерді қамтамасыз ету;
- Автоматты ажыратқыштың техникалық конструкциясының мүмкіндіктері авариялық режим жүктемесімен тез ауыстырып қосуды орындау;
- құрал-жабдық жұмысындағы және технологиялық процестің басқа да ерекшеліктерімен тоқтаусыз үзілісті шектеу.

Автоматика кез келген қорғаныс ажыратылғаннан кейін немесе ажыратқыштың өздігінен, қате іске қосылуынан кейін жұмыс істеуі тиіс. Іске қосу қолмен немесе телебасқару құралдары бойынша орындалғанда, онда АҚҚ жұмыс істемеуі тиіс, себебі, мысалы, қалған, тасымалды немесе стационарлық жерге қосудан алынбаған, персоналдың қателері кезінде қорғаныс ақаулық ажыратылады, ал оған кернеуді қайта беруге болмайды.

3.1.3 қайта қосу ұзақтығы

АПВ құрылғыларының энергия қоры ажыратқышпен циклдарды автоматты түрде орындауын қамтамасыз етуі тиіс:

1. Откл — қосу-бір рет жұмысқа арналған Откл;
2. Екі еселік алгоритмдер үшін Откл — Откл — Откл — Откл.

Циклді орындау аяқталғаннан кейін автоматика жұмыс істеу мүмкіндігінен айырылуы тиіс.

Ажыратқыштың қорғаныстан ажыратылуы мен кернеу автоматикасын беру арасындағы уақыт ұстаудың ұзақтығы нақты жергілікті жағдайларды ескере отырып, пайдаланушы персоналдың теңшеу мүмкіндігіне ие болуы тиіс.

Автоматтандыру сәтті іске қосылғаннан кейін оның энергия қорының жоғалуы болады. Ол құрылғыны іске қосу операцияларын жаңа орындауға дайындыққа келтіру үшін берілген аз уақыт ұстанымымен қалпына келтірілуі тиіс.

Шығыс сигналының шамасы және оның автоматикадан ұзақтығы Ажыратқышты сенімді басқару үшін жеткілікті болуы тиіс.

Электр желілерінде белгілі бір қорғаныстар АҚҚ автоматикасының жұмысын ажыратуға іске қосылғаннан кейін болдырмауы тиіс жағдайлар жасалады. Мысалы, тұтынушылардың көп санының қосылуынан желідегі жиілік төмендеген кезде олардың бір бөлігін ажырату қажет. Мұндай операциялардың реттілігі жиіліктік түсіру жобасында қарастырылған, онда олардан қоректендіруді алып тастау үшін жауаптылығы аз қосылыстар тағайындалған. Бұл жағдайда олардың АПВ жұмысы тиісті қорғаныстан түсетін тыйым салу командасымен қоршалуы тиіс.

АПВ тағайындалуына байланысты бір немесе екі цикл бойынша жұмыс істеу үшін құрылады. Практикалық зерттеулер егер үш рет АПВ орнатылса, онда олардың тиімділігі 3% - дан аспайды, ал бұл өте аз. Сондықтан мұндай автоматика жүйелері мүлдем қолданылмайды.

Ескі серіппелі және жүк жетектерінде алдын ала көтерілген серіппенің немесе көтерілген жүктің күш-жігерін уақыт ұстамай ажыратқыш құрылғыға тікелей беретін АПВ механикалық конструкциялары пайдаланылды.

Мұндай тетіктер қосымша қоректену көзін талап етпеді, бірақ кішкене тоқтау және жоғары сенімділікпен ерекшеленбеген күрделі құрылғы болды. Қазір олар пайдаланылмай, электр жүйелерімен толық алмастырылды.

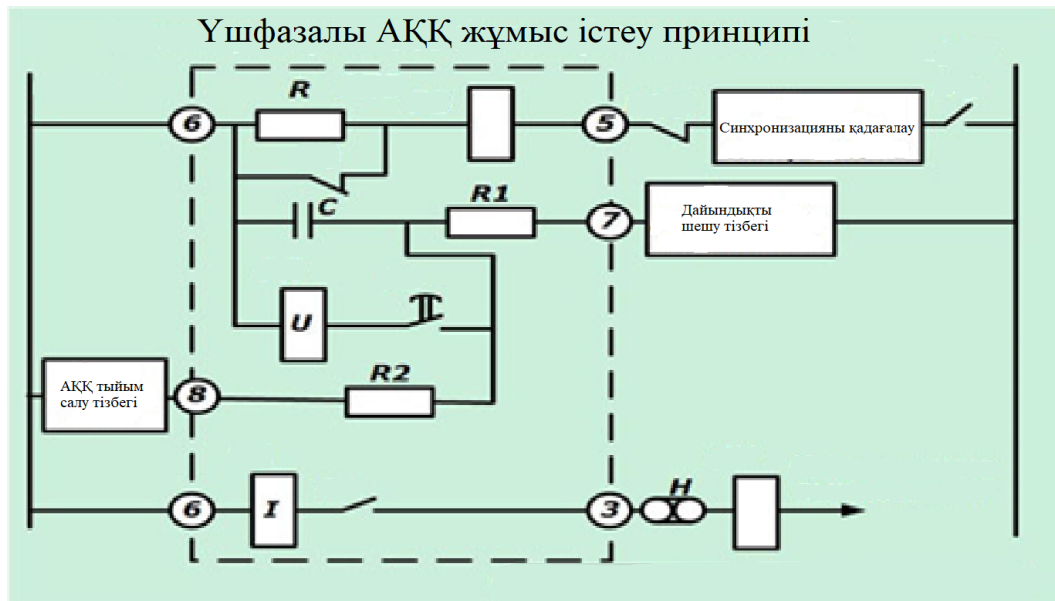
Ажыратқышпен қоректендіруді беру кезінде АПВ командасы бойынша қорғаныс іске қосылғаннан кейін сұлба екі учаскеге бөлінеді. Бұл жағдайда күрделі өтпелі процестерді жасайтын және қорғанудың іске қосылуын тудыратын уақыт бойынша кернеудің үйлесімі (бұрыштық, фаза бойынша ығысу) туындауы мүмкін.

Жедел тізбектерді қоректендіру жүйесіне жиналған аккумулятор батареяларының энергиясы есебінен жұмыс істейтін автоматика құрылғылары жақсы сенімділікке ие. Бірақ, олар үшін күрделі техникалық жабдықтар мен мамандардың тұрақты қызмет көрсетуі қажет.

Сондықтан өз қажеттіліктері трансформаторларынан (ТСН), ток (ТТ) немесе кернеу (ТН) алынған ауыспалы ток тізбектерінен қоректенуге негізделген басқа жүйелер дамыды. Олар көбінесе электриктердің көшпелі бригадалары қызмет көрсететін шағын қашықтағы қосалқы станцияларда қолданылады.

3.1.4 қарапайым бір реттік АПВ желісінің жұмыс істеу принципі

Қайта қосу автоматикасы құрылғыларының бір реттік циклі үшін пайдаланылатын Логика ескі, бірақ әлі де АПВ (РПВ-58) электр магниттік принципі бойынша жұмыс істейтін схемада түсіндірілуі мүмкін.



3.4-сурет-Үшфазлы АҚҚ жұмыс істеу принципі

Схемаға тұрақты жедел ток кернеуі +ШҮ және ШҮ беріледі. АПВ релесі тізбектермен басқарылады:

- синхронизмді бақылау;
- ажыратқыштың ажыратылған күйдегі түйіспесінің жағдайы (ӨБҰ);
- дайындық рұқсаты;
- АПВ тыйым салу.

Шуға кернеу берілгеннен кейін C конденсаторы дайындыққа рұқсат беретін логикалық тізбек элементтері арқылы зарядталады. Ал тыйым салу тізбектерін қалыптастыру кезінде АПВ заряд R1 және R2 резисторларын таңдаумен блокталады.

РВ уақыт релесінің орамына синхронизмді бақылау тізбегі арқылы ажыратқаннан кейін ШҮ кернеуі беріледі және ол берілген уақыт төзімділігін өзінің контактісімен іске қосады.

Кейін тұйықталу қалыпты ашық контакт РВ конденсатор таусылған арналған обмотку кернеу аралық реле РП, ол срабатываает, өз тұйықталған контакт РП арқылы өз токовую обмотку ұстап береді +ШҮ соленоид қосу күштік ажыратқыш.

Сонымен, АПВ релесі алдын ала зарядталған с конденсаторынан ажыратқаннан кейін оны ажыратқаннан кейін РҚ сигналдық блинкер және РП түйіспесінің тұйықталуы арқылы ажыратуға арналған ток импульсін береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы менің дипломдық жұмыста кернеуі 35 кВ қосалқы станцияның тұтынушыларын қоректендіруші электр торабын жобаладым. Бұл жұмыстың қосалқы станцияларының берілген мәндері бойынша электрлік есебін жүргіздім. Осы қосалқы станциялардағы электр беріліс желісінің номинал кернеуін таңдадым. Қауттарына байланысты ТМН-6300/35 трансформаторларын таңдадым.

Осы дипломдық жұмысты даярлау үрдісінде мен кернеуі 35 кВ электр беріліс желісін есептедім. Ең алдымен Илларионов формуласы бойынша желінің кернеуін анықтадым. Есептеу кезінде қосалқы станция трансформаторларының типін және қуатын таңдадым және олардың қуат шығындарын есептедім. Сымдардың параметрлерін таңдау алдында сымның кимасын таңдадым, ол участоктың токтарына байланысты алынады.

Сонымен қатар желінің кернеу шығындарын, желінің технико-экономикалық тиімділігін есептедім. Және де ең маңызды нәрсе, ол желінің максималды жүктеме мен минималды жүктеме кезіндегі қуатты есептеу, содан кейін қосалқы станцияның минималды режимін есептеу болды. Апаттық режимді есептеу кезінде мен бір участокты қиып алдым, содан кейін оның жүктемелерін қалған частоктарға қоса отырып оның есептік қуатын және кернеу шығындарын есептедім. Сымдардың механикалық есептеулерін жүргіздім, сонымен қатар қысқа тұйықталу токтарын есептеп, қажетті аппаратураларды таңдадым.

Бұл дипломдық жұмыста еңбекті қорғау және қоршаған ортаны қорғау мәселелері қарастырылды. Қосалқы станциядағы табиғи жарықтандыру мен діріл жұту қарастырылды, және соларға сәйкес есептеулер жүргізілді.

Осы жобада экономикалық есептеулер жүргізілді. Ол капиталды шығындарды есептеу, эксплуатациялық шығындарды, жалақыға кеткен, амортизацияға кеткен және электр энергия шығындары және т.б., есептеулер жүргізілді.

Пайдалынылған әдебиет тізімі

1. Электр энергетикасындағы жедел диспетчерлік басқару Ережелері. - Москва: Жетісу, 2010. - 805 с.
2. Ресей Федерациясының Электр энергетикасы ұйымдарында персоналмен жұмыс істеу ережелері. - М.: ДЕАН, 2008. - 156 с.
3. Ресей Федерациясының Электр энергетикасы ұйымдарында персоналмен жұмыс істеу ережелері. - М.: НЦ ЭНАС, 2007. - 670 с.
4. Электр энергетикасындағы авариялардың себептерін тексеру ережелері. - М.: Энергия, 2013. - 574 с.
5. Электр энергетикасы және агроинженерия есептерін шешудің қолданбалы әдістері. Оқу құралы / В. Я. Хорольский и др.-М.: Форум, Инфра-М, 2015. - 176 с.
6. Орыс Электр энергетикасындағы дауларды шешу / И. Н. Тарасов. - М.: Инфотропик Медиа, 2012. - 778 с.
7. Орыс Электр энергетикасы туралы/ А. Н. Орыс Борисов. - М.: іскерлік аула, 2011. - 488 с.
8. Коммерциялық Электр энергетикасы. Сөздік-анықтамалық. - М.: НЦ ЭНАС, 2006. - 107 с. Энергетика.