

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 Реконструкция системы освещения торгового центра «Монетка»

Обучающийся

М.Г. Шаньгин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., И.В. Горохов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент, Т.С. Якушева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена реконструкции системы освещения торгового центра «Монетка», находящегося по адресу г. Красноуфимск, ул. Ленина д.81.

В результате анализа действующей системы освещения на предприятии было выявлено использование несовременных источников света, а так же другие недочеты, несущие за собой убытки. Таким образом, реконструкция системы освещения с использованием передовых технологий производства осветительного оборудования, а так же применение автоматизированных систем управления освещением является актуальной.

Целью настоящей работы является разработка энергоэффективной системы освещения исследуемого объекта. В задачи выпускной квалификационной работы входят расчет и выбор современного осветительного оборудования, аппаратов защиты и провода, а так же разработка плана расположения светильников в соответствии со всеми требованиями действующей нормативно-технической документации.

Настоящая работа выполнена на 47 страницах, содержит 10 рисунков, 15 формул, 9 таблиц и 25 используемых источников.

Abstract

This senior thesis is devoted to the reconstruction of the lighting system of the shopping center "Coin".

The object of the thesis is a shopping center specializing in the retail trade of food and non-food products.

We study the role of introducing modern light sources in order to save energy. The aim of the work is to calculate the new lighting system of the enterprise to replace the outdated one.

The graduation project may be divided into several logically connected parts which are: analysis of the existing shopping center lighting system, development of an energy-efficient lighting system, feasibility study for the implementation of the project, analysis of the existing power supply system of the enterprise.

The issues of calculating the number, location, power and type of fixtures to be installed are highlighted in the project's general part. Then we analyze the economic feasibility of implementing the project. Finally, we present the work on the compliance of the existing power supply system of the enterprise with the load.

The results of the study showed that introduction of modern light sources had a positive impact on energy efficiency of the enterprise and is economically feasible.

The graduation work consists of an explanatory note on 47 pages, introduction on 2 pages, including 10 figures, 9 tables, the list of 25 references including 5 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

Содержание

Введение.....	5
1 Исходные данные.....	7
1.1 Общая характеристика объекта.....	7
1.2 Система электроснабжения.....	7
1.3 Анализ существующей системы освещения.....	8
2 Разработка энергоэффективной системы освещения.....	10
2.1 Выбор источника света.....	10
2.2 Выбор системы освещения.....	11
2.3 Нормы освещённости помещений.....	14
2.4 Расчет общего освещения.....	15
2.5 Аварийное освещение.....	19
2.6 Распределение нагрузки по фазам.....	20
2.7 Выбор щита освещения, аппаратов защиты и управления.....	22
2.8 Выбор марки и способа прокладки кабелей.....	26
3 Технико-экономическое обоснование внедрения проекта.....	27
3.1 Расчет экономии электроэнергии в денежном эквиваленте.....	27
3.2 Расчет окупаемости.....	31
4 Анализ существующей системы электроснабжения.....	34
4.1 Расчёт электрических нагрузок предприятия.....	34
4.2 Анализ действующей трансформаторной подстанции.....	40
Заключение	43
Список используемых источников.....	44

Введение

В условиях современности борьба с изменением климата на Земле и сокращению выбросов в атмосферу ставит перед людьми задачи по наиболее рациональному использованию электрической энергии. «В России на освещение расходуется около 12% электроэнергии или примерно 115 млрд. кВт·ч, в среднем по миру эта цифра составляет 20%. Суммарная возможная экономия при установке энергосберегающих светильников в России составит 45–50% - это более 50 млрд. кВт·ч» [1-3, 12, 14, 19]. Поэтому нужно стремиться к использованию осветительного оборудования с высоким коэффициентом полезного действия, а так же применять рациональные схемы освещения. Разработка современных источников освещения, отличающихся повышенным коэффициентом полезного действия, низкой степенью деградации и другими положительными свойствами несет за собой большие перспективы энергосбережения и энергоэффективности в вопросах освещения предприятий. Таким образом, реконструкция систем освещения с заменой устаревшего и неэффективного оборудования на современные аналоги является актуальной.

В настоящей выпускной квалификационной работе объектом исследования с целью реконструкции освещения является здание торгового центра «Монетка», расположенного по адресу г. Красноуфимск, ул. Ленина д.81. Освещение данного предприятия выполнено с использованием люминесцентных ламп низкого давления разной мощности. Данный вид ламп имеет следующие недостатки:

- низкий срок службы, относительно современных источников света: 8000 часов против 30000 часов;
- низкий коэффициент полезного действия, относительно современных источников света: 60% против 95%;
- в результате деградации люминофорного покрытия со временем падает светоотдача ламп;

- содержат в себе ртуть, которая является токсичным веществом первого класса опасности;

- производят стробоскопический эффект в результате мерцания.

Исследуемое мной здание является объектом торговли. Одним из эффективных и продуктивных способов воздействия на потребителей со стороны продавца является качественное освещение торгового зала. Повышение продаж обусловлено более продолжительным пребыванием покупателей в торговом зале, так как комфортное освещение вызывает положительные эмоции, подчеркивая преимущества товаров.

Наиболее энергоэффективной разработкой светового источника на сегодняшний день является светодиод. Светильники с использованием данного полупроводника имеют следующие основные преимущества:

- долгий срок службы порядка 30000 часов;
- коэффициент полезного действия в районе 95%;
- экологическая безопасность, обусловленная отсутствием токсичных веществ.

Включение и отключение общего и местного освещения производится вручную персоналом, что влечёт за собой потери вследствие человеческого фактора.

Таким образом, целью выпускной квалификационной работы является разработка энергоэффективной системы освещения исследуемого объекта с заменой устаревшего оборудования на современные источники света, а также внедрение автоматизированной системы работы освещения, не требующей вмешательства персонала.

В задачи настоящей работы входят:

- анализ существующей системы освещения торгового центра;
- осуществление подбора электротехнического оборудования;
- расчет экономической целесообразности внедрения проекта;
- проверка соответствия существующей системы электроснабжения нагрузке предприятия.

1 Исходные данные

1.1 Общая характеристика объекта

Торговый центр «Монетка» является собственностью общества с ограниченной ответственностью «Элемент-Трейд» и специализируется на розничной торговле как продовольственных, так и не продовольственных товаров, имея на балансе свыше 1600 объектов. Каждый объект оборудован холодильным оборудованием, а так же иным электрооборудованием для своего функционирования. Мною исследуемый объект находится по адресу: город Красноуфимск Свердловской области, улица Ленина, дом 81.

Помещение имеет сложную форму общей площадью 711,7 м². Окна расположены с трех сторон здания. Высота помещения до декоративного потолка 3,6 м. Стены помещений окрашены в светло-серый цвет, пол выполнен из однотонного светлого керамогранита, потолок подвесной белого цвета. Таким образом, коэффициенты отражения: стен – 50%, пола – 30%, потолка – 70%.

1.2 Система электроснабжения

Здание запитано от трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ кабелем ВВГнг(А)-LS-5×50 при помощи подземного способа прокладки. В качестве вводно-распределительного устройства принято ВРУ-0,4кВ ЩМП-5-0 74 У2 IP54, со счетчиком электроэнергии ПСЧ-4ТМ.05МК.04. Счетчик подключен через трансформаторы тока 3×ТТИ-А 200/5А. В связи с тем, что простой объекта без электроэнергии несет большие убытки предприятию, данное помещение относится ко второй категории электроснабжения. Поэтому вводно-распределительное устройство снабжено реверсивным рубильником АВВ ОТ200Е03С с возможностью подключения дизельной генераторной установки.

Заземление силовых установок, щитов, приборов и аппаратов выполнено с использованием контура заземления, нулевых и РЕ проводников жил кабелей, металлических труб и металлоконструкций, имеющих связь с заземляющим контуром и заземлением трансформатора питающей подстанции. Предусмотрена система уравнивания потенциалов. Все металлические корпуса, ванны, поддоны, трубы инженерных сетей на вводе в здание и прочие крупные металлические части, доступные прикосновению подключены к системе уравнивания потенциалов.

1.3 Анализ существующей системы освещения

Освещение объекта подразделяется на наружное и внутреннее. Наружное осуществляется при помощи 8 прожекторов ЖКУ-02-250-003 с лампами ДРЛ250. Внутреннее освещение торгового зала выполнено с помощью линейных светильников Halla-Lighting BS-258E-2000 укомплектованных двумя люминесцентными лампами мощностью 58Вт. Освещение подсобных помещений и коридоров выполнено влагозащищенными светильниками ЛСП-01-2x36-012 с двумя люминесцентными лампами мощностью 36Вт. В таблице 1 приведены данные экспликации помещений с указанием типа и количества светильников, а так же их потребляемой мощности.

Таблица 1 – Сводная таблица действующего освещения

Наименование помещения	Площадь, м ²	Наименование светильников	Количество светильников, шт	Потребляемая мощность, кВт·ч
Торговый зал	556,8	BS-258E-2000	120	13,92
Дебаркадер	57,87	ЛСП-01-2×36-012	10	0,72
Склад алкоголя	6,76	ЛСП-01-2×36-012	2	0,14

Продолжение таблицы 1

Наименование помещения	Площадь, м ²	Наименование светильников	Количество светильников, шт	Потребляемая мощность, кВт·ч
Главная касса	6,76	ЛСП-01-2×36-012	2	0,14
Склад	19,53	ЛСП-01-2×36-012	3	0,22
Моечная уборочного инвентаря	3,4	ЛСП-01-2×36-012	1	0,07
Санузел	1,7	ЛСП-01-2×36-012	1	0,07
Комната приема пищи	5,29	ЛСП-01-2×36-012	2	0,14
Фасовка гастрономии	5,29	ЛСП-01-2×36-012	2	0,14
Коридор	36,85	ЛСП-01-2×36-012	4	0,29
Раздевалка	4,37	ЛСП-01-2×36-012	2	0,14
Электрощитовая	3,36	ЛСП-01-2×36-012	1	0,07
ЦХМ	3,68	ЛСП-01-2×36-012	2	0,14
Наружное освещение периметра	300	ЖКУ-02-250-003	6	1,5
Наружное освещение зоны разгрузки	100	ЖКУ-02-250-003	2	0,5

Таким образом, освещение предприятие осуществляется при помощи 160 светильников с общей потребляемой мощностью 18,2 кВт·ч.

Выводы по разделу 1

При выполнении первого раздела выпускной квалификационной работы была дана общая характеристика торгового центра «Монетка» с кратким описанием систем электроснабжения и освещения данного объекта.

Проведённый анализ показывает, что на предприятии используется устаревшее электрооборудование, влекущее за собой повышенное потребление электроэнергии и дополнительные затраты на обслуживание.

2 Разработка энергоэффективной системы освещения

2.1 Выбор источника света

В соответствии с постановлением правительства в реконструируемых и вновь возводимых помещениях запрещено использовать трубчатые люминесцентные лампы, а так же дуговые ртутные лампы для освещения общественных мест на территории России в связи с их малой энергоэффективностью. Одним из весомых аргументов отказа от данного типа ламп является их негативное влияние на окружающую среду, в связи с содержанием в них ртути. Ртуть относится к первому классу опасности.

На сегодняшний день наиболее современным и энергоэффективным устройством освещения являются светодиодные светильники. Выбор светильников будет произведен из каталога отечественного производителя светового оборудования ООО «Техника» из города Ульяновск.

Для освещения торгового зала будут устанавливаться светодиодные светильники FAROS FL 1500 27W 4000K OPAL и FAROS FL 1500 EM 27W 4000K OPAL с блоками аварийного питания. Светильник данного типа изображен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Линейный светильник FAROS FL 1500 26W 4000K OPAL

Для подсобных помещений используем влагозащищённые светодиодные светильники FAROS FI 135 32W 4000K OPAL и FAROS FI 135 EM 36W 4000K OPAL с блоками аварийного питания, а также светильники FAROS FI 130 15W 4000K. Светильники данных типов изображены на рисунках 2 и 3 соответственно.

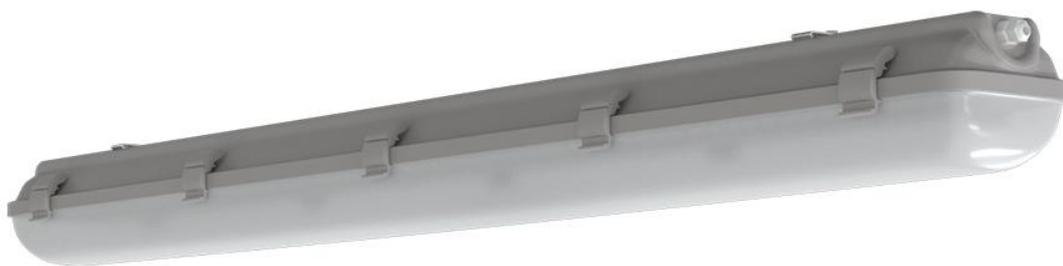


Рисунок 2 – Светильник FAROS FI 135 32W 4000K OPAL



Рисунок 3 – Светильник FAROS FI 130 15W 4000K

Для освещения периметра здания и территории разгрузки используем прожекторы наружного освещения FAROS FP 200 30W. Светильник этого типа изображен на рисунке 3.



Рисунок 4 – Уличный светильник FAROS FP 200 20W

Цветовая температура всего освещения, согласно с форматом компании принимается 4000К.

2.2 Выбор системы освещения

Линейные светильники в торговом зале располагаются сверху подвесным способом на тросы в несколько сплошных линий со штатной транзитной проводкой.

Удлиненные светильники подсобных помещений устанавливаются про помощи тросового подвеса вплотную к подвесному потолку типа Армстронг. Компактные светильники устанавливаются накладным способом на потолок.

Прожекторы по периметру здания и на территории разгрузки устанавливаются накладным способом на стену при помощи поворотного кронштейна.

Режим работы освещения на предприятии будет осуществляться при помощи многофункционального двухканального реле времени РЭВ302. Данный прибор устанавливается в щит освещения на стандартную DIN-рейку и имеет в своём арсенале два канала для включения и отключения нагрузки. Первый канал запрограммирован годовалым циклом работы внутреннего освещения в соответствии с графиком работы предприятия. Второй канал осуществляет режим работы наружного освещения с учётом восходов и заходов солнца, что исключает работу прожекторов в светлое время суток. Реле РЭВ302 изображено на рисунке 5.



Рисунок 5 – Многофункциональное реле времени РЭВ-302

Включение освещения в подсобных помещениях будет осуществляться при помощи датчиков движения ИЕК ДД-008. Данный прибор изображён на рисунке 6.



Рисунок 6 – Датчик движения IEK ДД-008

Человеческий фактор влечёт за собой нерациональное использование электроэнергии в связи с несвоевременным включением и отключением освещения, таким образом, применение такого оборудования как реле времени и датчики движения исключают подобные потери.

2.3 Нормы освещённости помещений

Расчет и подбор типа и количества светильников в помещениях предприятия имеет прямую взаимосвязь с нормами освещённости. На сегодняшний день в России документами регламентирующими стандарты и нормы по освещенности являются СНИП 23-05-95 и СП 52.13330.2011. Руководствуясь минимальными значениями норм, а так же требованиями формата компании были определены нормы освещенности в каждом помещении, значения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Нормы освещенности в помещениях

Наименование помещения	Освещенность, лк
Торговый зал	500
Дебаркадер	300
Склад алкоголя	150
Главная касса	300
Склад	150
Моечная уборочного инвентаря	200
Санузел	200
Комната приема пищи	200
Фасовка гастрономии	200
Коридор	150
Раздевалка	200
Электрощитовая	200
ЦХМ	200
Наружное освещение периметра	20
Наружное освещение зоны разгрузки	20

2.4 Расчет общего освещения

Есть несколько методов расчета общего освещения. Мы воспользуемся методом коэффициентов использования светового потока, в котором учитывается отражение света от стен, потолка и пола. Факторы, влияющие на коэффициент использования светового потока, являются:

- площадь помещения;
- высота подвеса светильников;
- цвет пола, потолка и стен.

В первую очередь произведём расчет освещения в самом большом по площади помещении – торговом зале. Мы выбираем линейные светильники, собранные в линии вдоль торгового зала.

Первой задачей размещения светильников является определение высоты их подвеса по формуле (1).

$$h = H - h_c - h_n, \quad (1)$$

где H – высота помещения, м;

h_c – расстояние от потолка до светильников, м;

h_n – расстояние от пола до рабочей поверхности, м.

$$h = 3,6 - 0,2 - 1 = 2,4 \text{ м}$$

Пользуясь рекомендациями по расчету расстояния между рядами светильников и высотой их подвеса, найдем максимальное значение промежутка между рядами в помещении торгового зала:

$$l_m \leq 2,4 \cdot 1,6 = 3,84 \text{ м}$$

Таким образом, располагаем в торговом зале светильники в 8 рядов с промежутками 2,8 м. От крайних рядов светильников до стен оставляем по 1,7 м.

Следующим шагом находим индекс помещения по формуле (2).

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A+B)}, \quad (2)$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м.

$$i = \frac{24 \cdot 23,2}{2,3(24 + 23,2)} = 4,92 \text{ м}$$

В соответствии с индексом помещения и коэффициентом отражения света по табличным данным определим коэффициент использования светового потока $\eta = 0,84$.

Требуемый суммарный световой поток одного ряда светильников находим по формуле (3).

$$\Phi = \frac{EK_{\text{зап}}Sz}{N\eta}, \quad (3)$$

где E – требуемое значение освещенности, Лк;

$K_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса;

S – площадь помещения, м²;

z – коэффициент равномерности освещения;

N – количество рядов светильников, шт;

η – коэффициент использования светового потока.

$$\Phi = \frac{500 \cdot 1,4 \cdot 24 \cdot 23,2 \cdot 1}{8 \cdot 0,84} = 58000 \text{ лм}$$

С учётом светового потока принятых к установке светильников FAROS FL 1500 27W 4000K OPAL в 4000 лм находим количество светильников в ряду:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_c} = \frac{58000}{4000} = 14,5 \approx 15$$

Сопоставим длину ряда светильников с длиной помещения:

$$l_p = N \cdot l = 15 \cdot 1,5 = 22,5 \text{ м} < 23,2 \text{ м}$$

Длина ряда получилась меньше длины помещения. Таким образом, у нас получатся непрерывные ряды линейных светильников с отступом от стен:

$$l_c = \frac{l - l_p}{2} = \frac{23,2 - 22,5}{2} = 0,35 \text{ м}$$

Окончательно принимаем к установке в помещении торгового зала 8 рядов по 15 светильников FAROS FL 1500 27W 4000K OPAL.

Расчет освещения для остальных помещений производится аналогично. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сводная таблица по освещению помещений

Наименование помещения	Площадь, м ²	Требуемый световой поток, лм	Наименование светильника	Кол-во светильников, шт	Суммарная мощность, кВт
Торговый зал	556,8	464000	FAROS FL 1500 27W 4000K OPAL	120	3,24
Дебаркадер	57,87	46741,15	FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	10	0,32
Склад алкоголя	6,76	4175,29	FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	1	0,032
Главная касса	6,76	8350,59	FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	2	0,064
Склад	19,53	10003,17	FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	3	0,096
Моечная уборочного инвентаря	3,4	3282,76	FAROS FI 130 15W 4000K	3	0,045
Санузел	1,7	2266,67	FAROS FI 130 15W 4000K	2	0,03
Комната приема пищи	5,29	4356,47	FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	1	0,032
Фасовка гастрономии	5,29	4356,47	FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	1	0,032
Коридор	36,85	17996,51	FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	4	0,128

Продолжение таблицы 3

Наименование помещения	Площадь, м ²	Требуемый световой поток, лм	Наименование светильника	Кол-во светильников, шт	Суммарная мощность, кВт
Раздевалка	4,37	4078,67	FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	1	0,032
Электрощитовая	3,36	3244,14	FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	1	0,032
ЦХМ	3,68	3553,1	FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	1	0,032
Наружное освещение периметра	300	20000	FAROS FP 200 20W 4000K	15	0,3
Наружное освещение зоны разгрузки	100	6666,67	FAROS FP 200 20W 4000K	5	0,1
Итого:					4,52

Таким образом, суммарное потребление реконструированной системы освещения предприятия будет составлять 4,52 кВт.

2.5 Аварийное освещение

«Аварийное освещение предусматривается на случай нарушения питания рабочего освещения. Аварийное освещение должно включаться автоматически при отключении питания рабочего освещения» [4-7, 16, 20, 23]. Оно позволяет безопасно эвакуировать персонал из здания при отключении рабочего освещения посредством обеспечения освещенности путей эвакуации. В соответствии со сводом правил освещенность таких путей в торговых залах должна быть не менее 1 лк.

В нашем случае функцию светильников аварийного освещения будут выполнять светильники рабочего освещения FAROS FL 1500 EM 27W 4000K OPAL и FAROS FI 135 EM 36W 4000K OPAL, имеющие в своем корпусе встроенные блоки аварийного питания, позволяющие автономную работу в

течение 1 часа после потери основного питания. Данные светильники маркируются буквой «А» на корпусе и устанавливаются согласно плану эвакуации.

Таким образом, на предприятии будет установлен 21 светильник с блоками аварийного питания. Освещение эвакуационных путей в полной мере обеспечивается при помощи данных светильников.

2.6 Распределение нагрузки по фазам

«Распределение нагрузок между фазами сети освещения общественных зданий должно быть, как правило, равномерным; разница в токах наиболее и наименее нагруженных фаз не должна превышать 30% в пределах одного щитка и 15% - в начале питающих линий» [8, 10, 15, 25]. Для этого необходимо найти значение расчётного тока на каждой фазе по формуле (4).

$$I_{расч} = \frac{K_c \cdot \Sigma P_{уст}}{U \cdot \cos\varphi}, \quad (4)$$

где K_c – коэффициент спроса, принимаем 1;

$P_{уст}$ – потребляемая мощность, Вт;

U – напряжение питания, В;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности, принимаем 0,92;

Для начала найдем расчётный ток на фазе L1:

$$I_{расчL1} = \frac{1 \cdot (810 + 810)}{220 \cdot 0,92} = 8 \text{ А}$$

Расчётный ток на фазе L2 будет равен:

$$I_{расчL2} = \frac{1 \cdot (810 + 320 + 32 + 64 + 96 + 128)}{220 \cdot 0,92} = 7,16 \text{ А}$$

На фазе L3 расчетный ток будет равен:

$$I_{расчL3} = \frac{1 \cdot (810 + 45 + 30 + 32 + 32 + 32 + 32 + 32 + 400)}{220 \cdot 0,92} = 7,14 \text{ А}$$

Полученные данные внесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Сводная таблица расчётных токов освещения по фазам

Потребители	№ фазы	P _{уст} , кВт	K _с	P _{расч} , кВт	cosφ	I _{расч} , А
1 группа освещения торгового зала 2 группа освещения торгового зала	L1	1,62	1	1,62	0,92	8
3 группа освещения торгового зала Дебаркадер Склад алкоголя Главная касса Склад Коридор	L2	1,45	1	1,45	0,92	7,16
4 группа освещения торгового зала Моечная Санузел Комната приема пищи Фасовка гастрономии Раздевалка Электрощитовая ЦХМ Наружное освещение	L3	1,445	1	1,445	0,92	7,14

Разница в токах наиболее и наименее нагруженных фаз составляет:

$$\frac{I_{расчL1} - I_{расчL3}}{I_{расчL3}} \cdot 100\% = \frac{8 - 7,14}{7,14} \cdot 100\% = 12\% < 30\%,$$

что соответствует нормативной документации.

2.7 Выбор щита освещения, аппаратов защиты и управления

Щит освещения будет находиться в электрощитовой. Для его питания используется напряжение 380 / 220 В. Вся осветительная нагрузка будет разделена на 8 групп. С учетом вводного автоматического выключателя, двух контакторов и реле РЭВ302 выбираем щит на 24 модуля марки ТИТАН 3 ЩРН-24 IP31 ИЕК. Данный щит изображён на рисунке 7.



Рисунок 7 – Щит распределительный ТИТАН 3 ЩРН-24 IP31 ИЕК

В качестве аппаратов защиты применяем автоматические выключатели отечественного производителя ИЕК. Автоматические выключатели выбираются по расчетному току, исходя из условия

$$I_{расч} < I_{ном} < I_{откл}$$

где $I_{расч}$ – расчетный ток в линии;

$I_{ном}$ – номинальный ток автоматического выключателя;

$I_{откл}$ – ток отключения автоматического выключателя.

В первую очередь произведём подбор вводного автоматического выключателя. «При наличии группы однофазных ЭП, которые распределены по фазам с неравномерностью не выше 15% по отношению к общей мощности трехфазных и однофазных ЭП в группе, они могут быть представлены в расчете как эквивалентная группа трехфазных ЭП с той же суммарной номинальной мощностью» [11, 13, 18, 22, 24]. Таким образом, расчётный ток вводного автоматического выключателя находится по формуле (5).

$$I_{расч} = \frac{\Sigma P_{расч}}{U \cdot \cos\varphi}, \quad (5)$$
$$I_{расч} = \frac{1620 + 1450 + 1445}{220 \cdot 0,92} = 22,3 \text{ А}$$

Найдём расчетный ток 1 группы потребителей:

$$I_{расч1} = \frac{810}{220 \cdot 0,92} = 4 \text{ А}$$

Найдём расчетный ток 2 группы потребителей:

$$I_{расч2} = \frac{810}{220 \cdot 0,92} = 4 \text{ А}$$

Найдём расчетный ток 3 группы потребителей:

$$I_{расч3} = \frac{810}{220 \cdot 0,92} = 4 \text{ А}$$

Найдём расчетный ток 4 группы потребителей:

$$I_{расч4} = \frac{810}{220 \cdot 0,92} = 4 \text{ A}$$

Найдём расчетный ток 5 группы потребителей:

$$I_{расч5} = \frac{320 + 128}{220 \cdot 0,92} = 2,21 \text{ A}$$

Найдём расчетный ток 6 группы потребителей:

$$I_{расч6} = \frac{32 + 64 + 96}{220 \cdot 0,92} = 0,95 \text{ A}$$

Найдём расчетный ток 7 группы потребителей:

$$I_{расч7} = \frac{45 + 30 + 32 + 32}{220 \cdot 0,92} = 0,69 \text{ A}$$

Найдём расчетный ток 8 группы потребителей:

$$I_{расч8} = \frac{32 + 32 + 32}{220 \cdot 0,92} = 0,47 \text{ A}$$

Найдём расчетный ток 9 группы потребителей:

$$I_{расч9} = \frac{400}{220 \cdot 0,92} = 1,98 \text{ A}$$

Полученные данные вносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Сводная таблица расчётных токов по группам

Наименования помещений	$P_{уст}$, кВт	Кол-во фаз	$P_{расч}$, кВт	$\cos\varphi$	$I_{расч}$, А
1 группа освещения торгового зала	0,81	1	0,81	0,92	4
2 группа освещения торгового зала	0,81	1	0,81	0,92	4
3 группа освещения торгового зала	0,81	1	0,81	0,92	4
4 группа освещения торгового зала	0,81	1	0,81	0,92	4
Дебаркадер Коридор	0,448	1	0,448	0,92	2,21
Склад алкоголя Главная касса Склад	0,192	1	0,192	0,92	0,95
Моечная Санузел Комната приема пищи Фасовка гастрономии	0,139	1	0,139	0,92	0,69
Раздевалка Электрощитовая ЦХМ	0,096	1	0,096	0,92	0,47
Наружное освещение	0,4	1	0,4	0,92	1,98
Итого	4,52	3	4,52	0,92	22,3

«Номинальные токи плавких вставок предохранителей и токи уставок автоматических выключателей, служащих для защиты отдельных участков сети, во всех случаях следует выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам этих участков или по номинальным токам электроприемников, но таким образом, чтобы аппараты защиты не отключали электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, пики технологических нагрузок, токи при самозапуске и т. п.)» [9, 12, 17, 21]. Таким образом, на вводе в щите освещения устанавливаем автоматический выключатель IEK ВА47-29 3Р 25А 4,5кА С, а на группы потребителей IEK ВА47-29 1Р 10А 4,5кА С. Для автоматизированного управления внутренним и наружным освещением выбираем контакторы IEK KM25-40М АС/DC и IEK KM20-20М АС соответственно.

2.8 Выбор марки и способа прокладки кабелей

Для подключения светильников используем силовой кабель с медной жилой, изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика пониженной пожарной опасности марки ВВГнг-LS.

Прокладка кабелей будет осуществляться в металлических лотках, закреплённых к потолку при помощи шпилек.

Сечение кабеля выбираем в соответствии с расчетным током в линиях до каждой группы светильников. Таким образом, для осветительной сети принимаем кабель с сечением жилы 1,5 мм².

Выводы по разделу 2

В результате выполнения второго раздела выпускной квалификационной работы была произведена непосредственная разработка энергоэффективной системы освещения торгового центра «Монетка» на основе современных светодиодных источников света.

После проведения расчетов в соответствии с нормами освещенности помещений предприятия был произведен выбор количества, мощности, расположения и способа установки светильников.

На основании суммарной мощности потребления реконструируемой осветительной установки было произведено распределение нагрузки по фазам, выбор аппаратов защиты и управления, а так же выбор марки и способа прокладки кабелей.

3 Технико-экономическое обоснование внедрения проекта

3.1 Расчет экономии в денежном эквиваленте

Для оценки экономической эффективности внедрения настоящего проекта требуется рассчитать годовое потребление электроэнергии как существующим, так и внедряемым освещением по формуле (6).

$$W_z = P_{св} \cdot n \cdot T \cdot N, \quad (6)$$

где $P_{св}$ – потребляемая мощность, кВт;

n – количество светильников в группе, шт;

T – время работы светильника в течении рабочего дня, ч;

N – количество рабочих дней в году.

Таким образом, найдем для всех помещений предприятия годовое потребление осветительной нагрузки, руководствуясь экспликацией помещений:

Помещение №1:

$$W_{c1} = 0,116 \cdot 120 \cdot 16 \cdot 365 = 81292,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{\epsilon1} = 0,027 \cdot 120 \cdot 16 \cdot 365 = 18921,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №2:

$$W_{c2} = 0,072 \cdot 10 \cdot 16 \cdot 365 = 4204,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{\epsilon2} = 0,032 \cdot 10 \cdot 16 \cdot 365 = 1868,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №3:

$$W_{c3} = 0,072 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 365 = 210,24 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{63} = 0,032 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 365 = 46,72 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №4:

$$W_{c4} = 0,072 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 365 = 105,12 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{64} = 0,032 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 365 = 46,72 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №5:

$$W_{c5} = 0,072 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 365 = 315,36 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{65} = 0,032 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 365 = 140,16 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №6:

$$W_{c6} = 0,072 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 365 = 105,12 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{66} = 0,015 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 365 = 65,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №7:

$$W_{c7} = 0,072 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 365 = 105,12 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{67} = 0,015 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 365 = 43,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №8:

$$W_{c8} = 0,072 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 365 = 210,24 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{68} = 0,032 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 365 = 46,72 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №9:

$$W_{c9} = 0,072 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 365 = 210,24 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{e9} = 0,032 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 365 = 46,72 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №10:

$$W_{c10} = 0,072 \cdot 4 \cdot 16 \cdot 365 = 1681,92 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{e10} = 0,032 \cdot 4 \cdot 16 \cdot 365 = 747,52 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №11:

$$W_{c11} = 0,072 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 365 = 52,56 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{e11} = 0,032 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 365 = 11,68 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №12:

$$W_{c12} = 0,072 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 12 = 1,73 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{e12} = 0,032 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 12 = 0,77 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Помещение №13:

$$W_{c13} = 0,072 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 12 = 3,46 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{e13} = 0,032 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 12 = 0,768 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Наружное освещение периметра:

$$W_{c1} = 0,25 \cdot 6 \cdot 6,2 \cdot 365 = 3394,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{e1} = 0,02 \cdot 15 \cdot 6,2 \cdot 365 = 678,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Наружное освещение зоны разгрузки:

$$W_{c1} = 0,25 \cdot 2 \cdot 6,2 \cdot 365 = 1131,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{e1} = 0,02 \cdot 5 \cdot 6,2 \cdot 365 = 226,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Теперь найдем суммарное годовое потребление электроэнергии существующим и внедряемым освещением:

$$W_c = \Sigma W_{ci} = 93024,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_e = \Sigma W_{ei} = 22892,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Для расчета окупаемости и оценки экономической найдем экономию электроэнергии в натуральном эквиваленте путем поиска разницы, между годовым потреблением электроэнергии, существующим и внедряемым освещением:

$$\mathcal{E}_n = W_c - W_e = 93024,7 - 22892,9 = 70131,83 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Теперь можно найти годовую экономию электроэнергии в денежном эквиваленте по формуле (7).

$$\mathcal{E}_d = \mathcal{E}_n \cdot T_э, \quad (7)$$

где \mathcal{E}_n – экономия электроэнергии в натуральном эквиваленте;

$T_э$ – тариф на электроэнергию, принимаем 4,73 руб./кВт·ч.

$$\mathcal{E}_d = 70131,83 \cdot 4,73 = 331\,724 \text{ руб.}$$

Таким образом, годовая экономия электроэнергии в денежном эквиваленте будет равна 331724 руб.

3.2 Расчет окупаемости

Для определения окупаемости проекта по реализации современной системы освещения требуется определить капитальные затраты на оборудование и материалы. Спецификация электротехнических изделий представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Спецификация электротехнических изделий

Наименование оборудования и материалов	Кол-во	Цена за 1 шт., руб.	Суммарная стоимость, руб.
Светильник FAROS FL 1500 27W 4000K OPAL	120	3 400	408000
Светильник FAROS FI 135 32W 4000K OPAL	25	3 200	80000
Светильник FAROS FI 130 15W 4000K	5	550	2750
Прожектор FAROS FP 200 20W 4000K	20	680	13600
Щит распределительный IEK ТИТАН 3 ЩРН-24 IP31	1	2100	2100
Автоматический выключатель IEK ВА47-29 3P	1	550	550
Автоматический выключатель IEK ВА47-29 1P	9	160	1440
Контактор IEK KM25-40M AC/DC	1	2900	2900
Контактор IEK KM20-20M AC	1	1500	1500
Реле времени РЭВ-302	1	7500	7500
Датчик движения IEK ДД-008	10	550	5500
Лоток проволочный 50×80×3000	20	320	6400
Кабель ВВГнг-LS 3×1,5	250	70	17500
Труба гофрированная ПВХ 20 мм с протяжкой	50	20	1000
Итого:			550740

Расчет срока окупаемости представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Срок окупаемости проекта

Год	Капитальные затраты	Экономия	Остаток
2023	550740	331 724	219 016
2024	0	331 724	-112 708

Таким образом, срок окупаемости проекта будет равен 1 год и 8 месяцев. При гарантийном сроке службы светильников 5 лет общая экономия составит 1107880 руб.

Выводы по разделу 3

Технико-экономический раздел выпускной квалификационной работы затрагивает экономическую целесообразность выполняемой реконструкции системы освещения.

Был произведен расчет потребляемой электроэнергии как существующей, так и реконструируемой систем освещения. В соответствии с тарифом на электроэнергию в регионе нахождения исследуемого объекта, найдена экономия в денежном эквиваленте.

Для определения окупаемости внедряемого проекта были найдены капитальные затраты на покупку электротехнического оборудования и материалов, составлена их спецификация.

Расчет окупаемости подтвердил целесообразность внедрения современных источников света на предприятии.

4 Анализ существующей системы электроснабжения

4.1 Расчёт электрических нагрузок предприятия

Расчёт электрических нагрузок предприятия производим методом коэффициента максимума. Это основной метод расчёта электрических нагрузок, который сводится к определению максимальных расчётных нагрузок группы электроприёмников. В рамках мною исследуемого предприятия составлен перечень потребителей электроэнергии с их характеристиками, предварительно разделенный на группы: трехфазные длительного режима работы, трехфазные повторно-кратковременного режима работы, однофазные длительного режима работы, однофазные повторно-кратковременного режима работы и осветительная установка. Результаты занесены в таблицу 8.

Таблица 8 – Электроприемники и их характеристики

Электроприемник	P_n , кВт	n	K_u	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
Трехфазные длительного режима					
Компрессор хладагента BITZER Ecoline 4CES-6Y- 40S	11	2	1	0,75	0,88
Тепловая завеса ИЗТТ НС- 9.000TR	9	2	1	0,95	0,33
Трехфазные повторно-кратковременного режима					
Подъемный стол Energopole SJ 2.0-1.5, ПВ = 25 %	4,5	1	0,9	0,65	1,17
Кондиционер Haier AB48ES1ERA(S) / 1U48IS1EAB, ПВ = 50 %	7	3	0,9	0,8	0,75

Продолжение таблицы 8

Электроприемник	P_n , кВт	n	K_u	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
Однофазные длительного режима					
Холодильная горка Tesey II PORTABLE	0,5	10	0,7	0,75	0,88
Греющий кабель	3	1	1	1	0
Приточно-вытяжная система	1,5	4	0,6	0,8	0,75
Персональный компьютер	1	6	0,5	0,7	1,02
Касса	1,5	4	0,5	0,7	1,02
Однофазные повторно-кратковременного режима					
Принтер RICOH SP330SN, ПВ = 10 %	1	1	0,5	0,7	1,02
Водонагреватель Haier ES100V-A2, ПВ = 40 %	2	1	1	1	0
Микроволновая печь Midea MM820CXX-W, ПВ = 10 %	1,5	1	0,9	0,95	0,33
Чайник Redmond RK-G200S, ПВ = 20 %	2	1	1	1	0
Ларь-Бонета Корсика ЛХН-2100, ПВ = 40 %	1,5	16	0,65	0,75	0,88
Холодильный шкаф Капри 1,5М, ПВ = 40 %	1	3	0,9	0,75	0,88
Осветительная установка	4,52	1	0,85	0,92	0,43

В первую очередь мощность нагрузок повторно-кратковременного режима приводим к длительному режиму по формуле (8).

$$P_n = P_n \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (8)$$

где P_n – приведенная активная мощность, кВт;

ПВ – продолжительность включения, отн. ед.

Для подъемного стола:

$$P_{n1} = 4,5 \cdot \sqrt{0,25} = 2,25 \text{ кВт}$$

Таким же образом все потребители повторно-кратковременного режима приводим к длительному режиму. Результаты расчетов заносим в

таблицу (9).

Затем нагрузки однофазных потребителей приводим к условной трехфазной мощности. Для этого определим величину неравномерности распределения нагрузок по формуле (9).

$$H = \frac{P_{ф.нб} - P_{ф.нм}}{P_{ф.нм}} \cdot 100 \%, \quad (9)$$

где $P_{ф.нб}$ – мощность наиболее загруженной фазы, кВт;

$P_{ф.нм}$ – мощность наименее загруженной фазы, кВт.

$$H = \frac{15,84 - 15}{15} \cdot 100 = 5,6 \% < 15 \%$$

Исходя из того, что неравномерность нагрузок менее 15% суммируем однофазные нагрузки и ведем расчет как для трехфазных.

Следующим этапом находим потребляемую активную мощность потребителей за смену в соответствии с коэффициентом использования по формуле (10).

$$P_{см} = P_n \cdot K_u, \quad (10)$$

где P_n – номинальная мощность группы потребителей, кВт;

K_u – коэффициент использования.

Для подъемного стола:

$$P_{см1} = 2,25 \cdot 0,9 = 2,025 \text{ кВт}$$

Теперь находим потребляемую реактивную мощность потребителей за смену по формуле (11).

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (11)$$

где $P_{\text{см}}$ – потребляемая активная мощность за смену, кВт;
 $\text{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности.

Для подъемного стола:

$$Q_{\text{см1}} = 2,025 \cdot 1,17 = 2,37 \text{ квар}$$

Далее находим полную потребляемую мощность потребителей за смену по формуле (12).

$$S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2}, \quad (12)$$

где $P_{\text{см}}$ – потребляемая активная мощность за смену, кВт;
 $Q_{\text{см}}$ – потребляемая реактивная мощность за смену, квар;

Для подъемного стола:

$$S_{\text{см1}} = \sqrt{2,025^2 + 2,37^2} = 3,12 \text{ кВА}$$

Аналогичным образом производим расчет мощностей для всех потребителей за смену. Вносим полученные результаты в таблицу (9).

Теперь можно найти максимальную активную нагрузку всех потребителей по формуле (13).

$$P_{\text{м}} = P_{\text{см}} \cdot K_{\text{м}}, \quad (13)$$

где $P_{\text{см}}$ – активная мощность всех потребителей, кВт;
 $K_{\text{м}}$ – коэффициент максимума активной нагрузки;

$$P_{\text{м}} = 91,34 \cdot 1,03 = 94,08 \text{ кВт}$$

Далее найдем максимальную реактивную нагрузку по формуле (14).

$$Q_M = Q_{CM} \cdot K'_M, \quad (14)$$

где Q_{CM} – реактивная мощность всех потребителей, квар.

K'_M – коэффициент максимума реактивной нагрузки;

$$Q_M = 64,23 \cdot 1 = 64,23 \text{ квар}$$

Теперь найдем полную максимальную мощность всех потребителей по формуле (15).

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}, \quad (15)$$

где P_M – максимальная активная нагрузка, кВт;

Q_M – максимальная реактивная нагрузка, квар;

$$S_M = \sqrt{94,08^2 + 64,23^2} = 113,9 \text{ кВА}$$

Полученные результаты вносим в таблицу (9).

Таблица 9 – Сводная ведомость нагрузок

Наименование РУ и электроприемников	Нагрузка установленная						Нагрузка за смену						Нагрузка максимальная			
	$P_{н\prime}$, кВт	n	$P_{н\Sigma\prime}$, кВт	$K_{и}$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{см\prime}$, кВт	$Q_{см\prime}$, квар	$S_{см\prime}$, кВ·А	$n_{э}$	$K_{м}$	$K'_{м}$	$P_{м\prime}$, кВт	$Q_{м\prime}$, квар	$S_{м\prime}$, кВ·А	$I_{м\prime}$, А
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Компрессор хладагента BITZER Ecoline 4CES-6Y-40S	11	2	22	1	0,75	0,88	22	19,36	29,31	-	-	-	-	-	-	-
Тепловая завеса ИЗТТ НС-9.000TR	9	2	18	1	0,95	0,33	18	5,94	18,95	-	-	-	-	-	-	-
Подъемный стол Energopole SJ 2.0- 1.5, ПВ = 25 %	4,5	1	2,25	0,9	0,65	1,17	2,025	2,37	3,12	-	-	-	-	-	-	-
Кондиционер Haier AB48ES1ERA(S), ПВ = 50 %	7	3	21	0,9	0,8	0,75	18,9	14,18	23,63	-	-	-	-	-	-	-
Холодильная горка Tesey II PORTABLE	0,5	10	5	0,7	0,75	0,88	3,5	3,08	4,66	-	-	-	-	-	-	-
Греющий кабель	3	1	3	1	1	0	3	0	3	-	-	-	-	-	-	-
Приточно-вытяжная система	1,5	4	6	0,6	0,8	0,75	3,6	2,7	4,5	-	-	-	-	-	-	-
Персональный компьютер	1	6	6	0,5	0,7	1,02	3	3,06	4,29	-	-	-	-	-	-	-
Касса	1,5	4	6	0,5	0,7	1,02	3	3,06	4,29	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Принтер RICOH, ПВ = 10 %	1	1	0,32	0,5	0,7	1,02	0,16	0,16	0,23	-	-	-	-	-	-	-
Водонагреватель Haier ES100V-A2, ПВ = 40 %	2	1	1,26	1	1	0	1,26	0	1,26	-	-	-	-	-	-	-
Микроволновая печь Midea MM820CXX-W, ПВ = 10 %	1,5	1	0,47	0,9	0,95	0,33	0,43	0,14	0,45	-	-	-	-	-	-	-
Чайник Redmond RK-G200S, ПВ = 20 %	2	1	0,89	1	1	0	0,89	0	0,89	-	-	-	-	-	-	-
Ларь-Бонета Корсика ЛХН-2100, ПВ = 40 %	1,5	16	15,18	0,65	0,75	0,88	9,87	8,68	13,14	-	-	-	-	-	-	-
Холодильный шкаф Капри 1,5М, ПВ = 40 %	1	3	1,9	0,9	0,75	0,88	1,71	1,5	2,27	-	-	-	-	-	-	-
ИТОГО ЩС	-	-	-	0,83	0,8	0,7	91,34	64,23	111,7	56	1,03	1	94,08	64,23	113,9	173,1
ИТОГО ЩО	-	-	4,52	0,85	0,92	0,43	3,84	1,65	4,18	-	-	-	3,84	1,65	4,18	6,35
Всего на НН	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97,92	65,88	118	179,3
Потери	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,36	11,8	12,03	-
Всего на ВН	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,3	77,68	126,9	-

Таким образом, максимальная расчётная нагрузка на стороне высокого напряжения составляет 126,9 кВА.

4.2 Анализ действующей трансформаторной подстанции

Исследуемое мною предприятие запитано от однитрансформаторной мачтовой подстанции КТП-ВМ 160/10/0,4 с трансформатором ТМ-160/10, который изображен на рисунке 8. Он имеет следующие характеристики: $\Delta P_{xx} = 0,44$ кВт; $\Delta P_{кз} = 2,75$ кВт; $u_{кз} = 4,5$ %; $i_{xx} = 1,8$ %.



Рисунок 8 – Трансформатор ТМ-160/10

С учётом нагрузки осветительной установки найдем потери в трансформаторе:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{M(HH)} = 0,02 \cdot 118 = 2,36 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{M(HH)} = 0,1 \cdot 118 = 11,8 \text{ квар}$$

$$\Delta S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{2,36^2 + 11,8^2} = 12,03 \text{ кВА}$$

С учетом потерь действующий трансформатор должен соответствовать следующему условию:

$$S_T = 160 \text{кВА} \geq S_p = \frac{S_{м(ВН)}}{0,9} = \frac{126,9}{0,9} = 141 \text{кВА}$$

Таким образом, номинальная мощность трансформатора соответствует требованиям существующей нагрузки.

Помимо трансформатора подстанция снабжена и другим оборудованием. Сторона верхнего напряжения имеет в своем составе:

- разъединитель РЛНД1-10/400;
- опорные изоляторы ИОСК 4/10;
- проходные изоляторы П-10/630-7,5;
- вентильные разрядники РВО-10;
- предохранители ПКТ101-10-160-12,5.

Разъединитель изображен на рисунке 9. Он расположен на конечной опоре и позволяет проводить обслуживание и ремонт трансформаторной подстанции без обесточивания воздушной линии высокого напряжения.

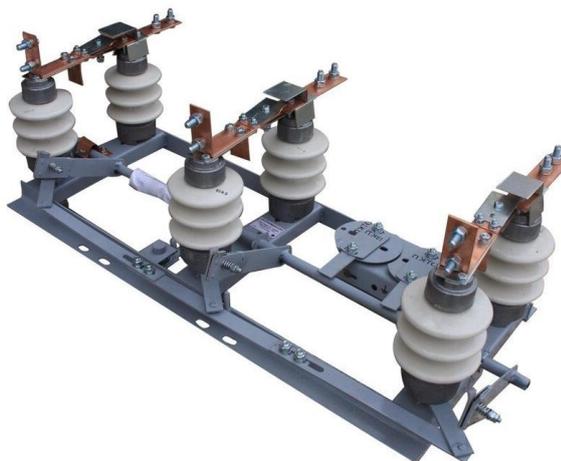


Рисунок 9 – Разъединитель РЛНД1-10/400-УХЛ1

Вентильный разрядник изображен на рисунке 10. В его задачи входит защита оборудования трансформаторной подстанции от перенапряжений вследствие атмосферных явлений.



Рисунок 10 – Вентильный разрядник РВО-10

Сторона нижнего напряжения находится в щите РУНН и снабжена следующим электрооборудованием:

- разъединитель ВР32-37-В71250-400А;
- трансформаторы тока Т-0,66 200/5;
- счетчик ПСЧ-4ТМ.05МК.04;
- автоматический выключатель ВА57-35-340010-160А-2000-690АС.

Наличие такого оборудования защищает от короткого замыкания и перегрузок отходящую кабельную линию, а также позволяет осуществлять контроль потребляемой электроэнергии.

Выводы по разделу 4

В заключительном разделе был произведен расчёт электрических нагрузок предприятия, который позволил проверить соответствие действующей трансформаторной подстанции нагрузке. Дана краткая характеристика трансформаторной подстанции и ее оборудования.

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы был произведен анализ существующей системы освещения торгового центра «Монетка». Система освещения выполнена с использованием устаревших светильников с люминесцентными лампами низкого давления, имеющими малую энергоэффективность по сравнению с современными источниками света, а так же другие недостатки экологического и функционального характера.

Для реконструкции системы освещения в соответствии с требованиями нормативно-технических документов были произведены светотехнические расчеты. На основании этих расчетов были подобраны экономичные современные светильники отечественного производства с высоким коэффициентом полезного действия. Произведен выбор щита освещения, аппаратов защиты, марка и сечение кабелей в соответствии с нагрузкой. Также усматривается установка автоматизированной релейной системы управления освещением без участия персонала.

Произведён расчет электрических нагрузок предприятия и анализ питающей трансформаторной подстанции.

В технико-экономическом разделе выпускной квалификационной работы произведены расчет экономии электроэнергии в денежном эквиваленте при осуществлении проекта реконструкции освещения, а также его срока окупаемости. По рассчитанным данным при годовой экономии электроэнергии 331724 руб. и сроке окупаемости 1 год и 8 месяцев можно сделать вывод, что проект экономически целесообразен, а цели и задачи выпускной квалификационной работы достигнуты.

Список используемых источников

1. Вахнина, В. В. Проектирование осветительных установок: электронное учеб. пособие / В.В. Вахнина [и др.]. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015.
2. Вахнина, В. В. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина [и др.]; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 78 с. : ил. - Библиогр.: с. 76-78. - ISBN 978-5-8259-0929-5.
3. Вахнина, В. В. Системы электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина [и др.] ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с. : ил. - Библиогр.: с. 35. - Прил.: с. 36-46. - ISBN 978-5-8259-0915-8.
4. Вахнина В. В., Самолина О.В., Черненко А. Н. Электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы : электронное учебно-методическое пособие / В. В. Вахнина [и др.] – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2020. – 1 оптический диск. – ISBN978-5-8259-1528-09.
5. Вахнина В. В., Черненко А. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования – Тольятти: ТГУ, 2007. - С.93.
6. Официальный сайт Новатек-электро / Каталог продукции. [Электронный ресурс]. URL: <https://novatek-electro.ru/catalog/> (дата обращения: 06.03.2022).
7. Официальный сайт FAROS LED / Каталог продукции. [Электронный ресурс]. URL: <https://faros.ru/upload/iblock/880/Каталог%2014.01.22.pdf> (дата обращения: 25.01.2022).

8. Официальный сайт ИЕК / Каталог продукции. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iek.ru/products/catalog/> (дата обращения: 28.02.2022).

9. Постановление Правительства РФ от 10.11.2017 № 1356 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения» // Собрание законодательства Российской Федерации, 2017, № 21, ст. 3009.

10. Постановление Правительства Свердловской области от 27.12.2021 № 248-ПК г. Екатеринбург. «Об установлении тарифов на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категорий потребителей по Свердловской области на 2022 год» // Региональная энергетическая комиссия Свердловской области. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/File/GetFile/6601202112300005?type=pdf> (дата обращения: 20.02.2022).

11. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей / . — Москва : Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013. — 332 с. — ISBN 978-5-98908-104-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22732.html> (дата обращения: 06.03.2022).

12. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ)/ Главгосэнергонадзор России. М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007. 610 с.

13. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок. - Текст: электронный // Охрана труда: [сайт]. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/250011/ (дата обращения: 16.02.2022).

14. СНиП 23-05-95. Строительные нормы и правила российской федерации. Естественное и искусственное освещение. - Текст: электронный // Техэксперт: [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001026> (дата обращения: 26.01.2022).

15. СП 31-110-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и

общественных зданий. - Текст: электронный // Техэксперт: [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения: 12.02.2022).

16. СП 439.1325800.2018. Здания и сооружения. Правила проектирования аварийного освещения. - Текст: электронный // Техэксперт: [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554818839> (дата обращения: 7.02.2022).

17. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. - Текст: электронный // Техэксперт: [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084092> (дата обращения: 28.01.2022).

18. Шлыков, С. В. Потребители электрической энергии : учеб. пособие / С. В. Шлыков, В. А. Шаповалов, Н. А. Шаповалова; ТГУ ; Электротехн. фак. ; каф. "Электроснабжение и электротехника". -ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2011.

19. Шпонкина, Ю. Энергосбережение в электроэнергетике. Обострение дефицита энергоресурсов – одна из наиболее актуальных проблем мирового масштаба в среднесрочной перспективе. [Электронный ресурс] // Электротехнический рынок. - 2014. - № 3 (57). - С. 22-24. URL: <https://www.elec.ru/viewer?url=files/2021/09/20/357-2014.pdf> (Дата обращения: 20.01.2022).

20. Charles Alexander. Fundamentals of Electric Circuits. / Charles Alexander, Matthew Sadiku. - 6th Edition - New York, N.Y.: McGraw-Hill Education, 2017.-992 p.

21. Charles Piatt. Encyclopedia of Electronic Components Volume 2: LEDs, LCDs, Audio, Thyristors, Digital Logic, and Amplification. / Charles Piatt, Fredrik Jansson. - First Edition - San Francisco, CA: Maker Media, 2015.-320 p.

22. ИЕК Светотехника. Таблицы коэффициентов использования. [Электронный ресурс]. URL: https://www.iek.ru/products/standard_solutions/download/svetovye-pribory-iek---tablicy-koefficientov-ispolzovaniya.pdf (дата обращения: 5.02.2022).

23. Md. Ruhul Amin. Electrical Power System Analysis. / Md. Ruhul Amin, Rajib Baran Roy. - Saarbrucken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. - 136 p.

24. Stan Gibilisco. Beginner's Guide to Reading Schematics. / Stan Gibilisco. - Third Edition - New York: McGraw - Hill Education, 2014. - 192 p.

25. Tomi Pulli. Advantages of white LED lamps and new detector technology in photometry [Text], 2015. URL: <https://www.nature.com/articles/lisa2015105.pdf> (дата обращения 14.04.2022).