

Содержание

Перечень сокращений	5
Введение	6
1 Теоретические аспекты проектирования	8
1.1 Общая характеристика объекта проектирования.....	8
1.2 Анализ нагрузок жилого многоквартирного дома	9
1.3 Анализ методов определения расчетных нагрузок	12
1.4 Расчет электрических нагрузок жилых домов, коммунально-бытовых и социально-культурных объектов.....	21
2 Расчетная часть.....	26
2.1 Расчет электрических нагрузок	26
2.2 Расчет питающих сетей	28
2.3 Выбор и расчет распределительных сетей	42
2.4 Защитные меры безопасности. Уравнивание потенциалов.....	52
3 Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок.....	55
до 1000 В	55
Заключение	58
Список используемых источников.....	60

Перечень сокращений

ТП - трансформаторная подстанция

КРУ - комплектное распределительное устройство

ЛЭП - линия электропередач

КЛ – кабельная линия

РУ - распределительное устройство

КЗ - короткое замыкание

КТП - комплектная трансформаторная подстанция

ВН - высокое напряжение

НН - низкое напряжение

СПЗ – средства пожарной защиты

ЭП - электроприемник

ПУЭ – правила устройства электроустановок

БКТП – блочная комплектная трансформаторная подстанция

ВРУ – вводно-распределительное устройство

БУО – блок управления освещением

АСКУЭ – автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии

ГЗШ – главная заземляющая шина

ОСУП – основная система уравнивания потенциалов

ДСУП – дополнительная система уравнивания потенциалов

ВКР – выпускная квалификационная работа

Введение

Современное гражданское здание насыщено большим количеством механизированных, электрифицированных и автоматизированных инженерных систем. Развитие электрификации жилых и общественных зданий обусловлено ростом всей энергетики нашей страны. Быстрыми темпами развивается электрификация быта. Все шире применяются бытовые электроприборы, повышающие комфорт в квартирах и освобождающие людей от многих трудоемких домашних хозяйственных работ.

Электроустановки современных зданий представляют собой сложные системы, предъявляющие повышенные требования к надежности электроснабжения, что в свою очередь потребовало автоматизации работы отдельных элементов сетей. В этих условиях принципиально важно, чтобы в проектах электроснабжения и электрооборудования зданий принимались решения, отвечающие требованиям наименьших затрат на их сооружение и удобства эксплуатации и надежности работы.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка проекта электроснабжения двадцатипятиэтажного жилого дома, расположенного в городе Балашиха.

Разработка системы электроснабжения жилого здания включает в себя следующие задачи:

- анализ и расчет нагрузок проектируемого объекта;
- расчет питающих сетей (выбор мощности трансформаторов БКТП, выбор питающих кабелей 10 кВ, выбор оборудования БКТП);
- расчет токов коротких замыканий;
- расчет и выбор кабелей 0.4 кВ;
- выбор электрощитового оборудования жилого дома;
- выбор проводов и кабелей распределительных сетей проектируемого объекта;

- разработка защитных мер безопасности (зануление, молниезащита и пр.)
- рассмотрение вопросов по охране труда при работе в электроустановках до 1000 В.

1 Теоретические аспекты проектирования

1.1 Общая характеристика объекта проектирования

Проектируемый объект располагается в Центрально-Европейской части Российской Федерации в городе Балашиха. По скоростным напорам ветра данная территория относится к I району, т. е. скорость ветра 21 м/с с повторяемостью раз в 5 лет.

Местность относится к I району по толщине стенки гололеда, т. е. нормативная толщина стенки гололеда 5 мм с повторяемостью раз в 5 лет.

Источником питания микрорайона, в котором располагается проектируемый многоквартирный жилой дом, является городская подстанция напряжением 35/10 кВ, находящаяся к востоку от проектируемого объекта, на расстоянии 1.3 км. Питание микрорайона осуществляется по кабельным линиям 10 кВ. Значения максимального и минимального токов, коротких замыканий на шинах 10 кВ, подстанции равны 6.6 и 5.7 кА соответственно.

План многоквартирного дома представлен на рисунке 1.

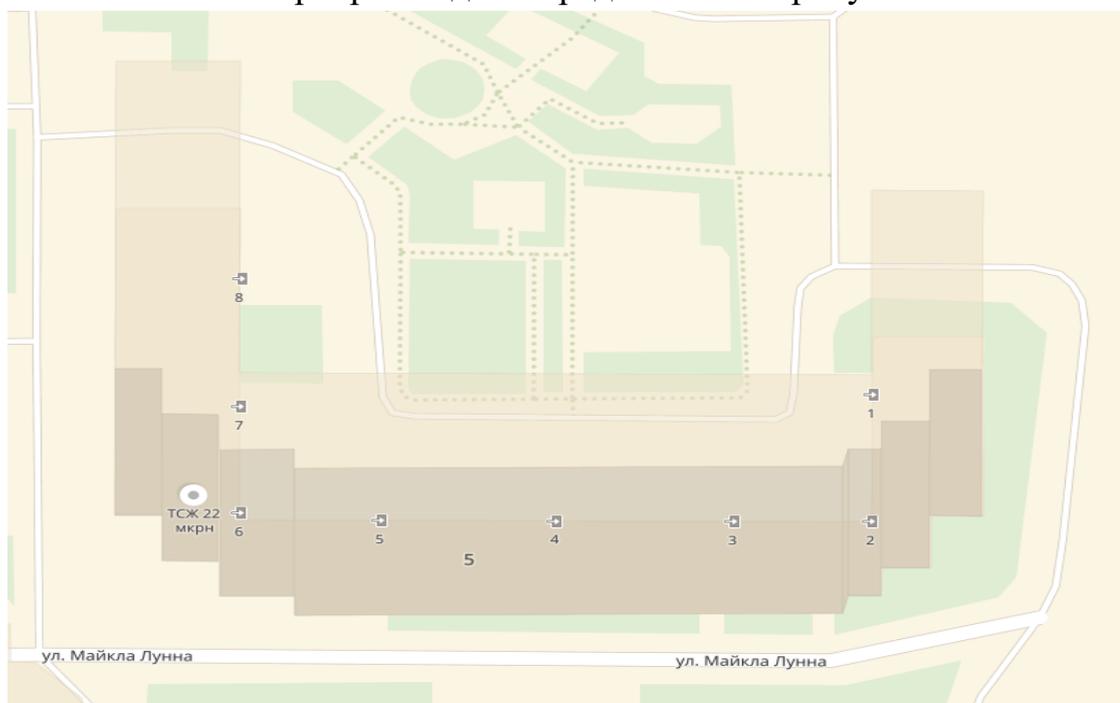


Рисунок 1.1 – План многоквартирного жилого дома №72

Питание многоквартирного 25 этажного жилого дома осуществляется по кабельным линиям 0.4 кВ, прокладываемыми в земле. Источником питания является трансформаторная подстанция 10/0.4 кВ.

Рассматриваемый жилой дом состоит из восьми подъездов, общее количество квартир составляет 800 шт. Вводно-распределительные устройства дома, расположены в четырех электрощитовых (по одному помещению на два подъезда).

Для питания квартир, а также учета электроэнергии, на каждом этаже предусмотрена установка этажных щитов. Питание непосредственно электроприемников в квартирах осуществляется от квартирных щитов.

1.2 Анализ нагрузок жилого многоквартирного дома

Электроприемники жилых зданий могут быть подразделены на две основные группы: электроприемники квартир и электроприемники общедомового назначения. К первым относятся осветительные и бытовые электроприборы. Ко вторым относятся светильники лестничных клеток, технических подпольев, чердаков, вестибюлей, холлов, служебных и других помещений, лифтовые установки, вентиляционные системы, различные противопожарные устройства, элементы диспетчеризации, переговорно-вызывные устройства (домофоны), кодовые замки и т. п.

Электрическое освещение квартир осуществляется с помощью светильников общего и местного освещения, как правило, с лампами накаливания или светодиодами.

Нагревательные приборы для приготовления пищи: электроплиты с программными устройствами и без них, жарочные шкафы, электроплитки, электропечи, тостеры, шашлычницы, скороварки, самовары, чайники, электропечи высокой частоты и т. п. Кухонные электроплиты и жарочные шкафы устанавливаются стационарно, остальные приборы большей частью являются переносными.

Приборы для обработки и хранения продуктов. К ним относятся холодильники (компрессионные, абсорбционные, полупроводниковые), морозильники, универсальные кухонные электроприводы, картофелечистки, мясорубки, миксеры, кофемолки, соковыжималки и т. п.

Хозяйственные приборы. К ним относятся: стиральные машины (неавтоматические, полуавтоматические, автоматические), пылесосы, полотеры, утюги, посудомоечные машины, электроинструмент, швейные машины и т. п., радиоприемники, проигрыватели, кинопроекторы, электромузыкальные инструменты. Отметим, что указанная группа приборов, особенно телевизоры, чувствительны к колебаниям напряжения, в связи с чем широко применяются местные стабилизаторы напряжения, главным образом феррорезонансные. Улучшая работу телевизоров, стабилизаторы ухудшают режим работы сети в целом, снижая коэффициент мощности и увеличивая потери энергии. Санитарно-гигиенические приборы: вентиляторы, увлажнители воздуха, фены, ионизаторы, приборы для массажа, электрогрелки, электроодеяла, ультрафиолетовые и другие облучатели и т. п.

К общедомовым приемникам относятся:

а) осветительные установки лестничных клеток, технических подпольев и подвалов, чердаков, вестибюлей, холлов, коридоров, мусорокамер, машинных помещений и шахт лифтов, установки праздничной иллюминации, заградительные огни и т. д.

б) силовые установки грузовых и пассажирских лифтов, вентиляционных систем, устройств дымозащиты, в отдельных случаях — насосы противопожарного и хозяйственного назначения.

в) усилители и другая аппаратура систем коллективного приема телевизионных передач, трансформаторы радиотрансляции;

г) машины для механизированной уборки лестниц, коридоров и т. п.;

д) элементы диспетчеризации, кодовые замки, домофоны.

Силовые электроприемники. К ним в первую очередь относятся электродвигатели и другие электроприемники лифтовых установок. В жилых

домах в зависимости от этажности устанавливаются один, два или три лифта грузоподъемностью 350, 500 и 1000 кг. Скорости лифтов 0,5 м/с в девятиэтажных домах и 1; 1,4 и 2 м/с при большей этажности.

Пассажирские лифты оборудуются, как правило, двухскоростными асинхронными электродвигателями с короткозамкнутыми роторами серии АС в малощумном исполнении. Для особо крупных и высоких зданий применяются лифты с электроприводом по системе генератор — двигатель на постоянном токе или электродвигатель постоянного тока, подключаемый к сети переменного тока через выпрямители. В систему электропривода лифта входят электромагнитный тормоз и аппаратура управления.

К силовым электроприемникам относятся электродвигатели вентиляторов и насосов, работающие в системах санитарно-технических и противопожарных устройств зданий, и различные электромагниты для открывания клапанов и люков систем дымоудаления зданий высотой более девяти этажей, а также аппаратура связи и сигнализации.

Основными потребителями электроэнергии 25-ти этажного жилого дома являются:

- электроплиты;
- электроосвещение;
- розеточная сеть жилых квартир;
- лифты;
- хозяйственно-питьевые и противопожарные насосные установки здания;
- вентиляторы дымоудаления и подпора воздуха;

К потребителям электроэнергии I категории надежности электроснабжения относятся устройства средств пожарной защиты (СПЗ), такие как:

- лифты для пожарных бригад;
- насосы пожаротушения;
- огнезащитные клапана;

- приборы пожарной сигнализации;
- система дымоудаления и подпора воздуха;
- эвакуационное освещение;
- огни светового ограждения.

Также к потребителям I категории, подключаемым к отдельной от устройств СПЗ панели, относятся:

- остальные лифты;
- оборудование телефонии, телевидения и диспетчеризации,
- резервное (аварийное) освещение электрощитовых и других технических помещений.

Остальные потребители здания отнесены ко II категории надежности электроснабжения. Питание потребителей I категории выполнено отдельными линиями от самостоятельных распределительных панелей, подключенных к устройству автоматического ввода резервного питания (АВР), при этом для оборудования СПЗ предусматривается отдельная панель, окрашенная в красный цвет.

1.3 Анализ методов определения расчетных нагрузок

Выбор основных элементов системы электроснабжения (трансформаторов, преобразователей, аппаратов защиты, проводов, кабелей и т.д.) производится, в первую очередь, по допустимому нагреву в заданном режиме нагрузки с учетом ряда других факторов (соответствие напряжению сети, экономичности, механической прочности и др.).

При включении и отключении неизменной нагрузки температура жилы проводника θ за время t повышается или понижается по экспоненте:

$$\theta = \theta_y \cdot \left(1 + e^{\frac{-t}{T_0}}\right) \text{ и } \theta = \theta_y \cdot e^{\frac{-t}{T_0}} \quad (1),$$

где θ_y - установившаяся температура, °С; T_0 - постоянная времени нагрева, зависящая от размеров (сечения) проводника, материала токоведущих частей,

а также от способов прокладки, определяющих отвод тепла от проводника. Для проводов и кабелей сечением 4-420 мм² значения T_0 изменяются от 2,4 до 90 минут в зависимости от вышеуказанных параметров.

У трансформаторов процессы нагрева и охлаждения протекают более сложно, т.к. они представляют многоэлементную систему, между элементами которой, происходит тепловой обмен, но закономерности изменения температуры основных элементов трансформатора идентичны вышеприведенному для проводника при правильном выборе постоянной времени трансформатора. При переменном графике нагрузки будет меняться и температура проводника, и в графике наиболее интересным является максимум, который определяет нагрев проектируемого элемента системы электроснабжения - сечение проводника или мощность трансформатора, который получил понятие «греющего максимума» [6, с.5].

Понятие о «греющем максимуме» связано с продолжительностью этого максимума нагрузки, которая берется в виде средней величины за определенный промежуток времени (например, 10, 15, 30, или 60 мин.), Кроме того, нагрев проводника зависит от его постоянной времени, учет которой сложен.

Ввиду сложности определения «греющего максимума» с учетом постоянной времени нагрева эта продолжительность условно принята $T = 3 \cdot T_0$ ($T = 4 \cdot T_0$ для трансформаторов) с учетом того, что за это время будет достигнута практически установившаяся температура.

В системе электроснабжения промышленных предприятий наибольшее количество таких элементов как проводники сечением до 35 мм² (для которых $T_0 \approx 10$ мин.), то условно принята стандартная продолжительность «греющего максимума» $T = 30$ мин., т.е. для всех элементов системы электроснабжения, кроме трансформаторов, рассматривается 30-минутный максимум нагрузки [5, с.8].

Расчетной максимальной нагрузкой по допустимому нагреву называют условную нагрузку, выраженную в амперах (I_p), киловаттах (P_p) или киловольтамперах (S_p), которая эквивалентна ожидаемой изменяющейся нагрузке по наиболее тяжелому тепловому воздействию (максимальной температуре или тепловому износу изоляции проводников, обмоток трансформаторов и электрических машин).

Различают расчетную нагрузку по пику температуры и по износу изоляции.

- Расчетная нагрузка по износу изоляции имеет смысл для графика нагрузки, т.к. оценить суммарный износ можно при заданном графике и для определенного сечения проводника (трансформатора или двигателя определенной мощности).
- Кроме расчетных нагрузок используют пиковые нагрузки (кратковременные максимальные).
- экономические (соответствующие минимуму приведенных затрат).

Для лучшего использования электроустановки желательно определять расчетные нагрузки с наибольшей степенью точности.

В то же время, эта степень точности имеет практический предел вследствие того, что сами элементы системы электроснабжения могут быть выбраны с определенным интервалом между стандартными величинами. Если расчетная нагрузка находится внутри этих интервалов, то во избежание перегрева, как правило, берется верхний предел.

Таковыми интервалами для проводов и кабелей являются шкалы допустимых токов нагрузки в Амперах для стандартных сечений (а не сами сечения), а для трансформаторов - их мощности в кВА. Степень нарастания шкалы допустимых токов для стандартных сечений кабелей и проводов с $I_{доп} \geq 100A$ (нагрузка меньше 100А в рассматриваемом вопросе не

представляет интереса) для распространенных сечений 50-185 мм² алюминиевых проводников равна 14-25% или, в среднем, 20% [5, с.16].

Для трансформаторов процент нарастания шкалы мощностей по ГОСТ 9680-61 составляет 56-60%. Следовательно, величина интервала при выборе между двумя стандартными сечениями проводов и кабелей по допустимому току составляет, в среднем, 20%, а между двумя трансформаторами - 60%. Очевидно, степень точности расчета нагрузок, равная половине интервала, является вполне достаточной; стремление добиться более точных данных, со степенью точности меньше половины интервала практически не меняет результата выбора стандартного сечения и мощности трансформатора, а поэтому является не оправданным. В целях унификации, в настоящее время, принята необходимая степень точности расчетов, равная $\pm 10\%$ [3].

Согласно ПУЭ проводники любого назначения должны удовлетворять требованиям в отношении предельно допустимого нагрева с учетом не только нормальных, но и послеаварийных режимов, а также режимов в период ремонта и возможных неравномерностей распределения токов между линиями, секциями шин и т.п. Поэтому, расчетные нагрузки должны быть определены для всех этих режимов.

Проблема определения электрических нагрузок возникает лишь при числе электроприемников (ЭП) более трех. При трех ЭП и менее, расчетный ток I_p определяется как арифметическая сумма их номинальных токов A

$$I_p = I_{N1} + I_{N2} + I_{N3} \quad (2),$$

Для ЭП постоянного тока с индивидуальным преобразователем в качестве расчетного тока следует принимать номинальный ток трансформатора, мощность которого по условиям регулирования может превышать потребляемую двигателем мощность на 25-30% и выше [5, с.34].

При расчетах по мощности за расчетную P_p принимается потребляемая активная мощность при номинальной нагрузке. Для электродвигателей

номинальная (установленная) мощность является мощностью на валу, так что потребляемая будет больше на величину потерь

$$P_p = \frac{P_{H1}}{\eta_1} + \frac{P_{H2}}{\eta_2} + \frac{P_{H3}}{\eta_3} \quad (3),$$

где P_{H1-3} – номинальные мощности двигателей при ПВ=100% ; η_{1-3} – КПД двигателей.

Мощность, приведенная к ПВ=100% определяется по следующей зависимости:

$$P_H = P_{Hy} \cdot \sqrt{ПВ} \quad (4),$$

где $ПВ = \frac{ПВ\%}{100}$ – продолжительность включения.

При проектировании мы часто не располагаем полной информацией об электродвигателях (их тип, марка), то допускается использовать в расчетах установленную мощность P_H , а не потребляемую из сети, что мало

отражается на точности конечных результатов, если учесть, что при работе установки даже с полной производительностью ее электродвигатель редко имеет нагрузку, равную номинальной и часто работает со значительной недогрузкой.

Для прочих приемников электроэнергии (электропечи, сварочные машины, трансформаторы, светильники) номинальная мощность совпадает с потребляемой, следовательно, с расчетной.

Таким образом, для ответвлений от магистралей или от распределительных шкафов к отдельным ЭП, единственным параметром для расчета по нагреву, по принципу равнопрочности, является их номинальный ток (при ПВ=100%); в этих случаях нет надобности касаться в расчетах их КПД и $\cos\phi$.

Для ЭП, работающих в повторнократковременном режиме с графиком нагрузки, длительность цикла которых не превосходит трех постоянных времени ($3 \cdot T_0$) элемента сети, расчетная нагрузка принимается равной среднеквадратичной (эффективной) нагрузке, т.е.

$$I_p = I_{СК}; P_p = P_{СК}; S_p = S_{СК}$$

Для сварочных машин контактной сварки среднеквадратичная нагрузка определяется по уравнению

$$S_{СК} = S_y \cdot K_3 \cdot \sqrt{ПВ} = S_{пик} \cdot \sqrt{ПВ} \quad (5),$$

где K_3 – коэффициент загрузки определяется по паспортным данным или по справочнику [2]; $S_{пик}$ – пиковая мощность согласно ГОСТ-247-61; S_y – установленная (номинальная при ПВ) мощность.

Для установок с многодвигательным приводом учитываются все электродвигатели данного привода. Если в их числе есть включаемые и отключаемые одновременно, то они считаются за один ЭП суммарной мощности [2, с.12].

Определение расчетных нагрузок методом коэффициента спроса (метод двухчленных формул):

Коэффициент спроса показывает, какую долю от номинальной мощности составляет расчетная нагрузка, следовательно

$$P_p = K_C \cdot P_H; Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (6),$$

Метод прост, т.к. связывает установленную мощность с расчетной и точность его определяется точностью определения K_C .

Для отдельных ЭП разных режимов работы K_C определяется довольно точно из справочников, например, табл.2.2 [5, с.12], где также приводятся K_H и $\cos\varphi$.

При расчете нагрузок отдельных узлов или групп ЭП также используют формулу (6), предполагая, что K_C остается постоянным и не зависит от числа ЭП в группе ($\cos\varphi$ и K_C данной группы (по цехам или группам машин) принимаются из справочника, например, [4,5]). Предположение о стабильности K_C противоречит физическому смыслу и основным законам формирования электрических нагрузок и теоретически приемлемо лишь при бесконечно большом числе ЭП, когда график нагрузки выравнивается и $P_p = P_C$.

Но ввиду своей простоты, он в таком виде (6) рекомендован для определения расчетных нагрузок на стадии проектного задания и при отсутствии данных о количестве ЭП. Он используется для определения Р.Н. в осветительных сетях и по предприятию (цеху) в целом, когда известна лишь установленная мощность.

С учетом выше отмеченного недостатка в некоторых отраслях промышленности применяют метод двухчленной формулы, в котором учитывается влияние числа ЭП на K_C , т.е. коэффициент спроса определяется уравнением двухчленной формулы:

$$K_C = K_{И} + C \cdot \frac{P_{МАХ}}{P_{Н\Sigma}} \quad (7),$$

где $K_{И}$ – групповой коэффициент использования рассматриваемой группы ЭП; $P_{МАХ}$ – установленная мощность наиболее мощных ЭП рассматриваемой группы мощностью $P_{Н\Sigma}$, C – коэффициент, учитывающий влияние мощных ЭП на формирование группового графика нагрузки.

На современном уровне знаний этот метод утрачивает свое пространство, т.к. появились более точные современные методы. Однако, ряд отраслей промышленности считают его основным и используют до сих пор, например угольная промышленность.

При определении нагрузок по предприятию в целом учитывают разновременность максимумов нагрузки отдельных групп (цехов, блоков).

$$S_P = K_{PM} \cdot \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} \quad (8),$$

где K_{PM} – коэффициент разновременности максимумов нагрузки, принимаем в пределах от 0.7 до 0.95.

Определение расчетных нагрузок методом коэффициента максимума:

Из многочисленных случайных факторов, влияющих на образование максимума нагрузки (P_P) или коэффициента максимума K_M , принято учитывать влияние только различия мощностей отдельных ЭП. Для этого вводится понятие об эффективном числе электроприемников $n_Э$ – число

однородных по режиму работы ЭП одинаковой мощности, которые обуславливают ту же величину расчетного максимума, что и группа из n различных по мощности и режиму работы ЭП [5, с. 38].

Для расчетов по методу K_M «Руководящими указаниями по определению расчетных нагрузок» рекомендовано $n_Э$ определять по выражению (9).

$$n_Э = \frac{(\sum P_{Hi})^2}{\sum P_{Hi}^2} \quad (9),$$

При одинаковых мощностях ЭП в группе $n_Э = n$. При определении $n_Э$ для многодвигательных приводов учитываются все электродвигатели данного привода.

Расчетные нагрузки определяются по формулам

$$P_P = K_M \cdot P_{CM} = K_M \cdot K_{И} \cdot P_{HЭ} \quad (10),$$

$$Q_P = K_M \cdot K_{И} \cdot P_{HЭ} \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (11),$$

где P_{CM} – средняя мощность рабочих ЭП за наиболее загруженную смену; $P_{HЭ}$ – суммарная активная мощность рабочих ЭП; $K_{И}$ – групповой коэффициент использования активной мощности за наиболее загруженную смену; K_M – коэффициент максимума активной мощности.

Величина коэффициента максимума активной мощности находится по формуле (12), дающей хорошее совпадение с теоретическим при $K_{И} = 0.15 \div 0.8$.

$$K_M = 1 + \frac{1.4}{\sqrt{(n_Э-1)^{1.1}}} \sqrt{\frac{1-1.2K_{И}}{K_{И}-0.01}} \quad (12),$$

Расчет нагрузок статистическим методом:

Расчетную нагрузку группы ЭП определяют двумя интегральными показателями: средней нагрузкой P_{CM} и среднеквадратичным отклонением σ_{CP} по уравнению:

$$P_P = P_{CM} + \beta_P \cdot \sigma_{CP} \quad (13),$$

где β_p – кратность меры рассеяния относительно среднего значения нагрузки, принимается $\beta_p = 2.5$ для определения расчетной нагрузки по пику температуры и $\beta_p = 1.7 \div 2.0$ по износу изоляции.

Если рассматривать группу ЭП одинаковой мощности и одинакового режима работы (одинаковые $K_{И}$) и учесть при этом, что $P_{СМ} = K_{И} \cdot P_{Н}$ и свойство дисперсии: $\sigma_{СР}^2 = \sum(\sigma_{0i} \cdot P_{Hi})^2$ тогда

$$\sigma_{СР} = \frac{P_{Н}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \cdot (\sigma_{01}^2 + \sigma_{02}^2 + \dots + \sigma_{0n}^2)} = \frac{P_{Н} \cdot \overline{\sigma_0}}{\sqrt{n}} \quad (14),$$

где $\overline{\sigma_0}$ – среднее значение относительного среднеквадратического отклонения.

Подставив эти значения в формулу P_p , получим выражение для определения расчетной нагрузки в следующем виде:

$$P_p = K_{И} \cdot P_{Н} + \beta_p \cdot P_{Н} \cdot \frac{\overline{\sigma_0}}{\sqrt{n}} \quad (15),$$

Вынесем $P_{Н}$ за скобки и вместо n подставим $n_э$ то уравнение будет выглядеть так:

$$P_p = \left(K_{И} + \beta_p \cdot \frac{\overline{\sigma_0}}{\sqrt{n_э}} \right) \cdot P_{Н} = K_{С} \cdot P_{Н} \quad (16),$$

На основании закона распределений максимальных значений от средней нагрузки выведена связь между $\overline{\sigma_0}$ и $K_{И}$

$$\overline{\sigma_0} = 0.3 \div 0.25 \cdot K_{И}$$

Подставив $\overline{\sigma_0}$ в уравнение 16 получаем выражение для коэффициента спроса

$$K_{С} = K_{И} + \left(\frac{\beta_p}{\sqrt{n_э}} \right) \cdot (0.3 \div 0.25 \cdot K_{И})$$

Подставим в него $\beta_p = 1.7$ по последним исследованиям с этой величиной (получаются нагрузки, близкие к реальным), получим уравнение

$$K_{С} = K_{И} + \frac{(0.5 - 0.4 \cdot K_{И})}{\sqrt{n_э}} \quad (17),$$

В реальных узлах нагрузки $n_э$ можно определять по упрощенной формуле

$$n_{\text{Э}} = \frac{2 \cdot P_{\text{Н}}}{P_{\text{Н.МАХ}}} \quad (18),$$

С учетом формул корректировки $K_{\text{И}}$ [1, стр.16] формула 17 принимает вид:

$$K_{\text{С}} = 0.6 \cdot K_{\text{И}} + \frac{0.5}{\sqrt{n_{\text{Э}}}} + \frac{0.16 \cdot K_{\text{И}}}{\sqrt{n_{\text{Э}}}} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n_{\text{Э}}}}\right) \text{ при } K_{\text{И}} < 0.5 \quad (19),$$

или приближенная

$$K_{\text{С}} = 0.6 \cdot K_{\text{И}} + \frac{0.5}{\sqrt{n_{\text{Э}}}} \text{ при } K_{\text{И}} < 0.5 \quad (20),$$

и

$$K_{\text{С}} = 0.8 \cdot K_{\text{И}} + \frac{0.5}{\sqrt{n_{\text{Э}}}} - \frac{0.12 \cdot K_{\text{И}}}{\sqrt{n_{\text{Э}}}} - \frac{0.08 \cdot K_{\text{И}}}{n_{\text{Э}}} \text{ при } K_{\text{И}} \geq 0.5 \quad (21),$$

или приближенная

$$K_{\text{С}} = 0.8 \cdot K_{\text{И}} + \frac{0.5}{\sqrt{n_{\text{Э}}}} - \frac{0.12 \cdot K_{\text{И}}}{\sqrt{n_{\text{Э}}}} \quad (22),$$

1.4 Расчет электрических нагрузок жилых домов, коммунально-бытовых и социально-культурных объектов

Расчёт нагрузок производится, начиная от низших ступеней к высшим ступеням системы, рассматривая поочередно отдельные узлы электрических сетей. Проведенные исследования выявили общие закономерности формирования нагрузки различных групп потребителей и на этой основе позволили разработать соответствующие методы расчёта. Эти исследования показали, что нагрузка является величиной вероятностной и зависит от многих случайных факторов, определяемых особенностями технологического процесса производства, организацией трудового и бытового режима населения и т. д. По этой причине способы определения расчётных нагрузок базируются на экспериментальном определении нагрузки действующих электроприёмников с последующей обработкой результатов измерений методами математической статистики и теории вероятностей [5, с. 17].

При расчёте нагрузки жилых домов используется нагрузка одного потребителя, в качестве которого выступает семья или квартира при посемейном заселении домов. Значения нагрузок являются приведёнными, т. е. определёнными с учётом коэффициента одновременности в зависимости от числа квартир.

Поэтому расчётная электрическая нагрузка любого элемента системы электроснабжения жилых домов в зависимости от числа квартир, питаемых от этих элементов, равна:

$$P_{\text{КВ}} = P_{\text{КВ.УД}} \cdot n \quad (23),$$

где $P_{\text{КВ}}$ – расчётная нагрузка рассматриваемого элемента сети (квартиры), кВт;

$P_{\text{КВ.УД}}$ – удельная нагрузка, соответствующая числу квартир n , кВт/ квартира;

n – число квартир, присоединённых к элементу сети.

Значение $P_{\text{КВ.УД}}$ определяется по данным таблицы 1.1

Удельная расчётная нагрузка жилых домов, кВт/квартиру Таблица 1.1

№ п. п.	Потребители электроэнергии	Удельная расчётная электрическая нагрузка при количестве квартир													
		1-5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1	Квартиры с плитами на природном газе	4,5	2,8	2,3	2	1,8	1,65	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	0,71	0,69	0,67
2	На сжиженном газе (в том числе при групповых установках и на твердом топливе)	6	3,4	2,9	2,5	2,2	2	1,8	1,4	1,3	1,08	1	0,92	0,84	0,76
3	Электрическими, мощностью 8,5 кВт	10	5,1	3,8	3,2	2,8	2,6	2,2	1,95	1,7	1,5	1,36	1,27	1,23	1,19
4	Летние домики на участках садовых товариществ	4	2,3	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,76	0,69	0,61	0,58	0,54	0,51	0,46

Силовая нагрузка общедомовых электроприёмников, включая лифты, определяется для каждого жилого здания в отдельности с учётом соответствующих коэффициентов спроса и мощности. В результате расчётная нагрузка, приведённая к вводу жилого дома, который не имеет встроенных учреждений, определяется как сумма нагрузок квартир и силовых общедомовых электроприёмников.

$$P_{\text{ж.д.}} = P_{\text{кв}} + 0.9 \cdot \sum P_{\text{с}} \quad (24),$$

где: $P_{\text{ж.д.}}$ – нагрузка жилого дома, приведённая к его вводу, кВт;

$P_{\text{с}}$ – силовая нагрузка общедомовых установок, кВт;

0.9 - коэффициент, учитывающий участие силовых установок в максимуме нагрузки квартир.

Расчётная нагрузка лифтовых установок жилого дома определяется:

$$P_{\text{л}} = K_{\text{с}} \cdot \sum_{j=1}^n P_{\text{л}j} \quad (25),$$

где: $K_{\text{с}}$ – коэффициент спроса, определяемый по таблице 1.2;

$P_{\text{л}j}$ – установленная мощность электродвигателей j -го лифта (определяем по таблице 2.3 или по исходным данным);

n – число лифтовых установок в жилом доме.

Коэффициенты спроса лифтовых установок

Таблица 1.2

№ п.п.	Число лифтовых установок	К _с для домов высотой, этажей	
		До 12	12 и св.
1	2-3	0,8	0,9
2	4-5	0,7	0,8
3	6	0,65	0,75
4	10	0,5	0,6
5	20	0,4	0,5
6	25 и св.	0,35	0,4

Установленная мощность электродвигателей лифтовых установок

Таблица 1.3

Число этажей здания	6-9	12	16 и свыше
Число лифтов в одной секции	1	2	2
Номинальная мощность двигателей, (кВт)	7	7;11	11

Реактивная мощность лифтовой установки определяется по формуле:

$$Q_L = P_L \cdot \operatorname{tg}\varphi_L \quad (26),$$

где: Q_L – расчётная реактивная нагрузка лифтовых установок, квар.

Силовая нагрузка складывается из:

$$P_C = P_L + P_{ДВ} \quad (27),$$

где: P_C – силовая нагрузка общедомовых установок, кВт; P_L – силовая нагрузка лифтовых установок, кВт; $P_{ДВ}$ – нагрузка двигателей, кВт.

Расчетная нагрузка линий питания электродвигателей санитарно-технических устройств определяется по их установленной мощности с учетом коэффициента спроса, принимаемого по таблице 1.4.

Коэффициенты спроса для электродвигателей санитарно технических устройств Таблица 1.4

№ п.п.	Удельный вес установленной мощности работающего сантехнического и холодильного оборудования, включая системы кондиционирования воздуха в общей установленной мощности работающих силовых электроприемников, %	Kс при числе электроприемников										
		2	3	5	8	10	15	20	30	50	100	200
1	100-85	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5
2	84-75	-	-	0,75	0,7	0,65	0,6	0,6	0,6	0,55	0,55	0,5

продолжение таблицы 1.4

3	74-50	-	-	0,7	0,65	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45
4	49-25	-	-	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45
5	24 и менее	-	-	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,4

Для выбора параметров электрических сетей жилых домов нужно знать полную нагрузку.

$$S_{\text{ж.д.}} = S_{\text{кв}} + 0.9 \cdot S_{\text{с}} \quad (28),$$

Коэффициенты мощности для квартир с электроплитами, для квартир с плитами на газе или твёрдом топливе, хозяйственных насосов, вентиляторов и санитарно-технических устройств, лифтов определены в таблице 1.5.

Расчётные коэффициенты мощности

Таблица 1.5

Наименование	cosφ
квартиры с электрическими плитами	0,98
то же, с бытовыми кондиционерами воздуха	0,93
квартиры с плитами на природном, сжиженном газе и твердом топливе	0,96
то же, с бытовыми кондиционерами воздуха	0,92
общего освещения в общежития коридорного типа	0,95
хозяйственных насосов, вентиляционных установок и других санитарно-технических устройств	0,8
лифтов	0,65

2 Расчетная часть

Важнейшей предпосылкой рационального выбора системы электроснабжения является правильное определение расчётных нагрузок, в зависимости от которых устанавливаются параметры всех элементов системы.

2.1 Расчет электрических нагрузок

Проектируемый жилой многоквартирный дом состоит из четырех секций, по два подъезда на секцию. Произведем расчет электрических нагрузок на примере секции №1.

Первая секция жилого дома насчитывает 200 квартир с электроплитами, следовательно из [5, таблица 7.1] находим $P_{\text{КВ.УД}}$ (кВт/квартиру): $P_{\text{КВ.УД}} = 1.36$ кВт/квартира.

Расчетная нагрузка квартир по формуле 23 равна:

$$P_{\text{КВ}} = 1.36 \cdot 200 = 272 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{КВ}} = P_{\text{КВ}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{КВ}} \quad (29),$$

$\text{tg}\varphi_{\text{КВ}}$ – принимаем равны 0.4 для квартир с электроплитами и бытовыми кондиционерами воздуха.

$$Q_{\text{КВ}} = 272 \cdot 0.4 = 108.8 \text{ кВАр}$$

Тогда полная мощность равна:

$$S_{\text{КВ}} = \sqrt{P_{\text{КВ}}^2 + Q_{\text{КВ}}^2} \quad (30),$$

$$S_{\text{КВ}} = \sqrt{272^2 + 108.8^2} = 293 \text{ кВА}$$

Расчетная нагрузка лифтов и двигателей определяется по формуле 25:
Для первой секции принимаем 8 лифтовых установок, из них шесть пассажирских лифтов, и два пожарных.

$$P_{\text{Л}} = 0.6 \cdot (2 \cdot 8.5 + 6 \cdot 12.4) = 54.8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{Л}} = P_{\text{Л}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{Л}}$$

$$Q_{\text{Л}} = 54.8 \cdot 1.17 = 64.1 \text{ кВАр}$$

Принимаем к установке на каждую секцию по два электродвигателя санитарно технических устройств, мощностью 15 и 30 кВт.

$$P_{\text{ДВ}} = 1 \cdot (15 + 30) = 45 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ДВ}} = 45 \cdot 0.75 = 33.7 \text{ кВАр}$$

Итак, суммарная силовая нагрузка общедомовых установок равна:

$$P_{\text{С}} = 54.8 + 45 = 99.8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{С}} = 64.1 + 33.7 = 97.8 \text{ кВАр}$$

Расчетная нагрузка первой секции жилого дома равна (расчёт производим по формуле 24):

$$P_{1 \text{ СЕК.}} = P_{\text{КВ}} + 0.9 \cdot \sum P_{\text{С}}$$

$$P_{1 \text{ СЕК.}} = 272 + 0.9 \cdot 99.8 = 361.8 \text{ кВт}$$

$$Q_{1 \text{ СЕК.}} = 108.8 + 0.9 \cdot 97.8 = 196.8 \text{ кВАр}$$

$$S_{1 \text{ СЕК.}} = \sqrt{361.8^2 + 196.8^2} = 411.8 \text{ кВА}$$

Расчеты для секций №2,3,4, также общей нагрузки многоквартирного дома ведем аналогично, результаты занесем в таблицу 2.1.

Расчётная нагрузка жилых многоквартирных домов Таблица 2.1

№ секции	$P_{\text{КВ}}$, кВт	$Q_{\text{КВ}}$, кВАр	$S_{\text{КВ}}$, кВА	$P_{\text{Л}}$, кВт	$Q_{\text{Л}}$, кВАр	$P_{\text{ДВ}}$, кВт	$Q_{\text{ДВ}}$, кВАр	$P_{\text{Ж.Д.}}$, кВт	$Q_{\text{Ж.Д.}}$, кВАр	$S_{\text{Ж.Д.}}$, кВА
1	272	108.8	293	54.8	64.1	45	33.7	361.8	196.8	411.8
2	272	108.8	293	54.8	64.1	45	33.7	361.8	196.8	411.8
3	272	108.8	293	54.8	64.1	45	33.7	361.8	196.8	411.8
4	272	108.8	293	54.8	64.1	45	33.7	361.8	196.8	411.8
Общая по Ж/Д	968	387.2	1042	146.2	171.1	126	94.5	1213	626.2	1365.1

2.2 Расчет питающих сетей

Выбор трансформаторной подстанции, а также силовых трансформаторов

Питание проектируемого жилого дома необходимо осуществлять от двух независимых, взаиморезервирующих источников, так как по категории надежности электроснабжения электроприемники дома можно отнести к I, II категории.

Следовательно, оптимальным вариантом для проектируемого объекта, является установка блочной двухтрансформаторной подстанции (БКТП), устанавливаемой в непосредственной близости от жилого дома. Установка однотрансформаторной подстанции экономически не целесообразна, в связи с большими затратами на резервирование по 0.4 кВ.

Проектируемая БКТП, предназначена для питания проектируемого двадцатипятиэтажного жилого здания, а также осветительной нагрузки дворовой территории.

При выборе мощности трансформаторов на трансформаторной подстанции должна учитываться допустимая перегрузка трансформаторов в после аварийном режиме, которая составляет 140% номинальной мощности в течение 5 дней по 6 часов в сутки, если в нормальном режиме трансформаторы загружены не более, чем на 85-90% их номинальной мощности [4, с. 245].

Согласно [2], мощность трансформаторов определяется по формуле:

$$S_{Н.ТР} = \frac{S_p}{\beta \cdot N} \quad (31),$$

где β - предельный коэффициент загрузки трансформатора, равный $\beta=0,7$ для двух трансформаторов [2]; N - число трансформаторов, $N=2$.

$$S_{Н.ТР} = \frac{1365.1}{0.7 \cdot 2} = 975 \text{ кВА}$$

Следовательно принимаем к установке масляные трансформаторы ТМГ-1000/10/0.4.

Проверяется перегрузочная способность в аварийном режиме, согласно [2], по условию:

$$\beta_A = \frac{S_p}{S_{H,TP}} = \frac{1365.1}{1000} = 1.36 < 1.4 \text{ – удовлетворяет требованию ПУЭ}$$

Загрузка трансформатора в нормальном режиме составляет:

$$\beta_H = \frac{S_p}{2 \cdot S_{H,TP}} = \frac{1365.1}{2 \cdot 1000} = 0.68 \%$$

В нормальном режиме трансформатор загружен на 68%, что меньше допустимой загрузки по [1].

Паспортные данные выбранного трансформатора представлены в таблице 2.2.

Паспортные данные трансформатора ТМГ-1000/10 Таблица 2.2

S _{ном} , кВ·А	Каталожные данные					
	U _{ном} , кВ		U _к , %	ΔP _к , кВт	ΔP _х , кВт	I _к , %
	ВН	НН				
1000	10	0.4	5,5	10.5	1.1	0,8

В таблице 2.3 приведены основные характеристики устанавливаемой трансформаторной подстанции.

Основные технические характеристики ТП Таблица 2.3

Наименование параметра	2БКТП-1000/10
Мощность силового трансформатора, кВА	1000
Количество трансформаторов, шт	2
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	10.5
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0.4
Номинальный ток сборных шин на стороне ВН, А	630
Номинальный ток сборных шин на стороне НН, А	2200
Ток термической стойкости сборных шин на стороне ВН, кА/с	20
Ток электродинамической стойкости сборных шин на стороне ВН, кА	51
Ток термической стойкости сборных шин на стороне НН, кА/с	20
Ток электродинамической стойкости сборных шин на стороне НН, кА	44
Номинальное напряжение цепей управления, В	~ 220
Номинальное напряжение цепей освещения, В	~ 24
Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1 на стороне ВН	нормальная

Степень защиты по ГОСТ 14554	IP 23
Степень огнестойкости по СПиП 21-01-97	IV
Климатическое исполнение	УХЛ-1
Габаритные размеры (Д x Ш x В), м	7.5 x 6.6 x 3

Внешний вид подстанции показан на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Внешний вид подстанции

Выбор и проверка питающих кабелей 10 кВ

Произведем выбор сечения питающих кабелей 10 кВ:

1. По экономической плотности тока

$$S_{ЭК} = \frac{I_{PH}}{J_{ЭК}} \quad (32),$$

где $J_{ЭК}$ - нормированное значение экономической плотности тока, А/мм²; I_{PH} – расчетный ток в нормальном режиме в часы максимума нагрузок, А.

$$I_{PH} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (33),$$

$$I_{PH} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57.8 \text{ A}$$

Тогда:

$$S_{ЭК} = \frac{57.8}{1.4} = 41.3 \text{ мм}^2$$

Принимаем кабель АПвП-10-3х50 с $I_{ДОП} = 195 \text{ A}$

2. По длительному току:

$$I_{ДОП}^I \geq I_{MAX} \quad (34),$$

$$I_{MAX} = \frac{1.4 \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (35),$$

$$I_{MAX} = \frac{1.4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 80.9 \text{ A}$$

Длительно допустимый ток с учётом поправочных коэффициентов на температуру окружающей среды и условия прокладки кабелей:

$$I_{ДОП}^I = K_t \cdot K_v \cdot K_{ПАР} \cdot I_{ДОП} \quad (36),$$

где K_t - коэффициент, учитывающий отличие реальной температуры окружающей среды от нормированной. Принимаем для алюминиевого кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена допустимую температуру нагрева 65°C . Так как кабель прокладываем в земле, то принимаем расчетную температуры окружающей среды 15°C . Эквивалентная летняя (рассматриваем наиболее «тяжелый» режим работы кабеля) температура воздуха в Московской области составляет 18°C , следовательно для этих значений по таблице 1.3.3 из [3], принимаем $K_t = 0.97$;

K_v - поправочный коэффициент, учитывающий отличие номинального напряжения кабеля от напряжения установки. Для кабеля 10 кВ, п.1.3.20 из [3] принимаем $K_v = 1$;

$K_{ПАР}$ - учитывает количество кабелей, проложенных рядом, и расстояния между ними. Принимаем расстояние между кабелями в свету 200 мм, тогда по таблице 1.3.26 из [3], при количестве кабелей равным 2-м, принимаем $K_{ПАР} = 0.92$.

$$I_{\text{доп}}^I = 0.97 \cdot 1 \cdot 0.92 \cdot 195 = 174 \text{ A}$$

$$174 \geq 80.9 \text{ A}$$

3. По допустимой потере напряжения

$$\Delta U_P \leq \Delta U_{\text{доп}} = 5\% \quad (37),$$

$$\Delta U_P = \frac{\sqrt{3} \cdot I_P \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi)}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100\% \quad (38),$$

где I_P – расчетный ток рассматриваемого участка сети, А; L – длина участка сети, км; r_0, x_0 – параметры проверяемого проводника, Ом/км.

$$\Delta U_P = \frac{\sqrt{3} \cdot 57.8 \cdot 1.3 \cdot (0.42 \cdot 0.88 + 0.086 \cdot 0.47)}{10000} \cdot 100\% = 0.53 \%$$

4. Проверка кабеля по термической стойкости.

Определяем минимальное сечение по термической стойкости по формуле:

$$S_{\text{MIN}} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} \quad (39),$$

$C = 94 \text{ A} \cdot \frac{\text{с}^{1/2}}{\text{мм}^2}$ – для алюминиевых кабелей с бумажной изоляцией

$$B_K = I_{\text{ПО}}^2 \cdot (t_{\text{откл.в.}} + t_{\text{рз}} + T_a) \quad (40),$$

где $I_{\text{ПО}}$ – периодическая составляющая тока КЗ, кА; $t_{\text{откл.в.}}$ – время отключения выключателя, с; $t_{\text{рз}}$ – время срабатывания релейной защиты, с.

Проверка по данному условию будет происходить после расчета токов коротких замыканий.

Расчет токов коротких замыканий свыше 1 кВ

Для определения сечения кабелей и для последующего выбора оборудования ТП необходимо произвести расчет токов короткого замыкания.

Для вычисления токов КЗ составляется эквивалентная схема замещения (рисунок 2.2,а), а также схема замещения (рисунок 2.2,б) в которой учитываются сопротивления системы, трансформаторов, линий (воздушных и кабельных) и намечаются вероятные точки КЗ.

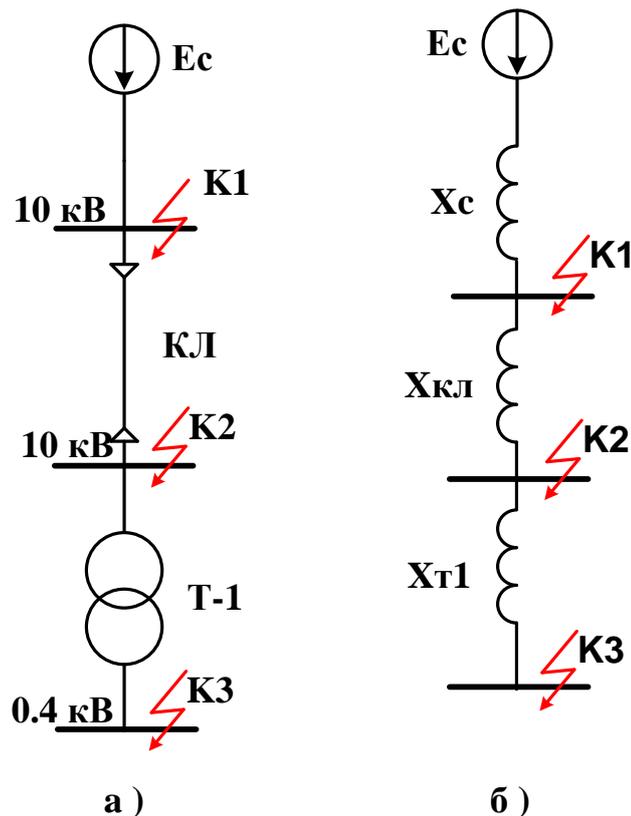


Рисунок 2.2- Схема замещения

Определяется сопротивление элементов сети в именованных единицах:

а) для трансформатора: $\Delta U_K = 5.5 \%$, $S_H = 1000$ кВА , $U_H = 10.5$ кВ, в формуле ниже 0,4 кВ

$$X_{T1} = \frac{\Delta U_K \cdot U_H^2}{100 \cdot S_H} = \frac{5.5 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 1.00} = 0,007 \text{ Ом}$$

б) для кабельной линии напряжением 10 кВ: $r_0 = 0,42$ Ом/км $X_0 = 0,086$ Ом/км $L=1.3$ км, тогда:

$$X_{Л} = X_0 \cdot L = 0.086 \cdot 1.3 = 0,11 \text{ Ом}$$

$$r_{Л} = r_0 \cdot L = 0.42 \cdot 1.3 = 0.55 \text{ Ом}$$

в) для системы: $U_H = 10$ кВ тогда:

$$X_C = \frac{U^2}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{K3}} = \frac{10.5^2}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 6.6} = 0,92 \text{ Ом}$$

Расчет тока КЗ в точке К-2:

Суммарное сопротивление:

$$X_{\Sigma(K-2)} = X_C + X_L = 0.92 + 0.11 = 1.03 \text{ Ом}$$

Ток трехфазного КЗ в точке К-2:

$$I_{K-2}^{(3)} = \frac{U_H}{\sqrt{X_{\Sigma(K-2)}^2 + r_L^2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{10,5}{\sqrt{1.03^2 + 0.55^2} \cdot \sqrt{3}} = 2.99 \text{ кА}$$

Ударный ток:

$$i_{уд(K-2)} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{K-2}^{(3)}$$

где $K_{уд}$ - ударный коэффициент ($K_{уд} = 1 + e^{\frac{-0.01}{T_a}} = 1 + e^{\frac{-0.01}{0.02}} = 1.608$)

$$i_{уд(K-2)} = \sqrt{2} \cdot 1.608 \cdot 2.99 = 6.81 \text{ кА}$$

Расчет тока КЗ в точке К-3:

Суммарное сопротивление:

$$X_{\Sigma(K-3)} = X_{\Sigma(K-2)} \cdot \left(\frac{U_{60,4}}{U_{610,5}}\right)^2 + X_{T1} = 1.03 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 + 0,007 = 0,0085 \text{ Ом}$$

$$r_L = r_L \cdot \left(\frac{U_{60,4}}{U_{610,5}}\right)^2 = 0,55 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 = 0,0008 \text{ Ом}$$

Ток трехфазного КЗ в точке К-3:

$$I_{K-3}^{(3)} = \frac{U_H}{\sqrt{X_{\Sigma(K-2)}^2 + (r_L + r_d + r_k)^2} \cdot \sqrt{3}}$$
$$I_{K-3}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{0.0085^2 + (0,0008 + 0,005 + 0,005)^2} \cdot \sqrt{3}} = 16.8 \text{ кА}$$

Ударный ток:

$$i_{уд(K-3)} = \sqrt{3} \cdot K_{уд} \cdot I_{K-3}^{(3)}$$

где $K_{уд}$ - ударный коэффициент ($K_{уд} = 1 + e^{\frac{-0.01}{T_a}} = 1 + e^{\frac{-0.01}{0.009}} = 1.33$)

$$i_{уд(K-3)} = \sqrt{3} \cdot 1,33 \cdot 16.8 = 31.3 \text{ кА}$$

Итак, проведем выбор кабеля 10 кВ по термической стойкости токам КЗ:

$$W_K = 2.99^2 \cdot (0.025 + 1.2 + 0.01) = 11 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$S_{\text{MIN}} = \frac{\sqrt{11 \cdot 10^6}}{94} = 35.3 \text{ мм}^2$$

Принятый кабель сечением 50 мм², выбран правильно.

Выбор и проверка питающих кабелей 0.4 кВ

Произведем выбор питающих кабелей 0.4 кВ на примере секции №1. Выбор кабелей 0.4 кВ производится по следующим параметрам:

1. Выбор проводов и кабелей по нагреву.

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (41),$$

где S_P – полная расчетная мощность потребителя, кВА; U_H – номинальное напряжение сети, кВ.

Тогда, ток протекающий по кабелю в аварийном режиме, если питание нагрузки осуществлялось по двум кабелям:

$$I_{P,\text{MAX}} = 2 \cdot I_P \quad (42),$$

Полученное значение сравнивают с предельно допустимым током для выбранного сечения кабеля.

$$I_{P,\text{MAX}} \leq I_{\text{ДОП}}$$

2. Проверка выбранного сечения кабеля по потере напряжения:

$$\Delta U_{\%} = \frac{100 \cdot P_P \cdot L}{U_H^2 \cdot \gamma \cdot F} \quad (43),$$

где P_P – расчетная мощность, кВт; L – длина участка кабеля (принимаем равным 50 м), м; γ – удельная проводимость для алюминия равна 32 м/Ом·мм²; F – сечение жилы, мм².

Полученное значение сравнивают с предельно допустимым:

$$\Delta U_{\%} \leq 4\%$$

В качестве примера произведем расчет сечения питающих кабелей одного из подъездов здания № 1. Будем считать что нагрузка распределена между подъездами равномерно, тогда:

$$I_P = \frac{S_{P \text{ СЕК №1}}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot n} = \frac{411.8}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 2} = 313.2 \text{ А}$$

$$I_{P.MAX} = 2 \cdot I_P = 2 \cdot 313.2 = 626.4 \text{ А}$$

Принимаем к установке два параллельных алюминиевых кабеля 2АВБбШв (4х185) с $I_{доп} = 770 \text{ А}$.

$$626.4 \leq 770 \text{ А}$$

Рассчитаем потерю напряжения в кабеле:

$$\Delta U_{\%} = \frac{100 \cdot 361800 \cdot 50}{400^2 \cdot 32 \cdot 185 \cdot 2} = 0.95 \%$$

$$0.95 \leq 4\%$$

Выбранный кабель удовлетворяет всем условиям выбора. Результаты выбора остальных кабелей сведем в таблицу 2.4.

Результаты выбора сечений питающих кабелей 0.4 кВ Таблица 2.4

Участок сети	S_P , кВА	$I_{P \text{ MAX}}$, А	L, км	Марка кабеля	$I_{доп}$ А	$\Delta U_{\%}$ %
ТП-ВРУ1 (секция 1)	411.8	626.4	0.05	2АВБбШв (4х185)	770	0.95
ТП-ВРУ2 (секция 2)	411.8	626.4	0.08	2АВБбШв (4х185)	770	1.10
ТП-ВРУ3 (секция 3)	411.8	626.4	0.11	2АВБбШв (4х185)	770	1.23
ТП-ВРУ4 (секция 4)	411.8	626.4	0.14	2АВБбШв (4х185)	770	1.36

Выбор оборудования БКТП-2х1000

Выбор оборудования РУ 10 кВ

В качестве вводных и линейных коммутационных аппаратов, в РУВН проектируемой подстанции принимаем автогазовые выключатели нагрузки марки ВНА/ТЕ-10/400-3нП.

Основные параметры выключателя нагрузки приведены в таблице 2.5.

Паспортные данные выключателя нагрузки

Таблица 2.5

Тип выключателя	$I_{НОМ}$, А	$I_{ОТКЛ}$, кА	$I_{уд}$, кА	$I_{ТЕРМ}$, кА Главных ножей/время,с	$I_{ТЕРМ}$, кА Заземляющих ножей/время,с
ВНА/ТЕ-10/400-ЗнП	400	20	52	20/3	20/1

Произведем проверку выбранных выключателей по следующим параметрам:

1) По номинальному напряжению:

$$U_{УСТ} \leq U_{НОМ}$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}$$

2) По номинальному длительному току

$$I_{РАБ \text{ МАКС}} \leq I_{НОМ}$$

$$80.9 \text{ А} \leq 400 \text{ А}$$

3) По конструкции, роду установки: принимаем к установке выключатели нагрузки с заземляющими ножами с одной или с двух сторон.

4) по току отключения

$$I_{РАБ \text{ МАКС}} \leq I_{ОТК}$$

$$80.9 \text{ А} \leq 20 \text{ кА}$$

5) По электродинамической стойкости

$$i_y \leq i_{ПР.С.}$$

$$I_{ПО} \leq I_{ПР.С.}$$

где $i_{ПР.С.}$, $I_{ПР.С.}$ — предельный сквозной ток короткого замыкания, кА.

$$6.81 \text{ кА} \leq 52 \text{ кА}$$

$$2.99 \text{ кА} \leq 20 \text{ кА}$$

6) По термической стойкости:

$$B_K \leq I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР}$$

где B_K – тепловой импульс; $I_{\text{ТЕР}}$ – предельный ток термической стойкости, кА; $t_{\text{ТЕР}}$ – длительность протекания предельного тока термической стойкости, с.

$$B_K = 2.99^2 \cdot (0.025 + 1.2 + 0.01) = 11 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Для главных ножей:

$$11 \text{ А}^2 \cdot \text{с} \leq 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$$

Для заземляющих ножей:

$$11 \text{ А}^2 \cdot \text{с} \leq 20^2 \cdot 1 = 400 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$$

Выбранные выключатели нагрузки ВНА/ТЕ-10/400-3нП. удовлетворяют всем параметрам.

Для защиты силового трансформатора БКТП, от токов коротких замыканий и перегрузок, принимаем к установке плавкие предохранители типа ПКТ-103-10-100-40.

Основные параметры предохранителей приведены в таблице 2.6.

Паспортные данные предохранителя

Таблица 2.6

Тип предохранителя	$I_{\text{НОМ}}$, А	$I_{\text{ОТКЛ}}$, кА	$I_{\text{УД}}$, кА	$I_{\text{ТЕРМ}}$, кА Главных ножей/время,с	$I_{\text{ТЕРМ}}$, кА Заземляющих ножей/время,с
ПКТ-103-10-100-40	100	40	52	20/3	20/1

Произведем проверку выбранных предохранителей по следующим параметрам:

1) По номинальному напряжению:

$$U_{\text{УСТ}} \leq U_{\text{НОМ}}$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}$$

2) По номинальному длительному току:

$$I_{\text{РАБ МАКС}} \leq I_{\text{НОМ}}$$

$$80.9 \text{ А} \leq 100 \text{ А}$$

3) По току отключения:

$$I_{\text{ПО}} \leq I_{\text{ОТК}}$$

$$2.99 \text{ кА} \leq 40 \text{ кА}$$

4) По номинальной мощности отключения:

$$S_{\text{КЗ}} \leq S_{\text{ОТК}}$$

где $S_{\text{ОТК}}$ – номинальная мощность отключения предохранителя, МВА; $S_{\text{КЗ}}$ – мощность короткого замыкания, МВА.

$$S_{\text{ОТК}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot I_{\text{ОТК}} \quad (44),$$

$$S_{\text{КЗ}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot I_{\text{ПО}} \quad (45),$$

$$S_{\text{ОТК}} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 40 = 692 \text{ МВА}$$

$$S_{\text{КЗ}} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2.99 = 24.2 \text{ МВА}$$

$$24.2 \text{ МВА} \leq 692 \text{ МВА}$$

Выбранный предохранитель подходит.

Выбор оборудования РУ 0.4 кВ

Автоматические выключатели служат для автоматического размыкания электрических цепей при перезагрузках и КЗ, при недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастого включения цепей вручную.

Механизм, который отключает автоматический выключатель, называется расцепителем.

Для выполнения защитных функций автоматы снабжаются: электромагнитным максимального тока (М) (максимальный); тепловым (Т); комбинированным, имеющим и электромагнитный и тепловой элементы (М+Т); независимым дистанционным; минимального напряжения. Дистанционный независимый расцепитель служит для дистанционного отключения автомата, а минимального напряжения при понижении напряжения в сети ниже нормы выбивает защиту и отключает автомат.

Выбор и проверка выключателей осуществляется по следующим условиям:

1. По номинальному напряжению

$$U_{\text{НОМ.А}} \geq U_{\text{НОМ.С}} \quad (46),$$

где $U_{НОМ.А}$ – номинальное напряжения автоматического выключателя, В;
 $U_{НОМ.С}$ – номинальное напряжение сети, В.

2. По расчетному току

$$I_{НОМ.А} \geq I_{Р.МАКС} \quad (47),$$

где $I_{НОМ.А}$ – номинальный ток автоматического выключателя, А; $I_{Р.МАКС}$ – максимальный рабочий ток сети защищаемой выключателем, А.

3. Тепловой расцепитель автоматического выключателя выбирают из условия отстройки от рабочих и пиковых токов электроприёмников.

Для электрических цепей электродвигателей и смешанной нагрузки

$$I_{Н.Т} \geq K_{Н} \cdot I_{ПИК} \quad (48),$$

где $I_{ПИК}$ – пиковый ток электродвигателя или смешанной нагрузки, А; $K_{Н}$ – коэффициент надежности, для двигателей 0.4, для смешанной нагрузки принимаем 1.2.

4. Электромагнитный расцепитель автоматического выключателя выбирают из условий отстройки от пиковых токов электроприёмников.

$$I_{С.О.} \geq K_{Н.О} \cdot I_{ПИК} \quad (49),$$

где $I_{С.О.}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя, А;

$K_{Н.О}$ – коэффициент надежности отстройки, для двигателей 1.5, для осветительной нагрузки принимаем 1.5.

5. Выбор по защите от перегрузки

$$I_{С.П.} \geq 1.25 \cdot I_{Д.Д} \quad (50),$$

где $I_{С.П.}$ – ток срабатывания от перегрузки, А; $I_{Д.Д}$ – длительно допустимая нагрузка проводников электрической сети, А.

6. По условиям стойкости токам короткого замыкания

$$ПКС \geq I_{К.МАКС}^3 \quad (51),$$

где ПКС – предельно коммутационная способность выключателя, кА;
 $I_{К.МАКС}^3$ – максимальное значение тока трехфазного короткого замыкания в месте установки выключателя, кА.

7. Проверка на электродинамическую стойкость

$$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}} \quad (52),$$

где $i_{\text{дин}}$ – ток электродинамической стойкости аппарата при коротком замыкании, кА; $i_{\text{уд}}$ – ударный ток короткого замыкания, кА.

8. Проверка на чувствительность отсечки к однофазному току КЗ в конце защищаемой линии

$$K_{\text{ч}}^1 = \frac{I_{\text{К.МИН}}^1}{I_{\text{с.о.}}} \geq 1.1 \cdot K_{\text{р}} \quad (53),$$

где $I_{\text{К.МИН}}^1$ – минимальное значение тока КЗ в конце защищаемого участка, А; $K_{\text{р}}$ – коэффициент разброса, принимаем равным 1.3.

Результаты выбора выключателей 0.4 кВ устанавливаемых в РУНН приведены в таблице 2.7.

Результаты выбора выключателей 0.4 кВ Таблица 2.7

Участок сети	И _{макс.} , А	Тип выключателя	И _{ном.} выкл., А	И _{ном.} расц., А	И _{со} , А	ПКС , кА
ТП-ВРУ1 (секция 1)	626.4	ВА50-43 ПРО	800	800	1600	50
ТП-ВРУ2 (секция 2)	626.4	ВА50-43 ПРО	800	800	1600	50
ТП-ВРУ3 (секция 3)	626.4	ВА50-43 ПРО	800	800	1600	50
ТП-ВРУ4 (секция 4)	626.4	ВА50-43 ПРО	800	800	1600	50
Уличное освещение	32	ВА04-31 ПРО	32	32	320	15
ВВОД 1	2130	ВА50-45 ПРО	2500	2500	5000	65
ВВОД 2	2130	ВА50-45 ПРО	2500	2500	5000	65
Секционный АВ	1065	ВА50-45 ПРО	1250	1250	3000	65

Для учета и контроля потребляемой электроэнергии, принимаем к установке в водных ячейках РУ-0.4 кВ подстанции, трансформаторы тока марки ТТИ-100 с номинальным током 2500/5 А, и классом точности 0.5S.

Выбор трансформаторов тока:

1. Максимальный расчетный ток:

$$I_{\text{р.МАХ}} = 2130 \text{ А}$$

2. По току выбираем трансформаторы тока ТТИ-100 2500/5А, с коэффициентом трансформации: $k = \frac{2500}{5} = 500$, класс точности 0.5S.

3. Далее определим ток на вторичной обмотке трансформатора при протекании по его первичной обмотке расчетного тока 2130 А.

$$I_B = \frac{2130}{500} = 4.26 \text{ A}$$

Таким образом, при протекании по цепи расчетного максимального тока 2130 А, во вторичных цепях трансформатора будет протекать ток 4.26 А, что составляет 86% от номинального тока вторичной обмотки трансформатора.

4. Теперь необходимо посчитать минимальную нагрузку, в данном случае это нагрузка на дежурное освещение и систему пожарной сигнализации (S=7 кВА):

$$I_{P.MIN} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0.38} = 46 \text{ A}$$

$$I_{B. \text{мин}} = \frac{46}{500} = 0.1 \text{ A}$$

При минимальной нагрузке сети ток во вторичной обмотке трансформатора будет равен 0.1 А, что составляет 2.1 % от номинального тока вторичных цепей трансформатора ($I_{ном} = 5 \text{ A}$). Таким образом выполняется условие:

$$\omega_{(расч.),\%} > \omega_{(доп.),\%}$$

$$2.1 \% > 2 \%$$

Таким образом, выбранные трансформаторы удовлетворяют требованиям п.1.5.17 ПУЭ.

Выбор счетчиков электроэнергии:

Для учета электроэнергии, принимаем к установке микропроцессорный счетчик активно-реактивной энергии, марки Меркурий 230 AR-03-PQRSIDN. Для контроля токовой нагрузки, принимаем к установке амперметры марки Э47 2500/5, а также вольтметр Э47 500В.

2.3 Выбор и расчет распределительных сетей

Электрощитовое оборудование

В качестве вводно-распределительного устройства принимаем к установке шкафы марки ВРУ-8505, со степенью защиты IP31. Данное вводно-распределительное устройство представляет собой четыре цельносварных корпуса (два вводных и два линейных шкафа) соединенных друг с другом.

Шкафы вводно-распределительных устройств устанавливаются в помещениях электрощитовых, в каждой секции проектируемого жилого дома.

В вводных шкафах установлены перекидные рубильники марки ОТ630Е03С рассчитанные на номинальный ток 630 А, и предназначенные для подключения питающих кабелей, а также ручного переключения питания с одного ввода на другой. Для учета и контроля потребления электрической энергии в вводных панелях установлены измерительные трансформаторы тока марки ТТИ-60 600/5 кл.т.0.5S. Счетчики электроэнергии установлены на дверях вводных панелей. Для защиты электрических сетей от токов коротких замыканий и перегрузок в вводных шкафах установлены плавкие предохранители ППНИ-39 630А.

Для питания и защиты отходящих линий в линейных панелях предусматриваем установку автоматических выключателей марки ВА04-31 ПРО и ВА04-35ПРО. На рисунке 2.2 представлен внешний вид ВРУ-8505.



Рисунок 2.2 – Внешний вид вводно-распределительного устройства

Линейная схема вводно-распределительных устройств, представлена в приложении 3.

Для питания квартир, в коридорах жилых домов устанавливаются этажные щиты типа УЭРВ, со степенью защиты IP31. Данный тип щитов состоит из трех отдельных отсеков. В первом отсеке установлены вводные коммутационные аппараты, а также счетчики электроэнергии, данный отсек подлежит пломбировке, в целях предотвращения хищения электроэнергии.

Второй отсек предназначен для установки автоматических выключателей, питающих непосредственно квартирные щиты, в качестве такого выключателя применяют автоматический выключатель дифференциального тока с током утечки 100 мА.

В третьем отсеке размещается слаботочная аппаратура (интернет, телевидение и пр.)

Внешний вид УЭРВ представлен на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Внешний вид этажных щитов

Схема шестиквартирного этажного щита представлена на рисунке 2.4, для другого количества квартир схема идентична.

Для питания электроприемников квартир используем квартирные щиты встраиваемого исполнения, типа ЩК-11. В данном щите произведена установка дифференциальных автоматических выключателей с током утечки

30 мА для защиты розеточных сетей, а также обычных выключателей для защиты сетей освещения. Корпус квартирного щита выполнен из пластика, и рассчитан на установку 18 модулей.

Внешний вид, а также схема квартирного щита приведена на рисунках 2.5 и 2.6 соответственно.



Рисунок 2.5 – Внешний вид щитов ЩК-11

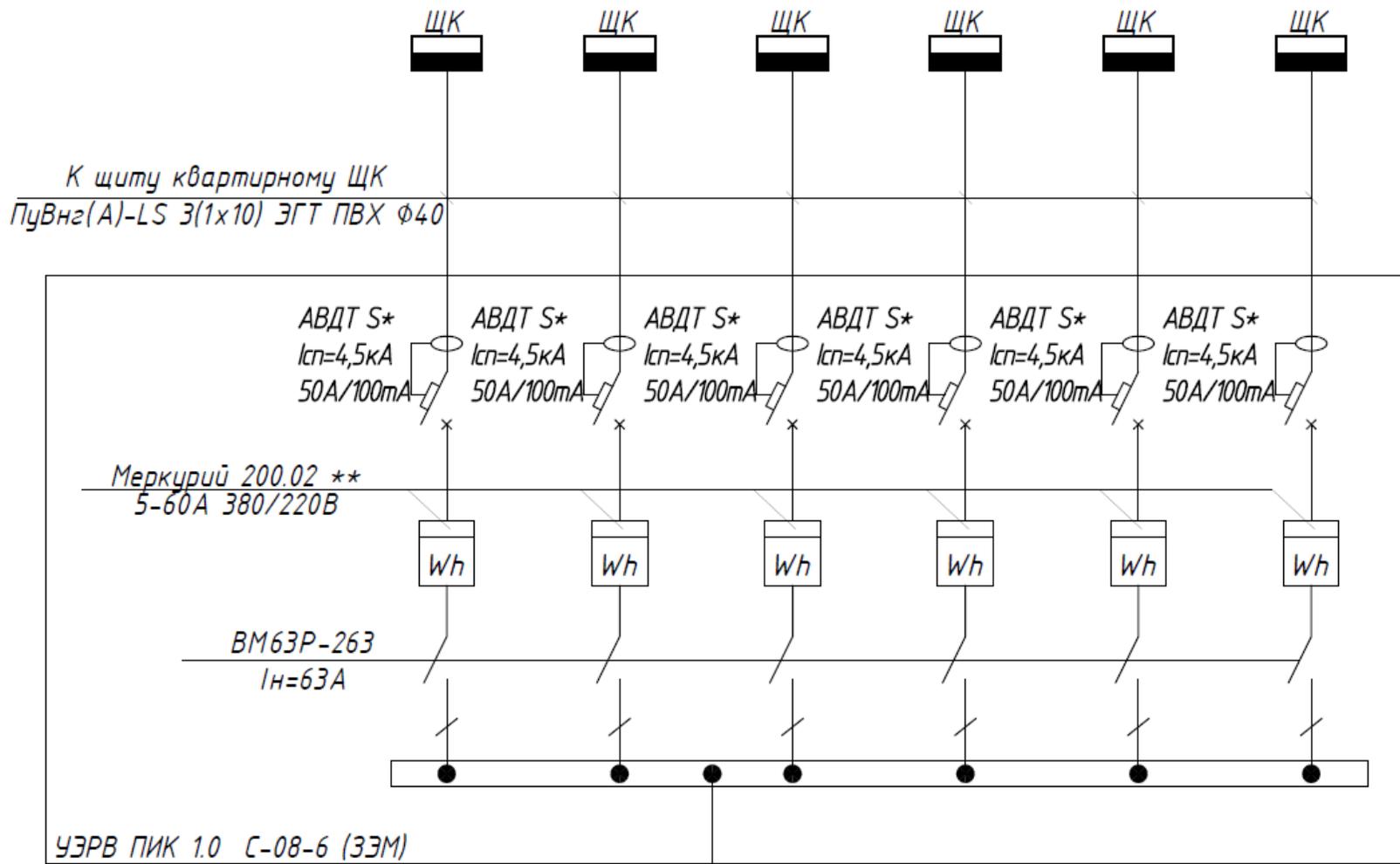


Рисунок 2.4 – Схема этажного шестиквартирного щита

Для питания электроприемников кладовых и подвалов, предусмотрим установку щитов ЩУР1 и ЩУР2 со степенью защиты IP54. Схема данных щитов приведена на рисунке 2.6.

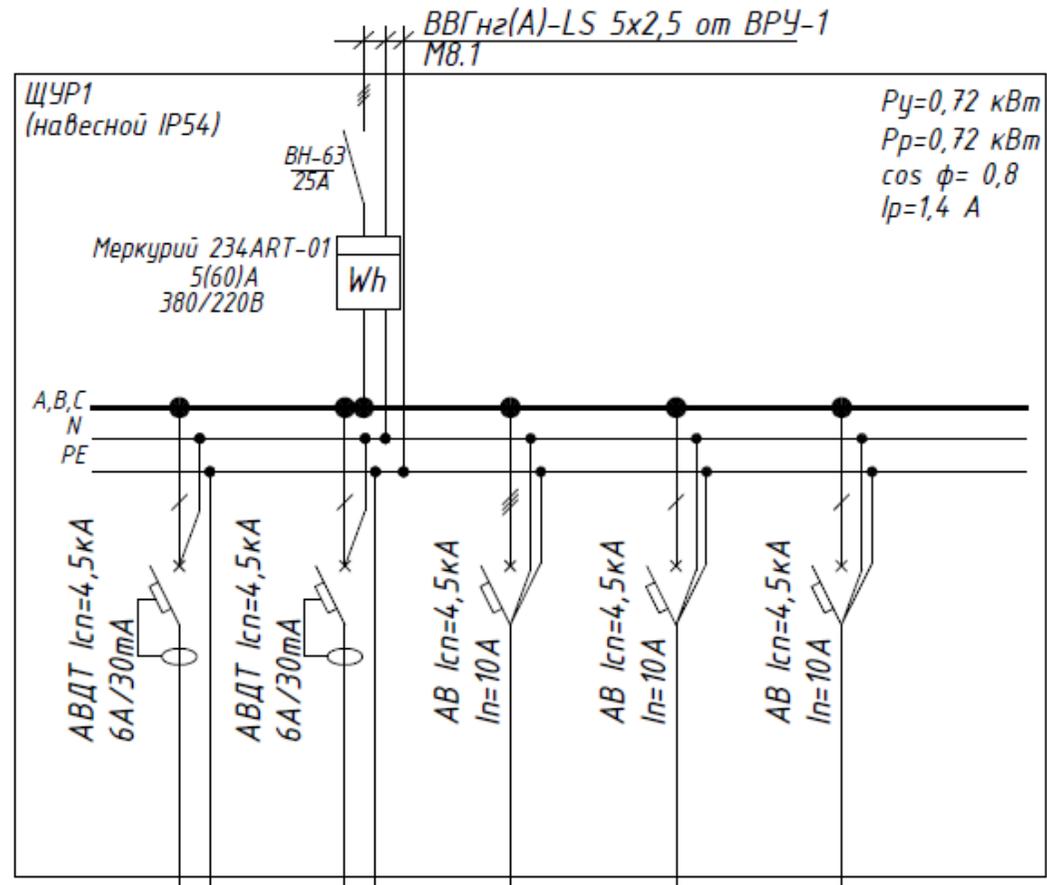


Рисунок 2.6 – Схема щита ЩУР

Выбор проводов и кабелей

Согласно требованиям ПУЭ линии к трехфазным потребителям выполняются пятипроводными, к однофазным- трехпроводными.

Распределительные и групповые сети выполнить кабелями марки ВВГнг(А)-LS. Кабели к устройствам средств пожарной защиты (СПЗ) должны быть марки ВВГнг-FRLS. Горизонтальные участки распределительной сети прокладываются в техподполье по стальным лоткам. При этом все кабели групповой и распределительной сети делятся на 3 типа – рабочие группы II категории, группы СПЗ и группы I категории. Все типы групп прокладываются в отдельном лотке по подвалу.

Переход горизонтальных проводок в вертикальные стояки производится в техподполье. Вертикальные участки (стояки) прокладываются для квартир и освещения коридоров мест общего пользования - в лотках; для освещения лестниц, лифтовых холлов, переходных балконов - в закладных трубах.

Электрические сети в технических помещениях (венткамеры, машинные помещения лифтов), прокладываются открыто, кабелем с медными жилами в ПВХ трубах с креплением трубными хомутами к несущим строительным конструкциям.

Электродвигатели подключаются к сети питания через соответствующий щит управления кабелем ВВГнг(А)-FRLS.

Групповые сети питания квартирных щитов выполнены скрыто за подвесным потолком проводом ПуВнг(А)-LS-3(1x10) в ПВХ трубах. Групповые сети внутри квартир выполнены проводами ПуВнг(А)-LS в закладных трубах. Места прохода электропроводок через ограждающие конструкции должны иметь предел огнестойкости не менее той, которой обладает сама конструкция. Свободное пространство кабелей в проходах должно заделываться несгораемой легкоудаляемой массой.

Розеточные сети квартир выполнены медным проводом марки ПуВнг(А)-ls сечением $3 \times 2.5 \text{ мм}^2$. Питание сетей освещения квартир

выполнены проводом ПуВнг(А)-1s – 3(1x1.5). Электроплита запитывается проводом ПуВнг(А)-1s- 3(1x6).

Электропроводка должна обеспечивать возможность легкого распознавания по всей длине проводников по цветам:

- голубым цветом обозначается нулевой рабочий проводник N;
- зелено-желтым - нулевой защитный проводник PE;
- белым - фазный проводник.

Электроосвещение

Нормы освещенности и качественные параметры освещения приняты по СП 52-13330-2011 "Естественное и искусственное освещение".

Освещение в коридорах, лифтовых холлах, эвакуационных лестницах, входов в здания, переходных балконов производится светильниками со светодиодными лампами.

Освещение технических помещений, шахт лифтов производится светильниками с люминесцентными лампами со степенью защиты не менее IP44. В жилом доме предусматривается рабочее и аварийное освещение.

Светильники эвакуационного освещения поэтажных коридоров и лифтовых холлов питаются по самостоятельным линиям от панели СПЗ вводно-распределительного устройства.

Так же подключено и освещение незадымляемой эвакуационной лестницы. К указанной сети освещения подключается освещение входов в здание, номеров дома, пожарных гидрантов.

Световое ограждение выполняется светильниками типа ЗОМ , установленными на кровле вблизи шахты лифта. Питание указанных светильников производится отдельными линиями от панели СПЗ.

Все светильники класса 1 в помещениях повышенной опасности, установленные на высоте ниже 2,5 м должны иметь защиту цепи устройством защитного отключения 30mA.

Управление освещением осуществляется автоматически от блока управления освещением БУО, поставляемого в составе ВРУ1, по двум программам:

- управляются по первой программе, которая включает освещение с наступлением темноты и до рассвета (освещение наружных входов, указатели номера дома и пожарных гидрантов, огни защитного ограждения, переходных балконов);
- управляется по второй программе, которая включает освещение с наступлением темноты и отключает после 24 часов соответственно утром (в 6 часов) включается и отключается при наступлении достаточной естественной освещенности (освещение в вестибюлях, лифтовых холлах).

В межквартирных коридорах и лестничных клетках предусматриваются устройства кратковременного включения освещения (датчики движения). Светильники аварийного освещения вестибюлей, лифтовых холлов, межквартирных коридоров, лестничных клеток включены всегда, за исключением лестничной клетки, управляемой датчиком движения. Также имеется возможность управления освещением здания вручную из электрощитовой для групп, управляемых блоком БУО.

Организация коммерческого учета электроэнергии

Для оснащения жилого дома средствами АСКУЭ предусмотрена установка электронных счетчиков с телеметрическим выходом класса точности 1 в следующих местах:

- В этажном распределительном щите однофазного двухтарифного прямого включения Меркурий 200.02 5-60А.
- Во ВРУ жилого дома на вводах трехфазных многотарифных трансформаторного включения Меркурий 234 ART-03 5(10)А (счетчики устанавливаются в ШУ-1).
- Во ВРУ жилого дома для учета общедомовой нагрузки трехфазного многотарифного прямого включения типа Меркурий 234 ART-02 10-100А.

- В панели АВР - для учета общедомовой нагрузки - трехфазных многотарифных трансформаторного включения Меркурий 234 ART-03 5(10)А (счетчики устанавливаются в ШУ-2).
- В шкафах ЩУР для учета электропотребления кладовыми помещениями, расположенных в подвале, трехфазного двухтарифного прямого включения Меркурий 234 ART-01 5-60А.

Включение счетчиков через трансформатор должно выполняться с помощью испытательных коробок, устанавливаемых непосредственно перед счетчиком.

Около каждого расчетного счетчика должна быть надпись с наименованием присоединения. Все счетчики должны быть расположены на высоте не менее 1м и не более 1,7м от уровня чистого пола в отдельных закрываемых шкафах с возможностью опломбировки (опломбировке также подвергается отсек установки трансформаторов тока).

2.4 Защитные меры безопасности. Уравнивание потенциалов

В качестве защитной меры безопасности предусмотрено защитное зануление электроустановки, для чего используется РЕ провод электросети. Зануление выполнить согласно гл.1.7 ПУЭ. Все металлические нормально нетоковедущие части электроустановок, относящиеся к классу 1 по ГОСТ 27570.0 занулить:

- каркасы ВРУ, щитков, щитов управления;
- корпуса аппаратов, светильников общедомовых помещений;
- стальные трубы электпроводки.

Для зануления розеток и светильников использовать третью жилу РЕ в составе кабеля групповой сети. При этом ответвление данного защитного проводника должно выполняться в ответвительных коробках одним из принятых способов (пайка, сварка, опрессовка, клеммы).

Последовательное соединение (зануление) розеток и светильников не допускается. На вводе в здание проектом предусматривается основная система уравнивания потенциалов (ОСУП), соединяющая между собой следующие проводящие части:

- PEN проводник питающей линии;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю;
- металлические трубы коммуникаций здания;
- металлические части строительных конструкций ;
- металлические части вентиляции и кондиционирования.

Соединение указанных проводящих частей между собой выполнить при помощи главной заземляющей шины (ГЗШ). В качестве ГЗШ принята РЕ-шина ВРУ.

На вводе в здание ГЗШ повторно заземлить, сопротивление заземляющего контура не нормируется. Проводимость ГЗШ должна быть не менее проводимости PEN проводника питающей линии. ГЗШ на обоих концах должна быть обозначена продольными и поперечными полосами желто-зеленого цвета одинаковой ширины.

Все контактные соединения в ОСУП должны соответствовать ГОСТ 10434 к контактным соединениям класса II.

Дополнительная система уравнивания потенциалов (ДСУП) выполняется в ванных квартирах и душевых.

В соответствии с п.1.7.83 ПУЭ к ДСУП должны быть подключены все доступные прикосновению открытые проводящие части стационарных электроустановок, сторонние проводящие части и нулевые защитные проводники (РЕ) электрооборудования ванной.

Система молниезащиты здания выполнена на основании СО 153-34.21.122-2003. Здание относится к III категории по уровню защиты от прямого попадания молнии (ПУМ).

В качестве молниеприемника используется сетка, уложенная на поверхность кровли. Молниеприемная сетка состоит из стальной горячекатаной проволоки диаметром 8мм соединенной сваркой с шагом ячейки 10м. В качестве токоотводов используются специальные электроды из стальной полосы 25х4 мм, прокладываемые между стыками панелей здания. Токоотводы от молниеприемной сетки должны быть проложены к заземлителям не реже, чем через 20 м по периметру здания. Соединение токоотводов и молниеприемной сетки производится сваркой.

В качестве заземлителя использовать конструкции железобетонного фундамента, а так же специально запроектированный контур заземления из стальной полосы 40х5мм, проложенной по периметру здания. Этот заземлитель заглубляется в грунт на отметку 0,5 от поверхности земли.

Указанный заземлитель проложить на расстоянии 1 м в свету от стен здания. Все соединения в непрерывной цепи искусственного заземлителя выполняются сваркой.

Система заземления одной из секций проектируемого жилого дома, представлена в приложении 4.

3 Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок до 1000 В

При производстве работ в электроустановках выполняются технические и организационные мероприятия (меры) предосторожности для того, чтобы исключить случайную подачу напряжения к месту работы и случайное приближение или прикосновение к токоведущим частям, оставшимся под напряжением.

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках, выполняют в следующем порядке:

1. Отключают напряжение и принимают меры, исключающие его ошибочную подачу к месту работы,
2. Вывешивают предупредительные плакаты на коммутационной аппаратуре, на постоянных и временных ограждениях,
3. Проверяют, есть ли напряжение на отключенной для работы части установки и накладывают на токоведущие части установки переносное заземление.

Подготовка рабочего места

Чтобы подготовить рабочее место к работе, следует произвести необходимые отключения и принять меры, препятствующие подаче напряжения к месту работы из-за самопроизвольного или ошибочного включения коммутационной аппаратуры, вывесить запрещающие плакаты и, при необходимости, установить ограждения, проверить отсутствие напряжения, наложить переносные заземления, вывесить предупредительные и разрешающие плакаты (при работах с полным снятием напряжения данное требование не обязательно).

Оставшиеся под напряжением токоведущие части ограждают.

Если оперативное обслуживание установки осуществляется двумя лицами в смену, подготовка рабочего места выполняется вдвоем. При единоличном обслуживании - одним лицом.

Отключение

На месте работы должны быть отключены токоведущие части, на которых производится работа, и те, которые могут быть доступны прикосновению во время работ. Допускается не отключать соседние части, а оградить их изолирующими накладками.

Для предотвращения подачи напряжения к месту работы вследствие трансформации нужно отключить со стороны высшего и низшего напряжения все связанные с подготавливаемым к ремонту оборудованием силовые, измерительные и другие трансформаторы. Сделать это следует таким образом, чтобы предназначенные для работы участки электроустановки отделялись от токоведущих частей, находящихся под напряжением, коммутационными аппаратами или снятыми предохранителями.

Отключение можно выполнить ручными коммутационными аппаратами, положение контактов которых видно с передней или задней стороны панели или. при открытии кожухов, а также — контакторами и другими коммутационными устройствами с дистанционным управлением с контактами, доступными для осмотра, после того как приняты меры, исключающие возможность ошибочного выключения,— например сняты предохранители оперативного тока.

Отключение можно производить также коммутационными аппаратами с закрытыми контактами и ручным управлением (автоматические выключатели, пакетные выключатели и т. д.), если имеется полная уверенность, что положение рукоятки или указателя соответствует положению контактов. При этом непосредственно после отключения нужно проверить отсутствие напряжения на всех фазах.

Вывешивание предупредительных плакатов

Для предупреждения об опасности приближения к частям, находящимся под напряжением, запрещения неправильных действий, указания места выполнения работ и т. п. применяются предупреждающие, запрещающие, предписывающие и указательные плакаты.

На ключах управления и приводах рубильников и выключателей, а также на основаниях предохранителей, при помощи которых может быть подано напряжение к месту работ, вывешиваются плакаты «Не включать: работают люди!».

При работе на линии на привод рубильника или выключателя вывешивается плакат «Не включать: работа на линии!», который устанавливается или снимается по распоряжению диспетчера или оперативного лица, в чьем ведении находится линия.

На временных ограждениях вывешивают плакаты «Стой. Напряжение!».

Если вблизи от места работы имеются не отключенные части установки, на всех подготовленных к работе местах вывешиваются плакаты «Работать здесь».

Плакаты, установленные при подготовке рабочего места, запрещается убирать или переставлять до полного окончания работы.

Наложение и снятие заземления

Чтобы защитить работающих от поражения током в случае ошибочной подачи напряжения, на все фазы отключенной установки накладывается заземление со всех сторон, откуда может быть подано напряжение (в том числе и путем обратной трансформации через сварочные трансформаторы, трансформаторы местного освещения и т. п.). При единоличном оперативном обслуживании заземление может накладывать одно лицо.

Для заземления используют специальные переносные заземлители с зажимами для присоединения. Запрещается пользоваться какими-либо проводниками, не предназначенными для этой цели, а также присоединять заземления путем скрутки.

Заключение

В данной работе был произведен расчет системы электроснабжения 25-ти этажного жилого дома, расположенного в городе Балашиха.

Для выбора и расчета, питающих и распределительных сетей был произведен расчет электрических нагрузок проектируемого объекта.

Основными электроприемниками жилого дома являются квартиры с электроплитами, лифтовые установки, а также двигатели санитарно-технических установок. Полная потребляемая мощность жилым домом, составляет 1365.1 кВА.

Для питания электроприемников жилого здания было принято решение о сооружении одной двухтрансформаторной подстанции, мощностью 2x1000 кВА.

БКТП получает питание от районной подстанции по кабельным линиям 10 кВ, марки АПвП-10-3x50, прокладываемыми в земле.

Распределительное устройство высокого напряжения ТП состоит из ячеек марки КСО-393. В данных камерах произведена установка автогазовых выключателей нагрузки, марки ВНА/ТЕ-10/400, защита силовых трансформаторов от токов КЗ и перегрузки осуществляется с помощью высоковольтных предохранителей марки ПКТ-103, с номинальным током 100 А.

Распределительное устройство низкого напряжения БКТП выполнено с помощью ячеек марки ЩО-70. Защита отходящих линий 0.4 кВ осуществляется автоматическими выключателями марки ВА50-43ПРО, ВА50-45ПРО и пр.

Для выбора и проверки выбранного оборудования ТП, а также питающих сетей, был произведен расчет токов коротких замыканий на шинах 10 и 0.4 кВ. Максимальный ток короткого замыкания составляет 16.8 кА, при коротком замыкании на шинах РУНН трансформаторной подстанции.

Питание секций жилого дома осуществляется кабельными линиями, прокладываемыми в земле. С учетом аварийных перегрузок, максимальный расчетный ток для каждой секции жилого дома равен 626.4 А, следовательно на каждый ввод вводно-распределительного устройства принимаем к установке два параллельных алюминиевых кабеля, сечением 185 мм², марки АВББШВ.

Питание электроприемников жилого дома осуществляется от шкафов вводно-распределительных устройств, устанавливаемых в помещениях электрощитовых. В качестве шкафов ВРУ, приняты к установке шкафы марки ВРУ-8505, с номинальным током 630 А. Питание распределительных сетей жилого дома осуществляется от квартирных (УЭРВ) и этажных щитов (ЩК-11). Учет потребляемой электроэнергии осуществляется с помощью счетчиков марки Меркурий 200.02, устанавливаемых в этажных щитах.

Для защиты розеточных сетей в квартирных щитах произведена установка дифференциальных автоматических выключателей, с током утечки 30 мА.

Групповые сети питания квартирных щитов выполнены скрыто за подвесным потолком проводом ПуВнг(А)-LS-3(1x10) в ПВХ трубах. Розеточные сети квартир выполнены медным проводом марки ПуВнг(А)-ls сечением 3x2.5 мм². Питание сетей освещения квартир выполнены проводом ПуВнг(А)-ls – 3(1x1.5). Электроплита запитывается проводом ПуВнг(А)-ls-3(1x6).

В качестве защитной меры безопасности предусмотрено защитное зануление электроустановки, для чего используется РЕ провод электросети.

В качестве молниеприемника используется сетка, уложенная на поверхность кровли.

Список используемых источников

1. Федеральный закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ (ред. от 29.07.2017) "Об электроэнергетике".
2. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ".
3. Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 г. N 18 "Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов".
4. ГОСТ Р 50571.5.52-2011 «Электроустановки низковольтные. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки», 2011-67с.
5. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
6. СП256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».
7. РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбора электрооборудования», 98-131с.
8. Артемов, А.И., Электроснабжение промышленных предприятий в примерах и задачах.- МЭИ, 2006. – 314 с.
9. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 716 с.
10. Карапетян, И.Г., Справочник по проектированию электрических сетей. – М.: ЭНАС, 2009. – 392 с.
11. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 672 с.
12. Маньков, В.Д., Основы проектирования систем электроснабжения. Справочное пособие. - СПб: НОУ ДПО УМИТЦЭлектроСервис, 2010 - 664 с.

13. Маньков, В.Д., Защитное заземление и защитное зануление электроустановок: Справочник.- СПб.: Политехника, 2005. - 400 с.
14. Небрат, И.Л., Расчеты токов короткого замыкания в сетях 0,4 кВ. - СПб.: ПЭИПК, 2006.- 52 с.
15. Ополева, Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения. – М.: Форум: Инфра-М, 2008. – 480 с.
16. Рожкова Л.Д., Электрооборудование электрических станций и подстанций.- М.: Издательский центр «Академия», 2006.- 448 с.
17. Фадеева, Г. А. Проектирование распределительных электрических сетей / Г. А. Фадеева, В. Т. Федин; под ред. В. Т. Федина. – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 365 с., ил.
18. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. – М.: ИНФРА-М: Форум, 2010. – 214 с.