

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка системы электроснабжения коттеджного посёлка в Ломоносовском районе Ленинградской области

Студент

Д.В.Левша

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент, М.Н. Третьякова

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

Аннотация

В работе осуществлено проектирование и расчет системы электроснабжения для нужд строящегося коттеджного поселка в Ломоносовском районе Ленинградской области, являющегося объектом исследования в работе.

Цель работы: проектирование и расчет системы электроснабжения для нужд строящегося коттеджного поселка в Ломоносовском районе Ленинградской области.

В результате работы спроектирована система электроснабжения строящегося коттеджного поселка в Ломоносовском районе Ленинградской области, которая отвечает требованиям надёжности и экономичности, предъявляемых к ней нормативными документами [8]-[10].

В работе для решения поставленных задач осуществлена разработка схемы электроснабжения коттеджного поселка, определение расчётных нагрузок коттеджного поселка, включая силовую и осветительную нагрузку, выбор и проверка мощности силовых трансформаторов ТП-10/0,4 кВ коттеджного поселка, сечения проводников 10 кВ и 0,38/0,22 кВ, расчёт токов короткого замыкания, выбор электрических аппаратов напряжением 10 кВ и 0,38/0,22 кВ.

Представленная работа представлена расчётно-пояснительной запиской объёмом 61 печатных страницы, а также графической частью, состоящей из шести чертежей.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Основные требования к проектированию систем электроснабжения	6
1.2 Характеристика строящегося коттеджного посёлка	10
2 Разработка системы электроснабжения коттеджного посёлка	15
2.1 Выбор и обоснование схемы электроснабжения коттеджного посёлка .	15
2.2 Определение расчётных нагрузок коттеджного посёлка	17
2.3 Выбор и проверка мощности силового трансформатора подстанции коттеджного посёлка.....	24
2.4 Выбор и проверка сечения проводников 10 кВ.....	26
2.5 Выбор и проверка сечения проводников 0,38/0,22 кВ	29
2.6 Расчёт токов короткого замыкания.....	32
2.7 Выбор электрических аппаратов 0,38/0,22 кВ.....	38
2.8 Выбор электрических аппаратов 10 кВ.....	41
3 Разработка мероприятий по монтажу и эксплуатации системы электроснабжения коттеджного посёлка.....	45
3.1 Монтаж, эксплуатация и ремонт системы электроснабжения коттеджного посёлка.....	45
4. Разработка мероприятий по охране труда при эксплуатации системы электроснабжения коттеджного посёлка	49
4.1. Мероприятия по охране труда, пожарной и экологической безопасности	49
4.2. Расчёт контура заземления подстанции коттеджного посёлка.....	52
Заключение	58
Список используемой литературы и используемых источников.....	60

Введение

Известно, то системы электроснабжения населённых пунктов с применением распределительных понижающих трансформаторных подстанций энергосистемы являются важным звеном энергетики регионов и страны в целом.

Именно понизительные подстанции обеспечивают питание потребителей населённых пунктов с последующим распределением электроэнергии, являясь важнейшими узлами и транзитными пунктами, поэтому к ним предъявляются жёсткие условия по надёжности, электробезопасности и качеству поставляемой электроэнергии согласно [8]-[10].

Целью данной работы является проектирование и расчет системы электроснабжения для нужд строящегося коттеджного поселка в Ломоносовском районе Ленинградской области, являющегося объектом исследования в работе [7].

Предметом исследования являются оборудование воздушных линий и трансформаторной подстанции (ТП) строящегося коттеджного посёлка в Ломоносовском районе Ленинградской области, включающих комплекс электрических сетей и аппаратов, системы электроснабжения данного объекта.

Актуальность работы обусловлена необходимостью качественного проектирования электрических сетей и оборудования гражданских сооружений согласно основным требованиям и положениям [8]-[10].

В результате работы необходимо спроектировать систему электроснабжения строящегося коттеджного поселка в Ломоносовском районе Ленинградской области [7], которая отвечает требованиям надёжности и экономичности, предъявляемых к ней нормативными документами [8]-[10].

Для достижения поставленной задачи в работе проводятся следующие исследования:

– в первом разделе приводятся основные требования к проектированию систем электроснабжения, а также характеристика строящегося коттеджного поселка в Ломоносовском районе Ленинградской области;

– во втором разделе осуществляется разработка схемы электроснабжения коттеджного поселка в Ломоносовском районе Ленинградской области, проводится определение расчётных нагрузок коттеджного поселка, включая силовую и осветительную нагрузку, выбор и проверка мощности силовых трансформаторов для установки на ТП-10/0,4 кВ коттеджного поселка, сечения проводников 10 кВ и 0,38/0,22 кВ, расчёт токов короткого замыкания, выбор электрических аппаратов напряжением 10 кВ и 0,38/0,22 кВ;

– в третьем разделе приводится описание конструктивного выполнения выбранного типа трансформаторной подстанции коттеджного поселка, проводников СИП, а также комплекс основных работ по монтажу, эксплуатации и ремонту элементов системы электроснабжения проектируемого объекта;

– в четвёртом разделе работы приводится описание мероприятий по охране труда и технике безопасности при выполнении работ в системе электроснабжения проектируемого коттеджного поселка, а также осуществляется расчёт контура заземления ТП коттеджного поселка.

Для непосредственного выполнения задания, в исходных данных задана установленная мощность потребителей проектируемого коттеджного поселка, а также план расположения потребителей и питающих сетей коттеджного поселка.

Работа выполняется с использованием нормативных документов и рекомендованной учебно-технической литературы согласно утверждённому заданию.

1 Анализ исходных данных

1.1 Основные требования к проектированию систем электроснабжения

В зависимости от принадлежности к категории электроснабжения объекта, а также от его установленной мощности, определяется схема электроснабжения [1], [3], [5], [13], [14], [15], [17].

К основным источникам питания (далее – ИП) принадлежат энергосистема и понизительные электростанции. Чаще всего питание систем электроснабжения осуществляется от понизительной трансформаторной подстанции энергосистемы, преобразующей напряжение до номинальных значений и распределяющих его потребителям.

При выборе схемы электроснабжения коттеджного посёлка, следует учесть нормативные требования, которые разработанная схема электроснабжения обязана будет обеспечить [8] – [10]:

- максимальная близость потребителей электроэнергии к своему источнику питания с целью минимизации потерь напряжения и, в конечном итоге, потерь электроэнергии в сети и оборудовании;

- сквозное секционирования всех звеньев системы электроснабжения с установкой, при необходимости, устройств автоматики, обеспечивающих резервирование (например, АВР), а также устройств автоматической частотной разгрузки (АЧР) и противоаварийной автоматики с включением резерва (ПАВР);

- обеспечение оптимального режима работы спроектированной системы электроснабжения. При этом нормативными документами рекомендован отдельный режим работы секций при установке двух трансформаторов на понизительных трансформаторных подстанциях. Параллельный режим работы, согласно [10], применяется в крайнем случае для потребителей II категории при условии отличия потерь напряжения в

силовых трансформаторах не более 5%. При этом номинальная мощность этих силовых трансформаторов и марка самих трансформаторов может не совпадать;

- обеспечение необходимой надёжности потребителей в нормальном, форсированном и послеаварийном режимах работы энергосистемы. При этом послеаварийный режим считается наиболее тяжёлым и результаты его расчёта используются для проверки аппаратов на термическую стойкость к сквозным токам короткого замыкания;

- обеспечение нормированного качества передаваемой электроэнергии потребителям. Особенно пристальное внимание при этом уделяется отклонению частоты, которая регламентируется в пределах не более 1% от номинальной величины. Данный аспект связан с тем, что большинство приборов и оборудования очень чувствительны к перепаду частоты даже в этом узком диапазоне. Также регламентированы нормы потерь напряжения (не более 10%) и отклонения параметров сети от синусоидальных: несинусоидальность, высшие гармоники, форма графика, амплитуда, провал напряжения и др.;

- обеспечение безопасности и необходимой защиты. Схемы должны быть просты в использовании, учитывать возможность реконструкции и модернизации, установку нового оборудования. Сеть должна иметь соответствующий уровень защиты, в первую очередь – для обслуживающего персонала, а также защиты от ненормальных режимов и повреждений [4];

- выбранные схемы должны обеспечивать установленное нормируемое качество электрической энергии в пределах нормально – допустимых значений. Запрещено эксплуатировать оборудование и сети при значениях, превышающих предельно-допустимые параметры электроэнергии.

Особое внимание при разработке системы электроснабжения (СЭС) коттеджного посёлка следует обратить на питание объектов согласно их

принятой категории надёжности, а также требованиям обеспечения качества электроэнергии, безопасности, экономичности и экологичности согласно [8]-[10].

При этом в системе электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка следует выделить внешнюю (от источника питания до собственной понизительной ТП) и внутреннюю (от собственной понизительной ТП до потребителей) системы электроснабжения.

Для каждой из них необходимо провести соответствующие расчёты и обосновать выбор схем, электрических сетей и аппаратов, а также проверить принятые решения по условиям работы в нормальном, аварийном и послеаварийном режимах работы системы электроснабжения.

«Установлены два уровня норм качества электроэнергии: нормально допустимые и предельно допустимые» [8].

Также их, в свою очередь, подразделяют на две категории – продолжительные изменения характеристик напряжения и случайные события кратковременного характера.

Продолжительные изменения характеристик напряжения представляют собой длительные отклонения характеристик напряжения от номинальных значений и обусловлены, в основном, изменениями нагрузки или влиянием нелинейных нагрузок.

Случайные события представляют собой внезапные и значительные изменения формы напряжения, приводящие к отклонению его параметров от номинальных.

Известно, что возможные сбои и аварии во многих системах электроснабжения связаны с угрозой жизни и здоровью людей, возникновением опасности экологических катастроф в связи с выбросом вредных и опасных веществ в атмосферу, воду и грунт, повреждением дорогостоящего оборудования, возникновением нестабильных переходных процессов в энергосистеме.

Надежная работа систем электроснабжения в целом напрямую зависит от надёжности основных производственных агрегатов.

Основные производственные механизмы, играющие основную роль в технологическом процессе производства готовой продукции, относятся к I категории надёжности.

Питание потребителей I категории надёжности, согласно требованиям [9], [11], должна осуществляться из двух независимых источников питания.

Из этой категории также выделяется особая группа, которая дополнительно требует установки агрегатов гарантийного питания (требования к особой категории рассмотрены в работе ранее).

Производственные подразделения промышленных потребителей (узлы, участки), которые играют второстепенную производственную роль и не настолько важны, как основные технологические механизмы, относятся ко II категории надёжности.

Они также требуют двух независимых источников питания, однако система автоматического включения резерва для таких потребителей не является обязательной.

К III категории надёжности относятся все остальные производственные подразделения промышленных потребителей (узлы, участки), которые не участвуют в производственном процессе, а являются вспомогательными звеньями.

Такие производственные подразделения промышленных потребителей (узлы, участки) следует питать от одного источника без наличия соответствующего резервирования.

На первом этапе проектирования, прежде всего, следует рассмотреть классификацию основных технологических механизмов, узлов и подразделений посёлка в целом, и, исходя из приведённых выше аргументов и особенностей, выбрать ту схему, которая в полной мере будет соответствовать требованиям [8]-[10].

Поэтому все основные производственные агрегаты (узлы) систем электроснабжения посёлка требуют соответствующих проектных решений по обеспечению надёжности, качества электроэнергии и электробезопасности.

На основе приведённых требований нормативных документов [8]-[10], предъявляемых к схемам электроснабжения рассматриваемого в работе коттеджного посёлка, а также исходных технических характеристик основного и вспомогательного оборудования, приведённых в работе, проводится проектирование системы электроснабжения коттеджного посёлка.

1.2 Характеристика строящегося коттеджного посёлка

Проектируемый коттеджный посёлок предполагается соорудить в Ломоносовском районе Ленинградской области.

Приводятся климатические характеристики района согласно [16].

Климат местности, в котором проектируется коттеджный посёлок – влажный умеренно-континентальный с влиянием морского, с выраженной сезонностью.

Аномалии погоды (сильные морозы и палящий зной) бывают достаточно редко и имеют, обычно, небольшую продолжительность.

На климат существенное влияние оказывают географическое положение (зона умеренного климата Восточно-Европейской равнины, что позволяет свободно распространяться как теплу, так и холоду), а также непосредственная близость моря.

По ветровому давлению и гололёду регион относится ко II категории (скоростной напор ветра составляет 500 Па).

Максимальная температура воздуха составляет +35 °С, минимальная – около минус 35 °С.

Среднегодовая температура воздуха равна +5 °С.

Среднегодовая продолжительность гроз – 36 ч.

Далее приводятся технические исходные данные для проектирования коттеджного посёлка согласно техническому заданию.

Проектируемый коттеджный посёлок [7] относится к III категории надёжности, поэтому при проектировании предусматривается его питание от одного источника. В качестве такого источника в работе принимается трансформаторная подстанция ТП-10/0,4 кВ (далее – ТП-1), на которой должен быть установлен один силовой трансформатор.

Тип и конструктивное исполнение указанной ТП-10/0,4 кВ, а также марка силового трансформатора, выбирается в работе далее на основании расчётов.

Питание указанной ТП-1 коттеджного посёлка осуществляется от ПС-257 «Кронштадтская» (фидер 1) без резервирования.

От шин 0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ коттеджного посёлка осуществляется питание потребителей посёлка воздушными линиями электропередачи на напряжении 0,38/0,22 кВ.

Характеристика абонентов (потребителей) коттеджного посёлка и их установленная мощность присоединения согласно техническому заданию (ТЗ) на проектирование приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика абонентов (потребителей) коттеджного посёлка и их установленная мощность присоединения согласно техническому заданию на проектирование

№ заявки абонента	Ф.И.О. абонента	Установленная мощность абонента согласно ТЗ, $P_{уст.}$, кВт
20-5001	Быстров А.И.	20
20-5000	Рябчук М.В.	20
20-4999	Дудник Н.С.	20
20-4998	Савлюченко А.В.	20
20-4987	Соколов М.Ю.	70
Всего	5	150

Согласно ТЗ, а также исходя из основных поставленных задач, в данной работе необходимо предусмотреть, обосновать и выбрать:

- строительство новой ТП-1 с одним силовым трансформатором;
- строительство ВЛ-10 кВ для питания ТП-1 от существующей опоры №12 ВЛ-10 кВ ПС-257 «Кронштадтская» (фидер 1) проводом марки СИП-3, по вновь установленным ж/б опорам;
- строительство ВЛ-0,4 кВ от ТП-1 проводом марки СИП-2, по вновь установленным ж/б опорам.

Ситуационный план проектируемого коттеджного посёлка на топографической карте местности представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Ситуационный план проектируемого коттеджного посёлка на топографической карте местности

Для решения поставленных задач в таблице 2 приведены основные технические характеристики проекта согласно техническому заданию.

Таблица 2 – Основные технические характеристики проекта согласно техническому заданию

Наименование	Ед. измерения	Количество
Категория надежности	-	III
Присоединяемая нагрузка в нормальном режиме (по заявкам)	кВт	150
Строительная длина проектируемого участка ВЛЗ-10 кВ от существующей опоры №12 до проектируемой ТП-1	м	18
Строительная длина проектируемого участка ВЛ-0,4кВ от проектируемой ТП-1 до проектируемой опоры №15	м	497

Исходный план расположения проектируемых объектов и сетей электроснабжения коттеджного посёлка согласно ТЗ приведён на рисунке 2.

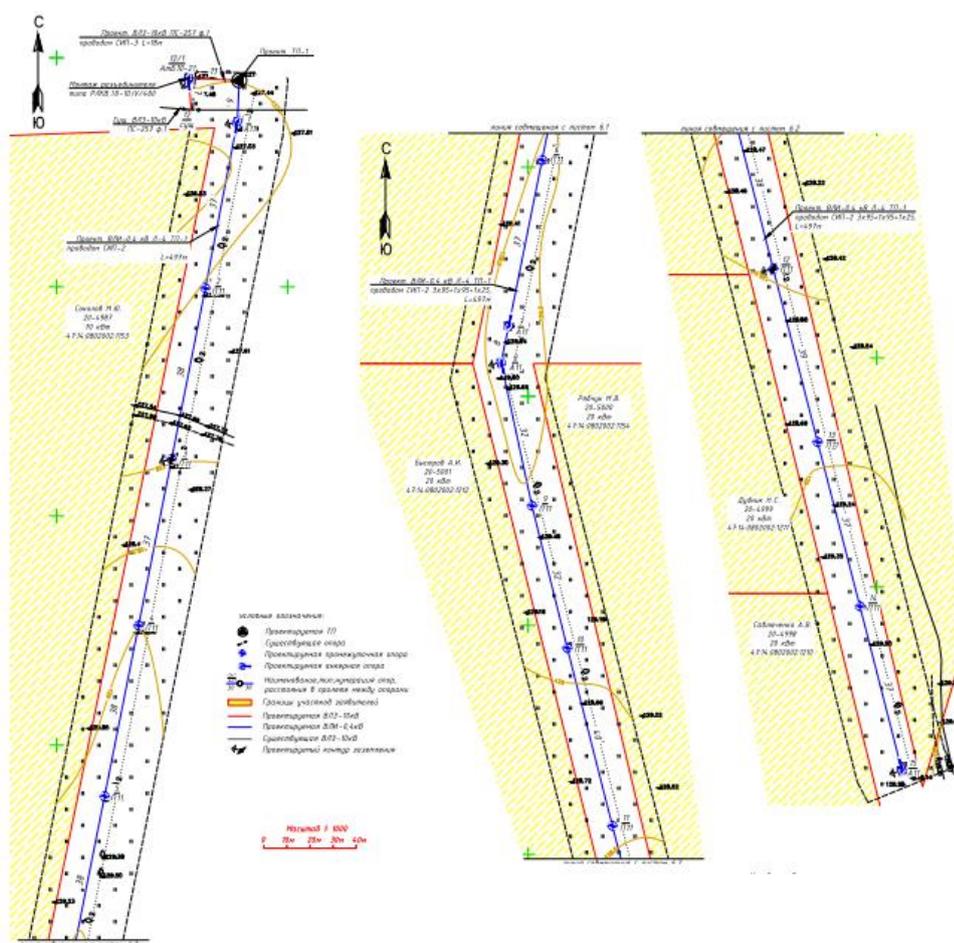


Рисунок 2 – Исходный план расположения проектируемых объектов и сетей электроснабжения коттеджного посёлка согласно ТЗ

Далее на основании приведённых исходных данных согласно ТЗ, проводится выбор схемы электроснабжения, расчёт электрических нагрузок с последующим выбором проводников питающих и распределительных линий 10 кВ и 0,38/0,22 кВ, а силовых трансформаторов ТП-1 и электрических аппаратов системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка.

Выводы к разделу 1

В результате выполнения первого раздела работы на основе исходных технических, климатических и топографических данных проведён анализ технических условий строящегося коттеджного посёлка в Ломоносовском районе Ленинградской области.

Исходя из приведённых сведений, далее в работе выполняется проектирование системы электроснабжения строящегося коттеджного посёлка в Ломоносовском районе Ленинградской области в Ломоносовском районе Ленинградской области.

2 Разработка системы электроснабжения коттеджного посёлка

2.1 Выбор и обоснование схемы электроснабжения коттеджного посёлка

Согласно требованиям и положениям [4], [8]-[11], проектируемый коттеджный посёлок относится к III категории надёжности, что учитывается при выборе схемы электроснабжения.

Электроснабжение проектируемого коттеджного посёлка осуществляется от ПС-257 «Кронштадтская» (фидер 1), расположенной в непосредственной близости от посёлка.

Для приёма, понижения и распределения напряжения между потребителями посёлка, в системе электроснабжения предусмотрена ТП-1 напряжением 10/0,4 кВ, питающаяся от ПС-257 энергосистемы по радиальной схеме без резервирования.

От шин 0,4 кВ ТП-1 коттеджного посёлка осуществляется питание потребителей посёлка воздушными линиями электропередачи на напряжении 0,38/0,22 кВ.

В схеме электрических соединений ТП-1 коттеджного посёлка предусмотрены следующие защитные и коммутационные электрические аппараты, которые выбираются и проверяются в работе далее:

- на стороне 10 кВ – это разъединитель, ограничители перенапряжения, предохранители;
- на стороне 0,4 кВ – это рубильник и автоматические воздушные выключатели (вводной и линейные).

Также на ТП-1 предусматривается технический учёт потреблённой электроэнергии, для этого устанавливается счётчик активной и реактивной электроэнергии.

Схема электрических соединений ТП-1 коттеджного посёлка представлена на рисунке 3.

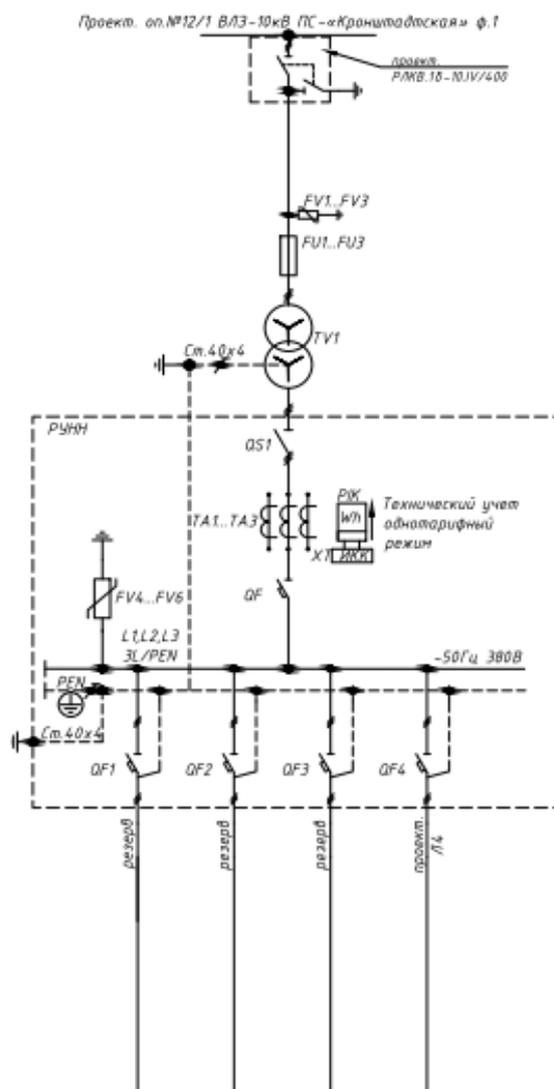


Рисунок 3 – Схема электрических соединений ТП-1 коттеджного посёлка

Также необходимо выбрать тип и количество опор на трассе проектируемого коттеджного посёлка. Для данной цели выбираются следующие типы опор:

а) в качестве опоры для подключения ТП-1 от ВЛ-10 кВ, согласно ТЗ, используется существующая опора марки АтБ-10-21;

б) для прокладки на трассе проектируемого коттеджного посёлка выбираются промежуточные опоры типа П11 и анкерные опоры типа А11. Учитывая длину трассы, условия рельефа местности, а также район по гололёду и ветровому давлению, в работе принимается следующее количество опор указанных типов с расстоянием между ними, а именно:

1) анкерные опоры А11: 4 шт., устанавливаются в начале и в конце трассы (по 1 шт.), а также в середине трассы (1 шт.) и на повороте линии (1 шт.);

2) промежуточные опоры П11: 11 шт., устанавливаются по всей длине трассы с расстоянием между соседними опорами 30-40 м.

Трасса воздушной линии электропередачи для питания потребителей проектируемого коттеджного посёлка с учётом выбранных типов опор и их количества показана на графическом листе 1.

Однолинейная схема электроснабжения коттеджного посёлка с выбранными типами силовых трансформаторов и электрических аппаратов показана на графическом листе №2.

2.2 Определение расчётных нагрузок коттеджного посёлка

Определение расчётных нагрузок коттеджного посёлка (активных, реактивных и полных нагрузок) проводится в соответствии с методикой [1], [2], [17] – [19].

Суммарная расчётная нагрузка проектируемого коттеджного посёлка (расчётная нагрузка ТП-1) состоит из суммарной расчётной нагрузки потребителей и суммарной расчётной нагрузки наружного освещения с учётом коэффициента одновременности максимума нагрузки на шинах 0,4 кВ ТП-1 посёлка

$$P_{p.тп} = K_o \sum_{i=1}^n P_{p.п} + \sum_{i=1}^n P_{p.o}, \text{кВт}, \quad (1)$$

$$Q_{p.тп} = P_{p.тп} \cdot \text{tg}\varphi, \text{квар}, \quad (2)$$

$$S_{p.тп} = \sqrt{P_{p.тп}^2 + Q_{p.тп}^2}, \text{кВА}, \quad (3)$$

где $P_{p.n}$ – расчётная активная нагрузка потребителей проектируемого коттеджного посёлка, кВт;

$Q_{p.n}$ – расчётная реактивная нагрузка потребителей посёлка, квар;

$S_{p.n}$ – расчётная полная нагрузка потребителей проектируемого коттеджного посёлка, кВА;

$P_{p.o}$ – расчётная активная нагрузка наружного освещения проектируемого коттеджного посёлка, кВт;

K_o – коэффициент одновременности максимумов нагрузки на шинах 0,4 кВ ТП-1 (принимается $K_o = 0,95$ [7]);

$tg \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, соответствующий значению коэффициента активной мощности $cos \varphi$.

С учётом компенсации реактивной мощности в энергосистеме, согласно ТЗ, в работе принят $cos \varphi = 0,96$. При этом $tg \varphi = 0,29$.

При этом значение расчётных нагрузок на вводе отдельных потребителей проектируемого коттеджного посёлка определяется так:

$$P_{p.n} = K_c P_{уст}, \text{кВт}, \quad (4)$$

$$Q_{p.n} = P_{p.n} \cdot tg \varphi, \text{квар}, \quad (5)$$

$$S_{p.n} = \sqrt{P_{p.n}^2 + Q_{p.n}^2}, \text{кВА}, \quad (6)$$

где $P_{p.n}$ – активная установленная мощность потребителей проектируемого коттеджного посёлка согласно ТЗ, кВт;

$Q_{p.n}$ – расчётная реактивная нагрузка потребителей проектируемого коттеджного посёлка, квар;

$S_{p.n}$ – расчётная полная мощность потребителей проектируемого коттеджного посёлка, кВА;

K_c – коэффициент спроса (принимается для отдельных потребителей на стадии проектирования $K_c = 1$ [7]);

$tg \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, соответствующий значению коэффициента активной мощности $cos \varphi$.

Принимается $cos \varphi = 0,96$ и соответствующий ему $tg \varphi = 0,29$.

Значение расчётных нагрузок наружного освещения проектируемого коттеджного посёлка определяется так:

$$P_{p.o} = K_c \sum_{i=1}^n P_{ном.o}, \text{кВт}, \quad (7)$$

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot tg \varphi, \text{квар}, \quad (8)$$

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2}, \text{кВА}, \quad (9)$$

где $\sum P_{ном.o}$ – суммарная номинальная мощность источников наружного освещения проектируемого коттеджного посёлка, кВт;

$Q_{p.o}$ – расчётная реактивная нагрузка наружного освещения проектируемого коттеджного посёлка, квар;

$S_{p.o}$ – расчётная полная мощность наружного освещения проектируемого коттеджного посёлка, кВА;

K_c – коэффициент спроса наружного освещения (так как всё наружное освещение включается в вечернее время одновременно с использованием всех источников, принимается $K_c = 1$ [7]);

$tg \varphi$ – коэффициент реактивной мощности наружного освещения проектируемого коттеджного посёлка, соответствующий значению коэффициента активной мощности $cos \varphi$.

Принимается по значению $cos \varphi$ выбранных источников освещения (светодиодные прожекторы с LED-лампами).

Для расчёта нагрузок проектируемого коттеджного посёлка, прежде всего, необходимо рассчитать нагрузку наружного освещения.

Для этой цели используется программа DIALux 4.12, являющейся самой совершенной и передовой программой для проектирования освещения всех типов.

В диалоговом окне ОС DIALux 4.12 Light вводится название проекта «НАРУЖНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ» (рисунок 4).

Ассистент DIALux Light

Проектная информация
Введите здесь все сведения о проекте, помещении и об операторе.

light

Характеристики проекта		Оператор	
Название проекта:	<input type="text" value="НАРУЖНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ"/>	Оператор:	<input type="text"/>
Название помещения:	<input type="text"/>	Телефон:	<input type="text"/>
Описание проекта:	<input type="text" value="Наружное освещение коттеджного посёлка"/>	Факс:	<input type="text"/>
Свободно именуемые поля данных, показываемые на титульном листе проекта:		Электронная почта:	<input type="text"/>
Название поля:	Значение:	Компания:	<input type="text"/>
1. Partner for Contact	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2. Order No.	<input type="text"/>	Адрес:	<input type="text"/>
3. Company	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4. Customer No.	<input type="text"/>	Логотип:	<input type="text"/>
5. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Нет изображения."/>	<input type="button" value="Выбрать изображение..."/>
<input type="button" value="Установить имя поля как стандарт"/>		<input type="button" value="Назначить оператора в качестве стандартного"/>	
<small>Щелкните сюда, чтобы сохранить названия полей для будущих проектов.</small>		<small>Щелкните сюда, чтобы сохранить данные для оператора для будущих проектов.</small>	

< Назад Далее > Отмена

Рисунок 4 – Название проекта и ввод общих данных

Исходя из того, что на трассе проектируемого коттеджного посёлка в Ломоносовском районе Ленинградской области устанавливаются 15 опор ВЛ-0,4 кВ, а также необходимостью установки наружного освещения ТП-1, принимается к установке 16 светильников наружного освещения – по одному на каждую опору и непосредственно на питающей ТП-1 (на мачте).

С учётом этого фактора проводится выбор типа светильников в программе DIALux 4.12. Здесь в диалоговых окнах программы выставляются необходимые данные (рисунок 5): размеры помещения, коэффициенты отражения.

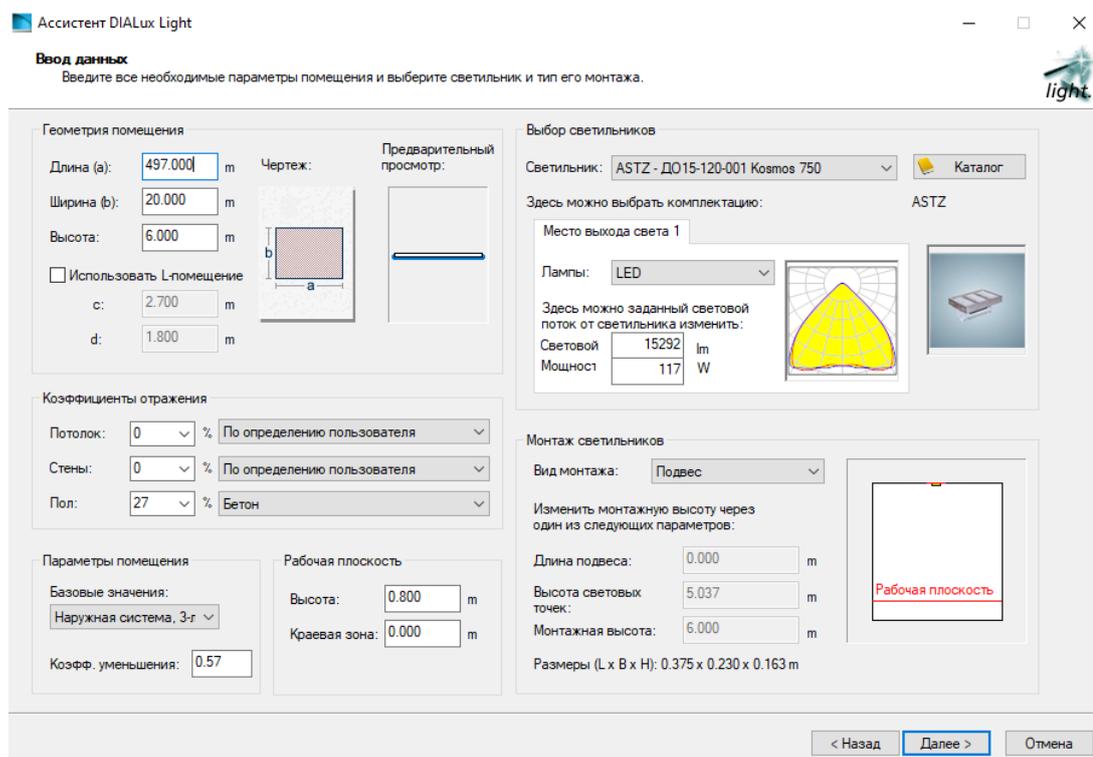


Рисунок 5 – Ввод данных объекта и выбор типа светильника

Далее «выбираются из каталога программы светильники уличного освещения с параметрами», соответствующими [11]:

- «марка - Д015-120-001 Kosmos 750 (ТУ 3461-050-05014337-2014)» [11];

- предназначены для освещения улиц, площадей, стадионов, фасадов зданий, архитектурных памятников, подъездных путей, строительных площадок и других открытых пространств, а также внутреннего освещения закрытых спортивных и других сооружений.

«Выбирается вид монтажа – подвес на опоре (в связи с выбранным типом светильника и условиями согласно ТЗ)» [11].

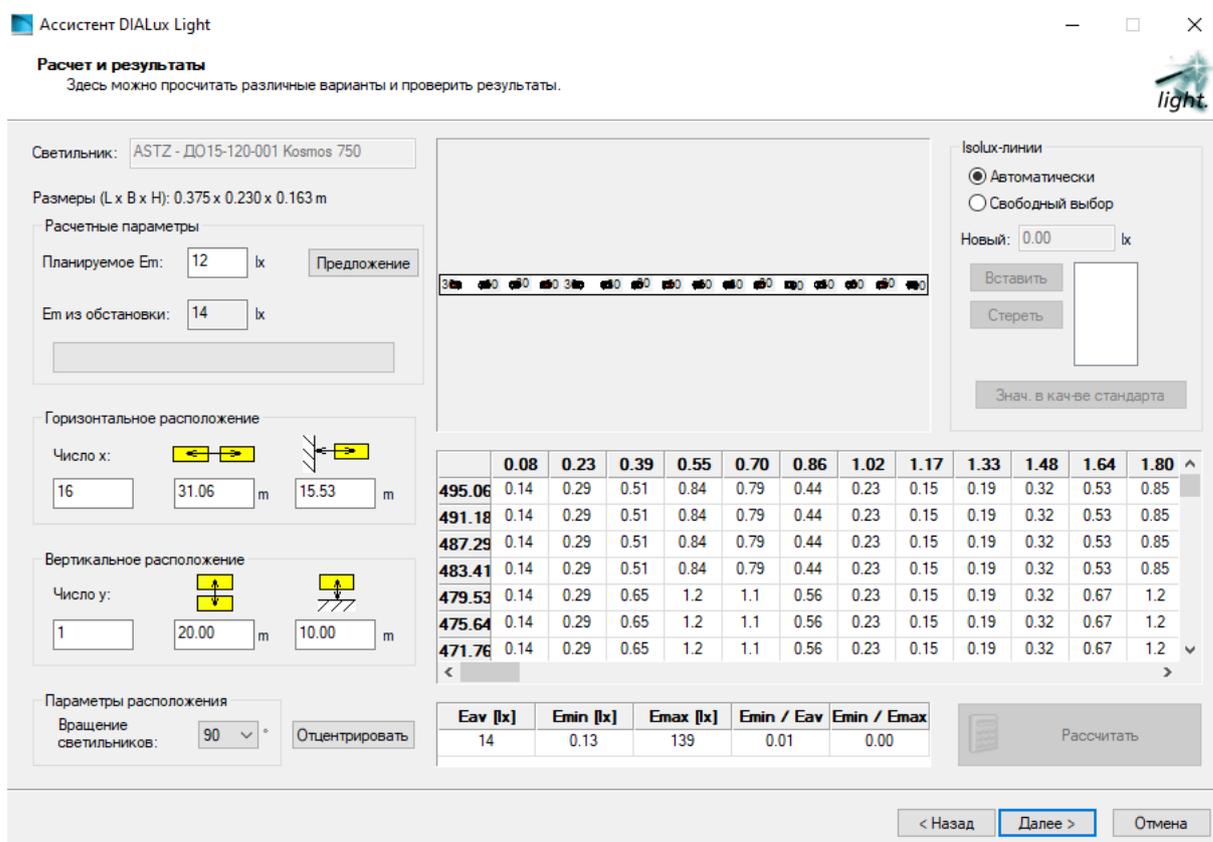
Внесённые в программу данные и параметры для расчёта наружного освещения проектируемого коттеджного посёлка в программе DIALux 4.12 показаны на рисунке 5.

Далее определяется планируемая величина освещённости проектируемого коттеджного посёлка.

Принимается для освещения проездов и проходов на территории жилых посёлков «максимальная величина, равная 12 лк с учётом рассеивания и падения освещённости по периметру объекта» [16].

Выбирается равномерное освещение с использованием 16 светильников с минимальным расстоянием между опорами, на которых установлены данные светильники, равное 31,06 м.

Далее программа DIALux 4.12 автоматически выдаёт результат расчёта (рисунок 6).



Как видно из расчётных данных, при требуемой освещённости 12 лк, полученная реальная освещённость равна 14 лк, что является хорошим показателем.

Кроме того, как видно из рисунка 6, наружное освещение распределено равномерно по всей территории коттеджного посёлка.

Проводится расчёт нагрузок наружного освещения посёлка с учётом выбранных источников освещения и их количества по (7 – 9)

$$P_{p.o} = 1 \cdot 16 \cdot 0,117 = 1,872 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p.o} = 1,872 \cdot 0,33 = 0,62 \text{ квар.}$$

$$S_{p.o} = \sqrt{1,872^2 + 0,62^2} = 1,972 \text{ кВА.}$$

Значение расчётных нагрузок на вводе отдельных потребителей проектируемого коттеджного посёлка по (4 – 6)

- для потребителей с $P_{уст} = 20$ кВт

$$P_{p.n} = 1 \cdot 20 = 20 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p.n} = 20 \cdot 0,29 = 5,8 \text{ квар.}$$

$$S_{p.n} = \sqrt{20^2 + 5,8^2} = 20,82 \text{ кВА.}$$

- для потребителя с $P_{уст} = 70$ кВт

$$P_{p.n} = 1 \cdot 70 = 70 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p.n} = 70 \cdot 0,29 = 20,3 \text{ квар.}$$

$$S_{p.n} = \sqrt{70^2 + 20,3^2} = 72,88 \text{ кВА.}$$

Суммарная нагрузка потребителей проектируемого коттеджного посёлка с учётом их количества и мощности

$$P_{p.n} = \sum_{i=1}^n n \cdot P_{уст}, \text{ кВт,} \quad (10)$$

где n – количество потребителей проектируемого коттеджного посёлка одинаковой установленной мощности, шт.

По (10)

$$\sum_{i=1}^n P_{p,n} = (1 \cdot 70) + (4 \cdot 20) = 150 \text{ кВт.}$$

Для реактивной и полной нагрузок применяются выражения (5) и (6)

$$\sum_{i=1}^n Q_{p,n} = 150 \cdot 0,29 = 43,5 \text{ квар.}$$
$$\sum_{i=1}^n S_{p,n} = \sqrt{150^2 + 43,5^2} = 156,18 \text{ кВА.}$$

Суммарная расчётная нагрузка проектируемого коттеджного посёлка (расчётная нагрузка ТП-1) по (1) – (3)

$$P_{p,тп} = 0,95 \cdot 150 + 1,872 \approx 144,37 \text{ кВт.}$$
$$Q_{p,тп} = 144,37 \cdot 0,29 = 41,87 \text{ квар.}$$
$$S_{p,тп} = \sqrt{144,37^2 + 41,87^2} = 150,32 \text{ кВА.}$$

2.3 Выбор и проверка мощности силового трансформатора подстанции коттеджного посёлка

Согласно [1], для питания потребителей III категории надёжности применяются питающие распределительные однострансформаторные понизительные подстанции.

Номинальную мощность силового трансформатора ТП-1 коттеджного посёлка выбирают по эмпирической формуле согласно [8]

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{P_{\text{р.ТП}}}{N\beta_m}, \text{ кВА}, \quad (11)$$

где $S_{\text{ном.т.р}}$ – полная номинальная расчетная мощность силового трансформатора ТП-1 коттеджного посёлка, кВА;

« N – число трансформаторов на ТП-1 коттеджного посёлка, шт» [8];

« β_m – коэффициент загрузки силового трансформатора ТП-1 коттеджного посёлка» [1].

Согласно (11)

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{144,37}{1 \cdot 0,85} = 169,8 \text{ кВА}.$$

Для установки на ТП-1 коттеджного посёлка выбирается один силовой трансформатор марки ТМГ-250/10 [5].

Фактическое значение коэффициента загрузки силового трансформатора на ТП-1 [1]:

$$K_3^\phi = \frac{S_{\text{р.ТП}}}{S_{\text{ном.т}} \cdot N}. \quad (12)$$

При этом должно выполняться следующее условие [7]:

$$K_3^\phi \leq 0,9. \quad (13)$$

По условию (13)

$$K_3^\phi = \frac{150,32}{250 \cdot 1} = 0,6.$$

Условие (13) выполняется.

Окончательно применяется для установки на ТП-1 (10/0,4 кВ), питающей проектируемый коттеджный посёлок, один силовой трансформатор марки ТМГ-250/10, удовлетворяющий всем требуемым условиям выбора и проверок.

2.4 Выбор и проверка сечения проводников 10 кВ

«Одним из наиболее действенных энергосберегающих мероприятий является замена обычных голых алюминиевых и сталеалюминевых проводов воздушных линий электропередач на самонесущие изолированные провода (СИП)» [3].

«В работе для ВЛ 10 кВ применяются провода системы СИП с изоляцией из сшитого полиэтилена марки СИП-3, которые состоят из трёх изолированных алюминиевых жил. Механическая прочность и сечение трёх фаз одинаковы» [3], [12].

Выбор и проверка сечения отпайки воздушной линии, питающей ТП-1, от существующей опоры №12 ВЛ-10 кВ ПС-257 «Кронштадская» (фидер 1), проводится в три этапа [1].

Первый этап предусматривает выбор сечения отпайки на данном участке ВЛ-10 кВ.

«Сечение проводников выше 1 кВ выбирается по экономической плотности тока» [1]

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_n}{j_{\text{э}}}, \text{ мм}^2, \quad (14)$$

«где I_n – ток нормального режима, А» [1];

$j_{\text{э}}$ – «экономическая плотность тока, А/мм²» [1].

«По полученному результату в (14) выбирается стандартное значение сечения ($S_{\text{см}}$) провода марки СИП-3» [1].

«Ток нормального режима на стороне 10 кВ» [5]

$$I_{н.} = I_{ном.т} = \frac{S_{ном.т.}}{\sqrt{3}U_{ном}}, \text{ А}, \quad (15)$$

где « $U_{ном}$ – номинальное первичное напряжение» [13] силового трансформатора ТП-1 проектируемого коттеджного посёлка, кВ.

По условию (15)

$$I_{ном.т} = I_{н.} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,4 \text{ А}.$$

Экономически выгодное сечение провода СИП, питающего ТП-1 проектируемого коттеджного посёлка на стороне 10 кВ по (14)

$$S_{ск} = \frac{14,4}{1,4} = 10,3 \text{ мм}^2.$$

Исходя из минимальных сечений по данным климатическим условиям, описанным в работе ранее, в работе принимается стандартное сечение отпайки ВЛ-10 кВ для питания ТП-1 посёлка, $S_{ст} = 25 \text{ мм}^2$.

Выбирается провод марки СИП-3 1x25 с допустимым током $I_{доп} = 117 \text{ А}$ [18].

Второй этап предусматривает непосредственную проверку сечения выбранного проводника по максимальному режиму.

Сечение выбранного провода отпайки ВЛ-10 кВ, выполненного проводом СИП выбранного сечения, проверяется на нагрев током максимального режима

$$K_{пер} I'_{доп} \geq I_{ф} = K_{рез} I_{н.}, \text{ А}, \quad (16)$$

где $K_{пер}$ – коэффициент перегрузки;

$I'_{доп}$ – «допустимый ток СИП с учётом отклонений от стандартных условий, А» [11]

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{ср}} K_{\text{пр}} I_{\text{доп}}, \text{ А}, \quad (17)$$

где $K_{\text{ср}}$ – первый «поправочный коэффициент» на температурные условия [5];

$K_{\text{пр}}$ – второй «поправочный коэффициент на количество» [5] фазных проводников, находящихся рядом (с учётом взаимного влияния Фазных жил проводов СИП). Принимается $K_{\text{пр}} = 0,9$ [5];

$K_{\text{рез}}$ – коэффициент резервирования, принимается $K_{\text{рез}} = 1$, так как в схеме резервирование отсутствует [5].

Выбранный провод марки СИП-3 1x25 с допустимым током $I_{\text{доп}} = 130$ А проверяется по условию (16):

$$1 \cdot 0,9 \cdot 130 = 117 \text{ А} > 1 \cdot 14,4 = 14,4 \text{ А}.$$

Третий этап включает в себя проверку на допустимую потерю напряжения в линии с учётом выбранного сечения проводника.

При этом должно соблюдаться условие:

$$\Delta U_{\text{н}} \leq \Delta U_{\text{доп}} = 5 \%. \quad (18)$$

Потери напряжения в линии в нормальном режиме работы:

$$\Delta U_{\text{н}} = \frac{S_{\text{п}} \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_{\text{н}}^2} \cdot 100, \%. \quad (19)$$

Для СИП-3 3x25: $r_0=2,06$ Ом/км; $x_0=0,405$ Ом/км.

По (19) для отпайки ВЛ-10 с проводом СИП-3 1x25 и длиной линии 0,078 км (согласно ТЗ):

$$\Delta U_{\text{н}} = \frac{150320 \cdot 0,078 \cdot (2,06 \cdot 0,9 + 0,405 \cdot 0,44)}{10000^2} \cdot 100 = 0,24\%.$$

Условие (18) выполняется:

$$\Delta U_n = 0,24\% \leq \Delta U_{доп} = 5 \%$$

Условия всех проверок выполняются, следовательно, окончательно принимается провод марки СИП-3 1x25 на отпайке ВЛ-10 кВ для питания ТП-1 коттеджного посёлка.

2.5 Выбор и проверка сечения проводников 0,38/0,22 кВ

«Для ВЛ-0,385/0,22 кВ проектируемого коттеджного посёлка в работе принимается марка СИП-2, состоящий из трех изолированных алюминиевых жил и 1 изолированной несущей нейтрали, выполненной из алюминиевого сплава Альмелек» [3].

Для проведения расчёта составляется расчётная схема магистрали 0,38/0,22 кВ (рисунок 7) проектируемого коттеджного посёлка с указанием на ней порядковых номеров потребителей по плану (числитель) и полной расчётной мощности потребителей, кВА (знаменатель).

Также указывается расстояние между потребителями, км.

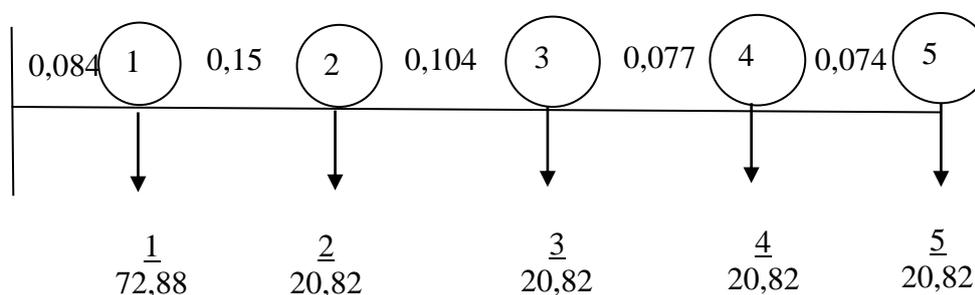


Рисунок 7 – Расчётная схема магистрали 0,38/0,22 кВ проектируемого коттеджного посёлка

Исходя из расчётной схема магистрали 0,38/0,22 кВ проектируемого коттеджного посёлка, расчет тока магистрали ВЛ-0,38/0,22 кВ выполняется так:

$$I_{м.} = \frac{S_{р.ТП}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \text{ А.} \quad (20)$$

По условию (20)

$$I_{м.} = \frac{150,32}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 231,3 \text{ А.}$$

«Для магистрального провода ВЛ-0,38/0,22 кВ проектируемого коттеджного посёлка выбирается провод марки СИП-2 3x95+1x95+1x25 с допустимым током $I_{дон} = 300 \text{ А}$ » [3].

Условия проверки (16) выполняются

$$1 \cdot 0,9 \cdot 300 = 270 \text{ А} > 231,3 \text{ А.}$$

Условия проверки (18) выполняются

$$\Delta U_n = \frac{150320 \cdot 0,497 \cdot (1,54 \cdot 0,9 + 0,456 \cdot 0,44)}{380^2} \cdot 100 = 3,82 \% \leq 5\%.$$

Окончательно принимается провод марки СИП-2 3x95+1x95+1x25 с допустимым током $I_{дон} = 300 \text{ А}$.

Далее производится расчёт и выбор проводников на отпайках к потребителям.

Ток на отпайках ВЛ-0,38/0,22 кВ потребителей

$$I_{п.} = \frac{S_{р.п}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \text{ А.} \quad (21)$$

Для потребителей с $P_{уст} = 20$ кВт

$$I_{п.} = \frac{20,82}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 32 \text{ А.}$$

Для отпайки ВЛ-0,38/0,22 кВ потребителей с $P_{уст} = 20$ кВт проектируемого коттеджного посёлка выбирается провод марки СИП-2 3x16+1x25 с допустимым током $I_{дон} = 100$ А.

Условия проверки (16) выполняются

$$1 \cdot 0,9 \cdot 100 = 90 \text{ А} > 32 \text{ А.}$$

Условия проверки (16) выполняются для самой длинной отпайки к потребителю, следовательно, будет выполняться для всех отпайек

$$\Delta U_n = \frac{20,82 \cdot 0,04 \cdot (1,77 \cdot 0,9 + 0,478 \cdot 0,44)}{380^2} \cdot 100 = 0,33 \% \leq 5\%.$$

Условия всех проверок выполняются.

Окончательно принимается в качестве отпайки ВЛ-0,38/0,22 кВ потребителей с $P_{уст} = 20$ кВт проектируемого коттеджного посёлка, выбранный провод марки СИП-2 3x16+1x25 с предельно допустимым током, равным $I_{дон} = 100$ А.

Для потребителя с $P_{уст} = 70$ кВт

$$I_{п.} = \frac{72,88}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 112,1 \text{ А.}$$

Для отпайки ВЛ-0,38/0,22 кВ потребителя с $P_{уст} = 70$ кВт проектируемого коттеджного посёлка выбирается провод марки СИП-2 3x25+1x25 с допустимым током $I_{дон} = 130$ А.

Условия проверки (16) выполняются

$$1 \cdot 0,9 \cdot 130 = 117A > 112,1A.$$

Условия проверки (18) выполняются

$$\Delta U_n = \frac{72,88 \cdot 0,04 \cdot (1,77 \cdot 0,9 + 0,469 \cdot 0,44)}{380^2} \cdot 100 = 0,46 \% \leq 5\%.$$

Условия всех проверок выполняются.

Окончательно принимается в качестве отпайки ВЛ-0,38/0,22 кВ потребителю с $P_{уст} = 70$ кВт проектируемого коттеджного посёлка, выбранный провод марки СИП-2 3x25+1x25 с предельно-допустимым током $I_{доп} = 130$ А.

Выбранные сечения проводников питающей линии 10 кВ, а также питающей и распределительной сетей 0,38/0,22 кВ посёлка, наносятся на графические листы 1 и 2 в работе.

2.6 Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания в работе проводится согласно методике [3]. Используются справочные материалы [6].

Расчёт токов короткого замыкания (далее – КЗ) в системе электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка проводится с целью:

– проверки электрических аппаратов и проводников на термическую и электродинамическую стойкости к токам короткого замыкания. Для этой цели проводятся расчёты максимального трёхфазного тока, а также значения ударного тока КЗ в расчётных точках;

– выбора и проверки на чувствительность уставок релейной защиты и автоматики на питающей подстанции энергосистемы. Для этой цели проводятся расчёты максимального трёхфазного тока, а также значения двухфазного (минимального) тока КЗ в расчётных точках.

Расчетная схема выбора точек короткого замыкания в системе электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка представлена на рисунке 8. Расчёт искомых трёхфазных токов КЗ в максимальном режиме проводится в расчётной точке К1 – сеть напряжением 10 кВ (на выводах ВН силового трансформатора в системе электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка), а также в расчётной точке К2 – сеть напряжением 0,4 кВ (на выводах НН трансформатора в системе электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка).

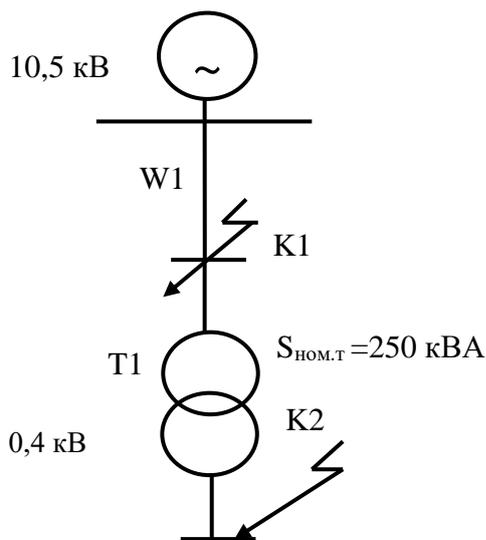


Рисунок 8 – Расчетная схема выбора точек короткого замыкания

По расчётной схеме выбора точек короткого замыкания непосредственно составляется схема замещения для расчета токов короткого замыкания в системе электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка, представленная на рисунке 9.

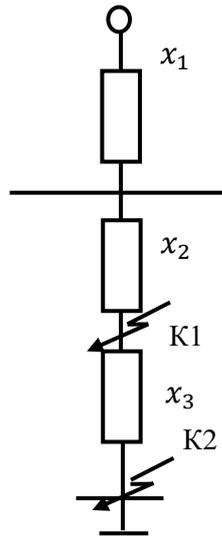


Рисунок 9 – Исходная схема замещения для расчётов токов короткого замыкания

При расчёте параметры наносятся на схему замещения.

За базисную мощность принимается мощность силового трансформатора ТП-1, следовательно, $S_{\delta} = 250$ кВА.

В качестве базисного напряжения принимается напряжение 1 ступени трансформации (10 кВ)

$$U_{\delta} = 1,05 \cdot U_{\text{ном}} = 1,05 \cdot 10 = 10,5 \text{ кВ.}$$

Базисный ток на основной ступени

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}}, \text{ А,} \quad (22)$$

Согласно (22)

$$I_{\delta} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 13,7 \text{ А.}$$

Далее в работе определяются значения сопротивлений схемы замещения, приведённые к указанным базисным условиям.

Сопротивление энергосистемы X_1 с учётом значения внешнего трёхфазного тока КЗ от энергосистемы согласно данным ТЗ

$$X_1 = X_c = \frac{I_{\delta}}{I_{\text{п.о}}^{(3)}}, \text{ Ом.} \quad (23)$$

$$X_1 = \frac{13,7}{5,2} = 2,63 \text{ Ом.}$$

Сопротивление воздушной линии 10 кВ, питающей силовой трансформатор ТП-1 (выбран провод марки СИП-3 1х25, $r_0=2,06$ Ом/км; $x_0=0,405$ Ом/км, длина линии 0,078 км).

При этом данная линия находится на основной ступени напряжения и к базисным условиям не приводится

$$X_2 = X_0 \cdot L, \text{ Ом.} \quad (24)$$

$$X_2 = 0,405 \cdot 0,078 = 0,03 \text{ Ом.}$$

Сопротивление обмотки высшего напряжения (10,5 кВ) силового трансформатора ТП-1

$$x_3 = \frac{0,125 \cdot U_{\text{к}} \cdot S_{\text{ном.т}}}{U_{\text{н}}^2}, \text{ Ом.} \quad (25)$$

$$x_3 = \frac{0,125 \cdot 10,5 \cdot 250}{10^2} = 3,28 \text{ Ом.}$$

Схема замещения, преобразованная для расчетов токов КЗ в точке К1, представлена на рисунке 10.

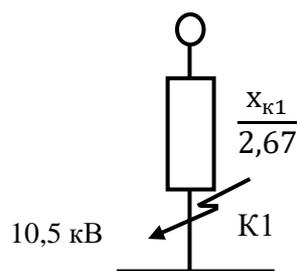


Рисунок 10 – Схема замещения, преобразованная для расчетов токов КЗ в точке К1

Результирующее сопротивление от системы до расчётной точки короткого замыкания К1

$$X_{к1} = X_1 + X_2, \text{ Ом.} \quad (26)$$

Согласно (26)

$$X_{к1} = 2,63 + 0,03 = 2,67 \text{ Ом.}$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ в точке К1 в именованных единицах при приведении к базисным условиям

$$I_{н.о.к1}^{(3)} = \frac{E_c}{x_5} \cdot I_b, \text{ А,} \quad (27)$$

где E_c – сверхпереходная ЭДС энергосистемы. $E_c = 1$.

Согласно (27)

$$I_{н.о.к1}^{(3)} = \frac{1}{2,67} \cdot 13,7 = 5,13 \text{ кА.}$$

Схема замещения для расчетов токов КЗ в точке К2 приведена на рисунке 11.

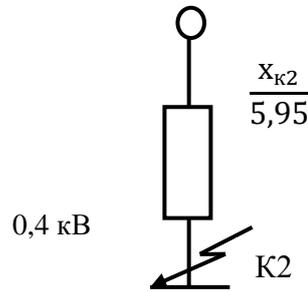


Рисунок 11 – Схема замещения, преобразованная для расчетов токов КЗ в точке К2

Результирующее сопротивление от системы до точки КЗ в К2

$$X_{к2} = X_{к1} + X_3, \text{ Ом.} \quad (28)$$

$$X_{к2} = 2,67 + 3,28 = 5,95 \text{ Ом.}$$

При расчёте токов КЗ в точке К2 полученный результат необходимо привести к указанным базисным условиям основной ступени напряжения, т.к. точка К2 не находится на основной ступени напряжения.

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ в точке К2 в именованных единицах при приведении к базисным условиям основной ступени [14]

$$I_{н.о.к2}^{(3)} = \frac{E_c}{x_{к2}} \cdot \frac{S_6}{U_6^2}, \text{ кА,} \quad (29)$$

Начальное действующее значение периодической составляющей токов КЗ в точке К2

$$I_{н.о.к1}^{(3)} = \frac{1}{5,95} \cdot \frac{250}{10,5^2} \approx 0,38 \text{ кА.}$$

Ударный ток короткого замыкания (начальное значение аperiodической составляющей тока КЗ) определяется так:

$$i_{\text{ук.}i} = \sqrt{2} \cdot K_y I_{\text{к.}i}^{(3)}, \text{ кА}, \quad (30)$$

где K_y – ударный коэффициент.

Значение ударных токов в расчётных точках К1 и К2 схемы посёлка по (30)

$$i_{\text{у.к1}} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 5,13 = 10,16 \text{ кА};$$

$$i_{\text{у.к2}} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 0,38 = 0,59 \text{ кА}.$$

Полученные результаты токов КЗ используются в работе далее.

2.7 Выбор электрических аппаратов 0,38/0,22 кВ

В работе для защиты и коммутации электрической сети 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка применяются современные автоматические выключатели типа ВА, которые устанавливаются в шкафу распределительного устройства низкого напряжения (РУ-0,4 кВ) питающей ТП-1 (10/0,4 кВ).

При этом в работе выбору подлежат вводной и линейный автоматический выключатель. Помимо этого, для обеспечения видимого разрыва, согласно требований [12], в РУ-0,4 кВ питающей ТП-1 также необходимо установить рубильник. В общем случае выбор осуществляется на основе сравнения расчётных параметров электрической сети и номинальных параметров выбранных электрических аппаратов.

Условия выбора автоматических выключателей приведены в [20]. Помимо выбора по номинальному току и напряжению, необходимо также

выбрать и проверить уставки расцепителей автоматов по следующим условиям.

1) по значению номинального тока теплового расцепителя

$$I_{y.m.p} \geq 1,1 \cdot I_p, \text{ A.} \quad (31)$$

2) по значению номинального тока электромагнитного расцепителя

$$I_{y.э.p} \geq k \cdot I_{y.m.p}, \text{ A.} \quad (32)$$

где k – кратность уставок электромагнитного и теплового расцепителей автоматов.

3) по отключающей способности (отключение сквозных токов КЗ) автоматического выключателя

$$I_{\text{НОМ.ВЫК.А.}} \geq k \cdot I'_K, \text{ кА,} \quad (33)$$

где I'_K – начальное значение периодической составляющей рассчитанного ранее тока трёхфазного короткого замыкания в расчётной точке К2, кА.

Выбор и проверка автомата ввода ТП-1 осуществляется по приведенным выше условиям исходя из номинального тока силового трансформатора на стороне 0,4 кВ.

Результаты выбора автомата ввода ТП-1 проектируемого коттеджного посёлка приведены в таблице 3.

Результаты выбора и проверки указанных линейных автоматических выключателей, выполненные по аналогичным условиям, приведены в таблицах 4–6.

Таблица 3 – Выбор автомата ввода ТП-1 системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные автоматического выключателя ВА57-39
$U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.с} = 380 \text{ В}$	$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$
$I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{\phi} = 1 \cdot 384,6 = 384,6 \text{ А}$	$I_{ном.а} = 630 \text{ А}$
$I_{у.т.р.} \geq 1,1 \cdot I_{\phi}$	$1,1 \cdot I_{\phi} = 1,1 \cdot 384,6 = 423,1 \text{ А}$	$I_{у.т.р.} = 500 \text{ А}$
$I_{у.э.р.} \geq 3 \cdot I_{у.т.р.}$	$3 \cdot I_{у.т.р.} = 3 \cdot 500 = 1500 \text{ А}$	$I_{у.э.р.} = 1500 \text{ А}$
$I_{ном.вык.а} \geq I_{к}^{(3)}$	$I_{к2}^{(3)} = 0,38 \text{ кА}$	$I_{ном.вык.а} = 31,5 \text{ кА}$

Таблица 4 – Результаты выбора линейного автомата для защиты и коммутации магистрали 0,4 кВ

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные автомата ВА57-39
$U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.с} = 380 \text{ В}$	$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$
$I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{\phi} = 1 \cdot 231,3 = 231,3 \text{ А}$	$I_{ном.а} = 400 \text{ А}$
$I_{у.т.р.} \geq 1,1 \cdot I_{\phi}$	$1,1 \cdot I_{\phi} = 1,1 \cdot 231,3 = 254,43 \text{ А}$	$I_{у.т.р.} = 300 \text{ А}$
$I_{у.э.р.} \geq 3 \cdot I_{у.т.р.}$	$3 \cdot I_{у.т.р.} = 3 \cdot 300 = 900 \text{ А}$	$I_{у.э.р.} = 1000 \text{ А}$
$I_{ном.вык.а} \geq I_{к}^{(3)}$	$I_{к2}^{(3)} = 0,38 \text{ кА}$	$I_{ном.вык.а} = 31,5 \text{ кА}$

Таблица 5 – Результаты выбора линейного автомата для защиты и коммутации потребителей с $P_{уст.} = 20 \text{ кВт}$ коттеджного посёлка

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные автомата ВА57-31
$U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.с} = 380 \text{ В}$	$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$
$I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{\phi} = 1 \cdot 32 = 32 \text{ А}$	$I_{ном.а} = 100 \text{ А}$
$I_{у.т.р.} \geq 1,1 \cdot I_{\phi}$	$1,1 \cdot I_{\phi} = 1,1 \cdot 32 = 35,2 \text{ А}$	$I_{у.т.р.} = 40 \text{ А}$
$I_{у.э.р.} \geq 3 \cdot I_{у.т.р.}$	$3 \cdot I_{у.т.р.} = 3 \cdot 40 = 120 \text{ А}$	$I_{у.э.р.} = 160 \text{ А}$
$I_{ном.вык.а} \geq I_{к}^{(3)}$	$I_{к2}^{(3)} = 0,38 \text{ кА}$	$I_{ном.вык.а} = 13,5 \text{ кА}$

Таблица 6 – Выбор линейного автомата для защиты и коммутации потребителя с $P_{уст.} = 70$ кВт коттеджного посёлка

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные автомата ВА57-31
$U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.с} = 380$ В	$U_{ном.а} = 660$ В
$I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{\phi} = 1 \cdot 112,1 = 112,1$ А	$I_{ном.а} = 160$ А
$I_{у.т.р.} \geq 1,1 \cdot I_{\phi}$	$1,1 \cdot I_{\phi} = 1,1 \cdot 112,1 = 123,31$ А	$I_{у.т.р.} = 160$ А
$I_{у.э.р.} \geq 3 \cdot I_{у.т.р.}$	$3 \cdot I_{у.т.р.} = 3 \cdot 160 = 480$ А	$I_{у.э.р.} = 630$ А
$I_{ном.вык.а} \geq I_k^{(3)}$	$I_k^{(3)} = 0,38$ кА	$I_{ном.вык.а} = 13,5$ кА

Также проводится выбор вводного рубильника на ТП-1 на стороне 0,4 кВ. Результаты выбора вводного рубильника на ТП-1 на стороне 0,4 приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Выбор вводного рубильника ТП-1 системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные рубильника ВР 32-37
$U_{ном.руб.} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.с} = 380$ В	$U_{ном.руб.} = 380$ В
$I_{ном.руб.} \geq I_{\phi}$	$I_{\phi} = 1 \cdot 384,6 = 384,6$ А	$I_{ном.руб.} = 400$ А

Все выбранные электрические аппараты системы электроснабжения коттеджного посёлка наносятся на графический лист 2.

2.8 Выбор электрических аппаратов 10 кВ

Для защиты и коммутации ТП-1 системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка на стороне 10 кВ, согласно

разработанной схеме электрических соединений, предусмотрена установка следующих аппаратов [6]:

- трёхфазный разъединитель;
- ограничители перенапряжения;
- плавкие предохранители.

Электрические аппараты (ЭА) напряжением выше 1 кВ выбираются по следующим основным условиям выбора:

- по номинальному напряжению и току (аналогично аппаратам 0,38/0,22 кВ, выбранным ранее);
- условие проверки на начальное значение периодической составляющей тока КЗ [16]

$$I_{откл} \geq I_K, \text{ кА.} \quad (34)$$

3) условие проверки на электродинамическую стойкость к токам КЗ

$$i_{дин} \geq i_y, \text{ А,} \quad (35)$$

где i_y – расчетное значение ударного тока, кА.

Все выбранные электрические аппараты напряжением 10 кВ в системе электроснабжения коттеджного посёлка показаны на графическом листе №2. В шкафу высоковольтного ввода ТП-1 устанавливается разъединитель, ограничители перенапряжения и предохранители, обеспечивающие защиту и коммутацию электрической сети проектируемого коттеджного посёлка на стороне 10 кВ.

Далее проводится выбор и проверки трёхфазного разъединителя напряжением 10 кВ.

Сравнительные характеристики электрической сети и каталожных данных [13] приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Выбор трёхфазного разъединителя напряжением 10 кВ

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные разъединителя РЛКВ.16 – 10.IV/400
По номинальному напряжению $U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.с} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном.а} = 10 \text{ кВ}$
По номинальному току $I_{ном.а} \geq I_p$	$I_{ф.} = 14,5 \text{ А}$	$I_{ном.а} = 400 \text{ А}$
По динамической устойчивости $i_{дин} \geq i_y$	$i_{укл} = 10,16 \text{ кА}$	$i_{дин} = 25 \text{ кА}$
По термической устойчивости $I_T^2 t_T \geq I_K^2 t$	$I_{кл}^2 t =$ $= 5,13^2 \cdot 0,3 = 7,9 \text{ кА}^2 \text{с}$	$I_T^2 t_T = 100 \text{ кА}^2 \text{с}$

Выбор предохранителей для защиты ТП-1 проектируемого коттеджного посёлка [14] приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Выбор высоковольтных предохранителей в сети 10 кВ

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные предохранителя ПТ 1.1-10-31,5/У1
По номинальному напряжению $U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.с} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном.а} = 10 \text{ кВ}$
По номинальному току $I_{ном.вст} \geq I_{ф.}$	$I_{ф.} = 14,5 \text{ А}$	$I_{ном.вст} = 40 \text{ А}$
Род установки, соответствие окружающей среде	Нормальная среда	У1
Несрабатывания при переходных процессах $I_{ном.вст} \geq (1,1-2) I_{ном.т.}$	$2 \cdot I_{ном.т.} = 2 \cdot 14,5 = 29 \text{ А}$	$I_{ном.вст} = 40 \text{ А}$
По номинальному току $I_{ном.п} \geq I_{ном.вст}$	$I_{ном.п} = 40 \text{ А}$	$I_{ном.вст} = 40 \text{ А}$
По отключающей способности $I_{ном.вык} \geq I_K$	$I_K = 5,13 \text{ кА}$	$I_{ном.вык} = 31,5 \text{ кА}$

Проводится выбор ограничителей перенапряжения [15] для установки в ТП-1 на стороне 10 кВ с целью защиты от перенапряжений (таблица 10).

Таблица 10 – Выбор ограничителей перенапряжения в сети 10 кВ

Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные ограничителя перенапряжения ОПН-П-0,4/0,4/3/125 УХЛ1
По номинальному напряжению $U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.с} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном.а} = 10 \text{ кВ}$
По максимальному току $I_{макс.а} \geq I_{ф}$	$I_{ф} = 14,5 \text{ А}$	$I_{макс.а} = 100 \text{ А}$
Соответствие окружающей среде	Нормальная среда	УХЛ1
По динамической устойчивости $i_{дин} \geq i_{у}$	$i_{укл} = 10,16 \text{ кА}$	$i_{дин} = 125 \text{ кА}$
По термической устойчивости $I_T^2 t_T \geq I_K^2 t$	$I_{кл}^2 t = 5,13^2 \cdot 0,3 = 7,9 \text{ кА}^2 \text{с}$	$I_T^2 t_T = 125 \text{ кА}^2 \text{с}$

Выводы к разделу 2

В результате выполнения второго раздела работы, осуществлена разработка системы электроснабжения коттеджного посёлка, в результате которой решены следующие задачи:

- обоснован выбор схемы электроснабжения коттеджного посёлка;
- определены расчётные нагрузки коттеджного посёлка;
- рассчитана мощность силового трансформатора подстанции коттеджного посёлка;
- выбраны сечения проводников 10 кВ;
- выбраны сечения проводников 0,38/0,22 кВ;
- рассчитаны токи короткого замыкания;
- выбраны электрические аппараты 0,38/0,22 кВ;
- выбраны электрические аппараты 10 кВ.

Для системы электроснабжения посёлка выбрана радиальная схема питания с установкой одного силового трансформатора на понизительной ТП-10/0,4 кВ. Классические провода марки АС заменены на проводники марки СИП, обеспечивающие безопасность, надёжность и минимизацию потерь электроэнергии. Также выбраны и проверены современные типы электрических аппаратов напряжением 0,38/0,22 кВ и 10 кВ.

3 Разработка мероприятий по монтажу и эксплуатации системы электроснабжения коттеджного посёлка

3.1 Монтаж, эксплуатация и ремонт системы электроснабжения коттеджного посёлка

После ввода в эксплуатацию, проектируемые объекты системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка будут находиться на балансе и в техническом обслуживании Ломоносовского РЭС филиала ПАО «Ленэнерго. Гатчинские электрические сети».

В работе в качестве питающей ТП для системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка принимается к установке тип ТП-1 – мачтовая ТП (МТП) как наиболее экономичная, компактная подстанция, требующая минимум места и простая в монтаже, эксплуатации и ремонте.

В настоящем проекте применяются МТП-250-10/0,4 мачтового типа с воздушным вводом по ВН и воздушным выводом по НН с комплектом коммутационных устройств.

Схема электрических соединений МТП на стороне 10 кВ тупикового типа с присоединением одной линии и одного трансформатора.

Подключение МТП к магистрали электросети – через разъединитель с приводом заземления и предохранители, смонтированные комплектно на металлоконструкции подстанции и предназначенные для отключения питающей магистрали 10 кВ с видимым разрывом для безопасного обслуживания электроустановки.

МТП имеет металлический сборно-сварной каркас, обшитый листовым металлом.

Основание МТП делают из горячекатаного швеллера.

Корпус МТП имеет грунтованное и порошковое покрытие.

В конструкции МТП применяются оцинкованные листы различной толщины.

В конструкции МТП предусмотрены вентиляционные решетки и технологическое внутренне и наружное освещение.

МТП отличаются простотой, надежностью и большим запасом прочности.

Конструктивное выполнение ТП-1 показано на графическом листе 3.

ТП-10/0,4 кВ комплектуется современными автоматическими выключателями марки ВА, устанавливаемыми на отходящие магистральные ВЛ, питающие потребители посёлка. Их выбор осуществлён в работе ранее.

Конструктивное выполнение ТП-10/0,4 кВ представлено на графическом листе №3.

Силовые трансформаторы марки ТМГ зарекомендовали себя значительно лучше, чем простые трансформаторы ТМ.

Основным отличием трансформаторов марки ТМГ от трансформаторов марки ТМ является отсутствие расширительного бака, так как данный тип трансформаторов герметичный. Этот факт значительно уменьшает как габариты, так и утечку масла из трансформатора вследствие его разгерметизации.

Следовательно, значительно уменьшаются затраты времени и денежных средств на техническое обслуживание трансформатора (в частности, на постоянный контроль и доливку масла).

К активной части силового трансформатора марки ТМГ-250/10 относится магнитопровод с обмотками, находящимися в баке, наполненным маслом.

В силовом трансформаторе есть вводы напряжением 10 кВ (три ввода) и 0,4 кВ (четыре ввода: три фазы и ноль).

Также данный тип трансформатора имеет переключатель, пробки для заливки и слива масла.

Для перемещения трансформатора используются катки (колёса) роликового типа.

Конструкция силового трансформатора марки ТМГ-250/10, установленного на ТП-10/0,4 кВ коттеджного посёлка, показана на графическом листе 4.

«Одним из наиболее действенных энергосберегающих мероприятий является замена обычных голых алюминиевых и сталеалюминиевых проводов воздушных линий электропередач на самонесущие изолированные провода (СИП)» [16], [20].

Для повышения надежности работы линий распределения и передачи электроэнергии до 20 кВ за рубежом уже более 30 лет применяют самонесущие алюминиевые провода, в полиэтиленовой изоляции на напряжение до 20 кВ [3]. В последнее время самонесущие изолированные провода стали применять в России. В работе использованы провода СИП 3 (для ВЛ 10 кВ) и СИП 2 (для ВЛ 0,38/0,22 кВ). Известно, что провода СИП – это изолированные провода, обеспечивающие повышенную электробезопасность, надёжность, а также удобство монтажа, обслуживания и ремонта на воздушных линиях электропередач [9].

Кроме того, изолированные провода марки СИП напряжением до 1 кВ можно прокладывать по стенам сооружений (при вводе в них питания) [9].

Для монтажа проводов СИП используются специализированные держатели, натяжители и прочая арматура.

Также по типу крепления различают типичные монтажные узлы СИП и узлы крепления проводов СИП (анкерное, угловое и концевое) [6].

При этом в работе для ВЛ 0,38/0,22 кВ проектируемого коттеджного посёлка используются хорошо зарекомендовавшие себя анкерные опоры типа А-11 и промежуточные опоры типа П-11, также показанные на графическом листе 1.

В работе для защиты и коммутации электрической сети 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка применяются современные автоматические выключатели типа ВА, которые

устанавливаются в шкафу распределительного устройства низкого напряжения (РУ-0,4 кВ) питающей ТП-10/0,4 кВ.

Помимо этого, для обеспечения видимого разрыва, согласно требованиям [12], в РУ-0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ также необходимо установить рубильник, который также монтируется в шкафу НН ТП-10/0,4 кВ проектируемого коттеджного посёлка.

Данные аппараты монтируются непосредственно в распределительные устройства после их сборки.

Периодичность проверок трансформаторов, выключателей и другого оборудования приведены в [9], [11], [21] и других нормативных документах.

«При обслуживании оборудования ТП проверяют комплектность всех составляющих и оборудования в целом, целостность обмоток, колодки выводов, наличие отметок выводов и паспортной таблички, правильность обозначений выводов, наличие и исправность гаек и шайб. При обслуживании трансформатора тока его не раскрывают и не извлекают из него обмотки. Делают это только в случае крайней необходимости» [19], [21].

Выводы к разделу 3

В результате выполнения третьего раздела работы, осуществлена разработка мероприятий по монтажу и эксплуатации системы электроснабжения коттеджного посёлка с указанием основных технических мероприятий, связанных с монтажными и эксплуатационными работами в системе электроснабжения коттеджного посёлка.

Особое внимание уделено вопросам монтажа и эксплуатации современных проводов СИП, а также трансформаторам и оборудованию понизительной ТП-10/0,4 кВ посёлка.

4. Разработка мероприятий по охране труда при эксплуатации системы электроснабжения коттеджного посёлка

4.1. Мероприятия по охране труда, пожарной и экологической безопасности

К техническим мероприятиям по безопасности труда относятся различные виды оперативных переключений в электроустановках, наложение переносных заземлений (либо включение заземляющих ножей и устройств), вывешивание плакатов по технике безопасности (запрещающих и предписывающих), непосредственное ограждение рабочего места бригады при выполнении работ в электроустановках.

«Организация несёт ответственность за расследование несчастных случаев, выявление причин профессиональных заболеваний» [21].

«В организациях обязанности по охране труда возлагаются на главных специалистов приказом руководителя» [21].

Согласно действующему законодательству, администрация обязана проводить инструктаж всех работников по безопасным приемам выполнения работ.

Согласно положениям [21], для рабочих проводятся по технике безопасности вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте.

Для обеспечения выполнения мероприятий по технике безопасности на предприятии существуют определенные требования к персоналу.

При выполнении работ в системе электроснабжения коттеджного посёлка необходимо неукоснительно придерживаться следующих правил и требований [21]:

- техники безопасности при выполнении работ в электроустановках;
- пожарной безопасности;
- экологической безопасности.

Как правило, поражение электрическим током в сетях понизительных подстанций возникает в таких случаях:

– при прикосновении к токоведущим частям под напряжением (токоведущие силовые цепи электроустановок, собственные нужды, оперативные цепи релейной защиты и автоматики);

– при приближении на недопустимое расстояние к токоведущим частям электроустановок понизительной подстанции в системе электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка;

– при прикосновении к заземленным нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (напряжение прикосновения);

– при нахождении человека вблизи заземления (менее 8 м), с которого проходит ток в землю (напряжение шага или иного возможного замыкания на землю) в понизительной подстанции в системе электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка.

Кроме того, существует вероятность прочих производственных видов опасности:

– опасность возможных ожогов электрической дугой, которая возникла в результате неправильных оперативных действий с разъединителями, заземляющими ножами;

– возможность ушибов и переломов конечностей вследствие падений при движении по неровной или скользкой, или неосвещённой поверхности;

– опасность повреждения организма вследствие попадания конечностей под трущиеся и вращающиеся объекты электрооборудования.

Возникновения пожара на объектах возможно при следующих обстоятельствах:

– при коротких замыканиях;

– при прямых попаданиях молнии;

– при перегреве и внутренних коротких замыканиях масляных трансформаторов на подстанции;

– при разрушении и перегрева изоляции с последующим возгоранием;

– при перегреве токоведущих частей от перегрузки при неправильном их выборе.

Соблюдение трудовой дисциплины является основой по технике безопасности при выполнении любых работ в электроустановках.

«При назначении ответственных за безопасное проведение работ обязательно должна учитываться группа по электробезопасности (не ниже установленной).

Также при работе в электроустановках необходимыми являются навыки оказания первой медицинской помощи до приезда врача.

Каждый член бригады должен владеть навыками выполнения искусственного дыхания, непрямого массажа сердца и освобождения пострадавшего от электрического напряжения» [21].

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов, и выполнять одну из следующих задач:

- исключать возникновение пожара;
- обеспечивать пожарную безопасность людей;
- обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей;
- обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно.

«Пожарная безопасность электрических сетей и электроустановок может обеспечиваться:

- применением несгораемых конструкций;
- выбором оборудования и электроустановочных изделий, соответствующих условиям окружающей среды и номинальному напряжению;

- выбором марок и сечений проводников, способов их прокладки, удовлетворяющих требованиям [8] – [10];
- автоматическим отключением токов КЗ;
- защитным заземлением» [21].

При организации строительного производства необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей природной среды, которые должны исключать рекультивацию земель, предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение или очистку вредных выбросов в почву, водоемы и атмосферу.

Охрана окружающей среды при строительстве ЛЭП-10/0,4кВ осуществляется путем выполнения природоохранных мероприятий, которые снижают или ликвидируют отрицательное воздействие на природную среду, на сохранение природных ресурсов.

Природоохранные мероприятия должны предусматриваться при земляных работах: разработке котлованов, засыпке котлованов.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, на период строительства будут происходить при работе автотранспорта и спецтехники.

Все приведённые требования по охране труда, включая мероприятия по электробезопасности, пожарной безопасности и экологической безопасности, строго обязательны к соблюдению в системе электроснабжения коттеджного посёлка.

4.2. Расчёт контура заземления подстанции коттеджного посёлка

С целью обеспечения безопасности людей, в сетях с глухозаземлённой нейтралью напряжением 0,38/0,22 кВ применение защитного заземления является обязательным [8].

Для этой цели применяют как естественные, так и искусственные заземлители.

Заземляющее устройство состоит из совокупности электрически соединённых заземлителей и заземляющих проводников.

В качестве искусственных вертикальных заземлителей чаще всего применяют прутковую сталь диаметром 12–20 мм при длине 5 – 6 м; углубление делают вкручиванием.

Между собой заземлители заземляющего устройства соединяют на глубине 0,5–0,7 м с помощью сварки стальной полосой размерами не менее 40x4 мм или прутком диаметром 10 – 12 мм.

Заземляющие проводники соединяют заземлитель с частями электроустановки, которые заземляются.

В электроустановках с глухозаземлённой нейтралью напряжением 0,38/0,22 кВ, к которой относятся и потребители системы электроснабжения коттеджного посёлка, согласно требованиям [10]:

- магистральные защитные проводники, прокладываемые открыто, должны иметь сечение не менее 100 мм²;

- проводимость защитного проводника в соответствии с [10] должна быть не ниже 50% проводимости фазного провода.

Каждый элемент заземляется и должен быть подключен к сети заземления отдельным ответвлением (заземляющим проводником), а внутреннюю заземляющую сеть следует соединить с внешним заземляющим контуром не менее, чем в двух местах [10].

Для заземления электроустановок различных назначений и различных напряжений, территориально приближенных одна к другой, применяют один общий заземляющий контур, сопротивление которого принимается равным сопротивлению той установки, где он является минимальным [10].

В работе устройство контура заземления ТП-1(10/0,4 кВ) выполняется в соответствии с учётом требований и норм [10].

В соответствии с п. 1.7.109 [10], для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители.

Однако они отсутствуют, поэтому сооружение контура заземления ТП–10/0,4 кВ коттеджного посёлка является обязательным.

Заземлению подлежат нейтраль и корпус трансформатора, а также все другие металлические части, могущие оказаться под напряжением при повреждении изоляции.

Все соединения заземляющего контура выполнить электросваркой внахлест.

«Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом, при этом учитывается, что удельное сопротивление грунта составляет не более 100 Ом·м» [6].

Производится расчёт контура заземления ТП–10/0,4 кВ коттеджного посёлка, согласно методике [6].

«Принимаются в качестве вертикальных заземлителей (электродов) стальные стержни диаметром 16 мм и длиной 2 м.

Верхние концы электродов погружаются на 0,5 м.

Расстояние между вертикальными электродами принимается 4 м» [6].

Тип почвы в месте сооружения контура заземления – суглинок.

Удельные значения сопротивления грунта для горизонтальных и вертикальных заземлителей [6]:

$$\rho_{p.z} = \rho_{y\delta} \cdot K_{n.z}, \quad (36)$$

$$\rho_{p.v} = \rho_{y\delta} \cdot K_{n.v}, \quad (37)$$

где $\rho_{y\delta}$ – справочное нормируемое значение удельного сопротивления грунта [6];

$K_{n.z}$ и $K_{n.v}$ – справочное нормируемое значение коэффициентов горизонтальных и вертикальных электродов [6].

По условиям (36) и (37)

$$\rho_{p.z} = 100 \cdot 2 = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

$$\rho_{p.v} = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Значение сопротивления растеканию стержневого вертикального электрода [6]:

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{\rho_p}{l} \left(\lg \frac{2 \cdot l}{0,95 \cdot d} + 0,5 \lg \frac{4t+3l}{4t+l} \right), \quad (38)$$

где l – длина электрода, м;

d – внешний диаметр электрода, м;

t – принимаемое расстояние от поверхности земли до середины электрода, м.

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{200}{5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{0,95 \cdot 0,016} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 1,7 + 3 \cdot 5}{4 \cdot 0,5 + 5} \right) = 23,65 \text{ Ом.}$$

Число вертикальных заземлителей (электродов) по [14]:

$$N = \frac{R_B}{K_{u.e} \cdot R_3}, \text{ шт.}, \quad (39)$$

где $K_{u.e}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей (электродов) без учета влияния горизонтальных электродов при их размещении по контуру, [6].

$$N = \frac{23,65}{0,66 \cdot 4} = 8,96 \text{ шт.}$$

Принимается предварительно с учётом нормируемой величины заземляющего устройства число вертикальных электродов $N = 9 \text{ шт.}$

Расчетное значение сопротивления растеканию горизонтальных электродов [6]:

$$R_\Gamma = \frac{\rho_p}{K_{н.г} \cdot 2\pi \cdot l_\Gamma} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_\Gamma^2}{b \cdot t}, \text{ Ом.}, \quad (40)$$

где $K_{н.г}$ – нормируемое значение коэффициента использования

горизонтальных соединительных электродов в контуре
из вертикальных электродов [6];

l_{Γ} – суммарная длина горизонтальных электродов, м;

t – расстояние до поверхности земли, м;

b – ширина полосы, м.

$$R_{\Gamma} = \frac{200}{0,32 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \lg \frac{2 \cdot 5^2}{0,08 \cdot 0,5} = 26,17 \text{ Ом.}$$

Уточненное сопротивление вертикальных электродов с учётом
величины нормируемого значения сопротивления [6]

$$R_{\text{в.э.}} = \frac{R_B \cdot R_3}{R_B - R_3}, \text{ Ом.} \quad (41)$$

$$R_{\text{в.э.}} = \frac{26,17 \cdot 4}{26,17 - 4} = 4,72 \text{ Ом.}$$

Уточненное количество вертикальных электродов с учётом
коэффициента использования вертикальных электродов [6]:

$$N = \frac{R_B}{K_{\text{и.э.}} + R_B}, \text{ шт,} \quad (42)$$

$$N = \frac{23,65}{0,66 + 4,72} = 7,6 \text{ шт.}$$

Окончательно принимается в проектируемом контуре заземления на
ТП–10/0,4 кВ коттеджного посёлка, 8 вертикальных электродов,
расположение – по периметру трансформаторной подстанции.

Рассчитывается сопротивление вертикальных заземлителей
(электродов) проектируемого контура заземления ТП–10/0,4 кВ коттеджного
посёлка с учётом их выбранного количества:

$$R_{в.е} = \frac{R_B}{K_{и.е} \cdot N}, \text{ Ом.} \quad (43)$$

$$R_{в.е} = \frac{23,65}{0,66 \cdot 8} = 4,48 \text{ Ом.}$$

Общее сопротивление всех заземлителей (электродов) контура заземления ТП–10/0,4 кВ коттеджного посёлка определяется таким образом:

$$R_{\text{общ.}} = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B + R_{\Gamma}}, \text{ Ом.} \quad (44)$$

$$R_{\text{общ.}} = \frac{4,48 \cdot 26,17}{4,48 + 26,17} = 3,74 \text{ Ом.}$$

Конструкция спроектированного контура заземления ТП–10/0,4 кВ коттеджного посёлка представлена в графической части работы.

Выводы к разделу 4

В результате выполнения четвёртого раздела работы, разработаны мероприятия по технике безопасности, электробезопасности, а также экологической безопасности при выполнении работ в системе электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка.

Рассчитан контур заземления ТП-10/0,4 кВ коттеджного посёлка, удовлетворяющий требованиям всех нормативных документов.

Заключение

В результате выполнения работы разработана система электроснабжения коттеджного посёлка в Ломоносовском районе Ленинградской области.

Для достижения поставленной цели был произведен расчет электрических нагрузок посёлка, выбрана и проверена мощность силового трансформатора ТП-10/0,4 кВ.

В связи с тем, что основную часть потребителей коттеджного посёлка составляют электроприемники III категории, на ТП-10/0,4 кВ принята установка одного силового трансформатора марки ТМГ-250/10.

Также выбрана и принята к установке мачтовая ТП (МТП) как наиболее экономичная, компактная подстанция, требующая минимум места и простая в монтаже, эксплуатации и ремонте.

Осуществлены выбор схемы электроснабжения и конструктивного выполнения сетей коттеджного посёлка в Ломоносовском районе Ленинградской области.

При этом для питания ТП-1 коттеджного посёлка на напряжении 10 кВ выбран провод марки СИП-3 1x25 на отпайке ВЛ-10 кВ, для питания магистральной линии 0,38/0,22 кВ – провод марки СИП-2 3x95+1x95+1x25, для питания потребителя с $P_{уст} = 70$ кВт (отпайка) – провод марки СИП-2 3x25+1x25, для питания потребителей с $P_{уст} = 20$ кВт (отпайка) – провод марки СИП-2 3x16+1x25.

В результате проведённых расчетов и проверок, для защиты сети напряжением 0,38/0,22 кВ коттеджного посёлка выбраны автоматы марки ВА различных типоминалов, обеспечивающие надёжную защиту и коммутацию системы электроснабжения коттеджного посёлка. В качестве автомата ввода ТП-1 системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка выбран автомат марки ВА57-39 с $I_{ном.а}=630$ А, $I_{у.т.р}=500$ А, $I_{у.э.р}=1500$ А; для защиты и коммутации магистрали 0,4 кВ

системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка выбран автомат ВА57-39 с $I_{ном.а}=400$ А, $I_{у.т.р}=300$ А, $I_{у.э.р}=1000$ А; в качестве линейного автомата для защиты и коммутации потребителей с $P_{уст.}=20$ кВт системы электроснабжения проектируемого коттеджного посёлка выбран автомат ВА57-31 с $I_{ном.а}=100$ А, $I_{у.т.р}=40$ А, $I_{у.э.р}=160$ А, а для защиты и коммутации потребителя с $P_{уст.}=70$ кВт – автомат ВА57-31 с $I_{ном.а}=160$ А, $I_{у.т.р}=160$ А, $I_{у.э.р}=630$ А.

Также проведён выбор вводного рубильника на ТП-1 на стороне 0,4 кВ, в результате чего подтверждён выбран рубильника марки ВР 32-37.

В сети 10 кВ выбраны и проверены следующие электрические аппараты: разъединитель марки РЛКВ.16 – 10.IV/400, ограничители перенапряжения марки ОПН-П-0,4/0,4/3/125 УХЛ1, предохранители марки ПТ 1.1-10-31,5/У1.

Все выбранные электрические аппараты проверены по условиям работы в нормальном и послеаварийном режимах, а также проверены на термическую, электродинамическую стойкость к токам короткого замыкания и ударным токам, также рассчитанным в работе.

Также в работе разработаны мероприятия по охране труда, пожарной и экологической безопасности, произведён расчёт контура заземления ТП-10/0,4 кВ коттеджного посёлка.

Разработанная система электроснабжения коттеджного посёлка отвечает требованиям безопасности, экономичности и надёжности.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. 416 с.
2. Горбов А.М. Справочник по эксплуатации электрооборудования. М.: Сталкер, 2016. 262 с.
3. Козлов В.А. Электроснабжение городов. Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, 2002. 264 с.
4. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике. Разработка по заданию Минэнерго России: Рук. работы: чл.-корр. РАН Воропай Н.И. М., 2011. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М: Энергоатомиздат, 2017. 174 с.
5. Кудрин Б. И. Электроснабжение. М.: Academia, 2018. 352 с.
6. Курдюмов, В.И., Зотов, Б.И. Энергетика и экономика. М.: Колос, 2015. 247 с.
7. Ломоносовский район Ленинградской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ломоносовский_район_\(Ленинградская_область\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ломоносовский_район_(Ленинградская_область))
Дата обращения: 11.09.2021 г.
8. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М: Энергоатомиздат, 2017. 174 с.
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М: Энергоатомиздат, 2016. 392 с.
10. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Альвис, 2018. 624 с.
11. Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777/пр). Режим доступа: https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf

12. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. 464 с.
13. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.
14. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. М.: ЭНАС, 2012. 344 с
15. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. М.: Энергоатомиздат, 2016. 576 с.
16. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
17. Фролов Ю. М, Шелякин В.П.. Основы электроснабжения. М.: Лань, 2015. 480 с.
18. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. М.: Форум, Инфра-М, 2015. 136 с.
19. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. М.: ФОРУМ, 2018. 194 с.
20. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // РД РАО «ЕЭС России». М.: Министерство энергетики, 2013.
21. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2014. 159с.