

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Алтынова Надежда Витальевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 16.06.2026 13:35:48

Уникальный программный ключ:

462c2135e66a27da081de9297ee6129e7d2f3738

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«**Чувашский государственный аграрный университет**»

(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Механизация, электрификация и автоматизация
сельскохозяйственного производства»

Белов Е.Л., Шаронова Т.В., Свешников А.Г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Учебно-методическое пособие
для выполнения курсового проекта по дисциплине
«Проектирование электротехнологических систем» для студентов,
обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 –
Агроинженерия профиля Электрооборудование и
электротехнологии

Чебоксары 2023

УДК 631.371:621.311.1
ББК

Составители: Белов Е.Л., Шаронова Т.В., Свешников А.Г.

Рецензенты: доцент кафедры «Технический сервис» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет», к.т.н., доцент Новиков А.М.; доцент кафедры машиноведения ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», к.т.н., доцент Тончева Н.Н.

Учебное-методическое пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование электротехнологических систем» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 – Агроинженерия профиля Электрооборудование и электротехнологии / Е.Л. Белов, Т.В. Шаронова, А.Г. Свешников,. - Чебоксары: Чувашский ГАУ, 2023. – 55 с.

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

Учебно-методическое пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование электротехнологических систем» рассмотрено и рекомендовано к изданию методической комиссией инженерного факультета протокол № 8 от «20» апреля 2023 г.

© Белов Е.Л., Шаронова Т.В., Свешников А.Г., 2023
© ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, 2023

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 электротехнологических систем 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 электротехнологических систем». Эта дисциплина, по существу, итоговая, обобщающая и систематизирующая теоретические положения ряда предшествующих ей дисциплин: «Электрический привод», «Электротехнология», «Электроснабжение», «Автоматизация технологических процессов», «Светотехника» и др. Поэтому при курсовом проектировании по дисциплине «Проектирование электротехнологических систем» необходимо использовать ранее полученные знания по перечисленным смежным дисциплинам.

Цели курсового проектирования:

- закрепление теоретических знаний, полученных при изучении основной дисциплины «Проектирование электротехнологических систем»; 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: молочнотоварной 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 фрукто-хранилища, 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 общепромышленных 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, свиноводник-маточник 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 электротехнологических систем»:

- «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 должны

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), \emptyset (диаметр), < (меньше), > (больше), = (равно), \neq (не равно), № (номер), % (процент), \geq (больше или равно), \leq (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, A 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 элементов. 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 многоуровневые преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговорители, микрофоны, термоэлектрические чувствительные элементы, детекторы ионизирующих излучений, звукозаписывающие аппараты, 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

M	Двигатели	Двигатели постоянного и переменного тока
P	Приборы, измерительное оборудование	Показывающие, регистрирующие 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
А	Устройство (общее обозначение)		
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многоуровневые преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель	ВА
		Магнитострикционный элемент	ВВ
		Детектор ионизирующих излучений	ВД
		Сельсин-приемник	ВЕ
		Телефон (капсюль)	ВФ
		Сельсин-датчик	ВС
		Тепловой датчик	ВК
		Фотоэлемент	ВЛ
		Микрофон	ВМ
		Датчик давления	ВП
		Пьезоэлемент	ВQ
		Датчик частоты вращения (тахогенератор)	ВR
		Звукосниматель	BS
Датчик скорости	BV		
С	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

Н	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	НА
		Индикатор символный	НГ
		Прибор световой сигнализации	НЛ
К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое	КА
		Реле указательное	КН
		Реле электротепловое	КК
		Контактор, магнитный пускатель	КМ
		Реле времени	КТ
		Реле напряжения	КV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
М	Двигатели		
Р	Приборы, измерительное оборудование Примечание. Сочетание РЕ применять не допускается	Амперметр	РА
		Счетчик импульсов	РС
		Частотомер	РF
		Счетчик активной энергии	РI
		Счетчик реактивной энергии	РК
		Омметр	РR
		Регистрирующий прибор	РS
		Часы, измеритель времени действия	РT
		Вольтметр	РV
		Ваттметр	РW
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	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
		от уровня	SL
		от давления	SP

	контактов силовых цепей	от положения (путевой)	SQ
		от частоты вращения	SR
		от температуры	SK
Т	Трансформаторы, авто-трансформаторы	Трансформатор тока	ТА
		Электромагнитный стабилизатор	ТС
		Трансформатор напряжения	ТВ
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
		Аттенюатор	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 плата	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.

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 ГОСТ2.302-68 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 (Чувашский ГАУ, 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	-	202
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 230/400 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 быстроходные 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, влагохимостойкой или химовлагоморозостойкой 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 также 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-II 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, 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-1б	<p>зоны в помещениях, в которых опасные состояния характерные для зон класса В-1, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей имеющих следующие особенности:</p> <p>1) горючие газы обладают высоким нижним концентрированным пределом воспламенения (1% и более) и резким запахом;</p> <p>2) помещения производств, связанных с газообразным водородом, в которых исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающим 5% свободного объема помещения;</p> <p>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</p>	<p>Без средств взрывозащиты, оболочка со степенью защиты не менее IP44</p>
В-1г	<p>пространства у наружных установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ</p>	<p>Повышенной надежности против взрыва</p>
В-П	<p>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</p>	<p>взрывобезопасное</p>
В-Пa	<p>зоны в помещениях, в которых опасные состояния характерные для зон класса В-П, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей</p>	<p>без средств взрывозащиты, оболочка со степенью защиты IP54</p>

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_3 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 ламп допускается расхождение с номинальным потоком – $10\dots+20\%$, 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 , $k_3 = 1,3$ (лампы накаливания), $k_3 = 1,5$ (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 СФ0А16-100/0,5, СФ0А5/0,5ТЦ-М2/1 и СФ0А10/0,5ТЦ-М2/2 мощностью от 5 до 94 кВт.

Мощность электрокалорифера (кВт) определяют из выражения:

$$P_k = k_z P_T / \eta_k$$

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

P_m – теплоотдача калорифера, кВт;

η_k – КПД калорифера (при установке непосредственно в обогреваемом помещении $\eta_k = 1$, при установке в другом помещении $\eta_k = 0,9$).

Теплоотдачу калорифера определяют на основании теплового баланса помещения:

$$P_T = P_0 + P_B - P_{\text{Ж}}$$

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

$$P_0 = \sum K_T F \Delta T \cdot 10^{-3}$$

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):

$$P_B = c \gamma Q_B \Delta T_{\text{кв}} \cdot 10^{-3}$$

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

γ – плотность наружного воздуха, кг/м³;

Q_n – объем помещения, м³;

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

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

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

где $i=1,2,\dots,m$;

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):

$$I_э = P_э / U_{\phi}$$

где U_{ϕ} – 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_v (м³/ч), которую определяют с учетом расчетного воздухообмена Q , и расчетное полное давление P_v (Па), которое должен развивать вентилятор:

$$N_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}} P_{\text{в}}}{3,6 \cdot 10^6 \eta_{\text{в}} \eta_{\text{пер}}}$$

где $\eta_{\text{в}}$ – КПД вентилятора (в зависимости от его характеристики);

$\eta_{\text{пер}}$ – КПД передачи (при непосредственной насадке рабочего коле

са вентилятора на вал электродвигателя $\eta_{\text{пер}} = 1$, при соединении че-

рез муфту $\eta_{\text{пер}} = 0,98$ и для клиноременных передач $\eta_{\text{пер}} = 0,95$).

Установленная мощность электродвигателя:

$$N_{\text{уст}} = k_3 \cdot N_{\text{в}}$$

где k_3 – 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 $10\text{...}30 \text{ м}^3/\text{ч}$ используют башенную водонапорную установку. Если расход воды составляет $30\text{...}65 \text{ м}^3/\text{ч}$, 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 $H_{нас}$ по справочникам, подбирают соответствующий насос с соблюдением условий:

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

и рассчитывают мощность насоса $P_{нас}$.

По расчетной мощности насоса $P_{нас}$ определяется расчетная мощность электродвигателя $P_{дв}$ к выбранному насосу и по каталогу подбирается соответствующий электродвигатель с соблюдением условия

$$P_n \geq P_{дв},$$

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 $4,2 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$;

t_n – начальная температура, для воды из водопроводной сети

принимается 6 °С;

N – количество голов.

Рассчитывается мощность электроводонагревательной установки, кВт:

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

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 приточновытяжные 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 линиями 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 одного или двухбуквенного кодов (например, КМ – магнитный пускатель). Причем если в схеме содержится только один из группы элементов, имеющих 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, совмещение 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 постороннего 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 глухо-заземленной 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 электро- отопления, 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 $k_0 = 1$.

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 обратнoзависимую 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, 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 обратнoзависимую 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 мм² 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 0,4/0,22 кВ ударный коэффициент $k_{уд} = 1$) [15].

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Образец задания

ФГБОУ ВО

ЧУВАШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Инженерный факультет

**Кафедра механизации, электрификации и автоматизации
сельскохозяйственного производства**

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по дисциплине

"ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ"

Тема проекта _____

Студент

_____ (Ф.И.О.) (подпись)

Преподаватель _____
(Ф.И.О.) (подпись)

Дата выдачи " ____ " _____ 20__ г.

Чебоксары 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 образования

«Чувашский государственный аграрный университет»

(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине:

«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

на тему:

« _____ »

Выполнил студент гр. АИ2-2м

Работу принял: к.т.н., доцент

Белов Е.Л.

Чебоксары 2023

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ананьин, А. Д. Учебно-методическое объединение вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию: по дорогам реформ: справочное издание / А. Д. Ананьин. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2009. – 116 с.
2. Бакалавр и магистр по агроинженерии: каким им быть?: научное издание / А. Д. Ананьин, П. Ф. Кубрушко, В. И. Серебровский и др. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2009. – 136 с.
3. Бастрон, А.В. Государственная итоговая аттестация [Электронный ресурс]: метод. указания / А.В. Бастрон, Т.Н. Бастрон; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2019. – 49 с.
4. ГОСТ 2.105–95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. – М.: ИПК Изд-во стандартов. – 37 с.
5. ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.
6. ГОСТ 7.32 – 2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
7. ГОСТ Р 7.0.11-2011 Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. – М.: Стандартинформ, 2012. – 18 с.
8. Государственная итоговая аттестация выпускников магистратуры по направлению «Агроинженерия»: учебное пособие / А. И. Завражнов, А. Д. Ананьин, В. П. Капустин, С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, А. В. Брусенков ; под общ. ред. А. И. Завражнова. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – 132 с.
9. Завражнов, А. И. Подготовка и защита диссертации: методические рекомендации / А. И. Завражнов, В. П. Капустин, А. С. Гордеев. – Мичуринск: ООО «БиС», 2012. – 92 с.
10. Капустин, В. П. Основы научных исследований и патентоведения: лекции к курсу / В. П. Капустин. – Тамбов: ИПЦ ТГТУ, 1996. – 84 с.
11. Капустин, В. П. Повышение качества подготовки диссертаций и авторефератов / В. П. Капустин // Наука в центральной России. – 2015. – № 5(17). – С. 53 – 61.
12. Кузин, Ф.А. Диссертация. Методика написания. Правила оформления. Порядок защиты [Текст]: практическое пособие для докторантов, аспирантов и студентов. – 4-е изд. – М: Ось – 89, 2011 – 448 с.
13. Кузин, Ф.А. Кандидатская диссертация. Методика написания, правила оформления и порядок защиты: практическое пособие для аспирантов и соискателей ученой степени. – 11-е изд. – М: Ось – 89, 2011. – 224 с.

14. Кузин, Ф.А. Магистерская диссертация. Методика написания, правила оформления и процедура защиты. Практическое пособие для студентов магистрантов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: "Ось-89", 1999. - 304с.)
15. Кузнецов, И. Н. Диссертационные работы: методика подготовки и оформления: учебно-методическое пособие / И. Н. Кузнецов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство – торговая корпорация «Дашков и К°», 2006. – 452 с.
16. Кузнецов, И.Н. Диссертационные работы. Методика подготовки и оформления: учебно-методическое пособие – 4-е изд. – М: Издательско-торгов. корпорация «Дашков и Ко », 2010 – 488 с.
17. Методические рекомендации по определению показателей энергоёмкости производства сельскохозяйственной продукции. – М.: ВИЭСХ, 1990. – 41 с.
18. Научно-методические аспекты подготовки магистерских диссертаций: учебное пособие / С. И. Дворецкий, Е. И. Муратова, О. А. Корчагина, С. В. Осина. – Тамбов: ТОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2006. – 84 с.
19. Основы научных исследований: учебное пособие / Б. И. Герасимов, В. В. Дробышева, Н. В. Злобина, и др. – М.: Форум, 2009. – 272 с.
20. Подготовка и выполнение выпускной квалификационной работы магистра (магистерской диссертации) по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия, профиль - Электрооборудования и электротехнологии [Текст]: методические указания / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова"; [составители: В. А. Трушкин, О. Н. Чурляева]. - Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2019. - 36, [2] с.: табл.; 21 см.
21. Райзберг, Б.А. Диссертация и ученая степень: пособие для соискателей. – 10-е изд. – М.: ИНФРА – М., 2011 – 240 с. 22

Учебно-методическое пособие

Белов Евгений Леонидович
Шаронова Татьяна Вячеславовна
Свешников Артемий Григорьевич

Учебно-методическое пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование электротехнологических систем»

Учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 – Агроинженерия профиля подготовки Электрооборудование и электротехнологии

Компьютерный набор, верстка Белов Е.Л.
Подписано в печать 29.04.2023. Формат 210×297/16.
Бумага писчая. Печать оперативная.
Усл. п.л. 5,0. Тираж 100 экз. Заказ ___
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»
428000, Чебоксары, ул. К. Маркса, 29

Отпечатано на участке оперативной полиграфии
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»
428000, Чебоксары, ул. К. Маркса, 29