

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Реконструкция системы электроснабжения по стороне 0,4 кВ группы кварталов Центрального района г. Тольятти

Студент	<u>О.Е. Копытин</u> (И.О. Фамилия)	_____
Руководитель	<u>А.Е. Бурмутаев</u> (И.О. Фамилия)	_____
Консультанты	<u>А.В. Кириллова</u> (И.О. Фамилия)	_____

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Вахнина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

В представленной выпускной квалификационной работе бакалавра изложен процесс формирования проекта реконструкции системы электроснабжения по стороне 0,4 кВ группы кварталов Центрального района города Тольятти. Работа описывает разделы проекта, касающиеся реконструкции систем электроснабжения и освещения, а также предлагает технические решения для повышения надежности, энергоэффективности и эксплуатационной пригодности инфраструктуры спального района. При реконструкции учитываются требования современных технических норм и правил, что позволит обеспечить продолжительное надежное функционирование разработанной инфраструктуры.

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) является принятие проектных решений, на основе которых будет проводиться реконструкция системы электроснабжения группы городских кварталов.

Выпускная квалификационная работа выполнена в объеме 56 страниц, содержит 11 таблиц, 8 рисунков, список используемых источников из 20 наименований, графическую часть на 6 листах формата А1.

ABSTRACT

The topic of the given senior thesis is: «Reconstruction of the power supply system on the 0.4 kV side of the group of quarters of the Central district of Togliatti». Graduation work is devoted to the issue of analyzing the state of the power supply systems of consumers in the Togliatti district with the subsequent updating of its main components.

The subject of graduation work is the group of city blocks with numbers: 47, 61, 88, 54 and 89, compactly located in the southwestern part of the Central district of Togliatti. The author dwells on the state of the electrical infrastructure of the building stock of the study area and finds the poor state of the luminaires of the street lighting system as well as the supply cable lines. We give full coverage to the calculation of the electrical loads of residential buildings, public and residential buildings, also comprehensively covers the choice of conductors and protective equipment of the power supply system. We first discuss the general aspects of developing project sections and we then analyze special cases of their implementation. We start with the statement of the problem and then logically pass over to its possible solutions.

In conclusion we'd like to stress that a well-designed power supply system is the key to the comfort and safety of citizens, and also contributes to the confident functioning of all spheres of public life.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ района проводимой реконструкции.....	7
2 План реконструкции группы кварталов	19
3 Определение нагрузки потребителей.....	21
3.1 Расчет нагрузки многоквартирных жилых домов	22
3.2 Расчет нагрузок прочих потребителей района.....	28
4 Реконструкция системы уличного освещения	33
5 Выбор проводников и защитного оборудования.....	37
5.1 Выбор аппаратов защиты	38
5.2 Выбор проводников сети электроснабжения	45
6 Конфигурация вводно-распределительных устройств потребителей	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	55

ВВЕДЕНИЕ

Характерной особенностью политики, которая на настоящий момент проводится руководством Российской Федерации, является высокая мера ответственности за безопасность и благосостояние братских и союзных народов. Проведение подобной внешней политики является залогом усиления позиций государства на международной арене. Однако, каждая медаль имеет обратную сторону. Не обошлось без нее и в данном случае.

Речь идет о высоком расходовании бюджетных средств на исполнение догм внешней политики при вынужденной экономии на обеспечении нормального функционирования отдельных внутригосударственных систем. В частности, можно отметить недостаточное материальное обеспечение в вопросах восстановления изношенных элементов инфраструктуры. Несмотря на то, что федеральные и региональные власти стараются в меру собственной компетенции обеспечить нормальное функционирование подведомственных систем, ситуация усугубляется с каждым годом. В особенности это актуально для системы электроснабжения.

Причина возрастающего числа отказов на линиях электропередач, перерывов питания и иных нештатных ситуаций кроется, в первую очередь, в том, что оборудование, массово вводимшееся в эксплуатацию в 1960-е – 1970-е годы – в период ударного развития промышленности, и, как следствие, возникновения городов вокруг растущих в пламени строек заводов, на настоящий момент выработало свой эксплуатационный ресурс. Система рыночной экономики, где любая капиталоемкая операция должна быть экономически обоснована оказалась не готова к массовому устареванию оборудования – средние и малые предприятия, находящиеся в частных руках, зачастую неспособны одновременно выделить достаточные суммы на замену дорогостоящих узлов системы электроснабжения. Не менее тяжелая ситуация сложилась и в секторе коммунально-бытового хозяйства, а точнее – в сфере городской инфраструктуры

Считается целесообразным рассмотреть ситуацию более подробно на примере группы кварталов Центрального района города Тольятти – в частности, расположенных рядом кварталов: №47, №61, №88, №54 и №89. Они являются собой типичный образец застройки, которая производилась в период активной индустриализации 1960-х годов. Более 85% зданий, расположенных в указанном районе введены в эксплуатацию в период 1960-го по 1964-й годы. Этим же временным промежутком датируется монтаж сети электроснабжения и внутриквартального освещения района.

Впоследствии на свободных местах, оставшихся после первоначальной стройки, производилось возведение новых домов, которые подключались к уже существующим трансформаторным подстанциям.

На настоящий момент значительная часть системы внутриквартального электроснабжения не соответствует современным нормам и правилам как по причине значительного износа корпусов и подвижных частей оборудования, старения изоляции, так и в связи с изменениями, которые были внесены в нормативную документацию за прошедший срок. Общее неудовлетворительное состояние системы электроснабжения усугубляется большим количеством дополнительных коммуникаций, проложенных поверх линий, заложенных первоначальным проектом градостроительства. Такие сети электроснабжения, часто прокладываемые вопреки какими-либо нормативам, создают опасность при замене устаревших коммуникаций и приводят к различным недоразумениям. Причем, если кабельные линии на стороне 6 кВ, от которых питаются квартальные ТП и часть силовых трансформаторов ТП уже были реконструированы ранее, масштабных замен проводников и оборудования на стороне 0,4 кВ в указанном районе до этого не производилось.

Из вышеизложенного следует формулировка цели выпускной квалификационной работы: реконструкция системы электроснабжения по стороне 0,4 кВ группы кварталов Центрального района г. Тольятти.

1 Анализ района проводимой реконструкции

В ходе предварительного обследования объекта ВКР составлено представление об общем техническом состоянии электроэнергетического оборудования и коммуникаций, а также географических и иных особенностях рассматриваемого района.

Группа кварталов Центрального района под номерами: 47, 61, 88, 54 и 89 расположена в юго-западной части района города Тольятти, в свою очередь находящегося в Самарской области Российской Федерации.

Группа кварталов ограничена следующими улицами (перечислены по порядку следования по часовой стрелке, начиная с направления на север): Ставропольская, Советская, Строителей, Жилина, Ленинградская, Ушакова.

Общая площадь участка составляет 453312,76 м². Детализация представлена в таблице 1.1. Квартала 54 и 88 рассматриваются здесь и далее по ходу выпускной квалификационной работы совместно, так как не разделены крупными улицами и топографически представляют собой единое целое.

Таблица 1.1 – Площади рассматриваемых кварталов Центрального района

№ квартала	47	61	88 и 54	89	Итого
S, м ²	66670,83	77991,42	176967,74	131682,77	453312,73

Архитектурный фонд района представлен зданиями следующих основных типов:

- Многоквартирные жилые дома (МКД)
- Здания административного назначения
- Заведения дошкольного, среднего и среднего специального образования
- Медицинские учреждения
- Магазины и торговые площадки
- Заведения общественного питания

Большая часть МКД представлена зданиями, построенными в период с 1960-го по 1964-й годы. В кварталах 88 и 54 ряд жилых домов построен десятью годами позднее – в период с 1970-го по 1973 годы. В период после распада СССР застройка была незначительна уплотнена. Так в квартале №47 в 1994 и 2000-м годах были возведены высотные дома (Советская 74 и Советская 74А, соответственно). Эти МКД имеют 10 и 11 этажей соответственно и возводились по индивидуальным проектам. Квартиры в них отличаются повышенной комфортностью (особенно это заметно на фоне большей части домов, расположенных поблизости). Вид на данные дома, а также западную часть 47-го квартала представлен на рисунке 1.1. Фотографии получены в результате профессиональной съемки с квадрокоптера. Источник: [15].

Наиболее новой архитектурной формой, возведенной в рассматриваемом районе является элитный 13-ти этажный многоквартирный дом, расположенный по адресу ул. Жилина 13А. Он был построен в 2016 году и представляет собой выдающийся образец современного градостроительного мастерства как с точки зрения архитектурных решений, так и в плане организации электроснабжения. Так, дом оборудован собственной комплектной трансформаторной подстанцией, не повышая нагрузку на районную сеть и питаясь непосредственно от ГПП. Вид на перекресток улиц Мира-Жилина представлен на рисунке 1.2. Описываемый дом можно увидеть в левой части снимка.

Четырехэтажные дома выполнены из кирпича, тогда как большая часть пятиэтажных домов имеет панельную структуру. Данные здания не оборудованы лифтовыми хозяйствами, а их проводка не рассчитана на установку электрических плит в связи с газификацией района.

Каждое из многоэтажных зданий района (9 этажей и выше) оборудовано 3-мя -4 -мя лифтами. Более подробные данные представлены в таблице 1.3. Многоэтажные здания выполнены из кирпича, также оборудованы газовыми плитами. В число зданий административного назначения входят: МФЦ «Мои документы», отдел полиции по борьбе с



Рисунок 1.1 – Вид на квартал № 47



Рисунок 1.2 – Перекресток Мира-Жилина и элитный МКД

организованной преступностью (ОБОП), военный комиссариат Центрального района. Номенклатура образовательных учреждений включает в себя: детские сады: «Сказка», «Жарптица», «Ромашка», школы: №23 им. Пальмиро Тольятти, корпус №2 школы Тольяттинской консерватории, а также, учреждения среднего профессионального образования: Тольяттинский Медицинский колледж и один из филиалов Тольяттинского Социально-Педагогического колледжа. В районе находится педиатрический комплекс №6.

Большая часть магазинов, а также небольших офисов в рассматриваемом районе расположены на первых этажах МКД. Исключение составляют крупные торговые площадки: крытый рынок «Журавль», магазин строительных товаров «Баумаркет» на улице Мира и несколько небольших торговых площадок.

Из вышеуказанного ясно, что нагрузка группы кварталов, система электроснабжения которых подвергается реконструкции, имеет неоднородный характер, различаясь как по типу, так и по требуемой надежности электроснабжения в соответствии с [3]. Категории надежности электроснабжения (ЭСН) для зданий рассматриваемого района приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Категории надежности ЭСН

Тип потребителя	Категория надежности электроснабжения
Почтовые отделения	1
Военные комиссариаты	1
Финансовые учреждения	2
Образовательные учреждения	2
Поликлиники	2
Магазины, торговые площадки	2
Заведения общественного питания	2
Офисные помещения	2
МКД высотой 4 – 13 этажей	2

Необходимо отметить, что при первоначальном проектировании квартальной электрической сети, которое производилось в 1960-х годах, для МКД была определена категория надежности 3. Это было обусловлено экономией

проводников и коммутационного оборудования. На настоящий момент политика электроснабжения претерпела значительные изменения и МКД присваивается вторая категория надежности электроснабжения, что безусловно позволяет повысить комфорт потребителей, предотвращая длительное отключение электропитания. Этот аспект был учтен при реконструкции квартальных трансформаторных подстанций, необходимо его учесть и в рамках данного проекта.

Далее следует более подробно рассмотреть состояние силовой распределительной сети 0,4 кВ. На момент постройки кварталов питание потребителей выполнялось алюминиевыми кабелями с бумажной пропитанной изоляцией, битумно-бумажной подушкой, стальной броней и наружным покрытием из волокнистого материала. Марки проводников – АСБ, число жил -4. Сечения кабелей различны и зависят от расчетной нагрузки потребителя. Для экономии материала в условиях дефицита алюминия, нулевая жила выполнялась меньшим сечением, чем основные – фазные. На настоящий момент наблюдается значительное число перерывов электроснабжения потребителей, вызванных короткими замыканиями в кабельных линиях. Это обусловлено, с одной стороны, развитием ветвистых разрядов в изношенной фазной изоляции, и, с другой стороны – неудовлетворительным состоянием поясных оболочек, которые за годы эксплуатации потеряли механическую прочность. Кроме того, естественные подвижки грунта и отсутствие в ряде мест надлежащей подушки из мелкопросеянного песка приводят к механическому повреждению внешней гидроизоляционной оболочки и, как следствие, естественной коррозии стальной брони кабеля. Один из примеров такого повреждения можно увидеть на рисунке 1.3.

Еще одной проблемой, не менее серьезной, чем все вышеописанные является бессистемная прокладка питающих линий в последующие годы. Речь идет как о питании новых потребителей, так и о замене отказавших по той или иной причине кабелей первоначальной закладки – их ремонт, как правило, считался нерентабельным. В результате данного процесса, проте-

кавшего на протяжении более чем 30-ти лет, сейчас кабельная сеть приобрела значительную запутанность.



Рисунок 1.3 – Повреждение защитной оболочки силового кабеля

Не меньшей величиной данной характеристики обладает электрическая часть вводно-распределительных устройств (ВРУ), установленных на вводах в жилые дома постройки 60-х – 70-х годов, а также в общественные здания, введившиеся в эксплуатацию в этот период. Большое число аварийных ремонтов при полном, зачастую, отсутствии капитального, привело к серьезному усложнению эксплуатации устройств ввода и распределения, снизило их надежность и безопасность эксплуатации. Фотография одного из ВРУ МКД на улице Мира представлено на рисунке 1.4.

– Хочется также остановиться на системе уличного освещения квартала. Она представлена светильниками марки ЖКУ – с натриевыми лампами типа ДНаТ и электромагнитной ПРА, консольного типа. Фотография одного из таких светильников представлена на рисунке 1.5. Несмотря на некогда высокие эксплуатационные характеристики, многие из данных светильников выработали первоначальный ресурс, перенесли большое количество аварийных ремонтов и сейчас доставляют большие проблемы



Рисунок 1.4 – ВРУ МКД на улице Мира



Рисунок 1.5 – Светильник марки ЖКУ

эксплуатирующей организации. Неизолированные провода, ранее применявшиеся для питания светильников, в начале 2000-х годов были заменены на самонесущие изолированные провода (СИП) и на настоящий момент исправно выполняют свои функции.

Таким образом, в результате анализа состояния строительного фонда и инженерных систем реконструируемой группы кварталов были выявлены следующие основные аспекты, которые лягут в основу формирования основной части ВКР:

- Потребители электрической энергии группы кварталов представлены жилыми, общественными, административными зданиями, а также торговыми площадками и магазинами.

- Рассматриваемые потребители, за исключением почтового отделения, имеют 2-ю категорию надежности ЭСН по [3].

- Состояние силовой распределительной сети не удовлетворяет требованиям современных норм и правил как с точки зрения обеспечения надежности электроснабжения, так и с точки зрения удобства ремонта и замены кабельных линий.

- Вводно-распределительные устройства жилых домов находятся в плохом состоянии в связи с большим количеством текущих ремонтов, подключением новых линий и естественными издержками эксплуатации (физическим износом оборудования)

- Применяемые для уличного освещения светильники марки ЖКУ израсходовали эксплуатационный ресурс, многократно подвергались ремонтами и на настоящий момент часто выходят из строя, что приводит к удорожанию их эксплуатации. Питающие их проводники подверглись замене в начале 2000-х годов. Их состояние удовлетворительно.

В таблице 1.3 представлен перечень многоквартирных жилых домов, являющихся потребителями на рассматриваемой территории. Подробная информация получена из баз данных, находящихся в открытом доступе: [12]

Таблица 1.3 – Сводная ведомость жилых домов рассматриваемого района

Наименование потребителя	Адрес		Жилых помещений	Этажей	Год ввода в эксплуатацию	Кол-во лифтов
	Улица	Дом				
1	2	3	4	5	6	7
Квартал №47						
МКД Э	Жилина	13А	49	13	2016	2
МКД	Жилина	13	46	5	1960	0
МКД	Жилина	17	46	5	1960	0
МКД	Строителей	11	40	5	1962	0
МКД	Мира	70	33	5	1960	0
МКД	Мира	74	33	5	1959	0
МКД	Мира	76	42	4	1961	0
МКД	Мира	64	24	4	1962	0
МКД	Мира	66	48	4	1963	0
МКД	Мира	68	64	5	1961	0
МКД Э	Советская	74	107	10	1994	4
МКД Э	Советская	74А	147	11	2000	3
Квартал №61						
МКД	Мира	47	32	4	1961	0
МКД	Мира	49	32	4	1961	0
МКД	Мира	51	47	4	1962	0
МКД	Мира	53	60	5	1963	0
МКД	Мира	55	47	4	1962	0
МКД	Мира	57	28	4	1961	0
МКД	Мира	59	60	5	1964	0
МКД	Мира	61	28	4	1961	0
МКД	Советская	78	48	4	1962	0
МКД	Советская	80	64	4	1962	0
МКД	Советская	82	48	4	1962	0
МКД	Жилина	19	35	4	1962	0
МКД	Жилина	21	37	5	1962	0
МКД	Жилина	23	34	4	1962	0
МКД	Жилина	25	45	4	1962	0

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7
МКД	Ленинградская	46	46	4	1962	0
МКД	Ленинградская	50	48	4	1962	0
МКД	Ленинградская	52	48	4	1962	0
МКД	Ленинградская	56	32	4	1962	0
МКД	Ленинградская	58	32	4	1962	0
Квартала №88 и №54						
МКД	Ставропольская	17	80	5	1969	0
МКД	Ставропольская	21	80	5	1970	0
МКД	Ставропольская	23	60	5	1964	0
МКД	Ставропольская	25	60	5	1964	0
МКД	Ставропольская	27	60	5	1964	0
МКД	Ставропольская	31	48	4	1963	0
МКД	Ставропольская	33	60	5	1964	0
МКД	Ставропольская	35	48	4	1963	0
МКД	Ставропольская	19А	80	5	1971	0
МКД	Ставропольская	21	80	5	1970	0
МКД	Ставропольская	21А	80	5	1970	0
МКД	Советская	51	45	4	1964	0
МКД	Советская	55	60	5	1960	0
МКД	Советская	57	60	5	1964	0
МКД	Советская	59	60	5	1964	0
МКД	Мира	48	150	9	1973	3
МКД	Мира	50	153	5	1963	0
МКД	Мира	52	46	4	1963	0
МКД	Мира	54	46	4	1963	0
МКД	Мира	54А	80	5	1970	0
МКД	Мира	54Б	80	5	1970	0
МКД	Мира	58	60	5	1963	0
МКД	Мира	60	68	5	1963	0
МКД	Мира	60А	60	5	1963	0
МКД	Мира	62	214	4	1962	0
МКД	Ушакова	28	81	9	1979	3

Продолжение таблицы 1.3

Квартал №89						
1	2	3	4	5	6	7
МКД	Мира	25	64	4	1963	0
МКД	Мира	27	64	4	1963	0
МКД	Мира	29	63	5	1963	0
МКД	Мира	31	60	5	1963	0
МКД	Мира	33	62	5	1962	0
МКД	Мира	35	36	4	1962	0
МКД	Мира	37	35	4	1962	0
МКД	Мира	39	80	5	1962	0
МКД	Мира	41	59	5	1963	0
МКД	Мира	43	62	5	1962	0
МКД	Мира	45	36	4	1962	0
МКД	Советская	63	58	4	1962	0
МКД	Советская	65	60	5	1963	0
МКД	Советская	67	61	4	1962	0
МКД	Ленинградская	44	37	5	1962	0
МКД	Ленинградская	42	64	4	1962	0
МКД	Ленинградская	40	62	4	1962	0
МКД	Ленинградская	36	64	4	1963	0
МКД	Ленинградская	34	59	5	1963	0
МКД	Ленинградская	30	64	4	1963	0
МКД	Ленинградская	26	64	4	1963	0
МКД	Ленинградская	24	37	5	1963	0
МКД	Ленинградская	32	64	4	1963	0
МКД	Ушакова	36	61	4	1963	0

В таблице 1.4 представлена информация о зданиях, не являющихся многоквартирным жилыми домами.

Таблица 1.4 – Сводная ведомость прочих зданий рассматриваемого района

Наименование потребителя	Адрес		Этажность
	Улица	Дом	
1	2	3	4
Квартал №47			
Медицинский колледж	Строителей	7	5
ОБОП	Строителей	9	2
Корпус №2 Школы Тольяттинской консерватории	Мира	72	2
Квартал №61			
Педиатрический комплекс №6	Ленинградская	48	1
Детский сад "Сказка"	Ленинградская	54	2
Магазин продуктовый	Мира	51 А	1
Магазин продуктовый	Ленинградская	50 А	1
Квартала №88 и №54			
Школа №23	Ставропольская	19	3
Административное здание	Советская	51А	2
Крытый рынок "Журавль"	Мира	56	1
Рынок строительных материалов	Советская	61	4
Магазин	Ставропольская	29	1
Детский сад "Жарптица"	Советская	53А	2
Полиграфия	Мира	56 с2	1
Квартал №89			
Военкомат Центрального района	Ушакова	34	2
Детский сад "Ромашка"	Ленинградская	38	2
Отель "La Rotonda"	Мира	31А	1
ТСПК	Ленинградская	28	3
Магазин сантехники	Мира	43А	1
Магазин продуктовый	Мира	39А	1

2 План реконструкции группы кварталов

Одним из наиболее существенных аспектов любого процесса проектирования, облегчающим и структурирующим реализацию задуманных действий является план выполнения проекта. Определение плана преследует сразу две основные цели. С одной стороны, отметить основные этапы формирования проекта реконструкции (в данном случае – ВКР), с другой стороны – структурировать процесс выполнения по времени и затрачиваемым усилиям, что рекомендовано в [18].

В рамках данной выпускной квалификационной работы производится определение основных аспектов реконструкции системы электроснабжения группы городских кварталов на стороне напряжения 0,4 кВ. Данный процесс, в общем, регламентируется в [4]. Необходимо рассмотреть частные аспекты выполнения проекта, основываясь на информации, собранной и проанализированной в рамках пункта 1 ВКР.

Во-первых, необходимо произвести расчет электрических нагрузок для каждого из потребителей группы кварталов. Данный расчет является фундаментом для последующего выбора проводников, защитной и коммутационной аппаратуры. В случае с реконструируемой группой кварталов целесообразно разделить данный пункт на два подраздела. Первый - расчет нагрузок жилых зданий (в данном случае – МКД). Выполняется в соответствии с [5]. Необходимо учитывать нагрузку, которая задействуется лифтовым хозяйством. Второй – расчет нагрузок прочих потребителей электрической энергии района. Данный расчет выполняется в соответствии с методикой, изложенной в [4]. В обоих случаях расчет выполняется укрупненным методом по причине отсутствия доступа к точной информации об установленной мощности потребителей района. Похожие методики определения электрической нагрузки отражены в [17]

Во-вторых, необходимо произвести расчет системы уличного освещения. В связи с обстоятельствами, изложенными в пункте 1 данной ВКР, она нуждается в частичной реконструкции в силу износа.

В-третьих, по завершении расчета районной сети освещения следует произвести выбор проводников, по которым будет осуществляться питание вводно-распределительных устройств квартальных потребителей. Помимо марок и сечений проводников, необходимо выбрать способ их прокладки, обеспечивающий максимальное удобство монтажа и, при необходимости, замены линий, а также, в обязательном порядке соответствие нормам, изложенным в [3]. Выбор количества и сечений проводников надлежит производить с учетом категорий надежности потребителей, указанных в таблице 1.2.

Замена проводников подразумевает, также, замену защитной аппаратуры – старые аппараты защиты не только изношены, но и не соответствуют изменившимся сечениям проводов и кабелей питающих линий. Выбор защитных аппаратов выполняется из расчета на то, что они должны обеспечивать защиту кабельной линии, питающей потребителя – следовательно, в качестве ориентира принимается длительно допустимый ток проводника.

В-четвертых, помимо замены питающей сети необходимо также выполнить реконструкцию ВРУ потребителей. Это актуально, в первую очередь, для домов 1960-х годов постройки, вводно-распределительные устройства которых находятся в ненадлежащем техническом состоянии и не соответствуют возрастающим токовым нагрузкам.

Таким образом, план выполнения выпускной квалификационной работы сформирован. Приступим к расчету электрических нагрузок группы кварталов.

3 Определение нагрузки потребителей

В рамках выполнения ВКР для выбора проводников, а также коммутационно-защитной аппаратуры и приборов учета существует необходимость расчета ожидаемой нагрузки потребителей электрической энергии. Расчет необходимо выполнить в соответствии с действующими на настоящий момент стандартами. Это обусловлено тем, что статистические данные, собранные в СССР и впоследствии положенные в основу методик расчета электрической нагрузки на настоящий момент устарели, так как не учитывают широчайшего выбора электрических приборов, которые может иметь дома каждый гражданин среднего достатка.

Обновление данной статистики в целях облегчения и уточнения расчетов было произведено в ходе составления [4]. Авторы проанализировали современную статистику эксплуатации сетей электроснабжения и составили подробную инструкцию по расчету нагрузок различных типов зданий.

Документом, содержащим более исчерпывающие инструкции в части расчета систем электроснабжения жилых домов, является [5].

Два вышеописанных источника лягут в основу расчета электрических нагрузок потребителей группы кварталов центрального района города Тольятти, точный перечень которых представлен в таблице 1.3.

Произведем расчет нагрузок для многоквартирных жилых домов.

3.1 Расчет нагрузки многоквартирных жилых домов

Выполнение расчета нагрузки МКД на основании [5, п. 6] подразумевает определение нагрузки укрупненным методом. Расчет нагрузок выполняется на основании количества жилых помещений в рассматриваемых зданиях. «Удельные расчетные нагрузки квартир учитывают нагрузку освещения общедомовых помещений (лестничных клеток, подполий, технических этажей чердаков и т.д.), а также нагрузки слаботочных устройств и мелкого силового оборудования (щитки противопожарных устройств, автоматики, учета тепла и т.п., зачистные устройства мусоропроводов, подъемники для инвалидов)» [5, с. 32]. При этом нагрузка от лифтовых хозяйств в данном документе не учитывается, что приводит к необходимости отдельного расчета данного типа нагрузки.

– Приведем пример расчета нагрузки многоквартирного дома обычной комфортности. Проведем расчет для МКД, расположенного в квартале №47, по адресу: улица Жилина, дом 17. В соответствии с данными таблицы 1.3 число жилых помещений в данном доме – 46. По [5, табл. 6.1] удельная нагрузка ЭП квартир ($P_{\text{кв.уд.}}$) для дома с газовыми плитами и числом помещений от 40-60 методом интерполяции определяется как 1,1 кВт/квартиру. В данном значении учтены также: коэффициент спроса и коэффициент одновременности включения ЭП. Рассчитываемое значение не следует рассматривать как установленную мощность квартиры – она имеет иное значение.

Выполним расчет мощности по дому:

$$P_{\text{МКД}} = P_{\text{кв.уд.}} \cdot n = 1,1 \cdot 46 = 50,6 \text{ кВт} \quad (3.1)$$

Аналогичным способом произведем расчет для всех типовых 4-х-5-ти этажных МКД, а также дома по адресу: улица Мира 48. В случае с последним необходимо произвести также расчет нагрузки, необходимой для питания лифтов, которых в этом доме 3 (по числу подъездов).

Расчет производится в соответствии с [5, п. 6.7].

В соответствии с данными таблицы 1.3 данной выпускной квалификационной работы рассматриваемый дом имеет 9 этажей и 3 лифта. Электродвигатели лифтов имеют мощность 7,3 кВт при развиваемой скорости 0,63 м/с и номинальной грузоподъемности 400 кг.

В соответствии с [5, табл. 6.4], коэффициент спроса для лифтовых установок при вышеприведенных исходных данных составляет 0,8. Произведём расчет суммарной мощности лифтов:

$$P_{р.л} = K_{с.л} \cdot \sum_1^{n_л} P = 0,8 \cdot 3 \cdot 7,3 = 17,5 \text{ кВт} \quad (3.2)$$

Выполним определение суммарной расчетной мощности МКД (ул. Мира 48):

$$P_{МКД} = P_{кв.уд} \cdot n = 0,81 \cdot 150 = 121,5 \text{ кВт}$$

$$P_{МКД}^{\Sigma} = P_{МКД} + P_{р.л} = 121,5 + 17,5 = 139,0 \text{ кВт} \quad (3.3)$$

Расчет для дома по адресу: ул. Ушакова д. 28 производится аналогичным образом.

В соответствии с [5, с. 32]: «Удельные расчетные нагрузки не учитывают общедомовую силовую нагрузку, осветительную и силовую нагрузку встроенных (пристроенных) помещений общественного назначения, нагрузку рекламы, а также применение в квартирах электрического отопления, электроводонагревателей и бытовых кондиционеров (кроме элитных квартир).»

В большей части домов, расположенных снаружи квартала (вдоль улиц) находятся магазины, либо офисы, питаемые от домовых ВРУ. Кроме того, на настоящий момент все большую популярность приобретают системы кондиционирования воздуха, которые присутствуют во многих квартирах. В связи с вышеизложенным необходимо ввести для расчетной нагрузки типовых домов с квартирами стандартной комфортности повышающий коэффициент 1,3 (коэффициент запаса). Запас мощности 30% позволит обеспечить нормальное функционирование дополнительной нагрузки. Пример расчета

приводится для дома по адресу: улица Жилина, дом 17, нагрузка которого была рассчитана ранее:

$$P_{\text{МКД}}^{2\Sigma} = P_{\text{МКД}}^{\Sigma} \cdot K_3 = 50,61,3 = 65,8 \text{ кВт} \quad (3.4)$$

Расчет нагрузки прочих домов с квартирами стандартной комфортности производится аналогичным образом.

Далее выполним расчет для МКД Э – многоквартирных домов элитного класса, с квартирами повышенной комфортности. Данный расчет имеет несколько более сложный алгоритм по причине необходимости учета большего количества электроприборов и возрастающей площади жилых помещений.

В данном случае расчет по удельной нагрузке недопустим. Следовательно, он производится на основании значения типовой установленной мощности для квартир повышенной комфортности, которая в общем случае составляет, в среднем, 13 кВт на квартиру (справедливо для домов по адресу: улица Советская 74, Советская 74А и улица Жилина 13А.). Необходимо учесть наличие в доме Жилина 13А собственной ТП, питаемой новым кабелем. Реконструкция цепей питания данного дома в рамках ВКР не производится.

Выполним расчет электрических нагрузок для МКД по адресу: улица Советская, дом 74 в соответствии с методикой, приведенной в [5]. Число квартир МКД – 48, коэффициент одновременности использования электрической мощности при заданных условиях: 0,19. Тогда:

$$P_{\text{МКД}} = P_y^{\text{кв}} \cdot n \cdot K_o = 13,00 \cdot 107 \cdot 0,19 = 266,7 \text{ кВт} \quad (3.5)$$

Рассчитывается нагрузка от лифтов. Применяются лифты со скоростью 1 м/с и грузоподъемностью до 400 кг. Расчетная мощность: 8,5 кВт. Лифтов – 4. Коэффициент спроса при данных исходных значениях: 0,7. Тогда:

$$P_{p.l} = K_{c.l} \cdot \sum_1^{n_l} P = 0,7 \cdot 4 \cdot 8,5 = 23,8 \text{ кВт}$$

$$P_{MKD}^{\Sigma} = P_{MKD} + P_{p.l} = 118,6 + 23,8 = 142,4 \text{ кВт}$$

Дальнейший расчет производится в соответствии с вышеизложенной методикой. Рассчитанные данные заносятся в таблицу 3.1, которая представляет из себя сводную ведомость нагрузок МКД.

Таблица 3.1 – Сводная ведомость нагрузок МКД группы кварталов

Адрес МКД		n	Этажей	Кол-во лифтов	P _{кв.уд.}	P _{МКД}
Улица	Дом					
1	2	3	4	5	6	7
Квартал №47						
Жилина	13	46	5	0	1,1	65,8
Жилина	17	46	5	0	1,1	65,8
Строителей	11	40	5	0	1,2	62,4
Мира	70	33	5	0	1,3	55,8
Мира	74	33	5	0	1,3	55,8
Мира	76	42	4	0	1,2	65,5
Мира	64	24	4	0	1,4	43,7
Мира	66	48	4	0	1,1	68,6
Мира	68	64	5	0	0,95	79,0
Советская	74	107	10	4	-	266,7
Советская	74А	147	11	3	-	365,1
Квартал №61						
Мира	47	32	4	0	1,3	54,1
Мира	49	32	4	0	1,3	54,1
Мира	51	47	4	0	1,1	67,2
Мира	53	60	5	0	0,95	74,1
Мира	55	47	4	0	1,1	67,2
Мира	57	28	4	0	1,4	51,0
Мира	59	60	5	0	0,95	74,1
Мира	61	28	4	0	1,4	51,0
Советская	78	48	4	0	1,1	68,6
Советская	80	64	4	0	0,95	79,0

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7
Советская	82	48	4	0	1,1	68,6
Жилина	19	35	4	0	1,3	59,2
Жилина	21	37	5	0	1,3	62,5
Жилина	23	34	4	0	1,3	57,5
Жилина	25	45	4	0	1,1	64,4
Ленинградская	46	46	4	0	1,1	65,8
Ленинградская	50	48	4	0	1,1	68,6
Ленинградская	52	48	4	0	1,1	68,6
Ленинградская	56	32	4	0	1,3	54,1
Ленинградская	58	32	4	0	1,3	54,1
Квартала №88 и №54						
Ставропольская	17	80	5	0	0,95	98,8
Ставропольская	21	80	5	0	0,95	98,8
Ставропольская	23	60	5	0	1,05	81,9
Ставропольская	25	60	5	0	1,05	81,9
Ставропольская	27	60	5	0	1,05	81,9
Ставропольская	31	48	4	0	1,1	68,6
Ставропольская	33	60	5	0	1,05	81,9
Ставропольская	35	48	4	0	1,1	68,6
Ставропольская	19А	80	5	0	0,95	98,8
Ставропольская	21	80	5	0	0,95	98,8
Ставропольская	21А	80	5	0	0,95	98,8
Советская	51	45	4	0	1,1	64,4
Советская	55	60	5	0	1,05	81,9
Советская	57	60	5	0	1,05	81,9
Советская	59	60	5	0	1,05	81,9
Мира	48	150	9	3	0,81	175,5
Мира	50	153	5	0	0,81	161,1
Мира	52	46	4	0	1,1	65,8
Мира	54	46	4	0	1,1	65,8
Мира	54А	80	5	0	0,95	98,8
Мира	54Б	80	5	0	0,95	98,8
Мира	58	60	5	0	1,05	81,9
Мира	60	68	5	0	1,0	88,4
Мира	60А	60	5	0	1,05	81,9

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7
Мира	62	214	4	0	0,77	214,2
Ушакова	28	81	9	3	0,95	94,47
Квартал №89						
Мира	25	64	4	0	1,05	87,4
Мира	27	64	4	0	1,05	87,4
Мира	29	63	5	0	1,05	86,0
Мира	31	60	5	0	1,05	81,9
Мира	33	62	5	0	1,05	84,6
Мира	35	36	4	0	1,3	60,8
Мира	37	35	4	0	1,3	59,2
Мира	39	80	5	0	0,95	98,8
Мира	41	59	5	0	1,05	80,5
Мира	43	62	5	0	1,05	84,6
Мира	45	36	4	0	1,3	60,8
Советская	63	58	4	0	1,05	79,2
Советская	65	60	5	0	1,05	81,9
Советская	67	61	4	0	1,05	83,3
Ленинградская	44	37	5	0	1,3	62,5
Ленинградская	42	64	4	0	1,05	87,4
Ленинградская	40	62	4	0	1,05	84,6
Ленинградская	36	64	4	0	1,05	87,4
Ленинградская	34	59	5	0	1,05	80,5
Ленинградская	30	64	4	0	1,05	87,4
Ленинградская	26	64	4	0	1,05	87,4
Ленинградская	24	37	5	0	1,3	62,5
Ленинградская	32	64	4	0	1,05	87,4
Ушакова	36	61	4	0	1,05	83,3

Далее произведем расчет электрических нагрузок общественных и иных зданий, присутствующих на территории рассматриваемой группы кварталов.

3.2 Расчет нагрузок прочих потребителей района

Если процесс расчета нагрузки многоквартирных жилых домов укрупненным методом является типовыми и жестко регламентирован, то нормы расчета нагрузки прочих потребителей не столь однозначны, хотя они также существуют. Однако, для каждого типа потребителя необходимо производить расчет, исходя из его индивидуальных особенностей, полезной площади здания и целей его эксплуатации. Данные по общему количеству и типам таких зданий, а также их этажности в рассматриваемом районе приведены в таблице 1.4. Более специфические данные, необходимые для определения нагрузки, будут уточняться в ходе расчета.

Расчет производится в соответствии с [4]. За основу возьмем данные, приведенные в [4, табл. 2.2.1]. При первом вычислении нагрузки данного типа здания приводится подробное описание процесса расчета, а при повторном – лишь краткая выкладка.

Выполним расчет для потребителей квартала №47:

– Тольяттинский медицинский колледж (улица Строителей, дом 7)

Количество учащихся колледжа составляет, в среднем, 300 человек (16 групп). В колледже присутствует столовая. В соответствии с [4] удельная нагрузка на одного обучающегося для среднеспециальных учебных заведений со столовыми составляет 0,46 кВт/обучающегося. Тогда расчетная мощность потребителя составит:

$$P_p = P_{уд} \cdot n_{уч} = 0,46 \cdot 300 = 138,0 \text{ кВт} \quad (3.6)$$

Выполним расчет для следующего ЭП квартала, - отдела полиции по борьбе с организованной преступностью (ОБОП)

– ОБОП (улица Строителей, дом 9).

В данном случае расчет производится на основании удельной нагрузки по общей площади помещений. Общая площадь помещений ОБОП (800х2 =

1600 м² (строение двухэтажное). В соответствии с вышеуказанной таблицей удельная нагрузка составляет 0,043 кВт/м² общей площади.

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} = 0,043 \cdot 1600 = 68,8 \text{ кВт} \quad (3.7)$$

– Корпус №2 школы Тольяттинской консерватории (улица Мира, дом 72)

$$P_p = P_{уд} \cdot n_{уч} = 0,25 \cdot 250 = 62,5 \text{ кВт}$$

Произведем расчет для потребителей квартала №61

– Педиатрический комплекс №6 (улица Ленинградская, дом 48)

В связи с отсутствием в педиатрическом комплексе реанимационных отделений и стационара расчет производится по общей площади здания с учетом нагрузок от специального медицинского оборудования и центральной системы кондиционирования воздуха (вероятность установки которой имеется в перспективе). Учет производится введением коэффициента запаса 1,3.

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} \cdot K_z = 0,043 \cdot 640 \cdot 1,3 = 35,78 \text{ кВт} \quad (3.8)$$

– Детский сад «Сказка» (улица Ленинградская, дом 54)

$$P_p = P_{уд} \cdot n_{уч} = 0,46 \cdot 80 = 36,8 \text{ кВт}$$

– Магазин продуктовый (улица Мира, дом 51 А)

Для предприятий торговли расчет производится на основании удельной нагрузки, определяемой по отношению к площади торгового зала. В частности, для торговых площадок с кондиционированием воздуха удельная нагрузка составит 0,25 кВт/м².

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} = 0,25 \cdot 140 = 35,0 \text{ кВт}$$

– Магазин продуктовый (улица Ленинградская, дом 50 А)

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} = 0,25 \cdot 60 = 15,0 \text{ кВт}$$

Произведем расчет для потребителей кварталов №88 и 54:

– Школа №23 им. Пальмиро Тольятти (улица Ставропольская, дом 19)

$$P_p = P_{уд} \cdot n_{уч} = 0,25 \cdot 500 = 125,0 \text{ кВт}$$

– МФЦ «Мои документы» (улица Советская, дом 51А):

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} = 0,0431900 = 81,7 \text{ кВт}$$

– Рынок «Журавль» (улица Мира, дом 56)

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} = 0,232823 = 649,29 \text{ кВт}$$

– Рынок строительных материалов (улица Советская, дом 56)

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} = 0,232164 = 497,72 \text{ кВт}$$

– Продуктовый магазин (улица Ставропольская, дом 29)

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} = 0,25245 = 61,25 \text{ кВт}$$

– Детский сад «Жарптица» (улица Советская, дом 53А)

$$P_p = P_{уд} \cdot n_{уч} = 0,46120 = 55,2 \text{ кВт}$$

– Полиграфия (улица Мира, дом 56 с2)

С целью учета нагрузки от полиграфического оборудования вводится повышающий коэффициент 1,3 (коэффициент запаса).

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} \cdot K_з = 0,043780 \cdot 1,3 = 43,60 \text{ кВт}$$

Произведем расчет для потребителей квартала №89:

– Военкомат центрального района (улица Ушакова, дом 34):

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} = 0,0431650 = 70,95 \text{ кВт}$$

– Детский сад «Ромашка»: (улица Ленинградская, дом 38)

$$P_p = P_{уд} \cdot n_{уч} = 0,46150 = 69,0 \text{ кВт}$$

– Отель «La Rotonda» (улица Мира, дом 31А)

В состав ресторана входит гостиничный комплекс на 10 номеров (всего 20 мест) и общий зал с 30-ю посадочными местами. Расчет для гостиничного комплекса и для ресторана производится по количеству мест (жилых и посадочных, с коэффициентами 0,34 и 1,04, соответственно. Тогда:

$$P_p = P_{уд1} \cdot n_{мж} + P_{уд1} \cdot n_{мп} = 0,34 \cdot 20 + 1,04 \cdot 30 = 38,0 \text{ кВт} \quad (3.9)$$

– Тольяттинский социально – педагогический комплекс, филиал (улица Ленинградская, дом 28)

$$P_p = P_{уд} \cdot n_{уч} = 0,46300 = 138,0 \text{ кВт}$$

– Магазин сантехники (улица Мира, дом 43А)

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} = 0,2572 = 18,0 \text{ кВт}$$

– Магазин продуктовый (улица Мира, дом 43А)

$$P_p = P_{уд} \cdot S_{общ} = 0,2572 = 18,0 \text{ кВт}$$

Результаты произведенного расчета сведем в таблицу 3.2.

Таким образом, расчетные нагрузки потребителей группы кварталов Центрального района города Тольятти определены. Определение нагрузок произведено укрупненным методом. Это значит, что при проектировании электроустановок конкретных потребителей могут приниматься иные значения установленной мощности, если это обосновано и целесообразно.

Таблица 3.2 – Расчет нагрузок общественных, торговых и иных зданий

Наименование потребителя	Коэффициент	Значение расчетного показателя	P _p , кВт
1	2	3	4
Медицинский колледж	0,46	300	138,0
ОБОП	0,043	1600	68,8
Корпус №2 Школы Тольяттинской консерватории	0,25	250	62,5
Педиатрический комплекс №6	0,043·1,3	640	35,8
Детский сад «Сказка»	0,46	80	36,8
Магазин продуктовый	0,25	140	35,0
Магазин продуктовый	0,25	60	15,0
Школа №23	0,25	500	125,0
МФЦ «Мои документы»	0,046	1900	87,4
Крытый рынок «Журавль»	0,23	2823	649,3
Рынок строительных материалов	0,23	2164	497,7
Магазин продуктовый	0,25	245	61,3
Детский сад «Жарптица»	0,46	120	55,2
Полиграфия	0,043·1,3	780	43,6
Военкомат Центрального района	0,043	1650	71,0
Детский сад «Ромашка»	0,46	150	69,0
Отель «La Rotonda»	0,34 и 1,04	20 и 30	38,0
ТСПК	0,46	300	138,0
Магазин сантехники	0,25	72	18,0
Магазин продуктовый	0,25	72	18,0

Далее приступим к расчету системы уличного освещения. Данный раздел позволит окончательно определить нагрузку, требуемую для питания района и приступить к последующему выбору проводников.

4 Реконструкция системы уличного освещения

Грамотно организованное уличное освещение является важнейшим аспектом комфортной жизни граждан. Оно, с одной стороны, обеспечивает нормальную видимость в темное время суток, а с другой – снижает криминальную обстановку, служа фактором не только физическим, но и психологическим.

В связи с тем, что замена проводников сети уличного освещения района уже была выполнена, реконструкцию целесообразно свести к выбору новых светильников, которые будут установлены взамен старых – выработавших эксплуатационный ресурс. При выборе необходимо учитывать следующие основные критерии:

– Во-первых, необходимо выбирать консольные светильники, так как именно такие используются на настоящий момент для освещения рассматриваемой группы кварталов.

– Во-вторых, должно соблюдаться соответствие по категории размещения: класс защиты электрического блока не ниже IP43 (для того, чтобы обеспечить безопасность), класс защиты оптического блока от IP54 – это предотвратит загрязнение оптического отражателя и попадание внутрь мелких брызг во время дождя.

– В-третьих, мощность светильника должна быть равна, либо ниже мощности осветителей, установленных в кварталах на настоящий момент – это предотвратит превышение допустимых токовых нагрузок используемых проводников.

На настоящий момент для освещения района используются светильники консольного типа марки РКУ-06-250-001. Их номинальная потребляемая мощность составляет 250 Вт, следовательно, мощность выбираемого светильника не должна превышать этого значения.

Замена ламп данных светильников целесообразна, помимо прочего, в связи с тем, что 24 сентября Российской Федерацией была подписана Мина-

матская конвенция по ртути, в соответствии с положениями под запрет, в частности, попадают импорт, экспорт и производство ламп типа ДРЛ, которые используются светильниками марки РКУ. Положения конвенции затронуты в [19].

Таким образом, использование ртути содержащих ламп в скором времени станет затруднительным. На основании этого остаются два основных типа источников освещения, предлагаемых современным рынком, которые можно использовать для освещения группы кварталов Центрального района города Тольятти. Первый из них – светильники с дуговыми натриевыми лампами (ДНаТ) – данный тип ламп высокого давления не содержит в своем составе вредной ртути. Второй вариант – все более уверенно входящие в современный обиход светильники со светоизлучающими диодами. Рассмотрим достоинства и недостатки этих вариантов.

В качестве преимуществ дуговых натриевых ламп можно выделить их невысокую стоимость (в сравнении со светодиодами), что обуславливает простоту замены, однако они отличаются значительно меньшей долговечностью. Существенным недостатком дуговых натриевых ламп является низкое качество цветопередачи что приводит к невозможности, например, чтения в свете таких ламп и вызывает повышенную утомляемость при совершении мелкой работы.

В отличие от ДНаТ светодиодные лампы обеспечивают отличную цветопередачу, практически сравнялись с натриевыми по энергетической эффективности, однако – и это является главным минусом, имеют значительно более высокую стоимость. Также существенной проблемой является сложность электронной пускорегулирующей аппаратуры, применяемая в светодиодных светильниках – как правило, она не подлежит ремонту в условиях мастерских жилищно-коммунальных хозяйств и при повреждении светильника нуждается в полной замене, чего нельзя сказать об относительно более простой схеме пуска ДНаТ.

Несмотря на высокую перспективность светодиодных светильников и их положительные качества, решающим фактором при выборе того, или иного варианта проекта является сметная стоимость, а срок окупаемости уличного освещения слишком велик, чтобы служить веским доводом.

В связи с этим решено использовать для освещения улиц группы кварталов Центрального района города Тольятти светильник марки ЖКУ-06 с лампами типа ДНаТ.

Необходимо определить мощность светильника – она будет отличаться от заявленного для РКУ значения в меньшую сторону в связи с большей энергоэффективностью ламп типа ДНаТ по сравнению с лампами ДРЛ. По информации, полученной в ходе исследования района проводимой реконструкции светильники РКУ-06-250-001 имеют световой поток 13000 Лм при мощности 250 Вт.

В соответствии с информацией, представленной на официальном сайте производителя [15], светильники марки ЖКУ-06-150-001, имеющий класс защиты IP54 обеспечивает световой поток 15000 Лм при номинальной мощности 150 Вт. Данный светильник производится на территории Российской Федерации, что является еще одним плюсом в пользу его выбора. Световой поток светильника, превышающий такую характеристику у ЖКУ обеспечит соответствие реконструированной системы освещения требованиям [6]. Внешний вид светильника ЖКУ-06-150-001 представлен на рисунке 4.1. Его электрическая схема – на рисунке 4.2.

Примем для замен устаревших светильников марки РКУ-06-250-01 светильники марки ЖКУ-06-150-001.

В качестве положительного эффекта данного решения, помимо замены изношенных светильников, можно выделить следующее:

– Применение в светильниках ЖКУ ламп, не попадающих под запрет Минаматской конвенции.

– Повышение энергетической эффективности более, чем в 1,5 раза. Именно в связи с высокой экономичностью светильники с ДНаТ рекомендуются к установке в [8].

Далее необходимо произвести выбор проводников, по которым будет осуществляться питание потребителей цеха после реконструкции, а также аппаратов, применяемых для защиты данных линий.



Рисунок 4.1 – Внешний вид консольного светильника ЖКУ-06-150-001

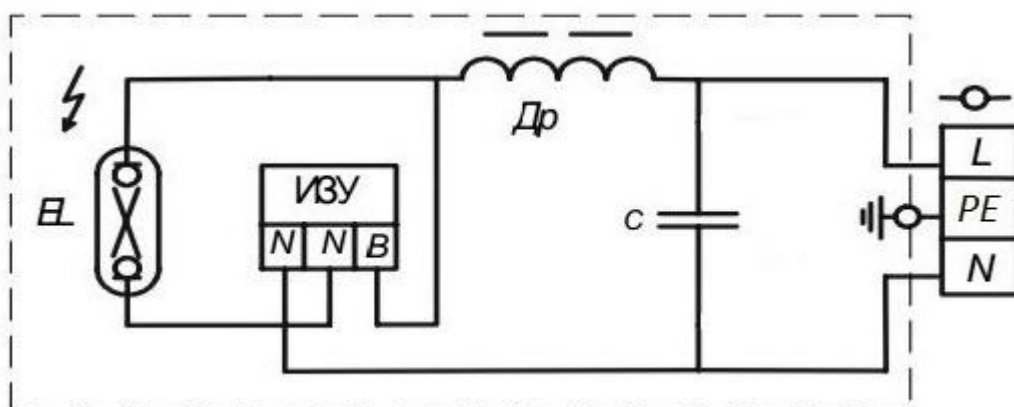


Рисунок 4.2 – Схема подключения лампы ДНаТ

5 Выбор проводников и защитного оборудования

Выбор проводников и защитного оборудования является неотъемлемой частью практически любого проекта электроснабжения. Объем данного пункта может значительно отличаться в зависимости от ситуации, поэтому необходимо заранее определить объем работы, выполняемый в данном конкретном случае.

Поскольку речь идет о проектировании системы электроснабжения на стороне 0,4 кВ, в качестве проводников питающих линий будут использоваться кабели, рассчитанные на данный класс напряжения. Необходимо предусмотреть питание потребителей первой категории надежности по двухцепной линии, причем каждый проводник должен обеспечивать питание нагрузки, равной установленной мощности потребителя. Необходимо отметить, что в Европейском союзе, в соответствии с [20], электроснабжение организовано схожим образом.

В качестве защитных аппаратов для отходящих линий квартальных ТП на стороне 0,4 кВ выступают автоматические выключатели, либо предохранители. Так как категории надежности потребителей района характеризуются как первая и вторая, к установке в РУ 0,4 кВ квартальных ТП целесообразно принять автоматические выключатели.

Необходимо учитывать, что в связи с принятой в Российской Федерации доктриной импортозамещения, к применению в процессе проектирования должны приниматься комплектующие отечественного производства.

В качестве системы заземления принимается схема TN-C-S с разделением нулевого и защитного проводника на шинах ВРУ потребителя, поэтому для питания потребителей применяется четырехжильный кабель.

Выполним выбор автоматических выключателей, обеспечивающих защиту линий питания потребителей электрической энергии.

5.1 Выбор аппаратов защиты

Методика расчета аппаратов защиты подробно описана в [9]. В частности, для расчета аппаратов защиты линий питания потребителей электрической энергии рассматриваемой группы кварталов будет использоваться методика, приведенная на страницах 42-43 данного пособия.

В рамках расчета необходимо отдельно рассмотреть две основные группы потребителей:

- Здания, оборудованные лифтовыми хозяйствами
- Здания, лифтовыми хозяйствами не оборудованные

В первом случае при выборе аппарата защиты необходимо произвести учет пусковых токов лифтового ЭД, которые в ряде случаев могут достигать высоких значений.

В ходе расчета коэффициенты мощности приемников принимаются в соответствии с [п. 6.12, 5]. Так средний коэффициент мощности для домов с газовыми плитами и бытовыми кондиционерами воздуха равен 0,92.

Произведем расчет максимального длительного тока для дома, не оснащенного лифтовым хозяйством. Пример расчета приведен для МКД по адресу: ул. Мира 53. Расчетная активная мощность данного дома в соответствии с таблицей 3.1 составила 74,1 кВт. Питание дома – трехфазное. Напряжение питания: 0,4 кВ. Допустимые отклонения регламентированы [2]. Для выбора аппаратов защиты, устанавливаемых в групповые линии, номинальный ток теплового расцепителя вычисляется по формуле:

$$I_{н.р.} \geq 1,1 \cdot \frac{P_{МКД}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = 1,1 \cdot \frac{74,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,92} = 128,0 \text{ А} \quad (5.10)$$

В целях соблюдения доктрины импортозамещения для защиты отходящей от квартальной трансформаторной подстанции линии рассмотрим автоматические выключатели, производимые российской компанией ИЕК. Их каталог представлен на официальном сайте [14].

Наиболее подходящим аппаратом для защиты линии с длительным током 128,03 А является автоматический выключатель линейки ВА-88, марки ВА88-33 ЗР 160А 35кА ИЕК. Уставка теплового расцепителя (защита от перегрузки) является регулируемой. Примем уставку теплового расцепителя $I_{н.р.} = 160$ А. Уставка электромагнитного расцепителя при этом составит 1600 А.

Расчет для многоквартирных домов, а также общественных и иных зданий, не оборудованных лифтовыми хозяйствами производится аналогичным образом. Результаты расчета сведем в таблицы 5.1 и 5.2 - соответственно. Коэффициенты мощности для общественных и иных зданий, не являющихся многоквартирными домами принимаются по таблице 6.12 [5].

Далее выполним расчет для МКД, оборудованного лифтами. В качестве примера рассмотрим дом по адресу: улица Советская 74. Расчетная активная мощность данного дома составила 266,7 Вт. Характеристики лифтового хозяйства:

- Мощность лифтового привода ($P_{л}$) – 8,5 кВт.
- КПД электродвигателя (ЭД) лифта ($\eta_{л}$) – 92,6 %
- Пусковой коэффициент ЭД ($K_{п}$) – $6,9 \times I_{н}$
- Коэффициент мощности лифтового ЭД ($\cos \varphi$) – 0,89

Производим расчет автоматического выключателя для линии питания МКД:

$$I_{н.р.} \geq 1,1 \cdot \frac{P_{МКД}}{\sqrt{3} \cdot U_{н} \cdot \cos \varphi} = 1,1 \cdot \frac{266,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,92} = 460,8 \text{ А}$$

Выберем автоматический выключатель ВА88-40 ЗР 800А 35кА ИЕК. Уставка теплового расцепителя принимается равной 500 А. При такой уставке теплового расцепителя электромагнитный расцепитель сработает при токе $I_{н.р.} \times 10 = 5000$ А. Определим наибольший ток, протекающий в линии при пуске лифтового двигателя в целях проверки отстройки автоматического выключателя от пускового тока ЭД. Расчет проводится по формуле:

$$I_{\text{пик}} = K_{\text{п}} \cdot I_{\text{н.нб}} + I_{\text{р}} - I_{\text{н.нб}} \quad (5.11)$$

Здесь $K_{\text{п}}$ – кратность пускового тока наиболее мощного ЭД группы, $I_{\text{н.нб}}$ – номинальный ток наиболее мощного ЭД группы (в данном случае - ЭД лифта).

Рассчитаем номинальный ток ЭД лифта:

$$I_{\text{н.нб}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{д}} \cdot \cos \varphi} = \frac{8,4}{\sqrt{3} \cdot 0,40,930,89} = 14,67 \text{ А} \quad (5.12)$$

Рассчитаем наибольший длительный ток линии, питающей МКД:

$$I_{\text{р}} = \frac{P_{\text{МКД}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi} = \frac{266,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,92} = 418,9 \text{ А} \quad (5.13)$$

Определим пиковый ток линии по формуле: (5.11).

$$I_{\text{пик}} = 6,90 \cdot 14,67 + 418,92 - 14,67 = 505,5 \text{ А}$$

В соответствии с [9] номинальный ток электромагнитного расцепителя (I_0) для группы с ЭД определяется из условия:

$$I_0 \geq 1,2 \cdot I_{\text{пик}} \quad (5.14)$$

Следовательно,

$$I_0 \geq 1,2 \cdot 505,5 = 606,6 \text{ А}$$

Поскольку уставка электромагнитного расцепителя равна 5000 А, данное условие выполняется. Расчет прочих потребителей, оборудованных лифтами производится аналогичным образом. Результаты расчета сведены в таблицу 5.3

Таблица 5.1 – Выбор автоматических выключателей для МКД

МКД				Аппарат защиты			
Улица	Дом	P_p , кВт	$1,1 \cdot I_p$, А	Марка	I_n , А	$I_{н.р.}$, А	I_o , кА
1	2	3	4	5	6	7	8
Жилина	13	65,8	113,7	ВА-88-32	125	125	1,25
Жилина	17	65,8	113,7	ВА-88-32	125	125	1,25
Строителей	11	62,4	107,8	ВА-88-32	125	125	1,25
Мира	70	55,8	96,4	ВА-88-32	125	100	1,00
Мира	74	55,8	96,4	ВА-88-32	125	100	1,00
Мира	76	65,5	113,2	ВА-88-32	125	125	1,25
Мира	64	43,7	75,5	ВА-88-32	125	80	0,80
Мира	66	68,6	118,6	ВА-88-32	125	125	1,25
Мира	68	79,0	136,6	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	47	54,1	93,4	ВА-88-32	125	100	1,00
Мира	49	54,1	93,4	ВА-88-32	125	100	1,00
Мира	51	67,2	116,1	ВА-88-32	125	125	1,25
Мира	53	74,1	128,0	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	55	67,2	116,1	ВА-88-32	125	125	1,25
Мира	57	51,0	88,0	ВА-88-32	125	100	1,00
Мира	59	74,1	128,0	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	61	51,0	88,0	ВА-88-32	125	100	1,00
Советская	78	68,6	118,6	ВА-88-32	125	125	1,25
Советская	80	79,0	136,6	ВА-88-33	160	160	1,60
Советская	82	68,6	118,6	ВА-88-32	125	125	1,25
Жилина	19	59,2	102,2	ВА-88-32	125	125	1,25
Жилина	21	62,5	108,0	ВА-88-32	125	125	1,25
Жилина	23	57,5	99,3	ВА-88-32	125	100	1,00
Жилина	25	64,4	111,2	ВА-88-32	125	125	1,25
Ленинградская	46	65,8	113,7	ВА-88-32	125	125	1,25
Ленинградская	50	68,6	118,6	ВА-88-32	125	125	1,25
Ленинградская	52	68,6	118,6	ВА-88-32	125	125	1,25
Ленинградская	56	54,1	93,4	ВА-88-32	125	100	1,00
Ленинградская	58	54,1	93,4	ВА-88-32	125	100	1,00
Ставропольская	17	98,8	170,7	ВА-88-35	250	200	2,00
Ставропольская	21	98,8	170,7	ВА-88-35	250	200	2,00
Ставропольская	23	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Ставропольская	25	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Ставропольская	27	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Ставропольская	31	68,6	118,6	ВА-88-32	125	125	1,25
Ставропольская	33	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Ставропольская	35	68,6	118,6	ВА-88-32	125	125	1,25

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Ставропольская	19А	98,8	170,7	ВА-88-35	250	200	2,00
Ставропольская	21	98,8	170,7	ВА-88-35	250	200	2,00
Ставропольская	21А	98,8	170,7	ВА-88-35	250	200	2,00
Советская	51	64,4	111,2	ВА-88-32	125	125	1,25
Советская	55	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Советская	57	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Советская	59	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	50	161,1	278,4	ВА-88-37	400	315	3,15
Мира	52	65,8	113,7	ВА-88-32	125	125	1,25
Мира	54	65,8	113,7	ВА-88-32	125	125	1,25
Мира	54А	98,8	170,7	ВА-88-35	250	200	2,00
Мира	54Б	98,8	170,7	ВА-88-35	250	200	2,00
Мира	58	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	60	88,4	152,7	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	60А	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	62	214,2	370,1	ВА-88-37	400	400	4,00
Мира	25	87,4	150,9	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	27	87,4	150,9	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	29	86,0	148,6	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	31	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	33	84,6	146,2	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	35	60,8	105,1	ВА-88-32	125	125	1,25
Мира	37	59,2	102,2	ВА-88-32	125	125	1,25
Мира	39	98,8	170,7	ВА-88-35	250	200	2,00
Мира	41	80,5	139,2	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	43	84,6	146,2	ВА-88-33	160	160	1,60
Мира	45	60,8	105,1	ВА-88-32	125	125	1,25
Советская	63	79,2	136,8	ВА-88-33	160	160	1,60
Советская	65	81,9	141,5	ВА-88-33	160	160	1,60
Советская	67	83,3	143,9	ВА-88-33	160	160	1,60
Ленинградская	44	62,5	108,0	ВА-88-32	125	125	1,25
Ленинградская	42	87,4	150,9	ВА-88-33	160	160	1,60
Ленинградская	40	84,6	146,2	ВА-88-33	160	160	1,60
Ленинградская	36	87,4	150,9	ВА-88-33	160	160	1,60
Ленинградская	34	80,5	139,2	ВА-88-33	160	160	1,60
Ленинградская	30	87,4	150,9	ВА-88-33	160	160	1,60
Ленинградская	26	87,4	150,9	ВА-88-33	160	160	1,60
Ленинградская	24	62,5	108,0	ВА-88-32	125	125	1,25
Ленинградская	32	87,4	150,9	ВА-88-33	160	160	1,60
Ушакова	36	83,3	143,9	ВА-88-33	160	160	1,60

Таблица 5.2 – Выбор автоматических выключателей для зданий, не являющихся МКД

Потребитель	Адрес		P _p , кВт	cos φ	1,1·I _p , А	Аппарат защиты			
	Улица	Дом				Марка	I _н , А	I _{н.р.} , А	I _о , кА
Медицинский колледж	Строителей	7	138,0	0,9	243,7	ВА-88-35	250	250	2,50
ОБОП	Строителей	9	68,8	0,85	128,7	ВА-88-33	160	160	1,60
Корпус №2 Школы Тол. консерватории	Мира	72	15,6	0,95	26,1	ВА-88-32	125	125	1,25
Педиатрический комплекс №6	Ленинградская	48	35,8	0,85	67,0	ВА-88-32	125	80	0,80
Детский сад "Сказка"	Ленинградская	54	36,8	0,98	59,7	ВА-88-32	125	63	0,63
Магазин продуктовый	Мира	51 А	35,0	0,85	65,5	ВА-88-32	125	80	0,80
Магазин продуктовый	Ленинградская	50 А	15,0	0,85	28,1	ВА-88-32	125	32	0,50
Школа №23	Ставропольская	19	125,0	0,95	209,2	ВА-88-35	250	250	2,50
МФЦ "Мои документы"	Советская	51А	87,4	0,85	163,4	ВА-88-35	250	200	2,00
Крытый рынок "Журавль"	Мира	56	649,3	0,85	1214,3	ВА-88-43	1600	1250	12,50
Рынок строительных материалов	Советская	61	497,7	0,85	930,8	ВА-88-43	1600	1000	10,00
Продуктовый магазин	Ставропольская	29	61,3	0,85	114,6	ВА-88-32	125	125	1,25
Детский сад "Жарптица"	Советская	53А	55,2	0,98	89,5	ВА-88-32	125	100	1,00
Полиграфия	Мира	56 с2	43,6	0,85	81,5	ВА-88-32	125	100	1,00
Военкомат Центрального района	Ушакова	34	71,0	0,85	132,8	ВА-88-33	160	160	1,60
Детский сад "Ромашка"	Ленинградская	38	69,0	0,98	111,9	ВА-88-32	125	125	1,25
Отель "La Rotonda"	Мира	31А	38,0	0,95	63,6	ВА-88-32	125	80	0,80
ТСПК	Ленинградская	28	138,0	0,95	230,9	ВА-88-35	250	250	2,50
Магазин сантехники	Мира	43А	18,0	0,85	33,7	ВА-88-32	125	40	0,50
Магазин продуктовый	Мира	39А	18,0	0,85	33,7	ВА-88-32	125	40	0,50

Таблица 5.3 – Выбор аппаратов защиты для домов с лифтами

Улица	Дом	P_p , кВт	$1,1 \cdot I_p$, А	P_n , кВт	$I_{н.нб}$, А	$I_{пик}$, А	Марка	I_n , А	$I_{н.р.}$, А	I_o , кА
Советская	74	266,7	460,8	8,5	14,8	548,32	ВА-88-40	800	630	6,30
Советская	74А	365,1	630,9	8,5	14,8	718,44	ВА-88-40	800	800	8,00
Мира	48	175,5	303,2	7,3	12,7	378,38	ВА-88-37	400	400	4,00
Ушакова	28	94,5	163,2	7,3	12,7	238,42	ВА-88-35	250	250	2,50

Низкий вклад лифтовой нагрузки в общую потребляемую мощность МКД позволяет на практике показать, что они весьма незначительны в сравнении с общедомовой мощностью.

Таким образом произведен расчет аппаратов защиты линий питания потребителей группы кварталов Центрального района города Тольятти. В качестве основной модели принят автоматический выключатель ВА-88. К применению определены его типы исполнения: 32, 33, 35, 37, 40, 43. Далее необходимо произвести выбор типов проводников, используемых для питания домов.

5.2 Выбор проводников сети электроснабжения

Для питания потребителей группы кварталов Центрального района города Тольятти на стороне 0,4 кВ используются кабельные линии, выполняемые алюминиевым кабелем с изоляцией и оболочкой из ПВХ пластика марки АВВГ-4 (четырёхжильным).

Применение такого кабеля обусловлено его относительно невысокой стоимостью и удовлетворительными эксплуатационными характеристиками. Прокладка кабеля осуществляется различными методами:

– В кабельных траншеях, отрываемых вручную или с помощью мехлопаты/траншеекопателя – для прокладки большого количества параллельных кабелей по площади, не занятой асфальтным покрытием, детскими площадками и т.п.

– Безтраншейным методом горизонтального направленного бурения (ГНБ) – для участков под автомобильными дорогами, тротуарами и иными монолитными конструкциями. Значительным преимуществом такого метода является снижение объема земляных работ до уровня выемки грунта в начале и в конце участка ГНБ. Максимальная длина одного участка зависит от возможностей конкретной установки и варьируется в пределах от 150 метров и выше.

Для защиты кабеля от воздействий внешней среды и обеспечения защиты проводника от механических воздействий применяется труба типа ПНД. Диаметр трубы зависит от диаметра конкретного кабеля.

Выбор сечения кабеля производится по длительно допустимому току в соответствии с [3]. На основании методики, предложенной в [9] длительно допустимый ток кабеля определяется на основании номинального тока теплового расцепителя автоматического выключателя данной кабельной линии:

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{н.р.}} \quad (5.15)$$

Здесь $K_{зщ}$ – коэффициент защиты, применяемый при прокладке кабеля во взрыво- и пожароопасных помещениях. Поскольку прокладка кабеля выполняется в земле, в ПНД трубе, коэффициент защиты равен 1.

Необходимо учитывать, что для обеспечения первой и второй категорий надежности электроснабжения в соответствии с [3] каждый потребитель должен питаться двумя равными по сечению кабелями, подключенными к разным секциям РУ НН квартальной ТП, причем каждый кабель рассчитывается на полноценное питание нагрузки потребителя.

Приведем пример выбора кабеля для питания дома по адресу: улица Жилина 13. Номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя, установленного в линии, защищающей данный МКД в соответствии с таблицей 5.4 составил 125 А. В соответствии с этим по [13] выберем кабель АВВГ-4х70. $I_d = 165$ А.

Наибольшим сечением кабеля, которое целесообразно использовать для питания потребителей с точки зрения удобства прокладки является кабель АВВГ 4х240. В случае, если данного сечения по результатам расчета недостаточно для питания конкретного потребителя, необходимо использовать несколько кабелей такого же сечения, осуществляя их подключение к шинам РУ параллельно. Возможность подключения достаточного количества вводных кабельных линий необходимо предусмотреть конструкцией вводно-распределительных устройств потребителей и, при необходимости, расширением ошиновки РУ НН квартальных ТП.

Результаты выбора кабельных линий сведем в таблицу 5.5 (для МКД) и в таблицу 5.6 (для прочих потребителей). Число цепей кабельных линий указано без учета резервирования.

Далее произведем определение параметров вводно-распределительных устройств МКД и прочих потребителей.

Таблица 5.4 – Выбор кабелей питания МКД

Улица	Дом	$I_{н.д.}, A$	$n_{ц}$	Марка	п жил	$S, мм^2$	$I_{д}, A$
1	2	3	4	5	6	7	8
Жилина	13	125	1	АВВГ	4	50	132
Жилина	17	125	1	АВВГ	4	50	132
Строителей	11	125	1	АВВГ	4	50	132
Мира	70	100	1	АВВГ	4	35	114
Мира	74	100	1	АВВГ	4	35	114
Мира	76	125	1	АВВГ	4	50	132
Мира	64	80	1	АВВГ	4	25	94
Мира	66	125	1	АВВГ	4	50	132
Мира	68	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	47	100	1	АВВГ	4	35	114
Мира	49	100	1	АВВГ	4	35	114
Мира	51	125	1	АВВГ	4	50	132
Мира	53	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	55	125	1	АВВГ	4	50	132
Мира	57	100	1	АВВГ	4	35	114
Мира	59	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	61	100	1	АВВГ	4	35	114
Советская	78	125	1	АВВГ	4	50	132
Советская	80	160	1	АВВГ	4	70	165
Советская	82	125	1	АВВГ	4	50	132
Жилина	19	125	1	АВВГ	4	50	132
Жилина	21	125	1	АВВГ	4	50	132
Жилина	23	100	1	АВВГ	4	35	114
Жилина	25	125	1	АВВГ	4	50	132
Ленинградская	46	125	1	АВВГ	4	50	132
Ленинградская	50	125	1	АВВГ	4	50	132
Ленинградская	52	125	1	АВВГ	4	50	132
Ленинградская	56	100	1	АВВГ	4	35	114
Ленинградская	58	100	1	АВВГ	4	35	114
Ставропольская	17	200	1	АВВГ	4	120	226
Ставропольская	21	200	1	АВВГ	4	120	226
Ставропольская	23	160	1	АВВГ	4	70	165
Ставропольская	25	160	1	АВВГ	4	70	165
Ставропольская	27	160	1	АВВГ	4	70	165
Ставропольская	31	125	1	АВВГ	4	50	132
Ставропольская	33	160	1	АВВГ	4	70	165
Ставропольская	35	125	1	АВВГ	4	50	132
Ставропольская	19А	200	1	АВВГ	4	120	226
Ставропольская	21	200	1	АВВГ	4	120	226
Ставропольская	21А	200	1	АВВГ	4	120	226
Советская	51	125	1	АВВГ	4	50	132

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Советская	55	160	1	АВВГ	4	70	165
Советская	57	160	1	АВВГ	4	70	165
Советская	59	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	50	315	1	АВВГ	4	240	337
Мира	52	125	1	АВВГ	4	50	132
Мира	54	125	1	АВВГ	4	50	132
Мира	54А	200	1	АВВГ	4	120	226
Мира	54Б	200	1	АВВГ	4	120	226
Мира	58	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	60	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	60А	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	62	400	2	АВВГ	4	120	452
Мира	25	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	27	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	29	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	31	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	33	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	35	125	1	АВВГ	4	50	132
Мира	37	125	1	АВВГ	4	50	132
Мира	39	200	1	АВВГ	4	120	226
Мира	41	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	43	160	1	АВВГ	4	70	165
Мира	45	125	1	АВВГ	4	50	132
Советская	63	160	1	АВВГ	4	70	165
Советская	65	160	1	АВВГ	4	70	165
Советская	67	160	1	АВВГ	4	70	165
Ленинградская	44	125	1	АВВГ	4	50	132
Ленинградская	42	160	1	АВВГ	4	70	165
Ленинградская	40	160	1	АВВГ	4	70	165
Ленинградская	36	160	1	АВВГ	4	70	165
Ленинградская	34	160	1	АВВГ	4	70	165
Ленинградская	30	160	1	АВВГ	4	70	165
Ленинградская	26	160	1	АВВГ	4	70	165
Ленинградская	24	125	1	АВВГ	4	50	132
Ленинградская	32	160	1	АВВГ	4	70	165
Ушакова	36	160	1	АВВГ	4	70	165
Советская	74	630	3	АВВГ	4	120	678
Советская	74А	800	4	АВВГ	4	120	904
Мира	48	400	2	АВВГ	4	120	452
Ушакова	28	250	1	АВВГ	4	150	254

Таблица 5.5 – Выбор автоматических выключателей для зданий, не являющихся МКД

Потребитель	Адрес		Р _р , кВт	cos φ	1,1·I _р , А	Аппарат защиты			
	Улица	Дом				Марка	I _н , А	I _{н.р.} , А	I _о , кА
Медицинский колледж	Строителей	7	138,0	0,9	243,7	ВА-88-35	250	250	2,50
ОБОП	Строителей	9	68,8	0,85	128,7	ВА-88-33	160	160	1,60
Корпус №2 Школы Тол. консерватории	Мира	72	15,6	0,95	26,1	ВА-88-32	125	32	0,50
Педиатрический комплекс №6	Ленинградская	48	35,8	0,85	67,0	ВА-88-32	125	80	0,80
Детский сад "Сказка"	Ленинградская	54	36,8	0,98	59,7	ВА-88-32	125	63	0,63
Магазин продуктовый	Мира	51 А	35,0	0,85	65,5	ВА-88-32	125	80	0,80
Магазин продуктовый	Ленинградская	50 А	15,0	0,85	28,1	ВА-88-32	125	32	0,50
Школа №23	Ставропольская	19	125,0	0,95	209,2	ВА-88-35	250	250	2,50
МФЦ "Мои документы"	Советская	51А	87,4	0,85	163,4	ВА-88-35	250	200	2,00
Крытый рынок "Журавль"	Мира	56	649,3	0,85	1214,3	ВА-88-43	1600	1250	12,50
Рынок строительных материалов	Советская	61	497,7	0,85	930,8	ВА-88-43	1600	1000	10,00
Продуктовый магазин	Ставропольская	29	61,3	0,85	114,6	ВА-88-32	125	125	1,25
Детский сад "Жарптица"	Советская	53А	55,2	0,98	89,5	ВА-88-32	125	100	1,00
Полиграфия	Мира	56 с2	43,6	0,85	81,5	ВА-88-32	125	100	1,00
Военкомат Центрального района	Ушакова	34	71,0	0,85	132,8	ВА-88-33	160	160	1,60
Детский сад "Ромашка"	Ленинградская	38	69,0	0,98	111,9	ВА-88-32	125	125	1,25
Отель "La Rotonda"	Мира	31А	38,0	0,95	63,6	ВА-88-32	125	80	0,80
ТСПК	Ленинградская	28	138,0	0,95	230,9	ВА-88-35	250	250	2,50
Магазин сантехники	Мира	43А	18,0	0,85	33,7	ВА-88-32	125	40	0,50
Магазин продуктовый	Мира	39А	18,0	0,85	33,7	ВА-88-32	125	40	0,50

6 Конфигурация вводно-распределительных устройств потребителей

По окончании выбора проводников и защитных аппаратов системы электроснабжения группы кварталов Центрального района города Тольятти необходимо определить конфигурацию вводно-распределительных устройств потребителей электрической энергии. Необходимо сразу отметить, что непосредственный расчет, выбор и установка оборудования вводно-распределительных устройств является прерогативой конкретных потребителей. В рамках формирования проекта реконструкции квартальной сети возможно лишь сформировать общие требования к данным устройствам, которые позволят обеспечить их соответствие питающим линиям.

В качестве вводно распределительных устройств предлагается использовать комплектные шкафы производства тольяттинской компании ООО ЭТС. Данная компания тесно сотрудничает со многими строительными и электромонтажными компаниями. Ее продукция отличается высоким качеством, а персонал – отзывчивостью и технической грамотностью.

Для обеспечения электроснабжения жилых домов, а также иных потребителей района целесообразно применить комплектные панели ВРУ-3 в климатическом исполнении УХЛ4 (по [1]).

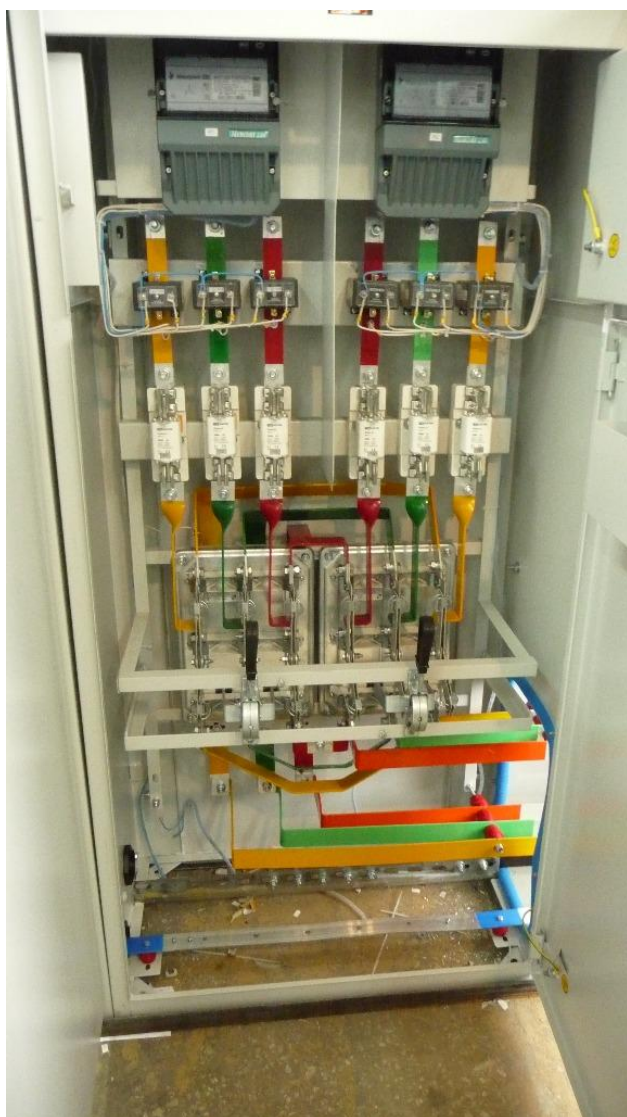
Данные устройства являются функциональными аналогами ВРУ1 и ВРУ2, однако отличаются улучшенной компоновкой, меньшей глубиной, весом и металлоемкостью. Они разработаны с целью замены панелей ВРУ-1. По назначению различаются три основных типа панелей: вводные, вводно-распределительные и распределительные [11]. Вводно-распределительные модули отличаются однопанельной компоновкой и могут применяться для потребителей небольшим числом отходящих линий внутренней сети (типовые МКД малого и среднего размера).

Для питания более масштабных объектов удобнее использовать комбинацию из одного вводного и нужного количества распределительных щитов,

что обеспечит необходимое количество подключений без снижения эксплуатационной пригодности. Подобная компоновка рекомендована, также, [16].

С другой стороны, для питания небольших объектов, таких, как продуктовые магазины, применение больших ВРУ вообще нецелесообразно. Для таких приемников лучше применить распределительные шкафы с возможностью крепления коммутационно-защитного оборудования на DIN рейку.

Изображение панели ВРУ-1-11-10 (вводная конфигурация) представлен на рисунке 6.1. Панель ВРУ-1-48-03, представленная на рисунке 6.2 является распределительной.



а



б

Рисунок 6.1 – Вводная панель ВРУ-1-11-10 (а) и распределительная панель ВРУ-1-48-03 (б) производства компании ЭТС

В соответствии с данными сайта [11]:

«Вводные ВРУ содержат аппаратуру для ввода и учета электроэнергии. В состав вводного щита могут входить блоки с аппаратурой автоматического ввода резерва (ВРУ с АВР). Распределительные ВРУ содержат аппараты для распределения электроэнергии. В них могут размещаться блоки учета, блоки управления освещением автоматического или неавтоматического типа (БАУО или БУО) и др. Вводно-распределительные ВРУ содержат всю необходимую аппаратуру для ввода и распределения электроэнергии. Выпускаются в однопанельном корпусе.

Конструкция шкафов ВРУ:

Шкафы представляют собой сварные металлические конструкции одностороннего обслуживания. С фасада панели имеют металлические двери с замками. Внутри шкафов на профилях устанавливается аппаратура. Шкафы ВРУ скрепляются между собой болтами, сзади и с торцов закрываются стенками.

Условия эксплуатации ВРУ:

ВРУ устанавливают внутри помещений с условно-чистым типом атмосферы, нормальной влажностью и запыленностью. ВРУ имеют степень защиты IP31 – защита от твёрдых тел более 2,5 мм и от капель, падающих вертикально.»

Таким образом, даны рекомендации к выбору вводно-распределительных устройств, которые позволят упростить выбор данного оборудования для эксплуатирующих компаний потребителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения ВКР произведен всесторонний анализ группы кварталов Центрального района города Тольятти, а именно: кварталов с номерами 47, 61, 88, 54 и 89, компактно расположенных в юго-западной части района.

Выявлено, что большая часть потребителей представлена многоквартирными жилыми домами, построенными в период с 1960-го по 1975-й год. Также в районе присутствует 3 МКД более новой постройки – 2 конца 90-х – начала 2000-х годов и один – 2016-го года.

Прочая номенклатура потребителей представлена заведениями дошкольного, общего среднего и среднего специального образования, магазинами и торговыми площадками, административными и иными зданиями. Питание района осуществляется от квартальных ТП за исключением энергоемких зданий, таких как рынок «Журавль» и рынок строительных материалов – их электроснабжение выполнено от отдельной ТП.

Состояние распределительной сети группы кварталов напряжением менее 1 кВ признано неудовлетворительным по причине значительного износа изоляции проводников и отсутствия единой схемы прокладки кабельных трасс. ВРУ домов, построенных с 1960-го по 1975-й год также нуждаются в реконструкции. Состояние светильников системы уличного освещения также не удовлетворяет требованиям эксплуатационной пригодности.

На основании полученных данных сформирован план выполнения ВКР проекта, включающий в себя основные пункты, которые необходимо рассмотреть в рамках формирования проекта реконструкции.

Укрупненным методом определены расчетные нагрузки каждого из зданий района. Наибольшая нагрузка для МКД с квартирами стандартной комфортабельности составила 214,2 кВт, а наименьшая – 43,7 кВт.

Определен объем проводимой реконструкции системы уличного освещения. В частности, решено не менять проводники, по которым питаются

квартальные светильники, но заменить морально и физически устаревшие светильники марки РКУ на новые – марки ЖКУ с лампами типа ДНаТ. Это позволило не только повысить надежность и эксплуатационную пригодность системы освещения, но и обеспечить снижение ее электропотребления в 1,67 раза.

Выполнен выбор проводников и защитного оборудования цеховой сети электроснабжения. Для защиты отходящих линий распределительных устройств низкого напряжения квартальных ТП решено применить автоматические выключатели производства российской компании ИЕК, а именно – модели моделей ВА-88.

В качестве проводников использованы кабели с алюминиевыми жилами, поясной и фазной изоляциями из ПВХ пластиката марки АВВГ. В связи с применением системы заземления ТНС-S к прокладке приняты четырехжильные кабели. Наибольшее сечение проводника достигло 240 мм². В случаях, когда данного сечения оказывалось недостаточно, использовалась параллельная прокладка нескольких кабелей меньшего сечения (применялся проводник марки АВВГ 4х120).

По окончании выбора кабелей сформулированы рекомендации по выбору оборудования вводно-распределительных устройств. Использование модульных конструкций типа ВРУЗ, выпускаемых фирмой ЭТС позволит не только сэкономить на закупке оборудования, но и упростить процесс монтажа и обслуживания.

Таким образом, сформирован проект, по которому будет проводиться реконструкция системы электроснабжения по стороне 0,4 кВ группы кварталов Центрального района г. Тольятти. Цель выпускной квалификационной работы достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. М. : Стандартиформ, 1969. 91 с.
- 2 ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М. : Стандартиформ, 2012.
- 3 ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок М.: Стандартиформ, 2001. 330 с.
- 4 РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. Ред. 1999. М. : Стандартиформ, 1999. 30 с.
- 5 СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. М. : Стандартиформ, 2003. 81 с
- 6 СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. М. : Стандартиформ, 2011. 114 с.
- 7 Косоухов Ф. Д. Энергосбережение в низковольтных электрических сетях при несимметричной нагрузке : учеб. пособие. М. : Лань, 2016. 561 с.
- 8 Сибикин Ю. Д. Технология энергосбережения: учебник : учеб. пособие. М. : Форум, 2017. 450 с.
- 9 Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения : учеб. пособие. М. : ИНФРА-М, 2016. 214 с.
- 10 Блог Кирилла Здорова // Livejournal URL: <https://zdorovs.livejournal.com/11530.html> (дата обращения: 13.05.2019).
- 11 Вводно-распределительные устройства ВРУ // Официальный сайт ООО "ЭТС" URL: http://ets63.ru/products/shiti_WRU/wru/ (дата обращения: 13.05.2019).
- 12 Информация о домах в России // Официальный сайт проекта «ДОМ.МИНЖКХ» URL: <http://dom.mingkh.ru/> (дата обращения: 13.05.2019).

13 Кабель АВВГ - 0,66/1 кВ // КПС – система поиска кабельной продукции URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/avvg/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/avvg/) (дата обращения: 13.05.2019).

14 Каталог продукции // Официальный сайт IEK GROUP URL: <https://www.iek.ru/products/catalog/> (дата обращения: 27.05.2019).

15 Каталог продукции торговой марки Galad // Официальный сайт ООО МСК «БЛ ГРУПП» URL: <https://galad.ru/catalog/> (дата обращения: 27.05.2019).

16 Gercek C., Reinders A. Smart Appliances for Efficient Integration of Solar Energy: A Dutch Case Study of a Residential Smart Grid Pilot // Applied sciences, 2019. Vol. 9. Issue 3 Num. 581.

17 Ndawula M.B., Djokic S.Z., Hernando-Gil I. Reliability Enhancement in Power Networks under Uncertainty from Distributed Energy Resources // Energies, 2019. Vol. 12. Issue 3 Num. 531.

18 Parejo A., Personal E., Larios D. F., Guerrero J.I., García A., León C. Monitoring and Fault Location Sensor Network for Underground Distribution Lines // Sensors, 2019. Vol. 19. Issue 3 Num. 576.

19 Prado J.C., Qiao W., Qu L., Agüero J. R. The Next-Generation Retail Electricity Market in the Context of Distributed Energy Resources: Vision and Integrating Framework // Energies, 2019. Vol. 12. Issue 3 Num. 491.

20 Pramangioulis D., Atsonios K., Nikolopoulos N., Rakopoulos D., Grammelis P., Kakaras E. A Methodology for Determination and Definition of Key Performance Indicators for Smart Grids Development in Island Energy Systems // Energies, 2019. Vol. 12. Issue 2 Num. 242.