

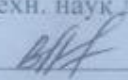
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт механики и энергетики
Кафедра электрификации и автоматизации производства

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

канд. техн. наук доцент

 В. А. Агеев

«22» 06 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 2-ГО МИКРОРАЙОНА
ЖИЛОГО РАЙОНА «ЮБИЛЕЙНЫЙ» Г. САРАНСК**

Автор бакалаврской работы



Д. С. Репьев

Обозначение бакалаврской работы БР-02069964-13.03.02-08-18

Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Руководители работы

канд. техн. наук доцент



В. А. Агеев

Формоконтролер

канд. техн. наук доцент



К. А. Душутин

Саранск

2018

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт механики и энергетики
Кафедра электрификации и автоматизации производства

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

канд. техн. наук доцент

 В. А. Агеев

« 06 » 12 2017 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
(в форме бакалаврской работы)

студент Репьев Дмитрий Сергеевич

Тема Разработка системы электроснабжения 2-го микрорайона жилого района
«Юбилейный» г. Саранск.

Утверждена приказом № 9771-с от 06.12.2017 г.

Срок представления работы к защите 11.06.2018 г.

Исходные данные для выпускной квалификационной работы: типовые проекты,
ОСТы, данные ПТО, ОГЭ.

Содержание выпускной квалификационной работы.

- 1.1 Характеристика объекта и задачи работы.
- 1.2 Расчет системы электроснабжения микрорайона.
- 1.3 Расчет и проверка оборудования подстанции ПС 110/10 кВ «Посоп».
- 1.4 Техничко-экономические показатели.

Руководитель работы:



В. А. Агеев

дата, подпись

Задание принял к исполнению:



Д. С. Репьев

дата, подпись

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 86 листов, 19 источников.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА, ТРАНСФОРМАТОР, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ, МОЩНОСТЬ, ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ, КОММУТАЦИОННАЯ АППАРАТУРА.

Объектом разработки является система электроснабжения 2 микрорайона, жилого района «Юбилейный» г. Саранск.

Цель работы – разработка системы электроснабжения 2 микрорайона, жилого района «Юбилейный» г. Саранск.

В процессе работы проводились теоретические исследования и конструктивный расчет элементов системы электроснабжения 2 микрорайона, жилого района «Юбилейный» г. Саранск.

В результате проведенной работы был произведен расчет электрических нагрузок объекта, рассчитано и проверено оборудование трансформаторных подстанций, и кабельных линий.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные характеристики: снижение расходов на электрическую энергию.

Степень внедрения – не внедрялась.

Конструктивные элементы разработанной системы электроснабжения могут быть применены при разработке систем электроснабжения других подобных объектов.

Эффективность разработок определяется применением современного оборудования.

				БР-02069964-13.03.02-08-18		
Изм.	Лит.	№ докум.	Подп.	Дата		
		Рельев			Лит.	Лист
		Агеев			Д	3
		Душутин			Листов	
		Агеев			86	
					ИМЭ, каф. ЗАП 0/0 407 гр.	

Разработка системы электроснабжения 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Характеристика объекта и задачи работы	7
1.1 Общая характеристика 2-го микрорайона	7
1.2 Краткая характеристика сооружений 2 микрорайона	8
1.3 Задачи работы	10
2 Расчет системы электроснабжения микрорайона	11
2.1 Расчет электрических нагрузок жилых и общественных зданий	11
2.1.1 Расчет электрических нагрузок жилых зданий	11
2.1.2 Расчет электрических нагрузок общественных зданий	14
2.2 Выбор напряжения сетей и режима нейтрали	16
2.3. Расчет электрических нагрузок распределительных линий до 1 кВ	17
2.4 Расчет количества и мощности трансформаторных подстанций	18
2.4.1 Расчет количества трансформаторных подстанций	18
2.4.2 Расчет мощности трансформаторных подстанций	20
2.5 Расчет месторасположения трансформаторных подстанций	23
2.6 Выбор схемы распределительных сетей 0,38-10 кВ	26
2.7 Расчет электрических нагрузок сети 10 кВ и центров питания	27
2.8 Электрический расчет распределительных сетей	29
2.8.1 Электрический расчет распределительных сетей	29
2.8.2 Проверка сечений жил кабелей распределительных сетей 10 кВ по допустимому длительному току	31
2.8.3 Проверка сечений жил кабелей распределительных сетей 10 кВ по допустимому отклонению напряжения	32
2.8.4 Расчет токов короткого замыкания в распределительных сетях 10 кВ	34
2.8.5 Расчет сечения жил кабелей распределительных сетей до 1 кВ	41
2.8.6 Проверка сечений жил кабелей распределительных сетей до 1 кВ по допустимому длительному току	42
2.8.7 Проверка сечений жил кабелей распределительных сетей до 1 кВ по допустимому отклонению напряжения	43

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

4

2.8.8 Расчет токов короткого замыкания в распределительных сетях до 1 кВ	45
2.9 Выбор и проверка электрооборудования	52
2.9.1 Выбор и проверка автоматических выключателей 10 кВ	52
2.9.2 Выбор и проверка автоматических выключателей 0,4 кВ	58
2.9.3 Выбор вводных распределительных устройств потребителей	62
3 Расчет и проверка оборудования подстанции ПС 110/10 кВ «Посоп»	66
3.1 Краткая характеристика подстанции	66
3.2 Определение загрузки силовых трансформаторов подстанции	68
3.3 Проверка электрооборудования ЗРУ 10 кВ	69
3.4 Расчет измерительных трансформаторов тока для ячеек отходящих линий	72
3.5 Проверочный расчет токов срабатывания релейной защиты	75
4 Техничко-экономические показатели	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	84
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	85

					БР-02069964-13.03.02-08-18	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лит</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		5

ВВЕДЕНИЕ

Объектом разработки является система электроснабжения 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск.

С электротехнической точки зрения при создании системы электроснабжения большой интерес представляет качество электроснабжения. Кроме основных показателей качества электрической энергии, таких как стабильность частоты и напряжения, синусоидальность напряжения, а так же симметрия фаз, немаловажную роль играет надежность электроснабжения.

В Республике Мордовия началось строительство 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск. Это повлечет изменение и перераспределение электрических нагрузок.

Электроснабжение потребителей 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск предусматривается от построенной в этом районе РТП. Целью бакалаврской работы является разработка системы электроснабжения 2 микрорайона, района «Юбилейный» г. Саранск, расчет линии электропередачи от подстанции ПС 110/10 кВ «Посоп» до РТП, от РТП до потребительских ТП, расчет и проверка электротехнического оборудования указанных подстанций.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		6

1 Характеристика объекта и задачи работы

1.1 Общая характеристика 2-го микрорайона

В г. Саранск Республики Мордовия ведется строительство 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный». Строительство микрорайона позволит восполнить недостаточность существующего гостиничного номерного и жилого фонда для выполнения рекомендаций и требований Международной Федерации Футбольных Ассоциаций (FIFA), установленных в Заявочной книге «Россия – 2018» и Соглашении «Об участии в организации и проведении Кубка Мира™ ФИФА 2018 и Кубка Конфедераций ФИФА 2017», заключенном между FIFA, АНО «Организационный комитет «Россия – 2018» и Администрацией города Саранска 4 октября 2012 года. Схема расположения 2 микрорайона, района «Юбилейный» г. Саранск представлена на рисунке 1.1.

Строительство микрорайона повлечет изменение и перераспределение электрических нагрузок в районе строительства.



Рисунок 1.1 – Схема расположения 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск.

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

7

1.2 Краткая характеристика сооружений 2 микрорайона

В микрорайоне 2 располагаются жилые и общественные здания и коммунально-бытовые предприятия. Характеристика жилых зданий микрорайона приведена в таблице 1.1. Характеристика общественных зданий и коммунально-бытовых предприятий микрорайона приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Характеристика жилых зданий микрорайона.

Поз.	Количество			Тип плит	Количество лифтов на подъезд / мощность, кВт	Категория по надежности.
	Подъездов N _П	Этажей N _Э	Квартир N _{КВ}			
28,29,30,31,32,33	1	16	90	Электрический	2/6(9)	II
7,8,9,10	2	16	120	Электрический	4/6(9)	II
22,23,24,25,26	1	16	122	Электрический	2/6(9)	II
2,4,11,13	1	18	140	Электрический	3/6	II
1,3,12,14	1	16	108	Электрический	3/6	II
15,17,18,19,20,21	2	8,14	98	Электрический	4/6(9)	II

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

8

Таблица 1.2 – Характеристика общественных зданий и коммунально-бытовых предприятий микрорайона

Поз.	Общественное здание	Ед. изм.	Количество показателя М	Категория по надежности
6	Средняя школа	Учащихся	500	II
16,27	Детский сад	Воспитанников	350	II
5	Медицинское учреждение	Больных	500	I
34	Торговый центр	Площадь торгового зала	1900	II

Объекты электроснабжения 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск относятся к I и II категориям по надежности электроснабжения (приложение 2 [14]).

Электроснабжение потребителей строящегося 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск планируется от распределительного пункта (РТП).

В качестве источника электроснабжения принимается подстанция ПС 110/10 кВ «Посоп», от которой до проектируемого РТП предполагается прокладка четырех взаимно резервируемых КЛ-10 кВ.

Электроснабжение распределительных подстанций для электроснабжения сооружений 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск предполагается выполнить от двух секций РУ-10 кВ РТП по двум взаимно резервируемым кабельным линиям 10 кВ.

Переключение с рабочего на резервный ввод нагрузок I и II категории производится автоматически через станции АВР 0,4 кВ.

Климатическая зона умеренно-континентальная. Зона по ветру и гололеду умеренная. Температурный максимум: $T_{\max} = +37^{\circ}\text{C}$, $T_{\min} = -49^{\circ}\text{C}$. Толщина снежного покрова: 25-30 см. Глубина промерзания грунта: 1,48 м. Занимаемая площадь микрорайона: 0,482 км².

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

9

1.3 Задачи работы

На основании характеристики и анализа объекта были поставлены следующие задачи:

- а) рассчитать электрические нагрузки жилых и общественных зданий микрорайона;
- б) выбрать напряжения сетей и режим нейтрали;
- в) рассчитать количество и мощность трансформаторных подстанций;
- г) рассчитать месторасположение трансформаторных подстанций;
- д) выбрать схемы распределительных сетей 0,38-10 кВ;
- е) рассчитать электрические нагрузки сети 10 кВ и центра питания;
- ж) выбрать и проверить электрооборудование;
- з) выполнить электрический расчет распределительных сетей;
- и) рассчитать, выбрать и проверить электротехническое оборудование подстанции ПС 110/10 кВ «Посоп»;
- к) рассчитать технико-экономические показатели.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		10

2 Расчет системы электроснабжения микрорайона

2.1 Расчет электрических нагрузок жилых и общественных зданий

2.1.1 Расчет электрических нагрузок жилых зданий

Расчет нагрузки жилых зданий и сооружений выполняется согласно главе 2.1 [14]. Выполним расчет для жилых зданий 28-33 (таблица 1.1).

Электрическая нагрузка квартир, кВт определяется по формуле:

$$P_{кв} = P_{кв.уд}n, \quad (2.1)$$

где $P_{кв.уд}$ – удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир (зданий), кВт/квартира, (таблица 2.1.1) [14];
 n – количество квартир.

Удельные расчетные электрические нагрузки на дом для промежуточного числа квартир определяются методом интерполяции.

$$P_{кв1} = 2,16 \cdot 90 = 194,4 \text{ кВт.}$$

В домах не выше 20 этажей расчетная нагрузка санитарно-технических устройств может быть найдена из выражения (4.15) [18]:

$$P_{ст.уд} = 0,05 \cdot n_{кв}, \quad (2.2)$$

где $n_{кв}$ – количество квартир в доме.

Определим нагрузку санитарно-технических устройств:

$$P_{ст.уд1} = 0,05 \cdot 90 = 4,5 \text{ кВт.}$$

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
						11
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		

Мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств, кВт, определяется по формуле:

$$P_{ст.у} = k_c'' \sum_1^n P_{ст.уi}, \quad (2.3)$$

где k_c'' – коэффициент спроса, (таблица 2.1.3) [14];

$P_{ст.уi}$ – установленная мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств, кВт.

Выполним расчет мощности электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств:

$$P_{ст.у1} = 0,85 \cdot 4,5 = 3,83 \text{ кВт.}$$

Мощность лифтовых установок, кВт, определяется по формуле:

$$P_{р.л} = k_c' \sum_1^n P_{ни}, \quad (2.4)$$

где k_c' – коэффициент спроса (таблица 2.1.2) [14];

n – количество лифтовых установок;

$P_{ни}$ – установленная мощность электродвигателя лифта, кВт, для грузовых лифтов 9 кВт, для пассажирских 6 кВт.

Выполним расчет мощности лифтовых установок:

$$P_{р.л1} = 0,9 \cdot 15 = 13,5 \text{ кВт.}$$

Расчетная нагрузка силовых электроприемников, кВт, приведенная к вводу жилого дома, определяется по формуле:

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
						12
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		

$$P_c = P_{p.l} + P_{ст.у}, \quad (2.5)$$

где $P_{p.l}$ – мощность лифтовых установок, кВт;

$P_{ст.у}$ – мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств $P_{ст.у}$, кВт

Выполним расчет нагрузки силовых электроприемников:

$$P_{c1} = 13,5 + 3,83 = 17,33 \text{ кВт.}$$

Расчетная электрическая нагрузка жилого дома, кВт по формуле:

$$P_{p.ж.д} = P_{кв} + k_y P_c, \quad (2.6)$$

где k_y – коэффициент участия в максимуме нагрузки силовых электроприемников, принимается равным 0,9.

Определим расчетную электрическую нагрузку жилого дома:

$$P_{p.ж.д1} = 194,4 + 0,9 \cdot 17,33 = 210 \text{ кВт.}$$

Расчетная реактивная нагрузка на вводе жилого дома, с силовыми электроприемниками, по формуле:

$$Q_{p.ж.д} = P_{кв} \operatorname{tg} \varphi_{кв} + k_y (P_{п.л} \operatorname{tg} \varphi_{п.л} + P_{ст.у} \operatorname{tg} \varphi_{ст.у}), \quad (2.7)$$

где $\operatorname{tg} \varphi_{кв}$, $\operatorname{tg} \varphi_{п.л}$, $\operatorname{tg} \varphi_{ст.у}$ – расчетные коэффициенты реактивной мощности квартир, лифтовых установок и электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств (таблица 2.5) [14].

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
						13
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		

Определим расчетную реактивную нагрузку на вводе жилого дома:

$$Q_{p.ж.д1} = 194,4 \cdot 0,2 + 0,9(13,5 \cdot 1,17 + 3,83 \cdot 0,75) = 55,68 \text{ кВАр.}$$

Полная расчетная нагрузка на вводе жилого дома, кВА, определяется по формуле:

$$S_{p.ж.д} = \sqrt{P_{p.ж.д}^2 + Q_{p.ж.д}^2} \quad (2.8)$$

Определим полную расчетную нагрузку на вводе жилого дома:

$$S_{p.ж.д1} = \sqrt{210^2 + 55,7^2} = 217,26 \text{ кВА.}$$

Для остальных жилых зданий расчет производится аналогично и сводится в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Электрические нагрузки жилых зданий

Позиция по плану	Кол-во квартир	$P_{кв}$, кВт/кв.	P_c , кВт	$P_{р.л}$, кВт	$P_{ст.у}$, кВт	$P_{p.ж.д}$, кВт	$Q_{p.ж.д}$, кВАр	$S_{p.ж.д}$, кВА
28,29,30,31,32,33	90	194,40	17,33	13,5	3,83	209,99	55,68	217,26
7,8,9,10	120	231,60	29,10	24	5,1	257,79	75,03	268,49
22,23,24,25,26	122	234,24	18,69	13,5	5,19	251,06	64,56	259,23
2,4,11,13	140	264,60	22,15	16,2	5,95	284,54	73,99	294
1,3,12,14	108	209,52	20,79	16,2	4,59	228,23	62,06	236,52
15,17,18,19,20,21	98	191,10	28,17	24	4,17	216,45	66,3	226,38

2.1.2 Расчет электрических нагрузок общественных зданий

Расчет нагрузки жилых зданий и сооружений выполняется согласно главе 2.2 [14]. Выполним расчет для здания 6 (таблица 1.2).

Расчетные нагрузки на вводе в типовые общественные здания массового строительства оценочно можно определять по укрупненным удельным нагрузкам:

$$P_{p.oz} = P_{p.oz.yd} M, \quad (2.9)$$

где $P_{p.oz.yd}$ – удельная расчетная нагрузка общественного здания на единицу количественного показателя (рабочее место, площадь торгового зала, килограмм продукции и т.п.), кВт/показатель, (таблица 2.2.1) [14];

M – количественный показатель.

Определим нагрузку на вводе в типовые общественные здания:

$$P_{p.oz1} = 0,25 \cdot 500 = 125 \text{ кВт.}$$

Расчетная реактивная нагрузка на вводе общественного здания вычисляется по формуле:

$$Q_{p.oz} = P_{p.oz} \operatorname{tg} \varphi_{oz}, \quad (2.10)$$

где $\operatorname{tg} \varphi_{oz}$ – коэффициент реактивной мощности общественного здания (таблица 2.2.1) [14].

Определим расчетную реактивную нагрузку на вводе общественного здания:

$$Q_{p.oz1} = 125 \cdot 0,38 = 47,5 \text{ кВАр.}$$

Полная расчетная нагрузка на вводе общественного здания, кВА, определяется по формуле:

$$S_{p.oz} = \sqrt{P_{p.oz}^2 + Q_{p.oz}^2}. \quad (2.11)$$

Определим полную расчетную нагрузку на вводе общественного здания:

$$S_{p.оз1} = \sqrt{125^2 + 47,5^2} = 133,72 \text{ кВА.}$$

Для остальных общественных зданий расчет производится аналогично и сводится в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Электрическая нагрузка общественных зданий

Поз.	Общественное здание	$P_{p.оз.уд}$	M	$P_{p.оз}$	$Q_{p.оз}$	$\text{tg}\varphi_{оз}$	$S_{p.оз}$
6	Средняя школа	0,25	500	125	47,5	0,38	133,72
16,27	Детский сад	0,46	350	161	40,25	0,25	165,96
5	Медицинское учреждение	0,43	500	180	77,4	0,43	195,94
34	Торговый центр	0,25	1900	304	145,92	0,48	337,21

2.2 Выбор напряжения сетей и режима нейтрали

Напряжение системы электроснабжения города должно выбирается с учетом наименьшего количества ступеней трансформации энергии.

В новых районах застройки напряжение распределительных сетей выше 1 кВ принимаем 10 кВ.

Городские электрические сети выше 1 кВ до 35 кВ должны выполняться трехфазными. Режим работы нейтрали и компенсация емкостного тока в этих сетях должны приниматься согласно требованиям ПУЭ.

Согласно главе 2 [17] работа электрических сетей напряжением 1-35 кВ может предусматриваться с изолированной нейтралью.

Городские электрические сети до 1 кВ должны выполняться с глухим заземлением нейтрали напряжением 380/220 В (раздел 3 [14]).

В городских распределительных сетях следует применять трансформаторы со схемой соединения обмоток треугольник-звезда.

2.3. Расчет электрических нагрузок распределительных линий до 1 кВ

Расчетная электрическая нагрузка линии до 1 кВ при смешанном питании потребителей жилых домов и общественных зданий, кВт, определяется по формуле (глава 2.3 [14]):

$$P_{p.l0,4} = P_{зд.max} + \sum_1^n k_{yi} P_{зdi}, \quad (2.12)$$

где $P_{зд.max}$ – наибольшая нагрузка здания из числа зданий, питаемых по линии, кВт;

$P_{зdi}$ – расчетные нагрузки других зданий, питаемых по линии, кВт;

k_{yi} – коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий или жилых домов (таблица 2.3.1) [14].

Определим расчетную электрическую нагрузку линии до 1 кВ:

$$P_{p.l0,4} = 304 + 0,9 \cdot (209,99 \cdot 6) + 0,9 \cdot (257,79 \cdot 4) + 0,9 \cdot (251,06 \cdot 5) + 0,7 \cdot (284,54 \cdot 4) + 0,7 \cdot (228,23 \cdot 4) + 0,9 \cdot (216,45 \cdot 6) + 0,7 \cdot 125 + 0,8 \cdot (161 \cdot 2) + 0,8 \cdot 180 = 6589,42 \text{ кВт.}$$

Расчетная реактивная электрическая нагрузка линии до 1 кВ, квар, определяется по формуле:

$$Q_{p.l0,4} = Q_{зд.max} + \sum_1^n k_{yi} Q_{зdi}. \quad (2.13)$$

Определим расчетную реактивную электрическую нагрузку линии до 1 кВ:

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		17

$$Q_{p.l0,4} = 145,92 + 0,9 \cdot (55,68 \cdot 6) + 0,9 \cdot (75,03 \cdot 4) + 0,9 \cdot (64,56 \cdot 5) + 0,7 \cdot (73,99 \cdot 4) + 0,7 \cdot (60,06 \cdot 4) + 0,9 \cdot (66,3 \cdot 6) + 0,7 \cdot 47,5 + 0,8 \cdot (40,25 \cdot 2) + 0,8 \cdot 77,4 = 1905,8 \text{ квар.}$$

Полная расчетная нагрузка линии до 1 кВ, кВА, определяется по формуле:

$$S_{p.l0,4} = \sqrt{P_{p.l0,4}^2 + Q_{p.l0,4}^2} \quad (2.14)$$

Определим полную расчетную электрическую нагрузку линии до 1 кВ:

$$S_{p.l0,4} = \sqrt{6589,42^2 + 1905,8^2} = 6859,49 \text{ кВА.}$$

2.4 Расчет количества и мощности трансформаторных подстанций

2.4.1 Расчет количества трансформаторных подстанций

Выполним расчет количества трансформаторных подстанций, распределим объекты электроснабжения района между ТП.

Плотность нагрузок микрорайона определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{S_{мкр}}{F_{мкр}}, \quad (2.15)$$

где $S_{мкр}$ – расчетное значение мощности нагрузок микрорайона, кВА, принимается равной $S_{p.l0,4}$;

$F_{мкр}$ – общая площадь микрорайона, 0,482 км².

Определим плотность нагрузок микрорайона:

$$\sigma = \frac{6859,49}{0,482} = 14231,31 \text{ кВА/км}^2.$$

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		18

Экономически целесообразную мощность трансформаторов ТП, кВА, определяется по формуле:

$$S_{тр.эк} = 1,45\sqrt[3]{\sigma^2}, \quad (2.16)$$

Определим экономически целесообразную мощность трансформаторов ТП:

$$S_{тр.эк} = 1,45\sqrt[3]{14231,31^2} = 851,53 \text{ кВА.}$$

Выбираем трансформатор мощностью 1000 кВА.

Так как в микрорайоне присутствуют потребители II и I категории надежности электроснабжения принимаем по 2 трансформатора в ТП, $n_{ТП} = 2$.

Ориентировочное число ТП определяется по формуле:

$$N_{ТП} = \frac{S_{мкр}}{K_3^n S_{тр.эк} n_{ТП}}, \quad (2.17)$$

где K_3^n – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном рабочем режиме, принимается 0,6-0,9;

$n_{ТП}$ – количество трансформаторов в ТП.

Определим число трансформаторных подстанций:

$$N_{ТП} = \frac{6859,49}{0,7 \cdot 851,53 \cdot 2} = 5,75 \approx 6 \text{ шт.}$$

Распределяем жилые и общественные здания, расположенные в районе, по трансформаторным подстанциям и заносим в таблицу 2.3

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		19

Таблица 2.3 – Распределение объектов электроснабжения района между ТП

ТП	Число и мощность трансформаторов	Позиции объектов
1	2x1000	27, 28, 29, 30, 31, 32, 33
2	2x1000	22, 23, 24, 25, 26, 34
3	2x1000	15, 17, 18, 19, 20, 21
4	2x1000	6, 7, 8, 9, 10
5	2x1000	1, 2, 3, 4, 5
6	2x1000	11, 12, 13, 14, 16

2.4.2 Расчет мощности трансформаторных подстанций

Выполним расчет мощности трансформаторной подстанции ТП-1.

Расчетная активная электрическая нагрузка на шинах 0,4 кВ ТП-1, кВт, определяется по формуле (глава 2.3 [14]):

$$P_{ТП0,4} = P_{зд.макс} + \sum_1^n k_{yi} P_{зdi}, \quad (2.18)$$

где $P_{зд.макс}$ – наибольшая нагрузка здания из числа зданий, питаемых по линии, кВт;

$P_{зdi}$ – расчетные нагрузки других зданий, питаемых по линии, кВт;

k_{yi} – коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий или жилых домов (таблица 2.3.1) [14].

Определим расчетную активную электрическую нагрузку на шинах 0,4 кВ ТП-1:

$$P_{ТП0,4} = 209,99 + 1 \cdot (209,99 \cdot 5) + 0,8 \cdot 161 = 1388,76 \text{ кВт.}$$

Расчетная реактивная электрическая нагрузка на шинах 0,4 кВ на ТП-1, квар, определяется по формуле:

$$Q_{ТП0,4} = Q_{зд.макс} + \sum_1^n k_{yi} Q_{зdi} \quad (2.19)$$

Определим расчетную реактивную электрическую нагрузку на шинах 0,4 кВ ТП-1:

$$Q_{ТП0,4} = 55,68 + 1 \cdot (55,68 \cdot 5) + 0,8 \cdot 40,25 = 366,26 \text{ квар.}$$

Полная расчетная нагрузка на шинах 0,4 кВ на ТП-1, кВА, определяется по формуле:

$$S_{ТП0,4} = \sqrt{P_{р.л0,4}^2 + Q_{р.л0,4}^2} \quad (2.20)$$

Определим полную расчетную электрическую нагрузку на шинах 0,4 кВ ТП-1:

$$S_{ТП0,4} = \sqrt{1388,76^2 + 366,26^2} = 1436,24 \text{ кВА.}$$

Проверка ТП по действительному коэффициенту загрузки проводится согласно выражению:

$$K_3^H = \frac{S_{ТП0,4}}{n_{ТП} S_{тр.н}} \quad (2.21)$$

Действительный коэффициент загрузки K_3^H должен быть в диапазоне 0,6-0,9. Определим действительный коэффициент загрузки ТП-1:

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
						21
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		

$$K_3^H = \frac{1436,24}{2 \cdot 1000} = 0,72.$$

Коэффициент загрузки ТП-1 в послеаварийном режиме при отключении в результате аварии одного из трансформаторов вычисляется по формуле:

$$K_3^{nep} = \frac{S_{ТП0,4}}{S_{тр.н} (n_{ТП} - 1)}. \quad (2.22)$$

Согласно главе 4.3.13 [14] допускается перегрузка трансформаторов: для резервируемых распределительных сетей 0,38 кВ – аварийный режим – до 1,7-1,8 номинальной мощности.

Определим коэффициент загрузки ТП-1 в послеаварийном режиме:

$$K_3^{nep} = \frac{1436,24}{1000 \cdot (2 - 1)} = 1,44.$$

Аналогично определяются мощность, коэффициенты загрузки в нормальном и послеаварийном режиме для ТП-2, ТП-3, ТП-4, ТП-5, ТП-6. Полученные данные заносим в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 - Электрическая нагрузка и коэффициенты загрузки ТП

№ ТП	Расчетная активная мощность ТП, кВт, $P_{ТП0,4}$	Расчетная реактивная мощность ТП, кВАр, $Q_{ТП0,4}$	Расчетная полная мощность ТП, кВА, $S_{ТП0,4}$	Количество и мощность тр-ров в ТП	Коэффициент загрузки в нормальном режиме	Коэффициент загрузки в послеаварийном режиме
1	1388,76	366,26	1436,24	2x1000	0,72	1,44
2	1433,75	436,46	1498,71	2x1000	0,75	1,49
3	1298,69	397,82	1358,26	2x1000	0,68	1,36
4	1118,66	333,39	1167,28	2x1000	0,58	1,17

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

22

Окончание таблицы 2.4

№ ТП	Расчетная активная мощность ТП, кВт, $P_{ТП0,4}$	Расчетная реактивная мощность ТП, кВАр, $Q_{ТП0,4}$	Расчетная полная мощность ТП, кВА, $S_{ТП0,4}$	Количество и мощность тр-ров в ТП	Коэффициент загрузки в нормальном режиме	Коэффициент загрузки в послеаварийном режиме
5	1032,59	267,88	1066,77	2x1000	0,53	1,07
6	1017,39	267,07	1051,86	2x1000	0,53	1,05

2.5 Расчет месторасположения трансформаторных подстанций

На рисунке 2.1 представлены объекты, подлежащие электроснабжению во 2 микрорайоне, района «Юбилейный», г. Саранск.

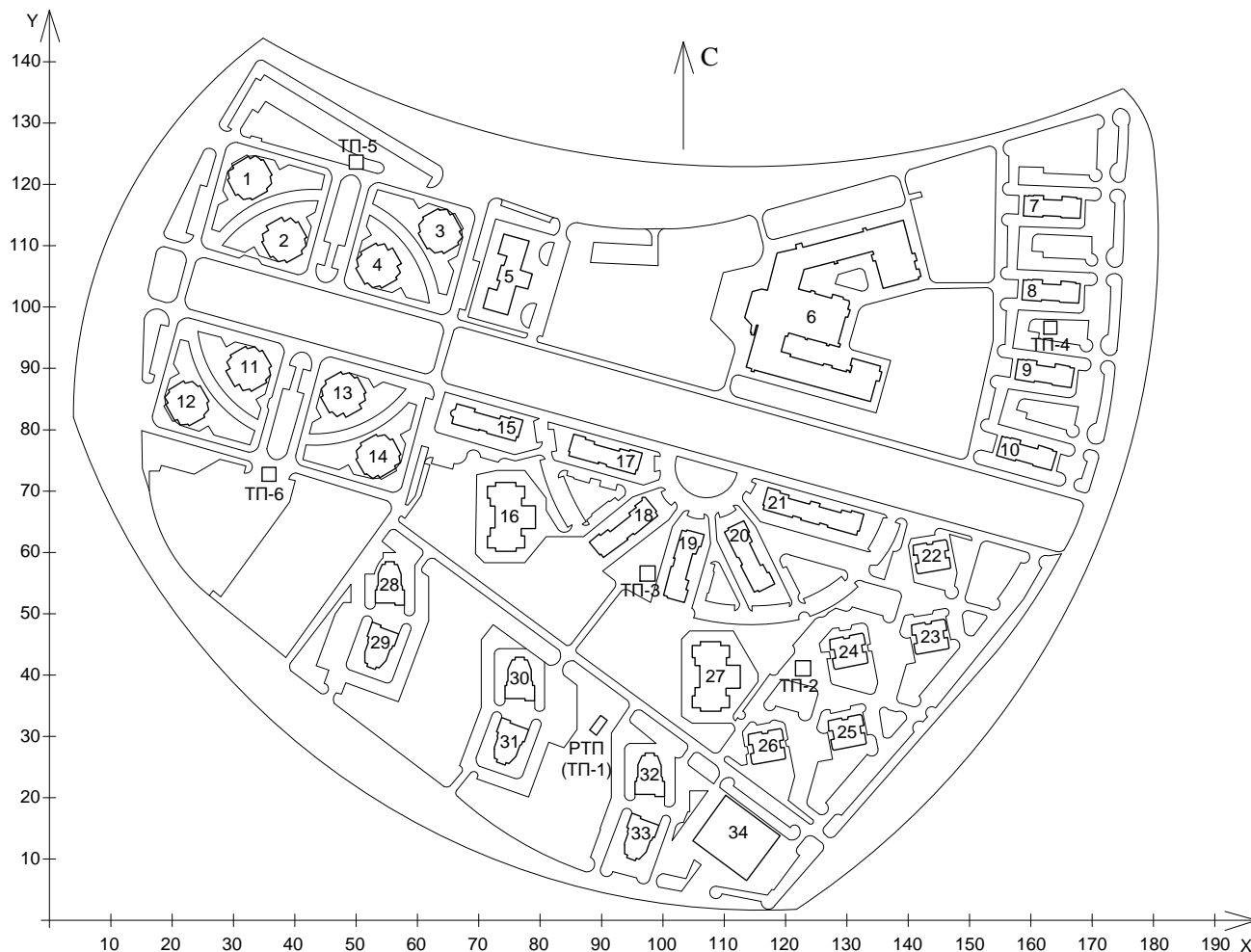


Рисунок 2.1 – План района с координатной сеткой

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

23

В таблицу 2.5 занесем координаты расположения объектов электроснабжения микрорайона согласно рисунку 2.1 и расчетную нагрузку объектов, с учетом распределения по трансформаторным подстанциям.

Таблица 2.5 – Координаты расположения объектов электроснабжения

ТП	Объект электро-снабжения	Расчетная нагрузка $P_{p.i}$, кВт	Координаты объекта, о.е.	
			x_i	y_i
ТП1	33	209,99	95	13
	32	209,99	98	25
	31	209,99	71	31
	30	209,99	75	44
	29	209,99	48	50
	28	209,99	49	62
	27	161	111	42
ТП2	22	251,06	152	68
	23	251,06	152	52
	24	251,06	136	49
	25	251,06	136	32
	26	251,06	120	29
	34	304	114	14
ТП3	21	216,45	130	75
	20	216,45	119	67
	19	216,45	104	66
	18	216,45	94	72
	17	216,45	91	86
	15	216,45	69	93
ТП4	6	125	133	114
	10	257,79	169	86
	9	257,79	172	102
	8	257,79	174	117
	7	257,79	172	134

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

24

Окончание таблицы 2.5

ТП	Объект электро-снабжения	Расчетная нагрузка $P_{p.i}$, кВт	Координаты объекта, о.е.	
			x_i	y_i
ТП5	2	284,54	23	140
	1	228,23	32	128
	4	284,54	61	129
	3	228,23	48	123
	5	180	72	120
ТП6	13	284,54	48	87
	14	228,23	42	98
	11	284,54	12	97
	12	228,23	23	104
	16	161	73	74

Расчет координат выполним на примере ТП-1.

Координаты местоположения трансформаторной подстанции соответствуют координатам центра электрических нагрузок объектов, питаемых от данной подстанции, и определяются по формулам:

$$x_{ТП} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p.i} x_i}{\sum_{i=1}^n P_{p.i}}; \quad (2.23)$$

$$y_{ТП} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p.i} y_i}{\sum_{i=1}^n P_{p.i}}. \quad (2.24)$$

Определяем координаты местоположения ТП:

$$x_{ТП1} = \frac{209,99(95 + 98 + 71 + 75 + 48 + 49) + 161 \cdot 111}{209,99 \cdot 6 + 161} = 77,01 \text{ мм},$$

$$y_{ТП1} = \frac{209,99(13 + 25 + 31 + 44 + 50 + 62) + 161 \cdot 42}{209,99 \cdot 6 + 161} = 38,01 \text{ мм}.$$

Расчет для остальных ТП производится аналогично, результаты сводятся в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Координаты месторасположения трансформаторных подстанций

ТП	Координаты объекта, мм	
	x_i	y_i
ТП-1	77,01	38,01
ТП-2	134,29	39,76
ТП-3	101,17	76,50
ТП-4	158,62	107,91
ТП-5	45,72	128,93
ТП-6	36,80	93,02

2.6 Выбор схемы распределительных сетей 0,38-10 кВ

Так как основными потребителями электроэнергии являются потребители II категории надежности электроснабжения, то принимаем двухлучевую автоматизированную схему сети с согласно направленными магистралями 10 кВ (рисунок 2.2) и петлевую схему сети 0,38 кВ (глава 4 [17]). Выбранные схемы выполнены в графической части проекта.

На рисунке 2.2 применены условные обозначения: ИП – источник питания; ТП – трансформаторная подстанция; ВРУ – вводное распределительное устройство; АВР – автоматическое включение резерва.

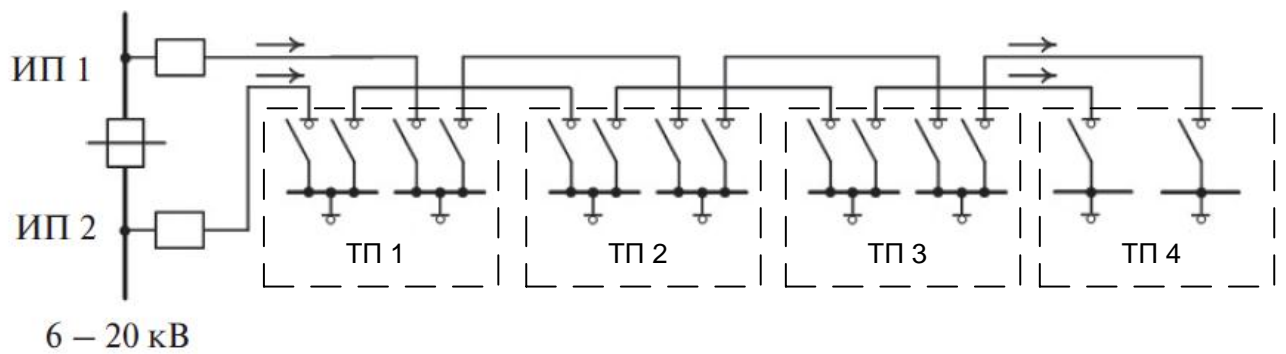


Рисунок 2.2 – Двухлучевая автоматизированная схема с согласно направленными магистралями.

2.7 Расчет электрических нагрузок сети 10 кВ и центров питания

Схема распределительной сети 10 кВ микрорайона представлена на рисунке 2.3. Цифрами обозначены номера линий.

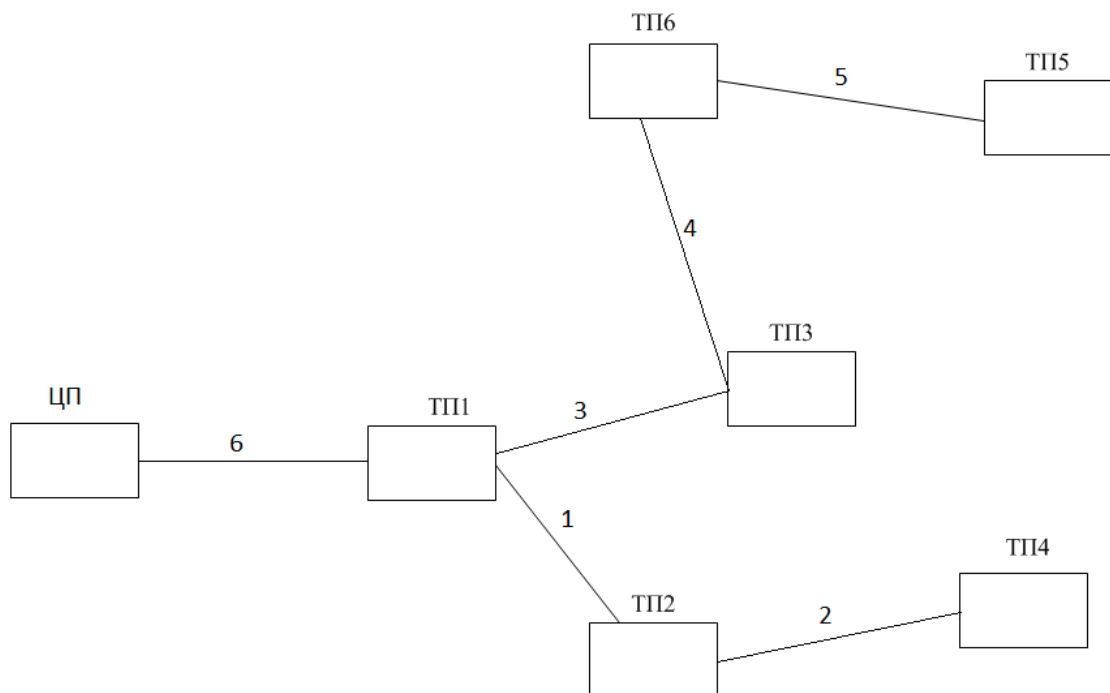


Рисунок 2.3 – Схема распределительной сети 10 кВ.

Изм.	Лит.	№ докум.	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

27

Расчетная электрическая нагрузка городской сети 10 кВ учетом совмещения максимумов нагрузок определяется по формуле:

$$P_{p.л10} = k_y \sum_1^n P_{ТПi} \quad (2.25)$$

где k_y – коэффициент совмещения максимумов нагрузки ТП (таблица 2.4.1) [14].

Определим расчетную электрическую нагрузку городской сети 10 кВ:

$$P_{p.л10} = 0,85 \cdot (1433,75 + 1118,66) = 2169,55 \text{ кВт.}$$

Расчетные электрические нагрузки на шинах 10 кВ ЦП определяются с учетом несовпадения максимумов нагрузок потребителей городских распределительных сетей и сетей промышленных предприятий по формуле:

$$P_{ЦП10} = k'_y \sum_1^n P_{p.л10}, \quad (2.26)$$

где k'_y – коэффициент совмещения максимумов нагрузки городской распределительной сети и сети промышленных предприятий (таблица 2.4.2 [14]).

Так как в нашем случае расчетная нагрузка промпредприятий к суммарной нагрузке городской сети менее 0,2, то $k'_y = 1$.

Определим расчетную электрическую нагрузку на шинах 10 кВ ЦП.

$$P_{ЦП10} = 1 \cdot (1388,76 + 1433,75 + 1298,69 + 1118,66 + 1032,59 + 1017,39) = 7289,85 \text{ кВт.}$$

Результаты расчета электрических нагрузок сети 10 кВ и центров питания сведем в таблицу 2.7.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
						28
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		

Таблица 2.7 – Электрическая нагрузка городских сетей 10(6) кВ и центров питания

№ ЦП	№ линии	Количество трансформаторов	Коэффициент совмещения максимумов	Расчетная активная мощность, кВт	Расчетная реактивная мощность, кВАр	Полная расчетная мощность, кВА
1	1	4	0,85	2169,55	654,37	2266,09
	2	2	0,9	1006,79	300,5	1050,55
	3	6	0,8	2678,94	746,22	2780,93
	4	4	0,85	1742,49	454,71	1800,84
	5	2	0,9	929,33	241,09	960,10
	6	12	1	7289,85	2068,88	7577,74

2.8 Электрический расчет распределительных сетей

2.8.1 Электрический расчет распределительных сетей

Сечения проводов ВЛ и жил кабелей должны выбираться по экономической плотности тока в нормальном режиме (пункт 5.1.1 [14]).

Для расчета экономически целесообразного сечения воспользуемся расчетной схемой распределительной сети 10 кВ (рисунок 2.3).

Сечение кабеля по экономической плотности тока в зависимости от металла проводника и числа часов использования максимума нагрузки определяется по формуле:

$$F_p = \frac{I_p}{J_{\text{ЭК}}}, \quad (2.27)$$

где I – расчетный максимальный ток, А;

$J_{\text{ЭК}}$ – нормированное значение экономической плотности тока, А/мм².

Нормированное значение экономической плотности тока принимаем 1,2 А/мм², т.к. число часов использования максимума нагрузки в год более 5000 ч.

Расчетный максимальный ток, А, определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_l}, \quad (2.28)$$

где S_p – расчетная максимальная мощность линии, кВА, принимается по таблица 8.1;

U_l – номинальное напряжение линии, кВ.

Выполним расчет на примере линии №1 (таблица 2.7). Определим расчетный максимальный ток, А:

$$I_{p1} = \frac{2169,55}{\sqrt{3} \cdot 10} = 130,83 \text{ А.}$$

Согласно найденному максимальному расчетному току определим экономическое сечение кабеля:

$$F_{p1} = \frac{130,83}{1,2} = 109,03 \text{ мм}^2.$$

Для остальных участков расчетный максимальный ток и экономическое сечение кабеля определяется аналогично и сводится в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Результаты расчета сечений проводов КЛ и жил кабелей распределительных сетей 10(6) кВ

№ участка	Расчетная максимальная мощность участка S_p , кВА	Расчетный максимальный ток I_p , А	Экономически целесообразное сечение F_p , мм ²	Кол-во кабелей в линии, в норм. режиме работы, шт	Стандартное сечение $F_{ст}$, мм ²	Длительно допустимый ток $I_{доп}$, А
1	2266,09	124,60	103,84	2	3x120	295
2	1050,55	57,77	48,14	2	3x70	210

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

30

Окончание таблицы 2.8

№ участка	Расчетная максимальная мощность участка S_p , кВА	Расчетный максимальный ток I_p , А	Экономически целесообразное сечение F_p , мм ²	Кол-во кабелей в линии, в норм. режиме работы, шт	Стандартное сечение $F_{ст}$, мм ²	Длительно допустимый ток $I_{доп}$, А
3	2780,93	152,91	127,43	2	3x150	335
4	1800,84	99,02	82,52	2	3x120	295
5	960,10	52,79	43,99	2	3x70	210
6	7577,74	416,67	347,22	4	3x240	465

2.8.2 Проверка сечений жил кабелей распределительных сетей 10 кВ по допустимому длительному току

Сечения проводов ВЛ и жил кабелей должны проверяться по допустимому длительному току (пункт 5.1.1 [14]). Проверка кабельных линий по допустимому длительному току проводится по условию:

$$K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 I_{доп} \geq I_p, \quad (2.29)$$

где K_1 – поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле, принимаем равный 0,9;

K_2 – поправочный коэффициент на допустимую перегрузку в послеаварийном режиме (пункт 1.3.6 [13]). Для кабелей напряжением до 10 кВ с поливинилхлоридной изоляцией принимаем равный 1,15;

K_3 – поправочный коэффициент на фактическую температуру среды принимаем равный 0,94;

K_4 – поправочный коэффициент на тепловое сопротивление грунта принимаем равный 1;

K_5 – поправочный коэффициент на отличие номинального напряжения кабеля от номинального напряжения сети, принимается 1.

Проведем проверку кабельной линии для 1 участка. Проверка в аварийном режиме не требуется, т.к. выбор проводника производился без учета схемы резервирования, резервирование будет осуществляться аналогичным кабелем.

$$0,9 \cdot 1,15 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 295 > 124,6 \text{ А.}$$

Проверка остальных участков КЛ проводится аналогично, результаты сводятся в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 – Результаты проверки КЛ по длительно допустимому току

№ участка	Расчетный максимальный ток I_p , А	Кол-во кабелей в линии, в норм. режиме, шт	Стандартное сечение $F_{ст}$, мм ²	Длительно допустимый ток $I_{доп}$, А	Длительно допустимый ток с учетом коэффициентов $I_{допрасч}$, А	Результат проверки
1	124,60	2	3x120	295	287,01	проходит
2	57,77	2	3x70	210	204,31	проходит
3	152,91	2	3x150	335	325,92	проходит
4	99,02	2	3x120	295	287,01	проходит
5	52,79	2	3x70	210	204,31	проходит
6	416,67	4	3x240	465	1809,59	проходит

2.8.3 Проверка сечений жил кабелей распределительных сетей 10 кВ по допустимому отклонению напряжения

Потеря напряжения на участке, %, определяется по формуле:

$$\Delta U = \frac{S_p}{U_{л}^2} l (r \cos \varphi + x \sin \varphi), \quad (2.30)$$

где S_p – расчетная максимальная мощность участка, ВА;

$U_{л}$ – номинальное напряжение линии, В;

l – длина участка, км;

r, x – соответственно удельные активное и индуктивное сопротивления, Ом/км.

Определим потери напряжения на участке 1 (рис. 2.3) в нормальном режиме:

$$\Delta U_1 = \frac{2266,09}{2 \cdot 10,5^2} \cdot 0,22 \cdot (0,258 \cdot 0,92 + 0,081 \cdot 0,43) = 0,62 \text{ \%}.$$

Потери напряжения на остальных участках линии рассчитываются аналогично и сводятся в таблицу 2.10. Проверка в аварийном режиме проводится аналогично, результаты сводятся в таблицу 2.11. Потери напряжения в нормальном режиме не должны превышать 5 %, а в аварийном 10 % [4].

Таблица 2.10 – Результаты проверки сечений, жил кабелей распределительных сетей 10 кВ, по допустимому отклонению напряжения нормальном режиме

№ участка	Расчетная максимальная мощность участка S_p , кВА	Длина участка l , км	Кол-во кабелей в линии, в норм. режиме, шт	Стандартное сечение $F_{ст}$, мм ²	r , Ом/км	x , Ом/км	Потеря напряжения в нормальном режиме ΔU_p , %
1	2266,09	0,22	2	3x120	0,258	0,081	0,62
2	1050,55	0,38	2	3x70	0,443	0,086	0,80
3	2780,93	0,15	2	3x150	0,206	0,079	0,42
4	1800,84	0,36	2	3x120	0,258	0,081	0,80
5	960,10	0,26	2	3x70	0,443	0,086	0,50
6	7577,74	1,17	2	3x240	0,129	0,075	3,03

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

33

Таблица 2.11 – Результаты проверки сечений, жил кабелей распределительных сетей 10 кВ, по допустимому отклонению напряжения нормальном режиме

№ участка	Расчетная максимальная мощность участка S_p , кВА	Длина участка l , км	Кол-во кабелей в линии, в авар. режиме, шт	Стандартное сечение $F_{ст}$, мм ²	r , Ом/км	x , Ом/км	Потеря напряжения в нормальном режиме ΔU_p , %
1	2266,09	0,22	1	3x120	0,258	0,081	1,23
2	1050,55	0,38	1	3x70	0,443	0,086	1,61
3	2780,93	0,15	1	3x150	0,206	0,079	0,85
4	1800,84	0,36	1	3x120	0,258	0,081	1,60
5	960,10	0,26	1	3x70	0,443	0,086	1,01
6	7577,74	1,17	2	3x240	0,129	0,075	6,07

2.8.4 Расчет токов короткого замыкания в распределительных сетях 10 кВ

Для расчета токов трехфазного короткого замыкания составляется расчетная схема (рисунок 2.4) подстанции с указанием элементов, влияющих на значение тока КЗ. На основании расчетной схемы составляется схема замещения (рисунок 2.5). Т. к. подстанция относится к электроустановкам с напряжением свыше 1 кВ, то расчет токов КЗ будем производить в относительных единицах с приближенным приведением параметров схемы замещения (главы 5, 6, 7 [5]).

Базисную мощность принимаем равной 1000 МВ·А.

Определим значение базисного тока, кА

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta}}, \quad (2.31)$$

где U_{δ} – базисное напряжение ступени, на которой предполагается короткое замыкание, кВ.

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

34

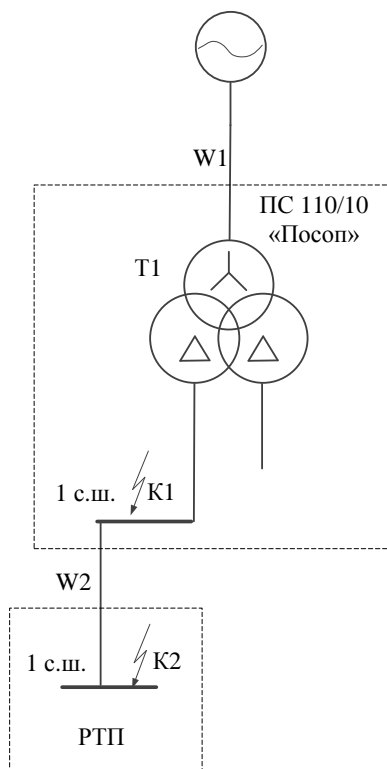


Рисунок 2.4 – Расчетная схема для расчета токов КЗ.

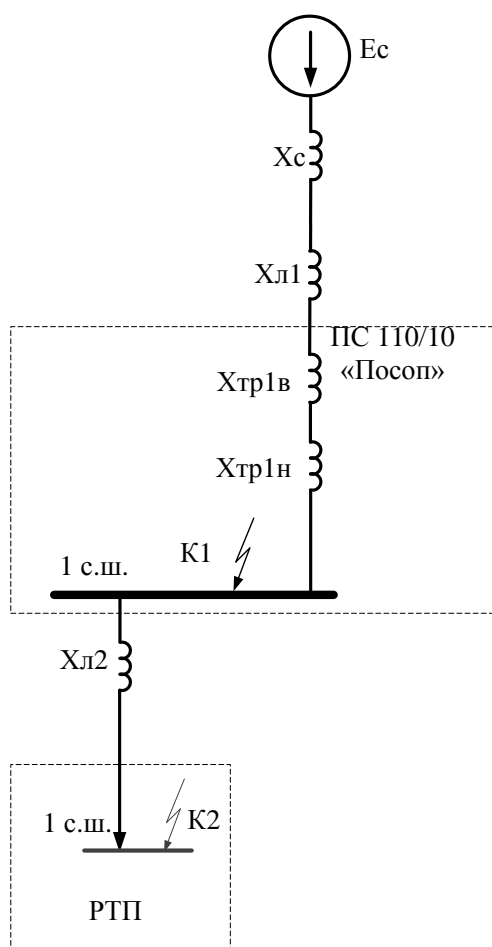


Рисунок 2.5 – Схема замещения для расчета токов КЗ.

Изм.	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Базисный ток:

$$I_{\bar{6}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,986 \text{ кА.}$$

Далее определим сопротивления основных элементов схемы замещения в относительных единицах.

Сопротивление системы определим по выражению:

$$x_{*C} = \frac{S_{\bar{6}}}{\sqrt{3} U_{cpN} I_{ном.откл}}, \quad (2.32)$$

где U_{cpN} – среднее номинальное напряжение той ступени напряжения, на которой находится элемент, кВ;

$I_{ном.откл}$ – номинальный ток отключения выключателя, присоединенного к шинам энергосистемы, кА.

$$x_{*C} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 12} = 0,419.$$

Сопротивление линии электропередачи определим по выражению:

$$x_{*л} = x_{уд} l \frac{S_{\bar{6}}}{U_{cpN}^2}, \quad (2.33)$$

где $x_{уд}$ – удельное индуктивное сопротивление линии, Ом/км;

l – длина линии, км.

Определим сопротивление воздушной линии, соединяющей подстанцию с энергосистемой:

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		36

$$x_{*л1} = x_{*л2} = 0,42 \cdot 7 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,222.$$

Сопротивление обмотки высшего напряжения двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой определим по выражению:

$$x_{*мпв} = \frac{0,125u_{к\%}}{100} \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}} \frac{S_{б}}{U_{ср.N}^2}, \quad (2.34)$$

где $u_{к\%}$ – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$S_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора, МВА.

$$x_{*мпв} = \frac{0,125 \cdot 10,5}{100} \frac{115^2}{25} \frac{1000}{115^2} = 0,525.$$

Сопротивление обмоток низшего напряжения двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой определим по выражению:

$$x_{*мпн} = \frac{1,75u_{к\%}}{100} \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}} \frac{S_{б}}{U_{ср.N}^2}, \quad (2.35)$$

$$x_{*мпн} = \frac{1,75 \cdot 10,5}{100} \frac{115^2}{25} \frac{1000}{115^2} = 7,350.$$

Активное сопротивление обмотки высшего напряжения двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой определим по выражению:

$$r_{*мпв} = \frac{0,5\Delta P_{к} U_{ном}^2}{S_{ном}^2 1000} \frac{S_{б}}{U_{ср.N}^2}, \quad (2.36)$$

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		37

где ΔP_k – потери короткого замыкания, кВт.

$$r_{*mp1в} = \frac{0,5 \cdot 120}{1000} \frac{115^2}{25^2} \frac{1000}{115^2} = 0,096.$$

Активное сопротивление обмоток низшего напряжения двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой определим по выражению:

$$r_{*mp1н} = \frac{\Delta P_k U_{ном}^2}{S_{ном}^2 1000 U_{cp.N}^2} \frac{S_6}{S_6}, \quad (2.37)$$

$$r_{*mp1н} = \frac{120}{1000} \frac{115^2}{25^2} \frac{1000}{115^2} = 0,192.$$

Сопротивления первого и второго трансформаторов равны, поскольку трансформаторы одного типа.

Периодическая составляющая тока трехфазного короткого замыкания для каждой токи КЗ определяется по выражению:

$$I_{n0} = \frac{E_*}{x_{*рез}} I_0, \quad (2.38)$$

где $x_{*рез}$ – сопротивление элементов схемы до точки КЗ в о.е.;

E_* – ЭДС источника, о.е.

$$I_{п0} = \frac{1}{8,52} 54,986 = 6,449 \text{ кА.}$$

Ударный ток короткого замыкания определяется по выражению:

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		38

$$i_y = k_y \sqrt{2I_{n0}}, \quad (2.39)$$

где k_y – ударный коэффициент тока КЗ.

Для определения ударного коэффициента используем выражение:

$$k_y = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}, \quad (2.40)$$

где T_a – эквивалентная постоянная время затухания аperiodической составляющей тока КЗ, с.

Значение эквивалентная постоянная время затухания аperiodической составляющей может быть определено по выражению:

$$T_a = \frac{X_{рез}}{\omega \cdot R_{рез}}, \quad (2.41)$$

где $X_{рез}$ – индуктивное результирующее сопротивление схемы замещения, Ом;

$R_{рез}$ – активное результирующее сопротивление схемы замещения, Ом;

ω – циклическая частота, рад/с.

$$T_a = \frac{8,516}{314 \cdot 0,415} = 0,065 \text{ с},$$

$$k_y = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,065}} = 1,858,$$

$$i_y = 1,858 \sqrt{26,449} = 16,895 \text{ кА}.$$

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

39

Для определения теплового импульса, выделяющегося при коротком замыкании, используется выражение:

$$B_k = I_{n.0}^2 (\tau + T_a), \quad (2.42)$$

где τ – время действия релейной защиты, с.

Время действия релейной защиты, а, следовательно, и продолжительность протекания тока КЗ определяется по выражению:

$$\tau = t_{p.з} + t_{c.в.} + n \cdot \Delta t, \quad (2.43)$$

где $t_{c.в.}$ – собственное время отключения выключателя, с;

$t_{p.з}$ – время действия релейной защиты, с;

n – количество ступеней селективности;

Δt – продолжительность ступеней селективности, с.

Для ячеек отходящих линий:

$$\tau = 0,01 + 0,045 + 0 \cdot 0,3 = 0,055 \text{ с.}$$

$$B_k = 6,449^2 (0,055 + 0,065) = 5,004 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Точке короткого замыкания К1 соответствует короткое замыкание на шинах 10 кВ ПС 110/10 «Посоп», точке К2 соответствует КЗ на шинах 10 кВ «РТП». Для остальных ТП 2 микрорайона района «Юбилейный» расчет производится аналогично. Результаты расчетов тока короткого замыкания сводятся в таблицу 2.12.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		40

Таблица 2.12 – Результаты расчета токов КЗ на шинах 10 кВ

Точка КЗ	$x_{*pez}, \text{о.е.}$	$I_{n0}^{(3)}, \text{кА}$	k_y	$i_y, \text{кА}$	$B_k, \text{кА}^2\text{с}$
Посоп	8,516	6,449	1,858	16,895	5,004
РТП	9,312	5,799	1,548	12,657	5,436
ТП-2	9,474	5,640	1,467	11,665	5,030
ТП-3	9,420	5,702	1,502	12,080	5,187
ТП-4	9,770	5,240	1,292	9,550	4,205
ТП-5	9,887	5,164	1,285	9,357	4,080
ТП-6	9,684	5,438	1,390	10,656	4,602

2.8.5 Расчет сечения жил кабелей распределительных сетей до 1 кВ

Расчет производится аналогично пункту 2.8.1, результаты расчетов сводятся в таблицу 2.13.

Таблица 2.13 – Результаты расчета сечений жил, кабелей распределительных сетей до 1 кВ

№ участка	Расчетная максимальная мощность участка $S_p, \text{кВА}$	Расчетный максимальный ток $I_p, \text{А}$	Экономически целесообразное сечение $F_p, \text{мм}^2$	Стандартное сечение $F_{ст}, \text{мм}^2$	Длительно допустимый ток $I_{доп}, \text{А}$
33-32	434,50	201,9	240,40	3x240	248
31-30	434,50	201,9	240,40	3x240	248
29-28	434,50	201,9	240,40	3x240	248
27	165,96	154,3	183,64	3x185	184
22,23	518,45	240,9	286,86	3x240	281
25-24	518,45	240,9	286,86	3x240	281
26	259,23	120,5	143,43	3x150	153
34	337,21	156,7	186,57	3x240	219
21-20	452,75	210,4	250,50	3x240	248

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

41

Окончание таблицы 2.13

№ участка	Расчетная макси- мальная мощность участка S_p , кВА	Расчетный макси- мальный ток I_p , А	Экономически целесообраз- ное сечение F_p , мм ²	Стандартное сечение $F_{ст}$, мм ²	Длительно до- пустимый ток $I_{доп}$, А
19-18	452,75	210,4	250,50	3x240	248
15-17	452,75	210,4	250,50	3x240	248
10-9	536,98	249,6	297,11	3x240	281
7-8	536,98	249,6	297,11	3x240	281
6	133,72	124,3	147,97	3x150	153
1-2	530,52	246,6	293,53	3x240	281
3-4	530,52	246,6	293,53	3x240	281
5	195,94	182,1	216,82	3x240	219
13-14	530,52	246,6	293,53	3x240	281
11-12	530,52	246,6	293,53	3x240	281
16	165,96	154,3	183,64	3x185	184

2.8.6 Проверка сечений жил кабелей распределительных сетей до 1 кВ по допустимому длительному току

Проверка кабельных линий по допустимому длительному току проводится аналогично пункту 2.8.2, без учета поправочного коэффициента на допустимую перегрузку в послеаварийном режиме K_2 . Результаты проверки сводятся в таблицу 2.14.

Таблица 2.14 – Результаты проверки сечений жил, кабелей распределительных сетей до 1 кВ по допустимому длительному току

№ участка	Расчетный максимальный ток I_p , А	Стандартное сечение $F_{ст}$, мм ²	Длительно допустимый ток $I_{доп}$, А	Длительно допустимый ток с учетом коэффициентов $I_{допрасч}$, А	Результат проверки
33-32	201,9	3x240	440	372,24	проходит
31-30	201,9	3x240	440	372,24	проходит
29-28	201,9	3x240	440	372,24	проходит
27	154,3	3x185	380	321,48	проходит
22,23	240,9	3x240	440	372,24	проходит
25-24	240,9	3x240	440	372,24	проходит
26	120,5	3x150	335	283,41	проходит
34	156,7	3x240	440	372,24	проходит
21-20	210,4	3x240	440	372,24	проходит
19-18	210,4	3x240	440	372,24	проходит
15-17	210,4	3x240	440	372,24	проходит
10-9	249,6	3x240	440	372,24	проходит
7-8	249,6	3x240	440	372,24	проходит
6	124,3	3x150	335	283,41	проходит
1-2	246,6	3x240	440	372,24	проходит
3-4	246,6	3x240	440	372,24	проходит
5	182,1	3x240	440	372,24	проходит
13-14	246,6	3x240	440	372,24	проходит
11-12	246,6	3x240	440	372,24	проходит
16	154,3	3x185	380	321,48	проходит

2.8.7 Проверка сечений жил кабелей распределительных сетей до 1 кВ по допустимому отклонению напряжения

Потеря напряжения на участке, %, определяется аналогично пункту 2.8.3, результаты расчетов сводятся в таблицы 2.15 и 2.16. Потери напряжения в нор-

мальном режиме не должны превышать 5 %, а в аварийном 10 % [4]. Расчет производится для вводного кабеля наибольшей длины.

Таблица 2.15 – Результаты проверки сечений жил кабелей распределительных сетей до 1 кВ по допустимому отклонению напряжения в нормальном режиме

№ участка	Расчетная максимальная мощность участка S_p , кВА	Длина участка l , км	Стандартное сечение $F_{ст}$, мм ²	r , мОм/м	x , мОм/м	Отклонение напряжения в нормальном режиме ΔU_p , %
33-32	217,25	0,1	3x240	0,13	0,0587	2,18
31-30	217,25	0,078	3x240	0,13	0,0587	1,70
29-28	217,25	0,202	3x240	0,13	0,0587	4,40
27	82,98	0,109	3x185	0,169	0,0596	1,13
22,23	259,23	0,127	3x240	0,13	0,0587	3,30
25-24	259,23	0,066	3x240	0,13	0,0587	1,72
26	129,61	0,071	3x150	0,208	0,0596	1,38
34	168,60	0,157	3x240	0,13	0,0587	2,66
21-20	226,38	0,134	3x240	0,13	0,0587	3,04
19-18	226,38	0,04	3x240	0,13	0,0587	0,91
15-17	226,38	0,174	3x240	0,13	0,0587	3,95
10-9	268,49	0,111	3x240	0,13	0,0587	2,99
7-8	268,49	0,087	3x240	0,13	0,0587	2,34
6	66,86	0,178	3x150	0,208	0,0596	1,79
1-2	265,26	0,092	3x240	0,13	0,0587	2,45
3-4	265,26	0,092	3x240	0,13	0,0587	2,45
5	97,97	0,152	3x240	0,13	0,0587	1,49
13-14	265,26	0,092	3x240	0,13	0,0587	2,45
11-12	265,26	0,092	3x240	0,13	0,0587	2,45
16	82,98	0,191	3x185	0,169	0,0596	1,99

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

44

Таблица 2.16 – Результаты проверки сечений жил кабелей распределительных сетей до 1 кВ по допустимому отклонению напряжения в аварийном режиме

№ участка	Расчетная максимальная мощность участка S_p , кВА	Длина участка l , км	Стандартное сечение $F_{ст}$, мм ²	r , мОм/м	x , мОм/м	Отклонение напряжения в аварийном режиме ΔU_p , %
33-32	434,50	0,1	3x240	0,13	0,0587	4,36
31-30	434,50	0,078	3x240	0,13	0,0587	3,40
29-28	434,50	0,202	3x240	0,13	0,0587	8,80
27	165,96	0,109	3x185	0,169	0,0596	2,27
22,23	518,45	0,127	3x240	0,13	0,0587	6,60
25-24	518,45	0,066	3x240	0,13	0,0587	3,43
26	259,23	0,071	3x150	0,208	0,0596	2,77
34	337,21	0,157	3x240	0,13	0,0587	5,31
21-20	452,75	0,134	3x240	0,13	0,0587	6,09
19-18	452,75	0,04	3x240	0,13	0,0587	1,82
15-17	452,75	0,174	3x240	0,13	0,0587	7,90
10-9	536,98	0,111	3x240	0,13	0,0587	5,98
7-8	536,98	0,087	3x240	0,13	0,0587	4,69
6	133,72	0,178	3x150	0,208	0,0596	3,58
1-2	530,52	0,092	3x240	0,13	0,0587	4,90
3-4	530,52	0,092	3x240	0,13	0,0587	4,90
5	195,94	0,152	3x240	0,13	0,0587	2,99
13-14	530,52	0,092	3x240	0,13	0,0587	4,90
11-12	530,52	0,092	3x240	0,13	0,0587	4,90
16	165,96	0,191	3x185	0,169	0,0596	3,98

2.8.8 Расчет токов короткого замыкания в распределительных сетях до 1 кВ

Для расчета токов короткого замыкания для каждой линии составляется расчетная схема и схема замещения (рис. 2.6, 2.7), на которые наносятся необхо-

димые данные и указываются точки короткого замыкания. Расчет производится в соответствии с главами ГОСТ 28249-93 [3].

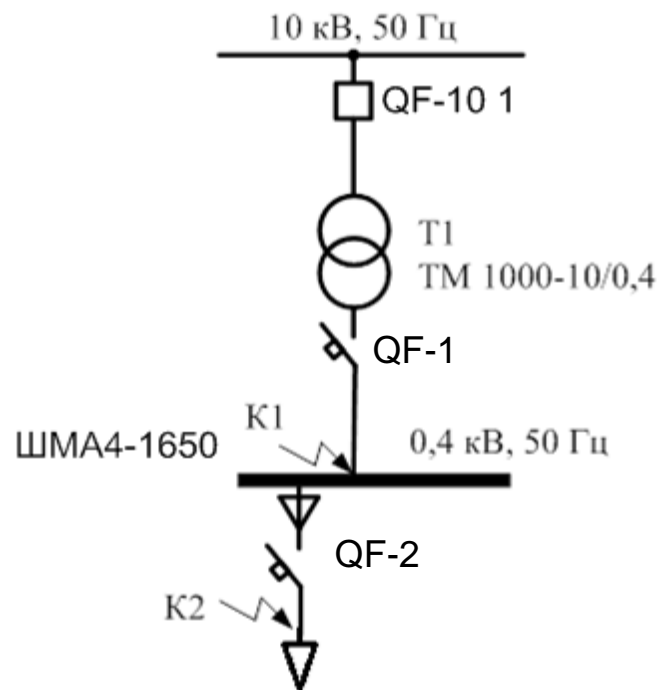


Рисунок 2.6 – Расчетная схема распределительной сети 0,4 кВ

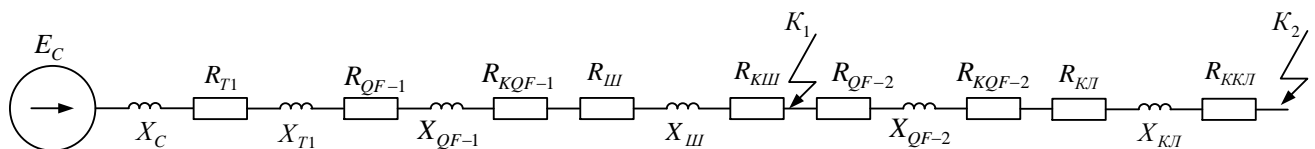


Рисунок 2.7 – Схема замещения распределительной сети 0,4 кВ

Расчет токов короткого замыкания производится в следующей последовательности.

Активное r_T и индуктивное x_T сопротивления обмоток силовых трансформаторов. Значения активных и индуктивных сопротивлений нулевой последовательности принимают равными значениям сопротивлений прямой последовательности.

Активное r_{KB} и индуктивное x_{KB} сопротивления катушек выключателей. Значения активных и индуктивных сопротивлений нулевой последовательности равными соответствующим сопротивлениям прямой последовательности.

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

46

Активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности шинно-проводов, мОм, следует определять, опираясь на данные завода изготовителя, по формулам

$$r_{1ш} = r_1 l; \quad (2.44)$$

$$x_{1ш} = x_1 l; \quad (2.45)$$

где r_1 – активное сопротивление фазы, мОм/м;

x_1 – индуктивное сопротивление фазы, мОм/м;

l – длина шины одной фазы, м.

Активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности фазы шинпровода, мОм/м, принимают ориентировочно по формулам

$$r_{0ш} = r_{1ш} + 3r_{нп}; \quad (2.46)$$

$$x_{0ш} = (0,75 \div 9,4)x_{1ш}; \quad (2.47)$$

где $r_{нп}$ – активное сопротивление нулевого проводника, мОм/м.

Переходное сопротивление r_k электрических контактов любого вида следует определять с использованием расчетных методик.

Выполним расчет на примере РТП и линии питающей здание 33 по плану.

Принимаем сопротивление трансформатора ТМ-1000/10/0,4 $r_T = 1,7$ мОм, $x_T = 8,6$ мОм.

Выполним расчет активных и реактивных сопротивлений шинпровода ШМА4-1650, для прямой и обратной последовательности:

$$r_{1ш} = 0,03 \cdot 7 = 0,21 \text{ мОм};$$

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		47

$$x_{1ш} = 0,014 \cdot 7 = 0,098 \text{ мОм};$$

$$r_{0ш} = 0,21 + 3 \cdot 0,037 = 0,321 \text{ мОм};$$

$$x_{0ш} = 0,75 \cdot 0,098 = 0,0735 \text{ мОм}.$$

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания, кА, без учета подпитки от электродвигателей рассчитывается по формуле

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_{\kappa}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}}, \quad (2.48)$$

где U_{κ} – линейное напряжение в точке короткого замыкания, кВ;

$r_{1\Sigma}$, $x_{1\Sigma}$ – соответственно суммарное активное и суммарное реактивное сопротивления прямой последовательности до точки короткого замыкания, мОм.

Суммарное активное и суммарное реактивное сопротивления прямой последовательности, мОм, до точки короткого замыкания определяются по формулам:

$$r_{1\Sigma} = r_m + r_{кв} + r_{ш} + r_{\kappa}; \quad (2.49)$$

$$x_{1\Sigma} = x_m + x_{кв} + x_{ш}, \quad (2.50)$$

где r_T , x_T – активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности понижающего трансформатора, мОм;

$r_{кв}$, $x_{кв}$ – активное и индуктивное сопротивления токовых катушек автоматических выключателей, мОм;

$r_{ш}$, $x_{ш}$ – активное и индуктивное сопротивления шинпроводов, мОм;

r_{κ} – суммарное активное сопротивление различных контактов, мОм.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		48

При КЗ в точке 1 значения полных активных и реактивных сопротивлений будут равны:

$$r_{1\Sigma} = 1,7 + 0,14 + 0,21 + 0,0034 = 2,05 \text{ мОм};$$

$$x_{1\Sigma} = 8,6 + 0,098 + 0,08 = 8,78 \text{ мОм}.$$

Выполним расчет начального значения периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания:

$$I_k^{(3)} = \frac{0,38}{\sqrt{3} \sqrt{2,05^2 + 8,78^2}} = 24,337 \text{ кА}.$$

Значение ударного тока короткого замыкания находится по формуле:

$$i_y = \sqrt{2} K_y I_k^{(3)}, \quad (2.51)$$

где K_y – ударный коэффициент.

Ударный коэффициент находим по формуле:

$$K_y = 1 - e^{-\frac{0,01 \cdot r \cdot \omega}{x}}. \quad (2.52)$$

Выполним расчет ударного коэффициента, с помощью которого найдем значение ударного тока короткого замыкания:

$$K_y = 1 - e^{-\frac{0,01 \cdot 2,05 \cdot 314}{8,78}} = 1,48;$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,48 \cdot 24,337 = 50,928 \text{ кА}.$$

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		49

Начальное значение периодической составляющей тока двухфазного короткого замыкания, кА, рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{к}}^{(2)} = \frac{U_{\text{к}}}{2\sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}}. \quad (2.53)$$

Выполним расчет начального значения периодической составляющей тока двухфазного короткого замыкания:

$$I_{\text{к}}^{(2)} = \frac{0,38}{2\sqrt{2,05^2 + 8,78^2}} = 21,076 \text{ кА}.$$

Расчет сопротивлений петли фаза-нуль производится по формулам 2.49 и 2.50, заменив, сопротивления прямой последовательности на сопротивления обратной.

$$r_{0\Sigma} = 2,47 \text{ мОм};$$

$$x_{1\Sigma} = 8,85 \text{ мОм}.$$

Начальное значение периодической составляющей тока однофазного короткого замыкания, кА, можно рассчитать по формуле

$$I_{\text{к}}^{(1)} = \frac{U_{\text{кф}}}{Z_{\text{п}} + \frac{Z_{\text{т}}^{(1)}}{3}}, \quad (2.54)$$

где $U_{\text{кф}}$ – фазное напряжение в точке короткого замыкания, кВ;

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

50

Z_{Π} – полное сопротивление петли «фаза-нуль» до точки короткого замыкания, мОм;

$Z_{\tau}^{(1)}$ – полное сопротивление трансформатора однофазному короткому замыканию, мОм.

Выполним расчет начального значения периодической составляющей тока однофазного короткого замыкания:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{0,22}{9,19 + \frac{81}{3}} = 6,079 \text{ кА.}$$

Расчет для остальных участков сети 0,4 кВ производится аналогично, расчетные данные сводятся в таблицу 2.17.

Таблица 2.17 – Результаты расчета КЗ 0,4 кВ.

Место КЗ	$z_{\Sigma 1}$, мОм	$z_{\Sigma 0}$, мОм	$I_{\kappa}^{(3)}$, кА	K_y	i_y	$I_{\kappa}^{(2)}$, кА	$I_{\kappa}^{(1)}$, кА
с. ш. 0,4 кВ, РТП, ТП2-6	9,015	9,190	24,337	1,480	50,928	21,076	6,079
33	21,766	22,124	10,080	1,033	14,729	8,729	4,478
32	16,580	16,913	13,232	1,064	19,907	11,459	5,010
31	18,814	19,160	11,661	1,047	17,262	10,099	4,766
30	17,757	18,097	12,355	1,054	18,413	10,700	4,878
29	33,211	33,592	6,606	1,014	9,471	5,721	3,631
28	35,867	36,250	6,117	1,012	8,754	5,297	3,478
27	23,776	24,152	9,228	1,017	13,269	7,991	4,301
22	25,174	25,541	8,715	1,024	12,623	7,548	4,187
23	21,765	22,123	10,080	1,033	14,730	8,730	4,479
24	13,661	13,967	16,059	1,106	25,127	13,908	5,370
25	17,100	17,436	12,830	1,059	19,216	11,111	4,951
26	21,633	22,012	10,142	1,015	14,563	8,783	4,489

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

51

Окончание таблицы 2.17

Место КЗ	$z_{\Sigma 1},$ МОм	$z_{\Sigma 0},$ МОм	$I_k^{(3)},$ кА	K_y	i_y	$I_k^{(2)},$ кА	$I_k^{(1)},$ кА
34	29,401	29,776	7,462	1,018	10,744	6,462	3,875
21	26,688	27,059	8,221	1,021	11,874	7,119	4,070
20	19,213	19,561	11,419	1,044	16,867	9,889	4,725
19	12,331	12,618	17,792	1,142	28,738	15,408	5,553
18	13,662	13,968	16,058	1,106	25,125	13,907	5,370
17	21,631	21,988	10,143	1,034	14,828	8,784	4,491
15	32,374	32,754	6,777	1,014	9,723	5,869	3,682
10	23,395	23,758	9,378	1,028	13,637	8,121	4,334
9	14,912	15,230	14,713	1,084	22,555	12,742	5,210
8	11,861	12,139	18,497	1,160	30,332	16,019	5,621
7	20,685	21,039	10,606	1,037	15,560	9,185	4,580
6	44,678	45,086	4,911	1,002	6,956	4,253	3,052
2	20,271	20,904	10,823	1,041	15,939	9,373	4,593
1	19,746	20,096	11,111	1,042	16,368	9,622	4,671
4	20,271	20,904	10,823	1,041	15,939	9,373	4,593
3	19,746	20,096	11,111	1,042	16,368	9,622	4,671
5	29,040	29,415	7,555	1,018	10,876	6,543	3,900
13	20,271	20,904	10,823	1,041	15,939	9,373	4,593
14	19,746	20,096	11,111	1,042	16,368	9,622	4,671
11	20,271	20,904	10,823	1,041	15,939	9,373	4,593
12	19,746	20,096	11,111	1,042	16,368	9,622	4,671
16	47,438	47,847	4,625	1,001	6,549	4,005	2,939

2.9 Выбор и проверка электрооборудования

2.9.1 Выбор и проверка автоматических выключателей 10 кВ

Выбор и проверка автоматических выключателей на напряжение свыше 1 кВ производится согласно главе 4.5 [19]. Автоматический выключатель должен

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		52

отличаться высокой надёжностью работы. Как правило, это селективные выключатели, которые выбираются по номинальному току расцепителя:

$$I_{ном.р} \geq I_{\Sigma ном.потр}. \quad (2.55)$$

Проверка выполняется по термической и динамической стойкости автоматического выключателя:

$$I_{терм} \geq I_k^{(3)}; \quad (2.56)$$

$$I_{дин} \geq I_{уд}. \quad (2.57)$$

Произведем выбор и проверку автоматического выключателя для РТП (яч. 1) РУ 10 кВ. Выбираем автоматический выключатель ВВ/TEL-10-20/630-У2. Параметры автоматического выключателя: $I_{ном.р} = 630$ А; $U_{ном} = 10$ кВ; $I_{терм} = 20$ кА; $I_{дин} = 52$ кА.

Проверяем выбранный выключатель согласно формуле (10.1)

$$630 \geq 124,6 - \text{выполняется.}$$

Проверка по условию термической стойкости:

$$20 \geq 11,76 - \text{выполняется.}$$

Проверка по электродинамической стойкости:

$$52 \geq 28,3 - \text{выполняется.}$$

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		53

Выбор и проверка для остальных ячеек 10 кВ РТП и других ТП производится аналогично, результаты сводятся соответственно в таблицы 2.18–10.23.

Таблица 2.18 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 10 кВ РТП.

Поз.	Марка выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-10 1	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	124,6	5,799	12,657	проходит
QF-10 2	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	152,91	5,799	12,657	проходит
QF-10 3	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	416,67	5,702	12,080	проходит
QF-10 4	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	416,67	5,640	11,665	проходит
QF-10 5	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,799	12,657	проходит
QF-10 6	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	416,67	5,799	12,657	проходит
QF-10 7	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,799	12,657	проходит
QF-10 8	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	416,67	5,702	12,080	проходит
QF-10 9	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	416,67	5,640	11,665	проходит
QF-10 10	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	124,6	5,799	12,657	проходит
QF-10 11	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	152,91	5,799	12,657	проходит

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

54

Таблица 2.19 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 10 кВ ТП-2.

Поз.	Марка выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-10 1	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	57,77	5,799	12,657	проходит
QF-10 2	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	124,6	5,240	9,550	проходит
QF-10 3	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,640	11,665	проходит
QF-10 4	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	124,6	5,640	11,665	проходит
QF-10 5	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,640	11,665	проходит
QF-10 6	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	124,6	5,240	9,550	проходит
QF-10 7	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	57,77	5,799	12,657	проходит

Таблица 2.20 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 10 кВ, ТП-3.

Поз.	Марка выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-10 1	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	99,02	5,799	12,657	проходит
QF-10 2	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	152,91	5,438	10,656	проходит
QF-10 3	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,720	12,080	проходит

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

55

Окончание таблицы 2.20

Поз.	Марка выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-10 4	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	152,91	5,720	12,080	проходит
QF-10 5	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,720	12,080	проходит
QF-10 6	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	152,91	5,438	10,656	проходит
QF-10 7	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	99,02	5,799	12,657	проходит

Таблица 2.21 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 10 кВ, ТП-4.

Поз.	Марка выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-10 1	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	57,77	5,640	11,665	проходит
QF-10 2	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,240	9,550	проходит
QF-10 3	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	57,77	5,240	9,550	проходит
QF-10 4	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,240	9,550	проходит
QF-10 5	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	57,77	5,640	11,665	проходит

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

56

Таблица 2.22 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 10 кВ, ТП-5.

Поз.	Марка выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-10 1	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	52,79	5,438	10,656	проходит
QF-10 2	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,164	9,357	проходит
QF-10 3	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	52,79	5,164	9,357	проходит
QF-10 4	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,164	9,357	проходит
QF-10 5	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	52,79	5,438	10,656	проходит

Таблица 2.23 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 10 кВ, ТП-6.

Поз.	Марка выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-10 1	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	52,79	5,702	12,080	проходит
QF-10 2	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	99,02	5,164	9,357	проходит
QF-10 3	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,438	10,656	проходит
QF-10 4	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	99,02	5,438	10,656	проходит
QF-10 5	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	55,05	5,438	10,656	проходит

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

57

Окончание таблицы 2.23

Поз.	Марка выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-10 6	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	99,02	5,164	9,357	проходит
QF-10 7	ВВ/TEL-10-20/630 У2	630	52,79	5,702	12,080	проходит

2.9.2 Выбор и проверка автоматических выключателей 0,4 кВ

Выбор и проверка автоматических выключателей на напряжение ниже 1 кВ производится согласно главе 4.4 [5]. Выбор и проверка автоматических выключателей производится аналогично пункту 10.1. Результаты выбора для подстанций сводятся в таблицы 2.25-2.30.

К установке принимаем автоматические выключатели производителя LS Industrial Systems (LSIS) и компании «Контактор». Технические характеристики выключателей представлены в таблице 2.24.

Таблица 2.24 – Технические характеристики автоматических выключателей марки LS 0,4 кВ.

Серия	$I_{ном}, А$	$I_{терм}, кА$	$I_{дин}, кА$
TS250L	250	50	150
TS400L	400	50	150
TS630L	630	50	150
TS1000L	1000	50	150
TS1600L	1600	50	150

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

58

Таблица 2.25 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 0,4 кВ, РТП

Поз.	Серия выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-0,4 2	TS400L	400	248,43	9,228	13,269	проходит
QF-0,4 3	TS1000L	1000	627,79	10,080	14,729	проходит
QF-0,4 4	TS1000L	1000	627,79	11,661	17,262	проходит
QF-0,4 5	TS1000L	1000	627,79	6,606	9,471	проходит
QF-0,4 6	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 7	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 8	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 9	TS1000L	1000	627,79	12,355	18,413	проходит
QF-0,4 10	TS1000L	1000	627,79	13,232	19,907	проходит
QF-0,4 11	TS1000L	1000	627,79	6,117	8,754	проходит
QF-0,4 12	TS400L	400	248,43	9,228	13,269	проходит

Таблица 2.26 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 0,4 кВ, ТП-2

Поз.	Серия выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-0,4 2	TS630L	630	487,29	7,462	10,744	проходит
QF-0,4 3	TS1000L	1000	749,21	8,715	12,623	проходит
QF-0,4 4	TS1000L	1000	749,21	16,059	25,127	проходит
QF-0,4 5	TS630L	630	374,61	10,142	14,563	проходит
QF-0,4 6	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 7	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 8	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 9	TS630L	630	374,61	10,142	14,563	проходит
QF-0,4 10	TS1000L	1000	749,21	12,830	19,216	проходит

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

59

Окончание таблицы 2.26

Поз.	Серия выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-0,4 11	TS1000L	1000	749,21	10,080	14,730	проходит
QF-0,4 12	TS630L	630	487,29	7,462	10,744	проходит

Таблица 2.27 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 0,4 кВ, ТП-3

Поз.	Серия выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-0,4 2	TS1000L	1000	654,26	8,221	11,874	проходит
QF-0,4 3	TS1000L	1000	654,26	17,792	28,738	проходит
QF-0,4 4	TS1000L	1000	654,26	10,143	14,828	проходит
QF-0,4 5	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 6	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 7	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 8	TS1000L	1000	654,26	16,058	25,125	проходит
QF-0,4 9	TS1000L	1000	654,26	11,419	16,867	проходит
QF-0,4 10	TS1000L	1000	654,26	6,777	9,723	проходит

Таблица 2.28 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 0,4 кВ, ТП-4

Поз.	Серия выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-0,4 2	TS1000L	1000	775,98	9,378	13,637	проходит
QF-0,4 3	TS1000L	1000	775,98	18,497	30,332	проходит
QF-0,4 4	TS250L	250	193,23	4,911	6,956	проходит
QF-0,4 5	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 6	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

60

Окончание таблицы 2.28

Поз.	Серия выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-0,4 7	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 8	TS250L	250	193,23	4,911	6,956	проходит
QF-0,4 9	TS1000L	1000	775,98	10,606	15,560	проходит
QF-0,4 10	TS1000L	1000	775,98	14,713	22,555	проходит

Таблица 2.29 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 0,4 кВ, ТП-5

Поз.	Серия выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-0,4 2	TS1000L	1000	766,65	10,823	15,939	проходит
QF-0,4 3	TS1000L	1000	766,65	10,823	15,939	проходит
QF-0,4 4	TS400L	400	283,15	7,555	10,876	проходит
QF-0,4 5	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 6	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 7	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 8	TS400L	400	283,15	7,555	10,876	проходит
QF-0,4 9	TS1000L	1000	766,65	11,111	16,368	проходит
QF-0,4 10	TS1000L	1000	766,65	11,111	16,368	проходит

Таблица 2.30 – Результаты выбора и проверки автоматических выключателей 0,4 кВ, ТП-6

Поз.	Серия выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-0,4 2	TS1000L	1000	766,65	10,823	15,939	проходит
QF-0,4 3	TS1000L	1000	766,65	10,823	15,939	проходит
QF-0,4 4	TS400L	400	239,83	4,625	6,549	проходит

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

61

Окончание таблицы 2.30

Поз.	Серия выключателя	$I_{ном}, А$	$I_{расч.мах}, А$	$I_k^{(3)}, кА$	$I_{уд}, кА$	Результат проверки
QF-0,4 5	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 6	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 7	TS1600L	1600	1445,08	24,337	50,928	проходит
QF-0,4 8	TS400L	400	239,83	4,625	6,549	проходит
QF-0,4 9	TS1000L	1000	766,65	11,111	16,368	проходит
QF-0,4 10	TS1000L	1000	766,65	11,111	16,368	проходит

2.9.3 Выбор вводных распределительных устройств потребителей

Вводно-распределительное устройство является комплектным электрическим устройством заводского изготовления, и поставляются со встроенной аппаратурой и со всеми внутренними присоединениями, которые могут быть выполнены как шинами, так и изолированным проводами.

Во вновь проектируемых зданиях в соответствии с ПУЭ [13] вводно-распределительные устройства должны иметь нулевой рабочий N и нулевой защитный PE проводники. Кроме этого, вводно-распределительное устройство потребителей I категории должно содержать АВР. Степень защиты ВРУ должна быть не ниже IP31.

Произведем выбор, ВРУ, выбор производится по номинальному току, результаты сведены в таблицу 2.31.

Таблица 2.31 – ВРУ зданий потребителей 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск

Поз.	$I_{ном}, А$	Наименование ВРУ
33	313,95	ВРУ8503(4)–ВА–8–400–1–31–УХЛ4

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата
-----	-----	---------	-------	------

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

62

Продолжение таблицы 2.31

Поз.	$I_{ном}, А$	Наименование ВРУ
32	313,95	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
31	313,95	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
30	313,95	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
29	313,95	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
28	313,95	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
27	239,82	ВРУ8503(4)-ВА-8-250-1-31-УХЛ4
22	374,61	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
23	374,61	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
24	374,61	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
25	374,61	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
26	374,61	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
34	487,29	ВРУ8503(4)-ВА-8-630-1-31-УХЛ4
21	327,14	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
20	327,14	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
19	327,14	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
18	327,14	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4

Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

63

Продолжение таблицы 2.31

Поз.	$I_{ном}, А$	Наименование ВРУ
17	327,14	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
15	327,14	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
10	387,99	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
9	387,99	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
8	387,99	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
7	387,99	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
6	193,23	ВРУ8503(4)-ВА-8-250-1-31-УХЛ4
2	424,85	ВРУ8503(4)-ВА-8-630-1-31-УХЛ4
1	341,79	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
4	424,85	ВРУ8503(4)-ВА-8-630-1-31-УХЛ4
3	341,79	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
5	283,15	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
13	424,85	ВРУ8503(4)-ВА-8-630-1-31-УХЛ4
14	341,79	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4
11	424,85	ВРУ8503(4)-ВА-8-630-1-31-УХЛ4
12	341,79	ВРУ8503(4)-ВА-8-400-1-31-УХЛ4

Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

64

Окончание таблицы 2.31

Поз.	$I_{ном}, А$	Наименование ВРУ
16	239,82	ВРУ8503(4)-ВА-8-250-1-31-УХЛ4

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

65

3 Расчет и проверка оборудования подстанции ПС 110/10 кВ «Посоп»

3.1 Краткая характеристика подстанции

Для электроснабжения 2 микрорайона, района «Юбилейный» предусматриваются в качестве источника питания подстанция ПС 110/10 кВ «Посоп».

ПС 110/10 кВ «Посоп» является проходной, присоединение к энергосистеме осуществляется от линий ВЛ 110 кВ «Ю.Западная-Посоп» и ВЛ 110 кВ «Восточная-Посоп». Обеспечивается возможность питания потребителей электроэнергии от двух независимых взаимно резервирующих источников.

На подстанции установлены два силовых трансформатора ТРДН-25000/110/10/10-У1. Основные технические характеристики трансформатора приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики трансформатора ТРДН-25000/110/10/10-У1

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВА	Номинальное напряжение обмоток, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, кВт		Напряжение короткого замыкания, %	Ток холостого хода, %	Габаритные размеры, мм
		ВН	НН		х.х.	к.з.			
ТРДН-25000/110/10/10 У1	25000	115	11	У _Н /Д-11	30,7 5	120, 49	10,85	0,45	5710х 4860х 5355

Распределительное устройство высокого напряжения открытого типа и выполнено по схеме мостик с отделителями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой.

К ОРУ 110 кВ подключены две воздушные линии электропередач: ВЛ 110 кВ Юго-Западная – Посоп и ВЛ 110 кВ Восточная – Посоп.

Распределительное устройство 10 кВ закрытого типа и выполнено по схеме одна секционированная выключателем система шин, состоит из 52 ячеек.

К ячейкам № 108, 205, 308 и 405 подключены выводы силовых трансформаторов по стороне НН.

Перечень подключенных к РУ 10 кВ объектов и их потребляемая мощность по состоянию на 2017 г. приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень подключенных к РУ 10 кВ объектов

№ ячейки	Наименование потребителя	Мощность S_{max} , кВА
1 с.ш.		
102	Стадион «Мордовия Арена»	1750,000
103	ОАО МИК ЖК Юбилейный 2 микрорайон	3788,500
104	Резерв	–
105	ОАО МИК (Луховка ЖД)	750,000
106	ОАО «Авиалинии Мордовии»	1452,045
107	МИК ч/з ВАТТ 3, 4, 5 район «Тавла»	0,000
111	«Мегастрой»	725,000
112	Резерв	–
2 с.ш.		
202	ОАО МИК ЖК Юбилейный 2 микрорайон	0,000
203	Стадион «Мордовия Арена»	0,000
204	«Торговый центр»	3159,000
206	Резерв	–
207	МордовАгроМаш	0,000
208	Горсвет (Луховка)	400,000
209	МИК ч/з ВАТТ 3, 4, 5 район «Тавла»	0,000
211	Сити-Парк	1551,100
212	Резерв	–
3 с.ш.		
302	ОАО МИК ЖК Юбилейный 2 микрорайон	3788,500
303	Стадион «Мордовия Арена»	0,000
304	«Торговый центр»	0,000
305	Резерв	–
306	МордовАгроМаш	1746,000
307	МИК ч/з ВАТТ 3, 4, 5 район	1742,500
311	Сити-Парк	1551,100
312	Резерв	–

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

67

Окончание таблицы 3.2

№ ячейки	Наименование потребителя	Мощность S_{max} , кВА
4 с.ш.		
402	Стадион «Мордовия Арена»	1750,000
403	ОАО МИК ЖК Юбилейный 2 микрорайон	0,000
404	Резерв	–
406	ОАО МИК (Луховка ЖД)	750,000
407	ОАО «Авиалинии Мордовии»	0,000
408	МРСК (Луховка 11 Ремзавод)	1000,000
409	МИК ч/з ВАТТ 3, 4, 5 район «Тавла»	1742,500
411	«Мегастрой»	725,000
412	Резерв	–
Итого		28371,25

Для электроснабжения потребителей собственных нужд на подстанции установлены два трансформатора собственных нужд типа ТМГ-160-10/0,4 мощностью 160 кВА. Трансформаторы собственных нужд подключены к токопроводам, соединяющим силовые трансформаторы и секции шин РУ 10 кВ.

3.2 Определение загрузки силовых трансформаторов подстанции

Для определения загруженности силовых трансформаторов в зимний период используем перечень подключенных к РУ 10 кВ потребителей.

Определим загрузку силовых трансформаторов при максимальной нагрузке по выражению

$$K_{max} = \frac{S_{max}}{S_{ном}}, \quad (3.1)$$

где S_{max} – максимальная мощность нагрузки на трансформаторе, кВА;

$S_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА.

Для силового трансформатора Т1

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		68

$$K_{\max} = \frac{13575,65}{25000} = 0,54.$$

Для силового трансформатора Т2

$$K_{\max} = \frac{14795,6}{25000} = 0,59.$$

В качестве аварийного режима работы рассмотрим режим, при котором один из силовых трансформаторов вышел из строя, и все потребители будут подключены к оставшемуся в работе трансформатору.

Определим значение K_{\max} для данного графика нагрузки

$$K_{\max} = \frac{28371,25}{25000} = 1,13.$$

В аварийном режиме оставшийся в работе трансформатор будет перегружен на 13%, чтобы исключить перегрузку и выход из строя трансформатора предлагается отключить потребителей 3 категории «МИК ч/з ВАТТ 3, 4, 5 район «Тавла»» и «Горсвет (Луховка)».

3.3 Проверка электрооборудования ЗРУ 10 кВ

В связи с подключением к подстанции ПС 110/10 кВ «Посоп» 2 микрорайона, района «Юбилейный» г. Саранск, требуется выполнить проверку возможности подключения микрорайона к ячейкам № 103, 202 и № 302, 403 соответственно на 1, 2 и 3, 4 секции шин ЗРУ 10 кВ подстанции.

Высоковольтные выключатели ячеек выбирают по номинальным значениям напряжения и тока, роду установки и условиям работы, конструктивному исполнению и коммутационной способности.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		69

Также выполняется проверка выключателя по термической стойкости на основании действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания от эквивалентного источника и эквивалентной постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока короткого замыкания.

Характеристика предлагаемого к установке выключателя и привода ВВ/TEL и основные формулы для выбора выключателей представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Основные параметры выключателей ВВ/TEL 10 кВ

Параметр	Условие выбора	Паспортное значение
Номинальное напряжение выключателя, кВ	$U_{ном} \leq U_{ном.в}$	10
Наибольшее рабочее напряжения выключателя, кВ	$U_{н.р} \leq U_{н.р.в}$	12
Номинальный ток, А	$I_{раб.мах} \leq I_{ном.в}$	630
		800
		1000
		1600
Ток динамической стойкости, кА	$i_y \leq i_{нр.с}$	51 80
Собственное время отключения, с		0,045
Номинальный ток отключения, кА	$I_{н0} \leq I_{нр.с}$	12,5
		20,0
		25,0
		31,5
Тепловой импульс тока КЗ, $кА^2с$	$B_k \leq I_{мер}^2 t_{мер}$	468,75 1200,00 1875,00 2976,75

Расчетный ток для ячейки определяется по выражению:

$$I_{р.мах} = \frac{S_{мах}}{\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (3.2)$$

где $S_{мах}$ – максимальная мощность нагрузки ячейки, кВА;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение, кВ.

Для ячейки № 103 в нормальном режиме:

$$I_{p.maxn} = \frac{3788,5}{\sqrt{3} \cdot 10} = 218,98 \text{ А.}$$

Для остальных ячеек 2 микрорайона района «Юбилейный» токи для нормального режима равны.

Значение токов короткого замыкания в конце отходящих линий 10 кВ ПС 110/10 «Посоп» равны $I_{n0}^{(3)} = 5,799$ кА, $i_y = 12,657$ кА (пункт 2.8.4).

Выполним проверку автоматического выключателя ячейки 103 согласно условиям (пункт 2.9.1):

$$630 \geq 218,98 \text{ – выполняется;}$$

$$20 \geq 5,799 \text{ – выполняется;}$$

Для остальных ячеек проверка производится аналогично. Условия проверки выполняются.

Произведем проверку выключателя на термическую стойкость. Т.к. условие:

$$5,436 < 468,75$$

выполняется для обеих ячеек, то выключатель проходит по термической стойкости.

Проверка на динамическую стойкость:

$$52 \geq 12,657 \text{ – выполняется.}$$

Т.к. условия проверки на термическую и динамическую стойкость выполняются, то окончательно принимаем для всех ячеек отходящих линий на 2

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		71

микрорайон, жилой район «Юбилейный» г. Саранск автоматические выключатели ВВ/TEL-10-20/630 У2.

3.4 Расчет измерительных трансформаторов тока для ячеек отходящих линий

Трансформаторы тока предназначены для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для подключения измерительных приборов и реле (5 А, реже 1 или 2,5 А), а также для отделения цепей управления и защиты от первичных цепей высокого напряжения (глава 4.8 [19]).

Трансформаторы тока, применяемые в распределительных устройствах, выполняют одновременно роль проходного изолятора (ТПЛ, ТПОЛ).

В комплектных РУ применяются опорно-проходные (стержневые) трансформаторы тока - ТЛМ, ТПЛК, ТНЛМ, шинные - ТШЛ. в РУ 35 кВ и выше - встроенные, в зависимости от типа РУ и его напряжения.

Основная задача при выборе трансформаторов тока на подстанции, сводится к проверке трансформатора тока, поставляемого комплектно с ячейкой.

Трансформаторы тока выбираются по напряжению и току (первичному и вторичному).

Номинальный вторичный ток 1А применяется для РУ 500 кВ и мощных РУ 330 кВ, в остальных случаях применяют вторичный ток 5 А.

Номинальный первичный ток должен быть как можно ближе к расчетному току установки, так как недогрузка первичной обмотки трансформатора приводит к увеличению погрешностей.

Кроме этого трансформаторы тока подбирают по классу точности, который должен соответствовать классу точности приборов, подключаемых ко вторичной цепи измерительного трансформатора тока. Чтобы трансформатор тока обеспечил заданную точность измерений, мощность подключенных к нему приборов не должна быть выше номинальной вторичной нагрузки, указанной в паспорте трансформатора тока.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		72

Выбранный трансформатор тока проверяют на динамическую и термическую стойкость к токам короткого замыкания.

Проверка трансформатора на термическую стойкость осуществляется по выражению

$$(I_{IH} \cdot k_T)^2 \cdot t_T \geq B_k, \quad (3.16)$$

где I_{IH} – номинальный первичный ток трансформатора тока, А;

k_T – коэффициент термической устойчивости;

t_T – продолжительность протекания тока короткого замыкания, с.

Также данная проверка может быть осуществлена по выражению

$$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}, \quad (3.17)$$

где $I_{тер}$ – ток термической стойкости, кА;

$t_{тер}$ – время протекания тока короткого замыкания, с.

Номинальный первичный ток, коэффициент термической устойчивости и продолжительность протекания тока короткого замыкания являются паспортными величинами.

Проверка на динамическую стойкость производится по выражению

$$\sqrt{2} \cdot I_{IH} \cdot k_{дин} \geq i_{уд}, \quad (3.18)$$

где $k_{дин}$ – коэффициент динамической устойчивости.

Также данная проверка может быть проведена по выражению

$$i_{дин} \geq i_{уд}, \quad (3.19)$$

где $i_{дин}$ – ток динамической стойкости, кА.

Мощность во вторичной цепи трансформатора тока определяется по выражению

$$S_2 = I_{2H}^2 \cdot r_2, \quad (3.20)$$

где I_{2H} – номинальный вторичный ток трансформатора тока;

r_2 – полное сопротивление внешней цепи.

Полное сопротивление внешней цепи определяется по выражению

$$r_2 = \Sigma r_{приб} + r_{пров} + r_{конт}, \quad (3.21)$$

где $\Sigma r_{приб}$ – сумма сопротивлений всех последовательно включенных приборов и реле;

$r_{пров}$ – сопротивление соединительных проводов;

$r_{конт}$ – сопротивление контактных соединений.

Для электрических подстанций при расчетах рекомендуется принимать длину соединительных проводов 5 м, а минимальное сечение по условиям механической прочности 2,5 мм² для алюминиевых проводов и 1,5 мм² для медных.

Произведем проверочный расчет для трансформаторов тока отходящих линий.

Максимальный ток отходящих линий ячеек №103, №202, №302 и №403 составляет 218,98 А для каждой, следовательно для данных ячеек к установке принимаются трансформаторы тока типа ТЛМ–10 на номинальный ток 300 А.

Номинальная нагрузка данного трансформатора класса точности 0,5 составляет 30 ВА, односекундный ток термической стойкости – 18,4 кА, односекундный ток динамической стойкости – 100 кА.

Произведем проверку выбранного трансформатора тока на электродинамическую стойкость.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		74

Ударный ток трехфазного короткого замыкания для данной отходящей линии составит 12,657 кА.

Т.к. условие проверки

$$100 \geq 12,657,$$

выполняется, то данный трансформатор тока проходит проверку по условиям динамической стойкости.

Произведем проверку выбранного трансформатора тока на термическую стойкость.

Ток трехфазного короткого замыкания в конце отходящих линий, подключенных к ячейкам №103, №202, №302 и №403, составляет 5,799 кА.

Т.к. условие проверки

$$5,799 \leq 18,4^2 \cdot 1,$$

выполняется то данный трансформатор тока проходит проверку по условиям термической стойкости.

Окончательно принимаем к установке трансформатор тока марки ТЛМ-10 300/5.

3.5 Проверочный расчет токов срабатывания релейной защиты

В настоящее время основой шкафов релейной защиты и автоматики для подстанций напряжением 110-220 кВ и электрических станций являются блоки микропроцессорной релейной защиты.

Для защиты отходящих кабельных линий ячеек №103, №202, №302 и №403 предлагается применить устройство БМРЗ-152-Д-КЛ.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		75

Блоки микропроцессорной релейной защиты (БМРЗ) предназначены для выполнения функций релейной защиты и автоматики в сетях напряжением от 6 до 220 кВ следующих видов присоединений:

- турбогенераторы и гидрогенераторы, дизель-генераторы, газопоршневые генераторы;
- синхронные и асинхронные электрические двигатели любой мощности;
- двухскоростные электрические двигатели;
- двухобмоточные и трехобмоточные трансформатора, автотрансформаторы с высшим напряжением до 220 кВ;
- сборные шины и ошиновка подстанций напряжением 35-220 кВ;
- воздушные и кабельные линии напряжением 110-220 кВ;
- устройства компенсации реактивной мощности напряжением 110-220 кВ.

Данное устройство отвечает за выполнение следующих функций:

- выполнение функций защит, автоматики и управления, определенных «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ);
- сигнализацию срабатывания защит и автоматики, положения коммутационных аппаратов, неисправности БМРЗ;
- задание внутренней конфигурации (ввод защит и автоматики, выбор защитных характеристик, количество ступеней защиты и т. д.) программным способом;
- фиксацию, хранение и отображение аварийных электрических параметров защищаемого объекта для девяти последних аварийных событий с автоматическим обновлением информации;
- осциллографирование аварийных процессов;
- хранение и выдачу информации о количестве и времени пусков и срабатываний защит БМРЗ;
- учет количества отключений выключателя и циклов АПВ;
- пофазный учет токов при аварийных отключениях выключателя;
- контроль и индикацию положения выключателя, а также исправности его цепей управления;

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

76

- непрерывный оперативный контроль работоспособности (самодиагностику) в течение всего времени работы;
- получение дискретных сигналов управления и блокировок, выдачу команд управления, аварийной и предупредительной сигнализации;
- двусторонний обмен информацией с АСУ и ПЭВМ по стандартным последовательным каналам связи;
- подключение к импульсным выходам счетчиков электроэнергии для передачи информации в АСУ.

Согласно ПУЭ, для линий в сетях с изолированной нейтралью, должны быть предусмотрены устройства от многофазных и однофазных замыканий.

На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий должна устанавливаться защита, состоящая из двух ступеней: первая ступень – токовая отсечка, вторая ступень – максимальная токовая защита (МТЗ) с независимой или зависимой выдержкой времени.

На линиях 6-10 кВ трехступенчатая защита: отсечка, отсечка с выдержкой времени и МТЗ.

К основным параметрам, необходимым для настройки блока микропроцессорной релейной защиты относятся токовая отсечка, ток срабатывания защиты, ток срабатывания реле и др. [16].

Значение тока для токовой отсечки определяется по выражению

$$I_{c.o.} = k_H \cdot I_K^3, \quad (3.22)$$

где k_H – коэффициент надежности;

I_K^3 – максимальный ток трехфазного короткого замыкания в конце защищаемой линии.

Ток срабатывания защиты определяется по выражению

$$I_{c.z.} = \frac{k_{зан} \cdot k_{сз}}{k_{\epsilon}} I_{p,max}, \quad (3.23)$$

где $k_{зан}$ – коэффициент запаса, учитывающий погрешность реле, неточности расчета и т.д.;

k_6 – коэффициент возврата реле;

$k_{сз}$ – коэффициент самозапуска, учитывает возможность увеличения тока в защищаемой линии вследствие самозапуска электродвигателей при восстановлении напряжения после отключения к.з.;

$I_{p,max}$ – максимальный ток в линии в нормальном режиме.

Чувствительность защиты считается достаточной, если при к.з. в конце защищаемого участка $K_u > 1,5$, а при к. з. в конце резервируемого участка $K_u > 1,2$

Коэффициент чувствительности защиты определяется по выражению

$$k_u = \frac{I_{к,мин}^{(2)}}{I_{с.з.}}, \quad (3.24)$$

где $I_{к,мин}^{(2)}$ – минимальный ток двухфазного короткого замыкания в конце защищаемой линии.

Ток срабатывания реле определяется из выражения:

$$I_{с,р} = \frac{I_{с..з.} \cdot k_{сх}}{K_m}, \quad (3.25)$$

где K_m – коэффициент трансформации трансформатора тока.

$k_{сх}$ – коэффициент схемы, зависит от способа соединения трансформаторов тока.

Замыкание на землю одной фазы в сетях с изолированной нейтралью не является к.з. Поэтому защиту выполняют действующей на сигнал и только когда это необходимо по требованиям безопасности, действующей на отключение. В сетях простой конфигурации допускается применение только общего устройства неизбирательной сигнализации, контролирующего состояние изоляции в системе данного напряжения.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
						78
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		

Произведем расчет параметров релейной защиты для отходящей линии ячейки №103.

Ток срабатывания отсечки

$$I_{c.o.} = 1,1 \cdot 5,799 = 6,379 \text{ кА.}$$

Ток срабатывания защиты

$$I_{c.z.} = \frac{2 \cdot 1,1}{0,9} \cdot 218,98 = 535,305 \text{ А.}$$

Коэффициент чувствительности защиты

$$k_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 5799}{535,305} = 9,382.$$

Ток срабатывания реле определяется из выражения:

$$I_{c.p} = \frac{535,305 \cdot 1,73}{60} = 15,434 \text{ А.}$$

Для ячеек №202, №302 и №403, расчет производится аналогично, результаты равны.

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

79

4 Техничко-экономические показатели

Стоимость электротехнического оборудования (основного и вспомогательного) для расчета капиталовложений определяется на основании данных источников [1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Для определения основных экономических показателей предлагаемого варианта строительства объекта определим ориентировочную стоимость на приобретение электротехнического оборудования (таблицы 4.1-4.3).

Таблица 4.1 – Ориентировочная стоимость приобретаемого коммутационного оборудования

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость единицы оборудования, р./шт.	Общая стоимость, р.
ВВ/TEL-10-20/630 У2	46	148000,00	6808000,00
ТЛМ-10-300/5 У2	92	24515,00	2255380,00
РВЗ-10/630-П	92	13812,00	1270704,00
РЕ19-35-31120-250А-УХЛ3	4	6044,00	24176,00
РЕ19-37-31120-400А-УХЛ3	12	6044,00	72528,00
РЕ19-39-31120-630А-УХЛ3	8	8925,00	71400,00
РЕ19-41-31140-1000А-УХЛ3	56	13098,00	733488,00
РЕ19-43-31110-1600А-УХЛ3	36	15473,00	557028,00
TS250L	4	27469,00	109876,00
TS400L	10	30653,00	306530,00
TS630L	74	50540,00	3739960,00
TS1000L	26	158894,00	4131244,00
TS1600L	18	274432,00	4939776,00
T-0,66 5 ВА 0,5 250/5	2	422,00	844,00
T-0,66 5 ВА 0,5 400/5	6	536,00	3216,00
T-0,66 5 ВА 0,5 630/5	4	652,00	2608,00
T-0,66 5 ВА 0,5 1000/5	28	758,00	21224,00
T-0,66 1600/5 0,5S	48	2100	100800,00
Итого			25148782,00

Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата

БР-02069964-13.03.02-08-18

Лист

80

Таблица 4.2 – Ориентировочная стоимость приобретаемых кабелей.

Тип	Кол-во, м	Стоимость, р./м	Общая стоимость, р.
ААБл – 10 кВ 3х70	1280	558,00	714240,00
ААБл – 10 кВ 3х120	1160	762,00	883920,00
ААБл – 10 кВ 3х150	300	852,00	255600,00
ААБл – 10 кВ 3х240	4680	1293,00	6051240,00
АВБШвнг(А) – LS 3х150	630	533,00	335790,00
АВБШвнг(А) – LS 3х185	750	646,00	484500,00
АВБШвнг(А) – LS 3х240	4490	794,00	3565060,00
Итого			12290350,00

Таблица 4.3 – Ориентировочная стоимость приобретаемых силовых трансформаторов.

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость, р./шт	Общая стоимость, р.
ТМ-1000/10/0,4	12	310000,00	3720000,00
Итого			3720000,00

По нормативам ТО на ТП 10/0,4 кВ в действующих условиях должны проводиться раз в 3 месяца. Это значит, что требуется 24 выезда автотранспорта в год, т.к. в жилом районе установлено 6 ТП. Стоимость 1 автомобиль-часа в среднем равна 44 р. На 1 выезд требуется 4 часа следовательно на 24 выезда – 96 часов. Кроме того, в год на устранение аварийных ситуаций делается до 15 выездов автотранспорта, продолжительностью 4 часа.

Затраты на аварийные выезды равны:

$$З_{А1} = (24 + 15) \cdot 4 \cdot 44 = 6864 \text{ р.}$$

Затраты на эксплуатацию подстанции будут равны:

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		81

$$Z_{TP} = 2280,00 \cdot 2 = 4560 \text{ чел.ч/год.}$$

Сведем сведения о затратах труда на эксплуатацию трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ 2 микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск, в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Затраты труда на эксплуатацию трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ 2 микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск.

Затраты труда, чел. ч/год	Норма раб. времени на 1 электротехника в год, чел. ч	Число электротехни- ков
4560	2280	2

Определим фонд заработной платы одного работника (при стоимости 1 часа – 70 руб.):

$$Г_{Ф2} = 4560 \cdot 70 = 319200 \text{ р.}$$

Технико-экономические показатели модернизации ПС 110/10 кВ «Посоп» представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Технико-экономические показатели трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ 2 микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск.

Показатель	Ед. измер.	Значение
Затраты на оборудование	р.	41159132,00
Численность персонала	чел.	2
Затраты на транспорт	р.	6864,00
Трудоемкость	чел. ч	4560
Годовой фонд заработной платы	р.	319200,00

Общие затраты на приобретение оборудования составят – 41159132,00 р.
Численность рабочих на аварийные выезды будет равняться 2. Трудоемкость
равна 4560 чел.ч. Годовой фонд заработной платы равен 319200,00 р.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		83

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система электроснабжения 2 микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск.

Определены категория надежности потребителей (мед. учреждение – I, остальные – II), этажность зданий, тип плит, количество лифтовых установок. Выполнен расчет электрических нагрузок общественных и жилых зданий, а также расчет распределительных линий до 1 кВ. Выбраны классы питающего напряжения: 10 кВ и 0,38/0,22 кВ.

Произведен расчет количества и мощности трансформаторных подстанций, необходимо 6 трансформаторных подстанций в каждой из которых установлено 2 трансформатора мощностью по 1000 кВ·А.

Выбраны схемы распределительных сетей: двухлучевая автоматизированная схема с согласно направленными магистралями для сетей 10 кВ, и петлевая для сетей 0,38 кВ. Выполнен расчет электрических нагрузок сети 10 кВ и центра питания, расчетная мощность центра питания составляет 7577 кВ·А. Выполнен расчет распределительных сетей 10 и 0,38 кВ: расчет сечений проводников; проверка проводников по потерям напряжения в нормальном и аварийном режиме (потери не превышают 5 % и 10 % соответственно); расчет токов короткого замыкания. Выполнены выбор и проверка коммутационной аппаратуры 10 кВ и 0,4 кВ.

Приведена краткая характеристика подстанции ПС 110/10 кВ «Посоп». Определена загрузка трансформаторов с учетом подключения микрорайона. Выполнена проверка электрооборудования ЗРУ 10 кВ и проверочный расчет токов срабатывания релейной защиты отходящих линий.

Проведен расчет технико-экономических показателей. Общие затраты на приобретение оборудования составят 41159132,00 р. Численность рабочих на аварийные выезды будет равняться 2. Трудоемкость равна 4560 чел. ч. Годовой фонд заработной платы равен 319200,00 р.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		84

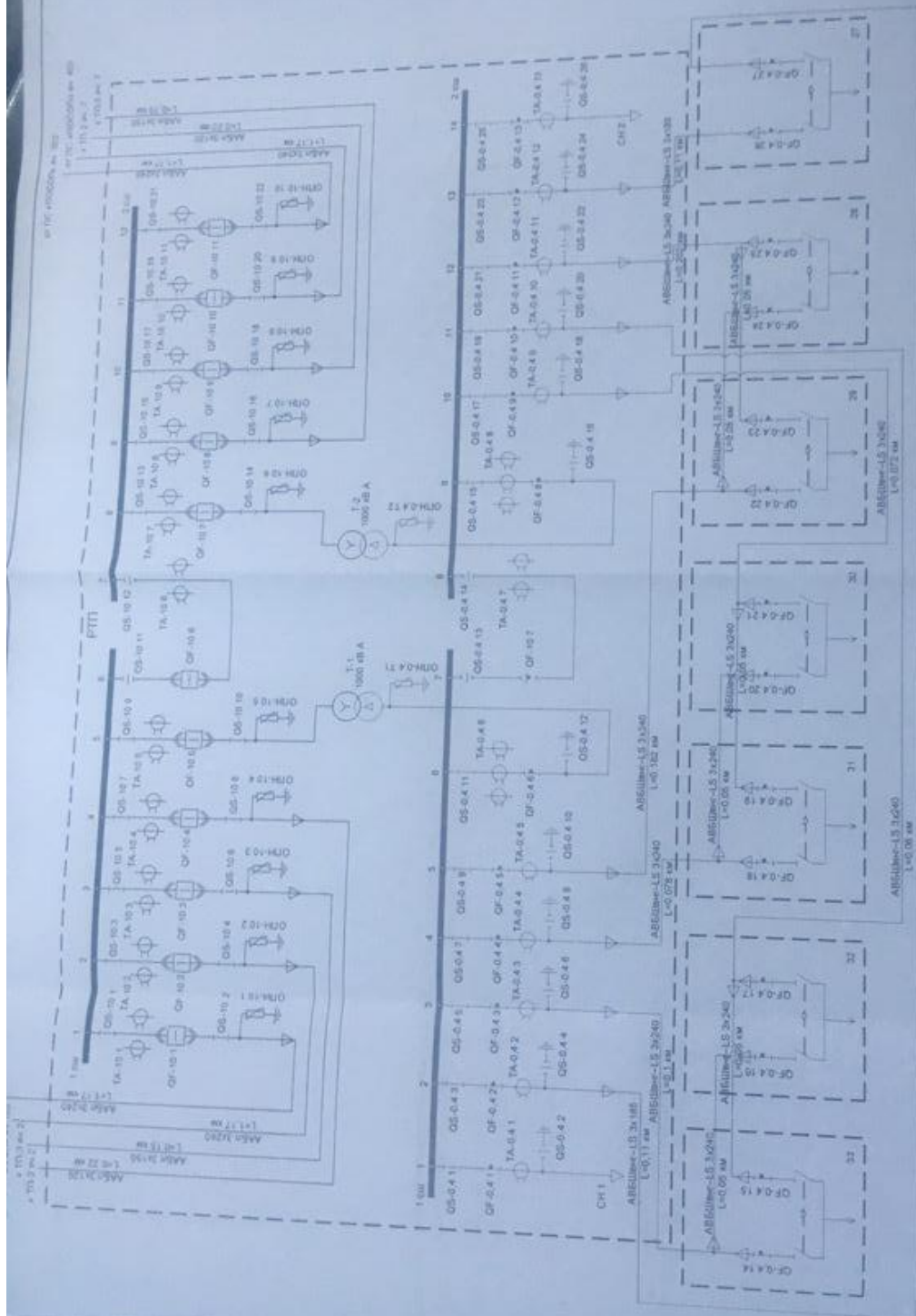
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вакуумные выключатели ВВ/Tel. Технический каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://e-tmm.ru/userfiles/file/Buklet%20BB_TEL.pdf
2. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки. – Взамен ГОСТ 14209-69; введ. 1985–01–31. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
3. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Короткие замыкания в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – Взамен ГОСТ Р 50270-92; введ. 1995–01–01. – Минск, 1993.
4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 2014–07–01. – М.: Стандартиформ, 2013.
5. ГОСТ Р 52735-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – Введ. 2007–07–12. – М.: Стандартиформ, 2007.
6. Кабель.РФ. Технический каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cable.ru/cable/group-vvgng_ls.php.
7. Каталог продукции. Кабели силовые [Электронный ресурс] // ООО «Сарансккабель» [сайт ООО «Сарансккабель»]. – Режим доступа: <http://www.saransk kabel.ru/katalog-produkczii/kabeli-silovyye/>.
8. Каталог продукции. Низковольтные автоматические выключатели. Технический каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.etm.ru/catalog/501010_avtomaticheskie_vykljuchateli.
9. Каталог продукции. Низковольтные рубильники. Технический каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.etm.ru/catalog/501910_razediniteli.
10. Каталог продукции. Ограничители перенапряжения 0,4 и 10 кВ . Технический каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.etm.ru/catalog/80302020_sdfogranichiteli_perenaprjazheniy.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
						85
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		

11. Каталог продукции. Разъединители 10 кВ. Технический каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.etm.ru/catalog/?searchValue=%D1%80%D0%B2%D0%B7%2010&goodsOnPage=10&cst=&sidх=rel&sord=desc&page=1&spec=>.
12. Каталог продукции. Силовые трансформаторы. Технический каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elec.ru/catalog/r1138_2453/
13. Правила устройства электроустановок [Текст]: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2010. – 464 с., ил.
14. РД 34.20.185–94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. – Взамен ВСН 97–83 «Инструкция по проектированию городских и поселковых электрических сетей»; введ. 1995–01–01. – М., 1994.
15. Справочник по проектированию электрических сетей. / Под ред. Д. Л. Файбисовича. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.
16. СТО ДВИГ-052-2012. Распределительные устройства 6(10) кВ с микропроцессорными терминалами БМРЗ-100. Схемы вторичных цепей релейной защиты на переменном оперативном токе. – СПб.: НТЦ Механотроника, 2012.
17. Шведов Г. В. Городские распределительные электрические сети: схемы и режимы нейтрали: учебное пособие / Г.В. Шведов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 108 с.
18. Шведов Г. В. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети: учебное пособие / Г. В. Шведов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 268 с.
19. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для студ. сред. проф. образования / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.

					БР-02069964-13.03.02-08-18	Лист
						86
Изм	Лит	№ докум	Подп.	Дата		

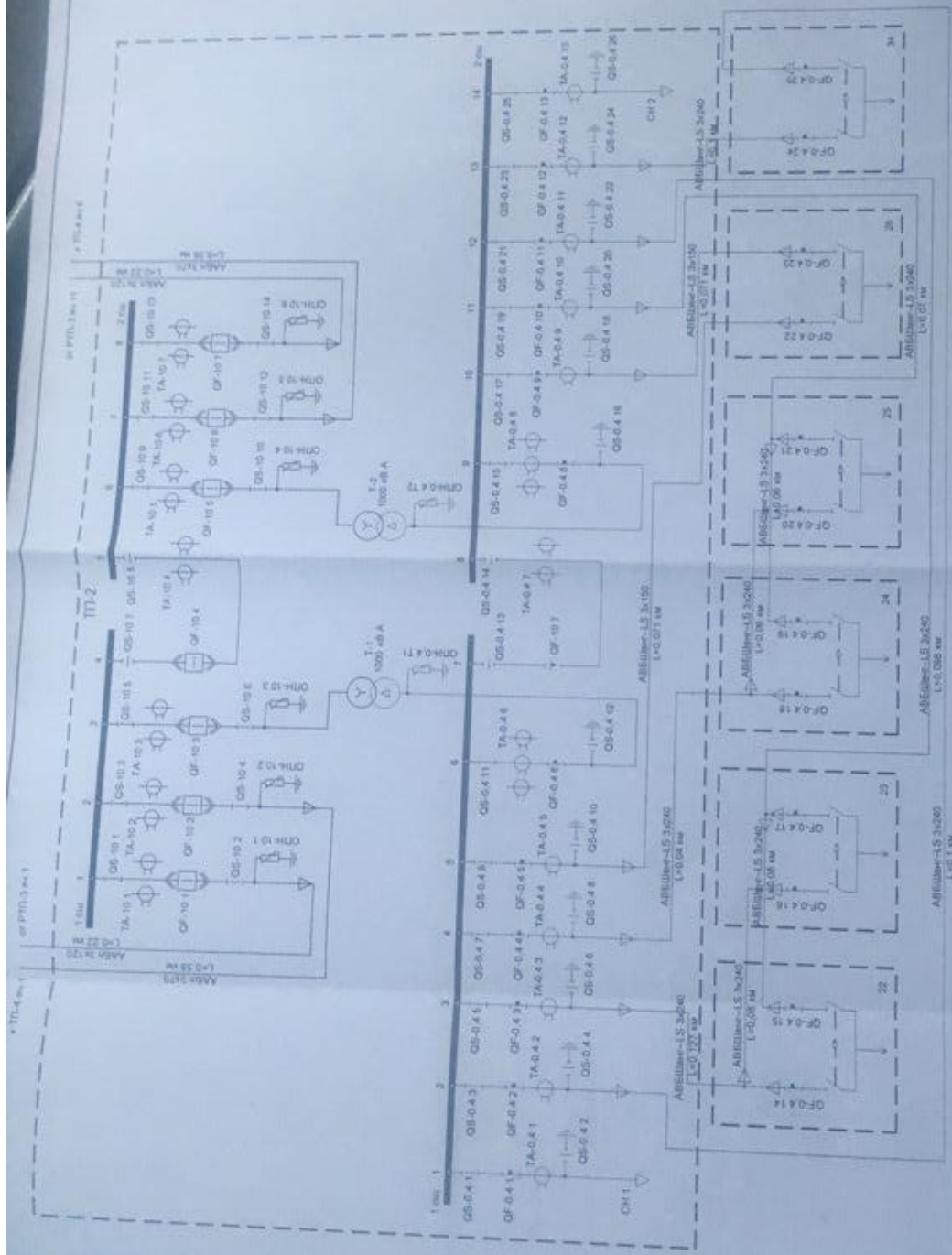


БР-02069964-13.03.02-08-18

Normalная электрическая
схема РТП

№	Дата	Исполн.	Провер.	Содерж.
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ИМЗ. вып. 347. 60-407

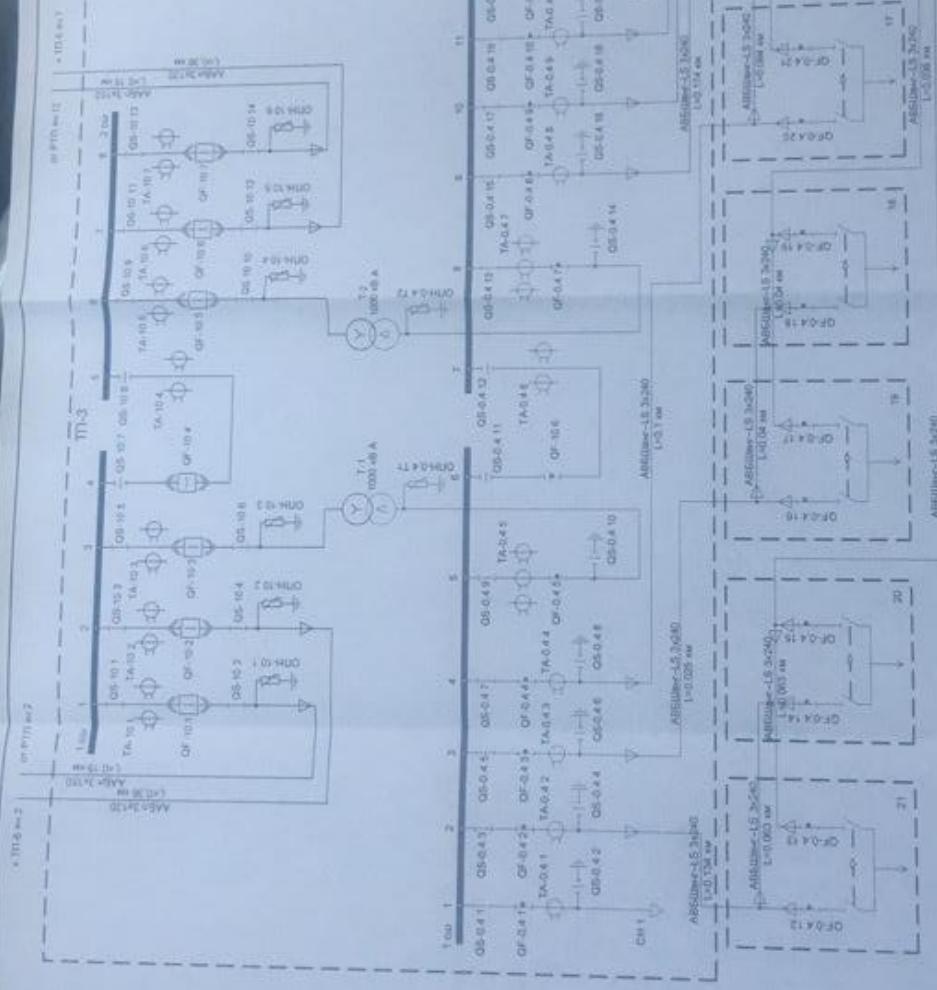


№	Дата	№ докум.	Изм.	Исполн.	Проверен.
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

БР-02069964-13.03.02-08-18

Нормальная электрическая
схема ТТ-2

ИМО, ввп. 3-01, дн. 407 гр.

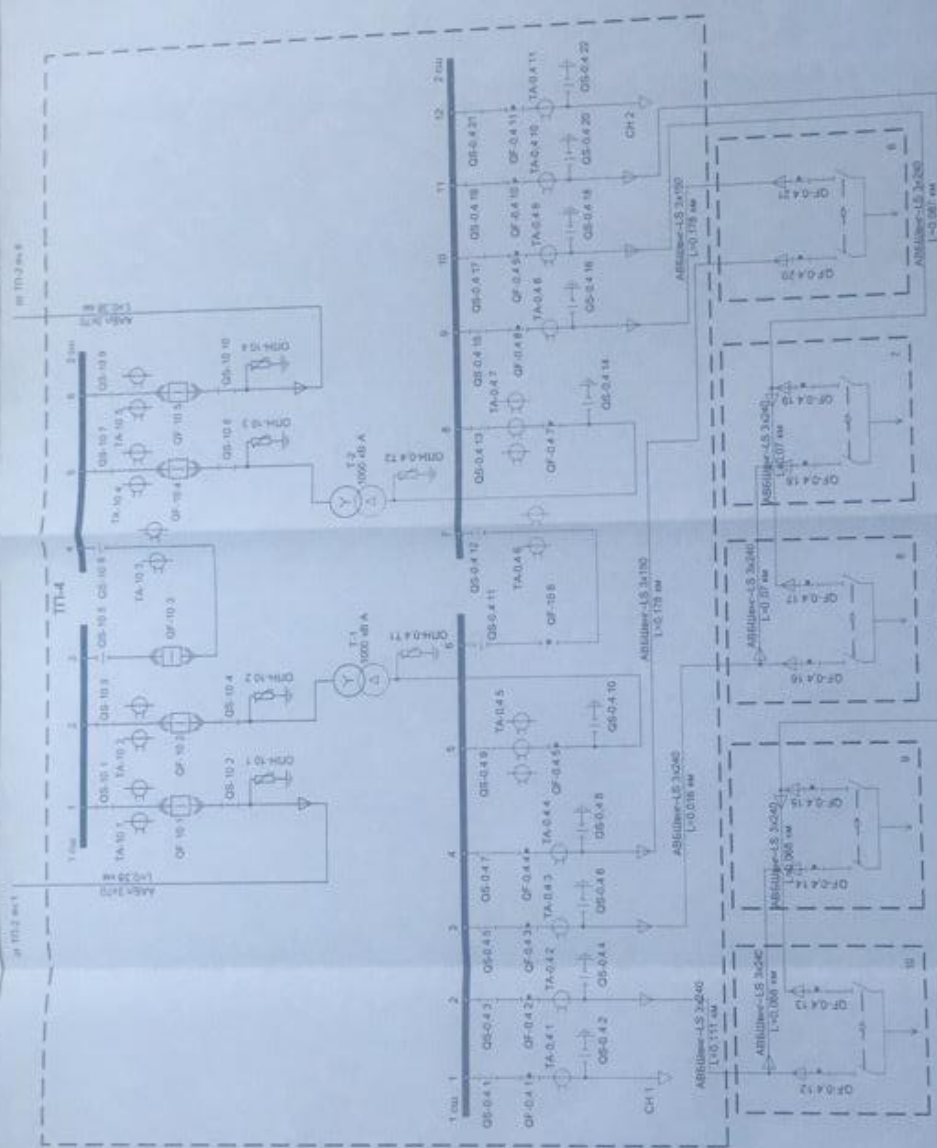


БР-02069964-13.03.02-08-18

Нормальная электрическая
схема ТП-3

№	Лист	№ Вых.	Изд.	Дата	Подпись
1	1			13.03.02	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

ИМЗ №8-3847 60-407 80

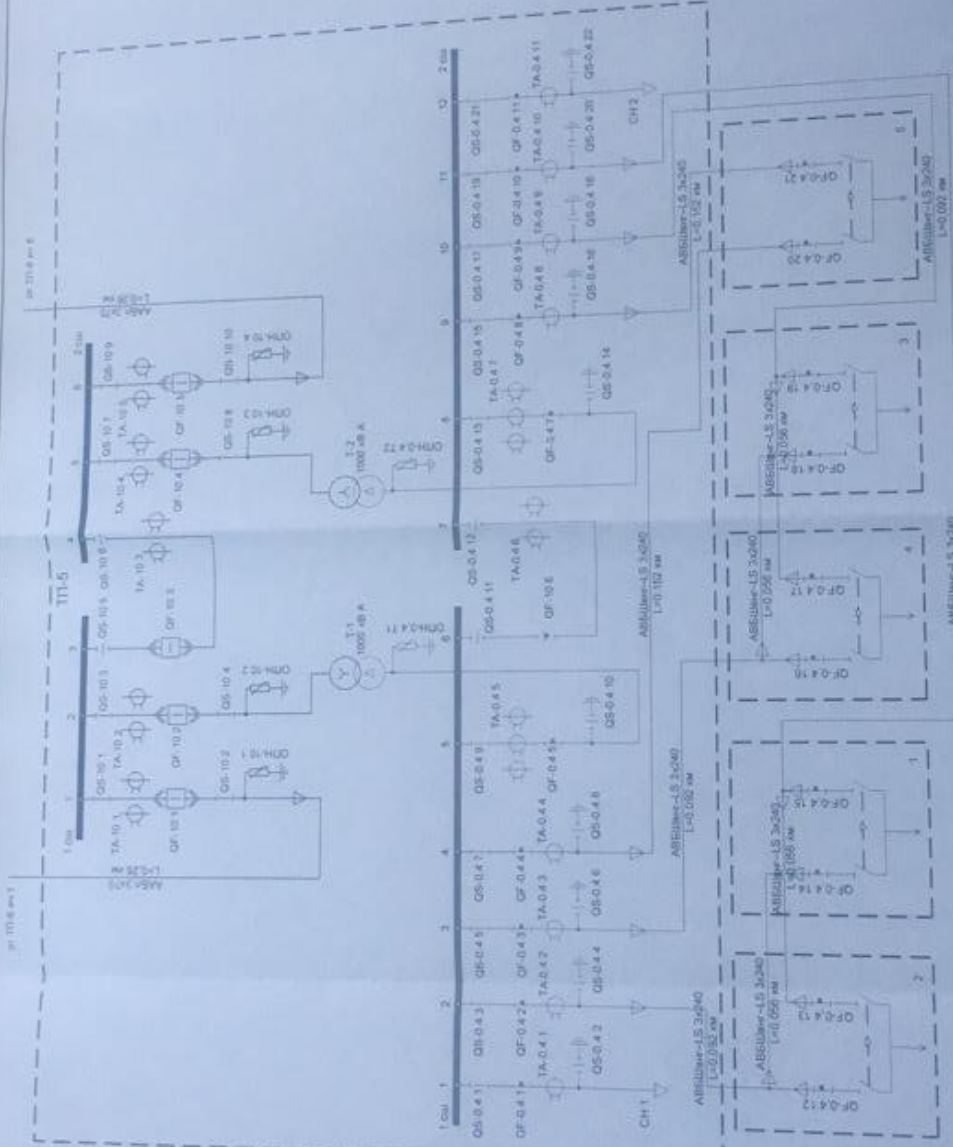


БР-02069964-13.03.02-08-18

Нормальная электрическая
схема ТТ-4

№	И.И.	И.О.	Долг.	Дата	№ докум.
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					

ИМЗ КФР ЗУП 005 407 4

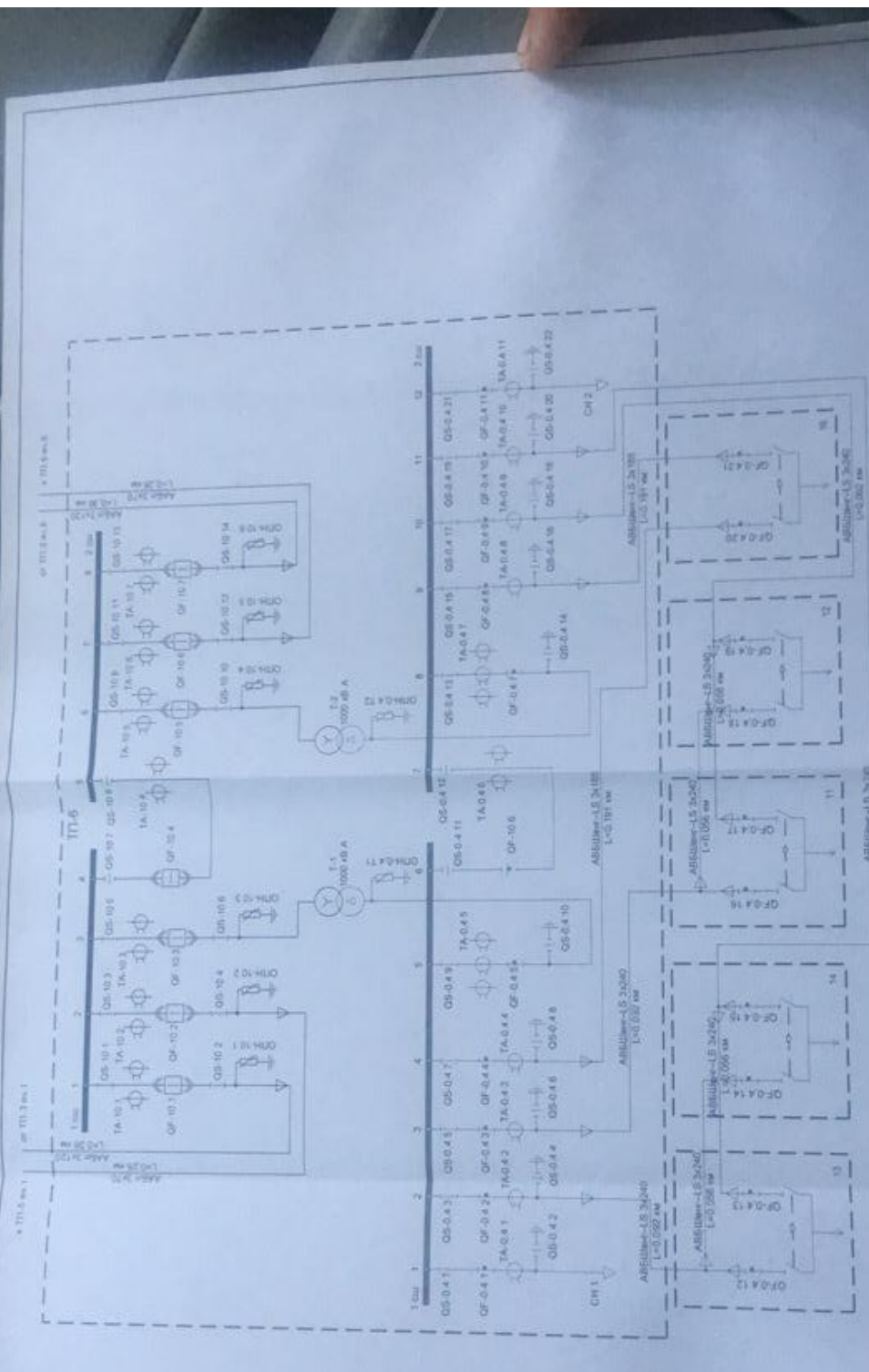


БР-02069964-13.03.02-08-18

Нормальная электрическая
схема ТТ-5

№	Долг	И. Долг	Долг	Долг
	Рисов	Рисов	Рисов	Рисов
	Лист	Лист	Лист	Лист
	Кол-во	Кол-во	Кол-во	Кол-во
	Датум	Датум	Датум	Датум

ИМЗ лев. ЗМТ. 060-007

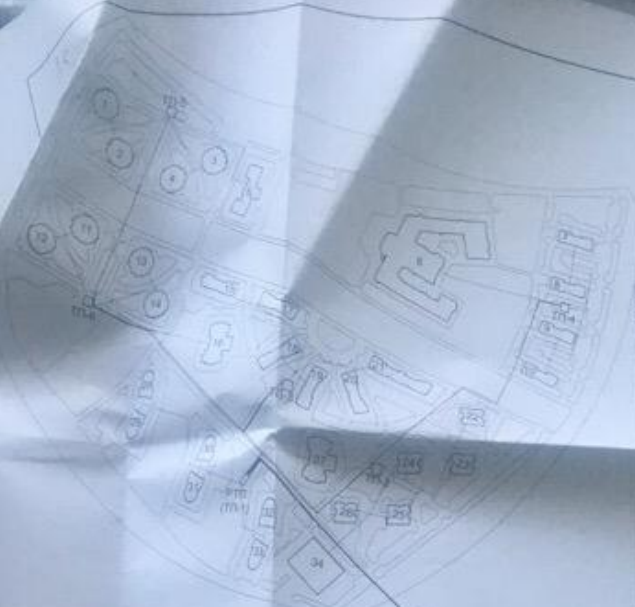


БР-02069964-13.03.02-08-18

Нормальная электрическая
схема ТТ-6

№	Изм.	№	Изм.	Дата	Исполнитель
1		1			
2		2			
3		3			
4		4			
5		5			
6		6			
7		7			
8		8			
9		9			
10		10			
11		11			
12		12			
13		13			
14		14			
15		15			
16		16			
17		17			
18		18			
19		19			
20		20			
21		21			
22		22			
23		23			
24		24			
25		25			
26		26			
27		27			
28		28			
29		29			
30		30			
31		31			
32		32			
33		33			
34		34			
35		35			
36		36			
37		37			
38		38			
39		39			
40		40			
41		41			
42		42			
43		43			
44		44			
45		45			
46		46			
47		47			
48		48			
49		49			
50		50			
51		51			
52		52			
53		53			
54		54			
55		55			
56		56			
57		57			
58		58			
59		59			
60		60			
61		61			
62		62			
63		63			
64		64			
65		65			
66		66			
67		67			
68		68			
69		69			
70		70			
71		71			
72		72			
73		73			
74		74			
75		75			
76		76			
77		77			
78		78			
79		79			
80		80			
81		81			
82		82			
83		83			
84		84			
85		85			
86		86			
87		87			
88		88			
89		89			
90		90			
91		91			
92		92			
93		93			
94		94			
95		95			
96		96			
97		97			
98		98			
99		99			
100		100			

ИЗДАНИЕ 3-Е 3471 010 427 00



Номер по плану	Наименование
1	Гостиница + Жилой дом
2	Гостиница + Жилой дом
3	Жилой дом
4	Жилой дом
5	Медицинское учреждение
6	Средняя школа
7	Жилой дом
8	Жилой дом
9	Жилой дом
10	Жилой дом
11	Гостиница + Жилой дом
12	Гостиница + Жилой дом
13	Жилой дом
14	Жилой дом
15	Жилой дом
16	Детский сад
17	Жилой дом
18	Жилой дом
19	Жилой дом
20	Жилой дом
21	Жилой дом
22	Жилой дом
23	Жилой дом
24	Жилой дом
25	Жилой дом
26	Жилой дом
27	Жилой дом
28	Детский сад
29	Жилой дом
30	Жилой дом
31	Жилой дом
32	Жилой дом
33	Жилой дом
34	Торговый центр

ТС
№1050
11070 кв

БР-02069964-13.03.02-08-18

№ п/п	№ дома	№ кв.	Дата	Вид
1	1050	11070		
2	1050	11070		
3	1050	11070		
4	1050	11070		
5	1050	11070		

План 2-го микрорайона
жилого района
«Юбилейный» г. Саранск

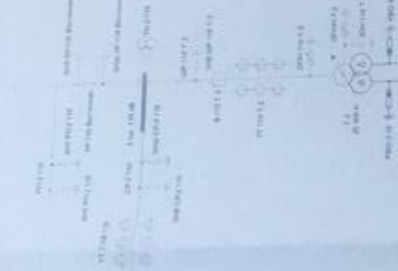
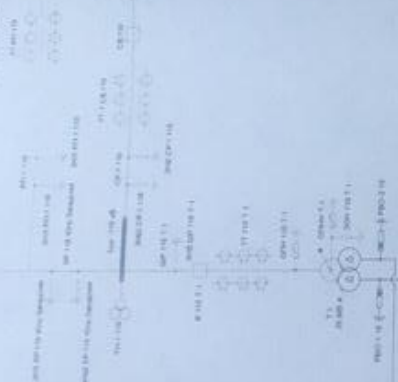
Лист	Кол-во	Листов
1	1	1/100
Лист 1	1	1/100

ИМЗ хар. ЗАТ 05.407-08

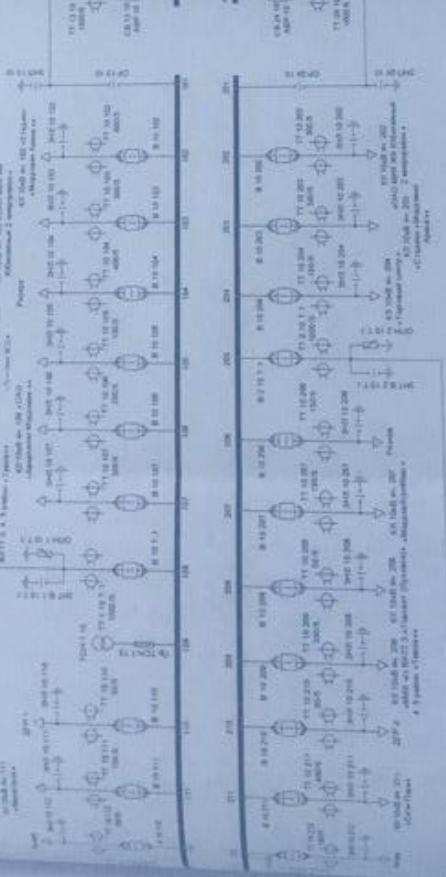
схема с отпавшей на ТС Южная

ОПУ 110 кВ

ИИ 110 кВ Восточная - Подольск



ЗРУ 10 кВ



БР-02069964-13.03.02-08-18

Нормальная электрическая
схема ПС 110/10 кВ Подольск

Лист	№ документа	Лист	Значение
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

ИИЭС каб. ЗАП. ДЭС. 407 ар

ОТЗЫВ

о бакалаврской работе
студента Репьева Дмитрия Сергеевича
направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
на тему «Разработка системы электроснабжения 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск».

Работа посвящена актуальной проблеме разработки системы электроснабжения 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск, целесообразность которой обоснована в ходе анализа объекта.

Студент при выполнении выпускной квалификационной работы выполнил расчет электрических нагрузок общественных и жилых зданий, а также расчет распределительных линий до 1 кВ. Выбрал классы питающего напряжения. Произвел расчет количества и мощности трансформаторных подстанций. Выбрал схемы распределительных сетей, расчет электрических нагрузок сети 10 кВ и центра питания. Проверил проводники по потерям напряжения в нормальном и аварийном режиме. Рассчитал токи короткого замыкания. Выбрал и проверил коммутационную аппаратуру 10 кВ и 0,4 кВ.. Определил загрузку трансформаторов ПС 110/10 кВ «Посоп» с учетом подключения микрорайона. Выполнил проверку электрооборудования ЗРУ 10 кВ и проверочный расчет токов срабатывания релейной защиты отходящих линий. Рассчитал технико-экономические показатели.

Примененные методики актуальны и обоснованы, что подтверждается ссылками на использованные источники.

Теоретические сведения, изложенные в работе, стандартные и общеизвестные в области электроэнергетики. Практическую значимость представляют предложенные студентом решения по электроснабжению микрорайона.

Студент при написании выпускной квалификационной работы показал себя с положительной стороны, проявил самостоятельность и инициативу при сборе исходной информации и выполнении расчетов.

Выпускник имеет уровень теоретической и практической подготовки, необходимый для выполнения выпускной квалификационной работы и осуществления профессиональной деятельности по направлению.

В ходе выполнения работы студент показал умение анализировать и обобщать информацию, делать практические выводы и оформлять результаты.

Умело пользуется методиками и нормативной технической документацией в сфере своей профессиональной деятельности, ориентируется в номенклатуре электротехнического оборудования.

Результаты работы могут быть использованы для практического применения.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к бакалаврским работам по направлению, и рекомендуется к защите.

Научный руководитель



В. А. Агеев, к. т. н. доцент
зав. кафедрой ЭАП

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

на выпускную квалификационную работу
студента Репьева Дмитрия Сергеевича,
обучающегося по направлению подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (прикладной бакалавриат),
на тему «Разработка системы электроснабжения 2-го микрорайона
жилого района «Юбилейный» г. Саранск»

Бакалаврская работа посвящена актуальной проблеме разработки системы электроснабжения 2-го микрорайона жилого района «Юбилейный» г. Саранск, в связи со строительством гостинично-жилого фонда для ЧМ по футболу 2018 г.

Тема работы раскрыта в полном объеме, содержание работы соответствует заданию.

Практический интерес представляют предложенный вариант системы электроснабжения 2-го микрорайона; выбранное и обоснованное автором электротехническое оборудование.

В работе даны характеристики, нагрузки объектов и района в целом. Для проектируемых абонентских подстанции выбраны: главная схема, марка и тип силовых трансформаторов. Определена загруженность силовых трансформаторов. Произведен расчет токов короткого замыкания. Выбрано и проверено электротехническое оборудование ПС 2-го микрорайона и центра питания (ПС 110/10 «Посоп»). Произведен выбор устройств релейной защиты и автоматики и выполнен расчет уставок.

Оформление работы соответствует требованиям СТО 006-2014 и соответствующих стандартов.

Выводы полученные в ходе выполнения выпускной квалификационной работы обоснованы, результаты работы имеют ценность для использования на практике.

К достоинствам работы можно отнести детальную проработку системы электроснабжения 2-го микрорайона; подробный обзор методов: расчета нагрузок потребителей, абонентских подстанций и центра питания жилого района, выбора и проверки электротехнического оборудования.

Недостатки и замечания по работе: в работе целесообразно рассмотреть способы прокладки кабельных линий, а так же релейную защиту и автоматику абонентских подстанций.

Результаты работы могут быть использованы для практического применения при строительстве системы электроснабжения 2-го микрорайона, или аналогичных объектов.

Рецензент начальник службы транспорта
электрической энергии АО ТФ «Ватт»



А. В. Миронов