

Студент

**Тоққожа Ырысбек**

(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 10 слайд Power point форматында;

б) түсініктемелік жазба 59 бет.

**Дипломдық жұмыс бойынша ескертулер**

Дипломдық жұмысты негізгі, арнайы бөлімдер, еңбекті қорғау бөлімдері құрайды. Негізгі бөлімде кернеуі 220кВ электр беріліс желісі үшін есептеулер жүргізіледі, қысқа тұйықталу токтары есептеледі, тіректер, аппараттар және құрылғылар таңдалады. Арнайы бөлімде аварияға қарсы автоматиканың құрылғылары 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 Тоққожа Ырысбек электрэнергетика мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавры академиялық дәрежесіне лайық деп есептеймін.

Пікір беруші

Қызметі



**Алмұратова Н.Қ.**

(аты-жөні)

**Алматы энергетика және байланыс университеті**

**«Электр машиналары 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

**Тоққожа Ырысбек Жайдарбекұлы**  
(аты-жөні)

Тақырыбы

**Электр торабын есептеу және**  
**аварияға қарсы резервті қосудың автоматты**  
**құрылғылары**

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 – резервті автоматты қосу құрылғылары жөніндегі  
мәселелері қарастырылған.

Берілген тапсырманы орындау барысында Тоққожа Ы. 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 Тоққожа Ырысбек Жайдарбекұлы 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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

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

Энергетика кафедрасы

Токкожа Ырысбек Жайдарбекұлы

Электр торабын есептеу және аварияға қарсы резервті қосудың автоматты  
құрылғылары

**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

«18» 05 2019 ж.

## ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Электр торабын есептеу және аварияға қарсы резервті қосудың автоматты құрылғылары»

5B071800 – Электр энергетикасы мамандығы бойынша

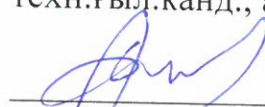
Орындаған

Тоққожа Ы.Ж.

Пікір беруші  
АЭЖБУ «Электр машиналары және  
электр жетегі» кафедрасының доценті,  
доктор PhD

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

 Алмуратова Н.К.

 Ақпанбетов Д.Б.

«10» 05 2019 ж.

«18» 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 Тоққожа Ырысбек Жайдарбекұлы

Тақырыбы «Электр торабын есептеу және аварияға қарсы резервті қосудың автоматты құрылғылары»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «25» сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістер:  $P1=40 \text{ MВт}, P2=20 \text{ MВт}, P3=40 \text{ MВт}, P4=55 \text{ MВт}, L1=40 \text{ км}, L2=20 \text{ км}, L3=80 \text{ км}, L4=75 \text{ км}, L5=170 \text{ км}, \cos \varphi=0.9, \kappa_{\chi}=0.65, T_{\max}=5750, \text{Min}_{\text{ре.ж.с.м.}}=48\%$

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Кернеуі 220 кВ электр торабын жобалау;

б) Резервті автоматты қосу;

в) Электр қауіпсіздігі;


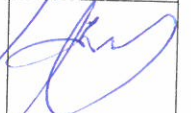

Сызбалық материалдар тізімі Сызбалық материалдар слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 12 атау

Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кернеуі 220 кВ электр торабын жобалау	22.02.19	жүз
Резервті автоматты қосу	29.03.19	жүз
Электр қауіпсіздігі	25.04.19	жүз

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 Техн.ғыл.канд, ассоц.профессор	10.05.2019	
Электр қауіпсіздігі	Д. Б. Ақпанбетов Техн.ғыл.канд, ассоц.профессор	10.05.2019	
Норма бақылау	А.О. Бердибеков, сениор-лектор	06.05.2019	

Ғылыми жетекші \_\_\_\_\_

Д.Б. Ақпанбетов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы \_\_\_\_\_

Ы.Ж. Токкожа

Күні \_\_\_\_\_

« 10 » 05 2019 ж.

## **АҢДАТПА**

Бұл дипломдық жұмыста кернеуі 220 кВ электр торабын жобалау қарастырылып отыр. Жұмыстың құрамына электр беріліс желісінің кернеуін анықтау, қосалқы станцияларға трансформатор таңдау, қосалқы станциядағы реактивті қуатты анықтау, сымдардың қималарын таңдау, қысқа тұйықталу токтарын есептеу және коммутациялық аппараттарды таңдау кіреді. Арнайы бөлім аварияға қарсы автоматты құрылғыларды резервті қосуға арналған. Бұл дипломдық жұмыста еңбекті қорғау және қауіпсіздік жөніндегі сұрақтар да қарастырылып өтті.

## **АННОТАЦИЯ**

В данном дипломном проекте рассматривается проектирование электрических сетей напряжением 220 кВ. В состав работы входят определение напряжения линии электропередачи, выбор трансформаторов на подстанции, определение реактивной мощности на подстанции, выбор сечений проводов, расчет токов короткого замыкания и выбор коммутационных аппаратов. Специальная часть предназначена для резервного включения автоматических противоаварийных устройств. В данной дипломной работе рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности.

## **ANNOTATION**

In this diploma project is considered the design of electrical networks with a voltage of 220 kV. The work includes the determination of the voltage of the power line, the choice of transformers at the substation, the definition of reactive power at the substation, the choice of wire sections, the calculation of short-circuit currents and the choice of switching devices. A special part is designed to back up the automatic emergency response devices. In this thesis work addressed issues of labor protection and safety.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Кернеуі 220 кВ электр торабын жобалау	8
1.1	Жобалауға қажетті тораптардың негізгі параметрлері	8
1.2	Электр беріліс желісінің номиналды кернеуін анықтау	9
1.3	Желі бойындағы қосалқы станцияларға трансформаторлар таңдау	10
1.4	Трансформаторлардың кедергілерін және шығындарын есептеу	13
1.5	Тұйықталған жүйе учаскісіндегі қуат таралуын есептеу	18
1.6	Электр беріліс желілерінің қималарын есептеу және маркасын таңдау	20
1.7	Тұйықталған жүйе үшін электр беріліс желілерінің максималды жүктемелердегі алмастыру сұлбасы және шығындары	27
1.8	Желідегі қысқа тұйықталу тогын табу және параметрлеріне сәйкес аппараттар таңдау	29
1.9	Есептелген параметрлер бойынша электр аппараттарын таңдау	34
1.10	Әуе электр беріліс желісі үшін тірек материалын таңдау	36
2	Арнайы бөлім. Резервті автоматты қосу	39
2.1	Автоматиканың мақсаты мен түрлері	39
2.2	Аварияға қарсы автоматты құрылғыларды резервті қосу	40
2.3	РАҚ құрылғыларының тағайыншамаларын таңдау	44
2.4	Жылдам әрекет ететін резервтік қоректендіру көздері	48
3	Электр қауіпсіздігі	52
3.1	Шу және дірілден қорғау шаралары	52
3.2	Найзағайдан қорғауды есептеу	53
	Қорытынды	57
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	58
	Қысқартулар тізімі	59



## КІРІСПЕ

Электр энергетикасы экономиканың базалық салаларына жатады. Оның негізгі индикаторларының арасында – индустрияландырудың өсіп келе жатқан қажеттілігі, халықты үздіксіз энергиямен жабдықтау, елдің энергетикалық тәуелсіздігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету. Энергетиктер мен энергия жасаушылар шешетін маңызды міндеттер өндіріс көлемін үздіксіз арттыруда, жаңа энергетикалық объектілерді салу және ескілерін қайта жаңарту мерзімін қысқартуда, үлестік капитал салымдарын азайтуда, отынның үлестік шығыстарын қысқартуда, еңбек өнімділігін арттыруда, электр энергетикасы өндірісінің құрылымын жақсартуда тұрады.

Электр энергиясының негізгі тұтынушылары өнеркәсіп, көлік, ауыл шаруашылығы, қалалар мен кенттердің коммуналдық шаруашылығы болып табылады. Бұл ретте өнеркәсіптік объектілерге электр энергиясын тұтынудың 70%-дан астамы келеді.

Аварияға қарсы резервті қосудың автоматты құрылғылары тақырыбын қарастырудың мақсаты - электр энергиясын өндіру, беру және тарату процесінің ерекше ерекшеліктерін-апаттық режим жасайтын оқшауламаның зақымдануы салдарынан кездейсоқ туындайтын қысқа тұйықталуларды, зақымдалған электр энергетикалық объектіні жылдам автоматты түрде ажырату қажеттілігін және қысқа тұйықталудан кейін өздігінен өшірілетін кездегі қалыпты режимді қалпына келтіру үшін оны автоматты түрде қайта қосудың орындылығын ұғыну.

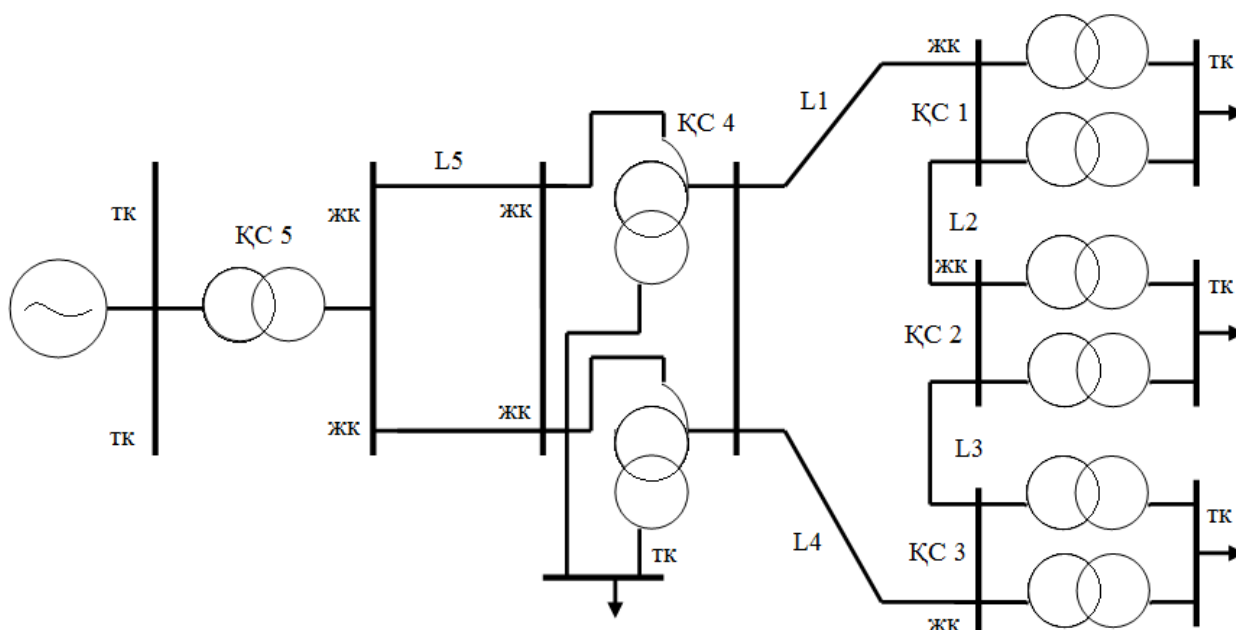
Электр энергиясын өндіру, беру және тарату процесінің өзіндік ерекшелігі - электр жабдығының бұзылуына ғана емес, сонымен қатар жалпы жүйелік авариялық жағдайдың дамуына да қауіп төндіретін қысқа тұйықталудың пайда болуы автоматты ажыратудың (релелік қорғаныс) техникасының қажеттілігін негіздейді. Алайда, генерациялайтын және беретін электр энергиясын ажырату электрмен жабдықтаудың жоғалуына алып келеді және электр энергетикалық жүйенің қуат жүктемесінің генерацияланатын және талап етілетін жүктемесі арасындағы теңгерімнің бұзылуына байланысты авариялық жағдайдың одан әрі даму қаупі туындайды.

# 1 Кернеуі 220кВ электр торабын жобалау

## 1.1 Жобалауға қажетті тораптардың негізгі параметрлері

Тұйықталған электр беріліс желісі, үш қосалқы станциясынан тұрады, олардың ұзындықтары  $L_1 = 40 \text{ км}$ ,  $L_2 = 20 \text{ км}$ ,  $L_3 = 80 \text{ км}$ ,  $L_4 = 75 \text{ км}$ ,  $L_5 = 170 \text{ км}$ . Қосалқы станциялардың максималды жүктемелерінің мәні келесідей  $P_1 = 40 \text{ МВт}$ ,  $P_2 = 20 \text{ МВт}$ ,  $P_3 = 40 \text{ МВт}$ ,  $P_4 = 55 \text{ МВт}$ . Максималдык жүктеменің жылдық сағаты  $T_{max} = 5750 \text{ сағ}$ . Қуат коэффициенті  $\cos\varphi = 0.65$ .

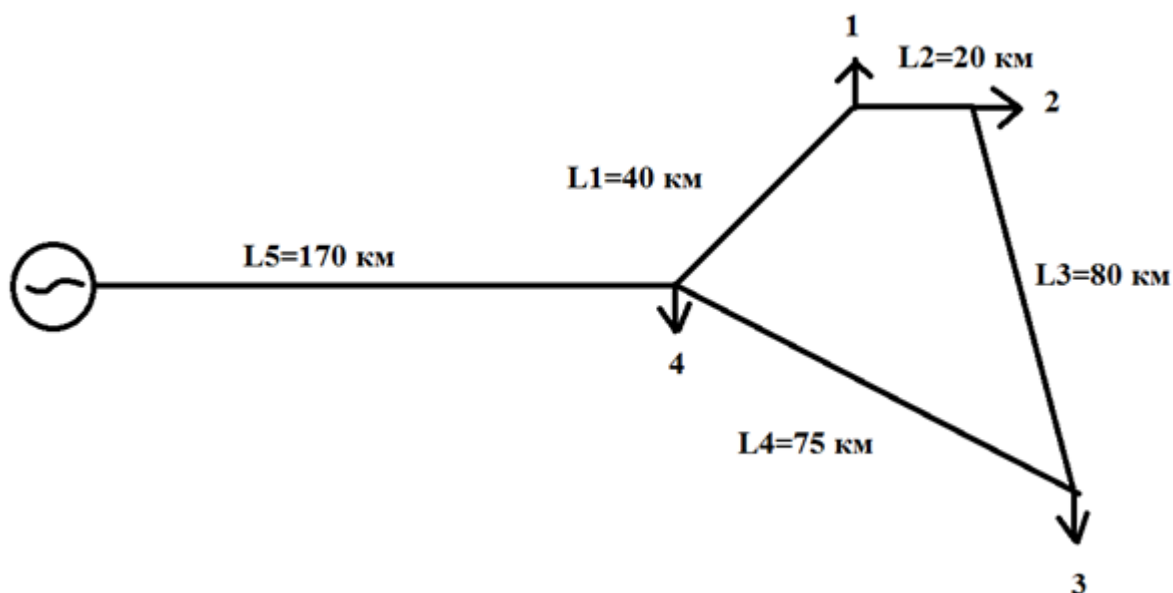
Жобалау сұлбасы 1.1-суретте бейнеленген.



1.1-сурет - Жобаланатын электр торабының сұлбасы

Тұтынушыларды электр энергиясымен жабдықтайтын сұлбалар қуат көзінің сенімділік шарттары, электрқабылдағыштарындағы кернеу ауытқуының рұқсат етілген мәніне, даму келешегіне, электрмен жабдықтау жүргізілетін аймақтың географиялық ерекшеліктеріне байланысты болады.

Қарапайым тұйықталған желілер айналмалы желілер болып келеді. Олар бір ғана контур құрайды. Оның артықшылығы желінің бір учаскесі үзілгенде желі басқа учаскіден қоректене береді, яғни жоғары дәрежеде тұтынышыларға электр таратудың сенімділігі болып табылады. Тұйықталған желінің сұлбасы 1.2-суретте көрсетілген.



1.2-сурет – Тұйықталған желінің сұлбасы

### 1.2 Электр беріліс желісінің номиналды кернеуін анықтау

Бұл дипломдық жұмыста кернеуді Стилл формуласы бойынша анықтаймыз. Стилл формуласы электр беріліс желісінің ұзындығы 200 км-ге дейін болғанда және тасымалдау қуаты 60 МВт дейін болғанда қолданылады. Стилл формуласы келесідей анықталады:

$$U = 4.34\sqrt{L + 16P} \quad (1.1)$$

мұндағы  $P$ -активті қуат,  
 $L$ -желінің ұзындығы,  
 $U$ -желінің кернеуі.

$$U_1 = 4.34\sqrt{40 + 16 \cdot 40} = 113.17 \text{ кВ} \approx 220 \text{ кВ}$$

$$U_2 = 4.34\sqrt{20 + 16 \cdot 20} = 80.02 \text{ кВ} \approx 110 \text{ кВ}$$

$$U_3 = 4.34\sqrt{80 + 16 \cdot 40} = 116.45 \text{ кВ} \approx 220 \text{ кВ}$$

$$U_4 = 4.34\sqrt{75 + 16 \cdot 55} = 134.11 \text{ кВ} \approx 220 \text{ кВ}$$

5-ші қосалқы станциямен 4-ші қосалқы станцияның арасындағы тасымалданатын қуат мәні Стилл формуласының шартына сәйкес келмейтіндіктен Илларионов формуласымен анықталады. Илларионов формуласы электр беріліс желісінің ұзындығы 1000 км-ге дейін және тасымалданатын қуат 60 МВт-тан жоғары болғанда қолданылады.

$$U_5 = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{170} + \frac{2500}{155}}} = \frac{1000}{4.365} = 229.09 \text{ кВ} \approx 330 \text{ кВ}$$

Кернеу шығындары келесі формуламен анықталады:

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

мұндағы  $r_0$  - меншікті активті кедергі, Ом/км;  $r_0 = 0.2$  Ом.  
 $x_0$  - меншікті реактивті кедергі, Ом/км;  $x_0 = 0.4$  Ом.

$$\Delta U_1 = \frac{40 \cdot 0.2 \cdot 40 + 19.4 \cdot 0.4 \cdot 40}{220} = \frac{630.4}{220} = 2.865 \text{ кВ}$$

$$\Delta U_2 = \frac{20 \cdot 0.2 \cdot 20 + 9.7 \cdot 0.4 \cdot 20}{110} = \frac{157.6}{110} = 1.432 \text{ кВ}$$

$$\Delta U_3 = \frac{40 \cdot 0.2 \cdot 80 + 19.4 \cdot 0.4 \cdot 80}{220} = \frac{1260.8}{220} = 5.731 \text{ кВ}$$

$$\Delta U_4 = \frac{55 \cdot 0.2 \cdot 75 + 26.6 \cdot 0.4 \cdot 75}{220} = \frac{1623}{220} = 7.377 \text{ кВ}$$

$$\Delta U_5 = \frac{155 \cdot 0.2 \cdot 170 + 75.1 \cdot 0.4 \cdot 170}{330} = \frac{10376.8}{330} = 31.444 \text{ кВ}$$

### 1.3 Желі бойындағы қосалқы станцияларға трансформаторлар таңдау

Электр торабының сұлбасына сәйкес екі трансформаторлы қосалқы станция қолданылады, онда трансформатордың қуаты келесі формулалар бойынша есептеледі:

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

мұндағы  $P$  - активті жүктеме, МВт  
 $\cos\varphi$  – қуат коэффициенті.

$$S_{\text{тр}} \geq \frac{S_{\text{ес}}}{2 \cdot 0.7} \quad (1.4)$$

мұндағы  $S_{ec}$ - толық жүктеме;  
 $S_{тр}$ - трансформатордың қуаты.

1-қосалқы станция үшін

$$S_1 = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{40}{0.9} = 44.444 \text{ МВА}$$

$$S_{тр} = \frac{S_1}{1.4} = \frac{44.444}{1.4} = 31.745 \text{ МВА}$$

2-қосалқы станция үшін

$$S_2 = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{20}{0.9} = 22.222 \text{ МВА}$$

$$S_{тр} = \frac{S_2}{1.4} = \frac{22.222}{1.4} = 15.872 \text{ МВА}$$

3-қосалқы станция үшін

$$S_3 = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{40}{0.9} = 44.444 \text{ МВА}$$

$$S_{тр} = \frac{S_3}{1.4} = \frac{44.444}{1.4} = 31.745 \text{ МВА}$$

4-қосалқы станция үшін

$$S_4 = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{55}{0.9} = 61.111 \text{ МВА}$$

$$S_{тр} = \frac{S_4}{1.4} = \frac{61.111}{1.4} = 43.651 \text{ МВА}$$

Бас таратушы қосалқы станция үшін

$$S_5 = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{155}{0.9} = 172.22 \text{ МВА}$$

$$S_{тр} = \frac{S_5}{1.4} = \frac{172.22}{1.4} = 123.014 \text{ МВА}$$

Қосалқы станциялардың реактивті қуатын анықтау  
 Реактивті қуатты келесі формуламен анықтаймыз:

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

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{44.444^2 - 40^2} = 19.371 \approx 19.4 \text{ Мвар}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} = \sqrt{22.222^2 - 20^2} = 9.685 \approx 9.7 \text{ Мвар}$$

$$Q_3 = \sqrt{S_3^2 - P_3^2} = \sqrt{44.444^2 - 40^2} = 19.371 \approx 19.4 \text{ Мвар}$$

$$Q_4 = \sqrt{S_4^2 - P_4^2} = \sqrt{61.111^2 - 55^2} = 26.637 \approx 26.6 \text{ Мвар}$$

$$Q_5 = \sqrt{S_5^2 - P_5^2} = \sqrt{172.22^2 - 155^2} = 75.064 \approx 75.1 \text{ Мвар}$$

Жоғарыдағы формулалардың көмегімен трансформаторлардың қуатын анықтап, келесідей трансформаторлар таңдалды: 1-ші және 3-ші қосалқы станциялар үшін ТРДНС-32000/220 типті, 2-ші қосалқы станция үшін ТДН-16000/110 типті трансформатор, бас таратушы қосалқы станция үшін АОДЦТН-133000/330/220 типті автотрансформатор таңдалды. 1.1-кестеде таңдалған трансформаторлар мен автотрансформатордың параметрлері көрсетілген.

### 1.1-кесте-Таңдалған трансформатордың параметрлері

Трансформатор типі	S <sub>ном</sub> МВА	U <sub>вн</sub> кВ	U <sub>нн</sub> кВ	P <sub>к.т</sub> кВт	P <sub>б.ж</sub> кВт	U <sub>к</sub> %	I <sub>х</sub> %
ТДН-16000/110	16	115	6.6	85	18	10.5	0.7
ТРДНС-32000/220	32	230	6.3	150	45	11.5	0.65
АОДЦТН 133000/330/220	133	330	38.5	280	55	9	0.4

## 1.4 Трансформаторлардың кедергілерін және шығындарын есептеу

Трансформаторлардың кедергілері мен шығындары төмендегі формулалармен есептелінеді:

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{к.т}} \cdot U_{\text{н}}^2}{100 \cdot S_{\text{н}}} \quad (1.6)$$

Әр орамның реактивті кедергісін анықтаймыз:

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

Қуат коэффициенті бойынша толық қуатты және реактивті қуатты анықтаймыз:

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

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

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

$$\Delta Q_{\mu} = \frac{I_0 \cdot S_{\text{н}}}{100} \quad (1.11)$$

*1-ші және 3-ші қосалқы станциялары үшін ТРДНС-32000/220 типті трансформаторының параметрлерін анықтау*

ТРДНС-32000/220 типті трансформатордың кедергілерін анықтау

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{к.т}} \cdot U_{\text{н}}^2}{1000 \cdot S_{\text{н}}} = \frac{150 \cdot 230^2}{1000 \cdot 32^2} = 7.749 \text{ Ом}$$

$$X_1 = \frac{U_{\text{к}\%} \cdot U_{\text{н}}^2}{100 \cdot S_{\text{н}}} = \frac{11.5 \cdot 230^2}{100 \cdot 32} = 190.109 \text{ Ом}$$

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot R = \frac{40^2 + 19.4^2}{230^2} \cdot 7.749 = 0.289 \text{ МВА}$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot X = \frac{40^2 + 19.4^2}{230^2} \cdot 190.109 = 7.102 \text{ Мвар}$$

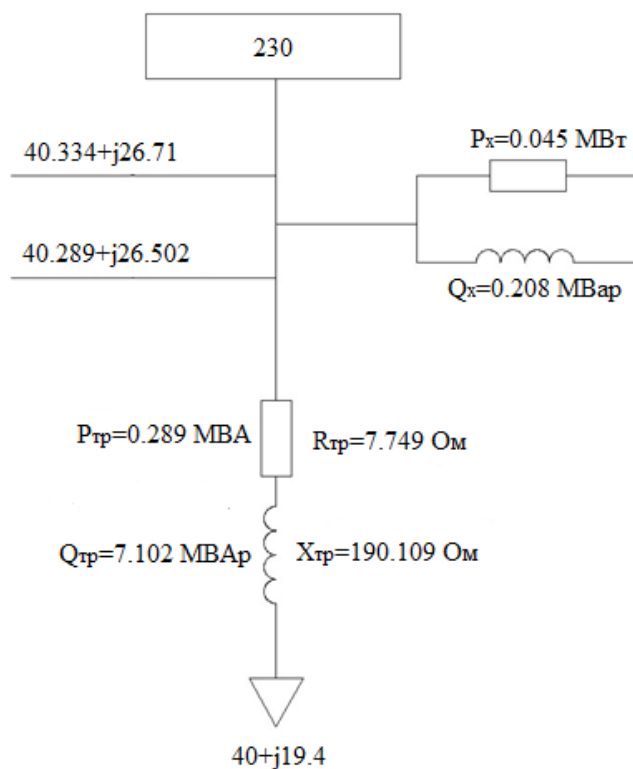
$$P' + jQ' = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (40 + 0.289) + j(19.4 + 7.102) = 40.289 + j26.502 \text{ МВА}$$

$$\Delta Q_\mu = \frac{I_0 \cdot S_H}{100} = \frac{0.65 \cdot 32}{100} = 0.208 \text{ Мвар}$$

$$\Delta P_0 = P_{6.ж} = 45 \text{ кВт} = 0.045 \text{ МВт}$$

$$\Delta P_1'' + jQ_1'' = (40.289 + 0.045) + j(26.502 + 0.208) = 40.334 + j26.71$$

ТРДНС-32000/220 типті трансформатордың алмастыру сұлбасы 1.3-суретте көрсетілген.



### 1.3-сурет-ТРДНС-32000/220 типті трансформатордың алмастыру сұлбасы

2-ші қосалқы станция үшін ТДН-16000/110 типті трансформатордың параметрін анықтау

$$R_{тр} = \frac{\Delta P_{к.т} \cdot U_H^2}{1000 \cdot S_H^2} = \frac{85 \cdot 115^2}{1000 \cdot 16^2} = 4.391 \text{ Ом}$$



$$X_1 = \frac{U_k \% \cdot U_H^2}{100 \cdot S_H} = \frac{10.5 \cdot 115^2}{100 \cdot 16} = 86.789 \text{ Ом}$$

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot R = \frac{20^2 + 9.7^2}{115^2} \cdot 4.391 = 0.164 \text{ МВА}$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot X = \frac{20^2 + 9.7^2}{115^2} \cdot 86.789 = 3.242 \text{ Мвар}$$

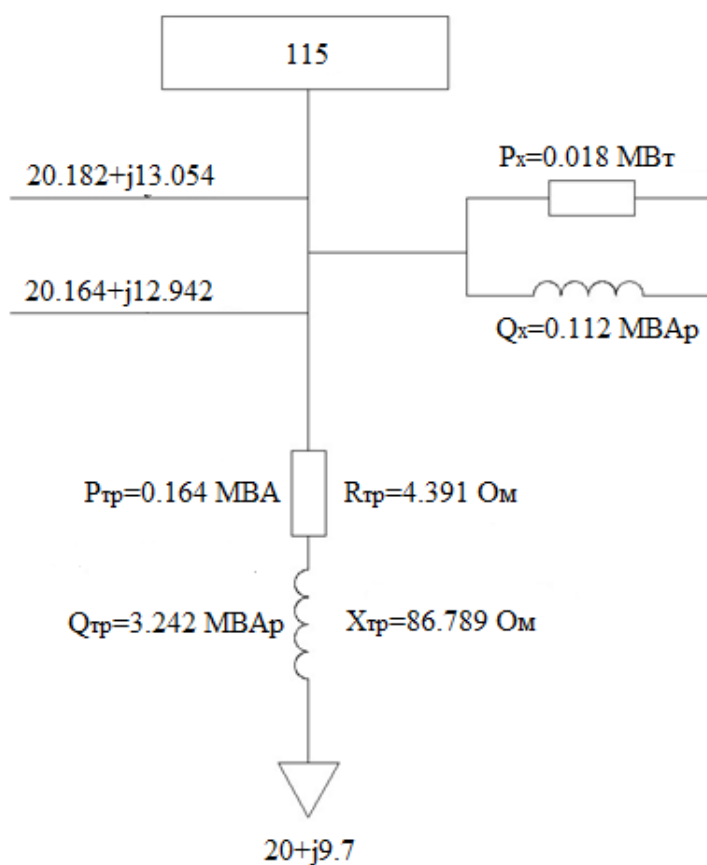
$$P' + jQ' = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (20 + 0.164) + j(9.7 + 3.242) = 20.164 + j12.942 \text{ МВА}$$

$$\Delta Q_\mu = \frac{I_0 \cdot S_H}{100} = \frac{0.7 \cdot 16}{100} = 0.112 \text{ Мвар}$$

$$\Delta P_0 = P_{\text{б.ж}} = 18 \text{ кВт} = 0.018 \text{ МВт}$$

$$\Delta P_1'' + jQ_1'' = (20.164 + 0.018) + j(12.942 + 0.112) = 20.182 + j13.054$$

ТДН-16000/110 типті трансформатордың алмастыру сұлбасы 1.4-суретте көрсетілген.



1.4-сурет-ТДН-16000/110 типті трансформатордың алмастыру сұлбасы

Бас тартушы қосалқы станция үшін АОДЦТН-133000/330/220 типті автотрансформаторының параметрлерін анықтау

АОДЦТН-133000/330/220 типті автотрансформаторының кедергілерін анықтау:

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{к.т}} \cdot U_{\text{н}}^2}{1000 \cdot S_{\text{н}}^2} = \frac{280 \cdot 330^2}{1000 \cdot 133^2} = 1.723 \text{ Ом}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 0.5 \cdot R_{\text{тр}} = 0.5 \cdot 1.723 = 0.861 \text{ Ом}$$

Әр фазаның қысқа тұйықталу кернеулері анықталады:

$$U_{\text{к1}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк-ок})} + U_{(\text{жк-тк})} - U_{(\text{ок-тк})}) = 0.5 \cdot (9 + 60 - 48) = 21\%$$

$$U_{\text{к2}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{ок-тк})} + U_{(\text{жк-ок})} - U_{(\text{жк-тк})}) = 0.5 \cdot (48 + 9 - 60) = -1.5\%$$

$$U_{\text{к3}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк-тк})} + U_{(\text{ок-тк})} - U_{(\text{жк-ок})}) = 0.5 \cdot (60 + 48 - 9) = 49.5\%$$

$$X_1 = \frac{21 \cdot 330^2}{100 \cdot 133} = 171.947 \text{ Ом}$$

$$X_2 = \frac{0 \cdot 330^2}{100 \cdot 133} = 0 \text{ Ом}$$

$$X_3 = \frac{49.5 \cdot 330^2}{100 \cdot 133} = 405.304 \text{ Ом}$$

Автотрансформатордың активті, реактивті қуаттарын анықтау:

$$S_{40} = \frac{62}{0.9} = 68.88 \text{ МВА}$$

$$Q_{40} = \sqrt{68.88^2 - 62^2} = 30.007 \text{ МВАР}$$

$$S_{60} = \frac{93}{0.9} = 103.33 \text{ МВА}$$

$$Q_{60} = \sqrt{103.33^2 - 93^2} = 45.034 \text{ Мвар}$$

$$\Delta P_{43} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot R = \frac{62^2 + 30.007^2}{330^2} \cdot 0.861 = 0.037 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{43} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot X = \frac{62^2 + 30.007^2}{330^2} \cdot 405.304 = 17.657 \text{ Мвар}$$

$$P'_{43} + jQ'_{43} = (62 + 0.037) + j(30.007 + 17.657) = 62.037 + j47.664 \text{ МВА}$$

$$\Delta P_{42} = \frac{93^2 + 45.034^2}{330^2} \cdot 0.861 = 0.084 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{42} = \frac{93^2 + 45.034^2}{330^2} \cdot 0 = 0 \text{ Мвар}$$

$$P'_{42} + jQ'_{42} = (93 + 0.084) + j(45.034 + 0) = 93.084 + j45.034$$

$$P_{41} + jQ_{41} = (62.037 + 93.084) + j(47.664 + 45.034) = 155.121 + j92.698$$

$$\Delta P_{41} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot R = \frac{155.121^2 + 230^2}{330^2} \cdot 0.861 = 0.608 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{41} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot X = \frac{155.121^2 + 230^2}{330^2} \cdot 171.947 = 121.519 \text{ Мвар}$$

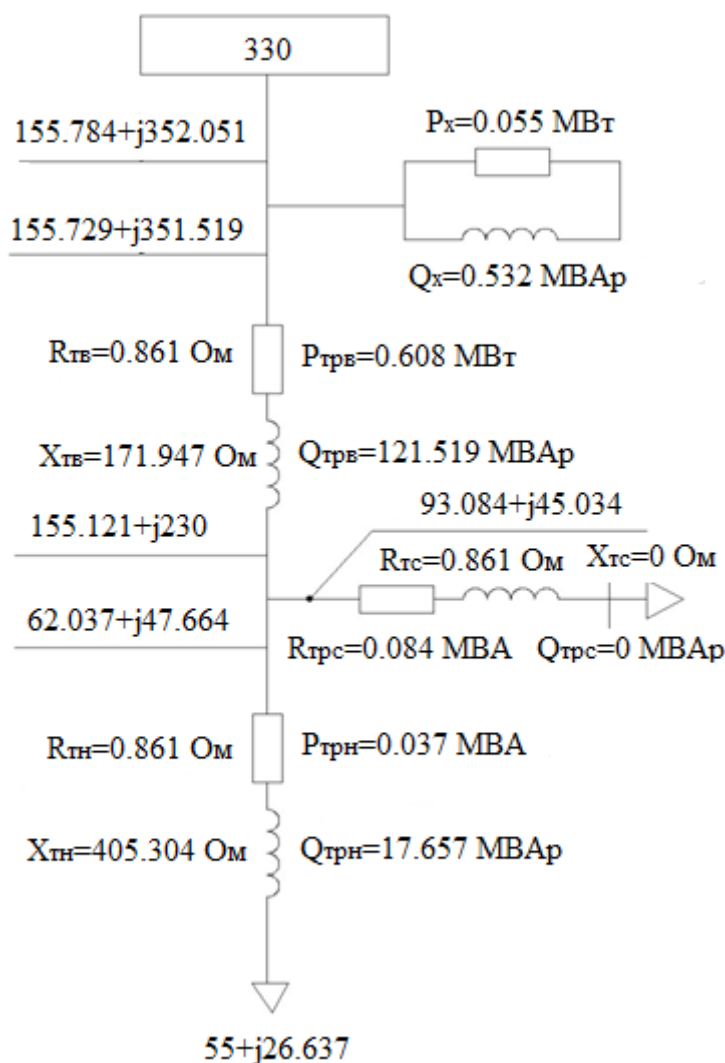
$$P'_4 + jQ'_4 = (155.121 + 0.608) + j(230 + 121.519) = 155.729 + j351.519$$

$$\Delta P_0 = P_{6.ж} = 0.055 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_\mu = \frac{I_0 \cdot S_H}{100} = \frac{0.4 \cdot 133}{100} = 0.532 \text{ Мвар}$$

$$P''_4 + jQ''_4 = (155.729 + 0.055) + j(351.519 + 0.532) = 155.784 + j352.051$$

АОДЦТН-133000/330/220 типті автотрансформаторының алмастыру сұлбасы 1.5-суретте көрсетілген.



**1.5-сурет-АОДЦТН-133000/330/220 типті автотрансформаторының алмастыру сұлбасы**

### 1.5 Тұйықталған жүйе учаскісіндегі қуат таралуын есептеу

Тұйықталған жүйенің электр желісіндегі активті және реактивті қуат ағынын қарастырған кезде тұйықталған желі 2 жақтан қоректендірілетін желі ретінде қарастырылады.

Қуат ағынын есептеу келесі формулалар арқылы жүргізіледі:

$$P_A = \frac{P_1(L1) + P_2(L1 + L2) + P_3(L1 + L2 + L3)}{L1 + L2 + L3 + L4} \quad (1.12)$$

$$Q_A = \frac{Q_1(L1) + Q_2(L1 + L2) + Q_3(L1 + L2 + L3)}{L1 + L2 + L3 + L4} \quad (1.13)$$

$$P'_A = \frac{P_3(L4) + P_2(L4 + L3) + P_1(L4 + L3 + L2)}{L1 + L2 + L3 + L4 + L5} \quad (1.14)$$

$$Q'_A = \frac{Q_3(L4) + Q_2(L4 + L3) + Q_1(L4 + L3 + L2)}{L1 + L2 + L3 + L4} \quad (1.15)$$

$$S_A = P_A + Q_A \quad (1.16)$$

$$S'_A = P'_A + Q'_A \quad (1.17)$$

Қуат ағынын есептеудің дұрыстығын тексеру шарты:

$$P_A + P'_A = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1.18)$$

$$Q_A + Q'_A = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (1.19)$$

Желінің екі жақтан қоректендіруші қорек көзінің қуаттары (1.12) – (1.19) формулалары арқылы есептеледі:

$$P_A = \frac{40 \cdot 40 + 20 \cdot 60 + 40 \cdot 140}{215} = \frac{8400}{215} = 39.069 \text{ МВт}$$

$$Q_A = \frac{19.4 \cdot 40 + 9.7 \cdot 60 + 19.4 \cdot 140}{215} = \frac{4074}{215} = 18.948 \text{ МВт}$$

$$P'_A = \frac{40 \cdot 75 + 20 \cdot 155 + 40 \cdot 175}{215} = \frac{13100}{215} = 60.93 \text{ МВт}$$

$$Q'_A = \frac{19.4 \cdot 75 + 9.7 \cdot 155 + 19.4 \cdot 175}{215} = \frac{6353.5}{215} = 29.551 \text{ МВт}$$

$$S_A = 39.069 + j 18.948$$

$$S'_A = 60.93 + j 29.551$$

$$P_A + P'_A = 39.069 + 60.93 = 99.999 \text{ МВт}$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 40 + 20 + 40 = 100 \text{ МВт}$$

$$Q_A + Q'_A = 18.948 + 29.551 = 48.499 \text{ МВАр}$$

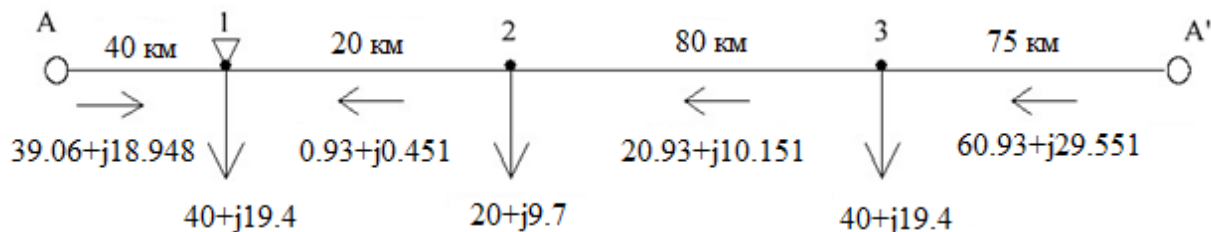
$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 19.4 + 9.7 + 19.4 = 48.5 \text{ МВАр}$$

$$S_{23} = S'_A - S_3 = 60.93 + j 29.551 - 40 - j 19.4 = 20.93 + j 10.151$$

$$S_{12} = S_{23} - S_2 = 20.93 + j 10.151 - 20 - j 9.7 = 0.93 + j 0.451$$

$$S_{\text{тол}} = S_A + S'_A = 39.069 + j 18.948 + 60.93 + j 29.551 = 99.999 + j 48.499$$

Электр беріліс желісінің әр бөлігіндегі қуаты 1.6-суретте көрсетілген.



**1.6-сурет-Электр беріліс желісінің қуат ағыны бейнеленген сұлбасы**

### 1.6 Электр беріліс желілерінің қималарын есептеу және маркасын таңдау

Сымның қимасы есептік токты анықтау арқылы токтың экономикалық тығыздығы шартына тексеру арқылы анықталады.

Желінің әрбір бөлігіндегі токтары анықталады, ол тасымалданатын қуат пен кернеуге байланысты келесідей табылады:

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

$$I_{01} = \frac{\sqrt{99.999^2 + 48.499^2}}{\sqrt{3} \cdot 330} = 194.67 \text{ A}$$

$$I_{12} = \frac{\sqrt{0.93^2 + 0.451^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} = 5.42 \text{ A}$$

$$I_{41} = \frac{\sqrt{39.069^2 + 18.948^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 114.26 \text{ A}$$

$$I_{23} = \frac{\sqrt{20.93^2 + 10.151^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 61.21 \text{ A}$$

$$I_{34} = \frac{\sqrt{60.93^2 + 29.551^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 178.2 \text{ A}$$

Экономикалық қиманы таңдау келтірілген шығынның минималды шығындары болып табылады. Келтірілген шығынның минималды мәніне сәйкес келетін қима – экономикалық қима деп аталады. Экономикалық қима токтың экономикалық тығыздықтары нормаланған мәніне сай таңдалады.

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

мұндағы  $j_{\text{эк}}$  – токтың экономикалық тығыздығы, ол ( $j_{\text{эк}}=1,5\text{A}/\text{мм}^2$ ) тең.

Сымның қимасы есептеледі:

$$S_{\text{эк01}} = \frac{194.67}{1.5} = 129.78 \text{ мм}^2$$

Табылған мәнге сәйкес АС-150/24 маркалы алюминий-болат сым таңдалды. Апаттық режимдегі тогы:

$$I_{\text{доп}} = 450 \text{ А}$$

Сымның қимасы есептеледі:

$$S_{\text{эк12}} = \frac{5.42}{1.5} = 3.61 \text{ мм}^2$$

Табылған мәнге сәйкес АС-10/1.8 маркалы алюминий-болат сым таңдалды. Апаттық режимдегі тогы:

$$I_{\text{доп}} = 84 \text{ А}$$

Сымның қимасы есептеледі:

$$S_{\text{эк41}} = \frac{114.26}{1.5} = 76.17 \text{ мм}^2$$

Табылған мәнге сәйкес АС-95/16 маркалы алюминий-болат сым таңдалды. Апаттық режимдегі тогы:

$$I_{\text{доп}} = 330 \text{ А}$$

Сымның қимасы есептеледі:

$$S_{\text{эк23}} = \frac{61.21}{1.5} = 40.8 \text{ мм}^2$$

Табылған мәнге сәйкес АС-50/8 маркалы алюминий-болат сым таңдалды. Апаттық режимдегі тогы:

$$I_{\text{доп}} = 210 \text{ А}$$

Сымның қимасы есептеледі:

$$S_{\text{эк34}} = \frac{178.2}{1.5} = 118.8 \text{ мм}^2$$

Табылған мәнге сәйкес АС-120/19 маркалы алюминий-болат сым таңдалды. Апаттық режимдегі тогы:

$$I_{\text{доп}} = 390 \text{ А}$$

Таңдалған сым маркасы мен есептелген қиманың мәні туралы мәліметтер 1.2- кестеге жазылады.

**1.2 – кесте - Таңдалған сым маркасы мен есептелген қиманың мәні туралы мәліметтер**

Аймақтар	$I_{\text{ес}}$ , А	$S_{\text{эк34}}$ , мм <sup>2</sup>	Сым маркасы, мм <sup>2</sup>	$I_{\text{доп}}$ , А
0-1, L=170км	194.67	129.78	АС-150/24	450
1-2, L=20км	5.42	3.61	АС-10/1.8	84
2-3, L=80км	61.21	40.8	АС-50/8	210
3-4, L=75км	178.2	118.8	АС-120/19	390
4-1, L=40км	114.26	76.17	АС-95/16	330

Сымның параметрлері келесідей анықталады:

Меншікті активті кедергі, Ом/км

$$r_0 = \frac{\rho}{S} \tag{1.22}$$

Сымның радиусы, мм

$$r_{\text{сым}} = \frac{D_{\text{сым}}}{2} \tag{1.23}$$

Меншікті реактивті кедергі, Ом/км



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

Меншікті реактивті өткізгіштік, См/км

$$b_0 = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{lg \left( \frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым}}} \right)} \quad (1.25)$$

Сымдардың арасындағы орташа геометриялық арақашықтық мынаған тең

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

Желінің активті кедергісін келесі формула арқылы есептеледі

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

Желінің реактивті кедергісін келесі формула арқылы есептеледі

$$X_i = x_0 \cdot l \quad (1.28)$$

Желінің реактивті өткізгіштігін келесідей есептеледі

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

Желінің соңындағы зарядтық қуатты келесі формуламен есептеледі

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

0-1 аймағы үшін (1.22)-(1.30) формулалары арқылы салыстырмалы параметрлері есептелінеді:

$$r_{01} = \frac{31.52}{150} = 0.21 \text{ Ом/км}$$

$$r_{\text{сым } 01} = \frac{1.71}{2} = 0.855 \text{ см}$$

$$D_{\text{орт } 01} = \sqrt[3]{11 \cdot 11 \cdot 11} = 11 \text{ м} = 1100 \text{ см}$$

$$x_{01} = 0.144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым } 01}}\right) + 0.0157 = 0.144 \lg\left(\frac{1100}{0.855}\right) + 0.0157 = 0.463$$

$$b_{01} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg(D_{\text{орт}}/r_{\text{сым } 01})} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{1100}{0.855}\right)} = 2.438 \cdot 10^{-6} \text{ СМ/КМ}$$

$$R_{01} = r_{01} \cdot l = 0.21 \cdot 170 = 35.7 \text{ Ом}$$

$$X_{01} = x_{01} \cdot l = 0.463 \cdot 170 = 78.71 \text{ Ом}$$

$$B_{01} = b_{01} \cdot l = 2.438 \cdot 10^{-6} \cdot 170 = 441.46 \cdot 10^{-6} \text{ СМ}$$

$$Q_{01} = \frac{1}{2} U_{\text{ном}}^2 \cdot B_{01} = \frac{1}{2} \cdot 330^2 \cdot 441.46 \cdot 10^{-6} = 24.03 \text{ МВар}$$

1-2 аймағы үшін (1.22)-(1.30) формулалары арқылы салыстырмалы параметрлері есептелінеді:

$$r_{12} = \frac{31.52}{10} = 3.152 \text{ Ом/КМ}$$

$$r_{\text{сым } 12} = \frac{0.45}{2} = 0.225 \text{ СМ}$$

$$D_{\text{орт } 12} = \sqrt[3]{4 \cdot 4 \cdot 4} = 4 \text{ М} = 400 \text{ СМ}$$

$$x_{12} = 0.144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым } 12}}\right) + 0.0157 = 0.144 \lg\left(\frac{400}{0.225}\right) + 0.0157 = 0.483 \text{ Ом/КМ}$$

$$b_{12} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg(D_{\text{орт}}/r_{\text{сым } 01})} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{400}{0.225}\right)} = 2.333 \cdot 10^{-6} \text{ СМ/КМ}$$

$$R_{12} = r_{12} \cdot l = 3.152 \cdot 20 = 63.04 \text{ Ом}$$

$$X_{12} = x_{12} \cdot l = 0.483 \cdot 20 = 9.66 \text{ Ом}$$

$$B_{12} = b_{12} \cdot l = 2.333 \cdot 10^{-6} \cdot 20 = 46.66 \cdot 10^{-6} \text{ СМ}$$

$$Q_{12} = \frac{1}{2} U_{\text{ном}}^2 \cdot B_{12} = \frac{1}{2} \cdot 110^2 \cdot 46.66 \cdot 10^{-6} = 0.28 \text{ МВар}$$

2-3 аймағы үшін (1.22)-(1.30) формулалары арқылы салыстырмалы параметрлері есептелінеді:

$$r_{23} = \frac{31.52}{50} = 0.63 \text{ Ом/км}$$

$$r_{\text{сым } 23} = \frac{0.96}{2} = 0.48 \text{ см}$$

$$D_{\text{орт } 23} = \sqrt[3]{8 \cdot 8 \cdot 8} = 8\text{м} = 800 \text{ см}$$

$$\begin{aligned} x_{23} &= 0.144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым } 23}}\right) + 0.0157 = 0.144 \lg\left(\frac{800}{0.48}\right) + 0.0157 = \\ &= 0.479 \text{ Ом/км} \end{aligned}$$

$$b_{23} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg(D_{\text{орт}}/r_{\text{сым } 23})} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{800}{0.48}\right)} = 2.353 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}$$

$$R_{23} = r_{23} \cdot l = 0.63 \cdot 80 = 50.4 \text{ Ом}$$

$$X_{23} = x_{23} \cdot l = 0.479 \cdot 80 = 38.32 \text{ Ом}$$

$$B_{23} = b_{23} \cdot l = 2.353 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 188.24 \cdot 10^{-6} \text{ См}$$

$$Q_{23} = \frac{1}{2} U_{\text{ном}}^2 \cdot B_{01} = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 188.24 \cdot 10^{-6} = 4.55 \text{ МВар}$$

3-4 аймағы үшін (1.22)-(1.30) формулалары арқылы салыстырмалы параметрлері есептелінеді

$$r_{34} = \frac{31.52}{120} = 0.262 \text{ Ом/км}$$

$$r_{\text{сым } 34} = \frac{1.52}{2} = 0.76 \text{ см}$$

$$D_{\text{орт } 34} = \sqrt[3]{8 \cdot 8 \cdot 8} = 8\text{м} = 800 \text{ см}$$

$$x_{34} = 0.144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым } 34}}\right) + 0.0157 = 0.144 \lg\left(\frac{800}{0.76}\right) + 0.0157 = 0.45 \text{ Ом/км}$$

$$b_{34} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg(D_{\text{орт}}/r_{\text{сым } 34})} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{800}{0.76}\right)} = 2.508 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}$$

$$R_{34} = r_{34} \cdot l = 0.262 \cdot 75 = 19.65 \text{ Ом}$$

$$X_{34} = x_{34} \cdot l = 0.45 \cdot 75 = 33.75 \text{ Ом}$$

$$B_{34} = b_{34} \cdot l = 2.508 \cdot 10^{-6} \cdot 75 = 188.1 \cdot 10^{-6} \text{ См}$$

$$Q_{34} = \frac{1}{2} U_{\text{ном}}^2 \cdot B_{34} = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 188.1 \cdot 10^{-6} = 4.55 \text{ МВар}$$

4-1 аймағы үшін (1.22)-(1.30) формулалары арқылы салыстырмалы параметрлері есептелінеді:

$$r_{41} = \frac{31.52}{95} = 0.331 \text{ Ом/км}$$

$$r_{\text{сым } 41} = \frac{1.35}{2} = 0.675 \text{ см}$$

$$D_{\text{орт } 41} = \sqrt[3]{8 \cdot 8 \cdot 8} = 8 \text{ м} = 800 \text{ см}$$

$$\begin{aligned} x_{41} &= 0.144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым } 41}}\right) + 0.0157 = 0.144 \lg\left(\frac{800}{0.675}\right) + 0.0157 = \\ &= 0.458 \text{ Ом/км} \end{aligned}$$

$$b_{41} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg(D_{\text{орт}}/r_{\text{сым } 41})} = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(\frac{800}{0.675}\right)} = 2.466 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}$$

$$R_{41} = r_{41} \cdot l = 0.331 \cdot 40 = 13.24 \text{ Ом}$$

$$X_{41} = x_{41} \cdot l = 0.458 \cdot 40 = 18.32 \text{ Ом}$$

$$B_{41} = b_{41} \cdot l = 2.466 \cdot 10^{-6} \cdot 40 = 98.64 \cdot 10^{-6} \text{ См}$$

$$Q_{41} = \frac{1}{2} U_{\text{ном}}^2 \cdot B_{41} = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 98.64 \cdot 10^{-6} = 2.38 \text{ МВар}$$

Тұйықталған жүйенің электр беріліс желісінің параметрлері 1.3-кестеде көрсетілген.

### 1.3-кесте-Тұйықталған жүйенің электр беріліс желісінің параметрлері

Аймақтар	$r_n$ , Ом/км	$R_n$ , Ом	$x_n$ , Ом/км	$X_n$ , Ом	$b_n$ , См/км	$B_n$ , См	$Q_{сн}^k$ , МВар
0-1, L=170км	0.21	35.7	0.463	78.71	$2.438 \cdot 10^{-6}$	$441.46 \cdot 10^{-6}$	24.03
1-2, L=20км	3.152	63.04	0.483	9.66	$2.333 \cdot 10^{-6}$	$46.66 \cdot 10^{-6}$	0.28
2-3, L=80км	0.63	50.4	0.479	38.32	$2.353 \cdot 10^{-6}$	$188.24 \cdot 10^{-6}$	4.55
3-4, L=75км	0.262	19.65	0.45	33.75	$2.508 \cdot 10^{-6}$	$188.1 \cdot 10^{-6}$	4.55
4-1, L=40км	0.331	13.24	0.458	18.32	$2.466 \cdot 10^{-6}$	$98.64 \cdot 10^{-6}$	2.38

### 1.7 Тұйықталған жүйе үшін электр беріліс желілерінің максималды жүктемелердегі алмастыру сұлбасы және шығындары

1-2 аймақ үшін (1.6)-(1.11) формулаларын пайдалана отырып, есептеледі:

$$S_{12} = 0.93 + j(0.451 - 0.28) = 0.93 + j 0.171$$

$$\Delta P_{12} = \frac{0.93^2 + 0.171^2}{110^2} \cdot 63.04 = 0.0045 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{12} = \frac{0.93^2 + 0.171^2}{110^2} \cdot 9.66 = 0.00069 \text{ МВт}$$

$$S_{12} = (0.93 + 0.0045) + j(0.171 + 0.00069) = 0.9345 + j 0.17169$$

$$S_{12} = 0.9345 + j(0.17169 - 0.28) = 0.9345 + j 0.6545$$

2-3 аймақ үшін (1.6)-(1.11) формулаларын пайдалана отырып, есептеледі:

$$S_{23} = 20.93 + j(10.151 - 4.55) = 20.93 + j 5.601$$

$$\Delta P_{23} = \frac{20.93^2 + 5.601^2}{220^2} \cdot 50.4 = 0.488 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{23} = \frac{20.93^2 + 5.601^2}{220^2} \cdot 38.32 = 0.371 \text{ МВт}$$

$$S_{23} = (20.93 + 0.488) + j(5.601 + 0.371) = 21.418 + j 5.972$$

$$S_{23} = 21.418 + j(5.972 - 4.55) = 21.418 + j 1.422$$

3-4 аймақ үшін (1.6)-(1.11) формулаларын пайдалана отырып, есептеледі:

$$S_{34} = 59.069 + j(28.648 - 4.55) = 59.069 + j 24.098$$

$$\Delta P_{34} = \frac{59.069^2 + 24.098^2}{220^2} \cdot 19.65 = 1.652 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{34} = \frac{59.069^2 + 24.098^2}{220^2} \cdot 33.75 = 2.837 \text{ МВт}$$

$$S_{34} = (59.069 + 1.652) + j(24.098 + 2.837) = 60.721 + j 26.935$$

$$S_{34} = 60.721 + j(26.935 - 4.55) = 60.721 + j 22.385$$

1-4 аймақ үшін (1.6)-(1.11) формулаларын пайдалана отырып, есептеледі:

$$S_{14} = 39.069 + j(18.948 - 2.38) = 39.069 + j 16.568$$

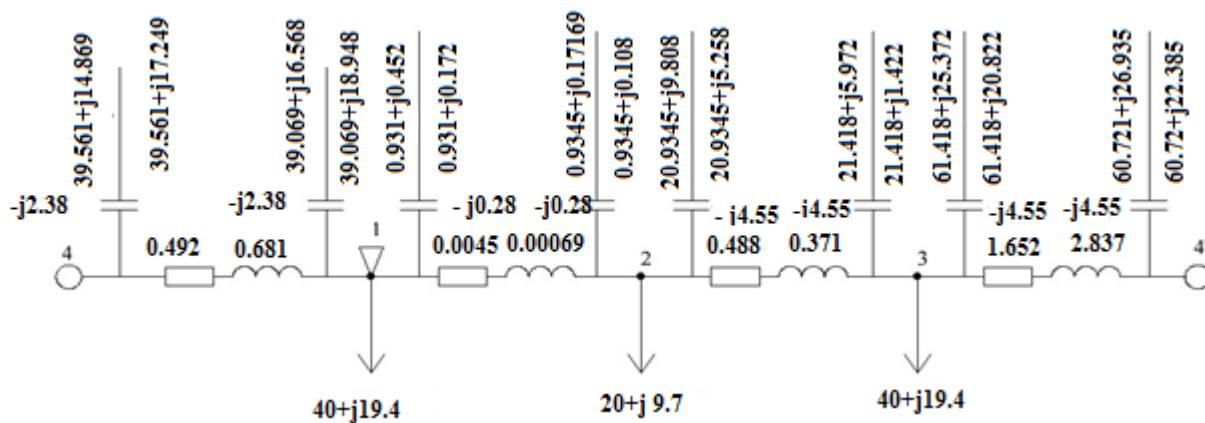
$$\Delta P_{14} = \frac{39.069^2 + 16.568^2}{220^2} \cdot 13.24 = 0.492 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{14} = \frac{39.069^2 + 16.568^2}{220^2} \cdot 18.32 = 0.681 \text{ МВт}$$

$$S_{14} = (39.069 + 0.492) + j(16.568 + 0.681) = 39.561 + j 17.249$$

$$S_{14} = 39.561 + j(17.249 - 2.38) = 39.561 + j 14.869$$

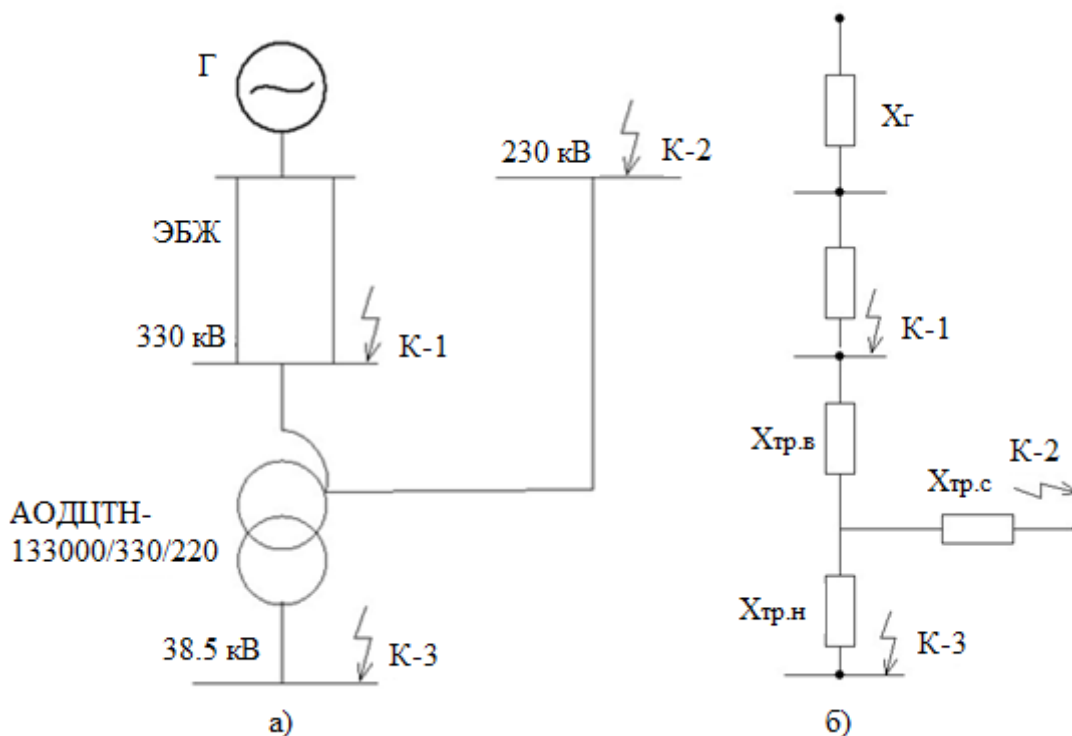
Тұйықталған желінің қуат шығынының сұлбасы 1.7-суретте көрсетілген.



1.7-сурет-Тұйықталған желінің қуат шығынының сұлбасы

**1.8 Желідегі қысқа тұйықталу тогын табу және параметрлеріне сәйкес аппараттар тандау (ҚТ)**

Апаттық режимді орындауға тандап алынған аймақ А-І. Оның структуралық сұлбасы мен алмастыру сұлбасы 1.8-суретте көрсетілген.



1.8-сурет- Апаттық режим орындалатын аймақтың структуралық (а) және алмастыру сұлбасы (б)

Салыстырмалы бірлікте базистік қуат

Базистік кернеу

$$S_6 = 100 \text{ МВА}$$

$$U_{\text{баз KI}} = 330 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{баз KI}} = 230 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{баз KI}} = 38.5 \text{ кВ}$$

**1.4-кесте–АОДЦТН-330000/330/220 типті автотрансформаторының паспорттық берілгені**

Трансформатор типі	Сном, МВА	Реттеу шектері	Каталогты берілгендері								
			Уном.орам, кВ			Uк, %			Рк.т, кВт	Рб. ж кВ т	I,%
			ЖК	ОК	ТК	Ж-О	Ж-Т	О-Т			
АОДЦТН-133000 / 330 / 220	133	-12% ÷ +10%	330	230	38.5	9	60	48	280	55	0.4

Генератордың кедергісі

$$X_{Г*} = x'_d \frac{S_6}{S_{НГ}} \quad (1.33)$$

мұндағы  $X_{Г*}$  - генератор кедергісі  
 $x'_d$  - аса өтпелі индуктивті кедергі  
 $S_6$  - базистік қуат, МВА  
 $S_{НГ}$  - генератордың номиналды қуаты, МВА

(1.33) формулаға сәйкес

$$X_{Г*} = 0.3 \cdot \frac{100}{133} = 0.225$$

Желілердің кедергілері:

$$X_L = x_0 l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} \quad (1.34)$$

(1.34) формулаға сәйкес



$$X_{\text{л}} = 0.4 \cdot 170 \cdot \frac{100}{330^2} = 0.062$$

Трансформатордың кедергілері

$$X_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{нт}}} \quad (1.35)$$

мұндағы  $X_{\text{тр}}$ -трансформатордың кедергілері;

$U_{\text{кз}}$ -трансформатордың қысқа тұйықталу кернеуі;

$S_{\text{нт}}$ -трансформатордың қуаты.

Әр орамның қысқа тұйықталу кернеулері анықталады

$$U_{\text{к1}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк-ок})} + U_{(\text{жк-тк})} - U_{(\text{ок-тк})}) \quad (1.36)$$

$$U_{\text{к1}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк-ок})} + U_{(\text{жк-тк})} - U_{(\text{ок-тк})})$$

$$U_{\text{к1}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк-ок})} + U_{(\text{жк-тк})} - U_{(\text{ок-тк})})$$

(1.36) формулаға сәйкес

$$U_{\text{к1}} = 0.5 \cdot (9 + 60 - 48) = 21\%$$

$$U_{\text{к2}} = 0.5 \cdot (48 + 9 - 60) = -1.5\% \approx 0\%$$

$$U_{\text{к3}} = 0.5 \cdot (60 + 48 - 9) = 49.5\%$$

(1.35) формулаға сәйкес

$$X_{\text{тж}} = \frac{21 \cdot 100}{100 \cdot 133} = 0.157$$

$$X_{\text{то}} = 0$$

$$X_{\text{тт}} = \frac{49.5 \cdot 100}{100 \cdot 133} = 0.372$$

Қысқа тұйықталу нүктесіне дейінгі нәтижелік кедергі

$$X_{\text{резб*}} = X_{\text{г*}} = 0.225 \quad (1.37)$$

$$x_{\text{кос2}} = X_{\Gamma^*} + X_{\text{Л}} + X_{\text{ТЖ}} + X_{\text{ТО}} \quad (1.38)$$

(1.37)-(1.38) формулаларға сәйкес

$$X_{\text{резб}^*} = 0.225 + 0.062 + 0.157 + 0 = 0.444$$

$$x_{\text{кос3}} = X_{\Gamma^*} + X_{\text{Л}} + X_{\text{ТЖ}} + X_{\text{ТТ}} \quad (1.39)$$

(1.39) формулаға сәйкес

$$X_{\text{резб}^*} = 0.124 + 0.062 + 0.157 + 0.372 = 0.715$$

Нүктелердегі базистік токты табу

$$I_{\text{б1}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б}}} \quad (1.40)$$

(1.40) формулаға сәйкес

$$I_{\text{б1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 330} = 0.175 \text{ кА}$$

$$I_{\text{б2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 230} = 0.251 \text{ кА}$$

$$I_{\text{б3}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 38.5} = 1.501 \text{ кА}$$

К1 және К2 нүктелердің ҚТ токтары

$$I_{\text{к3}} = \frac{I_{\text{б}}}{X_{\text{рез}}} \quad (1.41)$$

(1.41) формулаға сәйкес

$$I_{\text{к-1}} = \frac{0.175}{0.225} = 0.777 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к-2}} = \frac{0.251}{0.444} = 0.565 \text{ кА}$$

$$I_{к-3} = \frac{1.501}{0.715} = 2.099 \text{ кА}$$

Қысқа тұйықталу тогынан пайда болатын соққы токтар:

$$i_{y.t=0} = k_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{кз t=0} \quad (1.42)$$

(1.42) формулаға сәйкес

$$i_{y.t=0} = 1.78 \cdot \sqrt{2} \cdot 0.777 = 1.95 \text{ кА}$$

$$i_{y.t=\infty} = 1.78 \cdot \sqrt{2} \cdot 0.565 = 1.418 \text{ кА}$$

$$i_{y.t=\infty} = 1.78 \cdot \sqrt{2} \cdot 2.099 = 5.268 \text{ кА}$$

Трансформатордың (1.31) формула бойынша жоғарғы және төменгі орамдарындағы есептік токтары

$$I_{расч} = \frac{133000}{\sqrt{3} \cdot 330} = 232.96 \text{ А}$$

$$I_{расч} = \frac{133000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 334.25 \text{ А}$$

$$I_{расч} = \frac{133000}{\sqrt{3} \cdot 38.5} = 1996.84 \text{ А}$$

Барлық есептелініп шығарылған мәндердің топтастырылған жиынтығы 1.5 - кестеде көрсетілген.

### 1.5-кесте – Қысқа тұйықталу болған аймақтың параметрлері

Нүкте/ Параметр	К1	К2	К3
$U_{ж}$	330 кВ	230 кВ	38.5 кВ
$I_б$	0.175 кА	0.251 кА	1.501кА
$I_{ҚТ}$	0.777 кА	0.565 кА	2.099 кА
$i_{соққы}$	1.95 кА	1.418 кА	5.268 кА
$I_{ес}$	232.96 А	334.25 А	1996.84 А

## 1.9 Есептелген параметрлер бойынша электр аппараттарын таңдау

Аппараттар мен өткізгіштерді таңдағанда, олардың қандай жағдайда жұмыс істей алуынан бастайды, олардың құрылысы ішке (жабық) және сыртқа (ашық) орналастыру талаптарын қанағаттандыру керек.

Ажыратқыштар шамадан тыс жүктеме, қысқа тұйықталу, қорек кернеуінің шамадан тыс төмендеуі, қуат бағытының өзгеруі және т.б. кезінде электр тізбегін автоматты ажырату үшін, сондай-ақ жүктеменің номиналды тогын қолмен сирек қосу және ажырату үшін қызмет етеді. Әсер ететін шаманың түріне байланысты автоматтар ток бойынша ең жоғары автоматтарға, ток бойынша ең аз автоматтарға, кернеу бойынша ең аз автоматтарға, кері ток автоматтарына, туынды ток бойынша жұмыс істейтін ең жоғары автоматтарға, поляризацияланған ең жоғары автоматтарға және кез келген бағытта токтың өсуіне әсер ететін толық емес автоматтарға бөлінеді. Кез келген автоматта келесі негізгі бөліктер бар: ток өткізгіш тізбек, доға сөндіргіш жүйе, автомат жетегі, автомат механизмі, еркін ажырату механизмі және қорғаныс элементтері - ажыратқыштар. Автоматтардың негізгі параметрлері: ажыратудың өзіндік және толық уақыты, номиналды ұзақ ток, номиналды кернеу, ажыратудың шекті тогы болып табылады. Автоматты ажыратудың өзіндік уақыты ток  $I_{cp}$  іске қосылу тогының мәніне жеткен сәттен оның түйіспелерінің алшақтығы басталғанға дейінгі уақытты түсінеді. Түйіспелердің алшақтығынан кейін пайда болған электр доғасы қалған жабдық үшін қауіп төндірмейтін аса кернеумен ең аз уақытта өшірілуі тиіс.

Айырғыштар жоғары кернеу тізбегін қосу және ажырату үшін не номиналдан аз токтар кезінде, не номиналды ток ажыратылған жағдайда қызмет етеді, бірақ аппараттың контактілеріндегі кернеу доғаның пайда болуы үшін жеткіліксіз. Айырғыштарға мынадай талаптар қойылады:

1) Байланыс жүйесі ұзақ уақыт бойы номиналды токты сенімді түрде өткізіп тұруы тиіс. Аса ауыр жағдайларда судың, шаңның, мұздың әсеріне ұшырайтын сыртқы қондырғылардың айырғыштары жұмыс істейді. Байланыс жүйесінің қажетті динамикалық және термиялық төзімділігі болуы тиіс.

2) Айырғыш және оның жетегінің тетігі қысқа тұйықталу тогы аққан кезде қосылған күйде сенімді түрде ұсталуға тиіс. Ажыратылған жағдайда жылжымалы байланыс сенімді бекітілуі тиіс, өйткені өздігінен қосылу өте ауыр авариялар мен адам құрбандарына әкелуі мүмкін.

3) Айырғыштың ерекше роліне байланысты ашық түйіспелер арасындағы аралық қауіпсіздік аппараты ретінде жоғары электр беріктігі болуы тиіс.

4) Айырғыштың жетегін ажыратқышпен блоктау керек. Ажыратқышпен операция айырғыш өшірілгенде ғана мүмкін болуы тиіс.

K1, K2, K3 нүктелеріне таңдалған ажыратқыштар мен айырғыштар, ток трансформаторы келесі кестелерде көрсетілген.

### 1.6-кесте – К1 нүктесіне таңдалған аспаптар

Таңдау шарты	Есептелген мәндер	Каталогтағы берілгендер		
		Ажыратқыш АББ-362 РМ	Айырғыш РГ-330/ 2000 УХЛ1	Ток трансформаторы ТОГФ-330 (УХЛ1)
$U_{\text{Ж}} \leq U_{\text{Н}}, \text{кВ}$	330	330	330	330
$I_{\text{есеп}} \leq I_{\text{Н}}, \text{А}$	232.96	4000	2000	800
$I_{\text{кз}} \leq I_{\text{откл}}, \text{кА}$	0.777	50	100	-
$i_y \leq k_{\delta} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{н}}, \text{кА}$	1.95	125	-	64

### 1.7-кесте – К2 нүктесіне таңдалған аспаптар

Таңдау шарты	Есептелген мәндер	Каталогтағы берілгендер		
		Ажыратқыш НРЛ 300В1	Айырғыш РПВ 220/2000	Ток трансформаторы ТОГФ-220
$U_{\text{Ж}} \leq U_{\text{Н}}, \text{кВ}$	230	275	230	230
$I_{\text{есеп}} \leq I_{\text{Н}}, \text{А}$	334.25	4000	2000	500
$I_{\text{кз}} \leq I_{\text{откл}}, \text{кА}$	0.565	63	125	-
$i_y \leq k_{\delta} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{н}}, \text{кА}$	1.418	63	-	64

### 1.8-кесте – К3 нүктесіне таңдалған аспаптар

Таңдау шарты	Есептелген мәндер	Каталогтағы берілгендер		
		Ажыратқыш 48РМ31-30	Айырғыш ЕДВ-52	Ток трансформаторы GIF 12-40.5
$U_{\text{Ж}} \leq U_{\text{Н}}, \text{кВ}$	38.5	48	52	40.5
$I_{\text{есеп}} \leq I_{\text{Н}}, \text{А}$	1996.84	3000	4000	2000
$I_{\text{кз}} \leq I_{\text{откл}}, \text{кА}$	2.099	31.5	80	-
$i_y \leq k_{\delta} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{н}}, \text{кА}$	5.268	82	-	1000

Кернеу трансформаторларын таңдау. Бұл аспаптар өз шарттарына

байланысты таңдалады және сақтау және қорғау аспаптарының қорек көзі ретінде электротехникада маңызды орынға ие аспаптарға жатады. 1.9-кестеде кернеу трансформаторының таңдалуы көрсетілген.

### 1.9-кесте–Кернеу трансформаторларының таңдалуы

Типі	U,кВ	Орамдардағы кернеу, кВ біріншілік	Номиналды қуат,ВА 0,5 класс	Шектелген қуат,ВА
НКФ-330-73 У1(Т1)	330	$330/\sqrt{3}$	400	2000
НКФ-220-58	220	$220/\sqrt{3}$	400	2000
НКФ-110-58	110	$110/\sqrt{3}$	400	2000

### 1.10 Әуе электр беріліс желісі үшін тірек материалын таңдау

Есептелетін ӘЭБЖ номиналды кернеуі 220 кВ болғандықтан, техника – экономикалық көрсеткіш бойынша ең тиімді электр желісі үшін темірбетонды тіректер қолданылады.

Бүгінгі таңда темірбетоннан жасалған тіректер - көптеген ұйымдардың әуе желісін орнату үшін таңдалады және барлық әуе электр беру желілерінің 70% - дан астамын құрайды. Мұндай тіректер салыстырмалы түрде арзан, жоғары типизацияға және бірізділікке ие. Темірбетон тіректері өте берік және ұзақ қызмет ету мерзімі бар (40 жылға дейін), оларды пайдалану кезінде үлкен шығындарды талап етпейді. Оны құрастыру ағаш тіректі құрастырудан гөрі салыстырмалы қарапайымдылыққа ие. Арматураны бұзудан сақтау үшін оны битуммен жабады, бұл құрылысты ылғалдан және басқа да қауіпті факторлардан сақтайды.

Темірбетонды тіректер үлкен массаға ие, бұл монтаждау жұмыстарындағы қолайсыздықтар қатарына жатады. Бұйымның массивтілігіне байланысты ауыр жабдықты (крандар және т.б.) қолдану қажет, оның көмегімен темір бетон тіректерін құрастыру және орнату жүргізіледі.

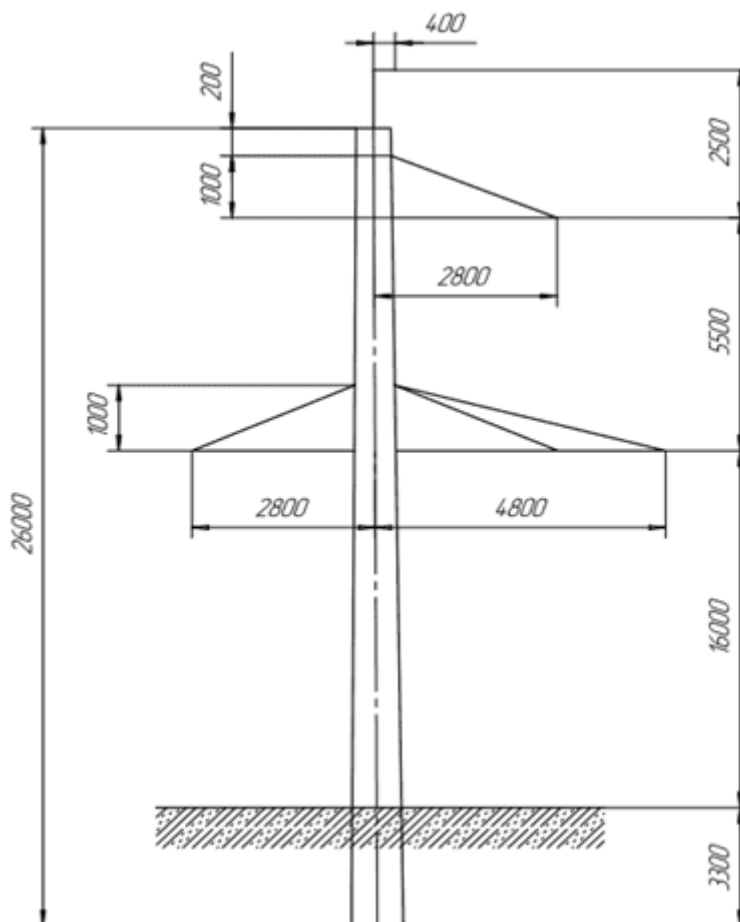
Темірбетонды тіректерде созылу кезінде негізгі күш болат арматураға, сығылу кезінде-бетонға түседі. Болаттың және бетонның температуралық созылу коэффициенті шамамен бірдей болады, темірбетонда температура өзгерісі кезінде ішкі кернеулердің пайда болуын жояды.

Темірбетонның артықшылығы металл бөлігін коррозиядан берік қорғау болса, кемшілігі онда жарықтардың пайда болуы. Таңдаған тірек мәндері 1.10-кестеде көрсетілген.

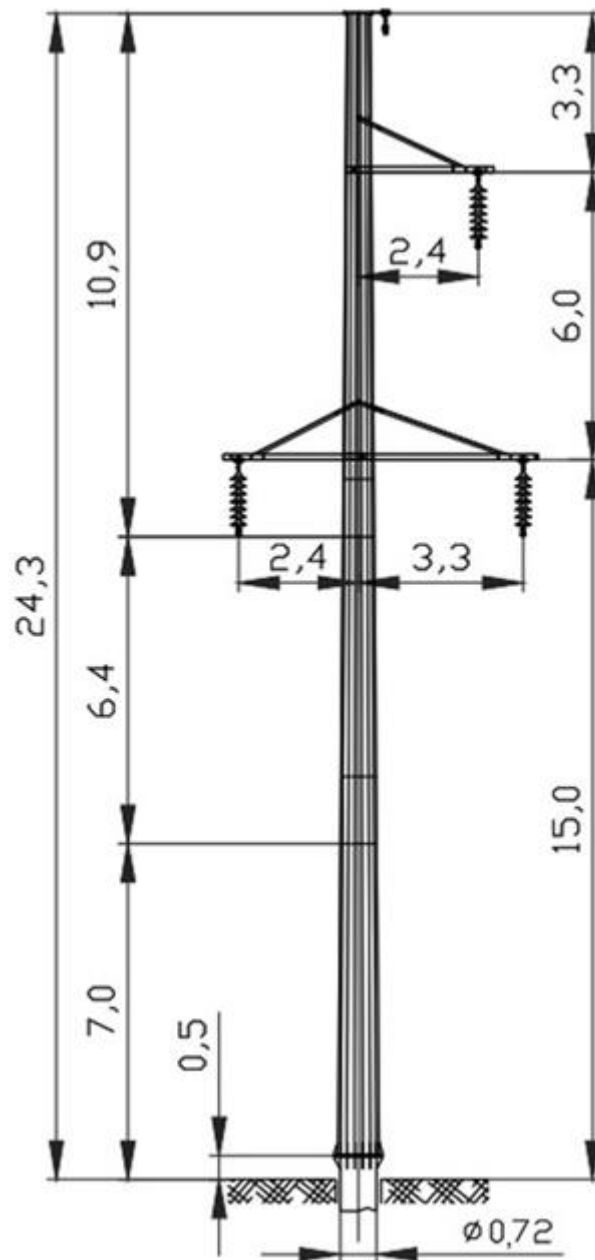
### 1.10-кесте - Тіректердің паспорттық мәліметері

Номинал кернеуі $U_H, кВ$	Тіректердің құрылымы мен мәні	Тіректің маркасы	Мұз қату аймағы	Темірбетон көлемі, м <sup>3</sup>	Тіректің биіктігі, м
220	П-1ц-с	ПБ220-3	I-IV	2.517	25.5
110	П-1ц-с	ПБ110-2	I-IV	2.517	24.3

Таңдалған тіректердің құрылымдық сұлбалары 1.9-1.10-суреттерде көрсетілген.



**1.9-сурет - Тізбекті кернеуі 220 кВ-қа арналған темірбетонды ПБ220-3 типті бір тізбекті тіректің құрылымдық сұлбасы**



**1.10-сурет–Тізбекті кернеуі 110 кв-қа арналған темірбетонды бір тізбекті тіректің құрылымдық сұлбасы**

Бұл бөлімде электр торабын жобалаудың есебі көрсетілген. Тұйықталған жүйеде есептеу жүргізілді, қосалқы станцияларға трансформаторлар таңдалды, трансформатордың кедергілері және шығындары есептелді, ЭБЖ қималары есептеліп, соған сәйкес сымның маркасы таңдалды. Сонымен қатар қысқа тұйықталу тогы есептеліп, электр аппараттары таңдалды және тіректер таңдалды.



## **2 Арнайы бөлім. Резервті автоматты қосу**

### **2.1 Автоматиканың мақсаты мен түрлері**

Электр энергетикалық жүйелерді аварияға қарсы басқарудың - аварияға қарсы автоматиканың техникалық құралдарының мақсаты - "...энергия жүйесінде авариялық процестердің пайда болуы мен дамуының алдын алу және қалыпты режимдерді қалпына келтіруді жеделдету..." болып табылады. Аварияға қарсы автоматика ұзақ уақытқа және апатты салдарға әкеп соқтыратын едәуір аумақта электрмен жабдықтаудың бұзылуы бар жалпы энергетикалық жүйе апаттарын болдырмайды.

Аварияға қарсы басқару техникасына ең алдымен электр энергетикалық жүйеде болмай қоймайтын қысқа тұйықталудан автоматты қорғаудың техникалық құралдары, зақымдалған электр энергетикалық объектілерді ажырататын релелік қорғаныстың автоматты құрылғылары жатады. Қысқа тұйықталу қаупіне байланысты релелік қорғаныстың автоматты құрылғысының негізгі қасиеттері олардың орналасуын және тиісті ажыратқышты ажыратуға әрекет етуін жылдам анықтау болып табылады. Сондықтан релелік қорғаныстың қазіргі заманғы автоматты құрылғылары өте күрделі және сым бойынша ұйымдастырылған жоғары жиілікті немесе ақпарат алмасудың талшықты-оптикалық арналарын пайдаланады. Олардың ішіндегі ең жылдам әрекет етуші өнеркәсіптік жиіліктің бір кезеңінің ұзақтығы ішінде аварияға қарсы басқару әсерлерін өндіреді. Бірақ аварияға қарсы басқару әсерлері үнемі зақымдалған электр энергетикалық объектілердің қазіргі күрделі тез әрекет ететін ажыратқыштарымен орындалмайды. Сондықтан релелік қорғаныстың автоматты құрылғылары ажыратқыштардың істен шығуларын резервтеудің автоматты құрылғыларымен толықтырылады. Олар қорек көзі жағынан ажыратылмайтын зақымданғандарға жақын жердегі ақаусыз электр энергетикалық объектілерді ажыратады, ажыратқышты ажыратудың өзіндік уақытынан кем емес баяулайды. Электр энергетикалық жүйеге кері әсер ауырлатындығына қарамастан, қысқа тұйықталу токтарының пайда болуының басында және кернеудің күшті төмендеуінен, релелік қорғаныстың автоматты құрылғылары мен ажыратқыштардың істен шығуларын резервтеу құрылғыларымен әрекет ете отырып, әдетте, авариялық жағдайдың дамуын болдырмайды.

Релелік қорғаныстың автоматты құрылғылары электр энергетикасының қалыптасуының басында пайда болды және ажыратқыштардың істен шығуларын резервтеу құрылғыларымен бірге дами отырып, аварияға қарсы басқару автоматикасының жеке аймағына бөлінді.

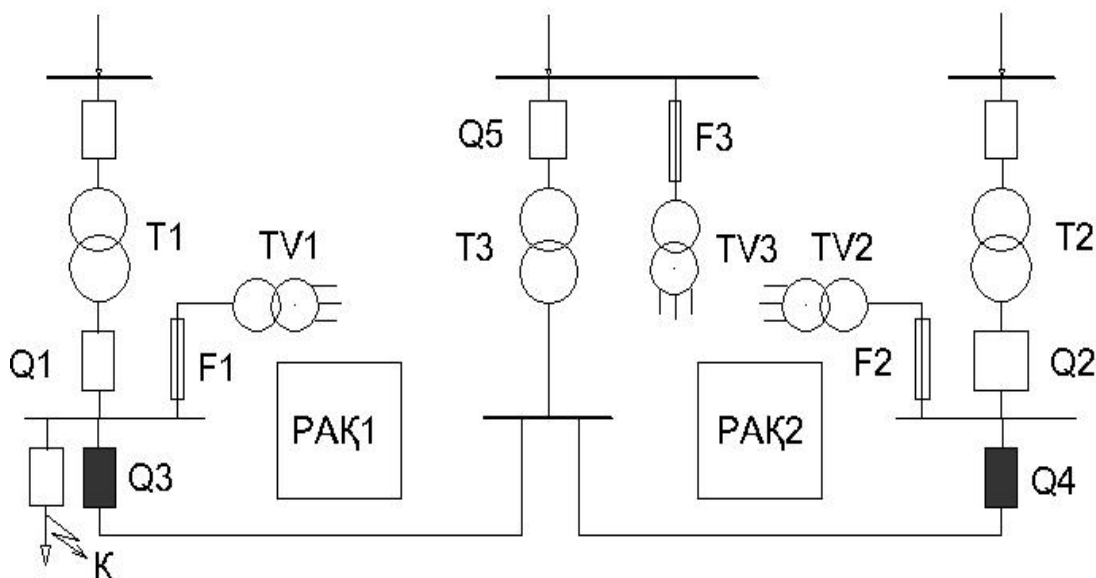
Аварияға қарсы автоматикаға электр энергетикасының күрделенуіне - біріккен және бірыңғай электр энергетикалық жүйелердің құрылуына қарай жетілдірілгендер жатады - қысқа тұйықталудан кем емес қауіпті, электр энергетикалық жүйеге, біріккен электр энергетикалық жүйеге және бірыңғай

электр энергетикалық жүйеге әсер ететін релелік қорғаныстың автоматты құрылғыларының әрекетінен кейін авариялық жағдайлардың дамуының алдын алудың ерекше техникалық құралдары: қуаттар теңгерімінің кенеттен секіріс тәрізді бұзылуын туындататын қуатты генерациялайтын және қатты тиелген магистральдық электр беру желілерін ажырату, бұл әдетте авариялардың дамуына алып келеді.

Ең алдымен ажыратылған релелік қорғаныстың автоматты құрылғысының немесе тиісінше кері әсерді жоюға тырысатын резервтік ажыратқыштардың қайта және резервтік қосылу автоматикасы жұмыс істейді. Автоматты қайта қосу жоғары тиімділік электр беріліс желілерінің (әсіресе әуе) ажыратқыштарында, электр станциялары мен қосалқы станциялар шиналарының шиналары мен секцияларында, трансформаторларда және тіпті синхронды генераторларда оны орнату міндеттілігіне себепші болды. Автоматты қайта қосу тиімділігі доғалы қысқа тұйықталудың (әсіресе жерге бір фазалы) тұрақсыздығымен (өздігінен өтуімен) байланысты. Сондықтан аса жоғары кернеу желілерінде үшфазалы кернеуден басқа жерге бірфазалы қысқа тұйықталу бар сым релелік қорғанысының ажыратылған автоматты қайта қосылуы қолданылады.

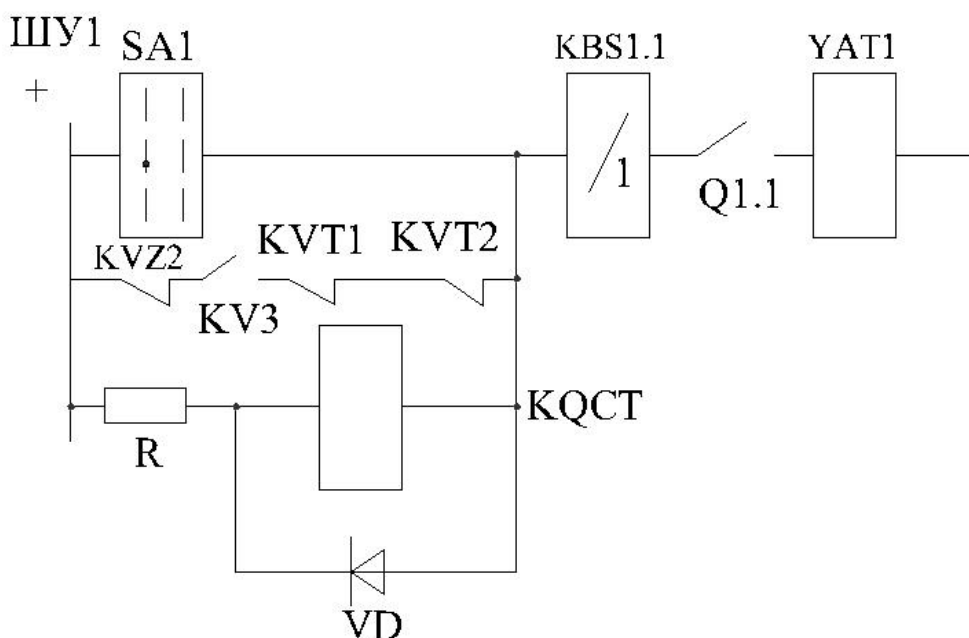
## 2.2 Аварияға қарсы автоматты құрылғыларды резервті қосу

2.1-суретте бірінші секцияның қоректенуін резервтейтін жылу электр стансасының өзіндік мұқтаждықтарының РАҚ трансформаторының (Т1 трансформаторы) РАҚ1 құрылғысының типтік сұлбасының бөлігі келтірілген.



2.1-сурет- Электр станциясының өзіндік мұқтаждарын қоректендіру сұлбасы

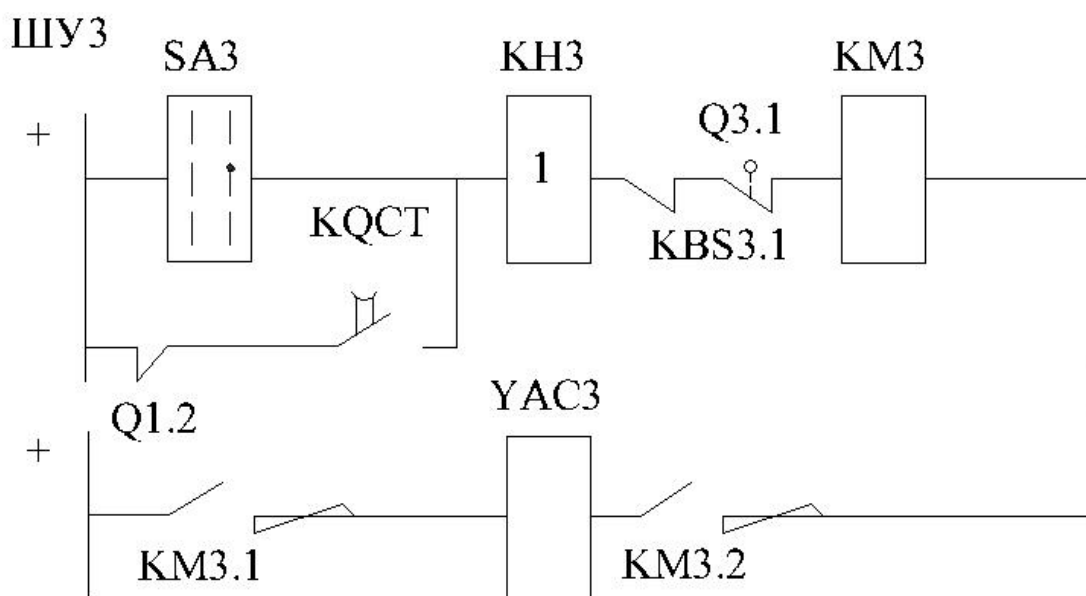
Трансформаторлардың өзіндік мұқтаждықтарының Q1 жұмыстық T1 және Q3 резервтік трансформаторларын басқару тізбектерінің фрагменті (2.1, 2.2, 2.3-суреттері) (Q5 ажыратқышы қосылған кезде) РАҚ құрылғысының релелік-контактілі атқарушы бөлігі туралы айтылған суреттермен сипатталады. КQCT әрекетінің бір реттік электромагниттік релесі (Q1 қосылған күйін бекіту релесі) жұмыс трансформаторының ажыратқышын басқару тізбегіне қосылған (2.2-сурет) және қозғалған, өйткені сигналдық байланыс Q1.1 сигнал контактісі жабылды (Q1 ажыратқышы қосылған). KM3 контакторының орама тізбегінде резервтік ажыратқышты қосу YAC3 электр магнитін басқару (2.3-суреті) ажыратқыш сигналдық байланыс Q1.2 және тұйықтаушы, жоғарыда көрсетілген  $t_{3.0}$  босату кідірісімен шайылып кетеді, бір реттік әрекет КQCT релесі - резервтік трансформатордың Q3 ажыратқышын қосу тізбегі дайындалған, бірақ Q1.2 контактімен ажыратылады.



**2.2-сурет-Жұмысшы тізбекті ажыратуды басқару тізбегі**

Q1 (YAT1 ажырату электромагнитімен) жұмыс ажыратқышын ажыратқан кезде оның Q1 сигналдық байланыстары Q1.1 және Q1.2 ауысу-күй сызбасында көрсетілген күйге келеді. КQCT электромагниттік релесінің орамы Q1.1 контактімен ШУ1 басқару шиналарынан ажыратылады, бірақ токтан ажыратылмайды: VD диоды арқылы оның зәкірін  $t_{3.0}$  уақыты ішінде созылған күйде ұстап тұратын, жоғалған магниттік реле ағынына байланысты экспоненциалды өшетін ток айналады. Бұл уақыт Q3 резервтік ажыратқыштың бір ғана қосылуы үшін жеткілікті, Q1.2 контактісі арқылы YAC3 қосу электр магнитінің тізбегінде KM3 контакторы қозады (2.3-сурет.), оның байланыстары KM3.1 және KM3.2 тұйықталады. Схемаларда KBS1.1 екі орамының бірі (ток орамасы) көрсетілген (2.2-суреті) және

КBS1.3 контактісі (2.3-суреті) Q1 және Q3 ажыратқыштарының мүмкін болатын көп мәрте қосылуын болдырмау релесі, атап айтқанда SA1, SA3 басқару кілттері: нүктелермен көрсетілген олардың тізбектерінің тұйықталған күйі "өшіру" Q1 және "қосу" Q3 ережелеріне сәйкес келеді.

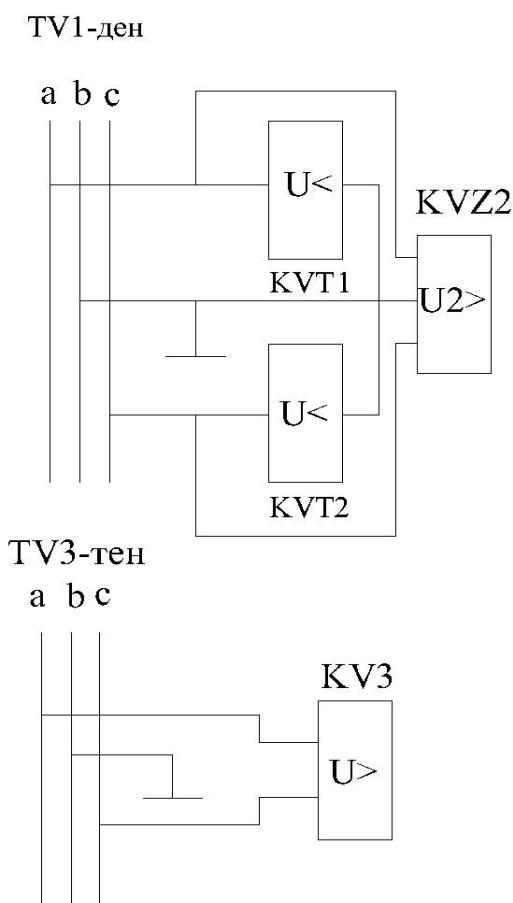


### 2.3-сурет-Резервтік (Q3) ажыратқыштардың бірін қосуды басқару тізбегі

2.4-суретте TV1 кернеудің бастапқы өлшеу трансформаторының екінші реттік тізбектеріне қосылған KVT1, KVT2 уақыт ұстанымымен кернеудің ең аз өлшеу релесі және KVZ<sub>2</sub> кері тізбектегі кернеу сүзгі-релесі бар кернеудің іске қосу органының сұлбалары келтірілген (2.1-сурет) және резервтік көз кернеуін бақылау, F3 сақтандырғышымен қорғалған TV3 кернеу трансформаторына қосылған KV3 кернеуінің максималды өлшеу релесі. Олардың байланыстары-тұйықтаушы KV3 және ажыратушы KVT1, KVT2 және KVZ<sub>2</sub> — жұмыс көзінің кернеуі басқа себептер бойынша (Q1 ажыратудан басқа) жоғалғанда Q1 жұмыс ажыратқышының ажырату тізбегін жинайды.

Іске қосу органы KVT1, KVT2 екі релемен орындалған және TV1 өлшеуіш трансформаторын қосу тізбегінде F1 сақтандырғыш фазаларының бірінің балқымалы ендіrmесі жанған кезде оның артық іске қосылуын болдырмау үшін KVZ<sub>2</sub> сүзгі-релесі толықтырылған. Олардың біреуі әрекет етеді: KVT1 немесе KVT2 немесе кірістіру фазасын еріту кезінде бірдей болуы мүмкін. Бірақ бұл ретте KVZ<sub>2</sub> кері тізбектегі кернеу фильтр-релесі іске қосылады және Q1 ажыратқышын ажыратуға жол бермейді. Кернеудің жоғалуы кезінде барлық үш реле қозғалмайды және олардың контактілері жабылады, KV3 релесі TV3 шығысы арқылы қуатталады және KV3 контактісі де жабық - Q1 өшіріледі және Q3 қосылады.

Ең төменгі өлшеу релесін баптау қысқа тұйықтау болған кезде тежелген электрқозғалтқыштың өзін-өзі іске қосу процесінің басында шиналардағы ең аз кернеудің әсерімен оларды қозған күйге нақты қайтару шарты бойынша жүргізіледі, ал KV3 ең жоғары реленің іске қосылу кернеуі және KVZ<sub>2</sub> сүзгі-релесі қалыпты режимнің ең аз кернеуінде нақты іске қосылу шарттары бойынша және кері тізбектегі кернеу сүзгісінің шығуында теңгерімнің мүмкін ең үлкен кернеуінде іске қосылу шарттары бойынша орнатылады.



#### 2.4-сурет- Ең аз кернеудің іске қосу органының және резервтік қорек көзінің кернеуін бақылау KV3 максималды релесі

KVT1, KVT2 релесінің уақыт ұсталуы қысқа тұйықталу кезінде резервті автоматты қосудың артық іс-қимылдарының алдын алу талаптарымен анықталады, оларды ажыратқаннан кейін жұмыс көзінің кернеуі қалпына келтіріледі, мысалы, кабель желісінің шиналарынан шығатын (2.1-сурет К нүктесі) және релелік қорғаныстың автоматты құрылғысын ажыратуға үлкен максималды әрекет ету уақыты таңдалады. Оң секцияның РАҚ 2 схемасы (2.1-суреті) ұқсас.

### 2.3 РАҚ құрылғыларының тағайыншамаларын таңдау

РАҚ құрылғыларының тағайыншамалары астында бірінші кезекте әрбір РАҚ құрылғысының құрамына кіретін ең аз кернеуді қорғау тағайыншамалары болып табылады. Бұдан басқа, РАҚ схемаларында қосалқы релелер қатары бар (мысалы, схеманы қайтару релесі, импульстің ұзақтығын шектеу релесі және т.б.), олар үшін тағайыншамаларды таңдау қажет.

*Минималды кернеуді қорғау.* Ең аз кернеуді қорғау үшін келесі тағайыншамалар таңдалады:

*кернеудің жұмыс істеуі,* яғни қорғалатын аймақта кернеудің жоғалуын бақылайтын реле якорінің кернеуі жоғалады;

*іске қосылу уақыты,* яғни желінің қорғалатын учаскесіндегі кернеудің жоғалу сәті мен негізгі қоректендіргішті ажыратуға импульс беру арасындағы уақыт;

*басқару кернеуі,* яғни реле қайтарылатын кернеу, резервтік қуат көзінде кернеудің болуын бақылайды.

Кернеудің жоғалуын бақылайтын реле ол толық жоғалғанда немесе тұтынушылардың қалыпты жұмысы қамтамасыз етілмейтін шамаға дейін төмендегенде босатылуы тиіс. Осы тұрғыдан алғанда,  $(0.5 \div 0.6)U_{\text{ном}}$  кернеу бойынша тағайыншаманы қабылдауға болады.

Алайда, ең аз кернеуді қорғау кезінде ол 35-220 кВ қоректендіргіш желісіндегі зақымданулар кезінде мүмкіндігінше әрекетке келмеуін, сондай-ақ кернеу тізбектеріндегі сақтандырғыштардың бірінің жануы кезінде іске қосылуын қамтамасыз етуге ұмтылады. Сондықтан реле іске қосылу кернеуін  $(0.25 \div 0.4)U_{\text{ном}}$  аралығында реттеу керек. Кернеудің бар болуын бақылау релесінің тағайыншамалары жаңа жүктемені резервтік көзге қосу кезінде тежелген қозғалтқыштардың (шиналардың секциясынан немесе кернеуді жоғалтқан желілерден қоректенетін) өздігінен іске қосылуы қамтамасыз етілу үшін номиналды кернеуге жақын болуы мүмкін.

Бұл жағдайда шектеуші бақылау релесінің қалыпты жағдайда сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету талабы болып табылады. Ең төменгі кернеу релесі  $k_B 1.18-1.25$  екенін ескере отырып, қабылданады:

$$U_{c.a} < \frac{U_{\text{мин}}}{k_{\text{и}}k_{\text{в}}} = \frac{0.9U_{\text{ном}}}{1.1(1.18 \div 1.25)} = (0.7 \div 0.65)U_{\text{ном}}. \quad (2.1)$$

Қазіргі уақытта қорғалатын учаскеде кернеудің жоғалуын бақылау және резервте тұрған көзде кернеудің болуын бақылау бір реледе жүзеге асырылатын схемалар кең таралған. Бұл мақсаттар үшін кернеу релесі емес, уақыт релесі құлайтын зәкір қолданылады. Мұндай сұлбаларда іске қосылу кернеуі және қорғаныс бақылау кернеуі пайдаланылған реленің қайтару параметрлерімен анықталады және іс жүзінде реттелмейді.

Ажыратқыштары бар схемаларда РАҚ үшін:

$$t_1 \geq t_{\text{защ2}} + t_{\text{откл в1}} + t_{\text{вкл в2}} + \Delta t_1 + \Delta t_2 + t_{\text{ср рн}} + t_{\text{зап}} \quad (2.2)$$

мұндағы  $t_1$  – қарастырылатын қорғау параметрі;  
 $t_{\text{защ2}}$  – келісілген жоғары қорғау параметрлері;  
 $t_{\text{откл в1}}$  – жоғары тұрған қосалқы станциядағы негізгі қоректену ажыратқышын ажырату уақыты;  
 $t_{\text{вкл в2}}$  – жоғары тұрған қосалқы станцияда резервтік қоректену ажыратқышын қосу уақыты;  
 $\Delta t_1$  және  $\Delta t_2$  – уақыт релесінің тағайыншамадан іске қосылу уақытының максималды ауытқуы;  
 $t_{\text{ср рн}}$  – реленің іске қосылу уақыты;  
 $t_{\text{зап}}$  – қор уақыты.

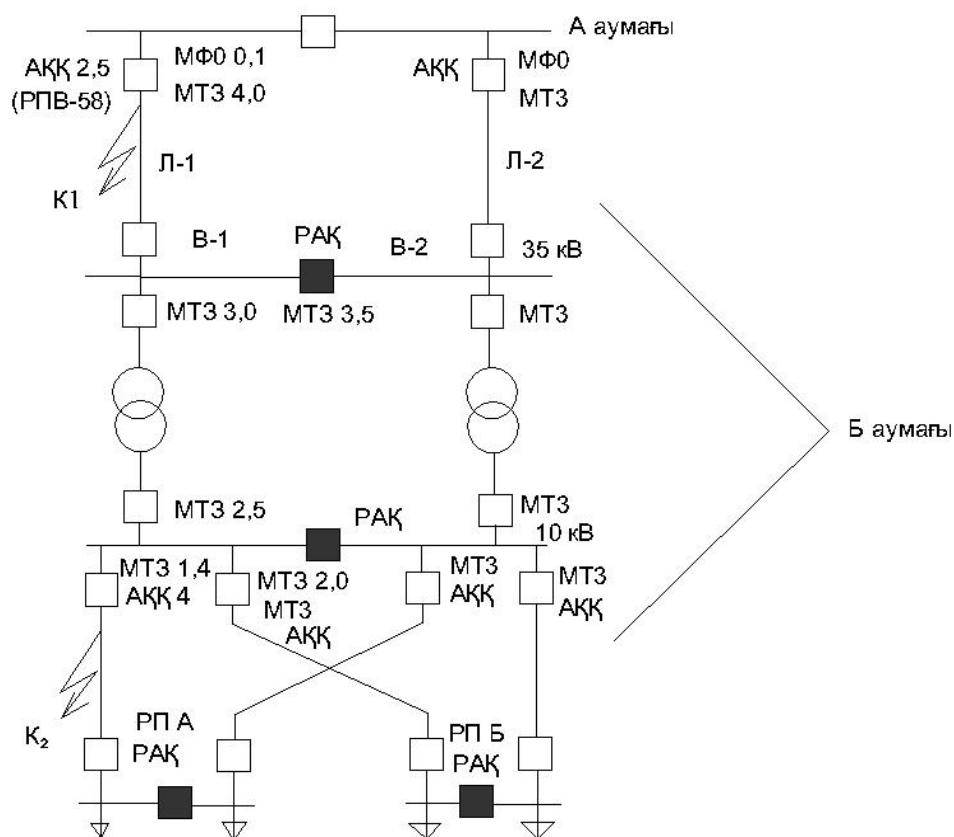
Келтірілген формула тек негізгі және резервтік қоректендірудің ажыратқыштары ғана қатысатын қарапайым РАҚ сұлбасы үшін жасалған. Мұндай формула әрбір нақты РАҚ схемасы үшін жасалуы мүмкін. Мысалы, ажыратқыштарда РАҚ құрылғысы үшін, РАҚ іске қосылғанда ажыратылады және одан кейін төмен кернеу жағында ажыратқыштарды кері қосу, ажыратқыштарды қосу және ажырату уақыттары ескерілуі тиіс, ал  $t_{\text{откл в1}}$  және  $t_{\text{вкл в2}}$  шамаларының орнына бөлгіштердің әрекет ету уақыттары қойылуы тиіс.

Ең аз кернеудің екі қорғанысының уақыт ұстанымдарын келісу үшін формулаға кіретін шамаларды бағалаймыз. Ажыратқыштың ажырату уақыты шамамен 0,1 сек құрайды, қосу уақыты-0,4-0,6 сек (6-10 кВ ажыратқыштары үшін) 1 сек (35-110-220 кВ ажыратқыштары үшін). Өшіру уақыты, іске қосылу тағайыншамасынан уақыт релесі үшін 9-секундтық реле 0,125 сек, 20-секундтық - 0,4 сек. Кернеуді бақылайтын реленің іске қосылу уақыты (0,03 сек), елемеуге болады. Қор уақыты - 1 сек. Сонда

$$\begin{aligned} t_1 &= t_{\text{защ2}} + 0.1 + (0.4 - 1.0) + 2(0.125 - 0.4) + 1.0 = \\ &= t_{\text{защ2}} + (1.76 - 2.9) \end{aligned} \quad (2.3)$$

*Ең аз кернеуді қорғау тағайыншамаларын таңдау үлгісі*

2.5-суретте көрсетілген желі учаскесі қарастырылады, онда желі қорғанысының әрекет ету уақыты және АҚҚ тағайыншамалары көрсетілген.



**2.5-сурет-Электр желісі учаскесінің сұлбасы РАҚ тағайыншамаларын таңдау мысалы**

Ажыратқыштардың қосылу уақыттары 10 кВ - 0,4 с, 35 кВ - 0,6 с деп қабылданады, барлық ажыратқыштардың өшу уақыты 0,1 с; қор уақыты 1 с.

1) 35 кВ секциялық ажыратқыштың РАҚ құрылғысының ең аз кернеуін қорғау уақытының сақталуын таңдау.

Қорғаныс қоректендіретін желінің АҚҚ циклімен келісіледі. Қоректендіргіш желі екі қорғаныс сатысына ие болғандықтан ( $t_1 = 0.1$  с және  $t_2 = 4$  с) және желі соңы екінші сатымен қорғалады,  $t_{защ} = 4$  с деп қабылданады. Мұндай уақыт ұстанымы тек 9 секунд уақыт релесіне тең болуы мүмкін,  $\Delta t_{защ} = 0.125$  с.

РПВ-58 типті АҚҚ құрылғысында 9 с -  $\Delta t_{АПВ} = 0.125$  с уақыт релесі қолданылды. Ең төменгі кернеуді қорғау үшін ЭВ-235 релесін  $\Delta t_1 = 0.125$  с қолдану болжанады:

$$t_{защ\ 35} > t_{защ} + t_{АПВ} + t_{откл} + t_{вкл} + \Delta t_{защ} + \Delta t_{АПВ} + \Delta t_1 + t_{зап} \quad (2.4)$$

$$= 4 + 2.5 + 0.1 + 0.6 + 3 \cdot 0.125 + 1 = 8.575 \text{ с};$$

Жуықтап,  $t=8.6$  с деп аламыз.

2) 10 кВ секциялық ажыратқыштың РАҚ құрылғысының минималды кернеуін қорғау уақытының сақталуын таңдау.



35 кВ секциялық минималды ажыратқыштағы кернеуді қорғауға арналған уақыт кешігуі 8,6 с. Тізбекте ЭВ-235 релесі қолданылғандықтан,  $\Delta t_{35} = 0.125$  с. РАҚ 10 кВ схемасында ЭВ-245 уақыт релесін пайдалану болжанады, себебі күтілетін уақыт ұстанымы 9 с-тан жоғары

$$t_{10} > t_{35} + t_{\text{откл в1}} + t_{\text{вкл в2}} + \Delta t_{10} + \Delta t_{35} + \Delta t_1 + t_{\text{зап}} = \quad (2.5)$$

$$= 8.6 + 0.1 + 0.6 + 0.4 + 0.125 + 1 = 10.825 \text{ с};$$

Жуықтап,  $t=10.9$  с деп аламыз.

3) 10кВ тораптағы тарату пункттерінің секциялық ажыратқыштарындағы ең аз кернеудің қорғанысының іске қосылу уақытын таңдау (РПА, РПБ).

а) 10 кВ желісінің АҚҚ циклімен келісу шарты бойынша 10 кВ желінің қорғанысында 3,5 с -  $\Delta t_{\text{защ}} = 0.06$  с уақыт релесі; 10 кВ АҚҚ желісінде 9 с -  $\Delta t_{\text{АПВ}} = 0.125$  с уақыт релесі; АВР ең аз кернеуін РП-да қорғауда 20с -  $\Delta t_{\text{РП}} = 0.4$  с уақыт релесі қолданылды.

$$t_{\text{РП}} \geq t_{\text{защ}} + t_{\text{АПВ}} + t_{\text{откл}} + t_{\text{вкл}} + \Delta t_{\text{защ}} + \Delta t_{\text{АПВ}} + \Delta t_{\text{РП}} + t_{\text{зап}} = \quad (2.6)$$

$$= 1.4 + 4 + 0.1 + 0.4 + 0.06 + 0.125 + 0.4 + 1 = 7.431 \text{ с} \approx 7.5 \text{ с}.$$

б) Б қосалқы станциясының 10 кВ секциялық ажыратқыштың ең аз кернеуін қорғаумен келісу шарты бойынша.

Аппаратураның параметрлері жоғарыда қарастырылған мысалдардан алынады:

$$t_{\text{РП}} \geq t_{10} + t_{\text{откл в1}} + t_{\text{вкл в2}} + \Delta t_{10} + \Delta t_{\text{РП}} + t_{\text{зап}} = \quad (2.7)$$

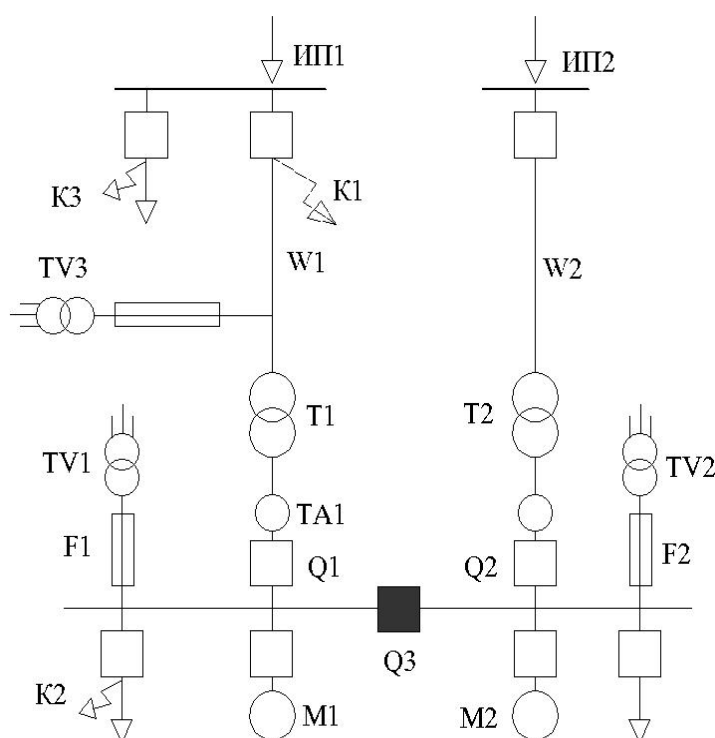
$$= 10.9 + 0.1 + 0.4 + 0.4 + 0.4 + 1 = 13.2 \text{ с}$$

Үлкен мән алынады  $t=13.2$  с.

Қарастырылған мысалдан көрініп тұрғандай, селективтілік шарттары бойынша таңдалған РАҚ әрекет ету уақытының мәні айтарлықтай үлкен 10-15 с болып табылады. Ол кезде автоматиканың селективті емес іске қосылу мүмкіндігін ескере отырып, тұтынушының талаптарын ескере отырып, РАҚ әрекет ету уақытын қабылдау керек. Бұл ретте, РАҚ селективті емес іске қосылғаннан кейін қалыпты схемаға автоматты түрде ауысуды орындау немесе жедел персоналдың ауыстырып қосуды жылдам жүргізу мүмкіндігін қамтамасыз ету қажет.

## 2.4 Жылдам әрекет ететін резервтік қоректендіру көздері

Жылдам әрекет ететін автоматты құрылғының функционалдык сұлбасы қосалқы станцияның секциялық резервтік ажыратқышын (ЖӘЕРАҚ) қосу (2.6-суреті) электр энергетикалық жүйенің екі бөлігінен (ИП1, ИП2 қоректендіру көздерінен) W1, W2 желілері бойынша қоректендіретін қуатты синхронды электрқозғалтқыштар M1, M2 су сорғыш немесе мұнай айдайтын станциялардың, олардың синхронизмнен түсуі РАҚ циклында магистральды құбырлардың үзілуімен гидравликалық соққыға әкеп соқтырады - экологиялық салдары бар аварияларға, 2.6-суретінде көрсетілген.

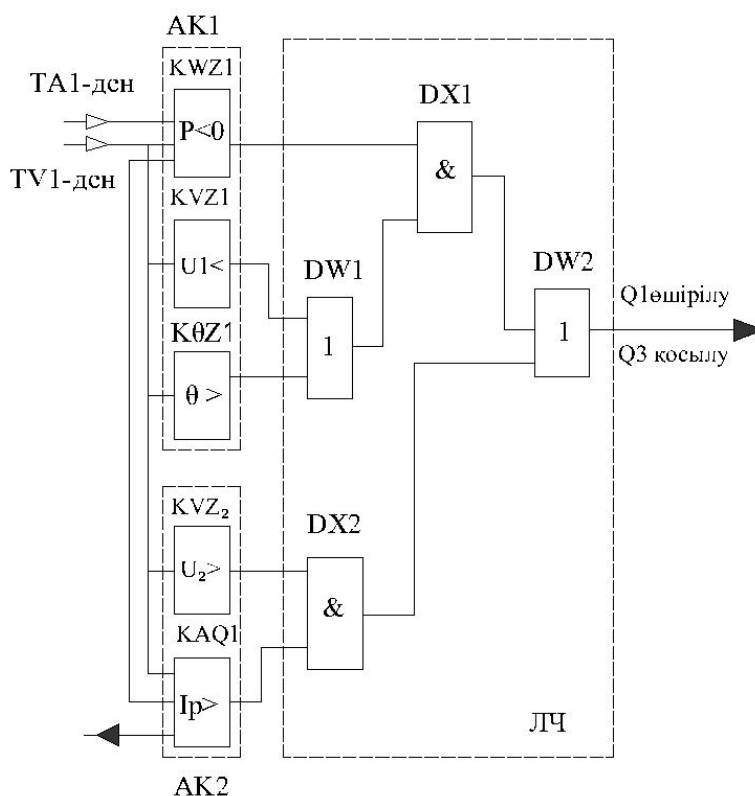


2.6-сурет- Қосалқы станцияның схемасы

Q3 секциялық ажыратқыштың резервін жылдам әрекет ететін автоматты қосудың жылдам әрекет ететін микроэлектронды құрылғысының іске қосу органы айтарлықтай күрделі (2.7-сурет). Ол логикалық бөлім арқылы әрекет ететін АК1 және АК2 өлшеуіш релесінің екі түрлі жиынтықтарынан тұрады, бір мезгілде резервтік (секциялық) Q3 қосу және екі трансформаторлық қосалқы станцияның жылдам әрекет ететін вакуумдық ажыратқыштарының тиісті жұмыс істейтін Q1 (немесе Q2) ажыратқыштарын ажырату (2.6-сурет).

Реле K1 бірінші жиынтығы (2.7-сурет) сол секцияның қоректенуі жоғалғанда, атап айтқанда жұмыс көзі тізбегіндегі үшфазалы қысқа тұйықталу кезінде, мысалы, W1 желісінде K1 іс-қимылға арналған. Ол  $U_1$  тура тізбектегі  $KVZ_1$  кернеудің өлшеуіш сүзгі-релесінен тұрады, тура тізбектегі  $KWZ_1$  активті қуаттың бағыты және қосалқы станция

шиналарының секцияларындағы кернеу арасындағы  $K\theta Z1$  фазасының жылжу бұрышы. Қалыпты режимде кернеу номиналды, фаза бойынша ығысу жоқ, ал қуат қуат көзінен жүктемеге бағытталған. Көрсетілген үш фазалы қысқа тұйықталу немесе ажыратқыштың ажыратылуы кезінде желінің таратушы шетінде кернеу төмендейді немесе жоғалады, синхронды электр қозғалтқыштарымен берілетін активті қуат қарама-қарсы бағытқа өзгереді. Электрқозғалтқыштардың шығысындағы кернеу арасындағы, айналу жиілігі азаятын, яғни резервтелетін (сол) және резервтелетін (оң) кернеулердің арасындағы кернеудің жылжу бұрышы  $\theta$  ұлғаяды:  $KZ1$  сүзгі-релесі  $F1, F2$  сақтандырғыштарымен қорғалған әр түрлі секциялардың  $TV1, TV2$  кернеудің өлшеуіш трансформаторларына қосылған.  $KVZ_1$  немесе  $K\theta Z_1$  сүзгісінің релесі немесе екеуі де қосылады (логикалық элемент  $DW1$ ) және  $KWZ_1$  ( $DX1$  логикалық элементі) және  $DW2$  логикалық элементі арқылы РАҚ әрекетінің жұмыс және резервтік қосқыштары құрылады.



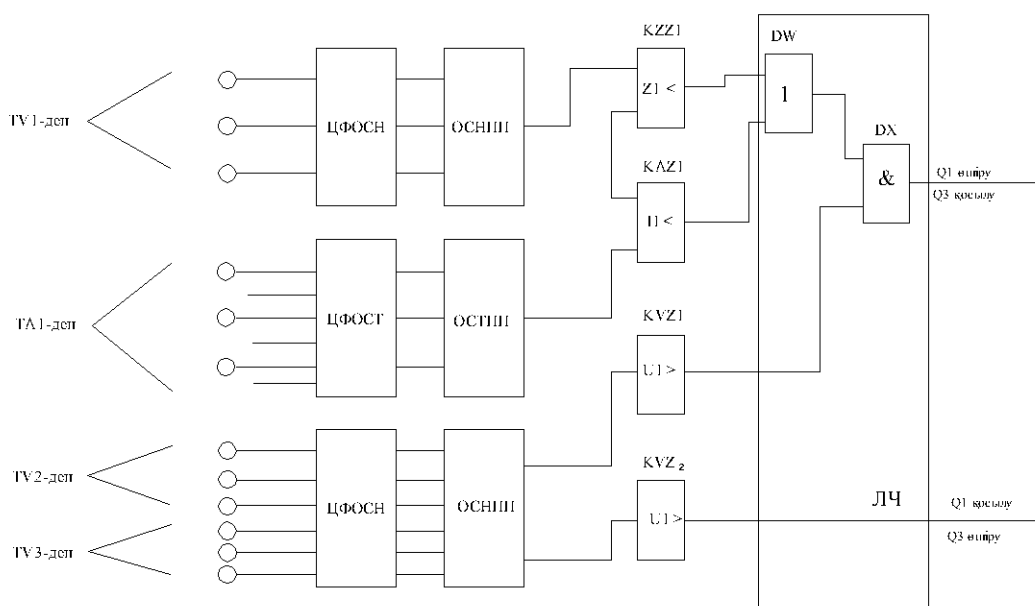
**2.7-сурет- Жылдам әрекет ететін РАҚ микроэлектронды құрылғысының функционалдық схемасы (б)**

Үшфазалы немесе екіфазалы қысқа тұйықталу шиналарының секциясынан шығатын ( $K2$ ) желілерінде, РАҚ талап етілмейтін жағдайда,  $KWZ_1$  сүзгі-релесі іске қосылмаған тікелей тізбектегі қуат бағыттары: электр қозғалтқыштар белсенді қуатты тұтынады және резервті тез әрекет ететін автоматты қосу іске қосылмайды.

Алайда, көрсетілген себеп бойынша ол РАҚ қажет болатын қуат көзі тізбектерінде симметриялы емес қысқа тұйықталу кезінде ( $K1$ ) іске

қосылмайды. Бұл ретте АК2 іске қосу релесінің екінші жинағы іске қосылады:  $KVZ_2$  кері тізбектегі кернеу фильтр-релесі және реактивті қуат немесе  $KAQ_1$  тура тізбектегі ток ( $DX2$  логикалық элементі).  $KVZ_2$  әрекеті анық, ал  $KAQ_1$  сүзгі-релесі реактивті токтың синхронды электр қозғалтқыштарының бірнеше есе өсуі салдарынан іске қосылады.

Қаралған іске қосу органы артық әрекет етеді және жұмыс көзінің электр желісіндегі қысқа тұйықталу кезінде  $Q1$  ажыратқышын ажыратады (мысалы,  $K3$  нүктесі),  $PAQ$  талап етілмесе: оның артық әрекеті орын алады.  $KWZ_1$  активті қуаттың бағыт релесі  $PAQ$  қажет симметриялы емес қысқа тұйықталу кезінде бас тартады. Сондықтан, әзірленген микропроцессорлық жылдам әрекет ететін  $PAQ$  іске қосу өлшеу органы бағытталған өлшеуіш  $KZZ_1$  кедергі сүзгі- релесінен және тура тізбектегі  $KAZ_1$  тогының ең аз фильтр-релесінен тұрады (2.8-сурет) резервтелетін секцияның кернеуінің өлшеуіш трансформаторларына қосылған, мысалы,  $TV1$  және  $TA1$  тогы (2.6-сурет).  $KZZ_1$  сүзгі-релесі тізбектердегі кез келген қысқа тұйықталу кезінде нақты іске қосылады ( $K1$ ) және шиналардың резервтелетін секциясынан ( $K2$ ) шығатын желілерде қысқа тұйықталу кезінде іске қоспайды, өйткені тура тізбектегі қуаттың бағыты (бағытталған реле) қалыпты режимде сияқты сақталады.  $KAZ_1$  сүзгі-релесі жоғалған кезде  $ЖӘЕРАҚ$  ( $DW$  логикалық элементі) іске қосады, мысалы, беру шетінің ажыратқышын ажырату салдарынан жұмыс желісі  $W1$  (2.6- сурет).



**2.8-сурет -Резервтің микропроцессорлық жылдам әрекет ететін автоматты қосылуының функционалдық сұлбасы**

Алайда,  $KZZ_1$  фильтрі релесі жұмыс көзі желісіндегі ( $K3$ ) қысқа тұйықталу мен жеткізу сызығында ( $K1$ ) қысқа тұйықталу арасында айырмашылығы жоқ -  $ЖӘЕРАҚ$ -дың шамадан тыс операциясы жойылмайды. Сондықтан жұмыс трансформаторының  $TV3$  кернеу трансформаторына

қосылған  $KVZ_2$  тура тізбектегі кернеу релесінің максималды өлшеуіш сүзгі-релесі қарастырылады (2.6-сурет) желідегі қ.т. ажыратылғаннан кейін және жұмыс көзінің кернеуін қалпына келтіргеннен кейін ЖӘЕРАҚ-ның артық әрекетін сөндіреді, соның ішінде жұмыс ажыратқышын қосады және резервтік ажыратқышты өшіреді.

Схемада (2.8-суретті қараңыз) резервтеуші секцияның TV2 кернеуінің өлшеуіш трансформаторына қосылған  $U_1$  тура тізбектегі кернеудің  $KVZ_1$  максималды фильтр-релесі де көрсетілген (2.6-сурет), ол кернеудің болуын бақылайды, сондықтан өлшеу бөлігіне автоматты құрылғы ЛЧ логикалық бөлігінің DX (И) элементі арқылы әрекет етеді.

Микропроцессорлық іске қосу органы іс жүзінде шексіз: фаза аралық кернеулердің ортогоналды құрауыштарын (ЦФОСН цифрлық қалыптауыштары) және фазалық токтардың айырмашылықтарын (ЦФОСТ цифрлық қалыптауыштары) қалыптастыру олардың аналогтық-цифрлық түрлендіргішпен дискретизациясының бір-екі аралығынан, ал ОСНПП және ОСТПП токтарының ортогоналды құрауыштарын түзуге тура ретпен және өлшеуіш реленің әрекетіне - дискретизацияның бір аралығына салынатын микропроцессордың есептеу уақыты ғана болады. Тез әрекет ететін вакуумдық ажыратқыштар кезінде микропроцессорлық ЖӘЕРАҚ оның аналогтық прототиптерінен әлдеқайда тиімді.

РАҚ микропроцессорлық құрылғылары соңғы уақытта әзірленген көпфункционалды интеграцияланған аварияға қарсы автоматиканың бағдарламалық құрылғыларының құрамына кіреді.

Бұл бөлімде РАҚ қалай іске асады, қалай жұмыс жасайтындығы туралы ақпараттар келтірілген. РАҚ тағайыншамаларын таңдауға есеп мысалы келтірілген. Сонымен қатар тез әрекет ететін РАҚ туралы да қарастырылып өтті .

### 3 Электр қауіпсіздігі

#### 3.1 Шу және дірілден қорғау шаралары

Өндірісте қолданылатын көптеген машиналар, механизмдер, құралдар кей жағдайларда біркелкі теңестіріліп құрылған агрегаттар болып келе бермейді. Сондықтан олардың жұмыс істеу барысында әдетте шу мен дірілдер пайда болады.

Шу мен діріл зияндылық болып есептеледі, организмге ұзақ уқыт бойы әсерін тигізетін болса денеде әртүрлі аурулар туғызуы мүмкін.

Шу адамның еңбекке қабылеттілігін азайтады, тез шаршаушылық пайда болады. Қатты шу бас ауыруы, қорқыныш сезім, ұйқы қашу, ашушандық, тұрақсыз эмоциялық күй тағы басқа жағымсыз жағдайлар туғызады. Шу адамның сергектігін, психикалық реакциясын, жұмыс кезінде қателіктерді көбейтеді бұның бәрі сәтсіз оқиғалар туғызуы мүмкін.

Шудың әсерінен адам ағзасында ең алдымен есту, жүйке, жүрек тамыр жүйесінің өзгерістері дамиды. Олардың айқындылығы шудың параметрлеріне, шу жағдайындағы жұмыс ету стажына, жұмыс уақытындағы шудың ұзақтығына және ағзаның сезімталдығына байланысты. Шуға психикалық реакциялар 30 дБ дыбыс деңгейімен пайда болады. Есту өткірлігінің төмендеуі шудың қарқындылығы 85 дБА болғанда бес жылдан кейін пайда болуы мүмкін. Жоғары деңгейдегі шудан қорғау үшін (110-120 дБ) шу деңгейін 5-35 дБ төмендететін құлаққаптар, сондай-ақ шуды жиілікке байланысты 17-40 дБ төмендететін бас бөлігін және құлақ қабыршақтарын жабатын шуға қарсы каскалар мен шлемдер қолданылады.

Жұмыс орындарындағы шуыл деңгейі қалалық және ауылдық елді мекендердегі атмосфералық ауаға, топыраққа және олардың қауіпсіздігіне, қалалық және ауылдық елді мекендердің аумақтарын күтіп-ұстауға, "халық денсаулығы және денсаулық сақтау жүйесі туралы" Қазақстан Республикасының 2009 жылғы 18 қыркүйектегі Кодексінің 144-бабының 6-тармағына сәйкес бекітілетін адамға әсер ететін физикалық факторлардың көздерімен жұмыс істеу жағдайларына қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптарда белгіленген рұқсат етілген мәндерден аспауы тиіс.

Дірілдердің салдарынан қажығанды бас айналып ауыруы, нерв қозуы, жүрек тамыр жүйесінде өзгерістер, қан тамырларының қысылып буындардың ауыруы, ұйқы қашуы, бұлшық еттердің зақымдануы, сүйектердің сырқырауы, ішкі мүшелердің орны қозғалуы тағы басқа паталогиялық өзгерістер туады. Бұл ауруларды тербеліс аурулары деп атайды. Олар тез жазылмайтын, созылмалы аурулардың қатарына жатады, ауыр түрінде адамның мүгедектігін туғызуы мүмкін. 2-30 Гц жиіліктері бар діріл аса қауіпті, себебі олар осы аралықта өз жиіліктері бар көптеген дене мүшелерінің резонанстық тербелістерін тудырады (2-8 Гц — қол және аяқ; 2-3 іш және ішек; 2-12 — кеуде қуысы; 12-27 — бас; 10 Гц - ми және т.б.).

Олардың таралу жолында дірілді азайту үшін вибродемпфирлеу, виброгашение және дірілді оқшаулау қолданылады. Дірілге қарсы күрес жөніндегі ұйымдастыру іс-шараларына еңбек режимдерін және демалысты ұтымды кезектестіру жатады.

Жұмыс орындарындағы дірілдің рұқсат етілген нормалары (діріл тудыратын жабдықтар) "Халық денсаулығы және денсаулық сақтау жүйесі туралы" Қазақстан Республикасының 2009 жылғы 18 қыркүйектегі Кодексінің 144-бабының 6-тармағына сәйкес бекітілетін қалалық және ауылдық елді мекендердегі атмосфералық ауаға қойылатын гигиеналық нормативтердің белгіленген мәндерінен аспауы тиіс.

Сонымен өндіріс шуы мен дірілдерге қарсы күрес кәсіпорындарында санитарлы-гигиеналық жағдайларды жақсарту проблемасының маңызды мәселелерінің бірі.

### 3.2 Найзағайдан қорғауды есептеу

Найзағайдан қорғанудың негізгі көрсеткіштері - найзағайдан қорғайтын құрылғылардың қорғаныс әрекетінің тиімділігі (сенімділігі) және найзағайдан қорғаудың объективтілігінің санатына жататын өнімділік көрсеткішінің функционалдық байланысы, оның ерекшеліктері мен найзағайдан түсіру параметрлері болып табылады. Найзағайдан қорғау объектісінің маңыздылығына, ғимараттың түріне, оның мақсатына, жарылғыш немесе тез тұтанатын заттардың болуына, экология, қоршаған орта және халық үшін қауіптілікке, ықтимал материалдық зиянға байланысты объектілер әдетте үш санатқа бөлінеді. I, II және III санаттағы найзағайдан қорғау объектілері үшін бір қорғаныс деңгейіне сәйкес келеді, ол сыртқы найзағайдан қорғау жүйесінің  $R_n$  тиімділігімен сипатталады.  $N_d$  жарықтың рұқсат етілген саны және  $R_n$  сыртқы найзағайдан қорғаудың талап етілетін тиімділігі объектінің қорғаныс деңгейін анықтайды.

Сенімділік дәрежесі бойынша қорғаудың аймақ типтері:

A – қорғау сенімділігінің дәрежесі – 99.5%

B – қорғау сенімділігінің дәрежесі – 95...99.5%

Есептеуде қолданылған найзағайдан қорғау параметрлері:

$h_0$  – стерженьді жайтартқыштың конусының ұшының биіктігі, м

$r_0, r_x$  – жер деңгейімен және қорғалатын ғимараттың биіктігімен алғандағы қорғау радиусы, м

$h_m$  – стерженьді найзағай қабыдағыштың биіктігі, м

$h_a$  – жайтартқыштың активті биіктігі, м

$\alpha$  – қорғау бұрышы, градус

$h_x$  – қорғалатын ғимараттың биіктігі, м

$2r_c, 2r_x$  – екілік стерженьді жайтартқыш аймақсының жер және қорғалатын объект биіктігінің деңгейімен алғанда орта бөлігінің ені, м

Берілгені:  $h = 50$  м,  $h_x = 16$  м,  $B = 20$  м,  $n = 6$  (км<sup>2</sup> · жыл)  
жайқорғағыш типі- бірстерженьді. Жай қорғағыш аймағының параметрін

анықтау және көрсету, қорғалатын объектінің аумақтық шамасын табу және объектінің мүмкін жеңілуін анықтау қажет.

1) А және В аймақтары үшін бір стерженьді жайтартқыш (м/з) параметрлерін анықтаймыз:

А аймағы үшін

$$h_0 = 0.85h = 0.85 \cdot 50 = 42.5\text{м} \quad (3.1)$$

$$r_0 = (1.1 - 2 \cdot 10^{-3}h)h = (1.1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 50) \cdot 50 = 50\text{м} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} r_x &= (1.1 - 2 \cdot 10^{-3}h)(h - 1.2h_x) = \\ &= (1.1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 50) \cdot (50 - 1.2 \cdot 16) = 50\text{м} \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$h_m = h - h_0 = 50 - 42.5 = 7.5\text{м} \quad (3.4)$$

$$h_a = h - h_x = 50 - 16 = 34\text{м} \quad (3.5)$$

$$\alpha^{(A)} = \arctg \frac{r_0}{h_0} = \arctg \frac{50}{42.5} = 49.6^\circ \quad (3.6)$$

Б аймағы үшін

$$h_0 = 0.92h = 0.92 \cdot 50 = 46\text{м} \quad (3.7)$$

$$r_0 = 1.5h = 1.5 \cdot 50 = 75\text{м} \quad (3.8)$$

$$r_x = 1.5(h - 1.1h_x) = 1.5 \cdot (50 - 1.1 \cdot 16) = 48.6\text{м} \quad (3.9)$$

$$h_m = h - h_0 = 50 - 46 = 4\text{м} \quad (3.10)$$

$$h_a = h - h_x = 50 - 16 = 34\text{м} \quad (3.11)$$

$$\alpha^{(B)} = \arctg \frac{r_0}{h_0} = \arctg \frac{75}{46} = 58^\circ \quad (3.12)$$

2) Әр жайтартқыш аймағының қорғалатын объектінің аумақтық шамалары табылады.  $\frac{B}{2}$  қашықтықта орта сызықтан паралельді сызық дөңгелекке дейін жүргізіледі  $r_x$ .

А аймағы үшін



$$\varphi^{(A)} = \arcsin \frac{B}{2r_x^{(A)}} = \arcsin \frac{20}{2 \cdot 30.8} = 18.9^\circ \quad (3.13)$$

$$\cos \varphi^{(A)} = \cos 18.9^\circ = 0.94 \quad (3.14)$$

$$A^{(A)} = 2r_x^{(A)} \cos \varphi^{(A)} = 2 \cdot 30.8 \cdot 0.94 = 58\text{м} \quad (3.15)$$

$$A \times B \times H = 58 \times 20 \times 16\text{м}$$

Б аймағы үшін

$$\varphi^{(B)} = \arcsin \frac{B}{2r_x^{(B)}} = \arcsin \frac{20}{2 \cdot 48.6} = 11.8^\circ \quad (3.16)$$

$$\cos \varphi^{(B)} = \cos 11.8^\circ = 0.97 \quad (3.17)$$

$$A^{(B)} = 2r_x^{(B)} \cos \varphi^{(B)} = 2 \cdot 48.6 \cdot 0.97 = 94\text{м} \quad (3.18)$$

$$A \times B \times H = 94 \times 20 \times 16\text{м}$$

3) Жайтартқыш жоқ жердегі аймақтағы қорғалатын ғимараттың жеңілу мүмкіндігі анықталады.

А аймағы үшін

$$\begin{aligned} N_A &= [(B + 6h_x)(A^{(A)} + 6h_x) - 7.7h_x^2]n \cdot 10^{-6} = \\ &= [(20 + 6 \cdot 16)(58 + 6 \cdot 16) - 7.7 \cdot 16^2] \cdot 7 \cdot 10^{-6} = \\ &= 11.12 \cdot 10^{-2} \end{aligned} \quad (3.19)$$

Б аймағы үшін

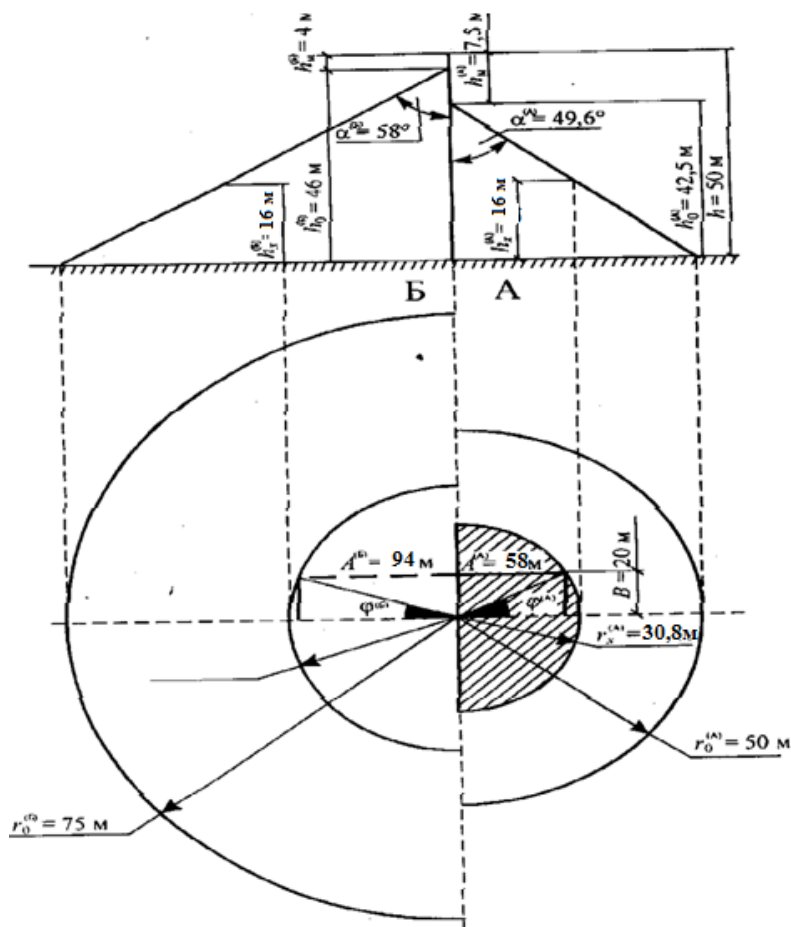
$$\begin{aligned} N_B &= [(B + 6h_x)(A^{(B)} + 6h_x) - 7.7h_x^2]n \cdot 10^{-6} = \\ &= [(20 + 6 \cdot 16)(94 + 6 \cdot 16) - 7.7 \cdot 16^2] \cdot 7 \cdot 10^{-6} = \\ &= 14.04 \cdot 10^{-2} \end{aligned} \quad (3.20)$$

Жауабы:

А аймағы үшін  $A \times B \times H = 58 \times 20 \times 16\text{м}$   $N_A = 11.12 \cdot 10^{-2}$  жеңілу

Б аймағы үшін  $A \times B \times H = 94 \times 20 \times 16\text{м}$   $N_B = 14.04 \cdot 10^{-2}$  жеңілу

Бір стерженьді жайтартқышқа арналған қорғау аймағы 3.1-суретте көрсетілген.



**3.1 – сурет - Бір стерженьді жайтартқышқа арналған қорғау аймағы,  $h = 50\text{ м}$**

Бұл бөлімде өндірісте орын алатын шу мен дірілдің адам ағзасына тигізетін зиянды әсерлері қарастырылды және бұл қауіптен қорғану шаралары қарастырылған. Сонымен қатар найзағайдан қорғау есебі қарастырылды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада кернеуі 220 кВ қосалқы станцияның тұтынушыларын қоректендіруші электр торабы жобаланды. Жұмыстың бірінші бөлімінде 4 қосалқы станцияларының берілген мәндері бойынша электрлік есебі жүргізілді. Осы қосалқы станциялардағы электр беріліс желісінің номинал кернеуіне және қуаттарына байланысты сәйкес трансформаторлар таңдалды. Әр қосалқы станцияға таңдалған трансформатордың қуат балансын, қуат шығындары есептелді. Қысқа тұйықталу тогын есептеп, соған байланысты ажыратқыш, айырғыш, ток және кернеу трансформаторлары таңдалды.

Арнайы бөлімде резервті автоматты қосу қалай жүзеге асатындығы, қандай жерлерде қойылатындығы, РАҚ құрылғыларына қойылатын талаптар жайында айтылған. РАҚ тағайыншамаларын таңдау жөнінде мысал есеп қарастырылған. Сонымен қатар жылдам әрекет ететін резервтік қоректендіру көздері туралы мәліметтер бар.

Еңбекті қорғау бөлімінде шу мен дірілдің адам ағзасы мен өміріне тигізетін қаупі баяндалды және осы қауіптен қорғану құрылғылары туралы да айтылып өтті. Сонымен қатар найзағайдан қорғау есебі жүргізілді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Блок В.М. Электрические системы и сети. М.: «Высшая школа», 1986-294 с.
- 2 Глазунов А.А., Электрические сети и системы, Госэнергоиздат, 1980 - 246 с.
- 3 Идельчик В.Н. Электрические системы и сети. М: Энергоатомиздат, 1989-251 с.
- 4 Овчаренко Н.И. Автоматика энергосистем: учебник для вузов.-3-е изд., / Н.И. Овчаренко ; под ред. чл.-корр. РАН, докт. техн. наук, проф. А.Ф. Дьякова. — М. : Издательский дом МЭИ, 2016. – 475 с.
- 5 Левченко М.Т., Хомяков М.Н. Автоматическое включение резерва. М.: «Энергия», 1971.
- 6 Киреева Э.А., Цырук С.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. – 3-е изд., - М.: Издательский центр «Академия», 2013.-282с.
- 7 Ленъков Ю.А., Ашимова А.К. Электрэнергетикалық жүйелердің автоматикасы. Алматы: «Эверо» баспасы, 2016.-196 б.
- 8 Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – 3-е изд.,-Л.: Энергоатомиздат, 1985-293 с.
- 9 Чунихин А.А. Электрические аппараты. - 3-е изд., М: Энергоатомиздат, 1988-707 с.
- 10 Барыбин Ю.Г., Л.Е. Федоров. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 465 с.
- 11 Справочник по проектированию электрических сетей / Под. ред. Файбисовича Д.Л.-М.: ЭНАС,2012. - 370 с.
- 12 Беляков Г.И., Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: Учебник для бакалавров / Г.И.Беляков.-М.: Юрайт, 2012.-572 с.

## Қысқартулар тізімі

РАҚ	- Резервті автоматты қосу
АҚҚ	- Автоматты қайта қосу
ҚТ	- Қысқа тұйықталу
ӘЭБЖ	- Әуелік электр беріліс желісі
АЖТ	- Автоматты жиілікті түрлендіру
ЭҚК	- Электр қозғаушы күш
ЖӘЕРАҚ	- Жылдам әрекет ететін резервті автоматты қосу
ЭҚТН	- Электр қауіпсіздік техникасының негіздері
ҚС	- Қосалқы станция
РАҚҚ	- Резервті автоматты қосу құрылғылары