

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 Ива г.
Перми»

Студент

Д.Л. Мокроусов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Ю.В. Черненко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

В данной выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрены вопросы электроснабжения микрорайона города, подробно рассмотрено электроснабжение жилого дома, выбрано оборудование и коммутационная аппаратура для высоковольтной и низковольтной сети.

Выполнен расчет уличного освещения. Выполнена проверка на потерю напряжения в сетях. Рассчитаны токи короткого замыкания, как в высоковольтной, так и в низковольтной сети, рассчитана релейная защита трансформаторов подстанции 10/0,4кВ.

Разработаны системы молниезащиты и заземления. Рассмотрены вопросы техники безопасности и охраны труда на территории микрорайона, рассмотрены вопросы охраны окружающей среды.

Пояснительная записка содержит 68 страниц, таблиц 19, источников 37, рисунков 11, графического материала формата А1 6 листов.

Содержание

Введение.....	4
1. Характеристика объекта проектирования.....	5
2. Разработка системы электроснабжения потребителей района Ива города Перми.....	7
2.1 Определение расчетных электрических нагрузок потребителей жилого района города.....	7
2.2 Выбор мощности и типа трансформаторных подстанций 10/0,38 кВ и проектирование распределительной электрической сети 0,38 кВ.....	19
2.3 Расчет электроснабжения квартиры.....	31
2.4 Формирование и выбор структуры, схемы и параметров электрических сетей 10 кВ жилого микрорайона.....	34
3. Охрана труда. Расчет молниезащиты 17-этажного дома.....	54
3.1 Средства молниезащиты с упреждающей стримерной эмиссией.....	56
3.2 Активная молниезащита Duval-Messien.....	58
3.3 Расчет зоны молниезащиты.....	61
Заключение.....	64
Список используемых источников.....	65

Введение

Эффективность функционирования большого числа городских объектов зависит от того, насколько рационально разработана городская система электроснабжения.

Потребление электроэнергии в жилых зданиях определяется образом жизни населения города. В современных жилых зданиях используется большое количество различных электрических приемников, которые делятся на электрические приемники квартир и электрические приемники общего назначения.

Цель выпускной квалификационной работы: разработать проект системы электроснабжения потребителей района Ива города Перми. В данном районе все жилые здания имеют этажность 9 этажей и выше. В округе имеются коммунально-бытовые общественные здания, которые относятся к первой и второй категории по надежности. Собственная инфраструктура «Ивы» включает в себя детские сады, школы, медицинские учреждения, магазины, аптеки, спортивные объекты, оздоровительные учреждения и сервисные компании. Район «Ива» – один из самых масштабных проектов комплексной застройки в Перми. Самый спортивный микрорайон Перми расположен на огромной территории площадью более 80 гектаров, в восточной части города, в Мотовилихинском районе, на улицах Агатова, Сакко и Ванцетти, Уинская, недалеко от бульвара Гагарина и трассы Восточный обход.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи:

- расчет электрических нагрузок потребителей города;
- выбор мощности и типа силовых трансформаторов;
- выбор компенсирующих устройств;
- расчет наружного освещения района города;
- выбор и расчет распределительной питающей сети района города;
- разработка мероприятий по охране труда.

1 Характеристика объекта проектирования

Под системой электроснабжения города понимается совокупность электрических сетей и трансформаторных подстанций, расположенных на территории города и предназначенных для электроснабжения его потребителей.

Основные показатели системы определяются местными условиями: размером города, наличием источников питания, потребительскими характеристиками и т. д.

Основные показатели системы электроснабжения города определяются его размером, параметрами энергосистемы, потребительскими характеристиками и другими местными характеристиками.

Объектом электроснабжения является микрорайон Ива, расположенный в городе Пермь. Все жилые здания имеют 9 этажей и выше, оборудованы электрическими плитами для приготовления пищи. В округе также есть общественные здания. Поставка горячей воды и отопления зданий осуществляется от ТЭЦ.

Потребители электроэнергии, расположенные на территории города, условно можно разделить на две группы: жилые дома и «коммунальные услуги». Потребление электроэнергии в жилых домах определяется по образу жизни населения, в то время как потребление коммунальных учреждений зависит от потребления электроэнергии о характеристиках их технологического процесса.

Схема застройки микрорайона приведена на рисунке 1.1

К первой категории относятся электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, нарушение функционирования особо важных элементов городского хозяйства.



Рисунок 1.1– Схема застройки микрорайона

Электрические приемники первой категории включают в себя: электрические приемники пожарных устройств и охранных сигнализаций, эвакуационное освещение, противопожарные устройства (пожарные насосы, воздушное давление, дымоудаление, пожарная сигнализация и системы пожарной сигнализации), лифты, аварийное и аварийное освещение, ограждения в жилых зданиях высотой 17 этажей и более, учреждения с более чем 2000 сотрудниками.

Исходя из этого, жилые 17-этажные здания, торгово-развлекательный центр, банки классифицируются как потребители первой категории.

2 Разработка системы электроснабжения потребителей района Ива города Перми

2.1 Определение расчетных электрических нагрузок потребителей жилого района города

Определение электрических нагрузок производится для того, чтобы произвести выбор и проверку линий электропередач, аппаратов и трансформаторов по нагреву и экономическим соображениям с последующее проверкой сети на отклонение и колебание напряжения.

Расчет электрических нагрузок городских потребителей производится от низших к высшим ступеням системы электроснабжения [9] и включает два этапа:

- 1) определение нагрузки на вводе к каждому потребителю;
- 2) расчет на этой основе нагрузок отдельных элементов сети.

2.1.1 Расчет электрических нагрузок жилых зданий

Основную группу потребителей селитебной территории составляют жилые дома. Электрическая нагрузка домов определяется освещением квартир и использованием различных электробытовых приборов.

Электрические нагрузки жилых зданий значительно меняются в течение дня и в зависимости от времени года.

Расчетная электрическая нагрузка квартир, приведенная к вводу жилого дома:

$$P_{кв} = P_{кв.уд} \cdot n_{кв} \quad (2.1)$$

где $P_{кв.уд}$, кВт/квартира - удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир, [1];

n - количество квартир.

Таблица 2.1–Исходные данные для расчета нагрузки жилых зданий

Кол-во домов	Наименование	Кол кв	Из них	
			Зявл. мощн. 30 кВт	Муниципальн.
3	17-ти этажный жилой дом	68	17	51
14	16-ти этажный жилой дом	64	16	48
1	10-ти этажный жилой дом (6 подъездов)	120	-	120
13	10-ти этажный жилой дом(3 подъезда)	60	20	40
4	Четырехподъездный 9-ти этажный жилой дом	72	36	36
2	Трехподъездный 9-ти этажный жилой дом	54	18	36
1	Двухподъездный 9-ти этажный жилой дом	36	36	-
4	Многоуровневый трехподъездный 10-14-16-ти этажный жилой дом	80	60	20

Расчетная реактивная мощность квартир, приведенная к вводу жилого дома;

$$Q_{кв} = P_{кв.уд} \cdot tg \varphi_{кв} \quad (2.2)$$

$tg \varphi_{кв}$ - 0,2 — расчетный коэффициент реактивной мощности жилых домов с электрическими плитами в квартирах [2].

Поскольку в жилых домах имеется силовая нагрузка (лифты, вентиляция и т.п.), то суммарная расчетная нагрузка жилого дома определяется следующим образом:

$$Q_{р.ж.д} = Q_{кв.} + k_y \cdot Q_c \quad (2.3)$$

$$P_{р.ж.д} = P_{кв.} + k_y \cdot P_c, \text{ кВт.} \quad Q_{р.ж.д} = Q_{кв.} + k_y \cdot Q_c, \text{ квар} \quad (2.4)$$

k_y - 0,9 -коэффициент участия в максимуме нагрузки силовых электроприемников [2].

Нагрузка силовых электроприемников, приведенная к вводу жилого дома:

$$P_c = P_l + P_{стл} \text{ кВт} \quad Q_c = Q_l + Q_{стл} \text{ квар} \quad (2.5)$$

где $P_l = k_c \cdot n_l \cdot P_{ni}$, кВт - активная мощность лифтовых установок;

k_c - коэффициент спроса [1];

P_{ni} , кВт - установленная мощность электродвигателя лифта; n_l - количество лифтовых установок в доме;

$Q = P_k \cdot \operatorname{tg} \varphi_l$ квар - реактивная мощность лифтовых установок;

$\operatorname{tg} \varphi_l$ - расчетный коэффициент реактивной мощности для лифтовых установок [2].

Мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств определяется по их установленной мощности с учетом коэффициента спроса [1]:

$$P_{смy} = P_{смy} \cdot n \text{ кВт} \quad Q_{смy} = P_{смy} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{смy} \text{ квар}, \quad (2.6)$$

где $P_{смy}$ - 0,05 , кВт /квартира - удельная расчетная нагрузка единицы количественного показателя (рабочее место, посадочное место, площадь торгового зала и т.д.);

$\operatorname{tg} \varphi_{смy}$ - расчетный коэффициент реактивной мощности для СТУ [2];

n - количество квартир.

В качестве примера определим значения расчетных нагрузок для корпуса 1. Это 16-14-10-этажный жилой дом с количеством квартир равным 80. Из них 60 квартир с повышенной комфортностью при заявленной мощности 30 кВт на квартиру (расчетная $P_p = 30 \times 0,6 = 18$ кВт) и 20 квартир - муниципальные ($P_{уд.муцип.} = 1,95$ кВт/кварт.)

По таблице 2.2, [1] находим $P_{кв.уд} = 1,95$, кВт/квартира, далее определяем:

$$P_{кв} = 18 * 60 + 1,95 * 20 = 1119 \text{ кВт}$$

$$Q_{кв} = 1119 \cdot 0,2 = 223,8 \text{ квар}$$

Нагрузка силовых электроприемников, приведенная к вводу жилого дома:

Например, для дома 1 10-14-16 этажей, 3 подъезда, 3 пассажирских лифта (двигатель подъема мощностью 7 кВт), 3 грузовых лифта (мощность двигателя подъема 11 кВт)

$$P_{\text{л}} = (N_{\text{л}} * P_{\text{л(ПАС)}} + N_{\text{л}} * P_{\text{л(ГР)}}) = 3 \cdot 7 + 3 \cdot 11 = 54 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{л}} = 54 \cdot 1,17 = 63,18 \text{ квар.}$$

Например, для дома 10-14-16 этажей, 3 подъезда, 3 насоса водоснабжения:

$$P_{\text{сту}} = 1 \cdot 4,5 \cdot 3 = 13,5 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{сту}} = 13,5 \cdot 0,75 = 10,1 \text{ квар.}$$

$$P_{\text{с}} = 54 + 13,5 = 67,5 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{с}} = 63,18 + 10,1 = 73,28 \text{ квар.}$$

Итого, получаем электрическую расчетную нагрузку жилого дома в целом:

$$P_{\text{р.ж.д}} = 1119 + 0,9 \cdot 67,5 = 1179,75 \text{ , кВт.}$$

$$Q_{\text{р.ж.д}} = 63,18 + 0,9 \cdot 73,28 = 129,13 \text{ , квар}$$

Расчет электрических нагрузок для других зданий аналогичен, результаты в таблицах 2.2 и 2.3.

2.1.2 Расчетные электрические нагрузки общественно-коммунальных зданий

Расчетная электрическая нагрузка общественно-коммунальных зданий, приведенная к вводу этих зданий, определяется по формуле:

$$P_{p.об.зд} = P_{об.зд.уд} \cdot n, \text{ кВт}$$

где $P_{об.зд.уд}$ [кВт/квартира] - удельная расчетная электрическая нагрузка единицы количественного показателя (рабочее место, посадочное место, площадь торгового зала и т.д.) [2];

n - количественный показатель, характеризующий пропускную способность предприятия, объем производства и т.д.

Результаты расчетов сведены в таблицы 2.2, 2.3.

Для лестничного освещения принимаем светильники типа MD-240 (светодиодный светильник предназначен для освещения в сфере ТСЖ и ЖКХ, прибор освещения имеет повышенный срок службы и антивандальное исполнение: корпус имеет защитную решетку, а рассеиватель выполнен из прочного стекла, световой поток=1100Лм), мощностью 10Вт, в размере 16 шт, по одной на каждом этаже.

Для освещения подвального помещения принимаем светильники типа ЭСС-5 (энергосберегающий светодиодный светильник предназначены для основного и дополнительного освещения торговых, складских помещений, а также гаражей, скрытых стоянок и подвальных помещений, световой поток=500Лм), мощностью 6 Вт, в размере 10 шт.

Для освещения лифта принимаем светильники типа ЭСС-15 (энергосберегающий светодиодный светильник предназначен для основного и дополнительного освещения торговых, складских помещений, а также гаражей, лифта, шахту лифта, скрытых стоянок, световой поток=1200Лм), мощностью 15 Вт, в размере 2 шт.

Таблица 2.2–Расчетные электрические нагрузки коммунально- бытовых зданий

Наименование здания	количественный показатель	tg	$P_{об.зд.уд.}$, кВт/место	$P_{об.зд.}$ кВт	$Q_{об.зд.}$ кВар	K_y	$S_{об.зд.}$ кВА
ТРК	25000 м ²	0,75	0,25	6250	4687	0,5	7812
Ресторан	140 мест	0,25	0,46	128,8	32,2	0,4	132,8
Средняя школа	3545 чел	0,43	0,22	779,9	335,35	0,4	849,0
Детский сад	280 мест	0,25	0,46	128,8	32,2	0,4	132,8
Детский сад	280 мест	0,25	0,46	128,8	32,2	0,4	132,8

Для освещения крыши принимаем заградительные огни типа ЗОМ-ЛОН-75-220, установленные по периметру в размере 4шт.

Для питания пожарной сигнализации марки «Сигнал-42» требуется мощность в режиме «ПОЖАР» $P_{п.сигн.} = 50$ Вт

Для питания системы антиобледенения кровли и водостоков принимаем специальный саморегулирующиеся кабели Optiheat, требуемая максимальная мощность составляет 36Вт/м.

2.1.3 Расчетные электрические нагрузки наружного освещения

В составе потребителей электроэнергии микрорайона или района города следует учитывать наружное электрическое освещение улиц, проездов, площадей и т.д.

Расчетная электрическая нагрузка освещения:

$$P_{освещ} = P_{осв.наружн} + P_{осв.внутр}, \text{ [кВт]}, \quad (2.7)$$

где $P_{осв.наружн}$, [кВт] — электрическая нагрузка наружного освещения улиц;

$P_{осв.внутр}$, [кВт] - электрическая нагрузка наружного освещения внутри микрорайона;

Таблица 2.3–Расчетные электрические нагрузки жилых зданий

№	Наименование здания	Кол кв	Кол. лифт	к _с	P _л , кВт	Q _л , кВар	P _{сту} , кВт	Q _{сту} , кВар	P _с , кВт	Q _с , кВар	P _{кв.уд} , кВт/кв	P _{кв} , кВт	Q _{кв} , кВар	P _{ж.д} , кВт	Q _{ж.д} , кВар	S _{ж.д} , кВА
3	17-ти этажный жилой дом	68	2	0,9	18	21,8	4,5	3,27	20,25	22,56	1,95	424,95	85	446,5	107,56	464,16
14	16-ти этажный жилой дом	64	2	0,9	18	21,8	4,5	3,27	20,25	22,56	1,95	321,6	64,3	341,8	86,86	356,04
1	10-ти этажный жилой дом	120	12	0,9	108	126,36	27	18,6	121,5	43,1	1,95	234	46,8	255,5	89,9	266,14
13	10-ти этажный жилой дом	60	6	0,9	54	63,18	13,5	10,1	130,5	65,95	1,95	438	87,6	568,4	153,55	592
4	9-ти этажный жилой дом(4ПОД)	72	8	0,9	72	84,24	18	13,5	81	87,96	1,95	718,2	143,6	783,2	231,56	815,8
2	9-ти этажный жилой дом(3 под)	54	6	0,9	54	63,18	13,5	10,1	67,5	73,28	1,95	394,2	78,84	461,7	152,12	481
1	9-ти этажный жилой дом(2 под)	36	4	0,9	36	42,12	9	6,75	40,5	43,98	1,95	648	126,0	688,5	168,98	717,18
4	10-14-16-ти этажный жилой дом	80	6	0,9	54	63,18	13,5	10,1	67,5	73,28	1,95	1179,75	129,13	1247,6	202,41	1263,9
	ИТОГО с учетом кол-ва домов													23503,2	5830,7	24482,5

$446,5*3+341,8*14+255,5+568,4*13+783,2*4+461,7*2+688,5+1247,6*4=23503,2$

$107,56*3+86,86*14+89,9+153,55*13+231,56*4+152,12*2+168,98+202,41*4=5830,66$

В свою очередь, расчетная нагрузка наружного освещения определяется следующим образом:

$$P_{\text{осв.наружн}} = P_{\text{уд.освещ.наружн}} \cdot \frac{1}{2} \Pi, \text{ кВт}, \quad (2.8)$$

где $P_{\text{осв.наружн}} = 40$ [кВт/км] - удельная расчетная электрическая нагрузка для освещения улиц [2];

Π , [м] - периметр микрорайона.

Расчетная электрическая нагрузка наружного освещения внутри микрорайона:

$$\Pi = (36 + 26)20 = 1240 \text{ м}$$

$$P_{\text{осв.наружн}} = 40 \cdot \frac{1}{2} 1240 = 24,8 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{осв.внутр}} = P_{\text{уд.осв.внутр}} \cdot F \cdot (1 - k_{\text{застр}}), \text{ кВт}, \quad (2.9)$$

где $P_{\text{уд.осв.внутр}} = 1,2$ [кВт/га] - удельная расчетная электрическая нагрузка для внутриквартальных территорий [2];

F , [га] - общая площадь микрорайона;

$k_{\text{застр}} = 0,2$ - коэффициент застройки, исходя из норм современного градостроения [2].

$$P_{\text{осв.внутр}} = \frac{1,2 \cdot (36 \cdot 20 \cdot 26 \cdot 20)}{10000} \cdot (1 - 0,2) = 36 \text{ кВт}$$

Расчетная электрическая нагрузка освещения:

$$P_{\text{освещ}} = 24,8 + 36 = 60, \text{ кВт}; \quad Q_{\text{освещ}} = P_{\text{освещ}} \cdot \text{tg}[\text{arc cos}(0,95)] = 20, \text{ квар}$$

Для установки принимаем светильники типа CitySoul (Philips), а также источники света SON-T PRO (Philips) - натриевые лампы высокого давления с

газоразрядной трубкой из оксидного алюминия, помещенной в прозрачную вакуумную колбу из силикатного или тугоплавкого стекла. Основные характеристики источника света сведены в таблицу 2. 4

Таблица 2. 4– Основные характеристики SON-T PRO (Philips)

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Цветовая температура, К
SON-T PRO (Philips)	70	6000	2000

Определяем число светильников N , расположенных равномерно по периметру:

$$N = \frac{E_{cp} \cdot S \cdot K_3}{U_E \cdot \Phi_l}, \quad (2.10)$$

где $E_{cp}=10$ лк(согласно СНиП23-05-95)-освещенность установленная нормами; $S=22000$ м² – площадь освещаемой территории; K_3 – коэффициент запаса, ($K_3 = 1,5$ для разрядных ламп); U_E -коэффициент использования ($U_E = 0,208$ согласно [3]), Φ_l – световой поток светильника ($\Phi_l=6000$ лм, по табл.2.1.3)

$$N = \frac{10 \cdot 22000 \cdot 1,5}{0,208 \cdot 6000} = 264 \text{ шт.}$$

Отдаем предпочтение подвесным светильникам CitySoul с высококачественной оптикой Cosmo R140 и лампами MASTER CosmoWhite мощностью 140 Вт.

2.1.4 Расчетные электрические нагрузки района города, приведенные к шинам ТП 0,4 кВ

Далее определим расчетную электрическую нагрузку жилых зданий, приведенную к шинам 0,4 кВ ТП:

$$P_{\text{мр}} = P_{\text{кв.мр}} + P_{\text{л.мр}} + \sum(k_y \cdot P_{\text{об.зд}}) + P_{\text{виллы}} + P_{\text{освещен}}, \text{ кВт} \quad (2.11)$$

Определяем расчетную нагрузку квартир с повышенной комфортностью в соответствии с заявленной мощностью 30 кВт или $P_p=30 \times 0,6=18$ кВт и коэффициентом спроса 0,6. Рассматриваем жилой дом, в котором 68 квартир, причем 17 из них с повышенной комфортностью. Остальные 51 квартир муниципальные- муниципальные ($P_{уд.муниц.}=1,95$ кВт/кварт, табл. 6.2, 6.3 СП 31-110-2003). Берем удельную расчетную электрическую нагрузку электроприемников квартир улучшенной планировки с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт $P_{уд.кв}=1,95$, кВт/квартира.

$n_{кв.мп}$ - количество квартир в микрорайоне.

$$P_{кв.мп} = 0,16 * (3 * 424,95 + 6 * 321,6 + 5 * 438) = 862,6 \text{ кВт}$$

$K_0=0,16$ - коэффициент одновременности для квартир повышенной комфортности.

Расчетная реактивная нагрузка квартир микрорайона:

$$Q_{кв.мп} = P_{кв.мп} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 792,55 \cdot 0,2 = 158,5 \text{ квар}$$

Расчетные нагрузки лифтовых установок микрорайона:

$$P_{л.мп} = k_c \cdot \sum_i P_{ni} = 18 * 3 + 18 * 6 + 54 * 5 = 433,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{л.мп} = P_{л.мп} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 507,3 \text{ квар}$$

Итого получаем расчетную нагрузку 3-х 17-тиэт., 6-ти 16-тиэт., 5-ти 10-тиэт. и 1 детсада, приведенную к шинам 0,4 кВ ТП-1:

$$P_{мп} = 792,55 + 433,6 + 0,8 * 128,8 = 1329,19 \text{ кВт}$$

$$Q_{мп} = 158,5 + 507,3 + 0,8 * 32,2 = 691,56 \text{ квар}$$

$$S_{мп} = \sqrt{P_{мп}^2 + Q_{мп}^2} = 1498,34 \text{ кВА}$$

Определяем нагрузку 4-х 10-тиэтажных зданий, и 4-х 10-ти,14-ти,16-ти-этажных зданий

$$P_{Pкв.мп} = 0,16 * (1179,75 * 4 + 438 * 4) = 1035,36 \text{ кВт}$$

$$Q_{кв.мп} = P_{кв.мп} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1035,36 \cdot 0,2 = 207,07 \text{ кВар}$$

$$P_{л.мп} = k_c \cdot \sum_i P_{ni} = 54 \cdot 6 = 324 \text{ кВт},$$

$$Q_{л.мп} = P_{л.мп} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 379,0 \text{ кВар}$$

Итого получаем расчетную нагрузку 4-х 10-тиэтажных зд. и 4-х 10-ти, 14-ти, 16-ти-этажных зданий, приведенную к шинам 0,4 кВ ТП-2:

$$P_{мп} = 1035,36 + 324 = 1359,26 \text{ кВт},$$

$$S_{мп} = \sqrt{P_{мп}^2 + Q_{мп}^2} = 1415,89 \text{ кВА},$$

$$Q_{мп} = 207,07 + 379 = 586,07 \text{ квар.}$$

Определяем нагрузку 4-х 10-тиэтажных 4-х подъездных зд., одного 10-этажного 6-типодъездного, 3-х 9-тиэтажных 4-хподъездных, 4-х 16-тиэтажных зданий:

$$P_{Pкв.мп} = 0,16 \cdot (438 \cdot 4 + 234 + 718,2 \cdot 3 + 321,6 \cdot 4) = 994,46 \text{ кВт.}$$

$$Q_{кв.мп} = P_{кв.мп} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 994,46 \cdot 0,2 = 198,9 \text{ квар}$$

Расчетные нагрузки лифтовых установок ТПЗ:

$$P_{л.мп} = \sum_i P_{ni} = 54 \cdot 4 + 108 + 72 \cdot 3 + 18 \cdot 4 = 512 \text{ кВт.}$$

$$Q_{л.мп} = P_{л.мп} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 573,44 \text{ ,кВар.}$$

Итого получаем расчетную нагрузку 4-х 10-тиэтажных 4-х подъездных зданий, одного 10-этажного 6-типодъездного, 3-х 9-тиэтажных 4-хподъездных, 4-х 16-тиэтажных, приведенную к шинам 0,4 кВ ТП-3:

$$P_{мп} = 994,46 + 0,9 \cdot 512 = 1355 \text{ кВт}$$

$$Q_{мп} = 198,9 + 0,9 \cdot 573,44 = 715 \text{ квар}$$

$$S_{мп} = \sqrt{P_{мп}^2 + Q_{мп}^2} = 1441,7 \text{ кВА}$$

Определяем нагрузку одного 9-тиэтажного 4-хподъездного, 2-х 9-тиэтажных 3-хподъездных, одного 9-тиэтажного 2-хподъездного и 4-х 16-тиэтажных зданий:

$$P_{P_{кв.мп}} = 0,16 \cdot (718,2 + 394,2 \cdot 2 + 648 + 321,6 \cdot 4) = 545,0 \text{ кВт}$$

$$Q_{кв.мп} = P_{кв.мп} \cdot \text{tg } \varphi = 545,0 \cdot 0,2 = 109 \text{ квар}$$

Расчетные нагрузки лифтовых установок ТП4:

$$P_{л.мп} = k_c \cdot \sum_i P_{ni} = 0,9(54 \cdot 2 + 36 + 72 + 18 \cdot 4) = 259,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{л.мп} = P_{л.мп} \cdot \text{tg } \alpha = 290,3 \text{ квар}$$

Итого получаем расчетную нагрузку одного 9-тиэтажного 4-хподъездного, 2-х 9-тиэтажных 3-хподъездных, одного 9-тиэтажного 2-хподъездного, 4-х 16-тиэтажных зданий, школы и детсада, приведенную к шинам 0,4 кВ ТП-4:

$$P_{мп} = 545 + 259,5 + 0,5 \cdot 779,9 + 0,5 \cdot 128,8 = 1231 \text{ кВт}$$

$$Q_{мп} = 109 + 290 + 0,5 \cdot 335,35 + 0,5 \cdot 32,2 = 522 \text{ квар}$$

$$S_{мп} = \sqrt{P_{мп}^2 + Q_{мп}^2} = 1295,3 \text{ кВА}$$

Определяем нагрузку ресторана и торгово - развлекательного комплекса

$$P_p = 0,5 \cdot (6250 + 128) = 3189$$

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi = 0,5 \cdot (4687 + 32) = 2359$$

Итого получаем расчетную нагрузку ТП5:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 3690, \text{ кВА.}$$

2.2 Выбор мощности и типа трансформаторных подстанций 10/0,38 кВ и проектирование распределительной электрической сети 0,38 кВ

2.2.1 Выбор мощности и типа трансформаторных подстанций 10/0,38 кВ

Мощность трансформаторов городских ТП целесообразно определять на основе величины поверхностной плотности нагрузки ($\delta_{р, тп}$) в проектируемом жилом районе.

$$\delta_{р.тп} = \frac{P_{мп}}{F_{мп}} = \frac{32589,3}{36 \cdot 20 \cdot 26 \cdot 20} = 8,2 \frac{МВт}{км^2} \quad (2.12)$$

Рекомендуется при $\delta \geq (8-10) \frac{МВт}{км^2}$ применять двухтрансформаторные ТП. Поверхностная плотность полной нагрузки:

$$\delta_s = \frac{|S_{мп}|}{F} = \frac{|32790,63|}{36 \cdot 20 \cdot 26 \cdot 20} = 8,8 \frac{МВА}{км^2} \quad (2.13)$$

Рассчитаем экономически целесообразную мощность ТП 10/0,38кВ:

$$S_{ТП,э} = 1,45 \cdot \sqrt[3]{\delta_s^2} = 1,45 \cdot \sqrt[3]{8800^2} = 920 \text{кВА} \quad (2.14)$$

В городских жилых районах согласно [10] не рекомендуется применять трансформаторы мощностью более, чем 630 кВА. Это обусловлено большими тем, что трансформаторы большей мощности в условиях городской застройки имеют значительные габариты и плохую транспортабельность. Но с точки зрения затрат на оборудование, его монтаж, наладку и эксплуатацию, а также площади отчуждаемой земли под ТП серии БКТП-ЕС можно рассмотреть вариант ТП с двумя трансформаторами типа TRIHAL-10/1000 кВА.

В качестве силовых трансформаторов 10/0,4 кВ используем сухие трансформаторы серии «Trihal» фирмы «Schneider Electric».

Таблица 2.5–Выбор числа и мощности трансформаторов ТП

№ ТП	Потребители	S_p , кВА	$S_p/N \cdot K_3$	$S_{н.тр.}$, кВА	$K_{3,расч}$
1	нагрузка 3-х 17-тиэт., 6-ти 16-тиэт., 5-ти 10-тиэт. и 1 детсада,	1498,3 4	1070	2x 1000	0,71
2	нагрузка 4-х 10-тиэтажных зд. и 4-х 10-ти,14-ти, 16-ти-этажных зданий	1415	1010	2x1000	0,70
3	нагрузка 4-х 10-тиэтажных 4-х подъездных зд., одного 10-этажного 6-типодъездного, 3-х 9-тиэтажных 4-хподъездных,4-х 16-тиэтажных зд.	1441,7	1029	2x1000	0,72
4	нагрузка одного 9-тиэтажного 4-хподъездного, 2-х 9-тиэтажных 3-хподъездных, одного 9-тиэтажного 2-хподъездного , 4-х 16-тиэтажных зданий, школы и детсада	1295	925	2x1000	0,65
5	нагрузка ресторана и торгово – развлекательного комплекса	3690	2535	2x 2500	0,73

2.2.2 Выбор месторасположения трансформаторных подстанций

По требованиям нормативных документов подстанции должны располагаться на расстоянии не менее 10 м от зданий в районе внутриквартальных проходов и не должны сооружаться в центре зон садоводства, отдыха, спорта и детских площадок. Причем желательно размещать ТП вблизи самого загруженного здания.

$$X_{mn} = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{нагр.i} \cdot X_{нагр.i})}{\sum_{i=1}^n S_{нагр.i}}; \quad Y_{mn} = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{нагр.i} \cdot Y_{нагр.i})}{\sum_{i=1}^n S_{нагр.i}}; \quad (2.15)$$

где $X_{нагр.i}; Y_{нагр.i}$ - координаты «центра нагрузок», соответственно по по горизонтальной и вертикальной осям координат.

$\sum_{i=1}^n S_{нагр.i}$ - результирующая сумма расчетных нагрузок от одной ТП.

Произведем расчет центра нагрузок группы потребителей, ТП1 (на ТП установлены два трансформатора по 1000 кВА каждый):

$$X_{mn1} = \frac{S_{нагр.1} \cdot X_1 + S_{нагр.2} \cdot X_2 + S_{нагр.3} \cdot X_3 + S_{нагр.4} \cdot X_4 + S_{нагр.5} \cdot X_5 + S_{нагр.6} \cdot X_6}{S_{нагр.1} + S_{нагр.2} + S_{нагр.3} + S_{нагр.4} + S_{нагр.5} + S_{нагр.6}}$$

$$X_{mn1} = 764 \text{ см}$$

$$Y_{mn1} = \frac{S_{нагр.1} \cdot Y_1 + S_{нагр.2} \cdot Y_2 + S_{нагр.3} \cdot Y_3 + S_{нагр.4} \cdot Y_4 + S_{нагр.5} \cdot Y_5 + S_{нагр.6} \cdot Y_6}{S_{нагр.1} + S_{нагр.2} + S_{нагр.3} + S_{нагр.4} + S_{нагр.5} + S_{нагр.6}}$$

$$Y_{mn1} = 112 \text{ см}$$

Получаем смещенный в сторону сооруженных зданий центром нагрузки. Расчетываем центры нагрузок для для ТП2, ТП3, ТП4, ТП5 аналогично

2.2.3 Формирование и выбор схемы и параметров распределительных сетей 0,38 кВ

Так как в микрорайоне содержатся электроприемники I и II категорий по требованиям надежности электроснабжения, то сети 380 В выполняются по радиальной схеме.

Здания, от которых ТП располагается в непосредственной близости, запитываем индивидуальными линиями.

Для прокладки сетей 380 В выбираем кабели марки ВВГнгLS.

2.2.3.1 Выбор сечения жил кабельных линий 380 В по допустимому нагреву

Определим фактически длительно допустимый ток:

$$I_{доп.расч.} = I_{доп.табл.} \cdot k_3 \cdot k_t \cdot k_n, \text{ А} \quad (2.16)$$

где $I_{доп.табл.}$ - длительно допустимый ток для кабелей [3];

$k_{з(пер)}$ - коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном (послеаварийном) режиме [12];

k_t - поправочный коэффициент, учитывающий фактическую температуру грунта [3];

k_n - коэффициент прокладки, учитывающий число кабелей, проложенных в одной траншее [13].

Пример расчета приведен для кабельной линии, питающей 17-тиэтажный жилой дом.

Наибольший расчетный ток в нормальном режиме:

$$I_{расч.нр} = \frac{S_{расч}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n_k}, \text{ А}, \quad (2.17)$$

где $U_{ном}$ - номинальное напряжение сети, кВ

n_k - количество кабелей.

$$I_{расч.нр} = \frac{424,95}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 4} = 161,6 \text{ А}$$

Наибольший расчетный ток в послеаварийном режиме:

$$I_{расч.п/ав} = \frac{434,95}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 323,2 \text{ А}$$

Для 4-хжильных кабелей с медными жилами и изоляцией из ПВХ пластиката оболочкой из ПВХ, марки ВВГнг-LS составляет в соответствии с [3] $I_{доп.табл.} = 180 \cdot 0,92 = 165,6 \text{ А}$ (для $F=70 \text{ мм}^2$).

С учетом коэффициентов, получаем длительно допустимый ток в нормальном режиме:

$$I_{доп} = I_{доп.табл.} \cdot k_n \cdot k_t \cdot k_{загр} = 165,6 \cdot 0,8 \cdot 0,71 = 94,0 \text{ А} \quad (2.18)$$

Длительно допустимый ток в послеаварийном режиме:

$$I_{доп.п/ав} = I_{доп.} \cdot k_{пер} \cdot k_t \cdot k_n = 94 \cdot 1,42 \times 1,1 \times 0,92 = 135,08 \text{ А} \quad (2.19)$$

Расчеты для остальных кабельных линий аналогичны.

Таблица 2.6–Выбор сечений жил кабелей и проверка по допустимому нагреву

КЛ	число кабелей	P	Q	S, кВА	I _{нб} , А	I _{п/ав} , А	F, мм ²	I _{доп} , А	I _{доп} табл.	Коэф. для 4-х жил.	I _{доп} ' (НР)	I _{доп} ' (п/ав)	г кл, Ом/км	хкл, Ом/км	L, км	ΔU _{нр} , %	ΔU _{па} /в, %
ТП1																	
17-тиэт.	4	446,5	107,56	464,16	161,6	323,2	70	165,6	180	0,92	94,0	135,08	0,549	0,065	0,16	2,31	3,63
16-тиэт э	4	341,8	86,86	356,04	135	270	70	165,6	180	0,92	94	135,08	0,549	0,065	0,1	1,29	2,57
10-тиэт	4	568,4	153,55	592	225	450	120	235,9	260	0,92	133	195,26	0,256	0,063	0,14	1,87	3,73
Детский сад	2	128,8	32,2	132,8	202	404	95	202,4	220	0,92	114,96	165,2	0,458	0,064	0,11	1,34	2,69
ТП2																	
10-тиэт	4	568,4	153,55	592	225	450	120	235,9	260	0,92	133	195,26	0,258	0,076	0,16	2,31	3,63
10-ти, 14-ти, 16-тиэт	2	1247,6	202,41	1263,9	961	1922		Шинопровод	1000							1,45	2,89

Продолжение таблицы 2.6

ТПЗ																	
10-ти эт	4	568,4	153,5 5	592	225	450	120	235,9	260	0,9 2	133	195,26	0,25 6	0,063	0,1 4	1,87	3,73
10-ти эт(6 под)	2	255,5	89,9	266,14	202	404	95	202,4	220	0,9 2	114,96	165,2	0,45 8	0,064	0,1 1	1,34	2,69
16-и этажн	4	341,8	86,86	356,04	135	270	70	165,6	180	0,9 2	94	135,08	0,54 9	0,065	0,1	1,29	2,57
ТП4																	
9-ти эт(4 под)	6	783,2	231,5 6	815,8	206	412	120	235,9	260	0,9 2	133	195,26	0,25 8	0,076	0,1 6	2,31	3,63
9-ти эт(3 под)	4	461,7	152,1 2	481	182,9	365,8	95	202,4	220	0,9 2	114,96	165,2	0,45 8	0,064	0,1 1	1,34	2,69
9-ти эт(2 под)	6	688,5	168,9 8	717,18	224	448	120	235,9	260	0,9 2	133	195,26	0,25 8	0,076	0,1 6	2,31	3,63
школа	2	779,9	335,3 5	849	215	230	120	235,9	260	0,9 2	133	195,26	0,25 8	0,076	0,1 6	2,31	3,63
Детск ий сад	2	128,8	32,2	132,8	202	404	95	202,4	220	0,9 2	114,96	165,2	0,45 8	0,064	0,1 1	1,34	2,69

В данном районе в сетях 380 В применяем стандартные сечения жил кабелей 70, 95, 120 мм².

2.2.3.2 Выбор шинопроводов для питания торгово-развлекательного комплекса и ресторана

Шинопровод является альтернативой кабельной линии, наиболее распространенному решению по распределению электроэнергии в зданиях. С помощью шинопровода возможно эффективное построение всей распределительной сети, начиная от трансформаторных подстанций, которые в нашем случае находятся в непосредственной близости от объектов.

Выбор шинопровода производится по номинальному току. Расчетный ток, протекающий по шинопроводу [7] составляет:

$$I_{ш} = \frac{P_{ш}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{3189/2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,93} = 2485 \text{ А.}$$

Следовательно, выбираем шинопровод на номинальный ток 2500 А

2.2.3.3 Выбор аппаратов защиты шинопровода

В качестве аппарата защиты шинопровода используется автоматический выключатель. Характеристики автоматического выключателя должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить защиту шинопровода как от возможных перегрузок, так и от тока короткого замыкания максимально возможного значения (при коротком замыкании в начале шинопровода).

Номинальный ток шинопровода — 2500 А.

Ток короткого замыкания в начале шинопровода:

$$I_{кз} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{тр}^2 + (X_{тр} + X_c)^2}}, \text{ кА}$$

Исходные данные для трансформаторов определены из каталога (производителя).

Сопровитления трансформаторов Trihal 2x2500 кВА:

$$X_{mp} = \frac{U_{к-\%} \cdot U_{н.о.м}^2}{100 \cdot S_{н.о.м}} = \frac{4 \cdot 0,38^2}{100 \cdot 2500} = 0,0577 \text{ Ом}, \quad R_{mp} = \frac{U_{н.о.м}^2}{S_{н.о.м}^2} \cdot \Delta P_k = \frac{0,38^2}{2500^2} \cdot 2700 = 0,0389$$

Ом

Ток короткого замыкания на шинах 10 кВ трансформаторной подстанции, приведенный к стороне 0,4 кВ: $I_{кз_0,4} = I_{кз_10} \cdot n_{mp} = 5,8 \cdot 25 = 145 \text{ кА}$

Сопротивление системы, приведенное к стороне 0,4 кВ:

$$X_{c_0,4} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_{кз_0,4}} = \frac{0,38}{\sqrt{3} \cdot 145} = 0,00151 \text{ Ом}$$

Получаем ток короткого замыкания:

$$I_{кз} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{mp}^2 + (X_{mp} + X_c)^2}} = \frac{0,38}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,0389^2 + (0,0577 + 0,00151)^2}} = 5,4 \text{ кА}$$

Следовательно, выбираем автоматический выключатель:

номинальный ток 2500 А,

полный ток отключения 65 кА.

Для других шинопроводов методика выбора аппарата защиты аналогична.

2.2.3.4. Расчет токов короткого замыкания в сетях 0,4 кВ

Определим ток КЗ на вводе в 17-тиэтажный дом.

Запитываем проектируемый жилой район линией 10 кВ от распределительного пункта (РП) энергосистемы. Понижение напряжения осуществляется трансформатором мощностью 1000 кВА и напряжением 10/0,4 кВ,. 17-этажный дом запитан от подстанции 10/0,4кВ посредством кабельной линии 0,4 кВ. Расстояние от ТП до дома 150 м. Кабель выбран марки ВВГнг-LS сечением 4x50 мм². Мощность КЗ на шинах РП-10 $S_{к.з}=200 \text{ МВА}$.

Расчетная схема и схема замещения представлены на рис. 2.2. В соответствии с ГОСТ 28249–93 при длине линии 10 кВ от РП 10 кВ до ТП менее 1 км в расчетах токов КЗ сопротивление линии может не учитываться.

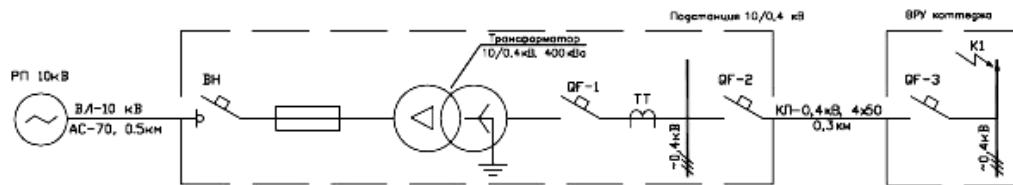


Рисунок 2.1– Схема электроснабжения жилого дома

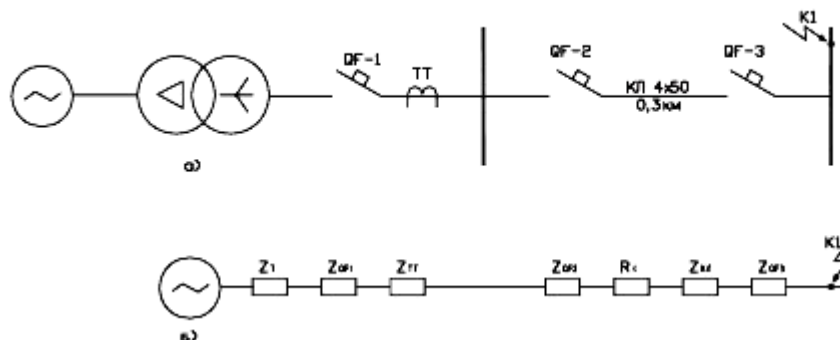


Рисунок 2.2– Расчетная схема (а) и схема замещения(б) жилого дома

Определим сопротивлений схемы замещения

- Сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U_{cp.n.n.}^2}{S_k} \cdot 10^{-3} = \frac{400^2}{200} \cdot 10^{-3} = 1,9 \text{ мОм};$$

Сопротивление трансформатора 1000 кВА:

$$x_m = 13,5 \text{ мОм}, r_m = 3,4 \text{ мОм}, z_m = \sqrt{r_m^2 + x_m^2} = 14,0 \text{ мОм};$$

- Переходное сопротивление электрических контактов (см. ГОСТ 28249 93 п.2.5), $R_k = 0,1 \text{ мОм}$;

- Сопротивление автоматических выключателей

QF1- 600A

$$r_{QF1} = 0,41 \text{ мОм} \quad x_{QF1} = 0,13 \text{ мОм}$$

$$z_{QF1} = 0,43 \text{ мОм}$$

QF2- 200A

$$r_{QF2} = 1,1 \text{ мОм} \quad x_{QF2} = 0,5 \text{ мОм} \quad z_{QF2} = 1,21 \text{ мОм}$$

$$QF3- 160 \text{ A} \quad r_{QF3} = 1,3 \text{ мОм} \quad x_{QF3} = 0,7 \text{ мОм} \quad z_{QF3} = 1,48 \text{ мОм}$$

- Сопротивление трансформатора тока 500/5А

$$I_H = 300/5 \text{ A} \quad r_{m.m} = 0,2 \text{ мОм} \quad x_{m.m} = 0,3 \text{ мОм} \quad z_{m.m} = 0,36 \text{ мОм};$$

- Сопротивление КЛ-0,4 кВ, сечением 4х70, длиной 150 м

$$r_0 = 0,22 \text{ мОм/м} \quad x_0 = 0,072 \text{ мОм/м}$$

$$r_{кл} = 0,22 \cdot 150 = 33 \text{ мОм} \quad x_{кл} = 0,072 \cdot 150 = 10,8 \text{ мОм}$$

- Сопротивление контура КЗ:

активное:

$$r_{кз} = r_m + r_k + r_{QF1} + r_{m.m} + r_{QF2} + r_{кл} + r_{QF3} = 3,4 + 0,1 + 0,41 + 0,2 + 1,1 + 33 + 1,3 = 39,51$$

мОм;

реактивное:

$$x_{кз} = x_m + x_k + x_{QF1} + x_{m.m} + x_{QF2} + x_{кл} + x_{QF3} = 1,9 + 13,5 + 0,13 + 0,5 + 10,8 + 0,7 = 27,83 \text{ мОм};$$

Полное сопротивление цепи КЗ:

$$z_{кз} = \sqrt{r_{кз}^2 + x_{кз}^2} = 48,3 \text{ мОм};$$

Рассчитаем ток трехфазного короткого замыкания:

$$I_{кз} = \frac{U_{cp.n.n.}}{\sqrt{3} \cdot Z_{кз}} = 4,8 \text{ кА}$$

Произведем расчет апериодической составляющей тока КЗ в начальный момент, получим:

$$I_{a0} = \sqrt{2} \cdot I_{кз} = 6,7 \text{ кА}$$

где I_{a0} - наибольшее значение апериодической составляющей тока КЗ в начальный момент.

То же, но в произвольный момент времени по формуле:

$$i_{a0} = I_{a0} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}$$

где t - время протекания тока КЗ, с

T_a - постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ;

Имея ввиду, что $T_a = 0,0001$ с в нашем случае, составляющую можно не учитывать.

Ударный ток КЗ:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{кз} \cdot k_{уд} = 6,7 \text{ кА},$$

где $k_{уд} = 1$.

Расчет однофазных токов короткого замыкания для обеспечения надежной защиты в сетях до 1 кВ выполняется в конце защищенной линии при самом низком значении тока короткого замыкания.

Берется наиболее удаленная расчетная точка участка сети, защищаемая выключателем. Для надежного отключения поврежденного участка сети наименьший номинальный ток короткого замыкания в соответствии с требованиями ПУЭ должен превышать номинальный ток отключения автоматического выключателя с обратной характеристикой тока не менее, чем в 3 раза.

Рассчитаем ток однофазного КЗ.

Для схемы по рис. 2.1 определим ток однофазного КЗ на вводе в 17-тиэтажный дом.

Ток однофазного КЗ определяем по выражению:

$$I_{по}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{ср.н.н.}}{\sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}}, \text{ кА}$$

где $r_{1\Sigma}$, $x_{1\Sigma}$ – активное и индуктивное суммарные до точки КЗ сопротивления. В нашем случае имеем:

$$r_{1\Sigma} = 39,51 \text{ мОм},$$

$$x_{1\Sigma} = 27,8 \text{ мОм}; \text{ (см. расчет трехфазного КЗ)}$$

$r_{0\Sigma}$, $x_{0\Sigma}$ – суммарные активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности.

Производим расчет суммарных активных и индуктивных сопротивлений по выражениям:

$$r_{0\Sigma} = r_{0T} + r_{T.T} + r_{a.B} + r_K + r_{0КЛ}$$

$$X_{0\Sigma} = X_{0T} + X_{T.T} + X_{a.B} + X_{0КЛ}$$

где r_{0T} , X_{0T} – активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности трансформатора;

r_{TT} , $X_{T.T}$ – активное и индуктивное сопротивления для трансформатора тока;

r_{KB} , X_{KB} – активное и индуктивное сопротивления для автоматических выключателей;

r_K – сопротивление контактов.

Согласно [1] сопротивления нулевой последовательности трансформатора 1000 кВ·А составляют:

$$x_{0m} = 8,6 \text{ мОм}, r_{0m} = 1,9 \text{ мОм}.$$

Сопротивление нулевой последовательности кабельной линии:

$$r_{0КЛ} = r_0 \cdot l = 1,05 \cdot 300 = 315 \text{ мОм};$$

$$X_{0КЛ} = X_0 \cdot l = 0,58 \cdot 300 = 174 \text{ мОм}.$$

где r_0 и X_0 – удельное активное и индуктивное сопротивления кабеля сечением 4x95 мм².

Получаем:

$$r_{0\Sigma} = 1,9 + 0,2 + 1,1 + 0,1 + 315 = 318,3 \text{ мОм}$$

$$X_{0\Sigma} = 8,6 + 0,3 + 0,5 + 174 = 183,4 \text{ мОм}$$

Ток однофазного КЗ определяем по выражению:

$$I_{\text{по}}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 380}{523,73} = 1,26 \text{ кА}.$$

2.3 Расчет электроснабжения квартиры

В элитном жилом районе преобладают дома с квартирами улучшенной планировки, общей площадью 200 м² в многоквартирных домах. В качестве примера рассмотрим расчет электрических нагрузок 17-этажного жилого дома.

В доме расположено 32 однотипных квартир. Два лифта: грузовой и легкой. Считаем, что в этих квартирах 5 комнат, имеется кухня, холл и коридоры, а также 2 ванные комнаты.

В табл.2.7 приведены исходные данные по установленному бытовому электрооборудованию. Все потребители, за исключением электроплиты – однофазные.

В квартирах основными потребителями электроэнергии являются электрическое освещение и бытовая розеточная сеть

В квартире площадью 250 м² принято, что в ней используется электрическая плита, а остальные потребители:

- электрооборудование кухни (духовой шкаф, варочная панель, посудомоечная машина, электрообогрев пола, розетки для подключения переносного электрооборудования);

- электрооборудование двух ванных комнат и сантехнических помещений (душевые кабины, ванна с гидромассажем, стиральная машина, электрообогрев пола, розетки для подключения переносного электрооборудования);

- видекамера, домофон, электрзвонок.

Основное электрооборудование сконцентрировано в распределительном квартирном щите (ЩКР). Сам ЩКР получает питание от этажного распределительного щита, в котором располагаются вводной автоматический выключатель и счетчик активной электроэнергии.

Для защиты жильцов от поражения электрическим током все стационарные и переносные электроприемники, стальные трубы,

металлоконструкции подлежат защитному заземлению. С этой целью в ЩКР установлена шина РЕ.

Кроме защитного заземления на групповых линиях розеточной сети и сети освещения сантехнических помещений предусмотрена установка устройств защитного отключения на ток утечки 30 мА.

Таблица 2.7–Величины мощностей электроприемников и расчетных коэффициентов

Помещения	Площадь, м ²	Устанавливаемые электробытовые приборы	Номинальная установленн ая мощность, кВт	Расчетные коэффициенты		Примечания
				Участия в максимуме нагрузки K_u	Используй ования $K_{и}$	
Кухня	18	Электрическая плита	10,5	0,8	0,8	Трехфаз- ная нагрузка
		Посудомоеч- ная машина	2,2	0,8	0,8	
		Холодильник	0,6	По паспортным данным		
		Кухонный комбайн	4,0	0,3	1,0	
		Эл.освещение	0,54	1,0	0,8	
		1 розетка на ток 16А, 4 розетки на ток 6А	0,5	-	0,7- 1,0	1 розетка на 6 м ² общей площади. $K_{и}=0,7$ – при числе розеток более 50; $K_{и}=0,8$ – при числе розеток от 20 до 50; $K_{и}=0,9$ – при числе розеток от 10 до 20; $K_{и}=1,0$ – при числе розеток до 10

Продолжение таблицы 2.7

Ванная 1	14	Джакузи	2,5	0,8	0,8	
		Душ с электроподогревом	3,0	0,6	0,8	
		Теплый пол (4м ²)	0,32	0,3	1,0	
		Вентилятор	0,5	По паспортным данным		
		Эл. освещение	0,28	0,8	0,8	
		4 розетки на ток 6А	0,4	-	0,7-1,0	
Ванная 2	8	Душ с электроподогревом	3,0	0,6	0,8	
		Теплый пол (4м ²)	0,32	0,3	1,0	
		Вентилятор	0,5	По паспортным данным		
		Стиральная машина	2,2	1,0	0,6	
		Эл. освещение	0,12	0,8	0,8	
		2 розетки на ток 6А	0,2	-	0,7-1,0	
Гостиная	52	Электрокамин	2,0	0,4	1,0	
		Кондиционер	4,0	0,7	0,8	
		Домашний кинотеатр	0,8	По паспортным данным		
		Электрическое освещение	2,16	0,8	0,8	
		4 розетки на ток 6А	1,0	-	0,7-1,0	
Спальня 1	20	Теплый пол 12м ²)	0,72	0,5	1,0	
		Кондиционер	2,2	0,7	0,8	
		Эл. освещение	0,5	0,6	0,6	
		4 розетки на ток 6А	0,4	-	0,7-1,0	

Продолжение таблицы 2.7

Холл и коридоры	24	Эл. освещение	0,6	0,8	0,8	
		6 розеток на ток 6А	0,6	-	0,7-1,0	
Спальня 2	18	Теплый пол (10м ²)	0,6	0,5	1,0	
		Кондиционер	2,2	0,7	0,8	
		Эл.освещение	0,45	0,6	0,6	
		4 розетки на ток 6А	0,4	-	0,7-1,0	
Детская комната	24	Теплый пол (20м ²)	1,6	0,5	1,0	
		Кондиционер	2,2	0,7	0,8	
		Персональный компьютер	0,5	0,6	1,0	
		Эл. освещение	0,72	0,6	0,8	
		4 розетки на ток 6А	0,4	-	0,7-1,0	
Итого:	200		59,6			

Произведем расчет электрические нагрузки квартиры общей площадью 250 м². Квартира двухуровневая Расчет электрических нагрузок для квартир площадью 250 м² приведен в табл. 2.8.

Общая расчетная мощность составила 50,196 кВт.

2.4 Формирование и выбор структуры, схемы и параметров электрических сетей 10 кВ жилого микрорайона

Распределительные сети 10 кВ выполняются по схемам:

- 1) радиальной,
- 2) магистральной (одно- и двухлучевой) (рис.2.3),
- 3) разомкнутой петлевой с АВР;

Таблица 2.8 – Расчетные значения потребителей

Группа	Потребители электроэнергии	число фаз	уст мощность	ном ток	коэф спроса	cos/tg		расчетная мощность			расчетный ток
								активная, кВт	реактивная, кВАр	полная кВА	
<i>2-й этаж (ШР-1)</i>											
Гр1	Ванна с гидромассажем	1	2	10,69	0,5	0,85	0,62	1,02	0,62	1,19	1,8
Гр2	Розетка	1	1,19	7,029	0,5	0,85	0,62	0,588	0,39	0,686	1,079
Гр3	Теплый пол	1	1,2	5,58	0,7	0,98	0,2	0,84	0,17	0,86	1,29
Гр4	Вытяжная В1, В2	1	0,6	3,217	0,5	0,8	0,75	0,3	0,229	0,379	0,568
Гр5	Освещение гостиной, холла 2 этажа	1	2	9,908	1	0,92	0,43	2	0,848	2,169	3,28
Гр6	Освещение кабинета, спален	1	1	4,78	1	0,95	0,33	1	0,325	1,048	1,558
Гр7	Освещение ванной комнаты и с/у 2го этажа	1	1,15	5,76	1	0,95	0,33	1,2	0,387	1,259	1,918
Гр8	Розеточная сеть гостиной, холла	1	2,08	10,64	0,5	0,9	0,48	1,05	0,509	1,167	1,768
Гр9	Розеточная сеть кабинета	1	1,5	7,58	0,5	0,9	0,48	0,75	0,358	0,825	1,269
Гр10	Розеточная сеть	1	1,98	10,128	0,3	0,9	0,48	0,6	0,287	0,669	1,0089
	Итого ШР1		14,79		0,629	0,91	0,44	9,339	4,092	10,289	15,583

Продолжение таблицы 2.8

<i>1-й этаж</i>											
Гр1	Шр-1 (электрооборудование 2го этажа)	3	14,8	0	0,63	0,91	0,44	9,34	4,12	10,3	15,6
Гр2	Электрический котел	3	25	38,76	0,7	0,98	0,2	17,5	3,55	17,86	27,13
Гр3	Погружной насос	1	1,5	8,039	0,5	0,8	0,75	0,75	0,56	0,94	1,42
Гр4	Электрический водонагреватель	1	7	32,558	0,5	0,98	0,2	3,5	0,71	3,57	5,43
Гр5	Розетка для стиральной машины	1	2,48	13,408	0,5	0,8	0,75	1,25	0,94	1,56	2,37
Гр6	Душевая кабина	1	2,179	11,78	0,5	0,85	0,62	1,08	0,679	1,287	1,968
Гр7	Электронагрев пола (1я ванная комната)	1	0,789	3,718	0,7	0,98	0,2	0,558	0,109	0,567	0,866
Гр8	Электроплита	3	8,48	13,175	0,7	0,98	0,2	5,949	1,208	6,069	9,218
Гр9	Печь СВЧ	1	2,098	11,138	0,5	0,9	0,48	1,098	0,528	1,219	1,858
Гр10	Розетка для посудомоечной машины	1	2,190	11,8	0,3	0,8	0,75	0,659	0,498	0,828	1,246
Гр11	Розеточная сеть кухни	1	2,0	10,13	0,5	0,9	0,48	1	0,48	1,11	1,69
Гр12	Звонок, домофон	1	0,20	107	0,5	0,8	0,75	0,1	0,08	0,13	0,19
Гр13	Освещение столовой, кухни и санузлов	1	1,20	5,76	1	0,95	0,33	1,2	0,39	1,26	1,92
Гр15	Освещение гаража	1	0,190	0,959	0,5	0,95	0,33	0,09	0,028	0,1099	0,1589
Гр16	Розеточная сеть 1го этажа	1	2,389	12,87	0,4	0,8	0,75	0,96	0,7198	1,187	1,8198
Гр17	Розеточная сеть гаража	1	2,00	10,72	0,2	0,8	0,75	0,4	0,3	0,5	0,76
	Итого ВРУ	3	76,298		0,619	0,95	0,33	47,08	15,498	50,196	76,187

4) замкнутой петлевой.

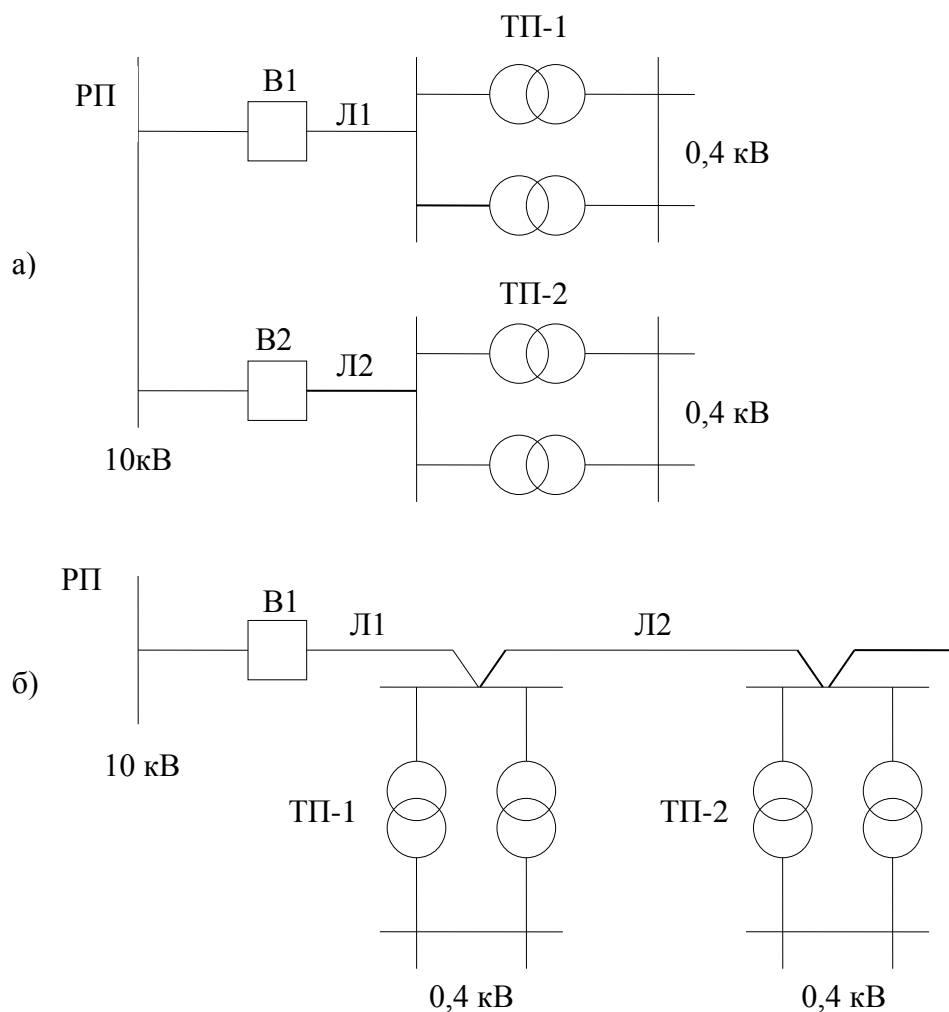


Рисунок 2.3 – Схемы распределительных сетей: радиальная (а) и магистральная однолучевая (б)

В проектируемом районе основными потребителями являются как I, так и II категории надежности.

Опираясь на это выбираем для питания подстанций 10/0,4 кВ «двухлучевую» магистральную. Обеспечиваем схему автоматического включения резерва со стороны низшего напряжения.

Данная схема обладает быстроедействием и надежна в эксплуатации. Кроме того, эта схема восстанавливается автоматически.

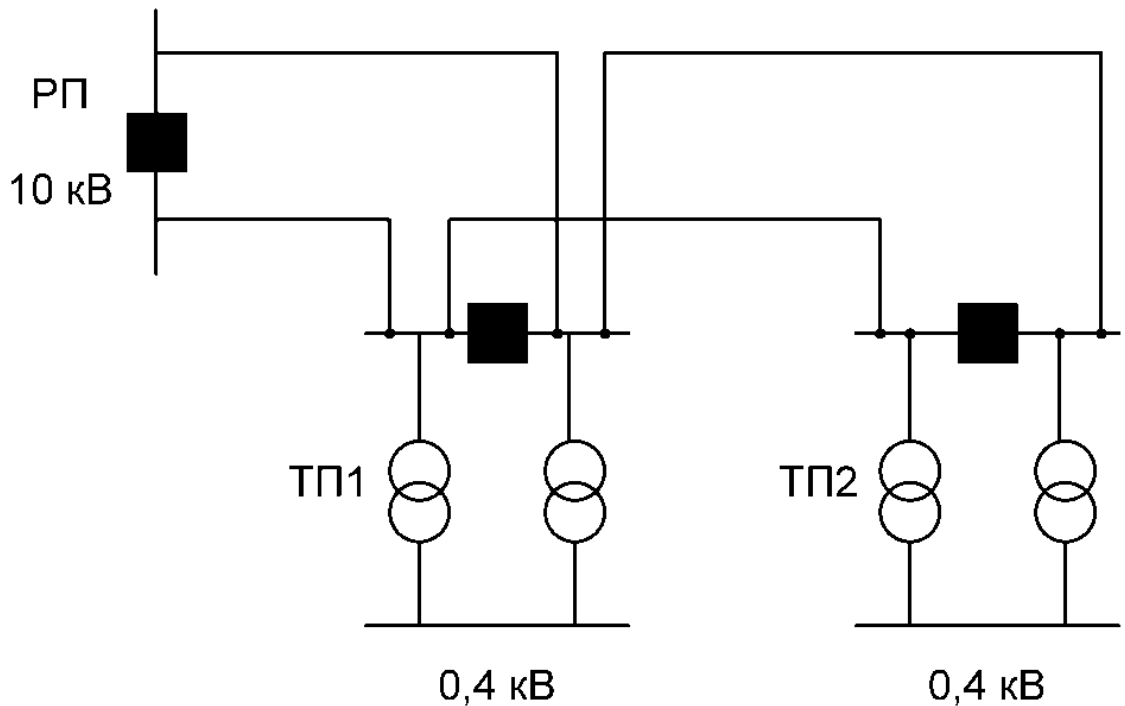


Рисунок 2.4 – Схема электроснабжения двухлучевая магистральная

Необходимо распределить трансформаторы на выбранных ТП 10/0,38 кВ по магистралям. В нормальном режиме к каждому кабелю, отходящему от РП, подключаем не более 5-6 трансформаторов 10/0,38 кВ [15].

2.4.1 Выбор комплектного распределительного устройства на напряжение 10 кВ

Комплектное распределительное устройство 10 кВ (КРУ-10 кВ) служит для приема и распределения электроэнергии между отдельными потребителями.

Для РУ на 10 кВ выбираем КРУ серии NEXIMA.

Аппараты КРУ-10 кВ выбираем по номинальному напряжению, номинальному току, роду установки [10].

При выборе аппарата по напряжению должно выполняться условие:

$$U_{ном} \geq U_{вст}. \quad (2.20)$$

где $U_{НОМ}$ - номинальное напряжение аппарата; $U_{УСТ}$ - номинальное напряжение установки (среднее номинальное напряжение сети).

При выборе аппаратов по номинальному току требуется выполнение условия:

$$I_{НОМ} \geq I_p. \quad (2.21)$$

где I_p - расчетный ток нагрузки.

Для аппаратов ввода среднего и низкого напряжения и шиносоединительных аппаратов в качестве расчетного тока принимаем ток послеаварийного режима.

Для выбора электрооборудования ячеек КРУ-10 кВ по величине расчетной нагрузки определим расчетный ток на стороне высокого напряжения цеховой трансформаторной подстанции:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_{НОМ}} \quad (2.22)$$

Согласно формуле получаем:

$$I_p = \frac{25400 / 2}{\sqrt{3} \cdot 10,0} = 734,1 \text{ А.}$$

По расчетному току выбираем:

- вводные вакуумные выключатели типа EVOLIS-12P1 на $U_{НОМ} = 10,0$ кВ с номинальным током 1250А

- трансформаторы тока типа ARJP $U_{НОМ} = 10,0$ кВ $I_{НОМ} = 1000$ А, $i_{ном.дин} = 51$ кА, $I_{Т.С.} = 20,0$ кА, $t_{Т.С.} = 4,0$ с, $I_{ном.откл.} = 23,0$ кА. и коэффициентом трансформации 1000/5.

В качестве вторичной нагрузки трансформатора тока используем счетчик активной и реактивной энергии, ваттметр и амперметр.

Таблица 2.9–Вторичная нагрузка у трансформатора тока во вводной ячейке РП

Прибор	Тип	Нагрузка фазы, ВА		
		А	В	С
Ваттметр	СР3020	5	-	5
Амперметр	ЩП01	2,5	2,5	2,5
Счетчик активной и реактивной энергии	ЕАО5RL-P1B-3	-	0,1	-
ИТОГО		7,5	2,6	7,5

Выбираем наиболее загруженную фазу и по ней определяем вторичную нагрузку трансформатора тока – $S_{2P} = 7,5$ ВА.

Общее сопротивление приборов:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_2}{I_{2\text{ном}}^2} = \frac{7,5}{5^2} = 0,3 \text{ Ом.} \quad (2.23)$$

$$Z_2 = 0,3 + 0,0283 + 0,05 = 0,3783 \text{ Ом};$$

$$0,3783 \text{ Ом} < 0,4 \text{ Ом}$$

- секционный выключатель КРУ-10 кВ ячейки № 1 типа EVOLIS-12P1 на $U_{\text{ном}} = 10,0$ кВ с номинальным током 1250 А;

- секционный разъединитель КРУ-10 кВ ячейки № 2 типа РВ-10/630 с $I_{\text{ном}} = 1250$ А, $i_{\text{ном.дин}} = 52$ КА, $I_{\text{Т.С.}} = 20,0$ КА, $t_{\text{Т.С.}} = 3,0$ с.

Для выбора электрооборудования ячеек шинного ввода №№ 9,10 КРУ-10 кВ по величине расчетной нагрузки определим ток послеаварийного режима:

$$I_p = \frac{25400}{\sqrt{3} \cdot 10,0} = 1468 \text{ А.}$$

По расчетному току выбираем:

- вводные вакуумные выключатели КРУ-10 кВ типа EVOLIS-12P2 на $U_{НОМ} = 10$ кВ с $I_{НОМ} = 1600$ А, $I_{ном.откл.} = 31,5$ кА.

- трансформаторы тока шинного ввода типа ARJP на $U_{НОМ} = 10,0$ кВ с $I_{НОМ} = 1000$ А, $i_{ном.дин} = 51$ кА, $I_{Т.С.} = 20,0$ кА, $t_{Т.С.} = 4,0$ с, $I_{ном.откл.} = 23,0$ кА. и коэффициентом трансформации 1000/5.

Выбираем трансформаторы напряжения ячеек №№ 3,4 типа VRQ3 на $U_{НОМ} = 10,0$ кВ, номинальное напряжение вторичной обмотки $U_2 = 100$ В и номинальной мощностью в классе точности 0,5 $S_{НОМ} = 120$ В·А.

Таблица 2.10– Вторичная нагрузка трансформатора напряжения для одной секции шин

Прибор	Место установки	Тип	Мощность одной обмотки, Вт	Число обмоток	cosφ	sinφ	Число приборов	Потребляемая мощность	
								P, Вт	Q,ВАр
Вольтметр	Сборные шины	ЩП02.01	2,5	1	1	0	1	2,5	0
Счетчик активной и реактивной энергии	Ввод 10 кВ	ЕАО5RL-Р1В-3	7,5	2	0,38	0,92	1	5,7	13,87
Счетчик активной и реактивной энергии	отходящие линии	ЕАО5RL-Р1В-3	7,5	2	0,38	0,92	3	17,1	41,6
Ваттметр, варметр	Ввод 10 кВ	СР3020	5	2	1	0	1	10	0
Итого:								35,3	55,47

Суммируем и получаем полную мощность приборов:

$$S_2 = 66,17 \text{ ВА.}$$

Проверяем:

$$66,17 \text{ ВА} < 120 \text{ ВА.}$$

Выбранный трансформатор напряжения удовлетворяет условиям.

Выбираем трансформаторы напряжения ячеек №№ 13,14 типа VRC1 на $U_{НОМ} = 10,0$ кВ, номинальное напряжение вторичной обмотки $U_2 = 100$ В и номинальной мощностью в классе точности 0,5 $S_{НОМ} = 75$ ВА.

Аналогично выбираем электрооборудование для остальных ячеек КРУ-10 кВ:

- ячейки №№ 7,8 кабельного вывода;
- ячейки №№ 3,4 трансформаторов напряжения типа VRQ3;
- ячейки №№ 13,14 трансформаторов напряжения типа VRC1;
- ячейки №№ 9,10 шинного ввода;
- ячейки №№ 1,2 соответственно секционного разъединителя и секционного выключателя;
- ячейки №№ 15, 16 - резервные.

Габаритные размеры применяемых ячеек: 1300*750*5000 мм.

Результаты выбора аппаратов КРУ-10 кВ и компоновку комплектующих его ячеек представим в таблице 2.11.

Нагрузка собственных нужд РП 10 кВ.

Потребителями собственных нужд РП являются электрическое отопление, системы автоматизации и сигнализации, электрическое освещение, действующая система тока для защиты, а также множество ремонтно-наладочных работ. РП обеспечивает рабочее освещение на 220 В и аварийное на напряжение 36 В. Электрический обогрев помещения РП обеспечивается в связи с тем, что в соответствии с техническими условиями работа распределительного устройства Nexima допускается при температуре окружающей среды от минус 25°C до плюс 40°C. Управление отопительными приборами осуществляется вручную с помощью автоматических устройств.

Таблица 2.11– Результаты выбора аппаратов КРУ-10 кВ и компоновку комплектующих его ячеек

Номер ячейки	Название ячейки	Номинальное напряжение ячейки, кВ	Номинальный ток ячейки, А	Компоновка ячейки								
				Выключатель			Трансформатор тока			Трансформатор напряжения		
				Тип	Номинальный ток, А	Ток отключения, кА	Тип	Коэффициент трансформации	Ток термической стойкости, кА	Тип	U _{ном} первичной обмотки, кВ	U _{ном} вторичной обмотки, кВ
1	Ячейка секционного разъединителя с выводом вправо	10,0	1250	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Ячейка секционного выключателя, вывод вправо	10,0	1250	EVOLIS	1250	20	ARJP	800/5	23,0	-	-	-
3, 4	Ячейка трансформатора напряжения	10,0	-	-	-	-	-	-	-	VRQ3n	10,0	0,1
7, 8	Ячейка кабельного вывода	10,0	1250	EVOLIS	1250	25	ARJP	800/5	20,0	-	-	-
9, 10	Ячейка шинного вывода	10,0	1600	EVOLIS	1600	31,5	ARJP	1000/5	20,0	-	-	-
13, 14	Ячейка трансформаторов напряжения	10,0	-	-	-	-	-	-	-	2*VRC1	10,0	0,1

Определим нагрузки собственных нужд и сведем в таблицу 2.12.

Таблица 2.12–Нагрузка собственных нужд РП 10 кВ для одной секции шин

Вид потребителя	Установленная мощность		cos φ	tg φ	Нагрузка	
	единицы, кВт×кол-во	всего, кВт			$P_{уст}$, кВт	$Q_{уст}$, квар
Подогрев релейного шкафа	1x1	1	1	0	1	,
Подогрев шкафов КРУ	1×7	7	1	0	7	-
Отопление, освещение, вентиляция РП 10 кВ	-	6	1	0	6	-
ИТОГО					14	0

Расчетная нагрузка при коэффициенте спроса, учитывающего коэффициенты одновременности и загрузки, $k_C = 0,8$:

$$S_{РАСЧ} = k_C \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2} = 0,8 \cdot \sqrt{14^2 + 0^2} = 11,2 \text{ кВА.}$$

Принимаем трансформатор ТСКС -16 кВА, предназначенный для установки в ячейках КРУ.

В РП -10 кВ применяют сборные шины прямоугольного сечения. Камеры КРУ комплектуются стандартными алюминиевыми шинами прямоугольного сечения марки АДО 60x3 мм²

$$I_{доп} = 870 \text{ А,}$$

2.4.2 Определение потокораспределения в сетях 10 кВ

Для проведения расчета потокораспределения принимаем, что между ее трансформаторами ТП мощность распределена равномерно.

При учете коэффициентов одновременности нагрузок трансформаторов [2]:

$$P_{л_CH} = k_{0_mp} \cdot \sum P_{ТП} \quad (2.24)$$

где $P_{ТП}$ - расчетная мощность трансформаторной подстанции, кВт.

Расчет приведен для головного участка магистральной сети от I секции источника питания до ТП1 (магистраль I на рис.2.5).

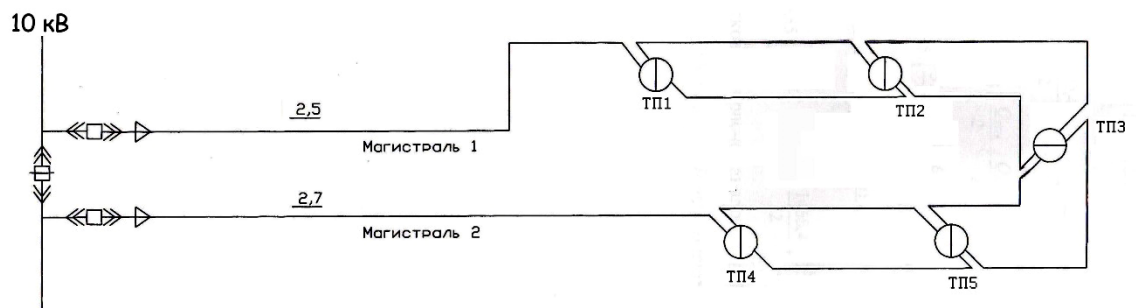


Рисунок 2.5–Принципиальная схема магистральной сети 10 кВ

$$P_{ин_ТП1} = 0,85 \cdot \left[\frac{P_{ТП1}}{2} + \frac{P_{ТП2}}{2} + \frac{P_{ТП3}}{2} + \frac{P_{ТП4}}{2} + \frac{P_{ТП5}}{2} \right] \quad (2.25)$$

$$P_{ин_ТП1} = 0,85 \cdot \left[\frac{3125}{2} + \frac{3125}{2} + \frac{1744,5}{2} + \frac{1447,4}{2} + \frac{3840}{2} \right] = 5644,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{ин_ТП1} = 0,85 \cdot \left[\frac{Q_{ТП1}}{2} + \frac{Q_{ТП2}}{2} + \frac{Q_{ТП3}}{2} + \frac{Q_{ТП4}}{2} + \frac{Q_{ТП5}}{2} \right] \quad (2.26)$$

$$Q_{ин_ТП1} = 0,85 \cdot \left[\frac{2343,5}{2} + \frac{2343,5}{2} + \frac{743,4}{2} + \frac{520}{2} + \frac{1843}{2} \right] = 3312 \text{ кВар};$$

$$S_{III_ТП1} = 0,85 \cdot \left[\frac{S_{ТП1}}{2} + \frac{S_{ТП2}}{2} + \frac{S_{ТП3}}{2} + \frac{S_{ТП4}}{2} + \frac{S_{ТП5}}{2} \right] \quad (2.27)$$

$$S_{III_ТП1} = 0,85 \cdot \left[\frac{3906}{2} + \frac{3906}{2} + \frac{1845,4}{2} + \frac{1552,2}{2} + \frac{4259}{2} \right] = 6574,1 \text{ кВА.}$$

Для других участков сети расчет аналогичен. Результаты заносим в таблицу 2.13.

Таблица 2.13 – Расчет участков сети

Магистраль 1: I секция

Линия	РП-ТП5	ТП5-ТП1	ТП1-ТП2	ТП2-ТП3	ТП3-ТП4
P, кВт	5644,79	4316,58	2988,59	2247,087	1631,95
Q, кВар	3311,98	231,2	1320,18	1004,2	783,278
S, кВА	6573,95	4898,798	3267,098	2461,28	1641,98

Магистраль 2: II секция

Линия	РП -ТП4	ТП4-ТП3	ТП3-ТП2	ТП2-ТП1	ТП1-ТП5
P, кВт	5644,79	4012,8	3397,6	2656,28	1328,098
Q, кВар	3311,98	2528,87	2307,89	1992	995,85
S, кВА	6573,949	4743,198	4107,278	3320,185	1660,085

2.4.3 Выбор сечения жил кабелей 10 кВ по экономической плотности тока

Произведем выбор экономически выгодного сечения по формуле:

$$F_{эк} = \frac{I_{нб}}{j_{эк}}, \quad (2.28)$$

где $I_{нб}$ - наибольший расчетный ток линии в нормальном режиме в, А;

$j_{эк}$ - экономическая плотность тока, А/мм², определяется по справочнику.

При числе часов использования максимальной нагрузки от 3000 до 5000 часов в год для кабелей марки Alsecure экономическая плотность тока равна 1,7 А/мм².

Рассчитываем ток для головного участка магистральной сети от I секции РП до ТП1:

$$I_{н0} = \frac{S_{ТП-ТП1}}{\sqrt{3} \cdot U_{н.о.м}} = \frac{6574,1}{\sqrt{3} \cdot 10} = 380 \text{ А};$$

$$F_{эк} = \frac{380}{1,7} = 223,5 \text{ мм}^2$$

Ближайшее стандартное сечение для кабелей Alcsecure N2XH — 240 мм², поэтому $F_{эк}=240 \text{ мм}^2$. Расчет $F_{эк}$ для других кабелей аналогичен. Результаты в таблице 2.14.

После этого выбранные сечения кабельных линий напряжением выше 1 кВ проверяем по допустимому нагреву кабельных линий в послеаварийном режиме, по допустимым потерям напряжения, а также на термическую стойкость к токам короткого замыкания.

Таблица 2.14 – Выбор сечения кабельных линий напряжением выше 1 кВ

Магистраль 1: I секция РП-ТП1

КЛ	РП -ТП5	ТП5-ТП1	ТП1-ТП2	ТП2-ТП3	ТП3-ТП4
S, кВА	6574,095	4898,789	3267,1	2461,3	1642,2
I, А	380,005	283,089	188,8	142,3	94,9
F, мм ²	223,5	166,486	111,025	83,684	55,789
F, мм ²	240,056	185,025	120,021	95,045	70,032

Магистраль2: II секция РП-ТП5

КЛ	РП -ТП4	ТП4-ТП3	ТП3-ТП2	ТП2-ТП1	ТП1-ТП5
S, кВА	6574,089	4743,187	4107,298	3320,189	1659,8
I, А	380,0012	274,1	237,389	191,875	95,889
F, мм ²	223,485	161,287	139,589	112,859	56,398
F, мм ²	239,958	184,985	150,0056	120,025	70,012

2.4.4 Проверка выбранных сечений жил кабелей 10 кВ по условию допустимого нагрева

Определяем самый тяжелый режим, когда происходит отключение одного из питающих головных кабелей от РП до ТП. По этому току производим проверку:

$$I_{н.р} = \frac{S_{ТП_ТП1}}{\sqrt{3} \cdot U_{н.ом}} = \frac{6574,1}{\sqrt{3} \cdot 10} = 380 \text{ А};$$

$$P_{ИП_ТП1_п/ав} = 0,8 \cdot [P_{ТП1} + P_{ТП2} + P_{ТП3} + P_{ТП4} + P_{ТП5}] \quad (2.29)$$

$$P_{ИП_ТП1_п/ав} = 0,8 \cdot [3125 + 3125 + 1744,5 + 1447,4 + 3840] = 10625,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{ИП_ТП1_п/ав} = 0,8 \cdot [Q_{ТП1} + Q_{ТП2} + Q_{ТП3} + Q_{ТП4} + Q_{ТП5}] \quad (2.30)$$

$$Q_{ИП_ТП1_п/ав} = 0,8 \cdot [2343,5 + 2343,5 + 743,4 + 520 + 1843] = 6234,7 \text{ кВар};$$

$$S_{ИП_ТП1_п/ав} = \sqrt{P_{ИП_ТП1_п/ав}^2 + Q_{ИП_ТП1_п/ав}^2} \quad (2.31)$$

$$S_{ИП_ТП1_п/ав} = \sqrt{P_{ИП_ТП1_п/ав}^2 + Q_{ИП_ТП1_п/ав}^2} = \sqrt{10625,5^2 + 6234,7^2} = 12319,6 \text{ кВА};$$

$$I_{н/ав} = \frac{S_{ИП_ТП1_п/ав}}{\sqrt{3} \cdot U_{н.ом}} = \frac{12319,6}{\sqrt{3} \cdot 10} = 712,1 \text{ А}.$$

Для $F_{эк} = 240 \text{ мм}^2$ по [3] выбираем $I_{доп.таб.} = 500 \text{ А}$.

Так как $I_{доп.п/ав} < I_{н/ав}$, то $F_{эк} = 240 \text{ мм}^2$ не удовлетворяет условию допустимого нагрева в послеаварийном режиме. Выполняем кабельную линию из трех однофазных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена сечением каждый $F_{эк} = 500 \text{ мм}^2$, $I_{доп.таб.} = 759 \text{ А}$.

Для других кабелей расчет аналогичен, результаты в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Результаты проверки по условию допустимого нагрева сечений жил кабелей 10 кВ

Магистраль 1: I секция РП-ТП1					
КЛ	РП -ТП5	ТП5-ТП1	ТП1-ТП2	ТП2-ТП3	ТП3-ТП4
$S_{нр}$, кВА	6574,1	4898,8	3267,1	2461,3	1642,2
$S_{п/а.р}$, кВА	12319,6	9221,3	6150	4633,1	3407,5
$I_{п/ав.р}$, А	712,1	533	355,5	267,8	197
$I_{доп}$, А	500	433	380	336	310
$I_{донн/ав.р}$, А	759	537	380	300	310
$F_{эк}$, мм ²	240	185	120	95	70
$F_{изм}$, мм ²	500	240	120	95	70
Магистраль 2: II секция ИП-ТП5					
КЛ	РП -ТП4	ТП4-ТП3	ТП3-ТП2	ТП2-ТП1	ТП1-ТП5
$S_{нр}$, кВА	6574,1	4743,2	4107,3	3320,2	1660
$S_{п/а.р}$, кВА	12319,6	8928,4	7731,5	6249,7	3124,9
$I_{п/ав.р}$, А	712,1	516	446,9	361,2	180,6
$I_{доп}$, А	500	466	416	380	310
$I_{донн/ав.р}$, А	759	537	466	380	310
$F_{эк}$, мм ²	240	185	150	120	70
$F_{изм}$, мм ²	500	240	185	120	70

Произведем унификацию сечений, когда в сети 10 кВ будем применять стандартные сечения 50.

2.4.5 Проверка выбранных сечений жил кабелей 10 кВ на термическую стойкость к токам короткого замыкания

Производим проверку кабелей по термической стойкости к токам короткого замыкания при КЗ в начале кабельной линии.

Допустимое значение тока короткого замыкания определяется в зависимости от сечения и материала жил и длительности прохождения тока короткого замыкания.

Расчетное значение тока короткого замыкания на шинах 10 кВ составляет 6,06 кА (из сведений к проектируемому объекту). Величина выдержки времени срабатывания защиты 0,5 с.

Пример расчета приведен для магистрали 1 (ИП-ТП1) (см. рис. 2.6).

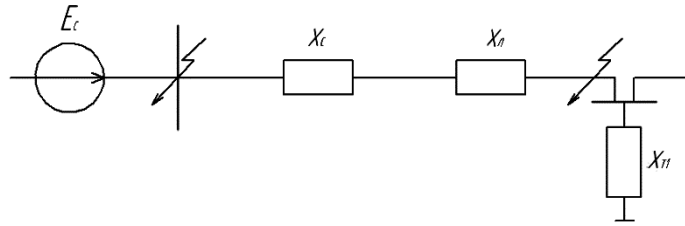


Рисунок 2.6 – Схема замещения участка ИП1 – ТП1

Суммарное сопротивление - $X_{\Sigma} = X_c + X_w + X_{mp-p} = 0,636 \text{ Ом}$.

Ток КЗ кабельной линии:

$$I_{кл} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{кл}^2 + (x_{\Sigma} + x_{кл})^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,2^2 + (0,636 + 0,32)^2}} = 6,21 \text{ кА}.$$

Производим расчет сечения кабельной линии:

$$F = \frac{I_{кз} \cdot \sqrt{t_{откл}}}{C} = \frac{6,21 \cdot \sqrt{0,4}}{80} = 49,09 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение – 50 мм^2 , по условию допустимого нагрева необходимое сечение 500 мм^2 , значит принимаем сечение 500 мм^2 .

Расчет для других кабелей аналогичен, результаты в таблице 2.16.

Проверяем шины на электродинамическую устойчивость.

Наибольшая сила (F), действующая на шину средней фазы (при расположении шин в одной плоскости), определяется по формуле:

$$F = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot i_{уд}^2 \cdot \frac{l}{a}, \quad (2.32)$$

где $i_{уд}$ - ударный ток при трехфазном коротком замыкании, А;

l – длина пролета между опорными изоляторами, м; $l=1,1 \text{ м}$;

a – расстояние между фазами, м, $a=0,25 \text{ м}$.

$$F = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot i_{уд}^2 \cdot \frac{l}{a} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot 24,1^2 \cdot 10^6 \cdot \frac{1,1}{0,25} = 442,64Н.$$

Изгибающий момент (М), созданный силой F, определяется как:

$$M = \frac{F \cdot l}{10} = \frac{442,64 \cdot 1,1}{10} = 48,69Н \cdot м. \quad (2.33)$$

При воздействии изгибающего момента в материале шин возникает напряжение $\sigma_{расч}$:

$$\sigma_{расч} = \frac{M}{W}, \quad (2.34)$$

где W- момент сопротивления шины, см²:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}, \quad (2.35)$$

где b- толщина шины, см; b=0,6 см;

h- ширина шины, см; h=6 см;

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,6 \cdot 6^2}{6} = 3,6см^3 = 3,6 \cdot 10^{-6} м^3.$$

$$\sigma_{расч} = \frac{M}{W} = \frac{48,69}{3,6 \cdot 10^{-6}} = 13,53 \cdot 10^6 Па = 13,53МПа.$$

Должно выполняться условие:

$$\sigma_{расч} \leq \sigma_{доп}, \quad (2.36)$$

где $\sigma_{\text{доп}}$ - механическое напряжение, допустимое в материале шины; $\sigma_{\text{доп}} = 40 \text{ МПа}$; $13,53 \text{ МПа} < 40 \text{ МПа}$. Условие выполняется.

2) Проверяем шины на термическую устойчивость.

Минимальное термически стойкое сечение шины определяется по формуле:

$$S_{\text{min}} = \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_n}}{C}, \quad (2.37)$$

где C – тепловая функция, $C=95 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$.

$$S_{\text{min}} = \frac{12000 \cdot \sqrt{0,75}}{95} = 109,4 \text{ мм}^2 < 360 \text{ мм}^2$$

Условие выполняется. $S_{\text{min}} \leq S_p$ (2.38)

Таблица 2.16

	линия	F , мм ²	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	l , км	$I_{\text{кз}}$, кА	$I_{\text{кз доп}}$, кА
Магистраль 1	РП-ТП5	500	0,051	0,0897	1,7	6,21	71,5
	РП-ТП5	240	0,0981	0,0987	0,092	5,3	34,3
	РП-ТП5	120	0,196	0,166	0,26	5,2	17,2
	РП-ТП5	95	0,246	0,112	1,26	5,0	13,6
	РП-ТП5	70	0,342	0,177	1,4	4,7	10,0
Магистраль 2	РП -ТП4	500	0,051	0,0897	2,0	6,21	71,5
	РП -ТП4	240	0,0981	0,0987	1,4	5,2	34,3
	РП -ТП4	185	0,128	0,103	1,26	5,0	26,5
	РП -ТП4	120	0,196	0,166	0,26	4,8	17,2
	РП -ТП4	70	0,342	0,177	0,092	4,64	10,0

2.4.6 Проверка выбранных сечений жил кабелей 10 кВ по допустимой потере напряжения

Проверка в сетях 10 кВ по допустимой потере напряжения производится аналогично сетям 0,38 кВ. Результаты расчета представлены в табл. 2.17 – 2.18.

Потери напряжения в сети 10 кВ не должны превышать 5% в нормальном режиме работы.

Таблица 2.17–Результаты расчета потерь напряжения в сети 10 кВ в нормальном режиме работы

	КЛ	F , мм ²	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	l , км	P , кВт	Q , квар	ΔU , В	ΔU , %	ΔU_s , %
Магистраль 1	РП-ТП5	500	0,051	0,0897	1,7	5644,8	3312	99	1	3,08
	РП -ТП5	240	0,0981	0,0987	0,092	4316,7	2316,2	6	0,06	
	РП -ТП5	120	0,196	0,166	0,26	2988,5	1320,2	21	0,21	
	РП -ТП5	95	0,246	0,112	1,26	2247,1	1004,2	84	0,84	
	РП -ТП5	70	0,342	0,177	1,4	1632	783,3	97	0,97	
Магистраль 2	РП -ТП4	500	0,051	0,0897	2,0	5644,8	3312	99	1	3,02
	РП -ТП4	240	0,0981	0,0987	1,4	4012,8	2528,9	90	0,9	
	РП -ТП4	185	0,128	0,103	1,26	3397,6	2307,9	84	0,84	
	РП -ТП4	120	0,196	0,166	0,26	2656,3	1992	22	0,22	
	РП -ТП4	70	0,342	0,177	0,092	1328,1	996	6	0,06	

Таблица 2.18–Результаты расчета потерь напряжения в сети 10 кВ в послеаварийном режиме работы

	КЛ	F , мм ²	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	l , км	P , кВт	Q , квар	ΔU , В	ΔU , %	ΔU_s , %
Магистраль 1	РП -ТП5	500	0,051	0,0897	1,8	10625,5	6234,7	187	1,87	5,78
	РП -ТП5	240	0,0981	0,0987	0,089	8125,5	4359,9	11	0,11	
	РП -ТП5	120	0,196	0,166	0,21	5625,5	2485,1	40	0,4	
	РП -ТП5	95	0,246	0,112	1,258	4230	1890,4	157	1,57	
	РП -ТП5	70	0,342	0,177	1,385	3072	1474,4	183	1,83	
Магистраль 2	РП -ТП4	500	0,051	0,0897	2,005	10625,5	6234,7	187	1,87	5,69
	РП -ТП4	240	0,0981	0,0987	1,389	7553,5	4760,3	170	1,7	
	РП -ТП4	185	0,128	0,103	1,259	6395,6	4344,3	160	1,6	
	РП -ТП4	120	0,196	0,166	0,259	5000	3749,6	41	0,41	
	РП -ТП4	70	0,342	0,177	0,0918	2500	1874,8	11	0,11	

3 Охрана труда. Расчет молниезащиты 17-этажного дома

При обслуживании электроустановок серьезным вопросом является возможность попадания обслуживающего персонала под напряжение, под напряжение опасное для жизни человека. Для этого проводятся технические и организационные мероприятия.

Защитные средства делятся на основные и дополнительные.

Основные защитные средства обладают изоляцией, способной выдерживать рабочее напряжение электрической установки в течение длительного времени, и поэтому разрешается касаться их токоведущих частей.

Основные электрозащитные средства испытываются повышенным напряжением, значение которого зависит от рабочего напряжения электрической установки, в которой они используются.

Основные электрозащитные средства:

- изолирующие штанги;
- изолирующие клещи;
- диэлектрические перчатки;
- инструменты с изолирующими рукоятками;
- указатели напряжения.

Дополнительные средства только усиливают защитные действия основных изолирующих средств.

Их испытывают повышенным напряжением, которое не зависит от рабочего напряжения.

Дополнительные электрозащитные средства:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические резиновые коврики;
- изолирующие подставки;

Правила применения защитных средств:

- 1) испытание защитных средств происходит при напряжении, которое не выше предназначенного;
- 2) защитные средства рекомендуется использовать в сухую погоду;
- 3) если срок очередного испытания средств истёк, то они запрещены к применению;
- 4) защитные средства обязательно проверяют на целостность перед их использованием.

В общественных зданиях устанавливается сприклерная система пожаротушения, которая приводится в действие пожарной автоматикой по показаниям датчиков.

Проект молниезащиты жилого 17-тиэтажного дома выполняем в соответствии с Инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений СО – 153-34.21.122-2003.

17-тиэтажный дом относится ко II-му уровню надежности защиты.

Защита от прямых ударов молнии зданий, которая относится ко II категории, выполняется неизолированными тросовыми или стержневыми молниеотводами.

Вторичное действие молнии – это явление наведения потенциалов на элементах оборудования, в металлических незамкнутых контурах, вызванное близкими разрядами молнии.

Внесение высокого потенциала – это явление перенесения в само здание или сооружение по длинным металлическим коммуникациям (подземным и наземным трубопроводам, кабелям и т.п.)

Молниезащита жилых зданий – это устройство, состоящее из комплекса элементов, предназначенных для от грозового электричества, которое позволяет снизить это действие.

Средства подразделяются:

- на классические;
- молниезащиты с упреждающей стримерной эмиссией по NFC 17-102.

3.1 Средства молниезащиты с упреждающей стримерной эмиссией

Для многоквартирных зданий молниезащита от прямого удара молнии выполняется для всего здания, а не для отдельной квартиры. Защита от импульсов перенапряжений и вторичных проявлений молнии в сетях для квартир, в которых много микропроцессорных устройств и электроники, должна предусматриваться для каждой квартиры повышенной комфортности.

Во время грозы вокруг молниеприемника образуется облако ионизации. Это явление и используется в принципе действия активной молниезащиты. Требуется наличие первичных электронов на верхнем конце стержня для обеспечения оптимальных условий для восходящего разряда. Испускаемые в виде плазмы электроны должны способствовать образованию восходящего разряда, т.е. ионизированная плазма должна совпадать по фазе с восходящим электрическим полем на уровне земли.

Так обустроена защита с упреждающей стримерной эмиссией. Ионизатор заряжается при появлении под действием градиента поля напряженности электромагнитного поля между землей и грозовым облаком. С приближением «нисходящего лидера» напряженность увеличивается, так как напряженность электрического поля между грозовым облаком и поверхностью земли достигнет критического значения. При этом для прохода грозового заряда к молниеприёмнику появляется канал, а в результате в пределах его расчетной зоны защиты)молния будет «притянута» к молниеприёмнику.

Молниеприемник является полностью автономной системой, становится активным, только когда возникает реальная угроза удара молнии, не требует внешнего источника электропитания и технического обслуживания.

Принципиальная электрическая схема молниезащиты с упреждающей стримерной эмиссией приведена на рисунке 3.1. Головка молниеприемника состоит из корпуса и стержня, которые являются одновременно электродом,

собирающим электрический заряд из электрического поля U грозовой тучи (или нисходящего лидера), - в приведенной схеме это конденсатор C_a .

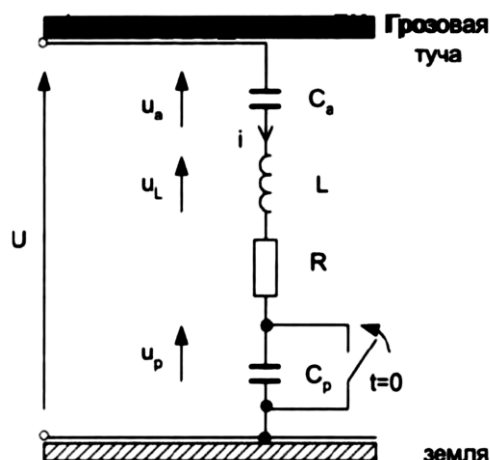


Рисунок 3.1– Электрическая схема молниезащиты с упреждающей стримерной эмиссией

Внутри корпуса находится специальная катушка с высокой индуктивностью (порядка несколько Генри) - на схеме это узел индуктивно-резисторный L-R. С катушкой последовательно соединен разрядник с емкостью C_p .

Первая фаза - зарождение (появление) нижнего лидера.

При приближении грозового фронта возрастает напряженность поля у поверхности земли, что приводит к наведению на антеннах молниеприемника напряжения, которым заряжается конденсатор C_p до максимального напряжения U_p (порядка 10-30 кВ). Разряд разрядника приводит к переключению тока через катушку. На стержне головки появляется (индуцируется) напряжение, величина которого почти в два раза может превышать величину, появляющуюся в случае применения классической системы.

Вторая фаза - переключив ток молнии.

При достижении напряжения на конденсаторах 10-30 кВ происходит пробой разрядников и формирование короткого импульса величиной более 200 кВ. Полярность импульса противоположна полярности грозового фронта.

Импульс создает ионизированный канал (обратный разряд) для направления молнии в молниеприемник. Этот ионизированный канал условно увеличивает действующую высоту молниеприемника, не зависящую от полярности грозового разряда, и многократно расширяет зону его защиты.

3.2 Активная молниезащита Duval-Messien

Фирма Duval-Messien специализируется на разработке, производстве и поставках по всему миру высокотехнологичных интеллектуальных средств эффективной защиты от молний. Средства Duval-Messien позволяют заранее выявить приближения грозы, оценить степень мощности удара молнии, а также надёжно и эффективно защитить здание от удара молнии. SATELIT 3 – это активный молниеотвод с фотоэлектрическим элементом. Он создан с использованием многолетнего опыта по созданию элементов активной и пассивной молниезащиты фирмой DUVAL-MESSIEN, Франция.

Основная задача, выполняемая Satelit3, - быстрый прием разряда, т.е. ранний эмиттер стримера (ESE). Пассивные системы молниезащиты ждут, когда в них ударит молния. Активная молниезащита обнаруживает ее возможность заранее и не допускает разряда не через молниеотвод - принуждает разряду пройти через молниеотвод. Система Satelit3 следит непрерывно за процессом, быстро вмешивается в него и активно защищает объект. За счет управляемого заряда большого потенциала противоположной полярности система позволяет получить разряд на молниеотвод значительно раньше и довольно эффективно уменьшить вероятность разряда молнии.

По сравнению с другими системами активной молниезащиты SATELIT 3 имеет преимущества:

- внутренне возбуждение высокого напряжения на игле молниеотвода происходит непосредственно в начале процесса молниеобразования,

- гибкие фотоэлементы и батареи для подзарядки собственного аккумулятора питания обеспечивают полную автономность SATELIT 3 от внешних источников питания

- система обнаружения изменения электростатического поля и определения полярности.

Работает молниеотвод следующим образом:

А) нормальное состояние:

расположенные на корпусе SATELI батареи постоянно подзаряжают внутреннюю аккумуляторную Ni-MH. Фотоэлементы, контроллер и датчик напряжённости и полярности электрического поля питаются от этой батареи. Диагностический пульт TELEST 3 получает данные о нормальном состоянии.

(Б) начало процесса:

при повышении напряжённости электрического поля фотоэлектрические датчики молний и атмосферного электрического поля возбуждают цепь контроля полярности. Контроллер возбуждает преобразователь высокого напряжения. Преобразователь заряжает кончик иглы молниеотвода до потенциала 35 ~ 45KV. Это приводит к высокой ионизации воздуха вокруг конца молниеотвода.

(Г) вспышка и разряд молнии через молниеотвод:

в самом начале вспышки во время удара молнии в молниеотвод прекращается операция Б. Подавляющее большинство в радиусе защиты молний захватываются и отводятся в землю. Внутренние элементы SATELI 3 не связаны с заземлением, поэтому не будут поражены молнией и выведены из строя.

После уменьшения электростатического поля система автоматически дезактивируется в течение 45 мин.

При повторном появлении молнии система сработает снова.

Устройство SATELIT 3:

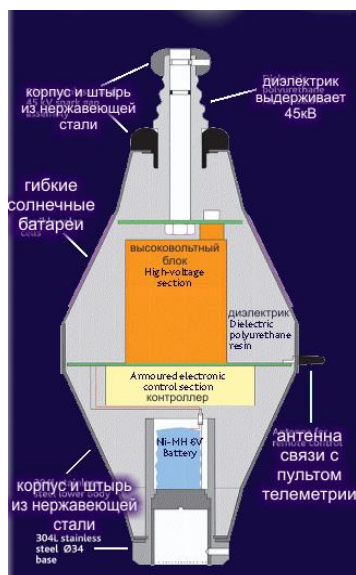


Рисунок 3.2–SATELIT 3

Игла, корпус и гнездо разряда выполнены из нержавеющей стали. В конструкции используется нержавеющая сталь марки 304 L. Компоненты электронной схемы расположены внутри SATELIT 3 корпуса. Компоненты защищены от воздействия окружающей среды и старения наилучшим способом по современной технологии.

Молниеотвод Satelit3 после получения очередного сигнала отвечает автоматическим ответным сигналом. После подтверждения работоспособности молниеотвода Ответный сигнал контроллером формируется и кодируется. Несколько молниеотводов обмениваются данными. Каждый молниеотвод имеет уникальный номер изделия. Связь происходит через внешнюю антенну в диапазоне FM, частота 433MHz.

Когда образуется молния, напряженность электрического поля у поверхности земли увеличивается с приближением нисходящего лидера. Когда напряженность достигает уровня от 50 до 100 кВ/м, явление короны, которое естественным образом образуется в самой верхней точке каждого высокого здания, порождает разряды (восходящие лидеры), которые направлены в сторону облака.

Ионизированный путь, в который распространяется ток молнии, и его положение определяется таким образом, когда восходящий лидер встречает

ближайшего нисходящего лидера из облака. И чем быстрее восходящий лидер (восходящий разряд) отделяется от громоотвода, чтобы двигаться к облаку, тем быстрее он приближается к нисходящему лидеру. Соответственно, существует большая вероятность того, что этот восходящий лидер встретится с нисходящим раньше, чем другие восходящие лидеры, которые исходят из других высоких точек. Поэтому начальная точка первого восходящего лидера определяет точку, в которой будет направлен удар молнии. Молниеотвод с упреждающим излучением стримера служит именно для обеспечения оптимальных условий и возможности для образования этого восходящего разряда.

3.3. Расчет зоны молниезащиты

При высоте от наивысшей точки молниеприемника до верха защищаемого здания $h_x \geq 5$ м радиус охраняемой зоны R_p рассчитывается в соответствии с требованиями стандарта NFC 17-102.

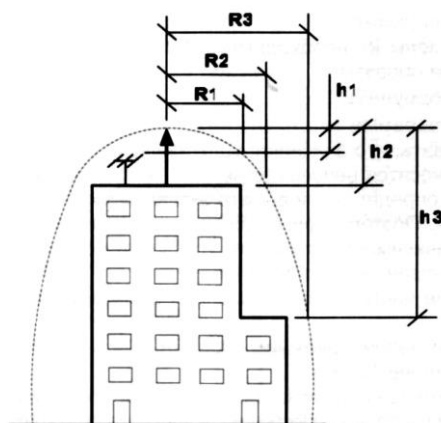


Рисунок 3.3 – Определение зоны действия молниезащиты

1. ΔL – собственный параметр молниеприемной головки
2. N_p – уровень молниезащиты (I, II, III, IV)

3. $h(m)$ – высота установки молниеприемника (расстояние от кончика молниеприемника до защищаемого объекта), м

4. R_p – радиус защиты молниеприемника на плоскости, находящееся ниже вершины молниеприемника на значение $h(m)$

В общем случае, радиус защиты одиночного активного молниеприемника может быть рассчитан по формулам (согласно NFC 17-102):

$$R_p(h) = \sqrt{2rh - h^2 + \Delta L(2r + \Delta L)} \text{ для } h \geq 5\text{м};$$

$R_p(h)$ (м) - Радиус защиты для данной высоты h (рисунок 3.4)

h (м) - Высота наконечника молниеприемника относительно горизонтальной плоскости, которая проходит через наивысшую точку объекта, подлежащего защите.

r (м) = 30 м для уровня защиты II

ΔL (м) = $\Delta T \times 106$.

R_p (m) $h(m)$ / N_p	$(\Delta L: 30\text{m})$				$(\Delta L: 45\text{m})$				$(\Delta L: 60\text{m})$			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
2	19	22	25	28	25	28	32	36	31	35	39	43
4	38	44	51	57	51	57	65	72	63	69	78	85
5	48	55	63	71	63	71	81	89	79	89	97	107
6	48	55	64	72	63	71	81	90	79	87	97	107
8	49	55	65	73	64	72	82	91	79	87	98	108
10	49	56	66	75	64	72	83	92	79	88	99	109
20	50	57	71	81	65	74	86	97	80	89	102	113
30	50	59	73	85	65	75	89	101	80	90	104	116
60	50	60	75	90	65	75	90	105	80	90	105	120

Рисунок 3.4 – Определение радиуса защиты

Рисунок 3.4 взят из [18].

Самым важным элементом расчета в молниеотводе является радиус защиты. Он зависит от уровня и значения ΔT .

Расчёт радиуса защиты: $R_p = (h(2D - h) + \Delta L$

$(2D + \Delta L))^{0,5}$ эквивалент 1.

h (м): фактическая высота молниеуловителя над защищенной поверхностью.

D (м): стандартная дистанция возможного удара молнии $D = 20$ м (уровень 1), 30

м (уровень 2), 45 м (уровень 3) или 60 м (уровень 4).

ΔL (м): время заблаговременного запуска ΔT , измеряемое на испытаниях при определении КПД, как показано в Дополнении С стандарта NFC 17 102, в котором значение ΔT выводится из формулы $\Delta L = V \cdot \Delta T$, $V = 106$ м/с из стандарта NFC 17 102.

Рассчитываем уровень-2: согласно Дополнению В стандарта NFC 17 102

для $D = 30$ м, $\Delta L = 60$ м, $h = 6$ м, из эквивалента 1, то $R_p = 87$ м.

Заключение

В выпускной квалификационной работе произведен расчет электроснабжения района Ива города Перми.

Рассматриваемая выпускная квалификационная работа полностью соответствует действующим стандартам, каталогам, инструкциям, руководящим указаниям, правилам технической эксплуатации и правилам техники безопасности. Решения выпускной квалификационной работы соответствуют прогрессивным тенденциям в практике проектирования систем электроснабжения городских потребителей.

По удельным нагрузкам определены расчетные нагрузки жилых и общественных зданий данного микрорайона. Общая расчетная нагрузка составила 24482 кВА.

Для наружного освещения выбраны светильники типа CitySoul (Philips), а также источники света SON-T PRO (Philips).

По расчетным нагрузкам зданий была определена расчетная мощность на шинах ТП 0,38 кВ, выбрано оптимальное число и мощность силовых трансформаторов для каждой ТП, а также определено месторасположение каждой ТП. Для установки выбраны сухие трансформаторы 10/0,4 кВ серии «Trihal» фирмы «Schneider Electric».

Выбрана схема распределительной сети: на 10 кВ – двухлучевая магистральная схема, обеспечивающая двухстороннее питание каждой ТП, на 0,38 кВ – радиальная для потребителей. Распределительная сеть 10 кВ выполнена кабелем Alcsecure N2XH.

Внутридомовая сеть выполнена проводами ВВГнг-LS.

Для проверки параметров оборудования ТП рассчитаны токи КЗ.

Выбрана коммутационно-защитная аппаратура.

Рассчитана молниезащита 17-тиэтажного здания. Применена активная молниезащита с упреждающей стримерной эмиссией. Стержневой молниеотвод Satelit3 производства французской компании Duval-Messien.

Список используемых источников

1. Федеральный закон "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 N 35-ФЗ
2. Приказ Минэнерго России от 13.01.2003 N 6 "Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей" (Зарегистрировано в Минюсте России 22.01.2003 N 4145)
3. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок от 24.07.2013 N 328н. с изменениями, внесены на основании приказа Минтруда России от 19.02.2016 N 74н.
4. Правила устройства электроустановок. 7-ое изд., переработанное и дополненное. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 692 с.
5. СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
6. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей.
7. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.
8. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М.Кнорринг, И.М. Фадин, В.Н. Сидоров – 2-е. изд., перераб. и доп. СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ние, 1992. – 448 с.: ил.
9. Техническое описание КЛВЕ 674833. ООО «КРУЭЛТА» Комплектные трансформаторные подстанции модульные типа СКР мощностью до 2500кВА, на номинальное напряжение 6(10)/0,4кВ. 2007.
10. Каталог – лампы. Philips. 2003.
11. Правила устройства электроустановок (ПУЭ): 7-е изд. М.: НЦ ЭНАС, 2004.-600 с.
12. Техническая коллекция. Сухой трансформатор с литой изоляцией Trihal. Schneider Electric. 2007.

13. Сборник технической информации для проектирования. Выпуск 3. Комплектные трансформаторные и распределительные подстанции блочные в железобетонной оболочке. Трансформер. 2009.

14. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. Под ред. Рокотян С.С. и Шапиро И.М. – 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1985 г. 352 с.

15. Электротехнический справочник: В3 т. Т.3. 2 кн. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии/Под общ. ред. профессоров МЭИ. М.: Энергоатомиздат, 1988 г.

16. Каталог продукции. Кабели. УНКОМТЕХ. 2012.

17. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений и промышленных коммуникаций [Текст]./Базелян Э.М., Берлина Н.С., Борисов Р.К., Колечицкий Е.Г., Максимов, Б.К., Портнов Э.Л., Соколов С.А., Хлапов А.В. М.: Издательство МЭИ, 2003.82 с.

18. Техническая информация. Устройства комплектные распределительные серии «Nexima». Ишлейский завод высоковольтной аппаратуры.

19. Компоненты и технологии №8. Новая технология Unicore для изготовления магнитопроводов. 2006.

20. Электроснабжение объектов. Ч. 2. Расчет токов короткого замыкания в электроустановках до 1000 В: учебное пособие/ А.В. Кабышев. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2009. 168 с.

21. Каталог оборудования. Системы автоматизации, кондиционирования воздуха и отопления (HVAC). Johnson Controls. 2011.

22. Рекомендации по проектированию автоматического управления освещением в зданиях с помощью датчиков присутствия, датчиков движения и датчиков освещенности в проектах систем освещения для экономии электроэнергии. ООО «ИЗИЛЮКС РУС». 2012.

23. ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности требования к проведению контроля на рабочих местах».

24. СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

25. Яхонтова О. Электроснабжение и электропотребление в строительстве: учебное пособие / О. Яхонтова, Л. Валенкевич, Я. Рутгайзер. - СПб.: Лань, 2012. 512 с.

26. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений / Т.В. Анчарова, Е.Д. Стебунова, М.А. Рашевская. Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. 416 с.

27. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие / Э.А. Киреева. М.: КноРус, 2013. 368 с.

28. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий / Э.А. Киреева. М.: КноРус, 2013. 368 с.

29. Коробов Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование / Г.В. Коробов. – СПб.: Лань, 2011. 192 с.

30. Коробов Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование / Г.В. Коробов. – СПб.: Лань, 2014. 192 с.

31. Кудрин Б.И. Электроснабжение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Б.И. Кудрин. – М.: ИЦ Академия, 2012. – 352 с.

32. Кудрин Б.И. Электроснабжение потребителей и режимы: Учебное пособие / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина. М.: МЭИ, 2013. 412 с.

33. Лещинская Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. М.: КолосС, 2008. 655 с.

34. Рождествина А.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий (для бакалавров)/А.А. Рождествина. М.: КноРус, 2013. 368 с.

35. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение: учебное пособие /Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. М.: РадиоСофт, 2013. 328 с.

36. Щербаков Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: Учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. М.: Форум, 2012. 496 с.

37. Янукович Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое и дипломное проектирование: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства»/ Г.И. Янукович и до. Мн.: ИВЦ Минфина, 2013. 448 с.

38. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: Учебное пособие / Н.В. Грунтович. М.: Инфра-М, 2018. 396 с.