

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Режимы работы электрических источников питания, подстанций,
сетей и систем
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Организация технического учета электрической энергии малого
промышленного предприятия

Студент	<u>В.Д. Юдина</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>С.В. Шаповалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Руководитель программы	<u>д.т.н., профессор, В.В. Вахнина</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
« _____ »	<u>_____</u>	<u>2019 г.</u>	

Допустить к защите

Заведующий кафедрой	<u>д.т.н., профессор, В.В. Вахнина</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
« _____ »	<u>_____</u>	<u>2019 г.</u>	

Тольятти 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Анализ систем электроснабжения малых предприятий и систем учета потребленной электрической энергии.....	7
1.1. Анализ систем электроснабжения малых предприятий.....	7
1.1.1. Анализ схем электроснабжения.....	12
1.1.2. Применяемое оборудование.....	14
1.1.3. Применяемые материалы.....	15
1.2. Анализ систем учета потребленной электрической энергии.....	17
1.2.1. Требования к системам коммерческого и технического учета электрической энергии.....	18
1.2.2. Применяемое для систем учета оборудование.....	21
2. Разработка системы электроснабжения малого предприятия.....	24
2.1. Определение ожидаемых электрических нагрузок по типам потребителей. Разделение по типам потребителей: силовая с учетом различных технологических процессов, осветительная с учетом административно-бытовых и складских помещений, производственных помещений, наружного освещения, компьютерная.....	24
2.2. Расчет и выбор вводного распределительного устройства или комплектной трансформаторной подстанции.....	37
2.3. Расчет и выбор электрических проводников и аппаратов.....	38
2.4. Расчет токов короткого замыкания.....	41
2.5. Выводы по разделу.....	50
3. Разработка системы коммерческого и технического учета потребленной электрической энергии.....	51
3.1. Выбор системы коммерческого учета (схема и оборудование).....	51
3.2. Выбор и обоснование мест установки приборов технического учета потребленной электрической энергии.....	52

3.3. Система учета электроэнергии с помощью системы интеллектуальных счетчиков.....	55
3.4. Выводы по разделу.....	69
Заключение.....	70
Список используемых источников.....	71

ВВЕДЕНИЕ

Технический учет предназначен для контроля расхода электроэнергии на предприятии, для вычисления и анализа потерь электроэнергии, а также для учета расхода электроэнергии на собственные, хозяйственные и производственные нужды. Главной целью технического учета является выявление точной информации об объеме выпущенной и затраченной электроэнергии с целью расчета финансовых затрат за электроэнергию и мощность, получения и прогнозирования технико-экономических показателей потребления электроэнергии предприятием, снабжения энергосбережения и организации электропотребления. Для успешной работы предприятия важно не только снижение энергопотребления, сколько повышение энергоэффективности. Энергоэффективность это относительный показатель, характеризующий получаемый результат работы предприятия (выручка, прибыль, себестоимость) на единицу потраченной энергии.

С помощью счетчиков электроэнергии, измерительных трансформаторов тока и напряжения, телеметрических датчиков и информационно-измерительных систем обеспечивается измерение и учет электроэнергии.

Установка электросчетчиков является очень важным мероприятием для продуктивного анализа потерь электрической энергии, осуществлению энергетического обследования и подготовки мероприятий по уменьшению потерь электроэнергии. К таким приборам относятся счетчики активной и реактивной энергии. Однофазные и трехфазные счетчики двух типов: индукционные и статические (электронные) являются расчетными приборами учета. Если расчетный прибор учета расположен не на границе балансовой принадлежности электрических сетей, то объем отпущенной потребителю электроэнергии обычно корректируется с учетом величины нормативных потерь электрической энергии, возникающих на участке сети от границы до места установки прибора учета.

Современный технический учёт электроэнергии обладает целым рядом специфических особенностей непосредственного применения, к которым в том числе, относятся:

- сбор и обработка информации, получаемой с большого количества счётчиков;
- формирование отчётов разного типа;
- доступ к получаемым данным большого количества специалистов;
- ведение обширной базы данных;

Информация, полученная в результате данного учета, предназначена для непосредственного использования исключительно внутри предприятия.

Комплексное использование автоматизированных систем технического учёта электроэнергии, а также и коммерческого учёта электроэнергии позволяет обеспечить очевидный выраженный экономический эффект. А также значительно повышает ответственность непосредственных потребителей за эффективное использование получаемой ими электрической энергии. Кроме того, это является для потребителей стимулом к проведению специальных мероприятий, направленных на обеспечение энергосбережения, а также непосредственного сокращения энергопотребления.

В данной работе представлен технический учет производственного помещения малого предприятия, предназначенного для обработки металла. Адрес объекта: с. Тимофеевка, ул. Строителей, 82.

Внутренние размеры здания 10x14 м, оно имеет подвал и три этажа. На третьем этаже отсутствует производственное оборудование, его система освещения не потребляет более 1 кВт. Наиболее энергоёмкое оборудование расположено в подвале и на первом этаже.

На территории объекта находится также жилой дом, суммарная мощность потребителей электроэнергии которого не превышает 3 кВт. От трансформатора 6/0,4 кВ по типовой трехфазной схеме с изолированной

нейтрально осуществляется электропитание производственного и жилого помещения.

Целью магистерской работы является организация системы технического учета промышленного предприятия по обработке металла.

1 Анализ систем электроснабжения малых предприятий и систем учета потребленной электрической энергии

1.1 Анализ систем электроснабжения малых предприятий.

Система электроснабжения(СЭС) – это комплекс электроустановок электрических станций (генерирующих мощностей), электрических сетей (включая подстанции и линии электропередачи различных типов и напряжений) и приемников электроэнергии, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования, распределения и потребления электрической энергии.

Системы электроснабжения подвержены различным внештатным ситуациям, для их устранения или предотвращения существует релейная защита.

Основные режимы работы:

1. Нормальный режим обеспечивает снабжение потребителей электроэнергией в нужном количестве и соответственного качества. Этот режим является установившимся режимом работоспособности СЭС.
2. Аварийный режим. В этом режиме происходит нарушение нормального, он считается кратковременным, т.к. он прекратится после отключения поврежденного элемента.
3. Послеаварийный режим продолжается до момента восстановления нормальной Гибкости, обеспечивающую возможную модернизацию.

Качество поставляемой электроэнергии определяется рядом её особенностей, при соблюдении которых электроприёмники будут работать в нормальном режиме и выполнять своё предназначение.

Для более экономичного резервирования в СЭС учитывают ещё и перегрузочную способность электрического оборудования, возможность осуществления плановых ремонтных работ. Также во время возникновения аварий предусматривается ручная либо же автоматическая разгрузка от тех потребителей, которые неответственны.

Сегодня, для того чтобы осуществлять экономию всех тех средств, которые выделяются на покрытие расходов за потребляемую электрическую энергию, обязательно нужно всё это учитывать. Такая система контроля напрямую связана со схемой электроснабжения самого предприятия, а также характера ЭП.

Именно поэтому в системах технического и коммерческого учёта потребления электричества применяются автономные системы электроснабжения. С её помощью выполняется учёт потребляемой предприятием электроэнергии, производится расчёт параметров такого снабжения, оперативный контроль.

АСКУЭ используется и на электростанциях, а также в системах электроснабжения с большой потребляемой мощностью. Самым главным отличием таких вычислительных машин по сравнению с машинами с релейным управлением является огромный объём выполняемых функций и быстроедействие.

Главные составляющие системы электроснабжения представлены ниже:

1. Источник электроэнергии. Примером источника являются гидроэлектростанции, теплоэлектростанции, ветряные и солнечные установки.
2. Передача электроэнергии осуществляется посредством воздушных и кабельных ЛЭП.
3. Преобразование электроэнергии осуществляется с помощью трансформатора, преобразователя частот или выпрямителя.
4. Автоматика и релейная защита (защита от короткого замыкания, перенапряжения, дуговая защита).
5. Распределение электроэнергии (открытое распределительное устройство, закрытое распределительное устройство).
6. Управление и сигнализация (автоматизированная система коммерческого учёта энергии АСКУЭ, система диспетчерской связи).

7. Собственные нужды (освещение, вентиляция, система обогрева).
8. Графики нагрузки, технологические карты, графики регламентного технологического обслуживания.
9. Источники бесперебойного питания, резервного электроснабжения (СРЭ), автоматический ввод резерва (АВР), система автономного электроснабжения (САЭ).

В случае если, предприятие находится в районах со слабыми электрическими связями, а также имеет специальные требования к надежности электроснабжения, или же потребляет большое количество тепла, необходима собственная электростанция.

Убедиться в том, что напряжение, частота и количество энергии, подаваемой на нагрузки, соответствуют ожиданиям, является одной из важнейших задач проектирования энергосистем. Однако это не единственная проблема, в дополнение к мощности, используемой нагрузкой для выполнения полезной работы (называемой реальной мощностью), многие устройства переменного тока также используют дополнительное количество энергии, поскольку они приводят к тому, что переменное напряжение и переменный ток слегка выходят из строя -синхронизация (называемая реактивной мощностью). Реактивная мощность, как и реальная мощность, должна быть сбалансирована (то есть реактивная мощность, вырабатываемая в системе, должна равняться потребляемой реактивной мощности) и может подаваться от генераторов, однако зачастую более экономично поставлять такую мощность от конденсаторов и реакторов.

Окончательное рассмотрение нагрузок — это качество электроэнергии. В дополнение к длительным перенапряжениям и пониженным напряжениям (проблемы с регулированием напряжения), а также к устойчивым отклонениям от частоты системы (проблемы с регулированием частоты), нагрузка на энергосистему может пострадать от ряда временных проблем. К ним относятся провалы напряжения, провалы и выбросы, переходные перенапряжения, мерцание, высокочастотный шум, фазовый дисбаланс и

плохой коэффициент мощности. Проблемы качества электроэнергии возникают, когда подача питания к нагрузке отклоняется от идеальной: для источника переменного тока идеальным вариантом является синхронизация тока и напряжения в виде идеальной синусоидальной волны на заданной частоте с напряжением на заданной амплитуде. Для источника постоянного тока идеальным является напряжение, не отличающееся от предписанного уровня. Вопросы качества электроэнергии могут быть особенно важны, когда речь идет о специализированном промышленном оборудовании или больничном оборудовании.

Проводники передают мощность от генераторов к нагрузке. В сети проводники могут быть классифицированы как принадлежащие к передающей системе, которая передает большое количество энергии при высоких напряжениях (обычно более 69 кВ) от генерирующих центров к центрам нагрузки или распределительной системе, которая питает меньшие количества питания при более низких напряжениях (обычно менее 69 кВ) от центров нагрузки до ближайших домов и промышленных предприятий.

Коммерческие энергосистемы, такие как торговые центры или предприятия, имеют больший масштаб, чем жилые системы. Электрические конструкции для более крупных коммерческих систем обычно изучаются на предмет потока нагрузки, уровней короткого замыкания и падения напряжения для стационарных нагрузок и при запуске больших двигателей. Цели этих исследований состоят в том, чтобы обеспечить правильное определение размера оборудования и проводников, а также согласовать защитные устройства, чтобы минимальное нарушение вызывалось при устранении неисправности. Крупные коммерческие установки будут иметь упорядоченную систему вспомогательных панелей, отделенных от главного распределительного щита, чтобы обеспечить лучшую защиту системы и более эффективную электрическую установку.

Системы электроснабжения классифицируют по:

1. Типу источников электроэнергии – атомные, электрохимические и дизель-электрические.
2. По конфигурации – комбинированные, децентрализованные, централизованные.
3. По роду и частоте тока (постоянный или переменный ток).
4. По числу фаз (однофазные, трехфазные и др.).
5. По назначению – системы автономного, аварийного, дежурного и резервного электроснабжения.
6. По режиму нейтрали – с глухозаземленной, изолированной, компенсированной нейтралью.
7. По степени мобильности – мобильные, стационарные.
8. По надежности электроснабжения – обеспечение смешанных потребителей, 1, 2, 3 категории надежности.

Основными характеристиками систем электроснабжения являются:

- качественные характеристики – определяют работоспособность системы и характеризуются структурой и свойствами системы, а также условиями ее эксплуатации;

- количественные характеристики – определяются количественными характеристиками приемников электрической энергии, их территориальным размещением, а также структурой систем электроснабжения;

- условия функционирования – определяются влиянием условий окружающей природной среды, технико-технологическими и организационно-экономическими условиями.

СЭС должна удовлетворять требованиям экономичности, в этом случае, необходимо минимизировать затраты на создание, эксплуатацию и развитие или минимизировать срок окупаемости этих затрат.

Доходы предприятий поступают от реализации продукции основного производства, соответственно, технико-экономические расчеты (ТЭР) производятся в целом. Однако, для осуществления учебных проектов, в

которых разрабатывается СЭС предприятия, экономические расчеты обходятся сопоставлением технически равноценных решений.

В проектировании СЭС, при выборе элементов нужно учитывать климатические условия эксплуатации, также технико-технологические условия (запыленность, температура, влажность и т.д.), т.к. надёжная работа при воздействии условий окружающей среды является одним из основных условий функционирования электроустановок.

Безопасность СЭС– это свойство системы сохранять с некоторой вероятностью безопасное состояние при выполнении заданных функций в условиях, установленных нормативно-технической документацией. Электробезопасность – комплекс работ и методов для предотвращения воздействия электрического тока на человека, а также электромагнитного поля и статического электричества.

На этапе проектирования систем электроснабжения должна быть учтена вероятность ее реконструкции, во время формирования производства предприятия, без крупных капитальных затрат.

1.1.1 Анализ схем электроснабжения

В упрощенную схему электроснабжения входит:

1. Источник питания (электрическая станция или подстанция энергосистемы, или непосредственно самого предприятия).
2. Линии электропередач (ЛЭП), выполняющие функцию передачи электроэнергии от источника питания к объекту электроснабжения.
3. Пункт приема электроэнергии (ППЭ).
4. Распределительные сети
5. Приемники электрической энергии.

Разделение объектов по типу мощности зависит от установленной мощности электроприемников:

1. 75-100 МВт и более – объект большой мощности;

2. От 5-7 до 75 МВт – объект средней мощности (схемы электроснабжения с одним приемным пунктом);
3. До 5 МВт объект малой мощности (схемы электроснабжения с одним приемным пунктом).

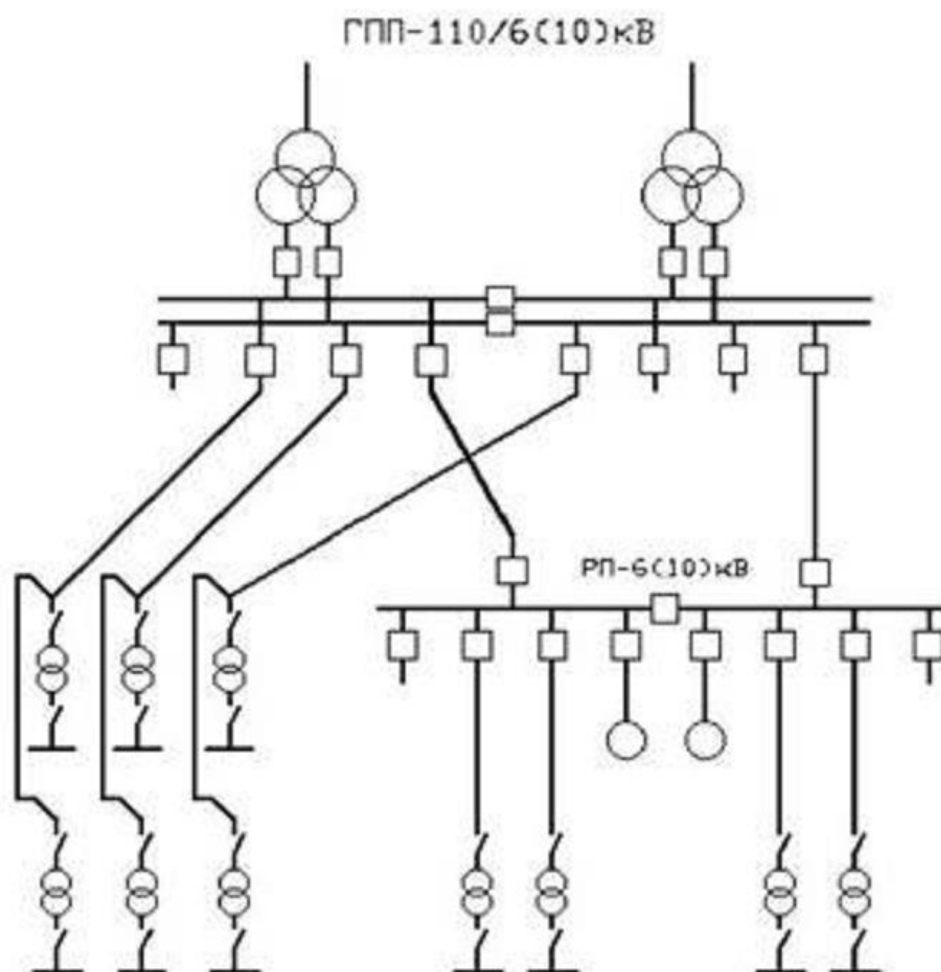


Рисунок 1 – Структурная схема электроснабжения

Существуют три типа схем питания для осуществления внутреннего и внешнего электроснабжения: магистральная, радиальная и смешанная.

При проектировании магистральной схемы электроэнергия от источника питания направляется к ПС посредством разветвления на линии питания других потребителей. Такие схемы обеспечивают присоединение 5-6 ПС с суммарной мощностью потребителей электроэнергии не менее 5000-6000 кВА, они имеют меньшее число отключающих аппаратов и

пониженную надежность, а также дают возможность разумнее скомпоновать потребителей.

Для проектирования радиальной схемы электрическая энергия направляется напрямую от источника питания к ПС. В таких схемах присутствует большее количество отключающей аппаратуры и питающих линий.

1.1.2 Применяемое оборудование

Первая группа устройств – это электрощиты, а на крупных объектах электрошкафы. Называется эта часть оборудования распределительно-трансформаторной, поскольку ее задача – принять, преобразовать и распределить электроэнергию. Качественная работа этого блока очень важна – она убережет проводку от замыкания, вас от пожара, а служащих – от поражения электричеством. Электрощиты бывают разными, в нежилых помещениях и зданиях чаще всего встречаются:

- ГРЩ – главный распределительный щит;
- ВРУ – вводное распределительное устройство;
- АВР – автоматический ввод резерва.

Последний тип незаменим там, где отключение электричества грозит серьезными последствиями, он переключает систему с одного источника питания на другой. Эти устройства также позволяют отключить электричество на время ремонта и обслуживания системы.

Еще одна группа оборудования – резервные источники электроэнергии, они же источники бесперебойного питания. Используют их при отказах основной сети, вызванных авариями на станции или другими причинами. Требования, которые предъявляются к этим устройствам, весьма серьезны, поскольку от их стабильной работы зависит очень многое. Приборы, стабилизирующие напряжение в сети, существенно увеличат сроки службы вашего оборудования, которое от этой сети работает. Серьезные аварии на электростанциях, конечно, нечасты, однако перепады напряжения и мелкие

неполадки на локальных подстанциях регулярно выводят из строя компьютеры, принтеры и более серьезную производственную автоматику. Этот тип оборудования выпускается в разных вариантах и классифицируется по конструкционным принципам. В нежилых помещениях чаще всего ставят стабилизаторы инверсионные или феррорезонансные, доказавшие свою надежность на практике.



Рисунок 2 – Источник бесперебойного питания

Помимо рассмотренных выше устройств, непременной частью любой системы электроснабжения являются комплектующие. Кабели, клеммы, розетки и пр. Подбирать их надо очень тщательно, с учетом и оборудования, которое вы собираетесь установить, и задач, которые предстоит решать.

1.1.2 Применяемые материалы

Выбор проводников основан на таких соображениях, как стоимость, потери при передаче и другие желательные характеристики металла, такие как предел прочности при растяжении. Медь с более низким удельным сопротивлением, чем у алюминия, была предпочтительным проводником для

большинства энергосистем. Однако алюминий имеет меньшую стоимость при той же пропускной способности по току и является основным металлом, используемым для проводников линии передачи. Проводники воздушной линии могут быть усилены стальными или алюминиевыми сплавами. Проводники во внешних системах электропитания могут быть размещены над головой или под землей. Воздушные провода обычно имеют воздушную изоляцию и опираются на фарфоровые, стеклянные или полимерные изоляторы. Кабели, используемые для подземной передачи или проводки здания, изолированы сшитым полиэтиленом или другой гибкой изоляцией. Небольшие проводники, используемые для строительства электропроводки, часто прочные, особенно в легких коммерческих или жилых зданиях. Из стали происходит изготовление грозозащитных тросов. ГОСТ 839-89 определяет конструктивные расчетные данные голых алюминиевых и сталеалюминевых проводов.

Для изготовления трансформатора используют материалы активные (сталь магнитной системы и металл обмоток и отводов), изоляционные (для электрической изоляции обмоток и других частей трансформаторов), конструктивные (для изготовления бака, крепежных частей) и прочие материалы.

Материалом для изготовления открытых распределительных устройств служат низколегированные углеродистые стали. Исключением являются материалы с повышенной коррозионной стойкостью. Только сталь определенного класса может использоваться в агрессивных средах (в районах, где расчетная средняя температура окружающего воздуха составляет минус 65°C). Если в регионах с нормальными условиями используют сталь 3, то, например, на Крайнем Севере, – 092Г2С.

Сталь повышенной коррозионной стойкости также иногда используют для изготовления опор высоковольтных линий и порталов ОРУ. Однако они используются только в определенных условиях неагрессивных и слабоагрессивных сред. Согласно техническим условиям № 14-1-4877-90 для

стальных изделий при температуре наружного воздуха не ниже минус 50. По техническим условиям для стали (ТУ 14-1-1217-75), с оговоркой, касающейся толщины листа металла (от 5 до 16 мм), возможна рабочая температура до минус 65°C. Те же условия описаны и ТУ 14-1-4685-89.

Основные требования к порталам ОРУ оговариваются ГОСТом (23118-78) и Строительными нормами и правилами (раздел № 3, пункты 18 – 75). По типу соединений составляющих частей и порталы ОРУ, и сами опоры высоковольтных линий делятся на сварные, болтовые и комбинированные.

Основными материалами для изготовления компонентов систем грозозащиты, будь то молниеприемники, проводники (токоотводы), стержни заземления (заземлители) и крепеж (держатели, соединители, клеммы и т.п.) являются преимущественно:

- сталь горячего цинкования
- нержавеющая сталь
- медь
- алюминий

1.2 Анализ систем учета потребленной электрической энергии

На сегодняшний день необходимо создавать автоматизированные системы коммерческого учета и контроля энергоресурсов (АСКУЭ).

Со счетчиков АСКУЭ снимаются данные по потреблению энергоресурсов, которые передают энергосбытовой организации, что позволяет получить точный учет энергоресурсов и помогает в решении споров с организацией энергосбыта.

Установка АСКУЭ является необходимой мерой для учета электроэнергии и услуг на ее передачу, а также для ограничения потери и хищения электрической энергии. Субабоненты подключаются через данную энергосистему, данная установка представляет инструмент взаимодействия с ними.

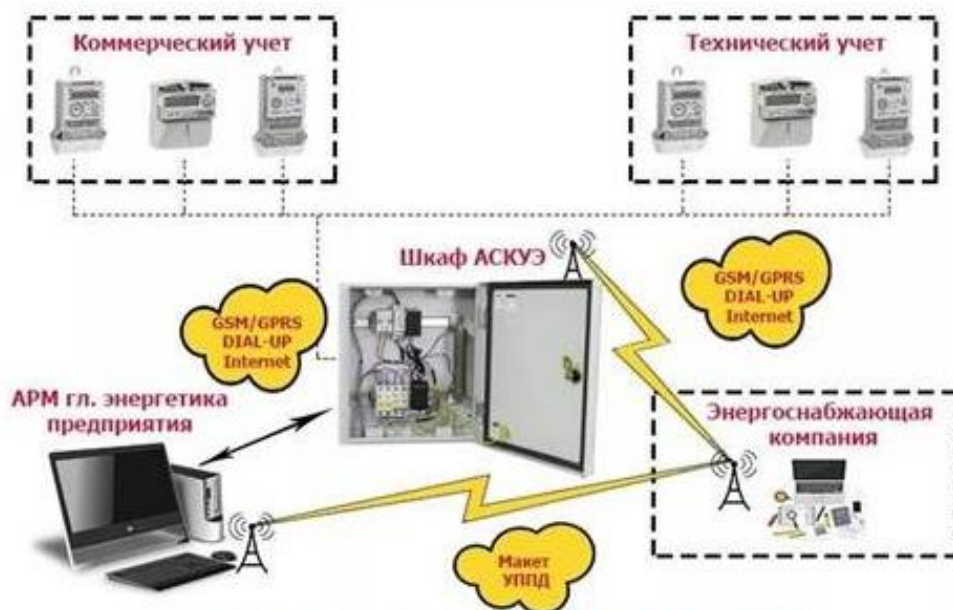


Рисунок 3 – Структурная схема АСКУЭ

1.2.1 Требования к системам коммерческого и технического учета электрической энергии

1. Приборы учета подлежат установке на границах балансовой принадлежности объектов электроэнергетики (энергопринимающих устройств) смежных субъектов розничного рынка:

- потребителей,
- производителей электрической энергии (мощности) на розничных рынках,
- сетевых организаций, имеющих общую границу балансовой принадлежности.

При отсутствии технической возможности установки прибора учета на границе балансовой принадлежности объектов электроэнергетики (энергопринимающих устройств) смежных субъектов розничного рынка прибор учета подлежит установке в месте, максимально приближенном к границе балансовой принадлежности, в котором имеется техническая возможность его установки.

В случае если прибор учета, в том числе коллективный (общедомовой) прибор учета в многоквартирном доме, расположен не на границе балансовой принадлежности объектов электроэнергетики

(энергопринимающих устройств) смежных субъектов розничного рынка, то объем потребления (производства, передачи) электрической энергии, определенный на основании показаний такого прибора учета, в целях осуществления расчетов по договору подлежит корректировке на величину потерь электрической энергии, возникающих на участке сети от границы балансовой принадлежности объектов электроэнергетики (энергопринимающих устройств) до места установки прибора учета. При этом расчет величины потерь осуществляется сетевой организацией в соответствии с актом уполномоченного федерального органа, регламентирующим расчет нормативов технологических потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям.

(Основание п. 144 ПП РФ №442 от 04.05.2012).

2. Законодательство Российской Федерации об обеспечении единства измерений о техническом регулировании устанавливает требования к местам установки, схемам подключения и метрологическим характеристикам приборов учета.

(Основание п. 147 ПП РФ №442 от 04.05.2012).

3. Установка приборов учета предусматривается в КРУ, КРУН, шкафах, нишах, на панелях, на стенах, имеющих жесткую конструкцию, также допускается крепление на пластмассовых или деревянных щитках.

Расстояние от коробки зажимов до пола – 0,8-1,7 м. Допустима высота менее 0,8 м, но не менее 0,4 м.

(Основание ПУЭ п.1.5.29).

4. Для предотвращения аварийных ситуаций при установке и замены приборов учета в сетях с напряжением 380 В на расстоянии не более 10 м от прибора учета устанавливается коммутационный аппарат или предохранитель. Трансформаторы тока, используемые для присоединения приборов учета на напряжении до 380 В, должны устанавливаться после коммутационных аппаратов по направлению потока мощности.

(Основание ПУЭ п.1.5.36).

5. Необходимо устанавливать коммутационный аппарат для снятия напряжения со всех фаз, присоединенных к нему, для безопасной замены приборов учета.

(Основание ПУЭ п.7.1.64).

6. В случае, если прибор учета включен непосредственно в сеть и от него не отходит несколько линий с аппаратами защиты, после него должен быть установлен аппарат защиты.

(Основание ПУЭ п.7.1.65).

7. Жилые здания рекомендуется оснащать системами дистанционного съема показаний прибора учета.

(Основание ПУЭ п.7.1.66).

8. Расчетные приборы учета для общедомовой нагрузки жилых зданий необходимо устанавливать в шкафах ВРУ или на панелях ГРЩ.

(Основание ПУЭ п.7.1.62).



Рисунок 4 - Варианты монтажа выносных щитов учета электроэнергии

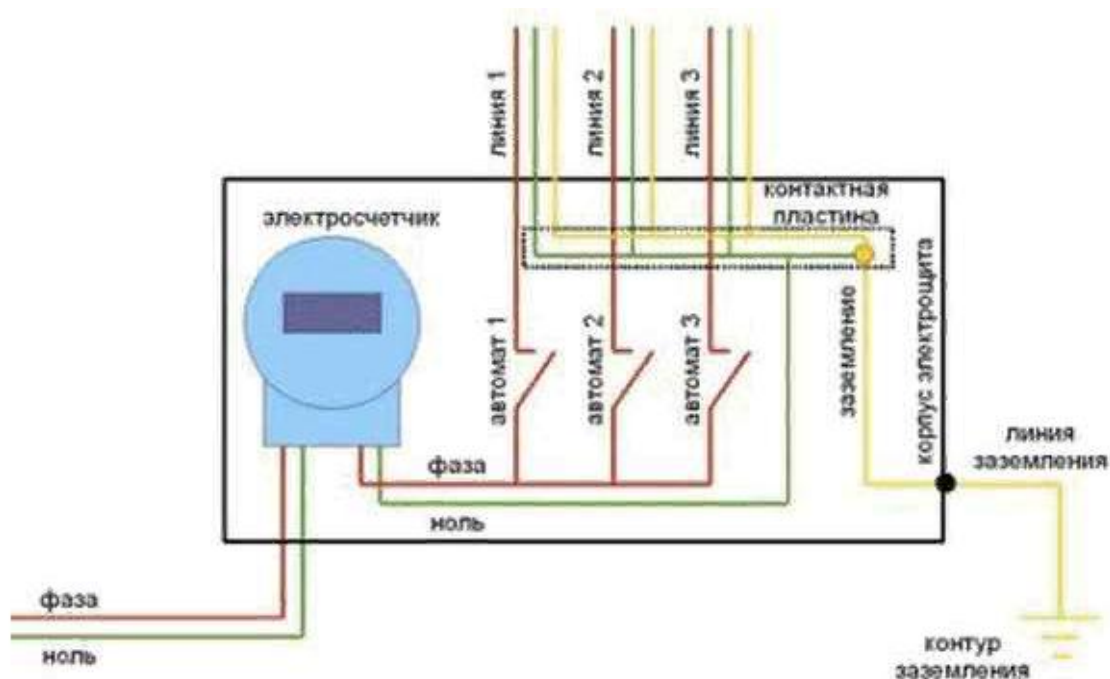


Рисунок 5 - Типовая схема электрощита с однофазным электросчетчиком и автоматическими выключателями на 3 электролинии

Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии позволяет решить задачи взаиморасчета за электроэнергию, проблемы выявления потерь и неучтенного потребления.

Проектирование, дальнейшее создание и эксплуатация системы АИИСКУЭ предполагают полный комплекс работ, направленных на ее успешное функционирование, и подразделяются на три этапа:

- создание АИИСКУЭ — от проекта до пусконаладки;
- организация нормального функционирования систем передачи данных;
- техническое сопровождение в период эксплуатации.

Создание АИИСКУЭ затрагивает все внедренческие этапы: проектирование, поставку, монтажные и пусконаладочные работы, внесение системы в Государственный реестр измерительных средств, сертификацию и метрологические поверки.

1.2.2 Применяемое для систем учета оборудование

С помощью счетчиков электроэнергии, измерительных трансформаторов

тока и напряжения, телеметрических датчиков и информационно-измерительных систем обеспечивается измерение и учет электроэнергии.

Существуют несколько способов исполнения технического учета:

1. Главный вариант учета – приборный, в данном случае с помощью неперемещаемых контрольно-измерительных приборов (счетчиков электроэнергии) измеряют количество потраченных энергоресурсов. В таблице ниже представлено количество потребления энергии в год, что определяет необходимость установки на предприятии приборов учета, а также количество точек учета (таблица 1).

Таблица 1- Количество потребляемой энергии в год

Ресурс энергии	Мин. годовое потребление для установки приборов
Электроэнергия	300000 кВт*ч
Теплоэнергия	2000 Гкал
Топливо	350000 м ³

При показаниях энергопотребления ниже, указанных в таблице, счетчик электроэнергии не устанавливается, а используется расчетный или опытно-расчетный способ.

2. Если приборный способ технически невозможен или экономически нецелесообразен, то определение расхода осуществляется при помощи расчетного способа.
3. Способ, в котором с помощью переносных приборов производят разовые замеры показателей в сочетании с последующим использованием расчетного способа называется опытно-расчетный способ. К этому способу прибегают, если установка прибора экономически нецелесообразна, а также только расчетный способ не обеспечивает необходимой точности определения показания.

Для достижения поставленной цели были установлены следующие задачи:

Разработка системы электроснабжения объекта, разработка и обоснование системы технического учета предприятия.

2 Разработка системы электроснабжения малого предприятия

2.1 Определение ожидаемых электрических нагрузок по типам потребителей. Разделение по типам потребителей: силовая с учетом различных технологических процессов, осветительная с учетом административно-бытовых и складских помещений, производственных помещений, наружного освещения, компьютерная

Самое энергоемкое оборудование расположено в подвальном помещении:

1. Токарный станок;
2. Фрезерный станок;
3. Эрозионный станок;
4. Сверлильный станок;
5. Шлифовальный станок;
6. Отрезной станок;
7. Сварочный аппарат-полуавтомат; [12]

Кухня, лаборатория и деревообрабатывающий участок размещены на первом этаже. Основные потребители электроэнергии размещены в лаборатории и в составе деревообрабатывающего станка. Они включают:

8. Токарный станок;
9. Сверлильный станок;
10. Шлифовальный станок.
11. Деревообрабатывающий станок;
12. Сварочный аппарат дуговой сварки;

Кухня не учитывается как потребитель электроэнергии, т.к. она оборудована газовой плитой и энергосберегающими светильниками.

Сварочные и покрасочные работы проводятся во дворе на крытой площадке размерами 20x25 м, относящейся к первому этажу, там же располагается гильотина мощностью 4кВт.

На втором этаже расположены офис и 5 резервных помещений оснащены освещением и розетками, т.к. в перспективе будут использоваться, потребляемая мощность которых не превысит 3 кВт.

«В весенний и осенний период применяется дополнительное освещение теплицы мощностью 1 кВт, которое включается утром до начала рабочего дня и вечером по его окончании.» [12]

На рисунках 6, 7, 8 представлены планы подвального помещения и этажей.

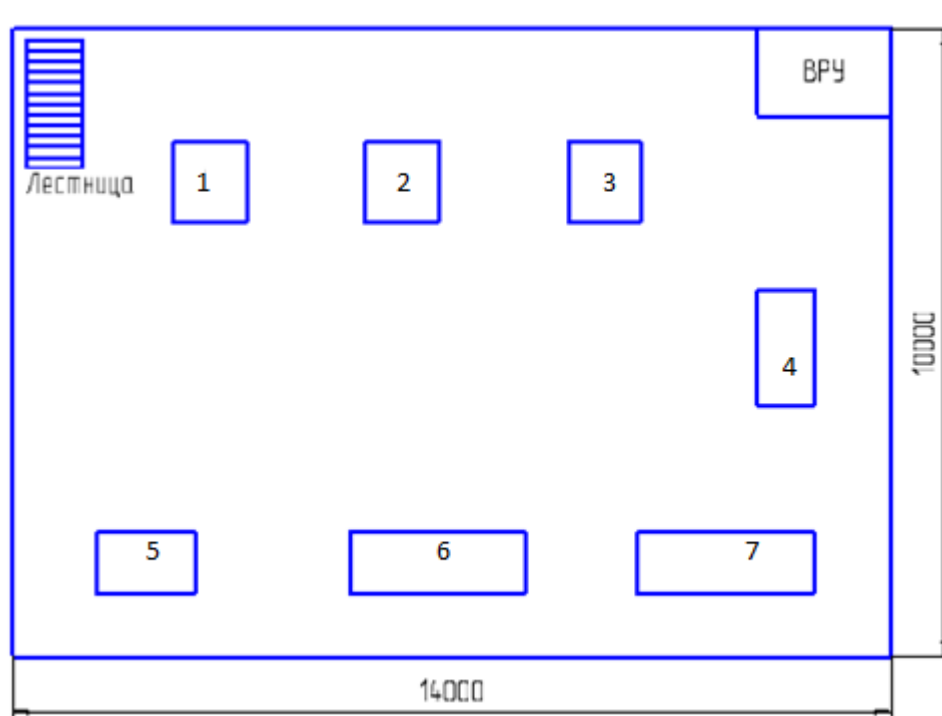


Рисунок 6- План подвала

1 - отрезной станок, 2 - фрезерный станок, 3 – шлифовальный станок, 4 – токарный станок, 5 – сверлильный станок, 6 – сварочный аппарат-полуавтомат, 7 – эрозионный станок

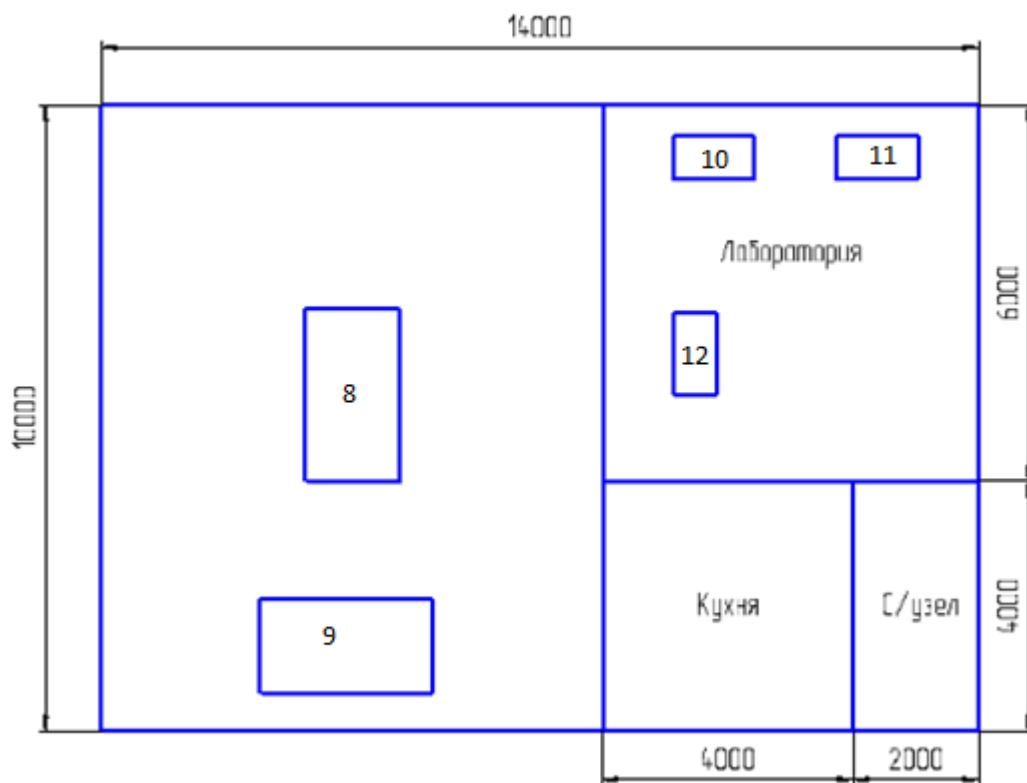


Рисунок 7- План первого этажа

8 – деревообрабатывающий станок, 9 – сварочный аппарат дуговой сварки, 10 – токарный станок, 11 – сверлильный станок, 12 – шлифовальный станок

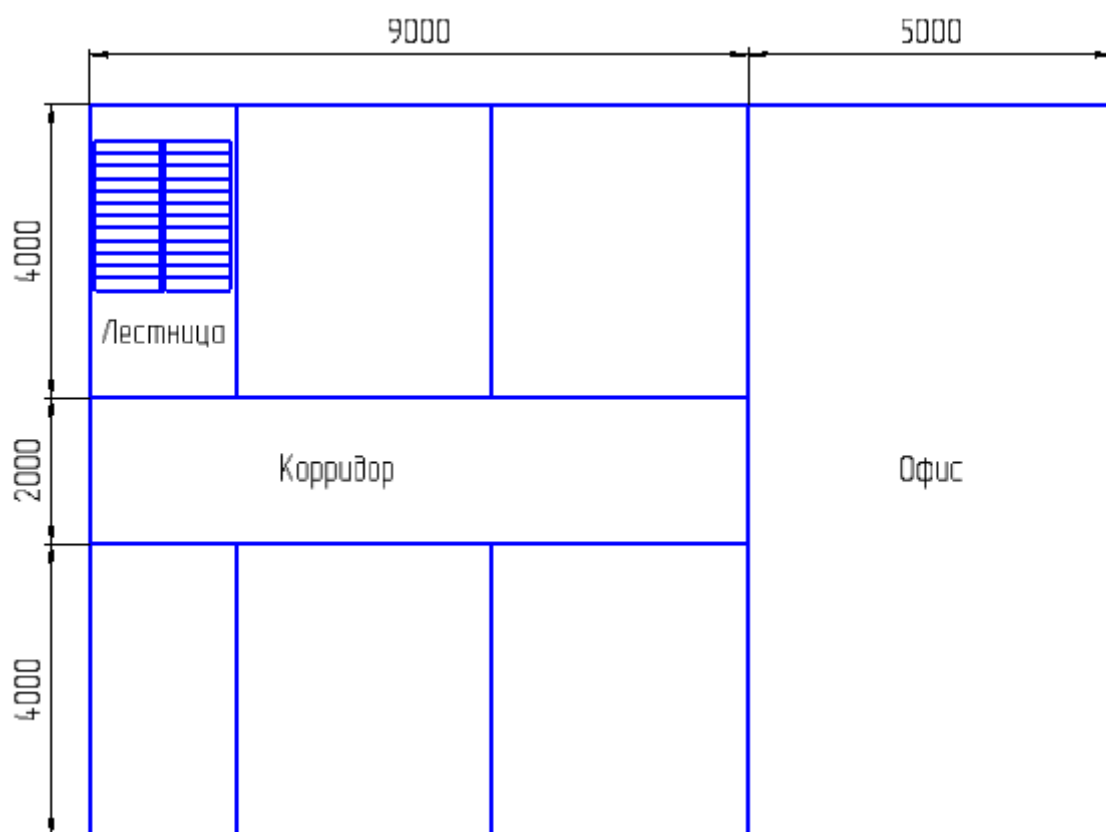


Рисунок 8- План второго этажа

По организационным причинам на предприятии подключение второй линии невозможно, также не проводится срочных работ, поэтому объект относится к 3 категории надежности электроснабжения.

В таблице 2 приведены характеристики электроприемников и потребляемый ток каждым из них. При этом в таблице использованы следующие условные обозначения:

N - количество электроприемников, P_n - паспортная мощность одного электроприемника, K_u - коэффициент использования электроприемника, m – фазность электроприемника, $\text{tg}\varphi$ - отношение реактивной мощности к активной мощности электроприёмника, P_c -среднесменная мощность электроприёмника, Q_c - реактивная среднесменная мощность электроприёмника, n_e - эффективное число электроприемников, P_p - расчетная мощность электроприёмников, Q_p - реактивная расчётная

мощность, S_p - полная расчетная мощность всех электроприёмников, I_p -
расчетный ток.

Таблица 2 - Характеристики электроприемников объекта

п/п	Наименование оборудования	Кол-во ЭП, N	Установленная мощность Р _н , кВт приведенная к ПВ=100%		K _и	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Средняя нагрузка		n _о	K _р	K _а	Расчетная нагрузка			I _р , А
			Одно-го ЭП	Всех ЭП				Р _с , кВт	Q _с , квар				Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Токарный станок	1	4	4	0,14	3	0,65/1,2	0,56	0,67	9	1,1	1,86				
2	Фрезерный станок	1	2,5	2,5	0,14	3	0,5/1,73	0,35	0,6	9	1,1	1,86				
3	Эрозионный станок	1	8	8	0,4	3	0,75/0,88	3,2	2,8	9	1,1	1,86				
4	Сверлильный станок	2	2,5	5	0,14	3	0,5/1,73	0,7	1,2	9	1,1	1,86				

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	Шлифовальный станок	1	0,75	0,75	0,14	3	0,5/1,73	0,1	0,17	9	1,1	1,86				
6	Отрезной станок	1	1,5	1,5	0,16	3	0,5/1,73	0,24	0,42	9	1,1	1,86				
7	Сварочный аппарат-полуавтомат	3	3	9	0,14	3	0,65/1,2	1,26	1,5	9	1,1	1,86				
8	Токарный станок	1	3	3	0,14	3	0,65/1,2	0,42	0,5	9	1,1	1,86				
9	Сверлильный станок	1	1,5	1,5	0,14	3	0,5/1,73	0,2	0,36	9	1,1	1,86				
10	Деревообрабатывающий станок	1	3x1,5	1,5	0,16	3	0,7/1	0,2	0,2	9	1,1	1,86				
11	Сварочный аппарат дуговой сварки	1	3	3	0,4	3	0,75/0,8	1,2	0,96	9	1,1	1,86				

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12	Шлифовальный станок	1	0,75	0,75	0,14	3	0,5/1,73	0,1	0,17	9	1,1	1,86				
	Итого												15,39	12,4	22,3	74,4

Для каждого электроприемника потребуются коэффициенты мощности ($\cos\varphi$) и коэффициенты использования (k_u).

«Примечание: три двигателя деревообрабатывающего станка работают поочередно, поэтому учитываются как одна нагрузка 1,5 кВт». [12]

Определение подключения электроприемников к распределительным устройствам основывается на суммарной активной мощности, для ее определения необходимо используем формулу (1.1)

$$P_{H\Sigma} = P_H \cdot n, \quad (1.1)$$

где: $P_{H\Sigma}$ - мощность, потребляемая группой одинаковых электроприёмников;

P_H - паспортная мощность одного электроприёмника;

n - количество электроприёмников.

«Отношение максимальной паспортной мощности электроприёмника к минимальной паспортной мощности электроприёмника m , определяется по формуле (1.2)

$$m = \frac{P_{Hmax}}{P_{Hmin}}, \quad (1.2)$$

Групповой коэффициент использования электроприемника k_u определяется по формуле (1.3)

$$k_u = \frac{\sum P_c}{\sum P_H} \quad (1.3)$$

где ΣP_c - сумма среднесменных мощностей,

ΣP_H - сумма паспортных мощностей.» [12]

Среднесменная мощность электроприёмника P_c , Вт, определяется по формуле (1.4)

$$P_c = \kappa_u \cdot \Sigma P_H, \quad (1.4)$$

Реактивная среднесменная мощность электроприёмника Q_c , вар, определяется по формуле (1.5)

$$Q_c = \operatorname{tg} \varphi \cdot P_c, \quad (1.5)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ - отношение реактивной мощности к активной мощности электроприёмника.

Средний тангенс угла между током и напряжением электроприёмников $\operatorname{tg} \varphi_{cp}$ определяется по формуле (1.6)

$$\operatorname{tg} \varphi_{cp} = \frac{\Sigma Q_c}{\Sigma P_c}, \quad (1.6)$$

где ΣQ_c - суммарная реактивная мощность электроприёмников,

ΣP_c - суммарная активная мощность электроприёмников.

Эффективное число электроприёмников, $n_{\text{э}}$, определяется по формуле (1.7)

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \Sigma P_H}{P_{H.\text{наиб}}}, \quad (1.7)$$

Расчетная мощность электроприёмников P_p , Вт, определяется по формуле (1.8)

$$P_p = \Sigma P_c \cdot \kappa_m, \quad (1.8)$$

где κ_m - коэффициент максимума, выбирается из таблицы, исходя из данных $n_{\text{э}}$ и m .

Реактивная расчётная мощность Q_p , вар, для случая, когда число эффективных электроприёмников меньше 10 определяется по формуле (1.9)

$$Q_p = 1,1 \cdot \Sigma P_c \cdot \text{tg} \varphi_{\text{CP}} \quad (1.9)$$

Реактивная расчётная мощность Q_p , вар, для случая, когда число эффективных электроприёмников больше 10 определяется по формуле (1.10)

$$Q_p = \Sigma P_c \cdot \text{tg} \varphi_{\text{CP}} \quad (1.10)$$

Полная расчетная мощность всех электроприёмников S_p , ВА, определяется по формуле (1.11)

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (1.11)$$

где U_n - номинальное напряжение равное 0,4 кВ;

I_p - расчетный ток

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.12)$$

Определение среднего коэффициента использования и среднего $tg\varphi$

$$k_{u.cp} = \frac{\Sigma P_{cm}}{\Sigma P_{H\Sigma}} = \frac{9,97}{40,5} = 0,25$$
$$tg\varphi_{cp} = \frac{\Sigma Q_{cm}}{\Sigma P_{cm}} = \frac{11,27}{9,97} = 1,13$$

Определение эффективного числа электроприемников

$$n_3 \approx \frac{2P_H}{P_{HMAX}} = \frac{2 \cdot 40,5}{9} = 9шт \quad (1.13)$$

где P_H – номинальная мощность электроприемников всей группы;
 P_{HMAX} – наибольшая номинальная мощность электроприемника из группы». [12]

$$K_m = 1,86$$

$$K'_m = 1,1$$

$$P_m = K_m \cdot P_{cm} = 1,86 \cdot 9,97 = 18,5кВт$$

$$Q_m = Q_{cm} \cdot K'_m = 11,27 \cdot 1,1 = 12,4кВар$$

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} = \sqrt{18,5^2 + 12,4^2} = 22кВА$$

$$I_p = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 33,74А$$

Ниже на рисунке 7 представлен план освещения.

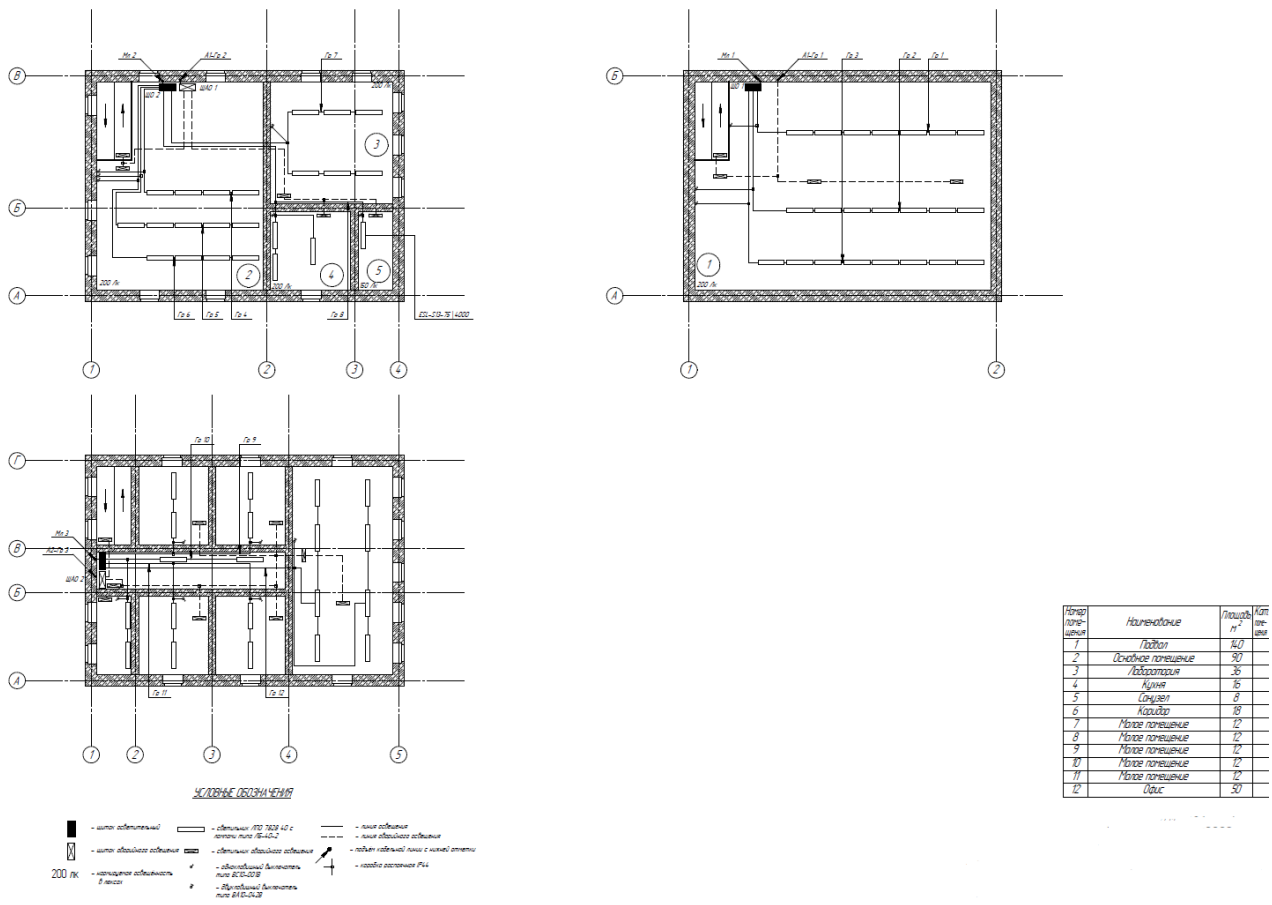


Рисунок 9 – план освещения здания

На рисунках 10, 11, 12 представлена розеточная сеть подвала, первого и второго этажей.

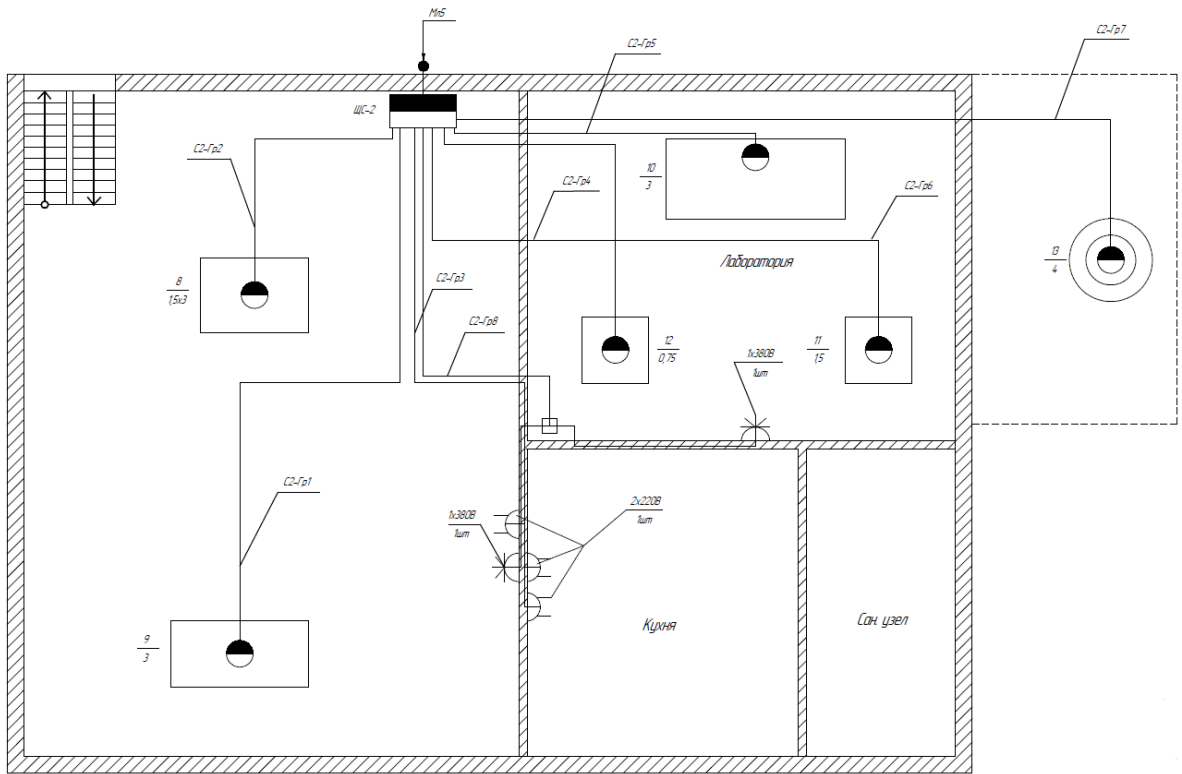


Рисунок 10 – розеточная сеть первого этажа

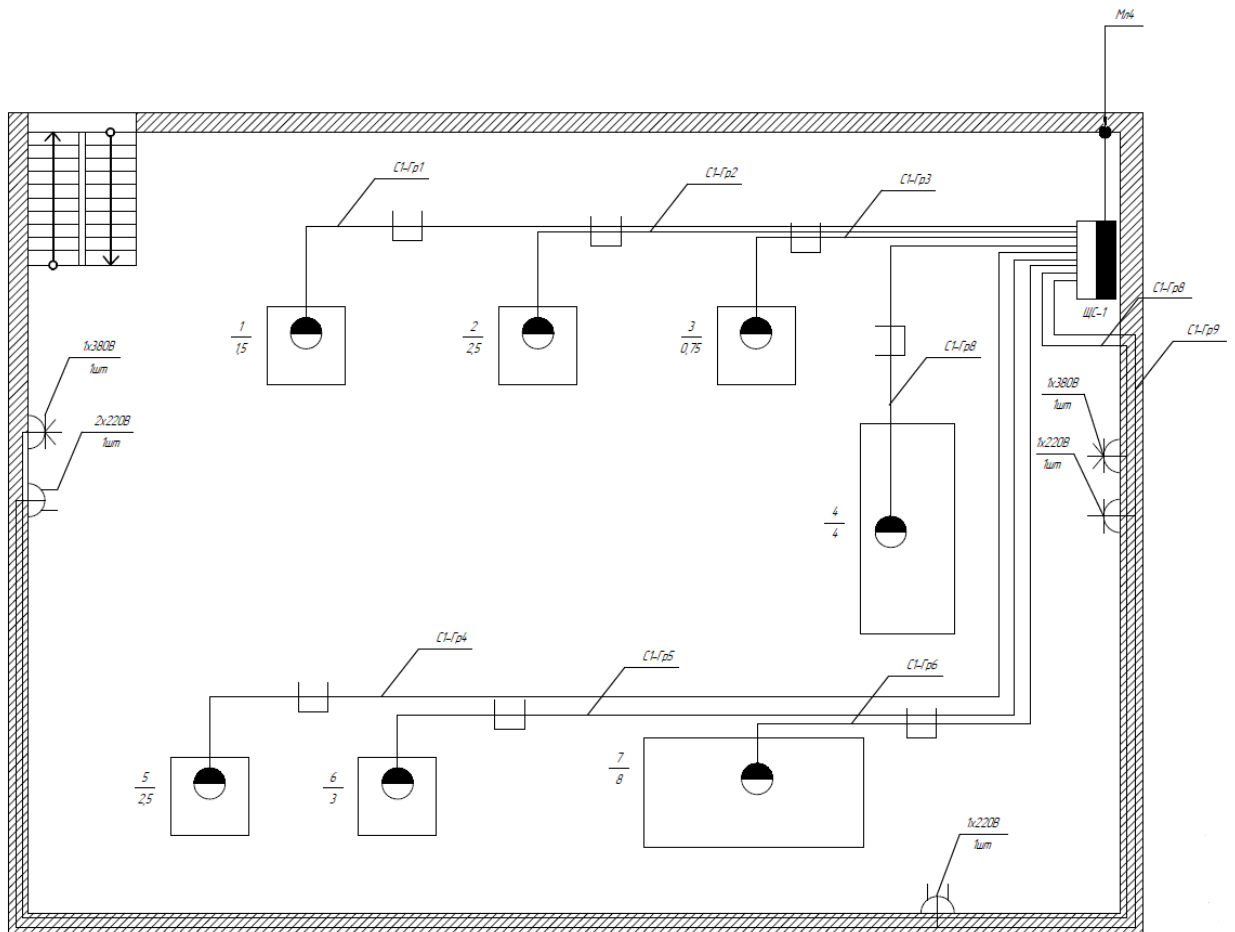


Рисунок 11 – розеточная сеть подвального помещения

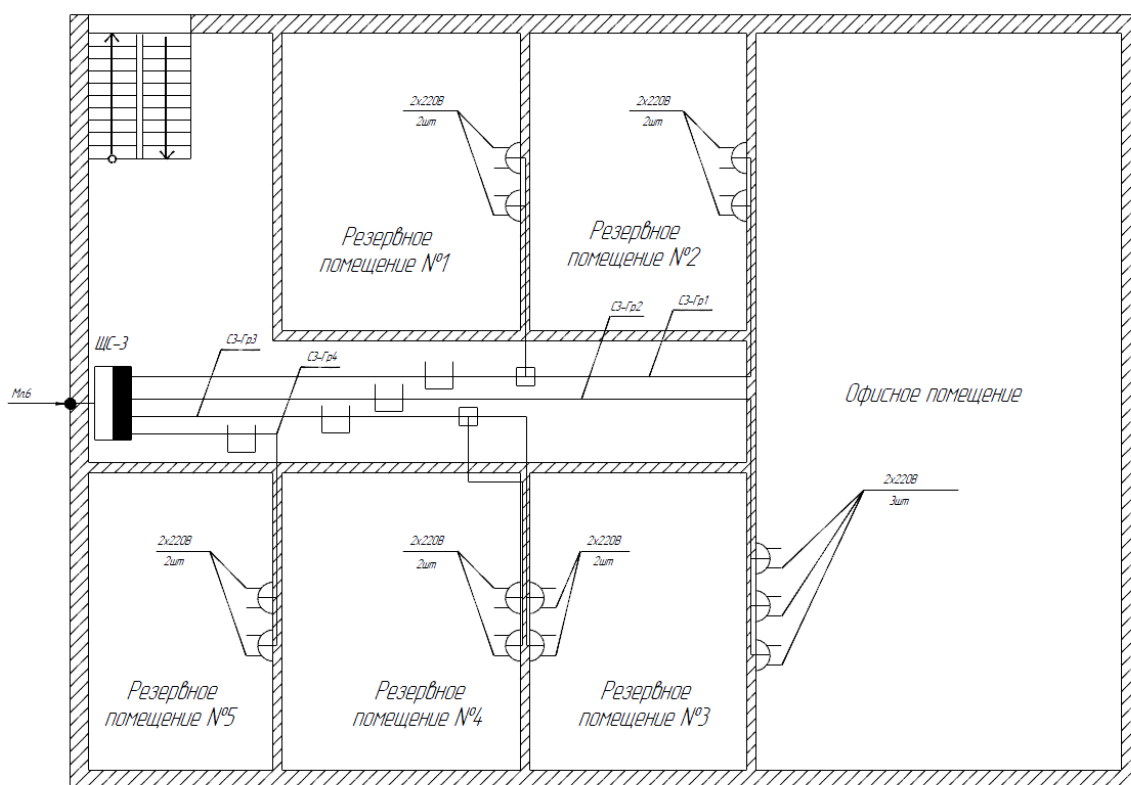


Рисунок 12 – розеточная сеть второго этажа

2.2 Расчет и выбор вводного распределительного устройства или комплектной трансформаторной подстанции

«Питание основного оборудования осуществляется от действующего вводно-распределительного устройства 1 (ВРУ1) со степенью защиты IP31, которое располагается в подвале. ВРУ1 включает в себя: вводной автоматический выключатель типа ВА88-35 250А 35кА, трансформатора тока типа ТТК-40-500/5А-5ВА-0,5-УХЛ3, счетчик трехфазный однотарифный типа СЕ300-Р31, защитные автоматы на каждый щиток, медные шины «N» и «РЕ».» [12]

В подвале находится распределительный шкаф навесного типа ЩРН-36 УХЛ3 IP31(степень защиты IP31, 36-моудльный, для семи трехполюсных выключателей S203 С40, одного общего трехполюсного выключателя ВА 47-100, 3Р 125А (С) 10кА).

На первом этаже расположен распределительный шкаф типа ЩРН—2 УХЛЗ IP31(I=100А, степень защиты IP31, 24х-модульный, для пяти трехполюсных выключателей S203 C40 и одного общего трехполюсного выключателя типа S203 C63 6кА), обеспечивающий электроснабжение трехфазных и однофазных электроприемников.

Из-за отсутствия на втором и третьем этажах трехфазных потребителей, установлены щиты освещения типа ОЩВ-24 (I=100А, IP31, 24х-модульный, один общий трехполюсный выключатель типа S203 C20 6кА)

По однофазной схеме с заземляющим проводом осуществляется электроснабжение жилого дома.

2.3 Расчет и выбор электрических проводников и аппаратов

«Для определения сечения кабельных линий S , мм², необходимо рассчитать экономическую плотность тока по формуле (2.1)

$$S = \frac{I_{\text{РАБ.НОМ.}}}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (2.1)$$

где $I_{\text{раб.ном}}$ – номинальный рабочий ток в данной кабельной линии;
 $j_{\text{ЭК}}$ – экономическая плотность тока, зависящая от типа кабеля и продолжительности использования максимума нагрузки».[5]

Существуют таблицы с готовыми данными для кабелей. [5]

Результаты расчета представим в виде таблицы 3.

Таблица 3 - Таблица соединений силовых кабелей

Трасса		Длина кабеля, м	Выбранный кабель
До	От		
1	2	3	4
ВРУ1	ТП РУ 0,4 кВ	10	АВВШв – 6 3х35
Токарный станок	ЩС1	2	АВВГ 2,5х2
Фрезерный станок	ЩС1	6	АВВГ 2,5х2
Эрозионный станок	ЩС1	6	АВВГ 2,5х2
Сверлильный станок	ЩС1	15	АВВГ 2,5х2
Шлифовальный станок	ЩС1	4	АВВГ 2,5х2
Отрезной станок	ЩС1	8	АВВГ 2,5х2
Сварочный аппарат- полуавтомат	ЩС1	9	АВВГ 2,5х2
Токарный станок	ЩС2	10	АВВГ 2,5х2
Сверлильный станок	ЩС2	9	АВВГ 2,5х2
Деревообрабатывающий станок	ЩС2	17	АВВГ 2,5х2
Сварочный аппарат дуговой сварки	ЩС2	19	АВВГ 2,5х2
Шлифовальный станок	ЩС2	12	АВВГ 2,5х2
ЩС1	ВРУ1	2	АПВ 1х70
ЩС2	ВРУ1	5	АПВ 1х70
ЩО1	ВРУ1	3	ВВГнг-LS 5х4
ЩО2	ВРУ1	6	ВВГнг-LS 5х4
ЩО3	ВРУ1	12	ВВГнг-LS 5х4
ЩО4	ВРУ1	18	ВВГнг-LS 5х4

Продолжение таблицы 3

ЩАО	ВРУ1	4	ВВГнг-LS 5x4
-----	------	---	--------------

Освещение выполнено кабелем типа ВВГнг-LS 3x1,5.

«При выборе автоматических выключателей, учитываются следующие параметры:

-напряжение уставки должно быть больше или равно номинальному напряжению;

-рабочий ток должен быть меньше или равен номинальному току;

-конструктивное исполнение;

-предельный отключаемый ток;

Номинальный ток рассчитывается по формуле (2.2)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (2.2)$$

В таблице 4 приведены паспортные данные электроприемников, рассчитанный ток и выбранное электрооборудование. Оборудование было выбрано из каталога [6]».

Таблица 4- Выбранные автоматические выключатели

№ п/п	Наименование	P, кВт	cosφ	I, А	Выбранный выключатель
1	2	3	4	5	6
1	Токарный станок	4	0,65	21,5	S203 C40 6кА
2	Фрезерный станок	2,5	0,5	17,5	S203 C40 6кА
3	Эрозионный станок	8	0,75	37,4	S203 C40 6кА
4	Сверлильный станок	2,5	0,5	17,5	S203 C40 6кА
5	Шлифовальный станок	0,75	0,5	5,3	S203 C40 6кА

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
6	Отрезной станок	1,5	0,5	10,5	S203 C40 6кА
7	Сварочный аппарат-полуавтомат	3	0,65	16,2	S203 C40 6кА
8	Токарный станок	3	0,65	16,2	S203 C40 6кА
9	Сверлильный станок	1,5	0,5	10,5	S203 C40 6кА
10	Деревообрабатывающий станок	3x1,5	0,7	7,5	S203 C40 6кА
11	Сварочный аппарат дуговой сварки	3	0,75	14	S203 C40 6кА
12	Шлифовальный станок	0,75	0,5	5,3	S203 C40 6кА
13	ЩС1 (общий)			109,7	ВА 47-100, 3P 125А (С) 10кА
14	ЩС2 (общий)			53,5	S203 C63 6кА
15	ЩО1, ЩО2, ЩО3, ЩО4, ЩАО (общий)				S203 C20 6кА

От ВРУ1 до ЩС1 - ВА88-33 160А 35кА

От ВРУ1 до ЩС2 - S803 C80 25кА

От ВРУ1 до ЩАО, ЩО1,2,3,4 – S203 C6 6кА

Общий выключатель в ВРУ1 - ВА88-35 250А 35кА

2.4. Расчет токов короткого замыкания

«Методика расчета токов короткого замыкания взята из учебного пособия [3].

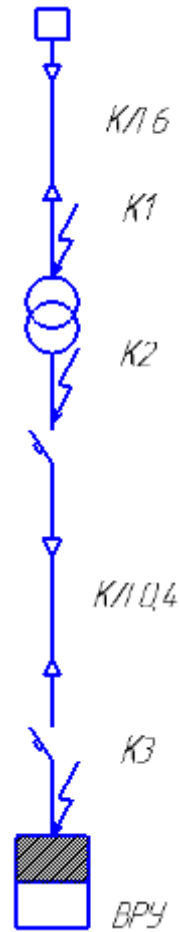


Рисунок 13- Расчетная схема

«При питании потребителя от энергосистемы через понижающий трансформатор начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ без учета подпитки от электродвигателей рассчитывается по формуле»[12]

$$I_{КП} = \frac{U_{срНН}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к}} = \frac{380}{1,73 \cdot 85,4} = 2,6 \text{ кА}, \quad (2.3)$$

«где $U_{срНН}$ -среднее номинальное напряжение сети, в которой произошло КЗ;

Определяем полное сопротивление цепи

$$Z_k = \sqrt{R_{1k}^2 + X_{1k}^2} = 85,4 \text{ мОм}, \quad (2.4)$$

где R_{1k} и X_{1k} - суммарное активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности цепи КЗ, равные соответственно»[12]

$$\begin{aligned} R_{1k} &= R_T + R_{TT} + R_{II} + R_{КЛ1} + R_{КЛ2} + R_\delta = 31,5 + 2,7 + 0,6 + 1,5 + 3,2 + 5 \\ &= 44,5 \text{ мОм} \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} X_{1k} &= X_T + X_{TT} + X_{II} + X_{КЛ1} + X_{КЛ2} + X_c = 64,7 + 1,7 + 0,17 + 0,45 + 1,6 + 4,3 \\ &= 72,92 \text{ мОм} \end{aligned} \quad (2.6)$$

«где R_T и X_T - активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности понижающего трансформатора, мОм»[3];

R_{TT} и X_{TT} - активное и индуктивное сопротивления первичных обмоток трансформаторов тока, мОм; [3]

R_{II} и X_{II} - активное и индуктивное сопротивления токовых катушек автоматических выключателей, мОм; [3]

$R_{КЛ1}$, $X_{КЛ1}$, $R_{КЛ2}$, $X_{КЛ2}$ - активные и индуктивные сопротивления прямой последовательности кабельных и воздушных линий, мОм ; [3]

R_δ и X_δ - активное сопротивление дуги в месте КЗ, мОм; [3]

X_c - эквивалентное индуктивное сопротивление системы до понижающего трансформатора, мОм, приведенное к ступени низшего напряжения.

Наружная воздушная линия АВШВ – 6 3х35

$$x_0 = 0.4 \text{ Ом/км}$$

$$X'_c = x_0 \cdot L_c = 0.4 \cdot 3 = 1,2 \text{ Ом}$$

$$r_0 = \frac{10^3}{S \cdot \gamma} = \frac{1000}{1050} = 30,95 \text{ Ом/км},$$

$$R'_c = r_0 \cdot L_c = 0,95 \cdot 3 = 2,85 \text{ Ом}$$

где X'_c и R'_c - сопротивления на ВН, мОм;

r_0 и x_0 – удельное активное и реактивное сопротивление, мОм/м;

L_c - протяженность линии, м;

S – сечение проводника, мм²;

γ - удельная проводимость материала, м/(Ом·мм²),

для алюминия $\gamma = 30 \text{ м/(Ом·мм}^2\text{)}$.

Сопротивления приводятся к низкому напряжению:»[12]

$$R_c = R'_c \cdot \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}}\right)^2 \cdot 10^3 = 2,85 \cdot \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 \cdot 10^3 = 10,8 \text{ мОм}, \quad (2.7)$$

$$X_c = X'_c \cdot \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}}\right)^2 \cdot 10^3 = 1,2 \cdot \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 \cdot 10^3 = 4,3 \text{ мОм}$$

«где X_c и R_c -сопротивления приведенные к НН, мОм;

X'_c и R'_c - сопротивления на ВН, мОм;

$U_{НН}$ и $U_{ВН}$ - напряжение низкое и высокое;

Сопротивления для трансформатора по табл.[3]

$R_T=31,5 \text{ мОм}$, $X_T=64,7 \text{ мОм}$, $Z_T=72 \text{ мОм}$

Сопротивления для автоматов по табл.[3]

$R_{SF}=0.4 \text{ мОм}$; $X_{SF}=0.5 \text{ мОм}$; $R_{ПФ}=0.6 \text{ мОм}$

Для кабельных линий по табл.[3]

КЛ1:АВБШВ – 6 3х35

$r_0=0.9$ мОм/м; $x_0=0.09$ мОм/м – удельные сопротивления прямой последовательности

Так как в схеме три параллельных кабеля, то

$$r_0 = \frac{1}{3} \cdot r_0 = \frac{1}{3} \cdot 0.9 = 0.3 \text{ мОм/м} \quad (2.8)$$

Сопротивления кабельной линии 1:

$$R_{KL1} = r_0 \cdot L_{KL1} = 0.3 \cdot 5 = 1.5 \text{ мОм} \quad (2.9)$$

$$X_{KL1} = x_0 \cdot L_{KL1} = 0.09 \cdot 5 = 0.45 \text{ мОм} ,$$

где L_{KL1} - длина линии от ШНН до РП

КЛ2: АВБШВ – 1 4x70

$r_0=0.5$ мОм/м; $x_0=0.08$ мОм/м – удельные сопротивления прямой последовательности»[12]

«Так как в схеме три параллельных кабеля, то

$$r_0 = \frac{1}{3} \cdot r_0 = \frac{1}{3} \cdot 0.5 = 0.16 \text{ мОм/м}$$

Сопротивления кабельной линии 2:

$$R_{KL2} = r_0 \cdot L_{KL1} = 0.16 \cdot 20 = 3.2 \text{ мОм}$$

$$X_{KL2} = x_0 \cdot L_{KL1} = 0.08 \cdot 20 = 1.6 \text{ мОм} ,$$

где L_{KL} - длина линии

Значения переходных сопротивлений на ступенях распределения по табл. [3]:

$R_{c1}=15$ мОм; $R_{c2}=20$ мОм

Упрощаем схему замещения, вычисляем эквивалентные сопротивления на участках между точками КЗ:»[12]

$$R_{\varepsilon 1} = R_c + R_T + R_{SF} + R_{nSF} = 10,8 + 31,5 + 0,4 + 0,6 = 43,3 \text{ мОм} \quad (2.10)$$

$$X_{\varepsilon 1} = X_c + X_T + X_{SF} = 4,3 + 64,7 + 0,5 = 69,5 \text{ мОм} \quad (2.11)$$

$$R_{\varepsilon 2} = R_{KП1} + R_{SF} + R_{nSF} + R_{c2} = 0,4 + 0,6 + 1,5 + 20 = 22,5 \text{ мОм} \quad (2.12)$$

$$X_{\varepsilon 2} = X_{KП1} + X_{SF} = 0,5 + 0,45 = 0,95 \text{ мОм} \quad (2.13)$$

$$R_{\varepsilon 3} = R_{KП2} + R_{SF} + R_{nSF} = 0,4 + 0,6 + 3,2 = 4,2 \text{ мОм} \quad (2.14)$$

$$X_{\varepsilon 3} = X_{SF} + X_{KП2} = 0,5 + 1,6 = 2,1 \text{ мОм} \quad (2.15)$$

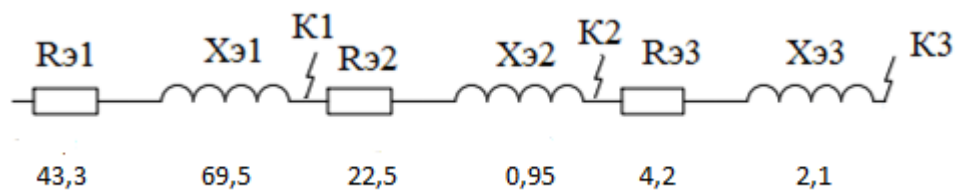


Рисунок 14 – Упрощенная схема замещения

«Вычисляются сопротивления до каждой точки КЗ:

$$R_{K1} = R_{\varepsilon 1} = 43,3 \text{ мОм}$$

$$X_{K1} = X_{\varepsilon 1} = 69,5 \text{ мОм}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{43,3^2 + 69,5^2} = 82 \text{ мОм} \quad (2.16)$$

$$R_{K2} = R_{\varepsilon 1} + R_{\varepsilon 2} = 43,3 + 22,5 = 65,8 \text{ мОм} \quad (2.17)$$

$$X_{K2} = X_{\varepsilon 1} + X_{\varepsilon 2} = 69,5 + 0,95 = 70,45 \text{ мОм} \quad (2.18)$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{65,8^2 + 70,45^2} = 96,4 \text{ мОм} \quad (2.19)$$

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{\varepsilon 3} = 65,8 + 4,2 = 70 \text{ мОм} \quad (2.20)$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{\varepsilon 3} = 70,45 + 2,1 = 72,55 \text{ мОм} \quad (2.21)$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{70^2 + 72,55^2} = 100,8 \text{ мОм} \quad (2.22)$$

$$\frac{R_{K1}}{X_{K1}} = \frac{43,3}{69,5} = 0,62$$

$$\frac{R_{K2}}{X_{K2}} = \frac{65,8}{70,45} = 0,93$$

$$\frac{R_{K3}}{X_{K3}} = \frac{70}{72,55} = 0,96$$

Определяются коэффициенты K_y – ударный коэффициент, определяется по графику [3], и q – коэффициент действующего значения ударного тока:

$$K_{y1} = F\left(\frac{R_{K1}}{X_{K1}}\right) = F(0,62) = 1,0$$

$$K_{y2} = F\left(\frac{R_{K2}}{X_{K2}}\right) = F(0,93) = 1,0$$

$$K_{y3} = F\left(\frac{R_{K3}}{X_{K3}}\right) = F(0,96) = 1,0$$

$$q_1 = \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2} = 1 = q_2 = q_3 \quad (2.23)$$

Определяем трехфазные и двухфазные токи КЗ:

Значения периодической составляющей тока трехфазного КЗ в точке К1:

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U_{k1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 82} = 2,6 \text{ kA} \quad (2.24)$$

К2:

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{U_{k2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k3}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 96,4} = 2,3 \text{ kA}$$

К3:

$$I_{k3}^{(3)} = \frac{U_{k3}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k3}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 100,8} = 2,2 \text{ kA}$$

$$i_{yk1} = \sqrt{2} \cdot K_{y1} \cdot I_{k1}^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 2,6 = 3,6 \text{ kA} \quad (2.25)$$

$$i_{yk2} = \sqrt{2} \cdot K_{y2} \cdot I_{k2}^{(3)} = 1.41 \cdot 1 \cdot 2.3 = 3.3 \text{ kA}$$

$$i_{yk3} = \sqrt{2} \cdot K_{y3} \cdot I_{k3}^{(3)} = 1.41 \cdot 1 \cdot 2.2 = 3.1 \text{ kA}$$

$$I_{k1}^{(2)} = 0.87 \cdot I_{k1}^{(3)} = 0.87 \cdot 2.6 = 2.3 \text{ kA} \quad (2.26)$$

$$I_{k2}^{(2)} = 0.87 \cdot I_{k2}^{(3)} = 0.87 \cdot 2.3 = 2 \text{ kA}$$

$$I_{k3}^{(2)} = 0.87 \cdot I_{k3}^{(3)} = 0.87 \cdot 2.2 = 1.9 \text{ kA}$$

Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сводная ведомость результатов расчетов токов КЗ

Т. КЗ	R _к МОм	X _к МОм	Z _к МОм	R _к / X _к	K _у	q	I _к ⁽³⁾ кА	i _у кА	I _∞ кА	I _к ⁽²⁾ кА	Z _п МОм	I _к ⁽¹⁾ кА
К1	43,3	69,5	82	0,62	1	1	2,6	3,6	2,6	2,3	15	0,84
К2	65,8	70,45	96,4	0,93	1	1	2,3	3,3	2,3	2	38	0,73
К3	70	72,55	100,8	0,96	1	1	2,2	3,1	2,2	1,9	58,3	0,72

На основе полученных данных составляется схема замещения для расчета 1-фазных токов КЗ:

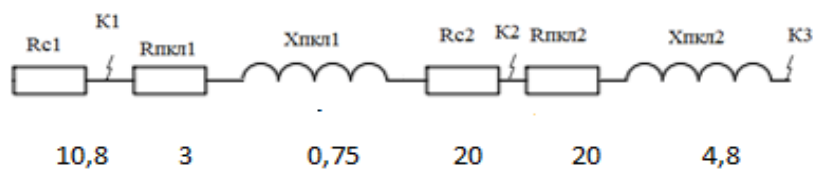


Рисунок 15– Схема замещения для расчета 1 - фазных токов КЗ»[12]

«Находим сопротивления кабельных линий:

$$X_{пкЛ1} = x_{0п} \cdot L_{кЛ1} = 0.15 \cdot 5 = 0,75 \text{ мОм}$$

$$R_{пкЛ1} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{кЛ1} = 2 \cdot 0,3 \cdot 5 = 3 \text{ мОм}$$

$$X_{пкЛ2} = x_{0п} \cdot L_{кЛ2} = 0,24 \cdot 20 = 4,8 \text{ мОм}$$

$$R_{ПКЛ2} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{КЛ2} = 2 \cdot 0,5 \cdot 20 = 20 \text{ мОм}$$

$$Z_{П1} = 15 \text{ мОм} [3]$$

$$R_{П2} = R_{c1} + R_{ПКЛ1} + R_{c2} = 15 + 3 + 20 = 38 \text{ мОм}$$

$$X_{П2} = X_{ПКЛ1} = 0,75 \text{ мОм}$$

$$Z_{П2} = \sqrt{R_{П2}^2 + X_{П2}^2} = \sqrt{38^2 + 0,75^2} = 38 \text{ мОм}$$

$$R_{П3} = R_{П2} + R_{ПКЛ2} = 38 + 20 = 58 \text{ мОм}$$

$$X_{П3} = X_{ПКЛ2} + X_{П} = 0,75 + 4,8 = 5,5 \text{ мОм}$$

$$Z_{П3} = \sqrt{R_{П3}^2 + X_{П3}^2} = \sqrt{58^2 + 5,5^2} = 58,3 \text{ мОм}$$

Находим ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{k1}^{(1)} = \frac{U_{k1}}{Z_{П1} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{230}{15 + \frac{779}{3}} = 0,84 \text{ кА} \quad (2.27)$$

$$I_{k2}^{(1)} = \frac{U_{k2}}{Z_{П2} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{230}{38 + \frac{779}{3}} = 0,73 \text{ кА}$$

$$I_{k3}^{(1)} = \frac{U_{k3}}{Z_{П3} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{230}{58,3 + \frac{779}{3}} = 0,72 \text{ кА},$$

где U_k - фазное напряжение в точке КЗ, кВ

$Z_{П}$ - полное сопротивление петли «фаза-нуль» до точки КЗ, Ом

$Z_T^{(1)}$ - полное сопротивление трансформатора однофазному КЗ, Ом» [12]

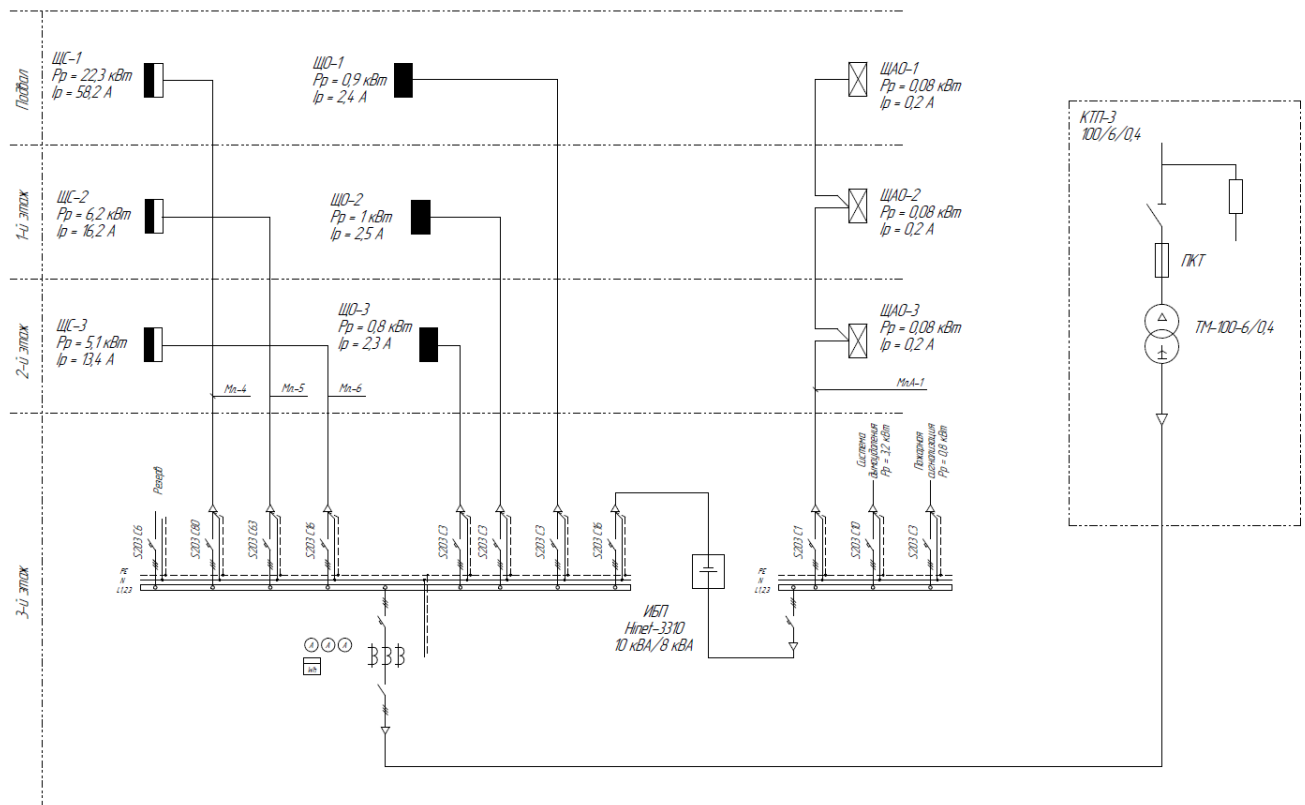


Рисунок 16 -Однолинейная схема электрических соединений объекта

2.5 Выводы по разделу

В разделе была разработана система электроснабжения малого промышленного предприятия по обработке металла. Питание электроприемников осуществляется по радиальной схеме. Произведен выбор проводников для питания электроприемников. Питание электроприемников осуществляется медными кабелями марки АВВГ 2,5х2 от распределительных шкафов, которые запитываются кабелями АПВ 1х70. Освещение выполнено кабелем типа ВВГнг-LS 3х1,5.

Также были выбраны выключатели для всех распределительных и осветительных шкафов типа АВВ. Все выключатели прошли проверку по ударному току КЗ. Выполнен расчет токов короткого замыкания, при это определены ударные токи для самого мощного электрического приемника.

3 Разработка системы коммерческого и технического учета потребленной электрической энергии

3.1 Выбор системы коммерческого учета (схема и оборудование)

В подвале и на первом этаже присутствуют однофазные и трехфазные потребители, соответственно, на этих этажах в силовом щите и щите освещения установим трехфазные однотарифные типа СЕ300-Р31. Т.к. на каждой линии нашего объекта расчетная нагрузка не превышает 80 А, согласно требованиям к схемам включения электросчетчиков, необходимо использовать электросчетчики непосредственного подключения.



Рисунок 17 – Электросчетчик СЕ300-Р31

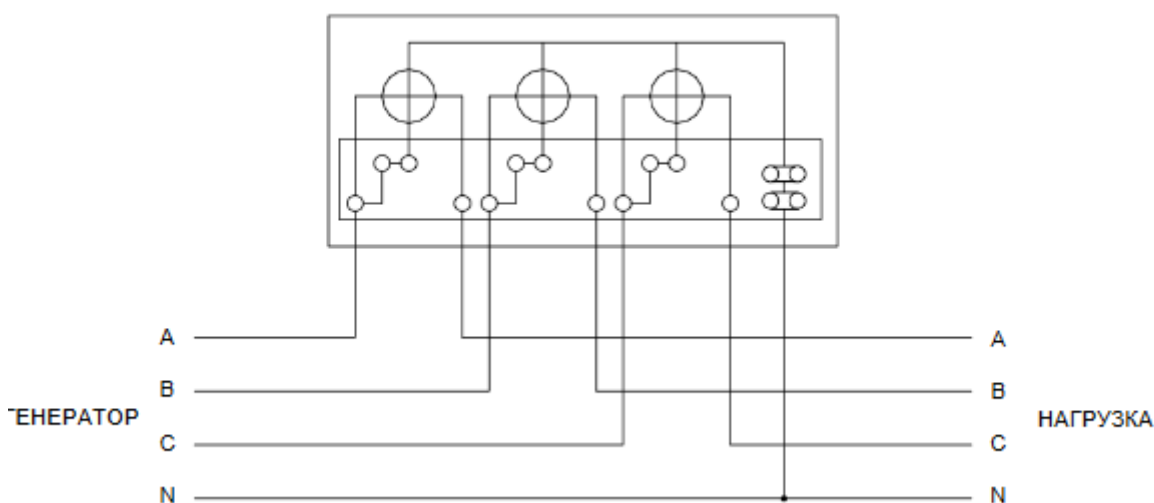


Рисунок 18 – Схема подключения трехфазного электросчетчика

На втором и третьем этаже отсутствуют трехфазные потребители, поэтому там установим однофазные многотарифные счетчики типа СЕ102-
R5.1



Рисунок 19 – Электросчетчик СЕ102-
R5.1

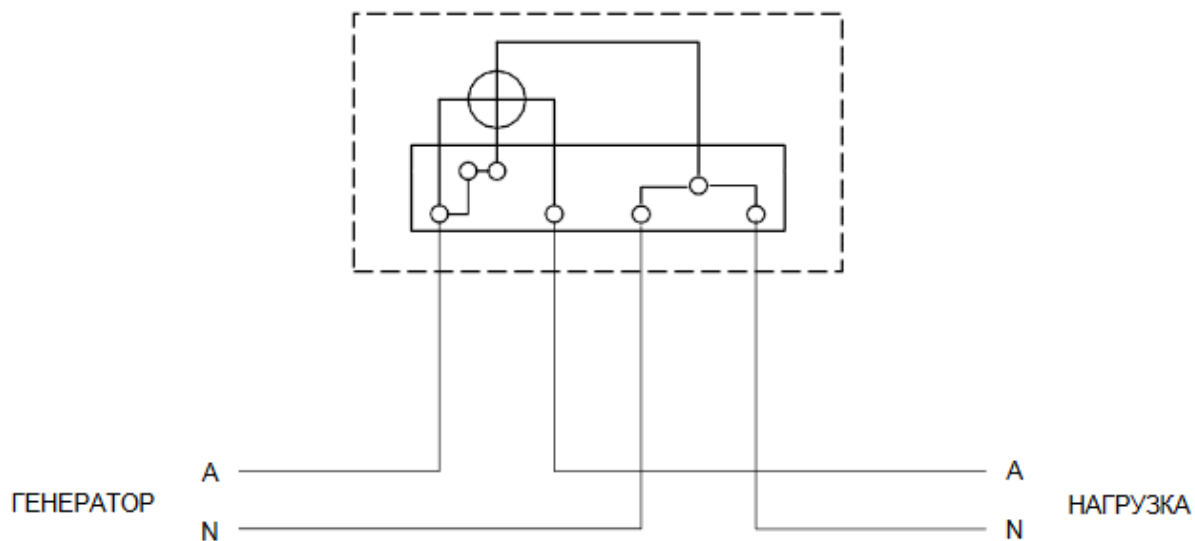


Рисунок 20 – Схема подключения однофазного электросчетчика

3.2 Выбор и обоснование мест установки приборов технического учета потребленной электрической энергии

Электросчетчики установим на каждый силовой и щиты освещения,

также в ВРУ установим общий счетчик для коммерческого учета. Схема расположения электросчетчиков представлена ниже.

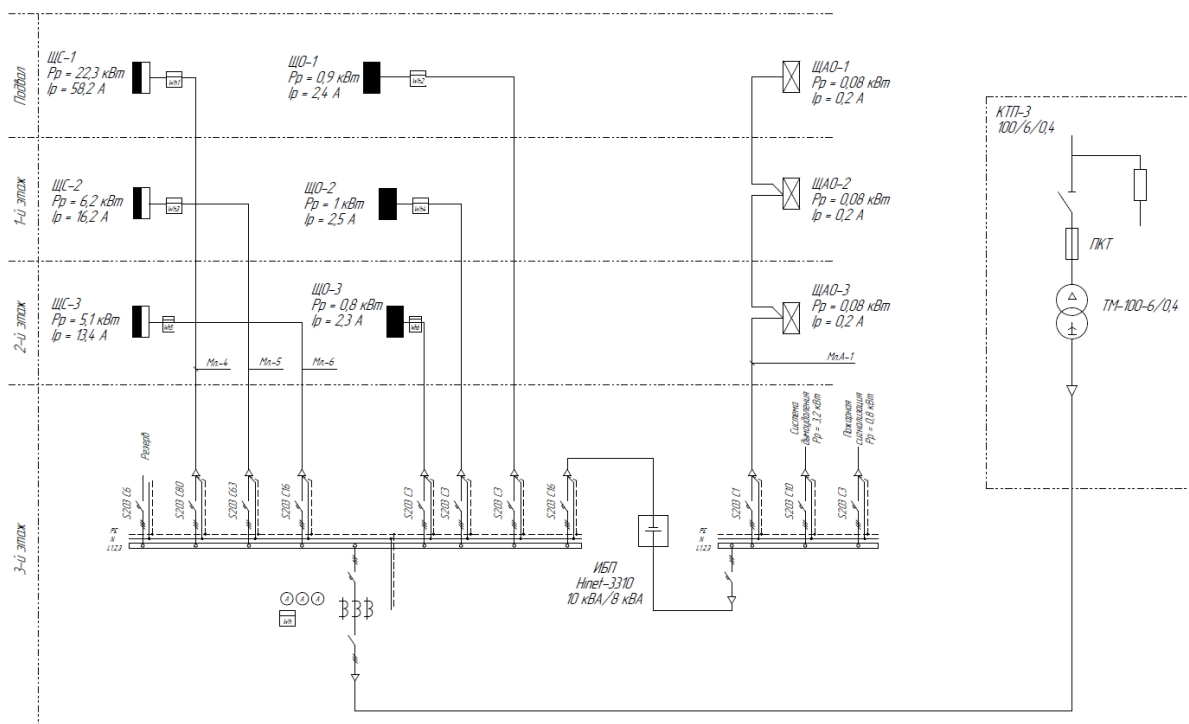


Рисунок 21 – Схема расположения счетчиков электроэнергии

Для оптимального снижения расхода электроэнергии плановая мера потребления ресурсов должна соответствовать технико-экономическим расчетам и анализам производства, а также соответствовать требованиям к изменению современных технологий, уровню техники и организаций. Выполнение норм расходов (НР) энергии на промышленном предприятии приведет к росту экономической эффективности.

Для того, чтобы установить какая норма расхода электроэнергии необходима на производстве (на 1 ед. производимой продукции), нужно сравнить показатели использования ресурсов энергии по документации всех расходов электроэнергии. Данная информация поможет сделать аналитические расчёты.

Кроме этого, вычислить удельные затраты можно с помощью результатов испытаний на производстве. Для этого необходимо подготовить

оборудование, чтобы оно было в исправном состоянии и действовать согласно инструкциям и тех. регламентам.

Чтобы провести статические расчёты, потребуется свод всех данных о расходах электроэнергии за несколько лет на производстве, в целях выявления факторов, которые влияют на изменение.

В зависимости от того, какой тип производства, устанавливаются нормы расхода. Например, в производстве продукции в относительно небольших количествах, обычно с использованием трудоемких технологий, устанавливают НР на 1 час работ оборудования энергоприёма, а в серийном и массовом – на изделие.

Определить по формуле 3.1 НР на 1 час работ устройств:

$$\underline{Ш_{ч.г}} = \underline{M_n K_v K_m K_{с.} / K_{и.г}} \quad (3.1)$$

где M_n - номинальная мощность электродвигателя технологического оборудования, $кВт'$,

K_v — коэффициент использования двигателя по времени;

K_m — коэффициент использования двигателя по мощности;

$K_{с.}$ — коэффициент, учитывающий потери в сетях;

$K_{и.г}$ — коэффициент полезного действия электродвигателя.

На предприятиях существуют графики электрических нагрузок, с их помощью учитывается расход электрической энергии. Из суммы полученных данных и количество денег выплачиваемых энергосбытовой компании по двухставочному тарифу (максимальная нагрузка и потребленная энергия) высчитываются затраты на электроэнергию.

Главной задачей предприятий является необходимость в организации системы контроля энергопотребления, так как данное мероприятие позволит выявить точный подсчет использования ресурсов и снизить их оплату (оплата потерь на мистралях поставщика прекратиться).

Во время планирования размер присоединённой мощности осуществляется установки максимальной нагрузкой электроэнергии. Производственное потребление определяется общим количеством расхода электроэнергии по всем производственным комплексам и объектам вспомогательного хозяйства.

На этом же этапе (планирования) рассчитывают смету затрат по каждому производственному помещению.

Во время расчета затрат электроэнергии на изготовление единицы продукции и реализации услуг за установленный промежуток времени необходимо включать следующее:

1. технологические процессы (основной и вспомогательные);
2. отопление;
3. освещение;
4. вентиляцию (с улавливанием выбросов);
5. кондиционирование;
6. транспортирование готовой продукции;
7. транспортирование, хранение отходов;
8. поддержание противопожарной системы;
9. перекачку сточных вод;
10. хранение готовой продукции.

Организация систем учета электропотребления на предприятиях, имеющих большое количество электросчетчиков, позволяет осуществлять дистанционный контроль работы оборудования и текущих расходов электроэнергии по всем счетчикам и объектам учета, а также обеспечивает хранение данных и возможность предоставления информации за различные периоды.

3.3 Система учета электроэнергии с помощью системы интеллектуальных счетчиков

За последнее десятилетие поставки топлива, особенно сырой нефти, стали все более скудными и, следовательно, резко возросли в цене. По необходимости, коммунальные предприятия, особенно те, которые зависят от нефти, часто пытались повысить свои цены для всех своих потребителей, пытаясь компенсировать возросшую стоимость топлива. Тем не менее, электроэнергетические компании подверглись значительному давлению со стороны как групп потребителей, так и регулирующих органов для адекватного обоснования каждого увеличения. Чаще всего этим коммунальным предприятиям разрешалось повышать свои цены гораздо меньше, чем они первоначально запрашивали. В результате электроэнергетические предприятия оказываются под значительным экономическим давлением, чтобы сократить свои расходы, чтобы как покрыть текущие расходы, так и сохранить свою прибыль на соответствующем уровне, достаточном для привлечения новых источников инвестиционного капитала. Снижение затрат часто влечет за собой поиск и использование экономик во всех областях производства электроэнергии, включая, помимо прочего, получение экономичных источников топлива. Например, можно добиться значительной экономии при измерении.

Электроэнергия подается каждому потребителю по проводам, то есть по линиям электропередач. Вследствие потерь, присущих этому процессу снабжения, в месте расположения каждого потребителя должен быть установлен счетчик для измерения количества потребляемой электроэнергии. В настоящее время такой измеритель мощности содержит относительно большое электромеханическое устройство, которое обычно использует диск, который вращается со скоростью, пропорциональной одновременному потреблению энергии. Этот диск, в свою очередь, механически связан со счетчиком, видимым на лицевой стороне измерителя, который непрерывно суммирует количество вращений диска. Значение, отображаемое в любой момент, является «показанием» счетчика и представляет собой общее количество энергии, измеренное счетчиком с момента его первого ввода в

эксплуатацию. Чтобы выставить каждому покупателю счет за количество электроэнергии, которое он потребляет в течение определенного периода времени, коммунальное предприятие должно сначала считать счетчик, существующий на площадке этого клиента, а затем вычесть показания счетчика, происходящие в начале, из того, что происходит в конце период. В настоящее время, как правило, все потребители считывают свои счетчики вручную. Другими словами, читатель счетчика посещает каждый клиентский сайт и записывает показания на каждом расположенном там счетчике. Эти показания затем возвращаются в центральное место, где они затем вручную вводятся в компьютер или другое оборудование для обработки данных, которое генерирует счета клиентов.

Такая измерительная система имеет два основных недостатка - сам счетчик и способ его считывания, оба из которых приводят к значительным расходам на коммунальные услуги.

Во-первых, что касается самого измерителя, электромеханические измерители вращающегося дискового типа являются дорогими устройствами и, в некоторых случаях, несколько неточными. Хотя эти счетчики являются достаточно надежными и имеют довольно длительный срок полезного использования, который часто составляет от 20 до 30 лет, стоимость их приобретения высока. Кроме того, узел вращающегося диска и соединенный счетчик обладают определенной механической инерцией, которая замедляет реакцию измерителя. Это, в свою очередь, часто препятствует тому, чтобы счетчик быстро реагировал на изменения нагрузки, которые приводят к кратковременному увеличению (часто продолжающемуся менее секунды и обычно называемому «скачками») потребления. Следовательно, эти измерители могут несколько реагировать на относительно длительный всплеск, но, скорее всего, поскольку большинство всплесков являются относительно короткими, они будут полностью игнорироваться. Поскольку большинство электросетей снабжают огромное количество потребителей, любой из которых может на мгновение потреблять значительное количество

энергии в результате скачка напряжения, коммунальное предприятие теряет значительные суммы дохода, не измеряя мощность, потребляемую всеми своими клиентами во время скачков напряжения, и взимая плату за эту мощность. Чтобы учесть эту потерю, некоторые коммунальные предприятия могут предположить, что определенное количество энергии будет потребляться во время скачков, и соответственно скорректировать свои ставки в сторону повышения, чтобы восстановить то, что в противном случае было бы полностью потерянными доходами. Однако эти коммунальные предприятия не имеют точного способа сверки своих предположений с фактическими моделями потребления для проверки и / или исправления этих предположений, чтобы минимизировать потерянные доходы.

Кроме того, из-за того, что цена на электроэнергию неуклонно растет, из линий электропередач украдено большое количество электроэнергии. Поскольку каждый клиент имеет доступ к своей входящей электрической проводке, любой может относительно легко подключить (обойти) счетчик и, следовательно, получить неизмеренную мощность. Поскольку кража электроэнергии в настоящее время является преступлением в большинстве, если не во всех юрисдикциях, тем самым замедляя, по крайней мере, можно надеяться, рост этого преступления, украденная электроэнергия все еще является причиной значительных потерь доходов от коммунальных услуг.

При существующей системе измерения с ручным считыванием коммунальные предприятия должны ждать до тех пор, пока они не обработают показания счетчиков, снятые в конце периода измерения, чтобы определить расхождения в измерениях, указывающие на кражу. К сожалению, временная задержка, возникающая между временем кражи и временем, когда эта кража наконец обнаруживается, часто слишком велика, чтобы помешать коммунальному предприятию предпринять быстрые корректирующие действия, чтобы минимизировать потерянные доходы. Зачастую воры могут похищать электроэнергию в определенные выбранные моменты времени или в течение определенных выбранных интервалов,

чтобы скрыть показания своих счетчиков и, таким образом, избежать обнаружения либо полностью, либо в течение длительных периодов, что лишает возможности использования долгосрочных доходов.

Во-вторых, кроме самого измерителя, ручное считывание показаний является очень медленным, трудоемким процессом, который чрезмерно дорог. Опытный читатель счетчика может читать от 20 до 100 электросчетчиков в день, в зависимости от того, где расположены счетчики. Скорость может быть намного меньше в сельской местности, где отдельные электросчетчики географически разделены большими расстояниями, и больше в типичном городе, где многие электросчетчики часто объединяются в одном месте. Поскольку типичная энергосбытовая компания может предоставлять сотни тысяч отдельных сайтов клиентов и считывать каждый счетчик один раз в месяц или два, эта компания должна использовать значительное количество считывателей счетчиков. Кроме того, энергосбытовая компания не только несет расходы по зарплате считывателя счетчика, но также и расходы на предоставление и обслуживание транспортного средства для использования каждым считывателем счетчика. Все эти расходы часто достигают ошеломляющих пропорций в довольно короткие периоды времени и всегда учитываются в ставке электроэнергии, взимаемой коммунальным предприятием.

В течение некоторого времени было известно, что использование широко распространенной автоматизированной системы измерения мощности, использующей относительно недорогие, быстро реагирующие, точные и высоконадежные счетчики, телеметрические данные которых возвращаются в центральное место, может обеспечить существенную экономию затрат по сравнению с электромеханическим измерением с ручным считыванием. Сегодня системы используются большинством, если не всеми, электроэнергетическими предприятиями страны. Эти автоматизированные системы обычно называют системами «удаленного считывания». К сожалению, хотя было предложено много таких систем, ни одна из них не

получила коммерческого использования. Например, несколько систем, типичные для которых раскрыты в патенте США № 4224237 (выданном Параскевакосу и др. 23 декабря 1980 г.) предполагается передача каждого показания счетчика по телефонной сети в центральное местоположение для обработки, и, следовательно, требуется, чтобы каждый счетчик был подключен к телефонной линии, что, в свою очередь, приводит к значительным потерям в общей системе учета. Другие системы, типичные для которых раскрыты в патенте США No. № 4350980 (выдано Уорду 21 сентября 1982 года); Патент США US 3656112 (выдан Paull 11 апреля 1972 г.) и патентам США. US 3264633 (выдано Hellar 2 августа 1966 г.) - полагаться на использование частоты линии электропередачи в качестве несущей среды. Используя существующую электрическую сеть как источник электроэнергии и среду-носитель, этот метод передачи данных преимущественно устраняет необходимость в отдельной сети, такой как телефон, для переноса показаний счетчика в центральное местоположение и, следовательно, значительно минимизирует расходы. Тем не менее, эти системы измерения на основе связи по линии электропередачи, известные в данной области техники, основаны на использовании измерителей с вращающимся диском, которые, как отмечалось выше, являются дорогостоящими в приобретении и медленными при реагировании. Следовательно, эти системы не могут точно измерить скачки напряжения. Следовательно, хотя эти системы, несомненно, обеспечат некоторую экономию по сравнению с известными в технике уровнями измерительными системами, эти известные измерительные системы на основе связи по линии электропередачи не способны обеспечить максимальную экономию затрат для коммунального предприятия. Более того, ни одна из этих известных систем удаленного считывания показаний счетчиков, использующих связь по линии электропередачи или нет, не может легко обнаружить кражу электроэнергии.

Соответственно, цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы предоставить систему измерения электроэнергии с дистанционным

считыванием, которая обеспечивает значительную экономию по сравнению с существующими системами измерения электроэнергии с ручным считыванием, используемыми сегодня.

Особой целью является создание счетчика для использования в такой системе, который является недорогим и высоконадежным. Другой конкретной целью является создание такого точного измерителя.

Более конкретная задача состоит в том, чтобы предоставить такой измеритель, имеющий чрезвычайно быстрое время отклика и, который может точно измерять скачки потребления энергии, вызванные кратковременными изменениями нагрузки.

Другой целью является создание такой системы измерения, которая может легко обнаруживать кражу электроэнергии, точно определять ее величину и быстро локализовать ее источник.

Эти и другие объекты обеспечиваются в соответствии с идеями настоящего изобретения системой для измерения количества электрической энергии, потребляемой по электрической сети, имеющей: измерительный прибор, расположенный на каждой из линий электропередачи выше по потоку от соответствующей нагрузки, при этом измерительный прибор включает в себя средство для измерения мгновенного количества электрической мощности, потребляемой ассоциированной нагрузкой, средство для суммирования мгновенного количества в течение предварительно определенного периода времени для генерации суммарного значения, указывающего общее количество энергии, потребленной ассоциированной нагрузкой, загрузка в течение предварительно определенного периода времени и средство для передачи суммированного значения по сети после получения соответствующей инструкции; главный измеритель, расположенный на распределительной линии, который включает в себя средство для измерения общего количества мгновенной электрической энергии, протекающей через него ко всем связанным нагрузкам, средство для предоставления совокупного значения, указывающего общую величину

мгновенной мощности, потребляемой всеми соответствующими нагрузками в течение предварительно определенного периода времени и средства для передачи совокупного значения по сети после получения соответствующей инструкции; первое средство обработки, расположенное в указанной сети, для передачи по меньшей мере одной из инструкций по сети к указанным измерительным приборам и для приема суммированного значения от каждого из измерителей измерения, и второе средство обработки, расположенное в сети, для передачи других команд по сети и для приема кумулятивного значения от главного измерителя. Причем, либо первое, либо второе средство обработки дополнительно включает в себя средство для суммирования всех суммированных значений для формирования агрегированного значения и средство для сравнения агрегированного значения с кумулятивным значением для определения любых необычных расхождений между ними указывают на потерю мощности или кражу.

Кроме того, измерительный прибор, используемый в заявляемой системе, содержит: средство, реагирующее на напряжение, появляющееся в линии электропередачи и подающее соответствующую нагрузку, для подачи отфильтрованного сигнала, который пропорционален напряжению линии и содержит практически все возмущения напряжения, возникающие в результате нагрузки индуцированный всплеск потребления, но по существу не содержит каких-либо таких возмущений, возникающих в результате скачков напряжения в сети; схемное средство, реагирующее на отфильтрованный сигнал, для генерации первого и второго сигналов, пропорциональных значениям напряжения нагрузки и тока нагрузки соответственно; средство связи, подключенное к линии электропередачи, для установления двунаправленной связи по линии электропередачи между счетчиком и удаленным от него местоположением (например, мастер-счетчиком и / или центральным местоположением); и средство обработки, соединенное со схемным средством и со средством связи и реагирующее на первый и второй сигналы, для вычисления значения мгновенной мощности,

потребляемой нагрузкой, и для суммирования мгновенных значений мощности в течение предварительно определенного периода времени для получения суммированного значения, причем средство обработки в ответ на соответствующую инструкцию, появляющуюся в линии электропередачи и полученное средством связи, применяет суммированное значение к средству связи для передачи по линии электропередачи в удаленное от него местоположение.

Как уже отмечалось, главный измеритель измеряет мощность, потребляемую всеми нагрузками, подаваемыми по распределительной линии; в то время как измерительный прибор измеряет мощность, потребляемую одной такой нагрузкой. Помимо этой разницы, и главный, и измерительный счетчики имеют одинаковую структуру и работают по существу одинаково - тем самым выгодно снижаются затраты на изготовление и монтаж. Как уже отмечалось, главный измеритель измеряет мощность, потребляемую всеми нагрузками, подаваемыми по распределительной линии; в то время как измерительный прибор измеряет мощность, потребляемую одной такой нагрузкой. Помимо этой разницы, и главный, и измерительный счетчики имеют одинаковую структуру и работают, по существу, одинаково - тем самым выгодно снижаются затраты на изготовление и монтаж.

В соответствии с признаком изобретения каждый измеритель может вычислять коэффициент мощности своей связанной нагрузки в режиме реального времени и передавать эту информацию в центральное местоположение. Это преимущественно позволяет коммунальному предприятию постоянно выбирать правильную электрическую скорость для каждого пользователя, а также оптимизировать общую работу своего оборудования для выработки электроэнергии.

Кроме того, в соответствии с другим признаком изобретения двунаправленная связь по линии электропередачи может происходить не только между центральным местоположением и любым одним электросчетчиком, но также может происходить на основе, на основе между

любым главным измерителем и любым счетчиком, который измеряет мощность, исходящую из общей распределительной линии.

Интеллектуальные счетчики — это новый вид счетчиков энергии, который регистрирует потребление энергии с интервалом в час или меньше и ежедневно передает информацию для целей мониторинга и выставления счетов. Умные электрические счетчики обеспечивают двустороннюю связь между счетчиком и центральной системой. Смартсчетчики используются не только в электроэнергетике, но и в газо- и водоснабжении. Интеллектуальные счетчики быстро устанавливаются во многих местах и, вероятно, представляют собой буквальную волну будущего, поскольку они позволяют энергоснабжающим компаниям выставить счета клиентам, основываясь на потреблении времени, и могут быть интегрированы в так называемую интеллектуальную сеть, а также предоставляют клиентам возможность интегрировать персональные компьютеры с интеллектуальным программным обеспечением счетчика для получения статистики использования, которую они могут использовать для сокращения или отсрочки определенных видов потребления электроэнергии.



Рисунок 22 - Внешний вид интеллектуальных электросчетчиков

Согласно Американскому совету по энергоэффективной экономике, для реализации потенциальной экономии, вызванной обратной связью,

интеллектуальные счетчики должны использоваться в сочетании с дисплеями на дому (или в режиме онлайн) и хорошо разработанными программами, которые успешно информируют, вовлекают, расширяют возможности и мотивируют людей. Для интеллектуальных электрических счетчиков сначала необходимо иметь интеллектуальную сеть. Интеллектуальная сеть — это модернизированная электрическая сеть, которая использует информационные и коммуникационные технологии для сбора и обработки информации, такой как информация о поведении поставщиков и потребителей, в автоматическом режиме для повышения эффективности, надежность, экономичность и устойчивость производства и распределения электроэнергии.

Первым шагом в преобразовании традиционной электрической сети в интеллектуальную сеть является замена традиционных счетчиков электроэнергии цифровыми счетчиками и расстановкой датчиков по всей сети для сбора производства и потока информации. Анализируя потребление энергии с высокой степенью детализации, интеллектуальные энергосистемы могут помочь стране выжать наибольшую полезность из каждого произведенного ватта. На этом этапе, когда все невозобновляемые источники энергии исчерпаны, мы обязаны экономить как можно больше энергии и благодаря разработке этих интеллектуальных сетей и внедрению интеллектуальных счетчиков мы можем добиться успеха.

Из всех технологий интеллектуальных счетчиков одной критической технологической проблемой является связь. Каждый счетчик должен иметь возможность надежно и безопасно передавать собранную информацию в какое-либо центральное место. Учитывая изменяющуюся среду и места где счетчики найдены, эта проблема может быть сложной. Среди предлагаемых решений: использование сотовых и пейджинговых сетей, спутниковых, лицензированных радиостанций, комбинированных лицензий и нелицензированных радиостанций, а также линий связи. Критическое значение имеет не только среда, используемая для связи, но и тип

используемой сети. Таким образом, можно найти: фиксированную беспроводную сеть, ячеистую сеть или их комбинацию. Существует несколько других возможных конфигураций сети, включая использование Wi-Fi и других сетей, связанных с Интернетом. На сегодняшний день ни одно решение не кажется оптимальным для всех приложений. Сельские коммунальные предприятия имеют очень разные проблемы со связью с городскими коммунальными предприятиями или коммунальными службами, расположенными в труднодоступных местах, таких как горные районы или районы, которые плохо обслуживаются беспроводными и интернет-компаниями. Типичная архитектура связи для интеллектуального учета состоит из трех интерфейсов: WAN (глобальная сеть), NAN (сеть соседних районов) и HAN (Домашняя сеть).

Работа интеллектуального электросчетчика происходит в пять этапов:

1. Интеллектуальный счетчик в вашем доме в цифровой форме регистрирует количество электроэнергии, которое вы используете каждые 30 минут.

2. Эти данные автоматически отправляются обратно сетевому дистрибьютору, то есть компании, ответственной за управление сетью, полюсами и проводами.

3. После того, как сетевой дистрибьютор выполнит проверку валидации, они отправят информацию в вашу энергосбытовую компанию.

4. Продавцы энергии могут сделать эту информацию доступной для вас. Они могут сделать это через безопасное интернет-соединение. После этого вы сможете использовать домашний дисплей (или монитор энергопотребления) для просмотра информации в режиме реального времени.

5. Затем у вас есть возможность более активно контролировать и управлять использованием энергии.

Достоинства и недостатки. Для всего, что создано на этой земле, несомненно, будет множество преимуществ и недостатков. Умные

электросчетчики разработаны как источник экономии энергии и потребления энергии. Преимущества интеллектуального электросчетчика перечислены ниже:

1. Точные счета - интеллектуальный счетчик отправит поставщику точное количество энергии, использованной человеком, и поэтому нет необходимости в расчетных счетах.

2. Меньше времени ожидания- поставщику энергии нет необходимости снимать показания счетчика, хотя они могут прийти на плановые проверки.

3. Дисплей энергии в доме -небольшой экран можно поставить в вашем доме, чтобы проверить потребление энергии в любой момент времени.

4. Экономить деньги- имея четкое представление об используемой вами энергии, мы можем легко сократить использование энергии и сэкономить деньги.

5. Более быстрые решения проблем- технические неисправности, связанные с энергоснабжением, могут быть легко устранены.

У умных электрических счетчиков есть несколько серьезных недостатков. Они перечислены ниже:

1. Реализация нового процесса путем реформирования старого процесса

является очень сложной задачей и не может быть легко достигнута.

2. Отношения с клиентами должны поддерживаться надлежащим образом.

3. Проверка новых счетчиков обязательна.

4. Управление и хранение огромного количества данных измерений требует напряженной работы и конфиденциальности.

5. Надлежащая утилизация старых счетчиков необходима по различным экологическим причинам.

Большинство организаций используют информационные системы для реализации своих наиболее важных процессов. Со временем эти организации создают много данных, связанных с их бизнесом, но данные не

интегрированы. Эти данные должны храниться и обрабатываться в центральном хранилище, называемом «Хранилищем данных», а затем использоваться для принятия решений топ-менеджерами, уполномоченными на основе исторических фактов, хранящихся в нем. Хранилище данных должно быть защищено от любого несанкционированного изменения или потери данных. Хранилище данных, как и разработка программного обеспечения, является процессом, который может быть выражен в терминах таких компонентов, как артефакты и рабочие процессы.

Предлагается, чтобы при проектировании хранилища данных учитывалось наличие вариантов обновления данных. Этот подход помогает сократить время обновления между транзакционной и аналитической системами и уменьшает аппаратные ресурсы, необходимые для поддержания приемлемого обновления данных для рассматриваемых сред. Существует структура ISPC, которая состоит из двух функций: промежуточного суммирования и дополнительного обучения. В ISPC эта функция генерирует онлайн-дайджесты выбранных сегментов потока данных на основе накопления в хранилище данных. Функция инкрементного обучения в структуре ISPC реализована с помощью алгоритма IPCL.

Интеллектуальная сеть стала реальностью. Миллионы домов и предприятий подключены к региональным и национальным сетям, что позволяет в режиме реального времени составлять отчеты и контролировать использование электроэнергии. Такая оцифровка систем управления сеткой дает существенные выгоды для общества. Повышение эффективности и доступности информации может обеспечить более дешевое и экологически чистое производство энергии, меньшие потери при аккумулировании и передаче энергии, лучшую изоляцию и восстановление после отказа, а также поддержку широкого использования альтернативных источников энергии, например, генерируемой потребителями энергии ветра и солнца. Электросчетчик— это потребительский трубопровод к сети. Умные счетчики, заменяющие электромеханические счетчики почти столетней

давности, прикрепленные к внешнему виду многих зданий, представляют собой усовершенствованные датчики, которые регистрируют энергопотребление и воздействуют на сигналы управления от сети.

3.4 Выводы по разделу

В разделе обоснован выбор и установка счетчиков электроэнергии на предприятии. Обоснована актуальность системы технического учета. На примере интеллектуальных счетчиков рассмотрен вариант учета электроэнергии крупных промышленных предприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе была разработана система электроснабжения малого промышленного предприятия по обработке металла, расположенного по адресу с.Тимофеевка, ул.Строителей 82. Питание электроприемников осуществляется по радиальной схеме. Также были рассчитаны токи короткого замыкания.

Произведен выбор проводников для питания электроприемников. Питание электроприемников осуществляется медными кабелями марки АВВГ 2,5х2 от распределительных шкафов, которые запитываются кабелями АПВ 1х70, выбраны выключатели для всех распределительных и осветительных шкафов типа АВВ. Освещение выполнено кабелем типа ВВГнг-LS 3х1,5.

В работе были выбраны места установки электросчетчиков. В подвале и на первом этаже установлены трехфазные однотарифные счетчики типа СЕ300-R31, на втором и третьем этажах выбраны однофазные многотарифные счетчики типа СЕ102-R5.1.

Проведен анализ интеллектуальных электросчетчиков, их применение целесообразно на более крупных предприятиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стебунова Е.Д., Рашевская М.А., Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и Сооружений. Вологда; Инфра-Инженерия, 2016. 416 с.
2. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: Учебное пособие. М.: Форум, 2018. 350 с
3. Щербаков Е.Ф., Д.С. Александров, А.Л. Дубов. Электроснабжение и электропотр. на предприятий. Учебное пособие. М.: Форум, 2016. 224 с.
4. Карманова Т.Е. Приемники и потребители электрической энергии систем электроснабжения. Учебное пособие/Учреждение образования «Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова», 2015.
5. Каталог электротехники и электрооборудования ЭТМ. [Электронный ресурс] URL: <http://www.etm.ru/cat/products.html>
6. В.В.Вахнина, А.Н.Черненко. Проектирование систем электроснабжения: Электронное учебно-методическое пособие; Тольятти, 2016
7. Fernando Pacheco-Torgal Claes Granqvist Bjørn Jelle, Cost-Effective Energy Efficient Building Retrofitting 1st Edition/ Woodhead Publishing , 2017 – 632 pages.
8. Geoff MacAngus-Gerrard, Offshore Electrical Engineering Manual/Gulf Professional Publishing, 2017 – 306 pages.
9. The IET, Requirements for Electrical Installations, Iet Wiring Regulations, BS 7671:2008+A3:2015 (Electrical Regulations)/ Institution of Engineering and Technology; 17th Revised edition edition, 2015 - 496 pages.
10. Tang W.H. Condition Monitoring and Assessment of Power Transformers Using Computational Intelligence / Tang W.H., Wu Q.H.; Department of Electrical Engineering and Electronics. The University of Liverpool.
11. Sparling B. Power transformer life extension though better monitoring/

Sparling B., Aubin J.; GE Energy Management.

12. Рахманин Е.Г. Моногаров С.И. История развития и тенденции развития счетчиков учета электрической энергии//Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-1. С. 84-85.

13. Государственная информационная система. Прибор учета электрической энергии: виды и основные характеристики [Электронный ресурс]: URL:<https://gisee.ru/articles/counter/24356/>

14. Все правила и технические нормы установки электросчетчиков [Электронный ресурс]: URL: <https://electroadvice.ru/electric/pravila-ustanovki-elektroschetchikov/>

15. Мордкович А.Г., Цфасман Г.М., Дарьян Л.А., Маргулян А.М. Системы мониторинга силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Общие технические требования / Департамент систем передачи и преобразования электроэнергии ОАО ФСК ЕЭС, 2014г.

16. Вдовико В.П. Диагностика высоковольтного электрооборудования и эффективность её применения. [Электронный ресурс] URL: <http://www.pnpbold.ru/publish.php> свободный.

17. Англоязычный научный сайт [Электронный ресурс] URL: <http://www.electrical4u.com/electrical-power-transformer-definition-and-types-of-transformer/> свободный.

18. Англоязычный научный сайт [Электронный ресурс] URL: <http://www.electrical4u.com/accuracy-limit-factor-and-instrument-security-factor-of-current-transformer/> , свободный.

19. Государственная энергетическая политика [Электронный ресурс] URL: <http://www.energy-law.ru/law/1165/> (Дата обращения: 03.01.2016).

20. Министерство энергетики РФ [Электронный ресурс] URL: http://minenergo.gov.ru/activity/oilgas/structure_gas_industry.php.

21. Плужник М.В., Трачук К.В. Энергетическая безопасность и угрозы ее обеспечения в современной экономике России / Эволюция подходов к

энергетической безопасности: страны - импортеры против стран экспортеров // Вестник МГИМО. 2014. № 6.

22. Трачук К.В. Эволюция подходов к энергетической безопасности: страны - импортеры против стран экспортеров // Вестник МГИМО. 2014. № 6.

23. Пяткова Н.И., Воропай, М.Б. Чельцов. Энергетическая безопасность России: проблемы и пути решения; Новосибирск: СО РАН, 2015.

24. Г. Ф. Быстрицкий, Г. Г. Гасангаджиев, В. С. Кожиченков. Общая энергетика. Производство тепловой и электрической энергии: учеб. для вузов / 2-е изд., стер. М. :КноРус, 2014. 407 с.: ил. -(Бакалавриат). Библиогр.: с.403-404. - ISBN978-5-406-03655-6: 4275 тг.

25. Земсков Виктор Иванович. Возобновляемые источники энергии в АПК: учеб. пособие для вузов / СПб.:Лань, 2014. 355 с.: ил. (Учебники для вузов. Специальная литература). Библиогр.: с.350-351 (31 назв.). -ISBN978-5-8114-1647-9 : 8250 тг.

26. Ред. Н. Г. Любимова. М. Экономика и управление в энергетике: учеб. для вузов / Гос. ун-т управления : Юрайт, 2015. 485 с.: ил. (Магистр). Библиогр.: с.483-485 (31 назв.). -ISBN978-5-9916-3319-2: 4680 тг.

27. Ю. В. Овчинников, О. К. Григорьева, А. А. Францева. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учеб. пособие; Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. 256 с.: ил. (Учебники НГТУ). Библиогр. в конце глав. -ISBN978-5-7782-2606-7: 4500 тг.

28. Васильев Богдан Юрьевич. Электропривод. Энергетика электропривода: учебник; М.: Солон-Пресс, 2015. 267 с.: ил. Библиогр.: с.263-167 (53 назв.). -ISBN978-5-91359-155-5: 5550 тг.

29. Ред. В. В. Денисов. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. пособие для вузов / Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. 318 с.: ил. эл. опт. диск (DVD-ROM). (Высшее образование). Библиогр.: с.316-318 (46 назв.). - ISBN978-5-222-22949-1: 2455 тг.

30. Тетельмин В. В., Язев В. А. Физические основы традиционной и альтернативной энергетики: учеб.пособие: Интеллект,2016. 175 с. : ил. Библиогр.: с.174-175 (32 назв.) . -ISBN978-5-91559-211-6 : 13100 тг.

31. Юдина В.Д. Технический учет электроэнергии промышленного предприятия// Электронный сборник студенческих работ «Молодежь. Наука. Общество.». 2018

32. Фомичева Н.Н., Юдина В.Д. Рынок электроэнергии Самарской области// Международный научно-практический журнал «Экономика и социум» №1(54). 2018. – ISSN 2225-1545.

33. Юдина В.Д., Фомичева Н.Н. Технический учет электроэнергии промышленного предприятия // Международный научно-практический журнал «Экономика и социум» № 1 (56). 2019. – ISSN 2225-1545.

34. Шалюгин М.А., Податнова О.В., Юдина В.Д., Оприщенко А.С. Роль датчиков в ветрогенераторных установках// Международный научно-практический журнал «Экономика и социум» №2(57). 2019. – ISSN 2225-1545.

35. Оприщенко А.С., Шалюгин М.А., Юдина В.Д. Высокоэффективная выработка тепловой и электрической энергии с применением когенерационной установки// Международный научно-практический журнал «Экономика и социум» №3(58). 2019. – ISSN 2225-1545.