

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И
ОБРАЗОВАНИЯ

Петуховский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства
– филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С.
Мальцева»

**ПМ 02. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**МДК 02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и
трансформаторных подстанций**

Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников
средних профессиональных учебных заведений по специальности
35.02.08 - «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Рекомендовано научно-методическим
советом техникума

Автор: Бутенко Е.В., преподаватель электротехнических дисциплин
Петуховского техникума механизации и электрификации сельского хозяйства

Рецензент: Часовщиков В.А., преподаватель электротехнических дисциплин
Петуховского техникума механизации и электрификации сельского хозяйства

ПМ 02. Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий МДК 02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций: методические указания и контрольные задания для студентов-заочников сред. проф. учеб. заведений по специальности 35.02.08- «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства"/
Е.В.Бутенко.- Петухово, 2016.- 33с.

Настоящее пособие предназначено для студентов-заочников технических специальностей сельскохозяйственных средних учебных заведений. Данные указания рекомендуются для успешного выполнения контрольной работы в рамках программы междисциплинарного курса МДК 02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций профессионального модуля ПМ 02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности 35.02.08 Электрификации и автоматизации сельского хозяйства.

Пособие содержит краткие указания к выполнению контрольной работы, рекомендации по оформлению и защите работы, а также решения некоторых задач, тщательный разбор которых поможет студенту-заочнику выполнить соответствующую контрольную работу.

© Е.В. Бутенко, 2016

© Петуховский техникум механизации и
электрификации сельского хозяйства, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1 Цели методических указаний | 5 |
| 2 Примерный тематический план междисциплинарного курса | 6 |
| 3 Методические указания по выполнению контрольной работы | 11 |
| 3.1 Общие положения | 11 |
| 3.2 Требования к оформлению домашней контрольной работы | 11 |
| 3.3 Требования к выбору варианта домашней контрольной работы | 13 |
| 3.4 Консультации | 13 |
| 3.5 Примеры выполнения заданий | 13 |
| 4 Критерии оценки домашней контрольной работы | 26 |
| 5 Задания для домашней контрольной работы | 27 |
| Заключение | 31 |
| Список литературы | 32 |

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания с контрольными заданиями предназначены для выполнения домашней контрольной работы студентами заочной формы обучения средних специальных учебных заведений, осваивающих ППССЗ по специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Основное назначение МДК 02.01 Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций состоит в формировании у студентов профессиональных компетенций: ПК 2.1 Выполнять мероприятия по бесперебойному электроснабжению сельскохозяйственных предприятий. ПК 2.2 Выполнять монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций. ПК 2.3 Обеспечивать электробезопасность по виду профессиональной деятельности ВПД 2 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий и получении в соответствии с требованиями ФГОС знаний по производству, передаче и распределению электрической энергии; техническим характеристикам проводов, кабелей и методике их выбора для внутренних проводок и кабельных линий; методике выбора схем типовых районных и потребительских трансформаторных подстанций.

Курс заочного обучения предусматривает получение знаний и умений по организации бесперебойного и качественного электроснабжения сельскохозяйственных организаций на основе знаний математики, физики, основ электротехники, материаловедения, основ технической механики. В структуре ППССЗ знания и умения, освоенные по МДК являются одной из основных составляющих в освоении других ПМ и МДК, что обеспечивает выработку ОК и ПК по специальности.

Пособие составлено в соответствии с программой междисциплинарного курса МДК 02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций профессионального модуля ПМ 02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий. Методические указания содержат теоретические пояснения к выполнению контрольной работы, примеры выполнения заданий, что позволит студенту выполнить успешно контрольную работу.

1 ЦЕЛИ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

Основная цель данных методических указаний – помочь студентам заочной формы обучения освоить программу междисциплинарного курса МДК 02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций профессионального модуля ПМ 02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий

Студенты должны знать сведения о производстве, передаче и распределении электрической энергии, технические характеристики проводов, кабелей и методику их выбора для внутренних проводок и кабельных линий, методику выбора схем типовых районных и потребительских трансформаторных подстанций, безопасно выполнять монтажные работы, в том числе на высоте.

2 ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

2.1. Объем и виды учебной работы

Таблица 1 – Объем и виды учебной работы по МДК 02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций

| Вид учебной работы | Количество часов | |
|--|------------------|---------------|
| | очная форма | заочная форма |
| Максимальная учебная нагрузка (всего) | 127 | 127 |
| Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) | 90 | 28 |
| в том числе: | | |
| лабораторные работы | 22 | 14 |
| практические занятия | 10 | 2 |
| контрольные работы | 1 | - |
| Самостоятельная работа обучающегося (всего) | 37 | 99 |
| <i>Итоговая аттестация в форме зачета</i> | | |

2.2 Примерный тематический план и содержание МДК 02.01

Таблица 2 – Тематический план МДК 02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций

| наименование разделов и тем | содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся | объем часов при очной форме | объем часов при заочной форме |
|---|--|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Тема 1.1 Общие сведения о производстве электрической энергии | Технологический процесс производства, распределения и потребления электрической энергии. Типы электростанций и подстанций. Задачи сельского электроснабжения. Качество электрической энергии и его показатели. Номинальные напряжения элементов схем электроснабжения. Источники и схемы электроснабжения сельскохозяйственных районов | 2 | 2 |
| | Самостоятельная работа | | |
| | Работа с нормативными документами по качеству ЭЭ (ГОСТ Р 54149 -2010) | 4 | 4 |
| Тема 1.2 Изолированные провода и кабели. Внутренняя электропроводка | Токопроводящие и изолирующие материалы. Изолированные провода и кабели, их конструкция, краткая характеристика и область применения. Допустимая температура нагрева. | 2 | 2 |
| | Внутренние электропроводки, их виды и зависимость от типа помещений. | 2 | |
| | Прокладка кабеля. Выполнение схем проводок, условные обозначения. | 2 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|---|----------------|
| | Защита электрооборудования от короткого замыкания и перегрузки. Выбор плавких вставок предохранителей, автоматов для защиты электрооборудования. Выбор проводов и кабелей | 2 | |
| | Практические занятия | | |
| | Выбор предохранителей для защиты потребителей, проводов и кабелей | 2 | задание №1 ДКР |
| | Выбор автоматических выключателей для защиты потребителей, проводов и кабелей | 2 | |
| | Составление плана внутренней проводки | 2 | |
| | Самостоятельная работа | | |
| | Расчет мощности токоприемников и выбор защитных аппаратов и проводов для жилого дома. Подготовка выступления по этой работе | 6 | 18 |
| Тема 1.3. Неизолированные провода. Самонесущие изолированные провода. Устройство воздушных линий. | Неизолированные провода, применяемые в воздушных линиях. Устройство воздушных линий электропередач. Изоляторы. Опоры. Арматура. Понятие о механических нагрузках на провода и опоры. Габариты линий, вводы в здания. | 2 | |
| | Самонесущие изолированные провода. | 2 | |
| | Лабораторная работа | | |
| | Устройство воздушных линий | 2 | 2 |
| | Самостоятельная работа | | |
| | Подготовка к зачету по ЛР | 1 | 5 |
| Тема 1.4. Устройство кабельных линий | Кабельные линии. Общие сведения о низковольтных кабельных линиях. Назначение кабельных линий, их преимущества и недостатки. Конструкция низковольтных кабельных линий и область их применения. Сведения по сооружению кабельных линий. Кабельная арматура. | 2 | |
| | Самостоятельная работа | | |
| | Заполнить сравнительную таблицу ВЛ и КЛ | 1 | 3 |
| Тема 1.5. Высоковольтная аппаратура и токоведущие части распределительных устройств | Понятие о горении и гашении электрической дуги, способы ее гашения в электрических аппаратах | 2 | задание №4 ДКР |
| | Высоковольтная аппаратура. Требования к высоковольтной аппаратуре. Разъединители и выключатели нагрузки, высоковольтные предохранители, выключатели высокого напряжения, короткозамыкатели и отделители. | 2 | |
| | Приводы к коммутационной аппаратуре. Токоведущие части, контактные соединения, изоляторы. | 2 | |
| | Выбор токоведущих частей распределительных устройств | 2 | |
| | Лабораторная работа | | |
| | Исследование устройства высоковольтной аппаратуры и приводов к ней | 2 | 2 |
| | Практическое занятие | | |
| | Выбор сборных шин прямоугольного сечения | 2 | задание №3 |
| | Выбор сборных шин круглого сечения | 2 | 2 |
| | Самостоятельная работа | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|------------------------|
| | Заполнить сравнительную таблицу «Характеристики ВВ оборудования» Подготовка к зачету по ЛР | 3 | 13 |
| Тема 1.6. Контрольно-измерительные приборы и измерительные трансформаторы | Контрольно – измерительные приборы для различных цепей, их назначение и область применения. Измерительные трансформаторы тока, их устройство, типы и марки, назначение и область применения. Выбор трансформаторов тока | 2 | задание №2 ДКР |
| | Измерительные трансформаторы напряжения, их устройство, типы и марки, назначение и область применения. Контроль за состоянием изоляции в сетях с изолированной нейтралью с помощью трансформатора напряжения | 2 | |
| | Лабораторная работа | | |
| | Подключение приборов измерения электрической нагрузки через измерительный трансформатор и определение расхода электрической энергии | 2 | 2 |
| | Самостоятельная работа | | |
| | Знакомство с маркировкой высоковольтного оборудования и ИТ Подготовка к зачету по ЛР | 3 | 7 |
| Тема 1.7. Сельские трансформаторные подстанции | Классификация подстанций. Структурные схемы трансформаторных подстанций. Общие вопросы проектирования подстанций. | 2 | 2 задание №4 ДКР |
| | Районные трансформаторные подстанции 35/10, 110/10кВ, их конструкции. Распределительные устройства напряжением 110, 35, 10 кВ. | 2 | |
| | Лабораторная работа | | |
| | Исследование конструктивного устройства трансформаторной подстанции 10...35/0,4кВ. | 2 | 2 |
| | Самостоятельная работа | | |
| | Подготовка к зачету по ЛР Вычерчивание схемы подстанции | 3 | 5 |
| Тема 1.8. Резервные электростанции | Назначение, классификация, устройство и преимущества резервных электростанций. Резервные дизельные электростанции, их характеристика, главные схемы соединения, обслуживание | 2 | |
| | Лабораторная работа | | |
| | Исследование конструкции дизельной электростанции | 2 | 2 |
| | Самостоятельная работа | | |
| Подготовка к зачету по ЛР | 1 | 3 | |
| Тема 1.9. Монтаж воздушных линий | Разметка трассы линии, рытье котлованов. Сборка и установка опор. | 2 | 2 задание №4 ДКР |
| | Раскатка, натяжка, крепление проводов на изоляторы опор. Способы соединения проводов. Регулирование стрелы провеса. | 2 | |
| | Выполнение пересечений воздушных линий электропередач с другими, транспортными магистралями, водными преградами. | 2 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|------------------|
| | Монтаж повторных заземлений нулевого провода и устройств защиты от атмосферных перенапряжений. | 2 | |
| | Особенности монтажа воздушных линий электропередач с самонесущими изолированными проводами. Крепление, соединение СИП. Средства механизации работ при строительстве воздушных линий. | 2 | |
| | Лабораторные работы | | |
| | Соединение и оконцевание алюминиевых жил проводов | 2 | |
| | Вводы линий электропередач до 1 кВ в здания | 2 | |
| | Технология монтажа воздушных линий электропередач напряжением 0,38 кВ | 2 | 2 |
| | Самостоятельная работа | | |
| | Составление технологической карты по монтажу воздушной линии Подготовка к зачету по ЛР | 3 | 15 |
| Тема 1.10. Монтаж кабельных линий | Преимущества кабельной линии передел воздушной линией. Предмонтажная подготовка. Выбор трассы. Требования к конструкции кабеля. Требования к глубине прокладки и расстоянию от кабельной линии до объекта | 2 | 2 задание №4 ДКР |
| | Прокладка кабелей, средства механизации при строительстве кабельной линии. Перемещение барабана, осмотр и испытание изоляции кабеля. Раскладка и укладка кабеля. Ввод кабеля в здание | 2 | |
| | Соединительные и кабельные муфты и концевые заделки: назначение, устройство, технология выполнения, инструменты и оборудование. Разделка кабеля и монтаж соединительных муфт. | 2 | |
| | Выполнение пересечений кабельных линий с транспортными магистралями, трубопроводами и другими инженерными сооружениями. Испытания и сдача кабельных линий в эксплуатацию | 2 | |
| | Лабораторная работа | | |
| | Технология монтажа кабельных линий | 2 | |
| | Самостоятельная работа | | |
| | Составление технологической карты по монтажу кабельной линии Подготовка к зачету по ЛР | 3 | |
| Тема 1.11. Монтаж понизительных трансформаторных подстанций | Выбор места установки подстанции. Изготовление фундамента. Предмонтажная подготовка оборудования. Проверка комплектности трансформаторной подстанции. Ревизия оборудования ТП. | 2 | 2 задание №4 ДКР |
| | Монтаж КТП на объекте. Заземление понизительной трансформаторной подстанции. Подготовка КТП к сдаче в эксплуатацию. Требования безопасности труда при монтаже. | 2 | |
| | Монтаж районных трансформаторных подстанций | 2 | |
| | Лабораторные работы | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|---|----------|----------|
| | Монтаж трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ | 2 | 2 |
| | Опытное определение номинальных данных трансформатора | 2 | |
| | Самостоятельная работа | | |
| | Составление технологической карты по монтажу понизительной трансформаторной подстанции Подготовка к зачету по ЛР | 3 | 9 |
| | Консультации по дисциплине | 6 | 6 |

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

3.1 Общие положения

Домашняя контрольная работа выполняется в соответствии с Письмом МОРФ от 30.12.1999 г. № 16-52-290 ин/16-13 «О рекомендациях по организации учебного процесса по заочной форме обучения в образовательных учреждениях среднего профессионального образования».

Каждый студент - заочник обязан выполнять домашнюю контрольную работу строго в соответствии со своим вариантом, и в срок, установленный графиком учебного процесса, выслать работу в учебное заведение на проверку.

Домашняя контрольная работа должна носить самостоятельный характер. Самостоятельность выполнения работы способствует углубленному изучению дисциплины, вырабатывают умение обобщать изучаемый материал, анализировать и аргументировать выводы, позволяет точно и грамотно излагать свои мысли. При выполнении домашней контрольной работы следует использовать предложенную основную литературу и подобрать дополнительные источники, так как это обязательно будет учтено при оценке работы.

3.2 Требования к оформлению домашней контрольной работы

Контрольная работа выполняется в ученической тетради в клетку темными чернилами (синими, черными, фиолетовыми) через строчку. Страницы тетради нумеруются. На каждой странице следует оставлять поля шириной 4 см, а в конце тетради - 1-2 свободные страницы для написания рецензии (заключения) преподавателя.

В связи с достаточно активным использованием студентами персональных компьютеров разрешается выполнять контрольную работу в печатном виде, однако ее оформление также должно соответствовать существующим стандартам.

Работа выполняется аккуратно на листе формата А4 стандартным 14-м шрифтом с полуторным интервалом. Используются шрифт Times New Roman. Заголовки выделяют заглавными буквами. Границы полей: левое – 3 см, правое – 1,5 см, нижнее и верхнее – 2 см. Текст печатается черным цветом. Принципиальные электрические схемы, графики, векторные диаграммы выполняются с применением компьютерных программ (КОМПАС 3D; splan, Auto CAT и др.)

В работе не должно быть помарок, перечеркиваний. Опечатки, описки и графические неточности исправляются подчисткой или закрасиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного изображения

машинописным способом, либо от руки чернилами или тушью того же цвета, что и исправляемый оригинал.

Все структурные элементы работы и главы ее основной части начинаются с новой страницы. Расстояние заголовком и текстом должно быть 1,5 интервала.

Абзацы в тексте начинают отступом – 1,25.

После знаков препинания делается пробел, перед знаками препинания пробелов не делается. Перед знаком "тире" и после него делается пробел.

Знаки "дефис" и "перенос" пишутся без пробелов. Знаки "номер" (№) и "параграф" (§), а также единицы измерения от цифры отделяются пробелом. Знак градус (°) пишется с цифрой слитно, а градус Цельсия (°С) - отдельно.

При написании формул и дальнейшем вычислении по ним никаких промежуточных действий с числами не указывается. Цифровые значения в формулы подставляют в системе СИ, кроме эмпирических, без указания единиц измерения в буквенном обозначении. Содержание формулы раскрывается после совершения вычислений и получения результата, если входящие в формулу составляющие раньше не встречались по тексту контрольной работы. Конечный результат вычисления должен содержать указание единиц измерения в буквенных символах. Например:

1) Определяем номинальный ток первичной обмотки трансформатора $I_{1н}$:

$$I_{1н} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{1н}} = \frac{100}{1,73 \times 10} = 0,58 A, \quad (1)$$

где $S_n = 100$ кВА – номинальная мощность трансформатора;

$U_{1н} = 10$ кВ – номинальное напряжение первичной обмотки.

Все страницы, формулы и таблицы нумеруются. Нумерация – сквозная (т.е. номер – один, два и т.д.). Номер страницы не ставится на титульном листе и содержании, но эти страницы входят в общее количество работы. Номер ставится с введения, с указанием страницы 3. Нумерация указывается без черточек внизу по центру страницы.

Работа должна быть выполнена аккуратно, четким, разборчивым почерком, в той же последовательности, в какой приведены задания. Перед выполнением каждого задания ставится его номер и полная формулировка с исходными данными. Сокращения слов и подчеркивания в тексте не допускаются.

В конце работы приводится список использованной литературы, где сначала указываются нормативные документы (законы, указы, постановления, приказы, инструкции и т.д.), затем в алфавитном порядке – учебная литература и справочные пособия с указанием фамилии и инициалов автора, наименование источника, места и года его издания, количества страниц; затем ставится дата выполнения работы и подпись студента.

Титульный лист работы (приложение 1) должен быть оформлен в соответствии с утвержденной формой. При регистрации контрольной работы титульный лист подписывается секретарем заочного отделения, с указанием даты сдачи работы.

На каждую контрольную работу преподаватель дает письменное заключение (рецензию) и выставляет оценки «зачтено» или «незачтено». Незачтенная контрольная работа возвращается студенту с подробной рецензией, содержащей рекомендации по устранению недостатков.

По получении проверенной контрольной работы студент должен внимательно ознакомиться с исправлениями, прочитать заключение преподавателя, сделать работу над ошибками и повторить недостаточно усвоенный материал в соответствии с рекомендациями преподавателя. После этого студент выполняет работу повторно и отправляет вместе с первой на проверку.

3.3 Требования по выбору варианта домашней контрольной работы

В соответствии с учебным планом все студенты заочного отделения в межсессионный период должны самостоятельно изучить программный материал и выполнить домашнюю контрольную работу по одному из вариантов.

Контрольная работа состоит из 4-х заданий. Выбор варианта первых трех заданий производится по последней цифре шифра студента. Четвертое задание содержит 25 вопросов, номер варианта выбирается по двум последним цифрам шифра студента.

Работа, выполненная с нарушениями выбора вариантов задания, не проверяется и считается не выполненной.

3.4 Консультации

На протяжении учебного года студент может обращаться за письменными и устными консультациями к преподавателям техникума как лично, так и через их персональные сайты в сети Internet.

3.5 Примеры выполнения заданий

К заданию №1

Выбор видов электропроводок, прокладки проводов и кабелей производится согласно требованиям ПУЭ-7 (глава 2.1).

Выбор проводников по нагреву производится согласно требованиям ПУЭ-7 (глава 1.3).

Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания - согласно ПУЭ-7 (глава 1.4).

Плавкие предохранители выбирают по параметрам:

- по номинальному напряжению

$$U_{\text{ном.пр}} = U_{\text{ном.уст}}$$

- по силе предельно отключаемого тока предохранителя

$$I_{\text{пр.откл}} \geq I''$$

где $I_{\text{пр.откл}}$ - сила предельно отключаемого тока предохранителя

I'' - сила сверхпереходного тока К.З. в месте установки предохранителя

- по силе номинального тока плавкой вставки I_B при соблюдении условий:

$$\text{первое условие} - I_B \geq K_n \cdot I_{p.\text{max}}$$

$$\text{второе условие} - I_B \geq \frac{I_{\text{max}}}{\alpha}$$

где $I_{p.\text{max}}$ - сила максимального рабочего тока цепи, защищаемой предохранителем;

I_{max} - сила максимального тока цепи при включении электроприемников, у которых сила пусковых токов значительно превышают номинальную;

α - коэффициент, зависящий от пускового режима защищаемых электродвигателей и типа плавкого предохранителя ($\alpha = 1,6 \dots 2,5$);

K_n - коэффициент надежности ($K_n = 1 \dots 1,25$)

При защите предохранителем линии, к которой подключен один двигатель:

$$I_{\text{max}} = K_i \cdot I_n = I_{\text{пуск}}$$

При защите предохранителями линии, к которой присоединено несколько электродвигателей по селективности защиты:

$$I_{\text{max}} = K_0 \cdot \sum I_{p(n-1)} + I_{\text{пуск}}$$

Технические данные плавких предохранителей напряжением до 1 кВ представлены в 5.2 [3].

Автоматические выключатели выбирают по условиям:

- по номинальному напряжению

$$U_{\text{н.а.}} \geq U_{\text{ном.уст}}$$

- по силе номинального тока

$$I_{\text{н.а.}} \geq I_{\text{ном.уст}}$$

- по силе тока уставки теплового расцепителя автомата

$$I_{\text{у.т.р.}} \geq K_n \cdot I_{p.\text{max}}$$

- по силе уставки электромагнитного расцепителя

$$I_{\text{у.э.р.}} \geq K_n \cdot I_{\text{max}}$$

- по силе предельного отключаемого автоматом тока

$$I_{пред.откл} \geq I_{к.э.мах}$$

Технические данные трехполюсных автоматических выключателей представлены в 5.3 [3].

Пример выполнения задания №1

Выбрать провода к электродвигателям М1 и М2 и ввода.

Исходные данные:

1. Расчетная нагрузка свиарника маточника на 50 маток.

$$P_{расч} = 55 \text{ кВт} \quad \cos \varphi = 0,75$$

2. Электродвигатели.

М1: №8 АИР100L4СУ1

$$P_n = 4 \text{ кВт} \quad \eta_n = 85\% \quad \cos \varphi = 0,84 \quad \kappa_i = 7$$

М2 №1 АИР63А2СУ1

$$P_n = 0,37 \text{ кВт} \quad \eta_n = 72\% \quad \cos \varphi_n = 0,86 \quad \kappa_i = 4,7$$

Решение:

1. Для выполнения проводки к электродвигателям, а также ввода принимаем кабель АВРГ, четырехжильный, прокладываемый открыто по стенам, на скобах.

2. Определим силу рабочих (расчетных) токов.

Двигатель М1

$$I_{раб1} = I_{н1} \cdot \kappa_z = 8,5 \cdot 1 = 8,5 \text{ А}$$

$$I_{н1} = \frac{P_{н1}}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi_n \cdot U_n \cdot \eta_n} = \frac{4}{1,73 \cdot 0,84 \cdot 0,85 \cdot 0,84} = 8,5 \text{ А}$$

Двигатель М2

$$I_{н2} = \frac{0,37}{1,73 \cdot 0,86 \cdot 0,72} = 0,91 \text{ А}$$

Ввод

$$I_{рmax} = \frac{P_{расч}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{55}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,75} = 111,5 \text{ А}$$

3. Определяем силу максимальных токов:

Двигатель М1

$$I_{пуск} = I_{н1} \cdot \kappa_i = 8,5 \cdot 7 = 59,5 \text{ А}$$

Двигатель М2

$$I_{пуск} = I_{н2} \cdot \kappa_i = 0,91 \cdot 4,7 = 4,3 \text{ А}$$

Ввод

$$I_{мах} = (I_{рmax} - I_{рдрв}) + I_{наиб.пуск} = (111,5 - 8,5) + 59,5 = 162,6 \text{ А}$$

4. Составляем принципиальную схему распределительной сети 380/220 В свинарника-маточника и вносим в нее известные данные: марку кабеля, способ его прокладки, расчетные (рабочие), пусковые токи электроприемников.

Таблица 3 - Принципиальная схема распределительной сети 380/220 В

| Распределительное устройство | Аппаратура защиты | | | Кабель, провод | | | электроприемник | | | | |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|-------|------|
| | Типоразмер предохранит. | Сила тока плавк. вст. | Сила тока устав. | Марка кабеля | К-во, число жил | Способ прокладки | P_n , кВт | $I_{раб}$ А | $I_{пуск}$ А | K_z | тип |
| | ПН-2-250 | 120 | | АВРГ | 4x70 | Открыто по стенам | 55 | 111,5 | 162,6 | | ввод |
| | НПН-60 | 25 | | АВРГ | 4x2,5 | « | 4 | 8,5 | 59,5 | 1 | М1 |
| | ПРС-6 | 2 | | АВРГ | 4x2,5 | « | 0,37 | 0,91 | 4,3 | 1 | М2 |

Вариант А. Защита линий к электродвигателям и ввода предохранителями.

Для защиты линий к электродвигателям и ввода выбираем предохранители, технические данные приведены в таблице 5.2 [3]

Двигатель М1:

Первое условие $I_{\epsilon} \geq I_{раб} = 8,5 \text{ А}$

Второе условие $I_{\epsilon} \geq \frac{I_{max}}{\alpha} = \frac{59,5}{2,5} = 23,8 \text{ А}$

Плавкую вставку выбираем по второму условию.

Из таблицы 5.2 [3] выбираем предохранитель ПН2-60 с плавкой вставкой

$$I_{\epsilon} = 25 \text{ А} \geq 23,8 \text{ А}$$

По принятому значению номинальной силы тока плавкой вставки находим силу допустимого тока проводника:

для ответвлений к электродвигателям во не взрывоопасных помещениях:

$$I_{доп} \geq I_{ном.дв}$$

Из таблицы 1.3.7. (ПУЭ-7) выбираем сечение токопроводящей жилы $F=2,5\text{мм}^2$ с $I_{доп таб} = 19 \text{ А}$ для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

для четырехжильного кабеля АВРГ (4x2,5):

$$I_{доп.таб} = 0,92 \cdot 19 = 17,5 \text{ А} \geq I_{раб} = 8,5 \text{ А}$$

Выбранное сечение кабеля проверяем на обеспеченность защиты от коротких замыканий по условию:

$$3 \cdot I_{доп.таб} \geq I_{\epsilon}$$

$$3 \cdot 17,5 \geq 25 \text{ А}$$

Условие соблюдается.

Двигатель М2:

Первое условие $I_{\epsilon} \geq I_{раб} = 0,91 A$

Второе условие $I_{\epsilon} \geq \frac{I_{max}}{\alpha} = \frac{4,3}{2,5} = 1,7 A$

Плавкую вставку выбираем по второму условию.

Из таблицы 5.2 [3] выбираем предохранитель ПРС-6 с плавкой вставкой

$$I_{\epsilon} = 2 A \geq 1,7 A$$

Из таблицы 1.3.7. (ПУЭ-7) выбираем сечение токопроводящей жилы $F=2,5\text{мм}^2$ с $I_{доп таб} = 17,5 A$ для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4x2,5):

$$I_{доп.таб} = 17,5 A \geq I_{раб} = 0,91 A$$

Выбранное сечение кабеля проверяем на обеспеченность защиты от коротких замыканий по условию:

$$3 \cdot 17,5 \geq 2 A$$

Условие соблюдается.

Ввод:

Первое условие $I_{\epsilon} \geq I_{раб} = 111,5 A$

Второе условие $I_{\epsilon} \geq \frac{I_{max}}{\alpha} = \frac{162,6}{2,5} = 65 A$

Плавкую вставку выбираем по второму условию.

Из таблицы 5.2 [3] выбираем предохранитель ПН2-250 с плавкой вставкой

$$I_{\epsilon} = 120 A \geq 111,5 A$$

Из таблицы 1.3.7. (ПУЭ-7) выбираем сечение токопроводящей жилы $F=70\text{мм}^2$ с $I_{доп таб} = 140 A$ для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4x70):

$$I_{доп.таб} = 140 \cdot 0,92 = 129 A \geq I_{раб} = 111,5 A$$

Выбранное сечение кабеля проверяем на обеспеченность защиты от коротких замыканий по условию:

$$3 \cdot I_{доп.таб} \geq I_{\epsilon}$$

$$3 \cdot 129 \geq 120 A$$

Условие соблюдается.

Полученные расчетные данные вносим на принципиальную схему сети.

Селективность действия предохранителей, так как плавкие вставки двух последовательно включенных ступеней значительно отличаются одна от другой по шкале номинальных токов плавких вставок.

Вариант Б. Защита линий к электродвигателям и ввода автоматическими выключателями.

Из таблицы 5.3 [3] по значениям номинальных токов выбираем автоматические выключатели серии АЕ-2000 с комбинированным расцепителем для защиты линий к электродвигателям и А-3714Б - для защиты ввода.

Двигатель М1:

Сила тока уставки теплового расцепителя автомата:

$$I_{у.т.р.} \geq K_n \cdot I_{раб} = 1,2 \cdot 8,5 = 10,2 \text{ А}$$

Сила тока уставки электромагнитного расцепителя автомата:

$$I_{у.э.р.} \geq K_n \cdot I_{max} = 1,25 \cdot 59,6 = 74,5 \text{ А}$$

Из таблицы 5.3 [3] выбираем автоматический выключатель: АЕ-2036Р с $I_{у.т.р.} = 12,5 \text{ А}$, $I_{у.э.р.} = 12I_{ном}$

Так как при $I_{у.э.р.} = 3 \cdot I_{ном}$ автоматический выключатель будет ложно срабатывать при пуске электродвигателя.

Из таблицы 1.3.7. (ПУЭ-7) выбираем сечение токопроводящей жилы $F=2,5 \text{ мм}^2$ с $I_{доп таб} = 19 \text{ А}$ для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4х2,5):

$$I_{доп.таб} = 0,92 \cdot 19 = 17,5 \text{ А} \geq I_{умр} = 12,5 \text{ А}$$

Двигатель М2:

Сила тока уставки теплового расцепителя автомата:

$$I_{у.т.р.} \geq K_n \cdot I_{раб} = 1,2 \cdot 0,91 = 1,1 \text{ А}$$

Сила тока уставки электромагнитного расцепителя автомата:

$$I_{у.э.р.} \geq K_n \cdot I_{max} = 1,25 \cdot 4,3 = 5,4 \text{ А}$$

Из таблицы 5.3 [3] выбираем автоматический выключатель: АЕ-2036Р с $I_{у.т.р.} = 12,5 \text{ А}$, $I_{у.э.р.} = 12I_{ном}$

Так как при $I_{у.э.р.} = 3 \cdot I_{ном}$ автоматический выключатель будет ложно срабатывать при пуске электродвигателя.

Из таблицы 1.3.7. (ПУЭ-7) выбираем сечение токопроводящей жилы $F=2,5 \text{ мм}^2$ с $I_{доп таб} = 19 \text{ А}$ для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4х2,5):

$$I_{доп.таб} = 0,92 \cdot 19 = 17,5 \text{ А} \geq I_{умр} = 12,5 \text{ А}$$

Ввод:

Сила тока уставки теплового расцепителя автомата:

$$I_{у.т.р.} \geq K_n \cdot I_{раб} = 1,2 \cdot 111,5 = 139 \text{ А}$$

Сила тока уставки электромагнитного расцепителя автомата:

$$I_{у.э.р.} \geq K_n \cdot I_{max} = 1,25 \cdot 162,6 = 203 \text{ А}$$

Из таблицы 5.3 [3] выбираем автоматический выключатель: АЕ-3714Б с $I_{у.т.р.} = 160 \text{ А}$, $I_{у.э.р.} = 3I_{ном}$

Так как при этом ложных срабатываний при пуске наибольшего электродвигателя М1 не будет.

Из таблицы 1.3.7. (ПУЭ-7) выбираем сечение токопроводящей жилы $F=70 \text{ мм}^2$ с $I_{\text{доп таб}} = 140 \text{ А}$ для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4х70):

$$I_{\text{доп.таб}} = 0,92 \cdot 140 = 129 \text{ А} < I_{\text{урп}} = 160 \text{ А}$$

поэтому принимаем сечение $F=120 \text{ мм}^2$ с $I_{\text{доп таб}} = 184 \text{ А}$

$$I_{\text{доп.таб}} = 0,92 \cdot 200 = 184 \text{ А} > I_{\text{урп}} = 160 \text{ А}$$

Полученные расчетные данные вносим на принципиальную схему сети. Селективность срабатывания автоматических выключателей, как видно из принципиальной схемы сети, обеспечивается, но при защите автоматами сечение проводников ввода потребовалось завысить.

К заданию № 2

Трансформаторы тока выбираются по номинальному напряжению, номинальному току первичной цепи, классу точности и номинальной мощности вторичной цепи.

Мощность вторичной цепи:

$$S_2 \geq I_{H2}^2 \cdot Z_2,$$

где I_{H2} - номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока, А,

Z_2 - полное сопротивление вторичной цепи трансформатора тока, Ом.

$$Z_2 = Z_{\text{ПРИБΣ}} + r_{\text{ПРОВ}} + r_K,$$

где $Z_{\text{ПРИБΣ}}$ - суммарное сопротивление подключенных к трансформатору тока приборов, Ом,

$r_{\text{ПРОВ}}$ - сопротивление соединительных проводов, Ом,

r_K - сопротивление контактов, Ом (для двух – трех приборов принимается 0,05 Ом, при большем количестве приборов – 0,1 Ом).

Сопротивление соединительных проводов

$$r_{\text{ПРОВ}} = \frac{S_{H2}}{I_{H2}^2} - (Z_{\text{ПРИБΣ}} + r_K),$$

где S_{H2} - номинальная мощность трансформатора тока в заданном классе точности, ВА.

Площадь поперечного сечения соединительных проводов:

$$F_{\text{ПРОВ}} = \frac{I_{\text{РАСЧ}}}{\gamma \cdot r_{\text{ПРОВ}}}.$$

При соединении трансформаторов тока в «неполную звезду» $I_{\text{РАСЧ}} = \sqrt{3} \cdot I$.

На электродинамическую устойчивость проверка производится по выражению:

$$\sqrt{2} \cdot K_{\text{дин}} \cdot I_{H1} \geq i ,$$

на термическую устойчивость – по выражению:

$$(I_{H1} \times K_T)^2 \times t_T \geq (I_K^{(3)})^2 \cdot t_{\text{эф}},$$

где I_{H1} - номинальный ток первичной обмотки трансформатора тока, А,
 $K_{\text{дин}}$, K_T - кратность динамической и термической стойкости по каталогу,
 t_T - время термической стойкости по каталогу, с,
 $t_{\text{эф}}$ - эффективное время короткого замыкания, с

Пример выполнения задания № 2

Выбрать трансформатор тока типа ТПЛ – 10 для питания токовых обмоток приборов в классе точности 0,5 и проверить их на электродинамическую и термическую устойчивость. Определить площадь поперечного сечения соединительных проводов с алюминиевыми жилами в электрической цепи напряжением 10 кВ с рабочим током 41 А. Общее сопротивление приборов 0,22 Ом, длина соединительных проводов 4 м, трехфазный ток короткого замыкания составляет 3 кА, ударный ток 6,3 кА. Эффективное время короткого замыкания 1 с. Трансформаторы тока включены по схеме «неполной звезды».

Решение:

По условию $I_{H1} = 50 \text{ А} \geq I_{\text{РАБ}} = 41 \text{ А}$ принимаем трансформатор тока ТПЛ – 10 – 0,5/Р с номинальным током первичной обмотки $I_{H1} = 50 \text{ А}$ и номинальной мощностью вторичной цепи в классе точности 0,5 $S_{H2} = 10 \text{ ВА}$. Кратность динамической и односекундной термической стойкости соответственно $K_{\text{дин}} = 250$, $K_T = 90$ (таблица 18.10 [3]).

Определяем расчетное сопротивление соединительных проводов

$$r_{\text{ПРОВ}} = \frac{S_{H2}}{I_{H2}^2} - (Z_{\text{ПРИБ}} + r_K) = \frac{10}{5^2} - (0,22 + 0,05) = 0,13 \text{ Ом}$$

Площадь поперечного сечения соединительных проводов

$$F_{\text{ПРОВ}} = \frac{l_{\text{РАСЧ}}}{\gamma \cdot r_{\text{ПРОВ}}} = \frac{6,92}{35 \cdot 0,13} = 1,52 \text{ мм}^2 ,$$

Для схемы «неполная звезда» $l_{\text{РАСЧ}} = \sqrt{3} \cdot l = 1,73 \cdot 4 = 6,92 \text{ м}$.

Принимаем стандартное сечение провода 2,5 мм² и определяем его сопротивление:

$$r_{\text{ПРОВ}} = \frac{l_{\text{РАСЧ}}}{\gamma \cdot F_{\text{ПРОВ}}} = \frac{6,92}{35 \cdot 2,5} = 0,079 \text{ Ом} .$$

Нагрузка на вторичную обмотку трансформатора тока:

$$S_2 = I_{H2}^2 \cdot (Z_{\text{ПРИБ}} + r_{\text{ПРОВ}} + r_K) = 5^2 \cdot (0,22 + 0,079 + 0,05) = 8,73 \text{ ВА} ,$$

$$S_2 = 8,73 \text{ ВА} \leq S_{H2} = 10 \text{ ВА}$$

Трансформатор будет работать в заданном классе точности.

Проверяем трансформатор тока на электродинамическую устойчивость

$$\sqrt{2} \cdot K_{\text{дин}} \cdot I_{\text{Н1}} = 1,41 \cdot 250 \cdot 50 = 17625 \text{ A} \geq i = 6300 \text{ A}$$

Условие выполняется, трансформатор тока динамически устойчив.

Проверяем трансформатор тока на термическую устойчивость

$$(I_{\text{Н1}} \times K_T)^2 \cdot t_T = (50 \cdot 250)^2 \cdot 1 = 20250000 \text{ A}^2 \cdot \text{с} \geq (I_K^{(3)})^2 \cdot t_{\text{эф}} = 3000^2 \cdot 1 = 9000000 \text{ A}^2 \cdot \text{с}$$

Условие выполняется, трансформатор тока термически устойчив.

К заданию № 3

Надежная и экономичная работа электрических аппаратов и токоведущих частей (шин, кабелей и др.) может быть обеспечена лишь при их правильном выборе по условиям работы как в длительном (нормальном) режиме, так и в режиме короткого замыкания.

Для длительного режима аппараты и проводники выбираются по номинальному напряжению, допускаемому нагреву при длительном протекании тока, конструктивному исполнению, типу установки и условиям окружающей среды.

При выборе по номинальному напряжению должно быть соблюдено условие:

$$U_{\text{НА}} \geq U_{\text{НУСТ}},$$

где $U_{\text{НА}}$ - номинальное напряжение аппарата,

$U_{\text{НУСТ}}$ - номинальное напряжение установки.

По длительно допускаемому нагреву аппараты и проводники выбирают по следующему условию:

$$I_{\text{ДОП}} \geq I_{\text{РАБМАХ}},$$

где $I_{\text{ДОП}}$ - длительно допустимый ток проводника (для шин таблица 18.1[3]),

$I_{\text{РАБМАХ}}$ - максимальный рабочий ток установки.

После выбора аппаратов и проводников по условиям длительного режима их проверяют на электродинамическую и термическую устойчивость при протекании токов короткого замыкания, вызывающих наибольшие механические напряжения и нагрев.

Проверка токоведущих частей на термическую устойчивость

Проверка на термическую устойчивость сводится к сравнению расчетной температуры проводника $\Theta_{\text{КРАСЧ}}$ при коротком замыкании с допустимой для него температурой $\Theta_{\text{КДОП}}$ при кратковременном действии тока короткого замыкания. Таким образом, должно выполняться условие:

$$\Theta_{\text{КРАСЧ}} \leq \Theta_{\text{КДОП}}.$$

Значения допустимой температуры при коротком замыкании в зависимости от вида и материала токоведущих частей приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Допустимые температуры при коротком замыкании

| Токоведущая часть | Допустимая температура $\Theta_{к доп}, ^\circ C$ |
|--|---|
| Шины медные | 300 |
| Шины алюминиевые | 200 |
| Шины стальные, не имеющие непосредственного соединения с аппаратами | 400 |
| Шины стальные с непосредственным присоединением к аппаратам | 300 |
| Кабели с бумажной изоляцией напряжением до 10 кВ | 200 |
| Кабели и изолированные провода с полихлорвиниловой или резиновой изоляцией | 150 |
| Кабели и изолированные провода с полиэтиленовой изоляцией | 120 |

Определяем температуру нагрева шины в нормальном режиме:

$$\Theta_n = \Theta_0 + (\Theta_{доп.н} - \Theta_0) \times \left(\frac{I_{РАБМАХ}}{I_{ДОП}} \right)^2,$$

где $\Theta_0 = 25 ^\circ C$ – температура окружающей среды (расчетное для воздуха значение),

$\Theta_{доп.н} = 70 ^\circ C$ – допустимая температура нагрева шины в нормальном режиме

Определяем начальный тепловой импульс (A_n) по графику на рис. 18.1[3]

Конечный тепловой импульс:

$$A_k = A_n + \left(\frac{I_k^{(3)}}{F} \right)^2 \times t,$$

где $I_k^{(3)}$ - трехфазный ток короткого замыкания, А

F – выбранное сечение шины, мм²,

t – время короткого замыкания, с.

Определяем температуру нагрева шины в режиме короткого замыкания: $\Theta_{к расч}$ (обратным действием по графику рис.18.1 [3])

Сравниваем полученное значение температуры с допустимой в режиме короткого замыкания:

$$\Theta_{к расч} \leq \Theta_{к доп}.$$

Если условие не выполняется, необходимо принять шину большего сечения.

Проверка токоведущих частей на электродинамическую устойчивость

При проверке шин на электродинамическую устойчивость должно быть выполнено следующее условие:

$$\sigma_{расч} \leq \sigma_{доп},$$

где $\sigma_{расч}$ - расчетное напряжение на изгиб, возникающее в материале шины при протекании ударного тока трехфазного короткого замыкания,

$\sigma_{доп}$ - допустимое напряжение на изгиб материала шины.

Значения допустимого для шин изгибающего напряжения в зависимости от материала, из которого они изготовлены, приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Допустимые на изгиб напряжения в материале шины

| Материал шины | Допустимое напряжение $\sigma_{\text{доп}}$, МПа |
|---------------|---|
| Медь МТ | 140 |
| Алюминий АТ | 70 |
| Алюминий АТТ | 90 |
| Сталь | 160 |

Порядок определения расчетного напряжения следующий:

Вычисляют наибольшее удельное усилие при трехфазном коротком замыкании, Н/м:

$$f^{(3)} = \sqrt{3} \times 10^{-7} \times \frac{i_{y0}^2}{a},$$

где $i_{y0} = \sqrt{2} \cdot K_{y0} \cdot I_K^{(3)}$ - ударный трехфазный ток короткого замыкания, А

a - расстояние между шинами, м.

Равномерно распределенная сила создает изгибающий момент, $H \cdot м$ (шина рассматривается как многопролетная балка, свободно лежащая на опорах)

$$M = \frac{f^{(3)} \cdot l^2}{10},$$

где l - длина пролета между опорными изоляторами шинной конструкции, м.

Момент сопротивления шины определяется в зависимости от их расположения:

если шины расположены в одной горизонтальной плоскости и установлены на ребро или они расположены в одной вертикальной плоскости и установлены плашмя,

$$W = \frac{b^2 \cdot h}{6},$$

где h - толщина шины, м,

b - ширина шины, м;

если шины расположены в одной горизонтальной плоскости и установлены плашмя или они расположены в одной вертикальной плоскости и установлены на ребро,

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}.$$

Напряжение в материале шины, возникающее при воздействии изгибающего момента, МПа,

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{M}{W}.$$

Шины механически прочны, если выполняется условие $\sigma_{\text{расч}} \leq \sigma_{\text{доп}}$.

Пример выполнения задания № 3

Выбрать прямоугольные шины и проверить их на термическую и динамическую устойчивость, если известно, что рабочий ток установки составляет 230 А, трехфазный ток короткого замыкания 2 кА, ударный ток 5 кА. Шины расположены в горизонтальной плоскости плашмя, расстояние между шинами 30 см, расстояние между опорными изоляторами 1 м.

Решение:

Шины выбирают по рабочему току: $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А} \geq I_{\text{РАБМАХ}} = 230 \text{ А}$,

Принимаем шины алюминиевые АТ – 25 х 3 (в х h).

Шины прямоугольного сечения проверяются на термическую и электродинамическую устойчивость.

Проверка шины на термическую устойчивость.

Определяем температуру нагрева шины в нормальном режиме:

$$\Theta_n = \Theta_0 + (\Theta_{\text{допн}} - \Theta_0) \cdot \left(\frac{I_{\text{РАБМАХ}}}{I_{\text{доп}}} \right)^2 = 25 + (70 - 25) \cdot \left(\frac{230}{265} \right)^2 = 59^\circ \text{С},$$

Определяем начальный тепловой импульс $A_n = 4000 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$

Конечный тепловой импульс:

$$A_k = A_n + \left(\frac{I_k^{(3)}}{F} \right)^2 \times t = 4000 + \left(\frac{2000}{75} \right)^2 \cdot 1 = 4711 \text{ А}^2 \cdot \text{с},$$

Определяем температуру нагрева шины в режиме короткого замыкания: $\Theta_{\text{КРАСЧ}} = 75^\circ \text{С}$.

Сравниваем полученное значение температуры с допустимой в режиме короткого замыкания:

$$\Theta_{\text{КРАСЧ}} = 75^\circ \text{С} \leq \Theta_{\text{КДОП}} = 200^\circ \text{С}.$$

Допустимая температура принята согласно таблице 18.1[3] в зависимости от материала шины АТ (алюминий).

Условие выполняется, выбранная шина термически устойчива.

Проверка шины на электродинамическую устойчивость

Вычисляют наибольшее удельное усилие при трехфазном коротком замыкании, Н/м:

$$f^{(3)} = \sqrt{3} \times 10^{-7} \times \frac{i_{\text{уд}}^2}{a} = 1,73 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{5000^2}{0,3} = 14,4 \text{ Н/м}$$

Равномерно распределенная сила создает изгибающий момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$ (шина рассматривается как многопролетная балка, свободно лежащая на опорах)

$$M = \frac{f^{(3)} \cdot l^2}{10} = \frac{14,4 \cdot 1^2}{10} = 1,44 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Момент сопротивления шины определяется в зависимости от их расположения:

если шины расположены в одной горизонтальной плоскости и установлены плашмя

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,025 \cdot 0,003^2}{6} = 37,5 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

Напряжение в материале шины, возникающее при воздействии изгибающего момента, МПа,

$$\sigma_{РАСЧ} = \frac{M}{W} = \frac{1,44}{37,5 \cdot 10^{-9}} = 38,4 \cdot 10^6 \text{ Па} = 38,4 \text{ МПа} .$$

Шины механически прочны, если выполняется условие для алюминиевых шин $\sigma_{РАСЧ} = 38,4 \text{ МПа} \leq \sigma_{ДОП} = 70 \text{ МПа}$. Шины динамически устойчивы.

4 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа, признанная рецензентом удовлетворительной, оценивается словом «зачтено». Работа может быть признана неудовлетворительной в следующих случаях:

- если будет установлено, что контрольная работа выполнялась несамостоятельно (даже, если все сделано верно);
- выполнена небрежно, с нарушениями требований ГОСТ на условные графические изображения в электрических схемах, с нарушениями требований ЕСТД к выполнению графиков, рисунков, диаграмм, неразборчивым почерком, а также не по заданному варианту;
- в расчётной части работы при вычислениях допущены грубые арифметические ошибки или ошибки, связанные с применением основных и производных единиц измерения, приводящих к получению абсурдных результатов;
- студент обнаруживает незнание большей части предложенных вопросов, содержание темы контрольной работы не раскрыто.

Работа, выполненная на недостаточном уровне, возвращается студенту с подробной рецензией для дальнейшей работы над учебным материалом.

5 ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание №1

Выбрать способ прокладки, марку и сечение проводов (кабелей) для линий, питающих электродвигатели М1 и М2 (технические данные приведены в таблице 7), а также ввода при защите их предохранителями (вариант А) и автоматическими выключателями (вариант Б).

Выбранные проводки, предохранители, автоматические выключатели проверит на соответствие ПУЭ: на селективность срабатывания и по отключающей способности. Исходные данные в соответствии с вариантом приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Исходные данные к заданию №1

| вариант | производственный объект | | | двигатель М1 | | | двигатель М2 | | | К ₀ |
|---------|-------------------------|------------------------|------|-------------------|---------------|----------------|-------------------|---------------|----------------|----------------|
| | наименование | P _{max} , кВт | Cosφ | номер в таблице 2 | условия пуска | К ₃ | номер в таблице 2 | условия пуска | К ₃ | |
| 0 | коровник | 9 | 0,75 | 7 | легкие | 1 | 1 | легкие | 0,9 | 0,9 |
| 1 | мастерская | 15 | 0,7 | 9 | легкие | 0,95 | 2 | легкие | 1 | 0,95 |
| 2 | гараж | 20 | 0,7 | 10 | легкие | 1 | 2 | легкие | 0,9 | 0,9 |
| 3 | зерноток | 25 | 0,7 | 8 | тяжелые | 0,95 | 4 | легкие | 1 | 0,95 |
| 4 | мастерская | 15 | 0,7 | 9 | легкие | 1 | 2 | легкие | 0,9 | 0,9 |
| 5 | гараж | 20 | 0,7 | 10 | легкие | 0,95 | 8 | легкие | 1 | 0,95 |
| 6 | зерноток | 25 | 0,7 | 8 | тяжелые | 1 | 5 | легкие | 0,9 | 0,9 |
| 7 | птичник | 25 | 0,75 | 7 | легкие | 0,95 | 1 | легкие | 1 | 0,95 |
| 8 | птичник | 10 | 0,75 | 7 | легкие | 1 | 3 | легкие | 0,9 | 0,9 |
| 9 | коровник | 10 | 0,75 | 7 | легкие | 0,95 | 5 | легкие | 1 | 0,95 |

Таблица 7 – Технические данные электродвигателей

| номер двигателя | типоразмер | номинальная мощность P _н , кВт | энергетические показатели | | механические характеристики | | кратность пускового тока K _i |
|-----------------|--------------|---|---------------------------|------|-----------------------------|----------------|---|
| | | | КПД, % | Cosφ | m _п | m _м | |
| 1 | АИР63А2СУ1 | 0,37 | 72,0 | 0,86 | 2,2 | 2,2 | 4,7 |
| 2 | АИР71А4У3 | 0,55 | 70,5 | 0,75 | 2,3 | 2,2 | 5,0 |
| 3 | АИР71В4СУ1 | 0,75 | 73,0 | 0,76 | 2,2 | 2,2 | 5,0 |
| 4 | АИР80А4У3 | 1,1 | 75,0 | 0,81 | 2,2 | 2,2 | 5,5 |
| 5 | АИР80В4СУ1 | 1,5 | 78,0 | 0,83 | 2,2 | 2,2 | 5,5 |
| 6 | АИР100L6СУ1 | 2,2 | 81,0 | 0,74 | 2,0 | 2,2 | 6,0 |
| 7 | АИР112МА6СУ1 | 3,0 | 81,0 | 0,76 | 2,0 | 2,2 | 6,0 |
| 8 | АИР100L4СУ1 | 4,0 | 85,0 | 0,84 | 2,0 | 2,2 | 7,0 |
| 9 | АИР112М4У3 | 5,5 | 85,5 | 0,86 | 2,0 | 2,5 | 7,0 |
| 10 | АИР132S4У3 | 7,5 | 87,5 | 0,86 | 2,0 | 2,5 | 7,5 |

Задание №2

Выбрать трансформаторы тока ТПЛ – 10 для питания токовых обмоток приборов в классе точности 0,5, проверить их на электродинамическую и

термическую устойчивость и определить площадь поперечного сечения соединительных проводов с алюминиевыми жилами в электрической цепи напряжением 10 кВ. Общее сопротивление контактов принять 0,1 Ом. Трансформаторы тока соединены по схеме «неполная звезда». Исходные данные в соответствии с номером варианта приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Исходные данные к заданию №2

| вариант | рабочий ток $I_{\text{раб}}$, А | сопротивление приборов $Z_{\text{приб}\Sigma}$, Ом | длина проводов l , м | $I_K^{(3)}$, кА | i_y , кА | время короткого замыкания $t_{\text{эф}}$, с |
|---------|----------------------------------|---|------------------------|------------------|------------|---|
| 0 | 200 | 0,16 | 8 | 2,35 | 6,0 | 2,5 |
| 1 | 130 | 0,12 | 12 | 3,6 | 7,5 | 1,4 |
| 2 | 110 | 0,096 | 20 | 3,8 | 8,0 | 2,2 |
| 3 | 170 | 0,14 | 10 | 2,3 | 4,8 | 1,7 |
| 4 | 80 | 0,21 | 16 | 4,5 | 9,6 | 3,0 |
| 5 | 25 | 0,092 | 9 | 4,0 | 8,4 | 1,3 |
| 6 | 70 | 0,18 | 24 | 2,6 | 5,4 | 1,2 |
| 7 | 120 | 0,072 | 5 | 1,6 | 2,1 | 0,8 |
| 8 | 90 | 0,12 | 15 | 3,4 | 5,2 | 1,6 |
| 9 | 55 | 0,16 | 14 | 2,2 | 3,4 | 1,8 |

Задание №3

Выбрать прямоугольные шины и проверить их на термическую и электродинамическую устойчивость. Шины расположены в горизонтальной плоскости. Исходные данные в соответствии с номером варианта приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные к заданию №3

| вариант | $I_{\text{раб max}}$, А | $I_K^{(3)}$, кА | ударный коэффициент $K_{\text{уд}}$ | время короткого замыкания t_K , с | материал шин | длина пролета l , см | расстояние между шинами a , см | способ крепления шин |
|---------|--------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 0 | 1800 | 2,5 | 1,5 | 1,5 | АТ | 80 | 20 | на ребро |
| 1 | 1500 | 7,85 | 1,5 | 0,8 | АТ | 90 | 25 | на ребро |
| 2 | 1350 | 7,0 | 1,8 | 2,1 | МТ | 100 | 30 | плашмя |
| 3 | 250 | 4,5 | 1,8 | 1,2 | АТ | 110 | 35 | на ребро |
| 4 | 1600 | 5,0 | 1,8 | 1,4 | МТ | 80 | 25 | плашмя |
| 5 | 820 | 2,5 | 1,4 | 0,6 | АТ | 120 | 30 | на ребро |
| 6 | 170 | 6,3 | 1,6 | 1,6 | МТ | 110 | 25 | плашмя |
| 7 | 700 | 2,8 | 1,5 | 1,2 | АТ | 100 | 30 | на ребро |
| 8 | 2200 | 8,6 | 1,8 | 0,8 | МТ | 90 | 40 | плашмя |
| 9 | 450 | 1,4 | 1,5 | 0,2 | АТ | 100 | 20 | на ребро |

Задание №4

Изложите подробный ответ на вопрос, при необходимости пояснения подкрепите рисунками и схемами. Вопросы в соответствии с вариантом приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Исходные данные к заданию №4

| вариант | содержание вопроса |
|----------------|--|
| 00, 25, 50, 75 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения масляных выключателей с малым объемом масла |
| 01, 26, 51, 76 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения масляных выключателей с большим объемом масла |
| 02, 27, 52, 77 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения вакуумных выключателей |
| 03, 28, 53, 78 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения разъединителей внутренней установки |
| 04, 29, 54, 79 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения разъединителей наружной установки |
| 05, 30, 55, 80 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения выключателей нагрузки |
| 06, 31, 56, 81 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения короткозамыкателей на 35 кВ и 110 кВ |
| 07, 32, 57, 82 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения отделителей на 35 кВ и 110 кВ |
| 08, 33, 58, 83 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения предохранителей напряжением выше 1000 В |
| 09, 34, 59, 84 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения предохранителей напряжением до 1000 В |
| 10, 35, 60, 85 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения воздушных автоматических выключателей |
| 11, 36, 61, 86 | Назначение, устройство, принцип действия, типы, технические данные, и выбор применяемых для сельского электроснабжения дифференциальных автоматов |
| 12, 37, 62, 87 | Трансформаторы тока: назначение, устройство, классы точности, схемы соединений, выбор |
| 13, 38, 63, 88 | Трансформаторы напряжения: назначение, устройство, классы точности, схемы соединений, выбор |
| 14, 39, 64, 89 | Начертите схему контроля изоляции в сети 10 кВ и объясните, как она работает (обязательно поясните, почему реле напряжения срабатывает только при замыкании фазы на землю и не работает при трехфазном и двухфазном коротких замыканиях) |
| 15, 40, 65, 90 | Открытые РУ напряжением 35 кВ для сельского электроснабжения: общее описание, опорные конструкции, ошиновка, аппараты, их расположение и установка |

Продолжение таблицы 10

| вариант | содержание вопроса |
|----------------|---|
| 16, 41, 66, 91 | Опишите конструкцию закрытого распределительного устройства (ЗРУ) 10 кВ подстанции 110/10 кВ. Укажите, как располагаются аппараты и токоведущие части |
| 17, 42, 67, 92 | Типы и конструкции потребительских подстанций, применяемых в сельском электроснабжении. Преимущества и недостатки каждого из этих типов и область их применения |
| 18, 43, 68, 93 | Резервные дизельные электростанции, их характеристика, главные схемы соединений, обслуживание |
| 19, 44, 69, 94 | Укажите содержание операций, правила техники безопасности, средства защиты и техническое оснащение при выполнении замены разъединителя 10 кВ в ТП 10/0,4 кВ |
| 20, 45, 70, 95 | Укажите содержание операций, правила техники безопасности, средства защиты и техническое оснащение при выполнении монтажа комплектной ТП 10/0,4 кВ |
| 21, 46, 71, 96 | Укажите содержание операций, правила техники безопасности, средства защиты и техническое оснащение при выполнении монтажа ВЛ – 10 кВ |
| 22, 47, 72, 97 | Укажите содержание операций, правила техники безопасности, средства защиты и техническое оснащение при выполнении монтажа ВЛ – 0,38 кВ |
| 23, 48, 73, 98 | Укажите содержание операций, правила техники безопасности, средства защиты и техническое оснащение при выполнении монтажа кабельной линии напряжением 0,38 кВ |
| 24, 49, 74, 99 | Укажите содержание операций, правила техники безопасности, средства защиты и техническое оснащение при выполнении монтажа понизительной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для студентов – заочников, обучающихся по специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства». Рекомендации и примеры выполнения заданий контрольных работ помогут студентам освоить методы расчёта параметров и характеристик устройств электроснабжения. Список основной и дополнительной литературы, интернет – ресурсов позволят сократить время на поиски нужной информации при выполнении домашней контрольной работы. Все это призвано помочь студенту – заочнику успешно освоить междисциплинарный курс МДК 02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций профессионального модуля ПМ 02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий по программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», грамотно выполнить домашнюю контрольную работу, подготовиться к изучению других дисциплин и профессиональных модулей по специальности, применять полученные знания на практике в процессе своей трудовой деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимова, Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: учеб. пособие для сред. проф. образования / Н.А.Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин. – 3 – е изд., стер. – М.: Издательский центр Академия, 2005. – 296с.
2. Воробьев, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учеб. пособие для средних учеб. заведений / В.А Воробьев. – М.: КолосС, 2005. – 336 с.
3. Каганов, И.Л. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие для студ. среднего проф. образования/ И.Л.Каганов. – М.: Колос, 1990. – 351 с.
4. Коломиец, А.П. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации: учебник / А.П.Коломиец, Н.П.Кондратьева, С.И.Юран, И.Р.Владыкин. – М.: КолосС, 2007. – 351с.
5. Конюхова, Е. А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для студ. среднего проф. образования/ Е. А. Конюхова. – М.: Мастерство, 2006. – 320 с.
6. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства: учеб. пособие для студ. среднего проф. образования по специальности электрификация и автоматизация сельского хозяйства / Т.Б. Лещинская. – 2 –е изд., стереотип. – М.: КолосС, 2008 . – 368 с.
7. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование электростанций и подстанций: учебник для студ. среднего проф. образования/ Л. Д. Рожкова, Л.К.Карнеева, Т.В.Чиркова. – М.: Академия, 2008. – 448 с.

Справочники:

1. Москаленко, В. В. Справочник электромонтера / В. В. Москаленко. – М.: Академия, 2004. – 288 с.
2. Ополева, Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: учеб.пособие. – М.: ИД ФОРУМ:ИНФРА-М, 2009. – 480с.
3. Шеховцев, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению / В. П. Шеховцев. – М.: ФОРУМ:ИНФРА - М, 2008. – 136 с.

Дополнительные источники:

1. Все об электростанциях [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – 2012. – Режим доступа: <http://www.gigavat.com/index.php>
2. Информационная система Все об электротехнике [Электронный ресурс] // [сайт] / ООО "Ай Би Тех" – 2000. – Режим доступа: <http://www.ielectro.ru>
3. Испытательное оборудование, электроизмерительные приборы и электротехническое оборудование [Электронный ресурс] // [сайт] / Проект компании Тес – group Передовые технологии – 2016. – Режим доступа: <http://www.tec-electro.ru>
4. Новости электротехники. Информационно – справочное издание [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru>

5. Новости электроэнергетики. Оборудование. Документация. [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – 2016. – Режим доступа: <http://electric-zone.ru>
6. Справочник электрика и энергетика [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – 2003. – Режим доступа: www.elecab.ru
7. Школа для электрика все секреты мастерства [Электронный ресурс] / Источник информации: [Школа для электрика: электротехника и электроника](http://electricschool.info). Статьи, советы, полезная информация. – Режим доступа: <http://electricschool.info>
8. Электронная электротехническая библиотека [Электронный ресурс] // [сайт], 2005. – Режим доступа: <http://electrolibrary.info>
9. Энергетик. Статьи об электричестве и энергетике [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – 2012. – Режим доступа: <http://pue8.ru>

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И
ОБРАЗОВАНИЯ

Петуховский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства
– филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С.
Мальцева»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**МДК 02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и
трансформаторных подстанций профессионального модуля
ПМ 02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных
предприятий**

Вариант _____

Выполнил студент (ка) группы

заочного отделения

(Ф.И.О. студента)

Шифр _____

Проверил: _____

(Ф.И.О. преподавателя)

Петухово 2016