

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Г.Н.Чистяков

подпись

инициалы, фамилия

«_____» _____ 2018г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование специальности)

Электроснабжение жилого дома г.Абакан, ул.Дружбы Народов, 43 А
тема

Руководитель

подпись, дата

доцент каф. ЭЭ,к.т.н.Е.В.Платонова

должность, ученая степень,инициалы , фамилия

Выпускник

подпись, дата

Д.М. Попов

инициалы , фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2018г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Характеристика объекта проектирования	8
2 Расчет электрических нагрузок жилого дома	12
3 Выбор источника питания дома	16
4 Выбор питающих линий ТП-846	20
5 Проектирование внутренней системы электроснабжения по подъездам и этажам.....	27
6 Расчет освещения	35
7 Конструктивное исполнение электрической сети дома.....	39
8 Заземление, система уравнивания потенциалов и молниезащита	41
8.1 Заземление и система уравнивания потенциалов	41
8.2 Молниезащита	43
9 Выбор системы защиты	45
9.1 Расчет токов короткого замыкания	45
9.2 Проверка выбранных автоматов защиты и дифференциальных автоматов 0,4 кВ.....	51
10 Оценка качества напряжения от ТП до самого удаленного потребителя дома.....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	61

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование электроснабжения жилых домов требует к себе самого серьёзного подхода. Количество и мощности используемых в электросети приборов постоянно растёт, как и желание жильцов чувствовать себя в комфорте и удобстве, ведь электроснабжение сегодня это не только освещение, но и залог нормального функционирования всех прочих систем жизнеобеспечения. Поэтому все проектные работы должны производиться только специалистами, которые могут гарантировать не только надлежащие условия эксплуатации здания, но и его безопасность.

Помимо функционирования электрических систем в непосредственно жилых помещениях, важную роль в проектировании электроснабжения играют лифты, системы вентиляции, дымоудаления и подъёмники. Без хорошей работы этого оборудования нормальная жизнь в таких зданиях просто невозможна

Проект электроснабжения жилого здания должен быть, как правило, индивидуальным. Связано это с различными типами домов, так как электроснабжение монолитного дома от кирпичного серьёзно отличается. В монолитных домах изменение проводки является делом очень хлопотным и сложным, поэтому важно заранее всё грамотно распределить и предусмотреть с расположением розеток и выключателей. Ещё один немаловажный момент – необходимость предусмотреть защитные меры безопасности (устройства защитного отключения в сетях и система уравнивания потенциалов).

В современных условиях в жилых зданиях, помимо собственно жилой зоны, размещается и множество помещений общественного назначения – гаражи, магазины, предприятия общественного питания, развлекательные центры и пр. В этих условиях очень сложно развести множество кабелей, питающих эти объекты. Таким образом, необходимо обратить внимание архитекторов на то, что уже на стадии проектирования эти требования должны быть уч-

тены и должны быть выделены необходимые площади для размещения электрооборудования.

Разумеется, выделение дополнительных помещений не выгодно заказчику. Кроме того, трудности при выполнении требований по независимому питанию каждого пожарного отсека вызывает еще и то обстоятельство, что в этом случае требуется применять пожаростойкие (огнестойкие) кабели, которые должны быть проложены в выделенных каналах.

В современных условиях в жилых домах применяются кабели, не поддерживающие горение. Для электроснабжения потребителей особой группы первой категории применяется кабель огнестойкий типа FR. Органы пожарного надзора не высказывают существенных возражений против этого. С точки зрения электроснабжения ими было выдвинуто лишь требование об обязательной установке устройств защитного отключения (УЗО) на линиях.

В нормативных документах закреплено требование, согласно которому для любой подстанции обязательно наличие двух трансформаторов.

В нормативных документах не указано, каким образом должна определяться нагрузка на систему электроснабжения пятиэтажного дома. Есть ссылки на СП 31–110–2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий», однако этот свод правил касается муниципальных жилых домов, а различия технических решений подобных зданий и технических решений пятиэтажных домов достаточно существенные. Например, в указанном СП записано, что нагрузка на освещение коридоров, лестничных клеток и т. п. входит в состав нагрузки жилых квартир. Такая же ситуация складывается и при определении состава силового оборудования. Согласно СП, силовое оборудование включает в себя только лифты и систему вентиляции.

1 Характеристика объекта проектирования

В выпускной квалификационной работе рассматривается дом по адресу: г. Абакан, ул. Др. Народов, 43 А - многоквартирный жилой дом из 14-ти блок-секций со встроено-пристроенными помещениями в цокольном и первом этажах. Под цокольным этажом расположена автостоянка на 98 автомашин.

Конструктивная схема жилого дома – несущие поперечные стены из кирпича, колонны, диафрагмы жесткости. Фундаменты монолитные столбчатые и сборные железобетонные блоки толщиной 600 мм. Перекрытия – сборные плиты пустотные с выпусками арматуры и монолитные железобетонные.

Основные электропотребители – освещение, вентиляция, бытовые электроприборы и розетки.

Общий план здания по осям представлен на рисунке 1.1.

Дом имеет 14 подъездов, 5 этажей, 314 квартир. Однокомнатных – 152 шт., двухкомнатных – 80 шт., трехкомнатных – 76 шт.

В состав рядовой блок-секции I очереди входят пятнадцать 1-комнатных квартир общей площадью 38,6 кв. м., пятнадцать 1-комнатных квартир общей площадью 39,3 кв. м., пятнадцать 1-комнатных квартир общей площадью 45,8 кв. м., три 1-комнатных квартир общей площадью 45,99 кв. м., пятнадцать 1-комнатных квартир общей площадью 50,1 кв. м., пятнадцать 1-комнатных квартир общей площадью 50,9 кв. м., двенадцать 1-комнатных квартир общей площадью 66,1 кв. м.

В состав угловой блок-секции I очереди входят четыре 2х-комнатных квартир общей площадью 77,84 кв. м., четыре 2х-комнатных квартир общей площадью 70,39 кв. м., четыре 2х-комнатны квартир общей площадью 73,3 кв. м., четыре 3х-комнатных квартир общей площадью 81,1 кв. м.

В состав жилых этажей II очереди входят пять 1-комнатных квартир общей площадью 43,0 кв. м., пять 1-комнатных квартир общей площадью 44,6 кв. м., пять 1-комнатных квартир общей площадью 32,3 кв. м., пять 2х-

комнатных квартир общей площадью 69,9 кв. м., пять 3х-комнатных квартир общей площадью 77,2 кв. м.

Нежилых помещений общественного назначения (1-ый этаж) составляет 280,7 кв.м. Нежилых помещений подвального этажа -330,6 кв.м., в том числе автостоянка на 5 автомашин -191,3 кв.м.

Нежилые помещения подвального этажа: Помещение бытового обслуживания общей площадью 253,8 кв.м. – 1шт. Помещение бытового обслуживания общей площадью 285,5 кв.м. – 2шт.

В подвальной части размещены помещения бытового обслуживания и узел управления. Общая площадь помещения бытового обслуживания 239,15 кв.м (II очередь).

Угловые блок-секции №1-5 и подвальные помещения запроектированы на основе модифицированной документации блок-секций.

Рядовые блок-секции № 6-14 на отметке выше + 0.000 и подвальные помещения запроектированы на основе модифицированной документации блок-секций.

Рядовые блок-секции представляют собой 5-и этажное кирпичное здание с подвальным этажом, размерами в плане по осям 24x14,4 м. Высота 1-5 этажей — 2,8 м, высота подвала — 2,7 м.

Угловая блок-секция представляет собой 5-и этажное кирпичное здание со стоянкой в подвальном этаже, 2-5 этажи — жилые, 1 этаж — нежилые,офисы, размерами в плане по осям 21,89x21,89 м. Высота 2-7 этажей — 2,8 м, высота подвала — 2,7 м.

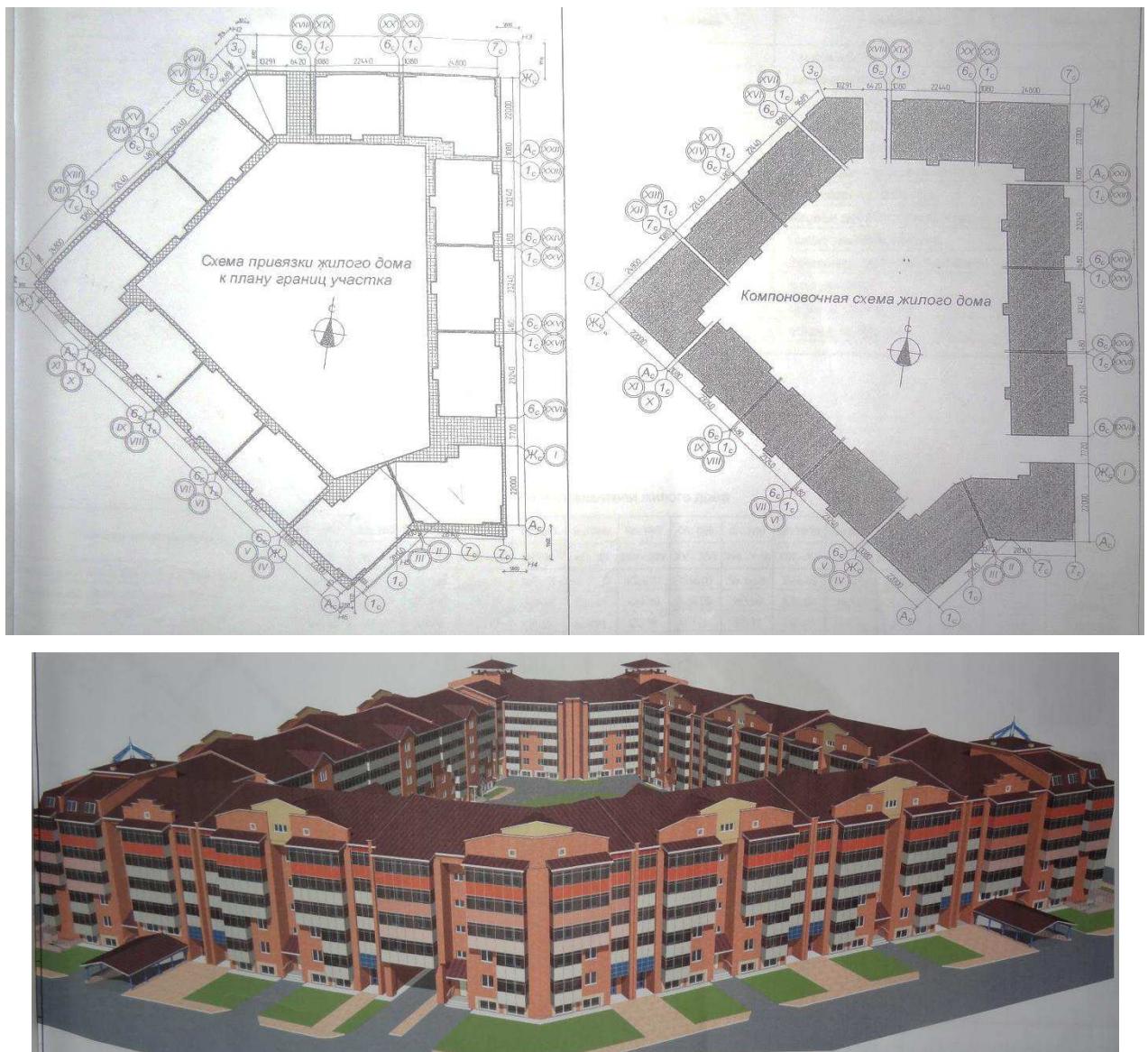


Рисунок 1.1 – Общий план здания по осям

В рядовых блок-секциях расположены однокомнатные, двухкомнатные, трехкомнатные квартиры. За отм. 0.000 принята отметка чистого пола первого этажа и соответствует отметке 247.00 по генплану.

В подвалах жилого дома в блок-секциях №6-14 размещены узлы управления и учета. Вход в узлы учета и управления обособленные. В подвале блок-секций №1-5 размещена автостоянка, поэтому между подвалом и жилыми этажами запроектирован нежилой этаж, офисы, со 2-го по 5-ый этажи - жилые помещения.

Таблица 1.1 – Основные технико-экономические показатели жилого дома

Название показателя	Показатель
Строительный объем здания (в т.ч. ниже 0,000), м ³	122691,06
Строительный объем здания ниже 0,000, м ³	34260,03
Площадь застройки, м ²	7099,83
Площадь крылец и других выступающих частей здания, м ²	635,93
Общая площадь квартир, м ²	20954,96
Общая площадь помещений общественного назначения, м ²	4264,91

5-ти этажному жилому дому с электроплитами и количеством квартир более 8-ми присваивается группа потребителя II категории (таблица 5.1 СП 31-110-2003). В соответствии с ПУЭ ко второй категории надёжности электроснабжения потребителей относят те электроприемники, перерыв в работе которых может привести к значительному снижению отпуска производимых потребителем товаров, имеющим место в связи с этим незанятостью персонала, простоем производственного оборудования или же может оказаться на нормальной жизнедеятельности большого количества граждан.

Также как для первой категории, для второй категории надежности необходимо резервирование источников питания. Т.е. энергоснабжение электроприемников 2 категории надежности электроснабжения необходимо осуществлять от двух независимых источников питания. При нарушении энергоснабжения от одного источника питания допустимо временное отсутствие электроснабжения на время переключения на резервный источник оперативным персоналом или же выездной бригадой электросетей.

Лифтов в доме не имеется, т.к. высота дома не превышает 11 метров.

2 Расчет электрических нагрузок жилого дома

Расчет электрических нагрузок 314-квартирного жилого дома произведем согласно СП 31-110-2003 "Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий" и РД34.20.185-94 "Инструкция по проектированию городских электрических сетей".

Расчетная нагрузка квартир, приведенная к вводу жилого дома, линии или к шинам напряжения 0,4кВ трансформаторной подстанции определяется [31]:

$$P_{\text{кв.}} = P_{\text{кв.уд.}} \cdot n, \quad (2.1)$$

где $P_{\text{кв.уд.}}$ - удельная расчетная нагрузка электроприемников квартир, принимаемая в зависимости от типа принимаемых кухонных плит и количества квартир, при соединенных к вводу жилого дома: кВт/кв.;

n - количество квартир, присоединенных к линии трансформаторной подстанции (ТП).

Удельные электрические нагрузки установлены с учетом того, что расчетная неравномерность нагрузки при распределении ее по фазам трехфазных линий и вводов не превышает 15%.

Коэффициент спроса при количестве квартир равном 314 и наличии электроплит $K_c = 0,8$ для квартиры мощностью до 14 кВт.

В секциях с 1 по 6 – 140 квартир, в секциях с 7 по 14 – 174 квартиры. ВРУ-1 питает с 1 по 6 секций (140 квартир), ВРУ-2 питает с 7 по 10 секции дома (112 квартир), а ВРУ-3 питает с 11 по 14 секции (62 квартиры).

Квартиры считаются без повышенной комфортности. Установленная мощность [14] для одной квартиры составляет $P = 1,36$ кВт для ВРУ-1, ВРУ-2 и ВРУ-3 $P = 1,7$ кВт. Таким образом,

$$P_{\text{кв.уд.1}} = 1,36 \text{ кВт}; P_{\text{кв.уд.2}} = 1,5 \text{ кВт}; P_{\text{кв.уд.3}} = 1,7 \text{ кВт}.$$

По дому в целом для квартир

$$P_{\text{кв1}} = n_1 P_{\text{кв.уд.1}} = 140 \times 1,36 = 190,4 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{кв2}} = n_2 P_{\text{кв.уд.2}} = 112 \times 1,5 = 168 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{кв3}} = n_3 P_{\text{кв.уд.3}} = 62 \times 1,7 = 105,4 \text{ кВт},$$

$$P_p1 = K_c P_{\text{кв1}} = 0,8 \times 190,4 = 152,32 \text{ кВт},$$

$$P_p2 = K_c P_{\text{кв2}} = 0,8 \times 168,0 = 134,4 \text{ кВт},$$

$$P_p3 = K_c P_{\text{кв3}} = 0,8 \times 105,4 = 84,32 \text{ кВт},$$

$$P = P_{\text{кв1}} + P_{\text{кв2}} + P_{\text{кв3}} = 190,4 + 168 + 105,4 = 463,8 \text{ кВт}.$$

$$P_p = K_c P = 0,8 \times 463,8 = 371,04 \text{ кВт}.$$

По дому в целом для нежилых помещений

$$P = P_{\text{уд}} S_{\text{н.п.}} = 1,36 \times 253,8 = 346,88 \text{ кВт}.$$

где $S_{\text{н.п.}}$ – общая площадь нежилых помещений.

К общедомовым нагрузкам относятся:

- отопление всех подъездов - 10 кВт;
- освещение всех подъездов – 18 кВт;
- освещение всех подвалов и чердаков - 4 кВт;
- освещение территории застройки - 12 кВт.

Коэффициент дневного максимума, согласно нормативным документам, по таблице 6.1 СП 31-110-2003, принимаем равным $K = 0,7$.

Таким образом, нагрузка на шинах 0,4 кВ вводно-распределительных устройств дома, будет составлять с учетом общедомовых нагрузок и нежилых помещений:

$$P = 0,7(371,04+346,88+10+18+4+12) = 811,558 \text{ кВт}$$

В объеме данного расчета учтена возможность реконструкции нежилого помещения под магазины, офисы и т.п.

Полная мощность жилого дома и питающей его линии

$$S_d = P_d \cos\phi = 811,558 / 0,98 = 828,12 \text{ кВА.}$$

где $\cos\phi$ - коэффициент мощности линии, питающей жилой дом.

Согласно СП 31-110-2003 жилые дома с электроплитами относятся к электроприемникам II категории, которые рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых, взаиморезервируемых источников питания.

Произведем расчет нагрузок для каждого из трех ВРУ дома, по аналогии:

$$P_1 = 0,7(152,32 + 4 + 6 + 1,5 + 4) = 117,48 \text{ кВт},$$

$$P_2 = 0,7(134,4 + 4 + 6 + 1,5 + 4) = 104,93 \text{ кВт},$$

$$P_3 = 0,7(84,32 + 2 + 6 + 1 + 4) = 68,12 \text{ кВт},$$

Выполним проверку:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 117,48 + 104,93 + 68,12 = 290,53 \text{ кВт.}$$

Полные мощности нагрузок для каждого ВРУ:

$$S_1 = P_1 / \cos\phi = 117,48 / 0,98 = 119,88 \text{ кВА};$$

$$S_2 = P_2 / \cos\phi = 104,93 / 0,98 = 107,07 \text{ кВА};$$

$$S_3 = P_3 / \cos\phi = 68,12 / 0,98 = 69,51 \text{ кВА.}$$

3 Выбор источника питания дома

При второй категории надежности электроснабжения пятиэтажный жилой дом питанен двумя кабелями, подключенными к разным трансформаторам. В этом случае при выходе из строя одного кабеля или трансформатора, электроснабжение дома на время устранения неисправности осуществляется посредством одного кабеля. Перерыв в электроснабжении допускается на время, необходимое дежурному электротехническому персоналу для подключения нагрузок всего дома к работающему кабелю.

В качестве источника питания для электроснабжения и освещения рассматриваемого многоквартирного жилого дома используем существующую трансформаторную подстанцию, выполненную по типу КТП – 2х630 – УЗ. В ней установлено два трансформатора типа ТМ-630/10. Питание ТП-846 осуществляется по двум взаимно резервируемым кабельным линиям.

Проверка трансформаторов на допустимую нагрузку осуществляется из условий:

$$S_{\text{ном.}mp.} \geq \frac{S_{III}}{n \cdot 1,4}, \quad n \cdot 1,4 \cdot S_{\text{ном.}mp.} > S_{III}, \quad (3.1)$$

где n – количество трансформаторов.

Проверим по условиям (3.1) каждый трансформатор, учитывая подключение нашего дома.

ТП-846 (2x630 кВА).

$$K_3 = \frac{828,12}{2 \cdot 630} = 0,66.$$

При отключении одного из трансформаторов другой питает всю нагрузку, при этом условия проверки запишутся следующим образом:

$$K_{3,n/a\sigma} = \frac{828,12}{630} = 1,32 < 1,4.$$

Каталожные данные трансформаторов ТМ-630/10:

$$S_{hom.mp.} = 630 \text{ кВА}; \quad U_{BH} = 10 \text{ кВ}; \quad U_{HH} = 0,4 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_{xx} = 0,95 \text{ кВт}; \quad \Delta P_{k.z.} = 5,5 \text{ кВт}; \quad U_K = 4,5\%; \quad I_x = 2,1\%.$$

Электрическая нагрузка на четвертом уровне электроснабжения определяется по формуле:

$$S_{IV} = S_{III} + \Delta S_{mp.}, \quad (3.2)$$

где S_{III} – электрическая нагрузка на третьем уровне электроснабжения, кВА;

$\Delta S_{mp.}$ – потери мощности в трансформаторе, кВА, выполняемая по формуле (3.3)

$$\Delta S_{mp.} = \Delta P_{mp.} + j\Delta Q_{mp.}, \quad (3.3)$$

где $\Delta P_{mp.}, \Delta Q_{mp.}$ – соответственно потери активной и реактивной мощности в трансформаторе.

Нагрузка от домов для трансформаторов подстанции 828,12 кВА, включая нагрузку нашего дома, распределяется следующим образом:

секция НН Т1: 396,094 кВА;

секция НН Т2: 432,026 кВА;

$$\Delta P_1 = \Delta P_{xx} + \Delta P_{\kappa.z.} \left(\frac{S_{III}}{S_{hom.mp.}} \right)^2 = 0,95 + 5,5 \left(\frac{396,094}{630} \right)^2 = 2,105 \text{ kBm};$$

$$\Delta Q_1 = \frac{I_x}{100} S_{hom.mp.} + \frac{U_K \cdot S_{III}^2}{100 S_{hom.mp.}} = \frac{2,1}{100} \cdot 630 + \frac{4,5 \cdot 396,094^2}{100 \cdot 630} = 12,179 \text{ kBAr}$$

где $S_{hom.mp.}$ – мощность трансформатора, кВА; ΔP_{xx} – потери холостого хода, кВт;

$\Delta P_{\kappa.z.}$ – потери короткого замыкания; U_K – напряжение короткого замыкания, %, I_x – ток холостого хода, % (все параметры – см. выше).

По формуле (3.3) имеем:

$$\Delta S_{mp.1} = (2,105 + j12,179) \text{ kBAr};$$

Модуль потерь мощности:

$$\Delta S_{mp.1} = \sqrt{2,105^2 + 12,179^2} = 12,359 \text{ kBAr}.$$

Аналогично для второго трансформатора:

$$\Delta P_1 = 0,95 + 5,5 \left(\frac{432,026}{630} \right)^2 = 2,645 \text{ kBm};$$

$$\Delta Q_1 = \frac{2,1}{100} \cdot 630 + \frac{4,5 \cdot 432,026^2}{100 \cdot 630} = 13,946 \text{ kBAr}.$$

$$\Delta S_{mp.2} = (2,645 + j13,946) \text{ kBAr},$$

$$\Delta S_{mp.1} = \sqrt{2,645^2 + 13,946^2} = 14,195 \text{ kBAr}.$$

Тогда по формуле (3.2) определяем:

$$S_{IV(1)} = 396,094 + 12,359 = 408,453 \text{ } \kappa BA;$$

$$S_{IV(2)} = 432,026 + 14,195 = 446,221 \text{ } \kappa BA.$$

4 Выбор питающих линий ТП-846

Питание ТП-846 осуществим двумя кабельными линиями длиной 400 м от РУ 10 кВ. Условие выбора по току:

$$I_{\text{доп.}} \geq I_{\text{раб.}},$$

$$I_{\text{раб.}} = \frac{S_{IV}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}} \cdot n}, \quad (4.1)$$

где $I_{\text{доп.}}$ - допустимый ток кабеля;

n – число линий;

S_{IV} – электрическая нагрузка на IV-м уровне электроснабжения, кВА;

$I_{\text{раб.}}$ – рабочий ток линии, А;

$U_{\text{ном.}}$ – номинальное напряжение линии, кВ;

Схема питания ТП-846 представлена на рисунке 4.1. Здесь же указаны мощности, потребляемые трансформаторами подстанции ТП-846.

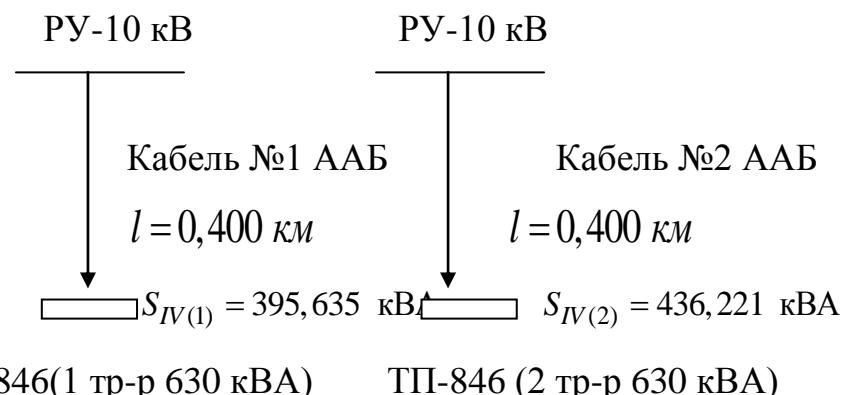


Рисунок 4.1 – Схема электроснабжения на напряжении 10 кВ

Произведем проверку питающих кабельных линий 10 кВ для ТП при присоединении $S_{\text{расчт.}} = 828,12 \text{ кВА}$ к ТП-846. Электрический расчет кабельной линии предусматривает выбор сечения по допустимому току с последующей

проверкой по потере напряжения.

Для кабельной линии №1 по формуле (5.4) получаем:

$$I_{pa\delta.1} = \frac{408,453}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1} = 23,58 \text{ A.}$$

Допустимая токовая нагрузка для кабеля марки ААБ на напряжении 10 кВ сечением 95 мм², проложенного в траншее согласно [2, табл. П.4.8.]:

$$I_{don.} = 205 \text{ A.}$$

Прокладка кабелей происходит с применением специализированных механизмов и раскатных роликов, по ним кабель, раскатывается с барабана при помощи автомобиля, трактора или лебёдки и т.п. В траншее на поворотах устанавливают угловые ролики. Кабель, уложенный в траншее, должен быть присыпан первым слоем земли, после чего укладывается защита от механических повреждений или сигнальная лента. Выполнив данные требования, представители электромонтажной и строительной организации совместно с представителями заказчика производят осмотр трассы с составлением акта скрытых работ. Окончательно траншея засыпается и утрамбовывается после монтажа соединительных муфт и испытания кабельной линии повышенным напряжением.

Проверим кабель по допустимому току:

$$I_{don.} = 205 \text{ A} > I_{pa\delta.1} = 23,58 \text{ A.}$$

Проверим кабель по допустимому току в аварийном режиме (один трансформатор, питающийся от подстанции ТП-846 отключен, либо поврежден соответствующий кабель), где питание осуществляется через второй трансформатор подстанции ТП-846:

$$I_{ae.} = \frac{408,453 + 446,221}{\sqrt{3} \cdot 10} = 49,35 \text{ A} < 205 \text{ A},$$

где $I_{ae.}$ - ток послеаварийного режима при отключении одного из кабелей.

Таким образом, линия 1, выполненная кабелем марки $AAB - 3 \times 95 \text{ mm}^2$, и линия 2, выполненная кабелем марки $AAB - 3 \times 95 \text{ mm}^2$, удовлетворяют условиям присоединения нагрузки жилого дома $S_{расч} = 828,12 \text{ кВА}$.

Проверим питающий кабель по потере напряжения.

Условие проверки:

$$\Delta U_{don} = 5\% > \Delta U. \quad (4.2)$$

Потери напряжения определим согласно (4.3):

$$\Delta U = I_{M1} \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (4.3)$$

где I_{M1} – расчетный ток электроприемника или группы электроприемников, А,
 l – длина кабеля от щита до данного электроприемника группы, км,
 r_0, x_0 – соответственно активное и реактивное удельные сопротивления
 кабеля, Ом/км.

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot 23,58 \cdot 0,400 \cdot (0,326 \cdot 0,98 + 0,083 \cdot 0,2) = 5,49 \text{ В};$$

$$\Delta U_{1\%} = 5,49 \cdot 100 / (10 \cdot 10^3) = 0,55\% < 5\%.$$

Аналогичен расчет для кабельной линии №2:

$$I_{pa\delta.1} = \frac{446,221}{\sqrt{3} \cdot 10} = 25,76 \text{ A};$$

$$I_{don.1} = 205 \text{ A} > I_{pa\delta.1} = 25,76 \text{ A}; \quad I_{a\delta.1} = 49,35 \text{ A} < 205 \text{ A};$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot 25,76 \cdot 0,400 \cdot (0,326 \cdot 0,98 + 0,083 \cdot 0,2) = 4,76 \text{ B};$$

$$\Delta U_{2\%} = 4,76 \cdot 100 / (10 \cdot 10^3) = 0,476\% < 5\%.$$

Выбор питающих кабельных линий 0,4 кВ до ВРУ.

Выбор кабелей произведем по допустимому току кабеля ВРУ-1.

Нагрузка $S_1 = 119,88 \text{ кВА}$;

Рабочий ток:

$$I_{pa\delta.1} = \frac{119,88}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1} = 173,04 \text{ A}.$$

Проверка по допустимому току:

кабель ААШВ-3*95+1*50

$$I_{don.1} = 255 \text{ A} > I_{pa\delta.1} = 173,04 \text{ A}.$$

ВРУ-2.

Нагрузка $S_2 = 107,07 \text{ кВА}$;

Рабочий ток:

$$I_{pa\delta.2} = \frac{107,07}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1} = 154,55 \text{ A}.$$

Проверка по допустимому току:

кабель ААШВ-3*95+1*50

$$I_{don.} = 255 \text{ A} > I_{pa\delta.2} = 154,55 \text{ A.}$$

ВРУ-3.

Нагрузка $S_3 = 69,51 \text{ кВА}$;

Рабочий ток:

$$I_{pa\delta.3} = \frac{69,51}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1} = 100,33 \text{ A.}$$

Проверка по допустимому току:

кабель ААШВ-3*95+1*50

$$I_{don.} = 255 \text{ A} > I_{pa\delta.3} = 100,33 \text{ A.}$$

Для удобства и наглядности приведем список кабелей, задействованных для питания ВРУ (таблица 4.1 и рисунок 4.2).

(1 тр-р 630 кВА) (2 тр-р 630 кВА)

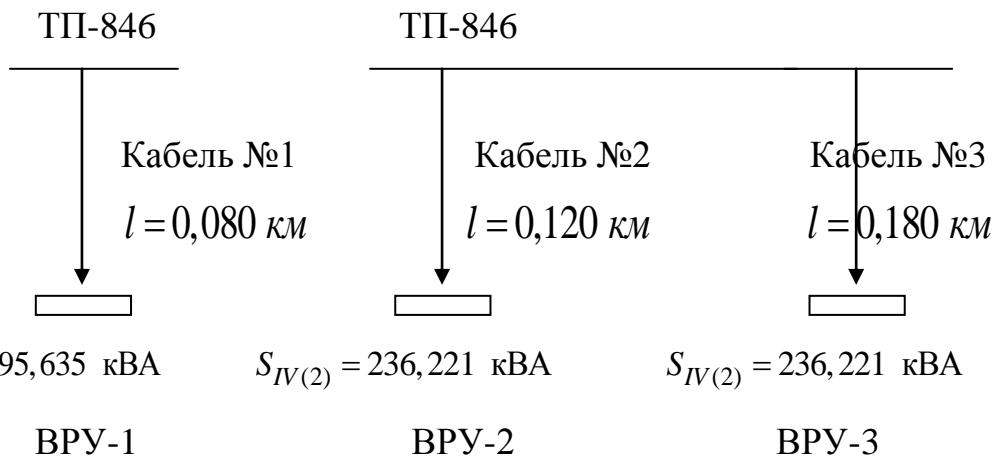


Рисунок 4.2 – Схема электроснабжения на напряжении 0,4 кВ

Таблица 4.1 – Перечень кабелей, питающих ВРУ дома

№ кабеля	Где расположен	Марка кабеля	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	Нагрузка, кВА	Расчетный ток, А	$\cos\phi$	Длина, м
1	от РУ-0,4 кВ до ВРУ-1	ААШВ- 3*95+1*50	255	119,88	173,04	0,98	80
2	от РУ-0,4 кВ до ВРУ-2	ААШВ- 3*95+1*50	255	107,07	154,55	0,98	120
3	от РУ-0,4 кВ до ВРУ-3	ААШВ- 3*95+1*50	255	69,51	100,33	0,98	180

Проверка по потере напряжения:

кабель №1:

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot 173,04 \cdot 0,080 \cdot (0,326 \cdot 0,98 + 0,083 \cdot 0,2) = 8,06 \text{ В};$$

$$\Delta U_{1\%} = 8,06 \cdot 100 / (0,4 \cdot 10^3) = 2,02\% < 5\%;$$

кабель №2:

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot 154,55 \cdot 0,120 \cdot (0,326 \cdot 0,98 + 0,083 \cdot 0,2) = 10,8 \text{ В};$$

$$\Delta U_{2\%} = 10,8 \cdot 100 / (0,4 \cdot 10^3) = 2,7\% < 5\%.$$

кабель №3:

$$\Delta U_3 = \sqrt{3} \cdot 100,33 \cdot 0,180 \cdot (0,326 \cdot 0,98 + 0,083 \cdot 0,2) = 10,51 \text{ В};$$

$$\Delta U_{3\%} = 10,51 \cdot 100 / (0,4 \cdot 10^3) = 2,63\% < 5\%.$$

Главные распределительные щиты, или вводно-распределительные уст-

ройства (ВРУ-1, ВРУ-2, ВРУ-3) жилого дома питаются по трем представленным выше кабельным линиям. Щиты имеют по одной секции шин.

5 Проектирование внутренней системы электроснабжения по подъездам и этажам

При проектировании электрооборудования жилых высотных зданий следует руководствоваться [11] и другими подобными документами (ВСН и пр.).

Кабели, прокладываемые в электротехнических шахтах и нишах, следует выполнять по классу пожарной опасности не ниже предусмотренного п. 3 б НПБ 248-97 или указанные шахты (ниши) оборудовать автоматическим пожаротушением.

В местах пересечения противопожарных преград группами кабелей следует предусматривать огнестойкие кабельные проходки.

Внутридомные и внутриквартирные электрические сети следует оборудовать устройствами защитного отключения (УЗО) согласно ПУЭ.

В каждой квартире установлен квартирный щит (ЩК), включающий в себя 1-фазный однотарифный счетчик электрической энергии, автоматические выключатели, устройство защитного отключения.

Принципиальная схема квартирного щитка представлена на рисунке 5.1.

Расчет рабочих токов представлен в таблице 5.1. Расчет производится по формуле (5.1) для однофазных электроприемников, по формуле (5.2) для трехфазных электроприемников:

$$I_p = \frac{P_p}{U_{220} \cos \varphi} \quad (5.1)$$

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{380} \cos \varphi} \quad (5.2)$$

Аналогично вычисляются расчетные токи, исход из нагрузки этажных и

квартирных щитков (таблица 5.3).

Таблица 5.1 – Расчет нагрузок отходящих присоединений квартирного щитка

№ линии п/п согласно рис. 5.1	Потребитель	Мощность присоединения активная, кВт	I_p , А
1	Розеточная сеть, 3 розетки	1,5	13,64
2	Розеточная сеть, 5 розеток	3,0	27,27
3	Стиральная машина	2,5	14,2
4	Освещение*	0,168	0,78
5	Электроплита	1,935	3
6	Вентилятор (вытяжка)	0,125	0,82

Примечание *. Указана суммарная мощность светильников квартиры, рассчитанных в п.6.

Выбор автоматических выключателей для защиты отдельных электроприемников производим по следующим условиям [21; 12]:

а) по номинальному напряжению

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}, \quad (5.3)$$

где U_a - номинальное напряжение автомата, В.

б) по номинальному току (уставка теплового расцепителя):

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,1 \cdot I_p, \quad (5.4)$$

где $I_{\text{ном.а}}$ - номинальный ток автомата, А;

в) по номинальному току электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{ном.то}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}, \quad (5.5)$$

где $I_{\text{ном.то}}$ – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А:

$$I_{\text{ном.то}} = K_o \cdot I_{\text{ном.а}}, \quad (5.6)$$

где кратность отсечки K_o принимается из ряда 3, 5, 7, 10 для автоматов серии ВА.

Автоматические выключатели ВА47-29 выбираются по напряжению и по току (в зависимости от количества и типа подключаемого оборудования – см. графическую часть) и предназначены для защиты распределительных и групповых цепей, имеющих различную нагрузку:

– электроприборы, освещение – выключатели с характеристикой В,

Автоматические выключатели ВА47-29 рекомендуются к применению во вводно-распределительных устройствах для жилых и общественных зданий.

Предельная отключающая способность автоматов составляет 6 кА. По мере удаления разводки к квартирным щиткам токи КЗ будут еще уменьшаться, что тем более будет способствовать эффективной защите групповых и распределительных линий.

Для защиты групповых сетей внутри квартиры, нагрузка которых представлена розеточными группами, стиральными машинами и электроплитами, а также для защиты человека от поражения электрическим током при случайном прикосновении целесообразно применить дифференциальные автоматы типа АД-12.

Защитный выключатель — дифференциальный автомат АД 12 оснащен

встроенной защитой от воздействия сверхтоков и способен быстро отреагировать на дифференциальный ток. При этом автомат АД 12 может обеспечить сразу три различных вида защиты.

Во-первых, он обеспечивает защиту человека от возможного поражения электротоком при непреднамеренном (случайном) прикосновении к различным токоведущим частям электрических установок в случае повреждения изоляции.

Во-вторых, дифференциальный автомат АД 12 способен предотвратить возможность возгорания и пожара из-за протекания на землю токов утечки.

В-третьих, защитный выключатель — автомат АД 12 обеспечивает полноценную защиту от короткого замыкания и возможных перегрузок в электрической сети.

Аппарат способен сохранять работоспособность даже при понижении напряжения в сети до 50 Вольт. При этом дифференциальный автомат АД 12 обладает отличными эксплуатационными характеристиками, повышенной механической износостойкостью и оснащен индикатором срабатывания от дифференциальных токов. Кроме того, в нем предусмотрена функция защиты от напряжения 265 ± 5 Вольт.

Условие (5.3) выполняется, т.к. автоматы рассчитаны на напряжение 220/380 В.

Результаты выбора автоматов для защиты групп в соответствии с рисунком 5.1 представлены в таблице 5.2. Выбор вводных автоматов защиты щитков этажных и квартирных представлен в таблице 5.3.

Таблица 5.2 – Выбор автоматов для защиты отходящих от щитка линий

№ ЭП	I_p , A	Расчетный ток $1,1 \cdot I_p$, A	$I_{\text{ном.а}}$, A	$I_{\text{пуск}}$, A	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{\text{пуск}}$, A	K_o	$I_{\text{ном.то}}$, A	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{\text{откл}}$, кA
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	13,64	15	16	47,5	57	7	112	АД-12	6
2	27,27	30	31,5	47,5	57	7	220,5	АД-12	6
3	14,2	15,62	16	47,5	57	7	112	АД-12	6
4	0,78	0,86	1,6	4,75	5,7	7	11,2	ВА 47-29	6
5	3	3,3	6	47,5	57	7	42	АД-12	6
6	0,82	0,9	2,5	44,7	53,64	7	17,5	ВА 47-29	6

Таблица 5.3 – Выбор вводных автоматов защиты щитков

№ ЭП	I_p , A	Расчетный ток $1,1 \cdot I_p$, A	$I_{\text{ном.а}}$, A	$I_{\text{пуск}}$, A	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{\text{пуск}}$, A	K_o	$I_{\text{ном.то}}$, A	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{\text{откл}}$, кA
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Щит этажный	51,8	56,98	63	233,1	279,72	7	441	ВА 47-29	6
Щит квартирный	33,49	36,84	40	150,705	180,85	7	280	ВА 47-29	6

Разводка сети одной рядовой блок-секции дома (освещение) в осях 1-5 представлена на рисунке 5.2. Остальные планы представлены на листе 1 графической части.

Разводка сети одной рядовой блок-секции дома (розеточная сеть) в осях 1-5 представлена на рисунке 5.3. Остальные планы представлены на листе 2 графической части.

Схема электрическая принципиальная квартирного щитка
Исполнение 1

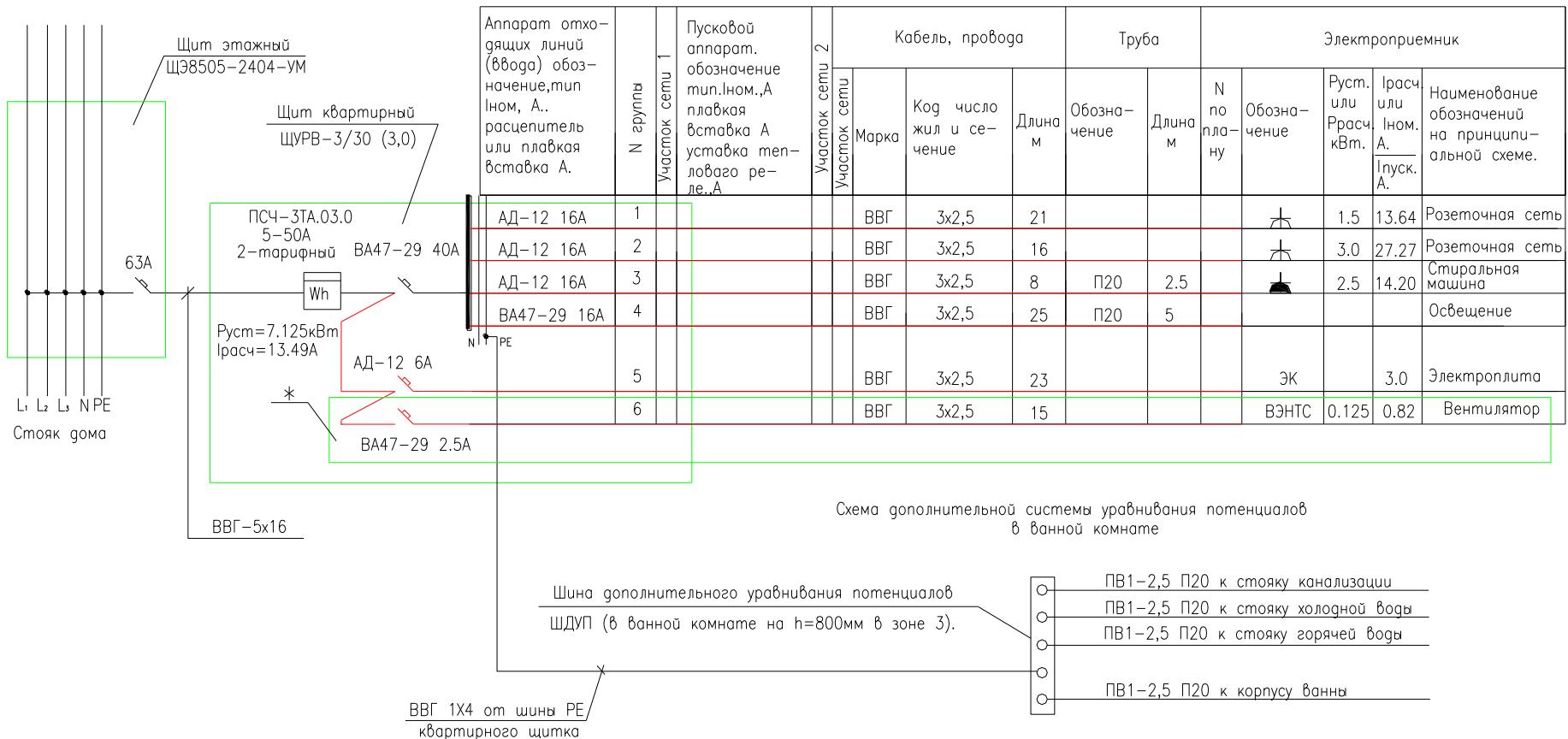


Рисунок 5.1 - Принципиальная схема квартирного щитка

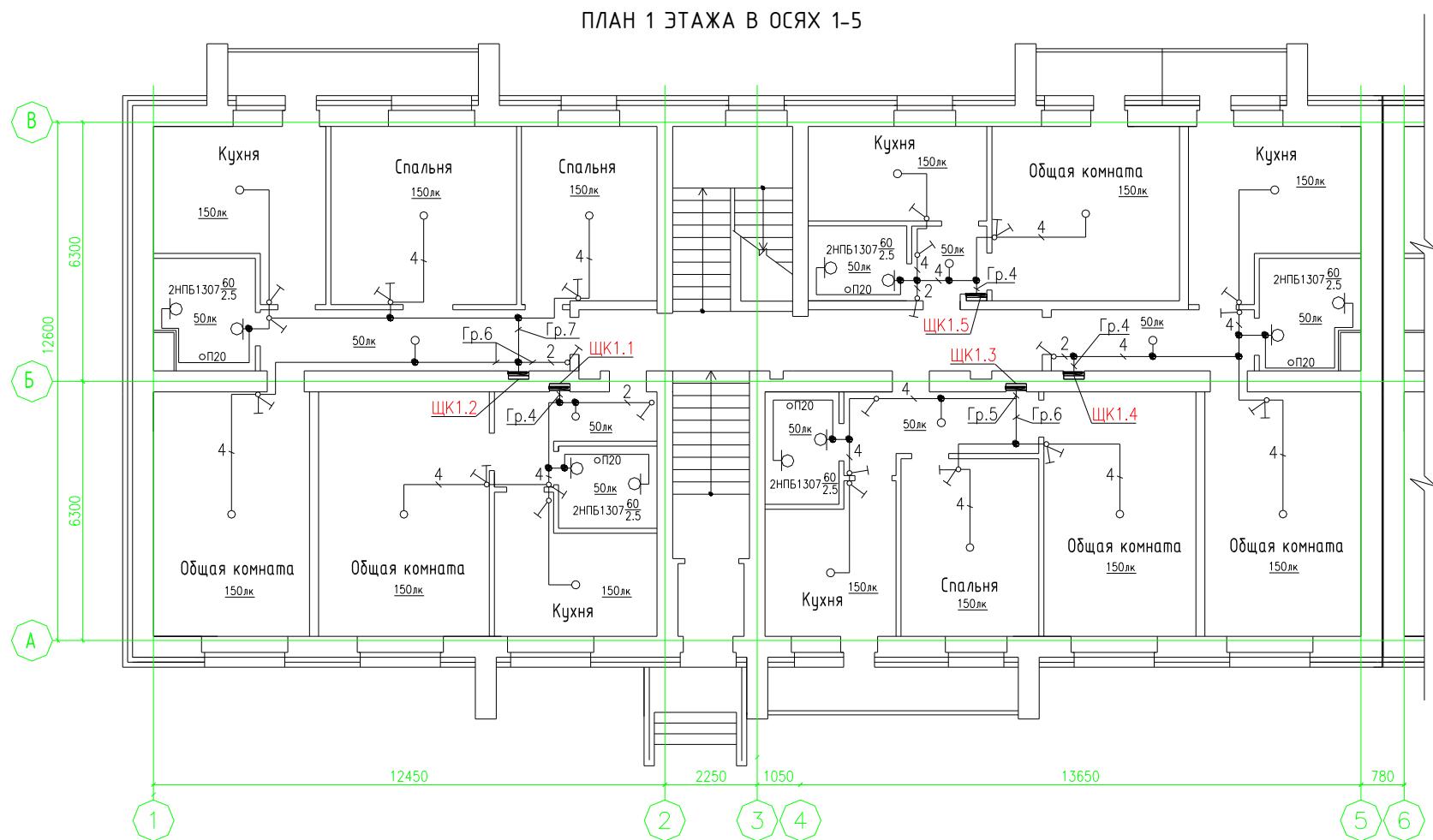


Рисунок 5.2 - Разводка сети одной рядовой блок-секции дома (освещение) в осях 1-5

ПЛАН 1 ЭТАЖА В ОСЯХ 1-5

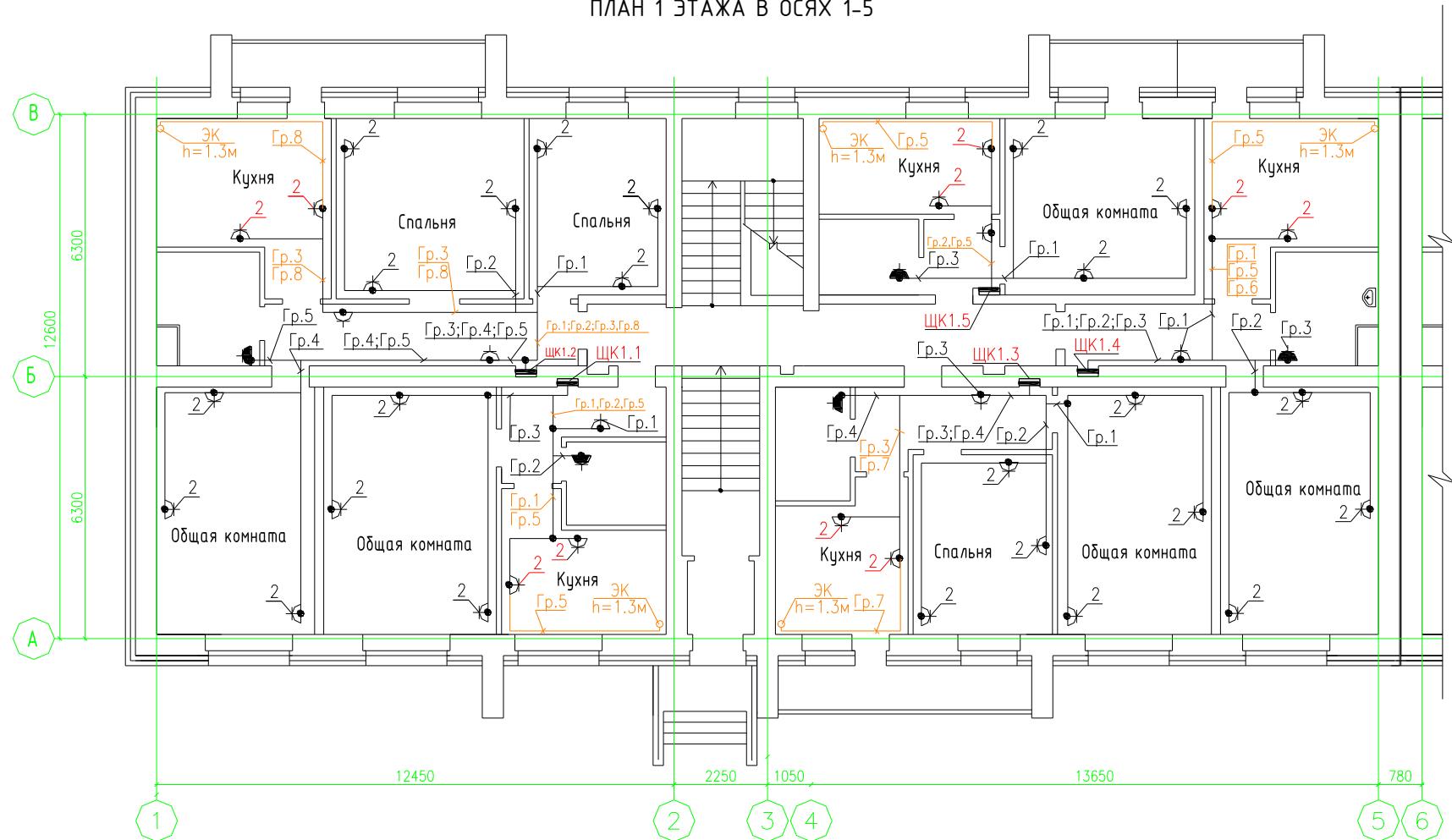


Рисунок 5.3 - Разводка сети одной рядовой блок-секции дома (розеточная сеть) в осях 1-5

6 Расчет освещения

Стадия расчета электроосвещения очень важна при проектировании. Правильно спроектированная система освещения способствует более безопасной работе персонала, снижению утомляемости, более рациональному использованию электрической энергии.

В данном проекте предусматривается:

- рабочее освещение;
- аварийное освещение;
- эвакуационное освещение

Ввиду отсутствия помещений, к которым применяются особые требования по освещению, применяем рекомендации по проектированию систем освещения взяты из СП 31-110-2003 и СП 52.13330.2011.

На данном этапе проектирования определяются тип источников света, наиболее рациональные места установки светильника, а так же высота их установки, способ крепления и способы управления освещением. В соответствии с техническим заданием, предоставленным заказчиком, для освещения основных помещений объекта использованы светильники марки CD 160 с установкой в нем одной светодиодной лампы мощностью до 60 Вт. Согласно информации, представленной заводом изготовителем о данном светильнике, он предназначен специально для использования в бытовых помещениях. Данный светильник имеет степень защиты IP 54. Лампы, устанавливаемые в данном светильнике должны иметь световую температуру 4200 К. Способ крепления светильников был выбран, исходя из ведомости отделки помещений. Управление освещением выполнено с помощью проходных, одноклавишных и двухклавишных выключателей. Выключатели установлены у мест входа в помещения здания, либо в наиболее рациональных местах их установки. Высота установки выключателей над уровнем пола – 1,8 м. Это обеспечит удобное управление освещением и защитит систему от случайных прикосно-

вений сотрудников.

Расчет освещения будем производить по методу использования светового потока. Основная формула определения количества светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_L \cdot n \cdot \eta}, \quad (6.1)$$

где E_{\min} - минимальная нормированная освещенность, лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения);

N – число светильников;

n – число ламп в светильнике;

η - коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Нормированную освещенность для помещений будем выбирать по СП 52.13330. Коэффициент запаса k учитывает запыленность помещения, снижение светового потока ламп в процессе эксплуатации. Так как данный объект относится к объектам с низкой запыленностью, а так же с отсутствием паров кислот и щелочей, значение коэффициента запаса примем равным 1,25. Коэффициент минимальной освещенности Z характеризует неравномерность освещения. Он является функцией многих переменных, точное его определение затруднительно, но в наибольшей степени он зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте. При расположении светильников в линию (ряд), рекомендуется принимать $Z = 1,15$ для светодиодных ламп. Для определения коэффициента использования светового потока η находят индекс помещения i и предполагаемые коэффициенты отражения по-

верхностей помещения: потолка r_n , стен r_c , пола r_p . Обычно для светлых административно-конторских помещений $r_n=70\%$, $r_c=50\%$, $r_p=30\%$. Для производственных помещений с незначительными пылевыделениями $r_n=50\%$, $r_c=30\%$, $r_p=10\%$.

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} , \quad (6.2)$$

где A , B , h - длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м. Так как высота потолков во всем здании равномерна и помещение одноэтажное, примем высоту подвеса светильника – 2,7 м.

Значения коэффициента использования светового потока приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Значения коэффициента η

i	r_n , % 70	50	30
	r_c , % 50	30	10
	r_p , % 30	10	10
0,5	28	21	18
1,0	49	40	36
3,0	73	61	58
5,0	80	67	65

В помещениях для более равномерного освещения будем использовать светильник CD 160 производства компания ЗАО «Световые технологии». В данном светильнике используются светодиодные лампы мощностью до 60 Вт.

Параметры расчета количества светильников приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Расчетные параметры для определения количества светильников типовой квартиры

№	№	E_{\min} , лк	k	$S, \text{м}^2$	z	Свето-вой поток одной лампы $\Phi_{\text{л}}, \text{лм}$	Число ламп в светильнике	Световой поток светильника $\Phi_{\text{СВ}}, \text{лм}$	Тип светодиодной лампы	i	η	$N, \text{шт.}$	Мощность одной лампы, Вт	Мощность светильника, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Кухня	150	1,5	17,6	1,15	4000	1	4000	NLL-T105-45-230-840-E27	5	0,8	1	45	45
2	Общая комната	150	1,5	25,2	1,15	6000	1	6000	NLL-T105-55-230-840-E27	5	0,8	1	55	55
3	Общая комната	150	1,5	21,4	1,15	6000	1	6000	NLL-T105-55-230-840-E27	5	0,8	1	55	55
4	Санузел	50	1,5	4	1,15	1100	1	1100	NLL-A65-13-230-4K-E27	5	0,8	1	13	13

Так же над крыльцом входа в каждый подъезд следует установить светильник уличного освещения с лампой ДНаТ мощностью 250 Вт. Данный светильник должен создавать уровень освещенности 6 лк.

Система эвакуационного освещения предусматривается для безопасной эвакуации жильцов при пожаре в здании. Согласно СП 52.13330.2011 эвакуационное освещение должно быть предусмотрено в помещениях по маршруту эвакуации людей в зоне каждого изменения маршрута эвакуации. Для обеспечения подсветки путей эвакуации устанавливаем светильниками с указателями направления движения по два на каждом этаже дома в каждом подъезде.

7 Конструктивное исполнение электрической сети дома

Для ввода и распределения электроэнергии приняты вводно-распределительное устройство ВРУ, этажные и квартирные щитки и общедомовые щиты освещения, состоящие из панелей с автоматическими выключателями. Учет электроэнергии осуществляется на вводно-распределительном устройстве и на квартирных щитках.

Величины освещенности приняты в соответствии со СНиП 23.5-95*"Естественное и искусственное освещение". Напряжение сетей освещения - 220В переменного тока.

Распределительная и групповая силовая сети выполняются кабелем марки ВВГ и прокладываются в квартирах и нежилых помещениях скрыто в штрабах стен, в техподполье - по стенам в стальных водогазопроводных трубах.

Групповые сети освещения выполнены кабелем марки ВВГ и проложены в квартирах - скрыто в штрабах стен и в пустотах плит перекрытия, на чердаке и в техподполье - в стальных водогазопроводных трубах. Сечения кабелей выбраны по условиям отключения при однофазных коротких замыканиях и допустимой потере напряжения.

Для защиты от поражения электрическим током при повреждении изоляции предусмотрено зануление всего электрооборудования по системе Т-N-CS и система уравнивания потенциалов, а также дополнительная система уравнивания потенциалов в ванных комнатах квартир.

Проектом предусматриваются следующие виды освещения: рабочее, аварийное, эвакуационное, наружное освещение.

Рабочее освещение предусмотрено во всех помещениях.

Эвакуационное освещение – в коридорах и лестничных клетках.

Аварийное освещение – ГРЩ, тепловой пункт, водомерный узел, машинные помещения лифтов, диспетчерской.

Для наружного освещения на дворовых фасадах устанавливаются светильники на кронштейнах с ртутной лампой.

Общее освещение помещений выполняется люминесцентными лампами и лампами накаливания. Управление освещением: местное; дистанционное (с диспетчерского пульта).

Работы выполнять в соответствии с действующим СНиП 3.05.06-85, ПУЭ. Согласно требованию п.3.18 СНиП 3.05.06-85, проходы через стены должны быть выполнены в отрезках труб, коробах или проемах. Прокладку самостоятельного защитного проводника выполнять, начиная от группового электрощита. Нулевой защитный проводник должен присоединяться к защитным контактам штепсельных розеток, осветительной аппаратуры и оборудования.

При питании нескольких штепсельных розеток одной групповой линии, ответвления защитного проводника к каждой штепсельной розетке должно выполняться в местах ответвления в распаечных коробках и в коробках для установки розеток одним из принятых способов (пайка, сварка, опрессовка, специальные сжимы, клеммы и т.д.). Последовательное включение в защитный проводник защитных контактов не допускается.

Присоединение к групповому щиту под общий контактный зажим нулевого рабочего и защитного проводников запрещается.

Электропроводка согласно ПУЭ п.2.1.31 должна обеспечивать возможность лёгкого распознавания по всей длине проводников по цветам:

- голубого цвета – для обозначения нулевого рабочего проводника;
- желто-зелёного цвета - для обозначения РЕ-защитного проводника («земля»);
- чёрного, коричневого, белого и др. цвета – для обозначения фазного проводника.

8 Заземление, система уравнивания потенциалов и молниезащита

8.1 Заземление и система уравнивания потенциалов

Согласно СО153-34.21.122-87, здание подлежит молниезащите. В качестве молниеприемника используется металлическая кровля здания, соединенная с заземлителем токоотводами. В качестве заземлителя молниезащиты используется заземляющее устройство здания.

Заземление, система уравнивания потенциалов

Защитное заземление и система уравнивания потенциалов выполняется в соответствии с требованиями ПУЭ.

В жилом доме применена TN-C-S система заземления.

Главная заземляющая шина (ГЗШ) установлена в каждой электрощитовой рядом с ГРЩ.

Главные заземляющие шины ГРЩ №1 и ГРЩ №2 соединены между собой.

ГЗШ изготавливается из меди сечением 500мм² (50x10). На стене над шиной должен быть нанесен знак \perp .

К ГЗШ подсоединяются:

- металлические части каркаса здания (арматура);
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления и т.п.;
- металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования;
- заземляющее устройство системы молниезащиты ;
- РЕ шина ГРЩ.

В каждой квартире в ванной комнате выполнена дополнительная система уравнивания потенциалов , путем присоединения к РЕ-шине всех металлических частей (сантехническое оборудование, трубы, ванна).

Защитное заземление и система уравнивания потенциалов выполняется

в соответствии с требованиями ПУЭ.

Расчет контура заземления произведен в соответствии с методикой, приведенной в Справочнике «Заземляющие устройства электроустановок», автор Р.Н.Карякин (ЗАО «Энергосервис» 2002г.). [26]

Сопротивление сложного заземляющего устройства, выполненного в виде контурного заземлителя, состоящего из горизонтальной сетки и вертикальных электродов, рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \frac{\lambda C_{11} \times C_{22} - C_{12}^2}{C_{11} + \lambda C_{22} - 2C_{12}}$$

где C_{11} - сопротивление горизонтальной сетки, Ом.

C_{22} - сопротивление вертикальных электродов, Ом.

C_{12} - взаимное сопротивление между горизонтальной сеткой и вертикальными электродами, Ом.

$$R = \frac{100}{3,14 \times 520} \frac{11,6 \times 12,83 \times 3,82 - 10,9^2}{12,83 + 11,6 \times 3,82 - 2 \times 10,9} = 0,76 \text{Ом}$$

$$\lambda = \frac{L}{nl}$$

$$C_{11} = \ln \frac{4L}{\sqrt{H \frac{b}{2}}} + k_1 \frac{L}{\sqrt{S}} - k_2$$

$$C_{22} = \frac{1}{2} \left[\ln \frac{8l}{d} - 1 + \frac{2k_1 l}{\sqrt{S}} (\sqrt{n-1})^2 \right]$$

$$C_{12} = \ln \frac{4L}{l} + k_1 \frac{L}{\sqrt{S}} - k_2 + 1$$

где R - сопротивление сложного заземлителя, Ом

ρ - удельное сопротивление земли = 100 Ом м

L - суммарная длина проводников, образующих горизон-

тальную сетку = 520 м

S - площадь покрытая сеткой = 4350 м²

l - длина вертикального электрода = 3,0 м

d - диаметр вертикального электрода = 0,016 м

n - число вертикальных электродов = 15 шт

b - ширина полосы горизонтального проводника, образующего сетку = 0,04 м

H - глубина заложения горизонтальной сетки = 0,6 м.

$k_1 = 1,05$ - коэффициенты из справочника
 $k_2 = 4,9$

$$\lambda = \frac{520}{15 \times 3,0} = 11,6$$

$$C_{11} = \ln \frac{4 \times 520}{\sqrt{0,6 \frac{0,04}{2}}} + 1,05 \frac{520}{\sqrt{4350}} - 4,9 = 12,83 O\cdot m$$

$$C_{22} = \frac{1}{2} \left[\ln \frac{8 \times 3,0}{0,016} - 1 + \frac{2 \times 1,05 \times 3,0}{\sqrt{4350}} (\sqrt{15} - 1)^2 \right] = 3,82 O\cdot m$$

$$C_{12} = \ln \frac{4 \times 520}{3,0} + 1,05 \frac{520}{\sqrt{4350}} - 4,9 + 1 = 10,9 O\cdot m$$

8.2 Молниезащита

В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных предприятий жилой дом относится к обычному объекту. При уровне защиты I-IV используем стальной заземлитель не менее 80 мм², стальной токоотвод не менее 50 мм², стальной молниеприемник не менее 50 мм²,

В слое утеплителя кровли укладывается молниеприемная сетка из стальной проволоки d- 8мм. с ячейкой 8х8 м. с узлами на сварке.

Токоотводы выполняются стальной проволокой d- 10 мм., которые присоединяются к контуру заземления проложенному по периметру здания на

глубине 0,8-1,0 м. от поверхности земли стальной полосой 40х4 мм.

Молниеприемная сетка соединяется с естественными токоотводами - стальной арматурой здания.

Металлическая арматура железобетонных строений считается обеспечивающей электрическую непрерывность, если она удовлетворяет следующим условиям:

Примерно 50% соединений вертикальных и горизонтальных стержней выполнены сваркой или имеют жесткую связь (болтовое крепление, вязка проволокой).

Электрическая непрерывность обеспечена между стальной арматурой различных заранее заготовленных бетонных блоков и арматурой бетонных блоков, подготовленных на месте.

В прокладке горизонтальных поясов нет необходимости, если металлические каркасы здания или стальная арматура железобетона используются как токоотводы.

9 Выбор системы защиты

9.1 Расчет токов короткого замыкания

9.1.1 Расчет токов КЗ на стороне 10 кВ

Расчет будем вести в относительных единицах, поэтому принимаем базисные условия:

$$S_B = 100 \text{ MBA}, \quad U_B = 10,5 \text{ kV}.$$

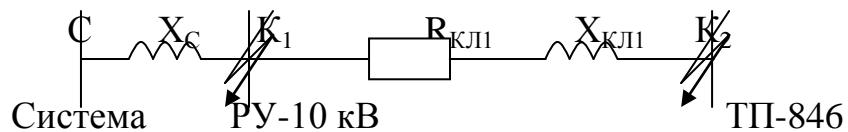


Рисунок 9.1 – Схема замещения сети 10 кВ

Сопротивление системы определяем через отключающую способность выключателя ВВЭ-10-20/630-У3, ток отключения данного выключателя равен 20 кА.

$$S_{\text{откл.}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}} \cdot I_{\text{откл.}} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 20 = 346,410 \text{ MBA}, \quad (9.1)$$

где $I_{\text{откл.}}$ – ток отключения выключателя,

$$X_C = \frac{S_B}{S_{\text{откл.}}} = \frac{100}{346,410} = 0,287 \text{ о.е.} \quad (9.2)$$

Сопротивления схемы замещения для кабельной линии определяются по формулам [2]:

$$X_{KL} = x_0 \cdot \lambda_{KL} \cdot \frac{S_B}{U_B^2}; \quad (9.3)$$

$$R_{KL} = r_0 \cdot \lambda_{KL} \cdot \frac{S_B}{U_B^2}; \quad (9.4)$$

По формулам (9.3) и (9.4) находим:

$$X_{KL1(o.e.)} = 0,083 \cdot 0,4 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,042 \text{ о.е.}$$

$$R_{KL1(o.e.)} = 0,326 \cdot 0,4 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,166 \text{ о.е.}$$

Ток трехфазного КЗ и базисный и ударный токи определяются выражениями [2]:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{I_B}{Z_\Sigma}, \quad (9.5)$$

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_B}, \quad (9.6)$$

$$i_{y\partial.} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)}, \quad (9.7)$$

где K_y – ударный коэффициент, принимаемый по [10].

Точка К₁ (на шинах РУ 10 кВ источника питания подстанции ТП-846)

Суммарное сопротивление цепи КЗ: $X_C = 0,287 \text{ о.е.}$; $R_C = 0$.

По формулам (9.6), (9.5) и (9.7) находим соответственно:

$$I_B = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА};$$

$$I_{K31}^{(3)} = \frac{5,5}{0,287} = 19,159 \text{ кА};$$

$$i_{y\theta,1} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 19,159 = 27,095 \text{ кА},$$

где K_y - определяется по формуле [10] при $\frac{X_\Sigma}{R_\Sigma} > 5$:

$$K_y = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{X_\Sigma / (R_\Sigma \cdot \omega_c)}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{X_\Sigma / (R_\Sigma \cdot 2\pi \cdot n)}}, \quad (9.8)$$

где T_a – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ; X_Σ и R_Σ – соответственно индуктивная и активная составляющие результирующего эквивалентного сопротивления расчетной схемы относительно точки КЗ; ω_c – синхронная угловая частота напряжения сети ($n = 50$ Гц – частота сети).

$$K_y = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,287/(0,2\pi \cdot 50)}} = 1.$$

Точка К₂ (на шинах ВН ТП-846). Суммарное сопротивление цепи КЗ:

$$R_\Sigma = R_{K31(o.e.)} = 0,166 \text{ о.е.};$$

$$X_\Sigma = X_C + X_{K31(o.e.)} = 0,287 + 0,042 = 0,329 \text{ о.е.};$$

$$Z_\Sigma = \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2} = \sqrt{0,166^2 + 0,329^2} = 0,369 \text{ о.е.};$$

$$I_{K32}^{(3)} = \frac{5,5}{0,369} = 14,905 \text{ кА};$$

$$i_{y\theta,2} = 1,236 \cdot \sqrt{2} \cdot 14,905 = 26,053 \text{ кА},$$

где при $\frac{R_\Sigma}{X_\Sigma} = \frac{0,329}{0,166} = 1,982 < 5$ ударный коэффициент равен:

$$K_y = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3}{X_\Sigma / R_\Sigma}} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3}{1,982}} = 1,236. \quad (9.9)$$

9.1.2 Расчет токов короткого замыкания на стороне 0,4 кВ

Определяем сопротивление трансформатора ТМ-630/10:

$$R_{mp.} = \frac{\Delta P_{\text{к.з.}}}{S_{\text{ном.}mp.}} \cdot \frac{U_{\text{ном.}}^2}{S_{\text{ном.}mp.}} \cdot 10^6 = \frac{5,5}{630} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^6 = 5,5 \text{ мОм};$$

$$X_{mp.} = \sqrt{\left(\frac{U_k}{100}\right)^2 + \left(\frac{\Delta P_{\text{к.з.}}}{S_{\text{ном.}mp.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{\text{ном.}}^2}{S_{\text{ном.}mp.}} \cdot 10^6 = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{5,5}{630}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^6 = 22,653 \text{ мОм.}$$

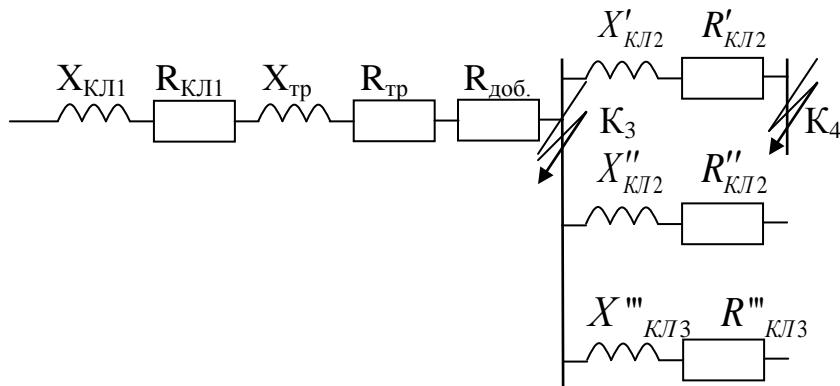


Рисунок 9.2 – Схема замещения сети 0,4 кВ относительно точек K_3 и K_4
(часть схемы от питающих кабельных линий 10 кВ и трансформаторов до ВРУ дома; точка K_3 – на шинах РУ-0,4 кВ ТП-846, точка K_4 – на шинах ВРУ дома)

Вычисляем сопротивления в именованных единицах через сопротивления в о.е.:

$$R_{K\pi 1(10)} = R_{K\pi 1(o.e.)} \cdot \frac{U_B^2}{S_B} = 0,166 \cdot \frac{10,5^2}{100} = 0,183 \text{ Ом};$$

$$X_{K\pi 1(10)} = X_{K\pi 1(o.e.)} \cdot \frac{U_B^2}{S_B} = 0,042 \cdot \frac{10,5^2}{100} = 0,046 \text{ Ом}.$$

Произведем приведение сопротивлений со стороны 10 кВ к ступени 0,4 кВ:

$$R_{K\pi 1(0,4)} = R_{K\pi 1(10)} \cdot K_{mp.}^2, \quad (9.10)$$

где $K_{mp.} = 0,4 / 10 = 0,04$ – коэффициент трансформации,

$$R_{K\pi 1(0,4)} = 0,183 \cdot 0,04^2 = 0,293 \text{ мОм},$$

$$X_{K\pi 1(0,4)} = 0,046 \cdot 0,04^2 = 0,074 \text{ мОм}.$$

Активное и реактивное сопротивления относительно точки КЗ К₃:

$$R_{py(0,4)} = R_{K\pi 1(0,4)} + R_{mp.} + R_{\theta H} + R_{\partial o \bar{o}} = 0,293 + 5,5 + 0,004 + 15 = 20,697 \text{ мОм},$$

$$X_{py(0,4)} = X_{K\pi 1(0,4)} + X_{mp.} = 0,074 + 22,653 = 22,727 \text{ мОм}.$$

Полное сопротивление:

$$Z_{py(0,4)} = \sqrt{R_{py(0,4)}^2 + X_{py(0,4)}^2} = \sqrt{20,697^2 + 22,727^2} = 30,739 \text{ мОм}.$$

Ток трехфазного КЗ и ударный ток относительно точки К₃:

$$I_{K33}^{(3)} = \frac{U_{no.m.}}{\sqrt{3} \cdot Z_{py(0,4)}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 30,739} = 7,137 \text{ кА},$$

$$i_{y\theta.3} = 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 7,137 = 11,103 \text{ кА},$$

где $K_y = 1,1$ (по кривым [10]) при $X_\Sigma / R_\Sigma = 22,727 / 20,697 = 1,098$.

Точка К₄ (на шинах ВРУ дома):

$$R'_{KL2} = r_{02} \cdot l'_2 = 0,326 \cdot 80 = 26,08 \text{ мОм};$$

$$X'_{KL2} = x_{02} \cdot l'_2 = 0,083 \cdot 80 = 6,64 \text{ мОм};$$

$$R''_{KL2} = r_{02} \cdot l''_2 = 0,326 \cdot 120 = 39,12 \text{ мОм};$$

$$X''_{KL2} = x_{02} \cdot l''_2 = 0,083 \cdot 120 = 9,96 \text{ мОм};$$

$$R''_{KL3} = r_{03} \cdot l''_3 = 0,326 \cdot 180 = 58,68 \text{ мОм};$$

$$X''_{KL3} = x_{03} \cdot l''_3 = 0,083 \cdot 180 = 14,94 \text{ мОм};$$

Судя по величинам сопротивлений кабельных линий, питающих ВРУ, наибольший ток к.з. будет на шинах ВРУ-1, т.к. сопротивление этого кабеля наименьшее. Комплексное сопротивление этой кабельной линии №1 (см. рис.9.3.) и его составляющие:

$$\underline{Z}_{KL2} = (R_{KL2} + jX_{KL2}) = (26,08 + j6,64) \text{ мОм.}$$

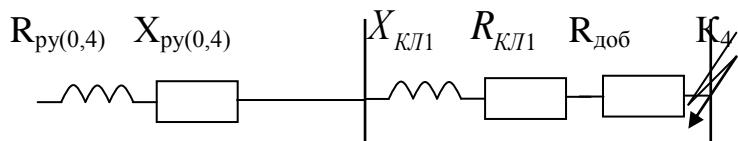


Рисунок 9.3 – Схема замещения сети 0,4 кВ относительно точки К₄

Активное и реактивное сопротивления относительно точки КЗ К₄:

$$R_{\Sigma 4} = R_{KL1} + R_{py(0,4)} + R_{\text{добр.}} = 26,08 + 20,697 + 20 = 66,777 \text{ мОм},$$

$$X_{\Sigma 4} = X_{KL1} + X_{py(0,4)} = 6,64 + 22,727 = 29,367 \text{ мОм},$$

где $R_{\text{добр.}}$ – переходное сопротивление контактов.

Полное сопротивление:

$$Z_{\Sigma 4} = \sqrt{R_{\Sigma 4}^2 + X_{\Sigma 4}^2} = \sqrt{66,777^2 + 29,367^2} = 72,95 \text{ мОм.}$$

Ток трехфазного КЗ и ударный ток относительно точки К₄:

$$I_{K34}^{(3)} = \frac{U_{nom.}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 4}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 72,95} = 3 \text{ кА,}$$

$$i_{y\partial.4} = 1,0 \cdot \sqrt{2} \cdot 3 = 4,24 \text{ кА,}$$

где $K_y = 1,0$ (по кривым [10]) при условии, что

$$\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{29,367}{66,777} = 0,44.$$

9.2 Проверка выбранных автоматов защиты и дифференциальных автоматов 0,4 кВ

Выбор автоматов осуществлен в п.5 по соответствующему току. В текущем пункте требуется проверить автоматы на отключающую способность.

Проверка на отключающую способность осуществляется по выражению:

$$I_{отклном} \geq I_{K3МАХ}. \quad (9.11)$$

Таблица 9.1 – Проверка автоматических выключателей и дифавтоматов, установленных в щитке типовой квартиры

№ группы	Тип автоматического выключателя	Предельная отключающая способность, кА	$I_{K3}^{(3)}$, кА
----------	---------------------------------	--	---------------------

1	АД-12	6	3
2	АД-12	6	3
3	АД-12	6	3
4	ВА 47-29	6	3
5	АД-12	6	3
6	ВА 47-29	6	3

Таблица 9.2 – Проверка вводных автоматических выключателей, установленных на вводе этажных и квартирных щитков

Наименование щитка	Тип вводного автоматического выключателя	Предельная отключающая способность, кА	Iкз ⁽³⁾ , кА
Этажный	ВА 47-29	6	3,82
Квартирный	ВА 47-29	6	3,82

10 Оценка качества напряжения от ТП до самого удаленного потребителя дома

Наиболее наглядно анализ качества напряжения отражается эпюрой отклонения напряжения. Общее отклонение напряжения характеризуется исходной схемой электроснабжения. Величина напряжения на источнике питания за счет встречного регулирования напряжения в зависимости от режима работы следующая:

в максимальном режиме $1,05U_{\text{ном}}$

в минимальном режиме $U_{\text{ном}}$

На трансформаторных подстанциях устанавливают трансформаторы, которые имеют устройства ПБВ с пределом регулирования $\pm 2 \times 2,5\%$.

Расчет будем производить для самого удаленного щитка, расположенного на 5 этаже.

Величина отклонения напряжения рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{(U_{\text{ИП}} - \Delta U_{\text{участка}}) - U_H}{U_H} \cdot 100\%.$$

Потери в кабельной линии определяются выражением:

$$\Delta U_L = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб}} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi).$$

Потери в трансформаторе КТП определяются выражением:

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi),$$

где β – коэффициент загрузки, U_a, U_p – соответственно активная и реактивная составляющие напряжение короткого замыкания:

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2},$$

$$U_a = \Delta P_{K3} / S_{\text{ном.тр.}} \cdot 100.$$

Оценка качества напряжения для самого удаленного электроприемника.

При расчетах используем данные из предыдущих расчетов.

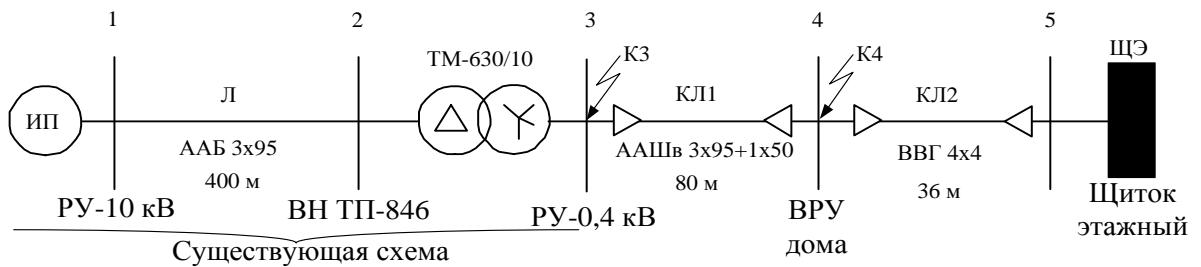


Рисунок 10.1 – Расчетная схема

Максимальный режим.

$U_{\text{ном}} = 10500 \text{ В}$ – напряжение ИП в максимальном режиме.

Максимальный режим.

Потери напряжения в высоковольтной линии напряжением 10 кВ, в процентах от номинального напряжения [12, с. 54] определяют по формуле:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{\text{уд}} \cdot \cos \varphi + x_{\text{уд}} \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%}{U_{\text{ном}}}. \quad (10.1)$$

где l – длина кабельной линии, км; $r_{\text{уд}}$, $x_{\text{уд}}$ – удельное активное и реактивное сопротивление кабеля, Ом/км; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В; I_p – расчетный ток электроприемника, А.

Удельное активное и индуктивное сопротивления кабеля при напряжении 10 кВ определяются согласно [12, с. 54].

Таким образом, потери напряжения в питающей кабельной линии:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 12,47 \cdot 0,4 \cdot (0,326 \cdot 0,98 + 0,083 \cdot 0,2) \cdot 100\%}{10000} = 0,03\%.$$

Отклонение напряжения относительно номинального в линии Л:

$$V_2 = 5 - 0,03 = 4,97 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_L = 0,03 * 10000 / 100 = 3 \text{ В.}$$

тогда напряжение в конце линии Л составит:

$$U_2 = 10500 - 3 = 10497 \text{ В.}$$

Вычислим потери напряжения в трансформаторе.

$$\Delta P_{K3} = 5,5 \text{ кВт}; S_{\text{ном.тр.}} = 630 \text{ кВА.}$$

$$U_a = \Delta P_{K3} / S_{\text{ном.тр.}} \cdot 100 = 5,5 / 630 \cdot 100 = 0,87 \text{ \%}$$

$$U_k = 4,5\%,$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} = \sqrt{4,5^2 - 0,87^2} = 4,42 \text{ \%}.$$

Мощность третьего уровня (см. п.5):

$$S_{III} = 828,12 \text{ кВА.}$$

Коэффициент загрузки трансформатора:

$$\beta = \frac{S_{III}}{2S_{\text{ном.тр.}}} = \frac{828,12}{2 \cdot 630} = 0,66.$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{тр}} &= \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) = \\ &= 0,66 \cdot (0,87 \cdot 0,98 + 4,42 \cdot 0,2) = 1,15 \text{ \%}. \end{aligned}$$

$$\Delta U_{\text{tp1}} = \Delta U_{\text{tp}} \cdot \frac{U_{\text{ном}}}{100} = 1,15 \cdot \frac{10000}{100} = 115 \text{ В.}$$

Напряжение на шинах НН трансформатора, приведенное к ВН:

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{\text{tp1}} = 10497 - 115 = 10382 \text{ В.}$$

Коэффициент трансформации:

$$K_{\text{tp}} = \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}},$$

$$K_{\text{tp}} = \frac{380}{10000} = 0,038.$$

$$U_{2\text{НН}} = U_2 \cdot K_{\text{tp}},$$

$$U_{2\text{НН}} = 10382 \cdot 0,038 = 394,52 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$V_3 = \frac{U_{2\text{НН}} - U_{\text{ном НН}}}{U_{\text{ном НН}}} \cdot 100 = \frac{394,52 - 380}{380} \cdot 100 = 3,82 \text{ %.}$$

Потеря напряжения в линии КЛ1, соединяющем РУ-0,4 и ВРУ:

$$\Delta U_{3-4} = 0,68 \text{ В.}$$

Напряжение в конце кабеля КЛ1, у ВРУ:

$$U_4 = U_{2\text{НН}} - \Delta U_{3-4} = 394,52 - 0,68 = 393,84 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_4 = \frac{393,84 - 380}{380} \cdot 100 = 3,64 \text{ \%}.$$

Потери напряжения в линии КЛ2 от ВРУ до щитка пятого этажа:

$$\Delta U_{4-5} = 1,76 \text{ В.}$$

Напряжение в месте присоединения линии КЛ2, питающего ЭП №14:

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{4-5} = 393,84 - 1,76 = 392,08 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_5 = \frac{392,08 - 380}{380} \cdot 100 = 3,18 \text{ \%}.$$

$3,2\% < 5\%$. Условие выполняется, потери допустимы.

Расчеты для минимального и послеаварийного режимов для самого удаленного электроприемника (щитка верхнего этажа) аналогичны (таблица 10.1). Нагрузка в минимальном режиме принята равной 70% от нагрузки максимального режима, послеаварийный режим подразумевает выход из строя одного из трансформаторов ТП-846. Все необходимые параметры для расчета представлены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Анализ качества напряжения (расчет отклонений напряжения) для самого удаленного щитка

Режим	Участок	$\cos\phi$	$\sin\phi$	l, км	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км	I_p , А			ΔU , %	ΔU , В	U, В		Отклонение напряжения V, %	
Максимальный режим	1-2	0,98	0,2	0,4	0,326	0,083	12,47			0,03	3	10497		4,97	
	Участок	$\cos(\phi)$	$\sin(\phi)$	$K_3(\beta)$	$\Delta P_{k.3.}$, кВт	S_{III} , кВА	Ст.ном, кВА	U_a , %	U_k , %	U_p , %	ΔU , %	ΔU , В	U_{bh} , В	U_{hn} , В	Отклонение напряжения V, %
	2-3	0,98	0,2	0,66	5,5	414,06	630	0,87	4,5	4,42	1,15	115	10382	394,52	3,82
	Участок	$\cos\phi$	$\sin\phi$	I , А	l, км	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км				ΔU , %	ΔU , В	U, В		
	3-4	0,85	0,53	38,5	0,08	1,94	0,0675				0,18	0,68	393,84		3,64
	4-5	0,85	0,53	14,3	0,036	7,74	0,095				0,04	1,76	392,08		3,18
Режим	Участок	$\cos\phi$	$\sin\phi$	l, км	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км	I_p , А			ΔU , %	ΔU , В	U, В		Отклонение напряжения V, %	
Минимальный режим	1-2	0,98	0,2	0,4	0,326	0,4	8,729			0,021	2,21	9997,79		-0,021	
	Участок	$\cos(\phi)$	$\sin(\phi)$	$K_3(\beta)$	$\Delta P_{k.3.}$, кВт	S_{III} , кВА	Ст.ном, кВА	U_a , %	U_k , %	U_p , %	ΔU , %	ΔU , В	U_{bh} , В	U_{hn} , В	Отклонение напряжения V, %
	2-3	0,98	0,2	0,46	5,5	289,84	630	0,87	4,5	4,42	0,8	80	9917,79	376,88	-0,82
	Участок	$\cos\phi$	$\sin\phi$	I , А	l, км	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км				ΔU , %	ΔU , В	U, В		
	3-4	0,85	0,53	38,5	0,08	1,94	0,0675				0,18	0,68	376,2		-1
	4-5	0,85	0,53	14,3	0,036	7,74	0,095				0,04	1,76	374,44		-1,46
Режим	Участок	$\cos\phi$	$\sin\phi$	l, км	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км	I_p , А			ΔU , %	ΔU , В	U, В		Отклонение напряжения V, %	
Последаварийный режим	1-2	0,98	0,2	0,4	0,326	0,4	6,1103			0,06	6,3	10493,7		4,94	
	Участок	$\cos(\phi)$	$\sin(\phi)$	$K_3(\beta)$	$\Delta P_{k.3.}$, кВт	S_{III} , кВА	Ст.ном, кВА	U_a , %	U_k , %	U_p , %	ΔU , %	ΔU , В	U_{bh} , В	U_{hn} , В	Отклонение напряжения V, %
	2-3	0,98	0,2	1,31	5,5	828,12	630	0,87	4,5	4,42	2,27	227	10266,7	390,13	2,67
	Участок	$\cos\phi$	$\sin\phi$	I , А	l, км	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км				ΔU , %	ΔU , В	U, В		
	3-4	0,85	0,53	38,5	0,08	1,94	0,0675				0,18	0,68	389,45		2,49
	4-5	0,85	0,53	14,3	0,036	7,74	0,095				0,04	1,76	387,69		2,02

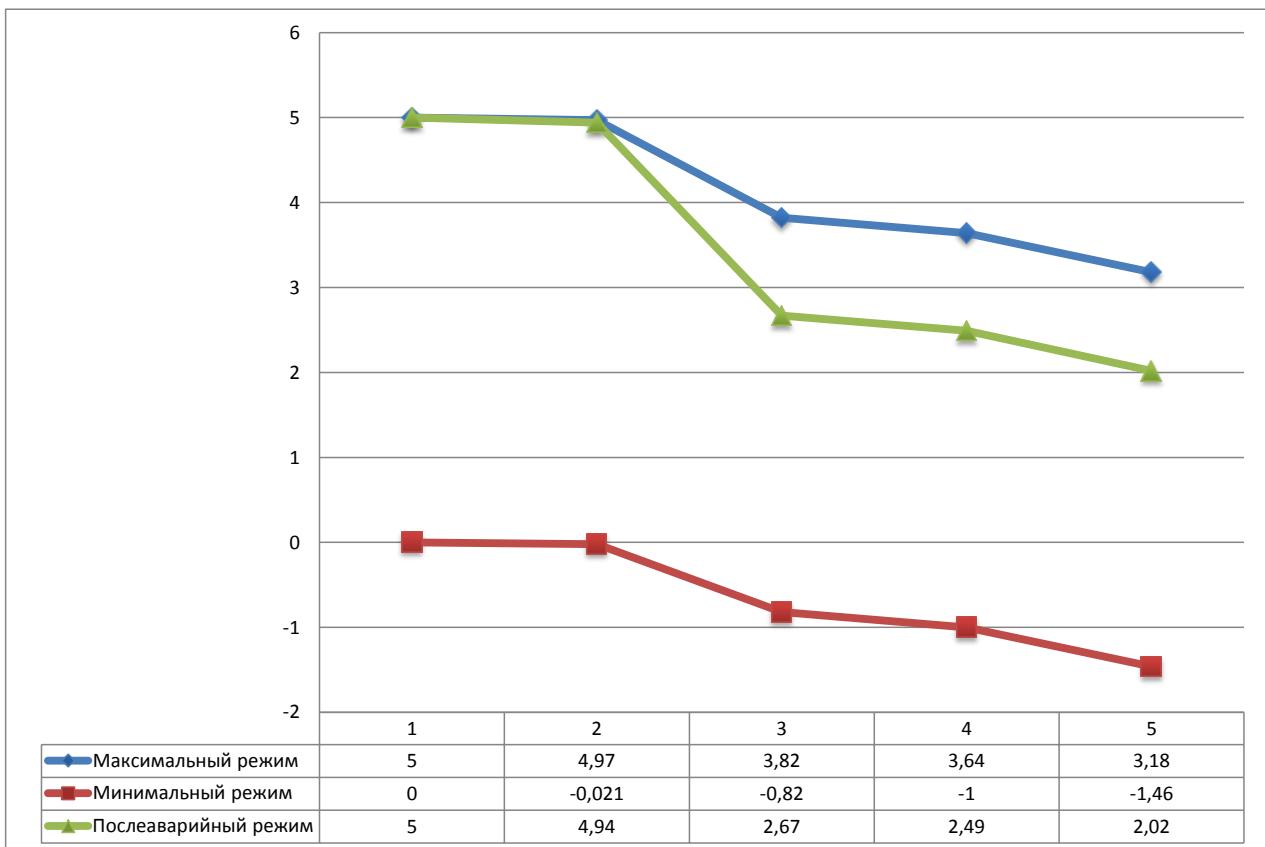


Рисунок 10.2 – Эпюры отклонений напряжения для удаленного этажного щитка 5-го этажа

Вывод. Качество напряжения в конечной точке потребителя удовлетворяет ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения, т.к. предельные отклонения потребителя находятся в допустимых пределах $\pm 10\%$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тема бакалаврской работы является актуальной для электрообеспечения жилых зданий, тесно связана с вопросами эксплуатации их электрических сетей и отвечает требованиям по энергосбережению в электроэнергетике.

Разработка схемы электроснабжения высотного жилого дома (г. Абакан, ул. Др. Народов, 43А) выполнена в соответствии со всеми нормами и правилами, техническими условиями, предоставленными МП «Абаканские электрические сети», а так же в соответствии с техническим заданием, экономической и энергетической эффективностью решений.

В данной работе решены следующие задачи:

- собрана информация по дому, выяснено техническое задание, проанализированы технические условия и возможности решения поставленных в них задач, проанализированы нормативные документы;
- произведен расчет электрических нагрузок и спроектирована система электроснабжения жилого дома;
- рассчитаны токи короткого замыкания и проверено выбранное основное электрооборудование и защитные аппараты;
- рассчитана молниезащита и заземление объекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов-н/Д: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с.
2. Дипломное проектирование по специальности 140211.65 «Электроснабжение»: учеб. пособие / Л. Л. Латушкина, А. Д. Макаревич, А. С. Торопов, А. Н. Туликов ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2012. – 232 с.
3. Киреева, Э.А. Электроснабжение жилых и общественных зданий / Э.А. Киреева. – М. 2005. – 206 с.
4. Князевский, Б. А. Электроснабжение промышленных предприятий : Учеб. для студ. вузов по спец. «Электропривод и автоматизация промышленных установок» / Б.А. Князевский, Б.Ю. Липкин. - 3-е изд., перераб. и доп. - / 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1986. – 400 с.
5. Козловская, В. Б. Электрическое освещение : справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 253 с.
6. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов / Е. А. Конюхова. – М.: Издательство «Мастерство», 2001. – 188 с.
7. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник для студентов высших учебных заведений.– 2-е изд. – М. : Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с.
8. Мукаев, А. И. Управление энергосбережением и повышение энергетической эффективности в организациях и учреждениях бюджетной сферы : Практическое пособие / А.И. Мукаев – Фаменское: ИПК ТЭК, 2011.
9. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. М.: АООТ ОТК ЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – Режим

доступа: http://snipov.net/c_4685_snip_101847.html

- 10.Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». - М.: Все-российский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектро-проект, 1993 (2-я редакция). – Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/19324/>
- 11.Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. - 701 с.
- 12.РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 131 с.
- 13.РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с.
- 14.СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М. : ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2004. – 65 с.
- 15.Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под. ред. Г. М. Кнорринга. – Л., Энергия, 1976.
- 16.Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. т 2. Электрооборудование/Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. 592 с.: ил.
- 17.Справочник электрика / Под ред. Э. А. Киреевой и С. А. Цырука. – М. : Колос, 2007. – 464 с.
- 18.Старкова, Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1987. – 386 с.
- 19.Филатов И.В., Гурнина Е.В.: Электроснабжение осветительных установок: учебное пособие/ Издательство московского государственного открытого университета. – М. 2009. – 276 с.

- 20.Хромченко, Г. Е. Проектирование кабельных сетей и проводок / Г. Е. Хромченко, П.И. Анастасиев, Е.З. Бранзбург, А.В. Коляда. - М.: Энергия, 1980. – 384 с.
- 21.Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010. – 214 с.
- 22.Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 9-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2004. – 964 с.
- 23.Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 9-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2004. – 696 с.
- 24.Электротехнический справочник: в 3-х т. Т. 2. Электротехнические устройства/Под. общ. ред. Проф. МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – 6-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 640 с.: ил.
- 25.Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 2. Электротехнические устройства и изделия / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 10-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2012. – 988 с.
- 26.Справочник: Заземляющие устройства электроустановок / Р.Н.Карякин
ЗАО «Энергосервис» 2002г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Чистяков Г. Н.

«11» 06 2018 г

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение жилого дома г. Абакан, ул. Дружбы Народов, 43 А

Тема

Е. В. Платонова инициалы, фамилия

Выпускник Юрий - 7.06.2018
подпись, дата

Д. М. Попов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер ЛГ - 14.06.18.
подпись, дата

И. А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2018