

ФГБОУ ВПО «СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Учебное пособие
для выполнения курсового проекта по дисциплине
«Проектирование систем электрификации
и автоматизации технологических процессов»

Ставрополь
«АГРУС»
2025

УДК 631.371:621.311.1
ББК

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Применение электрической энергии в сельском хозяйстве»
ФГБОУ ВО СтГАУ
Е.В. Коноплев

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Теоретические основы электротехники»
ФГБОУ ВО СтГАУ
И.К. Шарипов

Антонов, С. Н.

Проектирование систем электрификации: Учебное пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование систем электрификации» / С. Н. Антонов – Ставрополь: «АГРУС», 2025 – 92 с.

Учебное пособие предназначено для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов» для студентов вузов очной и заочной форм обучения по направлению 35.03.06 – «Агроинженерия».

Изложены основные положения по проектированию систем электрификации сельскохозяйственного производства. Рассмотрены вопросы оформления результатов курсового проектирования. Приведены методические указания к проектированию электрооборудования сельскохозяйственного производства.

Рекомендовано к изданию методической комиссией
электроэнергетического факультета ФГБОУ ВПО Ставропольского ГАУ
(протокол №5 от 12.09.2024)

ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственное производство является одной из наиболее развивающихся отраслей народного хозяйствования. Изменения в сельском хозяйстве способствуют увеличению потребления различных видов энергии. Основную долю при этом, составляет электрическая энергия. Переоснащение существующих и внедрение новых технологий, позволяет увеличить темпы роста сельского производства и тем самым увеличивается потребление электроэнергии.

Для выполнения задач переоснащения, необходимо профессионально подойти к вопросу реконструкции существующих систем электрификации.

Проектирование систем электрификации в целом состоит из нескольких этапов:

- проектирование электротехнологического оборудования, как для конкретных установок, так и для объекта в целом. К таковому оборудованию относятся системы вентиляции, уборки навоза, раздачи кормов и водоснабжения;

- проектирование системы электрического освещения;

- проектирование систем электроснабжения (силовые распределительные сети, сети заземления и зануления, групповые сети, системы защиты электросетей)

Осуществляя проектирование, необходимо учитывать все достижения научно-технического прогресса. Большая номенклатура существующего электрооборудования, способна решить практически все задачи технологического процесса. Проектировщику остается лишь квалифицированно подойти к решению задач электрификации сельского хозяйства.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Переход сельского хозяйства на индустриальные методы производства, широкое использование достижений науки и техники требуют комплексного решения ряда вопросов в области электрификации сельскохозяйственного производства. Проработка этих решений на современном уровне рассматривается в дисциплине «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов». Эта дисциплина, по существу, итоговая, обобщающая и систематизирующая теоретические положения ряда предшествующих ей дисциплин: «Автоматизированный электропривод», «Электротехнология и энергосбережение сельского хозяйства», «Электроснабжение», «Автоматизация технологических процессов», «Освещение и облучение» и др. Поэтому при курсовом проектировании по дисциплине «Проектирование систем электрификации» необходимо использовать ранее полученные знания по перечисленным смежным дисциплинам.

Цели курсового проектирования:

- закрепление теоретических знаний, полученных при изучении основной дисциплины «Проектирование систем электрификации и автоматизации технологических процессов»; приобретение навыков проектирования процессов сельскохозяйственного производства;
- выполнение курсового проекта должно показать способность студента самостоятельно применять полученные знания при реконструкции систем электрификации сельскохозяйственного производства;
- работа над курсовым проектом призвана подготовить студентов к выполнению выпускной квалификационной работы по избранной теме.

В процессе выполнения курсового проекта студенты:

- изучают правильно применять нормативные материалы, единую систему конструкторской документации (ЕСКД), справочные материалы, литературные источники;
- применяют типовые проектные решения;
- анализируют промежуточные результаты, дают общую технико-экономическую оценку полученным результатам проектирования;
- выполняя графическую часть проекта, студенты увязывают материалы расчетов с технологическими и конструкторскими решениями, полученными в результате проектирования.

2 ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Для выполнения курсового проекта преподаватель выдает студенту задание установленного образца (приложение А).

Рекомендуется, чтобы задание на разработку курсового проекта выдавалось в соответствии с темой будущей квалификационной работы, то есть при выборе темы курсового проекта рекомендуется учитывать возможность дальнейшего использования материалов курсового проекта в соответствии с утвержденной темой.

Студенты-очники, как правило, разрабатывают проекты реконструкции систем электрификации реальных сельскохозяйственных объектов на основе материалов, полученных в период практики.

При заочной форме обучения тему курсового проекта студент выбирает исходя из своей практической деятельности и интересов хозяйства.

В качестве темы курсового проекта в соответствии с программой дисциплины принимаются:

- реконструкция систем электрификации и автоматизации животноводческих ферм и комплексов различного направления: молочно-товарной фермы, молочно-товарного комплекса, свиноферм, комплексов по откорму свиней, молодняка КРС, птицеферм и комплексов различного направления и т.д.;

- реконструкция систем электрификации и автоматизации объектов производства: тепличные и парниковые хозяйства, комплексы различных направлений и конструкций;

- реконструкция систем электрификации и автоматизации единичного сельскохозяйственного объекта: коровника, телятника, свинарника, птичника, кормоцеха, зернообрабатывающего объекта, овоще- или фруктохранилища, механических или ремонтных мастерских и т.д.

Проекты должны выполняться по реально существующим или проектируемым для конкретных условий производственным объектам.

Кроме того, при решении общих вопросов по электрификации и автоматизации любого из перечисленных объектов необходимо в соответствии с принятой темой, более подробно проработать вопросы электрификации и полной или частичной автоматизации одного-двух основных технологических процессов (так называемый «*спецвопрос*»). К таким процессам относятся: доение коров и первичная обработка молока, приготовление и раздача кормов, погрузочно-разгрузочные работы, создание и поддержание микроклимата, вентиляция, очистка и сушка зерна, водоснабжение, управление электроприводом поточной линии и др. Тематику «*спецвопроса*» определяет руководитель, она должна быть четко сформулирована в задании на выполнение курсового проекта.

Таким образом, тема курсового проекта складывается из двух частей:

1. наименования сельскохозяйственного производственного объекта, который должен быть электрифицирован в полном объеме с выполнением инженерных расчетов по его электрификации;

2. «специального», посвященного детальной электрификации и автоматизации одного-двух основных технологических процессов для данного сельскохозяйственного производственного объекта.

При выдаче задания преподаватель уточняет наименование выбранной темы, указывая паспортные показатели сельскохозяйственного производственного объекта (число голов, направление выращивания и откорма и т.д.), технологические особенности содержания животных и птицы (коровник привязного содержания, телятник с родильным отделением, свиноматочник и т.д.) и другие уточняющие данные. Уточняющие данные можно не выносить полностью на титульный лист проекта, их приводят со ссылкой на задание в разделе общей характеристики объекта.

Таблица 1 – Тематика курсовых проектов

Технологические процессы Объекты электрификации	Кормление	Водоснабжение и поение	Уборка и переработка навоза	Освещение	Облучение	Вентиляция и микроклимат	Электронагрев воды, почвы, пола	Автоматизированные линии	Автоматизированный электропривод машин	Электротехнология	Экономия электроэнергии	Автоматическое регулирование параметров
Коровник (молочный комплекс, откорм КРС, телятник)	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Свинарник	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*
Овчарня	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Птичник	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Кормоцех		*		*		*	*	*	*	*	*	*
Зерноток, зернохранилище				*	*	*		*	*	*	*	*
Овоще-фруктохранилище				*	*	*		*	*			*
Теплица (парник)		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ремонтные предприятия		*		*		*	*		*	*	*	
Гаражи		*		*		*	*		*		*	*
Котельные		*		*		*	*		*		*	*

Ниже для примера приведены рекомендуемые темы курсовых проектов по дисциплине «Проектирование систем электрификации»:

- «Реконструкция систем электрификации свинарника-маточника на 200 голов с автоматизированной системой приготовления и раздачи кормов»;

- «Реконструкция систем электрификации теплицы для выращивания ранних овощей с системой автоматического управления микроклиматом»;

- «Реконструкция систем электрификации фермы КРС привязного содержания на 120 голов с автоматизацией систем навозоуборки и навозоудаления».

Для облегчения процесса выбора темы курсового проекта ниже приводится таблица, в которой указаны объекты электрификации и реализуемые на них основные технологические процессы (они заштрихованы крестиками), электрификация которых должна быть отражена в курсовом проекте.

3 СОСТАВ, СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В состав курсового проекта входят пояснительная записка объемом не менее 30 страниц выполненного с применением компьютерной техники и два листа графического материала формата А1.

Выполнение пояснительной записки и графической части рукописным способом не допускается!!!

В курсовом проекте (должны найти отражение следующие вопросы):

Введение. Излагаются целевое назначение темы, решение какой практической задачи конкретного предприятия способствует данный курсовой проект (1 - 2 стр.).

1 Краткая характеристика объекта проектирования с анализом существующего уровня электрификации и выбором производственных процессов для электрификации (3 - 4 стр.).

2 Выбор основного технологического оборудования в соответствии с технологическими схемами отдельных линий или процессов согласно типовому проекту (1 - 2 стр.).

3 Выбор и расчет: электропривода, электронагревательных установок, приборов освещения и облучения, водоснабжения, электротехнологии, силовых и осветительных сетей, электрических схем и аппаратуры защиты и управления. Проектирование схем автоматизации и управления основными технологическими процессами (по заданию руководителя, 15 - 20 стр.).

4 Определение потребной, установленной и максимальной мощностей, годового потребления электроэнергии по каждому объекту электрификации. По графикам нагрузки или с помощью соответствующих коэффициентов определение расчетной нагрузки для всего объекта, обоснование мощности и типа источника питания (5 - 6 стр.).

5 Расчет внутренней силовой сети: выбор аппаратуры управления и защиты схемы электроснабжения 380/220 В, выбор сечений и марок проводов и кабелей, расчет токов короткого замыкания (5 - 6 стр.).

6 Разработка мероприятий по охране труда и технике безопасности (1 - 2 стр.).

Графическая часть в виде двух технических чертежей формата А1, на которых должно быть отражено:

- план проектируемого производственного объекта с нанесением внутрихозяйственных электрических сетей, проводок и электрооборудования, а также расчетные схемы электрооборудования и освещения, экспликации, условные обозначения, технические характеристики и др.;

- структурная, принципиальная и монтажная электрические схемы автоматизации и управления основными технологическими процессами (по заданию руководителя), графики, диаграммы, таблицы, чертежи общих видов шкафов, пультов управления.

На листах графической части (демонстрационные листы, плакат) даются схемы: силового электрооборудования, автоматизации, зануления, расчетные схемы: экспликации, условные обозначения редко встречающихся элементов схем, технические характеристики и др.

4 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Оформление пояснительной записки и чертежей выполняется в соответствии с требованиями Государственного стандарта Российской Федерации от 1 июля 1996 г. «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам».

Материал пояснительной записки следует излагать грамотно, в логической последовательности, по возможности кратко, но не в ущерб содержанию. Не следует включать в записку определение общеизвестных понятий, излагать общепринятые методы расчета, заимствованные из учебника или справочника. Необходимо сделать ссылку на литературу, указав в квадратных скобках порядковый номер из списка литературы, приводимого в конце пояснительной записки.

Каждая страница текста должна быть пронумерована арабскими цифрами, проставляемыми в нижней части по центру страницы.

Содержание пояснительной записки должно быть разделено на разделы, подразделы и пункты. Каждый раздел текста необходимо начинать с новой страницы. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей записки и обозначаться арабскими цифрами без точки в конце. Разделы и подразделы должны иметь наименования, которые записывают в виде заголовков прописными буквами без точки в конце, не подчеркивая, заголовки должны кратко и четко отражать содержание разделов, подразделов. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. Номер пункта должен состоять из номера раздела, подраздела и пункта, разделенных точками. В конце номера пункта точка не ставится. Пункты, как, правило, заголовков не имеют. Нельзя помещать заголовки глав, разделов и подразделов в конце страницы.

Внутри пунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить, дефис или, при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Каждый пункт и перечисления записываются с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении пояснительной записки с применением печатающих устройств ЭВМ должно быть равно 3, 4 интервалам. Расстояние между заголовками раздела и подраздела - 2 интервала. Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

Текст документа должен быть кратким, четким и не иметь различных толкований. При изложении обязательных требований в тексте долж-

ны применяться слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется чтобы», «не допускается» и т.д. При изложении других положений следует применять слова «могут быть», «как правило», «при необходимости», «может быть» и т.д. При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста, например, «применяют», «указывают» и т.п. В курсовом проекте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в научно-технической литературе.

В тексте курсового проекта не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины при наличии разнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии;
- применять знаки: (-) (минус), Ø (диаметр), < (меньше), > (больше), = (равно), ≠ (не равно), № (номер), % (процент), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно) – следует писать эти обозначения словами.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Все обозначения единиц физических величин должны соответствовать международной системе СИ. Эти обозначения нельзя писать в одной строке с формулами (сразу после формулы), их следует писать в конце расчетов. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» и без двоеточия после него.

Пример: Ток в электрической цепи I, А вычисляют по формуле:

$$I = \frac{U}{z}, \quad (4.1)$$

где U – напряжение на участке электрической цепи, В;

z – полное сопротивление электрической цепи, Ом.

Формулы должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами в пределах раздела, которые записываются на уровне формулы справа в круглых скобках. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой. Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках.

5 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Графический материал курсового проекта включает два листа формата А1, выполненных с использованием компьютерной техники.

На первом листе выполняется план расположения силового электрооборудования основного производственного помещения объекта электрификации, с расчетной схемой электрооборудования и освещения. На плане тонкими линиями показывают предельно упрощенную строительную часть здания (помещения) и контуры технологического оборудования, а элементы электрических сетей и электрооборудования выделяют более толстыми линиями.

На плане силового электрооборудования около условного изображения приемника электрической энергии (электродвигатель, водонагреватель и т.д.) пишется дробь, в числителе которой указывается номер токоприемника, а в знаменателе – его номинальная мощность в кВт. На выноске от силовой сети, идущей к токоприемнику, в числителе указывается марка и количество кабелей или проводов, число и сечение жил, а в знаменателе – способ прокладки.

На втором листе необходимо привести структурную (функциональную или блок-схему) и принципиальную электрическую схемы автоматизации и управления одним или двумя основными технологическими процессами (по заданию руководителя), а также необходимые для пояснения принципа работы диаграммы, графики, чертежи общих видов установок, шкафов, пультов управления.

При проектировании схем надо стремиться к их компактности, но не в ущерб ясности и читаемости. Для этого схема должна содержать наименьшее количество изломов и пересечений линий связи, а расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм.

На принципиальной электрической схеме показывают:

- 1 Схему главных (силовых) цепей. Ее выполняют обычно в развернутом виде и в многолинейном изображении.
- 2 Цепи управления, регулирования, защиты измерения и сигнализации.
- 3 Надписи, поясняющие принцип работы цепей автоматики и управления.

Все элементы принципиальных схем изображают в виде условных графических обозначений, установленных в соответствующих стандартах ЕСКД. Коммутирующие устройства изображают в отключенном положении, то есть при отсутствии тока во всех цепях схемы и исключении внешних механических сил, воздействующих на подвижные части аппаратов. Переключатели, не имеющие отключенного положения, изображают

в одном из положений, принятом за исходное. Контакты приборов, измеряющих технологические параметры, например, температуру, давление, показываются в соответствии с их положением при оптимальном значении этих параметров.

Каждый элемент, изображенный на схеме, должен иметь позиционное обозначение по ГОСТ 2.710-81. Позиционное обозначение состоит из двух частей (двухбуквенный код). Первая часть содержит две прописные буквы латинского алфавита, обозначающие условный код элементы, а вторая часть – порядковый номер элементы. Например: КК2 - второе электротепловое реле.

Таблица 5.1 – Буквенные коды наиболее распространенных видов элементов

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов
А	Устройства	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговорители, микрофоны, термоэлектрические чувствительные элементы, детекторы ионизирующих излучений, звукопередатчики, сельсины
С	Конденсаторы	
Д	Схемы интегральные, микросборки	Схемы интегральные аналоговые и цифровые, логические элементы, устройства памяти, устройства задержки
Е	Элементы разные	Осветительные устройства, нагревательные элементы
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретные элементы защиты по току и напряжению, плавкие предохранители, разрядники
G	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батареи, аккумуляторы, электрохимические и электротермические источники
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Приборы звуковой и световой сигнализации, индикаторы
К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовые и напряжения, реле электротепловые, реле времени, контакторы, магнитные пускатели
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссели люминесцентного освещения
М	Двигатели	Двигатели постоянного и переменного тока
Р	Приборы, измерительное обо-	Показывающие, регистрирующие

	рудование	и измерительные приборы, счетчики, часы
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Разъединители, короткозамыкатели, автоматические выключатели (силовые)
R	Резисторы	Переменные резисторы, потенциометры, варисторы, терморезисторы
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатели, переключатели, выключатели, срабатывающие от различных воздействий
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформаторы тока и напряжения, стабилизаторы
U	Преобразователи электрических величин в электрические, устройства связи	Модуляторы, демодуляторы, дискриминаторы, инверторы, преобразователи частоты, выпрямители
V	Приборы электровакуумные, полупроводниковые	Электронные лампы, диоды, транзисторы, тиристоры, стабилитроны
W	Линии и элементы сверхвысокой частоты, антенны	Волноводы, диполи, антенны
X	Соединения контактные	Штыри, гнезда, разборные соединения, токосъемники
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнитные муфты, тормоза, патроны
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Линии моделирования, кварцевые фильтры

Таблица 5.2 – Примеры двухбуквенных кодов

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
A	Устройство (общее обозначение)		
B	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель	BA
		Магнитострикционный элемент	BB
		Детектор ионизирующих излучений	BD
		Сельсин-приемник	BE
		Телефон (капсюль)	BF
		Сельсин-датчик	BC
		Тепловой датчик	BK
		Фотоэлемент	BL
		Микрофон	BM
Датчик давления	BP		

		Пьезоэлемент	BQ
		Датчик частоты вращения (тахогенератор)	BR
		Звукосниматель	BS
		Датчик скорости	BV
C	Конденсаторы		
D	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая	DA
		Схема интегральная, цифровая, логический элемент	DD
		Устройства хранения информации	DS
		Устройство задержки	DT
E	Элементы разные	Нагревательный элемент	EK
		Лампа осветительная	EL
		Пиропатрон	ET
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FA
		Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FP
		Предохранитель плавкий	FU
		Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FV
G	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
H	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	HA
		Индикатор символьный	HG
		Прибор световой сигнализации	HL
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое	KA
		Реле указательное	KH
		Реле электротепловое	KK
		Контактор, магнитный пускатель	KM
		Реле времени	KT
		Реле напряжения	KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели		
P	Приборы, измерительное оборудование Примечание. Сочетание PE применять не до-	Амперметр	PA
		Счетчик импульсов	PC
		Частотомер	PF
		Счетчик активной энергии	PI

	пускается	Счетчик реактивной энергии	PK
		Омметр	PR
		Регистрирующий прибор	PS
		Часы, измеритель времени действия	PT
		Вольтметр	PV
		Ваттметр	PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т.д.)	Выключатель автоматический	QF
		Короткозамыкатель	QK
		Разъединитель	QS
R	Резисторы	Терморезистор	RK
		Потенциометр	RP
		Шунт измерительный	RS
		Варистор	RU
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных Примечание. Обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
		от уровня	SL
		от давления	SP
		от положения (путевой)	SQ
		от частоты вращения	SR
от температуры	SK		
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	TA
		Электромагнитный стабилизатор	TS
		Трансформатор напряжения	TV
U	Устройства связи	Модулятор	UB
	Преобразователи электрических величин в электрические	Демодулятор	UR
		Дискриминатор	UI
		Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UZ
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон	VD
		Прибор электровакуумный	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
W	Линии и элементы СВЧ	Ответвитель	WE
		Короткозамыкатель	WK

	Антенны	Вентиль	WS
		Трансформатор, неоднородность, фазовращатель	WT
		Аттенуатор	WU
		Антенна	WA
X	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий	XA
		Штырь	XP
		Гнездо	XS
		Соединение разборное	XT
		Соединитель высокочастотный	XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит	YA
		Тормоз с электромагнитным приводом	YB
		Муфта с электромагнитным приводом	YC
		Электромагнитный патрон или плита	YH
Z	Устройства оконечные фильтры, ограничители	Ограничитель	ZL
		Фильтр кварцевый	ZQ

Таблица 5.3 – Буквенные коды для указания функционального назначения элементов

Буквенный код	Функциональное назначение	Буквенный код	Функциональное назначение
A	Вспомогательный	N	Измерительный
B	Направление движения (вперед, назад, вверх, вниз, по часовой стрелке, против часовой стрелки)	P	Пропорциональный
		Q	Состояние (старт, стоп, ограничение)
C	Считающий	R	Возврат, сброс
D	Дифференцирующий	S	Запоминание, запись
F	Защитный	T	Синхронизация, задержка
G	Испытательный	V	Скорость (ускорение, торможение)
H	Сигнальный	W	Сложение
I	Интегрирующий	X	Умножение
K	Толкающий	Y	Аналоговый
M	Главный	Z	Цифровой

Обозначение устройств и их элементов на схемах представляются следующим образом:

- при горизонтальном изображении цепей - над графическим изображением устройств;
- при вертикальном изображении цепей - справа от соответствующего графического изображения.

При необходимости составным частям (элементам) устройств, присваиваются порядковые номера, полученные добавлением к порядковому номеру позиционного обозначения элемента через точку.

Например: КМ3.2 – вторая пара контактов третьего магнитного пускателя.

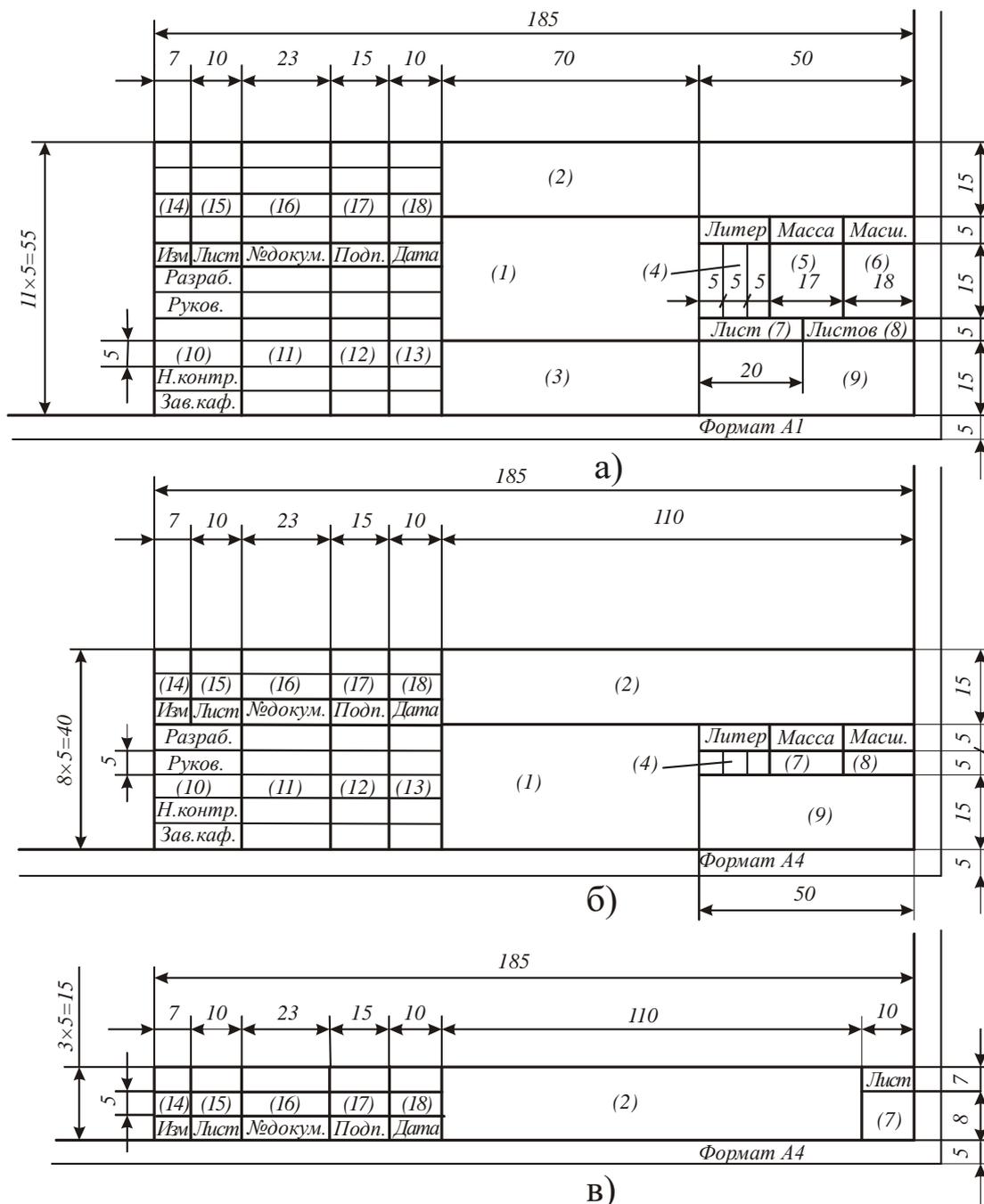


Рисунок 5.1 – Основная надпись: а) – для чертежей и схем; б) – для текстовых документов; в) – для последующих листов чертежей, схем и текстовых документов

На принципиальной электрической схеме должны быть определены все элементы, входящие в состав устройства. Данные об элементах записывают в перечень элементов, оформленный в виде таблицы, которая располагается над основной надписью. В таблице указывают позиционное обозначение элемента, наименование элемента, количество элементов на схеме.

Вся техническая документация сопровождается основной надписью. Основные надписи располагают в правом нижнем углу технических документов. На листах формата А4 основные надписи располагают вдоль короткой стороны листа.

Основные надписи, дополнительные графы и рамки выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями. В графах основной надписи (ГОСТ 2.104-68) (номера граф на рисунке 5.1 даны в скобках) указывают:

1 – наименование изделия в соответствии с ГОСТ 2.109-73, или наименование чертежа;

2 – обозначение документа (КП – курсовой проект, номер зачетной книжки, номер листа (01, 02,...08), тип схемы ГОСТ 2.701-76 (см. стр. 50-51 данного методического указания));

3 – наименование документа (курсовой проект);

4 – литеру по ГОСТ 2.103-68 (учебная - У);

5 – массу изделия по ГОСТ 2.109-73 (если имеется);

6 – масштаб (в соответствии с ГОСТ 2.302-68 и ГОСТ 2.109-73);

7 – порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

8 – общее количество листов документа;

9 – наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ (СтГАУ, наименование кафедры);

10, 11, 12 – характер работы, фамилии и подписи лиц, разработавших документ;

13 – дата подписи документа.

Схемы в зависимости от вида элементов и связей, входящих в состав изделия, подразделяются на виды, шифруемые буквами русского алфавита:

Вид схемы	Шифр	Вид схемы	Шифр
Электрическая	Э	Вакуумная	В
Гидравлическая	Г	Газовая	Х
Пневматическая	П	Автоматизации	А
Кинематическая	К	Комбинированная	С
Оптическая	Л		

Схемы в зависимости от основного назначения подразделяются на типы, шифруемые арабскими цифрами.

Тип схемы	Шифр по ГОСТ 2 701-76	Шифр по СТ СЭВ 527-77
Структурная	1	101
Функциональная	2	102
Принципиальная (полная)	3	201
Эквивалентная Соединений (монтажная)	4	301
Общая	6	302
Подключения	5	303
Расположения	7	401
Прочие	8	-
Объединенная	0	-
Электрооборудования и проводки	-	402
Электроснабжения и связи	-	403

Наименование схемы определяется ее видом и типом. Например, схема электрическая принципиальная – шифр ЭЗ согласно ГОСТ 2.701-76. Допускается совмещать схемы следующих типов: принципиальную и соединений, соединений и подключения. Совмещенной схеме присваивают наименование схемы, тип которой имеет наименьший порядковый номер.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

6.1 Проектирование электропривода сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий

Выбору типа и мощности электродвигателя должна предшествовать установка требований технологического процесса и рабочей машины к нему. Для этого необходимо знать нагрузочную диаграмму, скорость вращения вала машины и ее скоростной режим, момент трогания, приведенный момент инерции, режим использования машины, последовательность операций управления электроприводом и требования к аппаратуре управления. Большинство из перечисленных показателей для различных рабочих машин сельскохозяйственного назначения представлены в литературе [10, 13, 14, 16, 17, 38, 39].

Нагрузочная диаграмма рабочей машины или установки может быть получена экспериментально или путем расчета. Как выход из положения, может быть принята по аналогии с другими подобными машинами.

Учитывая указанные требования, производится выбор электродвигателя в следующем порядке:

- определяется мощность электродвигателя;
- выбирается род тока и напряжения;
- выбирается тип привода;
- выбирается тип электродвигателя в соответствии с условиями работы;
- производится проверка электродвигателя по условиям нагрева;
- электродвигатель проверяется на устойчивость работы при кратковременных снижениях напряжения;
- составляется принципиальная схема управления и выбирается аппаратура управления.

В зависимости от продолжительности работы, принято подразделять режимы работы электродвигателей на длительные, кратковременные и повторно-кратковременные. Подробный расчет электроприводов различных производственных механизмов приведен в [14].

При выборе типа привода и рода тока для конкретного механизма должны учитываться следующие факторы:

- а) технологические требования в отношении поддержания постоянства или регулирования скорости, величины перегрузочного момента;
- б) влияние рода тока на производительность рабочих машин;
- в) первоначальная стоимость оборудования и, в частности, электрооборудования;
- г) эксплуатационные расходы, частью которых является расход электроэнергии.

Род тока в основном определяется требуемыми пределами регулирования скорости. Принципиально всегда следует стремиться к применению приводов с более дешевыми и более простыми в эксплуатации асинхронными двигателями переменного тока.

В производственных условиях род тока и величина номинального напряжения при выборе электродвигателя обычно определяются общими условиями электроснабжения хозяйства, для которого выбирается электродвигатель. Для сельскохозяйственных потребителей, как правило, применяется переменный ток напряжением 220/380 В с глухозаземленной нейтралью.

В отдельных случаях, а также для экспериментальных установок может быть использован как переменный, так и постоянный токи различных напряжений.

Самым простым, дешевым и надежным в эксплуатации является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, справочные данные которого приведены в литературе [13, 38]. Конструкция его такова, что возможные повреждения минимальны. Поэтому электропривод большинства сельскохозяйственных машин является нерегулируемым и осуществляется с помощью трехфазного асинхронного двигателя переменного тока.

Асинхронные электродвигатели основного исполнения выпускаются с числом оборотов (синхронным) 3000, 1500, 1000, 750 в минуту. Фактическое число оборотов на 2-5% ниже вследствие скольжения. Более быстросходные двигатели имеют меньший вес и габариты, а следовательно, и стоимость, более высокие к.п.д. и коэффициент мощности по сравнению с теми же показателями тихоходных двигателей.

В случаях, когда по условиям технологического процесса требуется постепенный разгон (например, обкатка двигателей внутреннего сгорания), применяют электродвигатели с фазным ротором.

Надежная работа электродвигателя может быть обеспечена, если его конструкция отвечает условиям окружающей среды. В производственных условиях двигателя приходится защищать от пыли, капель и брызг, сырости, кислотных паров, аммиака, высокой температуры и т.д. Поэтому их обмотки выпускаются с нормальной, влагохлостойкой или химовлаго-морозостойкой изоляцией.

В зависимости от среды, в которой устанавливаются и эксплуатируются электродвигатели, выбирают тип их исполнения.

При выборе электродвигателей по конструктивному исполнению учитывается режим работы электропривода и условия эксплуатации оборудования, под которым следует понимать условия окружающей среды (содержание пыли, коррозионно-активных элементов, взрыво- и пожароопасных смесей и т.д.), воздействие климатических факторов.

Таблица 6.1 – Характеристика климатических исполнений электрических машин

Буквенное обозначение		Климатическое исполнение для микроклиматического района с климатом
Русское	Латинское	
У	N	умеренным
УХЛ	NF	умеренным и холодным
Т	N	как сухим, так и влажным тропическим
М	M	умеренно холодным морским
ОМ	MU	как умеренно холодным, так и тропическим морским

Изделия исполнений У, УХЛ и Т предназначены для эксплуатации на суше, реках и озерах, М и ОМ предназначены для эксплуатации в районах с морским климатом.

В зависимости от места размещения при эксплуатации в воздушной среде на высотах до 4300 метров, электрические машины изготавливают по категориям размещения.

Таблица 6.2 – Категории размещения оборудования

Обозначение категории	Характеристика категории изделия для эксплуатации
1	на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного микроклиматического района)
2	под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, но нет прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков
3	в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры, влажности воздуха, воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе
4	в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями
5	в помещениях с повышенной влажностью

Электрические машины выпускаются в защитных оболочках, обеспечивающих защиту обслуживающего персонала, а так же самой машины от попадания в нее посторонних предметов. Для обозначения степени защиты применяются латинские буквы IP (International Protection) и следующие за ними две цифры (ГОСТ 14254-80). Первая цифра обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним и от соприкосновения с движущимися частями, расположенными внутри оболочки, а так же степень защиты машины от попадания внутрь нее твердых посторонних тел таблица 6.3.

Таблица 6.3 – Степень защиты электрических машин от попадания твердых тел

Первая цифра	Степень защиты	
	Краткое описание	Определение
0	защита отсутствует	специальная защита отсутствует
1	защита от твердых тел размером более 50 мм	защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности тела (например, рука) и проникновения твердых тел размером свыше 50 мм
2	защита от твердых тел размером более 12 мм	защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 80 мм от проникновения твердых тел размером свыше 12 мм
3	защита от твердых тел размером более 2,5 мм	защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки и т.д. толщиной более 2,5 мм и проникновения твердых тел размером свыше 2,5 мм
4	защита от твердых тел размером более 1 мм	защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером свыше 1 мм
5	защита от пыли	проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью, однако пыль не может проникать в количестве достаточным для нарушения работы изделия
6	пыленепроницаемость	проникновение внутрь оболочки пыли предотвращено полностью

Вторая цифра обозначает степень защиты от попадания воды таблица 6.4.

Таблица 6.4 – Степень защиты электрических машин от попадания воды

Вторая цифра	Степень защиты	
	Краткое описание	Определение
0	защита отсутствует	специальная защита отсутствует
1	защита от капель воды	капли воды, вертикально попадающие на оболочку не должны оказывать вредного воздействия на изделие
2	защита от капель воды при наклоне до 15°	капли воды, вертикально попадающие на оболочку при наклоне изделия на любой угол до 15° относительно нормального положения, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
3	защита от дождя	дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие
4	защита от брызг	вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие

5	защита от водяных струй	струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
6	защита от волн воды	вода при волнении не должна попасть внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия
7	защита при погружении в воду	вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных условиях давления и времени в количестве, достаточном для повреждения изделия
8	защита при длительном погружении в воду	изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленным изготовителем

Электродвигатели, устанавливаемые в помещениях с нормальной средой, как правило, должны иметь исполнение IP20. При установке электродвигателей на открытом воздухе они должны иметь исполнение не ниже IP44. В случае эксплуатации электродвигателей в помещениях, где могут иметь место химически активные пары или газы, возможно оседание на обмотках пыли и других веществ, нарушающих естественное охлаждение, исполнение должно быть не менее IP44 или необходимо продуваемое исполнение с подводом чистого воздуха. Корпус продуваемого электродвигателя, воздухопроводы, все сопряжения и стыки должны быть тщательно уплотнены для предотвращения присоса воздуха в систему вентиляции. При продуваемом исполнении электродвигателя рекомендуется предусматривать задвижки для предотвращения всасывания окружающего воздуха при остановке электропривода.

Электродвигатели, устанавливаемые в сырых или особо сырых местах, должны иметь исполнение не менее IP43 и изоляцию, рассчитанную на действие сырости и пыли (со специальной обмазкой, влагостойкую и т.д.).

Соответствие защиты по системе ПУЭ и IP

Открытое – IP 00;

Защищенное – IP 10, 20, 30, 40, 11, 12, 33, 44;

Водозащищенное – IP 55, 56, 65, 66;

Брызгозащищенное – IP 34, 44, 54;

Каплезащищенное – IP01, 11, 21, 31, 41, 51, 12, 22, 32, 42, 13, 23, 33, 43;

Пылезащищенное – IP 50, 51, 54, 55, 56, 65, 66, 67, 68;

Закрытое – IP 44, 54;

Термическое – IP 60, 65, 66, 67, 68;

Взрывозащищенное – IP 55, 56, 57, 58;

Герметическое – IP 65, 66, 67, 68.

Особое внимание необходимо обращать на выбор исполнения двигателей для установок, размещаемых в пожароопасных и взрывоопасных зонах.

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях. Классификация пожароопасных зон приведена в таблице 6.5. В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классами напряжения до 10 кВ при условии, что их оболочки имеют степень защиты не менее IP44. Лишь в зонах класса П-П в случае использования искрящих машин или с искрящими по условиям работы частями степень защиты оболочки должна быть IP 54. В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины, продуваемые чистым воздухом по замкнутому и разомкнутому циклам. В последнем случае выброс отработанного воздуха в пожароопасную зону не допускается.

Таблица 6.5 – Классификация пожароопасных зон

Класс зоны	Условия, определяющие класс зоны	Применяемое электрооборудование
П-I	зоны в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C	брызгозащищенное, закрытое, закрытое обдуваемое и продуваемое
П-II	зоны в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м ³ к объему воздуха	закрытое, закрытое обдуваемое и продуваемое
П-IIa	зоны в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества	защищенное или брызгозащищенное
П-III	зоны вне помещений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества	закрытое или закрытое обдуваемое

Взрывоопасной – является помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси. Под последними понимаются смеси с парами горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), горючих частиц пыли или волокон с нижним концентрационным пределом воспламенения не более 65 г/м³ при переходе их во взвешенное состояние, которые при определенной концентрации способны взрываться при возникновении источника инициирования взрыва. Классификация взрывоопасных зон приведена в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Классификация взрывоопасных зон

Класс зоны	Условия, определяющие класс зоны	Применяемое электрооборудование
В-I	зоны в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы	взрывоопасное
В-Ia	зоны в помещениях, в которых опасные состояния характерные для зон класса В-I, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей	повышенной надежности против взрыва
В-Iб	зоны в помещениях, в которых опасные состояния характерные для зон класса В-I, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей имеющих следующие особенности: 1) горючие газы обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (1% и более) и резким запахом; 2) помещения производств, связанных с газообразным водородом, в которых исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающим 5% свободного объема помещения; 3) зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в зоне, превышающей 5% свободного объема помещения, причем работа проводится без применения открытого пламени	без средств взрывозащиты, оболочка со степенью защиты не менее IP44
В-Iг	пространства у наружных установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ	повышенной надежности против взрыва
В-II	зоны в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие частицы пыли или волокон в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы	взрывобезопасное
В-IIa	зоны в помещениях, в которых опасные состояния характерные для зон класса В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей	без средств взрывозащиты, оболочка со степенью защиты IP54

Для эксплуатации во взрывоопасных зонах следует применять специальное взрывозащищенное оборудование, выпускаемое промышленностью. Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования:

электрооборудование повышенной надежности против взрыва – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы, знак уровня – 2;

взрывобезопасное электрооборудование – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждения средств взрывозащиты, знак уровня – 1;

особовзрывобезопасное электрооборудование – в котором по отношению к взрывоопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, знак уровня – 0.

Взрывоопасное оборудование может иметь следующие виды взрывозащиты:

d – взрывопроницаемая оболочка;

p – заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом;

i – искробезопасная электрическая цепь;

q – кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями;

o – масляное заполнение оболочки с токоведущими частями;

s – специальный вид взрывозащиты;

e – защита вида «е».

6.2 Проектирование освещения и облучения

При научной организации труда в сельском хозяйстве, как и в промышленности, качество освещения занимает одно из важных мест. Исследованиями установлено, что при современном интенсивном производстве правильно спроектированное освещение позволяет повысить производительность труда на 10...12 %. Оно включает в себя не только соблюдение норм освещенности, но и соблюдение качественных характеристик освещения с учетом технологического процесса. Поэтому до начала проектирования следует тщательно разобраться с технологическим процессом, схемой размещения оборудования, механизмов и животных. Нужно ясно представлять, где находятся работающие люди и характер зрительных работ. Это даст возможность правильно выбрать норму освещенности и расположение светильников. Одна из особенностей освещения в сельскохозяйственном производстве заключается в том, что рабочее освещение в помещениях для содержания животных одновременно и технологическое, т.е. обеспечивающее световой климат для животных: последнее является решающим при расчетах освещения в таких помещениях.

Различают два метода: точечный и метод коэффициента использования светового потока осветительной установки.

Точечный метод базируется на основном законе светотехники и в зависимости от светового прибора (точечный, линейный, прожектор) или характеристики объекта (закрытое помещение, улица, площадь) расчетные формулы и их использование различны.

Порядок расчета точечным методом

- 1 Расчет размещения светильников.
- 2 На плане выбираются две контрольные точки.
- 3 Определяется суммарная расчетная освещенность и выбирается наименьшая.
- 4 Определяют значение коэффициента запаса K_z и η .
- 5 Расчет светового потока лампы.
- 6 Определение мощности лампы P , мощности установки P и удельной мощности $P_{уд}$.

В основу метода коэффициента использования светового потока заложен расчет средней освещенности.

Порядок выполнения расчета

Выбирают:

- 1 Нормированную освещенность.
- 2 Вид, систему освещения.
- 3 Тип источника света и светильника.
- 4 Число светильников в помещении и наивыгоднейшее расстояние между ними. Коэффициент запаса.
- 5 Индекс помещения.
- 6 Коэффициент использования светового потока.
7. Определяем световой поток лампы.

Таким образом, оба традиционных метода дают погрешность расчета, примерно $\pm 20\%$. Учитывая, что при выборе потока лампы допускается расхождение с номинальным потоком – $10\ldots+20\%$, а номинальный поток лампы может отличаться от действительного на $\pm 20\%$.

Метод удельной мощности

Этот метод является упрощением метода коэффициента использования. Метод рекомендуется для расчета освещения второстепенных помещений, а также для расчета осветительной нагрузки, когда расчет освещения не входит в задание проекта.

Расчетная формула метода

$$P_{л} = \frac{\rho \cdot S}{N},$$

где $P_{л}$ – мощность лампы, Вт;

N – число светильников;

ρ – удельная мощность освещения; выбирается по таблицам справочной литературы в зависимости от типа светильника, размеров помещения, коэффициентов отражения стен и потолка, высоты подвеса светильников.

Эти таблицы составлены для напряжения питания 220 В , $\kappa_3 = 1,3$ (лампы накаливания), $\kappa_3 = 1,5$ (люминесцентные лампы). При переходе к другим условиям эксплуатации значения удельной мощности должны быть изменены:

- 1 При напряжении питания 127 В значение ρ следует умножить на $0,86$.
- 2 Удельная мощность изменяется прямо пропорционально коэффициенту запаса.

6.3 Проектирование вентиляции и обогрева помещений

Для создания микроклимата на животноводческих и птицеводческих фермах важную роль играют электронагревательные и вентиляционные установки. В качестве нагревательных устройств прямого конвективного подогрева воздуха в помещениях используют электрокалориферы. Наибольшее распространение получили электрокалориферные установки СФОА16-100/0,5, СФОА5/0,5ТЦ-М2/1 и СФОА10/0,5ТЦ-М2/2 мощностью от 5 до 94 кВт.

Мощность электрокалорифера (кВт) определяют из выражения:

$$P_{\kappa} = \kappa_3 P_T / \eta_{\kappa},$$

где κ_3 – коэффициент запаса, учитывающий старение нагревательных элементов калорифера и возможное понижение напряжения в сети ($\kappa_3 = 1,1 \dots 1,2$);

P_m – теплоотдача калорифера, кВт;

η_{κ} – КПД калорифера (при установке непосредственно в обогреваемом помещении $\eta_{\kappa} = 1$, при установке в другом помещении $\eta_{\kappa} = 0,9$).

Теплоотдачу калорифера определяют на основании теплового баланса помещения:

$$P_T = P_O + P_B - P_{\text{ж}}.$$

Здесь потери теплоты через наружные ограждения здания (кВт) составляют:

$$P_O = \sum K_T F \Delta T \cdot 10^{-3},$$

где K_T – коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м² °С);

F – площадь ограждения, м²;

ΔT – разность температур внутреннего и наружного воздуха, °С.

Теплота, уносимая с вентилируемым воздухом (кВт):

$$P_B = c \gamma Q_n \Delta T_{\kappa_6} \cdot 10^{-3},$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная 0,278 Вт·ч/(кг·°С);

γ – плотность наружного воздуха, кг/м³;

Q_n – объем помещения, м³;

$\kappa_в$ – часовая кратность воздухообмена ($\kappa_в = 4...15$).

Теплоту, выделяемую животными (кВт), определяют по выражению:

$$P_{ж} = \sum_{i=1}^m P_i n_i \cdot 10^{-3},$$

где $i=1,2,...,m$;

P_i – теплота, выделяемая одним животным (птицей) вида i , Вт;

n_i – число животных (птицы) вида i в помещении.

После нахождения теплоотдачи калорифера определяют его мощность P_k (кВт) и рассчитывают нагревательные элементы. Мощность одного нагревательного элемента (кВт):

$$P_э = P_k / (3n),$$

где n – число одинаковых параллельных секций.

Ток одного нагревательного элемента (А):

$$I_э = P_э / U_ф,$$

где $U_ф$ – фазное напряжение сети, кВ.

В вентиляционно-отопительных системах микроклимата применяют установки типа СФОЦ, состоящие из электрокалориферов СФО и центробежных вентиляторов серии Ц4-70. При выборе вентиляторов учитывают их аэродинамические характеристики, показывающие графическую зависимость полного давления, подачи, частоты вращения и скорости рабочего колеса вентилятора. Для удобства выбора используют номограммы, на которые нанесены указанные сводные характеристики вентиляторов какой-либо одной серии. Для выбора вентилятора необходимо знать его подачу $Q_в$ (м³/ч), которую определяют с учетом расчетного воздухообмена Q , и расчетное полное давление $P_в$ (Па), которое должен развивать вентилятор:

$$N_э = \frac{Q_в P_в}{3,6 \cdot 10^6 \eta_э \eta_{пер}},$$

где $\eta_э$ – КПД вентилятора (в зависимости от его характеристики);

$\eta_{пер}$ – КПД передачи (при непосредственной насадке рабочего колеса вентилятора на вал электродвигателя $\eta_{пер} = 1$, при соединении через муфту $\eta_{пер} = 0,98$ и для клиноременных передач $\eta_{пер} = 0,95$).

Установленная мощность электродвигателя:

$$N_{уст} = \kappa_з \cdot N_э,$$

где $\kappa_з$ – коэффициент запаса, принимаемый в зависимости от мощности электродвигателя от значения 1,1 (для двигателей более 5 кВт) до 1,5 (для двигателей менее 0,5 кВт).

6.4 Проектирование водоснабжения

Сельское хозяйство – крупный потребитель воды. Воду используют для производственных нужд сельскохозяйственных предприятий, поения животных и птицы, хозяйственно-питьевых нужд жилых и общественных зданий, поливки зеленых насаждений, орошения сельскохозяйственных культур, тушения пожаров и других целей. Нормы потребления воды для различных категорий потребителей приведены в справочной литературе.

В сельском хозяйстве для водоснабжения принимают водонасосные установки трех типов:

- башенные водокачки с водонапорным баком;
- безбашенные водокачки с водонапорным котлом;
- водонасосные установки с непосредственной подачей воды в водонапорную сеть.

При проектировании водоснабжения необходимо в первую очередь, исходя из местных условий, решать вопрос о схеме водоснабжения. При максимальном часовом расходе воды, не превышающем $10 \text{ м}^3/\text{ч}$, рекомендуется проектировать безбашенную водокачку с воздушно-водяным котлом, но при этом необходимо обеспечить надежную бесперебойную систему электроснабжения. При расходе воды $10 \dots 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ используют башенную водонапорную установку. Если расход воды составляет $30 \dots 65 \text{ м}^3/\text{ч}$, то рекомендуют проектировать двухагрегатные насосные станции с водонапорным котлом. При расходе воды более $65 \text{ м}^3/\text{ч}$ экономически целесообразно использовать насосные установки с непосредственной подачей воды в распределительную сеть.

Во всех типах водонасосных установок используются автоматически управляемые электродвигатели для приводов центробежных или осевых насосов. Рекомендуется следующий порядок выбора и расчета автоматизированного электропривода насосных установок [14].

Исходя из среднесуточных норм потребления воды каждым сельскохозяйственным потребителем, рассчитывается:

- среднесуточное потребление воды по хозяйству $Q_{сут}$;
- максимальный часовой расход воды Q_{max} с учетом коэффициентов суточной и часовой неравномерности потребления воды;
- расход воды за секунду с учетом дополнительного расхода воды на тушение пожара.

Для выбора насоса необходимо знать, кроме максимальной часовой расхода воды, полное расчетное давление (напор) $H_{нас}$, создаваемое насосом, чтобы он мог подавать воду в заданную точку. Полный расчетный напор насоса определяется высотой всасывания, высотой нагнетания воды и потерями напора в системе.

По максимальному часовому расходу воды Q_{\max} и полному расчетному давлению $H_{\text{нас}}$ по справочникам, подбирают соответствующий насос с соблюдением условий:

$$Q_{\text{нас}} \geq Q_{\max}, \quad H_{\text{нас}} \geq H$$

и рассчитывают мощность насоса $P_{\text{нас}}$.

По расчетной мощности насоса $P_{\text{нас}}$ определяется расчетная мощность электродвигателя $P_{\text{дв}}$ к выбранному насосу и по каталогу подбирается соответствующий электродвигатель с соблюдением условия $P_n \geq P_{\text{дв}}$, где P_n – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

После расчета и выбора типа и количества насосов и электродвигателей к ним необходимо выбрать контактную или бесконтактную схему автоматизации насосной установки [14], привести ее технологическую и принципиальную электрическую (или функциональную) схему управления, дать подробное описание принципа ее работы.

6.5 Проектирование горячего водоснабжения

Исходными данными при проектировании являются:

- нормы потребления воды;
- начальная и конечная температура нагрева;
- время нагрева.

Горячая вода, например, на молочных фермах используется для поения животных, приготовления корма, мойки оборудования, пастеризации и охлаждения молока и использования обслуживающим персоналом.

Таблица 6.7 – Нормы потребления воды

№ п/п	Процесс	Нормы потребления, л/сутки на голову G_p	Температура, t_k °С
1	Поение животных	65	12
2	Мойка оборудования	15	65
3	Приготовление кормов	10	68
4	Подмывание вымени	2	40
5	Для обслуживающего персонала	10	40
6	Пастеризация молока	15	95

Вычисляется расход электрической энергии на горячее водоснабжение по формуле:

$$\mathcal{E} = c \sum [P_p N (t_k - t_n)],$$

где c – теплоемкость воды, принимается $4,2 \text{ кДж/кг}\cdot\text{°С}$;

t_n – начальная температура, для воды из водопроводной сети принимается 6 °С ;

N – количество голов.

Рассчитывается мощность электроводонагревательной установки, кВт:

$$P_{расч} = \frac{\mathcal{E}}{\tau},$$

где τ – время работы установки, с.

Если считать время работы нагрева небольшим, то получится большая мощность и наоборот; обычно время нагрева принимают равным 2-3 часа [28, 29].

Далее по каталогу на электрооборудование выбирается конкретная электроводонагревательная установка с номинальной мощностью больше расчетной.

После этого в соответствующей литературе необходимо выбрать электрическую схему автоматического управления, дать описание ее работы в ручном и автоматическом режиме [28, 29]. В соответствии с номинальной мощностью электроводонагревателя выбирается также пусковая и защитная аппаратура, датчики контроля и регулирования, сигнальные устройства и электропроводка для подключения к сети 220 В.

6.6 Проектирование электротехнологической установки

По способу преобразования электрической энергии в другие виды энергии в самом обрабатываемом материале электротехнологические установки разделяются на следующие типы:

1 Электронагревательные установки, где электрическая энергия преобразуется в тепловую. Это могут быть электрокалориферные и приточно-вытяжные установки для общего отопления животноводческих помещений; устройства местного электрообогрева в виде электробрудеров, электрообогреваемых полов, ковриков, панелей для локального обогрева молодняка животных и птицы; инфракрасные и ультрафиолетовые облучательные установки; электронагревательные установки для тепловой обработки, сушки и хранения сельскохозяйственной продукции; электротермическое оборудование парников и теплиц; электротермическое оборудование ремонтно-механических мастерских; электротермические бытовые приборы и т.д. Расчет и выбор таких установок можно найти в литературе [28, 29, 31, 32, 33].

2 Электротехнологические установки, где электрическая энергия преобразуется в механическую, в самом обрабатываемом материале. Это – электросепараторы для разделения сыпучих смесей в электрических полях высокого напряжения; электрогидравлический эффект для разрушения, дробления, пластической деформации; электроокрашивание деталей в электрическом поле; электрофильтры для очистки воздуха от взвешенных

частиц; аэрозольная обработка растений и животных; расчет и выбор таких установок также можно найти в литературе [32, 33].

3 Электротехнологические установки, где электрическая энергия преобразуется в химическую и биологическую. Это электролиз на примере получения дезинфицирующего раствора, электрокоагуляция, электродиализ, опреснение воды, рассоление почвогрунтов; предпосевная обработка семян для повышения урожайности; воздействие электрического тока на растения с целью стимуляции или угнетения сорняков; электроизгороди и т.д. Расчет и выбор таких специальных установок можно найти в дополнительной литературе [28, 29].

6.7 Проектирование электрических схем автоматизации и управления технологическими процессами

При разработке схем автоматизации технологических процессов обычно выполняются принципиальные электрические схемы самостоятельных элементов, установок или их участков автоматизированной системы, например: схема автоматического и дистанционного управления насосом, схема сигнализации уровня воды в резервуаре и т.д. Используя эти схемы в случае необходимости, составляют общую принципиальную схему установки (принципиальная схема управления насосной установкой).

При всем многообразии принципиальных электрических схем, независимо от степени сложности, каждая из них представляет собой сочетание определенным образом составленных достаточно простых типов функциональных узлов и элементарных электрических цепей.

ГОСТ 2.701-84 устанавливает классификацию обозначения схем и общие требования к их выполнению.

В проектной практике разработку принципиальной электрической схемы рекомендуется вести в следующем порядке:

1. Задаются технические требования к установке.
2. На основании требований формируется перечень функций, решаемых ею.
3. Составляется структурная схема. Ставятся условия и последовательность действия схемы.
4. Каждое из заданных условий изображается в виде тех или иных элементарных узлов или цепей.
5. Элементарные цепи и узлы объединяются в общую схему.
6. Производится выбор аппаратуры и электрический расчет элементов.

7. Проверяется схема с позиций возникновения сложных цепей и ее неправильной работы.

8. Рассматриваются возможные варианты, и принимается окончательное решение.

Разработка принципиальных схем содержит определенные элементы творчества. Схема должна быть максимально упрощена и минимизирована.

К схемам предъявляются следующие требования: надежность, простота и экономичность, четкость действия схемы в аварийных ситуациях (безопасность обслуживания, предотвращение дальнейшего развития аварии), удобство оперативной работы, удобство эксплуатации, четкость оформления.

Правила выполнения схем

Принципиальные электрические схемы выполняют в соответствии с требованиями государственных стандартов по правилам выполнения схем, условным графическим обозначениям, маркировке цепей и буквенно-цифровым обозначениям элементов схем [14, 16].

1. Элементы на схеме изображаются в виде условных графических обозначений. В соответствии с требованиями ЕСКД, обозначения образуются из простых геометрических фигур: квадратов, прямоугольников, окружностей, треугольников, а также из сплошных и штриховых линий и точек. При изображении на одной схеме разных функциональных цепей допускается различать их толщиной линии, например, цепи питания показывать более толстыми линиями. Линии выполняются толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от форматов схемы и размеров УГО.

Графическое пересечение линий связи изображается под прямым углом, а место соединения линий электрической связи с помощью точки.

2. Графическое обозначение элементов и соединяющих линий должны обеспечивать наилучшее представление о взаимодействии составных частей. Линии связи должны быть из горизонтальных и вертикальных отрезков, иметь наименьшее количество изломов и пересечений. Расстояние между соседними параллельными линиями должно быть не менее 3 мм. Линии связи, как правило, показываются полностью. Допускается обрывать линии для лучшего чтения схем, обрыв заканчивается стрелкой и соответствующей надписью.

На принципиальных электрических схемах могут при необходимости показываться элементы пневматических, гидравлических или кинематических схем, а также элементы, не входящие в данную установку, но необходимые для разъяснения принципа ее работы. Графическое обозначение таких элементов и устройств отделяют штрихпунктирными линия-

ми и помещают надпись, указывающую местонахождение элемента и данные о нем.

3. Контакты аппаратов, работающих в других схемах, на данной схеме обводят тонкой сплошной линией, около которой приводят обозначения аппарата и ссылку на номер чертежа схемы, в которую аппарат включен.

4. Схемы, как правило, выполняются для устройств, находящихся в отключенном состоянии.

5. Элементы и устройства на принципиальных электрических схемах могут выполняться совмещенным и разнесенным способами. При совмещенном способе составные части элемента, например, катушки, контакты и др. изображаются на схеме в непосредственной близости друг к другу (как бы в собранном виде). При разнесенном способе составные части элементов и устройств изображаются на схеме в разных местах для наглядности. В этом случае схема состоит из ряда частей, расположенных слева направо и сверху вниз, в порядке последовательности действия отдельных элементов (строчный способ).

Принципиальные электрические схемы питания, управления, измерения и сигнализации выполняют, как правило, в многолинейном изображении. Для установок электроснабжения иногда используют однолинейное изображение.

6. Механическая связь на принципиальных электрических схемах изображается штриховой линией или двумя параллельными линиями.

7. Электрические машины, трансформаторы и другие элементы на схемах могут изображаться упрощенным способом, либо развернутым, все зависит от того, с какой целью выполняется принципиальная схема.

8. Если в изделии имеется несколько одинаковых элементов, соединенных последовательно, то допускается изображать первый и последний элементы, а связь между ними показывать штриховыми линиями:

При параллельном соединении элементов функциональная группа может изображаться одной ветвью.

9. Все элементы принципиальной электрической схемы должны иметь позиционные обозначения, проставленные рядом справа или вверху. Позиционные обозначения в общем случае состоят из трех частей, записываемых подряд без разделительных знаков и пробелов. Оно образуется с применением букв латинского алфавита и цифр. Буквы и цифры должны выполняться одним шрифтом.

Первая часть позиционного обозначения выполняется с помощью одно- или двухбуквенного кодов (например, КМ – магнитный пускатель). Причем если в схеме содержится только один из группы элементов, име-

ющих общий буквенный код, то для первой части его позиционного обозначения используется однобуквенный код, в противном случае - двухбуквенный (например, если в схеме есть только пускатели и нет реле, то пускатели обозначаются К1, К2, и т.д., но если есть пускатели и реле, то пускатель будет обозначаться КМ, а реле в зависимости от напряжения также двухбуквенным кодом).

Во второй части позиционного обозначения приводится порядковый номер элемента в пределах данного вида. Третья часть позиционного обозначения (она может отсутствовать) соответствует функциональному назначению элемента (например, КН4 - реле, которое имеет порядковый номер 4 и используется для сигнализации).

Если необходимо обозначить контакт какого-либо элемента, после позиционного обозначения следует поставить знак «:» и цифру, указывающую номер, КН4:3 указывает, что это третий контакт сигнального реле 4.

Рядом с условно графическим обозначением на принципиальной схеме допускается указывать технические данные элемента (номинальные значения параметров и т.д.), а на свободном поле схемы временные диаграммы, таблицы коммутации и др.

10. Цепи принципиальной электрической схемы маркируют арабскими цифрами, перед которыми проставляются буквы АВС (для маркировки фаз) и N (для маркировки нуля).

Входные и выходные участки цепей постоянного тока маркируют с указанием полярности «+», «-».

11. На схемах допускается помещать поясняющие надписи и указывать в характерных точках величины токов, напряжений, а также указывать характеристики входных и выходных цепей (частота, напряжение, сила тока).

12. Для пояснения работы принципиальной схемы составляется специальная таблица, помещаемая справа от изображения. В таблице записывается назначение цепи и входящих в нее элементов.

13. Все элементы, входящие в изделие, на принципиальной электрической схеме должны быть однозначно определены. Данные об элементах записывают в перечне, выполняемом в виде таблицы, установленной формы.

14. Принципиальная электрическая схема должна иметь название.

Рекомендации к разработке схем управления электродвигателями и другим технологическим оборудованием

При проектировании схем управления технологического оборудования сельскохозяйственных объектов широкое распространение получили контакторно-релейные схемы. К их недостаткам относится зависимость срока службы устройств от количества включений, ограниченное применение устройств в условиях вредного действия окружающей среды (вибрации, сырости, пыли). В таких условиях лучше использовать схемы управления на бесконтактных элементах.

Режим управления оборудованием оговаривается в задании на проектирование. Может быть местное, дистанционное и телемеханическое управление.

В зависимости от степени участия оператора в процессе управления оборудованием, оно может работать в режиме ручного управления, в полуавтоматическом и автоматическом режимах.

При разработке схем управления электрооборудованием учитываются следующие требования:

- наряду с автоматическим управлением, электроприемник обязательно должен иметь ручное управление;
- выбор режима работы осуществляется переключателем, совмещенные функции выбора режима и управления в одном аппарате не рекомендуется;
- не должно быть одновременное управление электроприемником с разных мест.

Одним из существенных вопросов проектирования схем управления технологическим оборудованием является выбор схемы питания и аппаратов защиты. При этом руководствуются следующими соображениями: цепи управления допускается питать от главных (силовых) цепей или от стороннего источника при схемах управления.

К аварийным или ненормальным режимам работы электроустановок относятся короткие замыкания и тепловые перегрузки электрооборудования и электропроводов из-за длительного прохождения по ним повышенного тока. Наиболее опасны короткие замыкания, т.к. ток повышается в десятки и сотни раз, тепловые и динамические воздействия могут привести к разрушению всей установки.

Аппаратура управления и защиты, устанавливаемая в схеме электропитания приборов и средств автоматизации, должна обеспечивать включение и отключение электроприемников и участков сетей, предусмотренных технологией работ, а также для ревизий и перезагрузок, если они есть.

Для выполнения указанных требований используют следующую аппаратуру:

- в питающих линиях: автоматический выключатель, рубильник, предохранитель;
- в цепях электродвигателей: автоматический выключатель, магнитный пускатель, рубильник, предохранитель, магнитный пускатель;
- в цепях контрольно-измерительных приборов и цепях сигнализации: пакетный выключатель (рубильник, ключ управления, тумблер), предохранители, автоматический выключатель;
- в осветительных сетях: автоматический выключатель, рубильник, предохранитель.

Рубильники, пакетные выключатели и тумблеры служат для включения и отключения отдельных электроприемников в нормальном режиме, а также для отсоединения при производстве ремонтных работ.

Предохранители защищают сети и отдельные электроприемники от коротких замыканий.

Автоматические выключатели используются в качестве защитной аппаратуры от коротких замыканий и перегрузок, а также для нечастых оперативных отключений электрических цепей и электроприемников. Таким образом, автоматический выключатель выполняет функции рубильника, предохранителя и магнитного пускателя (при работе с редкими включениями). Автоматические выключатели удобнее в эксплуатации, чем рубильники с предохранителями. Они более надежны и безопасны в работе, обладают многократностью действия. При их применении исключается возникновение неполнофазных режимов при отключении. Однако автоматические выключатели намного сложнее и дороже, чем рубильник с предохранителями.

Магнитные пускатели выполняют функции аппаратов дистанционного включения и отключения электроприемников. Кроме того, магнитные пускатели могут выполнять функции защиты от перегрузок и понижения напряжения (и как следствие от самозапуска), блокировку с другими аппаратами и электрическое реверсирование.

Питающие и распределительные сети систем электропитания, как правило, относятся к сетям, не требующим защиты от перегрузок, и защищаются только от коротких замыканий. Это не относится к наружным участкам пожаро- и взрывоопасных помещений, системы электропитания которых должны также защищаться от перегрузок.

Отдельные электродвигатели, которые по характеру своей работы могут оказаться технологически перегружены, рекомендуется защищать от перегрузок и коротких замыканий.

Простые неразветвленные цепи управления электроприемниками, как правило, должны получать питание от главных (силовых) цепей. Защита цепей управления электродвигателями, когда силовые цепи и цепи управления выполнены проводом одного сечения, должна осуществляться защитными аппаратами, установленными в главных цепях электродвигателя. Если сечение проводов или кабеля меньше сечения силовых цепей или длина цепей управления достаточно велика, для надежной защиты от коротких замыканий в цепях управления устанавливаются свои предохранители.

При питании от главных (силовых) цепей находит применение фазное и междуфазное напряжение. Преимущественно при этом используется фазное напряжение. Междуфазное напряжение для схем управления используют в сетях с изолированной нейтралью и в сетях с глухозаземленной нейтралью, когда для защиты главных цепей используются предохранители и нет защиты от неполнофазных режимов.

При включении катушки магнитного пускателя на междуфазное напряжение электродвигатель может защищаться автоматически выключателем и предохранителем. При включении катушки на фазное напряжение должны применяться трехполюсные автоматы и использоваться ступенчатая защита.

Преимущества фазного напряжения для питания схем управления перед междуфазным: меньшая опасность, удобство выполнения схем управления и сигнализации, более широкие возможности при выборе аппаратуры. Кроме этого, при наличии сложных схем управления с большим числом клеммных коробок, датчиков наличия вибрации и влаги при междуфазном напряжении существует вероятность замыкания на землю. Недостатки усугубляются при использовании в главных цепях предохранителей.

Аппаратура управления и защиты не устанавливается в заземляющих проводниках. В то же время в сетях взрывоопасных помещений защита от токов короткого замыкания может находиться в фазном и нулевом проводах. Кроме того, в помещениях всех классов аппараты защиты могут размещаться в нулевом проводе (и при его использовании в качестве заземляющего), если эти аппараты одновременно отключают все фазные провода.

7 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ВЫБОР ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ И РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

7.1 Расчет электрических нагрузок

При определении расчетных нагрузок обычно пользуются методом коэффициента одновременности, методом построения графика электрических нагрузок или методом упорядоченных диаграмм (эффективного числа электроприемников) и другими.

Метод коэффициента одновременности, принятый в качестве основного в системе «Сельэнергопроект», изложен в РУМ №8 «Методика определения электрических нагрузок для расчета электрических сетей сельскохозяйственного назначения» [15, 43].

В РУМ №8 даны расчетные нагрузки на вводах в производственные, общественные и коммунальные предприятия и помещения. Эти нагрузки определены опытным путем.

Расчетные нагрузки на вводах в сельские жилые дома и удельное перспективное потребление электроэнергии на внутриквартирные нужды определяют по номограмме, исходя из существующего внутриквартирного электропотребления с учетом динамики его роста до конца расчетного периода. Рекомендуется принимать расчетные нагрузки по так называемой кривой «семи лет». Если к концу расчетного периода населенный пункт будет газифицирован, то расчетную нагрузку и электропотребление снижают на 20 %.

Сечение проводов ввода от опоры до счетчика одно- или двухквартирного дома выбирают исходя из расчетной мощности 2 кВА для домов без электроплит и 5 кВА для домов с электроплитами.

Коэффициент участия нагрузки жилых домов без электроплит в дневном максимуме составляет 0,2-0,3, домов с электроплитами – 0,5, а для вечернего максимума этот коэффициент принимают равным единице.

Нагрузку уличного освещения в сельских населенных пунктах определяют по следующим нормам: для центральных улиц с многоэтажной застройкой и шириной свыше 20 м – 5 В·А на 1 м длины улицы или 200 В·А на 1 дом; для центральных улиц шириной 20 м с одноэтажной застройкой и шириной проезжей части около 10 м соответственно 3,5 и 140 В·А; для прочих улиц в сельских населенных пунктах соответственно 2 и 80 В·А. При этом нормой на 1 м длины улицы пользуются при выполнении проектов электрификации сельскохозяйственных предприятий, а нормой на 1 дом – проектов распределительных электрических сетей 6 – 35 кВ. Нагрузки наружного освещения территории хозяйств в проектах электрификации сельскохозяйственных предприятий и сетей 6 – 35 кВ принимают из расчета 150 В·А на одно помещение.

Различают дневной S_d и вечерний S_v расчетные максимумы нагрузки потребителя или группы потребителей.

Расчетные нагрузки на вводах к потребителям, имеющим до 3 силовых электроприемников и освещение, принимают равными алгебраической сумме мощностей силовых электроприемников и освещения.

Если нагрузку ТП рассчитывают только по одному максимуму, то коэффициенты дневного и вечернего максимума принимают для подстанций с производственной нагрузкой $k_d = 1,0$ и $k_b = 0,6$, с коммунально-бытовой нагрузкой без электроплит $k_d = 0,3$ и $k_b = 1,0$ и с электроплитами $k_d = 0,5$, $k_b = 1,0$ [15].

При определении электрических нагрузок животноводческих комплексов пользуются специальными «Рекомендациями», разработанными в дополнение к РУМ №8. Согласно этим рекомендациям, расчетные нагрузки на вводах в отдельные здания и сооружения комплексов, при наличии сменных или суточных технологических графиков работы силового, нагревательного и осветительного оборудования, находят методом построения графика электрических нагрузок.

Расчетные нагрузки механических мастерских и других производственных сооружений с электрооборудованием, аналогичным по составу и режиму работы, промышленным установкам, можно определять по принятой в промышленности методике.

Суммирование расчетных нагрузок отдельных участков линий 0,38 кВ и определение нагрузок на шинах 0,4 кВ трансформаторных подстанций рекомендуется выполнять по изложенной выше методике РУМ №8 (за исключением нагрузок вентиляции, которые суммируются отдельно с коэффициентом одновременности $k_o = 1$ и нагрузок электроотопления, которые суммируются с коэффициентом $k_o = 0,8$).

Под установленной мощностью понимается:

- для осветительных приборов – мощность, указанная на цоколе или колбе лампы;
- для электронагревательных установок – паспортная активная мощность;
- для электродвигателей с длительным режимом работы – мощность, развиваемая электродвигателем на валу (номинальная паспортная мощность);
- для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы – номинальная мощность, приведенная к относительной продолжительности включения, равной единице.

На основании данных сменного технологического графика работы предприятия строят график электрических нагрузок. По оси ординат откладывают значения потребляемых мощностей, а по оси абсцисс – длительность работы электропотребителей. Полукасовой максимум определяют по участку, где в течение получаса потребляемая мощность наибольшая. Если максимум нагрузки на этом участке менее получаса, то находят эквивалентную мощность.

7.2 Выбор источника питания

Количество и тип трансформаторов и трансформаторных подстанций выбирают на основе технико-экономического сравнения вариантов. При этом учитывают назначение потребителей, конфигурацию сетей, распределение нагрузки и другие факторы. Радиус охвата потребителей одной трансформаторной подстанцией рекомендуется не более 400 м, а сечение проводов воздушных линий: минимальное – 16 мм², максимальное – 120 мм². Располагать трансформаторные подстанции стремятся в центре тяжести электрических нагрузок. Учитывается также удобство подвода питающих и отходящих линий.

При использовании метода коэффициента одновременности мощность подстанции находят суммированием нагрузок отходящих линий, после чего к вечерней расчетной нагрузке прибавляют нагрузку уличного освещения с коэффициентом одновременности $k_o = 1$.

7.3 Расчет наружных электрических сетей

При расчете электрических сетей определяют район климатических условий, принимают место установки трансформаторной подстанции, разрабатывают оптимальную схему сети, выбирают материал и конструкцию опор, одним из изложенных выше методов подсчитывают электрические нагрузки на отдельных участках сети.

Расчет электрических сетей можно вести несколькими методами: по нагреву, по потере напряжения, по экономической плотности тока, по экономическим нагрузкам [15, 46, 47, 48, 49].

Допустимое отклонение напряжения у электроприемников регламентируется пределами от + 7,5 до – 7,5 %.

Для определения допустимой потери напряжения в электрической сети составляют таблицу отклонений напряжений.

Сечение проводов воздушных линий 0,38 кВ можно выбирать по допустимой потере напряжения, которую рекомендуется принимать в размере 7 – 9 % номинального, если это позволяют средства регулирования напряжения.

Общие потери напряжения в линии 0,38 кВ обычно разделяют на две части: потеря напряжения во внутренних проводках (около 2,5 %) и потеря напряжения в наружных воздушных или кабельных линиях.

8 РАСЧЕТ И ВЫБОР ВНУТРЕННИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК. ВЫБОР РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ И ЩИТОВ

При проектировании разветвленных внутренних электропроводок очень важен выбор наилучшей схемы. Внутренние электропроводки должны быть надежными, удобными и доступными для эксплуатации, минимальной протяженности, соответствовать условиям окружающей среды, архитектурным особенностям помещений и в полной мере обеспечивать безопасность людей и сельскохозяйственных животных, пожаро- и взрывоопасность.

Для питания электроприемников в помещениях устанавливают распределительные пункты, располагая их в местах, удобных для обслуживания, ближе к центру электрических нагрузок, которые на отдельных участках определяют изложенными выше методами. Для питания силовых потребителей используют распределительные пункты серии ПР-9000, устройства СУ-9500, силовые шкафы серий СП и СПУ и др.

Распределительные устройства выбирают по напряжению, типу, защищенности от воздействий окружающей среды, количеству и типу автоматов или групп предохранителей.

Внутренние сети могут быть проводными или кабельными. Для сельскохозяйственных помещений рекомендованы следующие способы выполнения проводок:

- а) открыто проводом – непосредственно по стенам, на роликах, на изоляторах, в винипластовых или в стальных трубах, тросовым проводом;
- б) скрыто – под штукатуркой, в пластмассовых или в стальных трубах;
- в) кабелем – непосредственно по стенам, на тросах.

Трубные проводки используют только в тех случаях, когда применение беструбных проводок невозможно. Способ прокладки и тип провода или кабеля выбирают в соответствии с «Рекомендациями по выполнению электропроводок силовых и осветительных сетей и вторичных цепей в животноводческих и других сельскохозяйственных производственных помещениях».

Расчет внутренних распределительных сетей сводится к выбору сечения по длительно допустимому току.

8.1 Аппараты управления и защиты напряжением до 1000 В и их выбор

Аппараты управления предназначены для включения, отключения и переключения электрических цепей и электроприемников, регулирования частоты вращения и реверсирования электродвигателей, регулирования параметров силовых, осветительных, нагревательных и других электроустановок.

Защитные аппараты предназначены для отключения электрических цепей при возникновении в них ненормальных режимов (короткие замыкания, значительные нагрузки, резкие понижения напряжения и др.).

Аппараты управления и защиты выбирают по ряду параметров, основные из которых являются номинальные ток и напряжение. Кроме того, аппараты выбирают по климатическому исполнению (ГОСТ 15543-70), по степени защиты от воздействия окружающей среды (ГОСТ 14254-69) и другим параметрам в зависимости от назначения аппарата (предельный отключаемый ток короткого замыкания, электродинамическая и термическая устойчивость, разрывная мощность и износоустойчивость контактов и др.).

От правильного выбора пусковой и защитной аппаратуры в большей мере зависят надежность и сохранность оборудования в целом, численные, качественные и экономические показатели производственного процесса, электробезопасность людей и животных [14].

8.2 Проверка защитных аппаратов на срабатывание при токах короткого однофазного замыкания и по предельной отключающей способности

В сетях напряжением 0,38 кВ с глухозаземленной нейтралью могут возникать токи однофазного, двухфазного и трехфазного коротких замыканий. Защитные аппараты проверяют по наибольшему и наименьшему значениям токов трехфазного и однофазного коротких замыканий [15].

В сельских сетях напряжением 380/220 В при расчете токов короткого замыкания сопротивлением линии 10 кВ можно пренебречь и учитывать только сопротивление трансформатора и проводов линии 380/220 В. При этом напряжение на шинах высшего напряжения подстанций - 10/0,38 кВ считают неизменным в течение всего периода протекания токов короткого замыкания.

Согласно ПУЭ, в электроустановках напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали, для обеспечения автоматического отключения аварийного участка ток короткого замыкания на корпус или на нулевой

провод должен превышать не менее чем в три раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя или номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратозависимую от тока характеристику.

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель, необходимо, чтобы в петле *фазный провод – нулевой провод* ток короткого замыкания был больше тока отсечки.

Все сети внутри помещений защищают от токов короткого замыкания.

От перегрузки, согласно ПУЭ, защищают сети внутри помещений, выполненные открыто проложенными незащищенными изолированными проводниками с горючей оболочкой, а также сети внутри помещений, выполненные защищенными проводниками, проводниками, проложенными в трубах, в негорючих строительных конструкциях и т.п., в следующих случаях:

- осветительные сети в жилых и общественных зданиях, в торговых и служебно-бытовых помещениях, включая сети для бытовых и переносных электроприемников;

- осветительные сети в пожароопасных помещениях;

- силовые сети промышленных предприятий, в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях – только когда по условиям технологического процесса или режиму работы сети может возникнуть длительная перегрузка проводов и кабелей;

- сети всех видов во взрывоопасных помещениях и взрывоопасных наружных установках не зависимо от условий технологического процесса или режима работы сети.

В условиях с глухим заземлением нейтрали защитные аппараты проверяют на срабатывание при токах однофазного короткого замыкания. При этом проводники выбирают таким образом, чтобы при коротком замыкании возникал ток, превышающий не менее чем в три раза номинальный ток плавкой вставки предохранителя или расцепителя автомата, имеющего обратозависимую от тока характеристику. Для сетей, прокладываемых во взрывоопасных помещениях, это соотношение увеличивают до значения 4, если используются предохранители, и до 6, если применяются автоматы. При защите линии автоматом, имеющим только электромагнитный расцепитель, необходимо обеспечить ток короткого замыкания.

Согласно ПУЭ, длительно допустимые токи проводов следует согласовать с номинальными токами плавких вставок и расцепителей автоматических выключателей.

Минимальное сечение токоведущих жил принимают равным 1 мм^2 для медных и $2,5 \text{ мм}^2$ для алюминиевых жил.

Для производства работ по монтажу проводок в трубах готовят следующую проектную документацию:

- чертежи прокладки труб, на которых указывают отметки глубины заложения труб и углы изгиба;
- трубозаготовительные ведомости;
- чертежи крепления труб и крепежных конструкций;
- спецификации материалов, изделий и электрооборудования;
- схемы соединений с указанием приемников тока, марок и сечения проводов.

Провода одной электрической цепи, включая и нулевой провод, прокладывают в одной трубе.

Для проверки надежности срабатывания защитной аппаратуры определяют ток однофазного короткого замыкания в наиболее удаленной точке сети.

Активные сопротивления проводов внутренних проводок приводят к расчетной (максимально допустимой) для провода температуре.

Поскольку сопротивление стального провода зависит от протекающего по нему тока, то при определении сопротивления стальных проводов нужно брать в качестве расчетного трехкратный ток аппарата.

Сопротивления контактов аппаратов приводятся в справочниках. При отсутствии данных сопротивление контактов принимают следующим: для подстанции – 0,015 Ом; для первых цеховых распределительных устройств – 0,025 Ом; для аппаратов у приемников электроэнергии 0,03 Ом.

Напряжение в точке трехфазного короткого замыкания принимается равным нулю.

Ударный ток трехфазного короткого замыкания принимают равным его амплитудному значению I_a (в сети 0,38/0,22 кВ ударный коэффициент $k_{уд} = 1$) [15].

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Образец задания

ФГБОУ ВПО
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Электроэнергетический факультет

Кафедра «Применение электроэнергии в сельском хозяйстве»

ЗАДАНИЕ

на курсовой проект по дисциплине

"ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ"

Тема проекта _____

Студент

(Ф.И.О.) (подпись)

Преподаватель Антонов С.Н.
(Ф.И.О.) (подпись)

Дата выдачи " ____ " _____ 20__ г.

Ставрополь 20__ г.

I Содержание пояснительной записки (30...35 с.)

Введение (1с.)

- 1 Краткая характеристика комплекса данного хозяйства (2 с.)
 - 2 Обоснование выбора типового проекта (1 с.)
 - 3 Проектирование электрооборудования: (18...20 с.)
 - 4.1 Проектирование электропривода сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий
 - 4.2 Проектирование освещения и облучения
 - 4.3 Проектирование вентиляции и обогрева помещений
 - 4.4 Проектирование водоснабжения
 - 4.5 Проектирование горячего водоснабжения
 - 4.6 Проектирование электротехнологии
 - 4.7 Проектирование схем автоматизации и управления основными технологическими процессами
 - 5 Расчет электрических нагрузок, выбор источников питания и электрических сетей (2...3 с.)
 - 6 Расчет внутренней силовой сети (8...10 с.)
 - 6.1 Выбор аппаратуры управления и защиты электроустановок на 1 и 2 ступенях схемы электроснабжения 380/220 В
 - 6.2 Выбор сечений и марок проводов и кабелей по нагреву и допустимому падению напряжению
 - 6.3 Расчет токов короткого замыкания
 - 1 ступень – на вводе в здание (короткое трехфазное замыкание);
 - 2 ступень – на зажимах двух наиболее удаленных потребителей электроэнергии (короткое однофазное замыкание)
 - 7 Разработка мероприятий по охране труда и технике безопасности (1 с.)
 - 8 Выполнение кратких технико-экономических расчетов (2 с.)
 - 9 Приложения (таблицы, другие материалы)
- Спецификация
Список литературы
Содержание

II. Графическая часть: на двух листах формата А1.

- 1 лист: план помещения с нанесением силового оборудования и расчетная схема;
- 2 лист: принципиальная и монтажная схемы автоматизации и управления основным технологическим процессом (указывается руководителем курсового проекта), графики, диаграммы, таблицы.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Оформление титульного листа

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Институт механики и энергетики

Кафедра электрооборудования и энергообеспечения АПК

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине: «Проектирование и конструирование электроустановок
систем электроснабжения»

тема:

Выполнил

студент 4 курса группы ЭиЭ-О-21/2

_____ Шаповалов Д.И.

Принял

доцент кафедры ЭиЭОАПК, к.т.н.

_____ Антонов С.Н.

Зарегистрирована

« ___ » _____ 20__ г

Критерий	Максимальное количество в баллах	Набранных баллов
Оформление	10	
Содержание	60	
Защита	30	
Итого	100	

Оценка « _____ » Дата _____ Подпись _____

Ставрополь, 2024

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Пример оформления курсового проекта

Введение

Развитие производства сельскохозяйственной продукции невозможно без его технического перевооружения. Современные теплицы и комплексы насыщаются новой сложной, высокопроизводительной техникой. Во многих хозяйствах осуществлена комплексная механизация и электрификация производства.

Концентрация и специализация сельскохозяйственного производства, перевоз на промышленную основу, способствующую оснащению его значительным количеством современной разнообразной техники, в том числе электрооборудованием и электроустановками.

Для современного сельскохозяйственного производства характерно большое число автоматизированных установок водоснабжения комплексов промышленного типа по тепличной деятельности, откорму свиней, крупных птицефабрик, и других предприятий с комплексной механизацией и электрификацией процессов производства. Парк электрооборудования непрерывно увеличивается. Кроме роста числа используемых электроустановок, в электрификации сельского хозяйства происходит качественные улучшения электрической базы. В каждом технологическом процессе используется до 1000 электродвигателей, большое число электронагревательных и облучательных установок, сплошных систем автоматики и пускозащитной аппаратуры.

При высокой электровооруженности сельскохозяйственного производства особую значимость приобретают вопросы рациональной эксплуатации и ремонта электрооборудования. Эксплуатация электрооборудования в сельском хозяйстве имеет свои особенности, связанные с условиями среды и режимами работы электрооборудования, сезонностью его использования, качеством питающего напряжения, разрозненностью электрооборудования и удаленностью на значительные расстояния одного от другого. Только обеспечение эксплуатационной надежности электрооборудования позволит сократить непрерывность технических процессов сельскохозяйственного производства.

Улучшение эксплуатации электрооборудования – одна из главных задач на современном этапе электрификации сельского хозяйства.

Опыт электрификации сельского хозяйства показывает, что без хорошей работы электротехнической эксплуатационной службы такого увеличения числа электроустановок не дает роста эффективности производства и не позволяет полностью использовать потенциальные возможности электрооборудования. Эксплуатационная надежность электрооборудова-

ния пока еще не удовлетворяет в достаточной мере требованиям сельскохозяйственного производства.

Повышение эксплуатационной надежности электрооборудования в сельском хозяйстве может быть обеспечено правильным выбором электрооборудования с учетом всех специфических условий производства, применением соответствующих электротехнических материалов при эксплуатации, ремонте и модернизации электрооборудования, соблюдении системы планово - предупредительного ремонта и обслуживания электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве.

1 Краткая характеристика хозяйственной деятельности теплицы

Теплица- это хозяйство площадью 14527 га растениеводческого направления и размещено в Ставропольском крае. Использование земли как главного средства производства обусловлено многими обстоятельствами. Среди них решающая роль принадлежит социально-экономическим условиям ведения хозяйства.

Для анализа хозяйственной деятельности представляют интерес следующие основные производственные показатели хозяйства (таблица 1).

Таблица 1 – Основные производственные показатели хозяйства

№ п/п	Наименование показателей	Результаты
1	Число среднегодовых работников, чел.	50
2	Площадь ,м ²	550
3	Основные фонды сельскохозяйственного назначения, тыс. руб.	10 000
4	Валовая продукция, тыс. руб., всего	5 600
	в том числе: растениеводство	2 600

Растениеводство является одной из основных направлений сельскохозяйственного производства и включает возделывание культур в полеводстве, овощеводстве.

В хозяйстве возделываются различные виды растений, имеющих определенное хозяйственное значение. Из производственных культур значительные площади занимают картофель, овощные, сахарная свекла и масличные культуры.

Проводятся мероприятия по повышению плодородия почв и увеличению площади земель. Структурные сдвиги в развитии растениеводства свидетельствуют о его интенсификации, увеличении удельного веса наиболее ценных и продуктивных культур.

Дальнейшее успешное развитие данного хозяйства по всем отраслям производственной деятельности тесно связано с внедрением и использованием новейших достижений научно – технического прогресса.

2 ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

2.1 Выбор технологических схем и рабочих машин

При выполнении данного курсового проекта за основу принят ТП 800-01-14.84 [3], в состав которого входит проектируемый объект – теплица.

В теплице ежедневно выполняется большой объем погрузочно-разгрузочных и транспортных работ. Транспортные работы трудоемки и составляют 30-40 % всего объема работ при комплексе. Поэтому электро-механизация транспортных устройств в значительной степени влияет на снижение себестоимости продукции, улучшений условий и производительности труда.

В качестве электрифицированного транспорта в теплицах широко распространены погрузочные устройства и транспортеры разного типа [4].

В типовом проекте также предусматривается поворот погрузчика при движении его от овощного цеха на посевную площадь и обратно на автоматизированном поворотном круге СМК – 166 (мощность электродвигателя 0,55 кВт). Мощность электродвигателя транспортера - 7,1 кВт.

Поливные устройства устанавливаются над решеткой поворотного канала, температура воды для полива $10 \pm 16^{\circ}\text{C}$. Для мытья оборудования и помещения предусмотрены поливочные краны.

Полив должен производиться не менее двух раз в сутки. Насос размещают в специальных помещениях и включают в работу.

2.2 Выбор электроприводов рабочих машин

Электродвигатели к рабочим машинам и механизмам выбираются по следующим параметрам: по напряжению, роду тока, частоте вращения, условиям окружающей среды, характеру и значению нагрузки [1, 2, 4...6, 17].

По характеру нагрузки электродвигатели выбираются в зависимости от режима работы приводного механизма (продолжительный, кратковременный, повторно-кратковременный) и потребляемой им мощности.

В продолжительном режиме работают двигатели вентиляторов. Для кратковременного режима работы (работа двигателей транспортера) выпускаются специальные электродвигатели.

Для машин малой и средней мощности применяются электродвигатели продолжительного режима работы.

1 Расчет мощности электродвигателя для полива

Мощность электродвигателя

$$P_{\text{дв}} = \frac{k_3 \times Q_T \times (kL + H)}{\eta_n} \times 10^{-3} \quad (1)$$

где k_3 – коэффициент запаса мощности, $k_3 = 1,8$ [5];

Q_T – производительность насоса, определяемая по формуле:

$$Q_T = 3,6 \times \frac{g\nu}{a} \quad (2)$$

где g – масса воды, перемещенного одним винтом, $g = 12$ кг;

a – расстояние между винтами, $a = 0,7$ м;

ν – скорость $\nu = 0,4$ м/с [5].

Тогда по формуле (2) получим:

$$Q_T = 3,6 \times \frac{12 \times 0,4}{0,7} = 25,6 \text{ кг/ч}$$

k – суммарный коэффициент сопротивления перемещения, $k = 2$;

L – горизонтальная проекция пути перемещения груза, $L = 35$ м;

H – высота подъема груза;

η_n – КПД передачи от двигателя к транспортеру, $\eta_n = 0,95$ [2, 4].

Расчет по формуле (1) дает следующее значение:

$$P_{\text{дв}} = \frac{1,8 \times 25,6 \times (2 \times 35 + 0)}{0,95} = 3,4 \text{ кВт}$$

По каталогу [15] выбирается электродвигатель 4А112МВ6УЗ: мощность 4 кВт; синхронная частота вращения 1000 об/мин; $\eta = 0,82$; $\cos \varphi = 0,81$.

2.3 Расчет вентиляции и теплового баланса помещения

Для обеспечения высокой продуктивности растений в тепличных помещениях необходимо поддерживать определенные параметры микроклимата, в создании которых наиболее важную роль играют вентиляция и отопление помещения.

При проектировании систем вентиляции и отопления в тепличных помещениях учитывают площадь, возраст растений, выделение тепла, во-

дяных паров и вредных примесей, содержание углекислого газа, влаги в наружном воздухе [8, 9].

Воздухообмен определяется по двум показателям:

1) по допустимому содержанию углекислоты по формуле:

$$L_{CO_2} = \frac{C \times n}{C_1 - C_2} \quad (3)$$

где C – объем углекислоты, $C = 47$ л/ч (при живой массе 112 кг) [7];

n – площадь, $n = 500$ м²;

C_1 – допустимое содержание CO₂ в помещении, $C_1 = 2,5$ л/м³ [8].

Подставив данные значения в формулу (3), получим:

$$L_{CO_2} = \frac{47 \times 500}{2,5 - 0,4} = 11\,190,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2) по влаговыделениям по формуле:

$$L_W = \frac{W}{(d_B - d_H) \times j_B} \quad (4)$$

где d_B , d_H – влагосодержание внутреннего и наружного приточного воздуха, $d_B = 14,5$ г/кг, $d_H = 0,6$ г/кг [8];

j_B – плотность воздуха, $j_B = 1,2$ кг/м³ [7];

W – суммарные влаговыделения в помещении

$$W = W_{жс} + W_{ncu} \quad (5)$$

где $W_{жс}$ – влаговыделения определяются по формуле;

$$W_{жс} = (W_i \times n \times k_u) \times 1,03 \quad (6)$$

где W_i – влаговыделения одним, $W_i = 132$ г/ч [6];

k_u – коэффициент, учитывающий изменение массы водяных паров в зависимости от температуры, при $t = 20^\circ\text{C}$, $k_u = 1,53$ [7];

$$W_{жс} = (132 \times 500 \times 1,53) \times 1,03 = 104\,009,4 \text{ г/ч}$$

W_{ncu} – влага, выделяющаяся с мокрых поверхностей:

$$W_{ncu} = 0,1 \times W_{жс} = 10\,400,9 \text{ г/ч}$$

Подставив полученные значения в формулу (5), получим:

$$W = 104\,009,4 + 10\,400,9 = 114\,410,3 \text{ г/ч}$$

Тогда влаговыделения по формуле (4) составят:

$$L_W = \frac{114410,3}{(4,5 - 0,6) \times 1,2 \times 10^3} = 14\,444,6 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Необходимый воздухообмен принимается по наибольшей из двух рассчитанных величин L_{CO_2} и L_W , т.е. по влаговыделениям – L_W .

Часовая кратность объема воздуха в помещении:

$$K = \frac{L \times W}{V} \quad (7)$$

где V – объем помещения, $V = 2983,5$ м³ [3]. Тогда по формуле (7) получим:

$$K = \frac{14446,6}{2983,5} = 4,8$$

Принимается кратность воздухообмена, равная 5.

Так как $K > 3$, то принимается вентиляция с искусственным побудителем.

Вентиляция помещения приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением.

Площадь сечения вытяжных шахт при естественной тяге равна:

$$F = \frac{L_w}{3600 \times v_{в.ш.}} \quad (8)$$

где $v_{в.ш.}$ - скорость движения воздуха в вытяжной шахте,

$$v_{в.ш.} = 2,2 \sqrt{\frac{h \times (t_{в} - t_{н.в.})}{273}} \quad (9)$$

где h – высота вытяжной шахты, $h > 3$ м;

$t_{в}$ – расчетная температура внутри помещения, $t_{в} = +18^{\circ}\text{C}$ [8];

$t_{н.в.}$ – расчетная температура наружного воздуха,

$t_{н.в.} = -10^{\circ}\text{C}$ [8].

Подставив найденные значения в формулы (8) и (9), получим:

$$v_{в.ш.} = 2,2 \sqrt{\frac{4 \times (18 + 10)}{273}} = 1,43 \text{ л/с}$$

$$F = \frac{14446,6}{3600 \times 1,34} = 2,80 \text{ м}^2$$

Число вытяжных шахт определяется по формуле:

$$n_{в.ш.} = \frac{F}{j} \quad (10)$$

где j - площадь живого сечения вытяжной шахты, $j = 0,42 \text{ м}^2$ [3].

Тогда расчет по формуле (10) дает значение:

$$n_{в.ш.} = \frac{2,80}{0,42} = 6,7$$

Принимается 7 вытяжных шахт сечением $0,6 \times 0,7$ м.

Приточная вентиляция осуществляется при помощи центробежных вентиляторов.

Подача вентилятора (Q_B) принимается в зависимости от расчетного значения воздухообмена с учетом поправочного коэффициента на потери воздуха в воздуховодах:

$$Q_B = (1,1 \dots 1,15) \times L_w \quad (11)$$

$$Q_B = 1,1 \times 14446,6 = 15893,6 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Число вентиляторов определяется из условия, что подача одного вентилятора не превышает $8000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Следовательно, принимается два вентилятора, тогда подача одного вентилятора $7946,8 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Напор вентилятора определяется по формуле:

$$H_B = H_L + H_M \quad (12)$$

где H_L – линейные потери напора:

$$H_{\text{Л}} = \lambda \times \left(\frac{l}{d} \right) \times v^2 \times \frac{\rho}{2} \quad (13)$$

где λ – коэффициент трения воздуха в трубопроводе, $\lambda = 0,02$ [5, 7];
 l и d – длина и диаметр воздухопровода, принимается: $l = 30$ м; $d = 0,5$ м;
 v – скорость движения воздуха в трубе, $v = 12$ м/с;
 ρ – плотность воздуха.

Тогда расчет по формуле (13) дает следующее значение:

$$H_{\text{Л}} = 0,02 \times \left(\frac{30}{0,5} \right) \times 12^2 \times \frac{1,2}{2} = 103,7 \text{ Па}$$

$H_{\text{М}}$ – местные потери напора, которые определяются по формуле:

$$H_{\text{М}} = \sum \beta v^2 \frac{\rho}{2} \quad (14)$$

где $\sum \beta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений, $\sum \beta = 2,6$ [5, 7].

Тогда:
$$H_{\text{М}} = 2,6 \times 12^2 \times \frac{1,2}{2} = 225,6 \text{ Па}$$

Подставив полученные значения в формулу (12), получим:

$$H_{\text{В}} = 103,7 + 225,6 = 329,3 \text{ Па}$$

С учетом подачи $Q_{\text{В}} = 7946,8$ м³/ч и напора $H_{\text{В}} = 329,3$ Па, по номограммам подбирается нужный вентилятор. Наиболее близким по заданным условиям является центробежный вентилятор Ц4-70 №6, у которого $A = 4500$; коэффициент полезного действия: $\eta = 0,45$ [8].

Частота вращения вентилятора определяется по формуле:

$$n = \frac{A}{N} \quad (15)$$

и равна:
$$n = \frac{4500}{6} = 750 \text{ об/мин.}$$

Требуемая мощность электродвигателя для привода вентилятора равна:

$$N_{\text{В}} = \frac{Q_{\text{в}} \times H_{\text{в}}}{3,6 \times 10^6 \times \eta_{\text{в}} \times \eta_{\text{н}}} \quad (16)$$

где $\eta_{\text{в}}$ – КПД вентилятора, $\eta_{\text{в}} = 0,45$ [7];

$\eta_{\text{н}}$ – КПД передачи, $\eta_{\text{н}} = 1,0$ [7].

Тогда по формуле (16) получим:

$$N_{\text{В}} = \frac{7946,8 \times 329,3}{3,6 \times 10^6 \times 0,45 \times 1} = 1,6 \text{ кВт}$$

Установленная мощность электродвигателя:

$$N_{\text{уст}} = k_3 \times N_{\text{В}}, \quad (17)$$

где k_3 – коэффициент запаса мощности, при $N = 1,2$ кВт $k_3 = 1,2$ [7].

$$N_{\text{уст}} = 1,2 \times 1,62 = 1,94 \text{ кВт}$$

К установке принимается электродвигатель, подобранный по справочной таблице [15], с мощностью и высотой оси вращения, близкими к расчетным, а именно 4А100L6У3: $P_n = 2,2$ кВт; $n = 950$ об/мин; $\eta = 0,81$; $\cos \varphi = 0,73$, $I_n = 5,6$ [7].

Так как общая подача воздуха $15\ 893,6$ м³/ч, то к установке принимаются два вентилятора.

Для определения тепловой мощности расчет тепловых потерь ведется на основании уравнения теплового баланса:

$$Q_{от} = Q_{огр} + Q_B + Q_{исп} - Q_{ж} \quad (18)$$

где $Q_{огр}$ – тепловые потери помещения через ограждающие конструкции;

Q_B – тепловые потери на нагрев приточного воздуха;

$Q_{исп}$ – тепловые потери на испарение влаги в помещении;

$Q_{ж}$ – свободное тепло, выделяемое растениями.

1 Тепловые потери помещения через ограждающие конструкции ($Q_{огр}$) равны сумме потерь через наружные стены ($Q_{н.с.}$), потолочные перекрытия ($Q_{пер}$) и через пол (Q_n) и определяются по следующей формуле:

$$Q_{огр} = Q_{н.с.} + Q_{пер} + Q_n \quad (19)$$

1.1 Тепловые потери помещения через наружные стены равны:

$$Q_{н.с.} = K \times F \times (t_в - t_n) \times n \quad (20)$$

где F – площадь ограждения;

K – коэффициент теплопередачи, $K = \frac{1}{R_0}$;

R_0 – общее сопротивление теплопередачи ограждения;

n – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждения;

$t_в$ – средняя расчетная температура воздуха внутри помещения, $t_в = +18^\circ\text{C}$ [7];

t_n – расчетная зимняя температура наружного воздуха, $t_n = -20^\circ\text{C}$ [8].

Для наружных стен толщиной в два кирпича, оштукатуренных изнутри:

$$\lambda_k = 0,81 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}; \quad \delta = 0,51 \text{ м}; \quad \lambda_{ум} = 0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}; \quad \delta_{ум} = 0,015 \text{ м};$$

$$l = 2 \times 35,3 \text{ м};$$

$$H = 3,4 \text{ м} [8].$$

Общая площадь поверхности 24 оконных блоков с двойным остеклением:

$$F_{ок} = S_{ок} \times n \quad (21)$$

где $S_{ок}$ – площадь одного окна, равная:

$$F_{ок} = 24 \times 1,23 \times 0,9 = 26,6 \text{ м}^2$$

Площадь поверхности наружных стен:

$$F_{н.с.} = l \times h - F_{ок} \quad (22)$$

$$F_{н.с.} = 70,6 \times 3,4 - 26,6 = 213,4 \text{ м}^2$$

Сопротивление теплопередаче наружных стен:

$$R_o = R_B + \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_n \quad (23)$$

где R_B – термическое сопротивление тепловосприятию внутренней поверхности ограждения;

$\sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – сумма термических сопротивлений отдельных слоев ограждений и m – слойного ограждения толщиной δ_i , выполненных из материалов теплопроводностью λ_i ;

R_n – термическое сопротивление теплоотдачи наружной поверхности ограждения, $R_n = 0,43 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$;

$R_B = 0,115 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$ (площадь пола $18 \times 35,3 = 635,4 \text{ м}^2$ и заполнение растениями составляет: $500 \times 100/635,4 < 80 \text{ кг/м}^2$) [8].

Тогда сопротивление теплопередаче наружных стен по формуле (23):

$$R_o = 0,115 + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,015}{0,93} + 0,043 = 0,8 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

Сопротивление теплопередаче двойных окон: $R_o = 0,345 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$.

Тепловые потери через наружные стены и окна равны:

$$Q_{н.с.} = \frac{1}{0,8} \times \left(\frac{213,4}{18+20} \right) + \frac{1}{0,345} \times \left(\frac{26,6}{18+20} \right) = 13 \ 066,4 \text{ Вт}$$

1.2 Тепловые потери помещения через потолочные перекрытия

Перекрытие площадью $635,4 \text{ м}^2$ состоит из сборных ребристых железобетонных плит ($\delta_1 = 0,35 \text{ м}$), настила из досок ($\delta_2 = 0,025 \text{ м}$), пароизоляции из одного слоя рубероида ($\delta_3 = 0,0015 \text{ м}$) и утеплителя - минеральной ваты ($\delta_4 = 0,14 \text{ м}$).

Значения λ для этих материалов: $\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт/м °С}$, $\lambda_2 = 0,17 \text{ Вт/м °С}$, $\lambda_3 = 0,17 \text{ Вт/м °С}$, $\lambda_4 = 0,06 \text{ Вт/м °С}$; $R_B = 0,115 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$; $R_n = 0,086 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$ [8].

Сопротивление теплопередаче потолочного перекрытия:

$$R_{o \text{ пер}} = 0,115 + \frac{0,035}{2,04} + \frac{0,025}{0,17} + \frac{0,015}{0,17} + \frac{0,14}{0,06} + 0,086 = 2,71 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

Тепловые потери через потолочные перекрытия, с учетом поправочного коэффициента $n = 1$ (для чердачных перекрытий с кровлей из штучных материалов) равны:

$$Q_{пер} = \frac{1}{2,71} \times (635,4 \times (18+20) \times 1) = 909,7 \text{ Вт}$$

1.3 Тепловые потери помещения через полы

Полы железобетонные толщиной $\delta = 0,15$ м, $\lambda = 0,92$ Вт/м °С. Ширина пола 18 м. Разделив площадь пола на трехметровые зоны, получается 3 зоны:

$$F_1 = F_2 = F_3 = 3 \times 35,3 = 105,9 \text{ м}^2$$

Сопротивление теплопередаче для каждой зоны пола.

Так как $\lambda < 1,16$ Вт/м °С, то полы считаются утепленными, поэтому:

$$R_n = R_{ин} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad (23)$$

где $R_{ин}$ – сопротивление теплопередаче составляет,

для I зоны: $2,15 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$;

для II зоны $4,3 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$;

для III зоны $8,6 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$;

δ, λ_n - толщина и теплопроводность утепляющего слоя:

$$\text{для I зоны: } R_n = 2,15 + \frac{0,15}{0,92} = 2,34 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

$$\text{для II зоны: } R_n = 4,3 + \frac{0,15}{0,92} = 4,46 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

$$\text{для III зоны: } R_n = 8,6 + \frac{0,15}{0,92} = 8,76 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

Суммарные потери тепла по всем зонам пола составляют:

$$Q_n = \left(\frac{1}{2,34} \times 105,9 + \frac{1}{4,46} \times 105,9 + \frac{1}{8,76} \times 105,9 \right) \times (18 + 20) = 3\,214,8 \text{ Вт}$$

Общие тепловые потери через все ограждения по формуле (19) равны:

$$Q_{огр} = 13\,066,4 + 8\,909,7 + 3\,214,8 = 25\,190,9 \text{ Вт}$$

2 Определение теплоты, расходуемой на нагрев приточного воздуха, производим по формуле:

$$Q_B = 0,278 \times L \times \rho \times c \times (t_в - t_м) \quad (24)$$

где L – расчетный воздухообмен помещения;

ρ – плотность воздуха при расчетной температуре $t_в = +18^\circ\text{С}$ внутри помещения, $\rho = 1,213 \text{ кг/м}^3$ [6];

c – удельная изобарная теплоемкость воздуха, $c = 1 \text{ кДж/кг }^\circ\text{С}$ [8].

Тогда по формуле (24) получим:

$$Q_B = 0,278 \times 14\,446,6 \times 1,213 \times 1 \times (18 + 20) = 165\,120,6 \text{ Вт}$$

3 Расход тепла на испарение влаги в помещении:

$$Q_{исп} = 0,278 \times 2,49 \times W_{исп} \quad (25)$$

где 2,49 – скрытая теплота испарения воды:

$$Q_{исп} = 0,275 \times 2,49 \times 10\,400,9 = 7\,122,7 \text{ Вт}$$

4 Поток свободной теплоты, выделяемой растениями:

$$Q_{ж} = q \times n \times k \quad (26)$$

где q – количество теплоты, выделяемое одним растением, $q = 290$ Вт [8];
 k – коэффициент, учитывающий изменение количества выделенной растением теплоты в зависимости от температуры воздуха внутри помещения, $k = 0,96$ [8].

Подставив найденные значения величин, входящих в формулу (26), получим следующее значение количества тепла, выделяемого растениями:

$$Q_{жс} = 290 \times 500 \times 0,96 = 139\,200 \text{ Вт}$$

Тепловая мощность системы отопления и вентиляции, рассчитанная по формуле (18), составит:

$$Q_{от} = 25\,190,9 + 165\,120,6 + 7\,122,7 - 139\,200 = 58\,310 \text{ Вт}$$

Мощность электрокалорифера определяется по формуле:

$$P_k = \frac{Q}{\eta_k} \quad (27)$$

где η_k – КПД электрокалорифера, $\eta_k = 1$ [5].

Тогда по формуле (27) получим:

$$P_k = \frac{58310}{1} = 58\,310 \text{ Вт} = 58,3 \text{ кВт}$$

Для нагрева приточного воздуха принимается электрокалорифер типа СФО мощностью 60 кВт (СФО–60/1Т) мощность каждой секции 15 кВт [6, 7].

В здании имеется приточная венткамера, внутри которой устанавливаются два центробежных вентилятора типа Ц 4-70 №6, электрокалорифер типа СФО, здесь не монтируются кассеты для испарительного охлаждения приточного воздуха, в летний период устанавливаются бак емкостью 0,5 м³, снабженный подъемным насосом мощностью 0,55 кВт (4А80В8У3), и поплавковым клапаном для поддержания постоянного уровня воды.

Вытяжка отработанного воздуха из помещения осуществляется двумя путями:

1) 40% его удаляется из каналов: с одной из торцевых сторон вытяжной канал связан с центробежным вентилятором Ц4-7/15, с электродвигателем 4А80А4У3: $P_n = 1,1$ кВт; $n = 1500$ об/мин; $I_n = 2,75$ А; $\eta = 0,75$; $\cos \varphi = 0,81$;

2) остальные 60% - через верхние вытяжные шахты прямоугольного сечения 0,6×0,7 м, расположенные в три ряда, причем, в шахтах среднего ряда установлены вытяжные вентиляторы - центробежные крышные типа КЦВ 90 №5 с электродвигателем 4А71В4У3: $P_n = 0,75$ кВт; $n = 1500$ об/мин; $I_n = 2,2$ А; $\eta = 0,69$; $\cos \varphi = 0,74$ [9, 15].

2.4 Расчет и выбор электроводонагревателя

В зимнее время необходимо осуществлять нагрев воды для полива и технических нужд. Вода нагревается в водонагревателях до температуры +80°C, а затем смешивается с холодной, в соответствующих пропорциях при помощи смесителей. Оптимальная температура для полива в соответствии с техническими требованиями должна находиться в пределах +10 ÷ +16°C [5, 6]. Полив осуществляется из поливалок ПБС – 1.

Среднесуточный расход горячей воды:

$$Q_{г.в.} = \sum Q_i \times \frac{(t_i - t_x)}{(t_г - t_x)} \quad (28)$$

где Q_i – количество смешанной воды для отдельных операций:

$$Q_i = p \times m \quad (29)$$

p – расход горячей воды на операцию;

m – площадь, $m = 500 \text{ м}^2$;

t_i – температура смешанной воды, $t_i = +13^\circ\text{C}$;

$t_г$ – температура горячей воды, $t_г = +80^\circ\text{C}$;

t_x – температура холодной воды, $t_x = +3^\circ\text{C}$.

Расход воды по операциям:

1) пример расчета водопотребления на полив в зимнее время,

$t_i = 13^\circ\text{C}$, $p = 8 \text{ л/сут.}$

$$Q_{г.в.поел.} = 500 \times 8 \times \frac{(13 - 3)}{(80 - 3)} = 519,5 \text{ л/сут.}$$

2) данные и расчеты водопотребления по остальным операциям производятся аналогично и заносятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчетные данные водопотребления

№ пп	Наименование операций	p_i , л/сут.	t_i , °C	$Q_{г.в.}$, л/сут.
1	Полив	8	+13	519,65
2	Мытье	1,12	+40	0,54
3	Мытье пола и стен	0,15	+30	0,05
4	Хозяйственно-питьевые нужды	75	+37	33,4
5	Мытье инвентаря	40	+40	19,2

Среднесуточный расход горячей воды по формуле (28):

$$Q_{г.в.} = 519,65 + 0,54 + 0,05 + 33,4 + 19,2 = 572,65 \text{ л/сут.}$$

Расчетная мощность водонагревательной установки:

$$P_n = \frac{Q_{г.в.} \times C_M \times (t_г - t_x)}{t \times 3600} \quad (30)$$

где C_M – удельная теплоемкость воды, $C_M = 4,19 \text{ кДж/кг } ^\circ\text{C}$ [4];

t – время работы водонагревателя, $t = 8 \text{ часов.}$

Расчет по формуле (30) дает значение:

$$P_n = \frac{572,65 \times 4,19 \times (80 - 3)}{8 \times 3600} = 6,42 \text{ кВт}$$

Установленная мощность электронагревателей установки определяется по формуле:

$$P_y = \frac{k_3 \times P}{\eta_e \times \eta_{m.c.}} \quad (31)$$

где k_3 – коэффициент запаса мощности, $k_3 = 1,1$;

η_e – КПД водонагревателя, $\eta_e = 0,9$;

$\eta_{m.c.}$ – КПД тепловой сети, $\eta_{m.c.} = 0,8$ [4]. Тогда получим:

$$P_u = \frac{1,1 \times 6,42}{0,9 \times 0,8} = 9,81 \text{ кВт}$$

По справочной литературе принимается водонагревательная установка емкостного типа ВЭП-600: номинальное напряжение 380/220 В; номинальная мощность 10,5 кВт; вместимость бака 100 л, температура воды 80°C [6].

2.5 Расчет освещения и облучения

2.5.1 Светотехнический расчет освещения

При выращивании растений в теплицах с искусственными условиями электрическое освещение и облучение играют важнейшую роль в их развитии и жизнедеятельности [1, 7, 11, 13, 17].

Задача светотехнического расчета – определить потребную мощность источников света для обеспечения заданных условий освещения. При этом осветительная установка должна обеспечивать требующиеся условия видения с наименьшими затратами денежных средств и электроэнергии.

В соответствии с рекомендациями [13] принимаем для основных производственных помещений теплиц систему общего рабочего освещения люминесцентными лампами. В подсобных помещениях возможно применение, как ламп накаливания, так и люминесцентных ламп.

Нормы освещенности для проектируемых тепличных и подсобных помещений выбраны в соответствии с «Отраслевыми нормами освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений» [13] и приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Экспликация помещений теплицы

№ пп	Наименование помещений	Нормированная освещенность, лк	
		ЛЛ	ЛН
1	Помещение для выращивания	75	-
2	Машинное отделение с водосборником	-	30
3	Вытяжная венткамера	-	20
4	Электрощитовая	100	-
5	Приточная венткамера	-	20
6	Служебное помещение	300	-
7	Коридор	-	20
8	Тамбур	-	20
9	Инвентарная	-	20
10	Площадка для взвешивания	150	-
11	Соединительная галерея	-	20
12	Вспомогательное помещение	-	20

В практике светотехнических расчетов наиболее часто применяются метод коэффициента использования светового потока и точечный метод. В некоторых простейших случаях пользуются методом удельной мощности.

1 Расчет освещения теплицы методом коэффициента использования светового потока. Этот метод целесообразно применять при расчете общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей с учетом отраженных световых потоков от стен и потолка.

1.1 Выбор типа светильника определяется его светораспределением, конструктивными особенностями освещаемого помещения и условиями окружающей среды, в которой предстоит работать светильнику. Помещение для выращивания растений относится к сырому. Для данного помещения выбирается светильник ПВЛМ 2×40 с двумя люминесцентными лампами, подвесной, закрытый, рассеянного света, со встроенной пускорегулирующей аппаратурой (далее ПРА). Длина светильника 1,325 м [11].

1.2 Расчетная высота подвеса светильников определяется по формуле:

$$H_P = H - h_c - h_{св} \quad (32)$$

где H – высота помещения, $H = 3,4$ м [3];

h_c – высота свеса светильника, $h_c = 0,3 \div 0,5$ м – для подвесных светильников [11, 13];

$h_{св}$ – высота светильника, $h_{св} = 0,215$ м.

Расчет по формуле (32) дает значение:

$$H_P = 3,4 - 0,5 - 0,215 = 2,7 \text{ м}$$

Так как длина светильника меньше половины расчетной высоты, то лампы рассматриваются как мощные источники и расчет ведется методом коэффициента использования светового потока.

1.3 Оптимальное расстояние между светильниками:

$$L = \lambda \times H_p \quad (33)$$

где λ – относительное расстояние между светильниками, $\lambda = 1,8$ [11].

Тогда по формуле (33) получим:

$$L = 1,8 \times 2,7 = 4,86 \text{ м}$$

1.4 Расстояние от крайнего светильника ряда до стены

$$l = (0,3 \div 0,5) \times L \quad (34)$$

$$l = 0,5 \times 4,86 = 2,43 \text{ м}$$

1.5 По известным расстоянию между светильниками и размерами помещения определяется число рядов светильников и общее их количество по следующим формулам:

$$n_a = \frac{a - 2 \times l}{L} + 1 \quad (35)$$

$$n_b = \frac{b - 2 \times l}{L} + 1 \quad (36)$$

$$N = n_a \times n_b \quad (37)$$

где a и b – размеры помещений: $a = 18$ м, $b = 35,3$ м [3].

Число рядов светильников по формуле (35):

$$n_a = \frac{18 - 2 \times 2,43}{4,86} + 1 = 3,7, \text{ принимаем } 4 \text{ ряда.}$$

Число светильников в ряду определяем по формуле (36):

$$n_b = \frac{35,3 - 2 \times 2,43}{4,86} + 1 = 7,3, \text{ принимаем } 7.$$

Тогда общее количество светильников в помещении:

$$N = 4 \times 7 = 28 \text{ шт.}$$

1.6 Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{a \times b}{H_p \times (a + b)} \quad (38)$$

тогда:
$$i = \frac{18 \times 35,3}{2,7 \times (35,3 + 18)} = 4,4$$

1.7 Коэффициенты отражения стен, потолка и пола соответственно равны:

$$\rho_c = 30\%, \quad \rho_n = 50\%, \quad \rho_p = 10\% \text{ [6].}$$

По значениям ρ_c , ρ_n , ρ_p и i по справочным таблицам определяем коэффициент использования светового потока, $\eta = 0,42$ [10, 11].

Коэффициент запаса $k = 1,3$ – для люминесцентных ламп,

$k = 1,15$ – для ламп накаливания [5].

Коэффициент минимальной освещенности $z = 1,1$ [5].

1.8 Расчетный световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_{\min} \times a \times v \times k \times z}{n \times N \times \eta} \quad (39)$$

где E_{\min} – минимальная допустимая освещенность по нормам;

n – количество ламп в светильнике.

Тогда:
$$\Phi = \frac{75 \times 35,3 \times 18 \times 1,3 \times 1,1}{2 \times 28 \times 0,42} = 2914 \text{ лм}$$

1.9 По справочным таблицам выбирается люминесцентная лампа типа ЛБ 40, мощностью 40 Вт и световым потоком 3000 лм [11].

1.10 Проверочный расчет освещенности.

Фактическая освещенность определяется по формуле:

$$E_{\phi} = \frac{\Phi_{\lambda} \times n \times N \times \eta}{k \times a \times v \times z} \quad (40)$$

т.е.:
$$E_{\phi} = \frac{3000 \times 2 \times 28 \times 0,42}{1,3 \times 18 \times 35,3 \times 1,1} = 77,7 \text{ лк}$$

Разница между фактической и нормируемой освещенностью составляет 2,7 лк или 3,5%, что не выходит за пределы допусаемых отклонений +20% и -10%.

1.11 Установленная мощность освещения.

С учетом потерь мощности в пускорегулирующей аппаратуре (ПРА) установленная мощность определяется по формуле:

$$P_{\text{уст}} = 1,2 \times P_{\lambda} \times T \times 2 \quad (41)$$

1.12 Удельная мощность освещения.

$$P_{\text{уд}} = \frac{P_{\text{уст}}}{a \times v} = \frac{268}{18 \times 35,3} = 4,23 \text{ Вт/м}^2 \quad (42)$$

В соответствии с рекомендациями [13], дежурное освещение должно создавать 10 ÷ 20% нормированной рабочей освещенности, т.е.: $28 \times 0,15 = 4,2$.

Для дежурного освещения принимаем 4 светильника.

2 Расчет освещения методом удельной мощности.

Расчет освещения подсобных помещений производится методом удельной мощности по формуле:

$$P = \frac{W \times S}{N} \quad (43)$$

где W – удельная мощность, Вт/м²;

S – площадь помещения, м².

Расчет освещения для машинного отделения площадью $S = 31,7 \text{ м}^2$.

По справочным таблицам с учетом выбранного типа светильника и высоты помещения, выбирается удельная мощность $W = 6,21 \text{ Вт/м}^2$ [9]. Тогда по формуле (43) получим:

$$P = \frac{6,21 \times 31,7}{1} = 197 \text{ Вт}$$

Для освещения машинного отделения принимается светильник НСП01-200 с лампой накаливания Г-220-230-200, мощностью 200 Вт. Результаты расчетов освещения других подсобных помещений связаны в светотехническую ведомость (таблица 4).

Для наружного освещения принимается светильник типа СПП – 200 м, подвесной, с лампами накаливания Г-220-230-150, мощностью 150 Вт [13].

2.5.2 Расчет облучения

Ультрафиолетовое (УФ) облучение – один из важных факторов внешней среды, оказывающих большое влияние на жизнедеятельность живых организмов. Под влиянием УФ излучения на 7-12 % увеличивается растительная продуктивность, улучшаются биологические свойства растений.

УФ облучение растений используется для ликвидации «солнечного голодания». Рекомендуемые суточные дозы УФ облучения, определенные экспериментально при использовании эритемных и ртутно-кварцевых ламп, приведены в справочных таблицах [1, 6, 13].

Для растений суточная доза облучения 80 мэр×ч/м². Для облучения принимается эритемная люминесцентная лампа ЛЭ-15 [5].

Исходя из высоты подвеса облучателей, определяется число облучателей:

$$N = \frac{S}{(\lambda h)^2} \quad (44)$$

где h – высота подвеса облучателей;

λ – относительное расстояние между облучателями, $\lambda = 1,6$ [5];

$$N = \frac{635,4}{(1,6 \times 2,5)^2} = 40 \text{ облучателей}$$

Расстояние между рядами и число рядов:

$$L = \lambda h = 1,6 \times 2,5 = 4 \text{ м}$$

$$n = \frac{6}{L} = \frac{18}{4} = 4,5$$

Принимается окончательно 40 ламп: 4 ряда по 10 ламп в каждом ряду.

Индекс помещения по формуле (38):

$$i = \frac{35,3 \times 18}{2,5 \times (35,5 + 18)} = 4,8$$

По справочным таблицам выбирается коэффициент использования потока излучения $\eta = 0,64$, эритемный поток лампы ЛЭ-15, равный 300 мэр [5, 7].

Средняя облученность поверхности:

$$E_{\phi} = \frac{\Phi_{\text{э}} \times N \times \eta_{\text{э}} \times k_{\phi}}{k \times S} \quad (45)$$

где $\Phi_{\text{э}}$ – эритемный поток излучения лампы, $\Phi_{\text{э}} = 300$ мэр;

k_{ϕ} – коэффициент формы объекта облучения, $k_{\phi} = 0,64$ [5];

k – коэффициент запаса для новых ламп, $k = 1$, [5].

$$E_{\phi} = \frac{300 \times 40 \times 0,64 \times 0,6}{1 \times 635,4} = 7,74 \text{ мэр/м}^2$$

Учитывая что суточная доза облучения растений составляет 80 мэр/м², определяется время облучения в течение суток:

$$t = \frac{D_{\text{э}}}{E_{\phi}} \quad (46)$$

$$t = \frac{80}{7,74} = 10,3 \text{ часа} = 10 \text{ часов } 20 \text{ минут.}$$

Принимается УФ установка типа ЭО1-15 м с лампой ЛЭ-15 [5].

Общая мощность облучателей:

$$P = P_{\text{л}} \times N \quad (47)$$

где $P_{\text{л}}$ – мощность одной лампы ЛЭ-15, $P_{\text{л}} = 15$ Вт

Тогда общая мощность УФ облучателей по формуле (47) составит:

$$P = 15 \times 40 = 600 \text{ Вт}$$

Таблица 4 – Светотехническая ведомость

№ п/п	Наименование помещений	Хар-ка помещений					Коеф. запаса, к	Нормиров. освещенность, лк	Окружающая среда	Система освещения	Светильник				Число свет-ков	Удельная мощность, Вт/м ²	Установленная мощность, Вт	Число шт. теп-сельных розеток
		Высота, м	S, м ²	Коеффици-т отражения							Марка, тип	Лампа, тип	Число и мощность	Мощность свет-ка, Вт				
				$\rho_{\text{п}}$	$\rho_{\text{с}}$	$\rho_{\text{р}}$												
1	Помещение для растений	3,4	63,54	0,5	0,3	0,1	1,3	75	спрос	общ.	ПВЛМ	ЛБ-40-4	2×40	80	28	4,23	2688	
2	Машинное отд.	3,4	31,7	0,5	0,3	0,1	1,15	30	спрос	общ.	СПО1×200	Г-220-230-200	1×200	200	2	12,6	400	ЯТП-0,25 220/12
3	Вытяжная вент-камера	3,4	3,6	0,5	0,3	0,1	1,15	20	норм.	общ.	НСПО1×100	Б-220-230-60	1×60	60	1	16,7	60	ЯТП-0,25 220/36
4	Электрощитовая	3,4	18,5	0,5	0,3	0,1	1,3	100	норм.	общ.	ПВЛМ	ЛБ-40-4	2×40	80	3	15,6	288	ЯТП-0,25 220/36
5	Приточная вент-камера	3,4	28,9	0,5	0,3	0,1	1,15	20	норм.	общ.	НСПО1×100 НСПО1×200	Б-220-230-60 Г-220-230-200	1×60 1×200	60 200	1 1	6,9	260	
6	Служебное помеще-ние	3,4	18,5	0,5	0,3	0,1	1,3	300	норм.	общ.	ПВЛМ	ЛБ-40-4	2×40	80	6	31,1	576	ЯТП-0,25 220/36
7	Коридор	3,4	50,2	0,5	0,3	0,1	1,15	20	спрос	общ.	НСПО 1100	Б-220-230-100	1×100	100	4	8	400	
8	Тамбур	3,4	4,98	0,5	0,3	0,1	1,15	20	норм.	общ.	ПСХ-60	Б-220-230-60	1×60	60	2	24,1	120	
9	Инвентарная	3,4	6,7	0,5	0,3	0,1	1,15	20	норм.	общ.	НСПО1×100	Б-220-230-100	1×100	100	1	14,9	100	
10	Площадка для взвешивания	3,4	15,9	0,5	0,3	0,1	1,3	150	спрос	общ.	ПВЛМ	ЛБ-40-4	2×40	80	4	24,1	384	
11	Соединительная галерея	3,4	72,0	0,5	0,3	0,1	1,15	20	норм.	общ.	НСПО1×100	Б-220-230-100	1×100	100	4	5,6	400	
12	Вспомогательное помещение	3,4	11,9	0,5	0,3	0,1	1,15	20	норм.	общ.	НСПО1×100	Б-220-230-60	1×60	60	2	10,1	120	
13	Наружное осв.										СПП-200м	Г-220-230-150	1×150	150	4		600	

2.5.3 Электротехнический расчет системы освещения и облучения

При компоновке осветительной силы светильников, их разделяют на группы. Общую нагрузку осветительной сети равномерно распределяют между фазами питающей сети [13, 14].

ПУЭ [14] ограничивают число ламп, подсоединяемых к групповой линии: 20 с лампами накаливания или 50 с люминесцентными лампами.

Групповая линия с лампами накаливания мощностью свыше 500 Вт или лампами ДРЛ, должна быть защищена автоматом на ток не более 63 А, и линия с лампами накаливания до 500 Вт, люминесцентными лампами, и интенсивными розетками – не более 25 А.

Светильники дежурного освещения объединяют в отдельные самостоятельные группы.

Исходя из вышеизложенных рекомендаций осветительная сеть в помещении разбивается на 7 групп.

I группа – рабочее освещение машинного отделения, вытяжной венткамеры, коридора, тамбура, вспомогательного помещения и входа:

5 светильников НСП01 × 200; 2 светильника НСП01 × 200;
ПСХ-60 и СПП-200м с общей мощностью 0,95 кВт.

II группа – рабочее освещение помещения для выращивания растений, коридора, тамбура, площадки для взвешивания и входа; 9 светильников ПВЛМ, НСП01×200, ПСХ-60, СПП-200м с общей мощностью 1,174 кВт.

III группа – рабочее освещение помещения для выращивания растений, электрощитовой, коридора; 8 светильников ПВЛМ, НСП01×100, общей мощностью 0,868 кВт.

IV группа – рабочее освещение помещения для выращивания растений; 14 светильников ПВЛМ, мощностью 1,344 кВт.

V группа – рабочее освещение машинного отделения, приточной венткамеры, служебного помещения, коридора, инвентарной, соединительной галереи; 6 светильников НСП01×100, 6 светильников ПВЛМ, НСП0 1× 200, 2 светильника СПП-200 м, мощностью 1,676 кВт.

VI группа – дежурное освещение помещения для выращивания растений; 4 светильника ПВЛМ, мощностью 0,384 кВт.

VII группа – УФ облучение, мощностью 0,6 кВт.

Для управления освещением и облучением сельскохозяйственных объектов наиболее широко применяют щитки типов ОЩ, ОЩВ, и др. [1, 2, 4].

По справочным таблицам выбирается щиток осветительный типа ЩОЗ1-32 на 12 групп с автоматами типа АЕ-1031-11 с комбинированными расцепителями и автоматом АЗ114 на вводе.

Расчет внутренних осветительных сетей сводится к выбору сечения по длительно допустимому току:

$$I_{дл.доп.} \geq I_{расч.} \quad (48)$$

где $I_{расч.}$ – расчетный ток участка сети, для однофазных потребителей:

$$I_{расч.} = \frac{P \times 10^3}{U_n \times \cos \varphi} \quad (49)$$

где P – расчетная мощность группы, $P = P_n$ – для ламп накаливания, $P = 1,2 \times P_n$ – для люминесцентных ламп [11];

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности: $\cos \varphi = 1$ – для ламп накаливания, $\cos \varphi = 0,9$ – для люминесцентных ламп [11].

Расчетный ток для 1-й групповой линии определяем по формуле:

$$I_{расч.} = \frac{0,95 \times 10^3}{220 \times 1} = 4,30 \text{ А} \quad (50)$$

Ток комбинированного расцепителя автоматов принимается по соотношению: $I_K \geq 1,4 \times I_{расч.}$ – для ламп накаливания; $I_K \geq I_{расч.}$ – для люминесцентных ламп [11].

Результаты расчетов токов остальных групп осветительной сети, выбор комбинированных расцепителей и выбор автоматов защиты и уставок, сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты расчета тока в группах освещения и облучения

№ группы	Мощность группы, кВт	Ток в группе, А	Тип автомата защиты	Ток уставки комбинированных расцепителей, А
1	0,950	4,30	АЕ – 1031–1	6
2	1,174	5,9	АЕ – 1031–1	10
3	0,868	3,9	АЕ – 1031–1	10
4	1,344	7,64	АЕ – 1031–1	16
5	1,676	8,27	АЕ – 1031–1	16
6	0,384	2,0	АЕ – 1031–1	6
7	0,600	2,7	АЕ – 1031-1	6

В справочных таблицах по длительно допустимому току [12] выбирается сечение провода в осветительных группах. Проводка выполняется на тресе и по стенам на скобах кабелем АВВГ (с алюминиевыми жилами, с пластмассовой изоляцией в полихлорвиниловой оболочке).

Для групповых линий 1 и 6, 7 выбирается кабель АВВГ 4×2,5.

Для групповых линий 2, 3, 4, 5, - кабель АВВГ 3×4+1×2,5.

Согласно ПУЭ потеря напряжения для внутренних электропроводок не должна превышать $\pm 2,5 \%$ [14].

Расчет производится для наиболее удаленной и загруженной группы. Выбирается 5-я групповая линия.

При проверке проводов по допустимым потерям напряжения должно соблюдаться условие:

$$\Delta U_{расч} \leq \Delta U_{дол} \quad (51)$$

где $\Delta U_{расч}$ – расчетная потеря напряжения;

$$\Delta U_{расч} = \frac{\sum P_{расч} \times l}{C \times S} \quad (52)$$

где l – длина участка;

C – коэффициент, зависящий от напряжения сети, числа фаз и материала провода; для алюминиевых проводов, $C = 46$ [5];

S – сечение проводов.

$$\Delta U_{расч} = \frac{(100+150) \times 15 + (150+200) + 576 \times 18 + (100+200) \times 10 + 100 \times 2 + 100 \times 4}{46 \times 4} = 1,19\%$$

Для остальных групп результаты вычислений потерь напряжения в осветительных сетях заносятся в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчета осветительных сетей по потере напряжения

№ группы	C	$S, \text{мм}^2$	$\Delta U_{расч}, \%$
1	46	2,5	1,6
2	46	4	1,19
3	46	4	1,19
4	46	4	1,19
5	46	4	1,19
6	46	2,5	1,6
7	46	2,5	1,6

Таким образом, условие $\Delta U_{расч} \leq \Delta U_{дол}$ для всех групповых линий осветительной сети выполняется.

Расчетная мощность на вводе осветительного щитка:

$$P_{расч.} = 0,95 + 1,03 + 0,74 + 1,120 + 1,58 + 0,32 + 0,6 = 6,34 \text{ кВт} \quad (53)$$

Установленная мощность на вводе с учетом потери мощности в ПРА для люминесцентных ламп.

$$P_{уст} = 0,95 + 1,174 + 0,868 + 1,344 + 1,676 + 0,384 = 7,0 \text{ кВт} \quad (54)$$

Ток на вводе в осветительный щиток определяется по формуле:

$$I_{расч} = \sum I_l \quad (55)$$

где I_l – расчетный ток в групповой линии;

$$\sum I_{расч} = 4,30 + 5,9 + 3,9 + 7,64 + 8,27 + 2,0 + 2,7 = 34,66 \text{ А}$$

$$I_{дл.дол} \geq 34,66 \text{ А} \geq 34,7 \text{ А}$$

Для питания осветительного щитка принимается кабель АВВГ 3×10+1×6, выбранный по длительно допустимому току нагрузки [7, 12].

2.6 Расчет внутренних силовых сетей

Электроснабжение теплицы для выращивания овощей обеспечивается двумя кабельными вводами напряжением 380/220В через вводно-распределительные устройства ВРУ - 1-12.

Распределительные устройства выбираются по напряжению, типу защищенности от воздействия окружающей среды, количеству и типу автоматов или групп предохранителей [7, 13].

Для приема и распределения электроэнергии в силовых цепях трехфазного тока напряжением 0,4 кВ, принимаются распределительные пункты серии ПР 9000 с автоматами серии А3100.

На вводе I устанавливается распределительный пункт ПР 9322 с шестью автоматами А3124 и автоматом А3134/7 – на вводе. На вводе II – ПР9332 двумя автоматами А3124 и на вводе А3134 [7, 13].

I - ый ввод:

Группа 1 - 2 поворотных круга СМК 166, мощность электропривода каждого 0,55 кВт. Всего 1,1 кВт.

Группа 2 - электроводонагреватель ВЭП - 600, мощностью 10,5 кВт.

Группа 3 - погрузчик, мощностью 7,1 кВт.

Группа 4 - 3 центробежных крышных вентилятора КЦЗ – 90 №5, с электродвигателями мощностью по 0,75 кВт. Мощность на группе - 2,25 кВт.

Группа 5 - насос для полива НП–200, мощностью 22,55 кВт.

Группа 6 - транспортер ТСН–2,0 Б, каждый состоящий из горизонтального, мощностью 4 кВт и наклонного мощностью 1,1 кВт. Мощность на группе 5,1 кВт.

II - ой ввод:

Группа 1 - транспортер ТСН–2,0 Б, состоящий из горизонтального, мощностью 4 кВт и наклонного – 1,1 кВт. Мощность на группе 5,1 кВт.

Группа 2 - центробежный вентилятор для вытяжки воздух, Ц 4-70 №5, мощностью 1,1 кВт.

Группа 3 - система регулирования микроклимата: 2 центробежных вентилятора Ц 4-70 №6, мощностью по 2 кВт, электрокалорифер СФО, мощность 60 кВт, погружной насос мощностью 0,55 кВт. Общая мощность в группе 65,0 кВт.

Группа 4 - резерв.

Расчет внутренних силовых сетей теплицы сводится к выбору сечения проводов по длительно допустимому току [12]:

$$I_{дл.доп} \geq I_{расч}. \quad (56)$$

В качестве расчетных токов ответвлений к отдельным потребителям принимаются их номинальные токи, которые определяются:

а) для трехфазных потребителей по формуле:

$$I_n = \frac{10^3 \times P_n}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi} \quad (57)$$

б) для трехфазных асинхронных электродвигателей по формуле:

$$I_n = \frac{10^3 \times P_{нд}}{\sqrt{3} \times U_n \times \eta \times \cos \varphi} \quad (58)$$

Расчетный ток магистральной сети определяется по формуле:

$$I_{м. расч} = \sum I_n \quad (59)$$

где $\sum I_n$ – сумма номинальных токов потребителей.

Затем выбранный по условию допустимой нагрузки проводник проверяется на допустимую потерю напряжения. В действующих нормах установлено, что в сельскохозяйственных сетях напряжением 380 В, на зажимах токоприемников потеря напряжения не должна превышать 2,5 %.

$$\Delta U = \frac{\sum P \times l}{C \times S} \quad (60)$$

Для защиты отходящих от силового щитка линий используются автоматические выключатели [5, 7], которые выбираются по следующим установкам:

$$\left. \begin{aligned} U_{n.a} &\geq U_{n.y}, \\ I_{n.a} &\geq I_{n.y}, \\ I_{n.p} &\geq k_{n.m} \times I_{n.p}, \\ I_{n.э} &\geq k_{n.э} \times I_{пуск}, \\ I_{n.k.} &\geq k_{n.k.} \times I_{пуск} \end{aligned} \right\} \quad (61)$$

где $U_{n.a}$, $U_{n.y}$ – соответственно номинальные напряжения автомата и электроустановки;

$I_{n.a}$, $I_{n.y}$ – соответственно номинальные токи автомата и электроустановки;

$I_{n.p}$ – ток теплового расцепителя;

$I_{n.э}$ – ток отсечки электромагнитного расцепителя;

$I_{n.k}$ – ток отсечки комбинированного расцепителя;

$k_{n.m}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току срабатывания теплового расцепителя, $k_{n.m} = 1,1 \div 1,3$ [5];

$k_{n.э}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току электромагнитного расцепителя и пускового тока электродвигателя, $k_{n.э} = 1,5$ [5].

Для примера расчета силовой линии берется I-я групповая линия – два электродвигателя поворотных кругов, мощностью 0,55 кВт каждый, $\eta = 0,64$; $\cos \varphi = 0,65$; $I_n/I_m = 3,5$.

Номинальный ток электродвигателя поворотного круга:

$$I_n = \frac{10^3 \times 0,55}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,64 \times 0,65} = 2,1 \text{ А} \quad (62)$$

Расчетный ток магистрали по формуле (59) равен:

$$I_p = 2 \times I_n = 4,2 \text{ А}$$

Принимается длительно допустимый ток $I_{дл.дон} > 4,2 \text{ А}$ ($I_{дл.дон} = 19 \text{ А}$).

По справочной таблице по длительно допустимому току нагрузки выбирается кабель АВВГ 4×2,5 [12].

Проверка кабеля на допустимую потерю напряжения:

$$\Delta U_{\partial} = 2 \times \left(\frac{0,55 \times 25}{46 \times 2,5} \right) = 0,24\% \quad (63)$$

Условие $\Delta U_{\partial} < 2,5\%$ - выполняется.

Для защиты групповой линии по справочной таблице выбирается автоматический выключатель А3124 с номинальным током $I_{н.а} = 100 \text{ А}$ [13].

Ток комбинированного расцепителя:

$$I_{н.р} \geq 1,2 \times 4,2 \geq 5,04 \text{ А. Принимается } I_{н.к} = 15 \text{ А}$$

Аналогичный расчет проводится для остальных групп и результаты расчетов заносятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты расчета внутренних силовых сетей

№ группы	Мощность уст./расч., на группе, кВт	Расчетный ток групп, А	Сечение провода, мм ²	Потеря напряжения, %	Автомат защиты	Ток комбинированного расцепителя, А
<u>Ввод I:</u>	48,6/41,6	107,9	3×50+1×35		3134/7	120
1	1,1	4,2	4×2,5	0,2	3124	15
2	10,5	16	4×2,5	1,3	3124	20
3	7,1	16,8	4×2,5	1,6	3124	20
4	2,25	6,6	4×2,5	1,34	3124	15
5	22,55	53,6	3×16+1×10	1,8	3124	60
6	5,1	10,7	4×2,5	1,5	3124	15
<u>Ввод II:</u>	71,2/69,45	111,9	3×50+1×35		3134/7	120
1	5,1	10,7	4×2,5	1,2	3124	15
2	1,1	2,7	4×2,5	0,8	3124	15
3	65	98,4	3×35+1×25	2,3	3124	100
4	р е	з е	р в			

Для индивидуального управления электроприводами служат электромагнитные пускатели, щиты управления. Щиты управления, как правило, поставляются комплектно с установками (электрокалориферы, электроводонагреватель).

Для дистанционного управления асинхронными электродвигателями наиболее широкое распространение получили электромагнитные пускатели серии ПМЕ-000. Защита от перегрузок осуществляется при помощи встроенных тепловых реле.

Электромагнитные пускатели выбираются в зависимости от условий окружающей среды и схемы управления по номинальному напряжению, номинальному току, току нагревательного элемента теплового реле [12].

Для управления электропривода крышных и вытяжного вентиляторов применяются пускатели ПМЕ-122, с тепловым реле ТРН-10, $I_n = 10$ А, $I_{нагр.} = 3,2$ А. Питание каждого электродвигателя осуществляется кабелем АВВГ $4 \times 2,5$.

Для управления поворотным кругом выбирается электромагнитный пускатель ПМЕ-122 (реверсивный), с тепловым реле ТРН-10, $I_n = 10$ А, $I_{нагр.эл} = 1,6$ А.

Для включения и защиты от перегрузок электродвигателей транспортера, используются электромагнитные пускатели ПМЕ-124 с тепловым реле ТРН-10, $I_n = 10$ А, для горизонтального транспортера $I_p = 10$ А, для наклонного транспортера $I_p = 32$ А.

Для подключения каждого электродвигателя транспортера применяется кабель АВВГ $4 \times 2,5$.

Для управления центробежными вентиляторами системы регулирования микроклимата, ставятся магнитные пускатели ПМЕ-122, ТРН-10, $I_n = 10$ А, $I_p = 6,3$ А; электроприводом погружного насоса ПМЕ-122, ТРН-10, $I_n = 10$ А, $I_p = 3,2$ А. Питание осуществляется кабелем АВВГ $4 \times 2,5$.

Магистральные сети выполняются кабелем АВВГ на скобах по строительным конструкциям.

Распределительные сети выполняются кабелем АВВГ на скобах по строительным конструкциям и в винипластовых трубах.

Исходя из общей нагрузки силовой сети теплицы, на вводе силового шкафа выбирается автоматический выключатель А 3134/7 с номинальным током 200 А [13].

Для ввода I:

Установленная мощность равна $P_{уст} = 48,6$ кВт.

Расчетная мощность с учетом η и коэффициента загрузки равна:

$$P_{расч} = \frac{1,1 \times 0,8}{0,64} + 10,5 + \frac{7,1 \times 0,5}{0,8} + \frac{2,25 \times 0,7}{0,69} + \frac{22,55 \times 0,7}{0,85} + \frac{4 \times 0,7}{0,82} + \frac{1,7 \times 0,7}{0,74} = 41,6 \text{ кВт}$$

Расчетный ток $I_{расч} = 107,9$ А. Принимаем ток комбинированного расцепителя автоматического выключателя А 3134/7, равный: $I_{н.к} = 120$ А [13].

Для ввода II:

Установленная мощность равна: $P_{уст} = 71,2$ кВт.

Расчетная мощность:

$$P_{расч} = 60 + 5 + \frac{4 \times 0,7}{0,82} + \frac{1,1 \times 0,7}{0,74} = 69,45 \text{ кВт} \quad (64)$$

Расчетный ток: $I_{расч} = 111,9 \text{ А}$. Принимаем ток комбинированного расцепителя автоматического выключателя А 3134/7, равный: $I_{н.к} = 120 \text{ А}$ [13].

Электроснабжение силовых шкафов предусматривается двумя вводами кабелем АВВГ $3 \times 50 + 1 \times 35$.

2.7 Расчет токов короткого замыкания

В сетях напряжением 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью могут возникать токи однофазного, двухфазного и трехфазного короткого замыкания. Защитные аппараты проверяются по наибольшему и наименьшему значениям трехфазного и однофазного токов короткого замыкания [1, 7].

Для первой ступени защиты рассчитывается ток трехфазного короткого замыкания на вводе в здание. Для второй ступени защиты определяется однофазное короткое замыкание у наиболее удаленного потребителя электрической энергии. В сельских сетях напряжением 380/220 В при расчете токов короткого замыкания сопротивлением линии 10 кВ можно пренебречь и учитывать только сопротивление трансформатора и проводов линии 380/220 В.

Для расчета токов короткого замыкания необходимо составить схему замещения (рисунок 1).

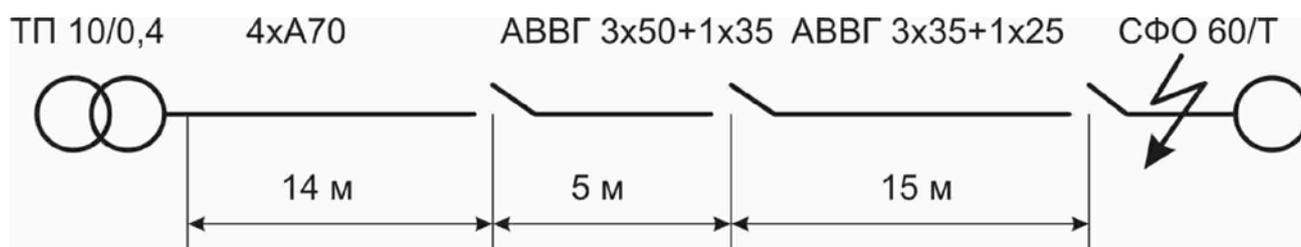


Рисунок 1 – Схема замещения – расчетная схема для определения токов короткого замыкания

Ток трехфазного короткого замыкания определяем по формуле:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \times (Z_{mp} + Z_n)} \quad (72)$$

где U_l – линейное напряжение, $U_l = 400 \text{ В}$;

Z_{mp} – полное сопротивление трансформатора:

$$Z_{mp} = \frac{U_k \% \times U_n^2}{100 \times S_n} \quad (73)$$

где U_k – напряжение короткого замыкания, $U_k = 4,5 \%$. Тогда:

$$Z_{mp} = \frac{4,5 \times 0,4^2}{100 \times 0,25} = 0,029 \text{ Ом}$$

Z_n – полное сопротивление линии от трансформаторной подстанции до точки короткого замыкания:

$$Z_n = \sqrt{(r_{y\delta} \times l)^2 + (x_{y\delta} \times l)^2} \quad (74)$$

где $r_{y\delta}$ – удельное активное сопротивление проводов линии от подстанции до ввода в здание, $r_{y\delta} = 0,46 \text{ Ом/км}$ [12];

$x_{y\delta}$ – удельное индуктивное сопротивление линии, $x_{y\delta} = 0,6 \text{ Ом/км}$ [12];
 l – длина проводов.

Тогда по формуле (74) получим:

$$Z_n = \sqrt{(0,46 \times 0,014)^2 + (0,6 \times 0,014)^2} = 0,016 \text{ Ом}$$

Тогда ток трехфазного короткого замыкания по формуле (72) равен:

$$I_k^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \times (0,029 + 0,016)} = 5,18 \text{ кА.}$$

Расчет тока однофазного короткого замыкания ведется на примере электрокалорифера СФО 60/Т.

Ток однофазного короткого замыкания определяется по формуле:

$$I_k^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_{m.k.}}{3} + Z_n} \quad (75)$$

где U_ϕ – фазное напряжение сети, $U_\phi = 220 \text{ В}$;

$Z_{m.k.}$ – полное сопротивление трансформатора току замыкания на корпус:

$$\frac{Z_{m.k.}}{3} \approx \frac{26}{Z_n} \text{ или } \frac{Z_{m.k.}}{3} \approx \frac{26}{250} \approx 0,1 \text{ Ом} \quad (76)$$

Z_n – сопротивление петли фазный провод - нулевой:

$$Z_n = \sqrt{(\sum R_n)^2 + (\sum X_n)^2} \quad (77)$$

где $\sum R_n$ – сумма активных сопротивлений отдельных элементов петли:

$$\sum R_n = R_\phi + R_n + R_k \quad (78)$$

где R_ϕ , R_n , R_k – соответственно активные сопротивления фазного, нулевого проводов и контактов.

$\sum X_n$ – сумма индуктивных сопротивлений отдельных элементов петли:

$$\sum X_n = 2 \times X_{\phi.n.}^1, \text{ для ВЛ из алюминия [7]}$$

где $X_{\phi.n.}$ – внешнее индуктивное сопротивление одиночного провода, обусловленное взаимоиנדукцией между фазным и нулевым проводами:

$$X_{\phi.n.}^1 = 0,145 \times \lg l_{\phi.n.} \quad (79)$$

где $l_{\phi.n.}$ – расстояние между фазным и нулевым проводами, $l_{\phi.n.} = 5$ мм.

Подставив в формулу (79), получим:

$$X_{\phi.n.}^1 = 0,145 \times \lg 5 = 0,1 \text{ Ом}$$

Расчеты по формулам (78) и (77) дают значения:

$$\begin{aligned} \sum R_n &= (0,46 \times 0,014 + 0,36 \times 0,005 + 0,72 \times 0,012) + \\ &+ (0,27 \times 0,014 + 0,5 \times 0,005 + 1,13 \times 0,012) + 0,05 = 0,08 \text{ Ом} \end{aligned}$$

$$Z_n = \sqrt{0,08^2 + (2 \times 0,1)^2} = 0,22 \text{ Ом}$$

Тогда ток однофазного короткого замыкания по формуле (75):

$$I_k^{(1)} = \frac{220}{0,1 + 0,22} = 687,5 \text{ А}$$

Защитные аппараты в сетях 0,4 кВ проверяются на первой ступени защиты по следующим условиям:

$$I_{н.э.} \geq k_{н.э.} \times I_k^{(3)} \quad (80)$$

$$I_{пред.отк.} \geq I_k^{(3)} \quad (81)$$

где $I_{н.э.}$ – ток отсечки электромагнитного расцепителя, для автомата АЗ734/7, $I_{н.э.} = 6300$ А [5];

$k_{н.э.}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току электромагнитного расцепителя, $k_{н.э.} = 1,25$ [4];

$I_{пред.отк.}$ – предельный отключаемый автоматом ток, $I_{пред.отк.} = 100$ кА.

$$6300 \text{ А} > 1,25 \times 5072 \text{ А}$$

$$100 \text{ кА} > 5072 \text{ А}$$

Условия (80) и (81) выполняются, следовательно, выбранный аппарат подходит для защиты данного участка.

На второй ступени защиты проверяется автомат АЗ134/7. В соответствии с ПУЭ в установках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью для обеспечения быстрого срабатывания защиты от однофазных коротких замыканий, ток однофазного короткого замыкания должен быть не менее трехкратного значения номинального тока автомата, т.е.:

$$\frac{I_k^{(1)}}{I_{н.р.}} \geq 3 \quad (82)$$

Для проверяемого автомата АЗ134/7 $I_{н.р.} = 120$ А, тогда по формуле

$$(82) \text{ получим: } \frac{I_k^{(1)}}{I_{н.р.}} = \frac{687,5}{120} > 3.$$

Таким образом, условие (82) выполняется, следовательно, выбранный автомат подходит для защиты данного участка.

3 Правила технической эксплуатации и техники безопасности

В условиях интенсивного ведения хозяйства существенно [14, 17] меняется технология выращивания и содержания растений, повышается уровень механизации и автоматизации процессов приготовления и раздачи удобрений, системы полива. По-новому должна решаться проблема создания безопасных условий труда. Задача охраны труда и техники безопасности охватывает вопросы оздоровления и облегчения условий труда, внедрения во все технологические процессы современные средства техники безопасности, обеспечения санитарно-гигиенических условий труда, устраняющий производственный травматизм и профессиональные заболевания [17, 18].

В данной теплице составлены комплексные планы улучшений условий труда и санитарно-оздоровительных мероприятий. Планом предусмотрены мероприятия по снижению физической нагрузки, увеличению продолжительности отпусков, созданию оптимальных параметров микроклимата, нормированной освещенности.

В хозяйстве имеется кабинет по охране труда, где квалифицированно проводятся занятия по ТБ, имеется уголок по охране труда. Кабинет оснащен специализированной литературой, инструкциями, плакатами, наглядными пособиями и техническими средствами обучения. Здесь же проводится вводный инструктаж с поступившими на работу, повышается квалификация работающих по вопросам охраны труда и ТБ.

Ответственность за обеспечение здоровых условий труда возлагается на администрацию, которая обязана внедрять современные средства техники безопасности, предупреждающие производственный травматизм, обеспечивать санитарно-гигиенические условия, предотвращающие возникновения профессиональных заболеваний.

В хозяйстве существует приказ, в соответствии с которым ответственность за охрану труда возлагается на инженера по ТБ.

При поступлении на работу, лицам, обслуживающим оборудование, администрацией хозяйства выдается спецодежда, спецобувь, предохранительные приспособления и средства индивидуальной защиты.

Состояние безопасности рабочих мест оценивается, исходя из требований, предъявляемых к безопасности:

- 1) оборудование рабочих мест не должно располагаться на проходах;
- 2) все опасные зоны на оборудовании должны иметь ограждения;
- 3) освещение рабочего места не должно быть ниже нормы и др.

Для поддержания производственной санитарии созданы оптимальные параметры микроклимата. На комплексе имеются гардеробные, туалетные, комнаты отдыха для обслуживающего персонала.

Ответственность за противопожарную безопасность возлагается на ответственное лицо, назначенное приказом по хозяйству. В каждом помещении на видном месте вывешены правила пожарной безопасности, а также таблица с фамилией работника, ответственного за пожарную безопасность. Организованы противопожарные посты с набором инвентаря, лопаты, ведра, топора, багра, ящика с песком.

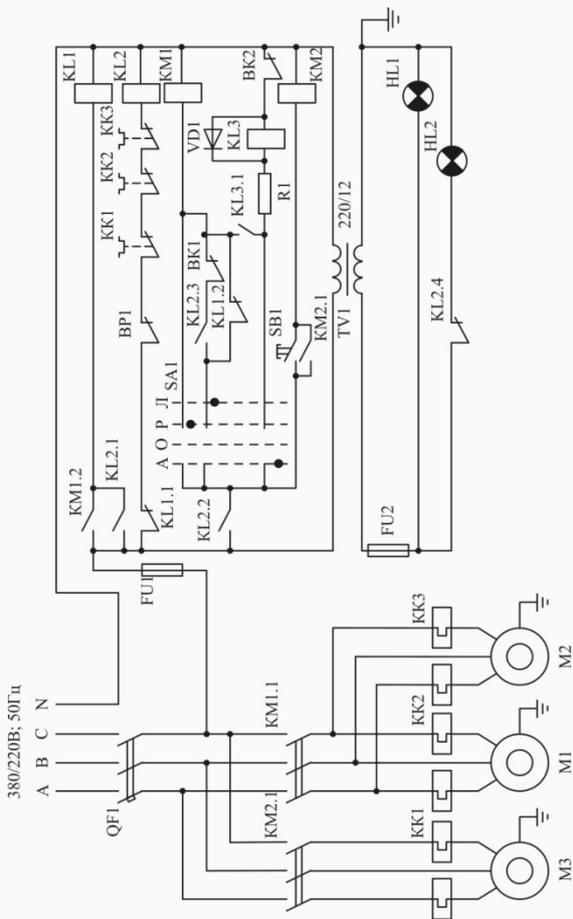
Список использованной литературы

1. Гурницкий В.Н. Проектирование систем электрификации (часть 1). Справочное пособие. – Ставрополь, изд-во тип. СГСХА, 2000. – 300 с.
2. Ерошенко Г.П., Пястолов А.А. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации электрооборудования. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
3. Коганов И.А. Курсовое и дипломное проектирование – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 351 с.
4. Басов А.М., Быков В.Г., Лаптев А.В., Файн В.Б. Электротехнология – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
5. Мартыненко И.И., Тищенко Л.П. Курсовое и дипломное проектирование по комплексной электрификации и автоматизации. – М.: Колос, 1978. – 223 с.
6. Захаров А.А. Применение теплоты в сельском хозяйстве. – М.: Агро-промиздат, 1986. – 206 с.
7. Пчелкин Ю.Н, Сорокин А.И. Устройства и оборудование для регулирования микроклимата в тепличных помещениях. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 216 с.
8. Справочник по применению электрической энергии в сельском хозяйстве / Под ред. П.Н. Листова. – М.: Колос, 1974. – 473 с.
9. Баев В.И. Практикум по электроосвещению и облучению. – М.: Агро-промиздат, 1981. – 175 с.
10. Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 186 с.
11. Жилинский Ю.М., Кумин В.Д. Электрическое освещение и облучение. – М.: Колос, 1982. – 276 с.
12. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 6-е издание, М.: Энерго-атомиздат, 2000. – 610 с.
13. Минаков В.Ф., Платонов В.В., Редькин В.М. Создание каталога и типизация электромагнитных, электромеханических и энергетических параметров асинхронных двигателей. – Ставрополь, изд-во СКНЦ ВШ, 1995. – 152 с.
14. Михальчук А.Н. Спутник сельского электрика. Справочник, 2-е изд., М.: Росагропромиздат, 1989. – 120 с.

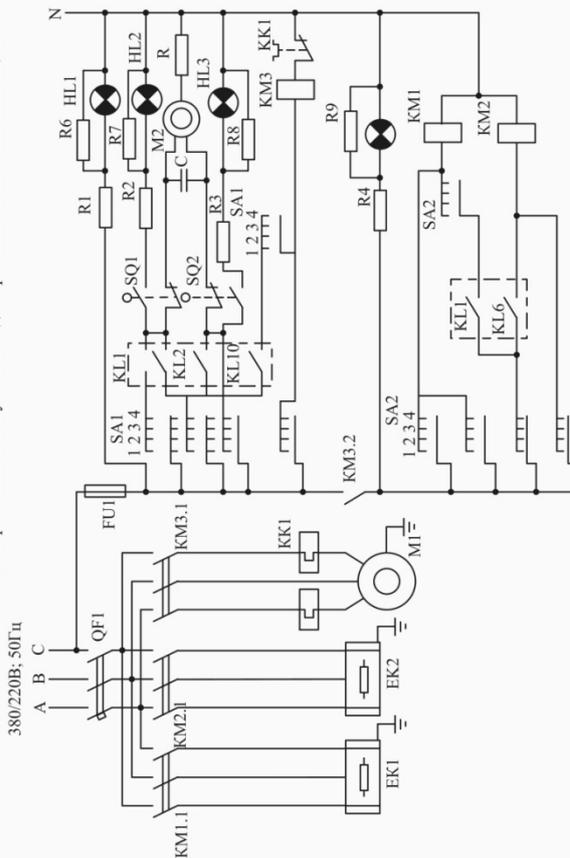
ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Пример оформления второго листа графической части

Электрическая схема холодильной фреоновой установки



Электрическая схема установки для приточно-вытяжной вентиляции



Холодильную фреоновую установку устанавливают для охлаждения различных жидкостей, а также для охлаждения помещений. Она имеет три приводных электродвигателя: насоса фреона, вентилятора и насоса воды. Предустановки плавный пускочувствитель, который позволяет избежать пиковых токов при пуске. Режимы ручного управления: Д-режим получения пда. Работа установки начинается с замыкания автоматического выключателя QF1. При этом включается понижающий трансформатор TV1, питающий сигнальные лампы HL1 и HL2. Промежуточное реле KL2 своими контактами подает питание на SA1, отключается лампа HL2 - схема готова к работе.

Перечень элементов

Исх. обозначение	Наименование	Кол	Примечание
M	Электродвигатель	5	
BK	Тепловой датчик	2	
BP	Датчик давления	1	
VD	Дифф	1	
TV	Трансформатор напряжения	1	
HL	Световая сигнализация	6	
R	Релеистор	1	
QF	Автоматический выключатель	2	
SB	Кнопочный выключатель	1	
KK	Реле электроцепное	4	
SQ	Выключатель пусковой	2	
KM	Магнитный пускатель	5	
FU	Предохранитель плавкий	3	
EK	Электронагреватель	2	

В приточно-вытяжной установке совмещены системы управления приточного воздуха, подачи и подогрева наружного воздуха в шахте специальной конструкции. Таких шахт несколько, и каждая из них оборудована силовым блоком с пусковой защитой и сигнальной аппаратурой. Управление осуществляется с помощью промежуточного реле KL1 (открытие заслонок), KL2 (закрытие заслонок), KL10 (включение вентилятора), KL3 (включение первой секции нагревателя EK1), KL6 (включение второй секции нагревателя EK2). Для централизованного управления переключателями SA1 (управление заслонками и вентилятором) и SA2 (управление нагревателями) устанавливаются в положение 1. В положениях 2 и 4 SA1 происходит открытие или закрытие заслонок, а в положении 3 ручной запуск вентилятора. Ручное включение секций нагревателя осуществляется при переключении SA2 в положение 3 (первая секция) и 4 (вторая секция).

Классификация		Классификация	
Исх. обозначение	Наименование	Исх. обозначение	Наименование
М	Электродвигатель	М	Электродвигатель
BK	Тепловой датчик	BK	Тепловой датчик
BP	Датчик давления	BP	Датчик давления
VD	Дифф	VD	Дифф
TV	Трансформатор напряжения	TV	Трансформатор напряжения
HL	Световая сигнализация	HL	Световая сигнализация
R	Релеистор	R	Релеистор
QF	Автоматический выключатель	QF	Автоматический выключатель
SB	Кнопочный выключатель	SB	Кнопочный выключатель
KK	Реле электроцепное	KK	Реле электроцепное
SQ	Выключатель пусковой	SQ	Выключатель пусковой
KM	Магнитный пускатель	KM	Магнитный пускатель
FU	Предохранитель плавкий	FU	Предохранитель плавкий
EK	Электронагреватель	EK	Электронагреватель

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева В. Н., Стародубцева Г. П., Любая, С. И. Предпосевная обработка семян пшеницы озоном // Аграрная наука. – 2008. - № 5. – С. 19-20.
2. Авдеева В. Н., Безгина Ю. А., Гринченко В. А. влияние физических факторов на состав грибной инфекции в зерне озимой пшеницы // Современные проблемы науки и образования. – 2014. № 2. – С. 14-18.
3. Авдеева В. Н., Безгина Ю. А., Гринченко В. А. Подавление патогенов зерна озимой пшеницы р.*Penicillium* озоном и полем отрицательного коронного разряда // Вестник АПК Ставрополья. 2014. № 2. С.8-11.
4. Авдеева В. Н., Молчанов А. Г., Безгина Ю. А. Экологический метод обработки семян пшеницы с целью повышения их посевных качеств // Современные проблемы науки и образования. – 2012. № 2. – С. 39-40.
5. Антонов С. Н. Аппараты магнитной обработки воды. Проектирование, моделирование и исследование : монография / С. Н. Антонов, А. И. Адошев, И. К. Шарипов, В. Н. Шемякин. – Ставрополь : АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2014. – 220 с.
6. Антонов С. Н. Моделирование магнитной системы двухкатушечного аппарата магнитной обработки вещества в программном комплексе EICut / Материалы за 8-а международна научна практична конференция, «Образованието и науката на XXI век», – 2012. Том 47. Технологии. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД – 80 с.
7. Антонов С. Н. Необходимость использования автоматизированного рабочего места проектировщика для выпускного курса ФЭСХ / в сб. научн. трудов Информационные и коммуникационные технологии и их роль в активизации учебного процесса в вузе. СтГАУ – Ставрополь : АГРУС, 2009. – С.3-5.
8. Антонов С. Н. Нормоконтроль как средство повышения качества выполняемых дипломных проектов или работ / в сборнике научных трудов Совершенствование учебного процесса в вузе на основе информационных и коммуникационных технологий. СтГАУ. – Ставрополь : АГРУС, 2010. – С.7-10.
9. Антонов С. Н. Оптимизация магнитной системы аппарата магнитной обработки воды *Materiali VII Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Europejska nauka XXI powieka – 2011» Volume 21. Techniczne nauki.: Przemysl. Nauka I studia – 112str.*
10. Антонов С. Н. Основы электропривода Методические указания по выполнению лабораторных работ / С. Н. Антонов, И. В. Атанов,

- Л. Л. Иунихин, А. А. Лысаков, Е. В. Коноплев; ФГОУ ВПО Ставроп. гос. аграр. ун-т. – Ставрополь: Изд-во Ст.ГАУ «АГРУС», 2005. – 44 с.
11. Антонов С. Н. Отказоустойчивые сети : Монография / И. К. Шарипов, В. Н. Шемякин, С. Н. Антонов; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: АГРУС, 2010. – 204 с.
 12. Антонов С. Н. Проектирование магнитных систем электротехнических устройств : учебное пособие / С. Н. Антонов, Д. Е. Кофанов ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС, 2011. – 240 с.
 13. Антонов С. Н. Проектирование систем электрификации / методические указания и задание для курсового проекта [С. Н. Антонов, И. В. Атанов, М. Я. Ашмарин, В. П. Горшколепов, Л. Л. Иунихин] / ФГОУ ВПО СтГАУ – Ставрополь : АГРУС, 2004. – 40 с.
 14. Антонов С. Н. Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения : учебное пособие / С. Н. Антонов, Д. В. Данилов ; ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС, 2010. – 272 с.
 15. Антонов С. Н. Проектирование электроэнергетических систем: Учебное пособие / С. Н. Антонов, Е. В. Коноплев, П. В. Коноплев, А. В. Ивашина – Ставрополь: «АГРУС», 2014 – 104 с.
 16. Антонов С. Н. Разработка методических указаний к выполнению курсовой работы по дисциплине «Электропривод сельскохозяйственных машин» // в сб. научн. трудов Активизация учебного процесса с помощью информационных и коммуникационных технологий. Ст.ГАУ – Ставрополь, 2005. – С. 24-25.
 17. Антонов С. Н. Расчет и выбор электроприводов сельскохозяйственного назначения: учебно-методическое пособие / Никитенко Г. В., Атанов И. В., Антонов С. Н., Кофанов Д. Е. – Ставрополь: 2008 – 115 с.
 18. Антонов С. Н., Адошев А. И. Опыт проведения энергетических обследований государственных и муниципальных объектов / Вестник АПК Ставрополья. – 2014.-№1(13) – С. 49-52.
 19. Антонов С. Н., Адошев А. И., Шарипов И. К. Энергоаудит сельскохозяйственных предприятий Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сборник научных трудов – Ставрополь: АГРУС, 2014. – С. 26-29
 20. Антонов С. Н., Атанов И. В. Разработка стенда по определению эффективности магнитной обработки воды / Методы и технические средства повышения эффективности использования электрообору-

- дования в промышленности и сельском хозяйстве: сборник научных трудов по материалам 74-й научно-практической конференции СтГАУ. – Ставрополь: АГРУС, 2010. – С.13-15
21. Антонов С. Н., Гурницкий В. Н., Никитенко Г. В., Атанов И. В. Магнитом по воде / Изобретатель и рационализатор. – 2001. – №2. – С. 12.
 22. Антонов С. Н., Гурницкий В. Н., Никитенко Г. В., Атанов И. В. Определение эффективности магнитной обработки воды при питании намагничивающей катушки аппарата от источников однополупериодного и двухполупериодного выпрямления / Физико-технические проблемы создания новых технологий в АПК: материалы I Российской науч. –практ. конф. (Ставрополь, 13-16 июня 2001 г.) / Ст.ГАУ. – Ставрополь, 2001. – С. 59-61.
 23. Антонов С. Н., Ивашина А. В. Аппарат магнитной обработки воды / Механизация и электрификация с.-х. – 2009.-№8. – С. 31-32.
 24. Антонов С. Н., Ивашина А. В. Контроль влажности сыпучих сельскохозяйственных материалов в потоке / Механизация и электрификация с.-х. – 2009.-№7.– С. 23-25.
 25. Антонов С. Н., Ивашина А. В. Поточный влагомер сыпучих материалов / Сельский механизатор – 2009. - №6. – С. 24 – 25.
 26. Антонов С. Н., Шарипов И. К., Шемякин В. Н., Адошев А. И. Моделирование магнитных систем с использованием систем автоматизированного проектирования / Достижения науки и техники АПК – 2010.-№10. – С.75-78.
 27. Атанов И. В. Применение энергосберегающей технологии и оборудования для оптического облучения рассады овощных культур зимних теплиц : / практические рекомендации / И. В. Атанов, И. Г. Минаев, А. Г. Молчанов, В. В. Самойленко. – Ставрополь :АГРУС Ставропольского гос. Аграрного ун-та, 2013. – 52с.
 28. Ашмарин М. Я, Лысаков А. А. Электротехнологии и энергосбережение в сельском хозяйстве. // Методические указания к лабораторным работам. - Ставрополь: Изд-во «АГРУС», 2007. – 40 с.
 29. Ашмарин М. Я, Лысаков А. А. Электротехнология. Том 2. Электронагрев. // Методические указания к лабораторным работам. - Ставрополь: Изд-во «АГРУС», 2007. – 40 с.
 30. Коноплев Е. В. Автономная энергетика / Никитенко Г. В., Коноплев Е. В. // Сельский механизатор № 1, 2007 - С. 25.
 31. Лысаков А. А. Влияние различных физических факторов на сохранность картофеля // Вестник АПК Ставрополья. 2012. № 1. С. 14-16.
 32. Лысаков А. А. Воздушный электрофильтр // Сельский механизатор. 2014. № 2. С. 34-35.

33. Лысаков А. А. Оптимизация параметров очистки электрического фильтра // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 3. – С. 53-56.
34. Молчанов А. Г. Энергосберегающее оптическое облучение промышленных теплиц: монография / А. Г. Молчанов, В. В. Самойленко; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: АГРУС, 2013. – 120 с.
35. Никитенко Г. В. Математическое моделирование физических процессов в аппаратах магнитной обработки воды: монография. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2003. – 124 с.
36. Никитенко Г. В. Сборник оценочных средств для итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заведений / Л. П. Андрианова, И. Г. Минаев, Г. В. Никитенко, Ю. А. Медведко. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – 352 с.
37. Никитенко Г. В. Электромагнитные технологии и технические средства для энергосистем тепловодоснабжения: монография. – Ставрополь: АГРУС, 2006. – 160 с.
38. Никитенко Г. В. Электропривод производственных механизмов: учебное пособие / Г. В. Никитенко; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: АГРУС, 2012. – 240 с.
39. Никитенко Г. В. Электропривод производственных механизмов: учебное пособие. – 2-е изд., испр. И доп. – СПб.: Из-во «Лань», 2013. – 224 с.
40. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В. Выбор и обоснование варианта электроснабжения удаленных потребителей В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве – Ставрополь: АГРУС СтГАУ, 2009. С. 260-265.
41. Пат. 2459392 Российская Федерация, МПК Н 05 В 41 / 00. Способ питания натриевых ламп высокого давления и устройство для его осуществления / Минаев И. Г., Молчанов А. Г., Самойленко В. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ. -2011126046107; заявл. 27.06.2011; опубл. 20.08.2012, Бюл. №23.
42. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005610257 Метод симметричных составляющих // Воротников И. Н., Данченко И. В., Коноплев Е. В. от 27.09.04.
43. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006612738 Электроснабжение сельского хозяйства // Коноплев Е. В., Нагорный А. В., Лысаков А. А., Ивашина А. В. от 06.07.06.
44. Стародубцева Г. П., Авдеева В. Н. Эффективные методы снижения токсичности зерна и кормов, поражённых микотоксинами // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 7. С.28-30.

45. Стародубцева Г. П., Авдеева В. Н., Молчанов А. Г. Подавление колоний грибов р.*Penicillium* в зерне озимой пшеницы при хранении // Современные проблемы науки и образования. – 2014. № 2. – С. 1-4.
46. Хорольский В. Я. Импульсные напряжения в сетях электропитания / В. Я. Хорольский, А. Б. Ершов, В. Н. Шемякин. – Ставрополь : «АГРУС», 2004. 152 с.
47. Хорольский В. Я., Медведев А. А., Жданов В. Г. Задачник по эксплуатации электрооборудования / В. Я. Хорольский, А. А. Медведев, В. Г. Жданов. – Ставрополь : 1997. 168 с.
48. Хорольский В. Я., Таранов М. А. Надежность электроснабжения / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов. – Ростов-на Дону: «Терра Принт», 2007. 120 с.
49. Хорольский В. Я., Таранов М. А., Петров Д. В. Технико-экономическое обоснование дипломных проектов / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов, Д. В. Петров. – Ставрополь : «АГРУС», 2004. 168 с.
50. Эксплуатация электрооборудования / Хорольский В. Я., Жданов В. Г., Шемякин В. Н., Авдеева В. Н. Ставрополь, «АГРУС», 2004. 176 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	4
2 ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	5
3 СОСТАВ, СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	7
4 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .	9
5 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ	11
6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	20
6.1 Проектирование электропривода сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий.....	20
6.2 Проектирование освещения и облучения	27
6.3 Проектирование вентиляции и обогрева помещений	29
6.4 Проектирование водоснабжения.....	31
6.5 Проектирование горячего водоснабжения	32
6.6 Проектирование электротехнологической установки	33
6.7 Проектирование электрических схем автоматизации и управления технологическими процессами	34
7 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ВЫБОР ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ И РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	41
7.1 Расчет электрических нагрузок	41
7.2 Выбор источника питания	43
7.3 Расчет наружных электрических сетей	43
8 РАСЧЕТ И ВЫБОР ВНУТРЕННИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ. ВЫБОР РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ И ЩИТОВ	44

8.1 Аппараты управления и защиты напряжением до 1000 В и их выбор	45
8.2 Проверка защитных аппаратов на срабатывание при токах короткого однофазного замыкания и по предельной отключающей способности	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А Образец задания	48
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Оформление титульного листа	50
ПРИЛОЖЕНИЕ В Пример оформления курсового проекта.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Пример оформления первого листа графической части	82
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Пример оформления второго листа графической части	83
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	84

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Антонов Сергей Николаевич

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СИСТЕМ
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ**

Учебное пособие
для выполнения курсового проекта по дисциплине
«Проектирование систем электрификации
и автоматизации технологических процессов»