

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2020 г.

Модернизация трансформаторной подстанции насосной станции

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2020.025.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы,
ст. преподаватель
_____ Т. Н. Усиевич
_____ 26 июня 2020 г.

Автор работы
студент группы ДО – 503
_____ И. К. Мутраков
_____ 26 июня 2020 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Мутраков И.К. Модернизация трансформаторной подстанции насосной станции - Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», ИОДО; 2020, 62 с., 9 илл., библиографический список – 17 наименований, 4 листов чертежей ф.А1, 3 листа плакатов ф.А1.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается модернизация трансформаторной подстанции насосной станции г. Трехгорный-1.

Произведен анализ исходных данных. Приведено сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий. Дано описание трансформаторной подстанции. Произведён анализ установленного на подстанции оборудования, по результатам которого принято решение по модернизации данной подстанции.

В специальном разделе произведены расчёты нагрузки на шинах подстанции; расчёт компенсации реактивной мощности. Произведён анализ силовых трансформаторов, по результатам которого принято решение об их замене на силовые трансформаторы с большей номинальной мощностью. Произведён расчёт питающих линий на напряжение 10 и 0,4 кВ. Произведён расчёт токов короткого замыкания и выбор оборудования.

Произведён экономический расчёт предлагаемого проекта модернизации. Рассмотрена тема производства оперативных переключений на предприятии. Произведён расчёт защитного заземления на трансформаторной подстанции, приведена тема по проведению противоаварийных и противопожарных тренировок на предприятии и рассмотрены меры пожарной безопасности на трансформаторной подстанции.

					13.03.02.2020.938.00.000 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мутраков И.К.			Модернизация трансформаторной подстанции насосной станции	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Усиевич Т.Н.				Д	4	62
<i>Реценз.</i>						ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» ИОДО		
<i>Н. Контр.</i>		Микерина О.С.				Кафедра «ТТС» гр.ДО-503		
<i>Утверд.</i>		Виноградов К.М.						

2 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

2.1 Существующая схема электроснабжения

Однолинейная схема трансформаторной подстанции насосной станции представлена на чертеже №3. ТП-10 получает питание от двух разных трансформаторных подстанций ТП-9 и ТП-25 кабельными линиями марки СБ-10 3х16 протяженностью 2220м (от ТП-9) на 2 секцию шин в яч.№5 и кабелем ААБ 3х35 протяженностью 1800м (от ТП-25) на 2 секцию шин в яч.№6. Данные кабельные линии находятся в эксплуатации с момента ввода данной трансформаторной подстанции в эксплуатацию, т.е. с 1958г. В ходе эксплуатации на данных кабельных линиях производились множественные ремонты.

2.2 Перечень электроприёмников насосной станции

Таблица 1 – Перечень электроприёмников насосной станции

Номер и название фидера	Наименование оборудования	Количество	Потребляемая мощность
Р-1 Насосная ввод №1	Насос центробежный №1 5МС-10х3	1	132 кВт
	Насос центробежный №3, КСМ-70	1	100 кВт
	Настольно-сверлильный станок СН-12А	2	0,65 кВт
	Освещение помещений лампами накаливания 95Вт	18	95 Вт
Р-2 Уличное освещение	Светильники РКУ-250	8	250 Вт
Р-5 Скважина №1	Насос глубинный №1 ЭЦВ 10-65-110	1	32 кВт
Р-8 ЩО ТП-10, КПП-5	Освещение ТП лампами накаливания 95Вт	7	95 Вт
	Электроприёмники КПП-5		5 кВт
Р-10 Скважина №2	Насос глубинный №2 ЭЦВ-10-65-200	1	50 кВт
Р-12 Насосная ввод №2	Насос центробежный №2 ЦНС 105-245	1	105 кВт
	Насос центробежный №4 КСМ-70	1	100 кВт
	Насос центробежный №5 ЦНСн-105-147	1	75 кВт

Выводы по разделу два

По всей протяженности кабельных линий большое количество соединительных муфт; срок эксплуатации данных КЛ 62 года; данные кабельные линии подлежат замене.

– временно допустимые режимы, при которых отклонения параметров допустимы на определенное ограниченное время без существенного ущерба для сети и питаемых от нее приемников (например, систематические перегрузки силовых трансформаторов);

– аварийные режимы, характеризующиеся опасными для элементов сети сверхтоками или другими недопустимыми явлениями (например, КЗ, обрывы проводов); они имеют, как правило, переходный (неустановившийся) характер;

– послеаварийные режимы, в которые входят как переходные процессы (например, вызванные одновременным самозапуском большого числа двигателей), так и установившиеся режимы в новых условиях питания, часто ограниченных по мощности.

– В зависимости от длительности нагрузки электроприемники подразделяют на три характерные группы:

– работающие в режиме с продолжительно неизменной или мало меняющейся нагрузкой; в этом режиме электрооборудование может работать продолжительное время без превышения температуры отдельных частей оборудования выше допустимой (например, электродвигатели насосов, вентиляторов);

– работающие в режиме повторно-кратковременной нагрузки; в этом режиме кратковременные рабочие периоды электрооборудования чередуются с кратковременными периодами отключения; кроме того, в этом режиме электрооборудование может работать с допустимой для него относительной продолжительностью включения неограниченное время;

– работающие в режиме кратковременной нагрузки; в этом режиме электрооборудование может работать длительно, так как период остановки электрооборудования настолько длителен, что оно практически успевает охладиться до температуры окружающей среды (например, электродвигатели электроприводов вспомогательных механизмов).

Для обеспечения надежного питания электроприемников при эксплуатации систем электроснабжения необходимо учитывать режимы кратковременных перегрузок электрооборудования на период от нескольких часов до нескольких суток. Эти режимы имеют место при повреждении или отключении электрооборудования (линий, трансформаторов, секций шин и др.) и должны предусматриваться заранее, еще при проектировании. Тогда в условиях эксплуатации надежность питания будет значительно повышена.

Необходимость перегрузки электрооборудования возникает не только в послеаварийных режимах, но и в случае увеличивающейся электрической нагрузки здания. В среднем для воздушных и кабельных линий допускают перегрузку на 30—35%; для силовых трансформаторов, согласно ПУЭ, систематическая перегрузка может составлять не более 30%, а аварийная — 40% и более в зависимости от ее продолжительности.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взаим. име. №	Име. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ

Лист
14

Для того чтобы выбранное по номинальным параметрам электрооборудование надежно работало в системах электроснабжения, его проверяют на термическую и электродинамическую стойкость к токам КЗ.

Расчет токов КЗ выполняют как при проектировании, так и при анализе работы систем электроснабжения в условиях эксплуатации. Этот расчет преследует две цели:

- выбор мер по ограничению токов КЗ или времени их действия;
- определение минимально возможных токов КЗ для проверки чувствительности защиты, правильного выбора параметров срабатывания и максимально возможного времени срабатывания защиты.

Вывод по разделу три

Оборудование данной трансформаторной подстанции устарело, применение современного оборудования повысит качество электроэнергии и надежность электроснабжения.

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Инва. № дубл	Подп. и дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$K_{и. общ} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{н*н}} \quad (6)$$

$$K_{и. общ} = \frac{455,19}{604,675} = 0,75$$

Нахожу коэффициент максимума для активной мощности, исходя из эффективного числа электроприёмников и коэффициента использования табл. 1.5.3. [2].

Нахожу коэффициент максимума для реактивной мощности:

$$K_{м'} = 1,1, \text{ при: } K_{и} < 0,2 \text{ и } n_3 \leq 100$$

$$K_{и} \geq 0,2 \text{ и } n_3 \leq 10$$

Во всех остальных случаях $K_{м'} = 1$

Максимально активную мощность, потребляемую электроприёмниками, нахожу по формуле:

$$P_{max} = \sum P_{см} * K_{м'} \quad (7)$$

$$P_{max} = 455,19 * 1,1 = 500,71 \text{ кВт}$$

Нахожу максимально реактивную мощность, потребляемую электроприёмниками:

$$Q_{max} = \sum Q_{см} * K_{м'} \quad (8)$$

$$Q_{max} = 309,61 * 1,1 = 340,57 \text{ кВар}$$

Рассчитываю полную мощность:

$$S = \sqrt{P_{max}^2 + Q_{max}^2} \quad (9)$$

$$S = \sqrt{500,71^2 + 340,57^2} = \sqrt{366698,42} = 605,55 \text{ кВА}$$

Полученные данные заносим в таблицу 2.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ				Лист			
									17			
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

Таблица 2 – Расчет электрических нагрузок на шинах подстанции

№ пп	Наим. приёмников	n, шт.	P _н кВт	P _н *n кВт	K _н	cosφ	tgφ	m	P _{см} кВт	Q _{см} кВар	n _э шт.	K _н общ	K _м	P _{пmax} кВт	Q _{пmax} кВар	S кВА
1	Насос центробежный №1 5МС-10х3	1	132	132	0,75	0,8	0,75		99	74,25						
2	Насос центробежный №3, №4 КСМ-70	2	100	200	0,75	0,8	0,75		150	112,5						
3	Настольно-сверлильный станок СН-12А	2	0,65	1,3	0,75	0,8	0,75		0,975	0,73						
4	Освещение помещений лампами накаливания 95Вт	18	0,95	1,71	1,0	0,95	0,33		1,45	0,48						
5	Уличное освещение	8	0,25	2,0	1,0	0,95	0,33		1,7	0,56						
6	Насос глубинный №1 ЭЦВ 10-65-110	1	32	32	0,75	0,8	0,75		24	18						
7	Освещение ТП лампами накали- вания 95Вт	7	0,95	0,665	1,0	0,95	0,33		0,565	0,186						
8	Электроприёмники КПП-5	1	5	5,0	1,0	0,95	0,33		5	1,65						
9	Насос глубинный №2 ЭЦВ-10-65-200	1	50	50	0,75	0,8	0,75		37,5	28,125						
10	Насос центробежный №2 ЦНС 105-245	1	105	105	0,75	0,8	0,75		78,75	59,06						
11	Насос центробежный №5 ЦНСн-105-147	1	75	75	0,75	0,8	0,75		56,25	42,19						
				604,675				203,07	455,19	309,61	9	0,75	1	500,71	340,57	605,55

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

130302.2020.938.00.000 ПЗ

Лист

18

Нахожу мощность, которую необходимо компенсировать:

$$Q_k = P_{\max}(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) \quad (11)$$

$$Q_k = 500,71 \cdot (0,68 - 0,35) = 165,23 \text{ кВар},$$

где P_{\max} – максимально активная нагрузка (берется из табл. №1).

$\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,35$ – для электроустановок по 0,4 кВ (согласно приказу №49 от 22.02.2007 Мин. Пром. Энерго РФ).

$\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,4$ – для электроустановок по 6 - 20 кВ (согласно приказу №49 от 22.02.2007 Мин. Пром. Энерго РФ).

$\operatorname{tg}\varphi_1$ – общий для группы электропотребителей коэффициент мощности определяется по формуле:

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{Q_{\max}}{P_{\max}}, \quad (12)$$

где Q_{\max} – максимальная реактивная нагрузка (берется из табл. №1).

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{340,57}{500,71} = 0,68$$

Определяю остаточную реактивную мощность по формуле:

$$Q_2 = Q_{\max} - Q_{ky}, \quad (13)$$

где Q_{ky} – реактивная мощность компенсирующего устройства (батарея статических конденсаторов или реактивная мощность вырабатываемая синхронным электродвигателем).

Выбираю по стороне 0,4 кВ две конденсаторные установки типа КРМ 0,4-90-10 УЗ-У1, мощностью по 90 кВар каждая.

$$Q_2 = 340,57 - 2 \cdot 90 = 160,57 \text{ кВар}$$

Расчетная мощность трансформатора после установки источников реактивной мощности определяется по формуле:

$$S = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_2^2} \quad (14)$$

$$S = \sqrt{500,71^2 + 160,57^2} = 525,83 \text{ кВА}$$

4.3 Анализ силовых трансформаторов

Число и мощность трансформаторов выбирается, исходя из следующих критериев: категории электропотребителей, средней максимальной мощности потребителей, экономически целесообразного режима работы трансформатора (минимальные потери мощности и электроэнергии в трансформаторе при работе по заданному графику нагрузок).

Для электропотребителей II категории необходимым условием является бесперебойное электроснабжение и наличие резервного источника питания, поэтому число трансформаторов должно быть не меньше 2-х.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Мощность трансформатора выбирается так, чтобы в нормальном режиме работы коэффициент загрузки каждого из них был 0,6-0,9; а в аварийных режимах обеспечивалось питание 1-й и 2-й категории потребителей. Выбор мощности трансформатора производится с учётом компенсации реактивной мощности, предварительно выбирается 2 варианта мощности и числа силовых трансформаторов.

Вариант №1.

2×ТМГ – 250-У1 (УХЛ1)(вариант с неявным резервированием – оба трансформатора постоянно находятся в работе)

Вариант №2

2×ТМГ – 400-У1 (УХЛ1)(вариант с явным резервированием – один трансформатор в работе, а второй – в резерве)

Найдем коэффициент загрузки одного трансформатора в нормальном режиме по формуле:

$$K_3 = \frac{S}{n \cdot S_{HT}}, \quad (15)$$

где S_{HT} – номинальная мощность трансформатора, кВА
 n – число трансформаторов

$$K_{31} = \frac{525,83}{2 \cdot 250} = 1,05$$

$$K_{32} = \frac{525,83}{1 \cdot 400} = 1,31$$

Проверяем перегрузочную способность трансформатора в аварийном режиме по условию:

$$K_3 < 1,4$$

$$1,05 < 1,4 \text{ т.е. } K_{31} \text{ удовлетворяет условию } K_3 < 1,4;$$

$$1,31 < 1,4 \text{ т.е. } K_{32} \text{ так же удовлетворяет условию } K_3 < 1,4$$

Данные характеристики силовых трансформаторов приводятся в таблице

3.

Таблица 3 – Технические характеристики силовых трансформаторов

Тип	Номинальная мощность, кВА	В.Н., кВ	Н.Н., кВ	ΔP_{XX} , кВ	ΔP_{K3} , кВ	$I_{из}$, %	I_{XX} , %
ТМГ-250-У1 (УХЛ1)	250	6 или 10	0,4	0,47	3,7	4,5	1,2
ТМГ-400-У1 (УХЛ1)	400	6 или 10	0,4	0,72	4,5	5,5	1,0

Вывод: оба трансформатора удовлетворяют по условию перегрузочной способности в аварийном режиме работы. Учитывая, что городская насосная станция это объект 2 категории электроснабжения я выбираю вариант №2 (вариант с явным резервированием – один трансформатор в работе, а второй – в резерве), это два трансформатора ТМГ – 400-У1 (УХЛ1).

Име. № подл.	Подп. и дата
Взаим. и име. №	Име. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

4.4 Расчет питающих линий.

Расчет питающей линии на напряжение 10кВ.

По техническим условиям выбор сечения кабелей осуществляется по нагреву расчетным током в нормальном и послеаварийном режимах. Для параллельно работающих линий в качестве расчетного принимается ток после аварийного режима, когда в работе остается только 1 питающая линия.

Определяем расчетный ток в проводнике:

$$I_p = \frac{2 \cdot S_{HT}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (16)$$

где S_{HT} – номинальная мощность трансформатора, кВА.

U_H – номинальное напряжение сети, кВ.

$$I_p = \frac{250 \cdot 2}{\sqrt{3} \cdot 10} = \frac{500}{17,3} = 28,9 \text{ А}$$

По таблице 1.3.7. [4] принимаю для питания кабеля марки ААБл (3×4) с длительнодопустимым $I_{доп} = 38 \text{ А}$, при этом расчетное значение тока не превышает значение тока кабеля стандартного сечения.

$$I_p \leq I_{дл} \quad (17)$$
$$28,9 \leq 38$$

Произвожу расчет сечения проводника по экономической плотности тока. Сечение, полученное в результате указанного расчета округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы.

$$S = \frac{I_p}{J}, \quad (18)$$

где J – нормированное значение экономической плотности тока. А/мм² Выбирается по таблице 1.3.36 [4].

$$S = \frac{28,9}{1,2} = 24,08 \text{ А/мм}^2$$

А значит ранее выбранное сечение кабеля проходит по экономической плотности. Принимаю к установке кабель ААБл (3×25). Произвожу проверку выбранного сечения проводника на потерю напряжения, потери не должны превышать 5%.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot 100}{U_H} \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi), \quad (19)$$

где I_p – расчетный ток, А

l – длина кабеля, км

U_H – номинальное напряжение сети, В

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Изн. № дубл	Подп. и дата

r_0, x_0 – активное и индуктивное сопротивление (находится по таблице 1.9.5. [2]).

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * 28,9 * 2,22 * 100}{10000} * (1,25 * 0,87 + 0,0662 * 0,49) = 1,245\%$$

$$1,245\% \leq 5\%$$

А значит проводник с выбранным сечением проходит по потеренапряжения.

Расчет питающей линии на напряжение 0,4 кВ

Произвожу выбор и расчет кабелей от шинпровода 0,4 кВ до ввода №1 насосной станции:

Кабель до ввода №1 насосной станции: определяю расчетный ток из которого буду производить выбор кабеля:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi}, \quad (20)$$

где P_n – активная мощность всех электроприёмников, А

U_n – номинальное напряжение сети, кВ

$$I_p = \frac{235,01}{\sqrt{3} * 0,4 * 0,75} = 452,81 \text{ А}$$

Принимаю кабель ВРБ (4×185) с $I_{доп} = 500\text{А}$;

Производим выбор сечения проводника по экономической плотности тока:

$$S = \frac{I_p}{J},$$

где J – экономическая плотность тока; зависит от времени работы кабеля в году и материала жил кабеля, а так же изоляции кабеля. $J = 2,7 \text{ А/мм}^2$

$$S = \frac{452,81}{2,7} = 167,71 \text{ А/мм}^2$$

Принимаю ближайшее стандартное сечение кабеля 150мм^2

$185 > 150$ а значит принимаю к установке кабель по условию экономической плотности тока. Устанавливаю кабель ВРБ (4×185) с $I_{доп} = 500\text{А} \leq 42$

Проверяем выбранное сечение кабеля на потерю напряжения в линии, потери не должны превышать 5%:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * I_p * l * 100}{U_n} * (r_0 * \cos\varphi + x_0 * \sin\varphi),$$

где U_n – номинальное напряжение сети, В.

$$r_0 = 1,25 \text{ А/мм}^2$$

$$x_0 = 0,091 \text{ А/мм}^2$$

Инь. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Подп. и дата
Инь. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						23

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * 452,81 * 0,15 * 100}{400} * (0,1 * 0,75 + 0,078 * 0,6) = 3,58\%$$

3,58% ≤ 5%, а значит проводник с выбранным сечением проходит по потере напряжения.

Аналогичным образом произвожу расчет кабелей от шинпровода до оставшихся потребителей.

Произвожу расчет кабеля от шинпровода до БСК:

$$I_p = \frac{Q}{\sqrt{3} * U_H}, \quad (21)$$

где Q - реактивная мощность компенсирующего устройства, кВар.

$$I_p = \frac{90}{\sqrt{3} * 0,4} = 130,06 \text{ A}$$

Принимаю кабель ААШв (3×35) с I_{доп} = 140 А.

$$I_p \leq I_{доп}$$

$$130,06 \text{ A} \leq 140 \text{ A}$$

Произвожу выбор сечения проводника по экономической плотности тока:

$$S = \frac{I_p}{J}$$

$$S = \frac{130,06}{1,6} = 81,28 \text{ A/мм}^2$$

Принимаю ближайшее стандартное сечение кабеля 70 мм².

35 А < 70 А, а значит принимаю к установке кабель по экономической плотности тока ААШв (3×70) с I_{доп} = 210 А.

Произвожу проверку выбранного сечения проводника на потерю напряжения, потери не должны превышать 5%.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * I_p * l * 100}{U_H} * (r_0 * \cos\varphi + x_0 * \sin\varphi)$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * 130,06 * 0,015 * 100}{400} * (0,447 * 0,87 + 0,082 * 0,49) = 0,36\%$$

0,36% < 5%, а значит проводник с выбранным сечением проходит по потере напряжения.

Полученные при расчетах данные занесу в таблицу 4

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Изн. № дубл	Подп. и дата

Изн.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						24

Таблица 4 – Кабельный журнал электроприёмников

Наименование	Кол-во	U _н , кВ	P, кВт	cosφ	I _p , А	Тип кабеля	S, мм ²	I _{доп} , А	l, км	r ₀ , мОм/м	x ₀ , мОм/м	sinφ	ΔU, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
КЛ-10 ТП-9 – ТП-10	1	10	525,83	0,87	28,9	ААБл	3×25	115	2,22	1,25	0,0662	0,49	1,245
КЛ-10 ТП-25 – ТП-10	1	10	525,83	0,87	28,9	ААБл	3×25	115	1,8	1,25	0,0662	0,49	1,01
Насосная ввод №1	1	0,4	235,01	0,8	452,81	ВРБ	4×185	500	0,15	0,1	0,078	0,6	3,58
Уличное освещение	1	0,4	2	0,95	3,04	АВВГ	2×6	38	0,3	5,21	0,1	0,31	3,58
Скважина №1	1	0,4	32	0,8	57,8	ВРБ	4×25	150	0,25	0,74	0,091	0,6	4,04
ЩО ТП-10	1	0,4	0,66	0,95	1,0	АВВГ	2×2,5	23	0,05	12,5	0,116	0,31	0,26
КПП-5	1	0,4	5,0	0,95	7,6	АВВГ	4×4	38	0,2	7,81	0,107	0,31	4,5
Скважина №2	1	0,4	50	0,8	90,32	ВРБ	4×35	180	0,25	0,53	0,088	0,6	4,65
Насосная ввод №2	1	0,4	280	0,8	498,08	ВРБ	4×185	500	0,15	0,1	0,078	0,6	4,54
КРМ 0,4-90-10 У3-У1	2	0,4	90	0,87	298,98	ВРБ	4×95	330	0,01	0,195	0,081	0,49	0,27

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

130302.2020.938.00.000 ПЗ

Лист

25

4.5 Расчет токов короткого замыкания.

Для выбора основного оборудования, коммутационной аппаратуры и средств защиты необходимо рассчитать токи короткого замыкания. Принципиальная схема электроснабжения до расчетных точек короткого замыкания представлена на рисунке 4.1, эквивалентная схема и ее замещение на рисунке 4.2.

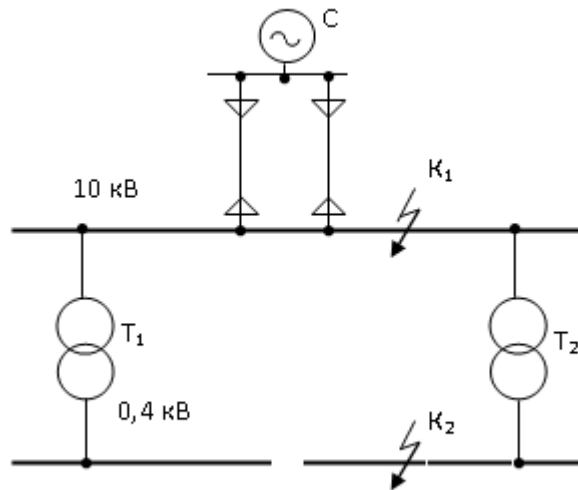


Рисунок 4.1 – Часть однолинейной схемы

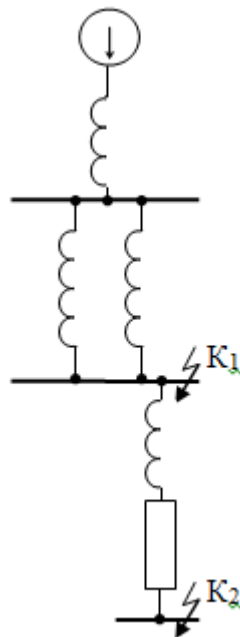


Рисунок 4.2 – Замещение эквивалентной схемы электроснабжения

Подп. и дата	
Инв. № дубл	
Взаим. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ
------	------	----------	-------	------	---------------------------

Задаю исходные величины:

$$I_{к.л.1} = 2220 \text{ м}$$

$$I_{к.л.2} = 250 \text{ м}$$

$S_{н.т.}$ – номинальная мощность трансформатора (250 кВт)

$$U_{к.з.} = 5,5\%$$

$\Delta P_{к.з.}$ – потеря активной мощности (3,7 кВт), берется из раздела 2.6.

Весь расчет производится в относительных величинах. Вначале задаются базисные величины:

$$U_{б.1} = 10,2 \text{ кВ}$$

$$U_{б.2} = 0,4 \text{ кВ}$$

$S_{б.}$ – базисная мощность, МВА

$$S_{б.} = 100 \text{ МВА}$$

$$S_{к.з.} = 72 \text{ МВА}$$

Определяю сопротивление в цепях короткого замыкания от источника питания до конечной точки. Нахожу индуктивное сопротивление источника питания:

$$X_{ж.и.} = \frac{S_{б.}}{S_{к.з.}}, \text{ Ом}, \quad (22)$$

где $S_{б.}$ и $S_{кз}$ – базисные величины.

$$X_{ж.и.} = \frac{100}{72} = 1,38 \text{ Ом}$$

Определяю индуктивное и активное сопротивление КЛ₁:

$$X_{к.л.1} = x_0 * l * \frac{S_{б.}}{U_{б.1}^2}, \text{ Ом} \quad (23)$$

x_0 , r_0 – удельное индуктивное и активное сопротивление кабеля, зависит от сечения выбранного кабеля, выбираю по таблице 1.9.5 [2].

$$X_{к.л.1} = 0,0662 * 2,22 * \frac{100}{10,2^2} = 0,141 \text{ Ом}$$

$$R_{к.л.1} = r_0 * l * \frac{S_{б.}}{U_{б.1}^2}, \text{ Ом} \quad (24)$$

$$R_{к.л.1} = 1,25 * 2,22 * \frac{100}{10,2^2} = 2,667 \text{ Ом}$$

Определяю индуктивное и активное сопротивление обмоток трансформатора:

$$X_{тр.} = \frac{U_{к.з.}}{100} * \frac{S_{б.}}{S_{н.т.}}, \text{ Ом} \quad (25)$$

$$X_{тр.} = \frac{5,5}{100} * \frac{100}{0,25} = 22 \text{ Ом}$$

$$R_{тр.} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{н.т.}} * \frac{S_{б.}}{S_{н.т.}}, \text{ Ом} \quad (26)$$

$$R_{тр.} = \frac{3,7}{250} * \frac{100}{0,25} = 5,92 \text{ Ом}$$

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № дубл.	
Взаим. инв. №	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						27

Определяю индуктивное и активное сопротивление КЛ₂:

$$X_{к.л.2} = 0,088 * 0,25 * \frac{100}{0,4^2} = 13,75 \text{ Ом}$$

$$R_{к.л.2} = 0,53 * 0,25 * \frac{100}{0,4^2} = 82,81 \text{ Ом}$$

Определяю суммарное напряжение в расчетных точках. Суммарное сопротивление точки К₁:

$$\sum X_{к.1} = X_{и} + X_{к.л.1}, \text{ Ом} \quad (27)$$

$$\sum X_{к1} = 1,38 + 0,141 = 1,521 \text{ Ом}$$

$$\sum R_{к.1} = R_{к.л.1}, \text{ Ом} \quad (28)$$

$$\sum R_{к.1} = 2,667 \text{ Ом}$$

Определяю суммарное сопротивление точки К₂:

$$\sum X_{к.2} = \sum X_{к.1} + X_{тр.}, \text{ Ом} \quad (29)$$

$$\sum X_{к.2} = 1,521 + 22 = 23,521 \text{ Ом}$$

$$\sum R_{к.2} = \sum R_{к.1} + R_{тр.}, \text{ Ом} \quad (30)$$

$$\sum R_{к.2} = 2,667 + 5,92 = 8,587 \text{ Ом}$$

Произвожу расчет короткого замыкания в заданных точках: определяю периодическую составляющую короткого замыкания в заданных точках:

$$I_{п.о.} = \frac{I_6}{z}, \text{ А}, \quad (31)$$

где z – полное сопротивление участка, определяется по формуле:

$$z = \sqrt{\sum X^2 + \sum R^2}, \text{ при } \frac{\sum R}{\sum X} > 1/3 \quad (32)$$

$$z = \sum X, \text{ при } \frac{\sum R}{\sum X} < 1/3 \quad (33)$$

$$\frac{\sum R_{к.1}}{\sum X_{к.1}} = \frac{2,667}{1,521} = 1,753 > 1/3$$

$$z_{к.1} = \sqrt{\sum X_{к.1}^2 + \sum R_{к.1}^2} = 3,07 \text{ Ом}$$

$$\frac{\sum R_{к.2}}{\sum X_{к.2}} = \frac{8,587}{23,521} = 0,365 > 1/3$$

$$z_{к.2} = \sqrt{\sum X_{к.2}^2 + \sum R_{к.2}^2} = 25,04 \text{ Ом}$$

Нахожу базисные токи в расчетных точках по формуле:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} * U_6}, \text{ кА} \quad (34)$$

$$I_{6.1} = \frac{100}{\sqrt{3} * 10,2} = 5,67 \text{ кА}$$

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № дубл.	
Взаим. инв. №	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						28

$$I_{6.2} = \frac{100}{\sqrt{3} * 0,4} = 144,51 \text{ кА}$$

$$I_{п.о.1} = \frac{5,67}{3,07} = 1,85 \text{ А}$$

$$I_{п.о.2} = \frac{144,51}{25,04} = 5,77 \text{ А}$$

Определяю ударный ток в расчетных точках:

$$i_{уд.} = \sqrt{2} * K_y * I_{п.о.}, \quad (35)$$

где K_y - ударный коэффициент, определяю по кривым в зависимости от отношения $\frac{\sum X}{\sum R}$.

$$\frac{\sum X_{к.1}}{\sum R_{к.1}} = \frac{1,551}{2,667} = 0,58$$

$$\frac{\sum X_{к.2}}{\sum R_{к.2}} = \frac{23,521}{8,587} = 2,74$$

$$K_{y.1} = 1$$

$$K_{y.2} = 1,27$$

$$i_{уд.} = \sqrt{2} * 1 * 1,85 = 2,62 \text{ кА}$$

$$i_{уд.} = \sqrt{2} * 1,27 * 5,77 = 10,36 \text{ кА}$$

Определяю полную мощность короткого замыкания в расчетных точках:

$$S_{к.з.} = \sqrt{3} * U_6 * i_{уд.}, \text{ МВА} \quad (36)$$

$$S_{к.з.1} = \sqrt{3} * 10,2 * 2,62 = 46,23 \text{ МВА}$$

$$S_{к.з.2} = \sqrt{3} * 0,4 * 10,36 = 7,17 \text{ МВА}$$

Полученные расчетные данные по токам короткого замыкания занесу в таблицу 5.

Таблица 5 – Токи короткого замыкания

Точка К.З.	$I_{п.о.}$, кА	$i_{уд.}$, кА	z , Ом	$S_{к.з.}$, МВА
K_1	1,85	2,62	3,07	46,23
K_2	5,77	10,36	25,04	7,17

Име. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Подп. и дата
Име. № дубл	Подп. и дата

4.6 Выбор оборудования

Выбор коммутационной аппаратуры, напряжением выше 1000 В

Электрические аппараты в системе электроснабжения должны надежно работать как в нормальном длительном режиме, так и в условиях аварийного кратковременного режима. К аппаратам предъявляется ряд общих требований надежной работы: соответствие номинальному напряжению и роду установки; отсутствие опасных перегревов при длительной работе в нормальном режиме, термическая и динамическая устойчивость при коротких замыканиях, а так же такие требования как простота и компактность конструкций, удобство и безопасность эксплуатации, малая стоимость.

На стороне 10 кВ выбираем камеру модели КСО-298 камера сборная одностороннего обслуживания заводской готовности с воздушной изоляцией в металлической оболочке со стационарно установленными коммутационными аппаратами предназначена для работы в распределительных устройствах сетей трехфазного переменного тока частоты 50 Гц с изолированной или заземленной нейтралью. Они комплектуются встроенными вакуумными выключателями ВВ/TELISM15_Shell_2. Проверку номинальных параметров выключателя расчетным привожу в таблице 6.

Таблица 6 – Проверка выключателя ВВ/TELISM15_Shell_2

Условия выбора	Номинальный параметр	Расчетный параметр
1	2	3
По номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$
По номинальному току: $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{расч}}$	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$	$I_{\text{расч}} = 28,9 \text{ А}$
$I_{\text{откл}} \geq I_{\text{по}}$	$I_{\text{откл}} = 32 \text{ кА}$	$I_{\text{по}} = 1,85 \text{ кА}$
$I_{\text{пред. ск.}} \geq I_{\text{по}}$	$I_{\text{пред. ск.}} = 32 \text{ кА}$	$I_{\text{по}} = 1,85 \text{ кА}$
На динамическую стойкость: $i_{\text{ном. дин.}} \geq i_y$	$i_{\text{ном. дин.}} = 32 \text{ кА}$	$i_y = 2,62 \text{ кА}$
На термическую стойкость: $I^2_{\text{терм}} * t_{\text{терм}} \geq B$	$12,5^2 * 3 = 0,46 \text{ кА}^2 * \text{с}$	$B = 0,31 \text{ кА}^2 * \text{с}$
По отключающей способности: $S_{\text{ном}} \geq S_{\text{расч}}$	$S_{\text{ном}} = \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_{\text{ном.откл}} S_{\text{ном}} = \sqrt{3} * 10 * 32 = 553,6 \text{ МВА}$	$S_{\text{расч}} = 46,23 \text{ МВА}$

Подп. и дата	
Инв. № дубл	
Взаим. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

$$B = I_{\text{по}}^2 * (t_{\text{откл}} + T_a), \text{кА}^2 * \text{с} \quad (37)$$

где B – тепловой импульс тока короткого замыкания, определяю по формуле:

$t_{\text{откл}}$ – время отключения выключателя, которое складывается из двух параметров:

$$t_{\text{откл}} = t_{\text{в}} * t_{\text{рЗА}}, \text{с} \quad (38)$$

где $t_{\text{в}}$ – время отключения выключателя, $t_{\text{в}} = 0,055 \text{с}$

$t_{\text{рЗА}}$ – время срабатывания релейной защиты и автоматики, $t_{\text{рЗА}} = 0,025 \text{с}$

$$t_{\text{откл}} = 0,055 + 0,025 = 0,08 \text{с}$$

$$T_a = 0,01 \text{с}$$

$$B = 1,85^2 * (0,08 + 0,01) = 0,31 \text{кА}^2 * \text{с}$$

Вывод: выбранный выключатель проходит по всем параметрам в аварийном режиме работы и принимается к установке.

Принимаю к установке на силовые трансформаторы выключатель нагрузки типа ВНР-10/400-10зУЗ. Проверку номинальных параметров выключателя расчетным привожу в таблице 7.

Таблица 7 – Проверка выключателя ВН-10/400-10зУЗ

Условия выбора	Номинальный параметр	Расчетный параметр
1	2	3
По номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{кВ}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{кВ}$
По номинальному току: $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{расч}}$	$I_{\text{ном}} = 400 \text{А}$	$I_{\text{расч}} = 28,9 \text{А}$
$I_{\text{откл}} \geq I_{\text{по}}$	$I_{\text{откл}} = 400 \text{А}$	$I_{\text{по}} = 1,85 \text{кА}$
$I_{\text{пред. ск}} \geq I_{\text{по}}$	$I_{\text{пред. ск}} = 10 \text{кА}$	$I_{\text{по}} = 1,85 \text{кА}$
На динамическую стойкость: $i_{\text{ном. дин.}} \geq i_{\text{у}}$	$i_{\text{ном. дин.}} = 41 \text{кА}$	$i_{\text{у}} = 2,62 \text{кА}$
На термическую стойкость: $I^2_{\text{терм}} * t_{\text{терм}} \geq B$	$16^2 * 4 = 10,24 \text{кА}^2 * \text{с}$	$B = 0,31 \text{кА}^2 * \text{с}$
По отключающей способности: $S_{\text{ном}} \geq S_{\text{расч}}$	$S_{\text{ном}} = \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_{\text{ном.откл}} = \sqrt{3} * 10 * 41 = 709,3 \text{МВА}$	$S_{\text{расч}} = 46,23 \text{МВА}$

$$B = 1,85^2 * (0,08 + 0,01) = 0,31 \text{кА}^2 * \text{с}$$

Подп. и дата	
Инв. № дубл	
Взаим. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

$$t_{\text{откл}} = 0,055 + 0,025 = 0,08 \text{ с}$$

Вывод: выбранный выключатель проходит по всем параметрам в аварийном режиме работы и принимается к установке.

Принимаю к установке на силовые трансформаторы предохранитель типа ПКТ-101-10-31,5-12,5У1. Проверку номинальных параметров предохранителя расчетным привожу в таблице 8.

Таблица 8 – Проверка предохранителя типа ПКТ-101-10-31,5-12,5У1

Условия выбора	Номинальный параметр	Расчетный параметр
1	2	3
По номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$
По номинальному току: $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{расч}}$	$I_{\text{ном}} = 31,5 \text{ А}$	$I_{\text{расч}} = 28,9 \text{ А}$

Вывод: выбранный предохранитель проходит по всем параметрам в аварийном режиме работы и принимается к установке.

Выбор трансформаторов тока, напряжением 10 кВ.

Принимаю к установке трансформатор тока типа ТОЛ-СЭЩ-10-01-40. Проверку номинальных параметров выключателя расчетным привожу в таблице 9.

Таблица 9 – Проверка трансформатора тока типа ТОЛ-СЭЩ-10-01-40

Условия выбора	Номинальный параметр	Расчетный параметр
1	2	3
По номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$
По номинальному току: $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{расч}}$	$I_{\text{ном}} = 40 \text{ А}$	$I_{\text{расч}} = 28,9 \text{ А}$
По динамической стойкости при коротких замыканиях: $i_{\text{н. дин.}} \geq i_{\text{у}}$ где $I_{\text{н. дин.}}$ – ток электродинамической стойкости. $K_{\text{дин.}}$ – коэффициент кратности электродинамической стойкости. $I_{\text{ном}}$ – номинальный первичный ток трансформатора.	$i_{\text{н. дин.}} = 5 \text{ кА}$	$i_{\text{у}} = 2,62 \text{ кА}$

Име. № подл.

Подп. и дата

Взаим. име. №

Име. № дубл

Подп. и дата

Окончание таблицы 9

<p>По термической стойкости:</p> $I_{\text{терм}}^2 * t_{\text{терм}} \geq B \text{ или}$ $(I_{\text{ном}} * K_T)^2 * t_{\text{терм}} \geq B$ <p>$I_{\text{терм}}$ – допустимый ток термической стойкости, кА</p> <p>$t_{\text{терм}}$ – допустимой время термической стойкости</p> <p>K_T – коэффициент кратности термической стойкости</p>	$5^2 * 4 = 100 \text{ кА}^2 * \text{с}$	$B = 0,31 \text{ кА}^2 * \text{с}$
<p>По вторичной нагрузке:</p> $r_{2н} \geq r_{2р},$ <p>где - $r_{2н}$ – номинальная нагрузка, требуемая в классе точности</p>	$r_{2н} = 0,4 \text{ Ом}$	$r_{2р} = 0,28 \text{ Ом}$

Определяю расчетную вторичную нагрузку для данного трансформатора тока, исходя из следующих условий:

- 1) схему соединения трансформаторов тока принимаю «неполная звезда»
- 2) приборы, подключаемые к трансформатору тока: амперметр, счетчик активной и счетчик реактивной энергии, ваттметр.

Расчет нагрузки подключаемых приборов привожу в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчет нагрузки трансформаторов тока

Прибор	Нагрузка по фазам, ВА		
	А	В	С
Амперметр	0,5	-	-
Ваттметр	0,5	-	0,5
Счетчик активной энергии	2,5	-	2,5
Счетчик реактивной энергии	2,5	-	2,5
Итого:	6	-	5,5

Подп. и дата
 Инв. № дубл
 Взаим. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Наиболее загруженная фаза – фаза А. $S_{\text{приб}} = 6 \text{ ВА}$, тогда сопротивление приборов рассчитывается по следующей формуле:

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_{2\text{ном}}^2}, \text{ Ом} \quad (39)$$

где $I_{2\text{ном}}$ – ток вторичной обмотки трансформатора тока

$$R_{\text{приб}} = \frac{6}{5^2} = 0,14 \text{ Ом}$$

Определяю максимально возможное сопротивления соединительных проводов в классе точности 0,5 по формуле:

$$R_{\text{пров}} = r_{2p} - R_{\text{приб}} - R_{\text{кон}}, \text{ Ом} \quad (40)$$

где $R_{\text{кон}}$ – контактное сопротивление (0,1)

$$R_{\text{пров}} = 0,28 - 0,14 - 0,1 = 0,04 \text{ Ом}$$

Сечение соединительных проводов трансформатора тока определяется по формуле:

$$S_{\text{пров}} = \frac{p \cdot l}{R_{\text{пров}}} \quad (41)$$

где l – расчетная длина проводов для ячеек КРУ, принимаемая к установке длина равна 6м (для схемы «неполная звезда»)

p – удельное сопротивление материала провода. Принимаю сечение провода, равное 4 мм^2 , тогда сопротивление провода будет равно:

$$R_{\text{пров}} = \frac{p \cdot l}{S_{\text{пров}}} \quad (42)$$

$$R_{\text{пров}} = \frac{0,0283 \cdot 6}{4} = 0,04 \text{ Ом}$$

При этом расчетная вторичная нагрузка трансформатора тока определится по формуле.

$$r_{2p} = 0,14 + 0,1 + 0,04 = 0,28 \text{ Ом}$$

Вывод: выбранный трансформатор тока проходит по всем критериям выбора и принимается к установке.

Выбор коммутационной аппаратуры, напряжением 0,4 кВ.

Расчетный ток на стороне низкого напряжения нахожу по формуле:

$$I_p = \frac{n \cdot S_{\text{нт}}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (43)$$

где $S_{\text{нт}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

U_H – номинальное напряжение сети, В;

Подп. и дата	
Инв. № дубл	
Взаим. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						34

$$I_p = \frac{2 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 772,54 \text{ А}$$

Выбор шины, напряжением 0,4 кВ.

Выбираю однополостные шины АТ 60х6 с $I_{\text{доп}} = 870 \text{ А}$.

$$F = \sqrt{3} \cdot \frac{i_y}{a} \cdot 10^{-7} \quad (44)$$

где, a – расстояние между фазами, $a = 0,2 \text{ м}$

$$F = \sqrt{3} \cdot \frac{10360^2}{0,2} \cdot 10^{-7} = 53,66 \text{ Н / м}$$

Момент сопротивления первой полосы определяется по формуле:

$$W = \frac{h^2 \cdot b}{6} \quad (45)$$

$$W = \frac{6^2 \cdot 1}{6} = 6 \text{ см}^3$$

Напряжение в материале шины, возникающее при воздействии изгибающего момента определяю по формуле:

$$\delta = \frac{F \cdot L}{10 \cdot W} \quad (46)$$

где, L – длина пролёта между опорными изоляторами шинной конструкции. Принимаю $L = 0,9 \text{ м}$.

$$\delta = \frac{53,66 \cdot 0,9}{10 \cdot 6} = 0,8 \text{ МПа}$$

$$\delta_p \geq \delta_{\text{доп}}$$

где, $\delta_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение в материале шины, $\delta_{\text{доп}} = 32 \text{ МПа}$
 $32 \geq 0,8 \text{ МПа}$, т.е. выбранная шина динамически устойчива.

Произвожу проверку шины на термическую стойкость:

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B}}{C}, \text{ мм}^2, \quad (47)$$

где S_{min} – допустимое минимальное сечение шины, мм^2
 C – коэффициент для алюминиевых шин, $C = 91 \text{ А} \cdot \text{с} / \text{мм}^2$

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{45,28 \cdot 10^6}}{91} = 73,94 \text{ мм}^2$$

Проверяю выполнение следующего условия:

$$S_{\text{min}} \leq S_{\text{расч}}$$

$$73,94 \leq 1200$$

Вывод: выбранная шина термически устойчива.
 Выбор трансформаторов тока по стороне 0,4 кВ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Принимаю трансформатор тока ТШ – 0,66 . Расчетные и номинальные данные трансформатора тока занесу в таблицу 11.
Таблица 11– Проверка трансформатора тока ТШ –0,66

Условия выбора	Номинальный параметр	Расчетный параметр
По номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 0,66 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 0,4 \text{ кВ}$
По вторичной нагрузке: $r_{2н} \geq r_{2р}$,	$r_{2н} = 0,4 \text{ Ом}$	$r_{2р} = 0,28 \text{ Ом}$

Вывод: выбранный трансформатор тока проходит по всем условиям и принимается к установке.

Выбор автоматических выключателей 0,4кВ.

На стороне 0,4кВ принимаю к установке распределительные щиты ЩО-70. Панели распределительные серии ЩО-70 УЗ предназначены для комплектования щитов распределительных устройств трехфазного переменного тока напряжением 380/220 В частотой 50 Гц для сетей с глухозаземленной или изолированной нейтралью. Панели устанавливаются в электропомещениях и служат для приема, распределения электроэнергии и защиты от перегрузки и токов короткого замыкания отходящих линий.

Щиты распределительных устройств комплектуются из вводных, линейных, секционных, вводнолинейных панелей одностороннего обслуживания, а также панелей с аппаратурой АВР и панелей диспетчерского управления уличным освещением.

Принимаю к установке на вводах автоматический выключатель типа ВА55-41-1000 с $I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$. Данные проверки занесу в таблицу 12.

Таблица 12 – Проверка автоматического выключателя типа АВМ 20

Условия выбора	Номинальный параметр	Расчетный параметр
По номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 0,4 \text{ кВ}$
По номинальному току: $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{расч}}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$	$I_{\text{расч}} = 772,54 \text{ А}$
По динамической стойкости при коротких замыканиях: $i_{н. \text{дин.}} \geq i_y$.	$i_{н. \text{дин.}} = 55 \text{ кА}$	$i_y = 10,36 \text{ кА}$
По отключающей способности: $I_{\text{откл}} \geq I_{\text{по}}$	$I_{\text{откл}} = 55 \text{ кА}$	$I_{\text{по}} = 5,77 \text{ кА}$

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Име. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

130302.2020.938.00.000 ПЗ

Лист

36

Вывод: автоматический выключатель типа ВА55-41-1000 подходит по всем параметрам и принимается к установке.

Аналогично выбираю автоматический выключатель между секциями шин. Принимаю к установке ВА55-41-1000 с $I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$.

Далее произвожу выбор автоматических выключателей от секции шин, напряжением 0,4 кВ к БСК и другим электроприёмникам. Результаты таблицы заносу в таблицу 15

Выбор опорных и проходных изоляторов напряжением 0,4 кВ.

Принимаю к установке опорные изоляторы типа ИО-10-1000 УЗ и проходные изоляторы типа ИП 10 / 1000 - 750 УЗ. Проверку расчетных параметров номинальным выбранных изоляторов привожу в таблицу 13, 14

Таблица 13 – Проверка опорного изолятора типа ИО-10-1000 УЗ

Условия выбора	Номинальный параметр	Расчетный параметр
По номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 0,4 \text{ кВ}$
На разрушающее усилие: $0,6 * F \geq F_{\text{тр}}$	$0,6 * 1000 = 600 \text{ Н}$	$F_p = 523,14 \text{ Н}$

$$F = \sqrt{3} * \frac{10360^2}{0,2} * 10^{-7} = 53,66 \text{ Н / м}$$

Вывод: выбранный опорный изолятор проходит по всем условиям и принимается к установке.

Таблица 14 – Проверка проходного изолятора типа ИП-10 / 1000 - 750 УЗ

Условия выбора	Номинальный параметр	Расчетный параметр
По номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 0,4 \text{ кВ}$
На разрушающее усилие: $0,6 * F \geq F_{\text{тр}}$	$0,6 * 1000 = 600 \text{ Н}$	$F_p = 261,57 \text{ Н}$
По номинальному току: $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{расч}}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$	$I_{\text{расч}} = 913,04 \text{ А}$

$$F = 0,5 * \sqrt{3} * \frac{10360^2}{0,2} * 10^{-7} = 26,83 \text{ Н / м}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Ив. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Ив. № дубл	Подп. и дата

Вывод: выбранный проходной изолятор проходит по всем условиям и принимается к установке.

Выбор коммутационной аппаратуры, напряжением 0,4 кВ на отходящих линиях. По расчетным данным, полученным в пункте 2.7 таблице 4 выбираю коммутационную аппаратуру в распределительном устройстве 0,4 кВ. Все результаты выбора свожу в таблицу 15.

Выводы по разделу четыре

В данном разделе был произведён выбор коммутационных аппаратов на напряжение 10кВ и 0,4кВ, выбраны новые типы высоковольтных и низковольтных ячеек и другое ВВ и НВ оборудование, которое увеличит надёжность и улучшит качество электроэнергии.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 15 - Выбор оборудования

Наименование электро-приёмников	Количество, шт.	U _н , кВ	I _р , А	Тип ячейки	Тип выключателя	I _{н.р} , А	Тип предохранителей	I _{ном} , А
РУ-10кВ								
яч.№1 КЛ-10кВ ТП-9 – ТП-10	1	10	28,9	КСО-298	BB/TELISM15_Shell_2	630	-	-
яч.№2 Т-1	1	10	28,9	КСО-298	ВНР-10/400-10зУ3	400	ПКТ-101-10-31,5-12,5У1	31,5
яч.№3 Т-2	1	10	28,9	КСО-298	ВНР-10/400-10зУ3	400	ПКТ-101-10-31,5-12,5У1	31,5
яч.№4 КЛ-10 кВ ТП-25 – ТП-10	1	10	28,9	КСО-298	BB/TELISM15_Shell_2	630	-	-
Секционный разъединитель 10кВ	1	10	28,9	-	ВНР-10/400-10зУ3	400	-	-
РУ-0,4кВ								
Ввод от Т-1 и Т-2	2	0,4	772,54	ЩО-70	ВА55-41-1000	1000	-	-
Секционный АВ 0,4кВ	1	0,4	772,54	ЩО-70	ВА55-41-1000	1000	-	-
Насосная ввод №1	1	0,4	452,81	ЩО-70	ВА53-41-340010-630А-690АС-УХЛ3	630	-	-
Уличное освещение	1	0,4	3,04	ЩО-70	ВА88-32 3Р 12,5А	12,5	-	-
Скважина №1	1	0,4	57,8	ЩО-70	ВА88-32 3Р 80А	80	-	-
ЩО ТП-10	1	0,4	1,0	ЩО-70	ВА88-32 3Р 12,5А	12,5	-	-
КПП-5	1	0,4	7,6	ЩО-70	ВА88-32 3Р 12,5А	12,5	-	-
Скважина №2	1	0,4	90,32	ЩО-70	ВА88-32 3Р 100А	100	-	-
Насосная ввод №2	1	0,4	498,08	ЩО-70	ВА53-41-340010-630А-690АС-УХЛ3	630	-	-
БСК № 1, 2	2	0,4	298,08	ЩО-70	ВА53-41-340010-400А-690АС-УХЛ3	400	-	-

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Расчет сметы затрат на модернизацию электрооборудования

В смету затрат на модернизацию электрооборудования включаются затраты на приобретение единиц подлежащих модернизации, транспортно-заготовительные расходы связанные с приобретением, трудовые и накладные затраты связанные с модернизацией.

В таблице 16 представлена прейскурантная стоимость оборудования, подлежащего модернизации.

Таблица 16 – Стоимость оборудования для модернизации трансформаторной подстанции

Наименование оборудования	Количество, шт (м)	Цена, руб.	Сумма, руб.
КСО-298 со встроенными ВВ/TELISM15_Shell_2	2	548 000	1 096 000
КСО-298 со встроенными ВНР-10/400-10зУЗ	2	154 000	308 000
ВНР-10/400-10зУЗ	1	16 000	16 000
РВ-10/400	4	9200	36 800
РВЗ-10	4	9000	36 000
ЩО-70	6	32 500	195 000
ВА55-41-1000	3	61 600	184 800
ВА53-41-340010-630А-690АС-УХЛ3	2	76 800	153 600
ВА53-41-340010-400А-690АС-УХЛ3	2	76 600	153 200
ВА88-32 3Р 100А	1	3 300	3 300
ВА88-32 3Р 80А	1	3 200	3 200
ВА88-32 3Р 12,5А	3	3 000	9 000
ААБЛ-10 3х25	4020	330	1 326 600
ВРБ 4х185	300	2 200	660 000
ВРБ 4х95	10	1 120	11 200
ВРБ 4х35	250	430	107 500
ВРБ 4х25	250	340	85 000
АВВГ 4х4	200	19	3 800
АВВГ 2х6	300	14	4 200
АВВГ 2х2,5	50	11	550
ТМГ – 400-У1 (УХЛ1)	2	242 000	484 000
Всего			4 877 750

Подп. и дата	
Инв. № дубл	
Взаим. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						40

Прейскурантная стоимость оборудования Соб равна сумме преysкурantной стоимости единиц входящих в проект:

$$\text{Cob} = \sum \text{Ц}_i \quad (48)$$

где Соб – стоимость оборудования, руб,

$\sum \text{Ц}_i$ – цена единиц по преysкурantну, руб.

$$\text{Cob} = 4\,804,95 \text{ тыс. руб.}$$

Транспортно-заготовительные расходы ТЗР, тыс. руб., определяются в размере 6% от стоимости оборудования:

$$\text{ТЗР} = 6\% \cdot \text{Cob} \quad (49)$$

$$\text{ТЗР} = 6\% \cdot 4\,804,95 = 288,297 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость монтажа оборудования C_m , принимается в размере 12% от стоимости оборудования:

$$\text{C}_m = 12\% \cdot \text{Cob} \quad (50)$$

$$\text{C}_m = 12\% \cdot 4\,804,95 = 576,594 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на модернизацию определяются как сумма стоимости основного оборудования, затрат на монтажные работы, транспортно-заготовительные расходы:

$$\text{K} = \text{Cob} + \text{C}_m + \text{ТЗР} \quad (51)$$

$$\text{K} = 4\,804,95 + 288,297 + 576,594 = 5\,669,841 \text{ тыс. руб.}$$

Выводы по разделу пять

Затраты на реконструкцию подстанции насосной станции составили 5 669 841 руб., сюда вошли затраты на преysкурantную стоимость оборудования, которая составила – 4 804 950 руб, стоимость монтажа оборудования – 576594руб., транспортно-заготовительные расходы - 288,297руб.

Подп. и дата				
Инв. № дубл				
Взам. инв. №				
Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Общие сведения о заземлении и занулении

Электроустановки напряжением до 1 кВ в отношении мер электробезопасности разделяются на: электроустановки в сетях с глухозаземленной нейтралью; электроустановки в сетях с изолированной нейтралью. Глухозаземленная нейтраль - нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная непосредственно к заземляющему устройству. Глухозаземленным может быть также вывод источника однофазного переменного тока или полюс источника постоянного тока в двухпроводных сетях, а также средняя точка в трехпроводных сетях постоянного тока. Изолированная нейтраль - нейтраль трансформатора или генератора, неприсоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств.

Защитное уравнивание потенциалов - уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности. Заземление и зануление это основные мероприятия, предотвращающие от поражения электрическим током при прикосновении к электрооборудованию, оставшимся под напряжением. Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок должны, как правило, получать питание от источника с глухозаземленной нейтралью. Питание электроустановок напряжением до 1 кВ переменного тока от источника с изолированной нейтралью следует выполнять, как правило, при недопустимости перерыва питания при первом замыкании на землю или на открытые проводящие части, связанные с системой уравнивания потенциалов. В таких электроустановках для защиты при косвенном прикосновении при первом замыкании на землю должно быть выполнено защитное заземление в сочетании с контролем изоляции сети или применены УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

6.2 Молниезащита зданий и сооружений

Молниезащита – комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение его опасных последствий, а также средства защиты от вторичных воздействий молнии.

Основной нормативный документ по выполнению молниезащиты – «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87.

В 2003 году Министерством энергетики Российской Федерации был утвержден новый нормативный документ - «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122-2003. В данном документе отсутствуют дополнительные пояснения и рекомендации, что в существенной степени затрудняет его использование при конкретном проектировании устройств молниезащиты. Не разработано

Име. № подл.	Подп. и дата	Взаим. име. №	Име. № дубл	Подп. и дата
--------------	--------------	---------------	-------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						42

электродинамическому разрушению. Во избежание такой опасности установки электроснабжения снабжают молниеотводами.

Для защиты проектируемой подстанции от ударов молнии выбираем тип защиты со стержневым молниеотводом. Подходящую воздушную линию предполагаем защитить тросовым молниеотводом по всей длине.

Тип зоны защиты при использовании стержневых молниеотводов – зона Б. Категория молниезащиты – II. Высота защищаемого объекта $h_x = 6$ м; размеры объекта $a \times b = 48 \times 50$ м; ток молнии $I_M = 150$ кА; электрическая прочность воздуха $E_B = 500$ кВ/м; электрическая прочность земли $E_3 = 300$ кВ/м.

Среднегодовое число ударов молний на 1 км^2 поверхности земли для нашего района при среднегодовой продолжительности гроз 40-60 часов $n=6$:

$$N = (b + 6 \cdot h_x) \cdot (a + 6 \cdot h_x) \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (52)$$

Ожидаемое число поражений молнией в год зданий и сооружений, не оборудованных молнезащитой.

$$N = 0,0431$$

Амплитудное импульсное напряжение на молниеотводе, вершина которого расположена на высоте h_x :

$$U_{\max} = \frac{I_M}{2} \left(R_{\text{И}} + \sqrt{R_{\text{И}}^2 + h_x^2} \right) = \frac{150}{2} \left(10 + \sqrt{10^2 + 6^2} \right) = 1624 \text{ кВ,}$$

где $R_{\text{И}} = 10$ Ом — импульсное сопротивление заземлителя.

Расстояние по воздуху должно быть не менее:

$$S_{\text{возд.з}} = \frac{U_{\max}}{E_B} = \frac{1624}{500} = 3,25$$

Расстояние в земле

$$S_{\text{зем.з}} = \frac{I_M R_{\text{И}}}{E_3} = \frac{150 \cdot 10}{300} = 5 \text{ м}$$

При таких значениях расстояний не произойдет пробоя между молниеотводами и защищаемым сооружением.

Защиту выполним двумя отдельно стоящими металлическими молниеотводами стержневого типа высотой $h_1 = 26,1$ м; $h_2 = 27,2$ м;

Определим параметры зоны защиты, учитывая, что $L > h$, где $L = a + 2 \cdot S_3 = 40 + 2 \cdot 5 = 50$ расстояние между опорами молниеотводов, м;

Высота, на которой находится вершина кругового конуса:

$$h_{0,1} = 0,85 \cdot h_1 = 0,85 \cdot 26,1 = 22,185 \text{ м}$$

$$h_{0,2} = 0,85 \cdot h_2 = 0,85 \cdot 27,2 = 23,12 \text{ м}$$

Радиус круга зоны защиты на уровне земли:

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

$$r_{0,1} = (1,1 - 0,002 \cdot h_1) \cdot h_1 = (1,1 - 0,002 \cdot 26,1) \cdot 26,1 = 27,34 \text{ м}$$

$$r_{0,2} = (1,1 - 0,002 \cdot h_2) \cdot h_2 = (1,1 - 0,002 \cdot 27,2) \cdot 27,2 = 28,44 \text{ м}$$

Зона защиты в середине пролета между молниеотводами:

$$r_C = \frac{r_{0,1} + r_{0,2}}{2} = \frac{27,34 + 28,44}{2} = 27,89 \text{ м}$$

Радиус круга зоны защиты на уровне $h_x = 6$ м:

$$r_{x1} = (1,1 - 0,002 \cdot h_1) \cdot \left(h_1 - \frac{h_x}{0,92} \right) = (1,1 - 0,002 \cdot 26,1) \cdot \left(26,1 - \frac{6}{0,92} \right) = 20,51$$

$$r_{x2} = (1,1 - 0,002 \cdot h_2) \cdot \left(h_2 - \frac{h_x}{0,92} \right) = (1,1 - 0,002 \cdot 27,2) \cdot \left(27,2 - \frac{6}{0,92} \right) = 21,62$$

Определим параметры защитной зоны в точке $L/2$ (посередине между молниеотводами).

Высота:

$$h_{c1} = h_{01} - (0,17 + 0,0003 h_1) \cdot (L - h_1) = 22,85 - (0,17 + 0,0003 \cdot 26,1) \cdot (50 - 26,1) = 17,93 \text{ м}$$

$$h_{c2} = h_{02} - (0,17 + 0,0003 h_2) \cdot (L - h_2) = 23,12 - (0,17 + 0,0003 \cdot 27,2) \cdot (50 - 27,2) = 19,06 \text{ м}$$

$$h_C = \frac{h_{c1} + h_{c2}}{2} = \frac{17,93 + 19,06}{2} = 18,5 \text{ м}$$

Внутренняя область защиты на высоте h_x :

$$r_{cx} = r_C \cdot \frac{(h_C - h_x)}{h_C} = 27,89 \cdot \frac{(18,5 - 6)}{18,5} = 18,84$$

6.3 Расчет защитного заземления.

Контур заземления располагают с внешней стороны одной из сторон здания $(20+2) \times (12+2)$. Контур сооружается из вертикальных электродов, расположенных по периметру помещения и соединённых между собой стальной полосой. Верхние концы электродов погружаются в землю на глубину 0,7 м.

Согласно требованиям [4] сопротивление заземления для сетей, напряжением 380 В с глухозаземлённой нейтралью не должно превышать 4 Ом, поэтому за расчетное сопротивление принимаю сопротивление заземления $R_3 = 4$ Ом, т.к. естественные заземлители отсутствуют, то $R_3 = R_{\text{н}} = 4$ Ом.

Расчетное удельное сопротивление грунта для горизонтальных и вертикальных заземлителей определяю:

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

130302.2020.938.00.000 ПЗ

Лист

45

$$\rho_{рг} = \rho_{уд} * K_{пр} \quad (53)$$

$$\rho_{рв} = \rho_{уд} * K_{пв}, \quad (54)$$

где $\rho_{уд}$ – удельное сопротивление грунта с углинкой, $\rho_{уд} = 120 \text{ Ом*м}$ (по табл. 7.3 стр. 592 [7]).

$K_{пр}$ и $K_{пв}$ – поправочные коэффициенты к величине удельного сопротивления грунта с углинкой для горизонтальных и вертикальных заземлителей, зависит от климатической зоны, от длины электродов и учитывают промерзание и просыхание грунта.

$$K_{пр} = 3,5 \text{ (стр. 593 [7]);}$$

$$K_{пв} = 1,45 \text{ (стр. 593 [7]).}$$

$$\rho_{рг} = 120 * 3,5 = 420 \text{ Ом*м}$$

$$\rho_{рв} = 120 * 1,45 = 174 \text{ Ом*м}$$

Сопротивление растеканию одного электрода вертикального заземлителя из трубы в земле нахожу по формуле:

$$R_{зв} = \frac{0,366 * \rho_{рв}}{l} * \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+1}{4t-1} \right), \quad (55)$$

где l – длина вертикального электрода (трубы), $l = 4 \text{ м}$

d – диаметр вертикального электрода (трубы), $d = 0,02 \text{ м}$

t – глубина заложения, равная расстоянию от поверхности земли до середины заземлителя.

$$t = h_{тр} + \frac{1}{2} l, \quad (56)$$

где $h_{тр}$ – глубина траншеи, $h_{тр} = 0,7 \text{ м}$

$$t = 0,7 + \frac{1}{2} * 4 = 2,7 \text{ м}$$

$$R_{зв} = \frac{0,366 * 174}{4} * \left(\lg \frac{2*4}{0,02} + \frac{1}{2} \lg \frac{4*2,7+1}{4*2,7-1} \right) = 47,76 \text{ Ом}$$

Нахожу коэффициент использования вертикальных электродов, принимая расстояние между электродами 4 м.

По табл. 7.5 [7] $\eta_{в} = 0,54$

Число вертикальных электродов (заземлителей) определяю по формуле:

$$N = \frac{R_{зв}}{\eta_{в} * R_3} \quad (57)$$

$$N = \frac{47,76}{0,54 * 4} = 22 \text{ шт.}$$

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взаи. инв. №	Изн. № дубл	Подп. и дата

Проведение противоаварийных и противопожарных тренировок направлено на решение следующих задач:

оценка способности персонала самостоятельно и на основе коллективных действий персонала смены предупреждать развитие аварий, наилучшим способом обеспечивать их ликвидацию; оказание доврачебной помощи и освобождение пострадавшего от действия электрического тока (контроль квалификации);

обеспечение формирования или восстановления навыков принятия оперативных решений и деятельности в сложной режимной обстановке в условиях ограниченного времени на решение задач управления;

проверка выполнения необходимых организационных и технических мероприятий, направленных на совершенствование работы персонала и повышение надежности оборудования.

Тренировки проводятся в форме игры с воспроизведением нарушений в работе оборудования, имитацией оперативной деятельности по ликвидации аварийной ситуации, оценками этой деятельности.

Основными действующими лицами при проведении тренировки являются руководитель тренировки, участники тренировки и посредники, исполняющие организационные и контролирующие функции.

Эффективность тренировок зависит от качества их подготовки, степени приближенности воспроизводимой обстановки аварии к рабочей, достоверности оценок деятельности участников тренировки и от качества разбора тренировки. Достижение наилучших результатов тренировок требует их хорошей организации и рационального использования средств и методов их проведения.

Противоаварийные тренировки рекомендуется совмещать с противопожарными. Организация совмещенных противоаварийных и противопожарных тренировок, а также противопожарных тренировок, которые проводятся отдельно, должны соответствовать требованиям нормативно-технических документов.

В противоаварийной тренировке, совмещенной с противопожарной, вместе с руководителем тренировки, участниками тренировки и посредниками принимает участие руководитель тушения пожара.

Классификация тренировок

Противоаварийные тренировки должны проводиться в объединенных диспетчерских управлениях (ОДУ), в диспетчерских управлениях (ДУ) энергосистем, на электростанциях, в электрических и тепловых сетях. В ОДУ проводятся межсистемные и диспетчерские тренировки.

Межсистемной считается тренировка, в которой аварийные ситуации являются общими для оборудования нескольких энергосистем и в которой вместе с диспетчером ОДУ участвует непосредственно подчиненный ему персонал не менее трех объектов.

Диспетчерской в ОДУ считается тренировка, которая предусматривает участие в ликвидации аварийной ситуации только диспетчеров ОДУ.

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Изн. № дубл	Подп. и дата
--------------	--------------	---------------	-------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ
------	------	----------	-------	------	---------------------------

В ДУ энергосистем проводятся общесистемные и диспетчерские тренировки.

Общесистемной считается тренировка, в которой аварийная ситуация охватывает оборудование определенного участка энергосистемы с расположенными в нем электростанциями, сетевыми предприятиями (районами), подстанциями и другими объектами и в которой вместе с диспетчером энергосистемы участвует непосредственно подчиненный ему персонал не менее четырех районов.

Диспетчерской в ДУ энергосистемы считается тренировка, которая предусматривает участие в ликвидации аварийной ситуации только диспетчеров энергосистемы.

На электростанциях проводятся общестанционные, блочные и цеховые тренировки.

Общестанционной считается тренировка, в которой аварийная ситуация охватывает оборудование не менее половины имеющихся цехов, связанных единым технологическим процессом производства тепловой и электрической энергии и в которой вместе с дежурным инженером электростанции участвует оперативный персонал этих цехов.

Блочной считается тренировка, в которой аварийная ситуация охватывает оборудование одного блока и в которой предусматривается участие всего оперативного персонала блока.

Цеховой считается тренировка, которая проводится с персоналом одного цеха. Цеховые тренировки могут проводиться одновременно с персоналом всей смены цеха или поочередно с персоналом отдельных рабочих мест.

К цеховым тренировкам могут привлекаться оперативный персонал другого цеха, оборудование которого связано с оборудованием данного цеха.

В электрических сетях проводятся общесетевые, диспетчерские, районные, участковые, подстанционные тренировки.

В тепловых сетях проводятся общесетевые, диспетчерские, районные тренировки.

Общесетевой считается тренировка, в которой аварийная ситуация охватывает оборудование определенного участка сети с расположенными в нем районами (или их частью), подстанциями и другими объектами и в которой вместе с диспетчером сети участвует оперативный персонал не менее четырех объектов или участков.

Диспетчерской в сетях считается тренировка, которая предусматривает участие в ликвидации аварийной ситуации смены диспетчеров электрических сетей (района).

Районной считается тренировка, в которой аварийная ситуация охватывает оборудование одного района и в которой участвует оперативный персонал этого района.

Участковой считается тренировка, в которой аварийная ситуация охватывает оборудование участка и в которой участвует оперативный персонал, обслуживающий данный участок сети.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

персоналом отрабатываются навыки быстрого принятия правильных решений и отдачи необходимых распоряжений. По такому методу следует проводить тренировки с руководящим дежурным персоналом для усвоения им особенностей схемы, ее гибкости и возможностей использования при ликвидации аварий.

Тренировки по схемам позволяют выявить уровень знания схемы, ее особенностей и возможностей, а также определять сработанность персонала смены при получении информации и отдачи распоряжений.

Тренировки с условными действиями персонала проводятся в реальном времени и с обязательным выходом участников к местам производства операций. По этому методу должны проводиться тренировки с оперативным персоналом, непосредственно обслуживающим производственные участки.

Тренировки с воздействиями на арматуру и выключатели двигателей на неработающем оборудовании (находящемся в ремонте или выведенном из резерва) проводятся с целью отработки и закрепления у персонала определенных профессиональных приемов. Например, перевод возбуждения генератора с основного возбудителя на резервный, отбор пробы газа из газового реле, ручное включение, выключателей домкратом, устранение мелких дефектов оборудования и т.д.

Тренировки с использованием технических средств обучения персонала проводятся с применением тренажеров, автоматизированных обучающих систем на базе ЭВМ, полигонов на базе алгоритмических описаний оперативной деятельности. В таких тренировках персоналом отрабатываются навыки распознавания технологических режимов, пояска причин отклонений и нарушений, планирования деятельности по устранению отклонений и нарушений, по обеспечению устойчивой работы оборудования, по формированию профессиональных приемов работы. Преимущества этого метода связаны с возможностью выполнения реальных действий, отработок реакций на изменение режимов работы оборудования в реальном времени, формирования обобщенных оценок качества выполнения тренировочных задач, автоматизации протоколирования хода тренировки и т.д.

Комбинированные тренировки позволяют использовать преимущества каждого из перечисленных методов при решении выбранной технологической задачи. Например, представляют интерес комбинации из тренировок на тренажере и условные действия персонала на рабочем месте или с помощью автоматизированной обучающей системы, либо на тренажере и реальные действия на оборудовании, выведенном в резерв и т.п. Эффективность совмещения разных видов тренировок определяется возможностями имеющихся средств тренировки и качеством объединяющей программы комбинированной тренировки.

По характеру взаимосвязи с противопожарными тренировками противопожарные тренировки разделяются на совмещенные и отдельные. Тренировки с условными действиями персонала

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. ине. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

По методу с условными действиями персонала проводятся следующие виды тренировок: общестанционные, блочные, цеховые, общесетевые или районные, участковые и подстанционные, совмещенные.

Эти тренировки должны проводиться непосредственно на рабочих местах.

Участники тренировок во время их проведения должны строго выполнять требования правил техники безопасности. Производить какие-либо реальные операции с оборудованием, прикасаться к механизмам и органам управления коммутационной аппаратуры и запорной арматуры при этом запрещается.

При возникновении на каком-либо участке или объекте действительно аварийной ситуации проведение тренировки должно быть прекращено.

Перед началом тренировки необходимо проинформировать об этом весь работающий персонал.

Перед началом тренировки ее участники должны покинуть свои рабочие места, где посредники (либо другие лица под их руководством) осуществляют имитацию аварийной обстановки с помощью тренировочных плакатов и бирок, вывешиваемых на оборудовании, органах управления, приборах, устройствах защиты и сигнализации, на которых отражаются изменения, произошедшие в результате аварии. Плакаты и бирки должны вывешиваться таким образом, чтобы они не мешали работающему персоналу производить операции и наблюдать за показаниями приборов и устройств сигнализации.

После размещения плакатов и бирок участникам тренировки сообщается вводная часть. Вводную часть сообщает посредник или руководитель тренировки на своем участке. В вводной части указывается:

- режим работы, предшествующий возникновению аварийной ситуации;
- отклонения от нормальной схемы;
- порядок использования связи;
- время возникновения аварии.

На свои рабочие места участники тренировки допускаются только после подачи сигнала о ее начале. Таким сигналом может быть:

- сообщение руководителя тренировки одновременно на все участки по телефону или радио: «Внимание участников! Тренировка началась»;
- сообщение посредников или руководителей тренировки на своих участках в назначенное время: «Тренировка началась!».

С подачей сигнала о начале тренировки участвующие в ней лица должны приступить к осмотру плакатов и бирок, вывешенных на оборудовании своего участка, и к ликвидации условной аварии. Изменение состояния коммутационной аппаратуры и запорной арматуры, фиксирование световых сигналов табло и лампочек (квитирование), ключей управления должны производиться с помощью условных действий путем снятия и перевертывания плакатов и бирок, устно поясняя свои действия.

Например, тренирующийся должен включить выключатель линии А, на ключе управления которого на мнемосхеме со светящейся сигнализацией вывешен плакат «Мигает» (в действительности выключатель включен, а его

Инт. № подл.	
Подп. и дата	
Взаим. инв. №	
Инт. № дубл	
Подп. и дата	

автоматическое отключение по условию тренировки показано с помощью этого плаката). Он подходит к тому месту, где находится ключ управления выключателем, и говорит: «Квитирую ключ управления выключателем линии А», - и переворачивает плакат, вывешенный на ключе управления этого выключателя. На обратной стороне плаката должна быть надпись «Отключен». Затем тренирующийся продолжает: «Включаю выключатель линии А», - и снимает плакат «Отключен».

Если на ключе управления нет никаких плакатов, то это значит, что положение выключателя по условию тренировки совпадает с его реальным состоянием. Чтобы показать, что выключатель по какой-либо причине не включился, посредник вывешивает на его ключ управления плакат «Мигает».

Посредники обязаны регистрировать в картах деятельности тренирующихся все действия персонала, вмешиваясь в ход тренировки только в том случае, если требуется сообщить что-либо ее участникам, вывесить новые плакаты или бирки, снять или перевернуть их в зависимости от действия персонала.

При проведении противоаварийной тренировки совмещенной с противопожарной руководитель тушения пожара проводит тренировку согласно программе и указания руководителя тушения пожара являются обязательными для каждого участника тренировки.

В процессе проведения тренировки, охватывающей несколько участков, аварийные ситуации на каждом из них должны изменяться посредниками с помощью плакатов, бирок и др.) с учетом действий участников тренировки не только своего, но и других участков. Это может быть достигнуто путем координации действий посредников руководителем тренировки. Для этой цели он должен находиться на рабочем месте оперативного лица, руководящего ликвидацией условной аварии, следить за изменением обстановки по переговорам участников тренировки и сообщениям посредников и, в свою очередь, информировать последних о ходе тренировки в целом.

При этом согласованность действий участвующих в тренировке не нарушится и в случае возможных ошибок кого-либо из тренирующихся, предвидеть которые программой практически невозможно.

Если осуществить координацию действий посредников по какой-либо причине нельзя, то изменения аварийных ситуаций на отдельных участках посредники должны осуществлять в последовательности, заранее устанавливаемой программой. В этом случае, необходимо также предусмотреть через какое время после начала тренировки на том или ином рабочем месте нужно изменить обстановку.

Например, в электросетях проводится участковая тренировка.

Персоналу подстанции «А» 110 кВ дана вводная о работе дифференциальной защиты шин 110 кВ, а персоналу тупиковой подстанции «Б», питающейся от подстанции «А», дана вводная часть об исчезновении напряжения.

По ходу тренировки персонал подстанции «А» осматривает шины 110 кВ, отделяет поврежденный участок, принимает напряжение на шины 110 кВ и

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Инв. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

дает его на подстанцию «Б». Вводная о появлении напряжения персоналу подстанции «Б» дается посредником либо после сообщения руководителя тренировки, находящегося на подстанции «А», либо через определенное время после начала тренировки, заранее предусмотренное программой.

В этом случае при составлении программы необходимо определить время, которое должен затратить персонал подстанции «А» на осмотр шин 110 кВ, отделение поврежденного участка и подачу напряжения на подстанцию «Б». При этом возможна некоторая несогласованность в аварийных ситуациях на отдельных участках, вызванная отклонениями от программы в процессе проведения тренировки.

Рекомендуется максимально уменьшить переговоры и объяснения между тренирующимися и посредниками. Не следует допускать каких-либо подскоков, наводящих вопросов, неодобрительных возгласов и всего, что может отвлечь участвующих в тренировке от их прямой задачи по выявлению причины, вызвавшей аварию, и ликвидации аварийной ситуации.

При использовании телефонной и радиосвязи одновременно для эксплуатационных и тренировочных переговоров необходимо о начале тренировочного разговора сообщить словом «Тренировка».

Не рекомендуется использование устройств телемеханики на находящемся в работе оборудовании для показа коммутационного состояния аппаратуры и запорной арматуры, передачи сигналов на сигнальное табло, искусственного изменения показаний измерительных приборов при проведении противоаварийной тренировки.

При возникновении на каком-либо участке или объекте действительно аварийной ситуации, проведение противоаварийной тренировки должно быть прекращено.

По окончании тренировки все плакаты и бирки должны быть сняты с оборудования.

6.5 Меры пожарной безопасности на трансформаторной подстанции

Каждый работник должен в совершенстве знать и выполнять требования Правил противопожарного режима, не допускать лично и останавливать действия других лиц, которые могут привести к пожару или загоранию. Работники должны проходить противопожарный инструктаж, регулярно участвовать в противопожарных тренировках и проходить проверку знаний Правил противопожарного режима. Работники обучаются приемам работы с огнетушителем, пожарным краном в случае пожара и знать место их установки, которое обозначено знаками.

Трансформаторные подстанции должны быть защищены от попадания в них снега и дождя. Двери всех трансформаторных помещений должны быть выполнены из негорючих материалов и открываться наружу или в другое помещение, не связанное с постоянным пребыванием людей и не являющееся эвакуационным путем. Доступ в трансформаторные помещения должен

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						54

быть ограничен. Надежная эксплуатация трансформаторов и их пожарная безопасность должны обеспечиваться:

- содержанием в исправном состоянии устройств охлаждения, регулирования и защиты оборудования;
- качественным выполнением ремонтов основного и вспомогательного оборудования, устройств автоматики и защиты.

Маслоприемные устройства под трансформаторами должны содержаться в исправном состоянии для исключения при аварии растекания масла и попадания его в кабельные каналы и другие сооружения. Запрещается при пожаре на трансформаторе сливать масло из корпуса, так как это может привести к распространению огня на его обмотку и затруднить тушение пожара. В местах установки пожарной техники должны быть оборудованы и обозначены места заземления. Запрещается включение в эксплуатацию трансформаторов на электростанциях и подстанциях, если не обеспечена полная готовность к работе установок пожаротушения, предусмотренных проектом. Пуск автоматической установки пожаротушения трансформатора (реактора) должен производиться только после снятия напряжения при срабатывании газовой и дифференциальной защиты и дистанционно со щита управления. При любом виде пуска установки пожаротушения на трансформаторе должны быть отключены через выходные реле все его выключатели. Установки пожаротушения должны приводиться в действие после отключения выключателей или при отсутствии напряжения на трансформаторе. В установке пожаротушения трансформатора должна предусматриваться выдача сигнала на закрытие отсечного клапана, устанавливаемого в трубопроводе масла между трансформатором и расширителем. Последующее открытие клапана производится вручную. Необходимо свести к минимуму выделение токсичных газов и непрозрачного дыма из трансформатора в случае пожара.

6.6 Защита окружающей среды

Экологические аспекты, в частности влияние электроустановок на окружающую среду – один из важнейших вопросов в энергетике. Любая электроустановка в той или иной мере оказывает негативное влияние на окружающую среду, в том числе и на живых существ – от насекомых до человека. Рассмотрим, какие негативные последствия оказывают электроустановки окружающей среде и основные меры, которые принимаются для исключения их негативного влияния.

Энергетика входит как подсистема в глобальную систему жизнедеятельности страны. Развитие и жизнь общества в настоящее время невозможны без энергетики, которая определяет прогресс всего народного хозяйства. Однако при рассмотрении достоинств энергетики необходимо учитывать также отрицательное влияние энергетики на окружающую среду. Все проявления вредного влияния, которое оказывается на окружающую среду различными электротехническими объектами, можно разделить на группы:

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						55

1. Загрязнение воздуха, воды и почвы отходами при сжигании топлива на ТЭС электростанциях в виде газов, золы, серы и др., выбрасываемых в воздух, почву и воду и от захоронения использованных радиоактивных веществ на АЭС. Для уменьшения этого следует применять лучшее топливо и специальные очистные сооружения (электрофильтры и др.).

2. Выделение неиспользованной энергии в окружающую среду в виде теплоты отходящих газов и нагрев охлаждающей воды.

3. Влияние электромагнитного поля на живые организмы.

4. Увеличение шума.

5. Изъятие из пользования земли и воды.

6. Эстетическое воздействие линий.

Одним из наиболее важных экологических аспектов является защита человека от факторов негативного влияния электроустановок. В первую очередь – это негативное влияние электромагнитных полей на организм человека.

В данном случае основной мерой, направленной на предотвращение негативного воздействия электромагнитного поля, является сокращение времени нахождения человека в зоне влияния электрического поля. В электроустановках напряжением 110 кВ и выше, где напряженность электрического поля превышает установленные нормы, используют специальные защитные экранирующие комплекты.

Кроме того, существенное влияние на организм человека оказывает электромагнитное поле высоковольтных воздушных линий электропередач. Поэтому запрещается строительство жилых домов и других зданий и сооружений в пределах охранной зоны линий электропередач. Также рекомендуется исключить или свести к минимуму время пребывания человека в непосредственной близости к высоковольтным линиям.

Еще один фактор негативного влияния электроустановок на организм человека – поражение электрическим током, а также термическое действие электрической дуги. Безопасность человека в отношении поражения электрическим током в электроустановках – это основная задача. В данном случае основными мерами, направленными на предотвращение возникновения несчастных случаев в электроустановках, являются:

- соблюдение правил техники безопасности и нормативных актов по охране труда;
- применение необходимых средств защиты;
- своевременное обнаружение, устранение неисправностей и других отклонений от нормального режима работы оборудования;
- совершенствование рабочих мест;
- улучшение условий труда.

Следует также отметить воздействие вредных веществ на человека. Например, в электрических распределительных устройствах, оборудованных элегазовыми выключателями, есть вероятность отравления элегазом по причине его утечки из поврежденного выключателя.

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						56

Еще один пример – кислотная аккумуляторная батарея. В данном случае особую опасность несет в себе серная кислота, которая может попасть на кожу человека или в дыхательные пути.

Следующий экологический аспект – гибель птиц на линиях электропередач и в открытых распределительных устройствах подстанций. Каждый год очень большое количество птиц гибнет в результате поражения электрическим током. Для предотвращения гибели птиц на линиях электропередач на опорах устанавливают специальные устройства, которые препятствуют посадке на них птиц.

На открытых распределительных устройствах подстанций особую опасность для птиц представляют высоковольтные выводы силовых трансформаторов, линейные вводы в закрытые распределительные устройства и другие элементы оборудования. В данном случае, для предотвращения гибели птиц устанавливаются сетчатые ограждения, кожухи на элементы оборудования, где наиболее часто происходит гибель птиц.

В процессе эксплуатации электроустановок возможно загрязнение окружающей среды вредными веществами. Это может быть: электролит, трансформаторное масло и другие нефтепродукты, бытовые отходы и другие вредные вещества.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды необходимо строго соблюдать нормативные документы и инструкции по эксплуатации оборудования, правила обращения с вредными веществами и др., хранить отходы и вредные вещества в специально отведенных для этого местах.

Электромагнитные поля электроустановок оказывают некоторое влияние на насекомых и растения. В зоне влияния электрического поля у насекомых и бабочек появляются нехарактерные признаки поведения, у пчел значительно снижается продуктивность, а также появляется вероятность потери маток.

Растения, которые растут вдоль линий электропередач, а также на территории электроустановок могут наблюдаться аномалии развития: появление лишних лепестков, изменение размеров цветений, стеблей, листьев.

Электромагнитное излучение есть практически повсеместно. Многие считают, что электромагнитное излучение есть только лишь в электроустановках. Но это далеко не так. Электромагнитное излучение преследует нас везде: дома, на работе, на улице. Источниками электромагнитного излучения, помимо электрических сетей, является практически вся бытовая техника, в том числе различные электронные устройства: теле- и радиоаппаратура, мобильные телефоны, гаджеты и множество других электрических приборов.

Даже на улицах города, где, казалось бы, нет электромагнитного излучения, источниками такового является электрифицированный транспорт, силовые сети, сети уличного освещения и др. Рассмотрим, какое влияние оказывают те или иные источники электромагнитного излучения на организм человека.

Источники электромагнитного излучения

Имя	№ подл	Подп.	Дата
Имя	№ инв.	Имя	№ дубл.
Имя	№ инв.	Имя	№ дубл.
Имя	№ инв.	Имя	№ дубл.
Имя	№ инв.	Имя	№ дубл.

Изм.	Лист	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
					57

способствует снижению негативного воздействия на организм человека нежелательных электромагнитных излучений.

Максимальное сокращение времени пребывания в зоне действия электромагнитного излучения является одним из наиболее эффективных способов защиты организма от негативного воздействия электромагнитного излучения. Особенно актуален данный вопрос для работников электроэнергетических предприятий, где уровень электромагнитного излучения максимальный.

Например, персонал, обслуживающий высоковольтную распределительную подстанцию. В распределительных устройствах, как открытого, так и закрытого типа, уровень электромагнитного излучения очень большой. В электроустановках 110кВ и выше очень часто уровень электромагнитного излучения достигает таких значений, что его негативное воздействие на организм человека является очень сильным.

Первые признаки появляются практически сразу: головная боль, слабость, раздражительность, угнетенность. В таких случаях нахождение человека в зоне действия электромагнитного излучения без использования специальных защитных комплектов (экранирующих устройств) недопустимо.

При нахождении обслуживающего персонала вдали от высоковольтного оборудования, например, на общеподстанционном пункте управления, уровень электромагнитного излучения намного меньше, но его значения в сотни раз превышают допустимые. Это связано с тем, что в данном помещении находятся множество источников электромагнитного излучения: компьютерная техника, устройства защит и автоматики оборудования, распределительные низковольтные щитки и др.

В таком случае следует, при наличии возможности, делать перерывы и выходить из помещения, тем самым сокращая время пребывания в зоне электромагнитного излучения. Также не лишним будет использовать вышеупомянутые устройства, которые позволяют минимизировать негативное воздействие электромагнитного излучения на организм человека.

Также следует отметить, что степень влияния электромагнитного излучения на организм человека напрямую зависит не только от времени пребывания в зоне его действия, но и от расстояния до источника излучения. То есть в процессе использования того или иного электроприбора или электрического устройства следует по возможности увеличивать расстояние до источника.

При разговоре по мобильному телефону рекомендуется использовать громкую связь или проводную гарнитуру. Если мобильный телефон в данный момент не используется, не нужно его держать в кармане, лучше положить его на стол.

Как правило, в инструкции к электроприборам должны быть указаны меры безопасности, в частности безопасное расстояние к данному электроприбору, при котором уровень излучения будет минимальным. Если такие данные отсутствуют, то для своей же безопасности лучше эти данные уточнить. В интернете в свободном доступе есть информация по этому поводу.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взаим. име. №	Име. № дубл	Подп. и дата
--------------	--------------	---------------	-------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						59

Очень часто, как в быту, так и на работе, включены в сеть электроприборы, которые в данный момент не используются. К таким электроприборам можно отнести зарядные устройства мобильных телефонов, аудио-, видеоаппаратуру, телевизор и др. Отключение данных электроприборов позволяет значительно снизить уровень электромагнитного излучения и соответственно степень его негативного воздействия. Кроме того, отключение электроприборов позволяет снизить общее количество потребляемой электроэнергии.

Как упоминалось выше, высоковольтные линии электропередач являются источником электромагнитного излучения, причем уровень данного излучения достаточно высокий, и чем напряжение выше, тем уровень излучения выше. Следовательно, необходимо исключить или по возможности сократить время пребывания в зоне действия электромагнитного поля линий электропередач.

Существует такое понятие, как охранный зона линий электропередач – расстояние по обе стороны от проводов линий электропередач. Размер охранной зоны ЛЭП варьируется в зависимости от класса напряжения. Например, охранный зона линий электропередач напряжением 35 кВ составляет 15 м, 110 кВ – 20 м, 330 кВ – 30 м.

В охранный зоне линий электропередач степень электромагнитного излучения значительно превышает допустимые значения. Поэтому в данной зоне не рекомендуется строительство жилых зданий и различных сооружений. Если вы увлекаетесь садоводством, то следует отказаться от участка, вдоль которого проходит линия электропередач. Как правило, на земельном участке проводится значительная часть времени, поэтому вы всегда будете подвергаться чрезмерному воздействию электромагнитного излучения от линии электропередач.

Выводы по разделу шесть

Так как руководство любого предприятия несёт ответственность за жизнь и здоровье своих сотрудников, то организация охраны труда остаётся одним из важнейших аспектов деятельности предприятия. В данном разделе были рассмотрены: общие сведения о заземлении и занулении; молниезащита зданий и сооружений, произведён расчёт защитного заземления на подстанции; рассмотрены тема пожарной безопасности на трансформаторной подстанции и проведения противоаварийных и противопожарных тренировок на предприятии.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	130302.2020.938.00.000 ПЗ	Лист
						60

