

**Список литературы:**

1. **Колосов, А.В.** Каменные изделия первобытной эпохи [Текст]: пособие / А.В. Колосов. - Могилев: МГУ имени А. А. Кулешова, 2019. - 140 с.
2. Человек и камень. История каменных орудий от чоппера до макуайтля [Электронный ресурс]. – Клуб Рационалистов, 2023. – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/ZVR9lJ3mTT4clVA> Дата посещения: 7.03.2024 г.
3. **Исманов, М.М.** Анализ технологий отделения блоков природного камня от массива путем резания [Текст] / М.М. Исманов // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2012. – № 3,4. – С. 58 – 65.
4. **Мендекеев, Р.А.** Мировой рынок природного камня, становление и развитие камнедобывающей и камнеобрабатывающей промышленности Кыргызской Республики на современном этапе [Текст] / Р.А. Мендекеев // Известия ОшТУ. – Ош: ОшТУ, 2023. - №2. – С. 237 – 247.
5. **Исманов, М.М.** Современное состояние эксплуатации месторождений природного камня в Кыргызской Республике [Текст] / М.М. Исманов // Инженер. – Бишкек: ИА КР, 2023. – №26. – С. 17 - 25.
6. **Исманов, М.М.** Анализ конструкций режущих алмазных канатов [Текст] / М.М. Исманов, Б. Усон кызы // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2013. – № 1. – С. 71 – 77.
7. **Исманов, М.М.** Разработка динамической модели и получение уравнений движения алмазно-канатной машины АКМ-1 [Текст] / М.М. Исманов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – Екатеринбург: УГГУ, 2016. - № 5. – С. 60 – 69.
8. **Эликбаев, К.Т.** Обоснование параметров водоструйной машины для обработки материалов [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.05.06 / К.Т. Эликбаев. – Бишкек, 2013. – 129 с.
9. **Юткин, Л.А.** Электродинамический эффект и его применение в промышленности [Текст] / Л.А. Юткин. - Л.: Машиностроение, 1986. - 253 с.
10. Гидроабразивная резка - виды и принцип работы, используемые технологии [Электронный ресурс]. – Москва, 2023. – Режим доступа: <https://www.profbau.ru/blog/gidroabrazivnaya-rezka> Дата посещения: 14.03.2024 г.

Поступила в редакцию: 29.01.2024 г.

**УДК 621.31**

**Пакирдинов Р.Р.**

*к.т.н., доц. Ошского технолог. университета им. М.М. Адышева, Кыргызская Республика*

**Абсамат к. Г.**

*преп. Ошского технологического универ. им. М.М. Адышева, Кыргызская Республика*

**Чынгызбек к. З.**

*преп. Ошского технологического универ. им. М.М. Адышева, Кыргызская Республика*

**Тенгизбаева Н.Т.**

*преп. Ошского технологического универ. им. М.М. Адышева, Кыргызская Республика*

**Абдыразакова С.Б.**

*преп. Ошского технологического универ. им. М.М. Адышева, Кыргызская Республика*

**БӨЛҮШТҮРҮҮЧҮ ТҮЗҮЛҮШТӨРДҮН ЖАБДЫКТАРЫН ТАНДОДОГУ ОШ  
ЖЫЛУУЛУК ЭЛЕКТР БОРБОРУН МОДЕРНИЗАЦИЯЛООНУН  
МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛИ**

*Бул жумушта Ош жылуулук электр борборун модернизациялоо жана кыска туташууларды эсептөөнүн негизинде инженердик эсептөөлөр жана жабдууларды тандоо жараяны изилдөөнүн предмети болуп эсептелинет. Бөлүштүрүүчү түзүлүштөрдүн жабдыктарын тандоодогу Ош жылуулук электр борборун модернизациялоонун математикалык модели иштеп чыгуу изилдөөнүн максаты болуп эсептелинет. Маселени чечүү үчүн төмөндөгү эки усул колдонулган: структуралык схеманын техникалык мүмкүн болгон варианттарын түзүү жана ишенимдүүлүктү эске алуу менен ылайыктуусун негиздүү тандоо; техникалык-экономикалык көрсөткүчтөрдүн негизинде эсептөөлөрдү жана салыштырууларды колдонуу менен жылуулук электр станцияларынын жаңы*

структуралык схемаларына баа берүү; кыска туташуу жерлеринде өтмө токтун маанилерин, сокку ток жана анын эффективдүү маанилерин аныктоо менен кыска туташуудагы ток маанилерине ылайык жаңы жабдууларды тандоо. Натыйжада, өчүргүч кыска туташуу агымдарына жылуулук жана динамикалык каршылык үчүн текшерүү; өчүргүчтүн үзгүлтүккө жана жабдууга жөндөмдүүлүгүн текшерүү жүргүзүлгөн. Жылуулук электр станцияларын модернизациялоодо кыска туташууларды эсептөө мисалында практикалык эсептөөнүн методдорун изилдөө жана электр механикалык өтмө жараянынын математикалык модели иштеп чыгылган.

**Негизги сөздөр:** ажыраткыч; жылуулук каршылыгы; өчүргүч; кыска туташуу тогу; математикалык модель; трансформатор; номиналдык чыңалуу; бөлүштүрүүчү түзүлүштөр.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ ОШСКОЙ ТЕПЛО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИ ПРИ ВЫБОРЕ ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

*В данной работе предметом исследования является процесс модернизации Ошского тепло-электрического центра, инженерных расчетов и выбора оборудования на основе расчета коротких замыканий. Цель исследования – разработка математической модели модернизации Ошского тепло-электрического центра при выборе оборудования распределительных устройств. Рассмотрены два целесообразных варианта структурной схемы Ошского тепло-электрического центра. Для решения задачи выполнены: составление технически возможных вариантов структурной схемы и обоснованный выбор наилучшего подходящего с учётом надежности; оценка новых структурных схем Ошского тепло-электрического центра с помощью расчета и сопоставления по технико-экономическим показателям; определены значения сверхпереходного тока в местах короткого замыкания, ударный ток и его действующее значения; выбор новых оборудования по значениям тока коротких замыканий. В результате проанализирована проверка выключателя на термическую и динамическую стойкости к токам короткого замыкания; проверка выключателя по отключающей и включающей способности. Были выполнены работы по изучению методов практического расчета и разработки математической модели электромеханического переходного процесса на примере расчета коротких замыканий при модернизации Ошского тепло-электрического центра.*

**Ключевые слова:** разъединитель; термическая стойкость; выключатель; ток короткого замыкания; математическая модель; трансформатор; номинальное напряжение; распределительные устройства.

## A MATHEMATICAL MODEL OF MODERNIZATION OF THE OSH THERMAL AND ELECTRICAL CENTER IN THE SELECTION OF SWITCHGEAR EQUIPMENT

*In this paper, the subject of research is the process of modernization of the Osh Thermal and Electrical Center, engineering calculations and selection of equipment based on the calculation of short circuits. The purpose of the study is to develop a mathematical model for the modernization of the Osh Thermal and Electrical Center when choosing switchgear equipment. Two reasonable variants of the structural scheme of the Osh heat and Electric center are considered. To solve the problem, the following tasks were performed: drawing up technically possible variants of the block diagram and a reasonable choice of the best suitable one, taking into account reliability; evaluation of new structural schemes of the Osh Thermal and Electrical Center using calculation and comparison of technical and economic indicators; the values of the super-transient current in places of short circuit, shock current and its effective values are determined; selection of new equipment according to the values of the short circuit current. As a result, the test of the switch for thermal and dynamic resistance to short-circuit currents was analyzed; as the test of the switch for disconnecting and switching capacity. Work was carried out on the study of practical calculation methods and the development of a mathematical model of the electromechanical transient process using the example of calculating short circuits during the modernization of the Osh Thermal and Electrical Center.*

**Key words:** disconnecter; thermal stability; switch; short-circuit current; mathematical model; transformer; rated voltage; switchgear.

В предыдущей работе [1] выполнены практические расчеты и разработка математической модели электромеханического переходного процесса на примере расчета коротких замыканий при модернизации Ошской тепло-электрической централи (ОшТЭЦ),

который представляет собой сложные расчеты. Данные расчеты необходимы для выбора оборудования и коммутационных аппаратов, также настройки релейной защиты и автоматики, и для расчета ряда других переходных процессов.

Для решения поставленной задачи необходимо выполнить следующие расчеты:

1. Составление возможных вариантов структурной схемы и обоснованный выбор наилучшего, подходящего варианта из них с учётом надежности;
2. Выбор новых оборудования по значениям тока КЗ в отдельных участках.

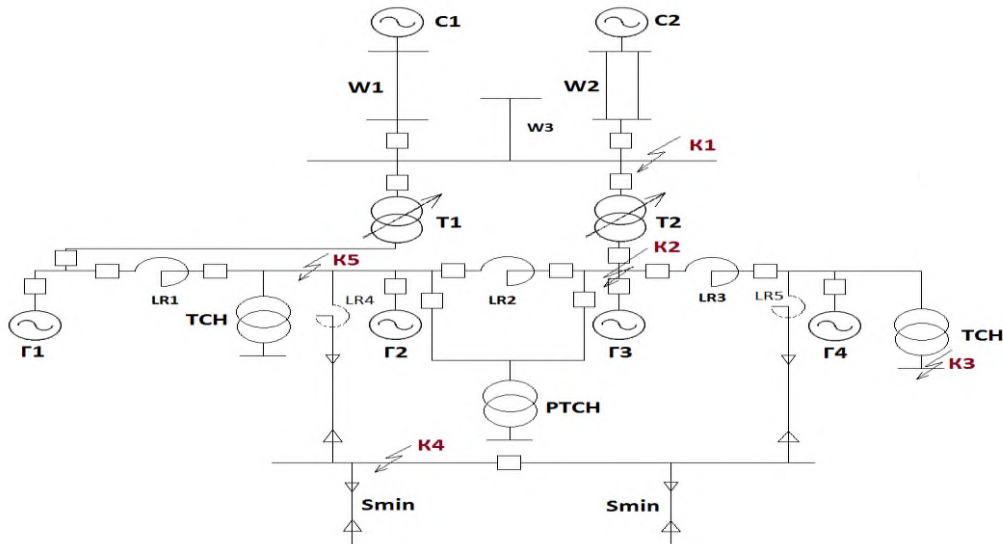


Рисунок 1- Схема распределительных устройств ОшТЭЦ.

На основе работ [1,2,3], дальнейшим этапом выполняемых задач является выбор оборудования электростанции по результатам расчета токов коротких замыканий.

Выбор выключателей РУ 110/10 кВ.

Выбор выключателей производится по следующим условиям [2,3].

Условие проверки выключателя на термическую стойкость зависит от соотношения между  $t_{тер}$  – предельно допустимым временем воздействия нормированного тока термической стойкости и расчетным временем отключения выключателя  $t_{откл}$ , определяющим продолжительность термического воздействия токов КЗ на выключатель. Если  $t_{откл} < t_{тер}$  (наиболее частый случай), то условие проверки выключателя имеет вид:  $I_{тер}^2 \cdot t_{откл} \geq B_k$ , где  $B_k$  – интеграл Джоуля с пределами интегрирования  $0 \div t_{откл}$ ,  $I_{тер}$  – номинальный ток термической стойкости.

Если  $t_{откл} > t_{тер}$ , то условие проверки на термическую стойкость:  $I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$

$$t_{откл} = t_{рз} + t_{пв.откл} = 0,1 + 0,065 = 0,165 \text{ с.}$$

Интеграл Джоуля:

$$B_k = I_{п0}^2 \cdot (t_{откл} + T_{азк}) = 8,61^2 \cdot (0,165 + 0,032) = 14,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

где:

$$T_{\text{аэк}} = \frac{X_{\text{экв}}}{\omega \cdot R_{\text{экв}}} = \frac{0,03}{314 \cdot 0,0029} = 0,032;$$

$$X_{\text{экв}} = \frac{X_{\text{Гэкв}} \cdot X_{\text{Сэкв}}}{X_{\text{Гэкв}} + X_{\text{Сэкв}}} = \frac{0,118 \cdot 0,0553}{0,118 + 0,0553} = 0,03;$$

$$R_{\text{экв}} = \frac{R_{\text{Гэкв}} \cdot R_{\text{Сэкв}}}{R_{\text{Гэкв}} + R_{\text{Сэкв}}} = \frac{0,0033 \cdot 0,0255}{0,0033 + 0,0255} = 0,0029.$$

Так как  $t_{\text{откл}} = 0,165 \text{ с} < t_{\text{тер}} = 3 \text{ с}$ , то условие проверки выключателя имеет вид

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{откл}} = 31,5^2 \cdot 0,165 = 163,72 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B_{\text{к}} = 14,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Намеченный к установке выключатель удовлетворяет всем условиям проверки.

Выбор выключателей РУ 10 кВ.

Продолжительный расчетный ток в цепи трансформатора:

$$I_{\text{прод.расч}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} \cdot K_{\text{доп}} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot 1,4 = 4728 \text{ А}.$$

По номинальному напряжению и номинальному расчетному току в цепи трансформатора намечен к установке вакуумный силовой выключатель серии ВАН 12-63-50-27 со следующими параметрами [2]:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}; I_{\text{ном}} = 5000 \text{ А}; I_{\text{откл.ном}} = 63 \text{ кА}; I_{\text{пр.скв}} = 63 \text{ кА}; i_{\text{пр.скв}} = 160 \text{ кА}; I_{\text{вкл}} = 63 \text{ кА};$$

$$i_{\text{вкл}} = 160 \text{ кА}; I_{\text{тер}} = 63 \text{ кА}; t_{\text{пв.откл}} = 0,055 \text{ с}; t_{\text{св.откл}} = 0,035 \text{ с}. \beta_{\text{норм}} = 75\%$$

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ} = U_{\text{сети.ном}} = 10 \text{ кВ}; I_{\text{ном}} = 5000 \text{ А} > I_{\text{прод.расч}} = 4728 \text{ А}.$$

Проверка выключателя по включающей способности:

$$I_{\text{вкл.ном}} = 63 \text{ кА} > I_{\text{п0}} = 56,78 \text{ кА};$$

$$i_{\text{вкл.ном}} = 160 \text{ кА} > i_{\text{уд}} = 147,21 \text{ кА}.$$

Проверка выключателя на электродинамическую стойкость к токам КЗ:

$$I_{\text{пр.скв}} = 63 \text{ кА} > I_{\text{п0}} = 56,78 \text{ кА};$$

$$i_{\text{пр.скв}} = 160 \text{ кА} > i_{\text{уд}} = 147,21 \text{ кА}.$$

Проверка выключателя по отключающей способности:

Расчетное время отключения  $\tau = t_{p.3} + t_{св.откл.} = 0,01 + 0,035 = 0,045$  с.

$$I_{пт} = I_{п0} = 56,78 \text{ кА};$$

$$I_{откл.ном} = 63 \text{ кА} > I_{пт} = 56,78 \text{ кА}.$$

Апериодическая составляющая тока КЗ в момент начала расхождения контактов:

$$i_{ar} = i_{arG} + i_{arC} = \sqrt{2} \cdot (I_{п0G} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{aG}}} + I_{п0C} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{aC}}}) = \sqrt{2} \cdot (14,05 \cdot e^{-\frac{0,045}{0,2}} + 42,73 \cdot e^{-\frac{0,045}{0,076}}) = 49,29 \text{ кА};$$

$$i_{аном} = \sqrt{2} \cdot \frac{\beta_{норм}}{100} \cdot I_{откл.ном} = \sqrt{2} \cdot \frac{75}{100} \cdot 63 = 66,82 \text{ кА} > i_{ar} = 49,29 \text{ кА}.$$

Проверка выключателя на термическую стойкость к токам КЗ:

$$t_{откл} = t_{p.3} + t_{пв.откл} = 0,1 + 0,055 = 0,155 \text{ с}.$$

Интеграл Джоуля:

$$B_k = I_{п0}^2 (t_{откл} + T_a) = 56,78^2 [0,155 + 0,032] = 602,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Так как  $t_{откл} = 0,155 \text{ с} < t_{тер} = 3 \text{ с}$ , то условие проверки выключателя имеет вид

$$I_{тер}^2 \cdot t_{откл} = 63^2 \cdot 0,155 = 615,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B_k = 602,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Намеченный к установке выключатель удовлетворяет всем условиям проверки.

Выбора разъединителей РУ 110/10 кВ.

РНД3.2 - 110/1000 У1 со следующими параметрами:

$$U_{ном} = 110 \text{ кВ}; I_{ном} = 1000 \text{ А}; i_{пр.скв} = 100 \text{ кА}; I_{тер} = 40 \text{ кА}; t_{тер} = 3 \text{ с};$$

Разъединители выбираются по следующим условиям [2,3]:

- номинальному напряжению:  $U_{ном} \geq U_{с.ном}$ , что соответствует выбору класса изоляции разъединителя, где  $U_{ном}$  – номинальное напряжение разъединителя,  $U_{с.ном}$  – номинальное напряжение сети;

$$U_{ном} = 110 \text{ кВ} = U_{сети.ном} = 110 \text{ кВ}$$

- по номинальному току:  $I_{ном} \geq I_{ном.расч}$ , где  $I_{ном}$  – номинальный ток разъединителя,  $I_{ном.расч}$  – расчетный ток нормального режима;

$$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ A} > I_{\text{прод.расч}} = 430 \text{ A}$$

- на электродинамическую стойкость:  $i_{\text{пр.скв}} \geq i_{\text{уд}}$ ,

где  $i_{\text{пр.скв}}$  — наибольший пик предельного сквозного тока;

$$i_{\text{пр.скв}} = 100 \text{ кА} > i_{\text{уд}} = 17,81 \text{ кА}$$

- по термической стойкости:

Условие проверки разъединителя на термическую стойкость зависит от соотношения между  $t_{\text{тер}}$  — предельно допустимым временем воздействия нормированного тока термической стойкости и расчетным временем отключения  $t_{\text{откл}}$ , определяющим продолжительность термического воздействия токов КЗ на разъединитель. Если  $t_{\text{откл}} < t_{\text{тер}}$  (наиболее частый случай), то условие проверки разъединителя имеет вид:  $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{откл}} \geq B_{\text{к}}$ , где  $B_{\text{к}}$  — интеграл Джоуля с пределами интегрирования  $0 \div t_{\text{откл}}$ ,  $I_{\text{тер}}$  — номинальный ток термической стойкости. Если  $t_{\text{откл}} > t_{\text{тер}}$ , то условие проверки на термическую стойкость:  $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}$ ;

Проверка разъединителя на термическую стойкость к токам КЗ: так как  $t_{\text{откл}} = 0,165 \text{ с} < t_{\text{тер}} = 3 \text{ с}$ , то условие проверки разъединителя имеет вид [2]

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{откл}} = 40^2 \cdot 0,165 = 264 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B_{\text{к}} = 15,29 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Намеченный к установке разъединитель удовлетворяет всем условиям проверки.

Выбор разъединителей в РУ 10 кВ

Намечен к установке разъединитель типа: РВРЗ-2 - 20/6300 УЗ со следующими параметрами:

$$U_{\text{ном}} = 20 \text{ кВ}; I_{\text{ном}} = 6300 \text{ А}; i_{\text{пр.скв}} = 260 \text{ кА}; I_{\text{тер}} = 100 \text{ кА}; t_{\text{тер}} = 4 \text{ с}.$$

$$U_{\text{ном}} = 20 \text{ кВ} > U_{\text{сети.ном}} = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{ном}} = 6300 \text{ А} > I_{\text{прод.расч}} = 4728 \text{ А}.$$

Проверка разъединителя на электродинамическую стойкость к токам КЗ:

$$i_{\text{пр.скв}} = 260 \text{ кА} > i_{\text{уд}} = 147,21 \text{ кА}.$$

Проверка разъединителя на термическую стойкость к токам КЗ:

Так как  $t_{\text{откл}} = 0,14 \text{ с} < t_{\text{тер}} = 4 \text{ с}$ , то условие проверки разъединителя имеет вид

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{откл}} = 100^2 \cdot 0,14 = 1400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B_{\text{к}} = 602,88 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

Намеченный к установке разьединитель удовлетворяет всем условиям проверки.

Выбранные разьединители и их параметры представлены в[2,3]

Необходимо установить реактор.

$$X_{\text{кл}} = X_0 \cdot I_{\text{мин}} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\text{лл}}^2} = 0,065 \cdot 2,5 \cdot \frac{63}{10,5^2} = 0,093;$$

$$x_{\text{экв}} = \frac{(x_{\text{СЭКВ}} + x_{\text{T1}}/2) \cdot x_{\text{T1}}/4}{x_{\text{СЭКВ}} + x_{\text{T1}}/2 + x_{\text{T1}}/4} + x_{\text{кл}} = \frac{(0,0553 + 0,0525) \cdot 0,0655}{0,0553 + 0,0525 + 0,0655} + 0,093 = 0,133;$$

$$E_{\text{ЭКВ}} = \frac{E_{\text{С}} \cdot x_{\text{T1}}/4 + E_{\text{T}} \cdot (x_{\text{СЭКВ}} + x_{\text{T1}}/2)}{x_{\text{T1}}/4 + x_{\text{СЭКВ}} + x_{\text{T1}}/2} = \frac{1 \cdot 0,0655 + 1,083 \cdot (0,0553 + 0,0525)}{0,0655 + 0,0553 + 0,0525} = 1,051;$$

$$x'_{\text{р}} = \frac{E_{\text{ЭКВ}}}{I_{\text{тер}2 \cdot 240}} \cdot I_{\text{бIII}} - x_{\text{ЭК}} = \frac{1,051}{41,96} \cdot 5,75 - 0,133 = 0,012;$$

$$x_{\text{р}} = x'_{\text{р}} \cdot \frac{U_{\text{лл}}^2}{S_{\sigma}} = 0,012 \cdot \frac{10,5^2}{63} = 0,021 \text{ Ом.}$$

В качестве линейного реактора примем к установке реактор

РВ-10/1000  $I_{\text{утжс}} = 504 \text{ А} < I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$ .

Потери напряжения в реакторе:

$$\Delta U_{\text{р}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{нб,раб}} \cdot \sin \varphi_{\text{ном}} \cdot X_{\text{р}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,504 \cdot \sqrt{1-0,8^2} \cdot 0,45}{10} \cdot 100\% = 2,36\% < 5\%.$$

Потери напряжения не превышают норму.

Из суточного графика нагрузки НН, в предположении совпадения характера потребления мощности РП и суммарного графика НГ НН, определена продолжительность использования максимальной нагрузки

$$T_{\text{max}} = 5136 \text{ ч}$$

Для КЛ с алюминиевыми жилами и с бумажной изоляцией при  $T_{\text{max}}$  более 5000 ч экономическая плотность тока  $J_{\text{эКН}} = 1,2 \text{ А/мм}^2$ .

Экономическое сечение кабеля:

$$S_{\text{эКН}} = \frac{I_{\text{норм,расч}}}{J_{\text{эКН}}} = \frac{252}{1,2} = 210 \text{ мм}^2.$$

$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$  – кабель:  $S = 240 \text{ мм}^2$ . Продолжительно допустимый ток кабеля напряжением 10кВ с алюминиевыми жилами  $I_{\text{прод.доп}} = 450 \text{ А}$ .

В утяжеленном режиме при отключении одного из параллельных кабелей, питающих РП, наибольший рабочий ток

$$I_{\text{утж}} = 2 \cdot I_{\text{ном.расч}} = 2 \cdot 252 = 504 \text{ А}.$$

Допустимый расчетный ток:

1.  $K_{\text{ав}} = 1,35$  коэффициент аварийной перегрузки [1] (предварительная нагрузка  $K_{\text{загр}} = 0,8$ ,  $h_{\text{max}} = 3$ , кабели проложены в земле);

2.  $K_{\theta} = 1$  – поправочный коэффициент на температуру окружающей среды (нормируемая температура жил –  $\vartheta_{\text{прод.доп}} = 60^{\circ}$ , условная температура среды –  $\vartheta_{\text{окр}} = 15^{\circ}$ , расчетная температура среды –  $\vartheta_{\text{окр.среды}} = 15^{\circ}$ );

3.  $K_N = 0,87$  – поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, проложенных рядом в траншее [1];

4.  $K_U = 1$  – поправочный коэффициент для кабелей, работающих не при номинальном напряжении.

Т.к.  $I_{\text{доп.расч}} = K_{\text{ав}} \cdot K_U \cdot K_N \cdot K_{\theta} \cdot I_{\text{доп}} = 1,35 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 450 = 528 \text{ А} > I_{\text{раб.нб}} = 504 \text{ А}$ , кабель удовлетворяет условию нагрева,

Окончательно выбран кабель сечением  $240 \text{ мм}^2$  для питания пункта РП.

Номинальные параметры кабеля:  $X_0 = 0,075 \text{ Ом/км}$ ,  $R_0 = 0,12 \text{ Ом/км}$ .

Ток термической стойкости кабеля:

$$I_{\text{тер240}} = \frac{C_T \cdot S}{\sqrt{t_{\text{откл}} + T_a}} = \frac{C_T \cdot S}{\sqrt{t_{\text{рз}} + t_{\text{пв.откл}} + T_{\text{эжв}}}} = \frac{90 \cdot 240 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1 + 0,05 + 0,01}} = 20,98 \text{ кА}.$$

$I_{\text{тер240}} = 20,98 > I_{\text{п0}} = 8,7 \text{ кА}$ , условие термической стойкости кабеля выполняется.

### Выводы:

1. Рассмотрены варианты построения и модернизации электрической части ОшТЭЦ, работающие на топочном мазуте и природном газе, представлены технико-экономические обоснования, выбор структурной схемы электростанции и спроектирована электрическая часть теплоэлектроцентрали на ожидаемую мощность 100 МВт;

2. Сопоставлены технические параметры схем распределительных устройств станции, выполнен расчет токов короткого замыкания и выбор электрооборудования. В результате расчета и сопоставления приемлемых вариантов была выбрана схема с поперечной связью блоков на генераторном напряжении. Предложено применение блоков с генераторными выключателями, где блок включает в себя турбогенератор ТВС-25-2У3 и трансформатор связи ТДЦН-63000/110. Распределительное устройство 110 кВ предложено выполнить по схеме пятиугольник. В РУ ВН предложено применение вакуумного выключателя;

3. Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке методики проектирования, при построении математической модели и разработке программы



для выполнения расчетов электромеханических и электромагнитных переходных процессов или же в модернизации теплоэлектроцентрали города Ош.

### Список литературы:

1. **Амиров, Н.А.** Построение математической модели и разработка программы для выполнения расчетов электромеханических переходных процессов (на примере Ош ТЭЦ при модернизации на ожидаемую мощность 100 МВт)[Текст] / Н.А.Амиров // Магистерская диссертация. – Ош: ОшТУ, 2019. - 69 с.
2. **Крючков, М.В.** Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные и методические материалы для выполнения квалификационных работ: учебно-справочное пособие для вузов [Текст] / М.В. Крючков, В.А. Пираторов, И.П. Старшинов; под ред. – М.: Издательский дом МЭИБ 2015. – 138 с.
3. **Старшинов, В.А.** Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие [Текст] / В.А. Старшинов, М.В. Пираторов, М.А. Козина; под ред. В.А. Старшинова. - М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 296 с.
4. **Ульянов, С.А.** Электромагнитные переходные процессы в электрических системах [Текст] / С.А. Ульянов.- М.: Энергия, 1970. – 120 с.
5. **Пакирдинов, Р.Р.** Методические указания к выполнению курсовых работ по курсу «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов электроэнергетических специальностей высших учебных заведений [Текст] / Р.Р. Пакирдинов, Р.Т.Осмонбеков - Ош: ОшТУ, 2012. – 43 с.
6. **Пакирдинов, Р.Р.** Методические указания к выполнению практич. работ по дисц. «Электромагнитные переходные процессы» для студентов электроэнергетических специальностей высших учебных заведений [Текст] / Р.Р. Пакирдинов, Р.Т.Осмонбеков - Ош: ОшТУ, 2009. – 34 с.
7. **Исманов, М.М.** Динамика ударного механизма трамбовочной машины с гидравлическим приводом [Текст] / М.М. Исманов, Э.С. Абдраимов, Р.Р.Пакирдинов, Абсамат к. Г. // Наука. Образование. Техника.- Ош: КУМУ, 2022.- №3.- С.15-21.
8. **Proceedings.** Of the iv-international conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects dedicated to the 65th anniversary of navoi mining and metallurgical company 16-17 november, 2023. navoi, Uzbekistan, -212p.

Поступила в редакцию: 25.01.2024 г.