

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ОТДЕЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ И ШИХТЫ
МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по
отраслям)

Идентификационный код ВКР: 630

Екатеринбург 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующая кафедрой ЭС
_____ А.О. Прокубовская
« _____ » _____ 2017 г.

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТДЕЛЕНИЯ
ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ И ШИХТЫ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)
профиля подготовки «Энергетика»
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций,
учреждений и энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР:630

Исполнитель:
студент группы ЗЭС- 403С

Д.А. Быстрых

Руководитель:
ст. преподаватель кафедры ЭС

И.М. Морозова

Нормоконтролер:
ст. преподаватель кафедры ЭС

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2017г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 55 страницах, содержит 55 страниц машинописного текста, 6 рисунков, 13 таблиц, 19 источников информации, 3 приложения на диске, графическую часть на 3 листах А1 формата.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, СИСТЕМА ЗАЗЕМЛЕНИЯ, СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ, АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ, ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является отделение подготовки сырья и шихты медеплавильного завода.

Предметом исследования выпускной квалификационной работы является электрооборудование отделения подготовки сырья и шихты.

Цель выпускной квалификационной работы разработка системы электроснабженияотделения подготовки сырья и шихты.

Произведен расчет электрических нагрузок.

Выбрана схема электроснабжения.

Выбраны силовые трансформаторы.

Выбраны шины и изоляторы.

Выбрано защитное оборудование 0,4кВ.

Разработана инструкция по монтажу кабельных сетей 0,4кВ.

СОЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Краткая характеристика объекта электроснабжения	8
2 Система электроснабжения отделения	11
2.1 Расчет электрических нагрузок	11
2.2 Выбор схемы электроснабжения	16
2.3 Выбор силовых трансформаторов	17
2.4 Выбор шин и изоляторов	20
2.5 Выбор кабелей	23
2.6 Выбор защитного оборудования 0,4кВ	26
2.7 Выбор защитного оборудования 6 кВ	27
3 Техничко – экономические показатели	30
4 Электробезопасность и экологические показатели	37
4.1 Обеспечение безопасности работающих	37
4.2 Охрана окружающей среды и экологичность технологического процесса	40
5 Разработка Инструкции по монтажу кабельных сетей 0.4 кВ	41
<i>Общие положения</i>	41
<i>Техническая документация</i>	42
<i>Виды прокладки кабеля</i>	42
<i>Меры безопасности</i>	47
<i>Испытание кабельных сетей</i>	49
Заключение	50
Список использованных источников	51
Приложение А – Условные обозначения и сокращения	53
Приложение Б – Список приложенных графических документов	54
Приложение В – список приложенных текстовых документов	55

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим направлением развития экономики страны является замена физической энергии человека другими видами энергии, и главное – электрической. Поэтому научно – технический прогресс в наибольшей степени определяют энергетика и автоматика всех отраслей промышленности.

Электроэнергия является наиболее универсальным видом энергии и широкое внедрение её во всех областях жизни человека, быту, промышленности объясняется относительной простотой её производства, передачи, распределения и превращения в другие виды энергии: световую, тепловую, механическую, химическую и т.п.

Для надёжной и экономичной работы энергетических систем и сетей необходимо правильное проектирование этих сетей: выбор наиболее экономичной схемы, рационального напряжения, оптимальных сечений питающих линий, числа и мощности силовых трансформаторов, мощности и расположения компенсирующих устройств. Необходимо учитывать нормальные и аварийные режимы работы сетей и категории надёжности электроснабжения потребителей.

Основными потребителями электрической энергии являются промышленность, транспорт, сельское хозяйство, населённые пункты (города и посёлки). Потребляемая на их нужды электроэнергия должна расходоваться рационально и экономно.

Надёжность электроснабжения достигается за счёт бесперебойной работы всех элементов энергосистемы и применения ряда технических устройств, как в системе, так и у потребителей.

В системах электроснабжения промышленных предприятий и установок энерго- и ресурсосбережение достигается главным образом

уменьшением потерь электроэнергии при передаче и преобразовании, а также применением менее материалоемких и более надежных конструкций всех элементов этой системы. Это должно учитываться, в частности, при выборе вариантов системы электроснабжения при ее проектировании (например при выборе номинальных напряжений сетей). Одним из испробованных путей минимизации потерь электроэнергии является компенсация реактивной мощности потребителей при помощи местных источников реактивной мощности, причем весьма важное значение имеет правильный выбор их типа, мощности, местоположения и способа автоматизации. В эксплуатации систем электроснабжения большое значение имеет также выравнивание нагрузок во времени с использованием для этого целенаправленного управления электрооборудованием (выравнивания графиков нагрузки, снижения и смещения пиковых мощностей и т.п.).

Объектом исследования является электроснабжение медеплавильного завода.

Предметом исследования является произведение расчетов электрических нагрузок, выбор схемы электроснабжения, выбор силовых трансформаторов, выбор шин и изоляторов, выбор защитного оборудования

Цель выпускной квалификационной работы: разработка системы электроснабжения отделения подготовки сырья и шихты.

Задачи:

- рассчитать электрические нагрузки;
- Выбрать схему электроснабжения.
- Выбрать силовые трансформаторы.
- Выбрать шины и изоляторы.
- Выбрать защитное оборудование 0,4кВ.
- Разработать инструкцию по монтажу кабельных сетей 0,4 кВ.

1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Отделение подготовки сырья и шихты(далее ОПСШ). Кварцевые флюсы, известняк разгружают из думпкаров в приёмные бункера. В случае малого поступления грузов, хранение их предусматривается в складе.

Из приёмных бункеров флюсы системой пластичных питателей и ленточных конвейеров подают на дробление, которое производится в две стадии: в щековой дробилке и в конусной дробилке. Дробление кварца и известняка осуществляется совместно. В здании дробильного отделения установлено 4 бункера перед стержневыми мельницами.

Кварц и известняк после дробления подвергаются совместному измельчению в стержневой мельнице. Измельчение ведётся в мокрой среде. Пульпа измельченного кварца и известняка песковым насосом подаётся в чан-смеситель, в который одновременно поступает пульпа медного концентрата своей фабрики. После перемешивания производится совместная фильтрация измельчённых флюсов и медного концентрата на дисковых вакуум-фильтрах. Отфильтрованный кек смешивается с поступающими на завод концентратами и подаётся в шихтарник или напрямую в бункера сушильных барабанов.

Закрытый склад концентратов производит разгрузку шихты грейферными кранами в отсеки. Из отсеков грейферными кранами шихту определённой концентрации помещают в бункера для дальнейшей обработки.

Перечень оборудования с характеристиками, установленного в ОПСШ, приведён в таблице 1.

2 СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТДЕЛЕНИЯ

2.1 Расчет электрических нагрузок

Расчёт электрических нагрузок напряжением 0,4 кВ будем производить методом коэффициента максимума, в основу которого положен метод упорядоченных диаграмм, позволяющий по номинальной мощности и характеристикам электроприёмников определить расчётный максимум нагрузки.

Расчёт нагрузок проводим параллельно для активных и реактивных мощностей, что в итоге позволяет определить полную мощность рассматриваемого элемента и системы электроснабжения в целом.

Порядок расчёта проводим для РП 1, в котором находятся ЭП с 1-5 и 16. Первая строка ведётся для ЭП с 1-5, а вторая - для 16.

Определяем среднюю активную мощность групп ЭП за максимально загруженную смену $P_{см}$

$$P_{см} = K_u \cdot P_y, \quad (1)$$

$$P_{см} = 0,95 \cdot 375 = 356 \text{ кВт},$$

$$P_{см} = 0,3 \cdot 30 = 9 \text{ кВт},$$

где P_y – суммарная номинальная активная мощность, кВт;

K_u – коэффициент использования активной мощности.

По значениям $\cos\varphi$ определяем $tg\varphi$, данные приведены в таблице 2 – сводная таблица расчётных нагрузок цеха

$$\cos\varphi = 0,85; 1)\cos\varphi = 0,4,$$

$$tg\varphi = 0,62; 2)tg\varphi = 2,29.$$

Определяем среднюю реактивную мощность групп ЭП за максимально загруженную смену $Q_{см}$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi, \quad (2)$$

$$Q_{\text{см}} = 356 \cdot 0,62 = 220 \text{ кВАр},$$

$$Q_{\text{см}} = 9 \cdot 2,29 = 20 \text{ кВАр}.$$

Определяем сумму электроприемников РП 1.

Определяем модуль силовой сборки

$$m = \frac{P_{\text{номmax}}}{P_{\text{номmin}}}, \quad (3)$$

$$m = \frac{75}{30} = 2,5,$$

где $P_{\text{номmax}}$ – номинальная максимальная мощность одного электроприёмника, кВт;

$P_{\text{номmin}}$ – номинальная минимальная мощность одного электроприёмника, кВт т. е. $m < 3$.

Определяем средневзвешенное значение коэффициента использования

$$K_{\text{и}} = \frac{P_{\text{см}}}{\Sigma P_{\text{ном}}}, \quad (4)$$

$$K_{\text{и}} = \frac{356}{405} = 0,9.$$

Определяем эффективное число ЭП $n_{\text{э}}$, при условии что $m < 3$, то количество ЭП принимается то же количество ЭП без учёта приёмников находящихся в резерве.

Определяем эффективное число электроприёмников

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \Sigma P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном max}}}, \quad (5)$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot 405}{75} = 11$$

Когда $n_{\text{э}}$ оказывается больше действительного числа электроприёмников, следует принимать $n_{\text{э}} = n = 6$ [2].

При помощи таблицы определяем коэффициент максимуму

$$K_{\text{м}} = 1,04.$$

Определяем для РП1 присоединения активную и реактивную составляющую мощность

$$P_{\text{см}} = \Sigma P_{\text{см}} \text{ и } Q_{\text{см}} = \Sigma Q_{\text{см}},$$

$$P_{\text{см}} = 356 + 9 = 365 \text{ кВт и } Q_{\text{см}} = 220 + 20 = 242 \text{ кВАр.}$$

Определяем активную максимальную расчётную мощность

$$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}, \quad (6)$$

$$P_{\text{м}} = 1,04 \cdot 365 = 380 \text{ кВт.}$$

Определяем реактивную максимальную расчётную мощность

$$Q_{\text{м}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}},$$

где 1,1 – коэффициент т.к. $n < 10$ [1]

$$Q_{\text{м}} = 1,1 \cdot 242 = 266 \text{ кВАр}$$

Определяем полную максимальную мощность

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2}, \quad (7)$$

$$S_{\text{м}} = \sqrt{380^2 + 266^2} = 464 \text{ кВА.}$$

Определяем расчётный ток

$$I_p = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}; \quad (8)$$

$$I_p = \frac{464}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 705 \text{ А,}$$

где $U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение электроустановки.

Определяем коэффициент мощности при максимальной нагрузке

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{м}}}{S_{\text{м}}}, \quad (9)$$

$$\cos \varphi = \frac{380}{464} = 0,82.$$

Исходя из $\cos \varphi$ определяем $\text{tg} \varphi$

$$\text{tg} \varphi = 0,64.$$

Далее расчёт максимальных нагрузок остальных присоединений к сборным шинам 0,4 кВ подстанции, а также 1 и 2 секций шин и по подстанции в целом проводим аналогично.

Все необходимые данные систематизируем и заносим в таблицу 2 – сводная таблица расчётных нагрузок цеха.

В результате расчётов получили общий коэффициент мощности, равный 0,82, что является невысоким значением, приводящим к непроизводительной загрузке реактивной мощностью электрических сетей и большим потерям активной мощности. Для повышения коэффициента мощности до оптимального значения 0,95 необходимо применить компенсацию реактивной мощности.

Величина реактивной мощности, подлежащая компенсации

$$Q_k = P_m \cdot (\operatorname{tg}\varphi_p - \operatorname{tg}\varphi_{\text{опт}}),$$

$$Q_k = 1412 \cdot (0,64 - 0,33) = 438 \text{ кВАр},$$

где P_m – расчётная максимальная активная мощность, кВт, $\operatorname{tg}\varphi_p$ и $\operatorname{tg}\varphi_{\text{опт}}$ – тангенсы углов, соответствующие расчётному и оптимальному коэффициентам мощности, которые приведены в таблице 2.

Применим две конденсаторные установки марки УКБН-0,38-200-50У3 мощностью по 200 кВАр каждая, с их установкой в РУ-0,4 кВ подстанции и подключением по одной на каждую секцию шин.

Окончательно получаем следующие итоговые расчётные значения максимальных нагрузок напряжением 0,4 кВ, результаты которых сведены в расчётную таблицу 2.

Нагрузку подстанции на напряжении 6кВ рассчитываем суммой нагрузок двух вводов посредством силовых трансформаторов от секций шин 0,4 кВ с учётом компенсации и потерь электроэнергии в трансформаторах ($K_{пт} = 1,04$)[1].

В результате получаем расчётную максимальную нагрузку для источника питания напряжением 6 кВ, результаты которой также сведены в расчётную таблицу (приложение В).

2.2 Выбор схемы электроснабжения

Электроснабжение отделения подготовки сырья и шихты медеплавильного цеха планируется осуществить от РУ-6 кВ подстанции медеплавильного завода, расположенного на расстоянии 0,46 км. Учитывая условия производства и категории нагрузок, для питания ОПСШ выбираем двух-цепную кабельную линию. Кабель проложен по эстакаде, тем самым обеспечивает возможность качественного осмотра кабеля.

По количеству цепей питающей линий выбираем число силовых трансформаторов на ТП-6/0,4 кВ – два. Режим работы линий и трансформаторов – раздельный, с неявным резервом. При выходе из строя какого-либо элемента цепи, оставшийся в работе должен обеспечить работу электроприёмников I и II категорий в пределах допускаемых перегрузок.

В распределительном устройстве первичного напряжения (РУ-6 кВ) применим комплектное оборудование: ячейки серии КРУ, выключатели, две секции сборных шин.

В распределительном устройстве вторичного напряжения (РУ-0,4 кВ) применим сборные шины, секционированные по числу трансформаторов. Каждый трансформатор работает на свою секцию шин, к которой подключена соответствующая группа электроприемников. В качестве коммутационных и защитных аппаратов на вводах, межсекционном и на отходящих линиях в РУ-0,4 кВ применим автоматические выключатели, с помощью которых возможна коммутация цепей в режиме холостого хода и под нагрузкой, а также автоматическое отключение цепей в нормальных режимах (перегрузках и коротких замыканиях).

Для распределения электроэнергии напряжением 0,4 кВ внутри ОПСШ применим распределительные пункты, щитки освещения. Подключение электроприёмников будет осуществляться по смешанной схеме

электропитания с помощью кабельных линий и проводов, проложенных в металлических коробах, трубах.

Выбранная схема электропитания ОПСШ медеплавильного цеха приведена на рисунке 1.

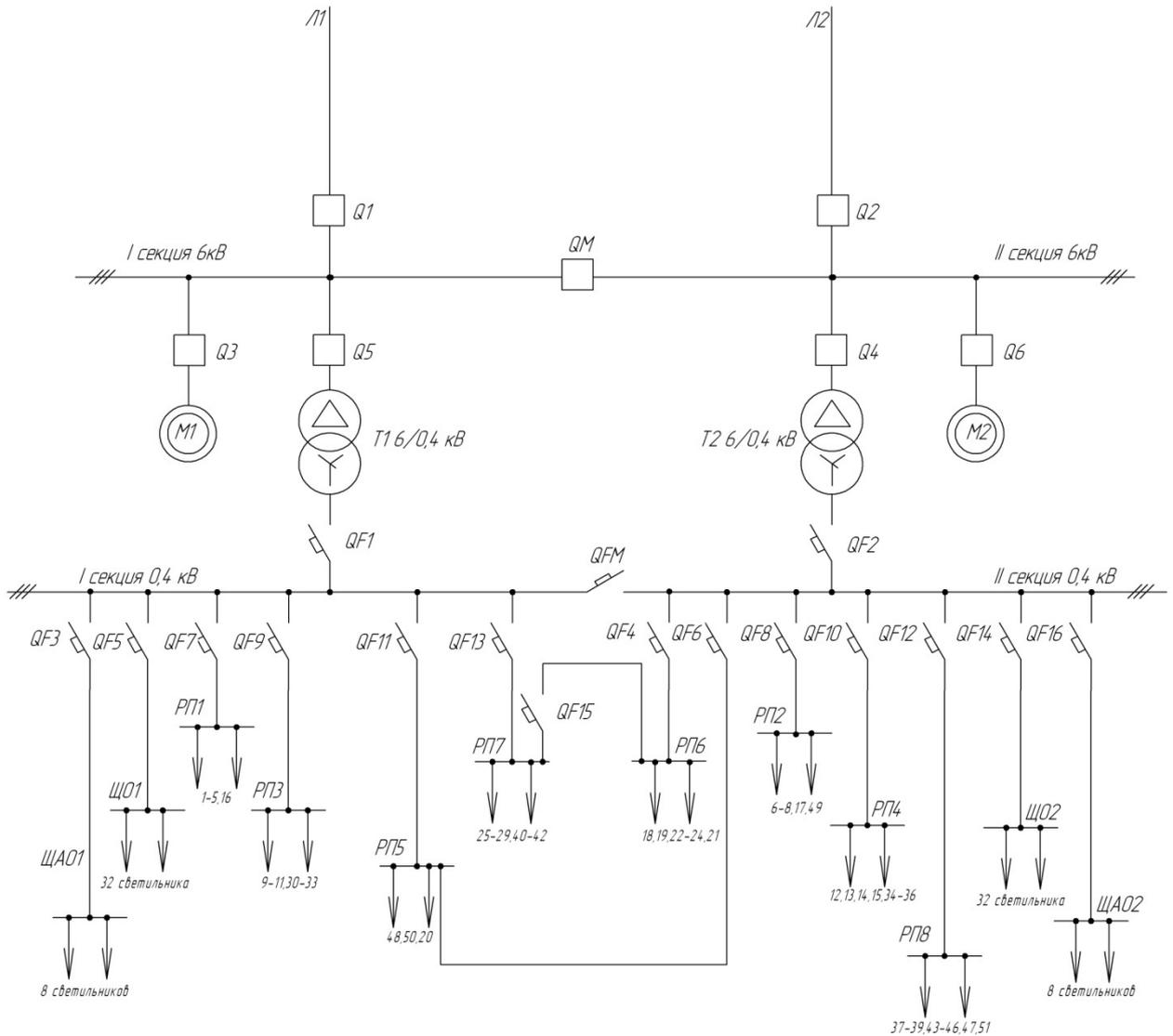


Рисунок 1 - Схема электропитания отделения подготовки сырья и шихты

2.3 Выбор силовых трансформаторов

Силовые трансформаторы, являясь основными элементами системы электропитания, предназначены для понижения питающего напряжения 6 кВ до уровня рабочего напряжения 0,4 кВ основного числа электроприёмников и распределения электроэнергии на этом уровне по

отделению подготовки сырья и шихты в медеплавильном цехе. Поэтому принимаем к установке трансформаторы с первичным напряжением $U_1 = 6$ кВ и вторичным $U_2 = 0,4$ кВ. Исходя из надёжности электроснабжения объекта, наличия большого процента, а электроприёмников первой и второй категорий выбираем число трансформаторов на подстанции – два.

Мощность трансформаторов будем рассчитывать с таким условием, чтобы в нормальном режиме (раздельная работа обоих трансформаторов на соответствующую секцию шин 0,4 кВ) они обеспечили электроэнергией все электроприёмники отделения. При этом их загрузка должна быть оптимальной с наименьшими потерями. В аварийном режиме (при выходе одного из трансформаторов из строя) оставшийся в работе трансформатор обеспечил работу электроприёмников первой и второй категорий, с перегрузкой, допускаемой ПУЭ.

Исходные данные для расчёта мощности трансформаторов являются:

- полная расчётная мощность нагрузок 0,4 кВ $S_M = 1497$ кВА, которая приведена в таблице 2;
- категории электроприёмников по надёжности электроснабжения I – 30%, II – 50%;
- полная расчётная мощность электроприёмников I и II категорий $S_{кат} = 0,8 \cdot S_M = 0,8 \cdot 1497 = 1197$ кВА;
- $K_{зт}$ – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме, находящийся в пределах 0,6-0,75 [2];
- $K_{ар}$ – коэффициент перегрузки трансформатора в аварийном режиме не превышающий значения 1,4, при этом с максимальной перегрузкой допускается работа трансформатора не более 6 часов в сутки в течение не более 5 суток подряд [9].

Предварительно рассчитаем ориентировочную мощность трансформаторов, удовлетворяющую указанным выше условиям

$$S_{\sim T} = \frac{S_M}{2 \cdot K_{зТ}};$$

$$S_{\sim T} = \frac{1497}{2 \cdot 0,75} = 998 \text{ кВА.}$$

Для определения оптимальной величины мощности трансформатора рассмотрим следующие стандартные значения мощности трансформаторов меньшие и большие ориентировочной.

1 вариант. Два трансформатора мощностью $S_T = 630$ кВА каждый

$$K_{зТ} = \frac{S_M}{2 \cdot S_T};$$

$$K_{зТ} = \frac{1497}{2 \cdot 630} = 1,19.$$

Данный вариант не удовлетворяет требованиям, поскольку работая в нормальном режиме трансформатор, будет перегружен. И поэтому дальнейшую проверку не проводим.

2 вариант. Два трансформатора мощностью $S_T = 1000$ кВА каждый

$$K_{зТ} = \frac{S_M}{2 \cdot S_T};$$

$$K_{зТ} = \frac{1497}{2 \cdot 1000} = 0,74.$$

Данная мощность трансформатора удовлетворяет условию нормальной эксплуатации.

$$1,4 \cdot S_T \geq S_{кат}$$

$$1,4 \cdot 1000 \geq 1197$$

$$1400 \geq 1197$$

Данные условия аварийной перегрузки трансформатора так же удовлетворяются, поэтому трансформатор мощностью $S_T = 1000$ кВА принимаются к установке.

Окончательно к установке принимаем два трансформатора мощностью по 1000 кВА каждый.

Таблица 2 – Каталожные данные силового трансформатора

Трансформатор	Потери, кВт		Ток холостого хода, I_x , %	Напряжение короткого замыкания, U_k , %	Примечание
	холостого хода, ΔP_x	краткого замыкания, ΔP_k			
ТМ-1000/6	2,45	12,2	1,4	5,5	

2.4 Выбор шин и изоляторов

Выбираем медные шины марки МГМ с размером полосы 40 x 5мм, сечением 200 мм², с $I_{доп} = 700$ А. Полоса установлена на ребро, расстояние между опорными изоляторами (пролёт) принимаем $l = 1000$ мм, расстояние между фазами $a = 350$ мм. Установка шин на изоляторы приведена на рисунке 2.

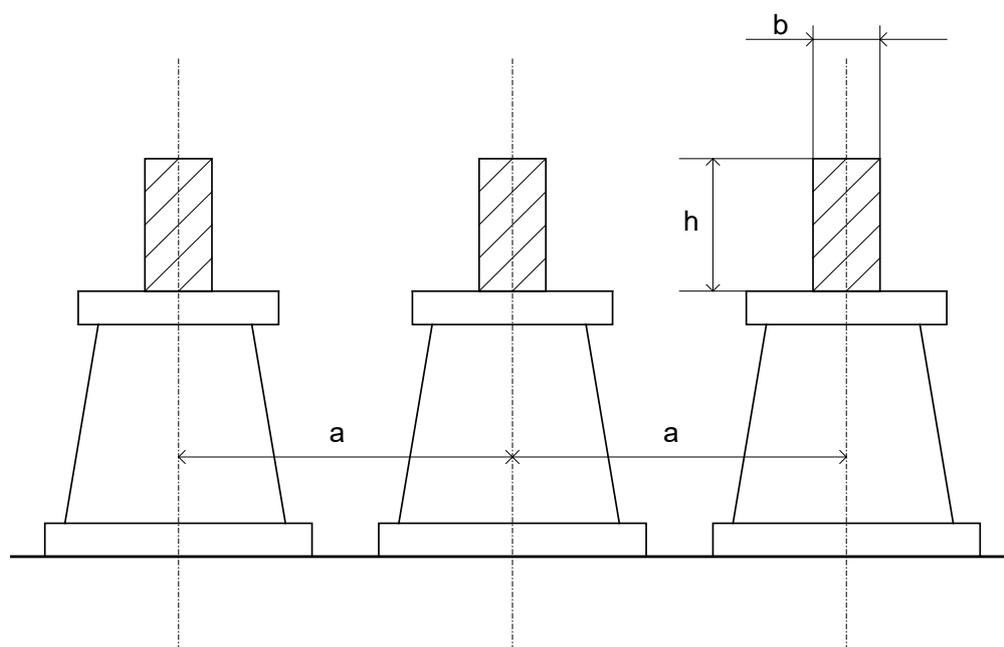


Рисунок 2 – Установка шин и изоляторов

Проверяем шины на динамическую устойчивость к действию токов КЗ.

Определяем усилие, действующее между фазами при трехфазном КЗ

$$F_{\text{расч}} = \left(1,76 \cdot i_{\text{уд}}^2 \cdot \frac{1}{a}\right) \cdot 10^{-1},$$

$$F_{\text{расч}} = \left(1,76 \cdot 17,05^2 \cdot \frac{1}{0,35}\right) \cdot 10^{-1} = 146 \text{ Н.}$$

Определяем механическое напряжение в шинах

$$\delta_{\text{расч}} = \frac{F \cdot 1}{10 \cdot W},$$

где W – момент сопротивления шин, см³.

Определяем момент сопротивления шин

$$W = 0,17 \cdot b^2 \cdot h,$$

$$W = 0,17 \cdot 0,4^2 \cdot 5 = 0,136 \text{ см}^3,$$

$$\delta_{\text{расч}} = \frac{146 \cdot 1}{10 \cdot 0,136} = 107,3 \text{ МПа}$$

Выбранные шины сечением 5 x 0,4 мм удовлетворяют условию динамической устойчивости, т. к. $\delta_{\text{расч}} = 107,3 \text{ МПа} < \delta_{\text{доп}} = 170 \text{ МПа}$.

Проверяем шины на термическую устойчивость при протекании по ним тока КЗ. Для этого определим минимальное сечение медных шин, при котором будет выдержан ток КЗ, равный 8,63 кА в течение 1 сек.

$$S_{\text{min}} = I_{\text{к}} \cdot \frac{\sqrt{t_{\text{пр}}}}{C},$$

где $C = 171$ – коэффициент для медных шин.

$$S_{\text{min}} = 8630 \cdot \frac{\sqrt{1}}{171} = 50,5 \text{ мм}^2$$

Выбранные шины условию термической устойчивости удовлетворяют, т. к. $S_{\text{min}} = 50,5 \text{ мм}^2 < S_{\text{ш}} = 200 \text{ мм}^2$.

Изоляторы выбираем на номинальные напряжение и ток, и проверяем на механическую нагрузку при КЗ с условием, что полученное значение $F_{\text{расч}}$ не должно превышать 60 % от разрушающей нагрузки для данного типа изолятора.

Принимаем к установке опорные изоляторы типа ИО-6-375-2У3 с параметрами $U_n = 6$ кВ, $F_{\text{разр}} = 3750$ Н. В этом случае $0,6 F_{\text{разр}} > F_{\text{расч}} = 2250 > 146$ Н, т.е. условие удовлетворяется.

2.5 Выбор кабелей

Выбор питающей кабельной линии 6 кВ будем производить по экономической плотности тока в нормальном режиме, по длительно допустимому току нагрузки в аварийном режиме (при повреждении одного из кабелей), с последующей проверкой на термическую устойчивость тока КЗ и падение напряжения.

Определим сечение кабеля по экономической плотности тока при $T_M = 4000$ час [1]

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_M}{2 \cdot j_{\text{ЭК}}} = \frac{217}{2 \cdot 2,5} = 43,4 \text{ мм}^2,$$

где $I_M = 217$ – максимальный расчётный ток при напряжении 6 кВ;

$j_{\text{ЭК}}$ – экономическая плотность тока [9].

Принимаем кабель марки АШ6У-6-3х120 с $I_{\text{доп}} = 250$ А.

Условию нагрева длительным током кабель данного сечения удовлетворяет, т.к. $I_{\text{доп}} = 250 \text{ А} > I_M = 217 \text{ А}$.

Проверим выбранный кабель на термическую устойчивость тока КЗ по минимально-допустимому сечению

$$S_{\text{min}} = I_k \cdot \frac{\sqrt{t_{\text{пр}}}}{C},$$

$$S_{\text{min}} = 8630 \cdot \frac{\sqrt{0,22}}{141} = 28 \text{ мм}^2,$$

где $C = 141$ – коэффициент для кабелей с алюминиевыми жилами [1],

$I_k = 8,63$ кА – ток короткого замыкания в точке К1 (таблица 4),

$t_{\text{пр}} = 0,22$ – приведённое время действия тока короткого замыкания [1].

Данному условию выбранный кабель также удовлетворяет, т.к. $120 \text{ мм}^2 > 28 \text{ мм}^2$

Проверим выбранный кабель на потерю напряжения при номинальной нагрузке в нормальном режиме. Согласно [9] для силовых сетей отклонение напряжения от номинального составляет не более $\pm 5,0\%$.

Определим потерю напряжения

$$\Delta U = \left(\frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L}{U_H} \right) \cdot (R_0 \cdot \cos\varphi + X_0 \cdot \sin\varphi) \cdot 100,$$

$$\Delta U = \left(\frac{\sqrt{3} \cdot 217 \cdot 0,46}{6000} \right) \cdot (0,27 \cdot 0,94 + 0,08 \cdot 0,34) \cdot 100 = 0,81\%,$$

где R_0, X_0 – активное и индуктивное сопротивление 1 км кабеля, Ом/км.

Потеря напряжения находится в норме, т.к. $0,81\% < 5\%$.

Для устройства питающей линии выбираем кабель АШ6У-6-3х120.

Распределительные силовые линии напряжением 0,4 кВ устраиваем кабелем. С выбором их сечений ввиду небольшой протяжённости по длительно-допустимому току с проверкой на соответствие аппарату защиты и на термическую устойчивость тока КЗ. Выбранные кабели сведены в таблицу 7.

Определяем минимально-допустимое сечение кабелей на термическую устойчивость тока КЗ:

$$S_{min} = I_k \cdot \frac{\sqrt{t_{np}}}{C};$$

где $t_{np} = 0,065$ – приведённое время действия тока короткого замыкания [1].

$$S_{min} = 8630 \cdot \frac{\sqrt{0,065}}{141} = 15 \text{ мм}^2.$$

Таблица 3 – Распределительные линии 0.4кВ

Линия	Расчётный ток I_p , А	Ток расцепителя $I_{нр}$, А	Коэффициент защиты K_z	Ток защиты I_z , А	Марка и сечение кабеля
РП-1	705	800	1	800	ВВГ-1- 2(4x240)
РП-2	1078	1400	1	1400	ВВГ-1-4x350
РП-3	272	285	1	285	ВВГ-1-3x95
РП-4	235	250	1	250	ВВГ-1-4x120
РП-5	118	200	1	200	ВВГ-1-4x35
РП-6	362	435	1	435	ВВГ-1-3x145
РП-7	106	200	1	200	ВВГ-1-4x35
РП-8	306	360	1	360	ВВГ-1-3x120
ЩО-1	21	50	1	50	ВВГ-1-5x10
ЩО-2	21	50	1	50	ВВГ-1-5x10
ЩАО-1	5,2	30	1	30	ВВГ-1-5x6
ЩАО-2	5,2	16	1	16	ВВГ-1-5x6

2.6 Выбор защитного оборудования 0,4кВ

Вследствие обеспечения высокой надёжности электроснабжения, защиты сетей и оборудования, чёткого проведения оперативных переключений в качестве коммутационных аппаратов принимаем автоматические выключатели серии DMX, устанавливаемые в распределительных шкафах XL³ 800. Автоматы дополнительно проверены на несрабатывание от пусковых токов и действие от однофазного тока КЗ. В качестве распределительных пунктов применим шкафы серии ПР-11. Трансформаторы тока для подключения измерительной аппаратуры устанавливаем на вводах. Выбор производим, основываясь на схему электроснабжения и расчёты нагрузок и токов КЗ, указанные в таблице 4. Выбранное оборудование в РУ-0,4 кВ сведено в таблицу 4.

Таблица 4 – Оборудование напряжением 0,4 кВ.

Наименование оборудования, место установки	Каталожные параметры	Расчётные данные
1	2	3
<i>Автоматические выключатели</i>		
Вводные DMX-L 2500	$U_H = 0,69 \text{ кВ}$ $I_H = 2500 \text{ А}$ $I_{откл} = 100 \text{ кА}$	$U_H = 0,4 \text{ кВ}$ $I_p = 2274 \text{ А}$ $I_k = 10,9 \text{ кА}$ $i_y = 15,9 \text{ кА}$
Отходящие РП5; РП7 DPX 160 РП1; РП2 DPX 1250 РП3; РП6; РП4; РП8 DPX630 ЩО1; ЩО2 DPX125 ЩАО1; ЩАО2 DPX125	$U_H = 0,69 \text{ кВ}$ $I_H = 160 \text{ А}$ $I_H = 1250 \text{ А}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_H = 125 \text{ А}$ $I_H = 125 \text{ А}$	$U_H = 0,4 \text{ кВ}$ $I_p = 118 \text{ А}$ $I_p = 1078 \text{ А}$ $I_p = 362 \text{ А}$ $I_p = 21 \text{ А}$ $I_p = 5,2 \text{ А}$
<i>Трансформаторы тока</i>		
T-0,66	$U_H = 0,66 \text{ кВ}$ $I_{H1} = 2500 \text{ А}$ $I_{H2} = 5 \text{ А}$ $K_T = 20 \text{ кА}$ $I_{терм} = 51 \text{ кА}$	$U_H = 0,4 \text{ кВ}$ $I_p = 2274 \text{ А}$ $I_k = 10,9 \text{ кА}$ $i_y = 15,9 \text{ кА}$

Окончание таблицы 4

1	2	3
Защита от перенапряжений		
Ограничитель перенапряжений ОПН-КР/TEL-0,38/0,5	U _н = 0,4 кВ U _{кл} = 0,5 кВ I _{разр} = 6 кА I _{проп} = 150 А	U _н = 0,4 кВ I _к = 5,43 кА

В качестве сборных шин выбираем медные шины прямоугольного сечения размером 80 х 6 мм, с допустимым током $I_{\text{доп}} = 2720$ А. Выбор которых аналогичен выбору шин в РУ-6 кВ.

2.7 Выбор защитного оборудования 6 кВ

В соответствии с выбранной схемой электроснабжения (рис. 1) принимаем к установке в РУ-6 кВ подстанции следующее оборудование:

- шкафы комплектных распределительных устройств (КРУ) серии К-104-АЭ;
- встроенные в шкафы выкатные элементы, оборудованные вакуумным выключателем серии ВВ/TEL с механизмом включения и отключения;
- трансформаторы тока;
- трансформаторы напряжения;
- сборные шины и опорные изоляторы;
- ограничители перенапряжения.

Шкафы КРУ разработаны на основе мирового опыта эксплуатации электрооборудования и обеспечивают высокую степень надёжности и безопасности как электрических сетей, так и обслуживающего персонала. Они представляют собой КРУ в металлическом корпусе, предназначенное для внутренней установки. Комплектация РУ-6 кВ подстанции шкафами КРУ выбрана благодаря их высокой надёжности, т.к. по каждой характеристике

каждого типа ячеек проводятся типовые испытания; простоте обслуживания, поясняющееся тем, что ошибочные действия оператора предотвращаются системой встроенных блокировок, техническое обслуживание сводится к простой текущей проверке работоспособности, смазке и чистке аппаратов с периодичностью 5-10 лет. К тому же устройство легко устанавливается благодаря идентичным размерам всех ячеек и может располагаться вплотную к стене. Шкафы КРУ обладают высокой степенью безопасности, которое обеспечивается тем, что все операции с оборудованием, включая доступ в отсек кабельной сборки и отсек сборных шин, осуществляется с передней панели, вкатывание и выкатывание возможно только при закрытой дверце, заземляющий разъединитель обладает стойкостью к включению на КЗ, все ячейки обладают стойкостью к воздействию внутренней дуги.

Выключатели принимаем серии ВВ/TEL, в которых используется метод гашения дуги в вакууме, благодаря чему возможна коммутация цепей как в нормальных, так и в аварийных режимах, включая и самый тяжёлый – включение на КЗ.

Трансформаторы тока (ТТ) в данном случае используются для питания защитной аппаратуры и разделяют высоковольтные силовые сети от вторичных. Включаемые последовательно в фазные проводники принимаем ТТ серии ТОЛК, а на оболочку кабеля – ТЗЛК.

Всё оборудование выбираем с учётом номинальных параметров, которые должны превосходить соответствующие расчётные значения с последующей проверкой на устойчивость токам КЗ. Все необходимые расчёты для выбора оборудования указаны в таблицах 2 и 4. Выбранное оборудование с указанием наименования, модификации и параметров сведено в таблицу 5.

Ограничителей перенапряжений нелинейные представляют собой разрядники без искровых промежутков, активная часть которых состоит из металлоокисных нелинейных резисторов (варисторов), изготовленных из

оксици цинка с малыми добавками других металлов. При возникновении в сети волн перенапряжений ток через ОПН резко увеличивается, сопротивление снижается и ограничивает напряжение на защищаемом оборудовании. После прохождения импульса перенапряжения ОПН возвращается в исходное состояние.

Таблица 5 – Оборудование напряжением 6 кВ

Наименование оборудования, место установки	Каталожные параметры	Расчётные данные
<i>Ввод с питающей линии 6 кВ</i>		
Шкаф К-104-АЭ АЯВД.052.10.31.130 ЭЗ	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{\text{терм}} = 20 \text{ кА}$ $I_{\text{дин}} = 51 \text{ кА}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_M = 217 \text{ А}$ $I_K = 8,63 \text{ кА}$ $i_y = 17,05 \text{ кА}$
Вводной выключатель ВВ/TEL-10-20/1000У2	$U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{\text{откл}} = 20 \text{ кА}$ $I_{\text{дин}} = 51 \text{ кА}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_M = 217 \text{ А}$ $I_K = 8,63 \text{ кА}$ $i_y = 17,05 \text{ кА}$
Трансформатор тока ТОЛК-6	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_{H1} = 400 \text{ А}, I_{H2} = 5 \text{ А}, K_T = 80$ $I_{\text{терм}} = 31,5 \text{ кА}$ $I_{\text{дин}} = 50 \text{ кА}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_M = 217 \text{ А}$ $I_K = 8,63 \text{ кА}$ $i_y = 17,05 \text{ кА}$
<i>Отходящая линия силового трансформатора 6/0,4 кВ</i>		
Шкаф К-104-АЭ АЯВД.052.32.31.130 ЭЗ	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{\text{терм}} = 20 \text{ кА}$ $I_{\text{дин}} = 51 \text{ кА}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_M = 150 \text{ А}$ $I_K = 8,63 \text{ кА}$ $i_y = 17,05 \text{ кА}$
Выключатель ВВ/TEL-10-20/1000У2	(приведены выше)	(приведены выше)
Трансформатор тока ТОЛК-6	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_{H1} = 200 \text{ А}, I_{H2} = 5 \text{ А}, K_T = 40$ $I_{\text{терм}} = 31,5 \text{ кА}$ $I_{\text{дин}} = 50 \text{ кА}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_M = 150 \text{ А}$ $I_K = 8,63 \text{ кА}$ $i_y = 17,05 \text{ кА}$
<i>Отходящая линия двигателя 6 кВ мельницы</i>		
Шкаф К-104-АЭ АЯВД.052.31.31.130 ЭЗ	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{\text{терм}} = 20 \text{ кА}$ $I_{\text{дин}} = 51 \text{ кА}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_M = 65 \text{ А}$ $I_K = 5,43 \text{ кА}$ $i_y = 11,2 \text{ кА}$
Выключатель ВВ/TEL-10-20/1000У2	(приведены выше)	(приведены выше)

Окончание таблицы 5

Наименование оборудования, место установки	Каталожные параметры	Расчётные данные
Трансформатор тока ТОЛК-6	$U_n = 6 \text{ кВ}$ $I_{n1} = 200 \text{ А}, I_{n2} = 5 \text{ А}, K_T = 40$ $I_{\text{терм}} = 31,5 \text{ кА}$ $I_{\text{дин}} = 50 \text{ кА}$	$U_n = 6 \text{ кВ}$ $I_m = 65 \text{ А}$ $I_k = 5,43 \text{ кА}$ $i_y = 11,2 \text{ кА}$
Шкаф К-104-АЭ АЯВД.052.20.31.130 ЭЗ	$U_n = 6 \text{ кВ}$ $I_n = 630 \text{ А}$ $I_{\text{терм}} = 20 \text{ кА}$ $I_{\text{дин}} = 51 \text{ кА}$	$U_n = 6 \text{ кВ}$ $I_m = 150 \text{ А}$ $I_k = 8,63 \text{ кА}$ $i_y = 17,05 \text{ кА}$
Секционная		
Выключатель ВВ/TEL-10-20/1000У2	(приведены выше)	(приведены выше)
Трансформатор тока ТОЛК-6	$U_n = 6 \text{ кВ}$ $I_{n1} = 300 \text{ А}, I_{n2} = 5 \text{ А}, K_T = 80$ $I_{\text{терм}} = 31,5 \text{ кА}$ $I_{\text{дин}} = 50 \text{ кА}$	$U_n = 6 \text{ кВ}$ $I_m = 150 \text{ А}$ $I_k = 8,63 \text{ кА}$ $i_y = 17,05 \text{ кА}$
С трансформатором напряжения		
Шкаф К-104-АЭ АЯВД.052.91.01.130 ЭЗ	$U_n = 6 \text{ кВ}$ $I_n = 630 \text{ А}$ $I_{\text{терм}} = 20 \text{ кА}$ $I_{\text{дин}} = 50 \text{ кА}$	$U_n = 6 \text{ кВ}$ $I_m = 217 \text{ А}$ $I_k = 8,63 \text{ кА}$ $i_y = 17,05 \text{ кА}$
Трансформатор напряжения НТМИ-6-66	$U_1 = 6000 \text{ В}$ $U_2 = 100 \text{ В}$	$U_n = 6 \text{ кВ}$
Защита от перенапряжений		
Ограничитель перенапряжений ОПН-КР/TEL-10/10,5	$U_n = 10,5 \text{ кВ}$ $U_{\text{кл}} = 12 \text{ кВ}$ $I_{\text{разр}} = 10 \text{ кА}$ $I_{\text{проп}} = 250 \text{ А}$	$U_n = 6 \text{ кВ}$ $I_k = 8,63 \text{ кА}$ $I_m = 217 \text{ А}$
Измерительные приборы		
Амперметр	Шкала 0-500А	$I_p = 217 \text{ А}$
Вольтметр	Шкала 0-6000В	$U_n = 6 \text{ кВ}$

3 Техничко – экономические показатели

Основными источниками резервов повышения уровня рентабельности продукции являются увеличение суммы прибыли от реализации продукции ($P \uparrow \Pi$) и снижение ее себестоимости ($R \downarrow C$).

Резервы роста прибыли - это количественно измеримые возможности, основными их источниками являются увеличение объема реализации,

Подсчет резервов роста продукции и услуг возможен благодаря анализу влияния факторов, определяющих объем производства и реализации продукции. Их можно объединить в три группы:

1. Обеспеченность предприятия трудовыми ресурсами и эффективность их использования;
2. Обеспеченность предприятия основными производственными фондами и эффективность их использования;
3. обеспеченность производства сырьем и материалами и эффективность их использования.

Снижение себестоимости достигается за счет повышения уровня механизации и улучшения использования машин и механизмов; снижения расхода материалов, конструкций и деталей, и внедрения новых видов материалов; повышения производительности труда за счет снижения трудоемких процессов; сокращения транспортно-заготовительских расходов, сокращения накладных расходов.

Резервы можно реализовать путем совершенствования конструкции, технологии, модернизации и ввода нового оборудования, в данной работе для снижения себестоимости будет модернизировано оборудование, а конкретно трансформаторы тока 6 кВ.

На модернизацию необходимы капитальные вложения, которые обеспечивают эксплуатацию и ремонт, а также позволяют производить больше продукции.

В качестве мероприятия, направленного на повышение эффективности и снижения себестоимости, предлагается замена оборудования на более энергосберегающие. Кроме того, данная модернизация позволит избежать простоев оборудования вследствие отключения электроэнергии.

Рассмотрим затраты на внедрение данного мероприятия, необходимые для модернизации оборудования (таблица 6).

Таблица 6 – Смета на внедрение мероприятия

Наименование	Цена, тыс. руб.	Кол-во, шт.	Сумма, тыс. руб.
Капитальные вложения:			
Автоматический выключатель серии DPX1250	150,0	5	750,0
Трансформатор напряжений	45,0	2	90,0
Трансформатор тока типа Т-0,66	58	3	174,0
Ограничитель перенапряжений 0,4кВ	123,5	3	370,5
ИТОГО капитальных затрат	-	-	1384,5
Материалы	-	-	455,0
Зарботная плата с отчислениями	-	-	380,0
Накладные расходы (20 % от суммы капитальных затрат)	-	-	276,9
ВСЕГО			2496,4

Цены на оборудование приведены согласно данным сайта <http://electroguru.ru/>.

Введение нового оборудования окажет влияние на баланс рабочего времени оборудования, расчет изменений сведен в таблицу 7.

Таблица 7 – Баланс рабочего времени технологического оборудования

Показатели	Трансформаторы без модернизации	Трансформаторы с модернизацией	Изменение
Номинальный фонд рабочего времени, час.	7968	7968	-
Текущие простои, в т.ч.	1 128,0	924,0	(204,0)
Плановые простои (ЧМН)	720,0	720,0	-
неплановые ремонты	306,0	153,0	(153,0)
ожидание ремонта деталей	40,8	20,4	(20,4)
прочие простои	61,2	30,6	(30,6)
Эффективный фонд рабочего времени	6840	7044	204,0
Коэффициент использования номинального времени, %	86%	88%	2%

Как видно из таблицы, коэффициент использования номинального фонда времени нового оборудования увеличился и составит 88,0%, что на 2,0% больше, чем в базовом варианте. Изменение произошло за счет:

- снижения длительности неплановых ремонтов на 153,6 ч.,
- снижения времени ожидания ремонта деталей на 20,4 ч.
- снижения прочих простоев на 30,6 ч.

В результате модернизации планируется увеличение годовой производительности, следовательно, увеличится объем производства продукции. Проектный выпуск товарной продукции сведен в таблицу 8.

Таблица 8 – Проектный выпуск товарной продукции

Показатели	До внедрения	После внедрения	Отклонение
Фактический фонд рабочего времени, час	6840	7044	204,0
Часовая производительность, т./час	424	500	76,32
Товарная продукция	2 898	3522	623998
Выручка, тыс. руб.	571 137	714 966	143 828

Из таблицы 9 видно, что прирост выручки за счет модернизации трансформаторов составит 143828 тыс. руб. Это явилось следствием увеличения годовой производительности оборудования за счет уменьшения простоев.

Введение более модернизированного оборудования предполагает изменения в статье расходов, связанных с его ремонтом и обслуживанием, а также с потреблением электроэнергии. Расчеты представлены ниже:

Таблица 9 – Затраты на электроэнергию

Показатели	До внедрения	После внедрения
Мощность электродвигателя	250	160
Потребление эл.энергии, тыс.Квт	839,5	558,5
Затраты на 1 Квт/ч.	3,0	3,0
Стоимость потребляемой электроэнергии, тыс. руб.	2518,5	1675,5

Данные таблицы 9 позволяют сделать следующий вывод: в результате модернизации снизится потребление, стоимость электроэнергии на 843 тыс. руб. (1675,5-2518,5).

Таблица 10 – Затраты на ремонт и обслуживание трансформаторов после модернизации

Наименование запчастей	Цена, тыс. руб.
Ограничитель перенапряжений 6кВ	81,8
Трансформатор напряжений	160,2
Силовой трансформатор	174,6
Ограничитель перенапряжений 0,4кВ	53,6
Кабельные линии 0,4кВ 1х1200м	29,7
Шины 2 секции 6 кВ 1х7м	81,3
Шины 2 секции 0,4 кВ 1х7м	81,3
РП	56,1
ЩО	56,1
Итого	774,7

Таблица 11 – Затраты на ремонт и обслуживание трансформаторов до модернизации

Наименование запчастей	Цена, тыс. руб.
Ограничитель перенапряжений 6кВ	177
Трансформатор напряжений	177
Силовой трансформатор	108,9
Ограничитель перенапряжений 0,4кВ	108,9
Кабельные линии 0,4кВ 1х1200м	302
Шины 2 секции 6 кВ 1х7м	393,4
Шины 2 секции 0,4 кВ 1х7м	492,8
РП	96,5
ЩО	69,3
Ограничитель перенапряжений 6кВ	37,2
Итого	1963

Из таблиц видно, что наиболее эффективным в применении является трансформаторы после модернизации, эффект составит $1\ 963 - 774,7 = 1\ 188,3$ тыс. руб.

Таким образом произойдет снижение себестоимости на 2031 тыс.руб. (843+1188) вследствие снижения затрат на электроэнергию и ремонта оборудования.

Вследствие капиталовложений в основные фонды изменились затраты по статье «Амортизация».

Таблица 12 – Стоимость нового оборудования

Наименование	Цена, тыс. руб.	Норма годовой амортизации, %	Сумма, тыс. руб.
Автоматический выключатель серии DPX1250	750,0	20	150,0
Трансформатор напряжений	90,0	25	22,5
Трансформатор тока типа Т-0,66	174,0	20	34,8
Ограничитель перенапряжений 0,4кВ	370,5	20	74,1
ИТОГО	1384,5		281,4

С введением в эксплуатацию нового оборудования амортизация увеличится на 281,4 тыс. руб.

Модернизация трансформаторов не окажет влияния на штатное расписание численности рабочих и на их фонд заработной платы.

Теперь необходимо провести оценку эффективности предлагаемого проекта.

Расчет изменения затрат на производство и сбыт продукции при модернизации трансформаторов представлен в таблице 12.

Таблица 13 – Затраты на производство и сбыт продукции

Статья, по которой произошли изменения	факт 2012	план 2013	Изменение
Материалы	231 367,77	319 165,79	87 798,02
Запчасти	17 395,00	20 726,52	3 331,52
ГСМ	1 790,00	3 050,00	1 260,00
Электроэнергия	16 437,71	19 869,50	3 431,79
Прочие	10 905,00	30 742,54	19 837,54
ИТОГО	277 895,48	393 554,34	115 658,86

Все статьи таблицы 13 увеличиваются пропорционально увеличению объема выручки, по статье запчасти идет экономия в размере 1188 тыс. руб., по статье электроэнергия – экономия в размере 843 тыс. руб. за счет применения энергосберегающих ламп.

Общие затраты на внедрение мероприятия: $2496,4 + 281,4 = 2777,8$ тыс. руб.

Общая экономия от мероприятия: $1188 + 843 - 281,4 = 1749,6$ тыс. руб.

Период окупаемости: $2496,4/1749,6 = 1,5$ года.

Затраты на модернизацию окупятся за полтора года за счет экономии электроэнергии и затрат на ремонт. Кроме того, за счет снижения простоев увеличится выручка.

4 Электробезопасность и экологические показатели

4.1 Обеспечение безопасности работающих

В данном разделе описаны мероприятия, обеспечивающие безопасное ведение работ в отделении подготовки сырья и шихты Среднеуральского медеплавильного завода. К ОПСШ относится здание трансформаторной подстанции и склад.

Трансформаторная подстанция напряжением 6 кВ. По опасности поражения человека электрическим током помещение особо опасное. Данное помещение доступно только для квалифицированного персонала, имеющего группу по электробезопасности не ниже IV.

Обеспечение безопасности работающих

Работа в непосредственной близости от трансформаторной подстанции опасна в отношении последствий поражения током, так как пол токопроводящий и высокая влажность воздуха.

Для обеспечения безопасности на электрооборудовании 6 кВ предусмотрены следующие меры (ГОСТ 12.1.019-79):

Защита от опасности поражения электрическим током при прикосновении к токоведущим частям установки;

Защита от опасности поражения током в случае прикосновения к оборудованию, оказавшемуся под напряжением вследствие пробоя изоляции;

Предупреждение работающих об опасности путем маркировки частей электрооборудования, сигнализации и блокировки;

Случайное прикосновение к одной или двум фазам приводит к поражению электрическим током. Поэтому первым требованием безопасной эксплуатации является закрытие токоведущих частей.

Исходя из этих требований в распределительном устройстве трансформаторной подстанции все неизолированные токоведущие части ограждены барьерами.

В помещении выполнена электроизоляция токовых частей в виде алюминиевого шинпровода, от которого проложены изолированные провода к автомату. Шинпровод расположен на недоступной высоте вдоль стены помещения.

Более опасным является появление напряжения на металлических частях корпуса оборудования.

Устранение опасности поражения при переходе напряжения на корпуса электродвигателей, рукоятки аппаратуры управления или конструктивные детали достигается защитным заземлением, занулением и применением изоляционных подставок.

При выполнении защитного заземления все металлические части оборудования и аппаратуры, не находящиеся в нормальном состоянии под напряжением, присоединяются через специальный заземлитель к земле. Расчет заземляющего устройства представлен в главе 6.2.

Защитные заземления и зануления выполнены в точном соответствии с требованием раздела «Заземления и зануления электрических установок напряжением до 1000 В» «Правил устройства электротехнических установок 7».

Пожарная безопасность

Пожары возникают, как правило, при нарушении мер пожарной безопасности.

Противопожарная защита на трансформаторной подстанции достигается применением одного из следующих способов или их комбинацией:

Применением первичных средств пожаротушения (огнетушители);

Применением стационарных средств тушения – химического (газового и аэрозольного) пожаротушения. В стационарных установках химического и аэрозольного пожаротушения огнетушащими веществами могут явиться диоксид углерода CO₂, инертные газы (азот, аргон, гелий), галоидоуглеводороды (составы 3,5; 3,5В; УНД; СЖБ), хладон 114 В2 и др.

Для эвакуации персонала в случае пожара в трансформаторной подстанции имеется эвакуационный выход, что соответствует противопожарным требованиям строительного проектирования промышленных предприятий. Устройство дверей на нем соответствует требованиям быстрой эвакуации людей при пожаре.

В ОПСШ имеется центральная противопожарная сигнализация, которая выполнена при помощи центральных дымовых извещателей, реагирующих на появление дыма. Предусмотрена система автоматического пожаротушения.

Характеристика микроклимата

Климат местности размещения ОПСШ умеренно-континентальный. Среднегодовая температура +8 °С, разность температур 80,6 °С. Количество осадков 705 мм. Средняя скорость ветра 2,3 м/с, влажность воздуха 76%. В данном регионе среднегодовое количество гроз равно 30.

В производственном помещении ОПСШ не ведется технологический процесс, в котором применяется сжигание какого-либо топлива. Работа персонала производится в нормальном, не «нагревающим» микроклимате. Максимально допустимая температура внутри помещения ОПСШ 26 °С.

Для создания нормальных условий работы персонала и содержания машин и аппаратуры в чистоте в ОПСШ предусмотрена вентиляция.

4.2 Охрана окружающей среды и экологичность технологического процесса

Загрязнение окружающей среды – привнесение новых, не характерных для нее физических, химических и биологических агентов или превышение их естественного уровня.

В отделении подготовки сырья и шихты происходит разгрузка кварцевых флюсов, известняка из думпкаров (вагонов) в приёмные бункера. В случае малого поступления грузов их складирование предусматривается в складе.

В процессе разгрузки и складирования кварцевых флюсов и известняка происходит повышение запыленности помещений отделения подготовки сырья и шихты. Выход работающих из мастерских в помещения ОПСШ без средств индивидуальной защиты запрещен. В качестве средств индивидуальной защиты используются респиратор-полумаска 3М серии 6000 с фильтрами и защитные очки.

Повышенная запыленность локализована в помещении ОПСШ, выбросы в окружающую среду практически отсутствуют.

5 Разработка Инструкции по монтажу кабельных сетей 0.4 кВ

Настоящая инструкция содержит общие рекомендации по монтажу кабельных линий 0.4 кВ. Для прокладки кабеля низкого напряжения в земле применяется бронированный кабель, защищенный от механических повреждений. Монтаж кабеля без бронированной оболочки осуществляется по ПВХ или асбестоцементной трубе. Все работы производятся в строгом соответствии с технической документацией проекта. Линии внутренних сетей выполняются только изолированными проводами. Таким образом обеспечивается безопасность и функциональность электрических систем здания и подключенного к кабельным линиям оборудования.

Общие положения

После приемки кабельной линии в эксплуатацию эксплуатирующая организация должна оформить всю техническую документацию по данной кабельной линии согласно ПУЭ. На каждую кабельную линию должен быть заведен паспорт, содержащий все необходимые технические данные по линии и систематически пополняемый сведениями по ее испытаниям, ремонту и эксплуатации.

Срок службы кабелей должен быть не менее 30 лет при соблюдении потребителем условий транспортирования, хранения, прокладки (монтажа) и эксплуатации.

Фактический срок службы кабелей не ограничивается указанным сроком службы, а определяется техническим состоянием кабеля.

Техническая документация

На каждую кабельную линию эксплуатирующая организация заводит паспорт, содержащий все необходимые технические данные по линии и систематически пополняет сведениями по испытаниям, ремонту и эксплуатации линии.

На каждую кабельную линию должна быть заведена архивная папка, в которой хранятся паспорт кабельной линии и вся техническая документация, а также протоколы вскрытия и испытания кабеля в процессе эксплуатации, акты повреждения линий и др.

В процессе эксплуатации ведутся и заполняются журналы по обходам и осмотрам кабельных линий, журналы для записей дефектов.

Сроки хранения журналов по обходам и осмотрам кабельных линий - 2 года.

Виды прокладки кабеля

В производственных помещениях кабели прокладывают: по стенам, в каналах полов, в трубах, на тросах, лотках и в коробах. Внутри сооружений применяют бронированные кабели без джутового покрова и небронированные, защищенные пластмассовым шлангом и в пластмассовых оболочках. Если внутрь сооружения вводится кабель, проложенный в земле, то на участках внутренней прокладки джутовый покров удаляют по условиям пожарной безопасности.

Открытую прокладку кабелей выполняют по типовым опорным конструкциям заводского изготовления, собираемым из стоек и полок с хвостовиками (рисунок 3). Хвостовик полки вставляют в отверстие стойки и закрепляют в ней с помощью специального ключа. Сварка полки со стойкой не требуется; кабельные конструкции могут быть использованы в качестве

цепи

заземления.

На рисунке 3а показана прокладка кабелей по опорным конструкциям с разделительными огнестойкими асбоцементными перегородками, а на рисунке

3б— прокладка кабелей на лотках, устанавливаемых на опорных конструкциях.

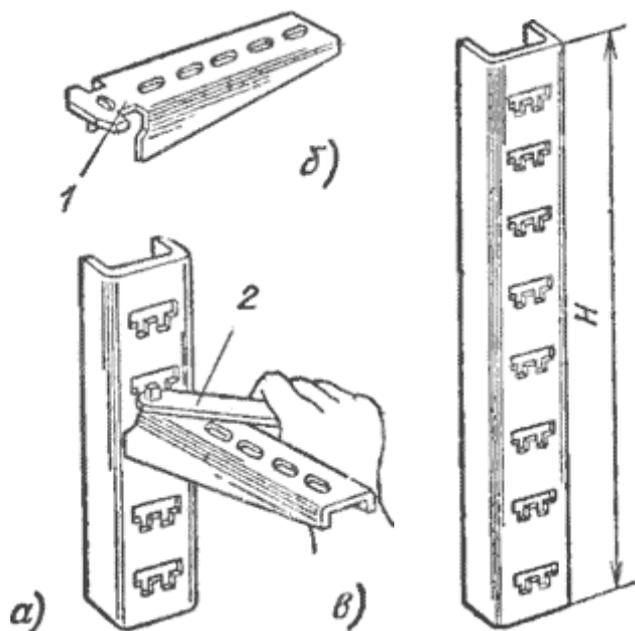


Рисунок 3.- Сборные кабельные конструкции и их детали: а — стойка; б — полка; в — крепление полки; 1 — язычок; 2 — поворот язычка ключом

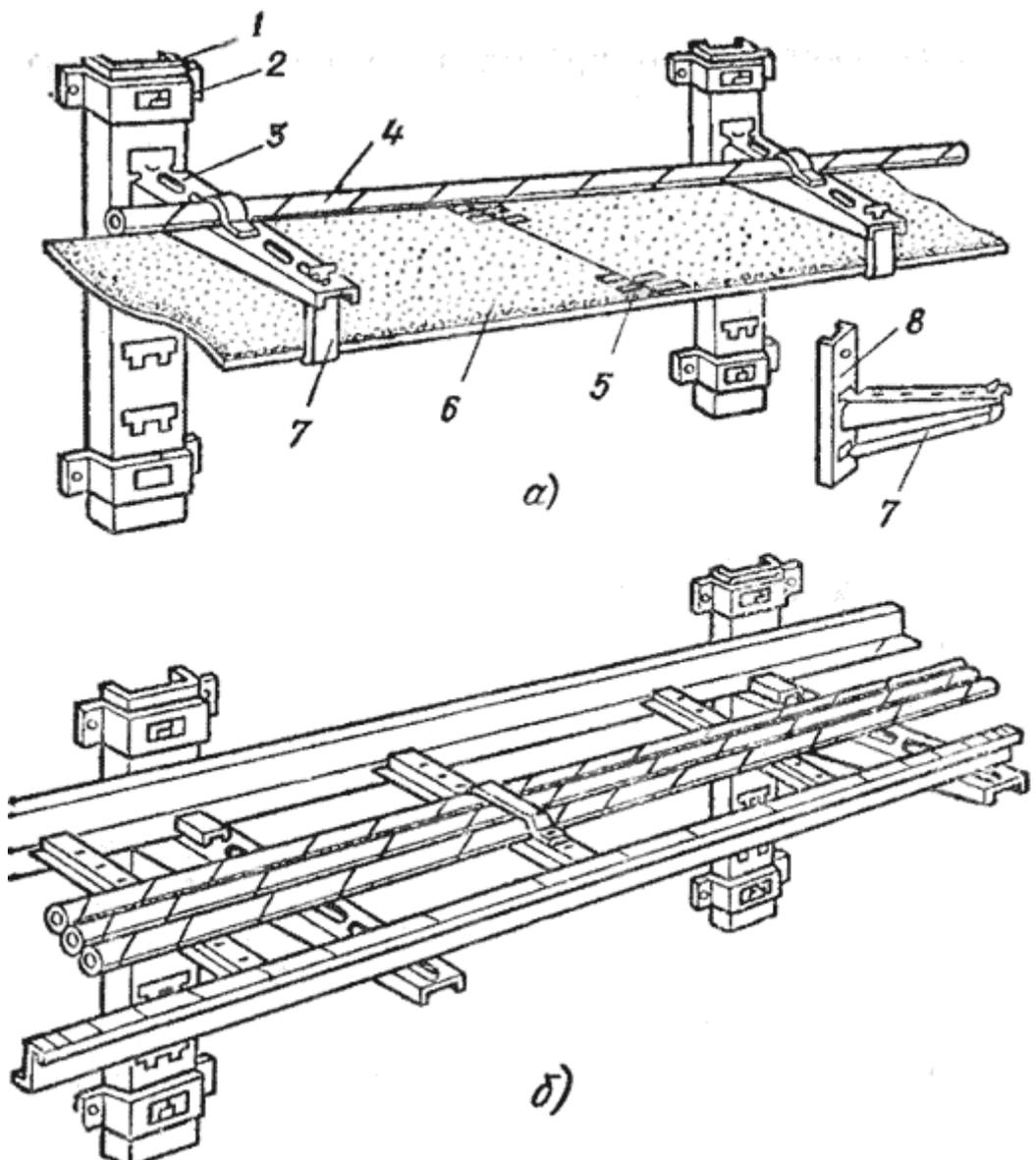


Рисунок 4.-Прокладка кабелей на опорных конструкциях: а — на полках; б — на лотках; 1

Раскатка кабелей по опорным конструкциям является трудоемкой операцией, которую стремятся максимально механизировать. Один из способов раскатки кабелей в туннелях по раскаточным роликам с тяжением лебедкой и тросом показан на рисунок 5. Предварительно раскатывают по роликам трос, закрепляют его за начальный конец кабеля, сматываемого с барабана, и тяжением лебедки раскатывают кабель по трассе.

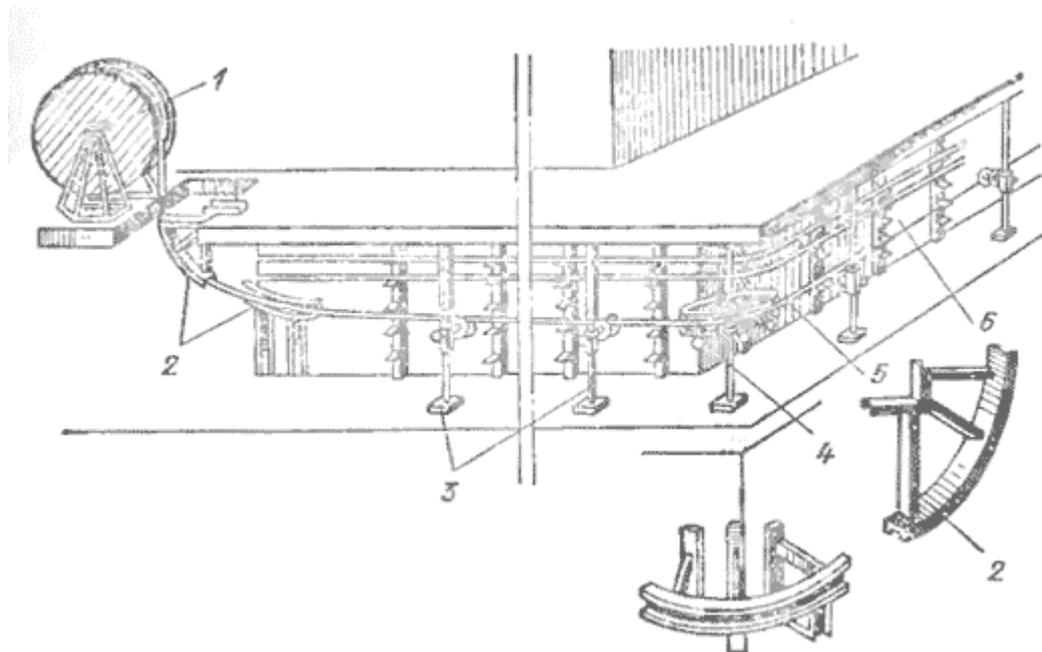


Рисунок 5.- Раскатка кабеля в туннеле с применением лебедки и роликов: 1 — барабан с кабелем; 2 — угловые направляющие ролики; 3 — линейные ролики; 4 — угловой ролик; 5 — кабель; 6 — трос лебедки

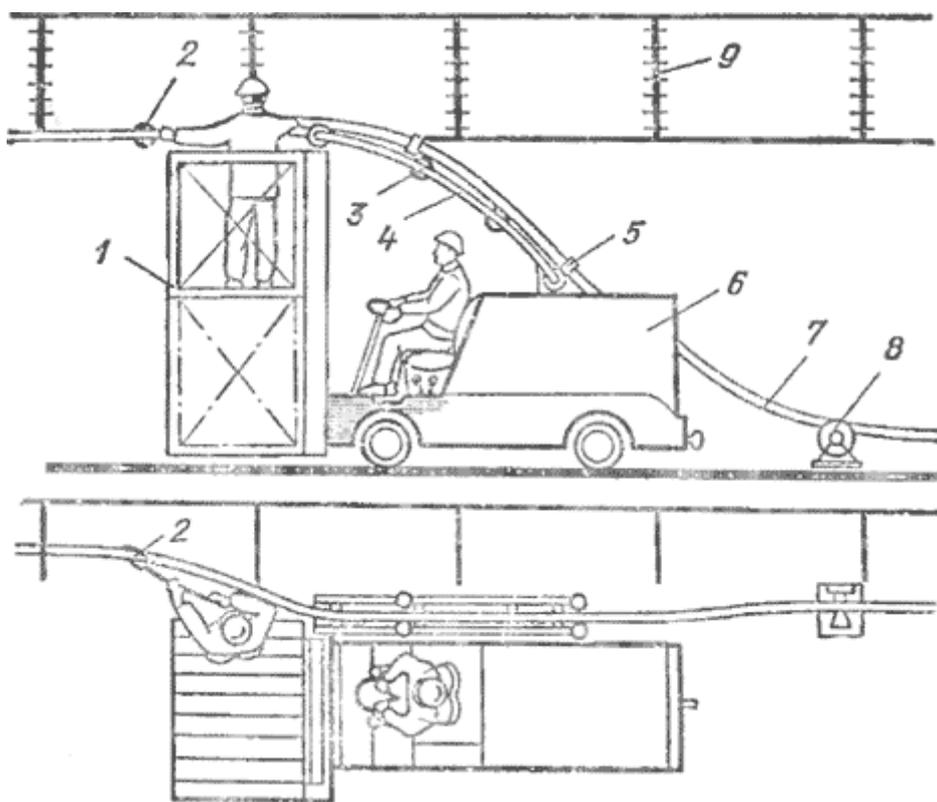


Рисунок 6.- Механизированная прокладка кабеля по кабельным конструкциям:

1 — площадка; 2 —вилка для укладки кабеля; 3 — горизонтальные ролики; 4 — кабелеподъемник; 5 — направляющие ролики; 6 — электропогрузчик; 7 — кабель; 8 — линейные ролики; 9 — кабельные конструкции

Способ механизированной прокладки кабелей по опорным конструкциям с использованием автопогрузчика, примененный одним из монтажных управлений, показан на рисунке 6. Кабелеподъемник представляет собой раму из двух стальных труб диаметром 40 мм, между которыми закреплены направляющие ролики из отрезков стальных труб диаметром 50 и длиной 150 мм. К подвижной площадке автопогрузчика прикреплена площадка из стальных труб 025 м. Кабель раскатывают с барабана по роликам вдоль кабельных конструкций. Рабочий, находящийся на площадке, вилкой из трубы 0 25 мм укладывает кабель на полки.

Раскатку кабелей по вертикали, например, в шахтах, при разности уровней более 20 м выполняют с помощью лебедки и поддерживающего троса. По мере спуска вниз кабель с помощью зажимов крепят к стальному тросу.

Для затягивания проводов и кабелей в трубы применяют ручные или приводные лебедки с тросом. Удобнее пользоваться специальными механизмами для затяжки проводов и кабелей в трубы марки ПМТ и УЗКТ.

На горизонтальных участках трассы кабеля крепят скобами только на концах участка, на поворотах и по обоим концам соединительных муфт. На вертикальных участках кабеля крепят к каждой опорной конструкции.

Соединительные и концевые муфты кабелей, прокладываемых внутри сооружений, применяют тех же типов, что и для внецеховых кабельных сетей, за исключением концевых муфт типа КН и мачтовых типа КМ.

Проверки и испытания внутрицеховых кабелей после монтажа проводят по нормам, для внецеховых сетей.

Меры безопасности

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;

на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;

проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;

наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);

вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

На рабочем месте подлежащий ремонту кабель следует определить:

при прокладке в туннеле, коллекторе, канале – прослеживанием, сверкой раскладки с чертежами и схемами, проверкой по биркам;

при прокладке кабелей в земле – сверкой их расположения с чертежами прокладки.

Перекладывать кабель и переносить муфты следует после отключения кабеля. Перекладывать кабель, находящийся под напряжением, допускается при условиях:

перекладываемый кабель должен иметь температуру не ниже 5°C;

муфты на перекладываемом участке кабеля должны быть укреплены хомутами на досках;

для работы должны использоваться диэлектрические перчатки, поверх которых для защиты от механических повреждений должны быть надеты брезентовые рукавицы;

работа должна выполняться работниками, имеющими опыт прокладки, под надзором ответственного руководителя работ, имеющего группу V, в электроустановках напряжением выше 1000 В и производителя работ, имеющего группу IV, в электроустановках напряжением до 1000 В.

Испытание кабельных сетей

Подготовка к выполнению испытаний:

— перед испытанием снимаются все заземления и отсоединяется вся аппаратура, применение которой не допускает испытание повышенным напряжением.

— Временные перемычки, которые необходимо поставить по условию объединения участков электрической схемы, должны отличаться от проводов, которыми выполнены монтажные схемы.

— перед подачей напряжения на испытательную установку необходимо:

а) проверить все ли члены бригады находятся на местах, нет ли посторонних лиц;

б) предупредить бригаду словами «Подаю напряжение», после чего с ввода испытательной установки снять заземление и включить установку.

— по окончании испытаний производитель снимает напряжение с испытательной установки до нуля, отключает аппарат, заземляет вывод испытательной установки и сообщает работникам бригады словами: «Напряжение снято». Только после чего можно пересоединять провода от испытательной установки или отсоединить их по окончании испытаний.

— при большом числе разветвленных цепей, для предотвращения перегрузки испытательной установки емкостными токами, испытания следует производить по участкам.

— изоляция считается выдержавшей испытания повышенным напряжением в том случае, если не было пробоя, частичных разрядов, выделения газа или дыма, резкого снижения напряжения и возрастания тока, местного нагрева изоляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе были рассчитаны электрические нагрузки отделения подготовки сырья и шихты медеплавильного завода и его освещение, выбраны схемы электроснабжения, сделан выбор основного оборудования на подстанции в распределительном устройстве

6 кВ и в распределительном устройстве 0,4 кВ. Произведен расчет токов короткого замыкания, расчет заземляющего устройства, выбор питающих и распределительных линий, описана защита и автоматика электроснабжения.

При проектировании электроснабжения и электрооборудования ОПСШ получены следующие результаты:

1. Для соблюдения нормированной освещенности в ОПСШ необходимо установить 40 светильников, тип ламп SON-H-350 $P_{л} = 350$ Вт.

2. В соответствии с силовой и осветительной нагрузками с учетом экономических показателей для электроснабжения ОПСШ необходимо установить на питающей подстанции 6/0,4кВ два трансформатора ТМ-1000/6 мощностью по 1000 кВА каждый.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барыбин Ю.Г. и др. Справочник по проектированию электроснабжения. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 296 с.
2. Большама Я.М., Круповича В.И., Самовера М.Л. 4-е изд., перераб. и доп. Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей. – Москва: Энергия, 2013. – 245 с.
3. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
4. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. Под редакцией Б.Н. Неклепаева. - Москва: Изд-во НЦ НАС, 2002. – 152 с.
5. Залогина Н. Г., Кроппа Л. И., Кострикина Ю. М. Энергетика и окружающая среда. - Москва: «Энергия», 2012. - 198 с.
6. Князевский Б. А., Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. - Москва: Высш. школа, 1979. - 115 с.
7. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. – М, Мастерство, 2002.-311с.
8. Козлов В. А., Билик Н. И., Файбисович Д. Л. Справочник по проектированию систем электроснабжения городов. - Санкт-Петербург: Энергия, 2013. - 271 с.
9. Межотраслевые правила по охране труда (технике безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001. – Санкт-Петербург, ДЕАН, 2003.- 117с.
10. Орлова, В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинский и др. Электротехнический справочник: Производство и распределение электрической энергии. -Москва: Энергоатомиздат, 2013. - 223 с.

11. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 2015. - 265 с.
12. Правила учета электрической энергии. - Москва: АОЗТ «Энергосервис», 2012. - 367 с.
13. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций. - Москва: Энергоатомиздат, 1987. - 182 с.
14. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Под ред. А.А. Фёдорова. – Москва, Энергоатомиздат, 1987. – 202с.
15. Строительные нормы и правила СНиП 3.05.06-85 Инструкция по монтажу кабельных сетей 0.4 кВ.-72с.
16. Федорова А. А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Т. 1, 2. - Москва: Энергоатомиздат, 1987. - 176 с.
17. Шабад М. А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. - Санкт-Петербург: Энергия, 2013. - 289 с.
18. Липкин. Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – Москва, ВИСШ.ШК., 1990.- 206 с.
19. Шеховцев В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: Москва-Форум, 2011. – 136с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Условные обозначения и сокращения

1. Кек (от англ. cake затвердевать), слой твердых частиц, остающийся после фильтрации суспензий, или нерастворимый остаток, получаемый после выщелачивания цепных компонентов из руды или промышленного продукта. Содержит 12-20% влаги;
2. ОПСШ – отделение подготовки сырья и шихты;
3. ПЧ – преобразователь частоты;
4. НА – насосный агрегат;
5. ДД – датчик давления;
6. ЧМИ – человеко-машинный интерфейс;
7. ГПМ – грузоподъемный механизм.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Список приложенных графических документов

- 1 Принципиальная электрическая схема электроснабжения цеха
- 2 Схема заземления подстанции
- 3 Схема электрического освещения цеха
- 4 Схема релейной защиты электродвигателя

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Список приложенных текстовых документов

- 1 Расчёт токов короткого замыкания
- 2 Выбор оборудования в распределительном устройстве 6 кВ
- 3 Защита и автоматика электроснабжения
- 4 Расчет электрических нагрузок