

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӨТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

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

Энергетика кафедрасы

Сисен Дәулет Асқарұлы

220/35/10 кВ кернеуіндегі қосалқы станциясының релелік қорғанысы мен  
автоматикасы

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5В071800 – Электроэнергетика

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

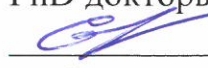
Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«14» 05 2019 ж.

## ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

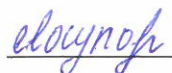
Тақырыбы: «220/35/10 кВ кернеуіндегі қосалқы станциясының релелік қорғанысы мен автоматикасы»

5B071800 – Электроэнергетика мамандығы бойынша

Орындаған

Пікір беруші

АЭЖБУ «Электроника және  
робототехника» аға оқытушы,  
техн. ғыл.канд.

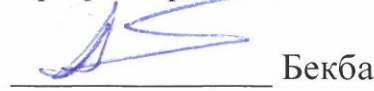
 Юсупова С.А.

«14» маг 2019 ж.

Сисен Д.А.

Ғылыми жетекші

Профессор

 Бекбаев А.Б.

«  »    2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
СӨТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

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

Энергетика кафедрасы

5B071800 – Электроэнергетика

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«18»  2019 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Сисен Дәулет Асқарұлы*

Тақырыбы: *«220/35/10 кВ кернеуіндегі қосалқы станциясының релелік қорғанысы мен автоматикасы»*

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: *«15» мамыр 2019 ж.*

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістер: *Жүйелердің жалпы қуаттары 400-3600 МВА; трансформатор параметрлері; желі параметрлері; өзіндік мұқтаждық параметрлері.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Қосалқы станцияға электр беріліс схемаларын құру;*
- б) АТҚ ға трансформаторларды, ажыратқыштарды және де т.б. құрылғыларды таңдау;*
- в) Қысқа тұйықталу токтарын есептеу;*
- г) Найзағайдан қорғанысты және жерлендіруді есептеу;*
- д) Экономикалық тиімділігін анықтау.*

Сызбалық материалдар тізімі: *Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау*

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: *14 атау*

Дипломдық жұмысты дайындау  
**КЕСТЕСІ**

| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі                            | Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері | Ескерту |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------|
| Қосалқы станцияға электр беріліс схемаларын құру                           | 11.03.2019                                         | жоқ     |
| АТҚ ға трансформаторларды, ажыратқыштарды және де т.б. құрылғыларды таңдау | 20.03.2019                                         | жоқ     |
| Қысқа тұйықталу токтарын есептеу                                           | 3.04.2019                                          | жоқ     |
| Найзағайдан қорғанысты және жерлендіруді есептеу                           | 5.04.2019                                          | жоқ     |
| Экономикалық тиімділігін анықтау                                           | 24.04.2019                                         | жоқ     |

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен  
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған  
**қолтаңбалары**

| Бөлімдер атауы   | Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол қойылған күні      | Қолы                                                                                  |
|------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Негізгі бөлім    | Бекбаев А.Б.,<br>Профессор                                   | /                      |  |
| Экономика бөлімі | Бекбаев А.Б.,<br>Профессор                                   |                        |  |
| Норма бақылау    | Балғаев Н. Е.,<br>Сениор-лектор                              | 14.05.19 <sub>14</sub> |  |

Ғылыми жетекші



Бекбаев А.Б.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Сисен Д.А.

Күні

« 4 » 03 2019 ж.

## **АНДАТПА**

Бұл дипломдық жұмыста 4 жыл бойы маған үйретілген білім мен өткен өндірістік практикалардан алған тәжірибелерім арқылы 220/35/10 кВ кернеудегі қосалқы станцияның релелік қорғанысы мен автоматтандырылуының жобалауын қарастырдым. Негізгі бөлімде АТҚ электр беріліс схемаларын таңдап, трансформаторларды, ажыратқыштарды және де тағы да басқа қажетті құрылғыларды, олардың параметрлерін және қысқа тұйықталу токтарын есептеп шықтым. Осыған қоса жобаланған қосалқы станцияның еңбек қауіпсіздігі мен найзағайдан қорғаныс және жерлендіру құрылғыларын есептеймін. Экономиякалық бөлімінде қосалқы станцияның құрылғыларына кететін қаражат пен осы станцияны жобалауға кететін ақшаның тиімділігін анықтаймын.

## **АННОТАЦИЯ**

В данном дипломном проекте рассматривается проектирование релейной защиты и автоматизации подстанций напряжением 220/35/10 кВ с помощью полученных знаний обученных в течение 4 лет и опыта пройденных мной производственных практик. В основной части выбрал схему электропередачи ОРУ, рассчитал трансформаторы, выключатели и другие необходимые устройства, их параметры а так же ток короткого замыкания. Кроме этого, я рассматриваю обеспечение трудовой безопасности, молниезащиту и заземление проектируемой подстанции. В экономической части определяю общую сумму потраченную на различные устройства подстанции, и эффективность денег, потраченных на проектирование этой станции.

## **ANNOTATION**

In this diploma project is considered the design of relay protection and automation of substations 220/35/10 kV with the help of knowledge trained for 4 years and the experience of my production practices. In the main part I chose the power transmission circuit of the switchgear, calculated transformers, switches and other necessary devices, their parameters as well as the short-circuit current. In addition, I consider labor safety, lightning protection and grounding of the designed substation. In the economic part, determine the total amount spent on various devices of the substation, and the efficiency of the money spent on the design of this station.

## МАЗМҰНЫ

|     |                                                                                                                                                          |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|     | Кіріспе                                                                                                                                                  | 7  |
| 1   | Қосалқы станциясының электрлік бөлігін есептеу                                                                                                           | 8  |
| 1.1 | Дипломдық жұмыстың берілгендері                                                                                                                          | 8  |
| 1.2 | Қосалқы станциясының бас электрлік сұлбасын таңдау                                                                                                       | 9  |
| 1.3 | Барлық кернеудегі ТҚ электрлік сұлбаларын таңдау                                                                                                         | 13 |
| 1.4 | Өзіндік мұқтаждық қорек көзінің сұлбасын таңдау                                                                                                          | 18 |
| 1.5 | Қысқа тұйықталу тоғын есептеу                                                                                                                            | 22 |
| 1.6 | Электр қондырғыларын таңдау                                                                                                                              | 24 |
| 2   | Қосалқы станциядағы автотрансформатордың релелік қорғанысы                                                                                               | 32 |
| 2.1 | Релелік қорғаныс құрылғылары                                                                                                                             | 32 |
| 2.2 | Автотрасфоматордың дифференциалды тоқтық қорғанысы                                                                                                       | 33 |
| 2.3 | Автотрансформатордың резервті қорғанысын есептеу                                                                                                         | 34 |
| 2.4 | Газдық қорғаныс                                                                                                                                          | 40 |
| 3   | Кернеуі 10 кВ кабельді желінің релелік қорғанысы                                                                                                         | 45 |
| 3.1 | Максималды тоқ қорғанысы                                                                                                                                 | 45 |
| 3.2 | Ток үзіндісі                                                                                                                                             | 46 |
| 3.3 | Кернеуі 10 кВ желінің жерге тұйықталудан қорғанысы                                                                                                       | 47 |
| 4   | Еңбекті қорғау                                                                                                                                           | 48 |
| 4.1 | Жобалаған қосалқы станцияның еңбек шарттары                                                                                                              | 48 |
| 4.2 | Жерлендіру сұлбасын есептеу                                                                                                                              | 48 |
| 4.3 | Жайтартқыш                                                                                                                                               | 56 |
| 5   | Экономикалық бөлім                                                                                                                                       | 60 |
| 5.1 | Электр энергиясы мен қуатының көтерме нарық субъектілері арасындағы екі жақты қысқа мерзімдік келісім-шарт жасаудың тиімді нұсқасын таңдау және негіздеу | 61 |
| 5.2 | Электр энергия сұранысының өзгеруіне байланысты шығынды болжау және талдау                                                                               | 63 |
| 5.3 | Аймақтық электр желілері компаниясының қызметінің экономикалық тиімділігінің көрсеткіштерін есептеу                                                      | 65 |
| 5.4 | Аймақтық электржелілері компаниясының желілеріне электр энергиясын тасымалдау мен тарату қызметтерінің тариф деңгейлерінің есебі                         | 66 |
|     | Қорытынды                                                                                                                                                | 68 |
|     | Пайдаланылған әдебиеттер тізімі                                                                                                                          | 69 |

## КІРІСПЕ

Жалпы алғанда қосалқы станциясы электр энергиясын қабылдауға, түрлендіруге және таратуға қолданылады. Пайдалануына байланысты қосалқы станциялар: түйіндік, бас, терең кірісті қосалқы станция, таратушы қосалқы станция, цехтық қосалқы станция болып бөлінеді. Қосалқы станция трансформаторлардан немесе басқа да энергия түрлендіргіштерінен, коммутациялық аппараттар мен құрама шиналардан тұратын таратушы құрылғылардан, релелік қорғаныс, қорғанысты басқару, автоматтандыру, өлшеу құрылғыларынан және көмекші жабдықтардан тұрады.

Менің дипломдық жұмысымда кернеуі 220/35/10 кВ қосалқы станцияның релелік қорғанысы мен автоавтоматтандырылуы қарастырылған. 220 кВ-та қосалқы станция үш энерго жүйесімен, сонымен қатар бірнеше тұтынушылар тұтынады. Жобаланып отырған қосалқы станцияның төменгі кернеуінен жергілікті тұтынушыларды электрмен жабдықтау үшін тарату пункттері қоректендіреді.

Жобалау барысында бастапқы берілген жүктеме графигінің негізінде қазіргі заман талаптарына сай негізгі электр жабдықтары таңдалынып, соларға тиісті релелік қорғаныс есебі мен уақыт ұстанымдары есептелді.

Дипломдық жұмыстың қауіпсіздік бөлімінде найзағайдан қорғаныс, жерлендіру және экономика бөлімінде қосалқы станцияның нарық жағдайындағы энергетикалық кәсіпорындардың қызметінің технико-экономикалық негіздемесі келтірілген.



## 1.2 – кесте – трансформаторлар параметрлері

| Белгілеуі | Тип    | $S_{\text{ном}}, \text{МВА}$ | $U_{\text{ном}}, \text{кВ}$ | $U_{\text{кВ-Н\%}}$ | $U_{\text{кВ-С\%}}$ | $U_{\text{кВ-Н\%}}$ |
|-----------|--------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| T1        | ТДН    | 40                           | 230/11                      | 11,5                | -                   | -                   |
| T2        | ТДЦ    | 25                           | 115/10,5                    | 10,5                | -                   | -                   |
| AT1-2     | АТДЦТН | 125                          | 230/121/11                  | 11                  | 28                  | 45                  |

## 1.3 – кесте – желілер параметрлері

| Белгілеуі | Атауы                       | $U_{\text{ном}}, \text{кВ}$ | $l, \text{км}$ | $X_{\text{уд}}, \text{Ом/км}$ | $r_{\text{уд}}, \text{Ом/км}$ | $X_0/X_1$ |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------|
| W1        | Ақтөбе ЖЭО – АХБЗ (АЗХС)    | 220                         | 78             | 0,422                         | 0,108                         | 3,0       |
| W2        | АХБЗ – 35 кВ ҚС             | 220                         | 40             | 0,43                          | 0,13                          | 3,0       |
| W3        | 35 кВ ҚС – Бадамша          | 35                          | 80             | 0,422                         | 0,108                         | 3,0       |
| W4        | Энергосистема – Трансэнерго | 220                         | 105            | 0,422                         | 0,108                         | 3,0       |
| W5        | Ақтөбе ЖЭО – Энергосистема  | 220                         | 66             | 0,422                         | 0,108                         | 3,0       |
| W6        | 35 кВ ҚС – Трансэнерго      | 35                          | 210            | 0,414                         | 0,02                          | 3,0       |
| W7        | 35кВ ҚС – Өлке (Ульке)      | 35                          | 18             | 0,423                         | 0,27                          | 3,0       |
| W8        | Ақсай – 35кВ ҚС             | 220                         | 30             | 0,409                         | 0,17                          | 3,0       |

## 1.2 Қосалқы станциясының бас электрлік сұлбасын тандау

### *Жалпы жағдайы*

Қосалқы станцияның электрлік бөлігі техникалық бөлікпен функционалды байланысы, ал құрылыс бөлікпен конструктивті байланысы бар және белгілі бір дәрежеде барлық объектінің технико-экономикалық сипаттамасын анықтайды.

Қондырғы құрамы, құрылыс алаңы, энерго жүйеге қуатты беру сұлбасы, қосалқы станциясының жүйеге қосылу сұлбасы, өміртіршілік қауіпсіздігі бойынша негізгі жобалаудың шешімдерін тандау толығымен жабалаудың алгоритмін көрсетеді.

Қосалқы станциядағы негізгі энергетикалық қондырғыларды бір типті етіп тандауға ұмтылу керек. Бұл жобада реакторларға, трансформаторларға, ажыратқыштарға қатысты. Сонымен қатар, перспективті, толығымен меңгерілген қондырғылар түрін тандаған жөн.

Қосалқы станцияның электрлік және технологиялық бөлігі энерго жүйедегі рөлімен анықталады.

Қосалқы станцияның электрлік бөлігінің негізгі сапасын бас электрлік қосылыс сұлбасы анықтайды. Бас электрлік сұлбаға тәуелді:

- транзиттік қуаттың сенімділігі;
- қаражат салымдары;
- эксплуатациялық ұстанымдар;
- электр қондырғыны жөндеу мүмкіндігі;
- персонал қауіпсіздігі мен техникалық қызмет ыңғайлығы;
- қондырғыларды тиімді орналастыру, кейінгіде дамуы мен кеңеюі;

Қосалқы станцияның бас электрлік сұлбасын жобалау келесідей амалды орындау барысында орындалады:

- принципіалды сұлбаны таңдау;
- қондырғыларды таңдау;
- өзіндік қажеттілік қорек көзін резервтеу сұлбасын таңдау.

#### *Қосалқы станцияның принципіалдық сұлбасын таңдау*

Қосалқы станцияның принципіалдық сұлбасын таңдау – күштік трансформатор немесе автотрансформатор қуатын, санын және типін таңдауды айтады. Автотрансформатор таңдау барысында ескеру қажет:

- жүйеге қуатты беру сенімділігінің талаптарына және тұтынушылардың ерекшелігін ескере электржабдықтау;
- ҚТ тоқтарын шектеу талаптары.

Бірінші және екінші категориялы тұтынушыларды электржабдықтау үшін әдетте екі трансформатор орнатылады. Бұдан да көп трансформаторларды орнату, тек технико-экономикалық дәлелдеуге сәйкес рұқсат етіледі.

Трансформаторды таңдау барысында басшылыққа алуға тиіс:

- Үшфазды трансформатор таңдаған жөн, бірақ, тек қажетті қуатта үшфазды трансформатор дайындап шығарылмағандықтан, бірфазды трансформаторлар тобын қолдануға болады;
- ТҚ үш түрлі кернеу болған жағдайда және егер орта кернеуі ПО кВ және жоғары, онда автотрансформатор қолданған дұрыс.

Трансформаторларды таңдау тәуліктік жүктеме графигі бойынша есептейді. Трансформатордың номиналды қуаты аса көп жүктелген орамасы арқылы өтетін ең үлкен толық қуатпен анықталады.

Төменде тұтынушылардың қысқы және жазғы кездегі тәуліктік жүктеме графигі мен 1.4-кестеге келтірілген түрі көрсетілген.

#### 1.4 – кесте – 10 кВ кернеудегі тәуліктік жүктелу мәні

| Уақыт, сағ | Жаз    |        | Қыс    |        |
|------------|--------|--------|--------|--------|
|            | P, МВт | S, МВА | P, МВт | S, МВА |
| 0 - 8      | 12,21  | 13,88  | 14,41  | 16,38  |
| 8 – 11     | 17,71  | 20,13  | 19,91  | 22,63  |
| 10 – 17    | 14,52  | 16,5   | 16,72  | 19     |
| 17 – 20    | 16,17  | 18,38  | 18,37  | 20,88  |
| 20 - 22    | 13,42  | 15,25  | 15,62  | 17,75  |
| 22 - 24    | 10,23  | 11,63  | 12,43  | 14,13  |

#### 1.5 – кесте – 35 кВ кернеудегі тәуліктік жүктелу мәні

| Уақыт, сағ | Жаз    |        | Қыс    |        |
|------------|--------|--------|--------|--------|
|            | P, МВт | S, МВА | P, МВт | S, МВА |
| 0 – 8      | 64,38  | 73,16  | 75,89  | 86,34  |
| 8 – 11     | 93,38  | 106,11 | 104,98 | 119,3  |
| 11 – 17    | 76,56  | 87     | 88,16  | 100,18 |
| 17 – 20    | 85,26  | 96,89  | 96,86  | 110,07 |
| 20 - 22    | 70,76  | 80,41  | 82,36  | 93,59  |
| 22 – 24    | 53,94  | 61,3   | 65,54  | 74,48  |

#### 1.6 – кесте – 220 кВ кернеудегі тәуліктік жүктелу мәні

| Уақыт, ч | Жаз    |        | Қыс    |        |
|----------|--------|--------|--------|--------|
|          | P, МВт | S, МВА | P, МВт | S, МВА |
| 0 - 8    | 73,98  | 87,04  | 87,31  | 102,72 |
| 8 – 11   | 107,3  | 126,24 | 120,64 | 141,93 |
| 11 – 17  | 87,98  | 103,5  | 101,3  | 119,18 |
| 17 – 20  | 97,98  | 115,27 | 111,31 | 130,95 |
| 20 - 22  | 81,31  | 95,66  | 94,64  | 111,34 |
| 22 - 24  | 61,99  | 72,93  | 75,32  | 88,61  |

Екі АТДЦТН-125000/220 типті автотрансформатор орналастыруды қарастырамын:

Екі автотрансформатордың толық қуаты –  $S_{\Sigma} = 250$  МВА

а) Қалыпты режимде

$$S_{\Sigma} = 250 \text{ МВА} > S_{max} = 141,93 \text{ МВА}$$

Бұл режимде рұқсат етіледі.

б) Қысқы жөндеу кезінде, алдын-ала жүктелу коэффициенті:

$$K_1 = \frac{1}{S_\Sigma} \cdot \sqrt{\frac{S_1^2 \cdot t_1 + S_2^2 \cdot t_2 + \dots + S_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} =$$

$$\frac{1}{125} \cdot \sqrt{\frac{102,72^2 \cdot 8 + 119,18^2 \cdot 6 + 111,34^2 \cdot 2 + 88,61^2 \cdot 2}{8 + 6 + 2 + 2}} = 0,86 \quad (1.1)$$

$$K_{\max} = \frac{141,93}{125} = 1,135 \quad (1.2)$$

Жүктелу коэффициенті:

$$K'_2 = \frac{1}{125} \cdot \sqrt{\frac{141,93^2 \cdot 3 + 130,95^2 \cdot 3}{3 + 3}} = 1,09 \quad (1.3)$$

$$0,9 \cdot K_{\max} = 0,9 \cdot 1,135 = 1,02; \quad K'_2 > 0,9 \cdot K_{\max}; \quad 1,09 > 1,02$$

сондықтан:  $K_2 = K'_2 = 1,09$

Осы арқылы анықтаймыз:

$$t_2 = t'_2 = 6 \text{ сағ}, \quad \theta_{\text{охл}} = -10^\circ\text{C}, \quad K_1 = 0,86 \text{ кезінде} \rightarrow K_{2\text{доп}} = 1,32$$

$K_2 < K_{2\text{доп}}; \quad 1,09 < 1,32$  яғни қыс кезінде жөндеу рұқсат етіледі.

в) Апаттан кейінгі қысқы жөндеу

Көп жағдайларда  $t_2 = t'_2 = 6 \text{ сағ}, \quad \theta_{\text{охл}} = -10^\circ\text{C}, \quad K_1 = 0,86$  кезінде  $\rightarrow K_{2\text{доп}} = 1,5$

$K_2 < K_{2\text{доп}}; \quad 1,09 < 1,5$  яғни апаттан кейінгі қысқы жөндеу рұқсат етіледі.

г) Жаз кезінде жөндеу, алдын-ала жүктелу коэффициенті:

$$K_1 = \frac{1}{125} \cdot \sqrt{\frac{87,04^2 \cdot 8 + 103,5^2 \cdot 6 + 115,27^2 \cdot 3 + 95,66^2 \cdot 2 + 72,93^2 \cdot 2}{8 + 6 + 3 + 2 + 2}} = 0,86$$

$$t_1 = 21 \text{ сағ}, \quad K_{\max} = \frac{126,24}{125}, \quad K_{\max} = 1,01$$

Жүктелу коэффициенті:

$$K'_2 = \frac{1}{200} \cdot \sqrt{\frac{126,24^2 \cdot 3}{3}}; \quad K'_2 = 1,01; \quad t'_2 = 3 \text{ сағ}.$$

$$0,9 \cdot K_{\max} = 0,9 \cdot 1,01 = 0,91; \quad K'_2 > 0,9 \cdot K_{\max}; \quad 1,01 > 0,91$$

сондықтан:  $K_2 = K'_2 = 1,01$

Осы арқылы анықтаймыз:

$$t_2 = t'_2 = 3 \text{ сағ}, \theta_{\text{охл}} = +20^\circ\text{C}, K_1 = 0,86 \text{ кезінде} \rightarrow K_{2\text{доп}} = 1,14$$

$K_2 < K_{2\text{доп}}$ ;  $1,01 < 1,14$  яғни жазғы кезіндегі жөндеу рұқсат етіледі.

д) Апаттан кейінгі жаздағы жөндеу

Көп жағдайларда:

$$t_2 = t'_2 = 3 \text{ сағ}, \theta_{\text{охл}} = +20^\circ\text{C}, K_1 = 0,86 \text{ кезінде} \rightarrow K_{2\text{доп}} = 1,4$$

$K_2 < K_{2\text{доп}}$ ;  $1,01 < 1,4$  яғни апаттан кейінгі жаз кезіндегі жөндеу рұқсат етіледі.

Жоғарыдағы есептеу нәтижесі бойынша орнатылған екі 2·125 МВ·А автотрансформатор барлық режимдер кезінде рұқсат етіледі. Қосалқы станцияға таңдап алынған автотрансформаторлар барлық мүмкін болатын режимдерді қанағаттандырады.

### 1.3 Барлық кернеудегі ТҚ электрлік сұлбаларын таңдау

#### *Жалпы талаптар*

ТҚ электрлік сұлбаларын таңдау барысында келесідей талаптар қамтамасыз етілуі тиіс:

- ажыратқыштың немесе жинақ шиналардың бүлінуі екі тізбекті желінің екі тізбегіне немесе транзиттік қуаттың шығынына алып келмеуі тиіс;
- ажыратқышты немесе жинақ шиналарды жөндеу, бір тізбекті желіні сөндірмеуі тиіс;
- ажыратқыштың істемеуі жүйенің апаттық қор қуатынан шығын қуаты аспауы тиіс;
- секционды ажыратқыштың істемеуі барлық ТҚ өшуіне алып келмеуі тиіс;
- қондырғыны жөндеуге шығарған кезде, апаттық режимдегі бүлінген учаскіні өшіру кезде ажыратқыш пен айырғыштың өндірістік режимдегі өшіріп-қосулар процессі неғұрлым аз және жеңіл болуы керек;
- тұтынушыларды қоректендіру кезіндегі үзіліс аз болуы тиіс және ТҚ сатылап даму кезінде немесе басқа типке ауысу кезінде үлкен жұмыстарсыз;

Сұлбаны қолдану мүмкіндігін бағалайтын негізгі талаптар:

- сенімділік;
- қарапайымдылық және оперативті икемділігі;
- кеңейту мүмкіндігі.

### 220 кВ ТҚ электрлік сұлбасын таңдау

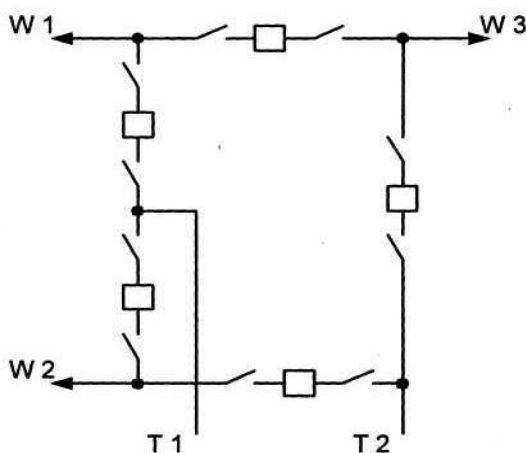
Жобаланған қосалқы станция жүйеде орналасуы бойынша түйіндік болып табылады. Бұл жағдайда, төрт қосылысы бар ТҚ үшін келесідей сұлба қарастырылады:

а) бесбұрыш сұлбасы (1.6-сурет). Жалпы сұлбаға бір элементті бірнеше рет қосу жұмыстың икемділігі мен сенімділігін арттырады, сонымен қатар қарастырылып отырған сұлбадағы ажыратқыштар саны қосу санынан аспайды. Шеңберлі сұлбалардың артықшылықтарына мынаны жатқызуға болады:

- үнемділігі;
- элементтердің жұмысына еш кедергі келтірмей кез-келген ажыратқышты жөндеуге немесе тексеріске шығаруға мүмкіндік жасайды;
- жоғары сенімділік;
- айырғыштар тек жөндеу жұмыстарына ғана қолданылады.

Келтірілген сұлбаның кемшіліктеріне мыналар жатады:

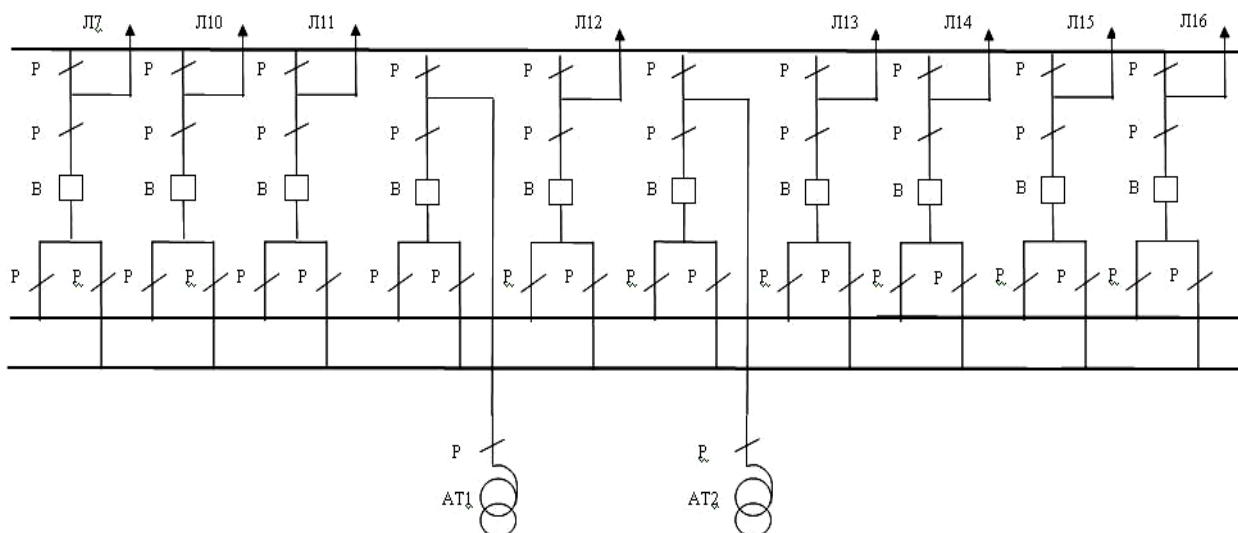
- шеңберлі сұлбада орнатылған тоқ трансформаторын, ажыратқышты, айырғышты таңдау қиындығы;
- шеңбердің үзілуі тоқтардың басқаша ағуына және РҚ қойлымдарын қайта түзетуіне алып келеді;
- сұлбаның дамуындағы шектеушілік.



1.6 – сурет – 220 кВ АТҚ сұлбасы. Нұсқа 1

б) екі жұмыс және бір өтпелі шиналар жүйесі (1.7-сурет).

Бұл сұлбаны кеңінен қолдану оның икемділігі мен сенімділігінің жоғары болуында. Екі біріктірілген өтпелі шиналар жүйесі арқылы тізбектей қосылған шина аралық өтпелі ажыратқыштарды қолдану кез-келген біреуінің істен шыққан кездегі екунінің де істен шықпауына және әр қайсысының жеке жөндеуге шығаруын қамтамасыз етеді. Сұлбаның кеңеюге мүмкіндігі бар. Қалыпты жағдайда желілердің жартысы және автотрансформатор бір шиналар жүйесіне қосылған, ал қалғаны екіншісіне; бұл кезде шина аралық өтпелі ажыратқыш қосылған және барлық қосындылардың параллелді жұмысын қамтамасыз етеді.



**1.7 – сурет – 220 кВ АТҚ сұлбасы. Нұсқа 2**

Бұл сұлбаның кемшілігіне мынаны жатқызуға болады:

- бір ажыратқыштың істен шығуы барлық осы шинаға қосылған желілердің сөндірілуіне және апаттың ұзақ болуына алып келеді, себебі бір шиналар жүйесінен екіншісіне өтудің барлық операциялары тек айырғыштар арқылы жүргізіледі;
- айырғыштарды тексеріске шығару кезіндегі операцияның көптігінен және ажыратқыштарды жөндеу ТҚ қолданылуын қиындатады.

Бұл сұлбаның артықшылығы кез-келген шиналар жүйесінің жөндеу кезінде тұтынушыларды және қоректендіру көзін сөндірмеу мүмкіндігі. Артықшылығы деп, тағы да шинадағы ҚТ кезінде тұтынушыларды басқа шинаға қосуға кеткен уақыт аралығында ғана тұтынушылар сөндіріледі. 220 кВ ТҚ-на аса жоғары сенімділік талаптары қойылған. Сонымен қатар, ТҚ кеңею мүмкіндігін ескерген жөн, себебі болашақта қосалқы станцияның кеңеюі жоспарланған.

Бесбұрыш сұлбасы аса жоғары сенімділікке ие болмағандықтан және кеңею мүмкіндігі болмағандықтан жобаның ТҚ жарамайды. Яғни, екі жұмыс және бір өтпелі шиналар жүйесі бар сұлбаны таңдаймын.

### *35 кВ ТҚ электрлік сұлбасын таңдау*

35 кВ ТҚ-ғы бес шығыс пен бір кіріс желілері үшін келесі көрсетілген сұлбалар қарастырылады:

а) желі тізбегінде және апаттық бөгет бар желі жағында орналасқан көпірлік ажыратқыштар схемасы, 1.8-суретте.

Бұл сұлба өзінің қарапайымдылығымен ерекшеленеді. Сұлба кеңею мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Желілердің жартысы және атотрансформатор бір секцияға қосылған, ал қалғаны екінші секцияға; бұл жағдайда секционды ажыратқыш қосылған және барлық қосылыстардың параллелді жұмысын

Бұл сұлбаның кемшілігіне мынаны жатқызуға болады:

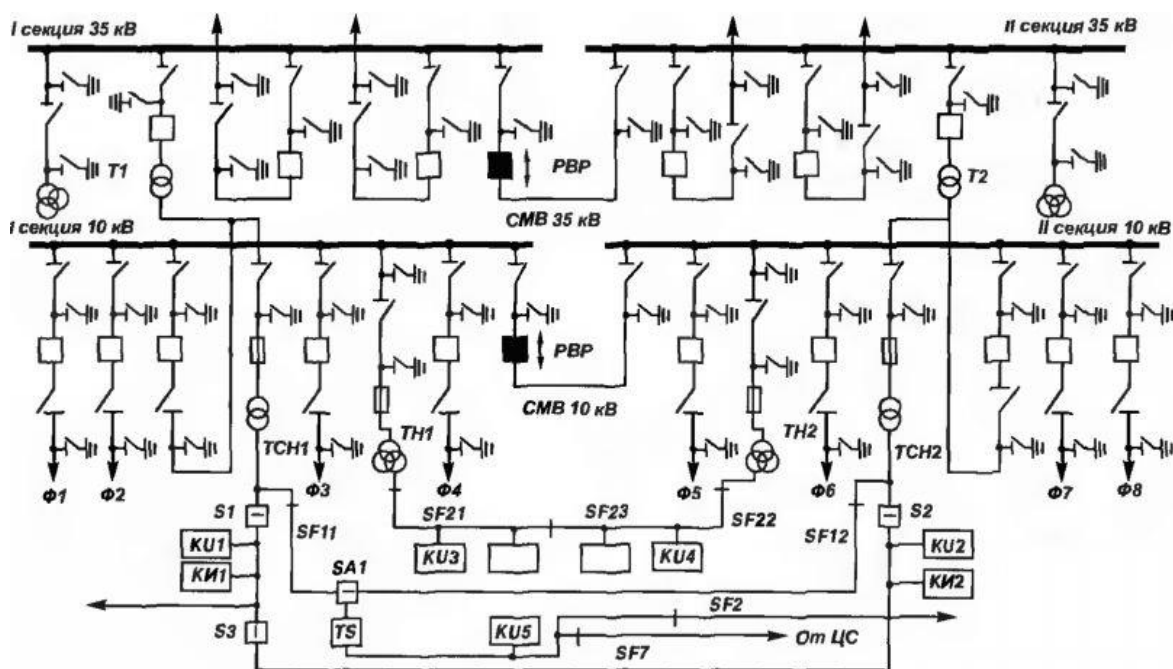
- бір ажыратқыштың істен шығуы барлық осы шинаға қосылған желілердің сөндірілуіне және апаттың ұзақ болуына алып келеді, себебі бір шиналар жүйесінен екіншісіне өтудің барлық операциялары тек айырғыштар арқылы жүргізіледі;
- айырғыштарды тексеріске шығару кезіндегі операцияның көптігінен және ажыратқыштарды жөндеу ТҚ қолданылуын қиындатады.

Ремонтная перемычка устанавливается при соответствующем обосновании.

The diagram shows a power distribution system with two main vertical busbars. The left busbar is connected to a transformer (TH) at the top. The right busbar is also connected to a transformer (TH) at the top. Both busbars have multiple grounding points. A horizontal line connects the two busbars, featuring a switch and a bypass (perемычка) labeled 'Ремонтная перемычка устанавливается при соответствующем обосновании.' (Repair bypass is installed upon proper justification). Below the busbars, there are various components including switches, fuses, and a meter. At the bottom, there are two circular symbols with arrows, likely representing meters or indicators.

18

б) екі жұмыс және екі өтпелі шиналар жүйесі (1.9-сурет)



1.9 – сурет – 35 кВ АТҚ сұлбасы. Нұсқа 2

Бұл сұлбаны кеңінен қолдану оның икемділігі мен сенімділігінің жоғары болуында. Екі біріктірілген өтпелі шиналар жүйесі арқылы тізбектей қосылған шина аралық өтпелі ажыратқыштарды қолдану кез-келген біреуінің істен шыққан кездегі екуінің де істен шықпауына және әр қайсысының жеке жөндеуге шығаруын қамтамасыз етеді. Сұлбаның кеңеюге мүмкіндігі бар. Қалыпты жағдайда желілердің жартысы және автотрансформатор бір шиналар жүйесіне қосылған, ал қалғаны екіншісіне; бұл кезде шина аралық өтпелі ажыратқыш қосылған және барлық қосындылардың параллелді жұмысын қамтамасыз етеді.

Бұл сұлбаның кемшіліктеріне мыналарды жақызуға болады:

- апаттық кездегі ажыратқыштың істен шығуы, осы секциядағы қосылған барлық желілердің сөндірілуіне әкеледі;
- ажыратқышты жөндеу кезінде және тексеру кезінде айырғыштың көптеген әрекеттері үшін ТҚ жұмысын қиындатады.

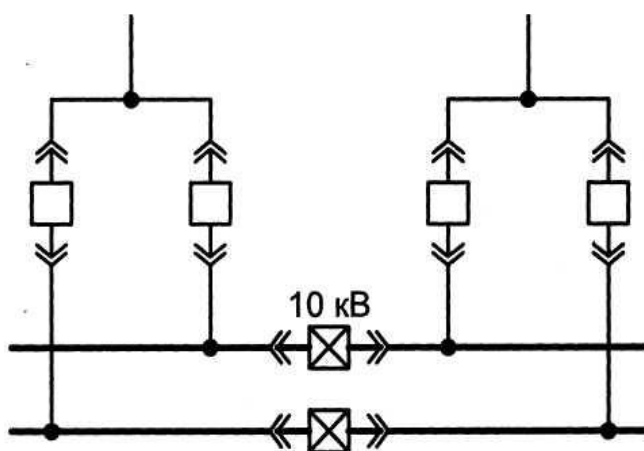
Ал, бұл сұлбаның артықшылығына тұтынушыларды және қоре көзін сөндірмей-ақ кез-келген секциядағы шинаны жөндеу мүмкіндігі. Артықшылығы деп, тағы да шинадағы ҚТ кезінде тұтынушыларды басқа шинаға қосуға кеткен уақыт аралығында ғана тұтынушылар сөндіріледі.

Келтірілген талдау бойынша бірінші сұлбадағы ажыратқыштар саны еіншіге қарағанда аз екенін көруге болады, яғни оның құны арзанға түседі және сұлбаның сенімділігі жоғарырақ болып саналады. Сондықтан ТҚ электрлік сұлбасы ретінде бірінші нұсқа – екі жұмыс және бір өтпелі шиналар жүйесі бар сұлбаны таңдаймын.

### *10 кВ ТҚ электрлік сұлбасын таңдау*

Қосалқы станцияның төменгі 6-10 кВ кернеуінде екі жүйелі жинақ шиналар сұлбасын қолданады (1.10-сурет). Екі трансформаторлы қосалқы станциясында шиналар әрқашан секцияланады, негізінен секция екеу немесе төртеу болады. Екі секция болған жағдайда секция бөлек және жиірек параллелді жұмыс істейді. Ал төрт секция болса, яғни орамы тарамдалған трансформатор немесе трансформатор тізбегінде топталған қос реакторды қолданғанда, секциялар тек жеке жұмыс істейді. Сұлбаны таңдау ҚТ тоғын шектеуге байланысты. Қосалқы станциядағы ҚТ тоғын шектеу үшін қолданады:

- автотрансформатордың төменгі кернеуі бөлек жұмыс істейді;
- автотрансформатор тізбегінде топтық немесе сызықты топтық және жиірек сызықты дара реакторлар қолданылады.



**1.10 – сурет – 10 кВ ЖТҚ сұлбасы**

### **1.4 Өзіндік мұқтаждық қорек көзінің сұлбасын таңдау**

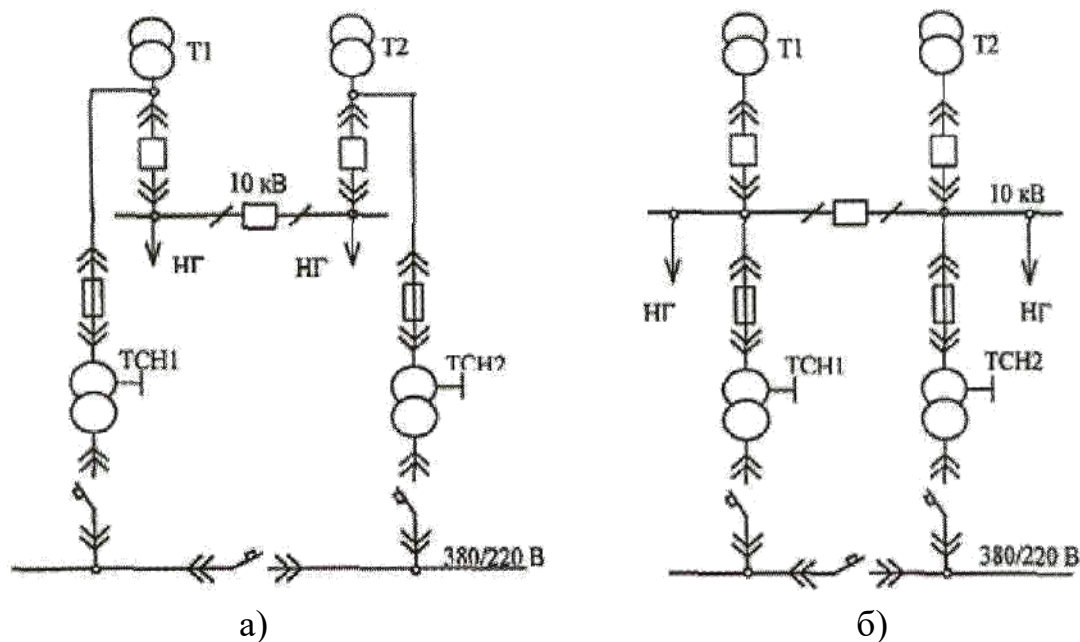
Қосалқы станцияның түрі мен орналасуына, трансформатор қуатына, синхронды компенсатордың бар немесе жоқ болуына байланысты және қосалқы станциядағы электр қондырғы түріне байланысты кезекші персоналмен немесе оларсыз, оперативті тұрақты немесе айнымалы болып жобаланады.

Қосалқы станцияның өзіндік мұқтаждық тұтынушылары жауапты және жауапсыз болып бөлінеді. Біріншісіне трансформатор жүйесін салқындату, апаттық жарықтандыру, өрт сөндіру жүйесі, ажыратқышты және жетегін жылыту жүйесі, байланыс және телемеханика жүйесі жатады. Екі трансформаторлы қосалқы станцияда көрінбейтін қормен екі өзіндік мұқтаждық трансформатор орнатылады.

Қосалқы станциядағы оперативті тұрақты тоқты өзіндік мұқтаждық трансформаторларын 6-35 кВ ТҚ шиналарына жалғайды, ал ТҚ жоқ болған жағдайда, онда трансформатордың төменгі кернеуінің шықпасына. Қосалқы

станциядағы айнымалы және түзетілген оперативті тоқпен өзіндік мұқтаждық трансформаторын ажыратқыш пен трансформатор арасындағы төменгі кернеу шықпасына жалғайды. Қосалқы станцияның өзіндік мұқтаждық сұлбалары көрсетілген (1.11-сурет).

Оперативті тұрақты тоқты қосалқы станцияда өзіндік мұқтаждық кернеуі нейтралы жерленген 380/220 В тең болып қабылданады, ал айнымалы және түзетілген оперативті тоқты қосалқы станция - нейтралы жерленген 380/220 В және тесіліп өтетін қорғаныш арқылы нейтралы тұйықталған 220/127 В.



**1.11 – сурет – Қосалқы станцияның өзіндік мұқтаждық сұлбалары**  
**а) айнымалы және түзетілген оперативті тоқпен; б) оперативті тұрақты тоқпен**

35-220 кВ қосалқы станцияларда айнымалы оперативті тоқ барлық жерде қолданады, егер ажыратқыш жетегінің жұмыс шарты мүмкін болса. Негізінен қолданады:

- ҚС жоғарғы кернеуде қарапайым ажыратқышсыз сұлбалар қабылданғанда;
- майлы ажыратқышы орнатылған көпірлі сұлба қабылданған жоғарғы кернеуі ҚС;
- пружиналы немесе электромагнитті жетекті майлы ажыратқыш қабылданған жоғарғы кернеуі 6-35 кВ ҚС;

Тұрақты оперативті тоқ қолданылады:

- 330-750 кВ ҚС;
- 110-220 кВ ҚС ажыратқыштардың жетегіне қажет болса;
- 35-220 кВ ҚС аккумуляторлы батарея қажет болған жағдайда.

Ақырғы сұлбаны таңдауды төменгі кернеудегі ҚТ тоғын есептегеннен кейін таңдаймын, себебі құрылғыларды таңдау ҚТ тоғының мәніне тәуелді. Алдын-ала оперативті тұрақты тоқты сұлбасы жоспарланған.

#### *Өзіндік мұқтаж трансформаторын таңдау*

Екі трансформаторлы ҚС жабық қормен өзіндік мұқтажға екі трансформатор орнатады. Әрбір өзіндік мұқтаж трансформаторын өзіндік мұқтаждың толық қуаты бойынша таңдалынады, себебі бүліну кезінде жұмыста қалғаны барлық қуатты қамтамасыз етуі тиіс.

Өзіндік мұқтаждың максималды жүктемесі:  $P_{max.ch} = 65$  кВт;  $\cos \varphi_{ном} = 0,88$ . Толық максималды қуат:

$$S_{max.ch} = \frac{P_{max.ch}}{\cos \varphi_{ном}} = \frac{65}{0,88} = 73,86 \text{ кВА} \quad (1.4)$$

Өзіндік мұқтаж трансформаторы ретінде екі құрғақ ТСЛ - 100/10 типті, номинал қуаты 1000 кВА трансформаторын таңдаймын, себебі бұлардың сенімділігі майлыларға қарағанда жоғары.

Таңдалған трансформатор - 2 х ТСЛ 100/10.



**1.12 – сурет – ТСЛ 100/10 трансформаторы**

#### *Тарату пунктерін қоректендіретін кабелдерді таңдау*

Тарату пунктерін қоректендіретін кабелдерді ПУЭ бойынша келтірілген шығынның минимумы болып орнатылған тоқтың экономикалық тығыздығы  $j_{ЭК}$  бойынша таңдау жүргіземіз. Қалыпты жағдайда тоқ тығыздығы экономикалық тоқ тығыздығына жуық болуы тиіс. Осы талапқа сәйкес өткізгіштің қимасын келесі өрнекпен таңдайды:

$$S_{ЭК} = \frac{I_{НОРМ.РАСЧ}}{j_{ЭК}} \quad (1.5)$$

мұндағы  $S_{ЭК}$  - өткізгіштің экономикалық қимасы, мм<sup>2</sup>;

$I_{норм.расч}$  – қалыпты жағдайдағы номиналды тоқасчетный ток, А;

$j_{ЭК}$  – тоқтың экономикалық тығыздығы, А/мм<sup>2</sup> (желі бойынша өтетін максималды жүктемені қолдану ұзақтығына  $T_{max}$ , сонымен қатар өткізгіштің материалына және кабельдің қаптамасына қатысты). Есептелген экономикалық қиманы стандартты қимаға дейін жуықтайды.

Бұдан кейін таңдалған кабельді жүктелу қабілеті бойынша тексеріледі. Жұмыс кезіндегі өткізгіштің температурасы  $\theta$  ұзақ бойғы рұқсат етілетін температурадан  $\theta_{прод.доп}$  аспауы тиіс, яғни  $\theta < \theta_{прод.доп}$

Кернеуі 10 кВ қағазды қаптамасы бар кабельдер үшін рұқсат етілетін температура 60 °С – ны құрайды.

Өткізгіштің ұзақ бойғы рұқсат етілетін температурасына ұзақ бойғы рұқсат етілетін ток  $I_{прод.доп}$  сәйкес. Кабельдер үшін келесі қатынас орындалуы тиіс:

$$I_{РАБ.НБ} \leq k_{АП} \cdot k_{\theta} \cdot k_N \cdot k_U \cdot I_{ПРОД.ДОП} \quad (1.6)$$

мұндағы  $I_{раб.нб}$  – ең көп жұмыс тоғы ;

$k_{ап}$  – апаттық жүктелу коэффициенті;

$k_{\theta}$  – сыртқы орта температурасын түзету коэффициенті;

$k_N$  – қасында жерде өтізілген жұмыс кабельдерінің санын түзету коэффициенті;

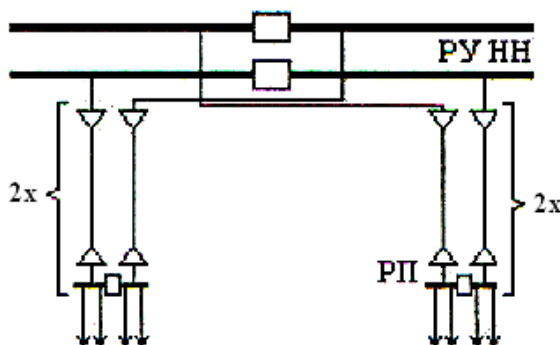
$k_u$  – номиналды емес кернеуде жұмыс істейтін кабельдердің түзету коэффициенті;

Төменгі кернеу шиналарына қосылған әрқайсысы 2,5 МВт-тан төрт тарату пункттері бар (1.12-сурет).

Қалыпты жағдайдағы номиналды ток:

$$I_{НОМ} = \frac{P_{MAX}}{N_{КЛ} \times \sqrt{3} \times U_{НОМ.НН} \times \cos \varphi} = \frac{2,5}{2 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,8} = 90,211 \quad (1.7)$$

мұндағы  $P_{max} = 2,5$  МВт,  $N_{кл} = 2$ ;  $U_{ном} = 10$  кВ;  $\cos \varphi_{ном} = 0,8$ .



1.13 – сурет – Тарату пункттерін ТК қосу сұлбасы

Алюминді кабельдер үшін тоқтың экономикалық тығыздығы  $j_{ЭК} = 1,2 \text{ А/мм}^2$ . Кабелдің экономикалық қимасы:

$$S_{ЭК} = \frac{I_{НОМ}}{j_{ЭК}} = \frac{90,211}{1,2} = 75,2$$

Стандартты экономикалық қимаға жақын кабель  $S_M = 70 \text{ мм}^2$ . Кернеуі 10 кВ алюминді кабель үшін  $I_{доп.прод} = 165 \text{ А}$ . Ең көп жұмыс тоғы апаттық жағдайдағы бір параллелді желі сөндірілген кезде болады:

$$I_{РАБ.НБ} = 2 \cdot I_{НОМ.РАСЧ} = 2 \cdot 90,211 = 180,422 \quad (1.8)$$

Кабель қызу шартына қанағаттандырылуы қажет:

$$I_{РАБ.НБ} \leq k_{АП} \cdot k_{\theta} \cdot k_N \cdot k_U \cdot I_{ПРОД.ДОП}$$

Мұндағы  $k_{ап} = 1,25$ .

Жүктеме коэффициенті:

$$k_n \approx \frac{I_{НОМ.РАСЧ}}{I_{ПРОД.ДОП}} = 0,547 \quad (1.9)$$

мұнда  $I_{прод.доп} = 165 \text{ А}$ ,  $I_{норм.расч} = 90,221 \text{ А}$   
(жерде өткен кабельдің максималды жүктемені өткізу ұзақтығы 6 сағат).

$$k_{АП} \cdot k_{\theta} \cdot k_N \cdot k_U \cdot I_{ПРОД.ДОП} = 1,25 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 165 = 186,625 \text{ А} > I_{РАБ.НБ} = 180,422 \text{ А},$$

мұнда  $k_{\theta} = 1$  (ортаның шартты және есептелген температурасы  $15^{\circ}\text{C}$ );  
 $k_N = 0,9$  (кабельдер саны екеу және арасындағы арақашықтық 100 мм кезінде);

$$k_U = 1$$

Таңдап алынған кабель қызу шартын қанағаттандырады.

Сонымен АСБ-10-3х70 маркалы кабельді таңдаймын.

## 1.5 Қысқа тұйықталу тоғын есептеу

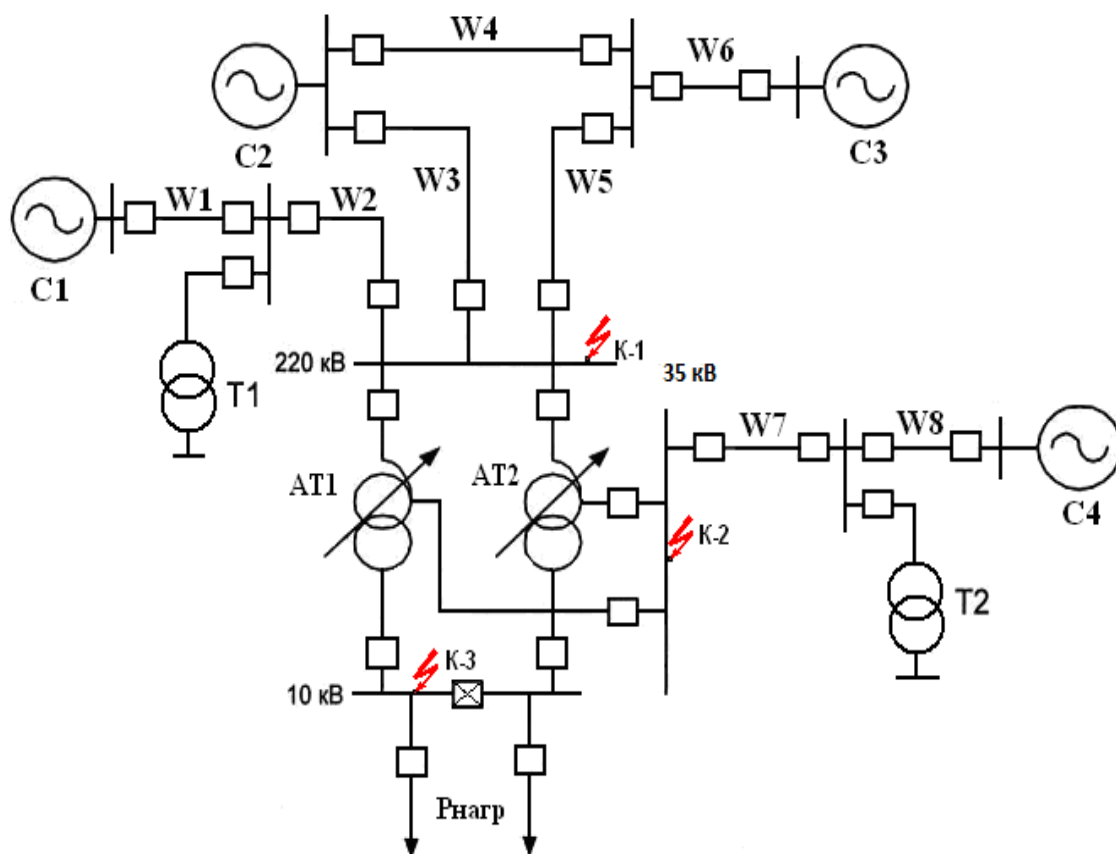
Желінің немесе ҚС әр түрлі параметрлерін мәндерін білу үшін, сонымен қатар коммутациялық құрылғылардың, ажыратқыштардың, кабель желілерінің, шиналардың қалыпты жағдайда жұмыс істеп тұруы үшін қысқа тұйықталу тоғын

есептеп алу керек болады. Және де релелік қорғаныс және автоматика талаптарын қою үшін ҚТ тоғын есептеу қажет болады.

ҚТ тоғын есептеу кезінде көптеген электр станциялары мен қосалқы станциялардан тұратын энергетикалық жүйенің барлық элементінің нағыз режимдері мен сипаттамаларын ескеру өте қиын.

Үшфазды ҚТ тоғын есептеу келесідей ретпен орындалады:

- қарастырылып отырған энергожүйе үшін есептік сұлба құрастырылады, мұндағы есептік сұлба деп барлық элементтері және ҚТ тоғына әсер ететін параметрлері көрсетілген электр қондырғылардың қарапайым бірсызықты сұлбасы. Сондықтан оларды есептеу кезінде ескерілуі тиіс.
- есептік сұлба бойынша магниттік байланысы электрлікке ауыстырылған алмастыру сұлбасы құрастырылады.
- бұл дипломдық жобада ҚТ тоғы **Electronics Workbench** программасы арқылы есептелгендіктен, 1.13-суретте барлық элементтер мен ҚТ нүктелері берілген энергожүйенің толық алмастыру сұлбасын құрайды. Барлық ҚТ нүктелері үшін есептеулер мен өрнектер қосымша 1-де толығымен көрсетілген.



1.14 – сурет – ҚТ нүктелерін анықтау үшін арналған есептік сұлба

Есептеулер нәтижелері 1.7-кестеде берілген.

### 1.7 – кесте – есептеу нүктелеріндегі ҚТ тоқтары

| ҚТ нүктесі | 220 кВ келтірілеген<br>ҚТ нүктелері, А | Нақты тоқтар        |                     | K <sub>уд</sub> |
|------------|----------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
|            |                                        | I <sub>к</sub> , кА | i <sub>у</sub> , кА |                 |
| K1         | 5054                                   | 5,054               | 12,725              | 1,78            |
| K2         | 3232                                   | 6,464               | 17,643              | 1,93            |
| K3         | 770,8                                  | 16,12               | 44,457              | 1,95            |

### 1.6 Электр қондырғыларын таңдау

#### Ажыратқыштарды таңдау

МЕСТ 687-78 –қа сәйкес ажыратқыштар мына шарттар бойынша таңдалады.

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.уст}}; \quad I_{\text{ном}} \geq I_{\text{раб.расч}}; \quad I_{\text{ном}} \geq I_{\text{max}};$$

мұндағы,  $U_{\text{ном}}$  – ажыратқыштың номинал кернеуі;

$U_{\text{ном.уст}}$  – желінің номинал кернеуі;

$I_{\text{ном}}$  – ажыратқыштың номинал тоғы;

$I_{\text{раб.расч}}$  – номинал режимдегі есептік тоқ;

$I_{\text{max}}$  – ағымдық режимдегі есептелетін тоқ.

Осыдан кейін ажыратқыштың қосу қабілеті мына шарт бойынша тексеріледі:

$$I_{\text{вкл}} \geq I_{\text{п.о}};$$

$$i_{\text{дин}} > i_{\text{уд}} = k_{\text{уд}} \cdot i_{\text{п.о}} \cdot \sqrt{2} \quad (1.10)$$

мұндағы  $I_{\text{вкл}}$  – ажыратқыштың номинал қосылу тоғының периодты құраушысының бастапқы әсерлік мәні. (номинал қосылу тоғын ҚТ ең үлкен мәнінде ажыратқыштың сенімді өшіру қабілеті деп түсіну керек.);

$i_{\text{вкл}}$  -номинал қосылу тоғының ең жоғарғы мәні.

Содан соң өшірілудің симметриялық тоғы тексеріледі:

$$I_{\text{отк.ном}} > I_{\text{п.т}}; \quad (1.11)$$

мұндағы  $I_{\text{отк.ном}}$  -ажыратқыштың номинал сөндіру тоғы;  $I_{\text{пт}}$  – ҚТ тоғының периодты құраушысы, (ҚТ-ң бастапқы кезінде ажыратқыш түйіспелерінің тарау тоғы);

ҚТ-ң апериодты құраушы тоғының мүмкін болу ажыратылуы келесі қатынаспен анықталады:

$$i_{\text{а.ном}} \geq i_{\text{а.т}};$$

$$i_{a.ном} = \sqrt{2} \cdot I_{отк.ном} \cdot \frac{\beta_{ном}}{100}; \quad (1.12)$$

мұндағы  $i_{a.ном}$  – ажыратылудың аperiodты құраушы тоғының номинал мәні;

$\beta_{ном}$  – ажыратылу тоғындағы аperiodты құраушының нормаланған пайыздық бөлігі;

$i_{a\tau}$  – ҚТ тоғының аperiodты құраушысы, (ҚТ-ң бастапқы кезінде. ажыратқыш доғасөндіргіш түйіспелерінің тарау тоғы).

Егер  $I_{отк.ном} > I_{п.\tau}$ , ал  $i_{a.ном} < i_{a.\tau}$  болса, онда толық тоқтардың шартты мәндерін салыстыру керек.

$$\sqrt{2} \cdot I_{откл.ном} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{ном}}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{п.\tau} + i_{a.\tau} \quad (1.13)$$

Сөндірудің есептік уақыты  $\tau$  немесе  $t_{откл}$  өзіндік өшірілу уақытының қосындысынан құралады: ажыратқыштың өзіндік өшірілу уақыты  $t_{с.в.откл}$  мен негізгі қорғаныстың 0,01-ге тең болатын мүмкін минимал әсер ету уақыты:

$$\tau = t_{откл}; \quad t_{откл} = 0,01 + t_{с.в.} \quad (1.14)$$

Ажыратқыштың электродинамикалық тұрақтылығы ҚТ-ң шектік өтпе тоғымен тексеріледі:

$$I_{пр.скв} > I_{п.о}, \quad i_{пр.скв} > i_{уд},$$

мұндағы  $I_{пр.скв}$  – шектік өтпе тоғының периодты құраушысының бастапқы әсерлік мәні;  $i_{пр.скв}$  – шектік өтпе тоғының ең шыңы.

Термиялық тұрақтылыққа тексеру келесі түрде болады: Егер  $t_{откл} < t_{тер}$  (көп кездесетін жағдай), онда тексеру шарты:

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} > B_k, \quad (1.15)$$

мұндағы  $I_{тер}$  – ажыратқыштың термиялық тұрақтылығының номинал тоғы;

$t_{тер}$  – термиялық тұрақтылығының нормаланған тоғының шектеулі рұқсат етілетін уақыты;

$B_k$  – интегралдау шегі мынадай болатын  $0 \dots t_{откл}$  Джоуль интегралы,  $кА^2 \cdot с$ ;

$$B_k = I_{п.о.}^2 \cdot (t_{откл.рас.} + T_a) \quad (1.16)$$

мұнда  $T_a$  – аperiodикалық құраушының өшу уақыты.

Әдетте, ажыратқыштың қайта қалпына келу параметрлері бойынша тексеру жүргізілмейді, өйткені энергожүйелердің көпшілігінде ажыратқыштың түйіспелеріндегі қайта қалпына келу кернеуі сынақ шарттарына сәйкес келеді. Қайта қалпына келу кернеуінің жылдамдығын кВ/мкс тексеру қажеттілігі туындайтын болса, онда ол тек әуелік ажыратқыштар үшін іске асырылады.

Жоғарғы кернеулі ажыратқыштарды таңдау:

1) 220 кВ-қа ажыратқыштарды таңдау.

220 кВ-ты тарату құрылғыларындағы барлық қосылулардағы орнатылған ажыратқыштар бірдей болады, яғни барлық ажыратқыштар үшін есептеу шарты барлығына ортақ асқын жүктеме режимінде анықталады.

Автотрансформатордың жоғарғы кернеуі 220 кВ-ғы максималды жұмыс тоғы оның қысқы уақыттағы максималды жүктеме кезіндегі бір автотрансформатордың істен шыққан кезіне сәйкес келеді.

$$I_{\text{раб.мах}} = \frac{S_{\text{мах}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{141930}{\sqrt{3} \cdot 230} = 356,275 \text{ A} \quad (1.17)$$

Есептелген ҚТ тоқтарын 2.1- кестеден қабылдаймын.

$$I_{\text{кз}} = 5,055 \text{ кА}; \quad i_{\text{yд}} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{\text{yд}} \cdot I_{\text{кз}} = 12,725 \text{ кА}$$

Осы мәндерге қарап ВГТ-220П\*-40/2500. У1 типті элегазды ажыратқыштарын таңдаймын, параметрлері 1.8-кестеде берілген.

### 1.8 – кесте – ажыратқыштың параметрлері

|                                                                     |      |                                 |       |
|---------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------|-------|
| $U_{\text{ном}}, \text{кВ}$                                         | 220  | $U_{\text{раб.ном}}, \text{кВ}$ | 252   |
| $I_{\text{ном}}, \text{А}$                                          | 2500 | $I_{\text{отк}}, \text{кА}$     | 40    |
| $I_{\text{тер}}, \text{кА}$                                         | 40   | $t_{\text{с.в.откл}}, \text{с}$ | 0,035 |
| $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ | 4800 | $t_{\text{тер}}, \text{с}$      | 3     |
|                                                                     |      | $t_{\text{п.в.откл}}, \text{с}$ | 0,055 |

Сөндірудің есептік уақыты:  $\tau = 0,01 + t_{\text{с.в.откл}} = 0,045 \text{ с};$

Есептік мәндер:

$$t_{\text{отк}} = t_{\text{р.з}} + t_{\text{откл.в}} = 0,1 + 0,055 = 0,155 \text{ с};$$

$$B_K = I_{\text{п.о}}^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_a) = 5,055^2 \cdot (0,155 + 0,04) = 4,98 \text{ кА}$$

Ажыратқышты тексеру нәтижелері 1.9-кестеде берілген.

### 1.9 – кесте – ажыратқышты тексеру

| Ажыратқыштың                                                  |      | Таңдау шарты | Есептелген мәндері                   |         |
|---------------------------------------------------------------|------|--------------|--------------------------------------|---------|
| $U_{\text{ном}}$ , кВ                                         | 220  | $\geq$       | $U_{\text{уст.ном}}$ , кВ            | 220     |
| $I_{\text{ном}}$ , А                                          | 2500 | $\geq$       | $I_{\text{раб.мах}}$ , А             | 356,275 |
| $i_{\text{дин}}$ , кА                                         | 40   | $>$          | $i_{\text{уд}}$ , кА                 | 12,725  |
| $I_{\text{отк}}$ , кА                                         | 40   | $>$          | $I_{\text{п,0}}$ , кА                | 5,055   |
| $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$ , кА <sup>2</sup> * с | 4800 | $>$          | $B_{\text{к}}$ , кА <sup>2</sup> * с | 4,98    |

Ажыратқыш барлық шарттарды қанағаттандырады.

#### 1) 35 кВ-қа ажыратқыштарды таңдау

Автотрансформатордың жоғарғы кернеуі 35 кВ-ғы максималды жұмыс тоғы оның қысқы уақыттағы максималды жүктеме кезіндегі бір автотрансформатордың істен шыққан кезіне сәйкес келеді.

$$I_{\text{раб.мах}} = \frac{S_{\text{мах}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{119300}{\sqrt{3} \cdot 35} = 196,793 \text{ А},$$

мұнда  $S_{\text{мах}} = 119,3 \text{ МВА}$ .

$$I_{\text{кз}} = 6,446 \text{ кА}; \quad i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{\text{уд}} \cdot I_{\text{кз}} = 17,643 \text{ кА}$$

Осы мәндерге қарап ВГТ-35П\*-40/2500- У1 типті элегазды ажыратқыштарын таңдаймын, параметрлері 1.11-кестеде берілген.

### 1.10-кесте-ажыратқыштың параметрлері

| Ажыратқыштың параметрлері                                     |      | Есептелген мәндері        |       |
|---------------------------------------------------------------|------|---------------------------|-------|
| $U_{\text{ном}}$ , кВ                                         | 35   | $U_{\text{раб.ном}}$ , кВ |       |
| $I_{\text{ном}}$ , А                                          | 2500 | $I_{\text{отк}}$ , кА     | 40    |
| $I_{\text{тер}}$ , кА                                         | 40   | $t_{\text{с.в.откл}}$ , с | 0,035 |
| $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$ , кА <sup>2</sup> * с | 4800 | $t_{\text{тер}}$ , с      | 3     |
|                                                               |      | $t_{\text{п.в.откл}}$ , с | 0,055 |

Сөндірудің есептік уақыты  $\tau = 0,01 + t_{\text{с.в.откл}} = 0,045 \text{ с};$

Есептік мәндер:

$$t_{\text{отк}} = t_{\text{р.з}} + t_{\text{откл.в}} = 0,1 + 0,055 = 0,155 \text{ с};$$

$$B_K = I_{П.О}^2 \cdot (t_{отк} + T_a) = 6,464^2 \cdot (0,155 + 0,15) = 12,744 \text{ кА}$$

Ажыратқышты тексеру нәтижелері 1.12-кестеде берілген.

### 1.11 – кесте – ажыратқышты тексеру

| Ажыратқыштың                                                           |      | Таңдау шарты | Есептелген мәндері                   |         |
|------------------------------------------------------------------------|------|--------------|--------------------------------------|---------|
| U <sub>ном</sub> , кВ                                                  | 35   | ≥            | U <sub>уст.ном</sub> , кВ            | 35      |
| I <sub>ном</sub> , А                                                   | 250  | ≥            | I <sub>раб.мах</sub> , А             | 196,793 |
| i <sub>дин</sub> , кА                                                  | 40   | >            | i <sub>уд</sub> , кА                 | 17,643  |
| I <sub>отк</sub> , кА                                                  | 40   | >            | I <sub>п,0</sub> , кА                | 6,464   |
| I <sub>тер</sub> <sup>2</sup> * t <sub>тер</sub> , кА <sup>2</sup> * с | 4800 | >            | B <sub>к</sub> , кА <sup>2</sup> * с | 12,744  |

Ажыратқыш барлық шарттарды қанағаттандырады.

2) 10 кВ-қа ажыратқыштарды таңдау

Автотрансформатордың төменгі кернеуі 10 кВ-ғы максималды жұмыс тоғы оның қысқы уақыттағы максималды жүктеме кезіндегі бір автотрансформатордың істен шыққан кезіне сәйкес келеді.

$$I_{раб.мах} = \frac{S_{мах}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{22630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 1244,327 \text{ А}$$

мұндағы S<sub>мах</sub> = 22,63 МВА.

Есептелген ҚТ тоқтарын 2.1-кестеден қабылдаймын.

$$I_{кз} = 16,888 \text{ кА}; \quad i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{y\partial} \cdot I_{кз} = 46,574 \text{ кА}$$

Осы мәндерге қарап ВВ/ TEL-10-20/1600- УХЛЗ типті вакуумдық ажыратқыштарын таңдаймын, параметрлері 1.13-кестеде берілген.

### 1.12 – кесте – ажыратқыштың параметрлері

| Ажыратқыштың параметрлері                                              |      | Есептелген мәндері        |       |
|------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------|-------|
| U <sub>ном</sub> , кВ                                                  | 10   | U <sub>раб.ном</sub> , кВ | 12    |
| I <sub>ном</sub> , А                                                   | 1600 | I <sub>отк</sub> , кА     | 20    |
| I <sub>тер</sub> , кА                                                  | 20   | t <sub>с.в.откл</sub> , с | 0,015 |
| I <sub>тер</sub> <sup>2</sup> * t <sub>тер</sub> , кА <sup>2</sup> * с | 1200 | t <sub>тер</sub> , с      | 3     |

Сөндірудің есептік уақыты:

$$\tau = 0,01 + t_{\text{с.в.откл}} = 0,025 \text{ с};$$



### 1.15 – сурет - ВВ/TEL-10-20/1600-УХЛЗ типті вакуумдық ажыратқыштары

Есептік мәндер:

$$t_{\text{отк}} = t_{\text{р.з}} + t_{\text{откл.в}} = 0,1 + 0,025 = 0,125 \text{ с};$$

$$B_K = I_{\text{п.о}}^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_a) = 16,888^2 \cdot (0,125 + 0,23) = 101,248 \text{ кА}$$

Ажыратқышты тексеру нәтижелері 1.14-кестеде берілген.

### 1.13 – кесте – ажыратқышты таңдау

| Ажыратқыштың                                                  |      | Таңдау шарты | Есептелген мәндері          |          |
|---------------------------------------------------------------|------|--------------|-----------------------------|----------|
| $U_{\text{ном}}$ , кВ                                         | 10   | $\geq$       | $U_{\text{уст.ном}}$ , кВ   | 10       |
| $I_{\text{ном}}$ , А                                          | 1600 | $\geq$       | $I_{\text{раб.мах}}$ , А    | 1244,327 |
| $i_{\text{дин}}$ , кА                                         | 20   | $<$          | $i_{\text{уд}}$ , кА        | 46,574   |
| $I_{\text{отк}}$ , кА                                         | 20   | $>$          | $I_{\text{п,0}}$ , кА       | 16,888   |
| $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$ , кА <sup>2</sup> * с | 1200 | $>$          | $B_K$ , кА <sup>2</sup> • с | 101,248  |

Төменгі кернеуге таңдалған ажыратқыш келтірілген шарт бойынша  $i_{\text{дин}} = 20 \text{ кА} < i_{\text{уд}} = 46,574 \text{ кА}$  өтпейді. Сол себепті, ҚТ тоғын шектейтін элемент реінде реакторды таңдаймын.

Ажыратқыш қалған шарттарды қанағаттандырады.

*Айырғышты таңдау*

Айырғыштарды мына шарттар бойынша таңдалады:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.уст}}; I_{\text{ном}} \geq I_{\text{раб.расч}}; i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}; I_{\text{ном.отк}} \geq I_{\text{п.о}}; I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}};$$

$$B_{\text{к}} = I_{\text{п.о.}}^2 \cdot (t_{\text{откл.рас.}} + T_{\text{а}})$$

Әрбір кернеу сатысына сәйкес айырғыштарды таңдаймыз:

—220 кВ жоғарғы кернеуге РГПЗ-1-220/1000-УХЛ1 типті;

—35 кВ жоғарғы кернеуге РГПЗ-1-35/1000-УХЛ1 типті;

—10 кВ төменгі кернеуге РЛНД-1-10/2000-II-УХЛ1 типті.

Есептелген шарттарға байланысты әрбір кернеуге таңдалған айырғыштар 1.15-1.17- кестелерде келтірілген.

#### 1.14 – кесте – 220 кВ жоғарғы кернеуге РГПЗ-1-220/1000-УХЛ1 типті

| Айырғыштың параметрлері                                       |      | Есептелген мәндері        |         |
|---------------------------------------------------------------|------|---------------------------|---------|
| $U_{\text{ном}}$ , кВ                                         | 220  | $U_{\text{уст.ном}}$ , кВ | 220     |
| $I_{\text{ном}}$ , А                                          | 1000 | $I_{\text{раб.мах}}$ , А  | 356,275 |
| $i_{\text{дин}}$ , кА                                         | 100  | $i_{\text{уд}}$ , кА      | 12,725  |
| $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$ , кА <sup>2</sup> · с | 1128 | $B$ , кА <sup>2</sup> · с | 4,98    |

#### 1.15 – кесте – 35 кВ жоғарғы кернеуге РГПЗ-1-35/1000-УХЛ1 типті

| Айырғыштың параметрлері                                       |      | Есептелген мәндері        |         |
|---------------------------------------------------------------|------|---------------------------|---------|
| $U_{\text{ном}}$ , кВ                                         | 35   | $U_{\text{уст.ном}}$ , кВ | 35      |
| $I_{\text{ном}}$ , А                                          | 1000 | $I_{\text{раб.мах}}$ , А  | 598,938 |
| $i_{\text{дин}}$ , кА                                         | 100  | $i_{\text{уд}}$ , кА      | 17,643  |
| $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$ , кА <sup>2</sup> · с | 1128 | $B$ , кА <sup>2</sup> · с | 12,744  |

#### 1.16 – кесте – 10 кВ төменгі кернеуге РЛНД-1-10/2000-УХЛ1 типті

| Айырғыштың параметрлері                                       |      | Есептелген мәндері        |          |
|---------------------------------------------------------------|------|---------------------------|----------|
| $U_{\text{ном}}$ , кВ                                         | 10   | $U_{\text{уст.ном}}$ , кВ | 10       |
| $I_{\text{ном}}$ , А                                          | 2000 | $I_{\text{раб.нб}}$ , кА  | 1244,327 |
| $i_{\text{дин}}$ , кА                                         | 85   | $i_{\text{уд}}$ , кА      | 46,574   |
| $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$ , кА <sup>2</sup> · с | 1128 | $B$ , кА <sup>2</sup> · с | 101,248  |

*Кернеу трансформаторларын таңдау*

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.уст.}}$$

$$S_{2.\text{ном}} \geq S_{2.\text{расч.}},$$

мұндағы  $S_{2ном}$  – берілген дәлдік класының жұмысына сәйкес және КТ-ң екіншілік тізбегінде пайдаланылатын номинал толық қуаты;

$S_{2расч}$  - екіншілік тізбегінде пайдаланылатын есептік толық қуат.

КТ-ң тізбегіндегі сымның қимасы механикалық беріктігінен және рұқсат етілетін кернеу шығынынан анықталады. Бұндайда алюминді сымның қимасы механикалық беріктік шарты бойынша  $2,5 \text{ мм}^2$  -ден аспауы керек.

КТ типі оның тағайындамасымен таңдалынады.

Егер КТ-дан есептік счетчиктер қорек көзін алатын болса, онда екі бірфазалық НАМИ сериялы КТ-н қолдану тиімді. Жалғыз үшфазалы КТ-ға қарағанда, екі бірфазалық КТ қуатты болып келеді, және де бағалары шамалас. 35 кВ және одан жоғары кернеуде ЗНОМ және ЗНОЛ сериялы каскадты КТ қолданады.

-220 кВ шинада КТ таңдау: НКФ-220-58У1;

-35 кВ шинада КТ таңдау: ЗНОМ-35-57У1;

-10 кВ шинада КТ таңдау: НАМИ-10-66У3

## 2 Қосалқы станциядағы автотрансформатордың релелік қорғанысы

### 2.1 Релелік қорғаныс құрылғылары

ПУЭ талаптары бойынша барлық қондырғылар релелік қорғаныс құрылғыларымен жабдықталуы тиіс. Олар арналған:

- ажыратқыш көмегімен бүлінген элементті қалғанынан, яғни бүлінбеген энергожүйе бөлігінен автоматты түрде сөндіру. Егер (нейтралы тұйықталмаған тораптардағы жерге тұйықталу) бүліну электр жүйелердің жұмысын бұзбаса, онда релелік қорғаныс тек сигналға жіберілуі рұқсат етіледі.
- энергожүйедегі элементтің қауіпті, яғни қалыпты емес жұмыс істеу режиміне оның релелік қорғанысы сигналға немесе істе қалған элементтің бүлінуге алып келмейтіндей сөндіруге әрекет жасау.

ПУЭ-ға сәйкес жоғарғы кернеуі 220 кВ автотрансформатордың релелік қорғанысы келесідей бүлінулер мен қалыпты емес жұмыс істеуінен қарастырылуы тиіс:

- ✓ орамы мен шықпаларындағы көпфазды тұйықталу;
- ✓ нейтралы жерге тұйықталған жүйелерге қосылған орамы мен шықпаларындағы бірфазды жерге тұйықталу;
- ✓ орам арасындағы тұйықталу;
- ✓ сыртқы ҚТ туындаған орамдағы тоқтар;
- ✓ жүктемеден туындаған орамдағы тоқтар;
- ✓ май деңгейінің төмендеуі;
- ✓ магнит өткізгіштіктің «өртенуі».

Жоғарыдағыны ескере отырып және соған сәйкес жобаланатын қосалқы станцияның автотрансформаторына келесідей қорғаныстар қарастырылады.

Негізгі қорғаныс ретінде:

- автотрансформатордың дифференциалдық қорғанысы – автотрансформатордың орамы мен шықпаларындағы барлық түрдегі ҚТ қорғау;
- газдық қорғаныс – автотрансформатордың бағының ішіндегі ҚТ қорғау, яғни газдың бөліну нәтижесінде;

Қосымша қорғаныс ретінде:

- автотрансформатордың жоғарғы және төменгі кернеу орамдарын жүктемеден қорғайтын бірфазды максималды тоқ қорғанысы;
- жағарғы және орта кернеудегі жерге ҚТ қорғайтын екі сатылы ноль ретті тоқтық қорғаныс;
- сыртқы ҚТ қорғайтын бағытталған кері ретті тоқ қорғанысы және үшфазды ҚТ қорғайтын кернеу түсумен максималды тоқ қорғанысы;
- көпфазды тұйықталудан қорғайтын екі сатылы дистанционды қорғаныс

## 2.2 Автотрасформатордың дифференциалды тоқтық қорғанысы

ҚС қашықтықтық қорғаныс яғни дифференциалды қорғаныс өте қатал бақыланады. Оларға сезімталдық, сапа, жылдам әрекет ету жағынан үлкен талаптар қойылады. Дифференциалды қорғаныстың сезімталдығын бағалау.

АТ –ң 35 кВ кернеу жағындағы ажыратқыштың сөндірілген кезіндегі, 10 кВ кернеудегі энергожүйенің минималды режиміндігі екіфазалық ҚТ кезінде ток

$$I^2 = 300,1 \text{ A}$$

Тежелу ескерілмейді.

$$K_{\text{ч}} = \frac{I^2}{I_{\text{ном}} \cdot I_{\text{сз.мин.отн.ед}}}, \quad (2.1)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{300,1}{314 \cdot 0,23} = 4,155.$$

АТ – ң 35 кВ иығындағы тоқтығының тежеуін ескеру:

$$\Sigma I_{\text{торм.расч.отн.}} = \frac{I^2}{I_{\text{ном}}}, \quad (2.2)$$

$$\Sigma I_{\text{торм.расч.отн.}} = \frac{300,1}{314} = 0,956 \text{ о.е..}$$

$$I_{\text{сз.торм.отн.}} = K_{\text{торм.}} \cdot (\Sigma I_{\text{торм.расч.отн.}} - 1), \quad (2.3)$$

$$I_{\text{сз.торм.отн.}} = 0,25 \cdot (0,956 - 1) = -0,011 \text{ о.е..}$$

$$I_{\text{сз.отн.}} = I_{\text{сз.торм.отн.}} + I_{\text{сз.мин.отн.ед}}, \quad (2.4)$$

$$I_{\text{сз.отн.}} = 0,23 - 0,011 = 0,219 \text{ о.е..}$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{\Sigma I_{\text{торм.расч.отн.}}}{I_{\text{сз.отн.}}} \quad (2.5)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{0,956}{0,219} = 4,36.$$

ПУЭ бойынша сезімталдық коэффициенті 2 кем болмауы тиіс, яғни дифференциалдық қорғаныстың сезімталдығы жеткілікті. Есептеулер нәтижелері 2.3-кестеде келтірілген.

### 2.3 – кесте – АТ дифференциалдық қорғанысын есептеу

| Адресі | Атауы                                                                                | Мәні                                      |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|        | АТ –ң номиналды тоғы                                                                 | $I_{\text{НОМ}} = 314 \text{ А}$          |
| 1241А  | Көтерілу 1(тежелу коэффициенті)                                                      | 0,52                                      |
| 1221   | $I_{\text{diff}}$ дифференциалды іске қосылу тоғының мәні (сезу мүшесі)              | 70,65 А                                   |
| 1231   | $I_{\text{diff}}$ дифференциалды іске қосылу тоғының мәні (дифференциалды тоқ кесер) | $5 \cdot I_{\text{НОМ}} = 1570 \text{ А}$ |

### 2.3 Автотрансформатордың резервті қорғанысын есептеу

АТ –ң резервті қорғанысы ретінде дистанциондық қорғаныс (ДЗ), кері ретті тоқ қорғанысы (ТЗОП), ноль ретті тоқ қорғанысы (ТЗНП), жүктелуден қорғанысы, АТ-ң максималды тоқ қорғанысы (МТЗ).

*Ескерту:* ПУЭ бойынша АТ-ң орта кернеуінде максималды тоқ қорғанысы қойылмайды.

*Кернеудің түсуі бойынша автотрансформатордың жоғарғы кернеуіндегі МТЗ есептеу*

Қорғаныстың сезімталдығын жоғарлату үшін кернеудің түсуі бойынша МТЗ қолданылады.

Кернеудің түсуі бойынша МТЗ-ң іске қосылу тоғын АТ –ң номиналды тоғы бойынша келесі өрнекпен есептеледі:

$$I_{\text{сз.}} = \frac{K_{\text{от.}}}{K_{\text{воз.}}} \cdot I_{\text{НОМ.}}, \quad (2.6)$$

$$I_{\text{сз.}} = \frac{1,2}{0,95} \cdot 314 = 397 \text{ А.}$$

Сыртқы ҚТ сөндірілгеннен кейін реленің қайтуын қамтамасыз етілуінің шарты бойынша іске қосылу кернеуі:

$$U_{\text{с.з.}} \leq \frac{U_{\text{раб.мин}}}{K_{\text{отс}} \cdot K_{\text{воз.}}}, \quad (2.7)$$

$$U_{с.з.} = \frac{0,8 \cdot 230}{1,2 \cdot 1,2} = 128 \text{ кВ.}$$

мұндағы  $U_{\text{раб.мин.}}$  – сыртқы ҚТ сөндірілгеннен кейін өзіндік жіберу шарты бойынша қорғаныс орнатылған жердегі фаза арсындағы кернеу,  $0,8 \cdot U_{\text{ном}}$  тең деп қабылданады;

$K_{\text{отс}} = 1,2$  – реттелу коэффициенті;

$K_{\text{в}}$  – реленің қайту коэффициенті, 1,2;-ге тең деп қабылдаймын.

Сонымен қатар электр қозғалтқыштардың өзіндік жіберу кернеуі бойынша шартынан реттелу АПВ немесе АВР болған жағдайда келесідей:

$$U_{с.з.} \leq \frac{U_{\text{сам.зап.}}}{K_{\text{отс}}}, \quad (2.8)$$

$$U_{с.з.} = \frac{0,7 \cdot 230}{1,2} = 134 \text{ кВ,}$$

мұндағы  $U_{\text{сам. зап.}}$  – өзіндік жіберу шарты кезінде тежелген электр қозғалтқышын АПВ немесе АВР –дан қосқан кездегі қорғаныс орналасқан жердегі фаза аралық кернеу,  $0,7 \cdot U_{\text{ном}}$  деп қабылдаймын;

$K_{\text{отс}} = 1,2$  – реттелу коэффициенті;

Алынған мәндердің кішісі есептік мән ретінде қабылданады, яғни  $U_{с.з.} = 128 \text{ кВ.}$

Қорғаныс сезімталдығын энергожүйенің минималды режиміндегі АТ –ң ОК жағындағы екі фазалық ҚТ кезінде анықтаймыз:

ОК жағында

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз}}^2}{I_{\text{сз}}^2}, \quad (2.9)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{2101}{397} = 5,29.$$

ПУЭ бойынша қорғаныс зонасының соңындағы ҚТ кезіндегі сезімталдық коэффициенті 1,5 кем болмауы тиіс, яғни шарт орындалады, сезімталдығы жеткілікті.

ТК жағында

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз}}^2}{I_{\text{сз}}^2}, \quad (2.10)$$

$$K_q = \frac{268}{397} = 0,67.$$

ПУЭ бойынша резервті қорғаныс зонасының соңындағы ҚТ кезіндегі сезімталдық коэффициенті 1,2 кем болмауы тиіс, яғни шарт орындалмайды сезімталдығы жеткіліксіз.

Бірінші сатысының уақыт ұстанымы қосымша дистанционды қорғаныс уақыт ұстанымымен келістіру арқылы анықталады,  $t = 2$  с

*Автотрансформатордың төменгі кернеуіндегі МТЗ*

МТЗ –ң іске қосылу тоғын АТ –ң төменгі кернеуіндегі номиналды жұмыс тоғы бойынша реттеледі:

$$I_{сз.} = 1,3 \cdot I_{ном.}, \quad (2.11)$$

$$I_{сз.} = 1,3 \cdot 1259,2 = 1636,96 \text{ А},$$

мұндағы  $K_{отс.} = 1,3$  – реттелу коэффициенті.

Қорғаныс сезімталдығын энергожүйенің минималды режиміндегі АТ –ң ТК жағындағы екі фазалық ҚТ кезіде анықтаймыз:

$$K_{ч} = \frac{I_{кз.}^2}{I_{сз.}^2}. \quad (2.12)$$

$$K_{ч} = \frac{5972,5}{1636,96} = 3,65.$$

Қорғаныс уақыт ұстанымсыз істейді,  $t = 0,2$  с.

ПУЭ бойынша қорғаныс зонасының соңындағы ҚТ кезіндегі сезімталдық коэффициенті 1,5 кем болмауы тиіс, яғни шарт орындалады, сезімталдығы жеткілікті.

*ЖК жағындағы ТЗОП*

АТ –ң ТЗОП іске қосылу тоғын АТ –ң жүктелу режиміндегі кері ретті ток бойынша реттелу шартына сәйкес келесідей өрнекпен таңдалады:

$$I_{сз.} = I_{обр.норм.раб.} \cdot K_{перегр.} \cdot I_{ном.}, \quad (2.13)$$

$$I_{сз.} = 0,2 \cdot 1,4 \cdot 314 = 88 \text{ А}$$

мұндағы  $K_{перегр.} = 1,4$  – АТ –ң жүктелу коэффициенті;

$I_{\text{обр.норм.раб.}} = 0,2$  – АТ –ң жұмыс режиміндегі максималды мүмкін болатын салыстырмалы кері ретті тоқ.

Қорғаныс сезімталдығын энерго жүйенің минималды режиміндегі АТ –ң ОК және ТК жағындағы екі фазалық ҚТ кезіде анықтаймыз:

ОК жағында:

$$K_q = \frac{I_{\text{кз}}^2}{I_{\text{сз}}^2}, \quad (2.14)$$

$$K_q = \frac{2102}{88} = 23,9.$$

ПУЭ бойынша қорғаныс зонасының соңындағы ҚТ кезіндегі сезімталдық коэффициенті 1,5 кем болмауы тиіс, яғни шарт орындалады, сезімталдығы жеткілікті.

ТК жағында:

$$K_q = \frac{268}{88} = 3,045$$

ПУЭ бойынша қорғаныс зонасының соңындағы ҚТ кезіндегі сезімталдық коэффициенті 1,5 кем болмауы тиіс, яғни шарт орындалады сезімталдығы жеткілікті.

Қорғаныстың уақыт ұстанымы  $t_1 = 3,5$  с

*ОК жағындағы фазааралық ҚТ-дан дистанционды қорғаныс*

АТ –ң ДЗ бірінші сатысының іске қосылу тоғы ЖК жағындағы W2 220 кВ желінің фаза аралық ҚТ қарсы дистанционды қорғаныстың бірінші сатысымен келісу шарты бойынша келесі өрнекпен анықталады:

$$Z_{\text{сз.}}^I = 0,79 \cdot (Z_{\text{АТ}} + \frac{Z_{\text{W2}}}{k_{\text{м.мп.}}}) = 0,79 \cdot (37,45 + \frac{17,97}{0,17}) = 113,09 \text{ Ом.} \quad (2.15)$$

$$k_{\text{м.мп.омб}} = \frac{I_{\text{W2I}}}{I_{\text{мп.}}} = \frac{83,58}{494,1} = 0,17,$$

мұндағы  $K_{\text{отс.}} = 0,85$  – реттелу коэффициенті.

$Z_{\text{W2}}$  – W2 желінің толық кедергісі:

$$Z_{\text{W2}} = \sqrt{R_{\text{W2}}^2 + X_{\text{W2}}^2}, \quad (2.16)$$

$$Z_{\text{сз.}} = \sqrt{5,2^2 + 17,2^2} = 17,97 \text{ Ом.}$$

Қорғаныстың уақыт ұстанымы  $t_1 = 1,5 + 0,3 = 1,8$  с

*Жүктелуден қорғайтын қорғаныс.*

1. ЖК жағындағы жүктелуден қорғайтын қорғаныс

ЖК орамдарын жүктелуден қорғайтын қорғаныстың іске қосылу тоғы АТ –ң номиналды тоғы бойынша келесі өрнекпен анықталады:

$$I_{сз} = \frac{K_{отс.} \cdot I_{ном.}}{K_{воз.}}, \quad (2.17)$$

$$I_{сз} = \frac{1,05 \cdot 314}{0,95} = 347 \text{ А.}$$

мұндағы  $K_{отс.} = 1,05$  – реттеу коэффициенті, АТ-ң номиналды тоғынан 5% жүктелу;

$K_{воз.} = 0,95$  – реленің қайту коэффициенті.

2. ОК жағындағы жүктелуден қорғайтын қорғаныс

ОК орамдарын жүктелуден қорғайтын қорғаныстың іске қосылу тоғы АТ орта орамынан өтетін номиналды тоғы бойынша келесі өрнекпен анықталады:

$$I_{сз} = \frac{K_{отс.} \cdot (I_{ном.СН} - I_{ном.ВН})}{K_{воз.}}, \quad (2.18)$$

$$I_{сз} = \frac{1,05 \cdot (596 - 314)}{0,95} = 312 \text{ А.}$$

3. ТК жағындағы жүктелуден қорғайтын қорғаныс

ТК орамдарын жүктелуден қорғайтын қорғаныстың іске қосылу тоғы АТ номиналды тоғы бойынша келесі өрнекпен анықталады:

$$I_{сз} = \frac{K_{отс.} \cdot I_{ном.}}{K_{воз.}}, \quad (2.19)$$

$$I_{сз} = \frac{1,05 \cdot 3307}{0,95} = 3655,1 \text{ А.}$$

*Автотрансформаторды суыту*

1. ЖК жағындағы жүктелуден қорғайтын қорғаныс

ТК орамдарын жүктелуден қорғайтын қорғаныстың іске қосылу тоғы келесі өрнекпен анықталады:

$$I_{сз} = K_{отс.} \cdot I_{ном.}, \quad (2.20)$$

$$I_{сз} = 0,8 \cdot 314 = 251 \text{ А.}$$

мұндағы  $K_{отс.} = 0,8$  – реттелу коэффициенті;

2. ОК жағындағы жүктелуден қорғайтын қорғаныс  
ОК орамдарын жүктелуден қорғайтын қорғаныстың іске қосылу тоғы келесі өрнекпен анықталады:

$$I_{сз} = K_{отс.} \cdot (I_{ном.СН} - I_{ном.ВН}), \quad (2.21)$$

$$I_{сз} = 0,8 \cdot (596 - 314) = 226 \text{ А.}$$

3. ТК жағындағы жүктелуден қорғайтын қорғаныс

ТК орамдарын жүктелуден қорғайтын қорғаныстың іске қосылу тоғы келесі өрнекпен анықталады:

$$I_{сз} = K_{отс.} \cdot I_{ном.}, \quad (2.22)$$

$$I_{сз} = 0,8 \cdot 3307 = 2645,6 \text{ А.}$$

Есептеулердің нәтижелері 2.4-2.5-кестелерде келтірілген.

#### 2.4 – кесте – АТ ДЗТ-ң іске қосу тоғын есептеу

| Сатылар атауы     | $K_I$ |     |     | $K_U$ |     |    | $I_{сз}, \text{ А}$ | $I_{ср}, \text{ А}$ |
|-------------------|-------|-----|-----|-------|-----|----|---------------------|---------------------|
|                   | ЖК    | ОК  | ТК  | ЖК    | ОК  | ТК |                     |                     |
| Сезу мүшесі       | 120   | 200 | 800 | 2200  | 350 | -  | 70,65               | 0,588               |
| Диф. тоқ үзіндісі | 120   | 200 | 800 | 2200  | 350 | -  | 1570                | 13,08               |

#### 2.5 – кесте – АТ резервті қорғанысының іске қосу тоқтарын есептеу

| Қорғаныс атауы | Қорғаныс сатысы | $I_{сз}, \text{ А}$ | $U_{сз}, \text{ кВ}$ | $Z_{сз}, \text{ Ом}$ | $I_{ср}, \text{ А}$ | $U_{ср}, \text{ В}$ | $Z_{ср}, \text{ Ом}$ | $t, \text{ с}$ |
|----------------|-----------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------|
|----------------|-----------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------|

|                       |   |        |     |        |      |       |       |     |
|-----------------------|---|--------|-----|--------|------|-------|-------|-----|
| МТЗ ЖК кернеу түсумен | - | 397    | 128 | -      | 3,31 | 58,18 | -     | 2   |
| МТЗ ТК                | - | 1636,9 | -   | -      | 2,05 | -     | -     | 0,2 |
| ТЗОП                  | - | 88     | -   | -      | 0,73 | -     | -     | 3,5 |
| ТЗНП                  | 1 | 5760   | -   | -      | 48   | -     | -     | 0,4 |
|                       | 2 | 302    | -   | -      | 2,52 | -     | -     | 4,3 |
| ДЗ                    | 1 | -      | -   | 113,09 | -    | -     | 20,56 | 1,8 |
|                       | 2 | -      | -   | 139,67 | -    | -     | 25,39 | 2,3 |
| Жүктелу ЖК            | - | 347    | -   | -      | 2,89 | -     | -     |     |
| Жүктелу ОК.           | - | 312    | -   | -      | 2,6  | -     | -     |     |
| Жүктелу ТК            | - | 3655,1 | -   | -      | 4,57 | -     | -     |     |
| Суыту ЖК              | - | 251    | -   | -      | 2,09 | -     | -     |     |
| Суыту ОК.             | - | 226    | -   | -      | 1,88 | -     | -     |     |
| Суыту ТК              | - | 2645,6 | -   | -      | 3,31 | -     | -     |     |

## 2.4 Газдық қорғаныс

### *Газдық қорғанысты қолдану*

Біздің елдің энергетикасы жоғары қарқынмен өсіп келеді. Техникалық прогресті анықтаушы ретінде ол болашақта алдыңғы қатарда дамитындығы қаралуда. Өз алдына электр желілері арқылы байланысқан көптеген электр стансалары мен қосалқы стансалардан құралған энергетикалық жүйелері дамып, оның параллельді жұмысына бірігеді; таяу уақытта еліміздің окшауланған энергетикалық жүйелері жұмыс істемейтін болады.

Энергетикалық жүйенің негізгі мақсаты – тұтынушыларды электр энергиясымен үзіліссіз қамтамасыз ету, ол энергетикалық жүйелердің барлық элементтерін, әсіресе негізгі элементтерінің тек қана сенімді жұмысын қамтамасыз етеді. Энергожүйенің негізгі элементтеріне күштік трансформаторлар мен автотрансформаторлар жатады, сондықтан да олардың сенімді жұмыс істеуі өте маңызды.

Трансформаторлар мен автотрансформаторлардың түрлі релелік қорғаныстары бүліну немесе қалыпсыз режим кезінде өшіруге не сигнал беруге әрекет ету керек.

Іс жүзінде қолданылатын ережелер бойынша жоғарғы орамды 35 кВ кернеу, қуаты 6300 кВА және одан жоғары сыртқа орналастырылатын май толтырылған трансформаторлар газдық қорғаныспен жабдықталады. Егер кіші қуатты трансформаторлар панажайдың ішінде орналастырылған болса, газдық қорғаныспен жабдықтауға да болады. Егер 1000-4000 кВА қуатты трансформаторларда тез әрекет етуші қорғаныстар (дифференциалды, токкесер

немесе 1с аспай әсер ететін максималды ток қорғанысы) болмаса, онда газдық қорғаныспен жабдықтау қарастырылады.

Трансформаторлардың, автотрансформаторлардың және реакторлардың май жүйесі ұқсас орындалған және электр аппараттарында ішкі зақымдану ағыны тез өтеді. Сондықтан да төменде трансформаторлардың май жүйесінің құрылғысын қарастырамыз.

*Газдық қорғаныстың жұмыс істеу принципі және оның тағайындалуы*

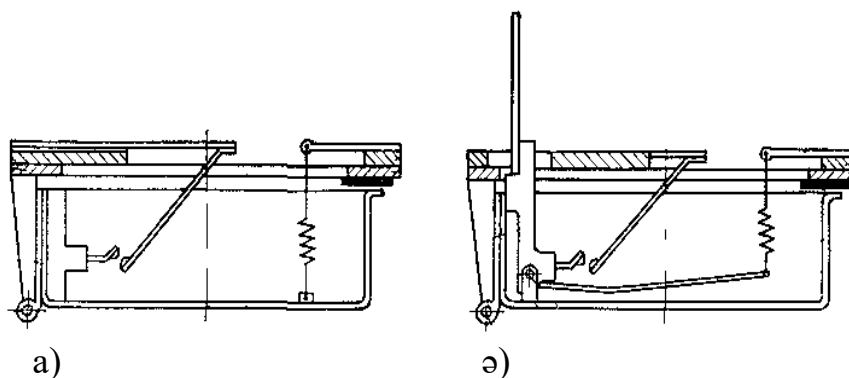
Газдық қорғаныс май толтырылған ұлғайтқыш бакта орналастырылған трансформаторларда, автотрансформаторларда, реакторларда және басқа да электр аппараттарда қолданылады; ол трансформатордың бағының ішіндегі барлық зақымдануларға: газдардың бөлінуінің пайда болуы, май ағынының үдеуі немесе газдың майлы қоспаларының бактан ұлғайтқышқа, сондай-ақ майдың деңгейінің төмендеуіне әсер етеді.

Трансформатордың кейбір қауіпті зақымдануларында газдық қорғаныс қана әрекет етеді. Сол уақытта трансформатордың “электрлік” қорғаныстары (дифференциалдық, максималды ток қорғанысы және т.б.) әсер етпейді. Трансформатордың мұндай зақымдануларына орамдардың орамалық тұйықталуы, болат магнит өткізгішіндегі өрт, кейбір ауыстырып қосқыш тармақтарының ақаулылықтары және басқа да зақымданулар жатады.

Бүліну пайда болуының басында орамалық тұйықталу тоқтарының немесе ораманың корпусқа тұйықталу тоқтары аз кезінде газдық қорғаныстың істеуі маңызды жағдай болып табылады, сондықтан трансформатордың зақымдануына газдық қорғаныс бөгет болады және көп жағдайда оның жөндеу көлемін қысқартады.

Трансформатордың жоғарыда қарастырылған зақымдануларынан басқа, біртіндеп пайда болатын әртүрлі фазада орамдар арасындағы тұйықталулар болуы мүмкін. Мұндай зақымдану кезінде тұйықталған орамалардан үлкен ток өтеді де, олар динамикалық күш береді. Қысқа тұйықталу болған кезінде бүкіл трансформатор мен тұйықталған орамалардың теңселу нәтижесінде, кейбір бөліктері арқылы бактан ұлғайтқыштан май (немесе газбен араласқан май) құйылады. Фаза аралық тұйықталу кезінде трансформатордың дифференциалдық қорғанысы мен газдық қорғанысы бір уақытта жұмыс атқарады. Дифференциалдық қорғаныс жоғарыда қарастырылған бүлінулер кезінде жұмыс істемейді, себебі олардың ток тізбектерінде өзгеріс болмайды.

Реледе бір-бірінен тәуелсіз жұмыс істейтін екі элемент бар (2.1-сурет): жоғарғы элемент – белгі беруші, төменгі – сөндіруші. Әр элементтің өз түйіспесі бар. Реле майға толған кезінде, екі элементтің түйіспелері ажыратылып, қалқып жүрген күйде болады.



**2.1 – сурет – РГЧЗ-66 газдық релесінің элементтері: а) белгі беруші элемент; ә) сөндіруші элемент**

Трансформатор зақымдалған кезінде кішігірім газтектеспен жетектеледі, осы кезде газдың асқын ағыны ұлғайтқышқа өтеді; осы кезде газ майды ығыстырып, газ релесінің корпусының жоғарғы жағына жиналады. Май деңгейінің белгілі төмендеуі кезінде реленің жоғарғы белгі беруші элементі енді майда болмайды және белгі беруші түйіспелерін тұйықтап, ауырлық күші әсерінен төмендейді. Белгі беруші элемент осыған сәйкес жұмыс істейді. Бактан майдың жылыстауынан немесе май температурасының қатты түсіп кетуінен реледегі май деңгейі төмендейді. Егер май деңгейі рұқсат етілген мәннен аз болған жағдайда, белгі беруші элемент жұмыс істейді, өйткені өз уақытында май толық құйылмаған. Сипатталған жағдайда сөндіруші элемент майдың ішінде тұрып, жұмысын атқармайды. Трансформатордың маңызды бүлінулері кезінде құйынды газдың пайда болу әсерінен ұлғайтқышқа май лақтырылады (немесе газбен араласқан май), сол себептен сөндіруші элемент релесі май ағынының әсерінен бұрылады және оның түйіспелері тұйықталады. Май деңгейінің біртіндеп төмендеуі әсерінен ең алдымен белгі беруші элемент, содан кейін сөндіруші элемент майсыз қалады. Трансформатордың бүлінулерінің түрлеріне байланысты белгі беруші және сөндіруші элементтерінің релелері тізбектей және бір уақытта жұмыс істеу мүмкіндігі бар.

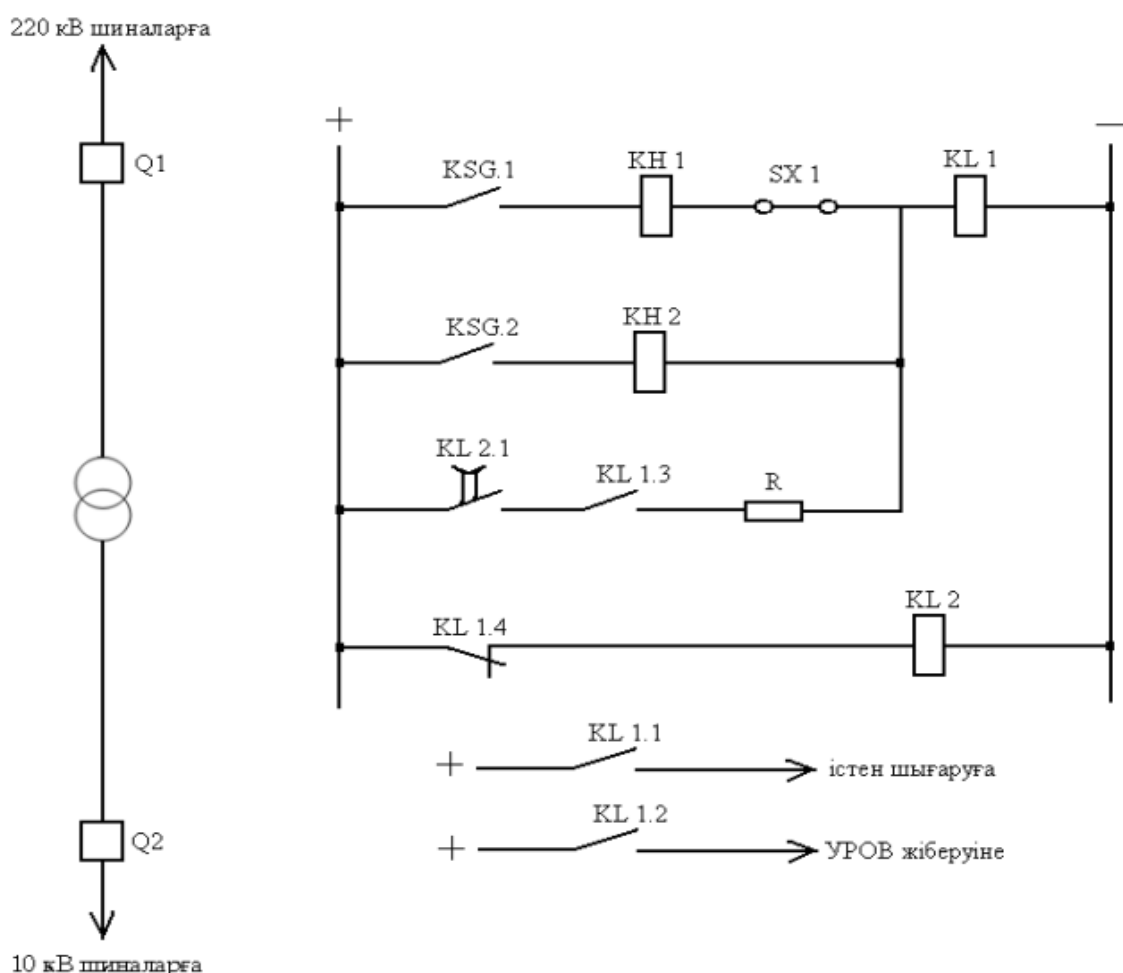
#### *Газдық қорғаныстың принципіалды сұлбасы*

Трансформатордың газдық қорғанысының оперативті тұрақты ток көзінде орындалаған принципіалды сұлбасы 2.5- суретте келтірілген. Жоғарыда айтылғандай, газдық реленің РГ сөндіруші түйіспесі май ағының немесе газбен араласқан май қоспасының әсерінен дірілдеуі мүмкін. Сондықтан, ереже бойынша тізбектелген орамдары бар өзін өзі ұстап тұратын аралық реле РП қолданылады. Өзін өзі ұстап тұру В1 және В2 ажыратқыштарының өшірілуінен кейін автоматты түрде алынып тасталынады. Газдық қорғаныстың оперативті ток тізбектері өшіру әрекетімен байланысты трансформатордың қорек көзі жағынан В1 ажыратқышының сақтандырғышы арқылы беріледі. В1 және В2

ажыратқыштарының өшіру тізбектері аралық реле РП түйіспелеріне бөлінген және олар В1 ажыратқышының сақтандырғышы арқылы қоректенеді.

Реленің РГ белгі беруші түйіспелері бөлек сақтандырғыш арқылы қоректенеді; олар В1 ажыратқышынан В2 сигнал беру үшін қосылған күйде тәуелсіз жұмыс істеуі керек, мысалы, бак ағысының пайда болуы немесе басқа себептерден реледен РГ майдың кетуі кезінде. Бір фазалық трансформаторлардың үш топтық қорғанысы кезінде әр қайсысына газдық реле қойылады және ортақ шығыстық аралық реле арқылы трансформаторлардың топтық өшірілуіне әсер етеді.

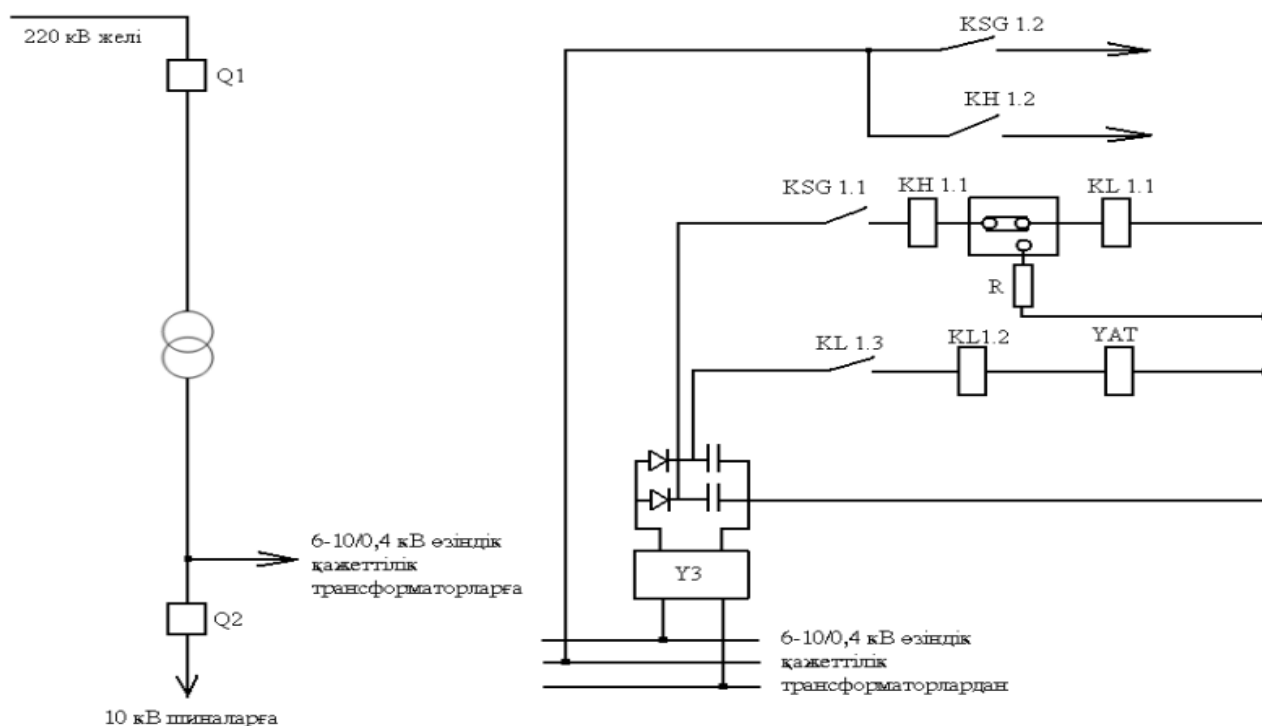
Тұйық қосалқы стансасындағы трансформатордың газдық қорғанысының оперативті айнымалы ток көзінде орындалаған принципиялды сұлбасы 2.2 - суретте келтірілген; оперативті ток көзі ретінде әдетте өлшеуіш кернеу трансформаторлары немесе қорек көзіне зарядтаушы құрылғы УЗ қосылған конденсатор батареялары қолданылады.



**2.2 – сурет – Трансформатордың газдық қорғанысының оперативті тұрақты ток көзінде орындалаған принципиялды сұлбасы**

Газдық қорғаныс қысқа тұйықтауыштың КЗ қосылуына әсер етеді, содан кейін бас учаскеде желі қорғанысы өшіріледі. Желінің қосылуы кезінде бірнеше тармақталған қосалқы стансалардың соңғылары бөліктеуіш көмегімен желілерге қосылады.

Трансформатордың қорек көзі жағынан жалғанған жағдайында, бөліктеуіш пен қысқа тұйықтауыштың көмегі арқылы трансформатордың газдық қорғанысы 2.6 - суреттегідей қысқа тұйықтауыштың қосылуына әсер етеді. Осыдан кейін желі қорғанысы жұмыс істейді және қорек көзі жағынан желінің ажыратқыштары өшіріледі. Қысқа тұйықтағыш арқылы жерге тұйықталу тогы ағып кеткеннен кейін зақымдалған трансформатордың бөліктеуіші сөндіріледі, яғни желінің ажыратқышы өшірілгеннен кейін. Ары қарай желі АПВ құрылғысы арқылы қосылады да, осы желіге қосылған басқа қосалқы стансалардың қоректенуі қайта қалпына келеді. Сонымен газдық қорғаныстағы трансформатор бағының ішінде болатын барлық бүлінулердің іске қосылуын, жоғарғы сезімталдық, тез арада іске қосылу артықшылықтарына, оның тізбектерінің қарапайым орындалуын қосамыз. Бірақ газдық қорғаныстағы трансформатор бағының сыртында болатын бүлінулердің іске қосылмауы, ажыратқыштар арасындағы бүлінулердің жалғыз ғана қорғанысы болу мүмкіндігі емес екендігіне алып келеді. Іс жүзіндегі ережелер бойынша газдық қорғаныстың сөндіруші элементі трансформатордың өшірілуі кезінде қосылуы қажет.



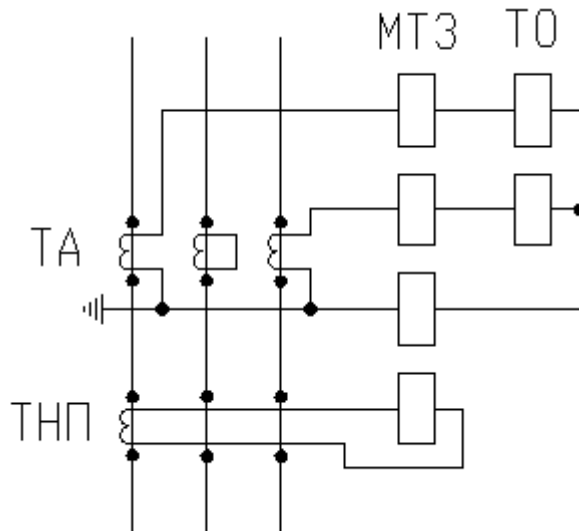
**2.3 – сурет – Трансформатордың газдық қорғанысының оперативті айналымы тоқ көзінде (тұйық қосалқы станса) орындалаған принципіалды сұлбасы**

### 3 Кернеуі 10 кВ кабельді желінің релелік қорғанысы

#### 3.1 Максималды ток қорғанысы

Максималды ток қорғанысы кабельді желілердегі үш фазды ҚТ және жүктелуден қорғауға арналған.

Қорғаныс негізінен РТ-40 релесімен екі фазалық түрде орындалады (3.1-сурет).



3.1 – сурет – Кабельді желілердің МТЗ, ТО және ТЗНП қорғаныс сұлбасы

Жұмыс тоғы:

$$I_{\text{раб.макс}} = \frac{S_{\text{ном.лин}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2,5 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 137,46 \text{ A} \quad (3.1)$$

ТЛК-10 типті  $k_T=300/5$  ток трансформаторын тандаймын.

*Қорғаныс қойылымын есептеу*

МТЗ қорғанысының қойылымын таңдау мәні біріншілік және екіншілік іске қосу тоғын, реле типін, қорғалатын зона соңындағы ҚТ кезіндегі сезімталдығын анықтауда.

МТЗ нің біріншілік тоғы тежелген электр қозғалтқыштардың өзіндік жіберу тоғынан ретелу қажет. Сонымен қатар максималды жұмыс тоғы кезінде қорғаныс істемеуі қажет. Осы шарттарды ескере, қалыпты режимде біріншілік іске қосылу тоғы келесі формуламен анықталады:

$$I_{C3} = \frac{k_H \cdot k_{C3}}{k_B} \cdot I_{\text{MAX.КЛ}} = \frac{1,2 \cdot 2}{0,85} \cdot 137,46 = 388,122 \text{ A} \quad (3.2)$$

мұндағы  $I_{\text{мах.кл}}$  – кабель желісінің максималды жүктеме тоғы;  
 $K_{\text{отс.}} = 1,2$  – реттелу коэффициенті;  
 $K_{\text{в}}$  – реленің қайту коэффициенті, қабылдаймын – 0,85;  
 $K_{\text{з}}$  – өзіндік жіберу коэффициенті, қабылдаймын – 2.

Реленің істеу тоғы келесі өрнектен анықталады:

$$I_{\text{CP}} = \frac{k_{\text{CX}} \cdot I_{\text{CЗ}}}{k_{\text{T}}} = \frac{1 \cdot 388,122}{60} = 6,47, \quad (3.3)$$

мұндағы  $K_{\text{CX.}}$  – сұлба коэффициенті;  
 $K_{\text{та}}$  – ТТ коэффициенті – 60.

Қорғаныс зона соңындағы екі фазалық ҚТ кезіндегі қорғаныс сезімталдығын тексеремін:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{К}}^{(2)}}{I_{\text{CЗ}}} = \frac{6029}{388,122} = 15,5 > 1,5, \quad (3.4)$$

мұндағы  $I_{\text{к.мин}}$  – қорғаныс зона соңындағы екі фазалық ҚТ.

ПУЭ бойынша сезімталдық коэффициенті 1,5 кем болмауы тиіс, шарт орындалады, яғни сезімталдығы жеткілікті.

Уақыт ұстанымы МТЗ үшін  $t = t_{\text{min}} + \Delta t = 0,5 + 0,5 = 1$  с.

### 3.2 Ток үзіндісі

ТО іске қосылу тоғы қорғаныс зонасының соңындағы үш фазды ҚТ тоғынан реттеледі

$$I_{\text{CЗ}} = k_{\text{H}} \cdot I_{\text{К}} = 1,2 \cdot 6930 = 8316 \text{ A}, \quad (3.5)$$

мұндағы  $I_{\text{К}}$  – қорғаныс зонасының соңындағы үш фазды ҚТ;  
 $K_{\text{H}} = 1,2$  – сенімділік коэффициенті.

Реленің істеу тоғы келесі өрнектен анықталады:

$$I_{\text{CP}} = \frac{k_{\text{CX}} \cdot I_{\text{CЗ}}}{k_{\text{T}}} = \frac{1 \cdot 8316}{60} = 138,6 \text{ A} \quad (3.6)$$

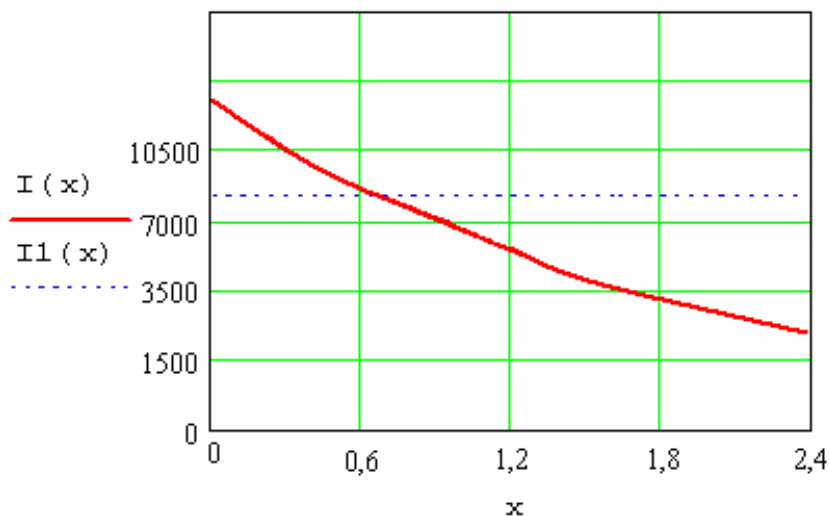
мұндағы  $K_{\text{CX.}}$  – сұлба коэффициенті;

$K_{\text{та}}$  – ТТ трансформация коэффициенті – 60.

ТО қорғанысы кабельді желінің қанша пайызын қорғайтыны анықтайық.

ПУЭ бойынша егер істеу зонасы қорғалатын желінің 20 % қамтыса, онда ТО қорғанысын қолдануға болады.

3.2- суретте көрсетілгендей ТО қорғаныс зонасы 0,7 км немесе ұзындықтың 28% құрайды.



**3.2 – сурет – ТО қорғаныс аумағын анықтау**

### 3.3 Кернеуі 10 кВ желінің жерге тұйықталудан қорғанысы

ТНП-10 типті ТТ таңдаймыз. Жерге тұйықталудан қорғаныс істеу тоғы:

$$I_3 = \frac{U \cdot L}{10} = \frac{10 \cdot 2,5}{10} = 2,5A, \quad (3.7)$$

мұндағы  $U = 10$  кВ – желі кернеуі;

$L = 2,5$  км – желі ұзындығы.

НТМИ-10 типті КТ таңдаймыз.

Қазіргі кезде электромеханикалық релелерді қолдану баяулады, себебі олардың орнына габариттері кішігірім әрі қолдануға ыңғайлы микропроцессорлық релелер шығарылуда. Сол себептен жоғарыда есептелген қорғаныс қойылымдарын микропроцессорлық МИКОМ типті релесінде орындаймыз.

## **4 Еңбекті қорғау**

### **4.1 Жобалаған қосалқы станцияның еңбек шарттары**

Қосалқы станция қоршаған ортаға әсер етудің көзі болып табылады. Оның негізгілері: электромагниттік әсер, радио кедергілер, автотрансформаторлар – шудың көзі және жер асты суларының маймен ластану мүмкіндігі.

Құрылыс салу кезінде қоршаған ортаны ластаудың көзі құрылыс механизмдері болады. Себебі олар қозғалыс кезінде жер бетінің өсімдіктеріне әсер етеді.

Бұл ауданның құрылыс материалдарының қалдықтарымен ластану мүмкіндігі (кабель қалдығы, кірпіш, бетон және т.б.).

Жобаланған қосалқы станция заттар қалдығын, сонымен қатар атмосфераға зиянды қалдықты шығармайды. Сондықтан ауа ортасының өзгеруі жайында талдау жасаудың қажеттілігі туындамайды.

Қосалқы станцияның ашық тарату құрылғыларындағы майлы ажыратқыштар орнына элегазды және вакуумды орнатылады.

Қосалқы станцияның электр бөлігіндегі еңбек жағдайларын талдау объектілері: технологиялық процестер және электр жабдықтар, еңбек операциялары және өндірістік жағдай болып табылады. Өндірістік жағдайларды талдау өндірістік санитария мен еңбек гигиенасының тақырыбы. Өндірістік жағдай қызмет көрсетуші персоналдың жұмыс қабілеті мен көңіл күйіне әсерін тигізіп, оны шаршау және кәсіби ауруға ұшыратып, апаттық жағдайлардың пайда болуына ықпал етуі мүмкін.

Еңбек шартын талдау өндіріс факторларын зерттеудің барлық кешенін болжайды. Жұмыс кезіндегі өндірістік жарақаттану мен кәсіби аурулар себептерін үш топқа бөлуге болады: техникалық, ұйымдастыру және санитарлық техникалық. Жұмыс орнының қолайлылығы еңбек өнімділігін арттырады, адам денсаулығына да пайдалы. Өндірістегі қауіпсіз және денсаулыққа кері әсер етпейтін еңбек шарттары басшылардың еңбекті қорғауды дұрыс ұйымдастыруына байланыста болады. Басқару объекті ретінде жұмыс орнындағы жағдайды қалыптастыратын техникалық қызметтер мен бөлімшелер қарастырылады.

Кернеу астында жұмыс істегенде, қауіпсіз жағдай болуы мүмкін егер, адам денесінен тоқ өткізгіш арасындағы потенциал жоқ болған кезде. Сондықтан, адам жерден де тоқ өткізгіштерден де оқшаулану керек.

### **4.2 Жерлендіру сұлбасын есептеу**

Электр машиналарының, трансформаторлардың, шамдардың, құрылғылардың корпустары және басқа тоқ жүрмейтін бөліктері тоқ жүретін бөлігінің корпусқа қысқа тұйықталу кезінде кернеуі болуы мүмкін. Егер корпус

жермен байланысқан болмаса, онда оны жанасу сол сияқты фазаны жанасқандай қауіпті. Ал, егер корпус жермен қосылған болса, онда ол адамға қауіпсіз аз кернеуде болады. Адам денесі арқылы өтетін жанасу кернеумен тоқтың рұқсат етілген параметрі – 36 В және сәкесінше 6 А. Берілген қосалқы станция жермен контур бойымен қосылған. Жерлендіргіштер бір-бірінен кішкене арақашықтықта орналастырылған. Жерлендіргіштердің таралу өрісі қабатталады және жер қыртысының бетіндегі кез – келген нүктесі контур ішінде шамалы потенциалы болады. Сол себептен, нүктелер арасындағы потенциал айрмасы төмендетілген және жанасу коэффициенті  $\alpha_1$  бірден әлде қайда аз.

Жермен қосу контурын есептеу

Сыртқы қабатының меншікті кедергісі  $\rho_{\text{узм}}$  және төменгі қабатының меншікті кедергісі  $\rho_{2\text{узм}}$  бар «Шу» қосалқы станциясының шекарасындағы ашық және жабық типті тарату құрылғылары үшін жермен қосу құрылғыларын орындау қажет.

Жермен қосу контурының периметрі бойынша жерге диаметрі  $d$ , ұзындығы  $l$  және жерінің үстіңгі қабатының қалыңдығы  $h_1$ , тік стерженьдер қағылуы керек.

Бастапқы берілгендер:

$$U_{\text{АТК1}} = 220 \text{ кВ}; \quad U_{\text{ЖТК}} = 10/0,4 \text{ кВ};$$

$$\text{АТҚ1 өлшемдері } 72 \times 50 \text{ м}; \quad \rho_{\text{узм}} = 88 \text{ Ом} \cdot \text{м}; \quad \rho_{2\text{узм}} = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$d = 0,08 \text{ м}; \quad l = 5 \text{ м}; \quad h_1 = 2,75 \text{ м};$$

$$\text{IV - климаттық зона}; \quad I_{\text{кз}} = 5,055 \text{ кА};$$

Электродтың жерге ену тереңдігі – жер бетінен электродқа дейінгі қашықтық  $t_0 = 0,5 \text{ м};$

*220кВ АТҚ үшін контурлық жермен қосу құрылғысын есептеу*

Бастапқы берілгендерді есептеуге келтірейік

$$\rho_{1\text{расч}} = \rho_{\text{узм}} \cdot \Psi = 88 \cdot 1,4 = 123,2 \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (4.1)$$

мұнда  $\Psi$  - көп қабатты жердегі маусымдық өзгерістер қабаты үшін маусымдылық коэффициенті.

$\Psi = 1,4$  - IV – климаттық зона үшін. Өйткені, IV климаттық зонада маусымдық өзгерістер қабатының шартты қалыңдығы жердің үстіңгі қабатының  $h_c = 1,6 \text{ м}$  - ге тең қалыңдығынан аз  $h_1 = 2,75 \text{ м}$  -ге тең болады.

Табиғи жерлендіргіш ретінде металдық технологиядағы конструкциясы қолданылады деп және оның есептік табиғи таралу кедергісін  $R_e = 15 \text{ Ом}$  деп қабылдап, сонымен қатар  $R_3 = 0,5 \text{ Ом}$  екенін ескерсек, онда қажетті жерлендіргіштің кедергісін келесі өрнек бойынша аламыз:

$$R_{II} = R_e \cdot R_3 / (R_e - R_3) = 15 \cdot 0,5 / (15 - 0,5) = 0,5172 \quad (4.2)$$

Ауданы  $S = 3600 \text{ м}^2$  төртбұрышты тор түрінде жерлендіргіштің есептік моделін құрастырамыз. Бір қабырғасының ұзындығы  $\sqrt{S} = 60 \text{ м}$  болады. Жерлендіргіштің контурлық түрі, яғни горизонтальды сызықтық және вертикальді стержендік электродтар түріндегі тор түрін қабылдаймыз. Мұндағы вертикальді электродтарды периметр бойымен орналастырамыз.

Суреттен горизонтальді және вертикальді электродтардың ұзындықтарының қосындысын анықтаймыз.  $L_r = 1300 \text{ м}$

Вертикальді электродтардың санын анықтайық:

$$n = \frac{4 \cdot \sqrt{S}}{a}, \quad (4.3)$$

мұндағы  $S$  – жерлендіргіш ауданы,  $\text{м}^2$ ;

$a$  – модельдегі вертикальді электродтар арасындағы ара қашықтық.

$a = 5 \text{ м}$

$$n = \frac{4 \cdot \sqrt{72 \cdot 50}}{5} = 48$$

Бір қабырға бойындағы ұяшықтар саны:

$$m = \frac{L}{2\sqrt{S}} - 1 = \frac{1300}{2 \cdot 60} - 1 \approx 9,8 = 10 \quad (4.4)$$

Горизонтальді электродтардың толық ұзындығын тексереміз:

$$L_r = 2 \cdot (m + 1) \sqrt{S} = 2 \cdot (10 + 1) \cdot 60 = 1320 \text{ м} \quad (4.5)$$

Модельдегі ұяшықтың қабырғасының ұзындығын:

$$b = \sqrt{S} / m = 60 / 10 = 6 \text{ м} \quad (4.6)$$

Вертикальді электродтардың толық ұзындығы:

$$L_B = l_B \cdot n = 5 \cdot 48 = 240 \text{ м} \quad (4.7)$$

Вертикальді электродтың жоғарғы бөлігінің, яғни, жердің жоғарғы бөлігінде орналасқан бөлігінің салыстырмалы ұзындығы  $l_{отн}$  келесі өрнекпен анықталады:

$$l_{отн} = (h + t_0) / l_0 = (2,75 - 0,5) / 5 = 0,45 \text{ м} \quad (4.8)$$

Вертикальді электродтардың жерге тығудың салыстырмалы тереңдігі:

$$t_{отн} = (l_B + t_0) / \sqrt{S} = (5 + 0,5) / 60 = 0,0917 \text{ м} \quad (4.9)$$

Екі қабатты жердің эквивалентті меншікті кедергісі  $\rho_э$ , вертикальді электродтардан орындалған горизонтальді тор түріндегі тұтас жермен қосқыш үшін келесідей формуламен анықталуы мүмкін:

$$\rho_э = \rho_2 (\rho_1 / \rho_2)^k \quad (4.10)$$

Алдымен маусымдық коэффициентін ескере  $\rho_1 / \rho_2$  қатынасын анықтайық:

$$\frac{\rho_{1расч}}{\rho_{2расч}} = \frac{\rho_{1изм} \cdot \Psi}{\rho_{2изм}} = \frac{88 \cdot 1,4}{50} = 2,464 \quad (4.11)$$

$1 < \rho_1 / \rho_2 < 10$  болғандықтан, дәреже көрсеткіші:

$$k = 0,43 \left( l_{отн} + 0,272 \ln \frac{a\sqrt{2}}{l_B} \right) = 0,43 \cdot (0,45 + 0,272 \cdot \ln \cdot (5 \cdot \sqrt{2} / 5)) = 0,234 \quad (4.12)$$

Осыдан кейін есептейміз:

$$\rho_э = 50 \cdot (123,2 / 50)^{0,234} = 61,749 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Қарастырылып отырған жасанды жерлендіргіштің есептік кедергісін есептейміз. Ол үшін А коэффициентін табамыз,  $0 < t_{отн} < 0,1$  болғандықтан:

$$A = 0,444 - 0,84 \cdot t_{отн} = 0,444 - 0,84 \cdot 0,0917 = 0,367 \quad (4.13)$$

Онда:

$$R = A \frac{\rho_э}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_э}{L_\Gamma + L_B} = 0,367 \cdot \frac{61,749}{60} + \frac{61,749}{1320 + 240} = 0,412$$

Жалпы қосалқы станцияның кедергісі (табиғи жерлендіргіш кедергісін ескере):

$$R_3 = R_e \cdot R / (R_e + R) = 15 \cdot 0,412 / (15 + 0,412) = 0,401$$

Жанасу кернеуінің коэффициенті  $\alpha_1$  өткізгіштері біркелкі орналастырылған және қосымша тік өткізгіші бар тор түріндегі жермен қосқыштар үшін келесі жуықталған өрнек бойынша анықталады:

$$\alpha_1 = M \cdot \left( \frac{a \cdot \sqrt{S}}{l_e \cdot L_r} \right)^{0,45}, \quad (4.14)$$

мұндағы  $M = \rho_1 / \rho_2$  қатынасының функциясы,  $M = 0,652$

$$\alpha_1 = 0,652 \cdot \left( \frac{5 \cdot \sqrt{3600}}{5 \cdot 1560} \right)^{0,45} = 0,15$$

Жердің жоғарғы қабатының меншікті кедергісіне тәуелді жанасу кернеуінің төмендеу коэффициентін келесі формуламен анықтауға болады:

$$\alpha_2 = \frac{R_h}{R_h + 1,5 \cdot \rho_1}, \quad (4.15)$$

мұндағы  $\rho_1$  - жердің жоғарғы қабатының меншікті кедергісі;  
 $R_h$  - адам денесінің кедергісі.

$$\alpha_2 = \frac{1000}{1000 + 1,5 \cdot 123,2} = 0,844$$

Жанасу кедергісін келесі формула бойынша анықтаймын:

$$U_{np} = I_3 \cdot R_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 = 5055 \cdot 0,401 \cdot 0,15 \cdot 0,844 = 257,46 \text{ В} \quad (4.16)$$

АҚК ескерілген,  $t = 0,15$  -қа тең жанасу және қадам кернеуін есептеуге арналған уақытта рұқсат етілген кернеу 236 В-ты құрайды.

Жермен қосқыш потенциалы:

$$\varphi_3 = 5055 \cdot 0,401 = 2027 \text{ В}; \quad (4.17)$$

Кернеу:

$$U_{np \max} = \varphi_3 \cdot \lambda_1 = 2027 \cdot 0,15 = 305,04 \text{ В}; \quad (4.18)$$

Жермен эффективті қосылған торапта ЖҚ зонасындағы жермен тұйықталған заттарға адамның жақындауының қауіпсіздігі шарттарынан:

$$U_{np} = U_{np \max} - I_h \cdot 1,5 \cdot \rho_C \leq U_{дон} \quad (4.19)$$

келесіні аламыз:

$$I_h = U_{np \max} / (R_h + 1,5 \cdot \rho_C), \quad (4.20)$$

мұндағы  $I_h$  – адам арқылы өтетін ток.

$$I_h = 305,04 / (1000 + 1,5 \cdot 123,2) = 0,2575 \text{ А}$$

Қауіпсіздік шарттарын тексерейік, мұндағы  $U_{np,дон} = 450 \text{ В}$ , МЕСТ 12.1.038-82 бойынша анықталады:  $305,04 - 0,2575 \cdot 1,5 \cdot 123,2 \leq 450$ ;  $257,46 \leq 450$ . Шарт орындалады.

Горизонтальді сымдар қатарынан және тордан тұратын күрделі жермен тұйықтағыш үшін қадам кернеуінің коэффициенті келесідей анықталады:  $\beta_1 = 0,15$

$\beta_2$  – жердің жоғарғы бөлігінің меншікті кедергісіне тәуелді қадам кернеуінің төмендеу коэффициенті. Осы коэффициентті анықтайтын болсақ:

$$\beta_2 = R_h / (R_h + 6 \cdot \rho_C) = 1000 / (1000 + 6 \cdot 123,2) = 0,575 \quad (4.21)$$

Қадам кернеуін келесі формуламен анықтаймыз:

$$U_{III} = I_3 \cdot R_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = 5055 \cdot 0,401 \cdot 0,15 \cdot 0,575 = 174,82 \text{ В} \quad (4.22)$$

Токтың таралу зонасында жүрген адам үшін қауіпсіздік шарттары:

$$U_{III} = U_{1-2 \max} - I_h \cdot 6 \cdot \rho_1 \leq U_{дон}, \quad (4.23)$$

мұндағы  $U_{np,дон} = 450 \text{ В}$  МЕСТ сәйкес, АПВ  $t = 0,15 \text{ с}$  ескеретін қысқа тұйықталудың әсер ету уақыты барысындағы мәні.

$$U_{1-2 \text{ max}} = \varphi_3 \cdot \beta_1 = 2027 \cdot 0,15 = 304,05 \text{ В}; \quad (4.24)$$

Адам денесі арқылы өтетін ток:

$$I_h = U_{1-2 \text{ max}} / (R_h + 6 \cdot \rho_c) = 304,05 / (1000 + 6 \cdot 123,2) = 0,1748 \text{ А}; \quad (4.25)$$

Қауіпсіздік шарттарын тексеремін:

$$U_{1-2 \text{ max}} - I_h \cdot 6 \cdot \rho_1 \leq U_{\text{дон}};$$

$$304,05 - 0,1748 \cdot 6 \cdot 123,2 \leq 450; \quad 174,82 \leq 450$$

Шарт орындалады.

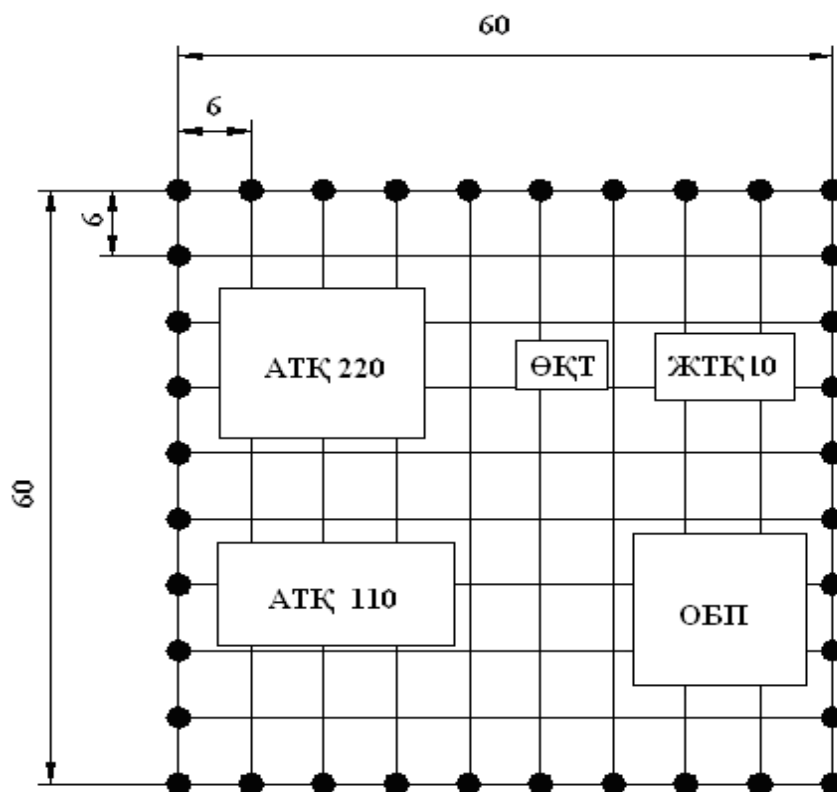
$R_3$  талаптары бойынша берілген жермен тұйықтағыштың қолданылу мүмкіндігін қарастырайық:

$$R_3^I = \frac{U_{np \text{ дон}}}{I_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2} = \frac{450}{5055 \cdot 0,15 \cdot 0,844} = 0,7 \text{ Ом} \quad (4.26)$$

$$R_3^{II} = \frac{U_{ш \text{ дон}}}{I_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2} = \frac{450}{5055 \cdot 0,15 \cdot 0,575} = 1,03 \text{ Ом} \quad (4.27)$$

Есептеулер нәтижесінде алынған жермен тұйықтағыш кедергісі  $R_3 = 0,401 \text{ Ом}$  ЭОЕ талаптарын, сондай-ақ, жоғарыда көрсетілген шарттарды да қанағаттандырады, яғни,

$$R_3 < R_{3 \text{ ПУЭ}}, \quad R_3 < R_3^I, \quad R_3 < R_3^{II}.$$



**4.1 – сурет – Қосалқы станциядағы электродтардың орналасу сұлбесі**

*10/0,4 кВ ТҚ үшін шығарылған жермен қосқыш құрылғысын есептеу*

Қозғалтқыштарды қоректендіру кабельдерінің ұзындығы 50-200м құрайды. Жеке кабельдердің ұзындығы 1 блокқа 1000м дейін жетеді, сәйкесінше ұзындық үш есе артады. Өзіндік мұқтаждықтың басты мехнизмдерінің өзінің жеке кабельдерінен қоректенетін резервтік қозғалтқыштары бар екенін ескеру қажет, осыған байланысты:

$$l_K = 3 \cdot (4 \cdot 1000 \times 10^{-3} + 200 \times 10^{-3}) = 12,6 \text{ км},$$

Кернеуі 1000 В жоғары, бейтарабы оқшауланған электр есептік ток ретінде келесі формула бойынша жуықталып есептелген токты алуға болады:

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot (10 \cdot l_K + l_B)}{350}, \quad (4.28)$$

мұндағы  $U$  – тораптың фазалық кернеуі, кВ;

$l_K$  – торапқа қосылған кабельдік желілердің жалпы ұзындығы, км;

$l_B$  – торапқа қосылған әуе желілерінің жалпы ұзындығы, км.

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot (10 \cdot 12,6 + 0)}{350} = 76,383 \text{ А};$$

Жермен тұйықтағыштың сыртқа орналастырылатын түрінде жермен тұйықтағышты жермен тұйықталған жабдыктан белгілі бір қашықтықта орналастырады. Сондықтан жермен тұйықталған қораптар таралу өрісінен тыс орналасады – яғни жерде, бұл жағдайда адам қорапқа жақындап,  $\lambda_2$ ,  $U_{np} = U_3$  коэффициентін ескермегендегі жерге қатысты толық кернеуге түседі.

$$\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 0,844; \quad \beta_1 = 1; \quad \beta_2 = 0,575;$$

$$R_3 = 0,401 \text{ Ом}; \quad R_h = 1000 \text{ Ом}; \quad I_3 = 76,383 \text{ А деп қабылдаймыз.}$$

Есептелуі:

$$I_h = I_3 \cdot \frac{R_3}{R_h} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2; \quad I_h = 76,383 \cdot \frac{0,401}{1000} \cdot 1 \cdot 0,844 = 0,0259 \text{ А} = 25,85 \text{ mA};$$

$$U_{np} = I_3 \cdot R_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2; \quad U_{np} = 76,383 \cdot 0,401 \cdot 1 \cdot 0,844 = 25,85 \text{ В};$$

$$\varphi_3 = I_3 \cdot R_3; \quad \varphi_3 = 76,383 \cdot 0,401 = 30,63;$$

$$U_{III} = I_3 \cdot R_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \quad U_{III} = 76,383 \cdot 0,401 \cdot 1 \cdot 0,575 = 17,611 \text{ В};$$

$$I_h = I_3 \cdot \frac{R_3}{R_h} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2; \quad I_h = 76,383 \cdot \frac{0,401}{1000} \cdot 1 \cdot 0,575 = 0,0176 \text{ А} = 17,61 \text{ mA};$$

Бейтарабы оқшауланған, кернеуі 1000 кВ-тан жоғары торап үшін жанасу кернеуінің рұқсат етілетін мәні және адам денесі арқылы өтетін кернеудің мәні  $t = 1 \text{ с}$  –қа тең болған кезде  $U_{np} = 50 \text{ В}$  және  $I_h = 50 \text{ mA}$  тең, яғни қауіпсіздік шарттары орындалады.

### 4.3 Жайтартқыш

Электр құрылғыларын атмосферлік асқын кернеуден қорғау проблемасы қиын және әртүрлі сипатқа ие. Оған қосалқы бөлімі болып тік найзағай соққыларынан зақымдалудан электр қондырғыларының элементін қорғау және құрылғылардағы жоғарғы импульсты кернеудің пайда болуынан туындайтын тесіп өтуден қаптаманы қорғау сұрақтары кіреді.

Тік найзағай соққыларынан зақымдалудан электр қондырғыларының элементін қорғау негізін жайтартқыш құрылғысы құрайды, яғни электр қондырғысының қорғалатын элементінен жоғары орналасатын, жақсы жермен қосылған өткізгіштер.

Құрылымы бойынша жайтартқыштар келесідей түрлерге бөлінеді:

1. бір стерженьді.

2. екі стерженьді - қорғалынатын объектінің екі жағына қойылатын екі стерженьді жайтартқыш.

3. темірарқан – екі стерженьді жайтартқыш арасына тартылған болат арқан.

4. жай қабылдағыш тор – металл емес жабынға төселеді.

Жайтартқыш тіректерін болаттан, темірбетоннан, ағаштан жасауға болады. Стерженьдік жай қабылдағыштар қимасы  $100 \text{ мм}^2$  кем емес және ұзындығы 200 мм кем болмайтын болаттан орындалады. Жай қабылдағыш ретінде объектілердің металл құрылымдарын пайдалануға болады.

II и III категориялы жайтартқыш үшін жай қабылдағыш ретінде металл шатырды қолдану рұқсат етіледі.

Жайтартқышты орындау барысында сондай-ақ, келесі жағдайларды ескеру қажет: адамдар мен жануарлардың қауіпсіздік деңгейін жоғарылату үшін жайтартқыштың жермен қосқыш құрылғылары сирек баралатын, көлік және жаяу жолдардан 5 м және одан да қашық жерлерге орнатылуы тиіс; қорғалынатын объектілерде жоғары электрлік потенциалдардың пайда болуының алдын алу мақсатында жерасты коммутациялар бойынша жермен қосқыштар және объект элементтерінен жеткілікті қашықтықта (СН 305-77 сәйкес) орналасқан жай қабылдағыштан келетін зарядтың шектелуін болдырмау үшін осы коммутациялардан қажетті қашықтықта (СН 305-77 сәйкес) тоқ тартқыштар орналастырылуы қажет.

Қосалқы станция өлшемдері:

$h_x = 6 \text{ м}$  Ауданы 72х50 м.

Жайтартқыш биіктігі келесі шарт бойынша таңдалынады:

$$D \leq 8 \cdot (h - h_x), \quad (4.29)$$

мұнда  $D$  – жайтартқыштар арасындағы қашықтық;

$h_x$  – тіректік құрылымдар биіктігі;

$h$  – жайтартқыш биіктігі.

Теңсіздіктен келесіні анықтаймыз:

$$h \geq \frac{D + 8 \cdot h_x}{8} \quad (4.30)$$

$$h \geq \frac{50 + 8 \cdot 6}{8} \geq 12,25 \text{ м};$$

Стерженьдік жайтартқыштың қорғаныстық ерекшеліктері қорғалынатын объектінің атмосфералық зарядтармен зақымдануының ықтималдығы аз болатын жайтартқыш айналасындағы кеңістік болып табылатын қорғаныс зонасымен сипатталады. Жайтартқыш қорғанысының радиусы  $r_x$  биіктігі 30 м-ге дейінгі жайтартқыштар үшін келесі формуламен анықталады:

$$h_a = h - h_x,$$

мұнда  $h = 25$  м – жайтартқыштың толық биіктігі;

$h_x = 6$  м – қорғаныс объектісінің биіктігі;

$$h_a = 25 - 6 = 19 \text{ м}$$

$$r_x = 19 \cdot \frac{1,9}{1 + \frac{6}{25}} = 29,11 \text{ м}$$

Осылайша, жайтартқыштың 25 м-ге тең биіктігінде, берілген қосалқы станция қорғаныс зонасында болады.

Жайтартқыш екеу болғандықтан қорғаныс зонасы болып, қорғаныс зонасының ең төмен биіктігі  $h_0$  арқылы өтетін, жайтартқыштар арасының ортасында орналасқан басқа шеңбер үстіндегі шектер. Қос стерженьді жайтартқыш қорғаныс зонасының ең аз биіктігі келесі формуламен анықталады:

$$h_0 = 4 \cdot h - \sqrt{9 \cdot h^2 + 0,25 \cdot D^2}, \quad (4.31)$$

мұнда  $h = 25$  м — жайтартқыштың толық биіктігі;

$D = 50$  м – жайтартқыштар арасындағы қашықтық;

$$h_0 = 4 \cdot 25 - \sqrt{9 \cdot 25^2 + 0,25 \cdot 50^2} = 20,9 \text{ м};$$

$h_x$  биіктігіндегі қорғаныс зонасының есептік ені келесі формуламен анықталады:

$$B_x = 3 \cdot (h_0 - 1,25 \cdot h_x), \quad (4.32)$$

мұнда  $h_0 = 20,9$  м – қорғаныс зонасының ең төмен биіктігі.  $h_x = 6$  м – қорғалынатын объект биіктігі.

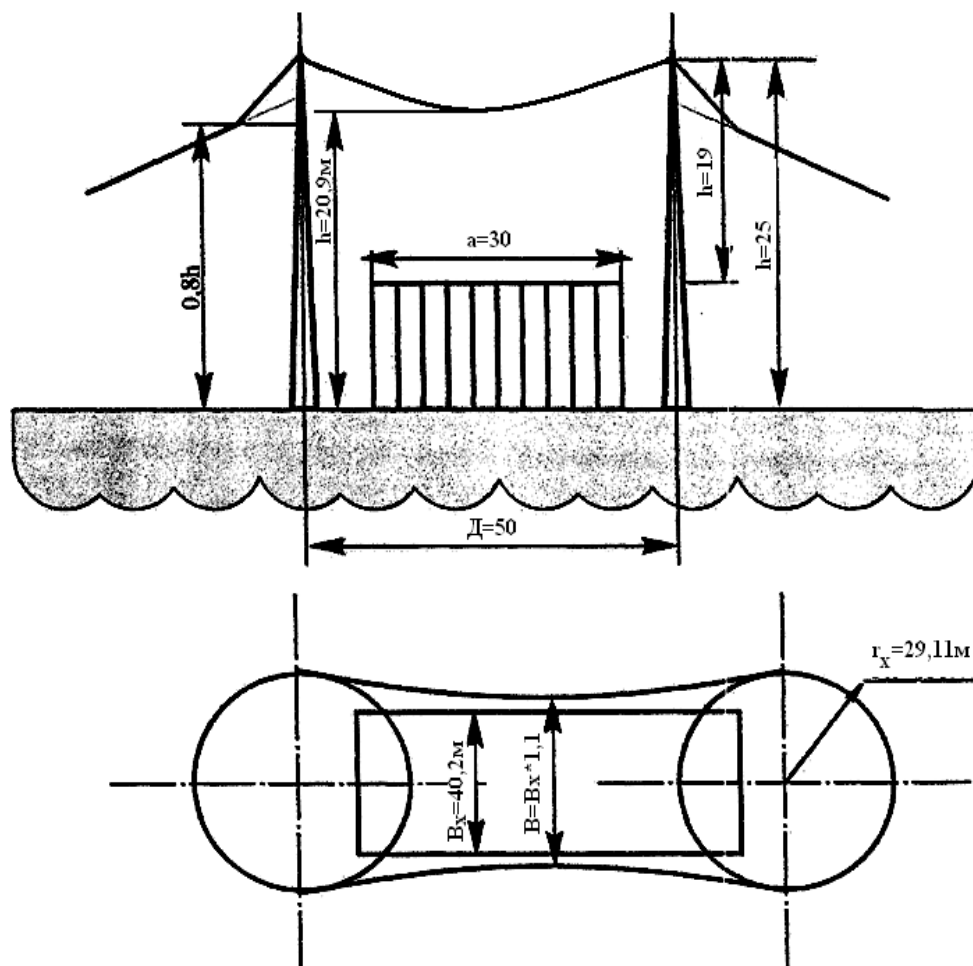
$$B_x = 3 \cdot (20,9 - 1,25 \cdot 6) = 40,2 \text{ м};$$

Есептеулер нәтижелері бойынша қорғаныс зонасының кескінінің қажетті құрылысын жүргіземіз.

Жайтартқыштарды қосалқы станса порталдарына орнату барысында найзағайдан қорғау сенімділігін жоғарылату үшін келесі жағдайларды орындау қажет:

а) Жайтартқыш құрылымдарының тіректерінің жанында ұзындығы үш- бес метр, екі-үш құбырлардан орындалған қосымша жермен қосқыш орнату қажет;

- б) Найзағай тоғының құрылымнан жайтартқыштарға қарай ағу бағыттарының саны үш-төрттен кем болмауын қамтамасыз ету қажет;
- в) Порталдар тізбелеріндегі оқшауламалар санын әдеттегімен салыстырғанда екі оқшауламаға арттыру қажет;
- г) Трансформаторлардың жермен қосқыштармен қосылуын жайтартқыш жермен қосқышынан он бес метрден кем емес қашықтықта жүргізу қажет.



4.2 – сурет – Қосалқы станцияның қорғаныс аумағы

## 5 Экономикалық бөлім

Тиімділік - зерттелетін нысанның нәтижелері мен шығындарының қарым-қатынасына байланысты белгілі мақсатты жүзеге асыру шамасында қарастырылады.

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

Тиімділік жүйесін үш негізгі блокқа бөледі:

- *нәтижелілік* аймақтық компаниялардың өндірістік- инновациялық қызметі және қолданушылармен өзара іс-қимылы;
- *үнемділік* (экономикалық тиімділік) - өнімнің өзіндік құнын, қор қайтарылымы және өндірістік қуат пен қондырғыларды тиімді қолданудың басқа да көрсеткіштерін бағалау;
  - *пайдалылық* (қаржы тиімділігі) - қорытындылық пен үнемділіктен басқа сыртқы ортамен компаниялардың өзара іс-қимылы факторына байланысты компанияның, қаржы қызметінің қорытынды көрсеткішінің анықталуы.

Негізгі мақсат, Қазақстан Республикасындағы электр энергия нарығының даму шартына байланысты Алматы аймақтық электр желілері компаниялары (АЭК) қызметінің тиімділігін бағалау былай жүргізіледі:

- аймақта тұтынушыларды электр энергиясымен қамтамасыз етуді сенімді әрі тиімді қамту;
- энергетикалық нарығының субъектілері арасындағы екі жақты келісім-шартты жедел жасаудың тиімді нұскасын таңдау әрі негіздеу;
- электр энергия шығындарын азайту шараларын жүзеге асыру және таңдау;
- кәсіпорынды қаржыландыруды жандандыру бағдарламасын жүзеге асыру және өңдеу;
- кәсіпорынның электр энергия мен қуатты тасымалдау қызметін есептеу жүйелерін жетілдіру.

Аймақтық желілері компаниясының қызметінің негізгі түрлеріне:

- электр энергиясын тасымалдау мен тарату қызметі;
- электр энергиясын алып-сату қызметі жатады.

*Мақсат:*

а) Алматы аймағының электр энергиясы мен қуатының ұсынылған моделіндегі көтерме сауда нарығының қатысушыларын анықтау керек;

б) Алматы аймақтық электр желілері компаниясының электр энергиясын тасымалдау бойынша қызмет көрсету шығындарын бағалау. Болашақта қысқа мерзім ішінде берілген аймақтағы тұтынушыларға электр

энергиясын әр түрлі топтар бойынша тұтынуының болжамдық көлемін есептеу және құрылымын құру керек;

в) станциядан алынған электр энергиясының бағасына және электр энергиясын аймақаралық деңгейдегі желілерімен тасымалдау қызметінің тарифтеріне байланысты өзінің тұтынушыларын электр энергиясын жеткізудің оңтайлы нұсқасын ұсыну және есептеу керек;

г) электржелілері компанияларына келісілген пайда деңгейін анықтау әдістемесінің мазмұнын оқу және есеп жүргізу;

д) шартты аймақтың электр энергия сұранысының орнын толтырудың оңтайлы нұсқасын негіздеу әрі таңдау;

е) аймақтық электр желілері компаниясының желілерімен электр энергиясын тасымалдау және тарату қызметінің тариф деңгейін анықтау;

### **5.1 Электр энергиясы мен қуатының көтерме нарық субъектілері арасындағы екі жақты қысқа мерзімдік келісім-шарт жасаудың тиімді нұсқасын таңдау және негіздеу**

Ақтөбе аймақтық электр компаниясының электр энергиясын тасымалдау мен тарату қызметіне кеткен шығындары 5.1-кестеде берілген.

#### **5.1 – кесте – электр энергиясын тасымалдау мен тарату қызметіне кеткен шығындар**

| Көрсеткіштері |                                     | Өлшем бірлігі |        |
|---------------|-------------------------------------|---------------|--------|
| A             | Өндірістік құны                     |               |        |
| 1             | Материал шығындары                  | мың теңге     | 184861 |
| 2             | Еңбекақы төлеу қоры                 | мың теңге     | 206203 |
| 3             | Өлеуметтік салық                    | мың теңге     | 39366  |
| 4             | Жөндеу                              | мың теңге     | 2407   |
| 5             | Негізгі қорлар амортизациясы        | мың теңге     | 61315  |
| 6             | Тағы басқалар                       | мың теңге     | 48211  |
| B             | Айналым шығыны                      |               |        |
| 7             | Е Еңбекақы төлеу қоры               | мың теңге     | 76008  |
| 8             | Өлеуметтік салық                    | мың теңге     | 14511  |
| 9             | Негізгі қорлар амортизациясы        | мың теңге     | 8450   |
| 10            | Тағы басқалар                       | мың теңге     | 85422  |
| B             | Энергиямен қамтамасыз ету шығындары |               |        |
| 11            | Материал шығындары                  | мың теңге     | 6947   |
| 12            | Еңбекақы төлеу қоры                 | мың теңге     | 11177  |
| 13            | Өлеуметтік салық                    | мың теңге     | 2347   |
| 14            | Негізгі қорлар амортизациясы        | мың теңге     | 22022  |
|               | Тағы басқалар                       | мың теңге     | 19699  |

Электр энергиясын топтар бойынша тұтыну көлемі мен құрылымы 5.2-кестеде келтірілген.

### 5.2 – кесте – тұтынушылардың топ бойынша тұтыну құрылымы

| Көрсеткіштер атауы               | Тұтыну үлесі, % | Электр энергия көлемі, млн.кВт-сағ |
|----------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Өндірістік тұтынушылар           | 30              | 396,47                             |
| Өндірістік емес тұтынушылар      | 25              | 330,40                             |
| Ауылшаруашылық тауар өндірушілер | 5               | 66,08                              |
| Бюджеттік ұйымдар                | 15              | 198,24                             |
| Халық                            | 25              | 330,40                             |
| Барлығы                          | 100             | 1321,58                            |

#### Электр энергиясын жеткізушілер

Берілген аймаққа электр энергиясын жеткізушілер негізінен энергия өндіруші ұйымдар болып табылады (ЭӨҰ) ( 5.3-кесте).

### 5.3 – кесте – көтерме сауда нарығындағы ЭӨҰ-дың электр энергияны ұсыну бағасы (негізгі жеткізушілер және олардың параметрлері)

| ЭӨҰ атауы | ЭӨҰ-дан жіберілетін электр энергиясының орташа құны, тиын/кВт·сағ | Орнатылған қуаты, МВт | Бар қуаты, МВт |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|
| ЭГРЭС1    | 93                                                                | 4000                  | 1555           |
| ЭГРЭС2    | 100                                                               | 2000                  | 723            |
| ШГЭС      | 95                                                                | 702                   | 702            |

Әрбір көтерме сатып алушылар жедел келісім-шарт бойынша электр энергиясы мен қуатты 3 түрлі ЭӨҰ-нан олардың бағаларының өсу ретіне байланысты біріншісінен-20%, екіншісінен-45% және үшіншісінен-35% сатып алуға мүмкіндігі бар.

Қажетті қуат

$$Q_{\text{уат}} \sum \text{ЭПО} = \frac{Q_{\text{көлем}}}{8760} = \frac{1321,58 \cdot 10^3}{8760} = 150,87 \text{ МВт} \quad (5.1)$$

Мен ЭСЭС 1 (L=1100 км), ЭСЭС 2 (L=1150 км), ШСЭС (L=1340 км) станцияларын таңдадым.

Электр энергияны сатып алуға шарт жасасқан станцияларға төленетін электр энергия құны және " KEGOC" ААҚ-на тасымалдау үшін төленетін құн 5.4-кестеде берілген.

**5.4 – кесте – электр энергияны сатып алуға шарт жасасқан станцияларға төленетін электр энергия құны және тасымалдау үшін төленетін құн**

| ЭӨҰ атауы | ЭӨҰ-дан жіберілетін электр энергиясының орташа құны, тиын/кВт·сағ | Орнатылған қуаты, МВт | Бар қуаты, МВт | Үлесі,% | Қажетті қуат, МВт |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|---------|-------------------|
| ЭГРЭС1    | 93                                                                | 4000                  | 1555           | 20      | 30,17             |
| ЭГРЭС2    | 100                                                               | 2000                  | 723            | 45      | 67,89             |
| ШГЭС      | 95                                                                | 702                   | 702            | 35      | 52,80             |

**5.2 Электр энергия сұранысының өзгеруіне байланысты шығынды болжау және талдау**

*Алматы аймағындағы электр энергиясын тұтыну болжамы*

Электр энергияны тұтынуды қысқа мерзімді болжау кезінде болашаққа электр энергияны тұтыну үлесінің өсуі сауда құрылымы мен қызмет көрсету сферасындағы төлемдік қабілеттілігі артынуынан болады деп жоспарланып отыр. Халыққа таза жіберілген электр энергияның өсуі мен коммерциялық электр энергия шығынын төмендету нәтижесінде жүзеге асырылады. Барлық аймақтарда электр энергиясын тұтынуды болжау 5.5-кестеде берілген мәндерімен есептелінеді. Электр энергиясын тұтынудың болжанылынған нәтижелері 5.5-кестеге жазылады. Жалпы электр энергиясын тұтынудың болжаланылған көлемі, тұтынушы топтарының болжанылған көлемдері нәтижесінде анықталады.

Өткен жылғы есептемелік берілгендерде электр желілері компаниясының нақты шығындары желіге жіберілген электр энергия көлемінің 15 % -ын құрайды. Электр энергиясының шығыны мен тұтыну динамикасы 5.6-кестеде келтірілген.

**5.5 – кесте – тұтынушы тораптардың электр энергиясын тұтынудың өсемшесін болжау**

| Тұтынушылар атауы      | Электр энергиясын тұтыну өсемшесі, % | Нәтежесі |
|------------------------|--------------------------------------|----------|
| Өндірістік тұтынушылар | 10                                   | 436,12   |

|                                   |    |        |
|-----------------------------------|----|--------|
| Өндірістік емес тұтынушылар       | 3  | 340,31 |
| Ауыл шаруашылық тауар өндірушілер | 1  | 66,74  |
| Бюджеттік ұйымдар                 | 4  | 206,17 |
| Халық                             | 15 | 379,95 |

#### 5.6 – кесте – электр энергиясының шығыны мен тұтыну динамикасы

| Тұтынушылардың атауы                           | Осы жыл, млн. кВтч | Болжанылып отырған жыл, млн.кВтч |
|------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Электр энергияның желіге жіберілуі млн.кВт·сағ | 1321,58            | 1429,29                          |
| Шығындар, %                                    | 15                 | 15                               |
| Шығындар, млн.кВт·сағ                          | 198,24             | 214,39                           |
| Таза жіберілгені, млн.кВт·сағ                  | 1519,82            | 1643,68                          |

#### *Тариф деңгейі*

Тариф деңгейінде компанияға электр энергиясын жеткізу мен тасымалдау қызметінің бағасы ҚР "Табиғи монополия туралы" заңына сәйкес бақыланады және берілген аймақтың табиғи монополияны реттеу және бәсекені қорғау Департаментімен бекітіледі.

#### *Электр энергиясын тарату схемасы*

Электр энергиясын тарату 31.07.1997 № 1193-ші ҚР-ң Үкіметінің қаулысына сәйкес келесі схема түрінде жүргізіледі: көтерме сауда нарығы - аймақтық нарық - ықшам аудандар. Қазіргі аймақтық компаниялар ЭӨҰ-нан электр энергиясын сатып алуды қамтамасыз етеді және оны барлық қолданушыларға жеткізіп таратады. Электр энергиясын сатып алу, электр энергиясын әкелуге жедел келісім-шарт жасау негізінде жүргізіледі, ал әкелушілермен есеп тұтынушыларға қойылған есептегіш аспаптардың көмегімен есептелінеді. Тариф құрылысы келесі құрылымнан тұрады, кВт/сағ:

- сатып алынатын электр энергиясының құны;
- ұлттық электр желілерімен (ҰЭЖ) электр энергиясын тасымалдау құны ("KEGOC" ААҚ);
- аймақтық компаниялардың желілерімен электр энергияны тасымалдау құны.

#### *Ұлттық электр желілерімен тасымалдау қызметі үшін алынатын тариф*

ҰЭЖ тарифі тұрақты және айнымалы бөліктен, диспетчеризация мөлшерлемесінен тұрады:

$Tариф = \text{диспетчеризация мөлшерлемесі} + \text{тұрақты бөлік} + \text{айнымалы бөлік құраушылары және ұзындығы жағынан шектелген}$

$$T = 0,253 + 0,000784 * L \quad (7.1)$$

$$L' = L \quad 0 \leq L \leq 600 \text{ км};$$

$$L' = 600 = \text{const} \quad L > 600 \text{ км}$$

мұндағы, L- ҰЭЖ-нан келетін электр энергия транзитінің маршруты.

Диспетчеризация үшін көрсетілген қызмет тарифі -  $T_{\text{дис}} = 0,043 \text{ тг/кВт*сағ}$ . ҰЭЖ тарифінің төленімі электр энергия нарығы қолданушыларындағы сияқты төленеді. ЭӨҰ-ң негізгі техникалық экономикалық көрсеткіштері 5.7-кестеде берілген.

### 5.7 – кесте - ЭӨҰ-ң негізгі техникалық экономикалық көрсеткіштері

| ЭӨҰ атауы | ЭӨҰ-дан жіберілетін электр энергиясының орташа құны, тиын/кВт·сағ | Қажетті қуат, МВт | Сатып алынатын ЭЭ құны, мың тенге | ЭӨҰ-нан АЭК шинасына дейінгі қашықтық, км | ҰЭЖ тарифі, тенге/кВт.сағ | ҰЭЖ э/э тасымалдау құны, мың.тенге |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| ЭГРЭС1    | 93                                                                | 34,70             | 282685,962                        | 1100                                      | 1,1584                    | 352111,20                          |
| ЭГРЭС2    | 100                                                               | 78,07             | 683917,65                         | 1150                                      | 1,1976                    | 819059,78                          |
| ШГЭС      | 95                                                                | 60,72             | 505339,155                        | 1340                                      | 1,34656                   | 716283,67                          |
| Всего     | 116                                                               | 173,50            | 1471942,76                        |                                           |                           | 1887454,6                          |

### 5.3 Аймақтық электр желілері компаниясының қызметінің экономикалық тиімділігінің көрсеткіштерін есептеу

Экономикалық тиімділікті екі аспектіде қарастыруға болады: ресурс өндірулігі және өндіріс пен электр энергиясын берудің шартты құны. Электр желілері компаниясының энергия өткізу қызметінің негізгі тиімділік көрсеткіштері:

- электр энергиясын сату көлемі;
- ақша қаражаттарының алымы ( тенге) ( ақша қаражаттарының алымы 100% толық көлемде алынған);
- нақты шығындар;
- жиынтық табыс;
- рентабелділік нормасы.

#### 5.4 Аймақтық электржелілері компаниясының желілеріне электр энергиясын тасымалдау мен тарату қызметтерінің тариф деңгейлерінің есебі

Энергия өндіруші ұйымдардан алынған (ЭӨҰ) электр энергиясының орташа сатып алу тарифі былай анықталады

$$T_{op.cam.} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \times B_i}{\sum_{i=1}^n W_i} = \frac{34,78 \times 0,93 + 78,07 \times 1 + 60,72 \times 0,95}{173,5} = 0,968 \text{ тг / кВт.са}, \quad (5.7)$$

мұндағы  $\sum_{i=1}^n W_i$  - i-ші ЭӨҰ-нан сатып алынатын электр энергиясының қосынды көлемі;

$B_i$  - i-інші ЭӨҰ-ң электр энергия бағасы.

"Кіріс" тарифі былай

$$T_k = \frac{Z_{АЭК} + ПРЕР}{W_{m.m.}}, \quad (5.8)$$

$$T_k = \frac{1471,942 + 61,05}{1643,68} = 0,932 \text{ тг / кВт} \cdot \text{час}$$

мұндағы  $Z_{АЭК}$  - аймақтық электр желілері компаниясының шығыны, млн. теңге,  $W_{m.m.}$  - тұтынушылармен таза тұтынылған электр энергия көлемі, млн. кВтс.

Соңғы тұтынушылар үшін электр энергиясын тасымалдау мен тарату қызметінің орташа тарифі былай анықталады

$$T_{op.б.} = \frac{Z_{cam} + (Z_{АЭК} + ПРЕР) + Z_m}{W_{m.m.}}, \quad (5.9)$$

$$T_{op.б.} = \frac{199,956 + (1471,942 + 61,054) + 415,511}{1643,68} = 1,03 \text{ тг / кВт} \cdot \text{час}$$

мұндағы  $Z_{cam}$  - электр энергия шығындарының орнын толтыру үшін сатып алынатын шығындар,  $Z_T$  - ҮЭЖ-мен электр энергиясын тасымалдау қызметіне кететін шығындар ("КЕГОС" ААҚ).

Ақтөбе аймағының электр желілері компаниясының қызметінің экономикалық тиімділігінің көрсеткіштері

Рентабельдік нормасы:

$$K_{\text{рент.нор}} = \frac{\text{ПРЕД АЭК}}{\text{АК}} \cdot 100 = \frac{61054,87}{1066397,7} \cdot 100 = 5,725 \% \quad (5.10)$$

Жинақтық табыс:

$$\text{ЖТ} = T_{\text{ож}} \cdot W_{\text{эз}} \cdot 1000000 = 2,24 \cdot 1321,58 \cdot 1000 = 2961 \times 10^6 \text{ тг.}$$

Қорытынды негізгі техникалық экономикалық көрсеткіштер 5.10-кестеде берілген.

**5.10 – кесте – қорытынды негізгі техникалық экономикалық көрсеткіштер**

| Көрсеткіш                               | Мәні        |
|-----------------------------------------|-------------|
| Электр энергиясын сату көлемі, млн.кВтч | 1321,58     |
| Ақша қаражаттарының алымы, тенге        | 2961544960  |
| Нақты шығындар, млн.кВтч                | 198,24      |
| Жиынтық табыс, млн,тенге                | 2961,544960 |
| Рентабелділік нормасы,%                 | 5,73        |

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста маған берілген қосалқы станцияның әртүрлі параметрлерін есептеп, қажетті құрылғыларды таңдап релелік қорғаныс пен автоматикасына жобалау жасадым. 220/35/10 кВ кернеудегі қосалқы станцияның жоғарғы, орта және төменгі кернеудегі АТҚ-ның (Ашық тарату құрылғысы) электрлік сұлбасын таңдап онда орналасатын трансформаторларды есептеп таңдадым. Сонымен қатар қысқа тұйықталу тоқтарын есептеп, алынған тоқтар бойынша негізгі электр құрылғыларын, шиналарды таңдадым. Қосалқы станцияда орналасқан трансформатордың дифференциалды қорғанысын, тоқ үзіндісін, асқын жүктемеден, максималды тоқ және газдық қорғаныстарын есептепдім. Қосалқы станция қондырғыларын таңдау үшін маған керекті ҚТ тоқтарын есептеуді Electronic Workbench 5.12 программасында жүргізіп слайдта көрсеттім.

Берілген есептемелерге және тапсырмаларға сәйкес еңбек шартының анализін, электр тоғының адам организміне әсерін еңбекті қорғау, еңбек шарттары бөлімінде көрсетіп, найзағайдан қорғаныс және жерлендіру (заземление) есептеулерін жүргіздім.

Экономикалық бөлімде берілген тапсырмаларға сәйкес электр энергия сұранысының өзгеруіне байланысты шығынды болжау және талдау, аймақтық электр желілері компаниялардың желілеріне электр энергиясын тасымалдау мен тарату қызметтерінің тариф деңгейлерінің есебі, тарифтік сметаны құру және есептеу жүргізілді.

Қорытындылай келе маған берілген дипломдық жұмыс тапсырмалары бойынша 220/35/10 кВ кернеудегі қосалқы станцияның релелік қорғанысы мен автоматикасын толықтай жобалап шықтым.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть ЭС и ПС: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Уч.пос. для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608с.
2. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов. Под ред. В.М.Блок. М.: Высшая школа, 1990.
3. Андреев В.А. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах. М.: Высшая школа.2008. 252с.
4. Руководящие указания по РЗ. Вып. 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110 – 500 кВ. Расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 96с.
5. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем: - М.: Энергия, 1992. - 560 с.
6. Басс Э.И., Дорогунцев В.Г. Релейная защита электроэнергетических систем./ Под ред. А.Ф. Дьякова.- М. :Изд. МЭИ, 2006.- 295 с.
7. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576с.
8. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648с.
9. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1979. – 431с.
10. Авербух А.М. Релейная защита в задачах с решениями и примерами. Л.: «Энергия», 1975. 416с.
11. Руководящие указания по РЗ. Вып. 12. Токовая защ. нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110 – 500 кВ. Расчеты. – М.: Энергия, 1980. – 88с.
12. Правила устройства электроустановок.- Министерство энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан. – Астана: 2003.
13. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 24 с.
14. Степанчук К.Ф. От 1000 до 1500000 вольт. – М.: Высшая школа, 1985. 360 с.