

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Разработка автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра»

Обучающийся

И. Г. Ганзюк

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент, М. Н. Третьякова

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

Тольятти 2023

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа состоит из 59 страниц, 9 рисунков, 5 таблиц и 27 источников.

В данной выпускной квалификационной работе разработана автоматизированная система контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис».

В процессе анализа исследуемого объекта были выявлены факты повышенного расхода электроэнергии электрооборудованием торгового центра «Метрополис». Данный аспект подтверждает актуальность разработки практических рекомендаций по оптимизации системы электроснабжения торгового центра, а так же автоматизации учета и контроля электрической энергии.

Цель выпускной квалификационной работы – уменьшение потерь электрической энергии за счет автоматизации учета и контроля в торговом центре «Метрополис».

Работа носит учебно-исследовательский характер и основана на опыте реальных разработок автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии.

Структура выпускной квалификационной работы включает введение, четыре части, заключение, список используемой литературы.

## Содержание

Введение.....	5
1 Общая характеристика торгового центра «Метрополис» и анализ требований к системам контроля и учета электроэнергии.....	7
1.1 Общая характеристика торгового центра «Метрополис».....	7
1.2 Характеристика электрических нагрузок и особенностей работы торгового центра «Метрополис» .....	8
1.3 Особенности применения автоматизированных систем учета электрической энергии .....	13
2 Выбор технических средств и разработка основных алгоритмов автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис» .....	21
2.1 Варианты организации автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис» .....	21
2.2 Разработка технических решений автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис» .....	24
2.3 Алгоритм работы автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис» .....	29
3 Обоснование эффективности применения автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис» .....	36
3.1 Аспекты повышения эффективности от внедрения автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии .....	36
3.2 Концепция инвестирования проекта.....	37
3.3 Экономическая эффективность внедрения автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии .....	39
4 Безопасность и экологичность проекта .....	47
4.1 Опасные и вредные факторы при работе с компьютером .....	47
4.2 Анализ микроклимата.....	48
4.3 Анализ уровня шума на рабочем месте .....	49

4.4 Анализ освещения.....	49
4.5 Статическое электричество.....	51
4.6 Электромагнитные излучения .....	51
4.7 Электро- и пожаробезопасность.....	52
Заключение .....	54
Список используемых источников.....	56
Приложение А Список оборудования ТРЦ.....	59

## Введение

«Для того, чтобы спроектировать и обеспечить работоспособность эффективной системы электроснабжения, необходимо решить целый комплекс задач, а именно:

- спрогнозировать динамику роста потребности в электрической энергии ТЦ при расширении производственных мощностей;
- осуществить расчет наиболее оптимального количества источников энергоснабжения ТЦ, при котором они будут способно надежно функционировать;
- спроектировать систему электроснабжения, обеспечивающую необходимый уровень качества электрической энергии;
- осуществить расчет оптимального количества трансформаторных подстанций и определить их класс;
- осуществить расчет наиболее оптимальных схем построения системы электроснабжения ТЦ;
- осуществить выбор наиболее оптимальных средств компенсации реактивных оставляющих электрической энергии.» [4]

На данном уровне развития электроэнергетики важнейшим условием энергоэффективности систем электроснабжения крупных объектов является наличие в их составе и функционирование автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии.

Поэтому тема «Разработка автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра» является весьма актуальной. Актуальность темы обосновывается также тем фактом, что за последние десятилетия наблюдается динамичное повышение стоимости электрической энергии, что приводит к необходимости рационализации ее использовании и сокращения потерь при передаче.

Цель выпускной квалификационной работы – формирование практических, обоснованных рекомендаций по автоматизации учета и контроля электрической энергии торгового центра «Метрополис».

В процессе выполнения работы необходимо решить следующие задачи:

- исследовать специфику ТЦ с целью определения важности автоматизированной системы учета электроэнергии;
- изучить структуру электроснабжения ТЦ;
- изучить системы управления и контроля, а также структуру АСКУЭ;
- разработать мероприятия, направленные на модернизацию существующих систем, которые предназначены для учета электроэнергии;
- подготовить предложения по необходимости и возможности автоматизации системы учета, с целью оптимизации системы расчетов;
- произвести оценку системы организационно-технических мероприятий, направленные на обеспечение безопасных условий труда.

Объект исследования – система автоматизированного контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис».

Предмет исследования – поиск оптимальных подходов в процессе внедрения системы автоматизированного контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис».

# **1 Общая характеристика торгового центра «Метрополис» и анализ требований к системам контроля и учета электроэнергии**

## **1.1 Общая характеристика торгового центра «Метрополис»**

ТРЦ становятся неотъемлемым атрибутом российской торговли.

Торгово-развлекательный центр – это совокупность предприятий торговли, услуг, общественного питания и развлечений, подобранных в соответствии с концепцией и осуществляющих свою деятельность в специально спланированном здании (или комплексе таковых), находящемся в профессиональном управлении [1].

Рассматриваемый в ВКР торговый центр «Метрополис» расположен в Москве. Все его помещения разделены на несколько зон, различающихся функциональным назначением. В первую очередь – это торговая зона. Кроме того, огромную часть ТРЦ занимают места для приёма пищи: кафе, рестораны и бистро. Существенной является развлекательная зона с кинотеатрами и игровыми площадками. Помимо этого, в составе данного объекта имеются помещения, в которых располагаются различные службы, обеспечивающие работу центра по своему назначению. Например, это – энергораспределительный пункт, специализированные инженерные помещения, погрузочно-разгрузочные площадки, места парковки и т.п.

Площади помещений исследуемого ТРЦ приведены ниже:

- торговые площади с продовольственными товарами:  $S_{\text{пом}}=1689 \text{ м}^2$ ;
- торговые площади с промышленными товарами:  $S_{\text{пом}}=1202 \text{ м}^2$ ;
- площадь магазинов одежды:  $S_{\text{пом}}=5649 \text{ м}^2$ ;
- офисные помещения:  $S_{\text{пом}}=3868 \text{ м}^2$ ;
- площадь парковочных мест:  $S_{\text{пом}}=2462 \text{ м}^2$ ;
- подсобные помещения:  $S_{\text{пом}}=764 \text{ м}^2$ ;
- общая площадь:  $S=15643 \text{ м}^2$ ;
- категория пожарной безопасности – В1.

## **1.2 Характеристика электрических нагрузок и особенностей работы торгового центра «Метрополис»**

В состав потребителей электроэнергии ТРЦ входят:

- электрическое освещение;
- бытовое электроснабжение;
- системы кондиционирования воздуха;
- тепловые завесы;
- вентиляционные установки;
- холодильное оборудование;
- оборудование кинотеатров;
- оборудование парка аттракционов.

Рассмотрим более подробно потребителей электроэнергии исследуемого объекта.

Потребителями электроэнергии торгового центра являются электроприборы, как бытового, так и общепромышленного назначения.

Основными потребителями электрической энергии на рассматриваемом объекте являются: технологическое оборудование, комплект вспомогательного оборудования, система освещения и кондиционирования площадей.

«Специфические особенности технологических мощностей и оборудования представляют собой основные факторы, которые формируют условия использования потребителей электроэнергии». [3]

Помещения вспомогательного производственного комплекса относятся к категории сухих.

В условиях торговых предприятий существуют участки и зоны, которые в соответствии с ПУЭ, являются опасными, а именно пожароопасными и взрывоопасными.



Пожароопасными являются такие участки и зоны, в которых постоянно или периодически используются легковоспламеняющиеся и горючие вещества.

«Взрывоопасными являются такие помещения, в которых могут образовываться взрывоопасные концентрации горючих веществ. При наличии в помещении пятипроцентной концентрации взрывоопасных веществ оно относится к классу взрывоопасных. Также взрывоопасной зоной является участок в радиусе пяти метров от оборудования, которое может являться источником выделения взрывоопасных веществ». [2]

В состав основной группы электроприемников электрической энергии входят: силовые трансформаторы, комплекс технологического оборудования, система вентиляции.

«В зависимости от потенциального ущерба в случае нарушения электроснабжения весь комплекс потребителей электрической энергии разделяется на категории. Каждая категория подразумевает наличие определенного количества независимых источников питания и определенную схему электроснабжения, а также наличие устройств защиты». [8]

Список основного оборудования исследуемого торгового центра приведён в приложении А.

Электроприёмники позиций № 1, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12 относятся к электроприёмникам длительного режима работы (S1), а электроприемники позиций № 2, 3, 9, 10, 11, 12, 13 относятся к электроприемникам повторно-кратковременного режима работы (S3).

В зависимости от величины установившейся мощности в кВт, все электроприемники подразделяют на три вида:

- электроприемники большой мощности имеют установленную мощность 120 кВт и выше – как правило, такие электроприемники получают питание от сети с напряжением более одного кВ;
- электроприемники средней мощности – электроприемники, имеющие установленную мощность от 10-120 кВт;

- электроприемники малой мощности – электроприемники бытового назначения, освещения и другие, имеющие установленную мощность до десяти кВт.

Электроприемники меньшей мощности, чем один кВт, как правило, в расчетах не участвуют, если их суммарная мощность не превышает десяти процентов от всей установившейся мощности [4].

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что большинство электроприемников проектируемого объекта относятся к потребителям малой и средней мощности и работают на однофазном и трёхфазном переменном токе [7].

Теперь оценим проектируемый объект с точки зрения вида помещений и состояния окружающей среды.

Электрооборудование, установленное в помещениях ТРЦ, представляет опасность для рабочего и обслуживающего персонала, которое в большой степени зависит от вида помещения и состояния окружающей среды.

В отношении содержания влаги в помещении их подразделяют [6]:

- сухие, в которых относительная влажность не превышает 60%, такие помещения иногда называются нормальными;
- сырые, когда относительная влажность длительно превышает 75%;
- особо сырые помещения, когда относительная влажность близка к 100%, строительные конструкции, провода и электрооборудование покрыты влагой и каплями воды;
- влажные помещения, самый распространенный вид, когда относительная влажность длительно может превышать 60%, но не достигать 75%.

В основе большинства систем электроснабжения лежат электрические установки и оборудование, осуществляющие подачу и распределение электрической энергии к различному оборудованию. В состав СЭС не входят потребители электрической энергии [5].

«Под электроприемниками электрической энергии подразумеваются технологические установки и оборудование, которые преобразуют энергию электрического тока в механическую работу и другие виды энергии (тепловую, химическую и т. п.). При наличии нескольких однотипных приемников электрической энергии они, как правило, объединяются в одну технологическую группу. В условиях торговых предприятий система электроснабжения может состоять из различных видов трансформаторных установок, а именно: питающих, распределительных или преобразовательных. Помимо этого, в состав системы электроснабжения входит сеть линий электропередач.» [5]

«Основными требованиями, которые необходимо учитывать в процессе проектирования системы электроснабжения ТЦ, являются:

- обеспечение требуемого уровня относительно удобств эксплуатации СЭС;
- обеспечение требуемого уровня относительно безопасности СЭС;
- обеспечение требуемого уровня качества электрической энергии, а также производительности;
- обеспечение требуемого уровня надежности и бесперебойности функционирования СЭС;
- обеспечение требуемого уровня затрат» [8] при проектировании и создании СЭС.

В случае наличия в энергетической системе ТЦ существенной реактивной составляющей имеют место негативные последствия в виде электромагнитных полей и потерь электрической энергии.

Известно, что при наличии в составе нагрузки значительной реактивной составляющей в системе электроснабжения происходит увеличение нагрузки на проводники и систему распределения электроэнергии. В связи с этим необходимо закладывать проводники с большим сечением, что приводит к удорожанию всей системы электроснабжения в целом [9].

«Для компенсации реактивной составляющей электрической энергии предусмотрены специальные компенсирующие устройства.» [2] Если данных устройств нет, то в системе электроснабжения резко снижается ее экономическая эффективность.

При наличии в сети большого уровня реактивных составляющих нагрузки в сети электроснабжения может резко проседать напряжение питания, что приводит к общему снижению качества электрической энергии. При этом элементы системы электроснабжения подвергаются негативному действию повышенной токовой нагрузки, что приводит к дополнительным затратам на их обслуживание и ремонт.

Как нагрузка системы электроснабжения, так и ее составляющие элементы являются источниками реактивных токов и мощностей в сети. «Эти составляющие негативно сказываются на качестве электрической энергии и являются источником дополнительных потерь и снижения экономической эффективности СЭС. Также источниками реактивных токов являются проводники и кабельные соединения. Для того, чтобы обеспечить высокую стабильность работы СЭС и высокий уровень качества электрической энергии необходимо предусмотреть наличие в электрической схеме средств компенсации реактивных токов.» [10]

В современных электрических сетях потребители электрической энергии являются основным источником реактивных токов в сети электроснабжения.

«Условиями выполнения требований надежности электроснабжения являются: обеспечение возможности резервирования каждой из линий электроснабжения, а также объединение сетей, по которым осуществляется электроснабжение потребителей. В связи с тем, что все элементы электроснабжения ТЦ входят в состав общей структурной схемы организации, при их размещении необходимо учитывать все особенности расположения уже имеющихся сетей и оборудования.» [15]

Одним из основных условий обеспечения высокого уровня надежности системы электроснабжения является четкое понимание возможных режимов работы оборудования и СЭС непосредственно после возникновения нештатной или аварийной ситуации. Под аварийными режимами работы подразумеваются нештатные режимы работы, которые возникают вследствие различных сбоев и нарушениях стабильности параметров СЭС. Под послеаварийный режимом работы подразумевается период работы, в течение которого происходит восстановление всех отклонившихся параметров от нормальных значений [11].

Наиболее важным и необходимым свойством любой системы электроснабжения торгового предприятия является ее возможность электроснабжения основного комплекса технологического оборудования в послеаварийном режиме функционирования. Во время нахождения системы в послеаварийном режиме функционирования без электроснабжения некоторое время могут находиться потребители электрической энергии третьей категории, а также некоторая часть потребителей электрической энергии второй категории.

Выбор наиболее оптимальной величины питающего напряжения согласно [22] «осуществляется в соответствии с:

- уровнем потребляемой мощности оборудованием объекта;
- расстоянием между объектом и источником электрической энергии;
- допустимые значения питающих напряжений всего комплекса нагрузок объекта.» [22]

### **1.3 Особенности применения автоматизированных систем учета электрической энергии**

Контроль потребления энергоресурсов – одна из важнейших задач современности.

Учитывая, что в России электроэнергия приобретается не в качестве товара, а в качестве услуги, ее неправомерное использование не считается напрямую уголовным преступлением.

«В настоящее время особую актуальность приобрел вопрос обеспечения высокой степени рациональности использования энергетических ресурсов на всех стадиях, от проектирования систем электроснабжения до их эксплуатации. Вопрос энергосбережения является очень важным, так как в настоящее время не существует альтернативных источников энергии, которые могли бы широко применяться во всех производственных отраслях.

В сфере энергосбережения действует законодательный акт № 261-ФЗ, который отражает стратегию формирования высокоэффективной и энергосберегающей системы электроснабжения» [12]

Как и все товары и услуги, электрическая энергия характеризуется уровнем качества, которое определяется с помощью определенного набора параметров и показателей. Показатели качества электрической энергии регламентированы стандартами и нормами. Электрическая энергия представляет собой продукт, который предоставляется пользователю. Обеспечение потребителя электрической энергией представляет собой услугу.

Основные критерии и требования к качеству электрической энергии, которая поставляется на объекты коммерческой торговли, изложены в отраслевых нормах и стандартах. Основное требование – обеспечение рационального и безопасного процесса эксплуатации системы электроснабжения, а также полное соответствие всему комплексу требований, изложенных в ГОСТ 32144-2013.

В данном законодательном акте предусматриваются основные направления развития энергоэффективной системы и способы ее реализации в современных условиях.

Помимо этого закона существует множество более локальных регламентирующих документов относительно обеспечения

высокоэффективных систем электроснабжения в различных сферах и отраслях народного хозяйства [23].

Для объединения и систематизации всех современных принципов и подходов к формированию энергетически эффективных систем электроснабжения был разработан Федеральный закон № 261-ФЗ.

На основании актуального состояния энергоснабжающей отрасли законодательство должно вносить необходимые коррективы с учетом современного уровня развития науки и техники с целью постоянного совершенствования эффективности использования энергетических ресурсов в условиях различных предприятий и в народном хозяйстве. На сегодняшний день законодательство в сфере энергоснабжения далеко не совершенно и нуждается в тщательной проработке и изменении в соответствии с современными тенденциями развития энергетической отрасли [13].

На сегодняшний день очевидно, что законодательство в сфере электроэнергетики должно совершенствоваться путем его актуализации и адаптации под современные реалии технического прогресса и развития нормативно-правовой базы. При этом необходимо также учитывать и особенности рыночных отношений в энергетическом секторе экономики как внутри страны, так и на международных рынках.

Поворотным моментом в этом вопросе стало применение автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии – АСКУЭ.

Система коммерческого учета позволяет легко выгрузить обработанные данные в специализированные программы (ГИС ЖКХ, 1С и др.) для облегчения работы.

Порядок установки, интеграция и эксплуатация системы коммерческого учета электроэнергии строго регламентируются требованиями работы на оптовом рынке электроэнергии (ОРЭМ).

Предприятие не имеет возможности осуществления деятельности на ОРЭМ без автоматизированной информационно-измерительной системы

коммерческого учёта электроэнергии, прошедшей порядок определенной аттестации.

В то время как установка счетчика АСКУЭ регламентируется законодательством на розничном рынке электроэнергии (РРЭМ) в соответствии с требованиями Постановления Правительства РФ от 19.06.2020 №890 «О порядке предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии» и позволяет решить задачи обмена информацией между сетевыми, сбытовыми организациями, гарантирующими поставщикам. АСКУЭ обладают всем необходимым для дальнейшей аттестации в систему АИИС КУЭ и является менее затратным решением, не требующим проведения ПИР и СМР.

Современные комплексы автоматизированного контроля расхода электрической энергии обладают следующим функционалом [24]:

- контроль расхода электроэнергии в режиме реального времени абонентами сети;
- возможность дистанционного контроля за показаниями приборов учета расхода электрической энергии;
- непрерывный контроль текущего технического состояния приборов учета;
- наличие возможности расчета стоимости потребляемой электроэнергии исходя из различных тарифов;
- оперативное обнаружение несанкционированных подключений и аварийных участков электрической сети;
- обнаружение участков электрической сети с утечками;
- отсутствие необходимости большого количества персонала и операторов системы контроля;
- автоматизация процедуры формирования расчетных документов для оплаты за предоставляемые услуги;
- контроль своевременности оплаты абонентами потребляемых услуг по электроснабжению;



- полная автоматизация контроля показаний приборов учета и повышение точности работы системы в связи с отсутствием человеческого фактора;
- постоянная актуализация базы данных с показаниями приборов учета.

Рассматриваемая система способна контролировать показания приборов учета и регистрировать их с максимальной точностью. При необходимости все хранящиеся в базе данных данные могут быть предоставлены для решения спорных ситуаций.

Также современные АСКУЭ – это качественный инструмент для модернизации и развития инженерно-технической сферы. За счет наличия на различных объектах автоматизированных систем контроля и учета потребляемой электроэнергии возможно реализовать следующие мероприятия [25]:

- комплексная оптимизация системы диспетчерского контроля;
- комплексная оптимизация функционирования различных ремонтных и восстановительных органов;
- комплексная оптимизация проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту объектов энергетической инфраструктуры;
- комплексная автоматизация процедур модернизации и обновления оборудования.

Также системы автоматизированного учета способны организовать и систематизировать большое количество территориально распределенных организаций в единую систему с общим центром управления.

В состав любой системы АСКУЭ должны входить следующие компоненты:

- датчики и измерительные устройства учета;
- набор оборудования для приема, обработки и передачи данных;
- информационный центр верхнего уровня.

В состав всех систем учета и контроля расхода ресурсов входят приборы, которые называются счетчиками. Современные счетчики являются

цифровыми устройствами, работа которых обеспечивается наличием в их составе микропроцессоров.

Все приборы учета имеют тот или иной класс точности. Класс точности приборов учета, которые применяются в коммерческих организациях, должен быть достаточно высоким [26].

Также все приборы учета наделены различными дополнительными функциями, а именно:

- контроль расхода реактивной и активной составляющих;
- контроль динамики потребления ресурса в течение заданного временного отрезка;
- организация базы данных, в которой хранится информация о получаемых с приборов учета показаний;
- контроль качественных показаний электрической энергии, например величины напряжения, параметров качества электроэнергии и т.д.

В базу данных попадают показания именно в тех единицах, в которых необходимо вести учет. Скорость передачи данных от прибора учета к ПК достаточно высока, что обеспечивает высокую производительность быстродействие системы. При необходимости информация о показаниях прибора учета некоторое время может находиться в памяти самого прибора. Это необходимо для того, чтобы при сбоях в работе информация не была потеряна безвозвратно. При передаче данных от прибора учета на ПК оператора система постоянно контролирует ее подлинность.

При выборе того или иного интерфейса системы необходимо руководствоваться спецификой решаемых задач.

Средний уровень системы учета представляет собой устройства, обеспечивающие сбор, обработку и передачу данных с приборов учета.

При создании автоматизированной системы учета расхода электрической энергии необходимо привлекать большое количество различных специалистов. Это необходимо в связи с тем, что данная задача является достаточно сложной и ее невозможно решить без наличия опытных

и квалифицированных специалистов. Наиболее оптимальным вариантом является сотрудничество с более крупными разработчиками таких систем, которые способны решить максимально большое количество задач, стоящих перед разработчиками АСКУЭ.

Для того, чтобы постоянно поддерживать показатели качества электрической энергии на необходимом уровне, требуется реализация целого комплекса мероприятий по контролю этих показателей качества. Современные приборы контроля и учета электроэнергии, входящие в состав АСКУЭ, позволяют контролировать не только расход, но и показатели качества электроэнергии, что является весьма важным для экономии электроэнергии данным электропотребителем. «Электроэнергия должна поставляться потребителям надлежащего качества. Показатели качества регламентируются ГОСТ 32144-2013. Несоблюдение требований указанного документа может привести к перебоям в работе электрооборудования потребителей и авариям. Пока этого не случилось, большинство потребителей не задумываются о качестве, а если прижмет, озадачиваются вопросом, как доказать вину поставщика электроэнергии и заставить его поставлять качественное электричество. На рынке стали появляться счетчики, которые измерения показателей качества проводят по классу А. Например, это счетчик ESM производства Инженерного Центра «Энергосервис»» [5]

«Еще одна возможность оценки качества электроснабжения электросчетчиками – измерения уровня напряжения и частоты в сети. Большинство цифровых электросчетчиков могут фиксировать мгновенных значениях с параметрами потребления (напряжения, токи, мощности, углы сдвига, косинус фи, частота). Но время обработки запросов на получение таких данных - продолжительное, поэтому счетчики не могут обеспечить возможность вести постоянный мониторинг с получением данных чаще, чем раз в минуту. Информация о параметрах потребления между запросами теряется, так что краткосрочные выходы за допустимые пределы по напряжению и частоте могут остаться незамеченными. Однако в течение

длительного интервала времени вы сможете получить более-менее достоверную картину по фактическим уровням напряжения и частоты.» [5]

В настоящее время в РФ к показателям качества электрической энергии предъявляются достаточно жесткие требования, которые во многом превосходят стандарты качества электроэнергии в ряде европейских стран.

Показатель величины напряжения в электрической сети играет важную роль для нормальной работы электроприемников. Действующее значение напряжения может быть линейным, а может быть и фазным (зависит от схемы подключения электроприемника) [27].

Выводы по первому разделу.

В данном разделе работы дана общая характеристика торгового центра «Метрополис». Большинство электроприемников проектируемого объекта относятся к потребителям малой и средней мощности и работают на однофазном и трёхфазном переменном токе. Помещения рассматриваемого торгового центра относятся к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током.

Последовательно обоснована необходимость внедрения в состав электроснабжения торгового центра «Метрополис» АСКУЭ.

## **2 Выбор технических средств и разработка основных алгоритмов автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис»**

### **2.1 Варианты организации автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис»**

Проанализируем два наиболее распространённых подхода к построению АСКУЭ:

- канал связи между счетчиком и персональным компьютером (ПК) с использованием оптического порта;
- АСКУЭ с многоуровневой структурой.

Оптический канал связи является наиболее простым вариантом организации связи. При такой схеме нет прямого канала между датчиком и ПК. На ПК установлено специальное ПО, которое осуществляет формирование специальных исполнительных файлов. С их помощью осуществляется опрос датчиков и сбор всех показателей и данных с их последующей передачей на ПК. Все данные и показатели со счетчиков оптического типа поступают на ПК оператора, который оснащен соответствующим программным обеспечением. После сбора всей информации ПО осуществляет формирование отдельного файла со всеми результатами измерений. Такой способ организации мониторинга показателей датчиков является не самым эффективным. Самым значимым недостатком такого способа является большая трудоемкость. Применение оптического канала связи обеспечивает решение следующих задач [14]:

- достоверность измеряемых параметров;
- возможность монтажа датчиков и дистанционный контроль расхода электроэнергии на всех объектах;
- возможность установки пределов потребления электроэнергии с целью обеспечения правильности работы оборудования и

предотвращения перегрузок.

В случае АСКУЭ с многоуровневой структурой между датчиками и ПК оператора имеется прямой канал связи. Существует специальный протокол, в соответствии с которым происходит опрос датчиков. Для формирования первичной базы данных с собранными показателями датчиков имеется специальный информационный центр, который относится к классу среднего уровня. Каждый канал связи настраивается индивидуально в связи с его спецификой, назначением и типом применяемых датчиков. Программное обеспечение способно организовать независимую и параллельную работу нескольких информационных центров по сбору и обработке данных. Между информационными центрами различных уровней также предусмотрено наличие прямых каналов связи. Существует несколько разновидностей каналов связи, а именно: выделенные каналы, коммутируемые каналы, прямые каналы. В соответствии с заложенным алгоритмом под управлением программного обеспечения происходит информационный обмен данными между информационными центрами различных уровней.

Применение многоуровневой АСКУЭ позволяет решать следующие задачи:

- высокоточное измерение параметров;
- сбор и учет показателей счетчиков электроэнергии в автоматическом режиме;
- автоматизация процессов расчета платежей и автоматическая рассылка счетов для оплаты;
- постоянный контроль параметров электрической сети и оборудования, а также автоматическое выявление аварийных участков электрической сети;
- автоматизация процедур систематизации показателей и формирование базы данных с возможностью создания отчетов;
- возможность оперативного контроля текущего состояния системы электроснабжения.

Таким образом, проведенный анализ установил, что наиболее оптимальным вариантом является многоуровневый способ организации АСКЭУ.

Многоуровневая система АСКЭУ имеет ограниченный срок эксплуатации. Это обусловлено тем, что входящие в ее состав датчики и прочее оборудование также имеют ограниченный срок службы, который может составлять от восьми до 16 лет. На практике же программное обеспечение (ПО) системы обновляется, в среднем, каждые два года. Таким образом, очевидна необходимость проведения модернизационных работ с периодичностью не реже, чем каждые четыре года эксплуатации. В настоящее время используемое оборудование и ПО в рассматриваемом торговом центре является морально и физически устаревшим и нуждается в замене.

На рисунке 1 представлена схема АСКЭУ, которая будет рассматриваться в рамках настоящей ВКР. Данная схема имеет три уровня.

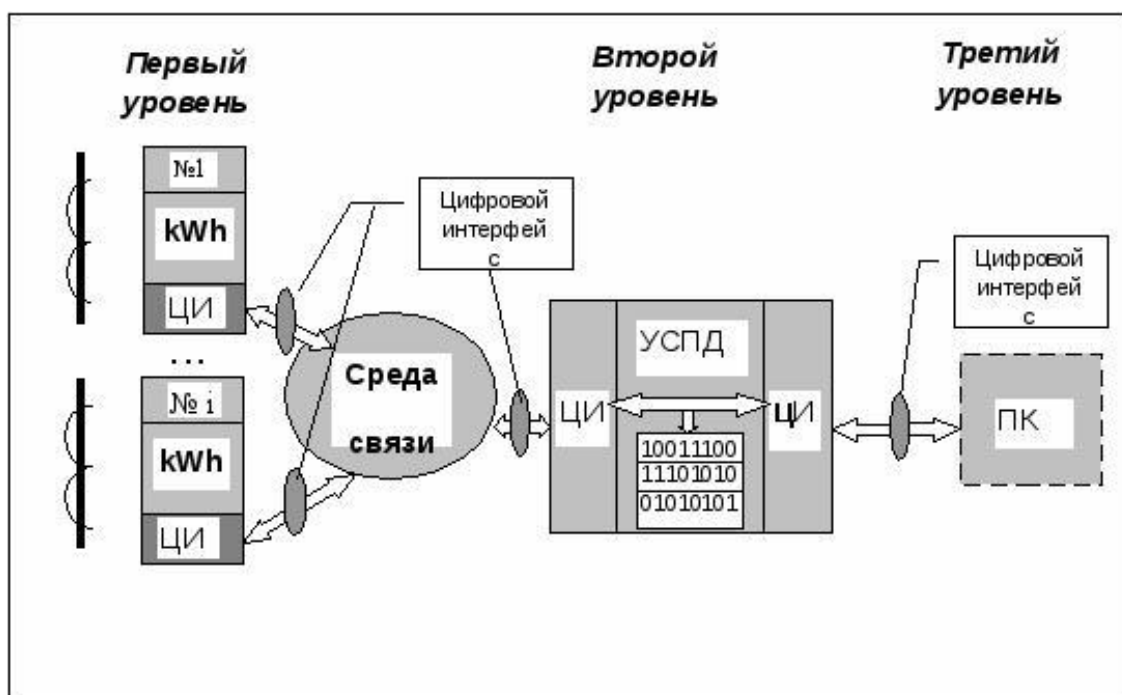


Рисунок 1 – Три уровня структуры АСКЭУ

Первый уровень рассматриваемой схемы представлен набором

измерительных датчиков, которые осуществляют непрерывный контроль и учет потребления электрической энергии. Датчики могут иметь различные выходы – аналоговые и цифровые.

Второй уровень рассматриваемой схемы представлен специальным оборудованием, предназначенным для первичного сбора данных с приборов учета, а также их обработку. Второй уровень представляет собой измерительный комплекс, работающий под управлением программного обеспечения, и является устройством преобразования данных. Рассматриваемая система способна в автоматизированном режиме осуществлять непрерывный сбор, обработку и передачу данных с приборов учета расхода электрической энергии, которые распределены на территории рассматриваемого объекта [15].

Третий уровень рассматриваемой схемы представлен сервером, который выполняет функции по конечной обработке информации. Программное обеспечение сервера обеспечивает систематизацию, структуризацию и обработку данных, поступающих с нескольких информационных центров. Также сервер может в автоматическом режиме формировать необходимую отчетную документацию и счета для оплаты предоставляемых услуг по электроснабжению.

Между всеми тремя уровнями АСКУЭ существуют каналы связи. Стандартизированные типы интерфейсов применяются для организации линии связи между ПИП и УСПД. Локальная сеть обеспечивает канал связи между УСПД и сервером верхнего уровня.

## **2.2 Разработка технических решений автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис»**

На рассматриваемом объекте будет оборудована автоматическая система, осуществляющая сбор данных о расходуемой электрической энергии, которая расположена на ТП-336 на линии электроснабжения шесть кВ.



Система в автоматическом режиме будет контролировать расход электроэнергии всеми потребителями, а также передавать эти данные на центральный сервер для дальнейшей ее обработки.

Линии электроснабжения шесть кВ будет оборудована приборами учета потребления электрической энергии «Меркурий 230 ART-00 PQRSIDN». Для организации канала связи и передачи данных между сервером и прибором учета будет применяться интерфейс RS-485. В качестве сумматора будет применяться прибор типа СЭМ-2, который будет являться основой УСПД. Оборудование УСПД будет смонтировано в специализированном шкафу, который предполагается расположить на РУ-0,4 кВ РП-2. Электроснабжение шкафа с оборудованием УСПД будет производиться от щита АВР.

УСПД будет реализовывать следующие функции:

- сбор, систематизация и хранение данных, поступающих с приборов учета по каналам связи;
- автоматическая передача данных и показаний на сервер информационного центра;
- организация канала связи по технологии GSM с информационными центрами высших уровней системы.

Проект предусматривает внедрение наиболее эффективной и современной АСКУЭ «Энфорс».

Информационные центры системы будут организованы с применением СУБД *Oracle*. Данное ПО отличается высоким быстродействием и большой емкостью каналов связи. Также данное ПО поддерживает большое количество параллельно работающих каналов связи. Таким образом, обеспечивается высокая скорость работы системы.

Интерфейс программного обеспечения «Энфорс» представлено на рисунке 2.

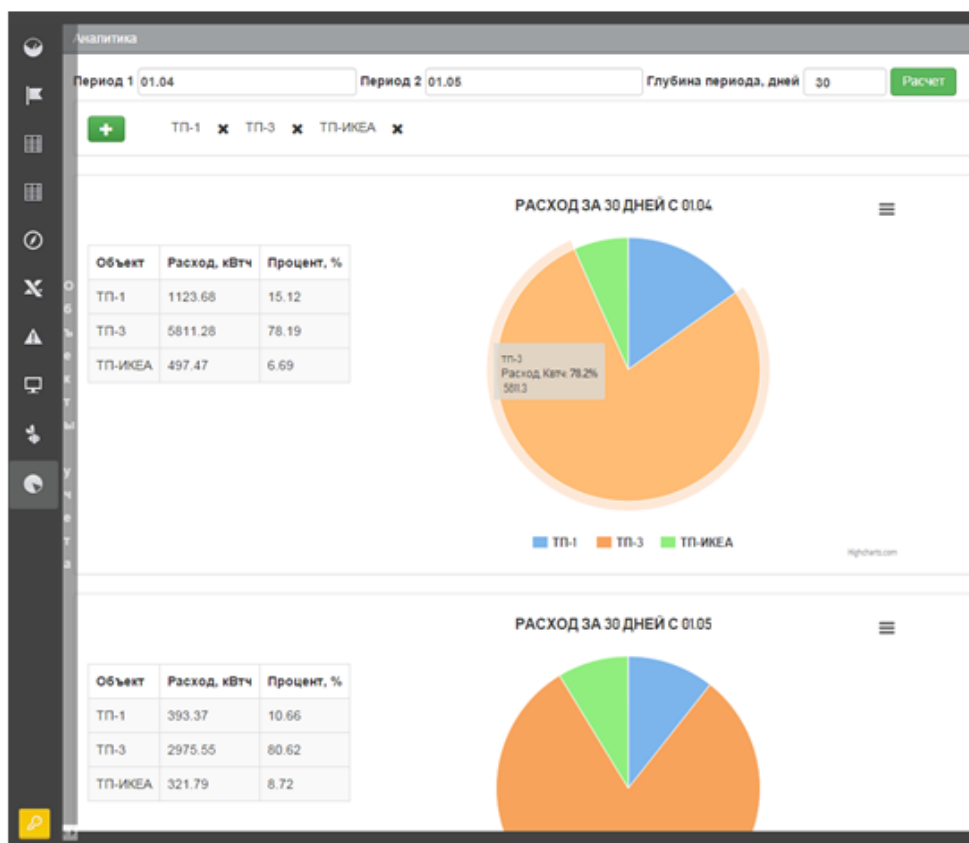


Рисунок 2 - Отчет потребления электроэнергии

Предлагаемая к внедрению автоматизированная система учета потребленной электрической энергии способна с высокой эффективностью решать следующие задачи:

- обеспечение энергоэффективных режимов работы оборудования;
- автоматизация процедур учета потребленной электрической энергии и рассылка счетов для оплаты предоставляемых услуг;
- возможность постоянного контроля работы оборудования и расходуемой электрической энергии;
- мониторинг технического состояния системы учета расхода электрической энергии;
- функции группировки по различным признакам приборов учета расхода электрической энергии;
- функция выявления несанкционированных подключений к системе

электроснабжения.

При реализации проекта по внедрению новой АСКУЭ будет решена проблема не оптимального использования энергетических ресурсов, которая обусловлена нерациональным потреблением электрической энергии.

Комплекс работ по внедрению новой АСКУЭ подразумевает реализацию следующих мероприятий:

- процедура инициализации;
- процедура установки нового ПО на рабочие места;
- процедура отладки и настройки системы;
- процедура обучения работе с новой системой сотрудников организации.

Весь перечень задач по внедрению новой системы должен быть решен в рамках вышеуказанного комплекса мероприятий. На рисунке 3 отображена схема реализуемых процессов в ходе внедрения новой АСКУЭ.

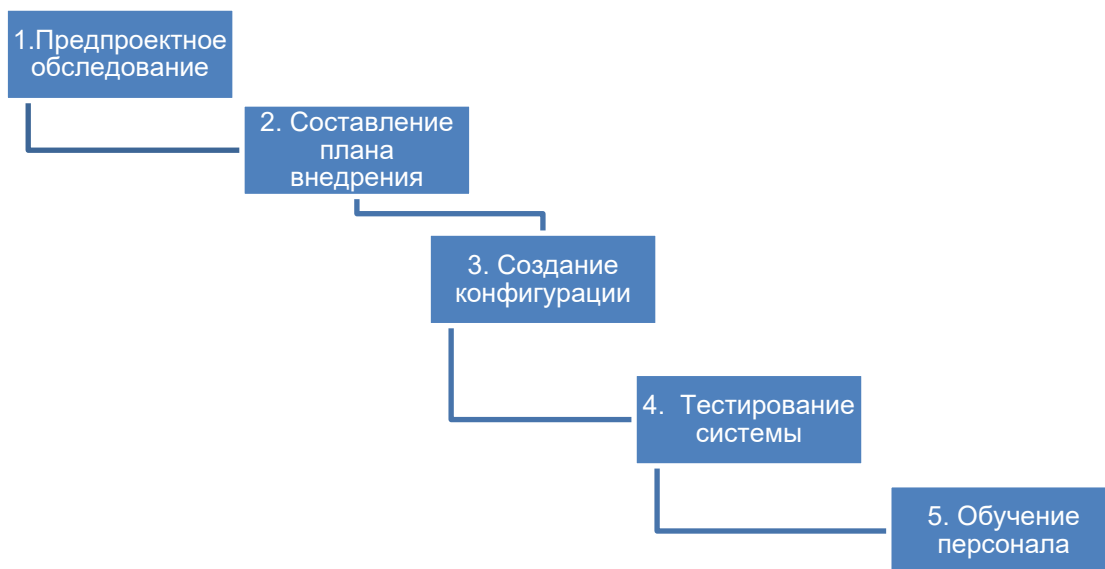


Рисунок 3 - Процессы комплексного этапа внедрения

Процесс «Предпроектное обследование».

В процессе предпроектного обследования осуществляется подробный

анализ рабочих процессов организации в соответствии с предметной областью, которая определяется комплексом необходимых условий внедрения системы. На данном этапе определяется ряд процессов, нуждающихся в автоматизации. При предпроектном обследовании происходит формирование требований заказчика к системе [16].

«Процесс «Составление плана внедрения».

На этой стадии составляется подробный план-график по планируемым мероприятиям. Также осуществляется распределение ответственности между исполнителями и уточняются сроки, в рамках которых проект должен быть полностью реализован.» [16]

«Процедура «Создание конфигурации».

В процессе данной стадии осуществляется комплекс работ по настройке системы под конкретных пользователей с учетом специфики их деятельности. При создании конфигурации проводится самый большой объем работ так как данная стадия определяет конечную эффективность системы.» [16]

«Процесс «Тестирование системы».

В процессе реализации работ по тестированию системы осуществляются следующие мероприятия:

- анализ исходной информации и начальных установок;
- тестирование системы с целью формирования оптимальной логики управления;
- окончательная отладка системы с формированием нескольких концепций для дальнейшей оптимизации.

При реализации стадии тестирования необходимо провести работы по проверке фотографической информации.» [16]

«Процедура «Обучение работе с новой системой сотрудников организации».

При проведении работ по обучению сотрудников необходимо учитывать их квалификацию. При наличии у персонала определенного опыта работы с подобными системами данная стадия может быть исключена из системы

реализации проекта. Персонал может приступать к изучению новой системы только после того, как ее тестовая версия будет готова к функционированию в составе рассматриваемой организации.

При проведении обучения персонала имеется возможность вносить коррективы в настройки системы. В процессе этапа обучения происходит постоянная доработка технических и программных архитектур существующих модулей, которая обеспечивает поддержку новейших программных и технических возможностей. Также происходит доработка технической и проектной документации.» [16]

«Этап опытной эксплуатации начинается с момента вывода экспертной комиссии об успешном решении системой всех поставленных перед ней задач. Опытная эксплуатация представляет собой комплекс мероприятий, необходимых для анализа степени системы конечному пользователю. Пригодность подразумевает удобство и полезность системы» [17].

### **2.3 Алгоритм работы автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис»**

Рисунок 4 отражает общий принцип функционирования внедряемой системы контроля и учета потребляемой электроэнергии.

Система в автоматическом режиме контролирует расход электроэнергии всеми потребителями, а также передает эти данные на центральный сервер для дальнейшей ее обработки.



Рисунок 4 – Алгоритм работы в штатном режиме получения данных системой

Рассматриваемый режим работы системы подразумевает сбор данных о текущих показаниях приборов учета расхода электрической энергии. При этом операторский ПК в автоматическом режиме сравнивает текущие и предыдущие показания. Если текущие показания оказываются меньше предыдущих, то система регистрирует ошибку и сигнализирует об этом оператору. Все выявленные ошибки хранятся в отдельной библиотеке в базе данных системы [18].

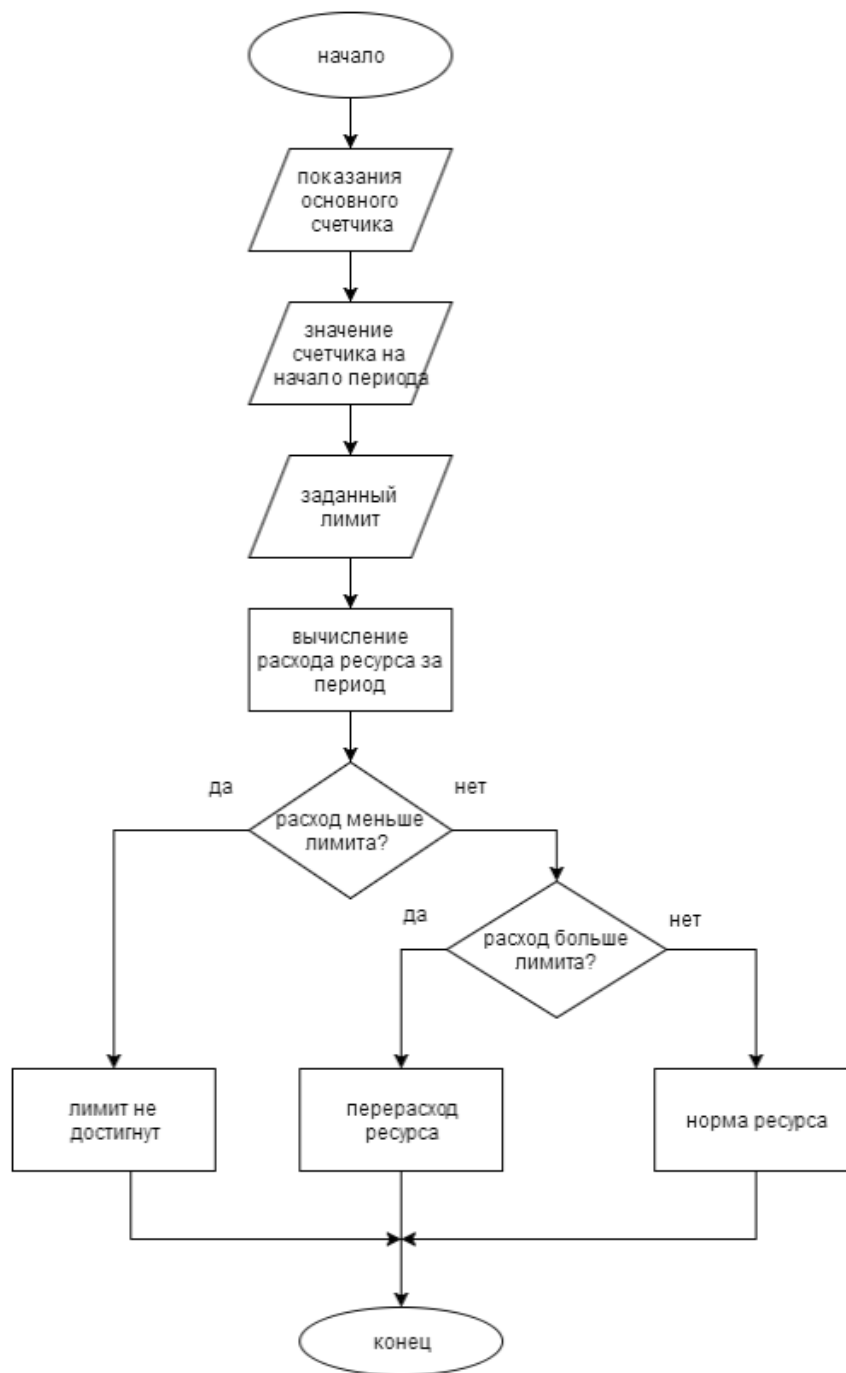


Рисунок 5 – Алгоритм работы системы при наличии ограничения на потребление ресурсов за учетный период

При отсутствии подобных ошибок текущие показания прибора учета заносятся в базу данных для дальнейшей обработки и передачи на высшие уровни системы. При формировании записи в базе данных о текущих показаниях приборов учета регистрируются также и такие параметры как время, число и индивидуальный номер прибора учета.

При отсутствии ошибок по вышеописанному алгоритму система работает в циклическом режиме. На рисунке 5 отражен алгоритм работы системы учета при наличии определенных ограничений на потребление электрической энергии.

По такому алгоритму работает система при установке оператором определенного лимита потребления энергоресурсов. Таким образом для того, чтобы оператор мог получать от системы сигналы о превышении установленного лимита, системе должны быть известны следующие данные:

- последние зарегистрированные показания прибора учета по всему предприятию в целом;
- показания основного прибора учета, соответствующие установленным периодам контроля;
- текущие показания прибора учета.

При наличии данной информации система осуществляет автоматическое определение величины потребления электрической энергии за отчетный период и сравнивает их с установленным лимитом.

В процессе работы система учета и контроля путем сравнения установленного лимита и текущего расхода может определять:

- наличие перерасхода электрической энергии сверх лимитного значения;
- нормальное потребление электрической энергии, когда фактический расход равен установленному лимиту потребления;
- потребление электрической энергии меньше, чем установленный лимит – в таком случае система может быть перенастроена с целью оптимизации потребления электрической энергии и увеличения эффективности работы оборудования.

Для того, чтобы алгоритм, схема которого представлена на рисунке 6 был реализуем, необходимо в систему ввести значения следующих параметров:



- `znach_o` – последние зарегистрированные показания прибора учета по всему предприятию в целом;
- `znach_nachalo` – показания основного прибора учета, соответствующие установленным периодам контроля;
- `znach_lim` – установленный лимит на потребление электрической энергией системой.

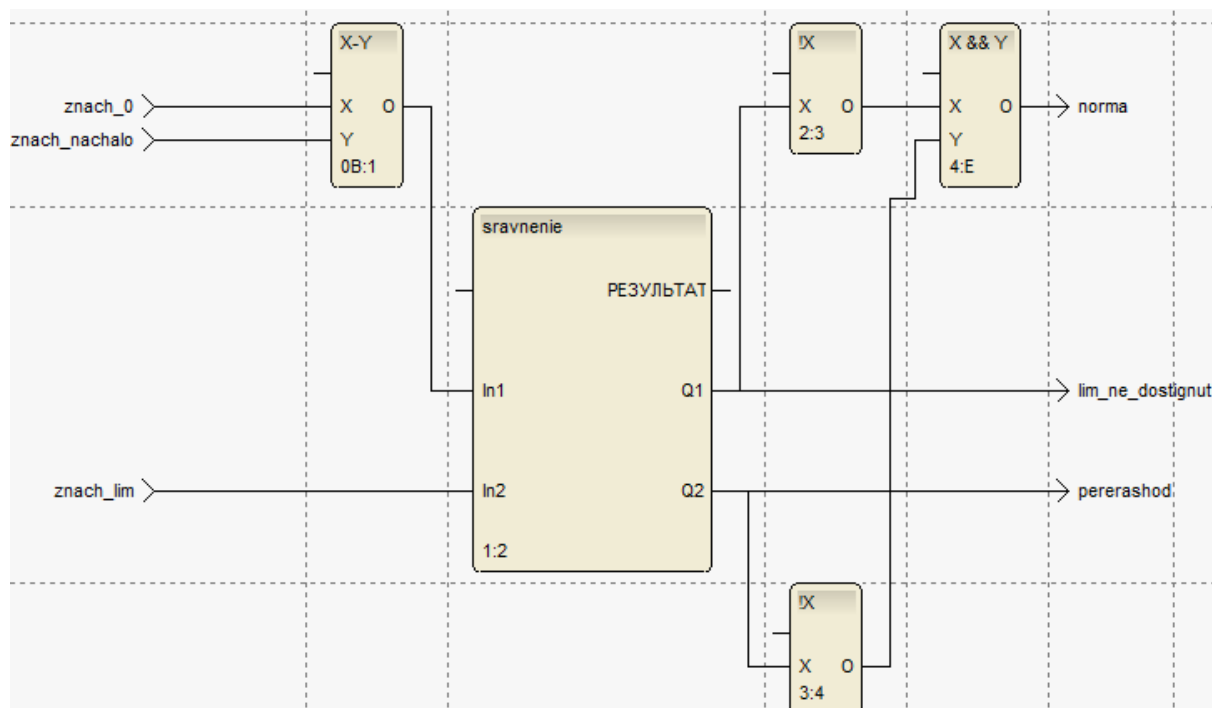


Рисунок 6 – Реализация алгоритма работы системы при наличии ограничения на потребление ресурсов

Значения `znach_o` и `znach_nachalo` должны показывать расход одного и того же вида ресурса, потребляемого предприятием.

Следующими идут блоки логической инверсии.

Рассмотрим работу логических блоков. В случае, если сигнал на входе  $X$  не равен нулю, то значение выхода  $O$  принимает величину, соответствующую единице. При значении на входе  $X$  равном нулю, на выходе  $O$  формируется уровень, соответствующий нулю.

Следующий блок - блок логического умножения.

Данный блок работает по следующей логике: если значения  $X$  и  $Y$  одновременно отличны от 0, то на выходе  $O=1$ , иначе на выходе  $O$  всегда будет 0.

Входными данными для выполнения данной программы являются показания дополнительных счетчиков, а также показание основного счетчика расхода ресурса. Данная программа так же выполнена в виде *FBD*-программы и представлена на рисунке 7.

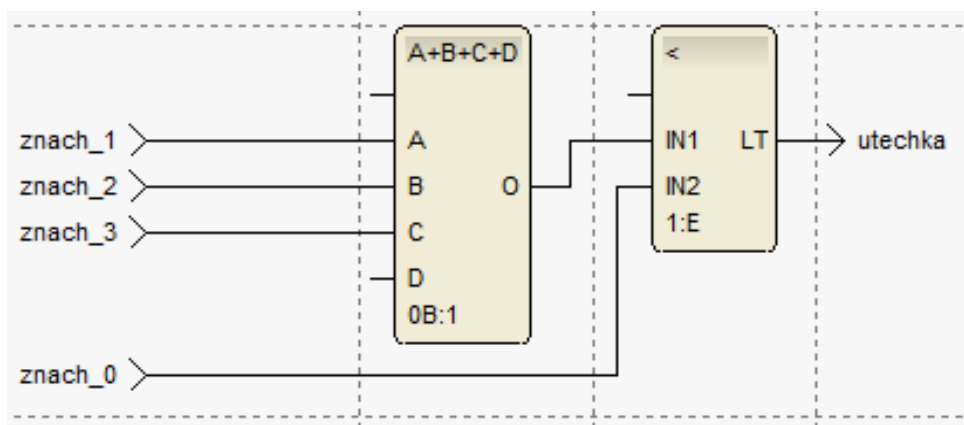


Рисунок 7 – Программная реализация информирования оператора об утечке ресурсов

Входными данными для данной программы являются показания всех счетчиков, которые показывают потребление на предприятии одного рода ресурса.

Данная программа работает для системы, которая состоит из основного счетчика -  $znach_0$  – показание основного счетчика потребления и 3 дополнительных:

- $znach_1$  – показание счетчика №1;
- $znach_2$  – показание счетчика №2;
- $znach_3$  – показание счетчика №3.

Первый блок – блок сложения значений четырех переменных.

Рассмотрим работу этого блока более детально. В случае, когда величина параметра  $IN1$  оказывается меньше величины параметра  $IN2$ ,

система формирует на выходе блока ЛТ значение напряжения, соответствующего логической единице. В противном случае на выходе блока формируется уровень напряжения, соответствующий логическому нулю. После формирования логического нуля или логической единицы на выходе блока, это значение автоматически транслируется переменной *utechka*. После этого на рабочем месте оператора формируется сигнал, который может иметь два значения: при логическом нуле – норма, при логической единице - авария.

Выводы по второму разделу.

Второй раздел выпускной квалификационной работы посвящен выбору технических средств и разработке основных алгоритмов автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис».

В данной разделе подробно исследованы варианты организации автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис». Решено применить многоуровневую систему.

Так же разработаны технические решения автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис». Для внедрения предлагается современная и надежная АСКУЭ «Энфорс».

В завершении раздела разработан алгоритм работы автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис».

### **3 Обоснование эффективности применения автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии торгового центра «Метрополис»**

#### **3.1 Аспекты повышения эффективности от внедрения автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии**

«Основной целью создания АСКУЭ является снижение издержек на энергоснабжение предприятия.» [19]

«Условия проекта подразумевают частичный возврат капиталовложений за счет внедрения энергосберегающих мероприятий и актуализации экономии денежных средств персоналом торгового центра.» [19]

«Комплекс организационных и технических энергосберегающих мероприятий совместно с внедрением АСКУЭ должны привести к значительному эффекту. Однако без применения АСКУЭ реализация энергосберегающих мероприятий не позволяет получить экономию в полном объеме.» [19]

«Согласно оценкам экспертов, при внедрении АСКУЭ имеется вероятность сокращения издержек в платежах за энергоносители на десять процентов от существующего уровня.» [19]

Масштабы охвата приборами учета и выбор основных технических решений определены в результате анализа текущего состояния предприятия.

В процессе написания выпускной работы был проведен приблизительный анализ эффективности применяемых мер и внедряемых технологий, который должен выражаться в снижении уровня потребления электроэнергии и, соответственно, в снижении затрат. В плане по оптимизации использования энергетических ресурсов отражены основные мероприятия, реализация которых позволит существенно сэкономить на платежах за электрическую энергию. Однако на практике был выявлен целый ряд трудностей. Препятствующих реализации всего комплекса работ и

мероприятий в рамках данного плана. Данная неопределенность приводит к затруднению прогнозирования экономического эффекта. Данная неопределенность обусловлена рядом следующих факторов [20]:

- рассматриваемая организация не имеет четкой и однозначной системы контроля расхода финансовых средств, обусловленных потреблением электроэнергии. Таким образом, существующая система учета не пожелит какой-либо систематизации и структуризации, что в свою очередь, не дает возможности реально оценить эффективность предлагаемых решений;
- в связи с постоянным индексированием тарифов на электроэнергию наблюдается устойчивый рост финансовых затрат. Этот фактор не дает возможности четко систематизировать расходы;
- среди основных показателей эффективности деятельности рассматриваемой организации отсутствуют какие-либо данные о финансовых затратах на электроэнергию. Данный фактор обуславливает отсутствие учета этого параметра при анализе деятельности предприятия.

Основным экономическим показателем эффективности реализации предлагаемых технических решений является разница между затратами до и после проведения модернизационных работ. Этот показатель должен иметь положительное значение.

### **3.2 Концепция инвестирования проекта**

Снижение энергозатрат и непроизводственных потерь на десять процентов возможно реализовать за счет повышения уровня автоматизации учета потребления электрической энергии. Также довольно эффективным решением является составление баланса электропотребления между различными производственными подразделениями. Помимо этого, предполагается осуществлять постоянный контроль уровня потребления

электрической энергии всеми электрическими установками.

Четкая система учета энергопотребления всеми потребителями рассматриваемого предприятия обеспечит полноценный учет экономических затрат по данной статье. Таким образом, можно будет повысить энергетическую эффективность системы путем организации замкнутого цикла электропотребления. Такое решение позволит минимизировать потери электрической энергии [21].

Предлагаемая к внедрению АСКУЭ представляет собой высокоэффективный и действенный инструмент, с помощью которого персонал и руководство рассматриваемой организации могут наиболее эффективно контролировать расход электрической энергии. Помимо этого, произойдет оптимизация технологических процессов, что также положительно скажется на энергопотреблении.

Таким образом, при комплексном подходе и реализации организационных, технологических и прочих мероприятий будет достигнут положительный эффект в виде снижения энергопотребления и соответственно сокращения расходов по оплате электрической энергии.

Условия проекта подразумевают возврат капиталовложений за счет стимулирования рабочего персонала к экономии денежных средств в платежах за энергоресурсы (электроэнергия). Потенциальная экономия определяет объёмы инвестиций в создание АСКУЭ. Прогнозируемая экономия составляет десять процентов от уровня текущих энергозатрат.

В основу проекта АСКУЭ положен «принцип самоинвестирования», который подразумевает поэтапное финансирование развития системы.

При реализации рассматриваемого проекта по оптимизации энергетической системы предприятия предлагается реализовать принцип инвестирования и финансирования из средств самой организации. За счет этих средств предполагается реализовать мероприятия по приобретению и внедрению новой системы АСКУЭ.

При наличии положительного экономического эффекта будет

высвободятся средства, которые предлагается направить на дальнейшие работы в рамках развития эффективной системы энергопотребления и совершенствования АСКУЭ.

При поведении анализа системы было выделено несколько основных источников оптимизации энергопотребления, а именно:

- оптимизация тарифной сетки за используемую электрическую энергию;
- оптимизация объемов энергопотребления путем поиска и устранения потерь и совершенствования технологических процессов в части энергетической эффективности;
- оптимизация объемов энергопотребления путем введения лимитов потребления электрической энергии и контроль их соблюдения в автоматическом режиме за счет работы новой системы АСКУЭ;
- автоматизированный контроль работоспособности оборудования и режимов его работы с целью выявления повышенного потребления и его дальнейшего устранения.

Внедряемая АСКУЭ должна иметь инструменты, позволяющие в автоматическом режиме оценивать эффективность своей работы по таким показателям, как окупаемость вложенных средств.

### **3.3 Экономическая эффективность внедрения автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии**

Для расчета экономической эффективности внедрения АСКУЭ в качестве базового года принимается 2021 год. Показатели за это год принимаются как исходные данные для расчета показателей экономической эффективности проекта АСКУЭ.

Степень рациональности организации энергетических хозяйств во многом определяется правильностью планирования своей производственно-хозяйственной деятельности, а так же нормированием и учетом потребления

энергоресурсов.

Объемы потребления определяют подачу электроэнергии на предприятие на каждый момент времени. При неполном использовании электрической энергии происходит ее потеря. В случае повышенного спроса возникают «пиковые» нагрузки.

На рисунках 8 и 9 приведены динамика почасового потребления и суточные срезы потребления.



Рисунок 8 – Динамика почасового потребления за исследуемый период

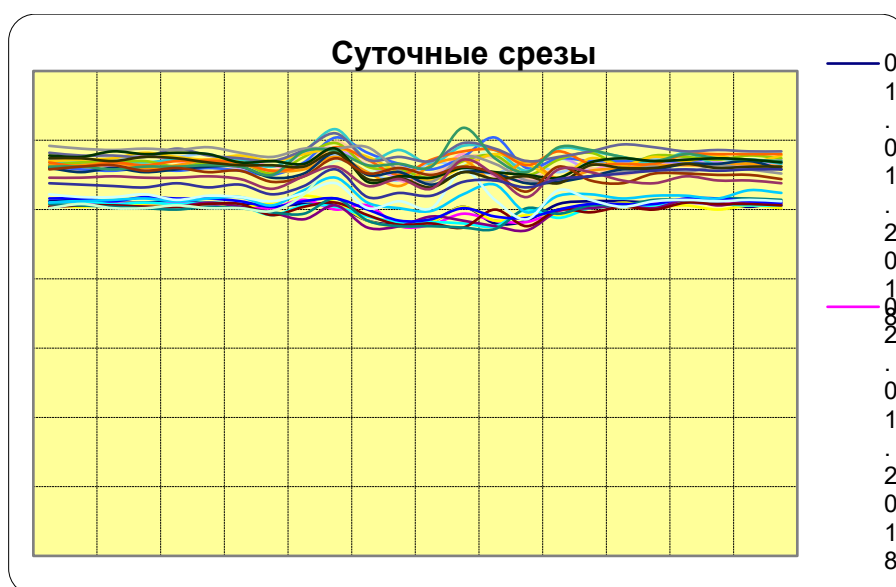


Рисунок 9 – Суточные срезы потребления



В результате проведенного анализа профиля и объемов потребления электрической энергии для оптимизации оплаты потребленной электрической энергии (мощности) выявлено, что расход потребления электрической энергии на протяжении месяца ведется стабильно.

Необходимо оценить эффективность предлагаемых мер, а именно эффективность внедрения системы АСКУЭ.

«При проведении работ по отладке и настройке АСКУЭ необходимо привлекать специалистов сторонних организаций. Основными требованиями к этим специалистам являются: соответствующая квалификация, наличие опыта работы с подобными системами, наличие необходимого оборудования и программных продуктов.» [8] В связи с привлечением сторонних специалистов данная стадия внедрения АСКУЭ является наиболее затратной и дорогостоящей.

Итоговая стоимость реализации проекта складывается из трех основных статей: стоимость проектных работ и работ по созданию необходимой документации, стоимость работ по установке, отладке и настройке системы под конкретные условия эксплуатации, стоимость аппаратной части комплекса:

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{обор}} + K_{\text{монт}}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{проект}}$  – затраты на выполнение проекта, руб.;

$K_{\text{обор}}$  – стоимость комплектов защиты, руб.;

$K_{\text{монт}}$  – затраты на монтаж и отладку оборудования, руб.

По данным экономического отдела предприятия затраты на выполнение проекта составляют:

$$K_{\text{проекта}} = 214,25 \text{ тыс. руб.}$$

Ниже в таблице 1 приведены данные по установке и наладке системы АСКУЭ и учетных щитов.

Таблица 1 – Стоимость установки и наладки системы АСКУЭ и учетных щитов

Система	Стоимость оборудования, тыс. руб.	Стоимость монтажа (40%), тыс. руб.	НДС (20%), тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Система АСКУЭ	801,15	320,46	160,23	961,38
Система учетных щитов	106,82	42,73	21,36	128,18
Итого:	907,97	363,19	181,59	1089,56

Определим проектные капитальные затраты:

$$K = 214,25 + 1089,25 + 363,19 = 1667 \text{ тыс. руб.}$$

Ущерб при отсутствии на объекте автоматики складывается из ущерба от действия аварий и ущерба планового простоя оборудования:

$$Y = Y_{кз} + Y_{пз}, \quad (2)$$

где  $Y_{кз}$  – ущерб от действия аварий, руб.;

$Y_{пз}$  – ущерб от планового простоя оборудования, руб.

Ущерб от действия аварий при наличии на объекте автоматики рассчитывается по формуле:

$$y^{PZA} = y_{ис}^{PZA} + y_{лс}^{PZA}, \quad (3)$$

где  $y_{ис}^{PZA}$  – ущерб, вследствие излишних срабатываний, руб.;

$y_{лс}^{PZA}$  – ущерб, вследствие ложных срабатываний, руб.;

$C_{PZA}$  – затраты на установку и содержание устройств, руб.

Эффективность системы АСКЭУ определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{PЗ} = Y + Y^{PЗA}. \quad (4)$$

Рассчитаем экономическую эффективность для защиты силовых трансформаторов.

Определим ущерб, обусловленный разрушительным действием на выводе трансформатора:

$$Y_{KЗ} = P_{max} \cdot \alpha \cdot K_B \cdot \varepsilon, \quad (5)$$

где  $P_{max} = 10000$  кВт – суммарная нагрузка нормального режима;

$\alpha = 7,5$  тыс.руб./кВт – ущерб от аварийных ограничений;

$\varepsilon = 0,25$  – коэффициент ограничений нагрузки потребителей;

$K_B$  – коэффициент вынужденного простоя:

$$K_B = \sum_{i=1}^n T_{vi} \cdot \omega_i, \quad (6)$$

где  $T_{vi}$  – среднее время восстановления элементов электрических сетей;

Для трансформатора:  $T_B = 10 \cdot 10^{-3}$  лет/отказ,  $\omega_i = 0,01$  отказ/год.

Для выключателя: 6 кВ  $T_B = 1,5 \cdot 10^{-3}$  лет/отказ,  $\omega_i = 0,02$  отказ/год.

Для шин:  $T_B = 0,25 \cdot 10^{-3}$  лет/отказ,  $\omega_i = 0,01$  отказ/год.

Получим:

$$K_B = (10 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01) + (1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02) + (0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01) = 0,133 \cdot 10^{-3}.$$

Подставим числовые значения в формулу:

$$Y_{KЗ} = 10027 \cdot 7,5 \cdot 0,133 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 = 2,5 \text{ тыс. руб.}$$

Определим ущерб, обусловленный плановым простоем:

$$Y_{ПП} = P_{max} \cdot \beta \cdot K_{П} \cdot \varepsilon, \quad (7)$$

где  $\beta = 4$  тыс. руб. – ущерб от плановых ограничений электроснабжения;

$K_{П}$  – коэффициент планового простоя:

$$K_{П} = K_{П}^{ТР} + K_{П}^{ВЫКЛ} + K_{П}^{ШИН}, \quad (8)$$

где для трансформатора  $K_{\text{т}}^{\text{ТР}} = 40 \cdot 10^{-3}$ ;

для выключателя  $K_{\text{п}}^{\text{ВЫКЛ}} = 2 \cdot 10^{-3}$ ;

для сборных шин  $K_{\text{п}}^{\text{ШИН}} = 0,2 \cdot 10^{-3}$ .

Подставим числовые значения в формулу:

$$U_{\text{шт}} = 10027 \cdot 4 \cdot (40 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3} + 0,2 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,25 = 423,14 \text{ тыс. руб.}$$

Определим ущерб, вследствие излишних срабатываний защиты:

$$U_{\text{ИС}}^{\text{РЗА}} = q_{\text{тр}} \cdot q \cdot \omega_i \cdot M(\text{Ц}_и) \cdot t_p, \quad (9)$$

где  $t_p = 0,1$  год;

$q_{\text{тр}} = 0,985$  – вероятность отсутствия ремонта на трансформаторе;

$q = 0,999$  – вероятность рабочего состояния;

$\omega_i = 0,07 \cdot 10^{-2}$  отказ/год – параметр потока срабатываний защиты

$a = 1,78$  руб./кВт·ч – стоимость 1 кВт·часа недоотпущенной электроэнергии;

$M(\text{T}'') = 1$  час – продолжительность ликвидации аварий;

$M(N_1) = 1000$  кВт – средние нагрузки узлов;

$M(\text{Ц}_и) = 1,78 \cdot 1 \cdot 1000 = 1780$  руб.

Подставляем числовые значения в формулу (9):

$$U_{\text{ИС}}^{\text{РЗА}} = 0,985 \cdot 0,999 \cdot 0,0007 \cdot 1780 \cdot 0,1 = 0,123 \text{ руб.}$$

Определим ущерб, вследствие ложных срабатываний:

$$U_{\text{ЛС}}^{\text{РЗА}} = q_{\text{тр}} \cdot q \cdot \omega_l \cdot M(\text{Ц}_л) \cdot t_p, \quad (10)$$

где  $\omega_l = 0,05 \cdot 10^{-2}$  отказ/год – параметр потока ложных срабатываний;

$M(\text{Ц}_л)$  – средняя цена разового ложного срабатывания.

Подставим числовые значения в формулу:

$$U_{\text{ЛС}}^{\text{РЗА}} = 0,985 \cdot 0,999 \cdot 0,0005 \cdot 1780 \cdot 0,1 = 0,09 \text{ руб.}$$

Определим эксплуатационные издержки по формуле:

$$C_{рза} = I_{экспл} + I_{ам}, \quad (11)$$

где  $I_{экспл}$  – издержки на эксплуатацию, тыс.руб.;

$I_{ам}$  – издержки на амортизацию оборудования, тыс.руб..

Определим издержки на эксплуатацию:

$$I_{экспл} = a_{экспл} \cdot K_{проекта}, \quad (12)$$

где  $a_{экспл} = 0,20$  – коэффициент эксплуатационных издержек.

Получим:

$$I_{экспл} = 0,20 \cdot 214,25 = 42,85 \text{ тыс.руб.}$$

Рассчитаем издержки на амортизацию оборудования:

$$I_{ам} = a_{эм} \cdot (K_{обор} + K_{монт}), \quad (13)$$

где  $a_{ам} = 0,06$  – коэффициент издержек на амортизацию.

Получим:

$$I_{ам} = 0,06 \cdot (1089,56 + 363,19) = 87,165 \text{ тыс.руб.}$$

Подставляем числовые значения в формулу:

$$C_{рза} = 42,85 + 87,165 = 130,015 \text{ тыс.руб.}$$

В итоге экономический эффект будет равен:

$$\mathcal{E}_{рз} = Y_{кз} + Y_{пп} - y_{ис}^{рза} - y_{лс}^{рза} - C_{рза}, \quad (14)$$

Подставив данные в формулу (14), получим численное значение экономического эффекта:

$$\text{Э}_{\text{рз}} = 2,5 + 423,14 - 0,000123 - 0,00009 - 130,015 = 295,625 \text{ тыс.руб.}$$

Как видно, рассчитанное значение говорит об экономической целесообразности применения предлагаемой системы. Разработанная система имеет положительный экономический эффект.

По завершению произведенного расчета сведем полученные показатели в итоговую таблицу 2.

Таблица 2 – Показатели эффективности при использовании АСКУЭ

Капитальные затраты на проект К <sub>пр.</sub> , руб.	Ущерб при отсутствии АСКУЭ на объекте, руб.	Ущерб от действия аварий при наличии АСКУЭ на объекте, руб.	Затраты на эксплуатацию АСКУЭ, руб.	Экономический эффект при использовании АСКУЭ, руб.
1667000	130015,2	423,14	130015	295625

Выводы по третьему разделу.

Исходя из произведенных расчетов эффективности разработанных решений, экономический эффект составил 295,625 тыс. руб.

Как видно экономический эффект от установки системы АСКЭУ существенен и полностью себя оправдывает.

## **4 Безопасность и экологичность проекта**

### **4.1 Опасные и вредные факторы при работе с компьютером**

«Места организации рабочих мест необходимо располагать в тех помещениях, где имеются системы освещения и вентиляции. При работе оператора на ПК источники освещения не должны бликовать на поверхности экрана. Для организации системы освещения рабочих мест рекомендуется использовать источники света люминесцентного типа. В некоторых случаях возможно применение обычных ламп накаливания, однако при этом необходимо обеспечить требуемый уровень освещенности и равномерности распределения световых потоков. Запрещается применять источники света, которые не имеют в своем составе устройств рассеивания светового потока.» [23]

«С целью соблюдения всех установленных норм по естественному освещению необходимо организовать систематические работы по мойке и чистке оконных проемов. Также необходимо с определенной периодичностью производить удаление грязи и пыли с поверхности источников искусственного освещения. Еще одним требованием является незамедлительная замена вышедших из строя источников искусственного освещения. Схема расположения рабочих мест с ПК должна быть такой, чтобы монитор ПК располагался сбоку относительно оконного проема. При расстановке рабочих мест необходимо обеспечить минимально допустимое расстояние между ПК – два метра. Наиболее оптимальным расположением рабочих мест с ПК является такое, при котором они расположены по периметру помещения. При организации рабочих мест необходимо обеспечить минимально допустимую площадь, приходящуюся на один ПК – не менее шести кв.м. Перед допуском к работе весь персонал должен пройти медицинскую комиссию и получить допуск к работе.» [23]

## 4.2 Анализ микроклимата

Наиболее оптимальные параметры микроклимата внутри помещений с рабочими местами регламентируются ГОСТ 12.1.005-88. Их значения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Категория работы	Температура, С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный и переходный	легкая	+20 - +23	60-40	0,2
Теплый	легкая	+22 - +25	60-40	0,2

«Как правило, офисные помещения характеризуются низким уровнем влажности воздуха. В летние месяцы это обусловлено работой систем кондиционирования воздуха, а в зимние месяцы – работой систем отопления. Низкий уровень содержания влаги в воздухе имеет негативное воздействие на рабочий персонал, который испытывает переутомление и дискомфорт кожных покровов. Также наблюдается раздражение слизистых оболочек. При создании микроклимат внутри помещения необходимо учитывать целый ряд параметров, таких как влажность воздуха, температура и скорость движения воздушных масс. При отсутствии комфортных условий внутри помещения персонал подвержен либо перегреву, либо переохлаждению. При наиболее неблагоприятных условиях температура окружающего воздуха может разогреваться до температуры свыше 40<sup>0</sup>С. При таких условиях персонал быстро утомляется и не способен эффективно работать. Для комфортной и производительной работы персонала внутри помещений необходимо поддерживать оптимальное значение температуры воздуха. В холодные месяцы значение температуры внутри рабочих помещений должно составлять



от 20<sup>0</sup>С до 23<sup>0</sup>С. В теплые месяцы температура воздуха должна составлять не более 25<sup>0</sup>С. Также необходимо систематически проводить влажную уборку и проветривать рабочие помещения.» [25]

### 4.3 Анализ уровня шума на рабочем месте

Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 4.

Таблица 4 – Допустимые уровни звукового давления

Рабочее место	Уровни звукового давления в дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц								Уровни звука в эквивалентных уровнях звука в дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
операторов, программистов	71	61	54	49	45	42	41	38	50

Таким образом, шум в помещениях ДП не превышает допустимого уровня.

### 4.4 Анализ освещения

Для организации комфортной деятельности персонала необходимо обеспечить оптимальные показатели освещенности рабочих мест. Уровень освещенности является одним из наиболее важных показателей в случае организации рабочих мест с наличием мониторов, так как практически все время человек работает за компьютером и его зрение подвергается сильному напряжению.

Как низкая, так и высокая освещенности негативно сказываются на работоспособности и здоровье персонала. При повышенной освещенности

монитора резко снижается контраст изображения. При освещении рабочих мест с ПК необходимо учитывать спектральный состав и длину волны излучаемого света источниками освещенности.

«По мере роста уровня освещенности происходит увеличение и уровня чувствительности человеческого зрения. При превышении определенного значения освещенности происходит резкое снижение контраста изображения.

Существует ряд требований, которые необходимо обеспечить для организации оптимального уровня освещенности:

- выбор оптимального уровня освещенности для каждого рабочего места, где применяется ПК;
- группировка рабочих мест таким образом, чтобы для всей группы установленный уровень освещенности являлся оптимальным.» [25]

В таблице 5 приведены нормы проектирования естественного и искусственного освещения для третьего разряда зрительной работы по СНиП II-4-710.

Таблица 5 – Нормы естественного и искусственного освещения.

Характеристика зрительной работы	Максимальный Объем различения	Искусственное освещение, лк		Естественное освещение, КЕО %	
		Комбинированное	общее	верхнее	боковое
очень высокой точности	0,15-0,3	1000	300	7	2,5

Рассмотрим основные признаки и последствия нахождения рабочего персонала в зонах с недостаточным уровнем освещенности и низким уровнем контраста.

Низкая освещенности негативно сказывается как на органах зрения, так и на нервной системе человека. В большом количестве случаев травмирования рабочего персонала имеет место именно низкий уровень освещенности. При не равномерном распределении источников света возникает множество теней от предметов. Это негативно сказывается на ориентации рабочего персонала,

что в конечном итоге приводит к травмированию.

#### **4.5 Статическое электричество**

«В некоторых случаях величина статического напряжения, образующегося на поверхностях, может достигать нескольких тысяч вольт. Однако величина тока при замыкании наэлектризованной поверхности не превышает одной тысячной ампера. Порог чувствительности электрического тока человеческим организмом составляет примерно 600 – 1500 мА. Согласно нормативной документации, максимально допустимое напряжение источников тока в рассматриваемых помещениях должно быть ограничено величиной 42В. Такое напряжение считается безопасным для человека.» [25]

Основной принцип реализации комплекса мероприятий по снижению уровня электромагнитных излучений на рабочих местах персонала рассматриваемой организации заключается в профилактике превышения максимально допустимых уровней электромагнитных полей за счет обеспечения установленных нормами и стандартами минимальных расстояний между оператором и источником электромагнитного излучения.

#### **4.6 Электромагнитные излучения**

«Рабочее место, оснащенное ПК представляет собой источник различных электромагнитных волн. Основным источником излучения на таких рабочих местах является монитор. Также мониторы могут быть, при определенных условиях, источниками электростатических разрядов. При наличии в мониторе электронно-лучевой трубки, и помимо электромагнитных излучений, может быть и источником рентгеновского излучения.» [25]

«В процессе проведения практических измерений напряженности поля на рабочих местах было установлено, что максимальное значение этого

параметра соответствует величине 3,5 В/м. такая напряженность поля была измерена на поверхности кожуха видеотерминала. Также измерения показали, что величина градиента электростатического поля также лежит в пределах допустимых значений.» [25]

Диапазон значений напряженности поля, который соответствует точке, удаленной на 5 см от поверхности экрана, составляет от 28 до 64 В/м. такой широкий диапазон объясняется большим количеством типов применяемого оборудования. При дальнейшем удалении точки измерения напряженности до расстояния 30 см, значение напряженности поля составляет не более 2,5 В/м.

Несмотря на то, что значения напряженности поля не превышают максимально допустимые значения, необходимо соблюдать все рекомендации относительно работы с монитором. Необходимо периодически делать перерывы в работе, а также чередовать вид осуществляемой деятельности. Также рекомендуется проводить гимнастику для органов зрения. Максимально допустимая продолжительность работы человека за монитором компьютера составляет 4 часа. При обеспечении соблюдения всех требований рабочий персонал организации осуществляет свою деятельность в условиях, соответствующих нормам, изложенным в ГОСТ.

#### **4.7 Электро- и пожаробезопасность**

Основными факторами и параметрами, определяющими степень электробезопасности персонала, являются:

- обеспечение требуемого уровня напряжения электрической сети;
- исправная система заземления электрооборудования;
- наличие средств, обеспечивающих защиту персонала от возможных перепадов величины напряжения в сети.

Все оборудование и техника, которые применяются в рассматриваемой организации, предназначены для работы от сети 220 В. Схема

электроснабжения организации предусматривает наличие системы заземления, построенной по схеме с изолированной нейтралью. Максимально допустимое сопротивление системы заземления не должно превышать значения четыре Ом. Все компьютеры организации также подключены к контуру заземления.

При выборе типа и сечения проводов были учтены величины протекающих в них токов. В системе электроснабжения торгового центра применяются трехжильные кабели (3×35) типа ААШВ(у). Максимальное значение тока для данного кабеля – 106 А.

В процессе работы персонала на ПК существует несколько вариантов нештатных и аварийных ситуаций:

- замыкание на землю токоведущих частей аппаратуры;
- повышенное потребление электрической энергии вследствие неисправности ПК;
- высокое сопротивление в местах соединения различных участков электрических цепей;
- повышенный уровень напряжения в сети;
- наличие токов утечки.

Выводы по разделу 4.

В ходе выполнения четвертого раздела работы получены следующие результаты:

- подробно исследованы опасные и вредные факторы при работе с компьютером в процессе разработки проектируемой системы;
- произведен анализ микроклимата;
- произведен анализ уровня шума на рабочем месте;
- произведен анализ освещения;
- разработаны рекомендации по обеспечению электро- и пожаробезопасности.

## Заключение

На сегодняшний день среди критически важных отраслей одно из лидирующих мест занимает именно электроснабжение. Все сферы деятельности современного общества тесно связаны с электрической энергией и в полной мере зависят от степени надежности электрических сетей и организаций, обеспечивающих выработку электроэнергии.

Современные тенденции направлены в сторону обеспечения оптимальных режимов работы электрооборудования и обеспечения высокого уровня энергетической эффективности современных технологических процессов.

Особую актуальность в последнее время приобрела проблема контроля за несанкционированным подключением к электрическим сетям с целью хищения электроэнергии. Помимо экономического ущерба, такой вид незаконной деятельности негативно сказывается и на качестве электрической энергии.

В процессе проектирования электрических сетей и систем за их контролем и автоматизированным управлением необходимо большое внимание уделять обеспечению универсальности и гибкости проектируемых систем.

Для современных электрических сетей и систем управления существует ряд требований, соответствие которым свидетельствует о высокой их эффективности:

- обеспечение экономичных и энергосберегающих режимов работы;
- высокая степень надежности;
- обеспечение безопасности для эксплуатирующих лиц;
- выработка электрической энергии высокого качества;
- стабильность основных параметров электрической энергии.

По завершению выполнения выпускной квалификационной работы получены следующие результаты:

- исследована специфика предприятия с целью определения важности автоматизированной системы учета электроэнергии;
- изучена структура электроснабжения предприятия;
- изучена система управления и контроля, а также структуру АСКУЭ;
- разработаны мероприятия, направленные на модернизацию существующих систем, которые предназначены для учета электроэнергии;
- подготовлены предложения по необходимости и возможности автоматизации системы учета, с целью оптимизации системы расчетов;
- произведена оценка системы организационно-технических мероприятий, направленные на обеспечение безопасных условий труда соблюдение требований техники безопасности в процессе обслуживания модернизированной системы.

По завершению выполнения работы необходимо отметить, что все поставленные задачи решены, цель работы достигнута.

## Список используемых источников

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 N 102-ФЗ (последняя редакция).
2. Бохмат И. С, Воротницкий В. Э., Татаринов Е. П. Снижение коммерческих потерь в электроэнергетических системах // Электрические станции. 2018. № 9.
3. Бударгин О. М., Бердников Р. Н., Перстнев П. А., Шимко М. Б., Воротницкий В. Э. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Единой национальной электрической сети. Красноярск: ИПК «Платина», 2019. 224 с.
4. Бурман А. П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем. М. : МЭИ, 2019. 335 с.
5. Вагин Г. Я., Мамонов А. М. Учет энергоресурсов: комплекс учебно-методических материалов. Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2014. 107 с.
6. Вострокнутов Н. Н. Устройство, свойства погрешности и поверка современных счетчиков электрической энергии. М.: Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. 108 с.
7. Доклад на конференции «Потери электроэнергии в городских электрических сетях и технологии их снижения». г. Москва, «Мособлэлектро», 12—15 апреля 2018 г.
8. Еремина М. А Развитие автоматизированных систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) // Молодой ученый. 2015. №3. С. 135–138.
9. Железко Ю. В. «Нормирование технологических потерь электроэнергии в сетях – новая методология расчета // Новости электротехники. Информационно-справочное издание. №5 (23). 2018.
10. Дягилев А. А., Новиков П. П., Бутушин В. В. Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) // Молодой ученый. 2018. №7. С. 33–36.



11. Игнатович В. М. Электрические машины и трансформаторы. Томск: Томский политехнический университет. 2013. 182 с.
12. Коломиец Н. В. Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций. Томск: Томский политехнический университет. 2015. 72 с.
13. Конюхова Е. А. Электроснабжение. М.: Издательский дом МЭИ, 2019. 510 с.
14. Костенко Е. М. Электрооборудование и средства автоматизации. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт. М.: НЦ ЭНАС. 2019. 320 с.
15. Костин В. Н. Электроэнергетические системы и сети. СПб.: Троицкий мост. 2015. 304 с.
16. Кравченко А. В. Экономика энергетики и управление энергопредприятием. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет. 2019. 66 с.
17. Красник В. В. Эксплуатация электрических подстанций и распределительных устройств. –М.: ЭНАС. 2018. 374 с.
18. Матюнина Ю. В., Кудрин б. И., Жилин Б. В. Электроснабжение потребителей и режимы. М.: Издательский дом МЭИ. 2019. 412 с.
19. Назарычев А. Н. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей. Вологда: Инфра-Инженерия. 2016. 928 с.
20. Овчаренко Н. И. Автоматика энергосистем. М: Издательский дом МЭИ. 2016. — 476 с.
21. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике. Правила безопасной организации работ оперативного персонала электроустановок. М.: Издательский дом Энергия, Альвис. 2013. 800 с.
22. Основные направления реформирования электроэнергетики Российской Федерации // Энергетик. 2019. № 10.

23. Павелко Н. Н. Правила безопасности в процессе монтажа, обслуживания и ремонта электрооборудования предприятий. М.: КноРус, 2018. 288 с.

24. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. М.: Издательский дом Энергия. 2017. 348 с.

25. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Центр охраны труда, промышленной безопасности, социального партнерства и профессионального образования. 2018. 268 с.

26. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2т. Т.1. Электроснабжение / Под общ. ред. А.А. Федорова. М.: Энергоатомиздат. 2016. 568с.

27. Электротехнический справочник. В 4 т. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общ. ред. профессоров МЭИ : В. Г. Герасимова и др. М. : МЭИ. 2019. 440 с.

Приложение А  
**Список оборудования ТРЦ**

Таблица А.1 – Список оборудования ТРЦ

№	Наименование оборудования	Кол., шт	Установ. мощн. Руст., кВт
1	Холодильная установка	34	3
2	Ветрина-холодильник	42	2,5
3	Морозильная камера	36	11
4	Кондиционер	48	4
5	Кассовый аппарат	126	3
6	Пост охраны	4	3,5
7	Вытяжная вентиляция	38	1
8	Приточная вентиляция	24	1
9	Автоматическая дверь	8	1
10	Электрические полотенца	44	1,5
11	Громкоговоритель	2	1
12	Телевизор	56	1
13	Печь кулинарная	29	3
14	Оборудование кинотеатра	1 компл.	234
15	Освещение ТРЦ	-	148
16	Лифт	12	270
17	Эскалатор	10	186