

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДСТАНЦИЙ**

**(Методическое пособие)**



**2014**

## Содержание

1. Введение
2. Характеристика потребителей
3. Расчет электрических нагрузок
4. Выбор питающих напряжений
5. Выбор мощности и числа питающих трансформаторов
6. Выбор схемы электроснабжения
7. Расчет токов короткого замыкания
8. Релейная защита и автоматика
9. Выбор и расчет токоведущих частей
  - 9.1 Выбор питающих кабельных линий
  - 9.2 Выбор кабельных линий (от ТП 6/0.4 до ВРУ)
10. Выбор электрооборудования выше 1000 в
  - 10.1 Технические данные камер КСО-299
  - 10.2 Выбор высоковольтной аппаратуры
11. Выбор электрооборудования и аппаратов ниже 1000 В
  - 11.1 Техническая характеристика щитов
  - 11.2 Выбор автоматического выключателя на низком напряжении
  - 11.3 Выбор предохранителей
12. Электрическое освещение
  - 12.1 Проектирование и расчет искусственного освещения
  - 12.2 Выбор нормируемых параметров
  - 12.3 Выбор системы освещения
  - 12.4 Выбор типов источников света и светильников и мест их размещения
  - 12.5 Расчет осветительной установки
13. Расчет заземления
14. Молниезащита
15. Экономическая часть
  - 15.1 Расчет расхода электроэнергии и стоимости электроэнергии
  - 15.2 Расчет затрат на приобретение и монтаж электрооборудования
16. Охрана труда и экология
  - 16.1 Раздел 1
  - 16.2 Раздел 2
  - 16.3 Экология
- Заключение
- Литература

## 1. Введение

В настоящее время на проектировании подстанций занято огромное количество инженерно-технических работников, накопивших значительный опыт. Однако в бурный прогресс в технике и, в частности, в энергетике выдвигают все новые проблемы и вопросы, которые должны учитываться при проектировании и сооружении современных сетевых объектов.

Главная схема электрических соединений подстанции является тем основным элементом, который определяет все свойства, особенности и техническую характеристику подстанции в целом. При выборе главной схемы неотъемлемой частью ее построения являются обоснование и выбор параметров оборудования и аппаратуры и рациональная их расстановка в схеме, а также принципиальное решение вопросов защиты, степени автоматизации и эксплуатационного обслуживания подстанции. Последние вопросы в свою очередь оказывают непосредственное влияние на наличие или отсутствие эксплуатационного и ремонтного персонала на подстанции.

При проектировании ТП решены следующие вопросы, являющиеся исходными для выполнения проекта подстанции:

1. Назначение и роль подстанции.
2. Схема присоединения к системе.
3. Число отходящих линий, их назначение и режимы работы.
4. Уровни напряжения на шинах подстанции.
5. Мощность и токи короткого замыкания на сторонах ВН и Н Н.
6. Ожидаемые величины кратностей внутренних перенапряжений, требования к координации изоляции, требования к выключателям и характеристикам защитных разрядников.
7. Режим заземления нейтралей трансформаторов.
8. Требования к схеме подстанции, вытекающие из расчетов электродинамической устойчивости.

Надежность уже выбранной главной схемы электрических соединений определяется надежностью ее составляющих элементов, в число которых входят силовые трансформаторы, отделители, разъединители, короткозамыкатели, сборные шины, выключатели, а также линии электропередачи.

Данный дипломный проект отражает процесс проектирования электроснабжения Бизнес Центра, выбор и расчет оборудования расположенного во встроенной трансформаторной подстанции здания Бизнес-центра.

В ходе проектирования затрагиваются все аспекты проектирования электроснабжения необходимые для нормального функционирования Центра при номинальных и послеаварийных режимах, спроектировано необходимое заземление.

При проектировании того или иного оборудования необходимо рассматривать несколько вариантов, и при обосновании выбора нужно проводить технико-экономические расчеты всех вариантов, чтобы затраты на проект были минимальны.

Исходный данные для проектирования были получены путем практического подсчета мощности потребителей.

Основные показатели проектируемого здания указаны в таблице №1.

Таблица №1. Основные показатели.

№	Показатель	Значение
1	Напряжение, которое подается Бизнес-центру.	6 кВ
2	Напряжение, на котором осуществляется электроснабжение потребителей.	0,4 кВ
3	Мощность, потребляемая Бизнес-центром.	886,7 кВА
8	Количество трансформаторов	2 шт
9	Мощность трансформаторов	1000 кВА
10	Камеры в распределительном устройстве 6 кВ	КСО-299
11	Годовое число часов использования нагрузки	3000 часов
12	Схема электроснабжения	Радиальная

## 2. Характеристика потребителей

Целью дипломного проекта является проектирование электроснабжения 17 эт. здания Бизнес Центра.

Приемники электрической энергии делят на:

- приемники трехфазного тока, напряжением выше 1 кВ с частотой 50 Гц;
- приемники трехфазного тока, напряжением до 1 кВ с частотой 50 Гц;
- приемники однофазного тока, напряжением до 1 кВ с частотой 50 Гц;
- приемники, работающие с частотой отличной от 50 Гц.

Электроснабжение Бизнес-центра ведется на переменном токе с частотой 50 Гц.

Также приемники могут быть разделены на группы по сходству режимов работы, т.е. по сходству графиков нагрузки. Это позволяет более точно находить среднюю и расчетную нагрузку узла системы электроснабжения, к которому присоединены группы различных по режиму работы приемников.

Различают три характерные группы электроприёмников:

- 1) приемники, работающие в режиме с продолжительной неизменной или мало меняющейся нагрузкой;
- 2) приемники, работающие в режиме кратковременной нагрузки;
- 3) приемники, работающие в режиме с повторно-кратковременной нагрузкой.

Кроме того, электроприемники подразделяются по категориям электроснабжения. Существуют следующие категории электроприемников:

I категория – перерыв в снабжении которых может привести к опасности для жизни людей, поломку дорогостоящего оборудования.

II категория – перерыв в работе которых может привести к массовому недовыпуску продукции, простою механизмов и рабочих.

III категория – прочие.

### 3. Расчет электрических нагрузок

Первым этапом проектирования любой системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. Значения электрических нагрузок определяют выбор всех элементов и технико-экономические показатели проектируемой системы электроснабжения.

Потребители обычно работают не одновременно и не все на полную мощность, поэтому фактически нагрузка энергосистемы всегда меньше суммы индивидуальных мощностей потребителей.

Для определения электрических нагрузок в зависимости от стадии проектирования и места расположения расчетного узла в схеме электроснабжения применяют методы упрощенные и более точные.

Определяют установившиеся мощности:

$$P_{уст} = P_y = \sum P_{ном}.$$

Вычисляют средние активные и реактивные мощности за наиболее загруженную смену:

$$P_{см} = \sum K_u P_{ном},$$
$$Q_{см} = \sum K_u P_{ном} \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $K_u$  - коэффициент использования электрооборудования (из справочников),

$\operatorname{tg} \varphi$  - коэффициент реактивной мощности (из справочников).

Полная мощность, потребляемая зданием:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}.$$

Таблица №2. Расчетные величины нагрузок.

№	Наименование	Категория	Рр кВт	Cosφ/tgφ	Q, кВАр
1	Магистраль М1	2	105	0,95/0,33	34,65
2	Магистраль М2	2	105	0,95/0,33	34,65
3	Магистраль М5	2	105	0,95/0,33	34,65
4	Щит распр. ЩР-1	2	71	0,95/0,33	23,5
5	Щит ЩОА	2	12	0,93/0,39	4,7
6	Щит 1Л	1	9	0,93/0,39	2,9
7	Щит 3Л	1	9	0,93/0,39	2,9
8	ИТП-1	2	8	0,93/0,39	3,1
S	446.8 кВА		424	0,94/0,36	141,05
9	Магистраль М2	2	105	0,95/0,33	34,65
10	Магистраль М4	2	105	0,95/0,33	34,65
11	Магистраль М6	2	105	0,95/0,33	34,65
12	Щит распр.ЩР-2	2	73	0,93/0,39	28,47
13	Щит. ЩДУ	2	2	0,91/0,45	1,7
14	Щит 2Л	1	9	0,93/0,39	2,9
15	Щит 4Л	1	9	0,93/0,39	2,9
16	ИТП-2	2	8	0,93/0,39	3,1
S	439.9 кВА		416	0,935/0,375	143,02
Итого	886.7 кВА		840	0,937/0,36	284

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 886.7 \text{ кВА}$$

#### 4. Выбор питающих напряжений

Выбор питающих напряжений и напряжений распределительных сетей зависит от мощности потребляемой зданием, его удаленности от источника питания, напряжения источника питания, количества и единичной мощности электроприемников.

Электроснабжение проектируемого Бизнес-центра осуществляется от двух подстанций: ПС-127 и ПС-29 с напряжением на высокой стороне – 110 кВ, на низкой – 6 кВ, от них идут две линии до РУ-6 кВ. Далее от РУ-6 кВ идут кабели к трансформаторам, где напряжение понижается до 380(220)В.

Значение первичного напряжения (6 кВ) существенное не влияет на экономические показатели. Более важным является вопрос выбора напряжения, на котором производится трансформация. Так как большинство потребителей работают на напряжении 380 В (220 В), то обоснование выбора этих напряжений отпадает само собой.



## 5. Выбор мощности и числа питающих трансформаторов

Мощность трансформаторов в нормальных условиях должна обеспечивать питание всех приемников электроэнергии потребителя. Мощность трансформаторов выбирают с учетом экономически целесообразного режима работы и соответствующего обеспечения резервирования питания потребителей при отключении одного трансформатора и того, что нагрузка трансформаторов в нормальных условиях не должна (по нагреву) вызывать сокращение естественного срока его службы.

Основными требованиями при выборе числа трансформаторов является надежность электроснабжения потребителей (учет категории приемников электроэнергии в отношении требуемой надежности), а также минимум затрат на трансформаторы с учетом динамики роста электрических нагрузок.

Для выбора числа и мощности трансформаторов необходимо определить значение коэффициента загрузки и количество трансформаторов устанавливаемых на каждой подстанции.

Так как представлены потребители I и II категории, то  $K_z = 0,6 \dots 0,75$ , а число трансформаторов не менее двух.

Выбор мощности трансформатора производится по формуле:

$$S_{mp} \geq \frac{S}{n \cdot K_z},$$

где  $n$  – число трансформаторов на подстанции ( $n=2$ ),

$S$  – мощность данной подстанции,

$K_z = 0,65$  - коэффициент загрузки.

Полная мощность:  $S'_{p\text{ сум}} = 886,7 \text{ кВА}$ .

Предварительно:

$$S_{н.мр.} \geq \frac{886,7}{2 * 0,65} = 682,3(\text{кВА})$$

Производим технико-экономическое сравнение вариантов (таблица №3)

I вариант – 2 трансформаторов мощностью 1000 кВА,

II вариант – 2 трансформаторов мощностью 630 кВА.

Таблица №3. Техничко-экономическое сравнение вариантов.

Вариант I	Вариант II
Капитальные затраты на трансформаторы, которые включают в себя стоимость трансформаторов и затраты на строительно-монтажные работы. $K = nC_{тр} + nC_{ст.мр.}$ , где n – количество трансформаторов, $C_{тр}$ – стоимость оборудования (средняя), $C_{ст.мр.}$ –строительно-монтажных работ (ФЕРм-2006).	
$C_{тр} = 130$ т.р. и $C_{ст.мр.} = 5$ т.р. $K = 2612$ т.р.	$C_{тр} = 100$ т.р. и $C_{ст.мр.} = 5$ т.р. $K = 2010$ т.р.
Стоимость амортизационных отчислений при проценте амортизации $\alpha = 6,3\%$ . $C_a = \alpha \frac{K}{100}$ .	
$C_a = 164$ т.р.	$C_a = 126,3$ т.р.
Потери электроэнергии $\Delta W = n \Delta P_{мр} T_m$ , где $T_m$ – максимальное годовое число часов использования максимальной нагрузки, $T_m = 3000$ часов.	
$\Delta W = 42$ тыс. кВт ч	$\Delta W = 37$ кВт ч
Стоимость потерь электроэнергии $C_{э/э} = C_0 \Delta W$ где $C_0 = 1,24$ руб/кВт ч – стоимость потерь электроэнергии.	
$C_{э/э} = 200$ т.р.	$C_{э/э} = 168$ т.р.

Для определения потерь электроэнергии находят потери в трансформаторах (таблица №4):

$$\Delta Q_{xx} = S_{ном} \frac{I_{xx}}{100}$$

$$\Delta Q_{кз} = S_{ном} \frac{U_{кз}}{100}$$

Общие суммарные потери на трансформаторе:

$$\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + k_{un} \cdot \Delta Q_{xx}$$

$$\Delta P'_{кз} = \Delta P_{кз} + k_{un} \cdot \Delta Q_{кз}$$

$$\Delta P_{mp} = (\Delta P'_{xx} + k_3^2 \cdot \Delta P'_{кз})$$

Таблица №4. Технические данные трансформаторов.

Вариант	Тип	Iх, %	Uк, %	ΔРхх кВт	ΔРкз кВт	ВН	НН
I	ТС 1000	1,5	8,0	2,15	8,4	6	0,4
II	ТС 630	2,0	5,5	1,65	5,73	6	0,4

(Данные взяты из «ИнформЭлектро» 03.20.01-98).

Как видно из расчетов, капитальные затраты и эксплуатационные расходы имеют различия, оценив варианты и учитывая технические показатели и возможности трансформаторов по перегрузкам выбираем вариант №1.

## 6. Выбор схемы электроснабжения

Электроснабжение Бизнес-центра осуществляется от двух-трансформаторной подстанции 6/0,4кВ с мощностью трансформаторов 1000 кВА.

При выборе схемы электроснабжения главной задачей является выбор между радиальной и магистральной схемами, также есть вариант применения смешанных схем.

Схема радиального питания трансформаторов широко применяется в базовых отраслях промышленности (с глухим присоединением). Радиальная схема надежнее, чем магистральная, и поэтому чаще применяется для электроснабжения потребителей I и II категории. В Бизнес-центре установлены потребители I и II категории, следовательно, при любой аварии все они должны быть резервно запитаны по другим линиям, трансформаторам.

Магистральная схема отличается меньшей надежностью электроснабжения и большим числом отключенных потребителей (что в некоторых случаях недопустимо), но она экономичнее за счет меньшего количества используемых ячеек и меньшей длины кабельных линий. Также не рекомендуется присоединять к одной магистрали более трех трансформаторов (по 1000 кВА). Магистральные схемы в основном применяются для трансформаторов небольшой мощности.

Электроснабжение ТП 6/0.4 осуществляется по двум кабельным линиям (КЛ) от ПС-127 и ПС-29, длина КЛ менее 3 км, значит необходимости устанавливать вводной выключатель, нет. С другой стороны ПС-127 и ПС-29 находятся в ведении другой эксплуатирующей организации, что требует установку коммутационной аппаратуры. Следующий фактор необходимости установки аппаратуры – создание видимого разрыва (при осмотрах и ремонтных работах). Схема электроснабжения представлена на рисунке №1.

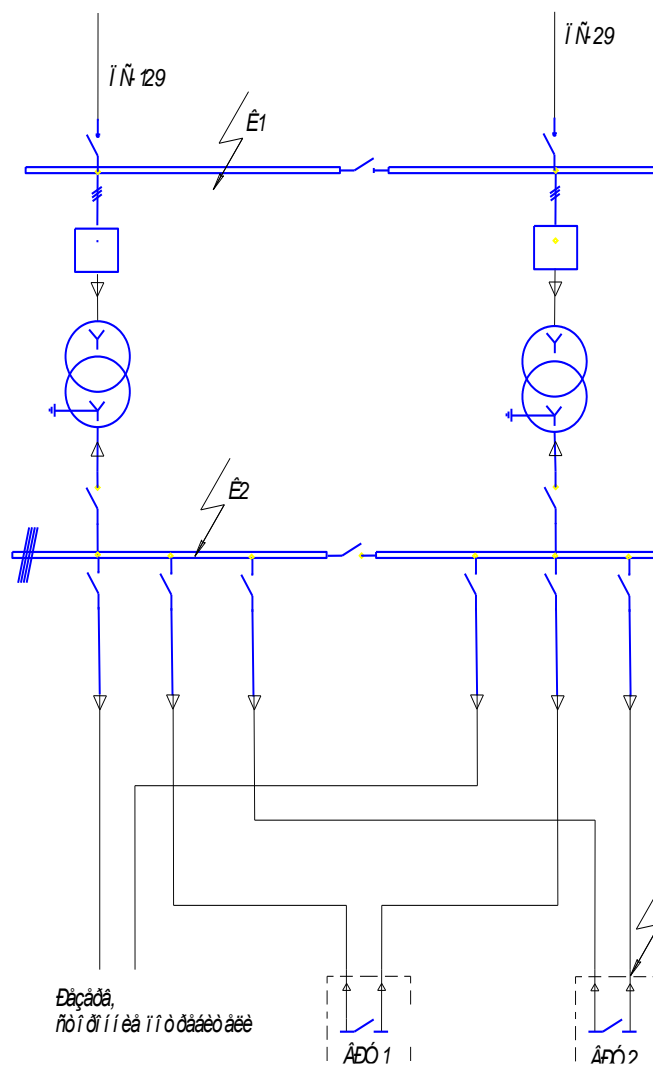


Рис. 1. Схема электроснабжения Бизнес-центра.

## 7. Расчет токов короткого замыкания

Для электроустановок характерны четыре режима: нормальный, аварийный, послеаварийный и ремонтный, причем аварийный режим является кратковременным, а остальные – продолжительными режимами.

Электрооборудование выбирается по параметрам продолжительных режимов, и проверяются по параметрам кратковременных режимов, определяющим из которых является режим короткого замыкания.

Коротким замыканием называется всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы, электрическое соединение различных точек электроустановок системы электроснабжения между собой или с землей.

Причинами КЗ являются: обрыв, схлестывание проводов; механические повреждения изоляции (перенапряжение, старение изоляции); пробой изоляции; удар молнии в ЛЭП (ВЛ, КЛ).

Вследствие КЗ в цепях возникают опасные для элементов сети токи, приводящие к их повреждению. Поэтому для обеспечения надежной работы электрической сети, электрооборудования, устройств релейной защиты производится расчет токов КЗ.

Расчетные условия для короткого замыкания выбираются наиболее тяжелые, но достаточно вероятные.

Различают следующие виды КЗ:

- однофазное,
- двухфазное,
- трехфазное,
- двухфазное на землю,
- двухфазное с одновременным замыканием, обрывом

Вид и точка КЗ определяются необходимостью расчета. Расчетная точка КЗ находится в непосредственной близости от рассматриваемого элемента с учетом наиболее тяжелых условий в данном режиме КЗ.

Расчетным видом КЗ для выбора или проверки параметров электрооборудования принято трехфазное КЗ.

Для расчетов токов КЗ необходимо составить расчетную схему замещения, в которой все элементы заменены сопротивлениями, а магнитные связи – электрическими (рисунок №2).

Расчет токов КЗ выполняем в именованных единицах.

В данных указаны токи КЗ на подстанциях №№ 27, 129:

- точка К1:  $I_{\text{по}}=10$  кА,
- точка К1,1:  $I_{\text{по}}=8$  кА.

Данные токи приведены, для того чтобы можно было определить сопротивление системы:

- до точки К1:

$$X_c = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3}I_{\text{кз}}} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 10} = 0,371 \text{ Ом} ,$$

- до точки К1,1:

$$X_c = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3}I_{\text{кз}}} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 8} = 0,463 \text{ Ом} .$$

Электроснабжение Бизнес-центра производится от двух независимых подстанций, поэтому для нахождения токов КЗ вначале предполагается, что предприятие подключено только к ПС-127, затем - только к ПС-29.

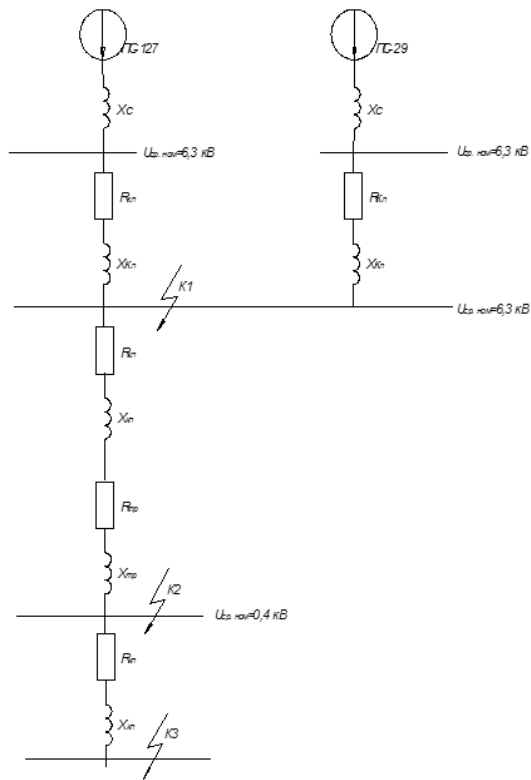


Рис. 2. Схема замещения

Сопротивления элементов схемы замещения.

Сопротивление КЛ до ТП:

$$R_{КЛ} = r_0 l,$$

$$X_{КЛ} = x_0 l,$$

где  $l$  - длина КЛ, км.

- от ПС-127:  $l = 1.3$  км,  $R_{КЛ} = r_0 l = 0,167 \cdot 1.3 = 0,217$  Ом ,

$$X_{КЛ} = x_0 l = 0,073 \cdot 1,3 = 0,0949$$
 Ом ,

- от ПС-29:  $l = 0.04$  км,  $R_{КЛ} = r_0 l = 0,167 \cdot 0,04 = 0,0067$  Ом ,



$$X_{KL} = x_0 l = 0,073 \cdot 0,04 = 0,00292 \text{ Ом} ,$$

Сопротивление КЛ:

$$R_{KL} = r_0 l = 0,326 \cdot 0,4 = 0,1304 \text{ Ом} ,$$

$$X_{KL} = x_0 l = 0,078 \cdot 0,4 = 0,0312 \text{ Ом} ,$$

где  $l=0,4$  - длина КЛ, км.

Сопротивление трансформатора:

$$Z_{mp} = U_{кз(\%)} = 8,0 \text{ мОм} ,$$

$$R_{mp} = \frac{P_{кз} U_{ср.ном}^2}{S_{mp}^2} 10^6 = \frac{8,4 \cdot 0,4^2}{1000^2} 10^6 = 1,344 \text{ мОм} ,$$

$$X_{mp} = \sqrt{Z_{mp}^2 - R_{mp}^2} = \sqrt{8^2 - 1,344^2} = 7,8 \text{ мОм} ,$$

Полное сопротивление всех элементов (до точки КЗ):

$$Z_{общ} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2} .$$

Начальное значение периодической составляющей тока КЗ:

$$I_{no} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} Z_{общ}} .$$

Ударный ток КЗ:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{no},$$

где  $K_y$  – ударный коэффициент.

$$K_y = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}},$$

где  $T_a$  – постоянная затухания времени в цепи КЗ

$$T_a = \frac{\sum X}{\omega \sum R}.$$

Ударный ток КЗ (действующее значение):

$$I_y = q I_{no},$$

где  $q$  – коэффициент действующего значения ударного тока.

$$q = \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2}.$$

Все полученные значения по токам КЗ заносятся в таблицу №5.

Таблица №5.

Точка КЗ	К1		К2		К3	
№ ПС	1	2	1	2	1	2
Z, мОм	514	466	960	970	1300	1280
I <sub>по</sub> , кА	7,2	7,95	23,8	24,3	18,1	18,4
i <sub>уд</sub> , кА	17,36	15,7	44	45,5	31,67	33,75
K <sub>y</sub>	1,24	1,4	1,49	1,5	1,25	1,31
I <sub>y</sub> , кА	10,6	9,2	29,04	29,6	19,2	20,1
q	1,06	1,15	1,22	1,22	1,06	1,09

Из таблицы №5 видно, что наибольшие значения токов КЗ при электроснабжении от ПС-29, поэтому именно эти значения токов будут использоваться в дальнейших расчетах.

## 8. Релейная защита и автоматика

### Защита 1 - трансформаторов ТС-1000-6/0,4 кВ

Основными видами повреждений в трансформаторах (автотрансформаторах) являются:

- замыкания между фазами в обмотках и на их выводах;
- замыкания в обмотках между витками одной фазы (витковые замыкания);
- замыкания на землю обмоток или их наружных выводов.

В соответствии с этим, согласно ПУЭ, на трансформаторах ( $\geq 6$  кВ) должны предусматриваться устройства релейной защиты, действующие при:

- повреждениях внутри баков маслонаполненных трансформаторов;
- многофазных КЗ в обмотках и на их выводах;
- витковых замыканиях в обмотках трансформаторов;
- внешних КЗ;
- перегрузках (если они возможны);
- понижениях уровня масла в маслонаполненных трансформаторах;

Для трансформаторов малой и средней мощности (сюда относится и наш защищаемый трансформатор) хорошую защиту можно обеспечить применением мгновенной токовой отсечки в сочетании с максимальной защитой.

Для защиты от повреждений на выводах, а также от внутренних повреждений предусматриваем токовую отсечку без выдержки времени, устанавливаемую со стороны питания и охватывающую часть обмотки трансформатора.

Произведем расчет токов срабатывания максимальной защиты.

Из расчетов токов КЗ следует:  $I_{к1 \min}^{(3)} = 7200$  (А) и ток КЗ на стороне 0,4 кВ приведенного к напряжению 6 кВ  $I_{к2 \min \text{ пр.}}^{(3)} = 23800 \cdot 0,4/6,3 = 1511$  (А).

Рассчитаем коэффициент самозапуска нагрузки:

$$K_{сзп} = \frac{I_{сзп}}{I_{р.макс.}}$$

где  $I_{сзп}$  — ток самозапуска нагрузки, А;  $I_{р.макс.}$  — максимальный рабочий ток, А, за  $I_{р.макс.}$  с учетом «аварийного» отключения второго трансформатора принимаем расчетный суммарный ток двух секций 0,4 кВ.

$$I_{р.макс.} = 86,7 \text{ (А)}$$

$$I_{сзп} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3} \cdot X_9}$$

где  $X_9$  — эквивалентное сопротивление, Ом,

$$X_9 = X_c + X_{кл} + X_{тр} + X_{нагр.} \text{ (сопротивления приведены к 6,3 кВ)}$$

$$X_{нагр} = X_{нагр}^* \frac{U_{ср}}{\sqrt{3} I_{раб.макс}} = 0,7 \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 86,7} = 29,36 \quad (\text{Ом})$$

$$X_9 = 0,463 + 0,095 + 1,93 + 29,36 = 31,848 \quad (\text{Ом})$$

$$I_{сзп} = \frac{6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 31,848} = 114,2 \quad (\text{А})$$

$$K_{сзп} = \frac{114,2}{86,7} = 1,32$$

Для работы защиты выбираем схему неполной звезды с двумя трансформаторами тока (первый вариант) и с тремя трансформаторами тока (второй вариант).

Следовательно, ток срабатывания защиты на стороне 6 кВ будет равен:

$$I_{с.з.} \geq \frac{K_H \cdot K_{сзн}}{K_B} \cdot I_{р.макс.} = \frac{1,1 \cdot 1,32}{0,8} \cdot 86,7 = 157 \quad (A)$$

где  $K_H = 1,1-1,2$  — коэффициент надежности срабатывания реле РТ-85;

$K_B = 0,8-0,85$  — коэффициент возврата реле РТ-85.

Ток срабатывания реле максимальной защиты:

$$I_{с.р.} = \frac{I_{с.з.} \cdot K_{сх}}{n_m} = \frac{157 \cdot 1}{400/5} = 1,96 \quad (A)$$

где  $n_T = 400/5$  — коэффициент трансформации трансформатора тока;

$K_{сх} = 1$  — коэффициент схемы полной звезды;

Принимаем ток срабатывания реле РТ-85  $I_{с.р.} = 2 (A)$ , тогда:

$$I_{с.з.} = \frac{I_{с.р.} \cdot n_m}{K_{сх}} = \frac{2 \cdot 400/5}{1} = 160 \quad (A)$$

Проверим чувствительность максимальной защиты трансформатора:

1) при двухфазном КЗ за трансформатором расчетный ток в реле:

$$I_p = \frac{0,5 \cdot I_{\kappa}^{(3)}}{n_m} = \frac{0,5 \cdot 1511}{80} = 9,44 \quad (A) \text{ (I вариант)}$$

$$\kappa_q^{(2)} = \frac{I_p}{I_{c.p.}} = \frac{9,44}{2} = 4,72 \geq 1,5$$

(т.к. основная защита) и, следовательно, схема неполной звезды с двумя реле подходит.

$$I_p = \frac{I_k^{(3)}}{n_T} = \frac{1511}{80} = 18,88 \quad (\text{А}) \quad (\text{II вариант})$$

$$\kappa_q^{(2)} = \frac{I_p}{I_{c.p.}} = \frac{18,88}{2} = 9,44 \geq 1,5$$

и, следовательно, схема полной звезды с тремя реле подходит.

2) при однофазном КЗ на стороне 0,4 кВ за трансформатором ток  $I_k^{(1)} \approx I_k^{(3)}$

$$I_p = \frac{I_k^{(1)}}{\sqrt{3} \cdot n_T} = \frac{1511}{\sqrt{3} \cdot 80} = 10,9 \quad (\text{А})$$

$$\kappa_q^{(1)} = \frac{I_p}{I_{c.p.}} = \frac{10,9}{2} = 5,45$$

Токовую отсечку выполняем на том же реле РТ-85. Тогда ток срабатывания отсечки:

$$I_{c.o.} \geq K_H \cdot I_{k.max}^{(3)} = 1,6 \cdot 1511 = 2417 \approx 2480 \quad (\text{А})$$

где  $K_H = 1,6$  — коэффициент надежности для реле РТ-85.

Но также токовая отсечка предназначена для быстрого отключения всех КЗ:

$$I_{c.o.} \leq \frac{U_{c.мин.}}{\sqrt{3} \cdot \kappa_n \cdot (z_{c.мин.} + \kappa_0 \cdot z_{c.мин.})}$$

где  $U_{c.мин.}=6000$  — междуфазное напряжение питающей системы в минимальном режиме ее работы, В;  $z_{c.мин.}$  — сопротивление системы в минимальном режиме до места установки отсечки, Ом;  $\kappa_n=1,1-1,2$  — коэффициент надежности;  $\kappa_0$  — коэффициент, учитывающий зависимость остаточного напряжения ( $U_{ост}^* = 0,75 \geq 0,5$ ) в месте установки отсечки от удаленности трехфазного КЗ.

$$z_{c.мин} = \sqrt{R_{кл}^2 + (X_c + X_{кл})^2} = \sqrt{0,217^2 + (0,095 + 0,463)^2} = 0,358 \text{ (Ом)}$$

$$I_{c.o.} \leq \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 1,2 \cdot 0,358 \cdot 3} = 2687,9 \text{ (А)}$$

Условие выполняется.

Коэффициент чувствительности в месте установки равен:

$$\kappa_q^{(2)} = \frac{0,865 \cdot I_{кл.мин}^{(3)}}{I_{c.o.}} = \frac{0,865 \cdot 7200}{2480} = 2,51$$

Проведем расчетную проверку трансформаторов тока типа ТЛК-10-400/5-У4 с  $n_T = 400/5$ , проверку чувствительности реле защиты и ЭО после дешунтирования, проверку допустимости применения реле РТ-85 по максимальному значению тока КЗ.

1) Проверка на 10 % погрешность производится при токе срабатывания отсечки (2480 А):



$$K_{10} = \frac{1,1 \cdot I_{1\text{расч.}}}{I_{1\text{ном.ТТ}}} = \frac{1,1 \cdot 2480}{400} = 6,82$$

Значению  $K_{10} = 6,82$  соответствует сопротивление  $Z_{\text{н.доп.}} = 3,25 \text{ Ом}$ .

В режиме дешунтирования сопротивление:

$$Z_{\text{н.расч.}} = 2 r_{\text{пр.}} + z_p + r_{\text{пер.}},$$

где  $r_{\text{пр.}}$  — сопротивление соединительных проводов (Cu) при длине 10 м и сечении 4 мм<sup>2</sup>,  $z_p$  — сопротивление реле РТ-85,  $r_{\text{пер.}}$  — сопротивление переходное контактов, принимаем равным 0,1 Ом.

$$r_{\text{пр}} = \frac{L}{\gamma \cdot S} = \frac{10}{50 \cdot 4} = 0,05 \quad (\text{Ом}) \qquad z_p = \frac{S}{I_{\text{с.р.}}^2} = \frac{10}{2^2} = 2,5 \quad (\text{Ом})$$

$Z_{\text{н.расч.}} = 2 \cdot 0,05 + 2,5 + 0,1 = 2,7 \text{ (Ом)} < 3,25 \text{ (Ом)}$ , что соответствует погрешности  $\varepsilon < 10 \%$  до дешунтирования ЭО.

2) После дешунтирования ЭО значение  $Z_{\text{н.расч.}}$  возрастает на  $Z_{\text{ЭО}}$ .

$$z_{\text{ЭО}} = \frac{S}{I_{\text{ср.ЭО}}^2} = \frac{58}{5^2} = 2,3 \quad (\text{Ом}),$$

таким образом  $Z_{\text{н.расч.}} = 2,7 + 2,3 = 5 \text{ (Ом)} > 3,25 \text{ (Ом)}$ , погрешность трансформатора тока в режиме после дешунтирования ЭО превышает 10 %.

Определим действительную токовую погрешность при токе надежного срабатывания токовой отсечки.

При  $Z_{\text{н.расч.}} = 2,7 \text{ (Ом)}$  и значение  $K_{10 \text{ доп}} = 7,5$ , коэффициент равен:

$$A = \frac{K_{\text{макс.}}}{K_{10 \text{ доп}}} = \frac{18}{7,5} = 2,4$$

$$K_{\text{макс}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{ном.ТТ}}} = \frac{7200}{400} = 18$$

Токовая погрешность трансформатора тока  $f=50\%$ . Однако с учетом низкого коэффициента возврата электромагнитного реле РТ-85 (0,8-0,85) чувствительность защиты после дешунтирования ЭО не снижается и возврата реле не произойдет:

$$K_{\text{ч.з.}} = \frac{I_{\text{к.мин.}} \left(1 - \frac{f}{100}\right)}{K_{\text{в}} \cdot I_{\text{с.з.}}} = \frac{7200(1-0,5)}{0,4 \cdot 2480} = 3,63$$

3) Произведем проверку чувствительности ЭО:

При токе надежного срабатывания ЭО  $1,4 \cdot 5 = 7$  (А) предельная кратность  $K_{10} = 1,4$ , чему соответствует  $Z_{\text{н.доп.}} = 7$  (Ом), т.е. значительно больше чем  $Z_{\text{н.расч.}} = 3,125$  (Ом). Следовательно,  $\varepsilon < 10 \%$  и тем более  $f < 10 \%$ .

$$K_{\text{ч.ЭО}} = \frac{I_{\text{р.мин.}} \cdot \left(1 - \frac{f}{100}\right)}{K_{\text{у}} \cdot I_{\text{с.ЭО}}} = \frac{90(1-0,5)}{1 \cdot 5} = 9 \geq 1,5$$

$$\text{где } I_{\text{р.мин}} = \frac{I_{\text{к.мин.}}}{n_{\text{т}}} = \frac{7200}{80} = 90 \text{ (А);}$$

$$I_{\text{с.ЭО}} = 5 \text{ (А);}$$

$K_{\text{у}} = 1$  — коэффициент (неполная звезда с тремя реле), учитывающий уменьшение тока в ЭО по сравнению с током в измерительных трансформаторах реле защиты при двухфазном КЗ за трансформатором.

4) Проверяем точность работы реле типа РТ-85 при максимальном токе К1 (7200 А, точка К3).

По  $Z_{н.расч.} = 2,7$  определяем  $k_{10 \text{ доп.}} = 7,5 \%$ , затем  $k_{макс.} = 7200/400 = 18$  и коэффициент  $A = 18/7,5 = 2,4$  при котором  $f = 50 \%$ , что меньше допустимых 50% для реле типа РТ-85.

$$I_{к.мин} = \frac{I_{к.мин.}^{(3)}}{n_T} = \frac{7200}{80} = 90 \leq 150 \quad (A)$$

5) Проверяем максимальное значение напряжения на выводах вторичной обмотки трансформатора тока после дешунтирования ЭО:

$$U_{2 \text{ макс.}} = \sqrt{2} \cdot k_{макс.} \cdot I_{2 \text{ ном}} \cdot Z_{н.расч.} = \sqrt{2} \cdot 18 \cdot 5 \cdot 2,7 = 343,65 \text{ (В)} < 1400 \text{ (В)}$$

Таким образом, трансформатор тока типа ТЛК-10 нам подходит по всем параметрам.

Таблица 6. Сводные данные по защите 1.

п/п	Наименование		Обозначение и расчетная формула	Вычисленное значение
1	2		3	4
1	Максимальный рабочий ток, А		$I_M$	86,7
2	Коэффициент трансформации трансформатора тока		$n_T$	400/5
3	Минимальное значение тока трехфазного КЗ в зоне защиты	Основной, А	$I_{к1}^{(3)}$	1511
		Резервной, А	$I_{к2}^{(3)}$	-
4	Сквозной ток КЗ или пусковой ток (для двигателя) при пуске от полного напряжения, А		$I_K^{(3)}$	-
5	Расчетные коэффициенты	Самозапуска	$K_{сзп}$	1,32
		Схемы включения реле	$K_{сх}$	1
		Надежности	$K_n$	1,1
		Возврата реле	$K_v$	0,8
6	Ток срабатывания реле	Расчетный, А	$i_{ср} = K_{сх} \cdot \frac{K_n \cdot K_p \cdot I_{н.м}}{K_v \cdot n_T}$	1,96
		Принятый, А	$i_{ср}$	2
		Первичный, А	$I_{сз} = i_{ср} \times n_T$	160

7	Чувствительность защиты	В зоне основной защиты	$K_{\text{ч}}$	9,4
		В зоне резервной защиты	$K_{\text{ч}}$	-
		За трансформатором	$K_{\text{ч}}$	5,45
8	Выбрано токовое реле	Количество и тип	-	3 РТ-85
		Пределы уставки тока реле, А	от 2 до 5	-
9	Принятая уставка времени защиты, с		t	0,5
10	Выбрано реле времени	Тип и пределы уставки, с	-	-
11	Расчетные коэффициенты	Схема включения реле	$K_{\text{сх}}$	1
		Надежности	$K_{\text{н}}$	1,6
12	Ток срабатывания отсечки	Расчетный, А	$i_{\text{срo}}$	30,2
		Принятый, А	$i_{\text{срo}}$	31
		Первичный, А	$I_{\text{сзo}}=i_{\text{срo}} \times n_{\text{T}}$	2480
13	Кратность тока срабатывания отсечки		$i_{\text{срo}}/i_{\text{ср}}$	15,5
14	Чувствительность защиты (отсечки) при $I^{(3)}_{\text{к}} = 7200 \text{ (A)}$		$K_{\text{ч}}$	2,5
15	Выбрано токовое реле	Количество и тип	-	3 РТ-85
		Пределы уставки тока реле, А	от 4 до 40	

Защита 2 — расчет уставок защит, установленных на АВР

Потребители на стороне 0,4 кВ являются ответственными (относятся к первой и второй категориям электропотребления), поэтому на стороне 0,4 кВ необходимо установить АВР.

Максимальный ток, проходящий через секционный выключатель:

$$I_{\text{р.макс}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}} = \frac{446,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 644,9 \quad (\text{A})$$

где  $S_{\text{р}}$  — суммарная полная мощность одной из двух секций 0,4 кВ (для расчета выбираем I секцию), кВ·А;

$$K_{\text{сзп}} = \frac{I_{\text{сзп}}}{I_{\text{р.макс.}}} = 1,32$$

где  $I_{сзп}$  — ток самозапуска нагрузки, А;  $I_{р.макс.}$  — максимальный рабочий ток, А, за  $I_{р.макс.}$  с учетом «аварийного» отключения второго трансформатора принимаем расчетный суммарный ток двух секций 0,4 кВ.

Ток срабатывания селективной максимальной защиты:

$$I_{с.з.} \geq \frac{k_H \cdot k_{сзп}}{k_B} \cdot I_{р.макс.} = \frac{1,1 \cdot 1,32}{0,9} \cdot 644,9 = 1040 \quad (A)$$

где  $k_H = 1,1$  — коэффициент надежности срабатывания реле РСТ-13;

$k_B = 0,9$  — коэффициент возврата реле РСТ-13.

Принимаем ток срабатывания защиты равным  $I_{с.з.} = 1040$  (А). Тогда ток срабатывания реле:

$$I_{с.р.} = \frac{I_{с.з.} \cdot k_{сх}}{n_T} = \frac{1040 \cdot 1}{2000 / 5} = 2,6 \quad (A)$$

где  $n_T = 2000/5$  — коэффициент трансформации трансформатора тока;

$k_{сх} = 1$  — коэффициент схемы неполной звезды.

Принимаем ток срабатывания реле РСТ-13-19  $I_{с.р.} = 3$  (А), тогда

$$I_{с.з.} = \frac{3 \cdot 2000 / 5}{1} = 1200 \quad (A)$$

Дальнейшие расчеты приведены в таблице 7.

Коэффициент чувствительности АВР:

$$K_{\chi} = \frac{0,867 \cdot I_{к.мин.}^{(3)}}{I_{с.з.}} = \frac{0,867 \cdot 23800}{1200} = 17,2 \geq 1,5$$

Токовую отсечку выполняем на реле РТМ. Тогда ток срабатывания отсечки:

$$I_{c.o.} \geq k_n \cdot I_{к.мин.}^{(3)} = 1,4 \cdot 23800 = 33320 \text{ (A)}$$

где  $k_n = 1,4$  — коэффициент надежности для реле РСТ-13,

$I_{к.мин.}^{(3)}$  — минимальный ток КЗ на стороне 0,4 кВ.

Находим чувствительность токовой отсечки:

$$K_{\eta} = \frac{0,867 \cdot I_{к.мин.}^{(3)}}{I_{c.o.}} = \frac{0,867 \cdot 23800}{33320} = 0,62 \leq 1,5$$

Как видно чувствительность токовой отсечки меньше допустимой величины. И поэтому для создания условия селективности отсечку выполняем с небольшой задержкой времени на ступень селективности больше, чем время срабатывания быстродействующих защит предыдущих элементов, т.е. с  $t_{c.o.} = 0,4 \div 0,8 \text{ с.}$

Тогда принимаем  $I_{c.o.} = 10000 \text{ (A)},$

$$K_{\eta} = \frac{0,867 \cdot I_{к.мин.}^{(3)}}{I_{c.o.}} = \frac{0,867 \cdot 23800}{10000} = 2,06 \geq 1,5$$

Следовательно, время срабатывания токовой отсечки защиты 2 будет равно:

$$t_{co.} = t_{co.пред.} + \Delta t = 0 + 0,4 = 0,4 \text{ с}$$

Результаты расчета защиты на реле РТМ тоже приведены в таблице 4.

Принимаем время срабатывания МТЗ:

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{ср.пред.}} + \Delta t = 0,5 + 0,5 = 1,0 \text{ с}$$

где  $t_{\text{ср.пред.}}$  — время срабатывания предыдущей защиты, с;

$\Delta t = 0,5 \text{ с}$  — ступень селективности.

Проведем расчетную проверку трансформаторов тока типа ТЛК-10 с  $n_T=2000/5$ :

1) Проверка на 10 % погрешность производится при токе срабатывания отсечки (10000 А):

$$K_{10} = \frac{1,1 \cdot I_{\text{расч.}}}{I_{\text{ном.ТТ}}} = \frac{1,1 \cdot 10000}{2000} = 5,5,$$

чему соответствует сопротивление  $Z_{\text{н.доп.}} = 3,25 \text{ (Ом)}$

Фактическое сопротивление нагрузки:  $Z_{\text{н.расч.}} = 2 r_{\text{пр.}} + z_{\text{рТМ}} + z_{\text{рТ}} + r_{\text{пер.}}$ ,

где  $r_{\text{пр.}}$  — сопротивление соединительных проводов (Cu) при длине 10 м и сечении 4 мм<sup>2</sup>,  $z_{\text{рТМ}}$  — сопротивление реле РТМ,  $z_{\text{рТ}}$  — сопротивление реле РСТ-13,  $r_{\text{пер.}}$  — сопротивление переходное контактов, принимаем равным 0,1 (Ом)

$$r_{\text{пр}} = \frac{L}{\gamma \cdot S} = \frac{10}{50 \cdot 4} = 0,05 \text{ (Ом)} \quad z_{\text{рТМ}} = \frac{S}{I_{\text{с.р.}}^2} = \frac{100}{25^2} = 0,16 \text{ (Ом)}$$

$$z_{\text{рТ}} = \frac{S}{I_{\text{с.р.}}^2} = \frac{0,2}{3^2} = 0,022 \text{ (Ом)}$$

$Z_{\text{н.расч.}} = 2 \cdot 0,05 + 0,022 + 0,16 + 0,1 = 0,382 \text{ (Ом)} < 3,25 \text{ (Ом)}$ , что соответствует погрешности  $\varepsilon < 10 \%$ .

2) Проверяем надежность работы контактов токовых реле.

$$K_{\text{макс}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{ном.ТТ}}} = \frac{23800}{2000} = 11,9$$

При  $Z_{\text{н.расч.}} = 0,382$  (Ом) значение  $K_{10 \text{ доп}} = 27$ , коэффициент:

$$A = \frac{K_{\text{макс.}}}{K_{10 \text{ доп}}} = \frac{11,9}{27} = 0,44$$

По характеристике  $f \leq 10$ , допустимое значение  $f$  для реле РТ-40 регламентируются не более 50%.

3) Проверяем максимальное значение напряжения на выводах вторичной обмотки трансформатора тока после дешунтирования ЭО:

$$U_{2 \text{ макс.}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{макс.}} \cdot I_{2 \text{ ном}} \cdot Z_{\text{н.расч.}} = \sqrt{2} \cdot 11,9 \cdot 5 \cdot 0,382 = 32,1 \text{ (В)} < 1400 \text{ (В)}$$

Таблица №7. Сводные данные по защите 2.

п/п	Наименование		Обозначение и расчетная формула	Вычисленное значение
1	2		3	4
1	Максимальный рабочий ток, А		$I_{\text{м}}$	644
2	Коэффициент трансформации трансформатора тока		$n_{\text{Т}}$	2000/5
3	Минимальное значение тока трехфазного КЗ в зоне защиты	Основной, А	$I_{\text{к1}}^{(3)}$	23800
		Резервной, А	$I_{\text{к2}}^{(3)}$	
4	Сквозной ток КЗ или пусковой ток (для двигателя) при пуске от полного напряжения, А		$I_{\text{к}}^{(3)}$	
5	Расчетные коэффициенты	Самозапуска	$K_{\text{сзп}}$	1,32
		Схемы включения реле	$K_{\text{сх}}$	1
		Надежности	$K_{\text{н}}$	1,1
		Возврата реле	$K_{\text{в}}$	0,9
6	Ток срабатывания реле	Расчетный, А	$i_{\text{ср}} = K_{\text{сх}} \cdot \frac{K_{\text{н}} \cdot K_{\text{п}} \cdot I_{\text{м}}}{K_{\text{в}} \cdot n_{\text{Т}}}$	2,6
		Принятый, А	$i_{\text{ср}}$	3



		Первичный, А	$I_{c3}=i_{cp} \times n_T$	1200
7	Чувствительность защиты	В зоне основной защиты	$K_q=0,87 I_{K1}^{(3)} / I_{c3}$	17,2
		В зоне резервной защиты	$K_q=0,87 I_{K2}^{(3)} / I_{c3}$	
		За трансформатором	$K_q=0,5 I_{K2}^{(3)} / I_{c3}$	
8	Выбрано токовое реле	Количество и тип	-	2 РСТ-13-19
		Пределы уставки тока реле, А	от 1,5 до 6,0	
9	Принятая уставка времени защиты, с		t	1,0
10	Выбрано реле времени	Тип и пределы уставки, с	0,25 – 3,5	ЭВ 225
11	Расчетные коэффициенты	Схема включения реле	$K_{cx}$	1
		Надежности	$K_n$	1,3
12	Ток срабатывания отсечки	Расчетный, А	$i_{cpo} = \frac{K_{cx} \cdot K_n \cdot J_K^{(3)}}{n_T}$	
		Принятый, А	$i_{cpo}$	25
		Первичный, А	$I_{c30}=i_{cpo} \times n_T$	10000
13	Кратность тока срабатывания отсечки		$i_{cpo}/i_{cp}$	8,3
14	Чувствительность защиты (отсечки) при $I^{(3)}_K = 7200$ (А)		$K_q=0,87 I_{K1}^{(3)} / I_{c30}$	2,06
15	Выбрано токовое реле	Количество и тип	-	2 РТМ-II
		Пределы уставки тока реле, А	от 23 до 41	

## 9. Выбор и расчет токоведущих частей

### Выбор кабельных линий 6 кВ

Проектирование и сооружение КЛ должны производиться с учетом развития сети, ответственности и назначения линий, характера трассы, способа прокладки, конструкций кабелей.

При определении стандартного сечения жил кабелей исходят из следующих условий:

1. При выборе по механической стойкости  $F_m$  самое малое (начальное в таблице сечений жил) сечение должно быть механически стойким.

2. При выборе сечения по нагреву определяют ближайшее большее значение, во всех случаях не следует стремиться повышать сечение без достаточных на то оснований.

3. При выборе сечения по термической стойкости определяют ближайшее меньшее значение (на основании повышенного процента ошибки, заложенного в самом методе расчета).

4. По потерям напряжения выбирают ближайшее большее значение.

После определения минимально допустимого сечения по техническим условиям его сравнивают с экономически целесообразным сечением.

Таблица 8. Выбор кабельных линий.

Критерий	Условия выбора
По нагреву рабочим током	$I_{доп} \geq I_{расч}$ $I_{расч} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}$
По нагреву аварийным током	$I_{авар} = 1.3 \cdot I_{расч}$
По токам КЗ	$S_{MIN} = \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{ПР}}}{C}$ $t_{ПР} = t_{рз} + t_{выкл}$ (для РУ $t_{ПР} = 0,57$ ) $C = 85$ для Al

По экономической плотности	$S = \frac{I_{авар}}{J_{эк}} \quad (J_{эк}=1.4)$
По механической прочности	Не проверяем, так как КЛ обычно защищаются при прокладке в траншее

### 9.1 Выбор питающих кабельных линий (от ПС к проектируемой ТП)

ТП-6 кВ получает питание от ПС через КЛ напряжением 6 кВ протяженностью  $L=1,3$  км. Проводники любого назначения должны удовлетворять требованиям в отношении допустимого нагрева, с учетом не только нормальных, но и послеаварийных режимов, а также режимов в период ремонта и возможных неравномерностей распределения токов между линиями, секциями шин и т.п.

По нагреву расчетным током:

$$I_{расч} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{886.7}{\sqrt{3} \cdot 6} = 86.7 A$$

По нагреву аварийным током:

$$I_{авар} = 1.3 \cdot I_{расч} = 1.3 \cdot 86.7 = 112.9 A$$

Проверим кабель на термическое действие токов КЗ. Сечение кабеля на термическую устойчивость для трехфазного КЗ проверяется по формуле:

$$S_{MIN} = \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{ПР}}}{C} = \frac{8000 \cdot \sqrt{0.57}}{85} = 71 \text{ мм}^2$$

По экономической плотности:

$$S = \frac{I_{авар}}{J_{ЭК}} = \frac{112,9}{1,4} = 80,6 \text{ мм}^2$$

Выбираем  $S_p=95 \text{ мм}^2$ . Принимаем трехжильный кабель (3х95) сечением  $95 \text{ мм}^2$  с алюминиевыми жилами ААШв.

## 9.2 Выбор кабельных линий (от ТП 6/0.4 до ВРУ)

По нагреву расчетным током:

$$I_{расч} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{447}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 657,3 \text{ А}$$

По нагреву аварийным током:

$$I_{авар} = 1,3 \cdot I_{расч} = 1,3 \cdot 657,3 = 854,5 \text{ А}$$

Проверим кабель на термическое действие токов КЗ. Сечение кабеля на термическую устойчивость для трехфазного КЗ проверяется по формуле:

$$S_{MIN} = \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{ПП}}}{C} = \frac{18400 \cdot \sqrt{0,12}}{28} = 232 \text{ мм}^2$$

По экономической плотности:

$$S = \frac{I_{авар}}{J_{ЭК}} = \frac{854,5}{3,5} = 244 \text{ мм}^2$$

Выбираем  $S_p=240 \text{ мм}^2$ . Принимаем кабель (4х240) сечением  $240 \text{ мм}^2$  с медными жилами ВВГ.

## 10. Выбор электрооборудования выше 1000 В

В данном разделе производится выбор ячеек, выключателей, трансформаторов тока и напряжения с номинальным напряжением более 1000 В.

### 1. Выбор камер устанавливаемых в РУ-6 кВ.

Камеры необходимые установить в РУ-6 кВ:

1. Для вводных линий– КСО-299-10-600-УЗ.
2. Для отходящих линий– КСО-299-1ВВ-600-УЗ.
3. Секционный выключатель– КСО-299-24-600-УЗ.

В камерах КСО в зависимости от схемы главных цепей могут быть установлены следующие аппараты:

- масляные выключатели ВПМ-М-10 с приводами ПЭ-11 на 630 и 1000А;
  - масляные выключатели ВПМП-М-10 с приводами ППО-10 на 630 и 1000 А;
  - вакуумные выключатели ВВ/TEL-10 на 400, 630 и 800 А;
  - трансформаторы тока типа ТПОЛ-10 на 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000 А;
  - трансформаторы напряжения типа НОМ, НАМИ, ЗНОЛ.
- (Данные взяты из «ИнформЭлектро» 02.64.10-01).

Камеры серии КСО-299, КСО-299.01 предназначены для работы в электрических установках трехфазного переменного тока частотой 50 и 60 Гц напряжением 6 и 10 кВ для системы с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью.

Структура условного обозначения камер сборных одностороннего обслуживания КСО-299, КСО-299.01

КСО – XXX – XX - УЗ ТУ 3414-002-02917889-2002

1      2                      3      4                      5

1 - КСО – камера сборная одностороннего обслуживания

2 - модификация 1999 года:

- 299 – камера шириной 1000 мм
- 299.01 – камера шириной 750 мм

3 - обозначение схемы главных цепей

4 - климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89

5 – обозначение технических условий

Структура условного обозначения схемы главных цепей

X – порядковый номер схемы главных цепей

X – буквенное обозначение:

- ПО – пружинный привод ППО-10 масляного выключателя ВПМП-М-10

- Э – электромагнитный привод ПЭ-11 масляного выключателя ВПМ-М-10

- ЭВ – вакуумный выключатель ВВТЭ-М-10 со встроенным электромагнитным приводом; ЭВОЛИС; ВБЭМ и т. п.

- ТЭ – вакуумный выключатель ВВ/TEL-10(6)

- Т – трансформатор трехфазный

- А – автоматическое переключение

- Р – ручное переключение

X – номинальный ток главных цепей, А (400, 630, 1000, 1600)

X – тип трансформатора напряжения или разрядника

Пример записи условного обозначения камер КСО при заказе и в других документах:

КСО – 299 – 8ТЭ - 600 - УЗ ТУ3414-002-02917889-2002

Условия эксплуатации

- Камеры КСО предназначены для работы в следующих условиях:

а) в части воздействия климатических факторов внешней среды исполнения У категории 3 по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89.

При этом:

- нижнее значение температуры окружающего воздуха плюс 1°С (для камер КСО без установки обогрева счетчиков) и минус 25°С (для камер КСО с установкой обогрева счетчиков);

- верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха не выше плюс 40°С;

б) высота над уровнем моря до 1000 м;

в) окружающая среда не взрывоопасная, не содержащая в концентрациях токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров, разрушающих металлы и изоляцию.

- Камеры КСО соответствуют требованиям технических условий ТУ3414-002-02917889-2002, по технике безопасности – ГОСТ 12.2.007.3-75.

## 10.1 Технические данные

Основные параметры камер КСО-299, КСО 299.01 указаны в таблице 7.

Таблица №9.

Наименование параметра	Норма	
	КСО-299	КСО-299.01
Номинальное напряжение, кВ	6; 10	
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2; 12	
Номинальный ток главных цепей (кроме камер КСО с выключателями нагрузки), А:	400; 630; 1000; 1600	400; 630; 1000
Номинальный ток главных цепей камер КСО с выключателями нагрузки, А: а) при частоте 50 Гц б) при частоте 60 Гц	400 320	
Номинальный ток трансформатора тока, А	50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500	50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000

Номинальный ток сборных шин, А	630; 1000; 1600	630; 1000
Номинальный ток шинных мостов, А	630; 1000	
Номинальный ток отключения высоковольтного выключателя при частоте 50 Гц, кА:	12,5; 20; 31,5	
Номинальный ток отключения выключателей нагрузки, А:		
а) при частоте 50 Гц	400	
б) при частоте 60 Гц	320	
Ток электрической стойкости, кА	51	
Ток термической стойкости, кА	20	
Время протекания тока термической стойкости, с:		
а) для камер на 400 и 630 А (кроме камер с выключателями нагрузки)	2	
б) для камер 1000 и 1600 А	3	
в) для камер с выключателями нагрузки	1	
Номинальное напряжение вспомогательных цепей:		
а) цепи защиты, управления и сигнализации постоянного и переменного тока, В	220	
б) цепи трансформаторов напряжения (защиты, измерения, учета, АВР), В	100	
в) цепи освещения внутри камер КСО, В	12; 36; 42	
г) снаружи камер КСО, В	220	
д) цепи трансформаторов собственных нужд, В	220; 380	
Ток плавкой вставки силового предохранителя, А	2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5; 160	
Габаритные размеры:		
- высота со сборными шинами	2780	
- высота каркаса	2300	
- глубина с сетчатыми ограждениями	1340	
- глубина каркаса	1100	
- ширина с силовыми трансформаторами ТМ	1200	750*
- ширина	1000	750
Масса, кг, не более	500	

Таблица №10. Классификация исполнений камер КСО

Наименование признаков классификации	Исполнение камер КСО
Вид камер КСО в зависимости от устанавливаемой аппаратуры	Камеры с высоковольтными выключателями ВППМ-М-10 с приводом ППО-10, ВПМ-М-10 с приводом ПЭ-11, ВВТЭ-М-10 со встроенным электромагнитным приводом (для КСО-299) и т. п.; Камеры КСО-299.01 только с вакуумными выключателями



	ВВ/TEL-10(6); ВБП, ВБПС «Эволис»; ВБЭМ;
	Камеры с силовыми предохранителями ПКТ и ПКН; Камеры с выключателями нагрузки ВН-10 с приводом;
	Камеры с трансформаторами напряжения НОМ, НАМИТ, НТМИ, ЗНОЛ;
	Камеры с разъединителями РВ, РВЗ, РВФЗ с приводами ПР-10;
	Камеры с силовыми трансформаторами ТМ-25, ТМ-40, ТСКС- 40;
	Камеры с кабельными сборками;
	Камеры с разрядниками или ограничителями перенапряжений; статическими конденсаторами;
	Камеры с аппаратурой собственных нужд;
Уровень изоляция по ГОСТ 1516.1-76	С нормальной изоляцией
Наличие изоляции токоведущих шин главных цепей	С неизолированными шинами
Система сборных шин	С одной системой сборных шин
Вид линейных высоковольтных вводов (подсоединений)	Кабельные или шинные
Способ разделения фаз	С неразделенными фазами
Степень защиты по ГОСТ 14254-80	IP20 – для наружных оболочек фасада и боковых сторон камер IP30 – для боковых стенок крайних в ряду камер IP00 – для остальной части камер КСО

Заземляющие ножи, тяги заземляющих ножей и шины заземления (проводники) окрашены в черный цвет.

## 10.2 Выбор высоковольтной аппаратуры на ТП-6/0,4 кВ

Вводные и секционные выключатели.

Вводные ячейки с выключателями ВНА-10-630-У2 (данные из «ИнформЭлектро» 02.01.03 - 01) и каталогов завода производителя ЧЗСЭ «Электросила».

Таблица №9.

Условия выбора	Расчетные данные	Выключатель ВНА-10-630-У2
$U_c \leq U_{ном}$	$U_c = 6кВ$	$U_{ном} = 10кВ$
$I_p \leq I_{ном}$	$I_p = 82.6А$	$I_{ном} = 630 А$
$I_{кз} \leq I_{откл}$	$I_{по} = 7.95кА$	$I_{кз} = 20кА$
$i_{y\partial} \leq i_{ск}$	$i_{y\partial} = 10.6кА$	$i_{ск} = 52кА$
$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}$	$B_k = 10,11кА^2с$	$20^2 \cdot 4 = 1600кА^2с$

Выключатели на линии к трансформаторам.

Ячейки с выключателями ВВ/TEL-10-20-630-У3 (данные из «ИнформЭлектро» 02.01.03 - 01) и каталогов завода производителя ЧЗСЭ «Электросила», с трансформаторами тока типа ТЛК10-0,5/10р-300/5-У3 (данные из «ИнформЭлектро» 02.41.12 - 99).

Таблица №10.

Условия выбора	Расчетные данные	Выключатель ВВ/TEL-10-20-630-У3	Трансформатор ТЛК10-0,5/10р-600/5-У3
$U_c \leq U_{ном}$	$U_c = 6кВ$	$U_{ном} = 10кВ$	$U_{ном} = 10кВ$
$I_p \leq I_{ном}$	$I_p = 82.6А$	$I_{ном} = 630 А$	$I_{ном} = 300 А$
$I_{кз} \leq I_{откл}$	$I_{по} = 18.1кА$	$I_{кз} = 20кА$	$I_{дин} = 34,2кА$
$i_{y\partial} \leq i_{ск}$	$i_{y\partial} = 45.5кА$	$i_{ск} = 52кА$	
$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}$	$B_k = 10,11кА^2с$	$20^2 \cdot 4 = 1600кА^2с$	

## 11. Выбор электрооборудования и аппаратов ниже 1000 В

В подстанции монтируется распределительное устройство низкого напряжения (РУНН). В данном разделе производится выбор оборудования входящего в состав РУНН.

### 1. Выбор шкафов монтируемых в РУНН.

Необходимые типы шкафов низкого напряжения:

- шкаф шинного ввода, тип: ЩО-70;
- шкаф секционный, тип: ЩО-70;
- шкаф отходящих линий, тип: ЩО-70.

Панели распределительных щитов одностороннего обслуживания предназначены для приема и распределения электрической энергии, а также для защиты от перегрузок и токов короткого замыкания в трехфазных электрических сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением 380/220В переменного тока частотой 50 Гц.

Условия эксплуатации:

- высота над уровнем моря не более 2000 м;
- температура окружающего воздуха от минус 45 до плюс 40 °С по ГОСТ 15543.1-89;
- в закрытых помещениях; окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и паров, а также производственной пыли в количествах, разрушающих или нарушающих работу панелей.
- группа условий эксплуатации в части воздействия окружающей среды – М2 по ГОСТ17516.1-90.

### 11.1 Техническая характеристика щитов

Основные параметры приведены в таблице 11.

Таблица №11.

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение, кВ	0,4
Род тока	Переменный
Частота, Гц	50
Число отходящих линий	1, 2, 3, 4, 6
Номинальный ток отходящих линий, А	100, 200, 400, 600, 1000
Номинальный ток вводных панелей, А	400, 600, 1000, 1500, 2000, 2500
Электродинамическая стойкость сборных шин и отпаяк от них, кА -для вводных и секционных панелей до 1000 А до 1500 А -для вводных панелей на 2000 и 2500 А -для линейных	 30 30 и 50 50 30 и 50
Габаритные размеры, мм -высота -ширина -глубина	 2000 1000, 800, 300, 60 600
Масса панели, кг, не более: -секционной с рубильником -линейной с автоматическими выключателями или рубильником -вводной с автоматическим выключателем	 70 150 350
Исполнение ввода 0,4 кВ	Кабельный, кабельный с земляной защитой, шинный, шинный с земляной защитой
Назначение панели	Вводные, линейные, секционные, вводно-линейные, вводно-секционные, уличного освещения, с аппаратурой АВР, торцевые, панели учета
По способу установки автоматических выключателей	Со стационарным выключателями

## 11.2 Выбор автоматического выключателя на низком напряжении

Устанавливается в шкафу шинного ввода выключатели типа: ВА55-44334630-20-УХЛЗ

Характеристики выключателя показаны в таблице №14.

Таблица №14.

Условия выбора	Расчетные данные	Выключатель ВА55
$U_c \leq U_{ном}$	$U_c = 0,4кВ$	$U_{ном} = 0,4кВ$
$I_p \leq I_{ном}$	$I_p = 657 А$	$I_{ном} = 4000 А$
$I_{кз} \leq I_{откл}$	$I_{по} = 18,4кА$	$I_{кз} = 60кА$
$i_{уд} \leq i_{ск}$	$i_{уд} = 33,75кА$	$i_{ск} = 70 кА$
$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}$	$B_k = 321,2кА^2с$	$(4 \times 5)^2 \cdot 4 = 1600 кА^2с$

### 10.3 Выбор предохранителей

Выбор производится по следующим параметрам:

- 1) по номинальному напряжению

$$U_{ном.пр} \geq U_{ном}; \quad \text{по току продолжительного режима}$$

$$I_{ном.пр} \geq I_{ном.вст}; \quad \text{по отключающей способности}$$

$$I_{ном.отк} \geq I_{п.о}$$

где,  $I_{п.о}$  - начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ.

## 12. Электрическое освещение

### 12.1 Проектирование и расчет искусственного освещения

Задачами данного раздела дипломного проекта являются расчет и выбор системы электроосвещения для ТП 6/0,4.

Осветительная установка должна обеспечить достаточную ценность рабочей поверхности и создать благоприятное распределение яркости стен и потолка в зрении. Эти требования положены в основу действующих норм и правил. Электрическое освещение подразделяется на: рабочее, охранное, аварийное. Последнее делится на: освещение безопасности и эвакуационное. При необходимости часть светильников того или иного вида освещения может использоваться для дежурного освещения (освещения в нерабочее время). Искусственное освещение проектируется двух систем: общее и комбинированное, когда к общему освещению добавляется местное — освещение рабочих мест.

Рабочее освещение следует устраивать во всех помещениях зданий, а также на участках территорий, где производятся работы, движется транспорт.

Проектирование осветительных установок производится в следующей последовательности:

- выбор нормируемой освещенности, качественных показателей освещения- показателя, коэффициента запаса;
- выбор системы освещения;
- выбор типов источников света и светильников (с учетом технико-экономических показателей и необходимого спектрального состава), а также мест их размещения;
- расчет мощности осветительных установок, мощности применяемых ламп и количества светильников;
- проверочный расчет установки на минимальную освещенность.

## 12.2 Выбор нормируемых параметров

Выбор освещенности для разрядных источников света производится на основе СНиП 23-05-95.

Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего. При увеличении этого расстояния разряд зрительной работы следует устанавливать с учетом углового размера объекта различения, рад (отношения минимального линейного размера объекта к расстоянию от объекта до глаз работающего): I — менее  $0,3 \cdot 10^{-3}$ ; II-от  $0,3 \cdot 10^{-3}$  до  $0,6 \cdot 10^{-3}$ ; III-от  $0,7 \cdot 10^{-3}$  до  $1,0 \cdot 10^{-3}$ ; IV-от  $1,1 \cdot 10^{-3}$  до  $2,0 \cdot 10^{-3}$ ; V-от  $2,1 \cdot 10^{-3}$  до  $10,0 \cdot 10^{-3}$ ; VI- более  $10,1 \cdot 10^{-3}$ .

Подразряды зрительной работы определяются по значениям яркостного контраста  $K$ , который рассчитывается в зависимости от яркостей объекта  $L_o$  и фона  $L_f$ , [ $K = (L_o/L_f)$ ]: а) малый контраст на темном фоне; б) малый контраст на среднем фоне или средний контраст на темном фоне; в) малый контраст на светлом фоне, средний контраст на среднем фоне или большой контраст на темном фоне; г) средний контраст на светлом фоне, большой контраст на светлом фоне или большой контраст на среднем фоне.

Таблица 15. Нормы освещенности рабочих поверхностей для ТП по СНиП 23-05-95.

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Под-разряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк
						Система общего освещения
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: периодическое	—	VIII	а	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном		150

### 12.3 Выбор системы освещения

Осветительные установки выполняются по системе либо общего, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно, либо комбинированного освещения, когда к общему еще добавляется местное освещение, дополнительное, создаваемое светильниками непосредственно на рабочих местах. Система общего освещения применяется в производственных помещениях с невысоким уровнем освещенности (до 200 лк). В помещениях с I-III, IVa, IV6, IVв, Va разрядами работ следует применять систему комбинированного освещения. Предусматривать для них систему общего освещения допускается при технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения.

Неравномерность освещенности  $E_{\max}/E_{\min}$  в зоне размещения рабочих мест для работ I—III разрядов при люминесцентных лампах должна быть не более 1,3, при других источниках света - 1,5; для работ разрядов IV-VII - 1,5 и 2,0 соответственно.

Неравномерность освещенности допускается повышать до трех в тех случаях, когда по условиям технологии светильники общего освещения могут устанавливаться только на площадках, колоннах или стенах помещения.

В производственных помещениях освещенность проходов и участков, где работа не производится, должна составлять не менее 25 % освещенности, создаваемой светильниками общего освещения.

Выбираем систему общего освещения с равномерным расположением светильников в верхней зоне помещения.



## 12.4 Выбор типов источников света и светильников и мест их размещения

Выбор типа источника производится исходя из его экономичности (большая световая отдача при большем или том же сроке службы), правильной передачи цветов освещаемых объектов (там, где это важно) и удобства эксплуатации. Правильная передача цветов обеспечивается цветопередачей, характеризующей влияние спектрального состава источника света на зрительное восприятие цветных объектов, сознательно или бессознательно сравниваемое с восприятием тех же объектов, освещенных стандартными источниками света.

Для освещения помещений, как правило, предусматриваются разрядные лампы (люминесцентные, ДРЛ, ДРИ, ДНаТ). В случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности применения разрядных ламп допускается использование ламп накаливания. Применение ксеноновых ламп типа ДКсТ внутри помещения допускается в виде исключения, только по согласованию с органами здравоохранения.

Выбор типа светильников производится с учетом требований к его светораспределению; степени защиты по условиям среды; экономичности установки в целом.

Для освещения помещений РУВН и РУНН выбираем светильники типа НПО 21, для освещения помещения трансформаторов светильник ПСХ-60.

Светильники серии НПО 21 предназначены для общего освещения общественных и вспомогательных помещений. В качестве источника света служит лампа накаливания, работающая от сети питания 220 В, 50 Гц.

Класс защиты от поражения электрическим током – 1 по ГОСТ 12.2.007.0-75,

Климатическое исполнение – УХЛ4.

Монтаж: на горизонтальную поверхность.

Светильник ПСХ-60 предназначен для общего или вспомогательного освещения производственных и сельскохозяйственных помещений.

Кол-во и мощность ламп: 1х60 Вт.

Тип патрона: E27.

Масса: 1.2 кг.

Основание: карболитовое чёрного цвета.

Рассеиватель: силикатное стекло, рифлёное

При системе общего освещения применяется равномерное и локализованное размещение светильников. При равномерном размещении обеспечивается достаточная равномерность освещенности по всей площади помещения в целом. В этом случае расстояние между светильниками в каждом ряду неизменно, расстояние между рядами берется также постоянным.

При локализованном размещении положение каждого светильника зависит от расположения оборудования. Оно применяется при локализованном размещении станков; в специальных случаях, обусловленных требованием технологии, и, наконец, случае, если по условиям работы невозможно устройство местного освещения.

Наилучшими вариантами равномерного размещения являются шахматное размещение светильников и по сторонам квадрата (расстояния между светильниками в ряду и между рядами светильниками равны). Размещение светильников по сторонам квадрата следует производить с учетом оптимальных значений относительного расстояния  $\ell/H_p$ , где  $\ell$  — расстояние между светильниками;  $H_p$  — высота подвеса светильника над рабочей поверхностью (удаленной от пола на высоту 2,5 м).

Оптимальное расстояние от крайнего ряда светильников до стен при условии размещения возле нее рабочих поверхностей определяется как  $\ell_k = (0,24—0,3) \ell$ . При отсутствии рабочих поверхностей у стен это расстояние может быть увеличено до  $\ell_k = (0,4—0,5) \ell$ .

## 12.5 Расчет осветительной установки

Расчет осветительной установки ведем по методу коэффициента использования.

1) Исходные данные: площадь помещения:  $S=6*3=18$  м, высота помещения  $H=3,5$  м.

Коэффициент использования  $U_{o.y.}$  осветительной установки показывает, какая часть светового потока ламп с учетом многократных отражений в помещении попадает на рабочую поверхность:

$$U_{o.y.} = \frac{\Phi_{P.}}{n \cdot \Phi_{л.}},$$

где:  $\Phi_{P.}$  - световой поток, падающий на рабочую поверхность.

На основании этого определения световой поток лампы, необходимый для обеспечения заданной минимальной освещенности:

$$\Phi_{P.} = \frac{E_n * S_z * Z * k_z}{N * U_{oy}} = \frac{150 * 18 * 0.9 * 1.5}{4 * 0.38} = 2398 \text{ лм,}$$

где  $E_n$  – нормированная минимальная освещенность, лк (по таблице 13 -  $E_n=150$ );  $Z$  – коэффициент минимальной освещенности ( $Z=0,9$ ; для люминесцентных ламп  $Z=1,1$ );  $K$  – коэффициент запаса (для помещений со средним  $K=1,5$  выделением тепла);  $U_{o.y.}$  – коэффициент использования светового потока ламп ( $U_{o.y.}$  зависит от КПД и кривой распределения силы света светильника, коэффициента отражения от потолка  $\rho_{п}$  и стен  $\rho_{с}$ ,

высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью  $H_p$  и показателя помещения  $i$ ); принимаем  $N=4$  светильников типа НПО 21.

Показатель помещения:

$$i = \frac{A * B}{H_p(A + B)} = \frac{6 * 3}{(3.5 - 2.5)(6 + 3)} = 2,$$

где:  $A$  и  $B$  – соответственно длина и ширина помещения, м;  $H_p$  – расчетная высота, м.

Таблица 16. Коэффициент использования светового потока.

Показатели помещения	1	2	3	4	5
Коэффициент использования светового потока $U_{o.y.}$	0,28...0,46	0,34...0,57	0,37...0,62	0,39...0,65	0,40...0,66

Рассчитав световой поток лампы, зная ее тип, выбираем мощность лампы так, чтобы световой поток выбранной лампы был равен расчетному или незначительно отличался ( $\pm 10\%$ ) от него.

Таким образом для освещения распределительного устройства высокого напряжения и распределительного устройства низкого напряжения принимаем по четыре светильника типа НПО 21 с лампами накаливания 60 Вт, а для освещения помещения трансформаторов по два светильника ПСХ 60 с лампами накаливания 60 Вт.

### 13. Расчет заземление

В общем случае заземлением называется преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети электроустройства или оборудования с заземляющим устройством.

Рабочим заземление называется заземление какой-либо точки или точек токоведущих частей электроустановок, выполняемое для обеспечения их работы. Рабочее заземление должно быть выполнено таким образом, чтобы обеспечивалась нормальная работа электроустановок в режимах, предусмотренных эксплуатационной документацией.

По заданию проекта необходимо создать заземление для РУ-6 кВ, заземление с изолированной нейтралью.

Данные:

- По данным замеров грунта в районе Бизнес-центра, грунт – глина, удельное сопротивление -  $\rho = 65 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,
- климатическая зона – III,
- вид – контур,
- заземлитель – уголок.

В электроустановках с напряжением выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью, сопротивление заземляющего устройства при прохождении тока замыкания на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должен составлять 10 Ом (или меньше). Но в связи с тем, что к заземляющему устройству подключаются потребители с напряжением до 1 кВ, сопротивление должно быть не более 4 Ом.

Определение удельных сопротивлений грунта с учетом климатической зоны ( $K_c$  - коэффициент сезонности):

- для вертикальных стержней заземления:

$$\rho_s = \rho K_c = 65 \cdot 1,6 = 104 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

- для горизонтальных стержней заземления:

$$\rho_z = \rho K_c = 65 \cdot 2,25 = 146 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Для заземления используем стержни из уголка 60×60×6 мм, длиной 2-3 м, заглублением 0,5 м.

Сопротивление одного вертикального заземлителя (упрощенная формула):

$$R_{\epsilon} = 0,298 \rho_{\epsilon} = 0,298 \cdot 104 = 31 \text{ Ом}.$$

Число вертикальных заземлителей (расположение в контур):

$$n_{\epsilon} = \frac{R_{\epsilon}}{\eta_{\epsilon} R_z} = \frac{31}{0,58 \cdot 4} = 14,$$

где  $\eta_{\epsilon}$  - коэффициент использования вертикальных заземлителей,  $\eta_{\epsilon} = f(a, l_{\epsilon}, n)$ , где  $a$  - расстояние между электродами,  $n$  - количество электродов.

$$\eta_{\epsilon} = f(a, l_{\epsilon}, n) = 0,58,$$

так как  $a=2,5 \text{ м}$ ,  $n=8 \text{ шт}$ ,  $l_{\epsilon}=2,5 \text{ м}$ .

При установке контурных заземлителей необходимо учитывать и сопротивление полос горизонтального заземлителя ( $R_T$ ).

Длина соединительной полосы:

$$l_z = 1,05 n_{\epsilon} a = 1,05 \cdot 10 \cdot 2,5 = 26,25 \text{ м}.$$

Сопротивление горизонтального заземлителя полосового сечения:

$$R_z = \frac{\rho_z}{2\pi l_z} \ln\left(\frac{2l_z^2}{bt}\right) = \frac{146}{2 \cdot 3,14 \cdot 26,25} \ln\left(\frac{2 \cdot 26,25^2}{0,05 \cdot 0,5}\right) = 9,7 \text{ Ом}$$

Сопротивление горизонтального заземлителя полосового сечения с учетом их использования ( $\eta_z = f(a, l_z, n) = 0,34$ ):

$$R'_z = \frac{R_z}{\eta_z} = \frac{9,7}{0,34} = 28,4 \text{ Ом}$$

Уточняем сопротивление вертикальных заземлителей, с учетом горизонтального заземлителя:

$$R'_z = \frac{R'_z R_3}{R'_z - R_3} = \frac{28,4 \cdot 4}{28,4 - 4} = 4,6 \text{ Ом}$$

Количество вертикальных заземлителей (уточненное):

$$n'_z = \frac{R'_z}{R_3} n_z = \frac{4,6}{4} 14 = 16$$

Таким образом, применяется 16 вертикальных электродов из уголка 60×60×6 мм, устанавливаемых в контур, соединенных полосой 60×6 мм, расположенной по периметру здания и заглубленной на 0.5 м.

## 14. Молниезащита

Непосредственное опасное воздействие молнии - это пожары, механические повреждения, травмы людей и животных, а также повреждения электрического и электронного оборудования. Последствиями удара молнии могут быть взрывы твердых, жидких и газообразных материалов и веществ и выделение опасных продуктов — радиоактивных и ядовитых химических веществ, а также бактерий и вирусов.

Удары молнии могут быть особо опасны для информационных систем, систем управления, контроля и электроснабжения. Для электронных устройств, установленных в объектах разного назначения, требуется специальная защита.

Рассматриваемые объекты могут подразделяться на обычные и специальные.

Обычные объекты - жилые и административные строения, а также здания и сооружения, высотой не более 60 м, предназначенные для торговли, промышленного производства, сельского хозяйства.

Специальные объекты:

объекты, представляющие опасность для непосредственного окружения:

объекты, представляющие опасность для социальной и физической окружающей среды (объекты, которые при поражении молнией могут вызвать вредные биологические, химические и радиоактивные выбросы);

прочие объекты, для которых может предусматриваться специальная молниезащита, например, строения высотой более 60 м, игровые площадки, временные сооружения, строящиеся объекты.

Комплекс средств молниезащиты зданий или сооружений включает в себя устройства защиты от прямых ударов молнии внешняя молниезащитная система (МЗС) и устройства защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя МЗС). В частных случаях молниезащита может содержать



только внешние или только внутренние устройства. В общем случае часть токов молнии протекает по элементам внутренней молниезащиты.

Внешняя МЗС может быть изолирована от сооружения (отдельно стоящие молниеотводы - стержневые или тросовые, а также соседние сооружения, выполняющие функции естественных молниеотводов), или может быть установлена на защищаемом сооружении и даже быть его частью.

Внутренние устройства молниезащиты предназначены для ограничения электромагнитных воздействий тока молнии и предотвращения искрений внутри защищаемого объекта.

Токи молнии, попадающие в молниеприемники, отводятся в заземлитель через систему токоотводов (спусков) и растекаются в земле.

Внешняя МЗС в общем случае состоит из молниеприемников, токоотводов и заземлителей. Их материал и сечения элементов выбирают по табл. 13.

Таблица 17. Материал и минимальные сечения элементов внешней МЗС

Уровень защиты	Материал	Сечение, мм <sup>2</sup>		
		молниеприемника	токоотвода	заземлителя
I—IV	Сталь	50	50	80
I—IV	Алюминий	70	25	Не применяется
I—IV	Медь	35	16	50

Молниеприемники могут быть специально установленными, в том числе на объекте, либо их функции выполняют конструктивные элементы защищаемого объекта в последнем случае они называются естественными молниеприемниками.

Молниеприемники могут состоять из произвольной комбинации следующих элементов: стержней, натянутых проводов (тросов), сетчатых проводников (сеток).

В целях снижения вероятности возникновения опасного искрения токоотводы располагаются таким образом, чтобы между точкой поражения и землей:

- а) ток растекался по нескольким параллельным путям;
- б) длина этих путей была ограничена до минимума.

Если молниеприемник состоит из стержней, установленных на отдельно стоящих опорах (или одной опоре), на каждой опоре предусматривается не менее одного токоотвода.

Если молниеприемник состоит из отдельно стоящих горизонтальных проводов (тросов) или из одного провода (троса), на каждом конце провода (троса) выполняется не менее одного токоотвода.

Если молниеприемник представляет собой сетчатую конструкцию, подвешенную над защищаемым объектом, на каждой ее опоре выполняется не менее одного токоотвода. Общее количество токоотводов принимается не менее двух.

Желательно, чтобы токоотводы равномерно располагались по периметру защищаемого объекта. По возможности они прокладываются вблизи углов зданий.

Не изолированные от защищаемого объекта токоотводы прокладываются следующим образом:

если стена выполнена из негорючего материала, токоотводы могут быть закреплены на поверхности стены или проходить в стене;

если стена выполнена из горючего материала, токоотводы могут быть закреплены непосредственно на поверхности стены, так чтобы повышение температуры при протекании тока молнии не представляло опасности для материала стены;

если стена выполнена из горючего материала и повышение температуры токоотводов представляет для него опасность, токоотводы располагаются таким образом, чтобы расстояние между ними и защищаемым

объектом всегда превышало 0,1 м. Металлические скобы для крепления токоотводов могут быть в контакте со стеной.

Не следует прокладывать токоотводы в водосточных трубах. Рекомендуются размещать токоотводы на максимально возможных расстояниях от дверей и окон.

Токоотводы прокладываются по прямым и вертикальным линиям, так чтобы путь до земли был по возможности кратчайшим. Не рекомендуется прокладка токоотводов в виде петель.

Для обеспечения защиты от прямых ударов молнии здания Бизнес-центра в качестве молниеприемника используем сетчатый молниеприемник, укладываемый непосредственно на всю площадь вертолетной площадки.

При использовании сетчатых молниеприемников необходимо обязательное выполнение следующих условий:

1. Число токопроводов, соединяющих токоприемную сетку определяется исходя из расстояния между токоотводами не более 25 м и обязательной прокладки их по углам защищаемого здания.

2. Молниеприемная сетка выполняется из стальной проволоки диаметром 6-8 мм, с ячейками площадью не более 36 м<sup>2</sup>, при этом все соединения должны быть сварными, а сама сетка уложена под слой гидроизоляции.

Предусматриваем мероприятия для защиты объекта от вторичных проявлений молнии: электромагнитной и электростатической индукции и заноса высоких потенциалов в здание:

для защиты от высоких потенциалов, возникающих в результате электростатической индукции, надежно заземляем все проводящие элементы объекта, а также оборудование и коммуникации внутри него.

Для защиты объекта от заноса высоких потенциалов присоединяем все металлические коммуникации и оболочки кабелей к заземлителю защиты от вторичных воздействий молнии.

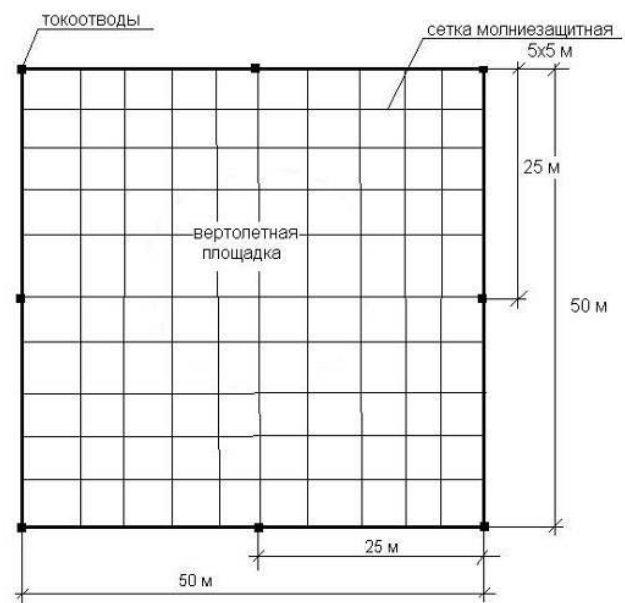


Рис5. Схема устройства молниезащитной системы.

## 15. Экономическая часть

### 15.1 Расчет расхода электроэнергии и стоимости электроэнергии

В целом строительство Бизнес-центра является коммерческим проектом, и так же как для любого другого проекта подобного рода, одной из важнейших статей представляющих интерес для инвесторов является статья расходов в процессе строительства и эксплуатации.

В данном разделе приведен расчет расходов за потребляемую электроэнергию.

Полная мощность, потребляемая Бизнес центром за год (кВт×час):

$$W = \sum (P_p \cdot T_m) = 2520000 \text{ кВт} \times \text{час}.$$

Заявленная мощность Бизнес центра 850 кВт. Это подразумевает использование двухставочного тарифа при расчётах с энергоснабжающей организацией.

Тарифы установлены Удмуртэнерго от 01.01.07 на основании утверждающих документов:

1. Постановление РЭК № 17/11 от 7.12.06 г.;
2. Постановление РЭК № 18/2 от 21.12.06 г.;
3. Постановление РЭК № 18/3 от 21.12.06 г.;

Тарифы:

Оплата за заявленную мощность: 240 руб/кВт,

Оплата за фактически потребленную мощность: 66 коп/кВт×час.

Приборы учёта электроэнергии (счётчики) установлены на стороне 0,4 кВ.

Оплата за потребленную электроэнергию:

$$C = C_1 + C_2 = 204000 + 1663200 = 1867,200 \text{ тыс.руб.}$$

В результате величина оплаты за электроэнергию составит:

$$C_{б\epsilon} = 1867.200 \text{ тыс.руб.}$$

## 15.2 Расчет затрат на приобретение и монтаж электрооборудования

В данном разделе приведена сметная стоимость монтажных и пуско-наладочных работ, а также стоимость оборудования.

За основу составления сметы были взяты данные полученные в ходе выполнения дипломного проекта.

Выбранное оборудование Чебоксарского завода силового электрооборудования «Электросила» выгодно отличается стоимостью необходимого оборудования, сроки изготовления и поставки, гарантийное и послегарантийное обслуживание, а также надежность поставляемого оборудования, проверенная в «Ижевских Электрических Сетях».

Приведенная ниже смета составлена на основе ТЕРм-08 за 2007 г. (Территориальные единичные расценки) для Удмуртской Республики, см. Приложение №1, Приложение №2.

## 16. Охрана труда и экология

### 16.1 Раздел 1

#### Повышенное значение тока и напряжения в электрической цепи

Для персонала электрохозяйств важнейшим вопросом охраны труда является электробезопасность представляющая собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества (ГОСТ 12.1.009-76 ССБТ).

К числу опасных и вредных факторов ГОСТ 12.01.003-74 ССБТ относятся повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, повышенный уровень статического электричества, электромагнитных излучений, повышенную напряжённость электрического и магнитного полей. Электрический ток и электрическая дуга могут вызвать повреждение организма-электротравму.

Возникновение электрической цепи через тело человека возможно в случаях:

- а) однофазного прикосновения неизолированного от земли человека к одной фазе электроустановки, находящейся под напряжением;
- б) двухфазного прикосновения человека к двум фазам электроустановки, находящейся под напряжением;
- в) приближение на опасное расстояние человека к неизолированным токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением, в результате искрового разряда через человека;
- г) прикосновение человека неизолированного от земли к металлическим корпусам электрооборудования оказавшегося под напряжением;

д.) включение человека, находящегося в зоне растекания тока замыкания на землю, на “Напряжение шага”.

е.) воздействие атмосферного электричества при грозовых разрядах.

ж.) прикосновения к накопителям электрической энергии отключенным от питающей сети (БСК, кабельные или воздушные линии, дугогасящие катушки).

Электрический ток в теле человека обуславливает преобразование поглощённой организмом электрической энергии в другие виды и производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое действие.

Наиболее опасным видом электротравмы является электрический удар—поражение организма, при котором наблюдаются явления паралича мышц опорно-двигательного аппарата, мышц грудной клетки, мышц желудочков сердца.

Различают три степени воздействия тока при прохождении через организм человека: осязаемый ток —вызывающий осязаемые раздражения; неотпускающий ток—вызывающий непреодолимые судорожные сокращения мышц руки в которой зажат проводник; фибрилляционный ток —вызывающий фибрилляцию сердца.

Их наименьшие значения называются пороговыми. Так на пример переменный ток промышленной частоты 50Гц имеет пороговые значения: 2мА —осязаемый, 10–15мА —неотпускающий; 100мА— фибрилляционный. Ток более 5А вызывает паралич сердца, удушье и тяжёлый ожёг. Основными критериями электробезопасности в промышленных установках являются:

1. допустимый ток  $I_{\text{чел.доп}}$  в зависимости от времени воздействия  $t, \text{с}$

$$I_{\text{чел.доп}} \leq \frac{50}{t} (t \leq 1 \text{с}) ;$$



2. допустимый ток  $I_{\text{чел.доп}}$ , равный или меньший 6мА при времени воздействия больше 1с,  $I_{\text{чел.доп}} \leq 6 \cdot (\text{при } t \geq 1\text{с})$ ;

3. допустимый ток  $I_{\text{чел.доп}}$ , равный или меньший 0,3мА при времени воздействия не более 10 минут в сутки, при нормальном режиме работы электроустановки нормируется также напряжение прикосновения  $U$ , напряжение между двумя точками цепи тока которых одновременно касается человек:

$$U_{\text{пр.доп}} \leq \frac{50}{t} \text{ при } t \leq 1\text{с}; U_{\text{пр.доп}} \leq 36 \text{ В при } t \geq 1\text{с}.$$

#### Противопожарные меры при эксплуатации электроустановок

Основными причинами возникновения пожаров на объектах электрохозяйств является нарушение инструкций и ПТЭ электроустановок потребителей, а именно недопустимые перегревы обмоток и магнитопроводов электрических машин и трансформаторов в следствии их длительных перегрузок, которые могут привести к загоранию изоляции, перегрузки проводов и кабелей электрических сетей.

Учитывая факторы пожарной опасности электроустановок ПУЭ и ПТЭ рекомендуют допустимые температуры нагрева частей электрических машин и аппаратов, проводников и контактов, масла в маслонаполненных аппаратах и других частей ЭО. Например для волокнистых материалов не пропитанных маслом и не погруженных в масло предельная допустимая температура нагрева не должна превышать 90° С а эти же материалы погруженные в жидкий изоляционный материал допускают температуру нагрева 105° С.

Для контроля температуры открытых токоведущих жил используют специальные термоплёнки, которые при нагревании изменяют цвет. Температуру масла в силовых трансформаторах контролируют термометром опущенном в футляре в верхней части бака. Согласно ПТЭ температура

масла в баке не должна превышать 95° С и не должна превышать температуру окружающей среды более чем на 60° С.

Маслонаполненные силовые трансформаторы содержащие большое количество горючего минерального масла представляют собой большую пожарную опасность в случае разрыва бака и вытекания горящего масла. При аварии чтобы уменьшить опасность распространения пожара при такой аварии, при монтаже трансформатора сооружается под ним масло приёмная бетонированная яма, в которую спускают горящее масло. Яма покрывается стальной решёткой, по верх которой насыпают слой гравия.

Мощные масляные трансформаторы оборудуются специальным газовым реле, которое срабатывает в случаях утечки из бака трансформатора масла и недопустимого понижения его уровня, а также в случае когда в результате межвитковых замыканий в обмотке в следствии разложения масла выделяются газы заполняющие резервуар реле, от чего оно срабатывает на сигнал или на отключение.

Помещение комплектной трансформаторной подстанции по категории производства и степени огнестойкости является В-II по НПБ–105-95.

## 16.2 Раздел 2

Ввиду того, что рассматривается вновь строящаяся трансформаторная подстанция ниже приведены основные нормативные акты по безопасности работ.

### Требования к производству работ

Требования настоящих Правил являются обязательными для рабочих, специалистов и руководителей строительно-монтажных и наладочных организаций, занятых строительством линий электропередачи и электрических подстанций и ведущих монтаж и наладку электрооборудования, а также других организаций, ведущих строительство, монтаж и наладку ВЛ, КЛ и других электроустановок собственными силами.

Организацию и выполнение работ по строительству, электромонтажу, пусконаладке, испытанию и комплексному опробованию оборудования следует производить руководствуясь законодательством Российской Федерации по охране труда, требованиями ГОСТ 12.3.032-84 "Работы электромонтажные. Общие требования безопасности" и нормативных документов органов государственного надзора, а также требованиями настоящих Правил.

Средства индивидуальной защиты работающих, применяемые в процессе выполнения электромонтажных (наладочных) работ (специальная защитная одежда, обувь и другие средства безопасности), должны соответствовать требованиям государственных стандартов.

Установка, регистрация, освидетельствование, прием в эксплуатацию и работа грузоподъемных кранов и подъемников (вышек) должны осуществляться согласно требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», «Правил устройства и безопасной эксплуатации подъемников (вышек)», грузоподъемных машин, на которые не распространяются эти правила, согласно инструкции заводов-изготовителей.

Производство работ по сооружению линий электропередачи, специальные электромонтажные и наладочные работы должны осуществляться с учетом требований СНиП 12-03-2001 и СНиП 12-04-2002. Разрешается выполнять только при наличии проектов производства работ (ППР) или технологических карт (ТК), утвержденных главным инженером электромонтажной (наладочной) организации; в ППР и ТК для каждого из выполняемых видов работ должны быть предусмотрены конкретные мероприятия по технике безопасности.

Непосредственные руководители и исполнители электро-монтажных работ перед допуском к их выполнению должны быть ознакомлены с требованиями безопасности на месте работ с фактическими условиями труда, знать и выполнять нормы безопасности в объеме порученных работ.

Работникам, занятым на электромонтажных (наладочных) работах, запрещается выполнять работы, относящиеся к эксплуатации электрохозяйства заказчика или генерального подрядчика.

Не допускается использовать находящиеся в стадии монтажа электрические установки в качестве временных установок для электроснабжения электромонтажных (наладочных) работ, а также объектов генподрядчика или заказчика.

Запрещается загромождать материалами и оборудованием проходы, проезды, двери и ворота зданий и сооружений, подходы к действующему оборудованию, электроустановкам, противопожарному инвентарю.

Производственные помещения и площадки для выполнения электромонтажных работ должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.009-83\*, Правил пожарной безопасности в РФ ППБ01-93 и РД 153-34.0-03.301-00.

Искусственное освещение рабочих мест, а также проходов и проездов должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.046-85. Запрещается работа в неосвещенных местах или в местах с освещенностью ниже нормируемого уровня.

При работах на высоте более 1,3 м рабочие места должны иметь ограждения высотой не менее 1,1 м, а при необходимости -защитные и предохранительные устройства (сетки, козырьки, настилы и др.), соответствующие ГОСТ 12.4.059-89 и ГОСТ 23407-78. При отсутствии ограждений, защитных и предохранительных устройств работники должны использовать предохранительные пояса.

Площадки, люльки, леса, подмости и другие средства подмащивания, лестницы должны соответствовать ГОСТ 24258-88, ГОСТ 26887-87, ГОСТ 27321-87, ГОСТ 27372-87.

Леса и подмости высотой до 4 м допускаются к эксплуатации только после их приемки производителем работ или мастером и регистрации в

журнале работ, а выше 4 м - после приемки комиссией, назначенной руководителем строительно-монтажной организации, и оформления акта.

Леса в процессе эксплуатации должны осматриваться прорабом или мастером перед началом работы, а также не реже, чем через каждые 10 дней с регистрацией в журнале.

Подвесные леса и подмости могут быть допущены к эксплуатации только после их испытания в течение одного часа статической нагрузкой, превышающей нормативную на 20 %.

Подъемные подмости, кроме того, должны быть испытаны на динамическую нагрузку, превышающую нормативную на 10 %.

Результаты испытаний подвесных лесов и подмостей должны быть отражены в акте их приемки или в общем журнале работ.

В процессе эксплуатации деревянные лестницы необходимо испытывать каждые полгода, а металлические - один раз в год, испытания проводить статической нагрузкой 1200 Н, приложенной к одной из ступеней в середине пролета лестницы, установленной под углом  $75^\circ$  к горизонту.

Запрещается перемещение лесов при ветре скоростью более 10 м/с.

Запрещается устанавливать (крепить) какие-либо средства подмащивания на смонтированные, находящиеся в стадии монтажа или подготовленные к монтажу конструкции (оборудование), если это не предусмотрено ППР или не подтверждено расчетом, согласованным с проектной организацией.

Нагрузки на настилы лесов и подмостей не должны превышать величин, установленных проектом производства работ или техническим паспортом.

Запрещается производство работ, а также нахождение рабочих под монтируемыми конструкциями и оборудованием.

Металлические корпуса электрооборудования, металлические части машин и механизмов с электроприводом, металлические элементы лесов и подмостей, а также крановые пути должны быть заземлены в соответствии с

«Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок» и «Правилами эксплуатации электроустановок потребителей».

Съемные, раздвижные и откидные ограждения вращающихся и подвижных узлов и частей производственного оборудования, а также дверцы и крышки, установленные на технологических проемах в корпусах этого оборудования, должны иметь запорные устройства, исключающие их случайное открывание. Ограждения, дверцы и крышки должны быть оборудованы блокировочными устройствами, обеспечивающими остановку оборудования при их съеме или открывании, если это оговорено требованиями действующих норм, правил по технике безопасности для этих устройств и инструкций по эксплуатации.

При эксплуатации оборудования, работающего под давлением, должны соблюдаться требования «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» ПБ 10-115-96.

Складирование оборудования и материалов на месте производства электромонтажных работ должно производиться в соответствии с проектом производства работ.

Складирование материалов и оборудования в охранной зоне ВЛ запрещается.

В случае возникновения на месте производства работ условий, угрожающих жизни и здоровью людей, работы должны быть немедленно прекращены, работники выведены из опасной зоны, о чем должно быть сообщено руководству электромонтажной организации.

Работы можно возобновить только по письменному разрешению руководителя после устранения угрожающих факторов.

Эксплуатация средств защиты должна производиться в соответствии с «Правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, техническими требованиями к ним».

Перед началом выполнения строительно-монтажных работ на территории организации Заказчик, генеральный подрядчик и администрация организаций, эксплуатирующие эти объекты, обязаны оформить акт-допуск по форме прил. 2.

На работы повышенной опасности и в зоне действия опасных производственных факторов, возникновение которых не связано с характером выполняемых работ, должен быть выдан наряд-допуск по форме прил. 3.

Наряд-допуск регистрируется в журнале учета и хранится у производителя работ.

К зонам постоянно действующих опасных производственных факторов, в соответствии с СНиП 12-03-2001, относятся:

- места вблизи неизолированных токоведущих частей электроустановок;
- места вблизи неогражденных перепадов по высоте 1,3 м и более;
- места, где возможно превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

К зонам потенциально опасных производственных факторов следует относить:

- участки территорий вблизи строящегося здания (сооружения);
- этажи (ярусы) зданий и сооружений в одной захватке, под которыми происходит монтаж (демонтаж) конструкций или оборудования;
- зоны перемещения машин, оборудования или их частей, рабочих органов;
- места, над которыми происходит перемещение грузов кранами.

На каждом предприятии исходя из перечня видов работ (прил. 4) и мест их производства должен быть разработан и утвержден свой перечень работ, на выполнение которых выдается наряд-допуск.

К работникам, выполняющим работы в условиях действия опасных производственных факторов, связанных с характером работы, предъявляются дополнительные требования безопасности. Перечень таких профессий

должен быть утвержден в организации на основе перечня, приведенного в прил. 5.

К выполнению работ, к которым предъявляются дополнительные требования по безопасности труда, допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и признанные годными, имеющие профессиональные навыки, после прохождения обучения безопасным методам работ и получения соответствующего удостоверения.

К самостоятельным верхолазным работам допускаются рабочие и специалисты не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и признанные годными, имеющие стаж верхолазных работ не менее одного года и тарифный разряд не ниже III.

Работники, впервые допускаемые к верхолазным работам, в течение одного года должны работать под непосредственным надзором опытных рабочих, назначенных приказом руководителя организации.

Весь персонал, участвующий в строительных, монтажных и наладочных работах по сооружению кабельных и высоковольтных линий электропередачи, должен пользоваться защитными касками.

При работе ручными электрическими машинами класса I следует применять индивидуальные средства защиты (диэлектрические перчатки, галоши, коврики и т. п.).

Работы с машинами класса II и III (согласно ГОСТ 12.2.013.0-87) разрешается производить без применения индивидуальных средств защиты.

Для питания переносных светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно применяться напряжение не выше 50 В.

При наличии особо неблагоприятных условий, а именно когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением с большими металлическими, хорошо заземленными поверхностями, и в наружных установках для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.



## Требования к персоналу

Инструктаж, обучение и проверка знаний правил безопасности рабочих и инженерно-технических работников должны быть организованы в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90 и РД 34.12.102-94.

Персонал электромонтажной организации, обслуживающий электроустановки, должен пройти обучение и проверку знаний «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок», ему должна быть присвоена группа по электробезопасности.

Персонал электромонтажной (наладочной) организации, выполняющий работы по монтажу и наладке электроустановок на действующем предприятии, должен пройти обучение и проверку знаний настоящих Правил, «Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок» и ему должна быть присвоена соответствующая группа по электробезопасности.

Работнику, прошедшему проверку знаний настоящих Правил, выдается удостоверение установленной формы, которое он обязан иметь при себе при производстве работ.

Персонал электромонтажной (наладочной) организации, выполняющий работы в действующих установках электрических станций и сетей на правах командированного, должен также пройти обучение и проверку знаний настоящих Правил, «Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок» в своей организации в объеме требований, предъявляемых к выполняемым работам. Выполнение работ в этом случае осуществляется по наряду-допуску, приведенному в прил. 7 Правил.

Перед допуском к работам на действующей электроустановке персонал электромонтажной (наладочной) организации должен пройти инструктаж по безопасности и схемам присоединений под руководством работников

действующей электроустановки, о чем должна быть произведена соответствующая запись в журнале учета инструктажей.

Персоналу необходимо знать, что после исчезновения напряжения на электроустановке оно может быть подано вновь без предупреждения.

Порядок предварительных и периодических медицинских осмотров работников определяется Минздравом России.

В составе электромонтажной бригады должно быть не менее одного рабочего, обученного в качестве инструктора-реаниматора в соответствии с «Инструкцией по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве» РД 153-34.0-03.702-99 и Межотраслевой инструкцией, утвержденной Минздравом РФ (письмо от 28.06.99 № 16-16168).

В случае невыполнения положений настоящих Правил работники могут быть привлечены к дисциплинарной, административной и материальной ответственности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Ответственность за соблюдение мероприятий, предусмотренных актом-допуском (прил. 2) несут руководители организаций, участвующих в работе, и действующего предприятия.

Допуск персонала к работам в действующих электроустановках

Общие требования

Допуск персонала электромонтажной организации к работам в действующих электроустановках должен выполняться в соответствии с требованиями СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Ч.1. Общие требования» и «Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок».

Перед началом работ в действующих электроустановках стороннего предприятия строительно-монтажная организация должна:

оформить акт-допуск по форме прил. 2;

представить эксплуатационному предприятию список работников, которые имеют право выдачи нарядов, руководителей работ и ответственных

исполнителей (производителей) работ из числа тех, кого будет лично допускать к работам представитель эксплуатационного предприятия.

В списке необходимо указать должность, фамилию, инициалы и группу по электробезопасности.

Список должен быть утвержден главным инженером электромонтажной (наладочной) организации.

По прибытии на эксплуатационное предприятие персонал строительно-монтажной организации должен пройти инструктаж по правилам, действующим на данном предприятии, по вопросам электробезопасности с учетом особенностей участков электроустановки, на которых ему предстоит работать.

Проведение инструктажа фиксируется в журнале регистрации инструктажей на эксплуатационном предприятии и в строительно-монтажной организации.

При выполнении работ в действующих электроустановках предприятий различных ведомств и форм собственности персонал строительно-монтажной организации должен руководствоваться правилами безопасности, по которым эксплуатируются данные электроустановки.

Требования к производству работ при монтаже электрооборудования

Распределительные устройства

До начала монтажа строительная часть распределительного устройства должна быть принята от генподрядчика по акту, устанавливающему соответствие ее проекту и готовность к производству электромонтажных работ.

Все металлоконструкции, железобетонные и металлические опоры после их установки должны быть заземлены. Заземлению также подлежат спуски и шлейфы от линий электропередачи у концевых опор или на вводных порталах.

Заземление должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.030-81 и Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок.

До начала электромонтажных работ необходимо на территории открытого распределительного устройства (ОРУ) выполнить монтаж заземляющих устройств и молниеотводов, а также освещение территории распредустройства.

При подвеске блоков, гирлянд изоляторов, установке арматуры, подвеске проводов, ошиновке и других работах на верхних частях конструкций ОРУ опасные зоны на земле должны ограждаться, а в случае невозможности ограждения этих мест необходим непрерывный надзор руководителя работ.

Электрооборудование, предназначенное для монтажа, должно удовлетворять требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75 и ГОСТ 12.2.007.4-75.

Не допускается крепление строповых устройств за элементы оборудования, не предусмотренные для строповки.

Крепление оборудования и отдельных его элементов случайными крепежными материалами не допускается.

При подъеме и установке привода выключателя держать его за маховики или рукоятку запрещается.

Подъем и перемещение высоковольтных выключателей, автоматов, приводов, а также других аппаратов, снабженных возвратными пружинами или механизмами свободного расцепления, должны производиться в положении «Отключено», а не имеющих возвратных пружин - «Включено».

Поступившие во включенном положении выключатели и приводы с возвратными пружинами или механизмами свободного расцепления перед монтажом должны быть отключены. Спуск и натягивание возвратных пружин (пружин свободного расцепления) без предусмотренных заводской инструкцией приспособлений не допускается.

При монтаже однополюсных разъединителей необходимо принять меры для предотвращения самопроизвольного выбрасывания ножа.

Запрещается при установке конструкций, закрепляемых в стенах, потолках или полках при помощи цементных растворов, удалять поддерживающие детали (подпорки, растяжки и т. п.) до затвердения растворов.

При монтаже щитов, пультов, панелей и т. п. их устойчивость до окончательного закрепления необходимо обеспечивать путем временного крепления к прочным строительным конструкциям.

Перемещение, подъем и установка камер, щитов или блоков РУ и другого оборудования должны осуществляться с принятием мер, предупреждающих их опрокидывание (строповка выше центра тяжести, применение оттяжек и др.).

Запрещается оставлять инструмент и неукрепленные детали на каркасах монтируемых щитов, ячеек и на других конструкциях.

При монтаже трансформаторов тока и присоединении к ним проводов вторичных цепей неиспользуемые вторичные обмотки должны быть закорочены и заземлены.

Для проверки контактов масляных выключателей на одновременность включения, а также для освещения при работах внутри бака выключателя должно применяться напряжение не выше 12В.

На месте установки центрифуги или фильтра-пресса у маслонаполняемых аппаратов должны быть вывешены плакаты, запрещающие разведение открытого огня, курение и производство сварки.

Запрещается слив, заполнение и промывка маслом аппаратов при наличии открытого огня на расстоянии менее 10 м, а также применение стеклянной тары для слива и заливки масла (за исключением взятия пробы).

При регулировке выключателей и разъединителей, соединенных с приводами дистанционного управления, должны быть приняты меры, предотвращающие возможность включения или отключения приводов. Если

в процессе регулировки механизма требуется включить оперативный ток, то устанавливать предохранители можно после удаления людей от аппарата.

Не допускается одновременно производить регулировку, осмотр или присоединение разъединителей и выключателей независимо от того, расположены ли эти аппараты в одной камере с приводами или приводы вынесены за пределы камеры.

При установке и регулировке устройств и аппаратов, имеющих подвижные части позади панели (рубильник с рычажным приводом и т. п.), необходимо предупредить об этом работающих сзади щита.

При опробовании и регулировке электромагнитных, моторных, пружинных и других приводов рукоятки ручного управления должны быть сняты.

Запрещается производить пайку и лужение концов проводов без защитных очков. Плавить припой необходимо в специальном тигле, который должен иметь крышку с отверстием для опускания одного провода.

Запрещается поднимать тигель с расплавленным припоем выше груди.

Запрещается выполнять монтажные работы или находиться посторонним лицам ближе 50 м от места испытания воздушных выключателей.

При производстве работ, связанных с пребыванием людей внутри воздухохраников, вентили на трубопроводах для подачи воздуха следует закрыть, запереть на замок и вывесить плакат «Не открывать - работают люди!». Спускные вентили должны быть открыты, заперты на замок и необходимо вывесить плакат «Не закрывать - работают люди!».

Проверку влагонепроницаемости (герметичности) воздушных выключателей всех типов следует, как правило, производить по спаду давления без подъема людей на выключателе.

Приближение людей и подъем их на выключатель могут быть разрешены только после снижения давления воздуха до величины, предусмотренной для проверки на влагонепроницаемость.

Указание на производство операции по включению и отключению при опробовании воздушных выключателей разрешается подавать руководителю бригады после того, как он убедится, что все члены бригады удалены от выключателя на безопасное расстояние или находятся в укрытии.

Запрещается при установке элементов конструкций опор и фундаментов закреплять расчалки на незакрепленные опоры. Временные расчалки могут быть закреплены к прочным опорам или специальным якорям.

### Силовые трансформаторы

Требования к подготовке площадки под монтаж трансформатора и его монтаж должны соответствовать СНиП 3.05.06-85.

На время производства работ из числа инженерно-технических работников электромонтажной организации должно быть назначено лицо, ответственное за соблюдение правил техники безопасности и пожарной безопасности при монтаже трансформатора.

Разгрузка и перемещение трансформатора должна производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.009-76\* и технологических карт перемещения с указанием мер безопасности и инструкций охраны труда (ИОТ). Место производства погрузочно-разгрузочных работ должно быть оборудовано знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026-76.

Запрещается во время перемещения трансформатора производить какие-либо работы или находиться на нем.

Запрещается поднимать трансформатор за подъемные кольца, предназначенные для подъема выемной части.

Работы по ревизии и монтажу трансформатора должны производиться по технологическим картам и инструкции по эксплуатации изделия с указанием средств безопасности и инструкций охраны труда.

Работы, выполняемые на высоте более 1,3 м относительно земли, пола или настила, должны выполняться с лесов, площадок, имеющих ограждения, или подъемной вышки.

При сварочных работах в зоне монтажа трансформаторов, место сварки должно быть закрыто экранами.

Сварочные работы непосредственно на трансформаторе должны производиться только после заливки его маслом до уровня от 200 до 250 мм выше места сварки во избежание воспламенения паров и масла.

Удалять остатки масла из баков трансформаторов или очищать их внутреннюю поверхность разрешается только при вынутом и отведенном в сторону сердечнике.

Лестницы, устанавливаемые внутри бака и снаружи трансформаторов, должны быть закреплены.

Работать под поднятой крышкой трансформатора разрешается только при условии, если между крышкой и баком трансформатора установлены предохранительные деревянные подкладки, горизонтально выложенные по уровню и надежно удерживающие выемную часть трансформатора.

Перед осмотром внутренней части бака трансформатора карманы одежды осматривающего должны быть освобождены от всяких предметов.

При работе внутри бака трансформатора следует применять переносные светильники с лампами на напряжение не выше 12 В.

Промывать бак и арматуру трансформатора следует теплым трансформаторным маслом. Запрещается использовать для этой цели бензин и другие легковоспламеняющиеся вещества.

Помещение, в котором производится сушка трансформатора с маслом, должно вентилироваться.

Установка маслоочистительной аппаратуры должна позволять обслуживающему персоналу свободный обход аппаратуры со всех сторон.

Расстояние между аппаратурой и стенами (оборудованием) должно быть не менее 1,5 м со стороны щита управления, а в остальных случаях - не менее 0,75 м.

Запрещается производить сварочные работы или пайку в помещении, в котором работает маслоочистительная аппаратура.



Выполнять ремонтные работы на маслоочистительной аппаратуре разрешается только при снятом напряжении.

При монтаже силовых трансформаторов рабочие, занятые подготовкой и очисткой масла, должны быть обеспечены спецодеждой - брезентовыми костюмами и кожаными ботинками.

До начала сушки трансформаторов электрическим током баки трансформаторов должны быть заземлены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.030-81.

При сушке трансформаторов электрическим током, воздуходувками, а также в донных печах место работы необходимо надежно оградить, исключив возможность прикосновения к намагничивающей обмотке, токоведущим частям, а также к вводу, на который подается напряжение, и вывесить предупреждающие плакаты: «Стой - напряжение!».

При измерении сопротивления изоляции обмоток трансформатора питание намагничивающей обмотки должно отключаться. Перед началом каждого измерения испытываемую обмотку необходимо заземлить на время не менее двух минут.

Для утепления трансформаторов при сушке и контрольном прогреве должны применяться несгораемые теплоизоляционные материалы.

При работах с совтоловым заполнителем трансформаторов необходимо применять шланги, прокладки и другие материалы, стойкие к совтолу.

При работах с совтолом необходимо надевать специальную защитную одежду, которую следует хранить отдельно от личной одежды и спецодежды других работников.

Все работы с совтолом следует выполнять с применением индивидуальных средств защиты (противогазов, защитных масок).

Попавший на кожу тела совтол должен немедленно смываться растворителем (ацетоном), а затем теплой водой с мылом.

Запрещается совмещать монтажные работы на трансформаторе с его наладкой и испытанием.

## Внутренние силовые и осветительные сети

Сверление отверстий в кирпиче и бетоне разрешается производить в защитных очках или защитном щитке из небьющегося прозрачного материала.

Сверление сквозных отверстий в стенах и междуэтажных перекрытиях, а также натяжение в горизонтальном направлении проводов сечением более 4 мм<sup>2</sup> следует производить с лесов, подмостей и передвижных вышек. Не допускается производить эти работы с приставных лестниц, стремянок.

Крепление подъемных приспособлений к строительным конструкциям разрешается в местах, указанных в проекте производства работ и согласованных со строительной организацией.

При подъеме на высоту проводов, кабелей, шин, изоляторов, металлоконструкций и других деталей должны быть приняты меры, предотвращающие падение и раскачивание в воздухе поднимаемых материалов и изделий.

Поднятые вверх для монтажа материалы и изделия должны немедленно закрепляться или складываться таким образом, чтобы была исключена возможность их падения.

Спуск материалов и изделий, а также протаскивание их через проемы в стенах или перекрытиях допускаются при условии ограждения места работ и под надзором квалифицированных звеньевых или бригадиров.

Запрещается:

ходить по проложенным коробам, лоткам, трубным блокам и т. п.;

производить монтаж тросовых проводок с приставных лестниц;

затягивать провода через протяжные коробки, ящики, трубы, блоки, в которых находятся провода под напряжением, с помощью стальной проволоки.

Выпрямление проводов, проволоки и металлических лент при помощи лебедок и других приспособлений должно производиться на огражденных площадках, находящихся вдали от неизолированных токоведущих частей,

сетей и линий. Не допускается находиться на этих площадках посторонним лицам.

Концы труб для прокладки проводов должны быть зачищены от заусенцев.

Прокладка проводов и кабелей должна производиться только в закрепленные в соответствии с проектом трубы, лотки и короба.

При необходимости выхода с люльки подъемника (вышки), настила подмостей или лесов, лестницы и т. п. на фермы здания работающие обязаны прикрепляться предохранительным поясом к ограждению фермы или специальному тросу. Место крепления предусматривается в ППР и на месте выполнения работ указывается мастером.

Проверка сопротивления изоляции с помощью мегомметра должна производиться персоналом, который имеет группу по электробезопасности не ниже III.

Концы проводов, которые могут оказаться под напряжением, должны быть ограждены или находиться под наблюдением. На ограждениях следует вывесить плакат: «Стой - напряжение!».

Пайка и лужение проводов и кабелей должны производиться в брезентовых удлиненных рукавицах и защитных очках.

Запрещается передача тигля с расплавленным припоем из рук в руки; при передаче тигель следует ставить на землю.

Разборку форм после окончания пайки способом заливки расплавленного припоя в форму разрешается производить только после их охлаждения.

Перед монтажом светильников приспособления для их крепления должны быть испытаны в соответствии с рабочими чертежами и требованиями ППР.

Провода должны вводиться в осветительную арматуру таким образом, чтобы в месте ввода они не подвергались механическим повреждениям, а контакты патронов были разгружены от механических усилий.

Соединение проводов внутри кронштейнов, подвесов или труб, при помощи которых устанавливается осветительная арматура, не допускается.

#### Кабельные линии

Бестраншейная прокладка кабеля с помощью ножевого кабелеукладчика запрещается на территориях городов и промышленных предприятий в местах, имеющих подземные коммуникации и инженерные сооружения.

При перекатке барабанов с кабелем необходимо принимать меры против захвата выступающими частями барабанов одежды рабочих. До начала перекатки барабанов должны быть удалены все выступающие на них гвозди, а концы кабеля надежно закреплены.

На пути перемещаемого барабана с кабелем запрещается находиться людям.

Для раскатки кабеля барабаны должны устанавливаться на домкраты соответствующей грузоподъемности или специальные тележки. При подъеме барабанов необходимо следить за тем, чтобы щеки барабана и втулки не были повреждены, а раскаточная ось не сдвигалась с опор.

Кабель с барабанов разрешается разматывать только при наличии тормозного приспособления и в направлении стрелки указанной на щеке барабана.

Запрещается выполнять работы по прокладке кабеля без рукавиц.

Прокладка кабеля может быть начата только после удаления из траншей предметов, препятствующих производству работ (металлических прутьев, проволоки, досок, бревен, концов труб и т. п.).

Прокладка кабелей должна, как правило, производиться механизированным способом (с помощью тяговых лебедок, направляющих роликов). Запрещается нахождение рабочих внутри углов поворота кабеля, а также поддержка кабеля на углах поворота или оттяжка его вручную. Для этой цели в местах поворота должны быть установлены угловые

направляющие ролики. При прокладке кабеля вручную все рабочие должны находиться по одну его сторону.

Запрещается размещать кабель, пустые барабаны, механизмы, приспособления и инструмент непосредственно у бровки траншеи. Расстояние от края траншеи до механизмов должно быть в соответствии с требованиями раздела «Земляные и лесосечные работы» настоящих Правил. При необходимости расположения тяжестей на расстоянии, менее допустимого, стенки траншеи должны быть закреплены.

При раскатке с передвигающегося транспортера, кабелеукладчика, со специально оборудованной автомашины или трубоукладчика принимать и укладывать кабель должны не менее двух человек.

Протягивание кабеля через проемы в стенах допускается при условии нахождения рабочих по обе стороны стены. При протаскивании силовых кабелей через отверстия, междуэтажные перекрытия и трубы необходимо принимать меры, исключающие попадание рук работающих в проемы и трубы. Расстояние от входа протаскиваемого кабеля в трубные канализации до крайнего положения рук рабочих при толкании кабеля должно составлять не менее 1 м.

Подъем, крепление и выправка кабеля, масса 1 м которого более 1 кг, с приставных лестниц и стремянок не допускается. При укладке кабеля с вышек работы должны производиться с соблюдением «Правил устройства и безопасной эксплуатации подъемников (вышек)» ПБ-10-256-98.

При протягивании кабеля с помощью лебедок через трубные блоки с промежуточными кабельными колодцами должна быть обеспечена четкая подача команд для рабочих, находящихся в колодцах или камерах, по телефону, радио или через специально назначенных связных.

Дежурный у кабеля, прогреваемого электрическим током, должен иметь группу по электробезопасности не ниже III. Он должен быть обеспечен на время дежурства средствами защиты (диэлектрическими перчатками и галошами).

Трансформатор для электропрогрева кабеля должен иметь коммутационный аппарат с защитой от коротких замыканий, а вторичные обмотки трансформатора, жилы и броня прогреваемых кабелей должны быть надежно заземлены. Запрещается применять для прогрева кабеля напряжение выше 250 В.

Осмотр кабельных колодцев и работа в них должны производиться не менее чем тремя лицами, двое из которых назначаются наблюдающими. Работы следует выполнять по наряду-допуску.

Перед допуском рабочих в кабельные колодцы с возможным появлением вредного газа необходимо провести анализ воздушной среды на наличие токсичных, ядовитых газов и содержание кислорода. Работающие в местах с возможным появлением газа должны быть обеспечены защитными средствами: противогазами, кислородными изолирующими приборами, шланговыми противогазами.

Запрещается применение для вентиляции колодцев баллонов со сжатыми газами (воздухом, кислородом).

Рабочие, находящиеся в колодце, должны применять предохранительные пояса с наплечными ремнями и страховочные канаты. Один из страхующих снаружи обязан держать канат в руках и в необходимых случаях принимать меры к эвакуации пострадавшего. Для оказания помощи пострадавшему спускаться в колодец без кислородного изолирующего прибора или шлангового противогаза запрещается.

При работах в коллекторах и туннелях должны быть открыты два люка и двери, причем работающие должны находиться между ними.

При работах в колодцах, туннелях и коллекторах работающие должны выходить на открытый воздух через каждый час работы на 10 мин.

Запрещается хранение в кабельных сооружениях каких-либо материалов.

Освещение рабочих мест в колодцах, туннелях и коллекторах следует выполнять переносными лампами напряжением не выше 12 В с защитными

сетками или аккумуляторными фонарями во взрывозащищенном исполнении. Разжигание паяльных ламп, установка баллонов с пропан-бутаном, разогрев мастики (кабельной массы) и припоя должны производиться вне колодцев.

Расплавленный припой и разогретая мастика должны опускаться в колодец в специальных ковшах или закрытых бачках, подвешенных при помощи карабина к металлическому тросику. Передача паяльных ламп из рук в руки без установки их на землю запрещается.

При разжигании паяльных ламп для ограждения пламени должны применяться щитки из огнеупорного материала, а вблизи рабочего места должна находиться ткань из негорючего материала (кошма).

К работе с эпоксидным компаундом допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр и получившие разрешение врача. Общий медицинский осмотр должен производиться периодически - 1 раз в 2 года, а осмотр дерматологом - 1 раз в 5 лет.

При работе с эпоксидным компаундом и его отвердителем необходимо соблюдать следующие правила:

запрещается хранение и прием пищи и курение в помещениях, где производится монтаж муфт с эпоксидным компаундом;

эпоксидный компаунд и отвердитель, если они не в герметичной упаковке, следует хранить в закрытой таре в хорошо проветриваемых помещениях или вытяжных шкафах;

сосуды с жидкими эпоксидными смолами должны быть всегда плотно закупорены;

все работающие с эпоксидными компаундами должны быть обеспечены резиновыми медицинскими перчатками, защитными очками, защитной одеждой. Уносить одежду домой запрещается. Загрязненная одежда подлежит своевременной замене.

Персонал, имеющий допуск для работы с полимерами, должен получить дополнительный инструктаж по безопасности труда.

Импортные полимерные материалы допускается применять только по согласованию с органами Госкомсанэпиднадзора России.

Кабельная масса для заливки муфт должна разогреваться на жаровне в железном сосуде с крышкой и носиком. Температура разогрева определяется по термометру. Запрещается доводить массу до кипения.

Разогрев, снятие и переноску кастрюли с кабельной массой или ковша с припоем, а также пайку соединений и заливку муфты массой необходимо производить в рукавицах и предохранительных очках.

Запрещается разогревать не вскрытые банки с кабельной массой, так как при вскрытии после разогрева возможен выброс горячей массы.

Перемешивание расплавленной массы или припоя следует производить металлическим прутком или металлической ложкой. Во избежание выплескивания следует следить, чтобы мешалка была сухой и чистой.

При применении ацетона и бензина для обезжиривания оболочки и брони кабеля необходимо соблюдать правила пожарной безопасности.

Запрещается пользоваться для этой цели этилированным бензином.

При прокладке кабеля через водоемы необходимо соблюдать требования безопасности при работе на водоемах. Работы должны производиться согласно проекту производства работ.

Палуба или трюм баржи, предназначенной для прокладки кабеля, перед началом работ должны быть очищены от лишних предметов: канатов, якорей, бревен, досок и т. д. На барже должно находиться не менее двух спасательных лодок, а на месте прокладки кабеля - не менее трех лодок, оборудованных спасательными средствами.

При прокладке кабеля с баржи мостики и сходни, по которым подается кабель, должны иметь поручни и поперечно нашитые на настил планки. Во время подачи кабеля с барабана на палубу баржи (самоходного судна) и при спуске его на воду рабочие должны находиться с одной стороны кабеля.



На берегу водоема в зоне расположения троса, за который осуществляется тяжение кабеля, запрещается присутствие посторонних людей.

При передвижении кабелеукладчика-траншеекопателя по дну водоема лодки с людьми не должны находиться в зоне расположения буксировочного троса.

К погруженному в воду кабелеукладчику-траншеекопателю должен быть закреплен тросом буй, показывающий место его расположения.

На месте работ по подводной прокладке кабеля должна быть организована спасательная станция (спасательный пост). Все участники производства работ должны быть обеспечены спасательными средствами в соответствии с требованиями проекта производства работы и инструкций охраны труда.

Прокладка кабеля со льда допускается после получения разрешения на работы от административных органов района (округа), наблюдающих за безопасностью передвижения по льду, предварительной проверки толщины льда и его прочности.

Собираться рабочим на краю пробитой во льду полыньи, а посторонним лицам проходить вблизи нее запрещается. Опускать кабель в воду следует под наблюдением прораба.

Полынья для прокладки кабеля должна быть ограждена, а также следует установить предупредительные плакаты.

Запрещается перевозка и установка барабанов с кабелем по льду толщиной менее 0,5 м.

При монтаже соединительных стопорных и концевых муфт маслонаполненных кабелей напряжением 110 кВ и выше, в которых внутренняя полость находится под давлением, необходимо применять индивидуальные средства защиты (защитные очки, рукавицы), а при работе в колодце с использованием жидких газов для замораживания масла в кабеле должна быть включена принудительная вентиляция.

### 16.3 Экология

Согласно ПУЭ гл.4.2 во встроенных в здание трансформаторных подстанциях рекомендуется использовать сухие трансформаторы по причине их более лучших показателей в вопросах пожарной безопасности и экологии.

Во многих странах в последнее время все большее внимание уделяется экологической безопасности эксплуатируемого электротехнического оборудования. Сухие трансформаторы с литыми обмотками из эпоксидной смолы соответствуют всем требованиям по экологической и пожарной безопасности МЭК и ГОСТ. В них не используется токсичный диэлектрик, при эксплуатации они не производят никаких выбросов в окружающую среду и даже если они находятся в очаге пожара, то обмотки и магнитопровод не поддерживают горение и не выделяют вредных токсичных веществ в атмосферу. Уникальные свойства этой изоляции состоят в том, что она не только отличный диэлектрик, обеспечивая длительный срок эксплуатации трансформатора, но и обладает противопожарным эффектом: под воздействием большой температуры на поверхности обмотки образуется паровая рубашка, в месте воздействия огня по поверхности обмотки формируется теплоотражающий экран из оксида алюминия, происходит перераспределение температуры по всей поверхности обмотки и вследствие этих факторов температура на месте контакта обмотки с огнем не достигает точки воспламенения.

Вследствие перечисленных свойств сухие трансформаторы находят все более широкое применение, несмотря на ценовую разницу в стоимости (при покупке) по сравнению с масляными трансформаторами. Эксплуатационные расходы сухого трансформатора с литыми обмотками значительно ниже, чем у масляного, поскольку они не требуют регулярного обслуживания.

Дополнительные основные преимущества замены масляных трансформаторов на сухие:

В связи с тем, что не требуется трудоемкое техническое обслуживание, нет необходимости в таких работах, как герметизация, восстановление защиты баков от коррозии, очистка масла.

Малые габариты сухих трансформаторов позволяют устанавливать трансформаторы большей мощности в существующие трансформаторные подстанции при их реконструкции.

Устойчивость к воздействию сырости и влажности.

Отсутствие в трансформаторе масла устраняет угрозу загрязнения окружающей среды при его утечке. Отсутствие токсичных и едких газов, выделяющихся в случае пожара, устраняет угрозу загрязнения окружающей среды.

## Заключение

Спроектированная система электроснабжения бизнес-центра имеет следующую структуру.

Трансформаторная подстанция получает питание от двух независимых источников, передача производится по кабельным линиям электропередач длиной 1,3 км и 0,04 км напряжением 6 кВ. В качестве пункта приёма электроэнергии используется двухтрансформаторная ТП с сухими трансформаторами мощностью 1000 кВА каждый.

В результате проделанной работы были определены следующие параметры электроснабжения.

Расчётные нагрузки здания, были рассмотрены два варианта по установке трансформаторов и выбран наиболее оптимальный вариант исходя из технико-экономических расчетов и норм ПУЭ. На основании технико-экономического расчёта было выбрано устройство высокого напряжения типа «выключатель». Питающие линии марки ААШв 3\*95.

Для выбора элементов схемы электроснабжения был проведён расчёт токов короткого замыкания в трёх точках. На основании этих данных были выбраны аппараты на сторонах 6 кВ и 0,4 кВ, а также проведена проверка КЛЭП на термическую стойкость.

Был рассмотрен расчёт заземляющего устройства подстанции.

Приведена сметная стоимость предлагаемого оборудования и сметная стоимость монтажных и пуско-наладочных работ.

Описаны требования правил безопасности при строительстве линий электропередачи и производстве электромонтажных работ.

В целом предложенная схема электроснабжения отвечает требованиям безопасности, надёжности, экономичности.

## Литература

1. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов вузов. Кудрин Б.И. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005.
2. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для сред. проф. образования/ Е.А. Конюхова – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
3. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. для проф. учеб. заведений/ Ю.Д. Сбикин, М.Ю. Сбикин, В.А. Яшков – М.: Высш. шк., 2001.
4. Руководящее указание по расчету токов короткого замыкания и выбора электрооборудования/под ред Б.Н. Неклепава – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2004.
5. Справочник по проектированию электрических сетей. Под ред Д.Л. Файбисовича – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2005.
6. Защитное заземление и защитное зануление электроустановок: Справочник/ В.Д. Маньков, С.Ф. Заграничный – СПб: Политехника, 2005.
7. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования/ В.П. Шеховцов – М.: Форум: ИНФРА-М, 2005.
8. ПУЭ. Раздел 1. Глава 3. Глава 7.
9. Электронный справочник «ИнформЭлектро».