

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения жилого района города

Обучающийся

Д.А. Бурлаков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., О.В. Самолина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент, Т.С. Якушева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

ВКР состоит из 47 с., 11 рис., 9 табл., 21 источник.

Ключевые слова: жилой район, электроснабжение, здание, потребитель, нагрузка, ток, электроприемник, напряжение, питание, кабель, заземление, релейная защита.

В работе проектируется система электроснабжения (СЭС) жилого района города.

Объект исследования: жилой район города.

Предмет исследования: проектирование СЭС района.

Цель работы: разработка СЭС района для надежного электроснабжения потребителей.

Актуальность разработки: функционирование жилых районов включает в себя использование производственного и бытового электрооборудования и невозможно без обеспечения электроснабжения. Ввод в эксплуатацию новых жилых районов требует обеспечения качественного и надежного электроснабжения, таким образом требуется разработать СЭС для электроснабжения жилого района города, выбрать современные марки электрооборудования, использовать передовые технические решения.

Содержание ВКР включает вопросы: описание района, характеристики зданий; проектирование электроснабжения района; релейная защита, выбор микропроцессорных терминалов и расчет уставок предусмотренных видов защит.

ABSTRACT

The title of the graduate qualification work IS «Designing a power supply system of a residential area of the city».

The graduate qualification work consists of forty-eight pages, eleven figures, eleven tables, including twenty-one sources and six drawings of the graphic part.

THE Keywords ARE THE FOLLOWING: residential area, power supply, building, consumer, load, current, power receiver, voltage, power supply, cable, grounding, relay protection.

The purpose of this work is THE designing the power supply system of the area for reliable power supply to consumers.

Relevance of the development: the functioning of residential areas includes the use of industrial and household electrical equipment and is impossible without providing electricity. The commissioning of new residential areas requires the provision of high-quality and reliable power supply, thus it is required to develop a power supply system for power supply to a residential area of the city, select modern brands of electrical equipment, and use advanced technical solutions.

The content of the graduate qualification work includes the following questions: description of the area, characteristics of buildings; district power supply design; relay protection, selection of microprocessor terminals and calculation of settings for the provided types of protection.

Содержание

Введение.....	5
1 Описание района, характеристики зданий	6
1.1 Описание района	6
1.2 Характеристики зданий	6
2 Проектирование электроснабжения района	10
2.1 Определение нагрузок потребителей.....	10
2.2 Выбор типа ТП	15
2.3 Выбор силовых трансформаторов.....	17
2.4 Расчет высоковольтной сети.....	20
2.5 Расчет низковольтной сети	23
2.6 Определение токов КЗ	27
2.7 Защита линий распределительной сети	31
2.8 Заземление ТП.....	34
3 Релейная защита	38
3.1 Выбор терминала защиты КЛ 10 кВ	38
3.2 Определение уставок защит КЛ 10 кВ.....	38
3.3 Автоматический ввод резерва.....	40
Заключение	44
Список используемых источников.....	45

Введение

«Актуальность проектирования систем электроснабжения (СЭС) жилых комплексов (ЖК), районов и микрорайонов (ЖР) состоит в том, что данные объекты повсеместно и постоянно вводятся в эксплуатацию, которая возможна только при обеспечении качественного и надежного электроснабжения. Проектирование СЭС данных объектов выполняется группой компетентных специалистов (инженеров-проектировщиков) на основе актуальных нормативных документов и требований застройщика. В состав электрических нагрузок микрорайонов входят жилые и общественные здания, особенности и требования к электроснабжению которых должны быть учтены при проектировании СЭС» [18].

Объект исследования: жилой район (ЖР) города.

Предмет исследования: проектирование СЭС района.

Цель работы: разработка СЭС района для надежного электроснабжения потребителей.

Задачи работы:

- привести описание района, характеристики зданий;
- определить нагрузки потребителей;
- выбрать тип ТП;
- выбрать силовые трансформаторы;
- рассчитать электрические сети, выбрать кабели;
- определить токи КЗ;
- рассмотреть защиту линий;
- рассчитать заземление ТП;
- выбрать терминалы РЗА, уставки защит.

Методы исследования: изучение нормативно-технических документов, литературы и информационных источников.

1 Описание района, характеристики зданий

1.1 Описание района

«Проектирование СЭС планируемого к постройке жилого района (ЖР) производится на основе документации от застройщика [10]. В качестве исходных данных принимается генплан ЖР и характеристики зданий.

В рассматриваемом ЖР расположены:

- многоэтажные жилые дома (ЖД),
- супермаркет,
- административные постройки,
- детские сады,
- амбулатория,
- гимназия,
- училище.

ЖД с числом квартир 78...245 шт. будут построены из силикатного кирпича, будут установлены газовые кухонные плиты. Этажность: 9...15 этажей, число подъездов (с современными пассажирскими лифтами повышенной комфортности): 2...8 шт. В административных постройках планируется расположение государственных организаций, офисов различных компаний и предприятий. Этажность: 1...2 этажа, площадь: 229,5...5631,8 м².

Супермаркет позволит обеспечить потребность жителей в необходимом ассортименте продовольственной продукции и товаров хозяйственного предназначения. Этажность: 1 этаж, площадь: 591,4 м². Детские сады, амбулатория, гимназия, училище. общежитие) – 2...4 этажа, вместимость 495...1380 чел.»

1.2 Характеристики зданий

Генплан ЖР – на рисунке 1.

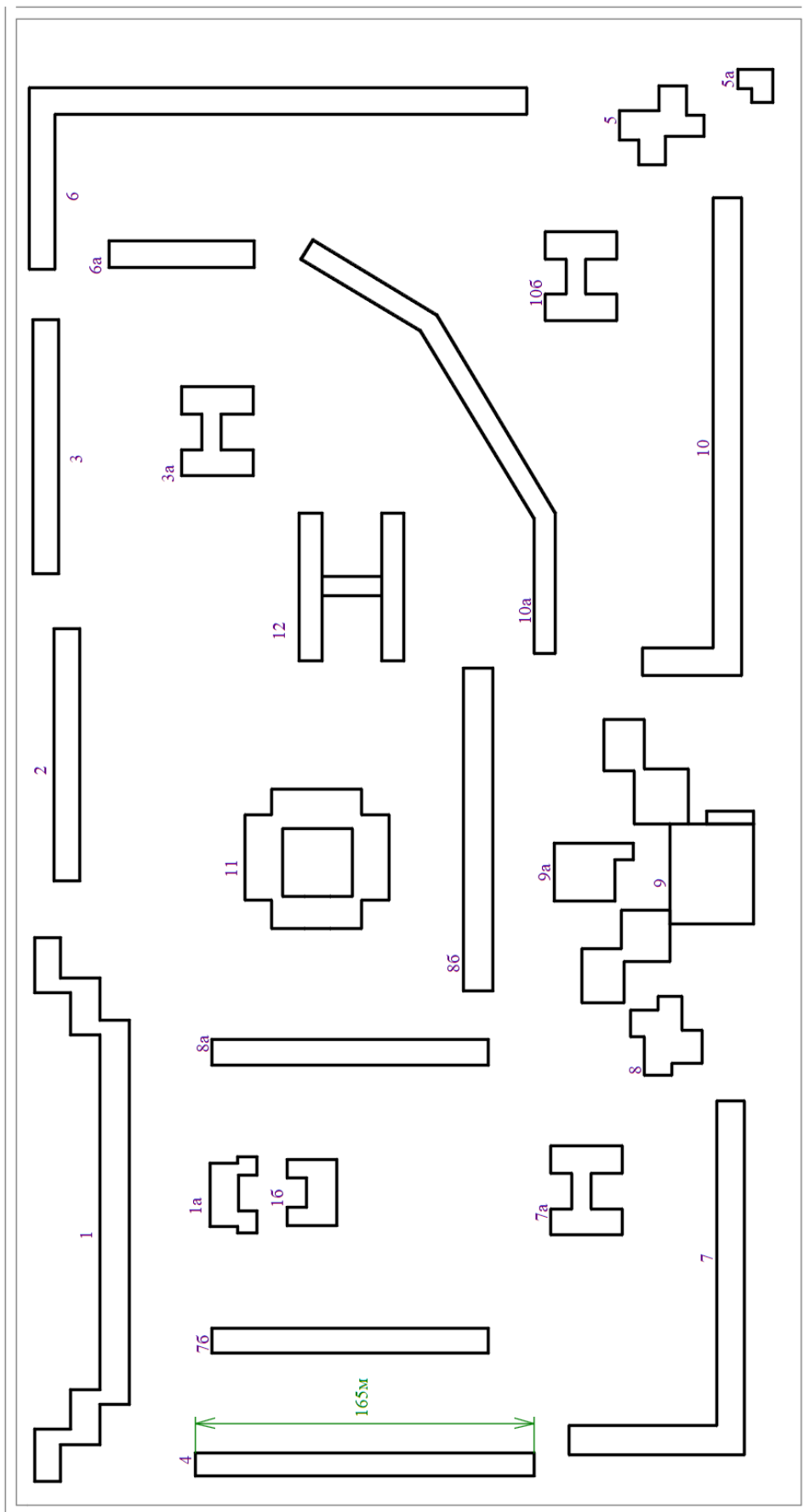


Рисунок 1 – Генплан района

«На генеральном плане ЖР, в масштабе, отмечается расположение всех зданий и их габариты. Далее с учетом документации от застройщика отмечается расположение трансформаторных подстанций (ТП), которые располагаются с учетом гармоничного вписывания в общую инфраструктуру ЖР, отсутствия помех для проезда автомобильного транспорта и различной спецтехники. Электроприемники ТП (здания) распределяются по ТП с учетом минимизации общей суммарной длины распределительной сети, на генплане намечаются трассы прокладки линий питающей и распределительной сетей» [10].

Характеристики зданий – в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики зданий

Здание	S/ число кв. (чел)	Этажей
Жилой дом (ЖД)	248	13
Супермаркет	591,4	1
Адм. постройка	1255,2	2
ЖД	118	8
ЖД	118	8
Дет. сад	495 чел	2
ЖД	118	8
Общежитие	796 чел	15
Адм. постройка	229,5	1
ЖД	236	9
ЖД	78	9
ЖД	148	9
Дет. сад	496 чел	2

Продолжение таблицы 1

Здание	S/ число кв. (чел)	Этажей
ЖД	118	8
ЖД	85	14
ЖД	118	8
ЖД	136	9
Адм. постройка	5631,8	3
Адм. постройка	1756,4	2
ЖД	198	9
ЖД	174	9
Амбулатория	590 чел	2
Гимназия	1190 чел	3
Училище	1380 чел	4

«Категории надежности электроснабжения зданий:

- первая категория: детские сады, амбулатория, гимназия, училище (для этих объектов первая категория обусловлена требованиями к электроснабжению систем противопожарной защиты и пожаротушения);

- вторая категория: жилые дома, супермаркет;

- третья категория: остальные объекты» [10].

Вывод по разделу.

На основе документации от застройщика систематизированы характеристика ЖР и отдельных зданий. Составлен генплан ЖР с указанием расположения всех зданий. Подготовлены исходные данные для проектирования.

2 Проектирование электроснабжения района

2.1 Определение нагрузок потребителей

«Расчет силовых нагрузок зданий необходим для дальнейшего выбора числа и мощности трансформаторных подстанций, кабелей схемы электроснабжения, расчета токов короткого замыкания и уставок релейной защиты, выбора электрических аппаратов на подстанциях, питающих район, т.е. для всей дальнейшей работы над проектом. Расчет ведется методом коэффициента спроса. Этот метод применяется для расчета электроснабжения крупных предприятий, жилых массивов с большим количеством электроприемников, когда влиянием отдельного электроприемника на общую нагрузку можно пренебречь. Электрические нагрузки ЖД рассчитываются по удельной мощности на одну квартиру. Нагрузки остальных зданий определяются по удельной мощности на единицу площади или вместимости» [2,22,23].

Данные для расчета нагрузок зданий – в таблице 2.

Таблица 2 – Данные для расчета нагрузок зданий

Здание	S/ число кв. (чел)	Руд,кВт/кв(кв.м)	cosφ
Жилой дом (ЖД)	248	0,79	0,87
Супермаркет	591,4	0,14	0,85
Адм. постройка	1255,2	0,12	0,88
ЖД	118	0,85	0,87
ЖД	118	0,85	0,87
Дет. сад	495 чел	0,31	0,9

Продолжение таблицы 2

Здание	S/ число кв. (чел)	Руд,кВт/кв(кв.м)	cosφ
ЖД	118	0,85	0,87
Общежитие	796 чел	0,36	0,87
Адм. постройка	229,5	0,12	0,88
ЖД	236	0,76	0,87
ЖД	78	0,98	0,87
ЖД	148	0,8	0,87
Дет. сад	496 чел	0,31	0,9
ЖД	118	0,85	0,87
ЖД	85	0,98	0,87
ЖД	118	0,85	0,87
ЖД	136	0,81	0,88
Адм. постройка	5631,8	0,08	0,88
Адм. постройка	1756,4	0,12	0,88
ЖД	198	0,77	0,87
ЖД	174	0,78	0,87
Амбулатория	590 чел	0,28	0,9
Гимназия	1190 чел	0,18	0,93
Училище	1380 чел	0,18	0,93

«Активная нагрузка квартир для жилого дома определяется по формуле:

$$P = P_{уд.кв} \cdot n, \quad (1)$$

где $P_{уд.кв}$ – удельная нагрузка квартиры, кВт;

n – количество квартир, присоединенных к элементу сети, шт» [2].

«Полная нагрузка жилого дома складывается из нагрузки квартир и силовых приемников (лифтов, вентиляции, водяных насосов и др.) и находится согласно следующим выражениям:

$$P_C = P_{P.Л} + k_{C.ДВ} \cdot \sum_{i=1}^n P_{ДВ.Н} \cdot N_{Э}, \quad (2)$$

$$P_{P.Л.} = k_{C.Л.} \cdot \sum_{i=1}^{nn} P_{ni}, \quad (3)$$

$$P_P = (P + P_{P.Л} \cdot N_{П} + P_C \cdot N_{П}) \cdot K_p, \quad (4)$$

где $P_{ДВ.Н}$ – номинальные мощности электродвигателей насосов

водоснабжения, вентиляции и других, равная 1,5 кВт из расчета на один этаж;

n – число двигателей, шт.;

$k_{C.ДВ}$ – коэффициент спроса этих двигателей, принимаемый равным 0,7 для многоэтажного дома в зависимости от числа этажей;

$k_{C.Л.}$ – коэффициент спроса лифтовых установок (при их наличии);

P_{ni} – установленная мощность электродвигателя i -го лифта, кВт;

P_C – нагрузка силовых потребителей дома, кВт;

$N_{Э}$ – число этажей, шт.;

$N_{П}$ – число подъездов, шт.;

K_p – расчетный коэффициент, учитывающий требуемый запас мощности, в зависимости от параметров здания» [2].

«Реактивная нагрузка жилого дома:

$$Q_{Ж.Д} = P_{Ж.Д} \cdot tg\varphi, \quad (5)$$

где $tg\varphi$ – тангенс угла, соответствующий нормативному $\cos\varphi$ электроприемников квартир и силовых электроприемников» [5].

«Полная расчетная мощность жилого дома» [2]:

$$S_{ж.д} = \sqrt{P_{ж.д}^2 + Q_{ж.д}^2}, \quad (6)$$

1) Расчет для ЖД № 1.

Для 248 квартир, $P_{уд} = 0,79 \text{ кВт} / \text{кв}$ [12].

$$P = 0,79 \cdot 248 = 195,92 \text{ кВт}.$$

Электропривод лифтов: $P_{р.л} = 4,5 \text{ кВт}$.

По (2-6):

$$P_{р.л.} = 0,7 \cdot 12 \cdot 1,5 = 37,8 \text{ кВт};$$

$$P_C' = 0,7 \cdot 1,5 \cdot 13 = 13,65 \text{ кВт};$$

$$P_p = (195,92 + 37,8 + 13,65 \cdot 6) \cdot 1,03 = 325,09 \text{ кВт}.$$

$$Q_p = 325,09 \cdot 0,567 = 184,24 \text{ квар};$$

$$S_p = \sqrt{325,09^2 + 184,24^2} = 373,67 \text{ кВА}.$$

2) Расчет по вместимости. Для гимназии: $P_{уд} = 0,18 \text{ кВт} / \text{место}$ [12,21].

$$P = 0,18 \cdot 1190 = 214,2 \text{ кВт}.$$

По формулам (2-6):

$$P_{р.л.} = 0 \text{ кВт};$$

$$P_C = 0,9 \cdot 1,5 \cdot 3 = 4,05 \text{ кВт};$$

$$P_p = (214,2 + 0 + 4,05 \cdot 1) \cdot 1,0 = 218,25 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 218,25 \cdot 0,395 = 86,26 \text{ квар};$$

$$S_p = \sqrt{218,05^2 + 86,26^2} = 234,68 \text{ кВА}.$$

3) Расчет по удельной мощности и площади. Для супермаркета:

$$P_{уд.} = 0,14 \text{ кВт} / \text{м}^2 \text{ [12]}.$$

$$P = 0,14 \cdot 591,4 = 82,796 \text{ кВт}.$$

По формулам (2-6):

$$P_{р.л.} = 0 \text{ кВт};$$

$$P_C = 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,2 \text{ кВт};$$

$$P_p = (82,796 + 0 + 1,2 \cdot 1) \cdot 1,0 = 84 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 84 \cdot 0,62 = 52,06 \text{ квар};$$

$$S_p = \sqrt{84^2 + 52,06^2} = 98,82 \text{ кВА}.$$

Расчеты нагрузок ЖР – в таблице 3.

Таблица 3 – Расчеты нагрузок

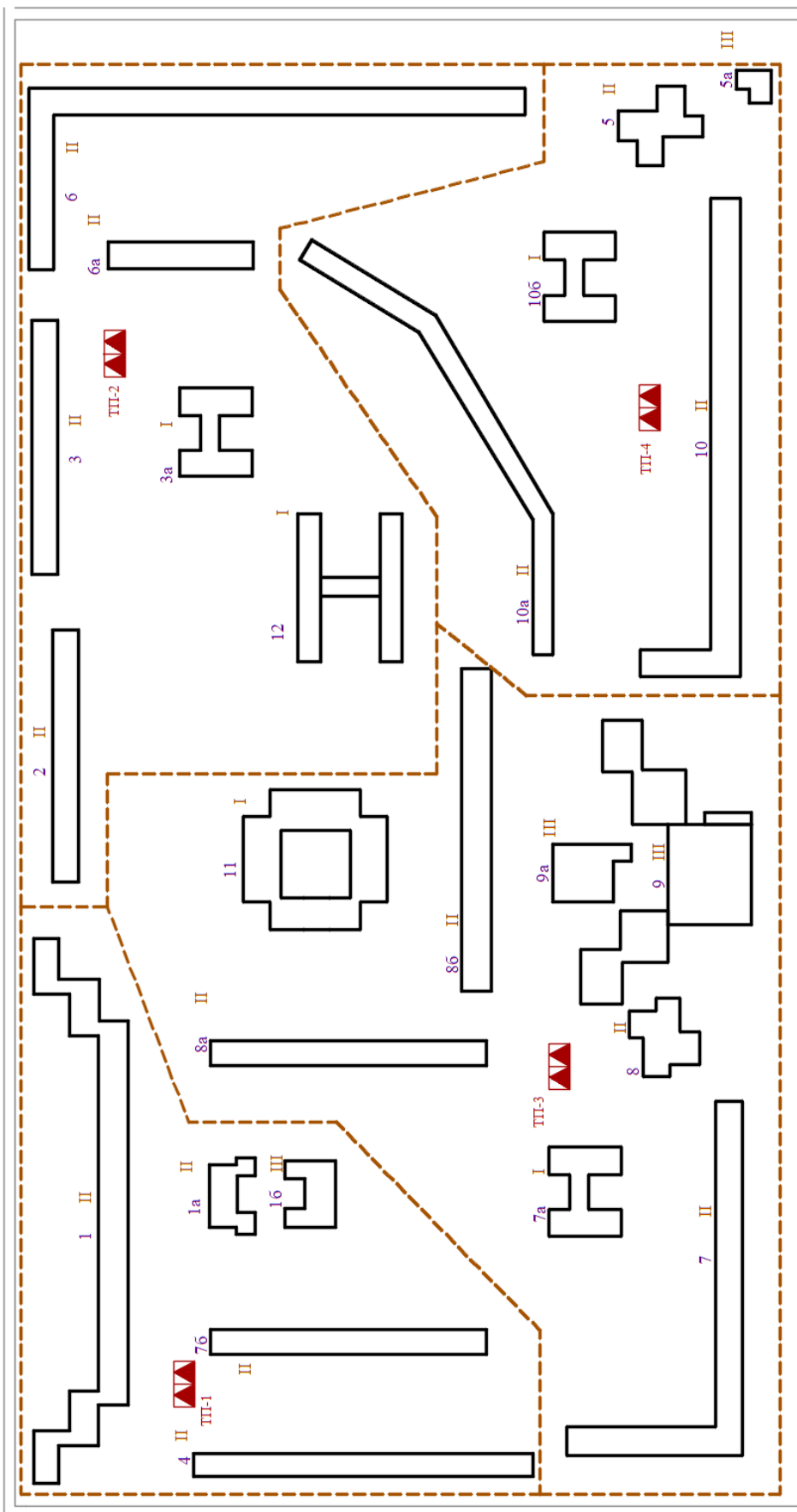
tgφ	Кс. дв	P, кВт	P _{р.л.} , кВт	P _C , кВт	Nп	Kp	P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА
0,567	0,7	195,92	37,8	13,65	6	1,03	325,09	184,24	373,67
0,620	0,8	82,796	0,0	1,20	1	1	84,00	52,06	98,82
0,540	0,8	150,62	0,0	2,40	1	1	153,02	82,59	173,89

Продолжение таблицы 3

tgφ	Кс. дв	P, кВт	Pp.л, кВт	Pс, кВт	Nп	Kp	Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА
0,567	0,7	100,3	18,9	8,40	3	1,07	154,51	87,56	177,60
0,484	0,9	153,45	0,0	2,70	1	1	156,15	75,63	173,50
0,567	0,7	100,3	31,5	8,40	5	1,07	185,97	105,39	213,75
0,567	0,7	286,56	12,6	15,75	2	1	330,66	187,39	380,07
0,540	0,8	27,54	0,0	1,20	1	1	28,74	15,51	32,66
0,567	0,7	179,36	50,4	9,45	8	1,03	314,52	178,25	361,52
0,567	0,7	76,44	12,6	9,45	2	1,09	117,65	66,68	135,24
0,567	0,7	118,4	37,8	9,45	6	1,1	234,19	132,72	269,18
0,484	0,9	153,76	0,0	2,70	1	1	156,46	75,78	173,84
0,567	0,7	100,3	25,2	8,40	4	1,07	170,24	96,48	195,67
0,567	0,7	83,3	12,6	14,70	2	1,09	136,58	77,40	156,99
0,567	0,7	100,3	25,2	8,40	4	1,07	170,24	96,48	195,67
0,540	0,7	110,16	31,5	9,45	5	1,06	200,24	108,08	227,55
0,540	0,8	450,54	6,3	3,60	1	1	460,44	248,52	523,23
0,540	0,8	210,77	0,0	2,40	1	1	213,17	115,06	242,24
0,567	0,7	152,46	44,1	9,45	7	1,05	275,85	156,33	317,06
0,567	0,7	135,72	50,4	9,45	8	1,05	274,81	155,74	315,87
0,484	0,9	165,2	0,0	2,70	1	1	167,90	81,32	186,56
0,395	0,9	214,2	0,0	4,05	1	1	218,25	86,26	234,68
0,395	0,9	248,4	0,0	5,40	1	1	253,80	100,31	272,90
0,426	-	29,16	-	-	-	-	29,16	12,42	31,70
-	-	-	-	-	-	-	4966,14	2665,75	5641,45

2.2 Выбор типа ТП

«При выборе числа и местоположения ТП учитываем планировку застройки и трасс питающих КЛ, а также требования застройщика. Расположение ТП и распределение нагрузки выбираются с учетом обеспечения минимальной суммарной протяженности КЛ распределительной сети. Устанавливается четыре 2КТПН-10/0,4 двухтрансформаторные, т.к. имеется нагрузка 2 и (для ТП-2, ТП-3 и ТП-4) 1 категории надежности. Расположение ТП 10/0,4 кВ и зоны охвата их электрических нагрузок показаны на рисунке 2» [10].



■ - Трансформаторная подстанция КТПН

I, II, III - Категория надежности электроснабжения

Рисунок 2 – Зоны охвата нагрузок ТП

Компоновка ТП – на рисунке 3.

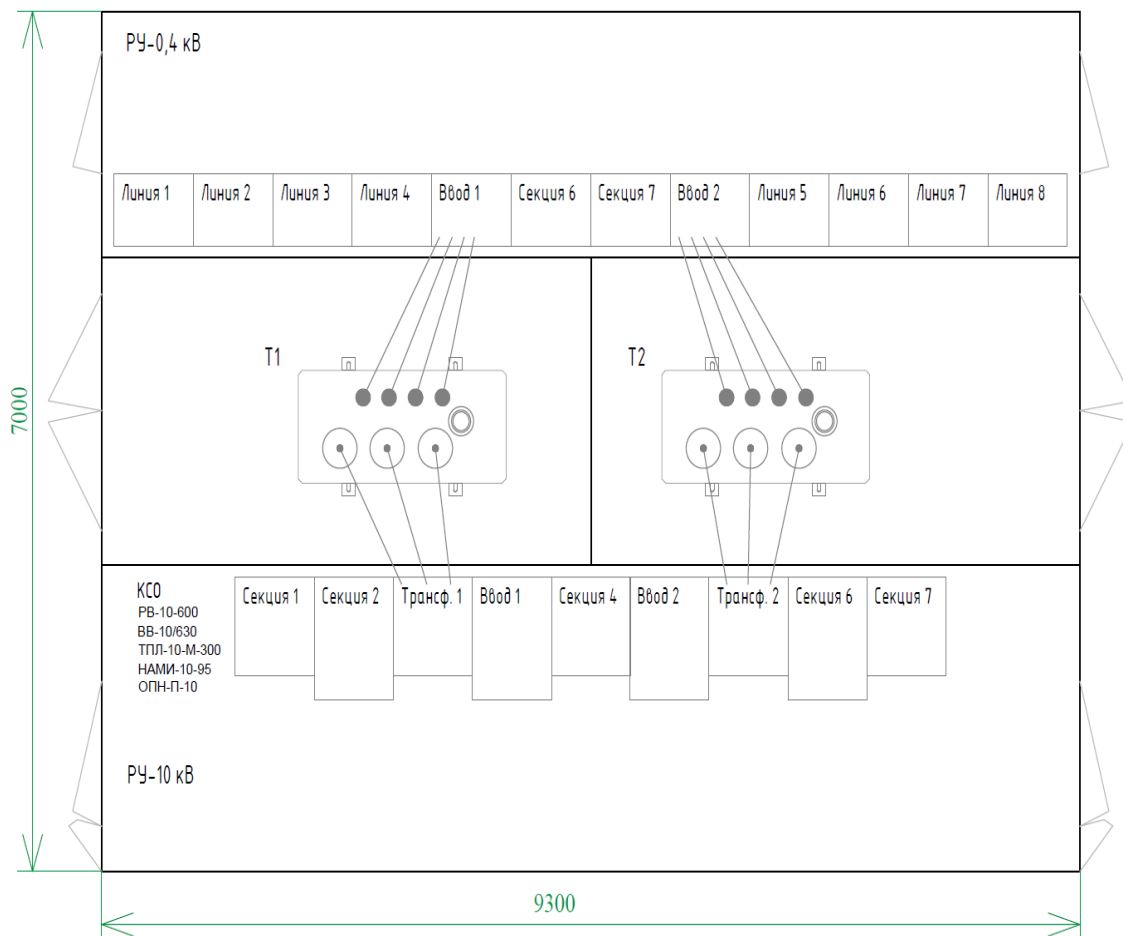


Рисунок 3 – Компоновка ТП

2.3 Выбор силовых трансформаторов

«Оптимальная мощность силовых трансформаторов:

$$S_0 = \frac{S_p}{\beta \cdot N}, \quad (8)$$

где β – нормативный коэффициент загрузки трансформатора;

N – количество трансформаторов, шт;

S_p – расчетная нагрузка потребителей, кВА» [5].

«Допустимая к передаче в сеть 0,4 кВ величина реактивной мощности (PM):

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{н.м.})^2 - P_p^2}, \quad (9)$$

где $S_{н.м.}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

P_p – расчетная активная мощность нагрузки ТП, кВт» [7].

«Требуемая для компенсации со стороны 0,4 кВ PM» [13]:

$$Q_{0,4} = Q_p - Q_1 \quad (10)$$

«При полученном отрицательном значении $Q_{0,4}$, либо менее 50 квар, компенсация реактивной мощности (КРМ) не требуется. Далее, в случае выбора установок КРМ, рассчитывается остаточное значение PM согласно выражению» [15]:

$$Q_{HH} = Q_p - Q_{БК} \quad (11)$$

Для ТП-1 нагрузки, с учетом зоны охвата: 947,5 кВт; 533,2 квар; 1087,19 кВА.

Проведем расчеты по формулам (8-11).

$$S_o = \frac{1087,19}{0,7 \cdot 2} = 776,57 \text{ кВА}$$

Устанавливаются два трансформатора ТМГ12-1000/10.

$$Q_1 = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 947,5^2} = 1030,67 \text{ квар}$$

$$Q_{0,4} = 533,2 - 1030,67 = -497,5 \text{ квар} < 0$$

КРМ не требуется.

«Коэффициент загрузки трансформатора в послеаварийном режиме» [16]:

$$K_n = \frac{S_{p.ком.}}{S_{н.т.}}, \quad (12)$$

$$K_n = \frac{1087,19}{1000} = 1,09 \leq 1,4$$

«Послеаварийная перегрузка составит 10 %, что менее допустимой 40 %» [3,9].

Для всех ТП расчеты – в таблице 4.

Таблица 4 – Выбор трансформаторов

№ ТП	Sp.т, кВА	S.т, кВА	Qк, квар	Кп
ТП-1	776,57	1000	-497,50	1,09
ТП-2	898,75	1000	-263,91	1,26
ТП-3	1471,12	1600	-344,32	1,29
ТП-4	879,92	1000	-297,03	1,23

«Активные потери мощности в трансформаторах ТП:

$$\Delta P_m = \Delta P_k / n \cdot [(P_p^2 + Q_p^2) / S_m] + n \cdot \Delta P_{xx}, \quad (13)$$

где ΔP_k – потери КЗ, кВт;

n – число трансформаторов, шт;

S_m – номинальная мощность, кВА;

ΔP_{xx} – потери ХХ, кВт» [17].

«Реактивные потери мощности в трансформаторах ТП:

$$\Delta Q_m = (U_k / n \cdot 100) \cdot [(P_p^2 + Q_p^2) / S_m] + (n \cdot I_{xx} \cdot S_m) / 100, \quad (14)$$

где U_k – напряжение КЗ, %;

I_{xx} – ток ХХ, %» [17].

Для ТП-1:

$$\Delta P_m = 11 / 2 \cdot [(947,5^2 + 533,2^2) / 1,0^2] + 2 \cdot 2,1 = 5,8 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_m = (5,5 / 2 \cdot 100) \cdot [(947,5^2 + 533,2^2) / 1,0] + (2 \cdot 1,4 \cdot 1,0) / 100 = 60,5 \text{ квар}.$$

Расчеты сведены в таблице 5.

Таблица 5 – Итоговые потери мощности и нагрузки ЖР

№ ТП	ΔP , кВт	ΔQ , квар	$P_p + \Delta P$, кВт	$Q_p + \Delta Q$, квар	S'_p , кВА
ТП-1	5,8	60,50	953,30	593,68	1123,1
ТП-2	6,4	71,54	1121,97	653,48	1298,4
ТП-3	10,3	114,51	1835,45	1068,85	2124,0
ТП-4	6,3	69,73	1084,24	666,02	1272,5
Σ	28,8	316,28	4994,96	2982,03	5817,4

2.4 Расчет высоковольтной сети

«СЭС района должна соответствовать нормативно-техническим документам и проектной документации. Для потребителей первой и второй

категории необходимо использовать двухтрансформаторные ТП, двухцепные питающие КЛ 0,4 кВ, двухсекционные ВРУ 0,4 кВ. Для потребителей третьей категории следует использовать одноцепные питающие КЛ 0,4 кВ и односекционные ВРУ 0,4 кВ. Целесообразно применить кольцевую схему питания ТП района по стороне высокого напряжения, что обеспечит требуемую надежность электроснабжения при минимальных потерях электроэнергии и капиталовложениях в прокладку КЛ. Питающая сеть 10 кВ выполняется кабелями современной марки АПвП, проложенными в траншеях» [10].

Упрощенная схема сети – на рисунке 4.

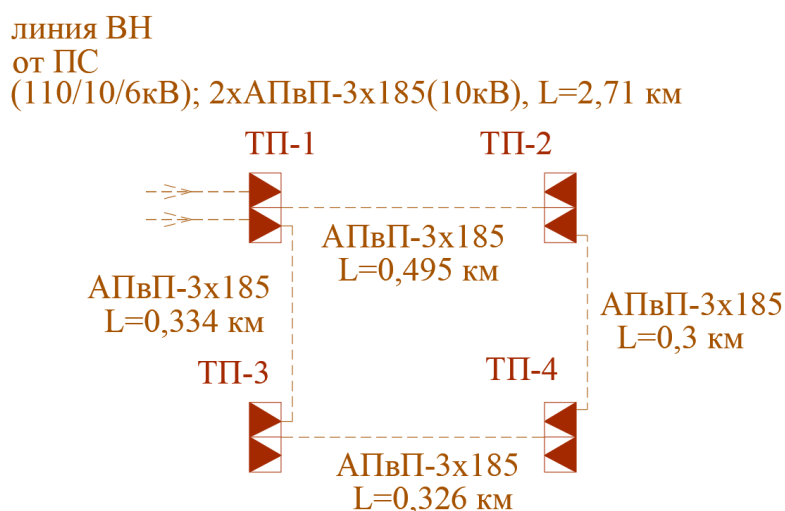


Рисунок 4 – Упрощенная схема сети 10 кВ

«Расчетный рабочий ток питающей линии:

$$I_p = S_p / (\sqrt{3} \cdot U_n \cdot n), \quad (15)$$

где n – число цепей, шт» [14].

$$I_p = 5817,4 / (\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2) = 167,9 \text{ А.}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 5817,4 / (\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1) = 335,9 \text{ А.}$$

«Экономическое сечение:

$$F_{эк} = I_p / j_{эк}, \quad (16)$$

где $j_{эк}$ – экономическая плотность тока, А/мм²» [18].

$$F_{эк} = 167,9 / 1,4 = 120 \text{ мм}^2.$$

С учетом аварийного режима выбирается кабель АПвП-3х185, $I_{дон} = 360 \text{ А}$ [19].

$$I_{ав} = 339,3 \text{ А} < I_{дон} = 360 \text{ А.}$$

«Потери напряжения в линии:

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot 100}{U_n} (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (17)$$

где I_p – расчетный ток линии, А;

L – длина линии, км;

r_0 и x_0 – удельные активное и индуктивное сопротивления кабелей, Ом/км;

$\cos \varphi$ – средневзвешенный коэффициент мощности нагрузки» [4].

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot 335,9 \cdot 1,21 \cdot 100}{10000} (0,62 \cdot 0,859 + 0,09 \cdot 0,513) = 1,4 \% \leq 5 \%$$

«Потери не должны превышать допустимые 5%» [9].

Результаты расчетов – в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет сети 10 кВ

Участок	S_m , кВА	I_p , А	L, м	ΔU , %
ТП1-ТП-2	5817,4	335,9	490,3	0,52
ТП1-ТП-3	5817,4	335,9	331,5	0,35
ТП2-ТП-4	5817,4	335,9	297,2	0,32
ТП3-ТП-4	5817,4	335,9	322,7	0,34

Кабели АПвП-3х185 подходят по всем условиям.

2.5 Расчет низковольтной сети

«Схема распределения сети 0,4 кВ выбирается согласно следующим основным критериям:

1) расположение ТП должно гармонично вписываться в инфраструктуру района и должно обеспечиваться оптимальное расположение по отношению к потребителям 0,4 кВ. Взаимная геометрия расположения подстанций также должна обеспечивать минимальную длину КЛ 10 кВ;

2) должна обеспечиваться требуемая надежность электроснабжения согласно Правилам устройства электроустановок;

3) необходимо обеспечить наименьшую протяженность КЛ 0,4 кВ с целью экономии кабельной продукции и строительно-монтажных работ. Также это обеспечит экономию электроэнергии в дальнейшем.

Необходимо обеспечить возможность индивидуального отключения зданий. Исходя из вышеперечисленных критериев выбора, выбирается радиальная схема питающей сети 0,4 кВ. Питающая сеть 0,4 кВ выполняется

кабелями современной марки АВБШв, проложенными от ТП 10/0,4 кВ до вводных распределительных пунктов (РП) зданий» [10,24,25,26].

Расчет для КЛ до ЖД №1.

Расчетный ток КЛ, по (15):

$$I_{\max} = 373,67 / (\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1) = 539,34 \text{ А.}$$

Принимаем два параллельных кабеля АВБШв 4×120, $I_{\text{дон}} = 540 \text{ А}$ [17].

«Индуктивным сопротивлением для сети 0,4 кВ пренебрегаем» [16].

Потери напряжения в КЛ, по (17):

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 539,34 \cdot 0,0217 \cdot 100}{400} (0,129 \cdot 0,87 + 0 \cdot 0,47) = 0,3 \% < 5 \%$$

Расчет низковольтной сети – в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет низковольтной сети

КЛ до, № здания	Sм, кВА	Ip, А	Сечение АВБШв, мм ²	Iдоп, А	го, Ом/км	L, м	ΔU,%
1	373,67	539,34	2x120	550	0,129	21,7	0,30
1а	98,82	142,63	50	160	0,62	76,3	1,23
1б	173,89	250,99	120	265	0,258	113,5	0,67
2	213,75	308,53	185	345	0,167	133,4	0,63
3	195,67	282,43	150	305	0,206	24,3	0,13
3а	177,60	256,34	120	265	0,258	142,1	0,86
4	177,60	256,34	120	265	0,258	22,5	0,14

Продолжение таблицы 7

КЛ до, № здания	S _м , кВА	I _p , А	Сечение АВБШВ, мм ²	I _{доп} , А	го, Ом/ км	L, м	ΔU, %
5	173,50	250,43	120	265	0,258	37,3	0,22
5а	361,52	521,81	2x120	550	0,121	67,6	0,39
6	135,24	195,20	95	240	0,326	34,7	0,20
6а	234,68	338,73	185	345	0,167	136,0	0,70
7	269,18	388,53	240	440	0,129	69,3	0,32
7а	173,84	250,92	120	265	0,258	45,1	0,27
7б	156,99	226,59	120	265	0,258	47,7	0,25
8	195,67	282,43	150	305	0,206	28,6	0,15
8а	227,55	328,44	185	345	0,167	58,9	0,29
8б	523,23	755,22	2x240	880	0,069	27,7	0,13
9	242,24	349,64	240	440	0,129	71,1	0,29
9а	272,90	393,90	240	440	0,129	38,1	0,18
10	380,07	548,58	2x240	550	0,121	131,7	0,80
10а	32,66	47,14	10	65	3,1	164,6	2,19
10б	317,06	457,64	2x95	480	0,163	23,4	0,16
11	315,87	455,92	2x95	480	0,163	67,6	0,46
12	186,56	269,27	150	305	0,206	49,4	0,25

План прокладки КЛ – на рисунке 5.

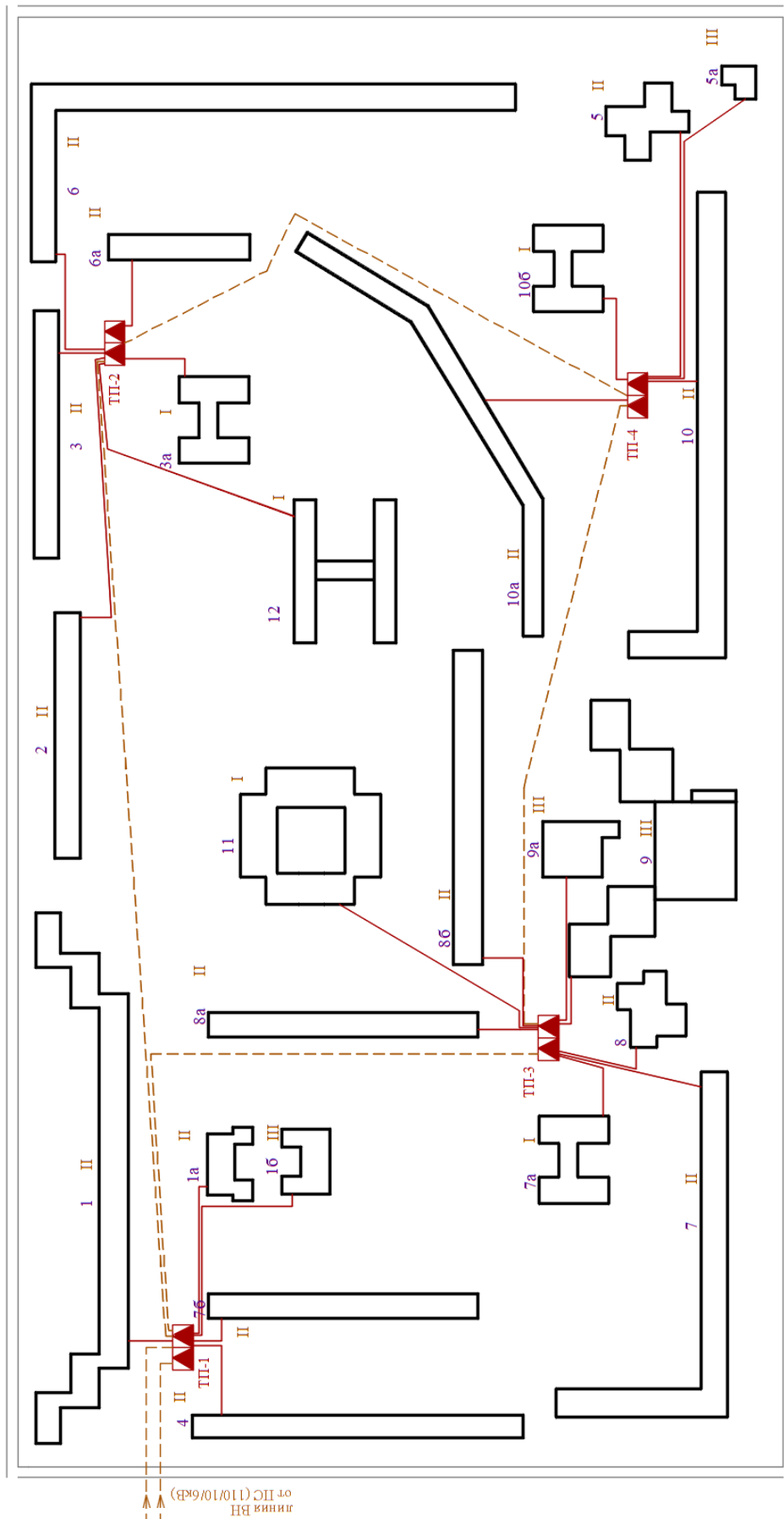


Рисунок 5 – План прокладки КЛ

2.6 Определение токов КЗ

«Расчет токов КЗ в ключевых точках электрической сети необходим для выбора и проверки электрооборудования по допустимым параметрам и расчета уставок РЗА. Исходными для расчета являются принятый вариант схемы электроснабжения, выбранные к установке трансформаторы ТП, провода и кабели. Составляется эквивалентная схема замещения, куда вносятся только элементы сети, значимо влияющие на величину токов короткого замыкания, наносятся точки КЗ» [6].

Схема замещения сети – на рисунке 6.

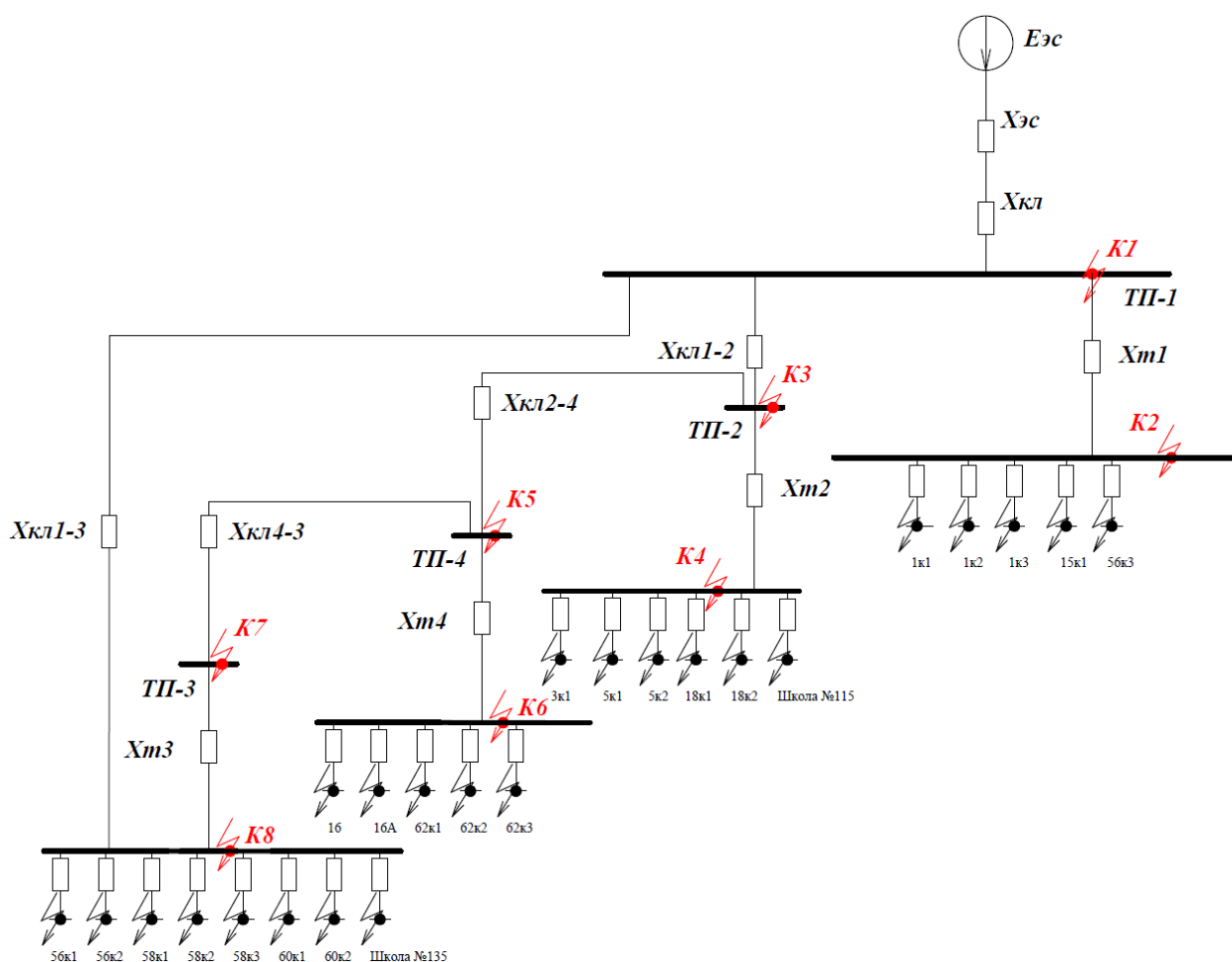


Рисунок 6 – Схема замещения сети

«Полное сопротивление цепи до точки КЗ:

$$z = \sqrt{\Sigma r^2 + \Sigma x^2}, \quad (18)$$

где Σr – активное сопротивление цепи до точки КЗ, Ом;

Σx – индуктивное сопротивление цепи до точки КЗ, Ом» [11,21].

«Следует иметь в виду, что короткозамкнутая цепь находится под различными номинальными напряжениями. Приведенное сопротивление участков:

$$x^o = x \cdot \left(\frac{U_{\sigma}}{U_n} \right)^2, \quad (19)$$

где x – действительное сопротивление участка, Ом;

U_{σ} – среднее напряжение в точке КЗ (базисное), кВ;

U_n – номинальное напряжение приводимого участка, кВ» [11].

Для трансформатора:

$$x_m^o = \frac{U_{\kappa} \%}{100} \cdot \frac{U_{\sigma}^2}{S_{нт}}, \quad (20)$$

«Приведенное сопротивление электрических линий определяется:

$$x_l^o = x_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_{\sigma}}{U_{нл}} \right)^2, \quad (21)$$

где x_0 – удельное сопротивление провода или жил кабеля, Ом/км;

l – длина линии, км;

$U_{нл}$ – номинальное напряжение приводимого участка, кВ» [11].

«Периодическая слагающая трехфазного тока КЗ» [11]:

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{U_{\sigma}}{\sqrt{3z}}, \quad (22)$$

«Ударный ток КЗ:

$$I_y = I_{кз}^{(3)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (\kappa_y - 1)^2}, \quad (23)$$

где κ_y – ударный коэффициент;

T_a – постоянная затухания апериодической слагающей тока» [11].

$$\kappa_y = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}; \quad (24)$$

$$T_a = \sum R / 314 \cdot \sum X, \quad (25)$$

«Ток двухфазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{кз}^{(2)} = I_{кз}^{(3)} \cdot \sqrt{3} / 2, \quad (26)$$

Ток однофазного КЗ определяется по формуле» [11]:

$$I_{кз}^{(1)} = 0,55 \cdot I_{кз}^{(3)}, \quad (27)$$

«Переходное сопротивление в местах присоединения низковольтных проводов учитывается добавкой активного сопротивления 15 мОм и индуктивного 5 мОм» [11]

Расчет для участка ТП-1– здание №1.

Сопротивления КЛ 0,4 кВ с учетом сопротивлений контактов:

$$R_{кЛ0,4} = 1,4 + 15 = 16,4 \text{ мОм};$$

$$X_{кЛ0,4} = 0,35 + 5 = 5,35 \text{ мОм.}$$

С учетом сопротивлений трансформатора, КЛ 10 кВ и энергосистемы, сопротивления цепи:

$$R_{\Sigma} = 16,4 + 0,018 + 2,57 + 9,05 = 28,0353 \text{ мОм;}$$

$$X_{\Sigma} = 5,35 + 5 + 0,088 + 0,64 + 2,26 + 66,68 = 74,9381 \text{ мОм;}$$

$$z = \sqrt{28,0353^2 + 74,9381^2} = 78,4104 \text{ мОм.}$$

По формулам (22–27):

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{0,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 78,4104} = 3,034 \text{ кА;}$$

$$T_a = 28,0353 / (314 \cdot 74,9381) = 0,0119;$$

$$k_y = 1 + e^{\frac{0,01}{0,0119}} = 1,43;$$

$$I_y = 3,034 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,43 - 1)^2} = 3,555 \text{ кА;}$$

$$I_{кз}^{(2)} = 3,034 \cdot \sqrt{3} / 2 = 3,079 \text{ кА;}$$

$$I_{кз}^{(1)} = 0,55 \cdot 3,034 = 1,669 \text{ кА.}$$

Расчет токов КЗ – в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет токов КЗ, результаты

Участок / точка КЗ	I', кА	I _y , кА	I(2)кз, кА	I(1)кз, кА
К1	3,104	3,521	3,049	-
К2	3,104	3,521	3,049	1,707
К3	3,036	3,531	3,057	-

Продолжение таблицы 8

Участок / точка КЗ	I'' , кА	I_y , кА	$I(2)_{кз}$, кА	$I(1)_{кз}$, кА
К4	3,036	3,530	3,057	1,670
К5	2,536	3,340	2,893	-
К6	2,536	3,340	2,892	1,395
К7	2,500	3,313	2,869	-
К8	2,499	3,313	2,869	1,375
1	3,034	3,555	3,079	1,669
1а	2,557	2,588	2,241	1,407
1б	2,621	3,329	2,883	1,441
2	2,634	3,345	2,897	1,449
3	2,644	3,348	2,899	1,454
3а	2,660	3,378	2,926	1,463
4	2,227	3,059	2,649	1,225
5	2,225	3,056	2,647	1,224
5а	2,207	3,032	2,626	1,214
6	2,201	3,023	2,618	1,210
6а	2,223	3,053	2,644	1,222
7	2,228	3,061	2,650	1,225
7а	2,184	2,999	2,597	1,201
7б	2,688	3,363	2,912	1,478
8	2,691	3,366	2,915	1,480
8а	2,708	3,387	2,933	1,489
8б	2,702	3,380	2,927	1,486
9	2,706	3,385	2,931	1,488
9а	2,736	3,422	2,964	1,505
10	2,705	3,383	2,930	1,488
10а	2,419	2,523	2,185	1,330
10б	2,132	2,941	2,547	1,173
11	2,169	2,992	2,591	1,193
12	2,198	3,032	2,626	1,209

2.7 Защита линий распределительной сети

«Для защиты линий распределительной сети 0,4 кВ требуется выбрать автоматические выключатели (АВ), условия выбора:

- номинальное напряжение не менее напряжения сети:

$$U_{ном} \geq U_c, \quad (28)$$

- предельная коммутационная способность (ПКС) аппарата должна превышать максимальный ударный ток КЗ в месте установки:

$$ПКС > i_y, \quad (29)$$

- уставка теплового расцепителя должна превышать ток нагрузки:

$$I_{m.p.} > I_p, \quad (30)$$

- отстройка уставки теплового расцепителя от тока нагрузки:

$$I_{m.p.} > 1,1 \cdot I_p, \quad (31)$$

- проверка чувствительности электромагнитного расцепителя:

$$K_{\psi} = \frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{эм.р.}} > 1,1. \quad (32)$$

- проверка по селективности срабатывания:

$$t_{c.o.} \geq t_{c.o.n.} + \Delta t, \quad (33)$$

где $t_{c.o.n.}$ – время срабатывания отсечки предыдущей защиты, с;

Δt – степень селективности, с» [14].

АВ для защиты КЛ к зданию №1 выбираем марки ВА-52-39/630.

Проверка по (28-33):

$$U_{ном} = 400 \geq 400 \text{ В};$$

$$1,1 \cdot 539,34 = 593,27 \text{ А};$$

$$I_{m.p.} = 630 > 593,27 \text{ А};$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{1,67}{0,63} = 1,96 > 1,1;$$

$$I_{KC} = 36 > 3,56 \text{ кА};$$

$$t_{c.o.} = 0,25 \geq 0,02 + 0,1 = 0,12 \text{ с.}$$

Выбор и проверка АВ – в таблице 9.

Таблица 9 – Выбор и проверка автоматов

№ здания	$1,1 \cdot I_p$, А	АВ	$I_{ном}$, А	$I_{т.р.}$, кА	$K_{\text{ч}}$
1	593,27	ВА-52-39	630	0,63	1,96
1а	156,90	ВА-52-39	160	0,16	6,51
1б	276,09	ВА-52-39	320	0,32	3,34
2	339,38	ВА-52-39	400	0,40	2,68
3	310,68	ВА-52-39	320	0,32	3,37
3а	281,97	ВА-52-39	320	0,32	3,39
4	281,97	ВА-52-39	320	0,32	2,84
5	275,47	ВА-52-39	320	0,32	2,83
5а	573,99	ВА-52-39	630	0,63	1,43
6	214,71	ВА-52-39	250	0,25	3,59
6а	372,60	ВА-52-39	400	0,40	2,26
7	427,39	ВА-52-39	630	0,63	1,44
7а	276,02	ВА-52-39	320	0,32	2,78
7б	249,25	ВА-52-39	320	0,32	3,42
8	310,68	ВА-52-39	320	0,32	3,43
8а	361,29	ВА-52-39	400	0,40	2,76
8б	830,74	ВА-52-39	1000	1,00	1,19

Продолжение таблицы 9

№ здания	$1,1 \cdot I_p, A$	AB	$I_{ном}, A$	$I_{т.р.}, кА$	Кч
9	384,60	BA-52-39	630	0,63	1,75
9а	433,29	BA-52-39	630	0,63	1,77
10	603,44	BA-52-39	630	0,63	1,75
10а	51,85	BA-47-29	63	0,06	15,64
10б	503,41	BA-52-39	630	0,63	1,38
11	501,51	BA-52-39	630	0,63	1,40
12	296,20	BA-52-39	320	0,32	2,80

2.8 Заземление ТП

«Удельное сопротивление грунта для вертикальных (ВЭ) и горизонтальных (ГЭ) электродов определяется по формуле:

$$\rho_p = \rho \cdot K_c, \quad (34)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта (известняк), 2000 Ом · м;

K_c – коэффициент сезонности» [16].

$$\rho_{pв} = 2000 \cdot 1,1 = 2200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho_{pг} = 2000 \cdot 1,4 = 2800 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

«Используем контурное заземление. Для ВЭ используем угловую сталь 50x50 мм, для ГЭ используем полосовую сталь 50x5 мм» [8]. «Сопротивление растеканию для одного ВЭ определяется по формуле:

$$R_{овэ} = \frac{\rho_{pв}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \right] \quad (35)$$

где l – длина ВЭ, м;

d – приведенный диаметр ВЭ, м;

t – расстояние от поверхности до центра ВЭ, м.

$$d = 0,95 \cdot b, \quad (36)$$

где b – ширина уголка, м» [16].

Для одного ВЭ:

$$d = 0,95 \cdot 0,05 = 0,0475 \text{ м}$$

$$t = 3/2 + 0,8 = 2,3 \text{ м}$$

$$R_{\text{овэ}} = \frac{2200}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 3}{0,0475} \right) + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) \right] = 60,962 \text{ Ом}$$

«Расчетное число ВЭ:

$$n' = R_{\text{овэ}} / R_n \quad (37)$$

где R_n – наибольшее допустимое сопротивление заземления, Ом» [16].

$$n' = 60,962 / 4 = 15,2 \approx 16 \text{ шт}$$

«Длина ГЭ:

$$l_2 = 1,05 \cdot a \cdot n' \quad (38)$$

где a – расстояние между ВЭ, м.

$$a = l_{\text{пер}} / n' \quad (39)$$

где $l_{\text{пер}}$ – периметр здания ТП, м» [16].

$$l_{\text{пер}} = 2 \cdot (9,3 + 7) = 32,6 \text{ м}$$

$$a = 32,6 / 16 = 2,04 \text{ м}$$

$$l_2 = 1,05 \cdot 2,04 \cdot 16 = 34,27 \text{ м}$$

Схема заземления ТП – на рисунке 7.

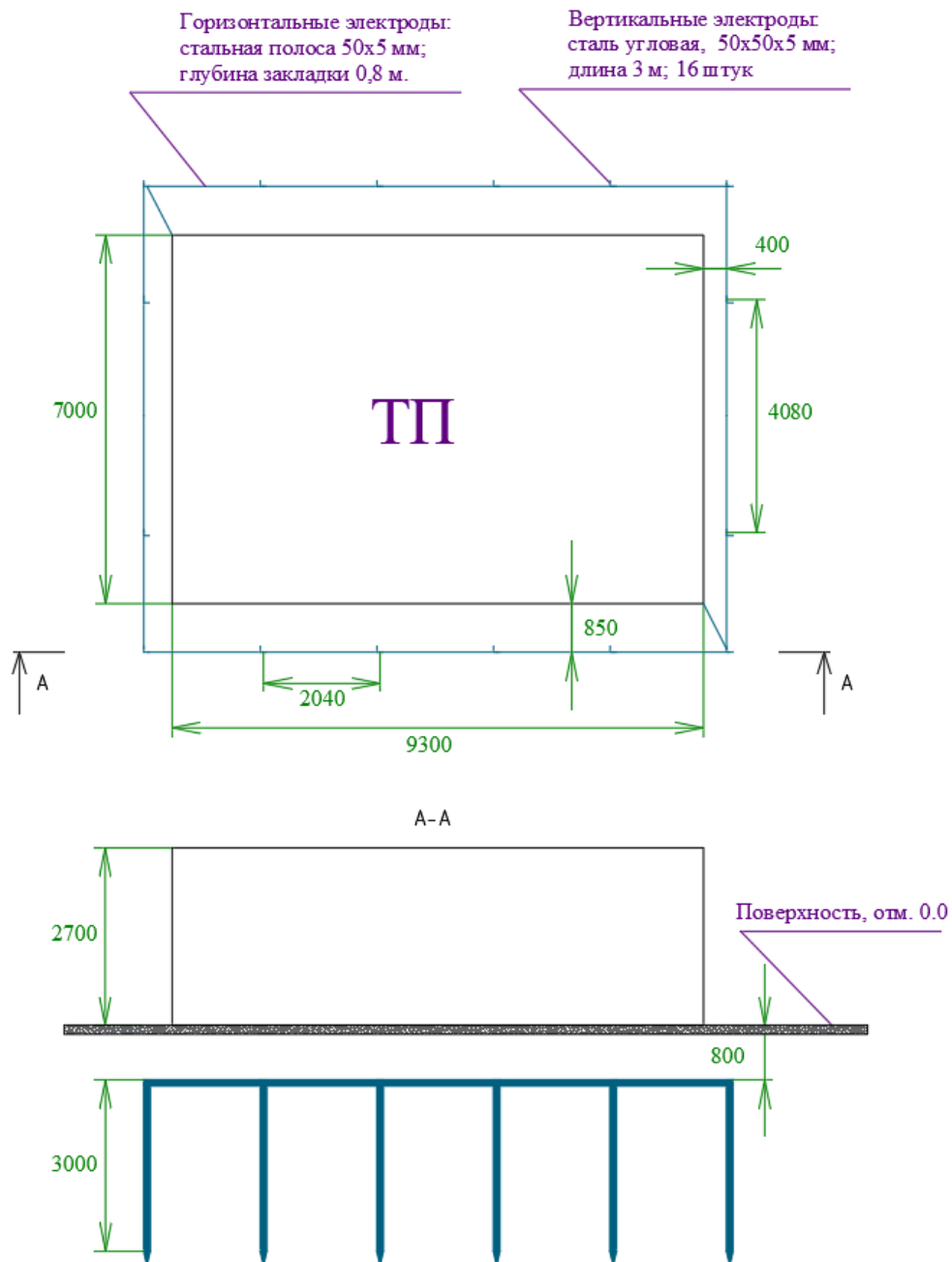


Рисунок 7 – Схема заземления ТП

«Сопротивление растеканию ГЭ:

$$R_{23} = \frac{\rho_{pz}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{l^2}{d \cdot t}\right) \quad (40)$$

$$d = 0,5 \cdot b, \quad (41)$$

где b – ширина полосы, м» [16].

$$d = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ м}$$

$$t = 0,05 / 2 + 0,8 = 0,825 \text{ м}$$

$$R_{23} = \frac{2800}{2 \cdot 3,14 \cdot 34,27} \cdot \ln\left(\frac{34,27^2}{0,025 \cdot 0,825}\right) = 2,757 \text{ Ом}$$

«Эквивалентное сопротивление группового заземлителя:

$$R_{zp} = \frac{R_{огэ} \cdot R_{23}}{R_{огэ} \cdot \eta_6 \cdot n + R_{23} \cdot \eta_2} \quad (42)$$

где η_6 – коэффициент использования ВЭ;

η_2 – коэффициент использования ГЭ» [16].

$$R_{zp} = \frac{60,962 \cdot 2,757}{60,962 \cdot 0,51 \cdot 16 + 2,757 \cdot 0,3} = 3,792 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

Вывод по разделу.

Спроектировано электроснабжение жилого района, выбрано современное и надёжное оборудование СЭС, проведены его проверки. Рассчитано заземление ТП согласно требованиям ПУЭ.

3 Релейная защита

3.1 Выбор терминала защиты КЛ 10 кВ

Релейная защита (РЗ) питающей КЛ 10 кВ – на терминалах Сириус-2МЛ-02, схема РЗ – на листе 4 графической части.

Внешний вид Сириус-2МЛ-02 – на рисунке 8.



Рисунок 8 – Внешний вид Сириус-2МЛ-02

3.2 Определение уставок защит КЛ 10 кВ

«Токовая отсечка (ТО):

$$I_{C3} \geq K_{отс} \cdot I_{НОМ.Т} , \quad (43)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, равен 5,0 для МУ РЗА» [1].

$$I_{C3} \geq 5 \cdot 0,168 = 0,84 \text{ кА}$$

«МТЗ:

$$I_{C3} \geq \frac{K_H \cdot K_{C3}}{K_B} \cdot I_{p.\text{макс}} , \quad (44)$$

где $I_{p.\text{макс}}$ – расчетный ток КЛ, А» [1].

$$I_{C3} \geq \frac{1,1 \cdot 1,18}{0,935} \cdot 167,934 = 233,132 \text{ А}$$

«Ток срабатывания реле:

$$I_{CP} = I_{C3} \cdot \frac{k_{cx}}{n_T} , \quad (45)$$

где $k_{cx} = 1$ – коэффициент схемы подключения ТТ;

n_T – коэффициент трансформации ТТ.

Коэффициент чувствительности защиты» [1]:

$$k_u = \frac{I_K^{(2)}}{I_{C3}} , \quad (46)$$

$$I_{CP} = 233,132 \cdot \frac{1}{200/5} = 5,828 \text{ А}$$

$$k_u = \frac{3049}{233,132} = 13,1 \geq 1,5$$

«Защита от замыканий на землю (ЗНЗ).

Ток срабатывания:

$$I_{C.з.} \geq k_{отс} \cdot k_B \cdot I_C , \quad (47)$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки, равен 1,2 для МУ РЗА;

k_B – коэффициент броска ёмкостного тока, равен 2,5 для МУ РЗА;

I_C – ёмкостный ток присоединения, А.

$$I_C = I_{CO} \cdot L \cdot m, \quad (48)$$

где I_{CO} – удельный ёмкостный ток кабеля, А/км;

L – длина линии, км;

m – число проводов на фазу, шт» [1].

$$I_C = 1,16 \cdot 2,71 \cdot 1 = 3,144 \text{ А}$$

$$I_{C.з.} \geq 1,2 \cdot 2,5 \cdot 3,144 = 9,431 \text{ А}$$

3.3 Автоматический ввод резерва

«АВР предназначен для автоматического переключения питания ответственных потребителей на резервный источник при пропадании либо несоответствии норме показателей качества питания с основного источника. Упрощенная схема АВР 0,4 кВ показана на рисунке 9» [14].

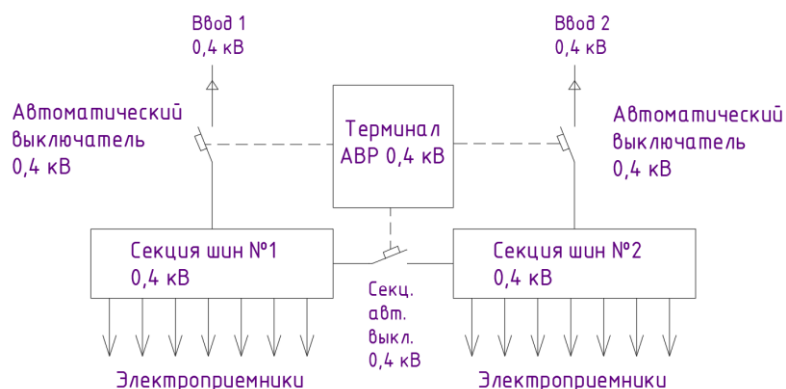


Рисунок 9 – Упрощенная схема АВР 0,4 кВ

«АВР на шинах вводных РП 0,4 кВ потребителей 1 категории выполняется на микропроцессорном терминале Сириус-АВР, внешний вид терминала показан на рисунке 10» [20].



Рисунок 10 – Внешний вид Сириус-АВР

«Для обеспечения дистанционного управления и контроля состояния, вводные и секционный автоматические выключатели на вводе 0,4 кВ и секционной перемычке выбираются с электромагнитным приводом. Терминал Сириус-АВР обеспечивает автоматический ввод резервного источника при пропадании напряжения на одном из питающих вводов и автоматическое восстановление схемы нормального режима питания. В нормальном режиме работы питание подается на оба ввода 0,4 кВ, секционный выключатель отключен. При пропадании напряжения на одном из вводов, АВР отключает выключатель этого ввода (QF1 или QF2) и включает секционный выключатель (QF3). После проведения необходимых ремонтно-восстановительных работ и появлении питания на втором вводе 0,4 кВ, терминал АВР автоматически восстанавливает схему нормального режима питания, включая выключатель ввода (QF1 или QF2) и отключая секционный выключатель (QF3). Выбор

уставок АВР 0,4 кВ производится в соответствии с инструкцией терминала.» [18].

«Уставка пускового органа минимального напряжения выбирается по условию:

$$U_{C.P} = 0,7 \cdot U_{НОМ}, \quad (49)$$

где $U_{НОМ}$ – номинальное напряжение сети, В» [14].

$$U_{C.P0,4} = 0,7 \cdot 380 = 266 \text{ В.}$$

«Напряжение срабатывания максимального реле напряжения, контролирующего наличие напряжения на другой секции выбирается по условию» [14]:

$$U_{C.P} = (0,6 \div 0,65) \cdot U_{НОМ}, \quad (50)$$

$$U_{C.P0,4} = (0,6 \div 0,65) \cdot 380 = 228 \div 247 \text{ В.}$$

«Время срабатывания реле времени пускового органа напряжения АВР выбирается по условию:

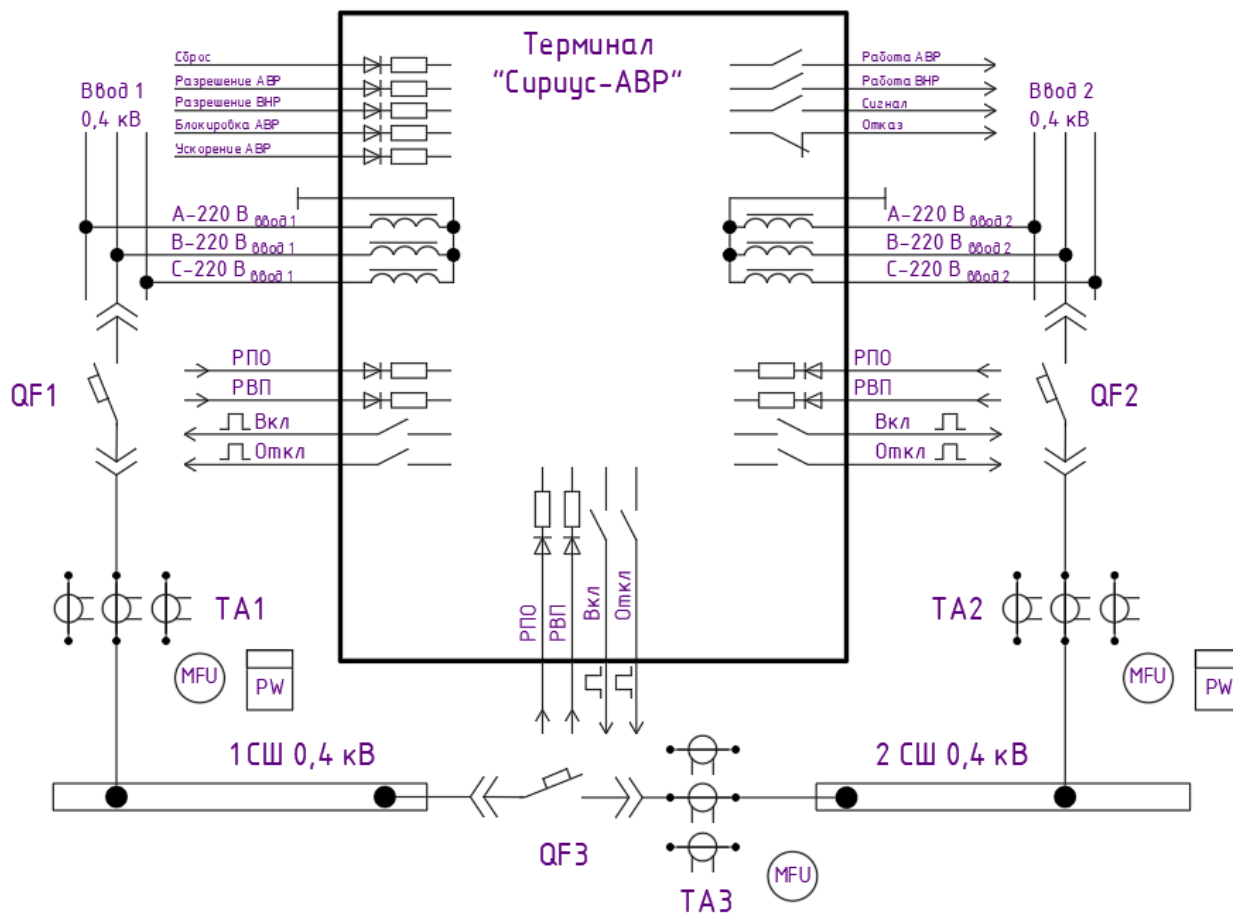
$$t_{C.P.ABP} = t_1 + \Delta t, \quad (51)$$

где t_1 – наибольшее время срабатывания автоматических выключателей при КЗ на отходящих линиях, с;
 Δt – степень селективности, с» [14].

$$t_{C.P.ABP} = 0,05 + 0,5 = 0,55 \text{ с.}$$

Схема АВР – на рисунке 11.

Схема подключения микропроцессорного терминала АВР



Спецификация

Зона	Поз. обозн.	Обозначение	Кол.	Примечание
		Автоматические выключатели		
	QF1..QF3	ВА-52-39	3	
		Трансформаторы тока		
	TA1..TA3	ТШЛ-0,66-У1	9	

Рисунок 11 – Схема АВР

Вывод по разделу.

Выбраны терминалы РЗА марки Сириус-2МЛ-02 и Сириус-АВР, определены уставки РЗА. Составлены схемы РЗ питающей КЛ 10 кВ и АВР на шинах РП потребителей 1 категории. РЗ питающей КЛ 10 кВ проверена по чувствительности по минимальному току КЗ.

Заключение

Спроектирована СЭС жилого района города для надежного электроснабжения потребителей.

По результатам выполнения работы решены задачи:

- приведено описание района, систематизированы характеристики зданий. На основе документации от застройщика составлен генплан ЖР с расположением всех зданий. Подготовлены исходные данные для проектирования;

- определены нагрузки потребителей;

- выбран тип ТП 10/0,4 кВ;

- выбраны силовые трансформаторы ТП;

- рассчитаны высоковольтная и низковольтная сети, выбраны кабели современных марок и проверены по допустимым токам и потерям напряжения в КЛ;

- определены токи КЗ;

- рассмотрена защита линий распределительной сети, выбраны автоматические выключатели;

- рассчитано заземление ТП согласно требованиям ПУЭ по максимально допустимому сопротивлению заземления.

- выбраны терминалы РЗА, рассчитаны уставки защит. Составлены схемы РЗ питающей КЛ 10 кВ и АВР на шинах РП потребителей 1 категории. РЗ питающей КЛ 10 кВ проверена по чувствительности по минимальному току КЗ.

Предлагаемая СЭС жилого района обеспечит надежное электроснабжение всех потребителей. Современное электрооборудование и технические решения, предлагаемые в данном проекте, обеспечат безопасную эксплуатацию СЭС с минимальными экономическими и организационными издержками.

Список используемых источников

1. Андреев В.А. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 2019. 256 с.
2. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. – М.: Инфра-Инженерия, 2020. 416 с.
3. ГОСТ 14209-85. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. – М.: Энергия, 2022. 39 с.
4. Дубинский Г.Н., Левин Л.Г. Наладка устройств электроснабжения напряжением свыше 1000 В. – М.: Солон-Пресс, 2019. 416 с.
5. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие. – М.: ИЦ Академия, 2018. 320 с.
6. Кудрин Б.И., Жилин Б.В., Матюнина Ю.В. Электроснабжение потребителей и режимы: Учебное пособие. - М.: МЭИ, 2019. 412 с.
7. Куско А., Томпсон М. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии. - М.: Додэка XXI, 2018. 336 с.
8. Охрана труда в энергетике: Учебник для техникумов / под ред. Князевского Б.А. – М.: Энергопромиздат, 2019. 376 с.
9. Правила устройства электроустановок, издание 7. – М.: Энергия, 2022. 648 с.
10. Проектная документация. Электроснабжение жилого района города, 2022. – 198 с.
11. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов КЗ и выбору электрооборудования – М.: Энергия, 2018. 69 с.
12. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. – Москва: Изд-во стандартов, 2021. – 30 с.
13. Фролов Ю. М., Шелякин В.П. Основы электроснабжения. – М.: Лань, 2018. 480 с.
14. Хорольский В. Я., Таранов М.А. Надежность электроснабжения. – М.: Форум, Инфра-М, 2019. 128 с.

15. Хорольский В. Я., Таранов М.А. Эксплуатация систем электроснабжения. – М.: Дрофа, 2018. 288 с.
16. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. – М.: Форум, Инфра-М, 2019. 216 с.
17. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. - М.: Форум, Инфра-М, 2020. 136 с.
18. Школа электрика. Информационный портал. [Электронный ресурс]. – <http://electricalschool.info/> (дата обращения: 28.04.2022).
19. Электроснабжение – проектирование. Информационный портал. [Электронный ресурс]. – <http://220blog.ru/> (дата обращения: 29.04.2022).
20. Электротехнический интернет-портал. [Электронный ресурс]. – <https://www.elec.ru/> (дата обращения: 02.05.2022).
21. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. [Электронный ресурс]. – <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 03.05.2022).
22. Agll Abdulhakim Amer A., Hamad Yousif M., Hamad Tarek A., Sheffield John W.. Study of energy recovery and power generation from alternative energy source [Text] / Missouri University of Science and Technology, Mechanical and Aerospace Engineering. - 2015. - PP. 1-7. - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X14000227> (дата обращения: 25.01.2022).
23. Binbin Zhao, Yang Chen, Yuhan Lei. Energy-saving House based on the Healthy-Housing theory in Sanjiangyuan, Qinghai [Text] / E3S Web of Conferences. - 2019. - PP. 1-4. - URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/62/e3sconf_icbte2019_03028.pdf (дата обращения: 25.01.2022).
24. Fernandes H. S., Moura M. B., Guadelupe P. C., Fortes M. Z., and Fernandes N. C.. Software to manage transformers using intelligent electronic device [Text] / Universidad Nacional de Colombia. - 2016. - PP. 1-5. - URL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevinv/article/view/48104> (дата обращения: 25.01.2022).

25. Małgorzata Basińska, Halina Koczyk. Analysis of the possibilities to achieve the low energy residential buildings standards [Text] / Technological and Economic Development of Economy. - 2016. - URL: <https://journals.vgtu.lt/index.php/TEDE/article/view/786> (дата обращения: 25.01.2022).

26. Valerio R.M. Lo Verso, Anna Pellegrino. Energy Saving Generated Through Automatic Lighting Control Systems According to the Estimation Method of the Standard EN 15193-1 [Text] / Journal of Daylighting. - 2019. - URL: <https://solarlits.com/jd/6-131> (дата обращения: 25.01.2022).