

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)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем электроснабжения
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Разработка интеллектуальной системы энергообеспечения малого предприятия широкого профиля»

Студент

Г.С. Колокольчикова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

В.И. Платов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы д.т.н., профессор В.В. Вахнина

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ задач электроснабжения предприятия и выбор путей их решения	7
1.1 Общая характеристика объекта	7
1.1.1 Общая информация об объекте	7
1.1.2 Параметры объекта	8
1.2 Анализ состояния электроснабжения объекта и обоснование направлений его совершенствования.....	10
1.2.1 Характеристики электроприемников и расчет электрических нагрузок	10
1.2.2 Схемы расположения светильников и размещения оборудования	13
1.2.3 Расчет освещенности	18
1.3 Нестандартные задачи энергоснабжения объекта и обоснование путей их решения	27
1.3.1 Система управления погружным насосом.....	27
1.3.2 Оценка перспектив применения теплового насоса для снижения затрат на отопление объекта	30
1.3.3 Анализ возможностей использования на объекте ветроэлектростанции	33
1.4 Выводы по разделу 1.....	38
2 Разработка общей части системы электроснабжения объекта.....	39
2.1 Выбор проводов и кабелей.....	39
2.2 Выбор аппаратов защиты	41
2.3 Расчет токов короткого замыкания	41
3 Разработка интеллектуальной системы энергообеспечения предприятия	47
3.1 Разработка концепции автоматизированного управления объектом	47
3.2 Система сбора информации об объектах системы электроснабжения	50

3.3	Разработка алгоритма управления энергоснабжением объекта.....	51
3.4	Технические предложения по реализации системы автоматизированного управления энергоснабжением.....	53
3.5	Смета капитальных затрат	60
3.6	Техника безопасности.....	61
3.6.1	Безопасное выполнение работ при эксплуатации и обслуживании электрооборудования.....	61
3.6.2	Правила безопасности при возгорании проводки и электрооборудования	62
3.6.3	Основные задачи и функции энергетической службы предприятия	65
3.7	Выводы по разделу 3.....	67
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	70

ВВЕДЕНИЕ

Темой диссертации является разработка интеллектуальной системы энергообеспечения малого предприятия широкого профиля.

Малое предприятие относится к организации «Технопарк-инвест». Оно расположено на Обводном шоссе и ориентировано на выполнение муниципальных заказов по изготовлению разнообразных изделий для города. Основной продукцией предприятия являются всевозможное оборудование для городских улиц, парков, спортивно-развлекательных сооружений. Это детские качели, футбольные ворота, баскетбольные щиты, карусели и т.п. Номенклатура таких изделий постоянно расширяется.

В себестоимость продукта, который выпускается небольшим предприятием, входят траты на энергетические ресурсы, стоимость которых постоянно повышается. Энергосбережение помогает уменьшить себестоимость, что позволяет улучшить экономические данные предприятия: максимизация прибыли и повысить конкурентные преимущества.

В настоящее время объект построен не полностью, значительная часть работ производится на основной производственной площади в с. Тимофеевка (ул. Строителей, 82). Однако уже сейчас новый объект частично используется по назначению. Завершение строительных работ и запуск производства на полную мощность планируется в конце 2019 году.

Актуальность работы обусловлена неординарностью проекта строящегося малого предприятия, стремлением его руководства к максимальному использованию всех возможностей энергосбережения и повышению надежности оборудования.

С целью экономии энергоресурсов на предприятии планируется использовать отходы деревообработки, энергию ветра, а также, по возможности, минимизировать расход электроэнергии за счет управления системой освещения.

Особенностью предприятия является значительное количество нестандартного оборудования, в том числе, работающего с ручной подачей обрабатываемых деталей. При этом сложной проблемой является недопущение перегрузок, из-за которых часто происходят поломки электроприводов.

Проектируемая система электроснабжения основывается на требованиях руководства предприятия к особенностям ее функционирования:

1. Должны быть соблюдены стандартные нормы электроснабжения объектов 3 категории.
2. В числе источников электроэнергии должна быть ветряная электростанция.
3. Для экономии затрат на электрическое отопление необходимо применить тепловой насос.
4. Элементом системы должно быть устройство автоматического управления водяным насосом, обеспечивающим снабжение предприятия водой.

Целью работы является проектирование системы обеспечения малого предприятия тепловой и электрической энергией, реализующей оптимальные алгоритмы ее расходования.

Для достижения этой цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Анализ информации о составе оборудования предприятия и обоснование требований к системе его энергообеспечения.
2. Определение оптимальной структуры системы энергообеспечения предприятия.
3. Разработка алгоритмов управления системой электроснабжения предприятия и технических предложений по их реализации.

Новизна работы заключается в использовании уже существующих элементов системы энергообеспечения для решения задач по энергосбережению и повышению надежности оборудования, а также в разработке алгоритма управления системой энергообеспечения.

Практическая значимость работы состоит в том, что результаты могут быть применимы для полноценного электропитания на территории предприятия «Технопарк-Инвест».

1 Анализ задач электроснабжения предприятия и выбор путей их решения

1.1 Общая характеристика объекта

1.1.1 Общая информация об объекте

В себестоимость продукта, который выпускается малым предприятием, входят траты на энергетические ресурсы, стоимость которых постоянно повышается. Энергосбережение помогает уменьшить себестоимость, что позволяет улучшить экономические данные предприятия: максимизация прибыли и повысить конкурентные преимущества предприятия [14].

Разработка мероприятий по сохранению энергетических ресурсов осуществляется в нескольких направлениях:

- улучшение производительности технологических процессов;
- энергосбережение ресурсов.

Под повышением эффективности технологического процесса подразумевается следующее:

- использование высокопроизводительного оборудования, позволяющее изготавливать продукцию соответствующую требованиям заказчика и требованиям конструкторской документации;
- оптимизация рабочего времени, за счет использования ночных смен и выходных дней.

Для достижения поставленных задач на малом предприятии устанавливается современнейшее оборудование как отечественного, так и зарубежного производства, основным отличием которого является высокая производительность, быстрота переналаживания производства под новые продукты, что обеспечивает быстрое реагирование на рыночный спрос.

Чаще всего малые предприятия ориентируются на изготовление достаточно разнообразной номенклатуры небольшими партиями, изготовление которых не выгодно крупным предприятиям. В этом и заключается конкурент-

ное преимущество. Поэтому при планировании производства необходимо тщательно подходить не только к выбору оборудования для производства, но и к разработке системы обеспечения тепло- и электро- энергии [28].

Безопасность энергосистемы предприятия является критерием и формируется возможностью системы реализовывать работу по производству, передаче, распределению и снабжению потребителей энергоресурсами в необходимом количестве и качестве:

- удовлетворять спрос потребителей на необходимые энергоресурсы;
- возвращать энергосистему в устойчивое состояние, после выведения из строя энергосистемы;
- противостоять колебаниям.

Стабильная энергосистема может являться, как динамической, подразумевается, что она умеет восстанавливаться после существенных расстройств в режиме работы не переключаясь в асинхронный режим, так и статической — система может вернуться к первоначально заданному режиму после небольших колебаний [3].

1.1.2 Параметры объекта

Согласно проекта, на территории малого предприятия должны быть расположены:

1. Основное здание предприятия, в котором расположены офисное помещение (на 2-м этаже) и металлообрабатывающие станки (на 1-м этаже).
2. Сушильная камера для древесины, оборудованная нестандартной системой нагрева воздуха за счет создания избыточного давления с помощью 50-киловаттного нагнетателя.
3. Склад металлоизделий.
4. Столярный цех и склад пиломатериалов.
5. Лесопильная установка с двумя дисковыми пилами.
6. Колодец, обеспечивающий предприятие водой, который нуждается в автоматическом управлении.

7. Внешняя крытая площадка размером.
8. Покрасочный цех, оснащенный 2 компрессорами мощностью 2 и 4 кВт.
9. Сушильная камера для порошковой покраски объемом 3х1,5х2 м, оборудованная трехфазной нагревательной системой мощностью 24 кВт.
10. Трансформаторная подстанция. Электропитание объекта предполагается осуществлять от однотрансформаторной подстанции КТП-100 по типовой трехфазной схеме, со следующими характеристиками:

- мощность – 100 кВт;
- однотрансформаторная;
- тупиковая;
- ввод – Кабель-Воздух;
- вывод – Кабель-Воздух;
- состоит из отсеков: отсек РУВН, в него могут устанавливаться выключатели, защита, приборы учета; отсек трансформатора, в него устанавливается трансформатор; отсек РУНН, в него могут устанавливаться выключатели, приборы учета, модули для передачи информации, фидер и т.д.;
- предназначена для работы на открытой местности.

Территория малого предприятия имеет размеры 80х50 м. Схема размещения объектов на территории малого предприятия представлена на рисунке 1.

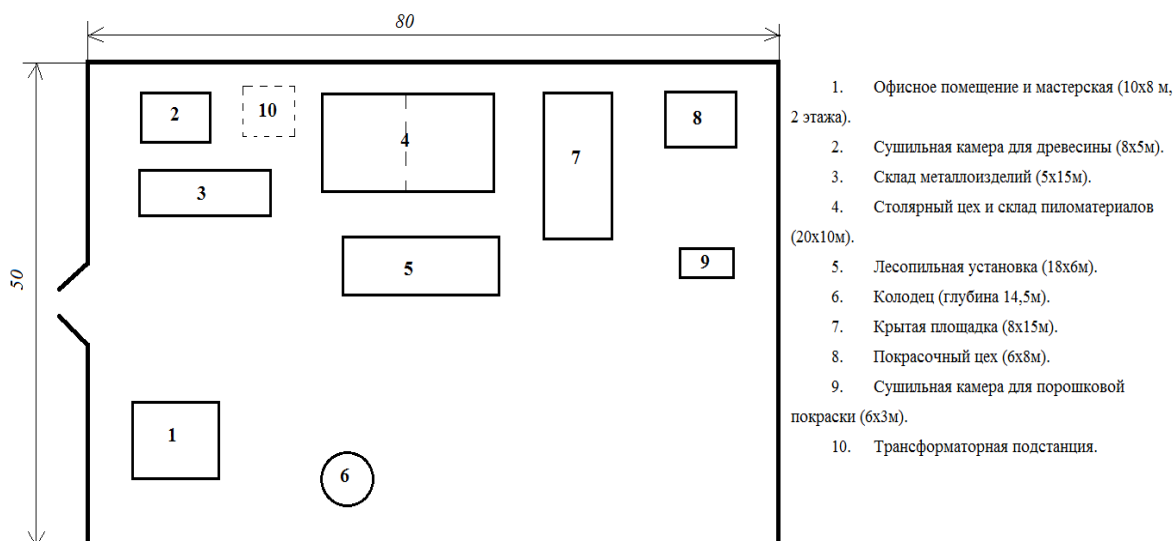


Рисунок 1 - Схема размещения объектов на территории малого предприятия

Руководство предприятия особое внимание уделяет энергосбережению. Планируется часть электроэнергии получать от ветряного генератора. Также есть предложение использовать тепловые насосы в системе отопления. Далее рассмотрим принцип работы ветряного генератора и теплового насоса.

1.2 Анализ состояния электроснабжения объекта и обоснование направлений его совершенствования

1.2.1 Характеристики электроприемников и расчет электрических нагрузок

Малое предприятие относится к объектам 3 категории надежности электроснабжения.

Питание основного оборудования, осуществляется непосредственно от ВРУ, с автоматическими выключателями. Все оборудование является трех-фазными электроприемниками.

Освещение осуществляется от ЩО, расположенного в каждом корпусе предприятия, запитанных от ОРП находящейся на трансформаторной под-

станции. Освещение осуществляется по однофазной схеме с заземляющим проводом [6].

Для оптимизации системы электроснабжения необходимо знать ток, потребляемый каждым из электроприемников, для этого проанализируем их:

1. Электрические нагрузки основного оборудования:

- два сверлильных станка – 2x2000 Вт (является активно-реактивной периодической нагрузкой);

- два токарно-фрезерных станка – 2x5000 Вт (является активно-реактивной периодической нагрузкой);

- гильотинные ножницы – 4000 Вт (является активно-реактивной периодической нагрузкой);

- точильный станок (наждак) – 2000 Вт (является активно-реактивной периодической нагрузкой);

- трубогибочный станок – 3000 Вт (является активно-реактивной периодической нагрузкой);

- сушильная камера для древесины оборудованная нестандартной системой нагрева воздуха за счет создания избыточного давления – 50000Вт (является активно-реактивной постоянной нагрузкой);

- две электрические тали – 2x2000 Вт (является активно-реактивной периодической нагрузкой);

- ленточная пила – 1500 Вт (является активно-реактивной периодической нагрузкой);

- электрический фуганок – 3000 Вт (является активно-реактивной периодической нагрузкой);

- две дисковые пилы – 2x3500 Вт (является активно-реактивной периодической нагрузкой);

- два компрессора – 2000 Вт и 4000 Вт (является активно-реактивной периодической нагрузкой);

- сушильная камера для порошковой покраски с трехфазной нагревательной системой – 24000 Вт (является активно-реактивной постоянной нагрузкой).

2. Электрическое освещение предприятия:

- для освещения территории предприятия (размеры 80x50 м) используются светильники РКУ-28-250-003 IP53 - суммарная потребляемая мощность уличного освещения 2400 Вт;

- для освещения офисного помещения основного здания предприятия (размеры 10x8 м, 2-й этаж) используются светильники люминесцентный ЛВО 4x18 595x595 (ЛВО 4x18-CSVT) - суммарная потребляемая мощность освещения 1584 Вт;

- для освещения мастерской основного здания предприятия (размеры 10x8 м, 1-й этаж) используются светильники РСП-16-250 - суммарная потребляемая мощность освещения 3000 Вт;

- для освещения помещения сушильной камеры для древесины (размер 8x5 м) используются светильники ЛСП-22-2x65-012 PVLM - суммарная потребляемая мощность освещения 1560 Вт;

- для освещения склада металлоизделий (размер 5x15 м) используются светильники РСП-16-400 - суммарная потребляемая мощность освещения 6400 Вт;

- для освещения столярного цеха и склада пиломатериалов (размер 20x10 м) используются светильники РСП-16-250 - суммарная потребляемая мощность освещения 8000 Вт;

- для освещения лесопильной установки (размер 18x6 м) используются светильники РСП-16-250 - суммарная потребляемая мощность освещения 4000Вт;

- для освещения крытой площадки (размер 8x15 м) используются светильники ЛСП-22-2x65-012 PVLM - суммарная потребляемая мощность освещения 1040 Вт;

- для освещения покрасочного цеха (размер 6х8 м) используются светильники ЛСП-22-2х65-012 PVLM - суммарная потребляемая мощность освещения 1560 Вт.

3. Прочие электрические нагрузки:

- система охраны и видеонаблюдения – 2000 Вт (является активной постоянной нагрузкой);

- оргтехника – 3000 Вт (является активной периодической нагрузкой).

1.2.2 Схемы расположения светильников и размещения оборудования

На рисунке 2 представлена схема расположения светильников и размещения объектов на территории малого предприятия.

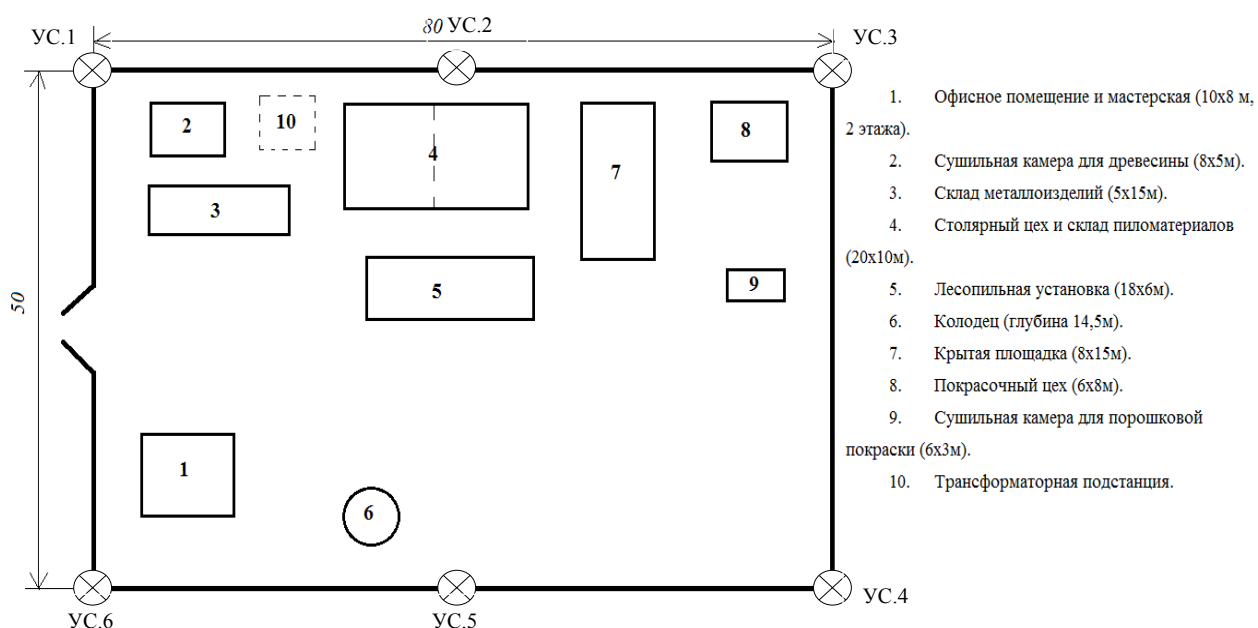


Рисунок 2 - Схема расположения светильников (УС.1-УС.6 - Светильник РКУ-28-400-003 IP53 мощность 400 Вт.) и размещения объектов на территории малого предприятия

На рисунке 3 представлена схема расположения светильников на территории 2-го этажа офисного здания.

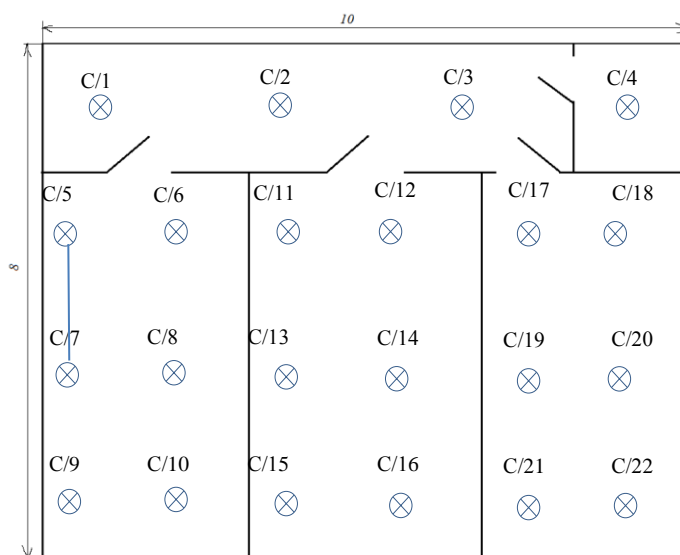
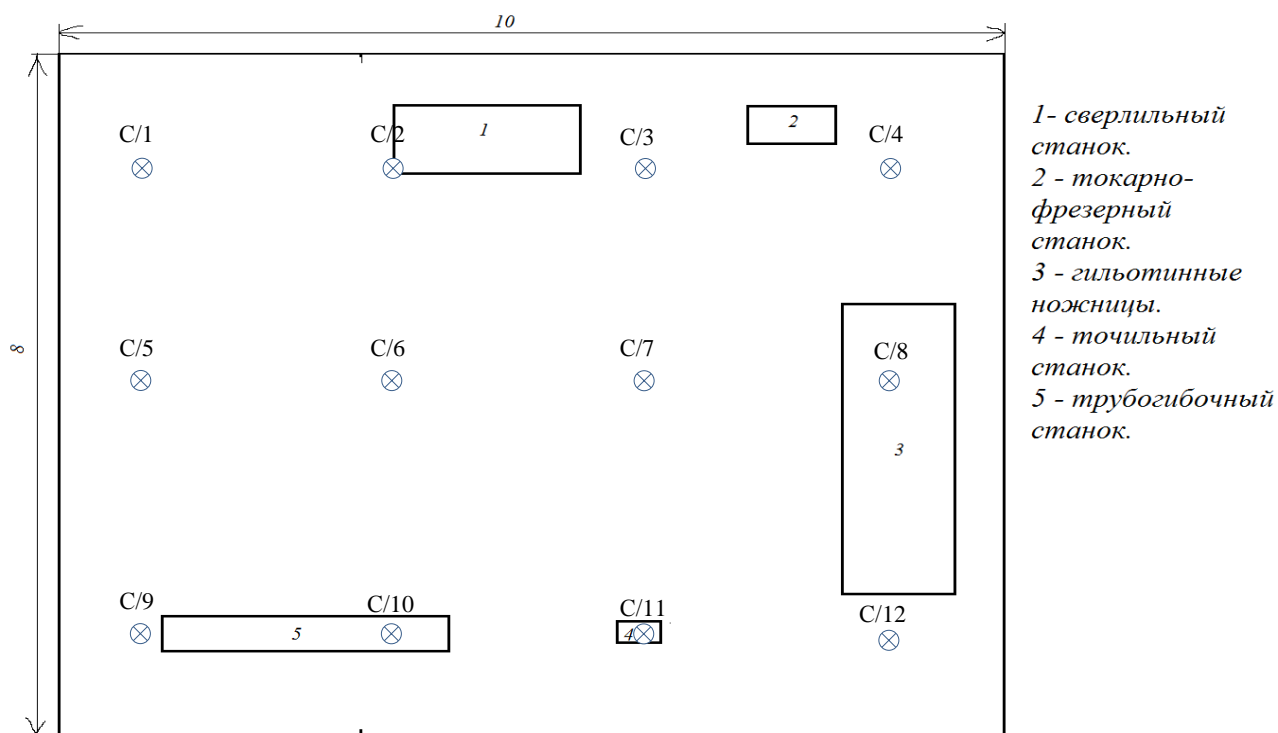


Рисунок 3 - Схема расположения светильников (С/1-С22 - Светильник люминесцентный ЛВО 4х18 595х595 (ЛВО 4х18-CSVT) мощность 72 Вт) на территории 2-го этажа офисного здания

На рисунке 4 представлена схема расположения светильников и размещение оборудования на 1-м этаже офисного здания (мастерская).



- 1- сверлильный станок.
- 2 - токарно-фрезерный станок.
- 3 - гильотинные ножницы.
- 4 - точильный станок.
- 5 - трубогибочный станок.

Рисунок 4 - Схема расположения светильников (С/1-С12 - Светильник РСП-16-250 мощность 250Вт) и размещения оборудования на территории 1-го этажа офисного здания

На рисунке 5 представлена схема расположения светильников в помещении с сушильной камерой для древесины.

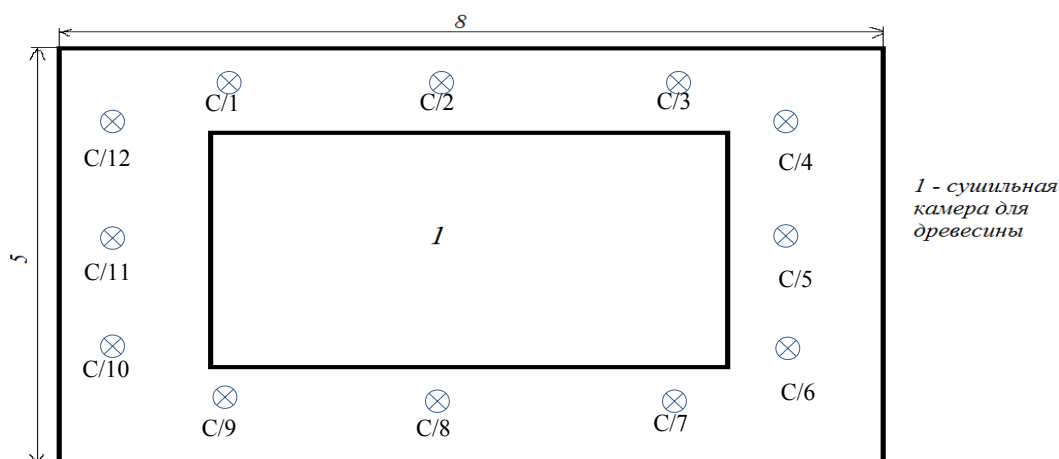


Рисунок 5 - Схема расположения светильников (С/1-С12 - Светильник ЛСП-22-2х65-012 PVLM мощность 130Вт) в помещении с сушильной камерой для древесины

На рисунке 6 представлена схема расположения светильников на складе металлоизделий.

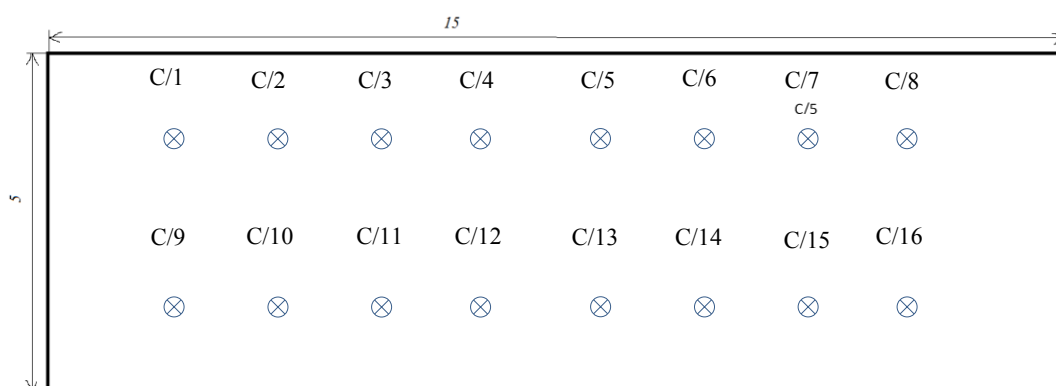


Рисунок 6 - Схема расположения светильников на складе металлоизделий

На рисунке 7 представлена схема расположения светильников и размещения оборудования в столярном цеху и на складе пиломатериалов.

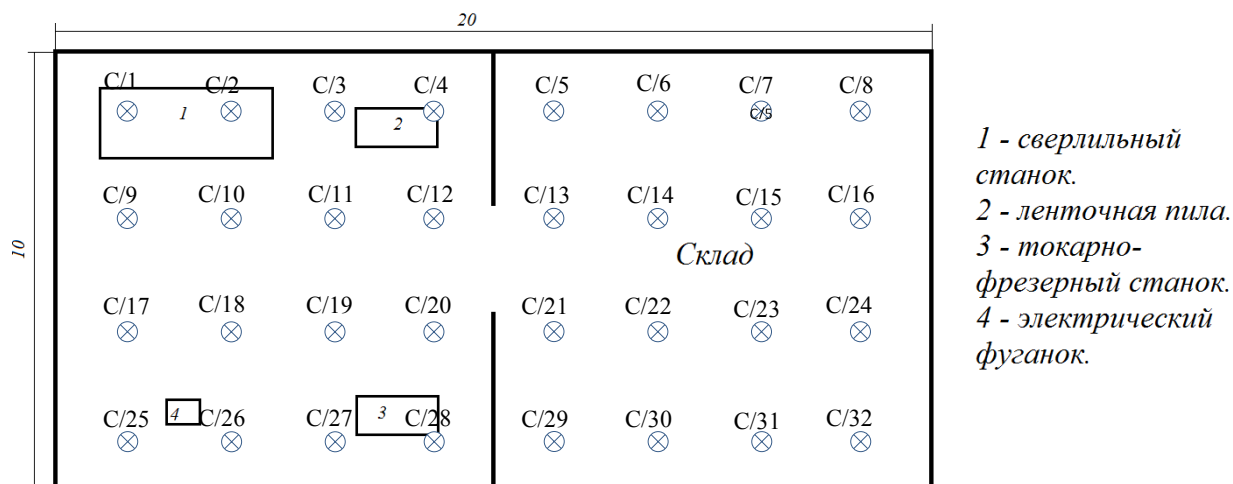


Рисунок 7 - Схема расположения светильников (С/1-С/32 - Светильник РСП-16-250 мощность 250 Вт) и размещения оборудования в столярном цеху и на складе пиломатериалов

На рисунке 8 представлена схема расположения светильников размещения оборудования на лесопильной установке.

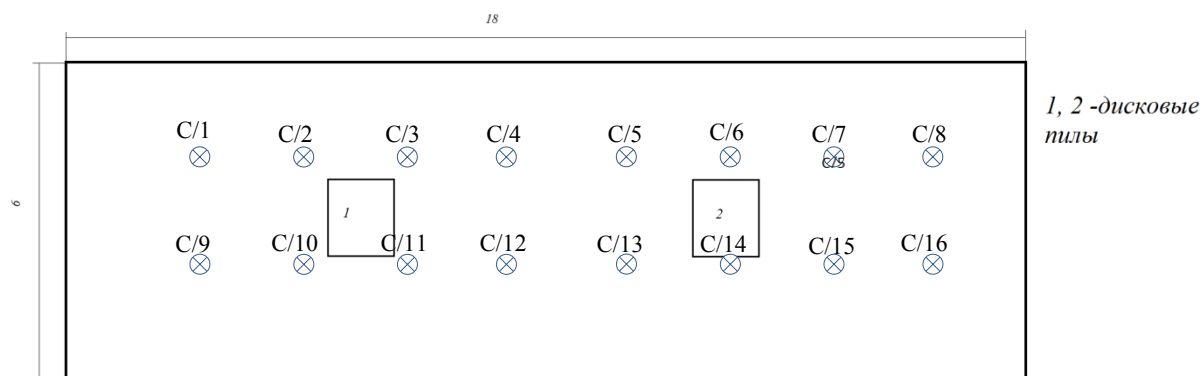


Рисунок 8 - Схема расположения светильников (С/1-С/16 - Светильник РСП-16-250 мощность 250 Вт) и расположения оборудования на лесопильной установке

На рисунке 9 представлена схема расположения светильников на крытой площадке.

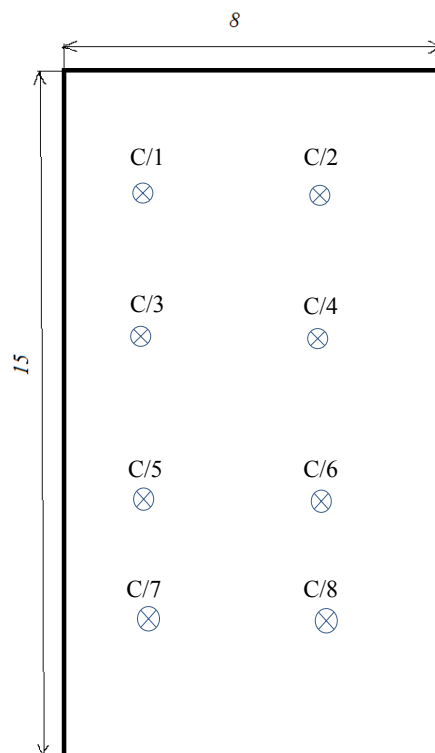


Рисунок 9 - Схема расположения светильников (C/1-C8 - Светильник ЛСП-22-2х65-012 PVLM мощность 130Вт) на крытой площадке

На рисунке 10 представлена схема расположения светильников в покрасочном цеху.

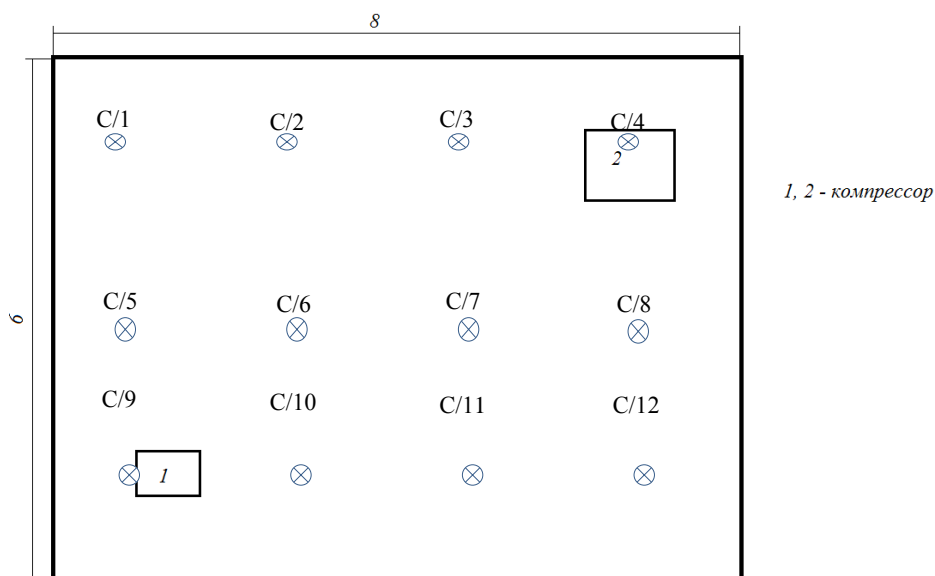


Рисунок 10 - Схема расположения светильников (C/1-C12- Светильник ЛСП-22-2х65-012 PVLM мощность 130Вт) и компрессоров в покрасочном цеху

1.2.3 Расчет освещенности

Светотехнические расчеты проводятся с целью решения одной из трех типовых задач. Первая состоит в определении мощности светильников в помещении, если известно их число, местоположение и требования к освещенности. Простейший пример такой задачи – определение мощности единственной лампы накаливания в комнате. Вторая задача заключается в определении количества и местоположения светильников с известными характеристиками [14]. Третья задача носит противоположный характер – расположение светильников и их характеристики известны и нужно рассчитать уровень освещенности. Она может возникнуть в случае, когда меняется назначение помещения, например, кладовая переоборудуется в мастерскую для выполнения работ, требующих зрительного напряжения.

При выполнении светотехнических расчетов нужно учитывать и естественное освещение [26]. В некоторых случаях его может оказаться вполне достаточно, а в других использование бесплатного светового потока позволит существенно сэкономить средства.

Исходными данными при проектировании систем освещения являются геометрические характеристики помещения, местоположение дверей, окон, отражательная способность всех поверхностей. Они позволяют рассчитать значения естественной и искусственной освещенности. Используемые для этого методы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Методы расчета освещенности

Методы расчета освещенности:
1. метод коэффициента использования светового потока
2. метод удельной мощности
3. точечный метод

Солнечный свет приходит к нам в виде прямых и рассеянных лучей. При расчетах естественной освещенности помещений учитывается только

рассеянный свет. Также большое значение имеет расположение объекта относительно сторон света, окружающие строения и другие факторы. В целом проектирование естественного освещения сводится к определению рациональных способов использования, имеющихся природных световых ресурсов.

Различают виды естественного освещения. Естественное освещение с боку - свет с улицы приходит в помещение через окна, арки и другие световые проемы. Естественное верхнее освещение в конструкции зданий предусматриваются специальные световые фонари, которые могут иметь различную форму [39]. Комбинированное освещение объединяет оба вышеописанных способа.

Коэффициентом естественного освещения называется выраженное в процентах соотношение освещенности горизонтальной поверхности внутри помещения к аналогичной величине снаружи. Точка для замера при боковом освещении выбирается напротив окна на максимальном удалении от него на высоте 1 м от пола, а при верхнем и комбинированном – на высоте 0,8 м от пола. Коэффициент естественного освещения устанавливается строительными нормами и правилами.

Исходя из известных требований к естественному освещению, можно рассчитать площади проемов для освещения S_0 или специальных световых фонарей S_ϕ . Для этого нужно воспользоваться формулами (1), (2) и (3), приведенными ниже.

$$e = \frac{E_{\text{внутр}}}{E_{\text{наруж}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_H \cdot h_0 \cdot K}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100} \quad (2)$$

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_H \cdot h_\phi}{\tau_0 \cdot r_2 \cdot 100} \quad (3)$$

В них обозначено: S_n – площадь пола помещения, e_u – коэффициент естественной освещенности для данного района и условий зрительной рабо-

ты, h_o , h_ϕ – световые характеристики окра и/или фонаря, K – коэффициент затенения соседними зданиями, τ_o – коэффициент пропускания, r_1 , r_2 – коэффициенты отражения при боковом и верхнем освещении. Это справочные величины.

Единицей освещенности является люкс, который равен:

$$K_{\text{люкс}} = \frac{K_{\text{люмен}}}{K_{\text{м}^2}}, \quad (4)$$

где Клюкс – величина светового потока,

$K_{\text{м}^2}$ – площадь освещения.

А поскольку световой поток излучается во всех направлениях, на необходимую поверхность попадет лишь частично, это зависит от многих факторов. Количественной оценкой этой части является коэффициент использования светового потока [33].

Для определения необходимых световых приборов используем метод определения коэффициента использования светового потока и последующее вычисление светового потока источника света, обеспечивающего требуемую освещенность. Недостатками данного метода можно считать его трудоемкость [1].

При выборе системы освещения необходимо, кроме светового потока, учитывать и другие факторы, например, спектр излучения, наличие стробоскопического эффекта, защищенность от внешних воздействий и т.д. В предыдущем материале об этом было рассказано.

На практике обычно руководствуются проверенными подходами к выбору системы освещения, исходя из их цены, долговечности, удобства обслуживания. Если требуется кроме общего еще и местное освещение, то оно в расчет не включается. На данном этапе одновременно уточняются требования к минимальному уровню освещенности. При этом определяющим фактором является характер зрительной работы. Конкретные значения требуемой освещенности берутся из справочников.

Современные системы освещения, как правило, разрабатываются с учетом их экономичности [18]. Но в ряде случаев могут применяться и самые простые источники света. Так, например, в подвальных помещениях типа кладовых, где освещение требуется сравнительно редко, целесообразно использовать лампы накаливания [12]. Люминесцентные лампы низкого давления можно использовать только в отапливаемых помещениях, а разрядные лампы высокого давления также имеют свою специфику работы, в частности, долго выходят на рабочий режим. Лучшими по всем характеристикам являются светодиоды, но они достаточно дороги и боятся жары.

Важно также выбрать тип светильника. При этом учитывается его светораспределение, пульсация светового потока, внешний вид и, разумеется, цена. Как было отмечено выше, большой телесный угол излучения способствует ослеплению и в офисах с низкими потолками такие светильники применять не стоит [4]. На складах, напротив, подобные световые приборы достаточно хорошо освещают стеллажи. В целом, при высоких потолках желательно выбирать светильники с малым телесным углом излучения, а при низких – с большим телесным углом излучения.

С точки зрения соотношения прямого и отраженного света нужно учитывать подверженность отражающих поверхностей запылению. Если потолок и стены покрыты копотью и пылью, прямой свет предпочтительнее отраженного.

Условия эксплуатации системы освещения также налагают свои требования. Так, например, в шахтах или других местах, где возможно скопление взрывоопасных газов, необходимо использовать специальные взрывозащищенные светильники [24]. В банях и бассейнах недопустимо высокое напряжение, а также требуется повышенная устойчивость к влаге. В сауне из-за высокой температуры нельзя использовать светодиоды.

Наконец, источники света имеют и эстетическое значение. Красивые люстры в некоторых помещениях просто необходимы.

Если от источника света во всех направлениях провести векторы, длины которых соответствует силе света, то получится объемная фигура, характеризующая светораспределение. Она называется фотометрическим телом. На практике для описания светораспределения достаточно изобразить лишь сечение данного тела в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а для точечных источников света – лишь в одной плоскости. Подобное графическое изображение называется кривой силы света -далее - КСС.

По форме различают 7 типовых КСС. Наибольшей направленностью обладает концентрированная, ей соответствует угол 30° . Глубокая КСС описывает излучение в угле 60° , а косинусной соответствует угол 120° . КСС с углами 140° и 160° называются соответственно полуширокой и широкой. Угол излучения при равномерной КСС, как видно из рисунка, составляет 180° . Светильники с синусной КСС излучают в угле 90° , но не вниз, а в стороны. При использовании группы светильников изображение их КСС позволяет получить приблизительную картину освещенности и выбрать оптимальные расстояния между светильниками [11].

Учет типа КСС при выборе светильников основывается на следующих принципах. Для обеспечения равномерного общего освещения лучше всего подходит косинусная КСС. Если требуется ярко освещать небольшую площадь, например, рабочий стол, то целесообразно выбрать глубокую КСС, а для выделения фрагментов интерьера и витрин магазинов – концентрированную. Синусная КСС обеспечивает мягкий приглушенный свет, особенно в сочетании с матовым рассеивателем. Для освещения дорог лучше подходят широкая и полуширокая КСС, обеспечивающие равномерное пространственное распределение света без темных участков. Светильники с равномерной КСС обычно применяют в маленьких помещениях типа кладовых и подъездах [22].

Дальнейшие светотехнические расчеты базируются на формулах (5) и (6).

$$\Phi = \frac{E_{min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} \quad (5)$$

$$N = \frac{E_{min} \cdot k \cdot S}{\Phi \cdot n \cdot \eta} \quad (6)$$

Первая позволяет определить световой поток выбранной системы освещения, а вторая – количество светильников, необходимых для обеспечения требуемой освещенности. В них использованы следующие обозначения:

E_{min} –требуемая минимальная освещенность,

k - коэффициент запаса,

S –площадь освещаемого помещения,

Z – коэффициент неравномерности освещения,

N –количество светильников,

n –количество ламп в светильнике,

η –коэффициент использования светового потока.

Требуемая минимальная освещенность берется из справочников в соответствии с характером работы.

Расчет других величин, входящих в данные формулы, необходимо, прежде всего, принять решение по размещению выбранных светильников. Оно может быть равномерным или локализованным.

Выбрав один из этих вариантов, рассчитывают коэффициент неравномерности освещения Z и коэффициент запаса освещенности k .

Коэффициент неравномерности освещения зависит от взаимного расположения источников света. Ее можно определить по формуле (7).

$$Z = \frac{E_{ср}}{E_{мин}} \approx \lambda = \frac{L}{h} \quad (7)$$

Расчетная высота L – расстояние между светильниками, h – это высота светильника над освещаемой поверхностью. Она рассчитывается по формуле (8).

$$h = H - h_{св} - H_p \quad (8)$$

Яркие светильники с широкой КСС рекомендуется располагать, по возможности, выше, во избежание эффекта ослепления. Если размещение светильников выполнено правильно. Коэффициент неравномерности освещения представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициент неравномерности освещения

Коэффициент неравномерности освещения	
при расположении в шахматном порядке	от 1,7 до 2,5
при расположении прямоугольником	от 1,4 до 2
при расположении в ряд; для люминесцентных ламп	1,1
для ламп накаливания и ДРЛ	1,15

Коэффициент запаса освещения показывает, насколько нужно завысить требования к освещенности помещения, чтобы они выполнялись по истечении заданного времени эксплуатации [35].

Эффективность системы освещения снижается по нескольким причинам. Прежде всего, источники света уменьшают свой световой поток из-за старения. В лампах накаливания истончается нить накала, темнеет стеклянная колба вследствие оседания испарившегося вольфрама. В люминесцентных лампах деградирует люминофор, светодиоды также со временем снижают энергоэффективность. Кроме того, в закрытых светильниках любого типа пыль попадает в мельчайшие неровности рассеивателя и ее практически невозможно извлечь [7].

Второй фактор – ухудшение со временем отражающей способности стен и потолка из-за старения красок, воздействия присутствующих в воздухе химических веществ. Самой серьезной причиной снижения светового потока является запыленность помещений. В таблице 3 приведены значения коэффициента запаса освещенности для различных условий.

Таблица 3 – Коэффициент запаса освещенности.

Тип помещения	Коэффициент запаса k	
	Разрядные лампы	Лампы накаливания
Сварочный цех	1,8	1,5
Сборочный цех	1,5	1,3
Жилье, офис	1,2	1,1

Наихудшим вариантом является цементный завод, в котором требуется почти двукратный запас светового потока. Немногим лучше условия в сварочных цехах и на химических предприятиях, где в воздухе присутствует много дыма и вредных реактивов [29]. Наименее существенно снижение светового потока в жилых помещениях, офисах, административных зданиях.

На завершающей стадии светотехнических расчетов в выражения (5) и (6) подставляются все ранее рассмотренные величины и коэффициент использования светового потока η .

Коэффициент использования светового потока – справочная величина, её можно найти в справочниках. Для этого нужно знать индекс помещения i , а также коэффициенты отражения.

Индекс помещения определяется из его площади и расчетной высоты. Он выражается формулой (9). В ней a и b - длина и ширина помещения, а расчетная высота вычисляется по формуле (8).

$$i = \frac{S}{h(a+b)} \quad (9)$$

Метод удельной мощности можно считать упрощенным вариантом метода коэффициента использования светового потока. Он применяется, когда требуется оценить мощность создаваемой системы освещения, например, для определения сечения проводов [21].

Удельной мощностью называется отношение имеющихся световых источников к его площади, при котором обеспечивается нормативная освещенность. Она выражается формулой (10)

$$P_{уд} = \frac{n \cdot P_l}{S} \quad (10)$$

и измеряется в ваттах на квадратный метр. Удельная мощность зависит от количества ламп n , их мощности P_l и площадь помещения S в квадратных метрах. Из этого выражения следует формула (11) для расчета мощности одной лампы при известной удельной мощности.

$$P_l = \frac{P_{уд}}{n \cdot S} \quad (11)$$

Удельная мощность – справочная величина. Таблицы для ее определения составлены для разных типов светильников и учитывают высоту их подвеса, требования к освещенности. Каждая таблица разработана для соответствующего сочетания коэффициентов отражения потолка, стен и рабочей поверхности.

Последовательность действий при расчете удельной мощности следующая. Сначала определяется тип и количество светильников. Затем по справочным таблицам для заданной освещенности находится удельная мощность системы освещения. После этого по формуле (11) рассчитывается мощность одной лампы и выбирается близкая по характеристикам.

Точечный метод применяется для расчета освещенности в выбранных контрольных точках, расположенных на горизонтальных, вертикальных или наклонных плоскостях. Он более точен, чем рассмотренные ранее, но обладает значительной трудоемкостью.

На начальном этапе выбирается тип светильников, рассчитывается высота и уточняются требования к освещенности. Далее выбираются контрольные точки, в которых, предположительно, освещенность может оказаться недостаточной [2].

Затем выполняются расчеты освещенности в каждой контрольной точке. Общая формула (12) для этого связывает освещенность E с расстоянием R , углом падения света β и силой света источника I_α в данном направлении, которую можно рассчитать по КСС.

$$E = \frac{I\alpha \cdot \cos \beta}{R^2} \quad (12)$$

Для конкретных случаев применяются другие формулы, которые можно вывести из выражения (12).

Точку где световой поток имеет наименьшее значение принимают за расчетную и определяют требуемый световой поток светильников по формуле (13), где

где $E_{норм}$ – нормированная освещенность в люксах, $K_з$ – коэффициент запаса, Σe – суммарная освещенность от ближайших светильников, μ - коэффициент, учитывающий вклад удаленных светильников - обычно 1,2.

$$\Phi = \frac{1000 \cdot E_{норм} \cdot K_з}{\mu \cdot e} \quad (13)$$

По вычисленному требуемому световому потоку выбирают подходящую лампу.

По результатам расчетов уличное освещение не удовлетворяет требованиям освещенности, а количество светильников в помещениях завышено в 1,5 раза.

1.3 Нестандартные задачи энергоснабжения объекта и обоснование путей их решения

1.3.1 Система управления погружным насосом

Для обеспечения предприятия водой, на территории пробурена скважина и предполагается установить погружной насос. Схема установки насоса представлена на рисунке 11.

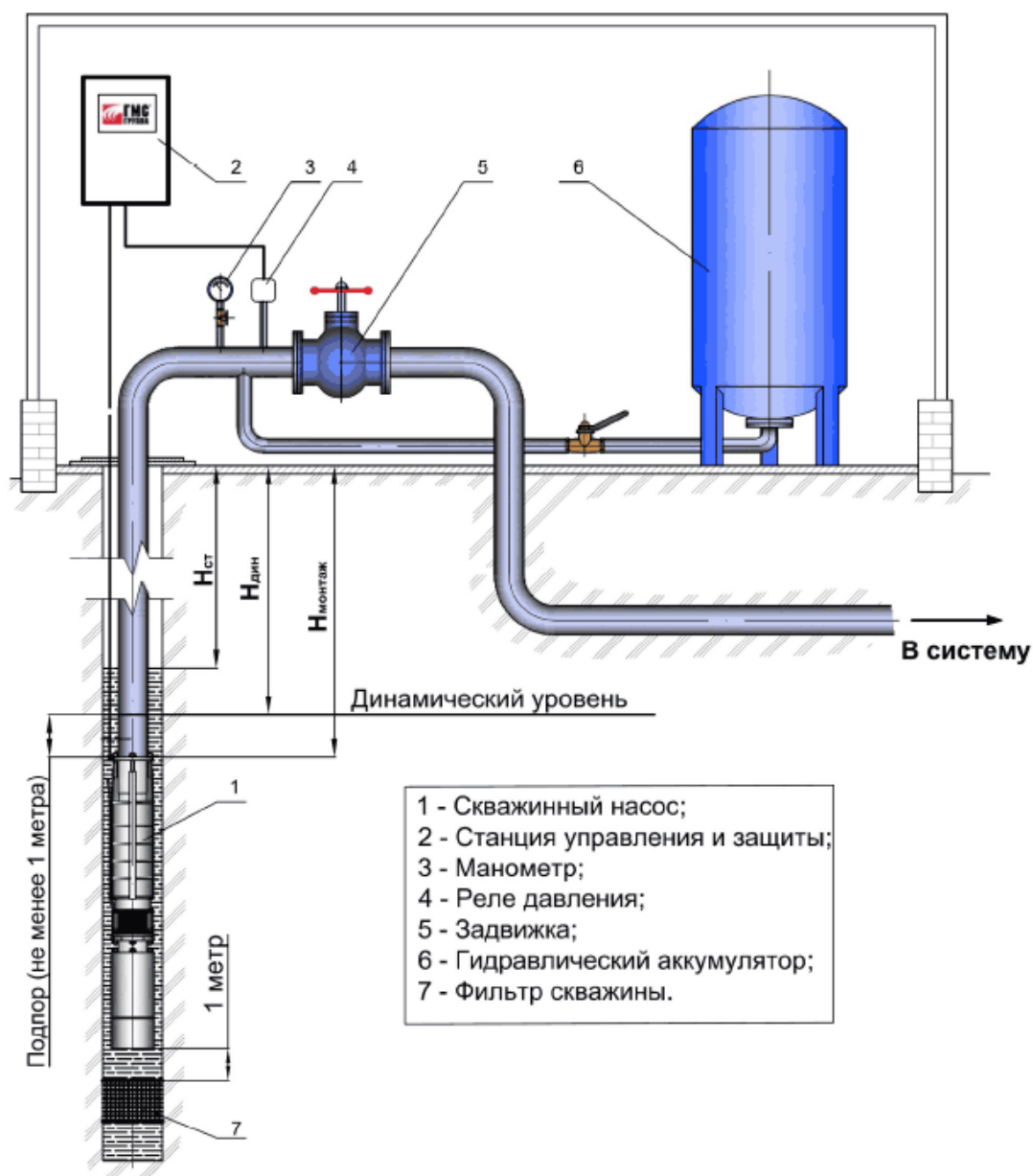
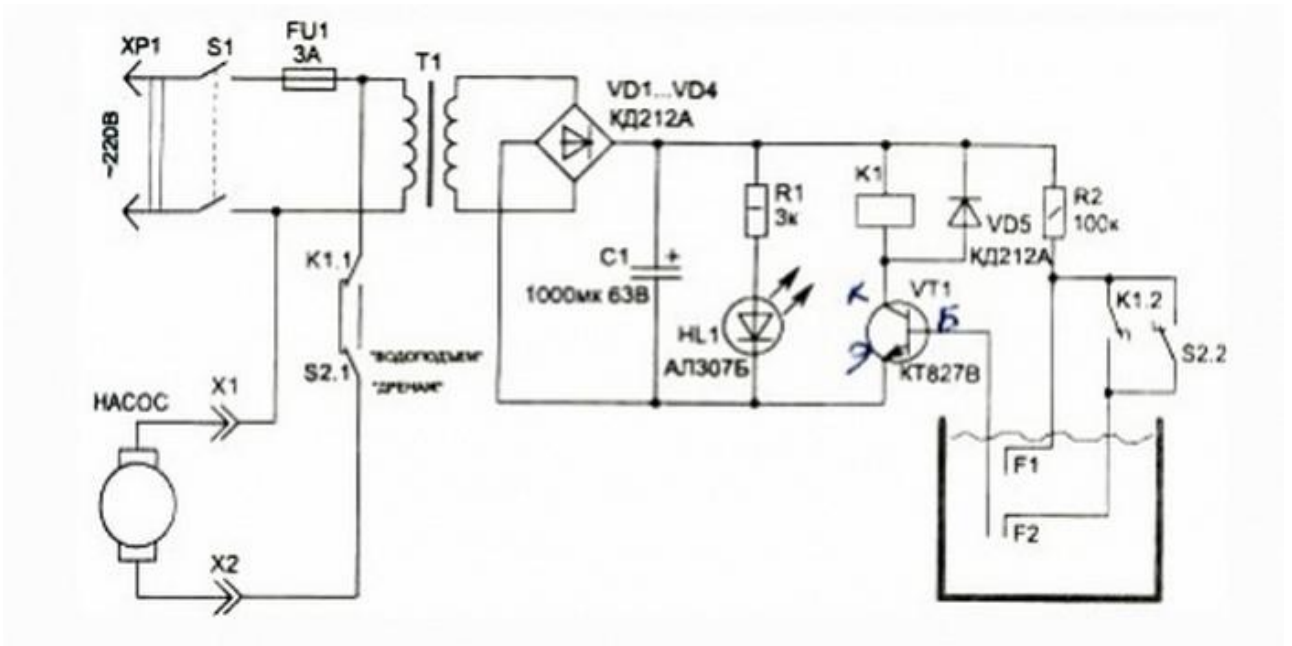


Рисунок 11 – Схема установки насоса

Обеспечение работы насоса будет осуществляться за счет системы управления. В такую систему управления входит следующая аппаратура: пускатели, контакторы, струйные и поплавковые реле, манометры и переключатели [1].

На рисунке 12 представлена простейшая схема управления насосом с описанием её работы.



1. Для включения и отключения насосного оборудования используется контактное реле (K1.1) нормально-замкнутого типа.
2. Схема подразумевает два режима работы – подъём воды из скважины и дренаж. Выбор того или иного режима осуществляется при помощи переключателя (S2).
3. Для контроля уровня воды в накопительной ёмкости используются реле F 1 и F 2.
4. При снижении воды в баке ниже уровня расположения датчика F1 происходит включение питания через переключатель S. При этом катушка реле будет обесточена. Запуск насосного оборудования происходит при замыкании контактов на реле K1.1.
5. После подъёма уровня жидкости до датчика F1 произойдёт открытие транзистора VT1 и включение реле K1. При этом контакты нормально-замкнутого типа на реле K1.1 разомкнутся и насосное оборудование отключится.

Рисунок 12 - Простейшая схема управления погружным насосом с описанием её работы

Для водоснабжения (обеспечение хозяйственно-бытовых нужд и системы пожаротушения) необходимо использовать насос, способный качать воду с глубины 14,5 м и производительностью 3 м³/ч. Например, насос скважинный ДЖИЛЕКС ВОДОМЕТ ПРОФ 55/35 (Рисунок 13), со следующими характеристиками [36]:

- мощность – 460 Вт;
- производительность – 3,3 м³/ч;
- высота подъема воды – 30 м;
- размеры - 98x98x510 мм.



Рисунок 13 - Насос скважинный ДЖИЛЕКС ВОДОМЕТ ПРОФ 55/35

1.3.2 Оценка перспектив применения теплового насоса для снижения затрат на отопление объекта

Для отопления помещений площадью 600 м² предполагается использовать тепловой насос.

Тепловой насос представляет собой устройство из одного замкнутого контура, в состав которого входит испаритель, компрессор, конденсатор, дроссельный клапан. К тепловому насосу подведены еще два контура: внешний – в нем циркулирует незамерзающий теплоноситель, который берет тепло из воды, земли или воздуха; внутренний – теплоноситель забирает тепло от теплового насоса и передает его на отопление и подогрев. В контуре теплового насоса циркулирует хладагент, с низкой температурой кипения. При нагревании внешним контуром жидкого хладагента, он начинает испаряться. Образовавшийся газ попадает в компрессор, где сжимается, за счет чего происходит повышение давления и температуры. Внутренний контур забирает тепло сжатого газа в конденсаторе, превращая его в жидкость. После этого дроссельный клапан окончательно понижает давление и температуру жидкости. Процесс повторяется вновь [8].

Виды тепловых насосов, зависят от источника потребляемого тепла (вода-вода, вода-воздух и т.д.)

По такому же принципу работают холодильники и кондиционеры. На рисунке 14 представлена схема работы теплового насоса.

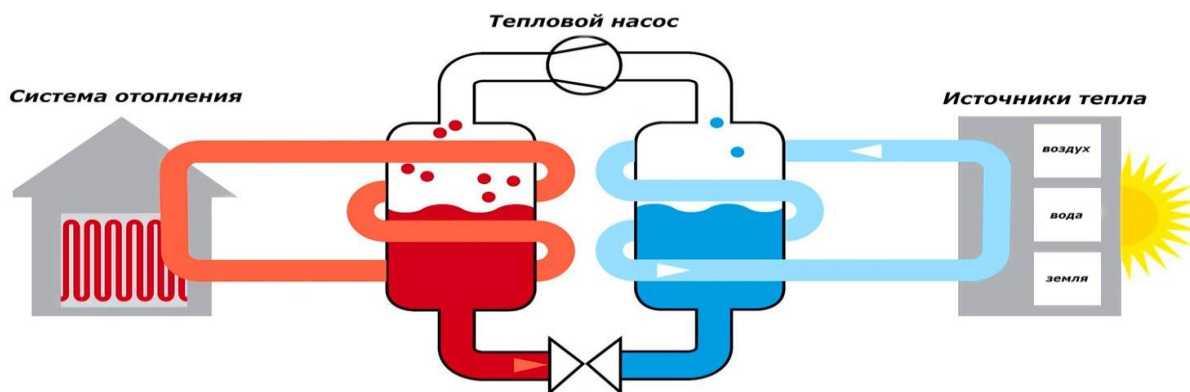


Рисунок 14 - Схема работы теплового насоса

Отопление корпусов предлагается осуществлять с помощью теплового насоса, общая площадь отапливаемой территории составляет 616 м². Основное преимущество использования теплового насоса состоит в том, что отопление происходит за счет окружающей среды [25].

В таблице 4 представлен расчет затрат на отопление с применением разных энергетических источников.

Таблица 4 - Расчет затрат на отопление

Наименование	Тепловой насос	Электрокотел	Газовый котел
Расход электроэнергии, кВа*ч	1,8	12	0,2
Продолжительность работы оборудования в год, ч	3000	3000	3000
Расход электроэнергии в год	5400	36000	600
Расход газового топлива, л/год			4000
Стоимость 1 кВт*ч электроэнергии, руб	3,84	3,84	3,84
Стоимость 1 м ³ газа, руб.			4,9
Энергозатраты на отопление в год, руб	20736	138240	21904

По результатам расчета видно, что энергозатраты для работы теплового насоса, меньше, чем для работы газового котла. Также тепловой насос, в теплое время года может использоваться для холодоснабжения предприятия

[13]. Поэтому, тепловой насос можно считать наиболее оптимальным вариантом для отопления предприятия. Например, промышленный тепловой насос типа "рассол / вода" geoTHERM VWS - 460/3 (Рисунок 15), со следующими характеристиками:

- размеры – 1200x760x1110 мм;
- источник энергии – земля;
- температура при подаче (max) - 62°C;
- автоматический регулятор отопления, реагирующий на изменения погоды;
- потребляемая электроэнергия – 10000 Вт;
- коэффициент преобразования тепла – 4,4;
- тепловая мощность – 40400 Вт.



Рисунок 15 - Тепловой насос типа "рассол / вода" geoTHERM VWS - 460/3

1.3.3 Анализ возможностей использования на объекте ветроэлектростанции

Для обеспечения работы насоса, можно использовать ветроэлектрическую установку (ветряного генератора / ветроэлектростанции) ВЭУ-1/2.8 (Рисунок 16), со следующими характеристиками:

- мощность – 1000 Вт при скорости ветра 10 м/с.



Рисунок 16 - Ветроэлектрическую установку ВЭУ-1/2.8

Схемы ветряного генератора не сложны. У всех одна и та же структура:

1. Лопасти;
2. Генератор;
3. Контроллер;
4. Аккумуляторные батареи;
5. Инвертор.

Лопасти, вращаясь, передают кинетическую энергию на вал генератора. К генератору подключен контроллер, который принимает переменный и нестабильный электрический ток и преобразует его в постоянный, для заряда аккумуляторных батарей. Так как основная часть приборов потребляет пере-

менный ток, для преобразования постоянного тока от аккумуляторной батареи в переменный ток, далее подключен инвертор.

Варианты работы ветряного генератора разнообразны:

Схема самостоятельной работы ветряного генератора представлена на рисунок 17.

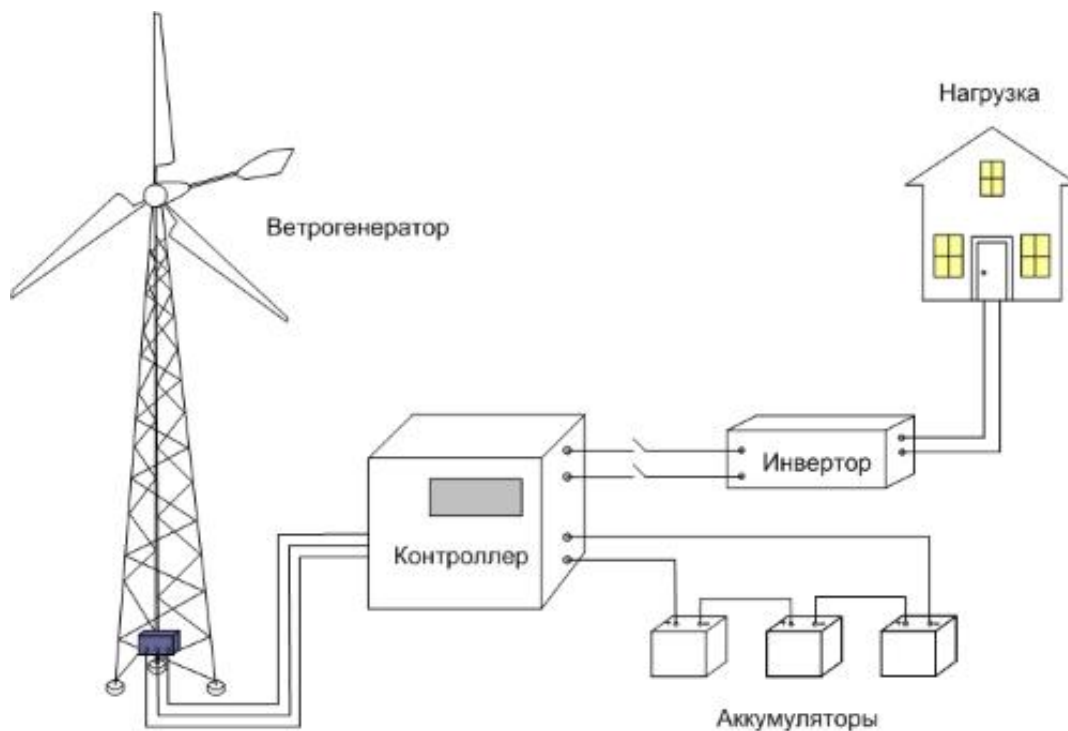


Рисунок 17 - Схема автономной работы ветряного генератора

Схема совместной работы ветряного генератора и солнечной панели представлена на рисунке 18. К контроллеру одновременно подключены солнечные панели и ветряной генератор. Они могут работать как параллельно друг другу, так и в не зависимости друг от друга [40].



Рисунок 18 - Совместная работа ветряного генератора и солнечных панелей

Ветряной генератор может работать совместно и с электросетью (Рисунок 19).

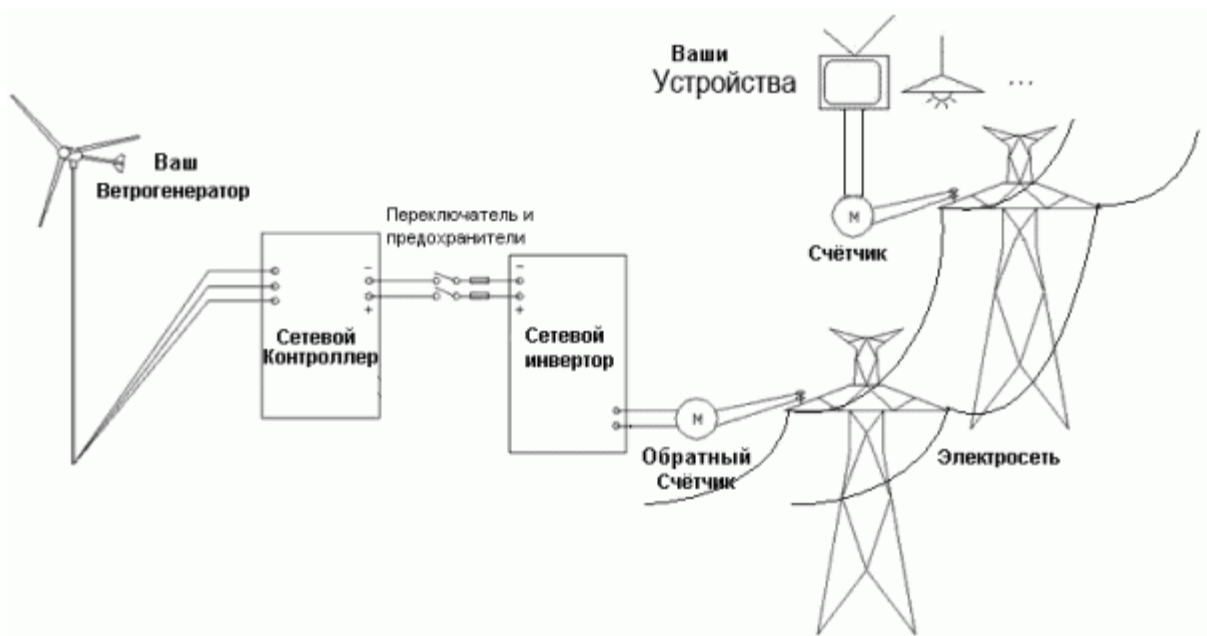


Рисунок 19 - Параллельная работа ветряного генератора с электросетью

Ветряные генераторы можно совместно коммутировать с любыми источниками электроэнергии, таким образом, будет увеличиваться производительность системы.

При всей привлекательности идеи использования ветроэлектрической установки ВЭУ-1/2.8, данное решение нуждается в уточнении. Номинальную мощность 1000 Вт генератор обеспечивает при скорости ветра 10 м/с, что бывает крайне редко в наших краях. Согласно данным Гидрометцентра средняя скорость ветра в Тольятти на высоте 10 м составляет всего 2,3 м [30].

Максимальная мощность ветроэлектрической установки зависит от скорости ветра и площади лопастей винта. Для ее оценки используется эмпирическая формула (14).

$$P_{\max} = 0,6 \cdot S \cdot V^3 \quad (14)$$

где S - площадь лопастей в квадратных метрах,

V - скорость ветра в метрах в секунду.

Так как при 10 м/с $V^3=1000$, а при 2,3 м/с $V^3= 12,167$, то заявленная мощность 1000 Вт снизится до 12 Вт, что совершенно обесценивает идею использования энергии ветра на данном предприятии [37].

Теоретически возможно использование лопастей большего размера. Рассмотрим такую возможность.

Подставим в формулу 1 известные величины:

$$1000 = 0,6 \cdot S \cdot 12,167$$

Тогда для получения 1000 Вт суммарная площадь лопастей должна составлять 137 м². Для 3-лопастного винта площадь одной лопасти должна быть примерно 46 м².

Для приблизительной оценки будем считать, что длина такой лопасти будет не менее 20 м. при этом длина окружности, описываемая винтом, составит

$$l = 2\pi r = 126 \text{ м} \quad (15)$$

Так как лопасти имеют угол поворота около 30°, с учетом потерь можно считать, что края лопасти по окружности перемещаются со скоростью,

равной скорости ветра, то есть 2,3 м/с. Тогда на полный оборот винта требуется

$$t_{об} = \frac{1}{v} = \frac{126}{2,3} = 55 \text{ с} \quad (16)$$

Так как из-за меньшей скорости ветра скорость вращения вала генератора уменьшилась в 82 раза, нужен соответствующий мультипликатор, так как работа при скорости вращения вала генератора 1 об/мин нереальна. А учитывая потери в мультипликаторе с таким передаточным числом, нужно этот коэффициент увеличить еще, по крайней мере, до 100.

Если использовать, например, цепную передачу, то при диаметре меньшей звездочки 50 мм большая должна быть 5 м, что нереально с технологической точки зрения. Выходом может быть применение 2-х или 3-ступенчатых мультипликаторов, но, учитывая размеры лопастей, конструкция представляется недопустимо громоздкой и, как следствие, чрезмерно дорогой. Даже если ее изготовить, то подобный элемент ландшафта вызовет множество возражений. Таким образом, идею использования ветряного генератора на объекте следует считать ошибочной [19].

Проведем экономический расчет использования ветроэлектростанции. Рассчитаем стоимость 1кВт*ч электроэнергии вырабатываемой ветроэлектростанцией. Расчет представлен в таблице 5.

Таблица 5 - Расчет стоимости 1кВт*ч электроэнергии вырабатываемой ветроэлектростанцией

Наименование	Показатель
Средняя скорость ветра в регионе, м/с	2,3
Выработка в месяц, кВт*час/месяц	250
Выработка в год, кВт*час/год	3000
Срок службы, год	20
Цена ветроэлектростанции, руб.	290000
Средняя цена за 1 кВт*ч на протяжении 20 лет, руб	4,8

Средняя цена за 1кВт*ч электроэнергии вырабатываемой ветроэлектростанцией составляет 4,8 руб., что в 1,3 раза выше стоимости 1кВт*ч элек-

троэнергии получаемой из общей сети. Соответственно, использование ветроэлектростанции не целесообразно [23].

1.4 Выводы по разделу 1

1. Наиболее затратными с точки зрения электроснабжения являются система освещения и сушильная камера для древесины.

2. Для сокращения затрат на освещение целесообразно использовать светодиодные светильники и дополнить их приборами автоматического управления.

3. В сушильной камере применение нестандартной системы нагрева воздуха за счет создания избыточного давления создает в ряде случаев дефицит электроэнергии. Для предотвращения этого можно заменить указанную систему на инфракрасные обогревательные элементы, отключение которых будет происходить при достижении древесиной необходимой влажности.

4. Использование на объекте ветряной электростанции нецелесообразно.

2 Разработка общей части системы электроснабжения объекта

2.1 Выбор проводов и кабелей

Разработка системы электроснабжения объекта включает в себя выбор проводов и кабелей [15].

Выбор кабельной и проводниковой продукции осуществляется на основании потребляемой мощности и силе тока, по табличным данным.

Рассчитаем рабочий ток для каждой нагрузки по формуле:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi \cdot \eta}, \text{ где} \quad (17)$$

P – мощность электродвигателя;

U – напряжение сети;

$\cos\phi$ – коэффициент мощности;

η - коэффициент полезного действия.

Получаем следующие значения для каждой нагрузки:

1. Офисное помещение и мастерская:

- оргтехника:

$P = 3\text{кВт}$, $I = 8,34\text{ А}$, длина кабеля ВВГнг 4х2,5 от РП1 до нагрузки равна 15м;

- сверлильный станок:

$P = 2\text{кВт}$, $I = 7,22\text{ А}$, длина кабеля ВВГнг 4х1,5 от РП1 до нагрузки равна 10м;

- токарно-фрезерный станок:

$P = 5\text{кВт}$, $I = 13,9\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х4 от РП1 до нагрузки равна 6м;

- гильотинные ножницы:

$P = 4\text{кВт}$, $I = 14,45\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х4 от РП1 до нагрузки равна 8м;

- точильный станок (наждак):

$P = 2\text{кВт}$, $I = 7,22\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х1,5 от РП1 до нагрузки равна 5м;

- трубогибочный станок:

$P = 3\text{кВт}$, $I = 7,42\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х1,5 от РП1 до нагрузки равна 12м.

2. Сушильная камера для древесины:

$P = 50\text{кВт}$, $I = 84,5\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х70 от РП2 до нагрузки равна 10м.

3. Склад металлоизделий:

- электрическая таль:

$P = 2\text{кВт}$, $I = 4,81\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х1,5 от РП3 до нагрузки равна 15м.

4. Столярный цех и склад пиломатериалов:

- сверлильный станок:

$P = 2\text{кВт}$, $I = 7,22\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х1,5 от РП4 до нагрузки равна 10м;

- ленточная пила:

$P = 1,5\text{кВт}$, $I = 3,2\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х1,5 от РП4 до нагрузки равна 6м;

- токарно-фрезерный станок:

$P = 5\text{кВт}$, $I = 13,9\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х4 от РП4 до нагрузки равна 10м;

- электрический фуганок:

$P = 3\text{кВт}$, $I = 8,34$, длина кабеля ВВГнг 4х2,5 от РП4 до нагрузки равна 15м;

- электрическая таль:

$P = 2\text{кВт}$, $I = 4,81\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х1,5 от РП4 до нагрузки равна 15м.

5. Лесопильная установка:

- 2-е дисковые пилы:

$P = 3,5\text{кВт}$, $I = 7\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х1,5 от РП5 до нагрузки равна 10м (для одной пилы).

6. Покрасочный цех:

- 1-й компрессор:

$P = 2\text{кВт}$, $I = 4,25\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х1,5 от РП6 до нагрузки равна 6м;

- 2-й компрессор:

$P = 4\text{кВт}$, $I = 8,5\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х2,5 от РП6 до нагрузки равна 6м.

7. Сушильная камера для порошковой покраски:

$P = 24\text{кВт}$, $I = 40,56\text{А}$, длина кабеля ВВГнг 4х25 от РП7 до нагрузки равна 6м.

2.2 Выбор аппаратов защиты

Следующим этапом разработки системы электроснабжения объекта является выбор аппаратов защиты. Основными задачами аппаратов защиты являются сохранение проводов и кабелей от перегрева и отключения линии при токах короткого замыкания.

Выбор аппаратов защиты зависит от сечения проводов и кабелей:

- для кабелей ВВГнг 4х1,5 номинал защитного автомата равен 10А;
- для кабелей ВВГнг 4х2,5 номинал защитного автомата равен 16А;
- для кабелей ВВГнг 4х4 номинал защитного автомата равен 25А;
- для кабелей ВВГнг 4х25 номинал защитного автомата равен 100А;
- для кабелей ВВГнг 4х70 номинал защитного автомата равен 250А.

2.3 Расчет токов короткого замыкания

При проектировании электрической системы необходимо учитывать разные режимы. Одним из таких режимов является аварийная ситуация, связанная с закорачиванием цепи, в результате которой может произойти поломка оборудования. При коротком замыкании, токи превышают номиналь-

ные нагрузки, что и приводит к разрушению оборудования, могут вызвать пожары [16]. На рисунках 21 и 22 представлены осциллограммы переменных и постоянных токов при коротком замыкании.



Рисунок 21 – Осциллограммы переменных токов

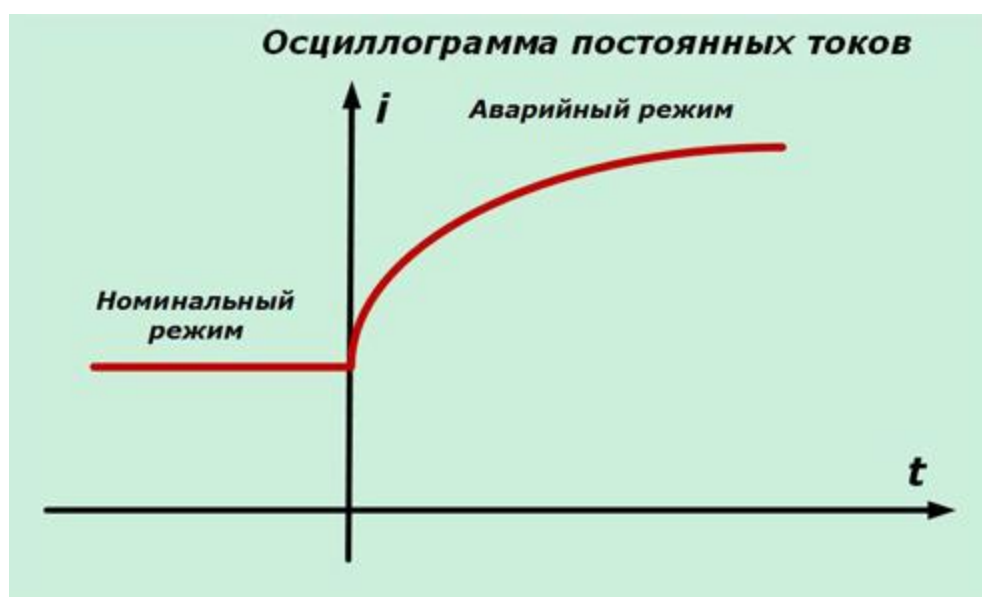
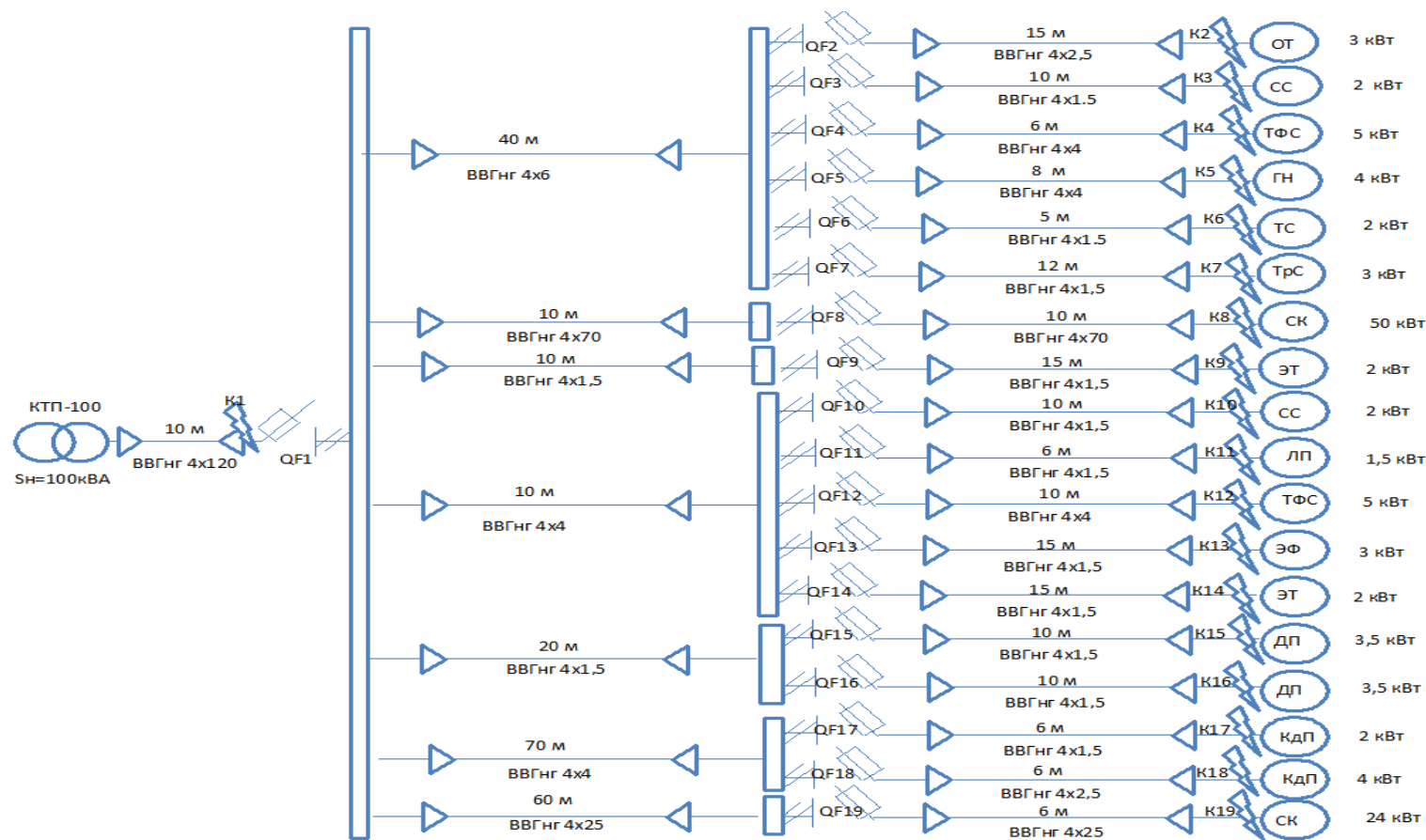


Рисунок 22 – Осциллограммы постоянных токов

Электрическая схема электроснабжения предприятия представлена на рисунке 23.



Сокращения в схеме: О – оргтехника, СС – сверлильный станок, ТФС – токарно-фрезерный станок, ГН – гильотинные ножицы, ТС – точильный станок, ТрС – трубогибочный станок, СК – сушильная камера, ЭТ – электрическая таль, ЛП – ленточная пила, ЭФ – электрический фуганок, ДП – дисковая пила, КдП – компрессор для покраски.

Рисунок 23 - Электрическая схема электроснабжения малого предприятия

Определим ток КЗ для проверки срабатывания аппаратов защиты QF1.

Определим ток КЗ для т. К1

1. Сопротивление фазы трансформатора:

$$S_T = 100 \text{ кВА}; c = 3,5 \text{ кВА}; d = 2 \text{ кВА}; U_H = 380$$

$$R_T = \frac{c \cdot k^2}{S_T} = 0,035 \text{ Ом} \quad (18)$$

$$X_T = d \cdot R_T = 0,07 \text{ Ом, где} \quad (19)$$

« S_T – мощность трансформатора, кВА;

c – коэффициент, кВА (4 – для трансформаторов до 60 кВА; 3,5 – до 180 кВА; 2,5 – до 1000 кВА; 2,2 – до 1800 кВА);

d – коэффициент, кВА (2 – для трансформаторов до 180 кВА; 3 – до 1000 кВА; 4 – до 1800 кВА);

$$k = \frac{U_H}{380} = 1, \text{ где} \quad (20)$$

U_H – номинальное напряжение на шинах» [32].

2. Активное и индуктивное сопротивление кабеля – ВВГнг 4*120:

$$S_\phi = 120 \text{ мм}^2 \text{ и } S_0 = \text{мм}^2; a = 0,07; b = 19$$

$$R_{\phi 1} = \frac{b \cdot L}{S_\phi} = 0,0016 \text{ Ом} \quad (21)$$

$$X_{\phi 1} = a \cdot L = 0,0007 \text{ Ом, где} \quad (22)$$

« L – длина кабеля, км ($L = 0,01$ км);

S_ϕ и S_0 – сечение проводника фазы и нулевого провода, мм²;

a – коэффициент (0,07 – для кабеля; 0,09 – для проводов, проложенных в трубе; 0,25 – для изолированных проводов, проложенных открыто);

b – коэффициент (19 – для медных проводов и кабелей; 32 – для алюминиевых проводов и кабелей)» [32].

3. Определим полное сопротивление фазы:

$$Z_\phi = \sqrt{(R_{\phi 1} + R_T)^2 + (X_{\phi 1} + X_T)^2} = 0,0796 \text{ Ом} \quad (23)$$

4. Определим ток трехфазного КЗ:

$$I_{\text{КЗ(3)}} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot Z_\phi} = 2756 \text{ А} \quad (24)$$

Определяем ток КЗ для проверки срабатывания аппаратов защиты QF2.

Определим ток КЗ для т. К2

5. Определим суммарные активные и индуктивные сопротивления кабелей цепи короткого замыкания:

$$R_{\phi} = \frac{b \cdot L}{S_{\phi}} = 0,2423 \text{ Ом} \quad (25)$$

$$R_0 = \frac{b \cdot L}{S_0} = 0,2423 \text{ Ом} \quad (26)$$

$$X_{\phi} = X_0 = a \cdot L = 0,0046 \text{ Ом} \quad (27)$$

6. Определим полное сопротивление петли фаза-нуль:

$$Z_{\phi-0} = \sqrt{(R_{\phi} + R_0)^2 + (X_{\phi} + X_0)^2} + Z_{T(1)} = 0,7046 \text{ Ом} \quad (28)$$

$$Z_{T(1)} = \frac{22}{S_T \cdot k^2} = 0,22, \text{ где} \quad (29)$$

$Z_{T(1)}$ – расчетное полное сопротивление трансформатора току короткого замыкания на землю.

7. Определим ток однофазного КЗ на землю:

$$I_{к.з.(1)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot Z_{\phi-0}} = 311,38 \text{ А} \quad (30)$$

Далее определим ток короткого замыкания для проверки возможности срабатывания аппаратов защиты QF2-QF19.

Рассчитаем ток короткого замыкания для точек К3-К19.

Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчетов токов короткого замыкания

Точка КЗ	ΣR_{ϕ}	ΣR_0	$\Sigma X_{\phi}, \Sigma X_0$	$Z_{\phi-0}$	$I_{кз(1)}$
К3	0,25492	0,25492	0,0042	0,7299	300,58
К4	0,15675	0,15675	0,0039	0,5336	411,16
К5	0,16625	0,16625	0,0041	0,5526	397,02
К6	0,19158	0,19158	0,0039	0,6032	363,69

Продолжение таблицы 1

K7	0,28025	0,28025	0,0043	0,7806	281,07
K8	0,00701	0,00701	0,0021	0,2346	935,02
K9	0,31825	0,31825	0,0025	0,8565	256,15
K10	0,17575	0,17575	0,0021	0,5715	383,87
K11	0,12508	0,12508	0,0018	0,4702	466,6
K12	0,09658	0,09658	0,0021	0,4132	530,95
K13	0,16308	0,16308	0,0025	0,5462	401,67
K14	0,23908	0,23908	0,0025	0,6982	314,23
K15	0,38158	0,38158	0,0028	0,9832	223,14
K16	0,38158	0,38158	0,0028	0,9832	223,14
K17	1,09408	1,09408	0,0098	2,4083	91,1
K18	0,79008	0,79008	0,0098	1,8003	121,87
K19	0,09278	0,09278	0,0091	0,4065	539,77

По результатам расчетов проверены возможности срабатывания аппаратов защиты и доказана оптимальность выбора автоматов.

2.4 Выводы по разделу 2

1. Электробезопасность и противопожарная защита на предприятии в значительной мере зависят от правильного выбора и монтажа кабелей. С этой целью необходимо использовать кабели и провода, рекомендованные выше.

2. В случае перегрузки или короткого замыкания защита от нежелательных последствий достигается правильным выбором аппаратов защиты. Этот выбор выполняется в два этапа. Сначала подбирается аппарат, обеспечивающий сохранность выбранного кабеля при перегрузке, затем он проверяется на предельную коммутационную способность по току короткого замыкания.

3 Разработка интеллектуальной системы энергообеспечения предприятия

3.1 Разработка концепции автоматизированного управления объектом

Одной из основных целей внедрения автоматизированной системы управления электроснабжением (АСУЭ) является автоматизация процессов в системе энергоснабжения и совершенствования её структуры [31].

Основными функциями АСУЭ являются:

- планирование необходимого количества ресурсов;
- распределение ресурсов по энергопотребителям;
- подготовка отчетов и анализ потребления ресурсов;
- контроль состояния энергооборудования;
- контроль проведения планово-предупредительных и аварийных ремонтов энергооборудования;
- автоматическая проверка работы энергооборудования.

На рисунке 24 представлена функциональная схема АСУЭ [10].

Для АСУЭ характерно существование нескольких основных уровней:

- уровень формирования данных;
- уровень прикладных приложений/уровень SCADA системы.

На рисунке 25 представлено разделение по уровням АСУЭ.

Основной концепцией внедрения АСУЭ для малого предприятия является оптимизация потребления электроэнергии, путем внедрения контроллерных схем, анализа информации и автоматического принятия решений.

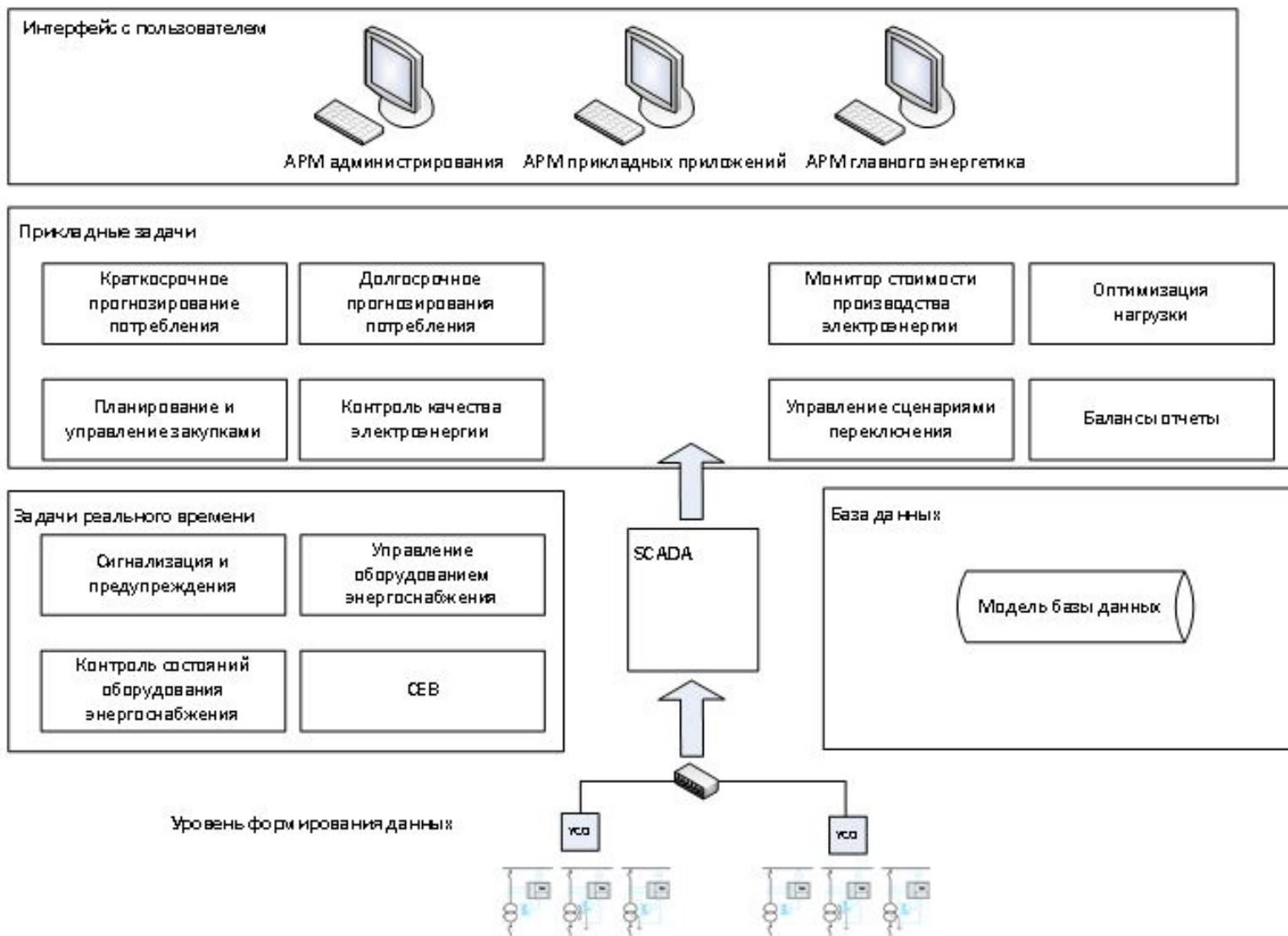


Рисунок 24 - Функциональная схема АСУЭ

Уровень прикладных приложений/уровень SCADA системы

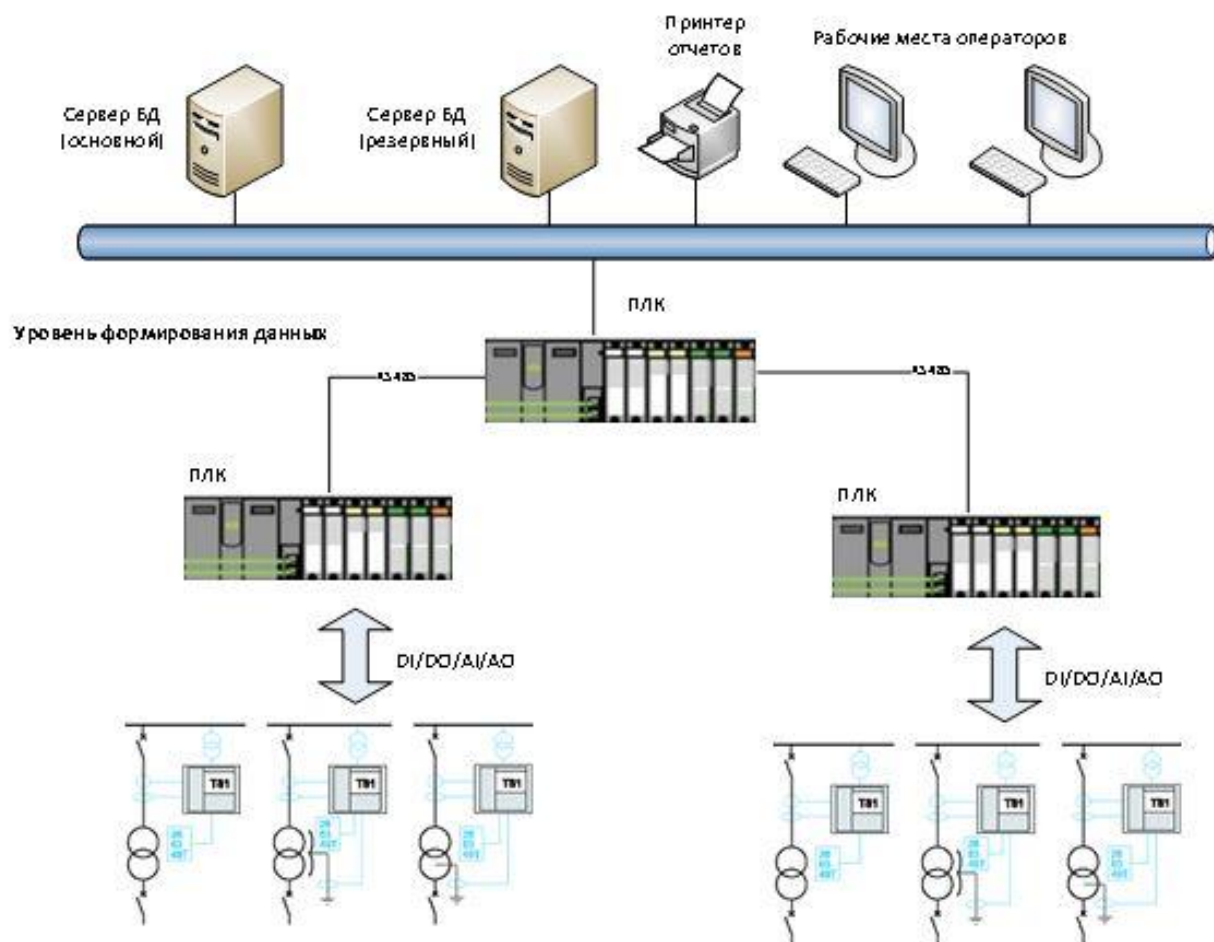


Рисунок 25 - Основные уровни АСУЭ

3.2 Система сбора информации об объектах системы электроснабжения

Электрическая сеть малого предприятия состоит из подстанции, кабелей и проводов, аппаратов защиты, распределительных шкафов и электрооборудования, расположенных как в помещении, так и на открытом воздухе. Для контроля и реализации алгоритма управления электрической сетью с помощью АСУЭ используются контроллеры. Также к системе сбора информации относятся трансформаторы тока и трансформаторы напряжения, передающие данные от оборудования на контроллер, который передает информацию на сервер в базу данных, где аккумулируется вся информация для последующего анализа [38]. Структура системы АСУЭ для малого предприятия представлена на рисунке 26.

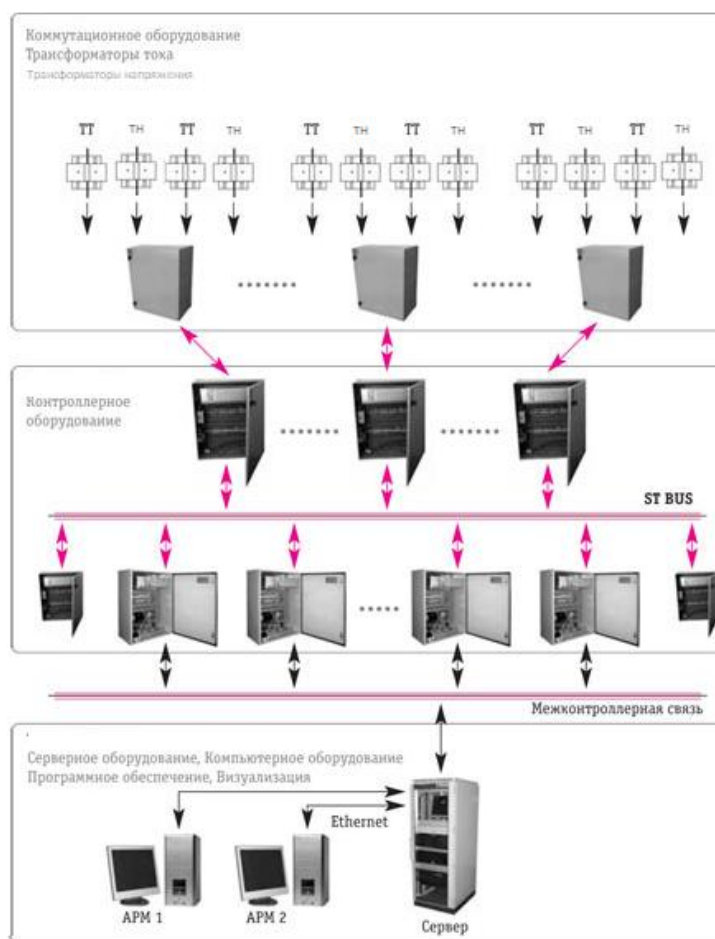


Рисунок 26 - Структура системы АСУЭ для малого предприятия

3.3 Разработка алгоритма управления энергоснабжением объекта

Для реализации управления работой энергооборудования используемого на предприятии, определения качества поставляемой электроэнергии, определения возникших отклонений в работе системы предлагается применять следующие алгоритмы:

- сравнение значений трансформаторов напряжения на входе и выходе силового трансформатора показывает качество поставляемой электроэнергии от поставщика, за счет определения отклонения от заданного напряжения в 6 кВ (допустимое отклонение $\pm 1,5\%$). В случае, превышения допустимого отклонения, контроллер отправляет сигнал о нарушении поставляемой энергии, для принятия управленческих решений;

- сравнение значений трансформаторов напряжения на входе и выходе силового трансформатора, помогает определять неполадки в работе силового трансформатора, за счет определения отклонения от показаний коэффициента трансформации (величина const). В случае, превышения допустимого отклонения, контроллер отправляет сигнал о нарушении в работе силового трансформатора, для выявления причин некорректной работы трансформатора;

- сравнение значений трансформатора напряжения на выходе силового трансформатора и на точках контроля, помогает отслеживать падение напряжения на участках сети, за счет определения напряжения на точках контроля и сравнение его с эталонным (выходным с силового трансформатора). В случае, превышения допустимого отклонения, контроллер отправляет сигнал о падении напряжения на конкретном участке, для выяснения причин и восстановления работы сети;

- снятие показаний с трансформаторов тока, установленных на потребителях электроэнергии, позволяет определить отклонения от заданного режима работы, а именно система сравнивает силу тока потребителя с заданной

величиной, согласно режиму работы. При недостаточном или избыточном потреблении контроллер отправляет сигнал о нарушении режима работы [5].

Для реализации управления энергоснабжением предприятия, предлагается применять следующий алгоритм работы с АСУЭ (схема алгоритма работы представлена на рисунке 27).

Новшество данного алгоритма работы заключается во внедрении в систему АСУЭ базы знаний, которая включает в себя сохранение информации по всем возникавшим сбоям оборудования, его причинам и действиям по устранению причин сбоев (блоки 8 и 10), а так же анализ и построение отчетов по наиболее частым причинам сбоев, что позволяет предусмотреть возможные неполадки в работе оборудования в дальнейшем.

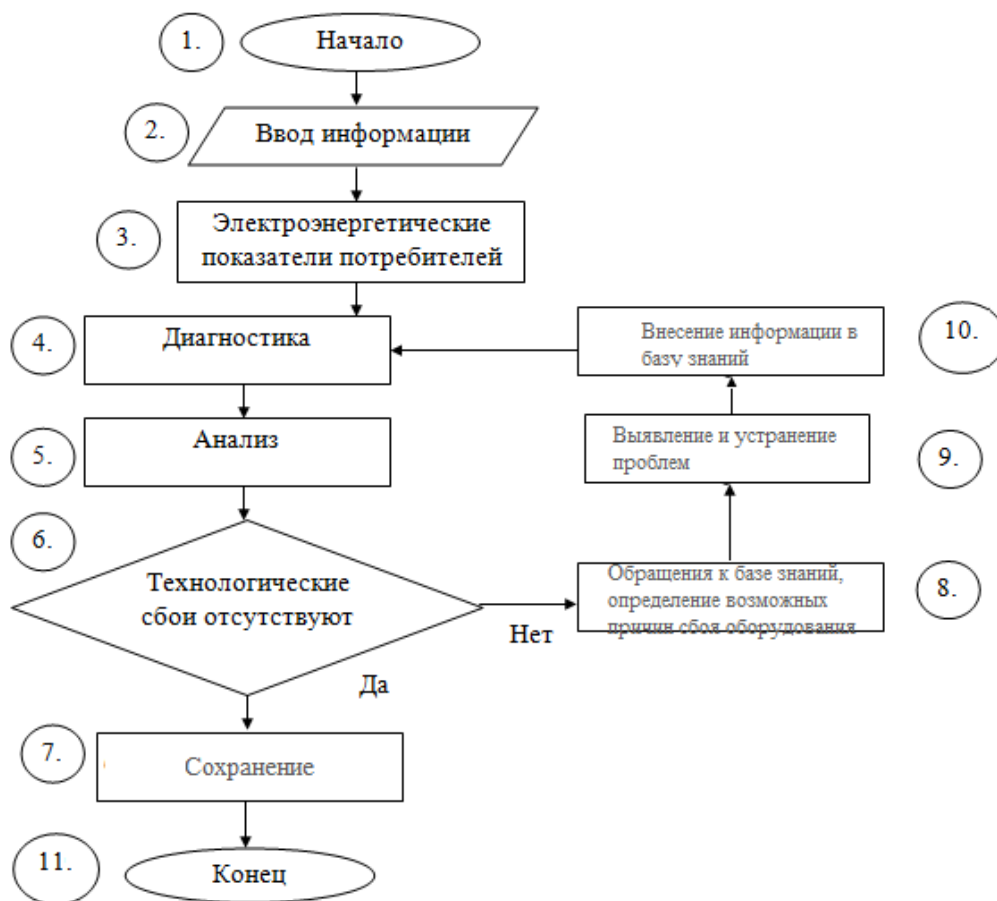


Рисунок 27 - Схема алгоритма работы с АСУЭ

3.4 Технические предложения по реализации системы автоматизированного управления энергоснабжением

«На предприятии используется оборудование с электроприводом и ручной подачей обрабатываемого материала, в частности, шлифовальный станок. Так как станком пользуются разные рабочие, он постоянно перегружается и срабатывает защита – тепловое реле. Такие систематические перемены в работе снижают производительность труда, а частые пуски приводят к перегреву электродвигателей и повышенному потреблению электроэнергии. Для нормализации производственного процесса предлагается оснастить станки с ручной подачей обрабатываемого материала трехступенчатой системой предупреждения и защиты. В данной системе устанавливаются два уровня предупреждения и один уровень аварийного отключения. Первый уровень предупреждения соответствует нагрузке 70% от номинальной и сопровождается световым сигналом. Он свидетельствует о нормальной нагрузке на оборудование. При нагрузке 90% срабатывает звуковой сигнал, а при 110% происходит аварийное отключение. При желании потребитель может изменить установленные пороги. Нагрузка на станки оценивается по току, для чего в одной из фаз устанавливается измерительный трансформатор специальной конструкции. На его выходе формируется пропорциональный синусоидальный сигнал амплитудой 100 – 200 мВ. Этот сигнал поступает на трехпороговый компаратор, формирующий сигналы предупреждения и отключения. Для предотвращения срабатываний от случайных факторов в схему введена регулируемая линия задержки» [27, с. 41].

Для данного малого предприятия наиболее затратоемкими являются два электроприемника:

1. освещение;
2. сушильная камера для древесины.

Освещение:

Для сокращения затрат на освещение, предлагается использовать светодиодное освещение и дополнить его приборами контроля отключения, при отсутствии необходимости в работе освещения.

В сравнении с обычными светильниками, срок службы светодиодных светильников увеличиваются в 12,5 раз, а потребляемая мощность ниже в 5 раз.

Уменьшить затраты на уличное освещение предполагается за счет включения в цепь уличного освещения датчика освещенности, включающего освещение в темное время суток и отключающего его с наступлением рассвета.

Уменьшить затраты на освещение в помещениях, таких как коридоры, лестничные марши, санитарные узлы и т.п., за счет использования инфракрасных датчиков движения.

Сушильная камера для древесины:

Заменить в сушильной камере, нестандартную систему нагрева воздуха за счет создания избыточного давления на инфракрасные обогревательные элементы, отключение которых будет происходить при достижении древесиной необходимой влажности. Датчик влажности подаст сигнал о достижении необходимого уровня влажности на управляющий контроллер, который в свою очередь отключает сушильную камеру.

В сушильной камере с инфракрасными элементами для сушки древесины, температура не превышает 60°C, а время сушки составляет 4-5 часов. Средняя мощность – 20000 Вт. Принцип работы и устройство камеры с инфракрасными нагревателями представлен на рисунке 28.

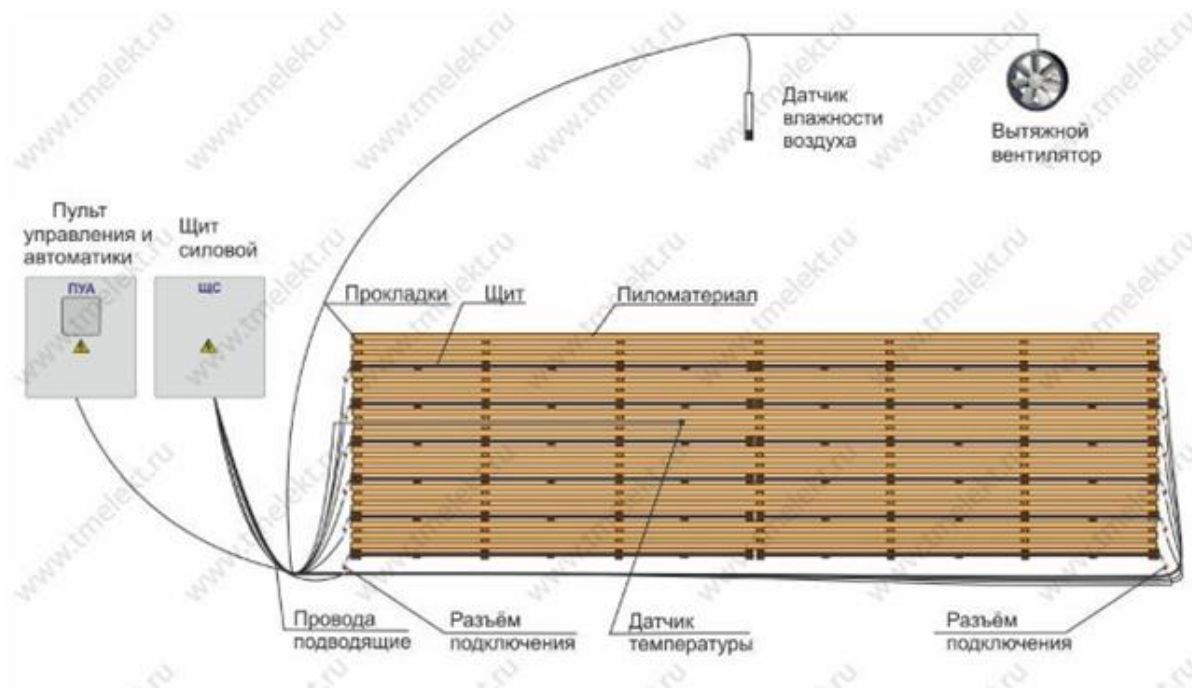


Рисунок 28 - Устройство сушильной камеры с инфракрасными нагревателями

Далее, рассмотрим работу наиболее подходящих датчиков влажности.

Электронные датчики влажности

Для работы в составе автоматизированных систем датчики должны формировать электрические сигналы. Такие датчики представляют собой электронные схемы, содержащие элементы, характеристики которых зависят от влажности.

Проще всего измерять сопротивление гигроскопичных проводящих материалов. Наиболее часто в качестве такого материала используют хлорид лития, который в соединении с водой образует электролит. Конструкция такого датчика иллюстрируется рисунком 29. Так как проводимость электролита зависит от температуры, датчик для повышения точности дополняется термометром, показания которого автоматически учитываются при расчете влажности.

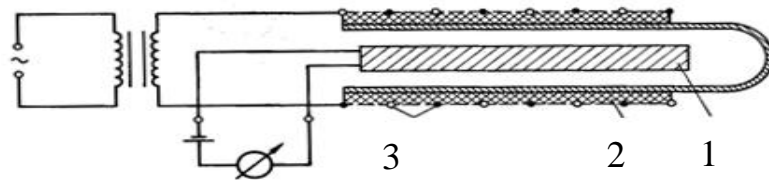


Рисунок 29 - Конструкция датчика влажности на основе хлорида лития:
 1– платиновый терморезистор Pt-100; 2– стеклоткань с LiCl;
 3– электродная спираль

Другой популярный материал такого же рода – пористая керамика. В ее состав вводят кремний, окислы металлов и другие вещества, улучшающие проводимость. Для обеспечения высокой точности измерений применяют мостовую схему.

Иногда в качестве проводящего материала используют обычную почву. Датчик втыкается в нее и настраивается на нормальную влажность. После высыхания почвы ее сопротивление увеличивается, что отслеживается компараторной схемой, и включается автоматический полив. Такой датчик показан на рисунке 30.

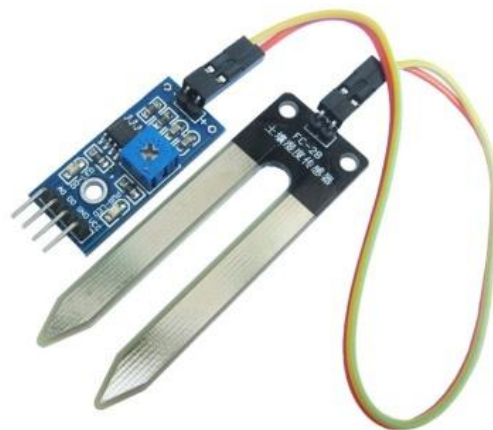


Рисунок 30 - Датчик влажности почвы

Емкостные датчики влажности

Самый простой датчик такого рода состоит из конденсатора с воздушным зазором между пластинами и измерительной схемы. Изменение емкости пересчитывается в процентное содержание воды в воздухе.

Иногда вместо воздуха используется пористый диэлектрик или сам исследуемый материал. Описанное устройство представлено на рисунке 31.

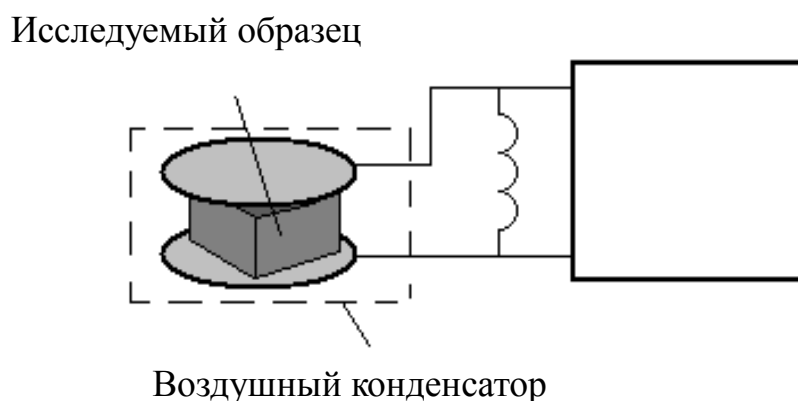
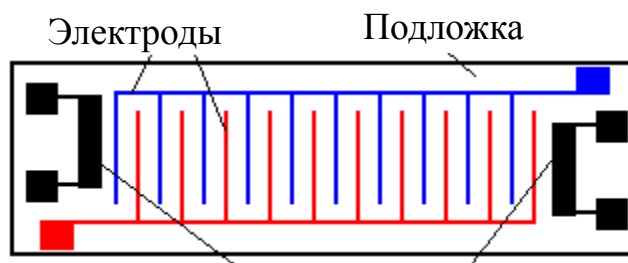


Рисунок 31 - Емкостный датчик влажности с твердым диэлектриком

Более современная конструкция представлена на рисунке 32. На гигроскопичной пленке сформированы два гребенчатых электрода, которые служат обкладками конденсатора. Пленка под воздействием влаги изменяет диэлектрическую проницаемость и, соответственно, емкость. Измерительная схема аналогична рассмотренной выше.



Датчики температуры

Рисунок 32 - Тонкопленочный емкостный датчик влажности

На той же пленке формируются несколько термодатчиков, по которым рассчитывается поправка к показаниям частотомера.

Термисторный датчик влажности

Принцип работы термисторного датчика, показанного на рисунке 33, заключается в сравнении сопротивлений двух одинаковых термисторов, помещенных в две камеры с разными условиями охлаждения. Если влажность в обеих камерах одинаковая, то и сопротивление термисторов будет одинаковым. Различие во влажности приведет к различию сопротивлений, которые контролируются чувствительной мостовой схемой.

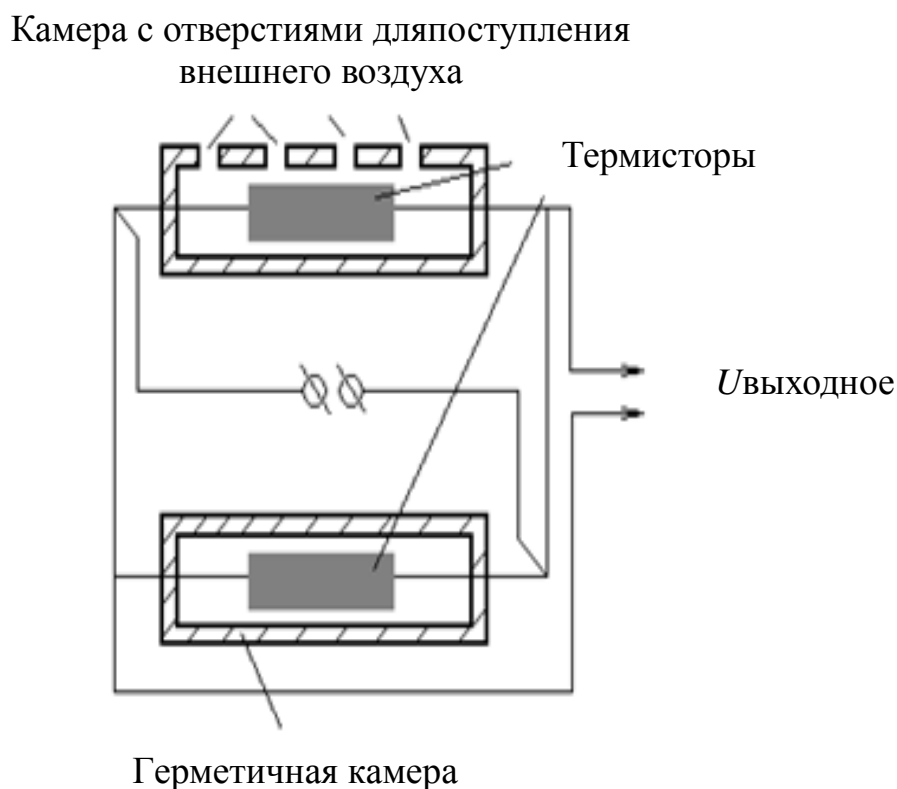
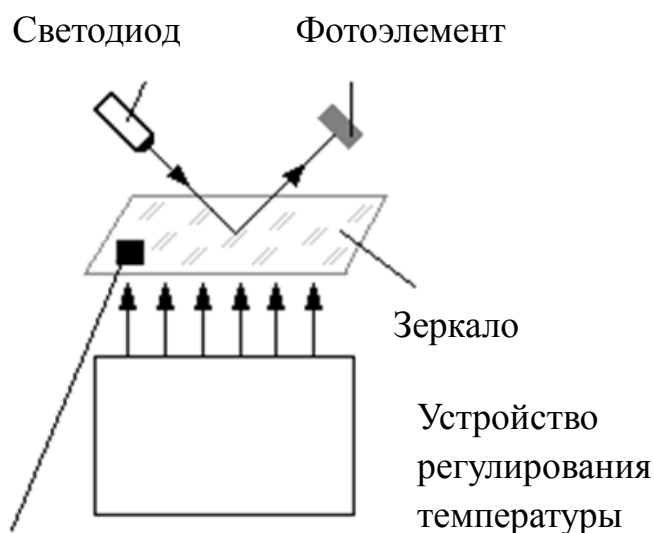


Рисунок 33 - Термисторный датчик влажности

Оптические датчики влажности

Оптический электронный датчик влажности основан на зависимости конденсации водяных паров от температуры. Это наиболее точный датчик. Его устройство поясняется рисунком 34.



Датчик температуры

Рисунок 34 - Оптический датчик влажности

Луч от светодиода отражается от зеркала и улавливается фотоэлементом. Дополнительные датчики контролируют температуру и давление, влияющие на температуру точки росы, когда жидкая и газообразная фазы атмосферной влаги находятся в равновесии. Устройство регулирования температуры, например модуль Пельтье, начинает понижать температуру, и в определенный момент на зеркале появляется роса. В результате поток отраженного света резко снижается, что фиксируется приборами. Далее электронная схема производит расчет влажности.

Диэлькометрические датчики влажности

Диэлькометрический метод заключается в измерении диэлектрической проницаемости материалов. Датчик имеет встроенный генератор радиосигналов на частотах от 3 до 30 МГц, контактные площадки и измерительную схему. Контактные площадки прижимаются к поверхности исследуемого материала, например бетона. При этом электромагнитное поле проникает на глубину несколько сантиметров. По его затуханию микропроцессор рассчитывает влажность.

Такой метод обеспечивает высокую точность измерений, не требует больших затрат времени и не повреждает исследуемый материал. Внешний вид прибора приведен на рисунке 35.



Рисунок 35 - Диэлькометрический датчик влажности

3.5 Смета капитальных затрат

Хотя энергообеспечение предприятия является поддерживающим процессом на предприятии, но от эффективной работы данного процесса зависит не только выпуск продукции, но и вся деятельность предприятия. При разработке системы энергообеспечения на предприятии могут применяться всевозможные новые разработки, а также проверенные технические решения. При такой разработке системы энергообеспечения необходимо соблюдать баланс, между экономической эффективностью и необходимыми требованиями [34].

Для малого предприятия относящегося к организации «Технопарк-инвест» была просчитана смета капитальных затрат на осуществление данного проекта.

Для замены светильников на энергосберегающие в количестве 96 штук стоимость (включая монтажные работы) составляет 244 521 руб.

Стоимость (включая монтажные работы) кабелей длиной 165 метров 78 921 руб.

Стоимость (включая монтажные работы) аппаратов защиты в количестве 33 штуки составляет 201 342 руб.

Стоимость (включая монтажные работы) контроллеров в количестве 20 штук составляет 183 426 руб.

Стоимость датчиков (включая монтажные работы) в количестве 7 штук составляет 14 574 руб.

Средняя стоимость автоматизированной системы управления электро-снабжением с последующей доработкой под проектные предложения составляет 300 000 руб.

Общая сметная стоимость проекта составила 1 022 785 руб.

Часть оборудования руководство предприятия намерено покупать у производителей, что дает возможность гарантии на оборудование до 2-х лет. А так же возможность отсрочки платежа на 1 год.

Реализация данного проекта в результате замены освещения снизит счет на оплату электроэнергии на 5%.

3.6 Техника безопасности

3.6.1 Безопасное выполнение работ при эксплуатации и обслуживании электрооборудования

Можно выделить следующие основные правила безопасной эксплуатации и обслуживания электрооборудования [20]:

- выполнять работу в предусмотренной нормами специальной одежде, специальной обуви, с применением средств индивидуальной защиты (противогаза, каски и других, соответствующих характеру опасности выполняемой работы);

- при выполнении работ быть внимательным, не отвлекаться;
- при подвеске проводов, перед размоткой удалять препятствия и предметы, мешающие их раскатке и подвеске. Размотку производить без образования барашка и зацепления за посторонние предметы.
- при прокладке кабеля по стенам зданий, пользоваться только исправными лестницами, стремянками или автовышками;
- при проведении ремонтных работ, для нахождения повреждений в электронных платах, конденсаторах, диодах и других электронных компонентов пользоваться мультиметром;
- при проведении всех ремонтных операций с оборудованием, имеющим вращающиеся механизмы, соблюдать необходимые меры предосторожности;
- в случае недомогания или плохого самочувствия сообщить непосредственному руководителю работ;
- в случае обнаружения неисправностей оборудования, приспособлений, оснастки, инструмента, других нарушений охраны труда и промышленной безопасности, представляющих опасность для здоровья личного и прочего персонала, которые не могут быть устранены собственными силами, сообщить непосредственному руководителю. Не приступать к работе до устранения выявленных нарушений.

3.6.2 Правила безопасности при возгорании проводки и электрооборудовании

Для обеспечения безопасности при возгорании, нужно следовать следующим правилам [17]:

- знать места расположения аварийных средств защиты, противопожарного инвентаря и средств сигнализации, следить за их исправностью и уметь ими пользоваться;

- обнаружив неисправность установки пожаротушения немедленно сообщить об этом руководителю, для принятия мер по устранению выявленных недостатков;

- знать номера телефонов вызова спецслужб завода;

- не допускать загромождения проходов, проездов, лестниц, площадок и проходов к узлам управления установки пожаротушения;

- уметь оказать пострадавшему первую помощь при поражении электрическим током, при отравлении вредными веществами, при химических и термических ожогах и т.д.;

- при работе с пенообразователем необходимо применять индивидуальные средства защиты.

Для обеспечения безопасности используется автоматическая установка пенного пожаротушения, которая оснащена пеной высокой кратности и состоит из:

- установки пожаротушения;

- систем обнаружения пожара (загорания) и оповещения людей при пожаре;

- аппаратуры (шкафы) управления и сигнализации о состоянии системы.

Технологическая схема автоматического пенного пожаротушения состоит из двух центробежных насосов, запитанных от двух вводов коллектора оборотной воды для создания давления в емкости для хранения пенообразователя и работы пеносмесителя. За счет давления воды в емкости происходит дозирование пенообразователя в пеносмеситель. Далее полученный раствор подается под давлением 12 кгс/см², через узлы управления, на модульные пеногенераторы, расположенные в защищаемых помещениях [9].

В состав установки пожаротушения входят:

- основной водопитатель (объектовый кольцевой водопровод Д= 400 мм, давление 4,5 кгс/см²)

- насосная установка (насосы консольные, один основной, один резервный);
- запорная арматура (задвижки) с ручным и электрическим приводом;
- емкость для хранения пенообразователя и приготовления раствора;
- сигнализирующие устройства;
- контрольно-сигнальные дренчерные клапаны с электромагнитным приводом;
- питающий и распределительный трубопровод;
- генераторы для получения пены высокой кратности.

В состав системы обнаружения пожара и оповещения людей входят:

- пульт контроля с управления;
- блоки индикации;
- приборы приемно-контрольные;
- пожарные извещатели пламени;
- дымовые оптикоэлектронные пожарные извещатели;
- ручные пожарные извещатели;
- датчики блокировки пуска системы пожаротушения (магнитные извещатели);
- контрольно-пусковые и сигнальные блоки;
- звуковые оповещатели;
- световые оповещатели с надписью «Автоматика отключена»;
- световые оповещатели с надписью «Пена – не входите (Пена – уходите)»;
- резервированные источники вторичного электропитания;
- коммутационные устройства;
- соединительные линии (шлейфы) сигнализации.

В качестве аппаратуры автоматизации пуска и контроля состояния системы приняты:

- контроллеры, терминал интеллектуальный, установленные в комплексных щитах автоматизации системы пожаротушения.

3.6.3 Основные задачи и функции энергетической службы предприятия

Основными задачами энергетической службы являются [15]:

- обеспечение бесперебойного снабжения предприятия электрической и тепловой энергией.

- организация надежной транспортировки потребителям: пара, парового конденсата; теплофикационной, пожарохозяйственной, оборотной и речной воды; отвода канализационных стоков.

- организация надежной, бесперебойной и экономичной работы энергоустановок, качественного ремонта энергетических установок, энергетических межцеховых коммуникаций

- внедрение в энергохозяйстве новой техники, способствующей более надежной работе энергоустановок, повышению производительности труда и снижению негативного воздействия на окружающую среду;

- выявление резервов производства, оптимизация использования ресурсов, а также непрерывное совершенствование системы управления и повышение эффективности.

В соответствии с основными задачами на энергетическую службу возложено выполнение следующих функций:

- разработка проектов перспективных планов-мероприятий развития энергохозяйства, проектов плана замены устаревшего и несоответствующего требованиям промышленной безопасности энергетического оборудования.

- разработка и мониторинг выполнения мероприятий по энергосбережению.

- рассмотрение технических и рабочих проектов реконструируемых и вновь строящихся объектов и выдача замечаний по энергетической части проектов.

- планирование энергопотребления предприятия, разработка удельных норм энергопотребления.

- установление объемов и сроков планово-предупредительного ремонта энергооборудования и энергоустановок контроль соблюдения сроков и качества планово-предупредительного ремонта энергооборудования и энергоустановок.

- разработка форм документации по вопросам организации эксплуатации электроустановок, электрооборудования и тепловых энергоустановок.

- заключение договоров с энергоснабжающими организациями на поставку электроэнергии и тепловой энергии на предприятие.

- осуществление контроля за выполнением мероприятий, выданных предписаний, актов проверки состояния промышленной безопасности, расследований аварий, инцидентов, анализ и определение мер по исключению их повторения, информирование об этом руководителей соответствующих подразделений.

- осуществление контроля монтажа энергетического оборудования.

- организация обучения энергетического персонала.

- ввод в эксплуатацию энергетического оборудования, получение «Разрешений на эксплуатацию энергоустановок» в Ростехнадзоре.

- проведение с руководителями детального разбора нарушений правил эксплуатации электрических и других энергетических установок или отдельных видов оборудования.

- анализ соблюдения норм электро и теплоэнергии по отдельным подразделениям и предприятию в целом.

- оказание содействия работе Ростехнадзора по проверке состояния энергооборудования предприятия.

- списание энергетического оборудования.

Работники энергетической службы имеют право:

- требовать от администрации предприятия создания условий, обеспечивающих эффективное исполнение возложенных на него обязанностей;

- обращаться за помощью, советами или консультациями по вопросам своей деятельности специалистам подразделений;

- вносить руководству предприятия предложения по улучшению производственной деятельности;
- отказаться от выполнения, а также остановить выполнение производственных заданий, если они создают реальную угрозу его безопасности или безопасности производства и участвующих в нем людей;
- требовать от работников предприятия выполнения установленных требований эксплуатации технических средств контроля и автоматики;
- участвовать в обсуждении вопросов касающихся, повышения надежности схемы электроснабжения, схем автоматического регулирования, систем противоаварийной автоматической защиты.
- прекращать работу в случае возникновения угрозы личной или экологической безопасности, уведомив при этом своего руководителя;
- при возникновении организационных либо технических затруднений в выполнении отдельных работ, поставить в известность руководство о характере затруднений и о необходимости привлечения к работе других специалистов.

3.7 Выводы по разделу 3

1. Обеспечение оптимального режима функционирования системы электроснабжения предприятия можно обеспечить за счет внедрения автоматизированной системы управления энергоснабжением (АСУЭ).
2. Источниками информации для данной системы являются различные датчики, например, описанные выше.
3. При правильном выборе комплектующих изделий, оптовых закупках и использовании торговых акций реальная стоимость системы электроснабжения объекта с учетом ее автоматизации составит около 1 миллиона рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная работа посвящена поиску путей оптимального энергообеспечения малого предприятия, имеющего ряд особенностей. Прежде всего, его руководство стремится внедрять новые и перспективные технологии в систему энергообеспечения и в производственный процесс. В частности, на этапе начала исследований были высказаны пожелания использования ветряной электростанции и теплового насоса. Кроме того, на объекте имеется оборудование, потребляющее неоправданно много энергии и периодически вызывающее ее дефицит. Указанные особенности характерны для многих малых и больших предприятий, поэтому тема работы актуальна.

Целью работы была разработка конкретных предложений по созданию интеллектуальной системы энергоснабжения малого предприятия широкого профиля. Для ее достижения были проанализированы энергетические потребности предприятия, возможности их обеспечения существующей временной системой энергоснабжения, а также специфические особенности данного предприятия. На основе этого была определена структура разрабатываемой системы и разработан алгоритм ее функционирования. Были сформулированы технические предложения по реализации разработанной системы.

Основная идея заключается в использовании автоматизированной системы управления электроснабжением, дополненной рядом датчиков различного назначения. Для ее функционирования был разработан специальный алгоритм. Его научная новизна заключается во внедрении в систему АСУЭ базы знаний, которая включает в себя сохранение информации по всем возникшим сбоям оборудования, его причинам и действиям по устранению причин сбоев, а также анализ и построение отчетов по наиболее частым причинам сбоев.

Применительно к общей части системы энергоснабжения была подтверждена целесообразность использования теплового насоса, а применение

ветряной электростанции признано экономически неоправданным. Кроме того, обосновано предложение заменить существующую систему сушки древесины путем нагнетания воздуха на более экономичную инфракрасную систему.

Использованные в работе научные методы отличаются разнообразием и эффективностью, полученные на их основе результаты характеризуются новизной и имеют практическое значение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РФ. Росстандарт. ГОСТ 32144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : утв. и введен в действие 01.02.2013 // М.: Стандартиформ, 2012.
2. Госстрой России. ГЭСН 81-02-33-2017. Государственные элементные сметные нормы. Линии электропередач. Электрические сети напряжением 0,38-1150 кВ. : утв. постановлением Госстроя России № 110 от 13.11.2000 г. // М.: Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству, 2000.
3. "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии" (вместе с "Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии", "Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии"). : утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 04.05.2012 N 442 (ред. от 10.02.2014) // Собрание законодательства РФ от 04.06.2012.
4. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. Санкт-Петербург: ДЕАН, 2001. 78 с.
5. Анчарова Т.В., Стебунова Е.Д., Рашевская М.А. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. 416 с.
6. Бондарь И.М. Электротехника и электроника : Учебник. М.: МарТ, Феникс, 2014. 352 с.
7. Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем : учебник. М.: Энергия, 2008. 392 с.

8. Гуторов М.М. Основы светотехники и источники света : учеб. пособие. М.: Энергоатомиздат, 2014. 384 с.
9. Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов. М.: НЦ ЭНАС, 2006. 277 с.
10. Жерве Г.К. Промышленные испытания электрических машин. М.: Государственное энергетическое издательство, 2016. 352 с.
11. Зимин Е.Н. Защита асинхронных двигателей до 500 В : учебник. М.: Энергия, 1967. 262 с.
12. Карпов Ф.Ф. Как выбрать сечение проводов и кабелей : учеб. пособие. М.: Энергия, 1965. 105 с.
13. Кашкаров А.П. Автономное электроснабжение частного дома своими руками. Рн/Д: Феникс, 2019. 320 с.
14. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие. М.: КноРус, 2013. 368 с.
15. Конюхов Н.Е., Плют А.А., Марков П.И. Оптоэлектронные контрольно-измерительные устройства. М.: Энергоатомиздат, 2011. 152 с.
16. Луизов А.В. Цвет и свет. М.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 2014. 256 с.
17. Немцов М.В., Немцова М.Л. Электротехника и электроника: учебник для студентов общеобразовательных учреждений среднего профессионального образования. М.: Академия, 2013
18. Ушаков В.Я. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2016. 446 с.
19. Филиппов А.С., Филиппов В.А. Ремонт и монтаж кабельных линий. В 2 частях. М.: Техноперспектива, 2016. 376 с.
20. Чернобровов Н.В. Релейная защита. М.: Книга по Требованию, 2013. 624 с.
21. Шевченко М.Р. Водоснабжение и электроснабжение на дачном участке. М.: Эксмо, 2011. 256 с.

22. Шеховцов В.П. Аппараты защиты в электрических сетях низкого напряжения. М.: Форум, 2010. 160 с.
23. Щипакин М.В., Зеленевский Н.В. и др. Электроснабжение. Курсовое проектирование : учеб. пособие. СПб.: Лань, 2011. 192 с.
24. Янукович Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальности "Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства". Мн.: ИВЦ Минфина, 2013. 448 с.
25. Бубенчиков А.А., Нурахмет Е.Е., Молодых В.О., Руденок А.И. Энергосберегающие источники света // Технические науки. 2016. №5. С. 62-64.
26. Бурышников А.А., Мустафин Н.Ш. Анализ технологии инфракрасного отопления // Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. 2016. №5. С.4-15. URL: <https://regrazvitie.ru/analiz-tehnologii-infrakrasnogo-otopleniya/>
27. Губайдуллин Р.А., Колокольчикова Г.С., Мазитова А.М., Податнова О.В. Энергосберегающие технологии в системе электроснабжения малого предприятия // Наукосфера: научный и человеческий капитал как движущая сила прогресса информационного общества. 2019. С.40-41.
28. Кузьмишкин А.А., Игнатьева Е.А., Забиров А.И. Энергосбережение в строительстве: инфракрасное отопление // Молодой ученый. 2014. №3. С. 314-315. URL: <https://moluch.ru/archive/62/9665/>
29. Соколов А.А., Соколова Е.А. Анализ работы алгоритмов компрессии для сокращения объема цифровой информации // Перспективы науки. 2010. № 5 (7). С. 93-96.
30. Карта ветров России [Электронный ресурс] URL <http://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii> (дата обращения 1.03.2019)
31. Схема и технология работы теплового насоса [Электронный ресурс] URL <http://v-teplo.ru/teplovie-nasosi-rabota.html> (дата обращения 3.11.2018)

32. Пример приближенного расчета токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ [Электронный ресурс] URL <https://raschet.info/primer-priblizhennogo-rascheta-tokov-korotkogo-zamykanija-v-seti-0-4-kv/> (дата обращения 14.05.2019)
33. Application of a Continuous Particle Swarm Optimization (CPSO) for the Optimal Coordination of Overcurrent Relays Considering a Penalty Method [Электронный ресурс] URL <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/4/869> (дата обращения 4.04.2019)
34. Conditions for economic competitiveness of pumped storage hydroelectric power plants in Egypt [Электронный ресурс] URL <https://link.springer.com/article/10.1186/s40807-018-0048-1> (дата обращения 11.09.2018)
35. Damage event analysis of vertical ground source heat pump systems in Germany [Электронный ресурс] URL <https://link.springer.com/article/10.1186/s40517-017-0067-y> (дата обращения 13.04.2019)
36. Energy Management Strategies for Combined Heat and Electric Power Micro-grid [Электронный ресурс] URL <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-9836/2016/0354-98361600081B.pdf> (дата обращения 9.04.2019)
37. Exergy Analysis of a Parallel-Plate Active Magnetic Regenerator with Nanofluids [Электронный ресурс] URL <https://www.mdpi.com/1099-4300/19/9/464> (дата обращения 1.02.2018)
38. Reduction of Power Production Costs in a Wind Power Plant–Flywheel Energy Storage System Arrangement [Электронный ресурс] URL <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/10/1942/htm> (дата обращения 9.04.2019)
39. Research of fuel temperature control in fuel pipeline of diesel engine using positive temperature coefficient material [Электронный ресурс] URL

<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1687814015624837> (дата обращения 13.04.2019)

40. Thermal performance analysis of net zero energy home for sub zero temperature areas [Электронный ресурс] URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X1830306X> (дата обращения 13.04.2019)