

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Петуховский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства»

**ПМ 01. МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ (В Т.Ч. ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЯ),
АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

**МДК 01.01. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования и
осветительного оборудования**

Учебно-практическое пособие
для студентов средних профессиональных учебных заведений для специальности
35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК)

Петухово
2024

ПМ 01. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования (в т.ч. электроосвещения), автоматизация и роботизация сельскохозяйственных предприятий
МДК 01.01. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования и осветительного оборудования: Учебно-практическое пособие для студентов средних профессиональных учебных заведений для специальности 35.02. Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК) /Е.В. Бутенко.- Петухово, 2024.- количество с. 125

Автор - составитель: Бутенко Е.В., преподаватель ФГБПОУ «Петуховский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства»

Настоящее пособие предназначено для студентов средних профессиональных учебных заведений, обучающихся по специальности 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК). Данное пособие рекомендуется для успешного выполнения практических занятий как одного из важных видов занятий в СПО для формирования умений, навыков в области монтажа воздушных линий и трансформаторных подстанций по виду профессиональной деятельности: Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования (в т.ч. электроосвещения), автоматизация и роботизация сельскохозяйственных предприятий.

В пособии дана методика расчета и выбора электропривода для различных сельскохозяйственных машин и агрегатов, электротехнологического оборудования и их защит, основы монтажа, наладки приборов освещения и электрических машин, приведены список литературы и справочные материалы.

© Е.В.Бутенко2024
© Петуховский техникум механизации и
электрификации сельского хозяйства, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Общие методические рекомендации по выполнению практических занятий	5
1.1. Перечень практических занятий	5
1.2. Укрупненные требования к знаниям и умениям студентов после проведения практических занятий	6
1.3. Примерная структура практического занятия	6
1.4. Правила выполнения практических занятий	7
1.5. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям	7
1.6. Контроль конечного уровня усвоения знаний	7
1.7. Критерии оценки практических занятий	8
1.8. Критерии оценки умений / компетенций	8
2. Инструкционно-технологические карты практических занятий	10
Список литературы	115
Приложения	117

ВВЕДЕНИЕ

Составляющей частью профессионального модуля ПМ 01. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования (в т.ч. электроосвещения), автоматизация и роботизация сельскохозяйственных предприятий, входящего в обязательную часть программы подготовки специалистов среднего звена специальности 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК), является междисциплинарный курс - МДК 01.01. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования и осветительного оборудования. По рабочему учебному плану специальности предусмотрено при освоении МДК 01.01. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования и осветительного оборудования выполнение практических занятий в объеме 60 часов.

В процессе обучения у студентов возникает много проблем с точки зрения усвоения междисциплинарного курса, так как учебных пособий, объединяющих в себе содержание всего курса в целом, нет. Данные методические указания помогут студентам правильно разбираться в производственных ситуациях.

Методические указания разработаны для реализации требований ФГОС СПО специальности 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК) к уровню подготовки будущих выпускников.

Целью данных указаний является оказание помощи студентам при выполнении практических занятий. Данное пособие рекомендуется для успешного выполнения практических занятий для формирования умений, навыков в области монтажа воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций, технического обслуживания систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий по виду профессиональной деятельности: Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования (в т.ч. электроосвещения), автоматизация и роботизация сельскохозяйственных предприятий.

В пособии дана методика расчета и выбора электропривода для различных сельскохозяйственных машин и агрегатов, электротехнологического оборудования и их защит, основы монтажа, наладки приборов освещения и электрических машин, приведены список литературы и справочные материалы.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1.1. Перечень практических занятий

Практическое занятие № 1. Устройство и принцип действия различных типов источника света

Практическое занятие № 2. Оценка энергетической эффективности различных типов источников света

Практическое занятие №3. Устройство и принцип действия источников оптического излучения

Практическое занятие №4. Включение в сеть и исследование работы схем с источником света.

Практическое занятие №5. Исследование работы двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

Практическое занятие № 6. Исследование работы трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Практическое занятие № 7. Построение векторных диаграмм.

Практическое занятие № 8. Расчет и построение механических характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя

Практическое занятие № 9. Расчёт времени пуска и торможения электропривода. Выбор электродвигателей по мощности.

Практическое занятие № 10. Исследование типовых схем управления электроприводами в функции времени, тока, скорости.

Практическое занятие № 11. Исследование устройств встроенной температурной защиты

Практическое занятие № 12. Исследование устройств защитного отключения

Практическое занятие № 13. Исследование автоматизированных электроприводов насосных установок

Практическое занятие № 14. Исследование автоматизированных электроприводов подъемно-транспортных механизмов

Практическое занятие № 15. Исследование электропривода сепараторов молока

Практическое занятие № 16. Определение потерь энергии в переходных режимах. Коэффициент мощности и способы повышения

Практическое занятие № 17. Расчет мощности и выбор электродвигателя для привода насосных установок

Практическое занятие № 18. Расчет мощности и выбор электродвигателя для привода вентиляционных установок

Практическое занятие № 19. Расчет мощности и выбор электродвигателей при продолжительном режиме работы с постоянной и переменной нагрузкой

Практическое занятие № 20. Пуск асинхронного двигателя

Практическое занятие № 21. Монтаж и наладка пускозащитной аппаратуры дистанционного управления с реверсированием трехфазного АД.

Практическое занятие № 22. Коммутационная аппаратура ручного управления и автоматического управления

Практическое занятие № 23. Расчет пускозащитной аппаратуры

Практическое занятие № 24. Бесконтактное управление электроприводом

Практическое занятие № 25. Изучение устройства и исследование работы проточных электрических водонагревателей

Практическое занятие № 26. Выбор электрокалориферных установок

Практическое занятие № 27. Исследование работы вулканизатора

Практическое занятие № 28. Проведение испытаний и пуско- наладочных работ на электротермических установках систем горячего водоснабжения и отопления

Практическое занятие № 29. Ультразвуковая обработка материала

Практическое занятие № 30. Проведение профилактических измерений и испытаний на установках специальных видов электротехнологий и источников ВН. Оформление протоколов испытаний и измерений

1.2. Укрупненные требования к знаниям и умениям студентов после проведения практических занятий

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

иметь практический опыт:

- монтажа и наладки электрооборудования сельскохозяйственных предприятий;
- эксплуатации электрооборудования сельскохозяйственных предприятий

уметь:

- производить монтаж и наладку приборов освещения, сигнализации, контрольно-измерительных приборов, звуковой сигнализации и предохранителей в тракторах, автомобилях и сельскохозяйственной технике;
- подбирать электропривод для основных сельскохозяйственных машин и установок;
- проводить утилизацию и ликвидацию отходов электрического хозяйства;
- читать электрические схемы и чертежи электрических аппаратов напряжением до 1000 В и выше

знать:

- правила технической эксплуатации электроустановок;
- правила охраны труда на рабочем месте;
- основные средства и способы механизации производственных процессов в растениеводстве и животноводстве;
- принцип действия и особенности работы электропривода в условиях сельскохозяйственного производства;
- назначение светотехнических и электротехнологических установок;
- назначение, устройство, принцип работы машин постоянного тока, трансформаторов, асинхронных машин и машин специального назначения;.

Формируемые компетенции

Общие компетенции

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

Профессиональные компетенции

ПК 1.1. Осуществляет монтаж, наладку и эксплуатацию электрооборудования

1.3. Примерная структура практического занятия

Тема

Наименование работы

Цель практического занятия

Норма времени

Место проведения

Основные правила по технике безопасности

Оснащение рабочего места (список материалов и оборудования для проведения занятия)

Информационное обеспечение
Ход проведения работы (методические указания)
Задание для отчета /содержание отчета
Список контрольных вопросов и заданий.

1.4. Правила выполнения практических занятий

Студент должен:

1. Строго выполнять весь объем домашней подготовки, необходимый для выполнения соответствующих практических занятий.
2. Знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности студента, которая производится преподавателем до выполнения работы.
3. Строго соблюдать правила техники безопасности при работе с действующим электротехническим оборудованием.
4. Выполнить систему индивидуальных заданий (вариантов), определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности. Оценивается количество правильно решенных /выполненных за определенное время задач (заданий);
5. Выполнить практическую работу с максимальной долей самостоятельности, следуя указаниям инструкционно-технологической карты. Допускается работа малыми группами (бригадами), каждая из которых выполняет одно задание.
6. Использовать указанную в инструкционно-технологической карте литературу и другие источники.
7. Правильно оформить задания в тетради.
8. Ответить на контрольные вопросы.
9. Знать, что после выполнения работы представляется отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

1.5. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

При подготовке к практическим занятиям необходимо проработать рекомендуемую тему по лекциям и литературным источникам, а также:

1. Законспектировать к практической работе теоретический материал, отсутствующий в лекциях.
2. К практическому занятию студент обязан иметь при себе конспекты лекций, тетрадь для практических занятий;

1.6. Контроль конечного уровня усвоения знаний

Контроль знаний студентов, полученных на практическом занятии, является наиболее ответственной частью занятия, так как определяет степень достижения цели.

Преподаватель проводит индивидуальное собеседование со студентами, проверяет задания, выводы, заключения или другие материалы, позволяющие оценить качество усвоения материала, приобретения практических навыков. К заключительному собеседованию преподаватель может рекомендовать контрольные вопросы, задачи, тестовые задания.

Выполнение студентом практических занятий, правильность ответов на поставленные вопросы контролируются преподавателем во время занятий и при контрольном опросе по теме раздела (просматривается тетрадь для практических занятий).

Если студент пропустил практическое занятие по уважительным или неуважительным причинам, он должен самостоятельно проработать данную тему, предоставить преподавателю краткий конспект ответов на вопросы, поставленные к данной теме (отчет по

работе, выполненной самостоятельно). Во время консультации ответить на дополнительные вопросы по пропущенной теме работы.

1.7. Критерии оценки работ

Оценка «5» – работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» – работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» – работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» – допущены две (и более) существенные ошибки в ходе работы, которые студент не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

1.8. Критерии оценки умений / компетенций

По итогам каждого практического занятия студент получает «зачтено» или «незачтено». Преподаватель должен оценить сформированные умения / компетенции. Что в конечном итоге должно быть представлено студентом на экзамене в соответствующем семестре для допуска к итоговой аттестации по профессиональному модулю (см. табл. Критерии оценки сформированности компетенций).

Критерии оценки сформированности компетенций

Оцениваемые компетенции	Основные показатели результатов	Метод оценки	Критерии оценки	
			Освоена	Не освоена
ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам ПК 1.1. Осуществляет монтаж, наладку и эксплуатацию электрооборудования.	Умение распознавать, анализировать задачу или проблему и определять этапы ее решения, реализовывать составленный план и оценивать результат своих действий Выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования сельскохозяйственных предприятий	Оценка выполнения практического занятия и ее защита. Наблюдение	Все материалы представлены в указанный срок, не требуют дополнительного времени на завершение.	В отведенное для работы время не уложился.
ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках	Умение использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач и оформлять результаты поиска Умение четко и грамотно строить высказывания на профессиональные темы	Экспертная оценка выполнения и защиты практического занятия Наблюдение	Без дополнительных пояснений, использует специализир ПО, знания, умения, полученные при теоретическом изучении дисциплины	Не способен использовать специализированное ПО, знания, умения при выполнении заданий

2. ИНСТРУКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практическое занятие № 1

ТЕМА: Монтаж, наладка приборов освещения

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Устройство и принцип действия различных типов источника света

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с устройством и принципом действия различных типов источников света

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория светотехники.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: источники света различных типов

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 2-е изд. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1224468>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом:

Лампа накаливания - искусственный источник света, в котором свет испускает тело накала, нагреваемое электрическим током до высокой температуры. В качестве тела накала чаще всего используется спираль из тугоплавкого металла вольфрама. Чтобы исключить окисление тела накала при контакте с воздухом, его помещают в вакуумированную колбу либо колбу, заполненную инертными газами или парами.

В лампе накаливания используется эффект нагревания тела накаливания при протекании через него электрического тока. Температура тела накаливания повышается после замыкания электрической цепи. Все тела, температура которых превышает температуру абсолютного нуля, излучают электромагнитное тепловое излучение. Для получения видимого излучения необходимо, чтобы температура излучающего тела превышала 570 °С (температура начала красного свечения, видимого человеческим глазом в темноте).

Рабочие температуры нитей ламп накаливания лежат в пределах 2000-2800 °С. Спектр ламп накаливания смещён в красную часть спектра. Только малая доля электромагнитного излучения лежит в области видимого света, основная доля приходится на инфракрасное излучение. Чем меньше температура тела накаливания, тем меньшая доля энергии, подводимой к нагреваемой проволоке, преобразуется в полезное видимое излучение, и тем более «красным» кажется излучение.

Для оценки физиологического качества светильников используется понятие цветовой температуры. Шкала цветовой температуры приведена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Шкала цветовой температуры

Лампы накаливания излучают желтоватый свет, отличный от дневного, цветовая температура 2200-2900 К.

В атмосферном воздухе при высоких температурах вольфрам быстро окисляется в триоксид вольфрама (образуя характерный белый налёт на внутренней поверхности лампы при потере ею герметичности). По этой причине, вольфрамовое тело накала помещают в герметичную колбу, из которой, в процессе изготовления лампы откачивается воздух и заполняется инертным газом обычно аргоном. Колбы более мощных ламп наполняют инертным газом (азотом, аргоном или криптоном). Повышенное давление в колбе газонаполненных ламп уменьшает скорость испарения вольфрамовой нити. Это не только увеличивает срок службы лампы, но и позволяет повысить температуру тела накаливания. Таким образом, световой КПД повышается, а спектр излучения приближается к белому.

Конструкции ламп весьма разнообразны и зависят от назначения. Однако общими являются тело накала, колба и токовводы (рисунок 1.2). В зависимости от особенностей конкретного типа лампы, могут применяться держатели тела накала различной конструкции. Крючки-держатели тела накала ламп накаливания (в том числе ламп накаливания общего назначения) изготавливаются из молибдена. Лампы могут изготавливаться бесцокольными или с цоколями различных типов.

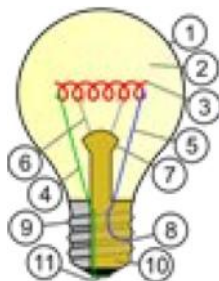


Рисунок 1.2 – Устройство лампы накаливания:

1 - колба; 2 - полость колбы (вакуумированная или наполненная газом); 3 - тело накала; 4, 5 - электроды (токовые вводы); 6 - крючки-держатели тела накала; 7 - ножка лампы; 8 - внешнее звено токоввода, предохранитель; 9 - корпус цоколя; 10 - изолятор цоколя (стекло); 11 - контакт доньшка цоколя

В конструкции ламп общего назначения предусматривается предохранитель - звено из ферроникелевого сплава, вваренное в разрыв одного из токовводов и расположенное вне колбы лампы - как правило, в ножке. Назначение предохранителя - предотвратить разрушение колбы при обрыве нити накала в процессе работы. Стекло колбы защищает тело накала от воздействия атмосферных газов. Размеры колбы определяются скоростью осаждения материала тела накала. В зависимости от типа лампы используются различные виды стекла. Для изготовления ламп накаливания и люминесцентных ламп обычно используют натриево-кальциевое силикатное стекло. В высокотемпературных лампах используют боросиликатное стекло, в то время как в газоразрядных лампах высокого давления - либо кварц, либо керамику для дуговой трубки и боросиликатное стекло для наружного баллона.

Форма и размеры цоколей стандартизованы. У ламп бытового применения наиболее распространены цоколи Эдисона E14 (миньон), E27 и E40 (число обозначает наружный диаметр в мм) или нерезьбовыми сопряжениями - например, байонетным) - британский бытовой стандарт, а также бесцокольные лампы.

По функциональному назначению и особенностям конструкции лампы накаливания подразделяют на: *лампы общего назначения* (самая массовая группа ламп накаливания, предназначенных для целей общего, местного и декоративного освещения); *декоративные лампы*, выпускаемые в фигурных колбах (наиболее массовыми являются свечеобразные колбы диаметром около 35 мм и сферические диаметром около 45 мм); *лампы местного освещения* (конструктивно аналогичные лампам общего назначения, но рассчитанные на низкое (безопасное) рабочее напряжение - 12, 24 или 36 (42) В. Область применения - ручные (переносные) светильники, а также светильники местного освещения в производственных

помещениях (на станках, верстаках и т.п., где возможен случайный бой лампы); *зеркальные лампы* накаливания имеют колбу специальной формы, часть которой покрыта отражающим слоем (тонкая плёнка термически распылённого алюминия. Назначение зеркализации - пространственное перераспределение светового потока лампы с целью наиболее эффективного его использования в пределах заданного телесного угла. Основное назначение зеркальных ЛН - локализованное местное освещение); *сигнальные лампы* используются в различных светосигнальных приборах (средствах визуального отображения информации. Это лампы малой мощности, рассчитанные на длительный срок службы, вытесняются светодиодами); *прожекторные лампы* обычно имеют большую мощность (до 10 кВт, ранее выпускались лампы до 50 кВт и высокую световую отдачу. Используются в световых приборах различного назначения (осветительных и светосигнальных). Спираль накала такой лампы обычно уложена за счёт особой конструкции и подвески в колбе более компактно для лучшей фокусировки).

Люминесцентная лампа - газоразрядный источник света, в котором электрический разряд в парах ртути создаёт ультрафиолетовое излучение, которое преобразуется в видимый свет с помощью люминофора - например, смеси галофосфата кальция с другими элементами. Световая отдача люминесцентной лампы в несколько раз больше, чем у ламп накаливания аналогичной мощности. Срок службы люминесцентных ламп около 5 лет при условии ограничения числа включений до 2000, то есть не больше 5 включений в день в течение гарантийного срока 2 года.

Широко распространены газоразрядные ртутные лампы высокого и низкого давления: лампы высокого давления применяют в основном в уличном освещении и в осветительных установках большой мощности; лампы низкого давления применяют для освещения жилых и производственных помещений.

Газоразрядная ртутная лампа низкого давления (далее - ГРЛНД) представляет собой стеклянную трубку с нанесённым на внутреннюю поверхность слоем люминофора, заполненную аргоном под давлением 400 Па и ртутью (или амальгамой). На рисунке 1.3 представлены виды и устройство ламп.



Лампы низкого давления



Лампы высокого давления



1 - ртуть; 2 - штампованная стеклянная ножка с электровводами; 3 - трубка для откачки (при изготовлении); 4 - выводные штырьки; 5 - концевая панелька; 6 - катод с эмиттерным покрытием.

Рисунок 1.3 – Виды и устройство люминесцентных ламп

Принцип работы. Принцип запуска ЛДС с электромагнитным балластом. При работе люминесцентной лампы между двумя электродами, находящимися в противоположных концах лампы, горит дуговой разряд. Лампа заполнена инертным газом и парами ртути, проходящий электрический ток приводит к появлению УФ-излучения. Это излучение невидимо для человеческого глаза, поэтому его преобразуют в видимый свет с помощью явления люминесценции. Внутренние стенки лампы покрыты специальным веществом –

люминофором, которое поглощает УФ-излучение и излучает видимый свет. Изменяя состав люминофора, можно менять оттенок свечения лампы. В качестве люминофора используют в основном галофосфаты кальция и ортофосфаты кальция-цинка.

На рисунке 1.4 приведен принцип работы люминесцентных ламп.

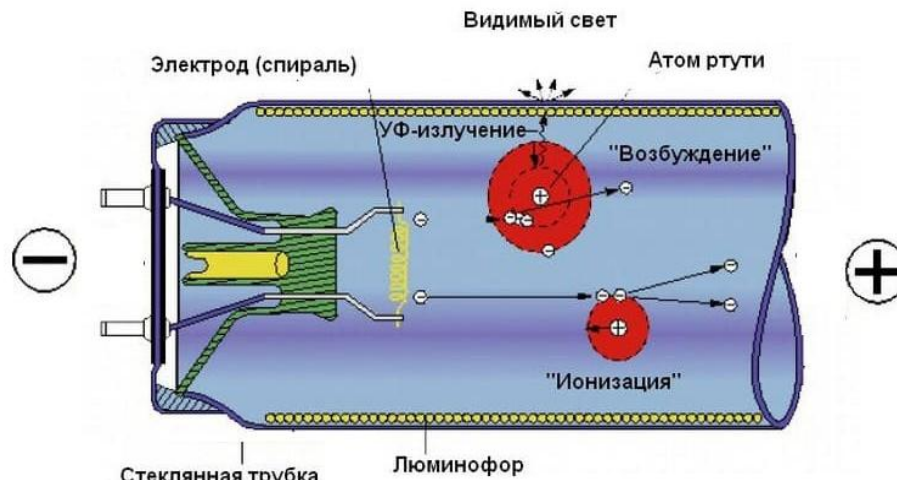


Рисунок 1.4 – Принцип работы люминесцентных ламп

В соответствии с действующим ГОСТ 6825-91* (МЭК 81-84) «Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения», лампы люминесцентные линейные общего назначения маркируются, как: ЛБ (белый свет); ЛД (дневной свет); ЛХБ (холодно-белый свет); ЛТБ (тёпло-белый свет).

Любая газоразрядная лампа, в отличие от лампы накаливания, не может быть включена напрямую в электрическую сеть. Для её включения применяют специальное устройство.

Светодиодная лампы. С развитием электротехники традиционная лампа накаливания перестает быть единственным вариантом для освещения жилья. На смену ей пришли сначала люминесцентные, а затем и светодиодные (LED) источники света. Светодиодные лампы - энергоэффективные, яркие, безопасные для окружающей среды. Но их устройство заметно сложнее (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Устройство светодиодной лампы

Светодиодный источник света состоит из нескольких элементов, соединенных в одном корпусе. Это цоколь, драйвер, радиатор, светодиод и светорассеивающая колба.

Цоколь - элемент, который вкручивается в патрон люстры или другого светильника. Чаще всего для бытового применения выпускают винтовой цоколь типа E27 и E14. Для других нужд выпускаются источники света со штырьковым цоколем.

Драйвер - элемент, который стабилизирует поступающее напряжение, преобразуя переменный ток в постоянный. Также он обеспечивает питание светодиода. Драйвер состоит из микросхем, импульсного трансформатора, конденсаторов.

Радиатор - элемент, который отводит тепло от светодиодов и обеспечивает для них оптимальный температурный режим работы. Обычно он составляет видимую часть корпуса осветительного прибора.

Рассеиватель - прозрачный «колпак», который помогает распределять свет в пространстве. Изготавливается в виде полусферы для рассеивания пучков света под широким углом. В качестве материала применяют поликарбонат или пластик. Кроме этого рассеиватель предотвращает попадание внутрь корпуса пыли и влаги. Для смягчения резкости света и уменьшения раздражающего влияния на глаза этот элемент изнутри покрывают люминофором. При этом достигается цветовая температура, аналогичная естественному освещению.

Светодиоды - главный рабочий элемент лампы. За счет работы диода и появляется свечение.

Принцип работы светодиодных ламп основан на физических процессах в полупроводниках. Свечение появляется после прохождения электрического тока через границу соприкосновения двух полупроводников (п и р), в одном из которых должны преобладать отрицательно заряженные электроны, а в другом - положительно заряженные ионы (рисунок 1.6).

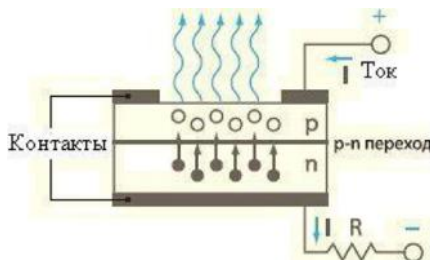


Рисунок 1.6 – Принцип работы светодиодных ламп

Следует отметить, что данные материалы пропускают ток только в одну сторону. При его прохождении в носители заряда осуществляют рекомбинацию - электроны переходят на другой энергетический уровень. В результате появляется видимое глазу световое излучение. Кроме свечения происходит еще и выделение тепла, которое отводится от светодиода при помощи радиатора.

Светодиодные лампы делятся на: изделия для уличного применения (изготавливаются в пыле- и влагозащищенном корпусе); изделия для производственных целей, коммунальных служб (дополняются антивандальным прочным корпусом. Изготавливаются с особыми требованиями к характеристикам освещения: стабильность, срок службы, условия эксплуатации); бытовые лампы (характеризуются невысокой мощностью, стильным дизайном, электро- и пожаробезопасностью, качеством светового потока).

По параметру мощность светодиодные источники света на порядок превосходят лампы накаливания. На упаковке указывается фактическая и эквивалентная мощность. Лампа фактически потребляет 9 Вт. Она заменяет лампу накаливания мощностью 75 Вт. За счет этого достигается экономия электроэнергии.

Мощность промышленных и уличных светодиодных источников света может достигать до 1 000 Вт. Но для бытовых нужд фактической мощности от 2 до 20 Вт вполне хватит.

Светодиодные лампы имеют большой срок службы в часах, по этому показателю LED-элементы лидируют: в среднем они работают в 25 раз больше, чем традиционные лампы.

2. Сделать вывод о проделанной работе.

3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Назначение и устройство различных типов ламп.
2. Перечислите основные характеристики ламп.
3. Что означает понятие цветовой температуры?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схему устройства лампы накаливания, люминесцентной и светодиодной лампы
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 2

ТЕМА: Монтаж, наладка приборов освещения

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Оценка энергетической эффективности различных типов источников света

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение количественных и качественных характеристик источников искусственного освещения.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория светотехники.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: источники света различных типов, люксметр.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории. При работе пользоваться исправным инструментом

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 2-е изд. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1224468>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Одним из важнейших элементов, благоприятных для условий труда, является рациональное освещение помещений и рабочих мест.

В зависимости от источника света производственное освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным (ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение»).

Искусственное освещение по функциональному назначению подразделяется на *рабочее, аварийное, охранное и дежурное*.

Рабочее освещение - освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

Аварийное освещение, в свою очередь, подразделяется на *эвакуационное и освещение безопасности*.

Эвакуационное освещение - освещение, предназначенное для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях - 0,5 лк, на открытых территориях - 0,2 лк.

Освещение безопасности - освещение, необходимое для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Оно предусматривается в случаях, когда отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, длительный сбой технологического процесса, нарушение работы объектов, обеспечивающих жизнедеятельность населения. Освещение безопасности должно обеспечивать на рабочих поверхностях наименьшую освещенность в размере 5% от рабочего, но не менее 2 лк внутри здания и 1 лк - на территории предприятия.

Дежурное освещение - энергосберегающее освещение, используемое в нерабочее время.

Охранное освещение - освещение, предусматриваемое вдоль границ охраняемой территории при отсутствии специальных технических средств охраны.

Искусственное освещение по месту расположения светильников используется двух систем: *общее* и *комбинированное*. **Общее** - освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (*общее равномерное*) или группируются с учетом расположения оборудования (*общее локализованное*). Система **комбинированного освещения** включает *общее* и *местное* освещение. Применение одного местного освещения (без общего) внутри помещений не допускается. Комбинированное освещение применяется при необходимости высокой освещенности рабочих поверхностей, а также тогда, когда к направлению светового потока предъявляются специальные требования. В комбинированной системе общее освещение составляет не менее 10% от требуемой нормируемой освещенности, а местное - 90%.

При искусственном освещении рабочих мест *нормируется минимальная освещенность рабочей поверхности* в зависимости от разряда и подразряда выполняемой работы. Нормативные значения минимальной освещенности приведены в таблице П1.

Для общего искусственного освещения помещений следует использовать, как правило, светодиодные или разрядные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшей световой отдачей и сроком службы.

Световая отдача источников света для общего искусственного освещения помещений при минимально допустимых индексах цветопередачи не должна быть меньше значений, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Световая отдача источников света для общего искусственного освещения помещений

Тип источника света	Световая отдача, лм/Вт, не менее, при минимально допустимых индексах цветопередачи			
	>80	>60	>45	>25
Люминесцентные лампы	65	75	-	-
Компактные люминесцентные лампы	70	-	-	-
Металлогалогенные лампы (МГЛ)	75	90	-	-
Дуговые ртутные лампы (ДРЛ)	-	-	55	-
Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)	-	75	-	100
Светодиодные лампы (СД)	70	75	-	-
Светодиодные модули	80	90	-	-

Цветопередача - общее понятие, характеризующее влияние спектрального состава источника света на зрительное восприятие цветных объектов, сознательно или бессознательно сравниваемое с восприятием тех же объектов, освещенных стандартным источником света.

Индекс цветопередачи - мера соответствия зрительных восприятий цветного объекта, освещенного исследуемым и стандартным источниками света при определенных условиях наблюдения.

Качественное и экономное освещение рабочих мест невозможно без использования соответствующих *светильников* - источников света, заключенных в специальную осветительную арматуру.

Для освещения помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные светодиодные светильники и светильники с газоразрядными лампами. Применение светильников с лампами накаливания для общего освещения допускается только в случае технической невозможности или техникоэкономической нецелесообразности использования других типов светильников.

Для местного освещения, кроме светодиодных и разрядных источников света, следует использовать лампы накаливания, в т. ч. галогенные.

Основные функции электрического светильника - это правильное распределение (перераспределение) светового потока лампы и защита органа зрения от чрезмерной яркости источника света. Осветительная арматура светильника, кроме эстетического компонента, защищает источник света от механических повреждений, влияния вредных химических веществ, пылей, копоти, влаги. Арматура предназначена для крепления светильника и подключения его к источнику питания. Разработано несколько классификаций светильников *в зависимости от распределения светового потока*. Так, светильники прямого света (П) более 80% светового потока направляют в нижнюю полусферу за счет внутренней отражающей эмалевой или полированной поверхности, светильники преимущественно прямого света (Н) в нижнюю полусферу направляют 60-80% светового потока, рассеянного света (Р) - 40-60%, преимущественно отраженного света (В) - 20-40%. Светильники отраженного света (О) в нижнюю полусферу направляют менее 20% всего светового потока, тогда как более 80% света распределяется вверх, на потолок, где он отражается и затем направляется в рабочую зону. С гигиенических позиций светильники отраженного света имеют ряд преимуществ (равномерность освещения, практическое отсутствие блескости). Однако в условиях производства они применяются редко, так как для них требуется высокий коэффициент отражения потолка и чистый воздух, что не всегда возможно для ряда производств.

В зависимости от конструктивного исполнения различают светильники открытые (лампа не отделена от внешней среды), закрытые (лампа отделена оболочкой, допускающей свободный проход воздуха), пыленепроницаемые, влагозащищенные, взрывозащищенные. По назначению светильники бывают местного и общего освещения.

Существуют два способа размещения светильников общего освещения: *равномерный* и *локализованный*. При равномерном способе светильники располагают в прямоугольном или шахматном порядке. В первом случае их располагают по вершинам прямоугольника, во втором - по вершинам ромба. Недостатком этого размещения является сравнительно большой расход энергии, в отдельных случаях появление теней на рабочей поверхности. При локализованном способе светильники располагают с учетом местонахождения машин и рабочих поверхностей. Локализованное размещение применяется в помещениях с несимметричной расстановкой оборудования; при этом потребная для освещения мощность светильника уменьшается, что является преимуществом этого способа размещения перед равномерным.

Светильники местного освещения размещают в непосредственной близости от рабочей поверхности и закрепляют около рабочего места на шарнирном кронштейне, позволяющем направлять световой поток в нужном направлении.

Контроль за соблюдением показателей естественного и искусственного освещения на рабочих местах должен осуществляться в соответствии с требованиями ТНПА (технических нормативных правовых актов), с учетом специфики и условий труда, но не реже 1 раза в 2 года, а также после проведения реконструкции, модернизации производства, мероприятий по улучшению условий труда.

2. Ознакомиться с приборами контроля освещенности:

Для измерения освещенности помещений используется люксметр Ю-116. Принцип его действия основан на фотоэлектрическом эффекте, т. е. преобразовании световой энергии в электрическую. Люксметр (рисунок 2.1) состоит из фотоэлемента 5, соединенного с милливольтметром 6. Шкалы последнего проградуированы в люксах с пределами измерений: нижняя - от 0 до 30 лк, верхняя - от 0 до 100 лк. Увеличение пределов измерений осуществляется за счет применения насадок, которые надеваются на фотоэлемент. В комплект входят три насадки с коэффициентами ослабления: М = 10, Р = 100, Т = 1000 (2,3, 4). Перечисленные насадки применяются вместе с матовой полусферической насадкой К 1.

При использовании насадок предел измерений по верхней и нижней шкалам увеличивается. Новые значения пределов измерений в зависимости от комплекта применяемых насадок указаны в правой части прибора. В левой колонке указаны предельные

значения нижней шкалы прибора в зависимости от применяемого комплекта насадок (КМ, КР, КТ), в правой - предельные значения верхней шкалы.

Благодаря применению насадок с помощью люксметра Ю-116 можно измерять освещенность до 100 000 лк.

Перед началом измерений необходимо соединить фотоэлемент 5 с милливольтметром 6, т. е. вилку фотоэлемента вставить в гнездо прибора, **строго соблюдая полярность**. Для того чтобы прибор при этом не вынимать из футляра, в последнем напротив соединительного гнезда сделан специальный вырез. Включение прибора производится нажатием одной из кнопок в правой нижней части прибора (левая - нижняя шкала, правая - верхняя).



Рисунок 2.1 – Общий вид люксметра Ю-116:

1 – полусферическая насадка К, 2, 3, 4 – насадки с коэффициентами ослабления $M=10$, $P=100$, $T=1000$ соответственно, 5 – фотоэлемент, 6 – милливольтметр

Измерение освещенности следует начинать по шкале 0-30 (нажимается левая кнопка). Если при этом стрелка на шкале прибора смещается в крайнее правое положение, необходимо переключиться на шкалу 0-100 (надавливается правая кнопка). Если в этом случае стрелка прибора окажется в крайнем правом положении, следует использовать поочередно насадки КМ, КР, КТ в зависимости от освещенности, каждый раз начиная измерение по нижней шкале.

Смещение стрелки прибора в крайнее левое положение шкалы свидетельствует о том, что измеряемая освещенность мала. При этом следует заменить насадки с большим коэффициентом ослабления на насадки с меньшим коэффициентом или снять их совсем.

При определении освещенности фотоэлемент устанавливается горизонтально на рабочих местах. По окончании работы отсоединить фотоэлемент от люксметра и аккуратно уложить комплектующие элементы в футляр прибора.

2. Сделать вывод о проделанной работе.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Виды искусственного освещения и их характеристика.
2. Требования, предъявляемые к различным видам искусственного освещения.

3. Как осуществляется нормирование искусственного освещения?
4. Что такое световая отдача, индекс цветопередачи?
5. Какие типы источников искусственного света предпочтительны для применения?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить эскиз люксметра
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 3

ТЕМА: Монтаж, наладка приборов освещения

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Устройство и принцип действия источников оптического излучения

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с устройством и принципом действия источников оптического излучения, применяемых в сельскохозяйственном производстве.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория светотехники.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: УФ и ИК источники оптического излучения.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории. При работе пользоваться исправным инструментом

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 2-е изд. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1224468>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Источником оптического излучения называют устройство, преобразующее любой вид энергии в энергию электромагнитных излучений оптического диапазона спектра.

Искусственные источники света - технические устройства различной конструкции и различными способами преобразования энергии, основным предназначением которых является получение светового излучения (как видимого, так и с различной длиной волны, например, инфракрасного). В источниках света используется в основном электроэнергия, но так же иногда применяется химическая энергия и другие способы генерации света (триболюминесценция, радиолюминесценция, биолюминесценция).

Все параметры источников излучения можно разбить на две группы: технические и эксплуатационные. Технические параметры - это те, которые характеризуют сам источник света безотносительно к условиям его применения. К техническим относятся все электрические, световые и механические параметры ламп.

Основные электрические параметры источников света:

1. Номинальное напряжение - напряжение, на которое рассчитана конкретная лампа или на которое она может включаться с предназначенной для этого специальной аппаратурой. Для ламп накаливания все остальные параметры снимаются именно при номинальном напряжении. Номинальное напряжение (впрочем, как и любое другое) измеряется в вольтах (сокращенное обозначение - В, V).

2. Номинальная мощность лампы - расчетная мощность, потребляемая лампой накаливания при ее включении на номинальное напряжение. Для газоразрядных ламп номинальная мощность - это расчетная мощность, которую потребляет лампа при ее включении со специально предназначенной для этого аппаратурой. Мощность измеряется в ваттах (сокращенное обозначение - Вт, W).

3. Для газоразрядных ламп иногда оговаривается род питающего тока - переменный или постоянный, так как отдельные типы ламп могут работать только на постоянном токе (например, шаровые ксеноновые или ртутные). Если такой оговорки в документации на лампу нет, то лампы должны включаться только на переменное напряжение. При работе на постоянном токе обязательно указывается полярность включения: к какому выводу лампы должен подключаться положительный полюс сети (+), к какому - отрицательный (-). Электрод лампы, к которому подключается положительный полюс напряжения, называется анодом, отрицательный - катодом.

Из световых параметров в каталогах и справочниках чаще всего указывается номинальный световой поток Φ , то есть поток, который создает лампа при ее номинальной мощности. Единица измерения светового потока - люмен (лм).

В сельском хозяйстве используют оптическое излучение с длиной волн от нескольких миллиметров до 1 нм (1 нанометр = 10^{-9} м). Оптическое излучение включает в себя инфракрасное (невидимое), видимое и ультрафиолетовое (невидимое) излучения.

Инфракрасное излучение имеет длину волны 1 мм...780 нм; видимое — 780...380 нм; ультрафиолетовое — 380... 1 нм. В спектре инфракрасного излучения (ИК-излучения) различают три области: ИК-А с длиной волны 780...1400 нм, ИК-В — 1400...3000 нм и ИК-С-3- 10^3 ...3- 10^6 нм.

В сельском хозяйстве широко применяют инфракрасное излучение области А, которое характеризуется большой проникающей способностью в ткани животных и оказывает на них тепловое воздействие. Облучение животных и птицы ускоряет их развитие, активизирует обмен веществ, кровообращение, уменьшает восприимчивость к болезням и т. д. Однако избыток инфракрасных лучей приводит к перегреву и гибели клеток живых тканей (при температуре выше 43,5 °С). Такой нагрев целесообразно применять при дезинсекции зерна, когда насекомые-вредители нагреваются быстрее и сильнее зерна и погибают.

Ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение) также имеет три области: УФ-А с длиной волны 380...315 нм — длинноволновое; УФ-В — 315...280 нм — средневолновое; УФ-С с длиной волны менее 280 нм — коротковолновое.

Ультрафиолетовое облучение области А вызывает пигментацию кожи человека, обладает сравнительно небольшой биологической активностью, может вызвать свечение некоторых веществ, называемое люминесценцией. Это излучение используют для люминесцентного анализа химического состава веществ, качественной оценки сельскохозяйственных продуктов (поврежденность зерна, степень загнивания картофеля, порча мяса и других продуктов), а также для получения видимых излучений путем облучения некоторых веществ (люминофоров).

Средневолновое излучение УФ-В с длиной волн 315...280 нм оказывает более сильное и разнообразное воздействие на живые организмы. В результате поглощения квантов ультрафиолетового излучения этой зоны на коже человека спустя некоторое время возникает покраснение (эритема), а затем пигментация в виде загара. Переоблучение приводит к воспалительным процессам, что вредно для здоровья. Излучение области УФ-В способно превращать провитамин D (стерин) в витамин D, способствующий усвоению организмом фосфорно-кальциевых соединений, которые влияют на прочность костной системы животных, птицы и человека, т. е. обладают антирахитным действием.

При широко используемом безвыгульном содержании скота и птицы проявляется сезонное солнечное голодание. Значительно уменьшить отрицательные последствия этого можно правильной организацией ультрафиолетового облучения и светового режима, что позволяет повысить надой молока на 8...12 %, привесы поросят и телят — на 15...18, яйценоскость кур — на 15...25%, улучшить качество молока и яиц.

Условно принято считать, что общее благоприятное действие ультрафиолетового излучения на животных пропорционально его эритемному действию. Ультрафиолетовое излучение области УФ-С (с длиной волны менее 280 нм), имеющее большую энергию квантов, в основном применяют для бактерицидного воздействия на вредные

микроорганизмы. Длительное воздействие на животных и растения приводит к наследственным изменениям, что можно использовать для выведения растений и других организмов с новыми свойствами.

Ультрафиолетовое излучение с длиной волн 295...280нм разрушающе действует на растения, коротковолновое — может вызвать заболевание глаз — конъюнктивит (если они не защищены).

Видимое излучение имеет большое значение в жизнедеятельности человека, позволяя ориентироваться в пространстве, различать цвета окружающих предметов, выполнять различные технологические операции, а так же, как и инфракрасное, и ультрафиолетовое, может повышать продуктивность скота и птицы. Воздействие видимого излучения на животных и птицу выражается в регуляции основных жизненных функций, влиянии на эндокринную и центральную нервную систему.

Физиологические ритмы (размножение, смена шерстного и перового покрова и др.) определяются условиями светового режима. Продуктивность животных и птицы зависит при прочих равных условиях от уровня и режима освещенности и спектрального состава излучения.

В условиях промышленного животноводства и птицеводства особое значение имеет не столько определенный уровень освещенности, сколько режим изменения продолжительности светового периода суток в зависимости от вида и возраста животных и птиц. Неупорядоченное искусственное освещение в животноводческих и птицеводческих помещениях отрицательно влияет на физическое состояние и продуктивность животных и птицы.

Влияние оптического излучения на растения многосторонне. От условий облучения зависят не только фотосинтез, но и многие другие физиологические процессы растений: рост, развитие листьев и других органов.

Люминесцентные лампы для облучения молодняка животных и птиц. Они дают витальный ультрафиолетовый поток в зонах УФ-А и УФ-В. Необходимость облучения определяется тем, что под действием ультрафиолета образуется активно действующий витамин D, необходимый для роста и развития животных. При этом снижаются заболевания, в том числе рахитом. Под влиянием облучения примерно на 10 % увеличивается продуктивность животных и птиц, улучшается их общее состояние и усиливаются репродуктивные функции.

Установки для УФ облучения животных и птицы могут быть стационарными или передвижными (рисунк 3.1 – 3.3)

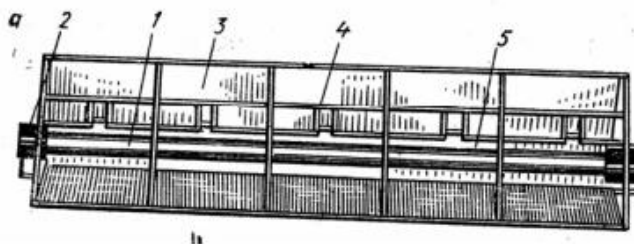


Рисунок 3.1 – Облучатель ЭО1-30 с лампой ЛЭ-30: 1-витальная лампа, 2-ламподдержатель, 3-отрагатель, 4-защитная сетка, 5-пуско-регулирующая аппаратура

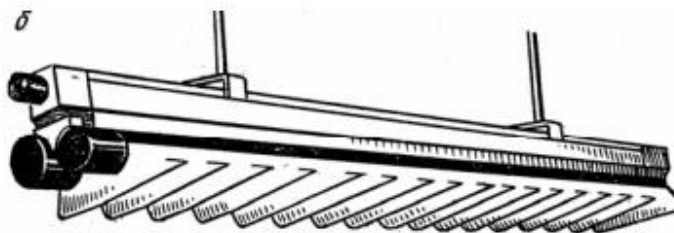


Рисунок 3.2 – Облучатель ОЭСП02-2х40 с лампами ЛБР-40 и ЛЭР-40

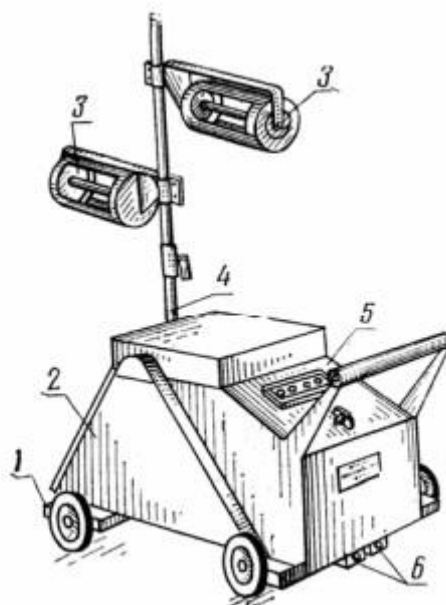


Рисунок 3.3 – Установка ультрафиолетового облучения кур УОК-1: 1-самоходное шасси, 2-привод, 3-облучатели с лампами ДРТ-400, 4-штанга, 5-панель управления, 6-конечные выключатели

Бактерицидные лампы. Они предназначены для обеззараживания помещений, воздуха, жидкостей, аппаратов, продуктов и т. п. Такие лампы имеют ртутный разряд низкого давления в диапазоне длин волн $\lambda = 185$ и 254 нм, который является эффективным источником ультрафиолетового излучения, обладающего сильным бактерицидным действием (уничтожением микробов, грибов и другой вредной микрофлоры и микрофауны).

По конструкции и электрическим параметрам они аналогичны обычным люминесцентным лампам низкого давления. Отличаются колбой, изготовленной из специального увиолевого стекла, и тем, что не имеют люминофора.

Бактерицидные лампы имеют следующие обозначения: Д — дуговая, Б — бактерицидная; идущие затем цифры соответствуют мощности лампы и номеру разработки. Например, ДБ-30-1 означает, что лампа дуговая бактерицидная мощностью 30 Вт первой разработки.

Фотосинтезные лампы. Люминесцентные лампы низкого давления используют для дополнительного облучения рассады и искусственного облучения растений в теплицах. В последнем случае осуществляется замена или дополнение естественного излучения в осенне-зимний период и обеспечение требуемых условий роста и развития растений. Рекомендуемая продолжительность ежесуточного облучения зависит от выращиваемой культуры и климатического пояса и составляет 12... 16 ч. В лампах указанного назначения путем подбора состава люминофорного покрытия повышено излучение в красной и синей областях спектра. Лампа ЛФ-40-1, имеющая однокомпонентное люминофорное покрытие и максимум излучения в красной области, предназначена для облучения рассады огурцов. Лампа ЛФ-40-2, имеющая двухкомпонентное люминофорное покрытие и максимум излучения в красной и синей областях, предназначена для облучения рассады томатов.

По размерам и электрическим характеристикам лампы ЛФ-40 аналогичны лампам ЛБ-40 и ЛД-40, поэтому их используют с теми же ПРА и арматурой, что и лампы ЛБ и ЛД.

Люминесцентные лампы этого вида имеют следующие обозначения: Л — люминесцентная, Ф — высокая фотосинтезная эффективность, цифра 1 указывает на

то, что лампа предназначена для облучения рассады огурцов, цифра 2 — для облучения томатов.

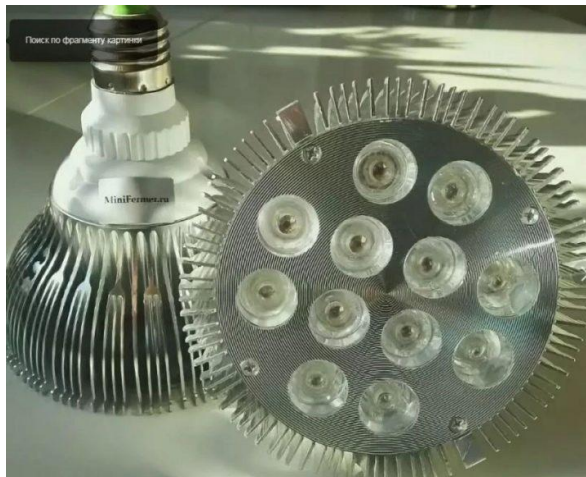


Рисунок 3.4 – Минифермер Биколор

ИК излучение применяют для обогрева молодняка животных и птицы, сушки лакокрасочных покрытий и т.д.

Источники ИК излучения подразделяются на 2 группы: светлые и тёмные.

Светлые источники ИК излучения не имеют конструктивных отличий от ламп накаливания общего назначения, за исключением того, что температура их нити накала несколько снижена ($2273...2770\text{K}$) за счет этого максимум излучения лампы смещается в длинноволновую область (область ИК излучения). Максимум излучения этих ламп приходится на 1400nm . Промышленность выпускает источники ИК излучения: лампы типа ИК3500; ИК3К250; эти лампы имеют на внутренней поверхности отражающий слой из алюминия или серебра с коэффициентом отражения для ИК излучения 0,9.

Лампы ИК3К покрыты красным термостойким лаком для уменьшения доли видимого излучения.

За счет того, что температура нити накала снижена, срок службы этих ламп составляет 5000 ч.

К тёмным источникам ИК излучения относятся ТЭНы, представляющие собой металлическую трубку, заполненную огнестойкой изоляционной массой и спираль из нихрома, располагающуюся в центре трубки. Максимум излучения ТЭНов приходится на длину волны 4000 nm . Срок службы ТЭНов 10000 часов.

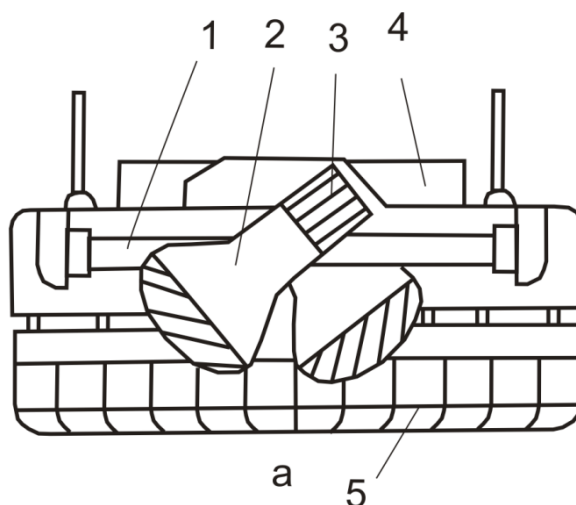


Рисунок 3.5 – Облучатель «Луч»: 1-ультрафиолетовая лампа, 2-инфракрасная лампа, 3-корпус, 4-подвеска, 5-защитная сетка

2. Сделать вывод о проделанной работе.

3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Какое влияние на живые организмы оказывает ультрафиолетовое облучение?
2. Что такое облученность и её единицы измерения?
3. Какие установки используются для облучения животных, их достоинства и недостатки?
4. По какому принципу осуществляется автоматизация дозирования работы установок?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Составить классификацию оптического излучения, применяемого в сельском хозяйстве.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 4

ТЕМА: Монтаж, наладка приборов освещения

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Включение в сеть и исследование работы схем с источником света

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться со схемами включения в сеть различных источников света.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Соединительные провода, распределительная коробка, лампа накаливания, выключатель, пассатижи, отвертка, изоляционная лента.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории. При работе пользоваться исправным инструментом

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 2-е изд. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1224468>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Установки электрического освещения используют во всех производственных и бытовых помещениях, общественных и жилых зданиях, на площадях, дорогах и т.п. Это самый распространенный вид электроустановок. Различают три вида электрического освещения: рабочее, аварийное, охранное.

Рабочее освещение предназначено для обеспечения нормальной деятельности людей во всех помещениях и на открытых участках при недостаточном естественном освещении.

Аварийное освещение предназначено для создания условий безопасной эвакуации людей при аварийном отключении рабочего освещения в помещениях или для продолжения работ на участках, где работа не может быть прекращена по условиям технологического процесса.

Охранное освещение вдоль границ охраняемой территории создает освещенность зоны с обеих сторон ограды.

Основным элементом осветительной электроустановки является источник света – лампа, преобразующая электроэнергию в энергию светового излучения.

Основными характеристиками лампы являются: номинальное напряжение, В; потребляемая мощность, Вт; световой поток, лм; срок службы, ч; габаритные размеры, мм.

В качестве источника света широко применяют лампы накаливания, газоразрядные лампы и светодиодные.

Существует множество схем включения электрических источников света. Наиболее простым являются схемы включения ламп накаливания, а более сложными – люминесцентных ламп и дуговых ртутных ламп (ДРЛ) высокого давления.

Схемы включения ламп накаливания приведены на рисунках 4.1-4-5. Аналогично включаются и светодиодные лампы.

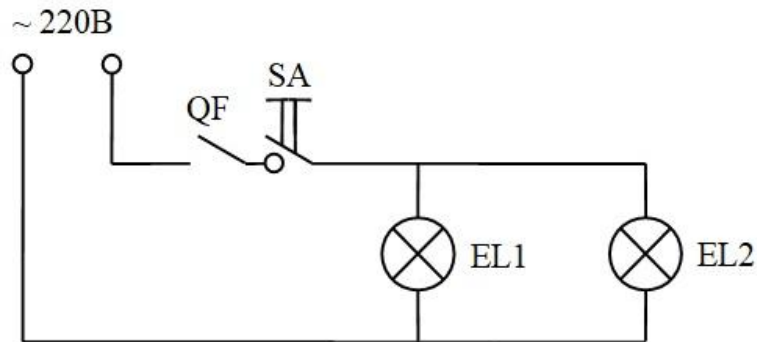


Рисунок 4.1 – Схема включения ламп накаливания одноклавишным выключателем

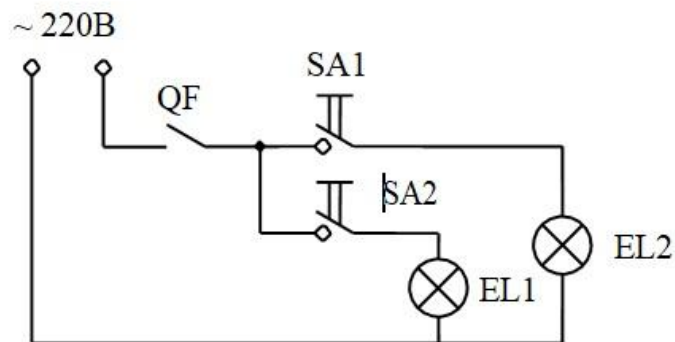


Рисунок 4.2 – Схема включения ламп накаливания двухклавишным выключателем

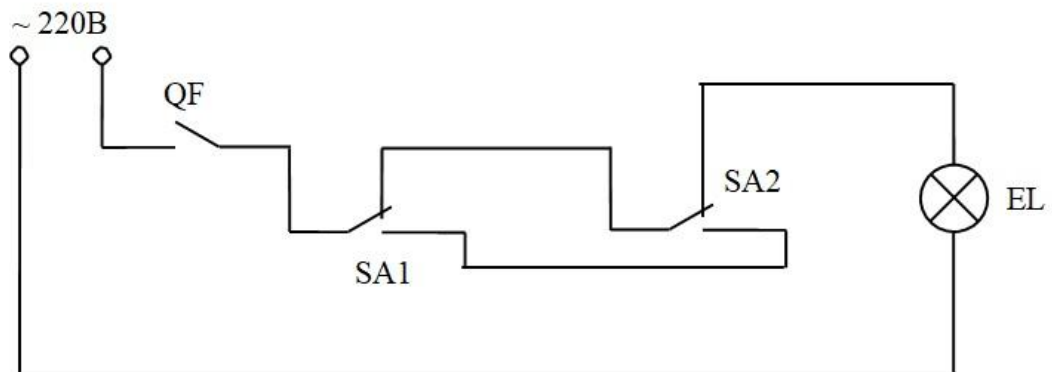


Рисунок 4.3 – Схема включения лампы проходным выключателем

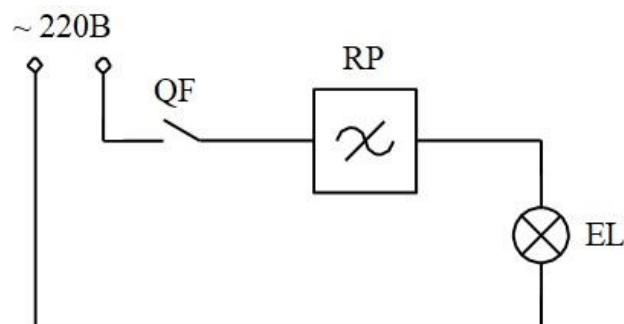


Рисунок 4.4 – Схема включения с регулированием интенсивности освещения

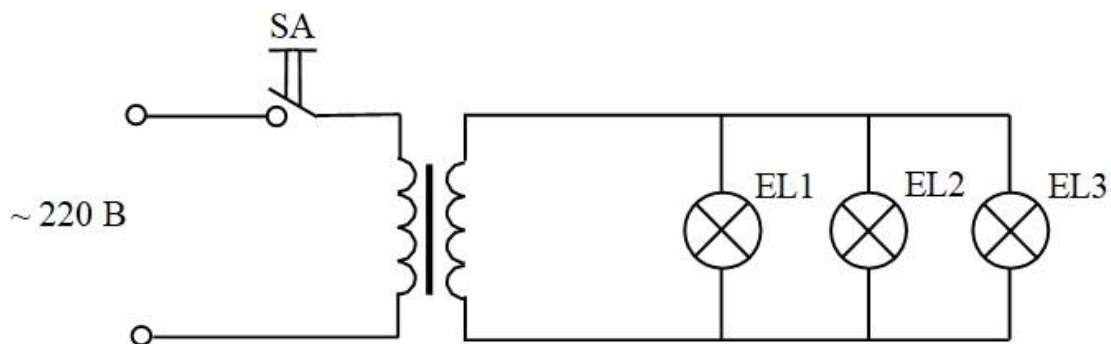


Рисунок 4.5 – Схема подключения точечных светодиодных светильников

Для стабилизации разряда и ограничения тока люминесцентных ламп применяются балластные сопротивления, чаще всего дроссели (катушки с железным сердечником), к которым предъявляются следующие требования: потери мощности в дросселе должны быть минимальными; во время работы дроссель не должен нагреваться выше 60°C ; должен иметь как можно меньшие габариты и массу; магнитопровод дросселя должен быть собран так, чтобы во время работы не было гудения.

Дроссель (ПРА) необходим для выполнения следующих задач: ограничение тока при замыкании стартерных электродов; за счет ЭДС самоиндукции, возникающей в момент размыкания стартерных электродов, генерируется необходимый импульс напряжения для пробоя газоразрядной лампы; обеспечение стабильного горения дугового разряда после зажигания лампы.

Особенностью газоразрядных ламп является необходимость использования для их включения специальных устройств, называемых стартерными пускорегулирующими аппаратами (ПРА) или просто стартерами.

Стартер выполняет следующие функции: замыкает цепь пускового тока лампы, что приводит к нагреванию электродов лампы пусковым током и падению напряжения сети на балластном сопротивлении и электродах лампы; по возможности быстро размыкает контакты, шунтирующие лампу после разогрева электродов, при этом за счет энергии, запасенной в индуктивном балласте, на разомкнутых контактах стартера возникает импульс высокого напряжения (около 1 кВ), который прикладывается к лампе и зажигает ее; поддерживает контакты разомкнутыми в течение всего времени горения лампы (в противном случае контакты стартера вновь шунтируют лампу, и она погаснет).

Стартер (рисунок 4.6) состоит из стеклянного баллона, наполненного инертным газом. В баллон впаяны металлический неподвижный и биметаллический электроды, имеющие выводы, проходящие через цоколь. Баллон заключен в металлический или пластмассовый корпус с отверстием в верхней части.

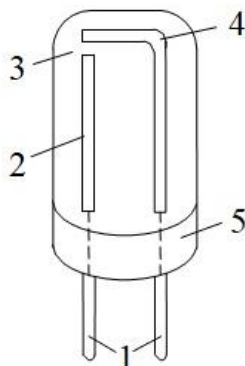


Рисунок 4.6 – Стартер тлеющего разряда: 1-выводы, 2-металлический неподвижный электрод, 3-стеклянный баллон, 4-биметаллический электрод, 5-цоколь

Стартеры для включения люминесцентных ламп в сеть выпускаются на напряжение 127 и 220 В. Время подогрева электродов определяется временем замыкания электродов стартера и составляет 0,2 – 0,8 с.

В ряде случаев этого времени недостаточно для разогрева электродов лампы и существенного снижения напряжения зажигания. Поэтому лампа при первом импульсе может не зажечься, и процесс зажигания повторяется. Общая длительность шокowego режима зависит от параметров зажигания лампы и стартера, а также от напряжения сети и находится в пределах 3 - 15с. Длительность пускового импульса составляет 1 – 2 мкс и недостаточна для надежного зажигания лампы, так как за это время межэлектродное пространство в лампе не успевает достигнуть необходимой степени ионизации. По- этому параллельно контактам стартера включают конденсатор емкостью 5 – 10 нФ, что увеличивает длительность импульса в 50 – 100 раз.

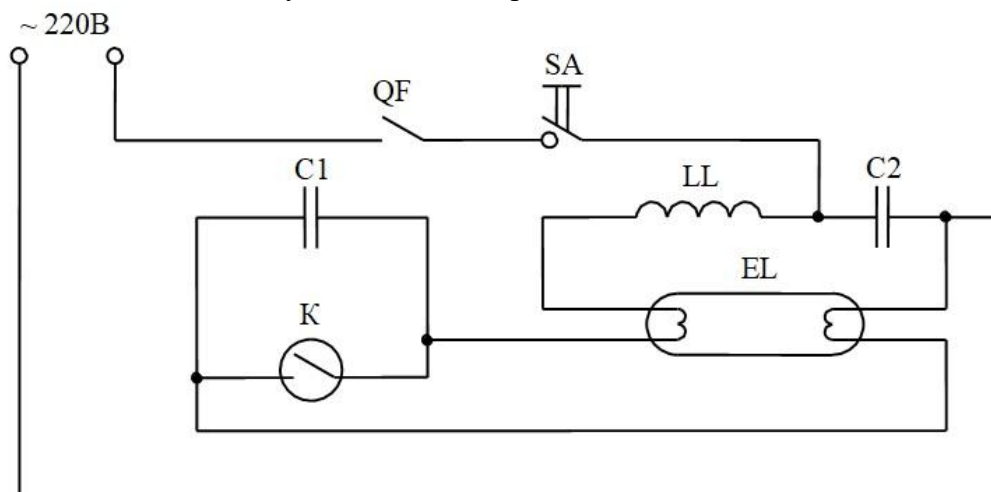


Рисунок 4.7 – Схема включения люминесцентной лампы по стартерной схеме зажигания

Люминесцентным лампам, так же как и другим газоразрядным источникам света, при работе их на переменном токе присущи колебания светового потока во времени. Это обусловлено малой световой инерцией люминесцентных ламп.

Колебания светового потока, незаметные для глаза при наблюдении не- подвижных предметов, становятся заметными при наблюдении за движущимися предметами. При глубоких колебаниях изображение предмета на сетчатке глаза не только появляется и исчезает (или плохо просматривается) 100 раз в секунду, но одновременно и перемещается с одного элемента сетчатки на другие. Поэтому движение предмета воспринимается глазом как прерывистое, а при некоторой скорости вращения предмета может создаться иллюзия, что он вращается в противоположную сторону или находится в покое. Это явление носит название стробоскопического эффекта.

Наличие стробоскопического эффекта, т. е. искажения зрительного восприятия от движущихся и вращающихся предметов, недопустимо в цехах машиностроительных заводов и нежелательно во всех других случаях. Для снижения глубины колебаний светового потока люминесцентных ламп используют специальные схемы их включения: соседние лампы включают в разные фазы трехфазной электрической сети, применяют специальные двухламповые схемы с искусственным сдвигом фаз при помощи конденсатора, включенного в цепь одной из пары ламп.

Люминесцентные лампы, благодаря экономичности и свойству создавать рассеянный свет, являются идеальными для освещения больших площадей. Однако качество освещения и продолжительность срока службы люминесцентной лампы зависят от устройства, обеспечивающего её зажигание и поддержание рабочего режима. Традиционно электропитание ламп производится током сетевой частоты 50 Гц от электромагнитных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА).

Электромагнитные ПРА из-за своих известных недостатков (мерцающего света, нестабильности освещённости при колебаниях напряжения сети, повышенного уровня шума, низкого коэффициента мощности, отсутствия возможности управления светом) не

позволяют в полной мере раскрыть все возможности освещения с использованием люминесцентных ламп. Устранить эти недостатки и получить дополнительные возможности энергосбережения позволяют *электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА)*, или *электронные балласты* (рисунок 4.8).



Рисунок 4.8 – Электронный пускорегулирующий аппарат

Электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА) представляют собой электронные устройства, используемые для поджига и обеспечения оптимальной работы газоразрядных ламп в бесстартерных схемах включения. В настоящее время ЭПРА находят все более широкое применение для питания различных типов ламп. С развитием элементной базы ЭПРА становятся все компактнее, надежнее, дешевле и легче, позволяют осуществлять регулировку светового потока, могут работать с несколькими типами ламп, различая их автоматически при включении.

По сравнению со стандартными электромагнитными аппаратами ЭПРА обладают определёнными преимуществами. При равной мощности ЭПРА значительно легче, чем аналогичный электромагнитный балласт. Рабочая частота ЭПРА лежит в диапазоне 25-45 кГц, что делает его работу бесшумной. При использовании ламп с ЭПРА устраняется их мигание при включении. Благодаря оптимальному режиму зажигания, который обеспечивается ЭПРА любой модификации, существенно увеличивается срок службы ламп, а также значительно снижается спад светового потока в течение всего срока службы.

При наличии ЭПРА экономия электроэнергии достигает до 25% в случае стандартного включения. Значительная экономия электроэнергии достигается при использовании системы, автоматически регулирующей световой поток в зависимости от уровня освещенности. При использовании ламп с ЭПРА устраняется стробоскопический эффект и обеспечивается стабильный световой поток при пульсациях напряжения питания, устраняя тем самым эффект усталости глаз при работе за компьютером. Наличие ЭПРА позволяет эксплуатировать лампы при более низких температурах. При выходе из строя лампы ЭПРА автоматически отключается.

Электронные балласты являются более дорогими по сравнению с электромагнитными ПРА устройствами, однако начальные затраты компенсируются их высокой экономичностью.

2. Собрать схемы включения ламп.
3. Сделать вывод о проделанной работе.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Как осуществляется включение в сеть светильников с лампами накаливания?
2. В чем отличие проходной схемы включения светильников?
3. Назначение пускорегулирующей аппаратуры.
4. В чем отличие стартерной и бесстартерной схем включения люминесцентных ламп?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схемы включения ламп накаливания, газоразрядных и светодиодных ламп.

3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 5

ТЕМА: Эксплуатация электрических машин

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Исследование работы двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство двигателя постоянного тока параллельного возбуждения и приобрести практические навыки в сборке схемы при опытном исследовании двигателя для получения данных с целью построения его основных характеристик; получить экспериментальное подтверждение теоретическим сведениям о свойствах двигателей постоянного тока параллельного возбуждения.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электрических машин и аппаратов.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: двигатель постоянного тока, измерительные приборы, нагрузочный реостат.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории. При работе пользоваться исправным инструментом. Сборку схем и присоединения приборов производить при остановленной машине. После сборки схему показать преподавателю.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами: учебное пособие / А.Е. Поляков, А.В. Чесноков, Е.М. Филимонова. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 224 с. — (Среднее профессиональное образование).- Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1209815>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Электрическая машина постоянного тока состоит из статора, якоря, коллектора, щеткодержателя и подшипниковых щитов (рисунок 5.1). Статор состоит из станины (корпуса), главных и добавочных полюсов, которые имеют обмотки возбуждения. Эту неподвижную часть машины иногда называют индуктором. Главное его назначение — создание магнитного потока. Станина изготавливается из стали, к ней болтами крепятся главные и добавочные полюса, а также подшипниковые щиты. Сверху на станине имеются кольца для транспортирования, снизу — лапы для крепления машины к фундаменту. Главные полюса машины набираются из листов электротехнической стали толщиной 0,5 -1 мм с целью уменьшения потерь, которые возникают из-за пульсаций магнитного поля полюсов в воздушном зазоре под полюсами. Стальные листы сердечника полюса спрессованы и скреплены заклепками.

В полюсах различают сердечник и наконечник (рисунок 5.2). На сердечник надевают обмотку возбуждения, по которой проходит ток, создавая магнитный поток. Обмотка возбуждения наматывается на металлический каркас, оклеенный электрокартоном (в больших машинах), или размещается на изолированном электрокартоне сердечнике (малые машины). Для лучшего охлаждения катушку делят на несколько частей, между которыми оставляют вентиляционные каналы. Добавочные полюса устанавливаются между главными. Они служат для улучшения коммутации. Их обмотки включаются последовательно в цепь якоря, поэтому проводники обмотки имеют большое сечение.

Якорь машины постоянного тока состоит из вала, сердечника, обмотки и коллектора. Сердечник якоря собирается из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм и спрессовывается с обеих сторон с помощью нажимных шайб. В машинах с радиальной системой вентиляции листы сердечника собираются в отдельные пакеты толщиной 6-8 см, между которыми делают вентиляционные каналы шириной 1 см.

Обмотка якоря изготавливается из медных проводов круглого или прямоугольного сечения в виде заранее выполненных секций (рисунок 5.3). Они укладываются в пазы, где тщательно изолируются. Обмотку делают двухслойной: размещают в каждом пазу две стороны разных якорных катушек — одну над другой. Обмотку закрепляют в пазах клиньями (деревянными, гетинаксовыми или текстолитовыми), а лобовые части крепят специальным проволочным бандажом. В некоторых конструкциях клинья не применяют, а обмотку крепят бандажом. Бандаж изготовляют из немагнитной стальной проволоки, которая наматывается с предварительным натяжением. В современных машинах для бандажировки якорей используют стеклянную ленту.

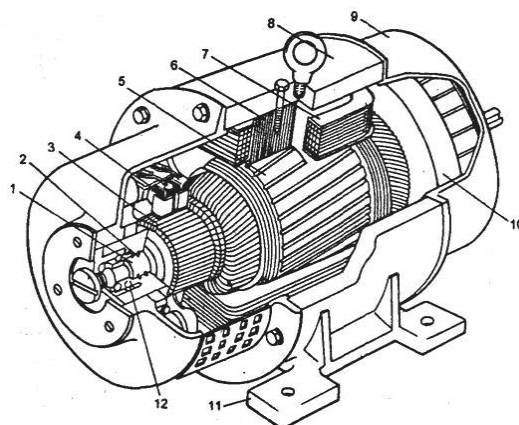


Рисунок 5.1 – Машина постоянного тока:

1 – вал; 2 – передний подшипниковый щит; 3 – коллектор; 4 – щеткодержатель; 5 – сердечник якоря с обмоткой; 6 – сердечник главного полюса; 7 – полюсная катушка; 8 – станина; 9 – задний подшипниковый щит; 10 – вентилятор; 11 – лапы; 12 – подшипник

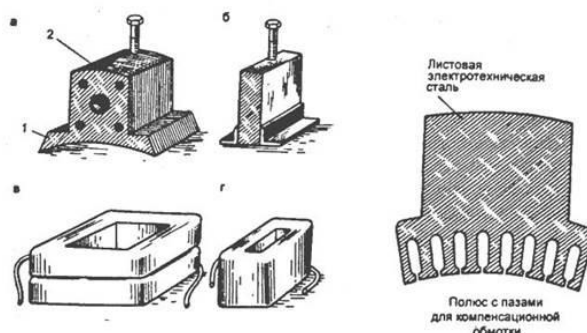


Рисунок 5.2 – Полюса машины постоянного тока:

а – главный полюс; б – дополнительный полюс; в – обмотка главного полюса; г – обмотка дополнительного полюса; 1 – полюсный наконечник; 2 – сердечник

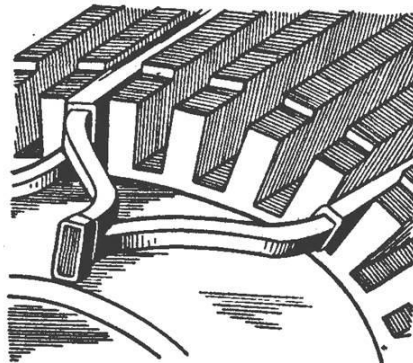


Рисунок 5.3 – Расположение секции обмотки якоря в пазах сердечника

Коллектор машины постоянного тока (рисунок 5.4) собирается из клиноподобных пластин холоднокатаной меди. Пластины изолируют одну от другой прокладками из коллекторного миканита толщиной 0,5 - 1 мм. Нижние (узкие) края пластин имеют вырезы в

виде "ласточкина хвоста", которые служат для крепления медных пластин и миканитовой изоляции. Коллекторы крепят нажимными конусами двумя способами: при одном из них усилие от зажима передается только на внутреннюю поверхность "ласточкина хвоста", при втором — на "ласточкин хвост" и конец пластины.

Коллекторы с первым способом крепления называют арочными, со вторым — клиновыми. Наиболее распространены арочные коллекторы.

В коллекторных пластинах со стороны якоря при небольшой разнице в диаметрах коллектора и якоря делают выступы, в которых фрезеруют прорези (шлицы). В них укладывают концы обмотки якоря и припаивают оловянистым припоем. При большой разнице в диаметрах припайка к коллектору делается с помощью медных полосок, которые называются "петушками". В быстроходных машинах большой мощности для предотвращения выпучивания пластин под действием центробежных сил применяют внешние изолированные бандажные кольца.

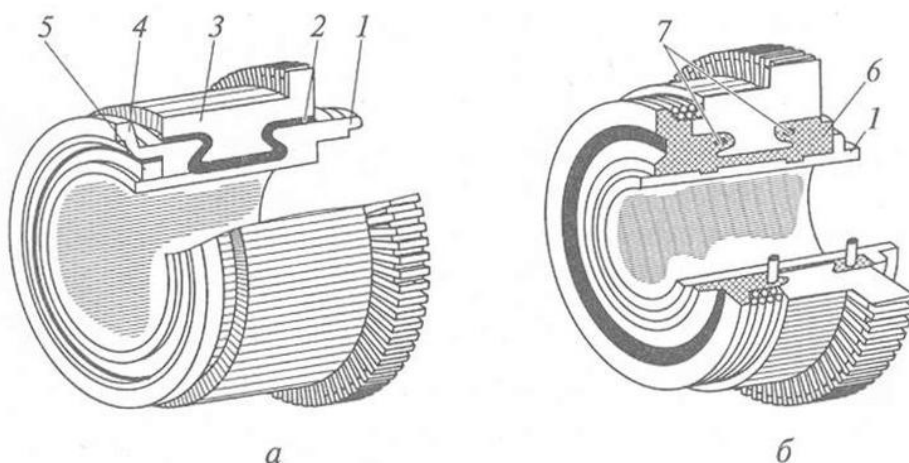


Рисунок 5.4 – Устройство коллекторов на стальной втулке (а) и на пластмассе (б):
1-стальная втулка, 2-миканитовые изоляционные манжеты, 3-коллекторные пластины, 4-нажимной фланец, 5-контргайка, 6-пластмасса, 7-стальные бандажки

Щеточный аппарат состоит из траверсы, щеточных пальцев (болтов), щеткодержателей и щеток. Траверса предназначена для крепления на ней щеточных пальцев щеткодержателей, образующих электрическую цепь.

Щеткодержатель состоит из обоймы, в которую помещается щетка, рычага для прижима щетки к коллектору и пружины. Давление на щетку составляет 0,02 - 0,04 МПа. Для соединения щетки с электрической цепью имеется гибкий медный тросик. В машинах малой мощности применяют трубчатые щеткодержатели, которые крепят в подшипниковом щите. Все щеткодержатели одной полярности соединяются между собой сборными шинами, которые подключаются к выводам машины. Щетки (рисунок 5.5) в зависимости от состава порошка, способа изготовления и физических свойств разделяют на шесть основных групп: угольно-графитовые, графитовые, электрографитовые, медно-графитовые, бронзографитовые и серебряно-графитовые.

Подшипниковые щиты электрической машины служат в качестве соединительных деталей между станиной и якорем, а также опорной конструкцией для якоря, вал которого вращается в подшипниках, установленных в щитах.

Различают обычные и фланцевые подшипниковые щиты. Подшипниковые щиты изготавливают из стали (реже из чугуна или алюминиевых сплавов) методом литья, а также сварки или штамповки. В центре щита делается расточка под подшипник качения: шариковый или роликовый. В машинах большой мощности в ряде случаев используют подшипники скольжения.

В последние годы статор двигателей постоянного тока собирают из отдельных листов электротехнической стали. В листе одновременно штампуются ярмо, пазы, главные и добавочные полюса.

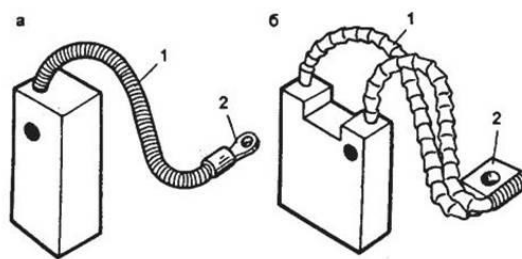


Рисунок 5.5 – Щетки:

а – для машин малой и средней мощности; б – для машин большой мощности; 1 – щеточный канатик; 2 – наконечник.

Электрические машины постоянного тока используются как в качестве генераторов, так и в качестве двигателей. Генераторы используются в зарядных устройствах, на автомобилях, в качестве возбuditелей синхронных генераторов. Наибольшее применение имеют ДПТ, диапазон мощности которых достаточно широк от долей Ватт (для привода устройств автоматики) до нескольких тысяч киловатт (для привода прокатных станов, шахтных подъемников и др). ДПТ широко используют для привода подъемных средств в качестве крановых двигателей и привода транспортных средств в качестве тяговых двигателей. Основные преимущества ДПТ по сравнению с бесколлекторными двигателями переменного тока – хорошие пусковые и регулировочные свойства, возможность получения частоты вращения более 3000 об/мин, а недостатки – относительно высокая стоимость, некоторая сложность в изготовлении и пониженная надежность. Все эти недостатки обусловлены наличием в них щеточно – коллекторного узла, который к тому же является источником радиопомех и пожароопасности. Эти недостатки и ограничивают применение МПТ.

У двигателя с параллельным возбуждением (шунтового) обмотка возбуждения включена параллельно обмотке якоря. Для пуска двигателя в ход применяется трехзажимный реостат (рисунок 5.6).

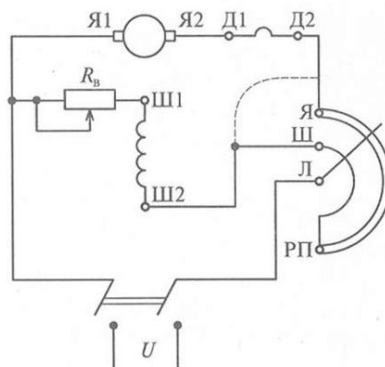


Рисунок 5.6 – Двигатель параллельного возбуждения

Напряжение сети к двигателю подают через рубильник, один провод подключен непосредственно к двигателю, а другой к зажиму Л пускового реостата. Ток по металлической рукоятке реостата поступает непосредственно на металлическую дугообразную планку и через шунтовой реостат на параллельную обмотку возбуждения. Это одна цепь тока. Большая часть тока проходит по другой цепи: металлическая рукоятка реостата – пусковое сопротивление – обмотка якоря. В начале пуска включены все элементы пускового реостата. По мере разгона двигателя рукоятку реостата поворачивают, уменьшая пусковое сопротивление. В рабочем режиме пусковое сопротивление полностью выведено.

Так как момент вращения двигателя прямопропорционален магнитному потоку, то для получения максимального пускового момента необходимо создать максимальный магнитный поток полюсов, поэтому пусковой реостат снабжен соединенной с обмоткой возбуждения дугообразной планкой, по которой к обмотке возбуждения подводят полное номинальное напряжение сети, что обеспечивает достаточный для пуска ток возбуждения.

При постоянном напряжении в сети и неизменном сопротивлении якорной цепи ток якоря будет зависеть только от значения противо-ЭДС двигателя. С увеличением нагрузки скорость снижается, что приводит к снижению ЭДС, а это вызывает увеличение тока якоря и соответственно увеличение момента; при снижении нагрузки эти зависимости приобретают противоположный характер.

Чтобы изменить направление вращения якоря двигателя, необходимо изменить направление тока или в обмотке якоря или в обмотке возбуждения. Так, если направление тока в обмотке возбуждения стало противоположным, то изменится полярность полюсов, а направление тока в обмотке якоря останется прежним. Применяв правило левой руки, легко убедиться в том, что якорь двигателя будет вращаться в другую сторону. То же произойдет при изменении направления тока в якоре. При изменении полярности на зажимах двигателя направление вращения якоря останется прежним, так как одновременно изменится и полярность полюсов, и направление тока в обмотке якоря.

Скорость вращения в двигателе параллельного возбуждения регулируют изменяя магнитный поток, для чего в цепь обмотки возбуждения включают регулировочный реостат.

Свойства двигателя отражают его рабочие характеристики, под которыми понимают зависимость скорости вращения n , тока I , вращающего момента M и коэффициента полезного действия η от мощности P_2 на валу двигателя при постоянных значениях напряжения и тока возбуждения, т.е. $n, M, I, \eta = f(P_2)$ при $U = \text{const}$ и $I_e = \text{const}$.

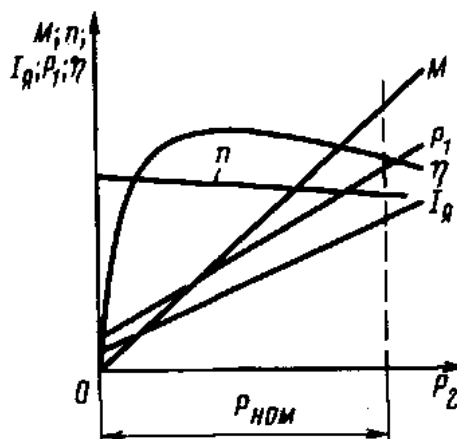


Рисунок 5.7 – Рабочие характеристики двигателя параллельного возбуждения

Скорость вращения двигателя с увеличением полезной нагрузки снижается незначительно. Уменьшение скорости происходит вследствие увеличения падения напряжения в цепи якоря. Ток двигателя возрастает с увеличением нагрузки. Момент возрастает практически прямопропорционально нагрузке. Поскольку скорость вращения двигателя при увеличении нагрузки несколько снижается, то кривая момента слегка изгибается вверх. Коэффициент полезного действия с увеличением нагрузки увеличивается и достигает своего максимального значения примерно при половинном значении мощности, затем остается почти постоянным, но при перегрузке снова снижается.

2. Снять рабочие характеристики двигателя.
3. Сделать вывод о проделанной работе.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. С какой целью при пуске двигателя параллельного возбуждения регулировочный реостат в цепи обмотки возбуждения выводят полностью?
2. Какие способы регулирования частоты вращения возможны в двигателях параллельного возбуждения?
3. Какие характеристики двигателя параллельного возбуждения называют рабочими?
4. Почему при увеличении нагрузки на вал двигателя параллельного возбуждения уменьшается частота вращения?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схему двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.
3. Построить рабочие характеристики двигателя постоянного тока
4. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 6

ТЕМА: Эксплуатация электрических машин

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Исследование работы трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и приобрести практические навыки в сборке схемы при опытном исследовании двигателя для получения данных с целью построения его основных характеристик; получить экспериментальное подтверждение теоретическим сведениям о свойствах асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электрических машин и аппаратов.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: двигатель постоянного тока, измерительные приборы, нагрузочный реостат.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории. При работе пользоваться исправным инструментом. Сборку схем и присоединения приборов производить при остановленной машине. После сборки схему показать преподавателю.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами: учебное пособие / А.Е. Поляков, А.В. Чесноков, Е.М. Филимонова. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 224 с. — (Среднее профессиональное образование).- Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1209815>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Асинхронный двигатель состоит из двух основных частей: неподвижной части – статора и вращающейся части – ротора.

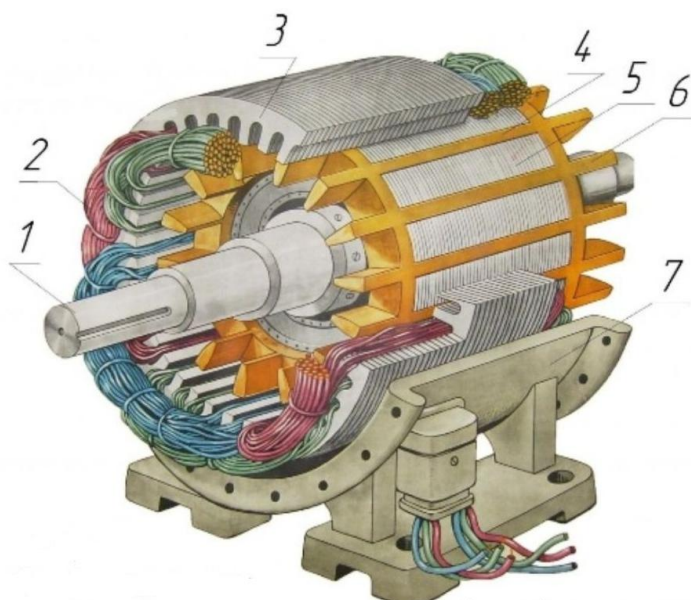
Статор представляет собой стальной сердечник в виде пустотелого цилиндра, набираемого из отдельных листов электротехнической стали, изолированных между собой лаком. Внутри цилиндра выштампованы пазы, куда укладывают обмотку статора.

Внутри статора помещен ротор, представляющий собой стальной цилиндр, который набирают из отдельных листов электротехнической стали, изолированных между собой. Концы вала ротора через подшипники качения опираются на подшипниковые щиты.

Различают роторы короткозамкнутого и фазного типов.

В пазы короткозамкнутого ротора укладывают обмотку в виде «беличьей клетки», выполняемую из медных стержней, которую с торцевых сторон замыкают кольцами. В двигателях небольшой мощности (до 100кВт) «беличью клетку» изготавливают, заливая пазы ротора расплавленным алюминием под давлением. «Беличью клетку» от стали ротора не изолируют, так как проводимость проводников обмотки в десятки раз больше проводимости стали. При отливке «беличьей клетки» из алюминия одновременно отливают короткозамкнутые кольца и вентиляционные лопасти.

Концы обмоток фаз выводят на зажимы коробки выводов. Обычно асинхронные двигатели предназначены для включения в трехфазную сеть на два разных напряжения, отличающихся в $\sqrt{3}$ раз



1- вал; 2- обмотка статора; 3 – сердечник статора; 4 – «беличья клетка»; 5 – сердечник ротора; 6 – вентилятор; 7 - станина

Рисунок 6.1 – Конструкция асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Например, асинхронный двигатель рассчитан для включения в сеть на напряжение 380/660В. Если в сети линейное напряжение 660В, то обмотку статора следует соединить в звезду, а если линейное напряжение сети 380В, то в треугольник. В обоих случаях фазное напряжение будет составлять 380В. Расположение выводов соответствует рисунку 6.2.

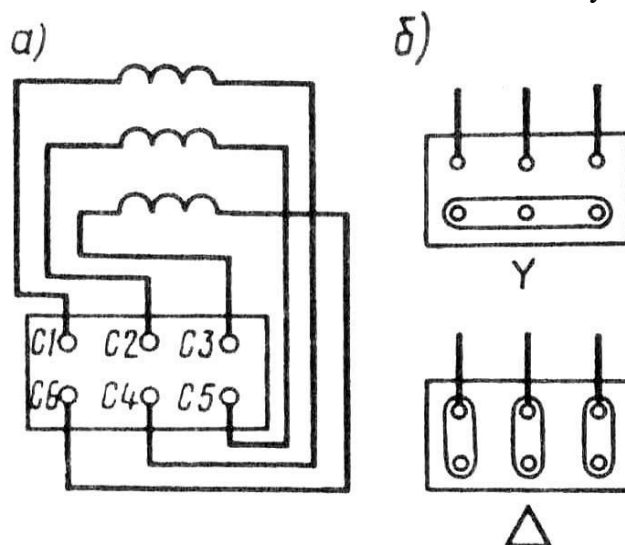
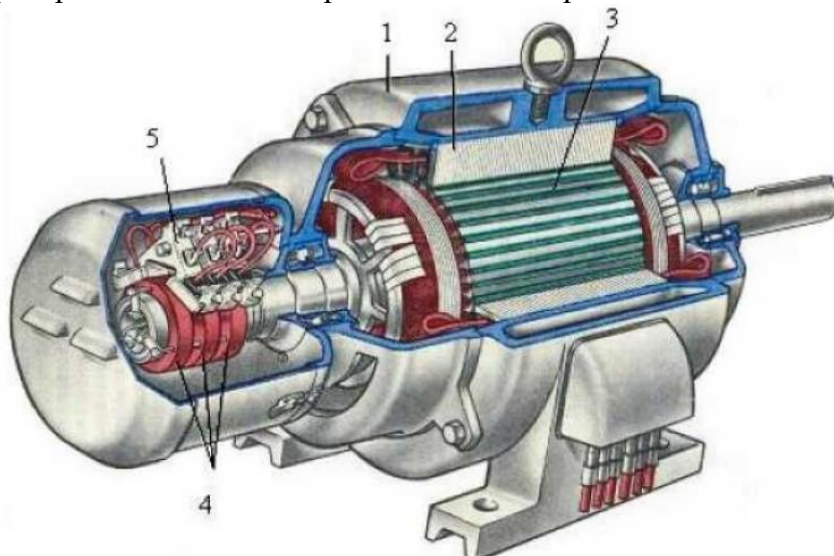


Рисунок 6.2 – Расположение выводов асинхронного двигателя на панели (а), соединение обмоток в звезду и в треугольник (б)

Двигатели с фазным ротором (рисунок 6.3) отличаются конструкцией ротора: на валу закреплен шихтованный сердечник с трехфазной обмоткой, выполненной аналогично обмотке статора. Эту обмотку соединяют в звезду. А ее концы присоединяют к трем контактным кольцам, расположенным на валу и изолированным друг от друга и от вала. Для осуществления электрического контакта с обмоткой вращающегося ротора на каждое контактное кольцо накладывают обычно две щетки, располагаемые в щеткодержателях. Каждый щеткодержатель снабжен пружинами, обеспечивающими прижатие щеток к контактному кольцу с определенным усилием.

Асинхронные двигатели с фазным ротором имеют более сложную конструкцию и менее надежны, но они обладают лучшими регулировочными и пусковыми свойствами, чем двигатели с короткозамкнутым ротором.

Паспортные данные двигателя: тип двигателя, завод – изготовитель, год выпуска, номинальные данные (полезная мощность, номинальное напряжение, номинальный ток обмотки статора, коэффициент мощности, частота вращения ротора и коэффициент полезного действия). Для пуска двигателя с фазным ротором и регулирования его частоты вращения обмотка ротора подключается через специальный реостат.



1 – станина; 2 – обмотка статора; 3 – ротор; 4 – контактные кольца; 5 – щетки

Рисунок 6.3 – Конструкция асинхронного двигателя с фазным ротором

Значительная часть асинхронных двигателей применяется для привода механизмов с неизменной частотой вращения. 80% асинхронных двигателей общепромышленного назначения используют для привода вентиляторов, насосов и транспортеров, обрабатывающих станков – устройств, не требующих регулирования частоты вращения приводного двигателя.

Электрические машины выпускаются сериями (ряд электрических машин с увеличивающейся мощностью, имеющих однотипную конструкцию и удовлетворяющих общему комплексу требований). Единые серии – массовое применение, специального назначения – краново – металлургические, судовые, тяговые и т.п.

Серия 4А

Охватывает диапазон мощностей от 0,06 до 400кВт. В основу разделения двигателей по типоразмерам положена высота оси вращения до опорной плоскости: 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355 мм. Двигатели каждой высоты оси вращения выполняются двух типоразмеров с разной длиной пакетов сердечников, но одинаковым штампом пластин этих сердечников. Двигатели изготавливают на скорость вращения поля статора 3000, 1500, 1000, 750, 600 и 500 об/мин. Двигатели серии 4А изготавливают в двух исполнениях: закрытый обдуваемый (IP44) и защищенный с внутренней самовентиляцией (IP23).

Различают следующие электрические модификации двигателей: двигатель с повышенным скольжением, с «мягкой» механической характеристикой; двигатель с повышенным пусковым моментом (двойная клетка на роторе), многоскоростные двигатели (на 2, 3 или 4 скорости), двигатели на частоту тока 60Гц, имеющие частоту вращения на 20% больше, чем двигатели основного исполнения при той же мощности.

По конструктивному исполнению: малошумные, имеющие повышенный скос пазов, увеличенный воздушный зазор, пластмассовый вентилятор; встраиваемые двигатели (4AB) для встраивания в станки и механизмы; двигатели со встроенной температурной защитой для привода механизмов, работающих со значительными перегрузками, частыми пусками.

По условиям окружающей среды: двигатели тропического исполнения (имеющие антикоррозионное покрытие), двигатели влагоморозостойкого исполнения (для работы при температуре -40⁰С, влажности до 100% при температуре до +25⁰С); двигатели химостойкого

исполнения (для работы при температуре от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$, влажности до 80% при температуре $+25^{\circ}\text{C}$ и наличии химически активной невзрывоопасной среды)

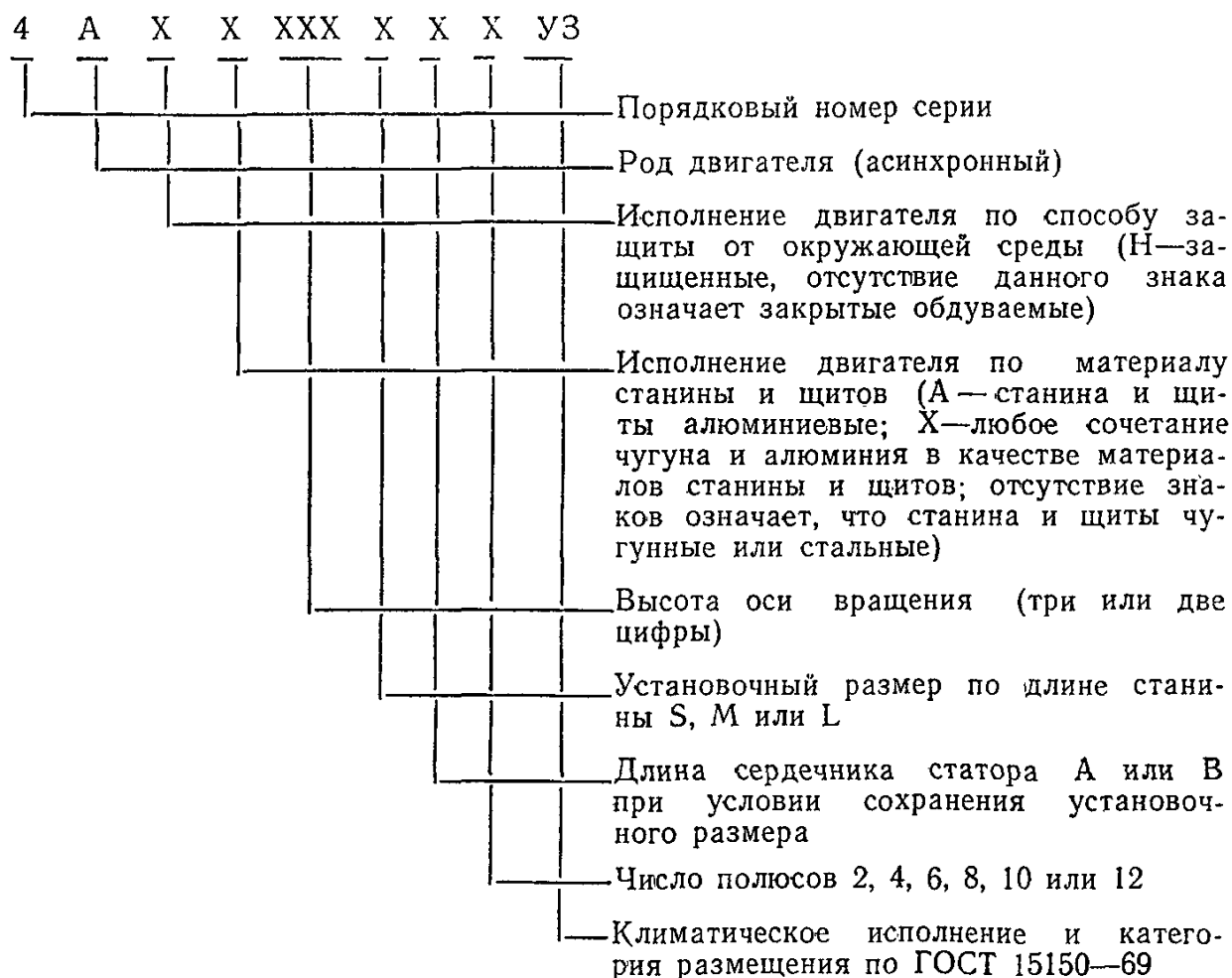


Рисунок 6.4 – Структура обозначения типа двигателя серии 4А

Двигатели серии АИ являются новой, разработанной совместно со странами Интерэлектро унифицированной серией асинхронных двигателей, отвечающих перспективному уровню развития мирового электромашиностроения. Они предназначены для нужд народного хозяйства и поставок на экспорт в страны с умеренным и тропическим климатом. Двигатели серии АИ должны полностью заменить АД серии 4А.

Машины серии АИ выполнены в 18 габаритах, характеризующихся стандартными высотами оси вращения от 45 до 355 мм.

Шкала мощностей машин серии АИ аналогична шкале мощностей машин серии 4А. Она состоит из 34 ступеней и охватывает мощности от 0,025 до 400 кВт.

Структура унифицированной серии АД предусматривает наличие следующих групп исполнений: основного, модификаций по характеристикам, по условиям окружающей среды, по точности установочных размеров, с дополнительными устройствами, узкоспециализированного.

Привязка мощностей к установочным размерам в АД серии предусмотрена в двух исполнениях:

1 вариант (АИР) - привязка в соответствии с РС - 3031 - 71 для АД с высотами оси вращения 45 – 355 мм и степенями защиты IP44(IP54) и IP23, предназначенных для внутренних поставок и поставок на экспорт.

2 вариант (АИС) привязка в соответствии с нормами CENELEK - DOKUMENT 28/64 для АД с высотами оси вращения 56 – 315 мм и степенью защиты IP44(IP54), предназначенных только для поставок на экспорт.



Рисунок 6.5 – Структура обозначения типа двигателя серии AIIP

Двигатели серии AI в отличие от АД серии 4А имеют: улучшенные энергетические показатели, улучшенные пусковые характеристики, соответствующие рекомендациям Публикации МЭК 34 – 12, повышенные показатели надёжности, улучшенные виброакустические характеристики (уровень шума снижен по сравнению с машинами серии 4А на 10–15 дБ), сниженный расход активных материалов (меди – на 2,5 %, электротехнической стали – на 4%), сниженную массу АД и конструктивных материалов на 10 – 15 и 15 – 20 % соответственно.

На Ярославском электромашиностроительном заводе (ЯЭМЗ) в 1999 году началась разработка новой серии асинхронных машин «Российские асинхронные» (РА). Обычно разработка новой серии занимала несколько лет. Коллектив ЯЭМЗ создавал новую серию в течение одного года.

В новой разработанной серии асинхронных машин применена конструкция станины со съёмными лапами, которые фиксируются по четырём направлениям. Применение съёмных лап связано с увеличением трудоёмкости, но и даёт определённые преимущества:

- а) в одной конструкции можно объединить несколько исполнений машины (на лапах, фланцевое и на лапах с фланцем);
- б) потребитель может заменить повреждённую лапу новой. В конструкции с постоянно прилитыми лапами поломка лапы привела бы к полной замене двигателя;
- в) экономятся оборотные средства завода.

При создании новой серии РА особое внимание уделено вопросам унификации. Это связано с тем, что на одной высоте оси вращения количество типоразмеров превышает несколько тысяч. Основным достоинством серии РА является возможность выпуска асинхронных двигателей, удовлетворяющих требованиям государственных стандартов, DIN и SENELEK при максимальной унификации узлов и деталей машины.

В серии РА станины машин с высотой оси вращения от 71 мм до 132 мм включительно – алюминиевые, получаемые экструзией, щиты также алюминиевые.

Внедрение профильной экструзионной станины в серии РА позволило снизить трудоёмкость изготовления, повысить качество и снизить массу двигателя за счёт лучшей теплоотдачи с поверхности станины. Экструзионные станины позволили отказаться от чистовой обработки замков статора, а также уменьшить аксиальную длину станины, так как они нарезаются из заготовки, получаемой с металлургических заводов.

Применение экструзионных станин на ЯЭМЗ ограничивалось двигателями с высотой оси вращения до 132 мм из-за технологических возможностей завода, но такие станины могут выполняться и для машин с большей высотой оси вращения. Основным недостатком экструзионных станин является их более высокая стоимость по сравнению с литыми станинами.

Для машин с высотой оси вращения более 132 мм станина и щиты выполняются чугунами. Все станины имеют горизонтально-вертикальное оребрение, что позволяет улучшить теплоотдачу при снижении массы двигателя и улучшить эстетичность его формы.

Внутренний диаметр сердечника статора D выбран так, что при фиксированном наружном диаметре $D_{\text{Н1}}$ оптимизирован весь ряд мощностей для нескольких высот оси вращения. Например, для машин с высотой оси вращения 160 мм и 180 мм ($D_{\text{Н1}} = 273$ мм) при числе полюсов $2p = 6$ выбран внутренний диаметр $D = 185$ мм, то для последующего наружного диаметра 296 мм (высота оси вращения 200 и 225 мм) сохраняется тот же внутренний диаметр 185 мм, но уже при числе полюсов $2p = 4$.

2. Ознакомиться с возможными режимами работы асинхронных двигателей:

Под потерей фазы понимают однофазный режим работы электродвигателя в результате отключения питания по одному из проводов трехфазной системы. Причинами потери фазы электродвигателем могут быть: обрыв одного из проводов, сгорание одного из предохранителей; нарушение контакта в одной из фаз.

В зависимости от обстоятельств, при которых произошла потеря фазы, могут быть разные режимы работы электродвигателя и последствия, сопутствующие этим режимам. При этом следует принимать во внимание следующие факторы: схему соединения обмоток электродвигателя ("звезда" или "треугольник"), рабочее состояние двигателя в момент потери фазы (потеря фазы может произойти до или после включения двигателя, во время работы под нагрузкой), степень загрузки двигателя и механическую характеристику рабочей машины, число электродвигателей, работающих при потере фазы, и их взаимное влияние.

Магнитное поле, образованное однофазным током, в отличие от вращающегося поля, образованного трехфазной системой токов, является пульсирующим. Оно изменяется во времени, но не перемещается по окружности статора. На рисунке 6.6, а показан вектор магнитного потока, создаваемого в двигателе при однофазном режиме. Этот вектор не вращается, а лишь изменяется по величине и знаку. Круговое поле сплющивается до прямой линии.

Пульсирующее магнитное поле можно рассматривать состоящим из двух вращающихся навстречу друг другу равных по величине полей (рис. 6.6, б). Каждое поле взаимодействует с обмоткой ротора и образует вращающий момент. Их суммарное действие создает вращающий момент на валу двигателя.

В том случае, когда потеря фазы произошла до включения двигателя в сеть, на неподвижный ротор действуют два магнитных поля, которые образуют два противоположных по знаку, но равных по величине моменты. Их сумма будет равна нулю. Поэтому при пуске двигателя в однофазном режиме он не может развернуться даже при отсутствии нагрузки на валу.

Если потеря фазы произошла в то время, когда ротор двигателя вращался, то на его валу образуется вращающий момент. Это можно объяснить следующим образом. Вращающийся ротор по разному взаимодействует с вращающимися навстречу друг другу полями. Одно из них, вращение которого совпадает с вращением ротора, образует положительный (совпадающий по направлению) момент, другое — отрицательный. В

отличие от случая с неподвижным ротором эти моменты будут разными по величине. Их разность будет равна моменту на валу двигателя.

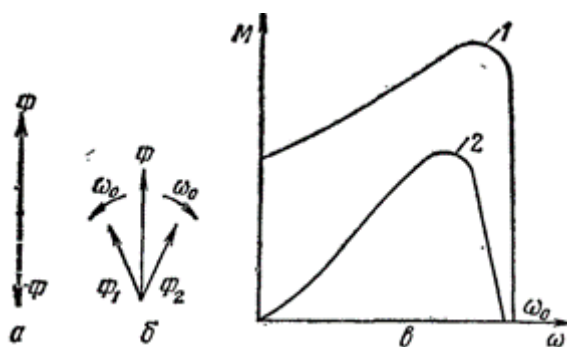


Рисунок 6.6 – Характеристики асинхронного двигателя в однофазном режиме: а — графическое изображение пульсирующего магнитного поля; б — разложение пульсирующего поля на два вращающихся; в — механические характеристики асинхронного двигателя в трехфазном (1) и однофазном (2) режимах работы.

На рисунке 6.6, в показана механическая характеристика двигателя в однофазном и трехфазном режимах работы. При нулевой скорости момент равен нулю, при появлении вращения в любую сторону на валу двигателя возникает момент.

Если отключение одной из фаз произошло во время работы двигателя, когда его скорость была близка к номинальному значению, вращающий момент часто бывает достаточным для продолжения работы с небольшим снижением скорости. В отличие от трехфазного симметричного режима появляется характерное гудение. В остальном внешние проявления аварийного режима не наблюдаются.

2. Сделать вывод о проделанной работе.

3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Как устроен трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором?
2. С какой частотой вращается магнитное поле?
3. Как зависит частота вращения ротора от момента на валу асинхронного двигателя?
4. Как зависит запуск двигателя и его работа от схемы соединения обмоток звезда и треугольник?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Привести паспортные данные изучаемого двигателя.
3. Начертить схему асинхронного двигателя и его рабочую характеристику
4. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 7

ТЕМА: Эксплуатация электрических машин

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Построение векторных диаграмм

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с основными правилами построения и применением векторных диаграмм.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электрических машин и аппаратов.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами: учебное пособие / А.Е. Поляков, А.В.

Ход работы:

1. Ознакомиться с принципами построения векторной диаграммы на примере векторной диаграммы асинхронного двигателя:

При практических расчетах вместо реального асинхронного двигателя, на схеме его заменяют эквивалентной **схемой замещения**, в которой электромагнитная связь заменена на электрическую. При этом параметры цепи ротора приводятся к параметрам цепи статора.

По сути, схема замещения асинхронного двигателя аналогична схеме замещения трансформатора. Различие в том, что у асинхронного двигателя электрическая энергия преобразуется в механическую энергию (а не в электрическую, как это происходит в трансформаторе), поэтому на схеме замещения добавляют переменное активное сопротивление $r_2'(1-s)/s$, которое зависит от скольжения. В трансформаторе, аналогом этого сопротивления является сопротивление нагрузки Z_n .

Величина скольжения определяет переменное сопротивление, например, при отсутствии нагрузки на валу, скольжение практически равно нулю $s \approx 0$, а значит переменное сопротивление равно бесконечности, что соответствует режиму холостого хода. И наоборот, при перегрузке двигателя, $s=1$, а значит сопротивление равно нулю, что соответствует режиму короткого замыкания.

Как и у трансформатора, у асинхронного двигателя есть **Т-образная схема замещения**.

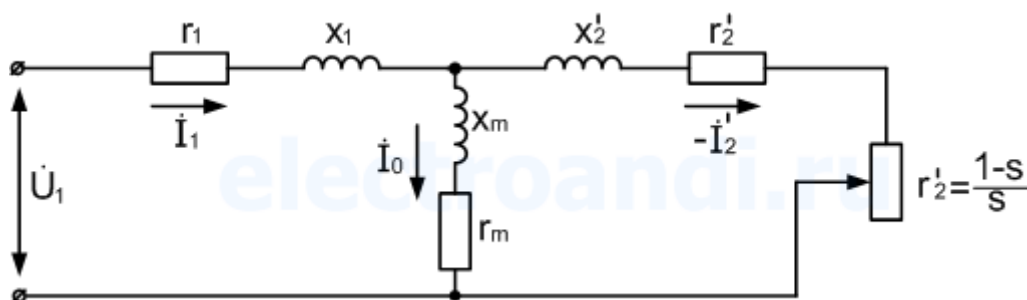


Рисунок 7.1 – Т-образная схема замещения асинхронного двигателя

Для построения **векторной диаграммы асинхронного двигателя** необходимо чтобы параметры цепи ротора были приведены к цепи статора. Это достигается заменой числа витков одной фазной обмотки w_2 , с числом фаз m_2 и обмоточным коэффициентом k_{o62} на w_1 , m_1 , k_{o61} .

Энергетические параметры должны быть пересчитаны правильно, для того чтобы сохранить энергетические соотношения в двигателе.

ЭДС приведенной вторичной обмотки

$$E_2' = E_2 k_e, \text{ где } k_e = \frac{k_{o61} w_1}{k_{o62} w_2}$$

Коэффициент трансформации токов

$$k_i = \frac{I_2}{I_2'} = \frac{m_1 w_1 k_{o61}}{m_2 w_2 k_{o62}}$$

Отсюда приведенный ток вторичной обмотки

$$I_2' = \frac{I_2}{k_i}$$

В асинхронном двигателе с короткозамкнутым ротором числа фаз m_1 и m_2 не равны, потому что каждый стержень короткозамкнутой обмотки рассматривается как отдельная фаза, число витков такой обмотки $w_2=0.5$, а число фаз равно числу стержней $m_2=Z_2$.

Обмоточный коэффициент для такой обмотки $k_{o62}=1$. Исходя из этого $k_e \neq k_i$, в отличие от трансформатора.

Активное и индуктивное сопротивления вторичной обмотки

$$r_2' = r_2 k_e k_i$$

$$x_2' = x_2 k_e k_i$$

Угол сдвига фаз между E_2' и I_2'

$$\psi_2 = \arctg(\frac{x'_2 s}{r'_2})$$

Уравнения токов, напряжений статора и ротора

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + j\dot{I}_1 x_1 + \dot{I}_1 r_1$$

$$\dot{E}'_2 - j\dot{I}'_2 x_2 - \dot{I}'_2 r'_2 - \dot{I}'_2 r'_2 \frac{(1-s)}{s} = 0$$

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \dot{I}'_2$$

На основании этих уравнений выполняется построение векторной диаграммы асинхронного двигателя

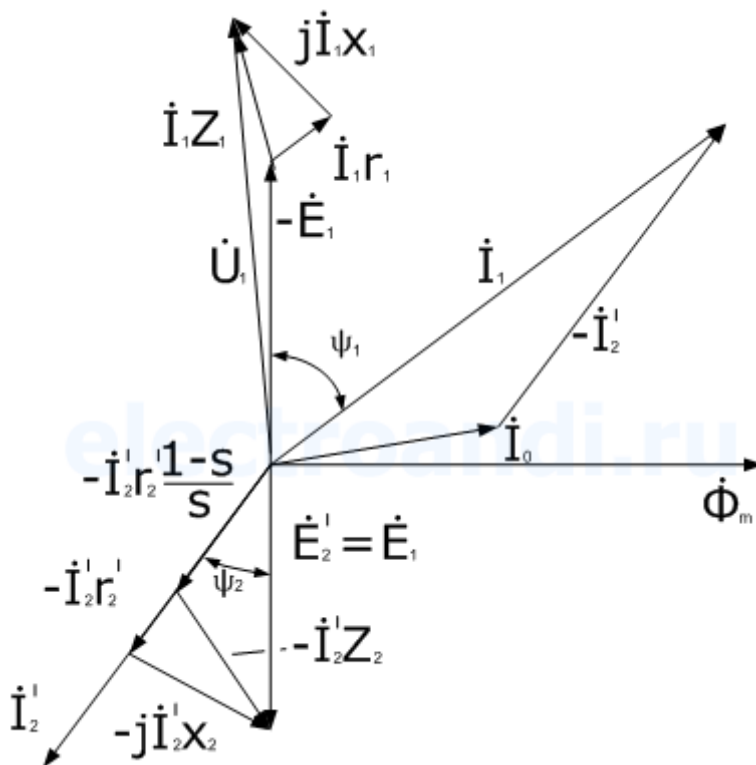


Рисунок 7.2 – Векторная диаграмма асинхронного двигателя

Построение векторной диаграммы начинается с вектора основного магнитного потока Φ . Затем откладываются векторы E_2' и E_1 , которые отстают от вектора Φ на 90° . Затем зная угол сдвига фаз ψ_2 между I_2' и E_2' , строят вектор I_2' . Вектор I_0 опережает Φ на угол δ , а вектор I_1 находят как векторную сумму I_0 и $-I_2'$. Вектор U_1 строим, добавляя к вектору $-E_1$ падение напряжения $I_1 r_1$ параллельно вектору I_1 , затем откладываем $j I_1 x_1$ и получаем вектор $I_1 Z_1$, который складываем с $-E_1$ и в итоге получаем U_1 .

Так как асинхронный двигатель в данном случае можно рассматривать как трансформатор, работающий на активную нагрузку, то вектор $-I_2' r_2' (1-s)/s$ откладываем под тем же углом, что и I_2' , затем прибавляем к нему $-I_2' r_2'$ и $-jI_2' x_2$, получаем вектор $-I_2' Z_2$.

Контрольные вопросы:

1. Что такое векторная диаграмма?
2. Назначение векторных диаграмм.
3. Что является основой построения векторных диаграмм в различных электрических цепях?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить векторную диаграмму асинхронного двигателя.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 8

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет и построение механических характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику расчёта и построения естественных и искусственных механических характеристик асинхронного двигателя

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Москаленко, В. В. Электрический привод: учебник / В.В. Москаленко. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 364 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1190675>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Механическая характеристика асинхронного двигателя — это зависимость частоты вращения ротора двигателя или скольжения от момента, развиваемого двигателем при установившемся режиме работы.

Различают естественные и искусственные механические характеристики электродвигателя. Естественная механическая характеристика соответствует работе электродвигателя с номинальными параметрами при нормальной схеме включения. Искусственная механическая характеристика соответствует работе электродвигателя с параметрами, отличающимися от номинальных, например, при введении сопротивления, изменении питающего напряжения, частоты и др.

Механическая характеристика является одной из важнейших характеристик двигателя. При выборе двигателя к производственному механизму из множества двигателей с различными механическими характеристиками выбирают тот, механическая характеристика которого удовлетворяет требованиям механизма.

2. Ознакомиться с примером решения типового примера:

Задача. Для трехфазного двигателя АИР80В4 построить механическую характеристику в виде зависимости $n_2 = f(M)$. Двигатель имеет следующие паспортные данные: номинальная мощность двигателя $P_n = 1,5$ кВт; номинальное скольжение $S_n = 0,07$; синхронная частота вращения поля статора $n_1 = 1500$ об/мин; кратность максимального момента $\lambda_m = M_{max}/M_n = 2,2$

Решение

Частота вращения ротора в номинальном режиме:

$$n_2 = n_1 \cdot (1 - S_H) = 1500 \cdot (1 - 0,07) = 1395 \text{ об/мин}$$

Критическое скольжение:

$$S_K = S_H \cdot (\lambda_M + \sqrt{\lambda_M^2 - 1}) = 0,07 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,29$$

Номинальный момент двигателя:

$$M_H = 9,55 \cdot \frac{P_H}{n_H} = 9,55 \cdot \frac{1500}{1395} = 10,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Максимальный (критический) момент двигателя:

$$M_{MAX} = \lambda_M \cdot M_H = 2,2 \cdot 10,3 = 22,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для построения механической характеристики воспользуемся приближенной формулой Клосса:

$$M = \frac{2 \cdot M_K}{\frac{S}{S_K} + \frac{S_K}{S}}$$

и выражением для расчета частоты вращения ротора:

$$n_2 = n_1 \cdot (1 - S).$$

Задавая значения скольжения S от 1 до 0 с требуемым шагом, вычисляем величины n_2 и M им соответствующие. Результаты заносим в таблицу 8.1 и по ним строим характеристику $n_2 = f(M)$.

Таблица 8.1 – Механическая характеристика трехфазного двигателя АИР80В4

s	1	0,8	0,6	0,4	0,29	0,2	0,1	0,07	0,05	0,02	0,01	0
п, об/мин	0	300	600	900	1065	1200	1350	1395	1425	1470	1485	1500
М, Нм	12,1	14,5	17,8	21,6	22,7	21,2	14,0	10,3	7,6	3,1	1,6	0

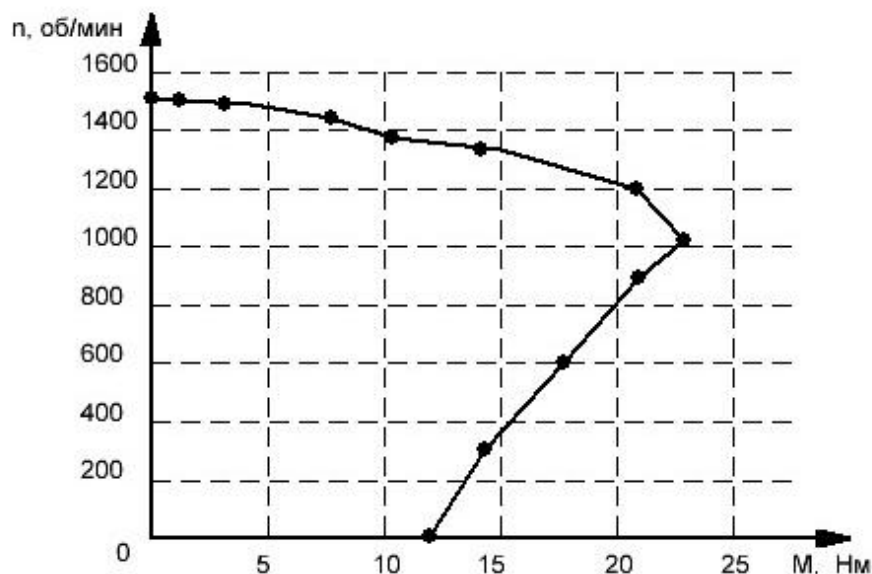


Рисунок 8.1 - Механическая характеристика асинхронного двигателя

3. Из таблицы 8.2 выписать исходные данные в соответствии с вариантом.
4. Произвести расчет и построение механической характеристики асинхронного двигателя.
5. Сделать вывод о проделанной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Какие характеристики двигателей называют механическими и электромеханическими?
2. Как связаны между собой угловая скорость и частота вращения? В каких единицах они измеряются?
3. Какой вид имеет механическая характеристика асинхронного двигателя?

Таблица 8.2 – Исходные данные к практическому занятию 8

№ вар	Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{M_{ПУСК}}{M_H}$	$\frac{M_{МАХ}}{M_H}$	$\frac{M_{MIN}}{M_H}$	$\frac{I_{ПУСК}}{I_H}$
			s, %	η, %	cosφ				
Синхронная частота вращения 3000 об/мин									
1	АИР71А2	0,75	6	78,5	0,83	2,1	2,2	1,6	6
2	АИР71В2	1,1	6,5	79	0,83	2,1	2,2	1,6	6
3	АИР80А2	1,5	5	81	0,85	2,1	2,2	1,6	7
4	АИР80В2	2,2	5	83	0,87	2	2,2	1,6	7
5	АИР90L2	3	5	84,5	0,88	2	2,2	1,6	7
6	АИР100S2	4	5	87	0,88	2	2,2	1,6	7,5
7	АИР100L2	5,5	5	88	0,89	2	2,2	1,6	7,5
8	АИР112М2	7,5	3,5	87,5	0,88	2	2,2	1,6	7,5
9	АИР132М2	11	3	88	0,9	1,6	2,2	1,2	7,5
10	АИР160S2	15	3	89	0,89	1,8	2,7	1,7	7
11	АИР160М2	18,5	3	89,5	0,9	1,8	2,7	1,7	7
12	АИР180S2	22	2,7	89,5	0,88	1,7	2,7	1,6	7
13	АИР180М2	30	2,5	90,5	0,88	1,7	2,7	1,6	7,5
Синхронная частота вращения 1500 об/мин									
14	АИР71А4	0,55	9,5	70,5	0,7	2,3	2,2	1,8	5
15	АИР71В4	0,75	10	73	0,73	2,2	2,2	1,6	5
16	АИР80А4	1,1	7	75	0,81	2,2	2,2	1,6	5,5
17	АИР80В4	1,5	7	78	0,83	2,2	2,2	1,6	5,5
18	АИР90L4	2,2	7	81	0,83	2,1	2,2	1,6	6,5
19	АИР100S4	3	6	82	0,83	2	2,2	1,6	7
20	АИР100L4	4	6	85	0,84	2	2,1	1,6	7
21	АИР112М4	5,5	4,5	87,5	0,88	2	2,2	1,6	7
22	АИР132S4	7,5	4	87,5	0,86	2	2,2	1,6	7,5
23	АИР132М4	11	3,5	87,5	0,87	2	2,2	1,6	7,5
24	АИР160S4	15	3	89,5	0,89	1,9	2,9	1,8	7
25	АИР160М4	18,5	3	90	0,89	1,9	2,9	1,8	7
Синхронная частота вращения 1000 об/мин									
26	АИР63А6	0,19	14	56	0,62	2	2,2	1,6	4
27	АИР63В6	0,25	14	59	0,62	2	2,2	1,6	4
28	АИР71А6	0,37	8,5	65	0,65	2	2,2	1,6	4,5
29	АИР80В6	1,1	8	74	0,74	2	2,2	1,6	4,5
30	АИР90L6	1,5	7,5	76	0,72	2	2,2	1,6	6
31	АИР100L6	2,2	5,5	81	0,74	2	2,2	1,6	6

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Произвести расчет механической характеристики.
3. Начертить механическую характеристику
4. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 9

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт времени пуска и торможения электропривода.
Выбор электродвигателей по мощности

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Овладеть методикой расчета времени пуска и торможения электропривода

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Москаленко, В. В. Электрический привод: учебник / В.В. Москаленко. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 364 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1190675>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

В период пуска и остановки движение не установившееся. Электродвигатели механизмов выбирают по потребной мощности для установившегося движения. Однако в период пуска кроме затрат на преодоление статических сопротивлений (трений) необходимы дополнительные затраты энергии для преодоления инерции покоя масс груза и элементов механизма. В период пуска электродвигатель развивает больший, чем при установившемся движении, момент. При больших и длительных перегрузках электродвигатель перегревается и может выйти из строя, поэтому необходимо проверять его работу в период неустановившегося движения (пуска).

Определение продолжительности периода разгона.

Наибольшее время разгона на подъем определяется по приближенной зависимости

$$t_n = \frac{n_{дв} m D_0^2}{38(T_{п} \pm T_{ст.р})}$$

где $n_{дв}$ - частота вращения двигателя, мин⁻¹;

$m D_0^2$ - общий маховый момент механизма с грузом, кгм²;

$T_{п}$ — средний пусковой момент двигателя, Нм;

$T_{ст.р}$ - момент статических сопротивлений при подъеме, приведенный к валу двигателя, Нм; знак «-» - соответствует времени пуска при подъеме, знак «+» - при опускании груза.

Общий маховый момент

$$m D_0^2 = 1,2(m D_p^2 + m D_r^2) + m D_f^2$$

где $m D_p^2, m D_r^2$ - маховый момент соответственно ротора электродвигателя и тормозной муфты,

$m D_f^2$ - маховый момент поступательного движущихся частей механизма и груза;

m - общая масса груза и подвески, кг;

v - скорость установившегося поступательного движения, м/мин;

n_d - частота вращения барабана, мин⁻¹.

Для механизмов обычного типа можно принимать

$$m D_0^2 = (1,1 \dots 1,25) \cdot m D_p^2.$$

Средний пусковой момент T_n определяют по формуле

$$T_{п} = T_n \cdot \Psi_{п},$$

где $T_n = P_{дв} / \omega_{дв}$ - номинальный момент двигателя, Нм

$\Psi_{п}$ - кратность среднего пускового момента электродвигателя (таблица 9.1).

Таблица 9.1 – Кратность среднего пускового момента $\Psi_{п}$

Тип электродвигателя	МТКФ	МТКН	4АС	4АЕ	МТФ, МТН
$\Psi_{п}$	1,3...2,6	1,6...2,4	1,65...1,8	1,1...1,8	1,5...1,6

Момент статических сопротивлений при разгоне, приведенный к валу электродвигателя

$$T_{ст.р} = g G D_H / (2 U_M \eta_M)$$

где gG - вес груза, Н;

DH - диаметр барабана по оси навиваемого каната, м;

U_M и η_M - соответственно передаточное число и КПД всего механизма подъема.

Допустимое время разгона обычно принимают $[t]n = 1..2$ с. Если оно окажется существенно больше рекомендованных значений, следует выбрать другой, более мощный электродвигатель той же продолжительности включения и с той же или близкой частотой вращения.

Определение продолжительности периода торможения

Процесс торможения сопровождается возникновением динамических нагрузок. Инерцию движущихся масс в период остановки поглощает тормоз. Как правило, тормоз устанавливается на быстроходном валу механизма, где тормозной момент наименьший. Наибольшее распространение в конструкциях механизмов подъема получили двухколодочные нормально замкнутые тормоза с пружинным и электромагнитным замыканием, а также с электрогидравлическим приводом типов КТК, ТКП, ТКГ и ЭТМ-2. При группах режимов работы механизмов М5...М8 рекомендуется применять тормоза с электрогидравлическим приводом типа ТКГ.

Расчетный тормозной момент определяется

$$T_{TP} = K_T \cdot T_{CT}$$

где K_T - коэффициент запаса торможения, принимается для кранов с машинным приводом в зависимости от режима работы: М1...М5 (легкий) - 1,5; М6 (средний) - 1,75; М7...М8 (тяжелый) - 2-2,5 соответственно;

T_{CT} - статический вращающий момент на валу электродвигателя при торможении груза.

$$T_{CT} = \frac{Q \cdot D \cdot \eta_M}{2 \cdot U_M}$$

где D - диаметр барабана по впадинам ручьев намотки каната (для крановых барабанов серии КБ D - 260, 335, 400, 510), мм;

η_M - КПД механизма подъема, введен в числитель, т.к. сопротивление полиспаста, барабана и передач способствуют торможению.

Выбор тормоза производится из условия, что номинальный тормозной момент T_{TH} больше расчетного T_{TP} : $T_{TH} \geq T_{TP}$.

В качестве тормозного шкива целесообразно использовать одну из полумуфт унифицированных муфт (зубчатых, упруго - втулочно пальцевых).

Действительное время торможения для выбранного тормоза

Время торможения механизма определяется по зависимости

$$t = \frac{n_{06} \cdot m D_0^2}{38 \cdot (T_{TP} \pm T_{CT})}$$

где знак «-» соответствует торможению при опускании груза, а знак «+» - соответственно при подъеме.

При расчете времени торможения его наибольшее значение получается при опускании груза, поскольку статический момент от веса груза препятствует остановке механизма. Если расчетное время торможения груза t_T получилось менее рекомендуемого $t_T = 0,2..0,8$ сек., то регулировку тормоза на больший тормозной момент производить не нужно.

2. Ознакомиться с примером решения типового примера:

Задача: Провести проверочный расчет времени разгона и торможения механизма подъема мостового крана.

Исходные данные: Грузоподъемность, $G = 10000$ кг; Вес поднимаемого груза, $Q = 100$ кН; Режим работы механизма – М6 (средний); Скорость подъема, $v = 10$ м/мин (0,167 м/сек); Высота подъема, $H = 6,0$ м.; Диаметр барабана, $D = 0,4$ м.; Кратность полиспаста, $i = 2$ (сдвоенный, подшипники качения); Коэффициент полезного действия механизма $\eta_M = 0,8 \dots 0,85$; Редуктор - трехступенчатый, тип ЦЗР-160, $U_P = 50$; Диаметр каната, $d_k = 16,5$ мм (0,0165 м).

Порядок проведения расчета:

Определяем номинальную мощность электродвигателя:

$$P_{ДВ} = 0,75 \cdot P_{СТ.МАХ} = 0,75 \cdot 20,1 = 15,13 \text{ кВт}$$

$$P_{СТ.МАХ} = \frac{Q \cdot v}{\eta_M} = \frac{10000 \cdot 10}{0,83 \cdot 60} = 20,1 \text{ кВт}$$

Выбираем паспортные характеристики электродвигателя: асинхронный с короткозамкнутым ротором МТКФ-312-6 с характеристиками: ПВ=40%; $n_{дв} = 915$ об/мин; $P_{дв} = 17,5$ кВт; $T_H = 590$ Нм; $M_{макс} = 600$ Нм; маховый момент ротора $mD_p^2 = 1,2$

Общий маховый момент для механизма подъема:

$$mD_0^2 = (1,1 \dots 1,25) \cdot mD_p^2 = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Средний пусковой момент электродвигателя

$$T_{II} = T_H \cdot \psi_{II} = \frac{P_{ДВ} \cdot \psi_{II}}{\omega_{ДВ}} = \frac{30 \cdot P_{ДВ} \cdot \psi_{II}}{\pi \cdot n_{ДВ}} = \frac{30 \cdot 15,1 \cdot 2 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 915} = 315,2 \text{ Нм}$$

где $T_H = P_{ДВ} / \omega_{ДВ}$ - номинальный момент двигателя, Нм;

$\psi_{II} = 2$ - кратность среднего пускового момента электродвигателя

Расчетный пусковой момент электродвигателя не превышает паспортных значений ($315,2 < 590$ Нм.)

Момент статических сопротивлений при разгоне приведенный к валу электродвигателя

$$T_{СТ.Р} = \frac{Q \cdot D_H}{2 \cdot U_M \cdot \eta_M} = \frac{100000 \cdot 0,4165}{2 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 0,83} = 251 \text{ Нм}$$

$$U_M = U_p \cdot i = 50 \cdot 2 = 100$$

$$D_H = D + d_k = 0,4 + 0,0165 = 0,4165 \text{ м}$$

Наибольшее время разгона электродвигателя определяется при подъеме груза

$$t_{II} = \frac{n_{ДВ} \cdot mD_0^2}{38 \cdot (T_{II} - T_{СТ.Р})} = \frac{915 \cdot 1,44}{38 \cdot (315,2 - 251)} = 0,54 \text{ сек}$$

При опускании груза

$$t_{II} = \frac{n_{ДВ} \cdot mD_0^2}{38 \cdot (T_{II} + T_{СТ.Р})} = \frac{915 \cdot 1,44}{38 \cdot (315,2 + 251)} = 0,06 \text{ сек}$$

Полученные значения не превышают допустимое $[t]n = 1 \dots 2$ сек.

Статический вращающий момент на валу электродвигателя при торможении определяется

$$T_{СТ} = \frac{Q \cdot D \cdot \eta_M}{2 \cdot U_M} = \frac{100000 \cdot 0,4 \cdot 0,83}{2 \cdot 50 \cdot 2} = 166 \text{ Нм}$$

Расчетный тормозной момент

$$T_{ТР} = K_T \cdot T_{СТ} = 1,75 \cdot 166 = 290 \text{ Нм}$$

По данным справочных таблиц выбираем паспортные характеристики двухколодного тормоза типа ТКГ-300 с номинальным тормозным моментом $T_{ТН} = 800$ Нм, который превышает расчетный $T_{ТР} = 290,5$ Нм, т.е. условие $T_{ТН} > T_{ТР}$ - выполняется.

Наибольшее время торможения механизма определяется:

при опускании груза

$$t_T = \frac{n_{ДВ} \cdot mD_0^2}{38 \cdot (T_{ТР} - T_{СТ})} = \frac{915 \cdot 1,44}{38 \cdot (290,5 - 166)} = 0,28 \text{ сек}$$

при подъеме груза

$$t_T = \frac{n_{ДВ} \cdot mD_0^2}{38 \cdot (T_{СТ} + T_{ТР})} = \frac{915 \cdot 1,44}{38 \cdot (290,5 + 166)} = 0,08 \text{ сек}$$

Расчетное время при опускании груза не превышает допустимого значения $[t]_{n=0,2...0,8}$ сек., следовательно, регулировку тормоза на больший тормозной момент проводить не нужно.

3. Сделать вывод о проделанной работе.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Какое торможение называют рекуперативным, динамическим, противовключением?
2. Какие виды переходных процессов в электроприводе вы знаете?
3. Как определяют знаки моментов, входящих в уравнение движения электропривода?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выполнить проверочный расчет времени разгона и торможения механизма подъема.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 10

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Исследование типовых схем управления электроприводами в функции времени, тока, скорости

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить особенности работы и принцип действия типовых схем управления электроприводами

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Москаленко, В. В. Электрический привод: учебник / В.В. Москаленко. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 364 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1190675>

Ход работы:

1. Ознакомиться со схемами пуска ДПТ и их механическими характеристиками.
2. Изучить принцип действия приведённых схем.

Типовая схема пуска двигателя постоянного тока с независимым возбуждением в функции времени

Данная схема (рисунок 10.1а) содержит кнопки управления SB1 (пуск) и SB2 (останов, стоп ДПТ). линейный контактор KM1, обеспечивающий подключение ДПТ к сети, и контактор ускорения KM2 для выключения (закорачивания) пускового резистора Rfl. В качестве датчика времени в схеме использовано электромагнитное реле времени КТ. При подключении схемы к источнику питания происходит возбуждение ДПТ и срабатывает реле КТ, размыкая свой размыкающий контакт в цепи контактора KM2 и подготавливая двигатель к пуску.

Пуск ДПТ начинается после нажатия кнопки SB1, в результате чего получает питание контактор KM1, который своим главным контактом подключает ДПТ к источнику питания. Двигатель начинает разбег с резистором в цепи якоря. Одновременно замыкающий блок-контакт контактора KM1 шунтирует кнопку SB1 и она может быть отпущена, а размыкающий блок-контакт KM1 разрывает цепь питания катушки реле времени КТ. Через интервал времени $\Delta t_{КТ}$ после прекращения питания катушки реле времени, называемый выдержкой времени, размыкающий контакт КТ замкнется в цепи катушки контактора KM2, последний включится и своим главным контактом закоротит пусковой резистор Rд в цепи якоря.

Таким образом, при пуске ДПТ в течение времени $\Delta t_{КТ}$ разгоняется по искусственной характеристике 1 (рисунок 10.1б), а после шунтирования резистора — по естественной 2. Величина сопротивления резистора R_d выбрана таким образом, что в момент включения двигателя ток I в цепи якоря и соответственно момент M не превосходят допустимого уровня. За время $\Delta t_{КТ}$ после начала пуска скорость вращения двигателя достигает величины ω_1 , а ток в цепи якоря снижается до уровня I_2 . После шунтирования R_d происходит бросок тока в цепи якоря от I_2 до I_1 , который не превышает допустимого уровня. Изменение скорости, тока и момента во времени происходит по экспоненте и может быть рассчитано. Время изменения скорости от нуля до установившегося определяется настройкой реле времени.

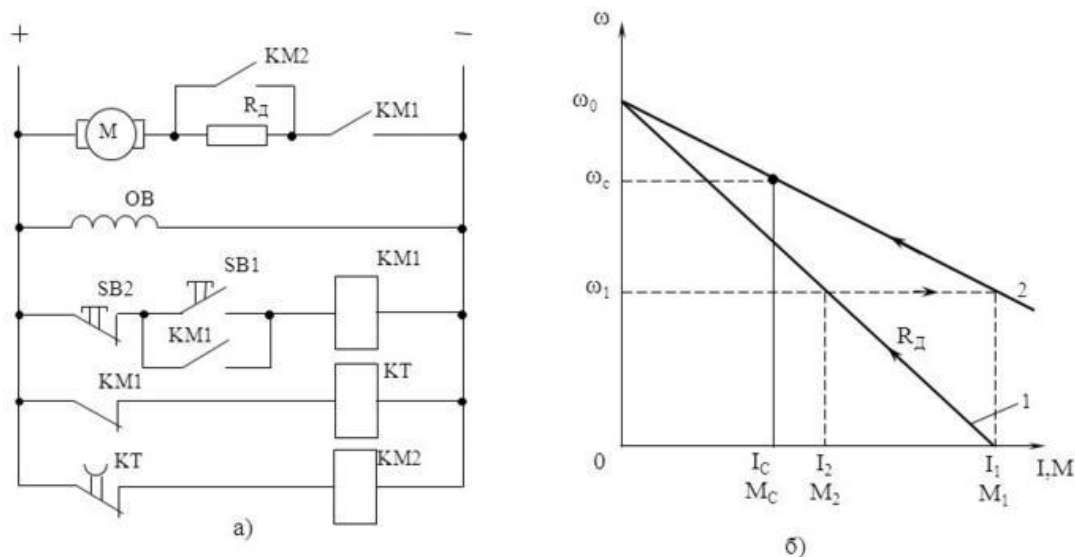


Рисунок 10.1 – Схема пуска в функции времени (а) и механические характеристики (б) двигателя постоянного тока независимого возбуждения

Типовая схема пуска двигателя ПТ в две ступени в функции ЭДС и динамического торможения в функции времени

В схеме (рисунок 10.2) в качестве датчика скорости (ЭДС) использован якорь M , к которому подключены катушки контакторов ускорения $KM1$ и $KM2$. С помощью регулировочных резисторов R_{y1} и R_{y2} эти контакторы могут быть настроены на срабатывание при определенных скоростях двигателя.

Для осуществления торможения в схеме предусмотрен резистор R_{d3} , подключение и отключение которого осуществляется контактором торможения $KM3$. Для обеспечения выдержки времени используется электромагнитное реле времени KT , замыкающий контакт которого включен в цепь катушки контактора торможения $KM3$.

После подключения схемы к источнику питания происходит возбуждение ДПТ, причем аппараты схемы остаются в исходном положении. Пуск ДПТ осуществляется нажатием кнопки $SB1$, что приводит к срабатыванию линейного контактора KM и подключению ДПТ к источнику питания.

Двигатель начинает разбег с включенными резисторами в цепи якоря R_{d1} и R_{d2} по искусственной характеристике. По мере увеличения скорости ДПТ растет его ЭДС и соответственно напряжение на катушках контакторов $KM1$ и $KM2$. При скорости ω_1 срабатывает контактор $KM1$, закорачивая своим контактом первую ступень пускового резистора R_{d1} , и двигатель переходит на характеристику 2. При скорости ω_2 срабатывает контактор $KM2$, закорачивая вторую ступень пускового резистора R_{d2} . Двигатель выходит на естественную характеристику 3 и заканчивает свой разбег в точке установившегося режима, определяемой пересечением естественной характеристики 3 двигателя и характеристики нагрузки. Для перехода к режиму торможения нажимается кнопка $SB2$. Катушка контактора KM теряет питание, размыкается замыкающий контакт KM и ДПТ отключается от источника питания. Размыкающий контакт KM в цепи контактора торможения $KM3$ замыкается,

последний срабатывает и своим главным контактом подключает резистор $R_{д3}$ к якору М, переводя ДПТ в режим динамического торможения. Одновременно размыкается замыкающий контакт контактора КМ в цепи реле времени КТ, оно теряет питание и начинает отсчет времени. Через интервал времени, который соответствует снижению скорости ДПТ до нуля, реле времени КТ отключается и своим контактом разрывает цепь питания контактора КМЗ. Резистор $R_{д3}$ отключается от якоря ДПТ, торможение заканчивается, и схема возвращается в свое исходное положение.

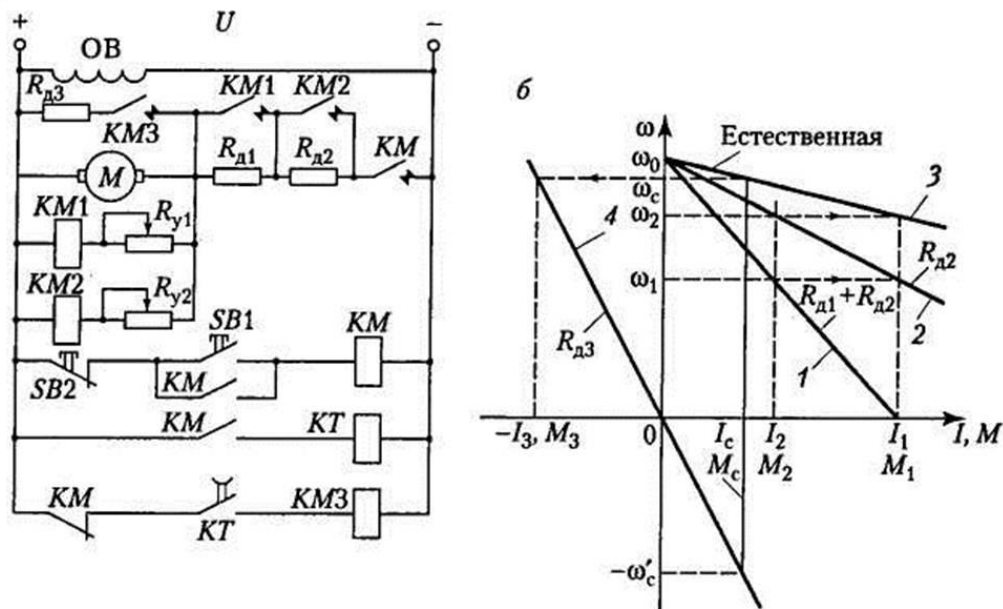


Рисунок 10.2 – Схема пуска двигателя постоянного тока в две ступени с функции ЭДС и динамического торможения в функции времени (а) и механические характеристики (б)

Типовая схема пуска ДПТ с последовательным возбуждением в функции тока

В данной схеме (рисунок 10.3) используется реле тока КА, катушка которого включена в цепь якоря М, а размыкающий контакт — в цепь питания контактора ускорения КМ2. Реле тока настраивается таким образом, чтобы его ток отпущения соответствовал току I_2 . В схеме используется также дополнительное блокировочное реле КВ с временем срабатывания большим, чем у реле КА.

Работа схемы при пуске происходит следующим образом. После нажатия на кнопку $SB1$ срабатывает контактор КМ1 и двигатель подключается к источнику питания, в результате чего он начинает свой разбег. Бросок тока в якорной цепи после замыкания главного контакта контактора КМ1 вызовет срабатывание реле тока КА, которое разомкнет свой размыкающий контакт в цепи контактора КМ2. Через некоторое время после этого срабатывает КВ и замыкает свой замыкающий контакт в цепи контактора КМ2, подготавливая его к включению.

По мере разбега ДПТ ток якоря снижается до значения тока переключения I_2 . При этом отключается реле тока и замыкает свой размыкающий контакт в цепи контактора КМ2. Последний срабатывает, его главный контакт закорачивает пусковой резистор $R_{д}$ в цепи якоря, а вспомогательный контакт шунтирует контакт реле тока КА. Поэтому вторичное включение реле тока КА после закорачивания $R_{д}$ и броска тока не вызовет отключения контактора КМ2 и двигатель продолжает разбег по естественной характеристике.

Для унификации схемных решений электротехническая промышленность выпускает стандартные станции, блоки и панели управления, специализированные по видам ЭП рабочих машин и механизмов, функциональным возможностям, условиям эксплуатации, роду тока.

2. Сделать вывод о проделанной работе.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. По каким показателям различают аппараты управления?

2. Какие приборы используют взамен контактов?
3. Какие принципы используют в реле времени?
4. В каких случаях применяют бесконтактное управление?

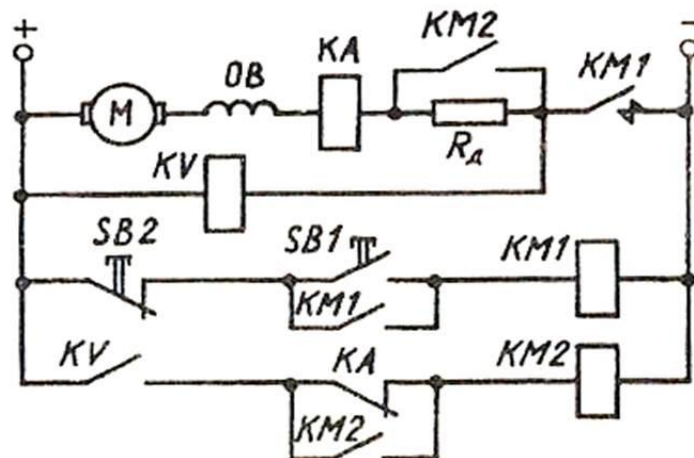


Рисунок 10.3 – Схема пуска двигателя постоянного тока последовательного возбуждения в функции тока

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схемы пуска двигателя постоянного тока
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 11

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Исследование устройств встроенной температурной защиты

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство и принцип действия встроенной температурной защиты

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Петрова, А. М. Автоматическое управление: учебное пособие / А.М. Петрова. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. — 240 с. — Режим доступа: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1063695>

Ход работы:

1. Ознакомиться с назначением, техническими характеристиками, схемами подключения устройств встроенной температурной защиты.

Назначение

Система встроенной температурной защиты, предназначена для отключения преимущественно асинхронных двигателей при возникновении аварийных режимов, связанных с повышенным нагревом обмотки статора, таких как: перегрузка; стоянка под напряжением при заторможенном роторе; тяжелый пуск недопустимой продолжительности; неполнофазный режим питания; низкое качество электроэнергии (несимметрия по фазам, несинусоидальность, отклонение от нормы напряжения и частоты); неисправность в системе охлаждения (поломка вентилятора, забивание входных отверстий кожуха вентилятора и

межреберных каналов станины пылью, грязью, отходами производства); повышение температуры окружающей среды.

УВТЗ-5М может применяться для защиты обмотки статора практически любых электрических машин напряжением до 500 В. По согласованию с разработчиком УВТЗ-5М можно использовать для контроля температуры подшипников и других частей электроустановок и оборудования. В случае нежелательности или невозможности внезапного аварийного отключения УВТЗ-5М может применяться для сигнализации о повышенном нагреве контролируемых объектов или для отключения с предварительной сигнализацией.

УВТЗ-5М предназначено защиты электродвигателей, парогенераторов, трансформаторов и электроводонагревателей любой мощности питающихся от сети 220/380В с глухозаземленной нейтралью.

УВТЗ-5М осуществляет следующие функции самоконтроля: обрыв в цепи термодатчиков; короткое замыкание в цепи термодатчиков; обрыв цепи контроля фаз; обрыв цепи питания УВТЗ-5М; исправность самого УВТЗ-5М; УВТЗ-5М имеет световую сигнализацию, осуществляет самоконтроль всех подводящих цепей своей исправности. Сигнализация срабатывает отдельно при перегреве защищаемой части и обрыве фазы, нулевого провода или недопустимой несимметрии. Защита электроустановки обеспечивается при совместной работе УВТЗ-5М с магнитным пускателем и терморезисторами. Допускается защита электроустановки без магнитного пускателя с учетом отключающей способности по току нагрузки и соблюдения правил техники безопасности.

УВТЗ-5М допускается использовать отдельно только для защиты от перегрева, от обрыва фаз и только при недопустимой несимметрии питающей сети.

По функциональным возможностям УВТЗ-5М позволяет максимально использовать перегрузочную способность электродвигателя, т.к. большинство электродвигателей изготавливается с запасом и рассчитаны на температуру окружающей среды +40°C.

Условия эксплуатации: Интервал рабочих температур - от -40°C до +55°C. Относительная влажность окружающего воздуха при температуре до +25°C - 98%. Высота над уровнем моря - до 4000м. Рабочее положение - крепление в горизонтальном, вертикальной и наклонной плоскости на расстоянии от пускателя или защищаемых электроустановок. Степень защиты по ГОСТ 14254-80. Габаритные размеры (мм) не более - 90x80x50. Масса (кг) не более - 0.3. Клемные зажимы допускают присоединение одно- и многопроволочных медных или алюминиевых проводов сечением от 0.5 до 2,5мм². Напряжение питания 220В переменного тока частотой 50,60 Гц с глухо заземленной нейтралью. Контролируемое напряжение, питающей сети -380/220В. Напряжение в цепи терморезисторов (В) не более - 3. Потребляемая мощность (Вт) не более - 3,5.

Параметры коммутационного режима: мощность переменного тока частотой 50 Гц и $\cos\varphi = 0.65$. не более, ВА – 920, коммутируемое напряжение (В) переменного тока частотой 50 Гц от 6 до 360В и постоянного тока от 6 до 220В, коммутируемый ток, от 0,001 до 4 А.

УВТЗ-5М срабатывает при достижении: предельной рабочей температуры изоляции, замеряемой части (90°C; 105~C; 130°C; 145°C; 160°C в зависимости от класса изоляции); напряжения нулевой последовательности (В) 20 ± 6 (соответствует следующим значениям фазных напряжений: верхний предел $U_A = U_B = 220В$, $U_C = 140В$; нижний предел $U_A = U_B = 220В$, $U_C = 176В$).

Время срабатывания при обрыве фазы 0,5 - 1,5 сек.

Электрическое сопротивление изоляции между жилами выводов и корпусом (МОм) не менее - 10.

Устройство изделия

Принцип действия "УВТЗ-5М" основан на обработке сигналов, поступающего от терморезисторов и по цепям контролера, фаз, выработке управляющего сигнала и размыкании контакта реле в цепи катушки магнитного пускателя, коммутирующего электродвигатель или любую другую электромашину. Сигнализация устройства позволяет

контролировать срабатывание в следствие возникновения следующих аварийных режимов электромашин: перегрев защищаемой части - загорается световой индикатор "перегрев"; несимметрия напряжения, обрыв фаз трехфазной сети - загорается световой индикатор "несимметрия"; перегрев статорной обмотки электродвигателя в следствии несимметрии питающей сети - загораются оба световых индикатора.

Подготовка к работе

Перед включением "УВТЗ-5М" в цепь управления электроустановки необходимо убедиться внешним осмотром в отсутствии механических повреждений и других дефектов, которые могут нарушить работоспособность или привести к выходу из строя "УВТЗ-5М" при эксплуатации.

Монтаж "УВТЗ-5М" производится согласно схеме подключений (рисунок 11.1). В качестве электроустановки приведен электродвигатель. Терморезисторы RK1 ... RK3 должны быть встроены в статорные обмотки заводом-изготовителем электрической машины. В случае отсутствия закладки терморезисторов в электродвигателе допускается их установка при капитальном ремонте (перемотка статорной обмотки).

Терморезисторы встраиваются в лобовые части статорной обмотки со сторону свободного вала электродвигателя так, чтобы проводники касались их со всех сторон. Провода, соединяющие терморезисторы, прокладываются по возможности параллельно проводам лобовой части обмотки и бандажируются к ней. Два свободных провода цепи терморезисторов прокладываются в коробку выводов.

После установки измеряют сопротивление цепи терморезисторов с помощью приборов, напряжение на измерительной цепи не более 7,5В (2,5В на каждом из трех терморезисторов). Сопротивление цепи при температуре $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ должно быть в пределах 120 Ом при одном резисторе, и 450 Ом для трех.

При самостоятельной установке терморезисторов на электродвигатели находящиеся в эксплуатации, необходимо, снять передний подшипниковый щит электродвигателя, при помощи клея и бандажной ленты закрепить их согласно рисунку 24. Два свободных провода цепи терморезисторов выводятся в коробку выводов.

При невозможности снять передний щит можно установить терморезисторы на лобовых частях обмотки стороны вентилятора, при этом срабатывание защиты будет на $5-7^{\circ}\text{C}$ позже. При монтаже терморезисторов необходимо соблюдать осторожность - не нарушать целостность обмотки статора, так как это может привести к электрическому пробоя. При защите однофазного электродвигателя допускается устанавливать один терморезистор.

Перед эксплуатацией "УВТЗ-5М" необходимо проверить, его путем создания режимов самоконтроля. Для этого необходимо убедиться в нормальной работе электроустановки на холостом ходу и провести следующие операции:

Замкнуть цепь терморезисторов накоротко, при этом "УВТЗ-5М" должно отключить электроустановку, также должен загореться световой индикатор "Перегрев";

Разорвать цепь терморезисторов, "УВТЗ-5М" должно отключить электроустановку и загорается световой индикатор "Перегрев";

Отсоединить одну фазу цепи контроля обрыва фаз, "УВТЗ-5М" должно отключить электроустановку, при этом загорается световой индикатор "Перекас";

Отсоединить провод, соединяющий "УВТЗ-5М" с нулевым проводом - устройство отключает электроустановку.

Срабатывание "УВТЗ-5М" и отключение электроустановки от сети в режимах самоконтроля свидетельствует о нормальной работе устройства.

При использовании "УВТЗ-5М" в качестве только температурной защиты, клеммы цепи контроля обрыва фаз (1,2,3) к сети не подключать.

При использовании "УВТЗ-5М" только для контроля фаз или контроля пробоя изоляции на корпус, к цепи терморезисторов (клеммы 5,6) подключить резистор МЛТ-0,125-1,1 кОм (есть в комплекте).

Примечание: При исправном "УВТЗ-5М" после нажатия на кнопку "Пуск" возможно срабатывание устройства, и отключение контролируемого объекта по следующим дополнительным неисправностям электропривода:

Неодновременное замыкание основных контактов магнитного пускателя или не замыкание одной из фаз в магнитном пускателе - (отрегулировать контактную систему магнитного пускателя);

Заклинивание и перекус якоря подвижной системы магнитного пускателя (устранить перекус фаз);

Отсутствие напряжения на одной из фаз магнитного пускателя вследствие ослабления болтовых соединений подключения подводящих проводов к силовым контактам пускателя или вследствие пропадания питающей фазы в сети (подтянуть болтовые соединения контактных пар и проверить наличие напряжения трех фаз в сети).

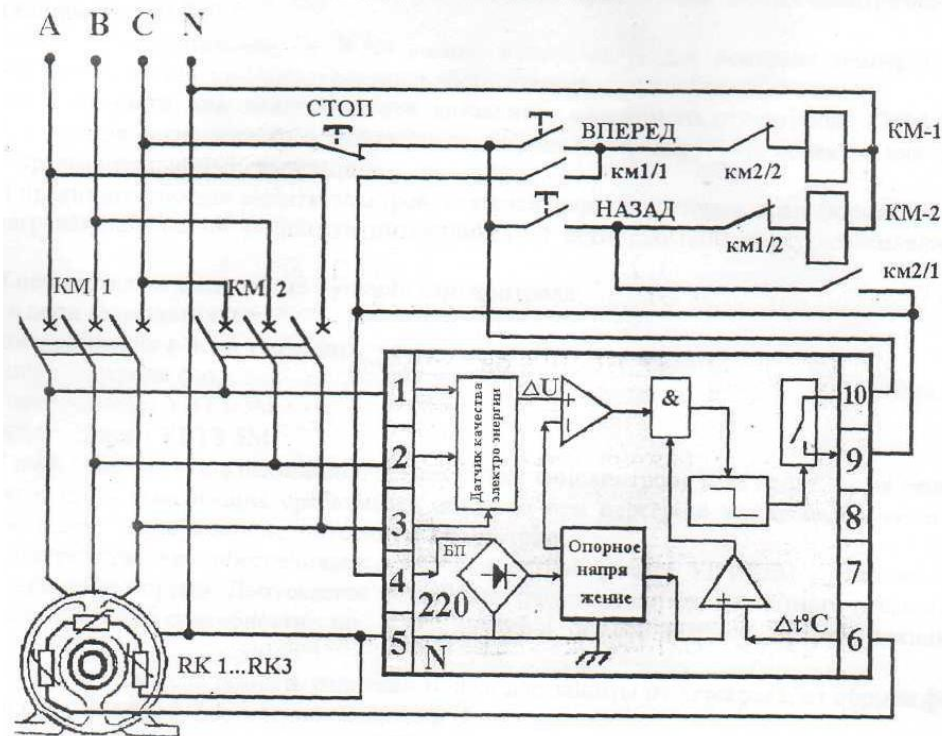


Рисунок 11.1 – Схема подключения УВТЗ – 5М на 220В для реверсивного электродвигателя

2. Произвести подключение УВТЗ – 5М согласно рисунку 11.1.
3. Произвести опробование работы схемы.
4. Сделать вывод о проделанной работе.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Назначение УВТЗ
2. Принцип действия УВТЗ
3. Условия эксплуатации УВТЗ

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схему подключения УВТЗ – 5М
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 12

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства
НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Исследование устройств защитного отключения

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство и принцип действия устройств защитного отключения

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Петрова, А. М. Автоматическое управление: учебное пособие / А.М. Петрова. — Москва:

ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. — 240 с. — Режим доступа: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1063695>

Ход работы:

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия устройства защитного отключения.

Устройство: ферромагнитный сердечник с тремя обмотками. Через первую обмотку проходит ток, уходящий потребителям (фазный провод), по второй обмотке проходит обратный ток (нулевой провод). Если утечек нет, то токи в обоих обмотках равны по значению и различны по направлению, соответственно наведенные этими токами магнитные потоки в сердечнике компенсируют друг друга и суммарный поток равен нулю $\Phi_{\Sigma} = \Phi_a - \Phi_n = 0$. Если имеется утечка, то отходящий и обратный токи не будут равны, и суммарный магнитный поток в сердечнике будет отличен от нуля. Магнитный поток будет воздействовать на третью обмотку - управляющую, в которой появится наведенная ЭДС, под воздействием этой ЭДС срабатывает реле, разрывающее цепи.

Конечно, УЗО содержит еще множество элементов - фильтры, для защиты от помех и ложных срабатываний и еще некоторые электронные компоненты, но описанный принцип действия является основным для устройств защитного отключения. УЗО бывают однофазными и трехфазными

Электромеханические УЗО

Этот вид УЗО появился первым и является на данный момент самым надежным и дорогим. Внутри электромеханического УЗО нет электронных схем, все работает благодаря физическим законам и в совершенстве отлаженной механики (рисунок 12.1).

Основные компоненты электромеханического УЗО:

1. Трансформатор тока нулевой последовательности (ТТНП) - ферритовое кольцо, внутри которого проходят фазный и нулевой проводники. На кольцо намотана вторичная обмотка. Если утечки нет, то магнитные потоки, созданные проводниками по модулю равны, но различны по направлению, и суммарный поток равен нулю. Если есть утечка, то в сердечнике возникает магнитный поток, приводящий к появлению во вторичной обмотке тока небаланса.

2. Магнитоэлектрический элемент - защелка, срабатывающая при появлении токов во вторичной обмотке ТТНП. Принцип работы этого элемента также построен на законе магнитной индукции. Привод расцепителя устроен так, что в состоянии равновесия находится под воздействием поля постоянного магнита и пружины с разных сторон, компенсирующих друг друга. Появление ЭДС во вторичной обмотке приводит к уменьшению действия магнитного поля постоянного магнита и расцепитель выводится из состояния равновесия. После срабатывания элемент не может вернуться в обычное состояние без внешнего вмешательства.

Основным элементом конструкции устройства защитного отключения является дифференциальный трансформатор тока (ТТНП). Это тороидальный сердечник, на который намотаны обмотки. Теперь представим, что человек коснулся электроприбора, который в результате повреждения изоляции оказался под фазным напряжением. Теперь через УЗО, кроме тока нагрузки, будет протекать дополнительный ток - ток утечки. В этом случае, токи в фазном и нулевом проводе не будут равны. Результирующий магнитный поток также не будет равен нулю: $\Phi_{\Sigma} \neq 0$.

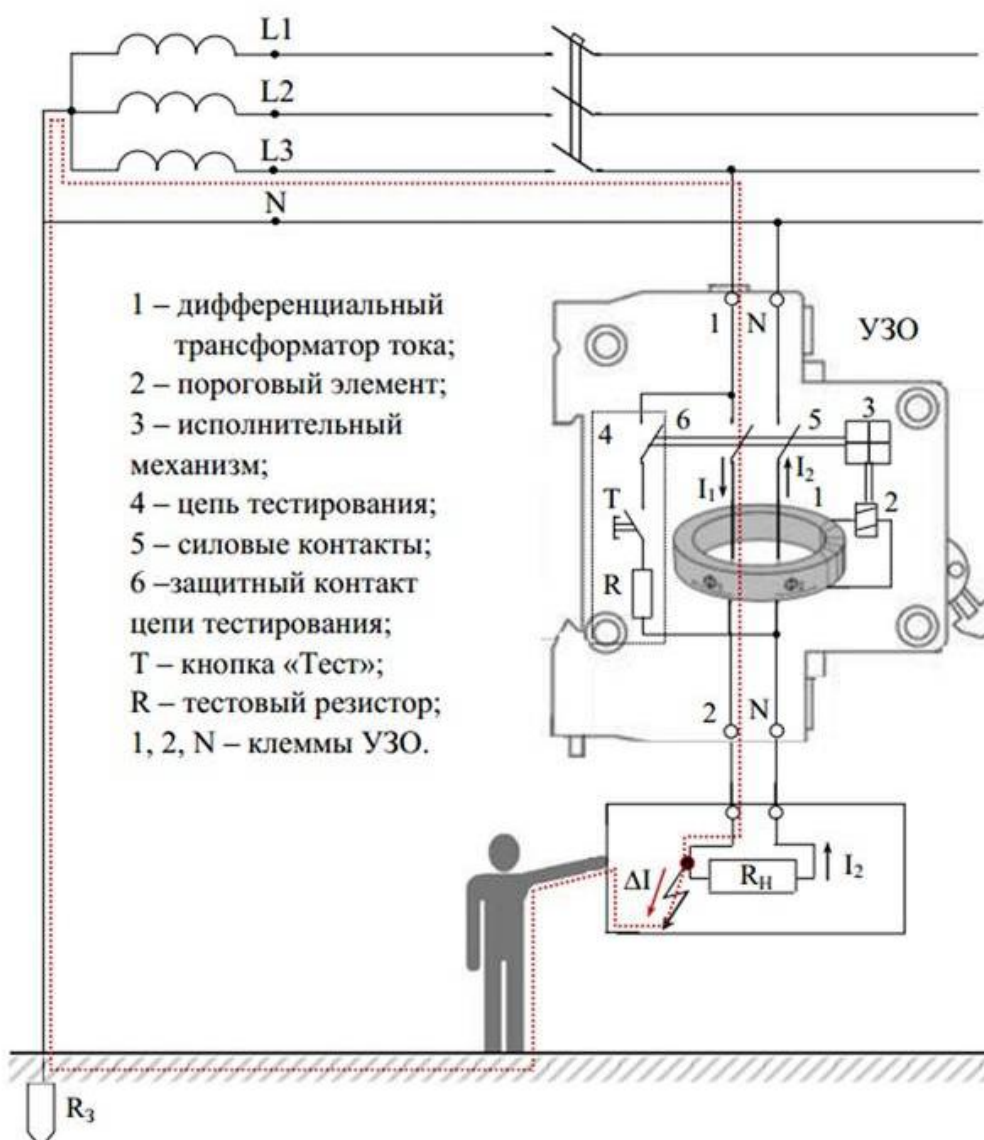


Рисунок 12.1 – Принцип действия электромеханического УЗО

Под воздействием результирующего магнитного потока в контрольной обмотке возбуждается ЭДС, под действием ЭДС в ней возникает ток. Ток, возникший в контрольной обмотке, приводит в действие магнитоэлектрическое реле, которое отключает силовые контакты. Максимальный ток в контрольной обмотке появится тогда, когда в одной из силовых обмоток тока не будет. То есть, это ситуация когда человек коснется фазного провода, например в розетке в этом случае ток в нулевом проводе протекать не будет. Несмотря на то, что ток утечки весьма невелик, УЗО оснащают магнитоэлектрическим реле с высокой чувствительностью, пороговый элемент которого способен среагировать на ток утечки 10 мА.

Ток утечки это один из основных параметров, по которому выбирают УЗО. Существует шкала номинальных дифференциальных токов отключения 10 мА, 15 мА, 30 мА, 100 мА, 300 мА, 500 мА.

Следует понимать, что устройство защитного отключения реагирует только на токи утечки и не работает при перегрузках и коротких замыканиях. Не сработает УЗО и в том случае, если человек одновременно возьмется за фазный и нулевой провод. Это происходит по тому, что человеческое тело в этом случае можно представить как нагрузку, через которую проходит электрический ток. Из-за этого вместо УЗО устанавливают дифференциальные автоматы, которые по своей конструкции объединяют одновременно УЗО и автоматический выключатель.

Проверка работоспособности УЗО

Для того чтобы осуществлять контроль исправности (работоспособности) УЗО, на его корпусе предусмотрена кнопка «Тест», при нажатии на которую искусственно создается ток утечки (дифференциальный ток). Если устройство защитного отключения исправно, то при нажатии на кнопку «Тест» оно отключится. Рекомендуется производить такой контроль примерно один раз в месяц.

2. Произвести подключение и опробование работы устройства защитного отключения.
3. Сделать вывод по проделанной работе.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Назначение УЗО.
2. Что такое ток утечки и его значения срабатывания?
3. Основной элемент УЗО.
4. Для чего нужна кнопка «Тест»?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схему электромеханического УЗО.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 13

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Исследование автоматизированных электроприводов насосных установок

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство и принцип действия насосных установок.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Электрическое и электромеханическое оборудование: учебник / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 407 с. — Режим доступа: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1080668>

Ход работы:

1. Ознакомиться с принципом действия и схемами управления электроприводом насосных установок:

В сельском хозяйстве воду используют для нужд населения и поения животных, приготовления пищи и кормов, полива растений, тушения пожаров и для других производственных целей.

Водоснабжение сельскохозяйственных потребителей хорошо механизировано и автоматизировано. Благодаря автоматизации человек практически освобожден от ручного труда при добыче, доставке и распределении воды на животноводческих фермах и в быту, производительность труда по водоснабжению увеличилась в 20 раз, эксплуатационные затраты снизились в 10 раз. Кроме того, при поении животных из автопоилок увеличивается продуктивность КРС на 10%, а птицы - на 15...20%.

Для подъема и раздачи воды применяют водонасосные установки, состоящие из водоприемников, очистительных сооружений, резервуаров чистой воды или водонапорных башен, соединительной водопроводной сети и электронасосов со станциями управления. Наиболее широко в сельском хозяйстве распространены центробежные и осевые насосы. Их выполняют в моноблоке с электродвигателями и погружают в воду, в трубчатые

колодцы диаметром 100...250 мм (погружные насосы) или располагают на поверхности земли. Есть погружные насосы с электродвигателями, расположенными над скважиной. Эти насосы называются *артезианскими*.

Для подъема воды из открытых водоемов и шахтных колодцев применяют также *плавающие* центробежные насосы. Широкое распространение получили так называемые *объемно-инерционные* насосы с электромагнитным вибрационным приводом. Их используют в быту сельского населения на малую подачу воды (до 1 м³/ч при напоре 20 м).

В сельском хозяйстве используют водонасосные установки трех типов: башенные с водонапорным баком, безбашенные с водонапорным котлом и с непосредственной подачей воды в водопроводную сеть. Почти в 90% случаев используют башенные водонасосные установки с расходом воды до 30 м³/ч. Если расход воды составляет 30...65 м³/ч, то рекомендуют двухагрегатные насосные станции с водонапорным котлом.

Безбашенная насосная установка типа ВУ работает следующим образом. Подаваемая насосом 1 вода идет к потребителям, а ее излишки наполняют воздушно-водяной котел 2, где вода, поднимаясь, сжимает находящийся в котле воздух. Когда давление в котле достигнет установленного значения, реле давления 6 контактами SP отключает электронасосный агрегат и подача воды прекращается. После этого вода потребителям подается под действие давления сжатого воздуха в котле. На пути воды через насос в водоисточник находится обратный клапан, и вода обратно в водоисточник не пойдет. По мере расходования воды давление в котле снижается. Когда оно достигнет установленного минимального значения, реле давления включит насосный агрегат. Обычно отношение минимального давления (включения) к максимальному (отключения) составляет 0,65...0,75 для установок небольшой подачи и 0,8...0,85 для установок с большой подачей. Воздушная подушка котла смягчает гидравлические удары, возникающие при динамических режимах работы электронасосного агрегата.

В воздушно-водяных котлах безбашенных насосных установок воздух непосредственно соприкасается с водой, в результате часть его растворяется и уносится водой, уменьшая объем воздушной подушки. Это может привести к нарушению нормальной работы установки. Для автоматического поддержания требуемого объема воздушной подушки в безбашенных установках типа ВУ имеется струйный регулятор, при помощи которого пополняется воздушная подушка воздухом.

Подаваемая насосом вода с большой скоростью проходит через сопло струйного регулятора, создавая в камере смешивания 3 разрежение. Под действием внешнего давления атмосферного воздуха при разрежении в камере 3 открывается клапан 4, пропуская из окружающей среды воздух, который в смесительной камере смешивается с водой и поступает в бак. Разрежение в смесительной камере 3 и, следовательно, поподнение воздуха происходят тогда, когда жиклер 5 трубки струйного регулятора находится в воде. При подаче воды в котел, когда жиклер находится в воздухе, который под давлением поступает в камеру смешивания и погашает там разрежение, атмосферный воздух прекращает поступать в смесительную камеру. При достаточном наполнении бака воздухом или при снижении давления в момент включения насосного агрегата, когда жиклер находится в воздухе, подсоса воздуха из атмосферы не происходит.

В безбашенных насосных установках практически отсутствует емкость для запаса воды. Уменьшение объема котла уменьшает его стоимость, но при этом увеличивается частота включения насосного агрегата. Последнее необходимо учитывать при выборе мощности электродвигателя для насоса.

2. Вычертить схему управления безбашенной насосной установки (рисунок 13.1).

3. Выяснить назначение основных элементов схемы управления.

4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Достоинства и недостатки безбашенных насосных установок.

2. Какую роль выполняет жиклёр.

3. Для чего нужен переключатель SA.
4. Назначение предохранительного клапана.

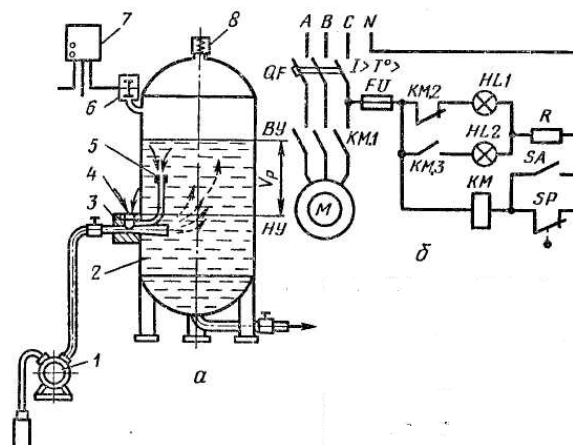


Рисунок 13.1 – Технологическая (а) и электрическая (б) схемы безбашенной насосной установки ВУ: 1 – насосный агрегат, 2 – воздушно – водяной котел, 3 – камера смешивания струйного регулятора, 4 – воздушный клапан, 5 – жиклер, 6 – реле давления, 7 – станция управления, 8 – предохранительный клапан

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схему безбашенной насосной установки.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 14

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Исследование автоматизированных электроприводов подъемно-транспортных механизмов.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство и принцип действия автоматизированного электропривода подъемно-транспортного механизма.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Электрическое и электромеханическое оборудование: учебник / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 407 с. — Режим доступа: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1080668>

Ход работы:

1. Ознакомиться с принципом действия и схемами управления электроприводом подъемно-транспортных механизмов:

Электрическая таль - это малогабаритная лебедка, все элементы которой (электродвигатель, редуктор, тормоз, канатный барабан с нарезкой для укладки каната, шкаф с пусковой аппаратурой и другие необходимые устройства) смонтированы в одном корпусе или прикреплены к этому корпусу. Электрическая таль включает, также, ходовую часть для перемещения по монорельсовому пути и крюковую подвеску. Как правило, тали снабжаются подвесным пультом для управления с пола.

Электрические тали предназначены для подъема и горизонтального перемещения по монорельсовому пути грузов в помещениях и под навесом при температуре окружающего воздуха от -20 (-40) до +40°C.

Тали применяются в составе подвесных и опорных однобалочных, консольных, козловых и других кран а также монорельсовых дорог и самостоятельно.

Барабан 5 с канатом подъема (рисунок 14.1,а) приводится во вращение электродвигателем 8 через редуктор 4. Для ограничения подъема груза предусмотрен конечный выключатель 7, который отключает электродвигатель подъема 8 при упоре крюка в рычаг выключателя. К зажимам электродвигателя подъема подключена катушка электромагнита тормозного устройства, которое при включении электродвигателя и подаче напряжения на катушку электромагнита растормаживает электродвигатель. При отключении электродвигателя и электромагнита тормоза электродвигатель подъема затормаживается под действием пружин тормоза.

Технологическая схема работы электротали приведена на рисунке 14.1,б. груз 10 зацепляют крюком 6, включают электродвигатель 8 подъема и поднимают груз с разгрузочной площадки S1 до требуемой высоты. Затем отключают электродвигатель 8 и включают электродвигатель 2 перемещения. Груз перемещают до места назначения II-II, отключают электродвигатель 2 перемещения и включают электродвигатель 8 для опускания груза. Опускают груз до нагрузочной площадки S2, отключают электродвигатель 8, отцепляют груз. Включают электродвигатель 8 для подъема крюка, поднимают крюк (холостой ход), отключают электродвигатель 8 и включают электродвигатель 2 перемещения на обратный ход. Перемещают (холостой ход) электроталь до исходного положения I-I, отключают электродвигатель 2, включают электродвигатель 8, опускают крюк для нацепления следующего груза (холостой ход), отключают электродвигатель 8. Работа электротали может происходить и в обратном порядке с подниманием груза с площадки S2, транспортированием и опусканием на площадку S1.

Электрическая схема управления электроталью (рисунок 14.1, в) предусматривает ручное и автоматическое управление при помощи установки переключателя SA в положение Р или А.

Ручное управление электродвигателем подъема M1 осуществляется реверсивными пускателями KM1 и KM2 и кнопками SB1, SB2, а электродвигателем перемещения M2 соответственно пускателями KM3 и KM4 и кнопками SB3, SB4. Кнопки управления не имеют шунтирующих контактов пускателей, поэтому работа каждого двигателя возможна при нажатой соответствующей кнопке. Подъем груза вверх ограничивается путевым выключателем SQ1, а перемещение тали вдоль монобалки – выключателями SQ2 и SQ3.

При включении двигателя подъема M1 включается и электромагнит тормоза YA, растормаживающий электродвигатель, а при отключении электромагнита двигатель затормаживается с помощью пружин тормоза. Заводская станция управления выполнена по этой схеме. Для автоматизированного управления дополнительно предусмотрены реле времени KT, реле KV, конечные выключатели SQ4 и SQ5, установленные в конце и начале пути перемещения II-II и I-I, выключатели SQ6 и SQ7, которые срабатывают под действием силы тяжести груза на площадках S2 и S1, а возвращаются в исходное положение при помощи пружин при удалении груза, и кнопки управления SB5, SB6, SB7, SB8, SB9.

Для автоматизированного управления переключатель SA устанавливают в положение А и кнопкой управления SB9 или SB8 в зависимости от места расположения груза включают электродвигатель M2. Двигатель перемещает таль в нужном направлении отключается выключателем SQ5 или SQ4 в исходном положении I-I или II-II при размыкании контакта SQ5.1 или SQ4.1. по технологической схеме (рисунок 14.1,б) за исходное положение принято I-I. Контакты выключателя SQ7 разомкнуты под действием силы тяжести груза 10. Нажав кнопку SB7, включают электродвигатель M1 для спуска крюка к грузу. Отпустив кнопку SB7, отключают спуск. После зацепления груза кнопкой SB6 включают электродвигатель M1 для подъема груза. Достигнув конечного выключателя

SQ1, крюк, действуя на него размыкает контакты SQ1.1, отключается подъем, а контактами SQ1.2 включаются реле KV и KT. Контактными KV1 включается электродвигатель перемещения по направлению к месту назначения II-II, так как контакты SQ4.1, а SQ5.1 разомкнуты. После возвращения путевого выключателя SQ5 в исходное положение срабатывает реле KT ($\Delta t_{ср} \approx 1 \dots 1,5с$), замыкает контакты KT1 и размыкает KT2, отключая реле KV. В конце пути перемещения II-II таль, действуя на выключатель SQ4, размыкает SQ4.1 и замыкает SQ4.2. включается электродвигатель M1 на опускание груза. При достижении грузом нагрузочной площадки S2 под действием его силы тяжести размыкаются контакты конечного выключателя SQ6 и электродвигатель M1 отключается. После отцепления груза нажимают кнопку SB6 на подъем крюка, и начинается работа электротали на холостом ходу (без груза). Работа электрической схемы повторяется в обратной последовательности.

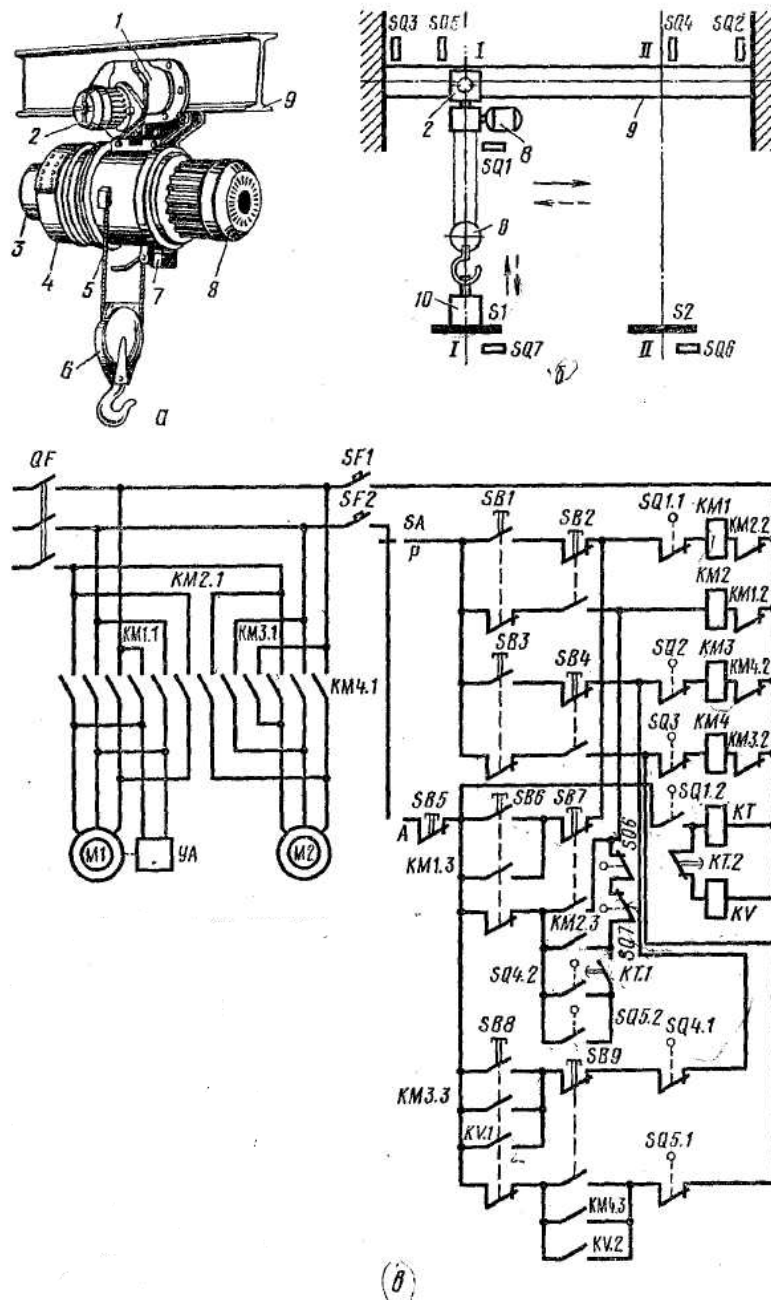


Рисунок 14.1 – Электропривод тали: а – общий вид электропривода; б – технологическая схема работы электротали; в – электрическая схема управления;

1 – ходовая тележка, 2 и 8 – электродвигатели перемещения и подъема, 3 – электромагнитный тормоз, 4 – редуктор двигателя подъема, 5 – барабан, 6 – крюк, 7 – конечный выключатель, 9 – двухтавровая балка, 10 – груз; I-I, II-II – вертикальные осевые линии подъема и опускания груза, S1 и S2 – разгрузочная и нагрузочная площадки

Отключение спуска крюка в положении I-I происходит или от действия силы тяжести крюка на выключатель SQ7, или вручную.

Асинхронные короткозамкнутые двигатели подъема выбирают с повышенным скольжением. При опускании груза, когда он под действие силы тяжести преодолевает сопротивление холостого хода электропривода и может опускаться самостоятельно, электродвигатель работает в тормозном, т.е. генераторном режиме.

Выпускаемые электротали, как правило, комплектуются электродвигателями со стандартной повторностью включения $PВ\%=25\%$. мощность электродвигателя перемещения составляет 10...16% мощности электродвигателя подъема. Электропитание электротали осуществляется, как правило, при помощи гибкого кабеля или жестких троллей.

Кран-балка отличается от тали тем, что балка (монорельс), по которой перемещается таль, может перемещаться вдоль помещения при помощи электродвигателя. Для управления электродвигателями талей и кран-балок применяют реверсивные магнитные пускатели и пусковые кнопки, подвешенные на гибком бронированном кабеле.

2. Вычертить схему управления электротали (рисунок 14.1).
3. Выяснить назначение основных элементов схемы управления.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Какие конечные выключатели работают в автоматическом режиме, а какие в ручном?
2. Назначение элемента УА.
3. Как обеспечивается защита от одновременного нажатия кнопок «Пуск», «Стоп» и «Лево», «Право»?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить технологическую схему электротали.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 15

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Исследование электропривода сепараторов молока

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство и принцип действия промышленного сепаратора молока.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Электрическое и электромеханическое оборудование: учебник / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 407 с. — Режим доступа: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1080668>

Ход работы:

1. Ознакомиться с принципом действия и особенностями электропривода сепараторов.

Технологический процесс очистки молока состоит в том, что молоко, поступающее в барабан сепаратора, вращающийся с большой скоростью, проходит между тарелками (и направляется к напорному диску). Примеси, находящиеся в молоке, под действием центробежной силы отбрасываются к стенке грязевой камеры, образуя на ней плотный осадок. Последний удаляют вручную из грязевой камеры после остановки сепаратора-молокоочистителя. По кинематической схеме сепаратор относится к машинам с вращательным движением.

Разделение молока на сливки и обрат (обезжиренное молоко), осуществляемое под действием центробежных сил, которые действуют на частицы молока при вращении его в барабане сепаратора, называется сепарированием. Сепаратор молока, барабан которого обладает значительным маховым моментом, имеет тяжелый пусковой режим. Кинематическая схема электропривода сепаратора приведена на рисунке 15.1.

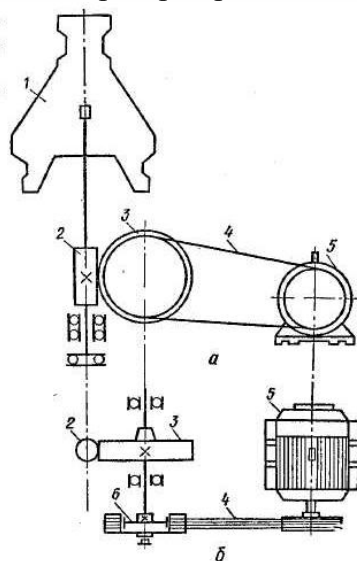


Рисунок 15.1 – Кинематическая схема электропривода сепаратора молока:

а – фронтальный вид, б – вид в плане, 1 – барабан сепаратора, 2 – веретено, 3 – шестерня, 4 – клиновидный ремень, 5 – электродвигатель, 6 – фрикционно – центробежная муфта

Момент сопротивления сепаратора на валу двигателя создается силами трения в подшипниках, в передаче привода и силами трения вращающихся частей о воздух и жидкость. Поэтому механическая характеристика носит «вентиляторный» характер и может быть выражена зависимостью

$$M_C = M_0 + b \cdot \omega^2,$$

где M_C – момент сопротивления сепаратора, приведенный к валу электродвигателя, имеющего номинальную частоту вращения 1430 мин^{-1} , Нм;

$M_0 = 0,2 \dots 1,0 \text{ Нм}$ – начальный момент на валу электродвигателя;

ω – угловая скорость барабана, рад/с;

b – коэффициент пропорциональности, зависящий от качества обработки элементов кинематической схемы привода, массы барабана, степени шероховатости поверхности барабана сепаратора.

Для центрифуг производительностью $50 \dots 1000 \text{ л/ч}$ в среднем $b = 1,8 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Нм}}{(\text{рад/с})^2}$. Квадратичная зависимость момента сопротивления сохраняется при линейной скорости барабана до 70 м/с ($7000 \dots 10000 \text{ мин}^{-1}$).

Потребная мощность электродвигателя (Вт) для привода сепаратора в рабочем режиме

$$P = k \cdot M_C \cdot \omega,$$

где $k = 1,2 \dots 2$ – коэффициент, учитывающий мощность, необходимую на сообщение кинетической энергии жидкости, поступающей в барабан, а также на гидравлические потери и т.д.

В условиях неустановившегося режима (пуска) момент, создаваемый механическими колебаниями системы, в период первого резонанса и биений больше суммарного статического момента в $1,5 \dots 2$ раза. Пусковая мощность сепаратора в $1,3 \dots 2$ раза больше потребной мощности в рабочем режиме. Так как момент инерции барабана велик, продолжительность разбега длится $1,5 \dots 3 \text{ мин}$ и даже более.

Рабочая частота вращения барабана сепаратора не должна находиться в зоне резонансных колебаний. Это основное условие нормальной работы барабана.

Если для привода сепаратора установить асинхронный трехфазный короткозамкнутый электродвигатель такой мощности, которая равна потребной мощности при установившемся режиме сепарирования, то кратность пускового момента должна быть не менее 1,8...2, кратность максимального момента – 2,2...2,4 и кратность минимального момента – 1,0.

Пусковой ток электродвигателя в течении 1,5...3 мин, особенно при повторных пусках с нагретого состояния, может нагревать его обмотку до недопустимых пределов и преждевременно выводить электродвигатель из строя. Чтобы уменьшить продолжительность действия пускового тока и продолжительность разбега сепаратора, можно использовать центробежную фрикционную муфту (рисунок 15.2,а). при включении электродвигателя шкив 1 начинает вращаться, пальцы 2 увлекают колодки 4, которые скользят по внутренней цилиндрической поверхности барабана 6. По мере увеличения частоты вращения становится больше центробежная сила, прижимающая колодки к внутренней поверхности барабана, и увеличивается сила трения между колодками и барабаном. Как только эта сила увеличится до значения достаточного для создания момента, равного моменту трогания сепаратора, начнется разбег сепаратора при моменте электродвигателя, по значению близком к максимальному. Происходит ускоренный разбег электропривода при большом избыточном моменте. Ток электродвигателя в начальный момент включения делает бросок (рисунок 15.2,б), а затем быстро и резко снижается до номинального значения. При пуске без муфты пусковой ток в течение всего времени разбега имеет достаточно большое значение. Нагрев электродвигателя в период пуска с центробежной муфтой в несколько раз снижается при одновременном уменьшении продолжительности разбега. При использовании центробежной фрикционной муфты мощность электродвигателя можно выбирать по номинальному режиму работы, так как в начальный момент включения электродвигатель разбегается практически вхолостую.

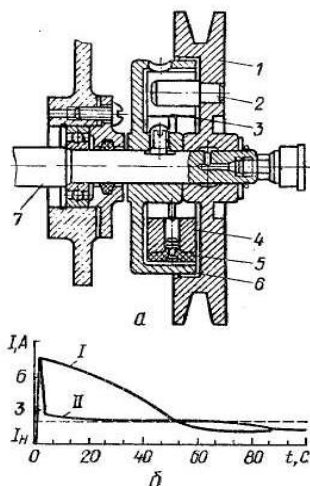


Рисунок 15.2 – Электропривод с центробежной муфтой: а – кинематическая схема муфты; б – диаграмма пускового тока; I – пуск без муфты; II – пуск с муфтой; 1 – ведущий барабан – шкив, 2 – палец, 3 – пружинное кольцо, 4 – колодка, 5 – накладка, 6 – ведомый барабан, 7 – приводный вал рабочей машины

Сократить продолжительность разбега и уменьшить нагрев электродвигателя в пусковом режиме можно также, применив двухскоростной электродвигатель и осуществив пуск сначала на меньшей скорости при большем пусковом моменте и меньшем пусковом токе, а затем путем автоматического переключения на вторую скорость, соответствующую нормальному рабочему режиму сепаратора. Автоматическое переключение частоты вращения осуществляется тахогенератором, подключенным на обмотку промежуточного реле. При достижении скорости переключения промежуточное реле срабатывает и переключает обмотку электродвигателя на вторую скорость. Это позволяет осуществить

пуск электропривода сепаратора при большем пусковом моменте, меньшем пусковом токе с меньшим временем разбега и, следовательно, с меньшим нагревом электродвигателя в пусковом режиме.

2. Вычертить кинематическую схему электропривода сепаратора (рисунок 15.1).
3. Выяснить назначение основных элементов схемы.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Какие передаточные устройства используются в приводе сепаратора?
2. Особенности пуска электродвигателя сепаратора молока.
3. Какие силы способствуют и препятствуют процессу сепарирования?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить кинематическую схему электропривода сепаратора.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 16

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Определение потерь энергии в переходных режимах. Коэффициент мощности и способы повышения

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с методами определения потерь электрической энергии в переходных режимах электроприводов, значением коэффициента мощности и способами его повышения.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Москаленко, В. В. Электрический привод: учебник / В.В. Москаленко. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 364 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1190675>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Главное назначение ЭП заключается в обеспечении движения исполнительных органов рабочих машин и механизмов и управлении этим движением. Однако при этом совсем не безразлично, какой ценой это достигается, т. е. какое потребление электроэнергии, какие потери, как ЭП влияет на сеть и другие электроприемники. Оценка этих свойств ЭП осуществляется с помощью так называемых энергетических показателей, к числу которых относятся коэффициент полезного действия (КПД), коэффициент мощности ($\cos\varphi$), потери мощности ΔP и энергии ΔA . Иногда к этим показателям относят потребляемые из сети и полезные мощность и энергию.

Эти показатели широко используются как при создании новых, так и оценке работы уже действующих ЭП. Очевидно, что предпочтение должно быть отдано тому ЭП, который, обеспечивая заданный технологический процесс рабочей машины или механизма, имеет более высокие по сравнению с другими вариантами энергетические показатели.

Эти же показатели позволяют оценить и эффективность уже работающих ЭП. В том случае, когда они оказываются существенно худшими по сравнению с номинальными, правомочна постановка вопроса о модернизации ЭП или о проведении мероприятий по их повышению. Решение о модернизации ЭП должно приниматься только на основании экономического расчета, предусматривающего сопоставление дополнительных капитальных

затрат на модернизацию с сокращением эксплуатационных расходов за счет повышения КПД и $\cos\varphi$.

Потери мощности в установившемся режиме работы электропривода

Потери мощности ΔP . Эти потери в электродвигателе составляют основную долю потерь в ЭП а обычно представляются суммой постоянных K и переменных V потерь: $\Delta P = K + V$

Под постоянными подразумеваются потери мощности, не зависящие от токов двигателя. К ним относятся потери в стали магнитопровода, механические потери от трения в подшипниках и вентиляционные потери. Для СД и двигателя постоянного тока с независимым возбуждением к постоянным потерям относят потери в обмотках возбуждения.

Строго говоря, постоянные потери в действительности не являются неизменными, а зависят от скорости двигателя, амплитуды и частоты питающего его напряжения. Однако, поскольку постоянные потери изменяются незначительно, они обычно принимаются неизменными и равными номинальным постоянным потерям.

Под переменными подразумеваются потери, выделяемые в обмотках двигателей при протекании по ним тока, зависящего от механической нагрузки ЭП.

Для двигателя постоянного тока переменные потери мощности:

$$V = I^2 \cdot R = I_{\text{ном}}^2 \cdot R \cdot \left(\frac{I}{I_{\text{ном}}}\right)^2 = V_{\text{ном}} \chi^2,$$

где $\chi = \frac{I}{I_{\text{ном}}}$ - кратность тока;

$V = I_{\text{ном}}^2 \cdot R$ - номинальные переменные потери мощности;

$I_{\text{ном}}$ - номинальный ток двигателя;

R - сопротивление обмоток.

Для трехфазных асинхронных двигателей:

$$V = 3I_1^2 \cdot R_1 + 3I_2'^2 \cdot R_2' = 3I_2'^2 \cdot (R_1 + R_2') = V_{\text{ном}} \chi^2$$

Для синхронных двигателей:

$$V = 3I_1^2 \cdot R_1 = 3I_{1\text{ном}}^2 \cdot R_1 \cdot \left(\frac{I_1}{I_{1\text{ном}}}\right)^2 = V_{\text{ном}} \chi^2.$$

Как видно из вышеприведенных выражений, независимо от вида двигателя переменные потери в нем определяются номинальными потерями и кратностью тока.

Полные потери мощности в двигателе:

$$\Delta P = K + V_{\text{ном}} \chi^2 = V_{\text{ном}} (\alpha + \chi^2)$$

где $\alpha = \frac{K}{V}$ - коэффициент потерь (для большинства двигателей нормального исполнения в зависимости от номинальных мощности и скорости двигателей коэффициент колеблется в пределах 0,5—2).

Потери мощности при работе двигателя в номинальном режиме $\chi = 1$ определяются по паспортным данным двигателя следующим образом:

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} (1 - \eta_{\text{ном}}) / \eta_{\text{ном}}$$

где $\eta_{\text{ном}}$ - номинальный КПД

Постоянные потери мощности находятся как

$$K = \Delta P_{\text{ном}} - V_{\text{ном}}.$$

Потери энергии установившемся режиме работы электропривода

Потери энергии. За время работы t_p двигателя с постоянной нагрузкой потери энергии

$$\Delta A = \Delta P \cdot t_p$$

При работе двигателя с циклически изменяющейся нагрузкой

$$\Delta A = \int_0^{t_p} \Delta P(t) \cdot dt \approx \sum_{i=1}^m \Delta P_i \cdot t_i$$

где $\Delta P_i \cdot t_i$ - потери мощности и время работы на i -м участке цикла;

m - число отдельных участков цикла;

$\sum_{i=1}^m t_i = t_\eta$ - время цикла.

Если ЭП работает в неизменном режиме с постоянной мощностью коэффициент полезного действия определяется:

$$\eta = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{пол}} + \Delta P}$$

КПД ЭП как электромеханической системы определяется произведением КПД преобразователя $\eta_{\text{пу}}$ и управляющего $\eta_{\text{уу}}$ устройства, электродвигателя $\eta_{\text{д}}$ и механической передачи $\eta_{\text{мп}}$:

$$\eta = \eta_{\text{пу}} \cdot \eta_{\text{уу}} \cdot \eta_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{мп}}.$$

Наиболее значимым и определяющим является КПД двигателя, который зависит от развиваемой им полезной механической мощности на валу. При малых нагрузках КПД двигателя небольшой, по мере увеличения нагрузки он растет, достигая максимального значения при мощности, близкой к номинальной.

Способы повышения КПД двигателей сводятся к следующему: ограничение времени работы двигателя на холостом ходу; обеспечение нагрузки двигателя при его работе, близкой к номинальной, в том числе путем замены малозагруженного двигателя на двигатель меньшей мощности (такая замена должна быть обоснована экономически и проведена только в том случае, когда капитальные затраты на модернизацию ЭП окупятся за счет сокращения эксплуатационных расходов) и применение регулятора экономичности.

ЭП, подключаемые к сети переменного тока, потребляют из нее активную P_A и реактивную Q мощности. Активная мощность расходуется на полезную работу ЭП и покрытие потерь в нем, а реактивная мощность, обеспечивая создание электромагнитных полей двигателя и других его элементов, непосредственно полезной работы не совершает. Отметим, что в отношении реактивной мощности точнее говорить не о потреблении ее, а об обмене (циркуляции) между сетью и двигателем.

Работа ЭП, как и любого другого потребителя активной и реактивной энергии, характеризуется коэффициентом мощности:

$$\cos \varphi = P_a / S = P_a / \sqrt{P_a^2 + Q^2}$$

ЭП, потребляя реактивную мощность, нагружает ею систему электроснабжения, вызывая дополнительные потери напряжения и энергии в ее элементах. По этой причине всегда следует стремиться к обеспечению максимально возможного $\cos \varphi$ ЭП как одного из основных энергетических показателей его работы. Коэффициент мощности АД существенно зависит от его нагрузки. При холостом ходе АД коэффициент мощности невелик, так как при этом относительно велика доля реактивной мощности по сравнению с активной. По мере увеличения нагрузки АД возрастает и $\cos \varphi$, достигая своего максимального значения примерно в области ее номинальных значений. АД являются основными потребителями реактивной мощности в системе электроснабжения, поэтому повышение коэффициента их мощности представляет собой важную технико-экономическую задачу.

Для повышения коэффициента мощности целесообразно проводить следующие мероприятия: правильно выбирать электродвигатели по мощности, в приводах большой мощности применять синхронные двигатели или асинхронные с большой номинальной частотой вращения, полностью использовать технологическое оборудование, обеспечивая номинальную загрузку электродвигателей, двигатели, постоянно нагруженные менее чем на 40%, заменять двигателями меньшей мощности, устранять работу асинхронных двигателей на холостом ходу при помощи автоматических ограничителей, переключать в звезду незагруженные двигатели, обмотки которых соединены треугольником (такое возможно у двигателей с номинальным напряжением 660/380В), следить за уровнем напряжения, не допускать длительного его увеличения выше номинального.

В тех случаях, когда этими средствами не удастся повысить коэффициент мощности до требуемого, на предприятиях предусматривают специальные установки для

искусственного повышения средневзвешенного коэффициента мощности, состоящие из батарей специальных конденсаторов и пускорегулирующей аппаратуры.

Повышение коэффициента мощности путем подключения конденсаторов основано на том, что электрическая емкость представляет собой источник реактивной мощности: реактивный ток двигателей компенсируется емкостным.

Применение компенсирующих установок связано с дополнительными затратами и обосновывается технико-экономическими расчетами.

Пути экономии электроэнергии

Из анализа причин потерь мощности в электроприводах определяются следующие пути экономии электроэнергии.

Правильно эксплуатировать производственные механизмы, обеспечивать своевременную смазку, регулировку, заточку режущих органов и т.д.

Полностью загружать машины, транспортеры, станки. Для контроля загрузки в энергоемких приводах устанавливать амперметры и ваттметры.

Исключать холостой ход производственных механизмов, так как при холостом ходе потребляемая мощность многих из них достигает 50% номинальных значений.

При замене электродвигателей, проектировании новых электроприводов отдавать предпочтение электродвигателям, имеющим большие значения КПД и коэффициента мощности.

Для частых пусков проектировать электроприводы, обладающие минимальной кинетической энергией системы. Предусматривать последовательный пуск многоскоростных двигателей.

Для торможения стремиться использовать генераторный режим электродвигателей с отдачей энергии в сеть.

Следить за качеством напряжения на предприятии, оно должно быть номинальным или пониженным в пределах допустимых норм. Правильным распределением нагрузок по фазам, применением специальных трансформаторов на подстанции добиваться, чтобы напряжение было симметричным, так как в противном случае резко увеличиваются потери в трехфазных асинхронных двигателях.

Всеми мерами бороться за повышение коэффициента мощности, в установках большой мощности применять синхронные электродвигатели.

При выборе производственного оборудования учитывать то обстоятельство, что чем больше производительность агрегата, тем меньше энергии расходуется на единицу продукции. Всегда экономнее один большой агрегат, чем несколько маленьких.

Совершенствовать электроприводы энергоемких производственных агрегатов путем установки автоматических регуляторов загрузки, ограничителей холостого хода и т.д.

2. Сделать вывод по работе.

3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Из каких составляющих складываются общие потери в электроприводе?
2. Как определяют расход энергии электропривода?
3. Какими путями можно уменьшить потери энергии в переходных режимах?
4. Почему необходимо стремиться поддерживать коэффициент мощности на высоком уровне?
5. Какие основные мероприятия способствуют экономии электрической энергии?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 17

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет мощности и выбор электродвигателя для привода насосных установок

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику расчета насосной установки для водоснабжения помещений.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1090082>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Насосы относятся к числу механизмов с продолжительным режимом работы и постоянной нагрузкой. При отсутствии электрического регулирования скорости в насосных агрегатах небольшой мощности обычно применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, питаемые от сети 380 В. Для привода насосов мощностью свыше 100 кВт устанавливают асинхронные и синхронные двигатели на 6 и 10 кВ с прямым пуском, т.е. с включением на полное напряжение сети.

Двигатели поршневых насосов соединяются с валом насоса через замедляющую передачу (клиноременную или зубчатую), поскольку поршневые насосы являются тихоходными механизмами. Центробежные насосы в большинстве случаев выполняются быстроходными, поэтому их приводные двигатели имеют высокую угловую скорость ($\omega_0 = 150 - 300$ рад/с) и соединяются с валом насоса непосредственно.

Для центробежных насосов особенно важен правильный выбор угловой скорости насоса, так как его производительность пропорциональна угловой скорости, напор и момент - квадрату угловой скорости, мощность - ее кубу: $Q \propto \omega$, $H \propto \omega^2$, $M \propto \omega^2$, $P \propto \omega^3$.

Из этих соотношений следует, что при увеличении угловой скорости насоса мощность его возрастает, что может привести к перегреву электродвигателя. При занижении угловой скорости двигателя напор насоса может оказаться недостаточным для расчетной подачи.

Тип электродвигателя выбирают, исходя из условия окружающей среды и особенностей монтажа. Например, для привода погружных насосов типа ЭЦВ применяют электродвигатели мощностью 0,7 - 65 кВт специального исполнения типа ПЭДВ, рассчитанные для работы в буровых скважинах диаметром от 100 до 250 мм с подачей на высоту до 350 м. Обмотка статора двигателя выполнена проводом с полихлорвиниловой влагостойкой изоляцией.

Электродвигатель вместе с насосом устанавливается в скважине погруженным в откачиваемую воду (рисунок 17.1). Пример условного обозначения агрегата: ЭЦВ-6-10-80-М, где ЭЦВ-6 — электронасосный скважинный агрегат для воды с характеристикой «6» по диаметру скважины, а именно — для скважины с внутренним диаметром 149,5 мм, 10 — номинальная подача насоса, м³/ч, 80 — номинальный напор, м, М — вид климатического исполнения по ГОСТ 15150-69.

Условное обозначение электродвигателя, применяемого в агрегате: ПЭДВ4-144 (ПЭДВ — погружной электродвигатель водозаполненный, 4 — номинальная мощность, кВт, 144 — максимальный размер в поперечном сечении, мм).

В приводе непогружных центробежных и вихревых насосов используют асинхронные короткозамкнутые двигатели и двигатели с фазным ротором с влагостойкой изоляцией мощностью 1,5 - 55 кВт.

Погружные электронасосы в зависимости от уровня залегания водоносного слоя эксплуатируют на глубинах 40 - 230 м.

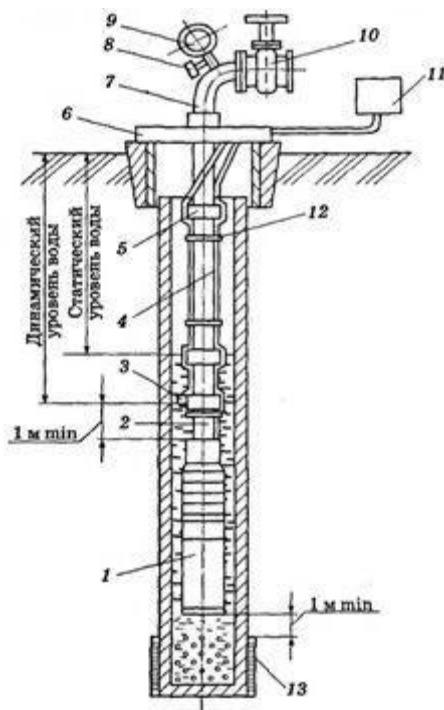


Рисунок 17.1 – Схема расположения агрегата в скважине:

1 - агрегат, 2 - водоподъемная колона, 3 - датчик "сухого хода", 4 — кабель, 5 — муфта, 6 — опорная плита или оголовок, 7 — колено, 8 — кран трехходовой, 9 — манометр, 10 — задвижка, 11 — станция управления и защиты, 12 — хомут, 13 — фильтр

Механическая характеристика центробежного насоса имеет вентиляторный вид. Момент сопротивления трения в подшипниках насоса $M_c = 0,05$ Мн.

Средний момент поршневого насоса при работе на магистраль, где поддерживается постоянный напор, не зависит от угловой скорости вращения. Пуск поршневого насоса осуществляется при открытой задвижке на напорном трубопроводе. Иначе может произойти авария.

Центробежный насос можно пускать как при открытой, так и при закрытой задвижке на напорном трубопроводе.

С учетом условий окружающей среды, особенностей монтажа, необходимой мощности и частоты вращения насоса по справочным таблицам выбирают электродвигатель соответствующего типа.

2. Изучить методику расчета насосной установки:

Задача: Выбрать автоматизированную башенную насосную установку для водоснабжения фермы КРС, если: $Q_{ср.сут} = 35 \text{ м}^3 \cdot \text{сут}^{-1}$, $H_p = 1850$ кПа.

Определить максимальное число включений насоса, выбрать двигатель и пусковые аппараты. Источник водоснабжения - артезианская скважина.

Решение:

1. Определить максимальный часовой и секундный расход воды:

$$Q_{\text{максч}} = \frac{K_{\text{сут}} \cdot K_{\text{ч}} \cdot Q_{\text{ср.сут}}}{T \cdot \eta_c} = \frac{1,3 \cdot 2,5 \cdot 35}{15 \cdot 0,9} = 8,4 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$Q_{\text{максс}} = \frac{Q_{\text{максч}}}{3600} = \frac{8,4}{3600} = 0,0023 \text{ м}^3 / \text{с}$$

2. Пользуясь таблицей 17.1 выбираем погружной насос ЭЦВ6-10-185, у которого $Q_n = 10 \text{ м}^3 / \text{ч}$, $H = 1850$ кПа.

3. Определяем расчетную мощность и выбираем электродвигатель:

$$P_p = \frac{Q_{\text{макс}} \cdot H_p}{\eta_n \cdot \eta_n} = \frac{0,0023 \cdot 1850}{1 \cdot 0,65} = 6,55 \text{ кВт},$$

где $\eta_n=0,6...0,8$ - КПД насоса, для центробежных насосов;

$\eta_n \approx 1$ - КПД передачи, при соединении муфтой

По справочным данным выбираем электродвигатель типа ПЭДВ-8-140 со следующими паспортными данными: $P_{\text{ном}}=8\text{кВт}$; $I_{\text{ном}}=18,5\text{А}$; $I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}=5,5$.

Запас мощности составит:

$$\Delta P = \frac{P_{\text{ном}} - P_p}{P_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{8 - 6,55}{8} \cdot 100 = 18,1\%$$

Запас мощности для данного двигателя не должен быть менее 15% (таблица 17.2). Это требование выполняется.

4. Определяем частоту включения при типовом графике водопотребления:

$$Z = \frac{Q_{\text{ср.сут}}}{V_p} \cdot \left(1 - 0,054 \cdot \frac{Q_{\text{ср.сут}}}{Q_n} \right),$$

где V_p - регулируемый объем водонапорной башни:

$$V_p = \pi D_6^2 \cdot h / 4 = 3,14 \cdot 3^2 \cdot 1 / 4 = 7,1 \text{ м}^3$$

Для башни типа БР $D_6=3\text{м}$, $h=1\text{м}$.

$$Z = \frac{35}{7,1} \cdot \left(1 - 0,054 \cdot \frac{35}{10} \right) = 4 \text{ вкл / сут}$$

или $Z = 0,17 \text{ вкл / ч}$, что не превышает допустимого 6 вкл/сут.

Таблица 17.1 – Технические данные электронасосов

Насос			Электродвигатель			
Тип	$Q_{\text{ч}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$	H_n , кПа	Тип	$P_{\text{ном}}$, кВт	$I_{\text{ном}}$, А	$\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$
ЭЦВ6-4-90	4	900	ПЭДВ-2-140	2,0	5,1	5,7
ЭЦВ6-4-70	4	700	ПЭДВ-1,6-95	1,6	4,2	5,7
ЭЦВ6-4-130	4	1300	ПЭДВ-2,8-140	2,8	7,0	5,7
ЭЦВ6-4-190	4	1900	ПЭДВ-4,5-140	4,5	10,5	6,1
ЭЦВ6-6,3-125	6,3	1250	ПЭДВ-4,5-140	4,5	10,5	6,1
ЭЦВ6-10-50	10	500	ПЭДВ-2,8-140	2,8	7,0	5,7
ЭЦВ6-10-80	10	800	ПЭДВ-4,5-140	4,5	10,5	6,1
ЭЦВ6-10-140	10	1400	ПЭДВ-8-140	8,0	18,5	5,5
ЭЦВ6-10-185	10	1850	ПЭДВ-8-140	8,0	18,5	5,5
ЭЦВ6-10-235	10	2350	ПЭДВ-11-180	11,0	25,0	5,5
ЭЦВ6-16-75	16	750	ПЭДВ-5,5-140	5,5	13,0	6,1
ЭЦВ8-16-140	16	1400	ПЭДВ-11-140	11,0	25,0	5,5
ЭЦВ8-25-100	25	1000	ПЭДВ-11-180	11,0	25,0	5,5
ЭЦВ8-25-150	25	1500	ПЭДВ-16-180	16,0	36,0	7,4
ЭЦВ10-63-65	63	650	ПЭДВ-22-210	22,0	47,0	7,4

Таблица 17.2 – Рекомендуемые значения запаса мощности погружных электродвигателей

Номинальная мощность электродвигателя, кВт	До 1,5	1,5...3,5	3,5...35	Более 35
Запас мощности, %	50	20	15	10

3. Выполнить расчет согласно варианту (таблица 17.3).

4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды насосов используются в сельском хозяйстве?

2. От чего зависит коэффициент запаса?
3. Достоинства и недостатки насосных установок башенного типа.
4. Расшифровать марку выбранного насоса и двигателя.

Таблица 17.3 – Исходные данные к практическому занятию №17

Вариант	Q _{ср.сут} , м ³ /сут	Н, кПа	Вариант	Q _{ср.сут} , м ³ /сут	Н, кПа
1	15	500	16	16	700
2	26	1250	17	95	1200
3	40	500	18	23	1250
4	64	680	19	41,5	1400
5	25	1250	20	98	1170
6	260	650	21	15,5	1300
7	100	900	22	66	670
8	41	800	23	25,5	1250
9	65	700	24	96	1180
10	16,5	1900	25	37	2350
11	64,5	1340	26	250	650
12	35	1850	27	66	1360
13	90	1450	28	100	1300
14	24	1250	29	65,5	1320
15	65	1350	30	24,5	1250

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Произвести выбор электропривода насосной установки.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 18

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет мощности и выбор электродвигателя для привода вентиляционных установок

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику расчета вентиляционной установки для животноводческих помещений.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znaniy.com/catalog/product/1090082>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Инженерное оборудование жизнеобеспечения зданий и сооружений включает в себя в том числе и вентиляторы, используемые в системах вентиляции для создания обмена и кондиционирования воздуха, который необходим для обеспечения воздушной среды благоприятной для жизнедеятельности человека, животных или для технологических целей производства. Вентилятор представляет собой электромеханическую машину с лопастями, перемещающую воздух и другие газопаровоздушные смеси.

Подача и вытяжка воздуха осуществляются вентиляторами по воздуховодам вентиляционной сети или напрямую в помещение и из помещения непосредственно через оконные, стеновые или потолочные проёмы.

Каждый вентилятор должен преодолеть сопротивление вентиляционной сети, создаваемое изгибами воздуховодов и вентиляционным оборудованием (клапаны, заслонки, фильтры, шумоглушители и т.п.). Это сопротивление вызывает перепад давления, и величина этого давления является решающим фактором при выборе вентилятора. В зависимости от величины полного давления, создаваемого вентилятором при перемещении воздуха, их подразделяют на вентиляторы низкого давления (до 1000 Па), среднего давления (от 1000 Па до 3000 Па) и высокого давления (свыше 3000 Па).

По конструкции и принципу действия вентиляторы можно подразделить на два основных вида: осевые (аксиальные) и радиальные (центробежные), рисунок 18.1.

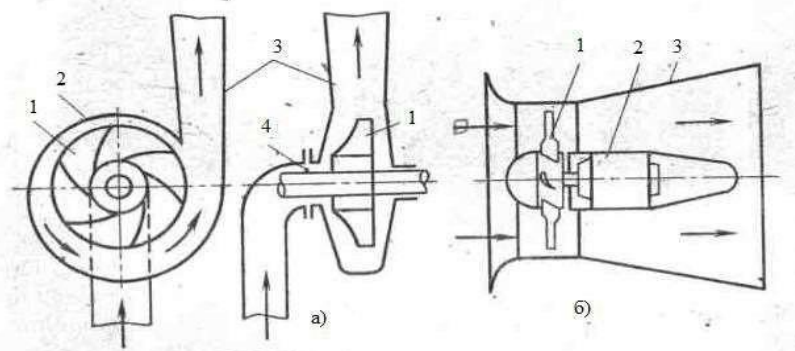


Рисунок 18.1 – Схемы вентиляторов: а) центробежный тип; б) осевой тип

Вентиляторы выпускаются в нескольких исполнениях в зависимости от направления выхода воздуха, (вверх, вниз, горизонтально и т.д.) и направления вращения. Рабочее колесо 1 центробежного вентилятора (рисунок 18.1, а) вращается в кожухе 2. Воздух засасывается через боковое отверстие 4 кожуха и выбрасывается через выходной раструб 3. Осевой вентилятор (рисунок 18.1, б) имеет рабочее колесо с несколькими лопатками 1, сходными по форме с лопатками воздушного или гребного винта. Колесо вращается электродвигателем 2, укрепленным внутри корпуса 3, и создается тяга (поток) воздуха через раструб вентилятора.

Наибольшее распространение получили центробежные вентиляторы. Они имеют зависимость статической мощности на валу от скорости, называемую вентиляторной характеристикой. Момент на валу вентилятора изменяется пропорционально квадрату скорости, а производительность вентилятора пропорциональна угловой скорости в первой степени.

В осевом вентиляторе поток воздуха, поступающий во вращающееся рабочее колесо, не изменяет своего направления и проходит вдоль оси вращения, а в радиальном вентиляторе изменяет направление движения с осевого на радиальное (отклоняется на 90°).

Для двигателей вентиляторов типичен продолжительный режим работы, поэтому их электроприводы, как правило, нереверсивные с редкими пусками. В отличие от механизмов непрерывного транспорта компрессоры и вентиляторы имеют небольшие пусковые статические моменты до 20-25% от номинального. В зависимости от назначения, мощности и характера производства, где установлены механизмы этой группы, они могут требовать или небольшого, но постоянного подрегулирования производительности при отклонении параметров воздуха (газа) от заданных значений, или же регулирования производительности в широких пределах.

При выборе мощности двигателя для вентиляторов, как и для всех механизмов с продолжительным режимом работы и постоянной нагрузкой, требуемую мощность двигателя $P_{дв}$ находят по мощности на валу механизма с учетом потерь в промежуточных механических передачах.

Вентиляцию животноводческих помещений рассчитывают по воздухообмену. Ориентировочно воздухообмен можно определить по формуле:

$$L_B = M \cdot L_H,$$

где M – суммарная масса животных, находящихся в помещении, кг;

L_H – норма воздухообмена (таблица 18.1).

Таблица 18.1 – Нормы вентиляционного обмена воздуха

Вид животных	Вентиляционный обмен воздуха (м ³ /ч) на 1 кг массы животного		
	зимой	в переходные периоды	летом, не менее
Коровы и молодняк КРС	0,17	0,25	0,40
Телята	0,20	0,25	0,40
Свиноматки, хряки	0,15	0,45	0,60
Свиньи на откорме	0,20	0,45	0,65
Куры при напольном содержании	1,4	4,0	7,0
Куры при клеточном содержании	1,1	3,6	5,5
Бройлеры	1,1	3,0	6,0

Зная воздухообмен и подачу вентилятора (комплекта), определяют число вентиляторов (комплектов):

$$N = \frac{L_B}{q_B},$$

где q_B – подача вентилятора (комплекта).

Выбор одиночных вентиляторов типа Ц4-70 производят по номограмме (рисунок 18.2). Пусть надо выбрать вентилятор с подачей $L_B=3500\text{ м}^3/\text{ч}$ и давлением $H=650$ Па. На левой шкале подачи находим точку $L_B=3500\text{ м}^3/\text{ч}$. Через эту точку проводим горизонтальную прямую, которая пересекает лучи вентиляторов №3-№5. Из этих вентиляторов выбирают тот, у которого КПД имеет большее значение. Чтобы получить значение КПД, надо из точек пересечения горизонтальной прямой с лучами вентиляторов восстановить перпендикуляр до пересечения с линией $H=650$ Па. На рисунке 18.2 показана точка, для которой $\eta=0,8$. Таким образом, вентилятор №4 будет иметь наибольший КПД. Эксплуатация такого вентилятора будет наиболее экономичной. Для вентиляторов с номерами 6...12 используют правую шкалу подачи.

2. Изучить методику расчета вентиляционной установки:

Задача: Выбрать центробежные вентиляторы приточной системы вентиляции коровника для холодного периода. В коровнике размещено 187 коров, средняя масса коровы 550кг. Полное давление вентилятора $H=1440$ Па.

Решение:

Воздухообмен в холодный период:

$$L_B = M \cdot L_H = 187 \cdot 550 \cdot 0,17 = 19200 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Выбор вентилятора ведем по номограмме (рисунок 18.2). на правой шкале подачи находим точку $L_B=19200\text{ м}^3/\text{ч}$. Через эту точку проводим горизонтальную прямую, которая пересекает пунктирные лучи вентиляторов №8-№12. Из этих вентиляторов выбирают тот, у которого КПД имеет большее значение. Принимаем вентилятор №8, у которого $\eta=0,78$ и коэффициент $A=9700$. По значению коэффициента A находим частоту вращения вентилятора:

$$n = \frac{A}{N_2} = \frac{9700}{8} = 1212 \text{ об / мин}.$$

Мощность электродвигателя для привода вентилятора:

$$P = \frac{L_B \cdot H}{\eta_B \cdot \eta_{\Pi}},$$

где $\eta_{\Pi}=0,95$ – КПД клиноременной передачи.

При подсчете мощности подачу выражают в м³/с, а давление в кПа.

$$P = \frac{5,33 \cdot 1,44}{0,78 \cdot 0,95} = 10,4 \text{ кВт}.$$

Приняв коэффициент запаса $K_3=1,05$; окончательно получим

$$P_B = K_3 \cdot P = 1,05 \cdot 10,4 = 10,9 \text{ кВт}$$

По каталогу выбираем электродвигатель АИР132М4, $P_{\text{ном}}=11 \text{ кВт}$, $n_{\text{ном}}=1460 \text{ об/мин}$, $I_{\text{ном}}=22 \text{ А}$. расхождение в частоте вращения учитываются соответствующими диаметрами шкивов клиноременной передачи между электродвигателем и вентилятором.

Таким образом, приточную вентиляцию коровника обеспечит один вентилятор №8.

3. Выполнить расчет согласно варианту (таблица 18.2).

4. Ответить на контрольные вопросы.

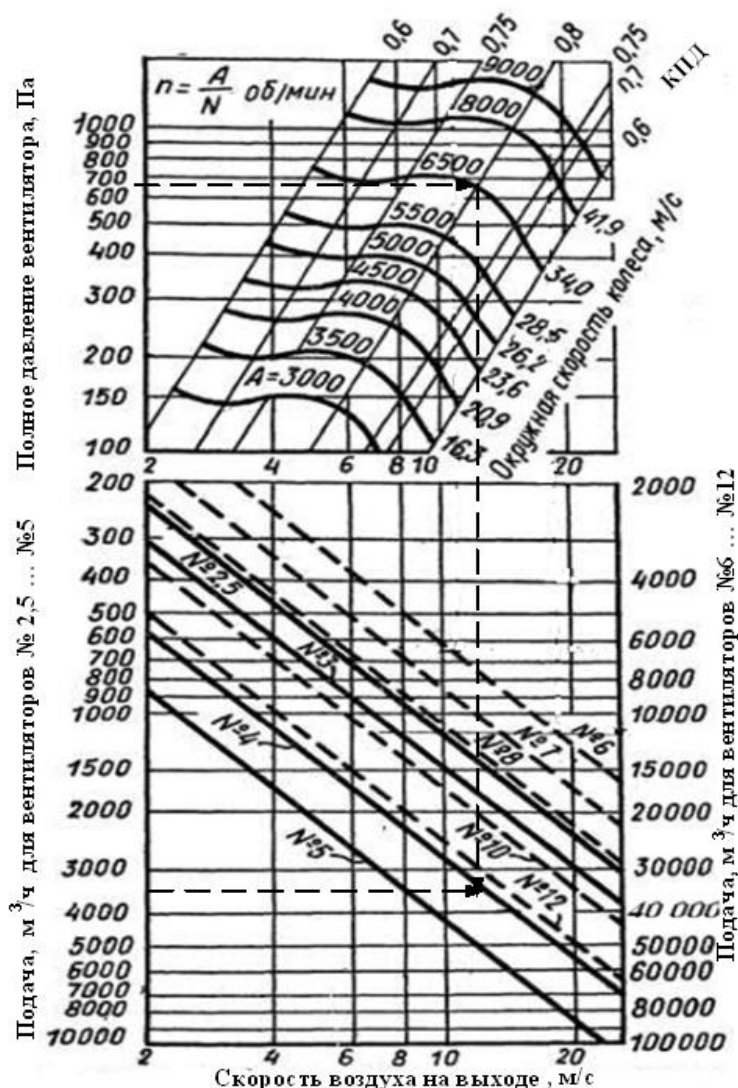


Рисунок 18.2 – Номограмма для подбора центробежных вентиляторов серии Ц4-70

Контрольные вопросы:

1. С какой целью применяются вентиляционные установки?
2. Как производится выбор вентилятора?
3. От чего зависит мощность электродвигателя для привода вентилятора?
4. Как можно автоматизировать работу вентиляционной установки?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Произвести выбор электропривода вентиляционной установки.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 18.2 – Исходные данные к практическому занятию 18

Вариант	Помещение	Вид животных	Количество, гол	Масса животного, кг	Расчетное давление, Па	Период вентиляции
1	Коровник	Коровы	195	600	1000	Зима
2			185	550	900	
3	Птичник	Куры	13500	1,8	40	Лето
4			9000	1,8	42	
5			20000	1,8	42	
6			15000	1,8	40	
7			30000	1,8	42	
8	Свинарник	Свиньи на откорме	1600	65	800	Зима
9			1800	60	800	
10			2000	50	800	
11	Коровник	Коровы	250	550	800	Переходный
12			220	550	1000	
13			350	550	1000	
14	Свинарник	Свиноматки	50	200	400	Зима
15			100	200	1000	
16	Птичник	Бройлеры	7500	1,5	40	Лето
17			11500	1,5	40	
18			30000	1,5	42	
19			15000	1,5	40	
20			22000	1,5	42	
21	Свинарник	Свиньи на откорме	2000	60	800	Зима
22			1500	70	1000	
23			1750	60	900	
24	Птичник	Куры	14500	1,8	42	Лето
25			19000	1,8	40	
26	Коровник	Коровы	200	600	1500	Переходный
27			230	550	1000	
28	Птичник	Бройлеры	7000	1,5	42	Лето
29			20000	1,5	42	
30			16000	1,5	40	

Практическое занятие № 19

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет мощности и выбор электродвигателей при продолжительном режиме работы с постоянной и переменной нагрузкой

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Научиться производить расчет и выбор электродвигателей при продолжительном режиме работы.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1090082>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Расчет требуемой мощности приводного двигателя является наиболее ответственным моментом проектирования электропривода.

Завышение требуемой мощности двигателя ведет к ухудшению его энергетических показателей (КПД и коэффициента мощности) и, как следствие, увеличению непроизводительных потерь энергии и удорожанию эксплуатации электропривода.

Если же допустить занижение требуемой мощности двигателя, то работа его будет сопровождаться чрезмерным перегревом, что приведет к преждевременному выходу его из строя, непредвиденной остановке рабочего механизма, дополнительным расходам на ремонт электропривода. Таким образом, только правильный расчет и последующий выбор двигателя по мощности и исполнению (по защите, монтажу и климатическому исполнению) обеспечит надежную работу электропривода с высокими экономическими показателями. Для обеспечения надежной работы электропривода необходимо также, чтобы перегрузочная способность и начальная величина пускового момента соответствовали предъявляемым требованиям.

В то же время необходимо иметь в виду, что выбрать двигатель точно по расчетной мощности практически невозможно. Дело в том, что номинальные значения мощностей двигателей, а так же напряжения питания электродвигателей стандартизованы.

Нагрузка продолжительная неизменная. Расчетная мощность определяется по заданным значениям статического момента сопротивления рабочего механизма M_c (приведенное значение), частоты вращения n и КПД механизма, включая передаточное устройство (редуктор) $\eta_{мех}$, кВт:

$$P_{расч} = \frac{0,105 \cdot 10^{-3} \cdot M_c \cdot n}{\eta_{мех}}.$$

Затем по каталогу на выбранную серию двигателей определяют типоразмер двигателя с большим ближайшим значением номинальной мощности $P_{ном}$ требуемой частоты вращения.

При тяжелых условиях пуска и возможных перегрузках выбранный двигатель следует проверить на достаточность начального пускового момента и перегрузочную способность. Проверка на нагрев двигателя не требуется, поскольку нагрузка двигателя не превышает номинального значения, а условия эксплуатации соответствуют техническим условиям выбранной серии двигателей.

Нагрузка продолжительная переменная. Расчет номинальной мощности двигателя производят либо методом средних потерь, либо методом эквивалентных величин (мощности, момента или тока).

2. Изучить методику расчета и выбора электродвигателя при продолжительной переменной нагрузке по примеру:

Задача: По нагрузочной диаграмме (рисунок 19.1) со следующими данными:

$$M_1 = 40 Н \cdot м; M_2 = 30 Н \cdot м; M_3 = 20 Н \cdot м, t_1 = 10 мин; t_2 = 60 мин; t_3 = 60 мин; \varpi_m = 145 с^{-1}$$

выбрать электродвигатель серии АИР. Напряжение сети 380/220 В.

Решение:

1. Определяем режим работы электропривода.

Для этого найдем максимальную мощность рабочей машины:

$P_m = M_1 \times \varpi_m = 40 \times 145 = 5800 Вт$ Для двигателей такой мощности постоянная времени нагрева составит $T = 25 мин$ (таблица 19.1) Из графика нагрузочной диаграммы (рисунок 19.1) видно что время работы $t_p = t_1 + t_2 + t_3 = 10 + 60 + 60 = 130 мин \geq 4 \times T = 4 \times 25 = 100 мин$

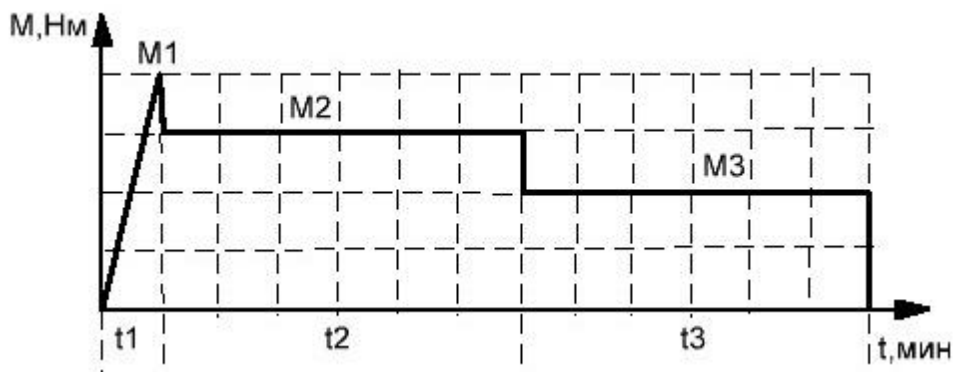


Рисунок 19.1 – Нагрузочная диаграмма

Время паузы $t_n \leq 4 \times T$. За время работы $t_p = 130 \text{ мин}$ двигатель успеет нагреться до установившейся температуры, а в период отключения успеет охладиться до температуры окружающей среды. Такой режим работы электропривода называется продолжительный и обозначается S1.

Таблица 19.1 – Ориентировочные значения постоянной времени нагрева для электродвигателей серии АИР

Номинальная мощность электродвигателя, кВт	Значение постоянной времени нагрева T, мин
До 4	15...20
5,5...11	25...30
15...37	35...40
45...90	50...60

2. Определяем эквивалентные мощности машины и двигателя:

$$M_{\text{эм}} = \sqrt{\frac{M_1^2 \times t_1 / 3 + M_2^2 \times t_2 + M_3^2 \times t_3}{t_1 + t_2 + t_3}} = \sqrt{\frac{40^2 \times 10 / 3 + 30^2 \times 60 + 20^2 \times 60}{10 + 60 + 60}} = 25,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Эквивалентная мощность машины за рабочий период

$$P_{\text{эм}} = M_{\text{эм}} \times \varpi_{\text{м}} = 25,3 \times 145 = 3671 \text{ Вт}$$

Эквивалентная мощность на валу двигателя

$$P_{\text{э}} = \frac{P_{\text{эм}}}{\eta_{\text{м}}} = \frac{3671}{0,97} = 3785 \text{ Вт}$$

3. Выбираем предварительно электродвигатель.

Номинальная мощность двигателя должна быть равна или несколько больше эквивалентной мощности: $P_{\text{ном}} \geq P_{\text{э}} = 3785 \text{ Вт}$.

По каталогу выбираем двигатель АИР100L4У3 с паспортными данными: номинальная мощность 4,0 кВт, номинальная частота 1410 мин^{-1} (148 с^{-1}), кратность минимального момента 1,6, кратность максимального момента 2,2.

4. Проверяем пусковые и перегрузочные свойства двигателя. Допустим, что двигатель запускается при наибольшей нагрузке $M_1 = 40 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Определяем значение момента сопротивления машины, приведенного к валу двигателя при нагрузке M_1 :

$$M_{\text{см}} = \frac{M_1 \times \varpi_{\text{м}}}{\varpi_{\text{н}}} = \frac{40 \times 145}{148} = 39,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Развиваемый двигателем момент при пуске двигателя с учетом снижения напряжения в сети:

$$M_{\text{н(пуск)}} = \frac{1,25 \times M_{\text{см}}}{K_{\text{мин}} \times u^2} = \frac{1,25 \times 39,2}{1,6 \times 0,925^2} = 35,8 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $K_{\text{мин}}$ – кратность минимального момента двигателя по каталогу;

$u=0,925$ – напряжение в сети во время пуска двигателя, выраженное в относительных единицах.

Номинальный момент двигателя:

$$M_n = \frac{P_{ном}}{\omega_n} = \frac{4000}{148} = 27,0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Как видно, $M_n \leq M_{n(пуск)}$. Выбранный двигатель не обеспечит пуск рабочей машины при полной нагрузке, выбираем двигатель большей мощности и повторяем расчет:

выбираем двигатель АИР112М4У3 с паспортными данными: номинальная мощность 5,5 кВт, номинальная частота 1430 мин⁻¹ (150 с⁻¹), кратность минимального момента 1,6, кратность максимального момента 2,2.

Проверяем пусковые и перегрузочные свойства двигателя. Допустим, что двигатель запускается при наибольшей нагрузке $M_1 = 40 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Определяем значение момента сопротивления машины, приведенного к валу двигателя при нагрузке M_1 :

$$M_{см} = \frac{M_1 \times \varpi_m}{\varpi_n} = \frac{40 \times 145}{150} = 38,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Развиваемый двигателем момент при пуске двигателя с учетом снижения напряжения в сети:

$$M_{n(пуск)} = \frac{1,25 \times M_{см}}{K_{мин} \times u^2} = \frac{1,25 \times 38,6}{1,6 \times 0,925^2} = 35,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Номинальный момент двигателя:

$$M_n = \frac{P_{ном}}{\omega_n} = \frac{5500}{150} = 36,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Как видно, $M_n \geq M_{n(пуск)}$. Выбранный двигатель обеспечит пуск рабочей машины при полной нагрузке.

Проверим, не перегрузится ли двигатель, преодолевая пик нагрузки:

$$M_{n(пер)} = \frac{M_{макс}}{0,75 \times K_{макс}} = \frac{40}{0,75 \times 2,2} = 24,2 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $M_{макс}$ – наибольший момент, взятый по нагрузочной диаграмме;

$K_{макс}$ – кратность максимального момента по каталогу.

Как видно, $M_n \geq M_{n(пер)}$, т.е. двигатель преодолест эту нагрузку.

3. Выполнить расчет согласно варианту (таблица 19.2).

4. Ответить на контрольные вопросы.

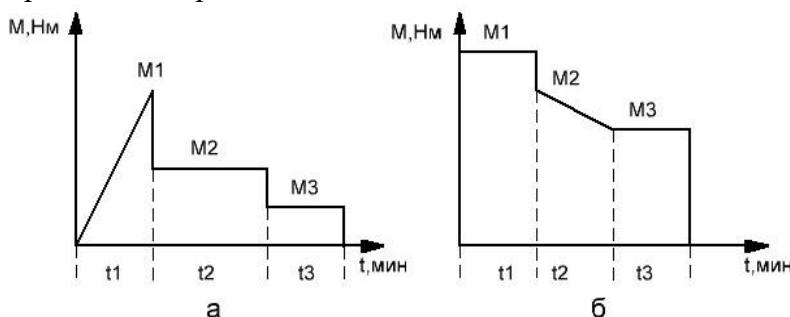


Рисунок 19.2 – Вид нагрузочных диаграмм к исходным данным

Контрольные вопросы:

1. Какие режимы работы двигателей считаются основными?
2. Объясните вид нагрузочных диаграмм основных режимов.
3. В какой последовательности следует рассматривать двигатели при решении вопроса их применения в электроприводе?
4. Как производится выбор мощности электродвигателя для привода рабочей машины?

Таблица 19.2 – Исходные данные к практическому занятию 19

Вариант	Рисунок	Данные нагрузочной диаграммы						Частота вращения вала машины, c^{-1}
		M1, Нм	M2, Нм	M3, Нм	t1, мин	t2, мин	t3, мин	
1	19.2,а	100	80	40	10	60	120	50
2		60	50	20	5	90	60	60
3		200	120	60	10	120	30	70
4		50	40	30	20	60	60	40
5		300	200	100	10	90	90	60
6		70	50	30	15	90	60	100
7		60	50	30	5	40	90	55
8		200	160	100	10	50	120	95
9		40	30	20	10	50	60	140
10		25	20	10	20	30	60	145
11		200	120	60	10	120	30	50
12		60	50	30	5	40	90	90
13		200	160	100	10	50	120	40
14		100	80	40	10	60	120	60
15		70	50	30	15	90	60	50
16	19.2,б	40	30	10	10	240	180	30
17		30	20	10	30	360	120	20
18		50	40	20	20	300	120	40
19		60	40	30	15	240	240	25
20		20	15	10	10	280	60	35
21		80	60	40	30	420	120	40
22		70	50	30	40	140	360	30
23		100	60	50	15	420	100	25
24		90	50	30	25	420	60	20
25		70	60	40	20	360	180	30
26		50	40	20	20	300	120	70
27		60	40	30	15	240	240	35
28		90	50	30	25	420	60	35
29		70	50	30	40	140	360	20
30		20	15	10	10	280	60	50

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить нагрузочную диаграмму в соответствии с вариантом.
3. Произвести расчет мощности, выбор электродвигателя и его проверку пусковых и перегрузочных свойств.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 20

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Пуск асинхронного двигателя

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться со схемами и способами пуска в ход трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электрических машин и аппаратов.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: асинхронный трехфазный двигатель, понижающий трансформатор 380 /220, двухпозиционный переключатель, амперметр.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Собранные схемы показать преподавателю. О пуске двигателя предупредить рядом работающих. При переводе переключателя из одного положения в другое следить за попаданием ножей в губки.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Васильев, Б. Ю. Электропривод. Энергетика электропривода: учебник / Б. Ю. Васильев. - Москва: СОЛОН-Пресс, 2020. - 268 с. - Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1858812>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Самый простой и распространенный способ пуска в ход трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором – прямой пуск, при котором обмотку статора непосредственно включают на полное напряжение сети. Этот способ имеет существенный недостаток: в момент подключения двигателя к сети в обмотке статора возникает большой пусковой ток, в 5 – 7 раз превышающий номинальный. При небольшой инерционности исполнительного механизма частота вращения быстро достигает установившегося значения и пусковой ток также быстро спадает, не вызывая перегрева обмоток статора. Но такой значительный бросок тока в питающей сети может вызвать в ней заметные падения напряжения.

Однако, этот способ благодаря своей простоте получил наибольшее применение для двигателей мощностью до 38 – 50кВт (при достаточном сечении жил токоподводящего кабеля).

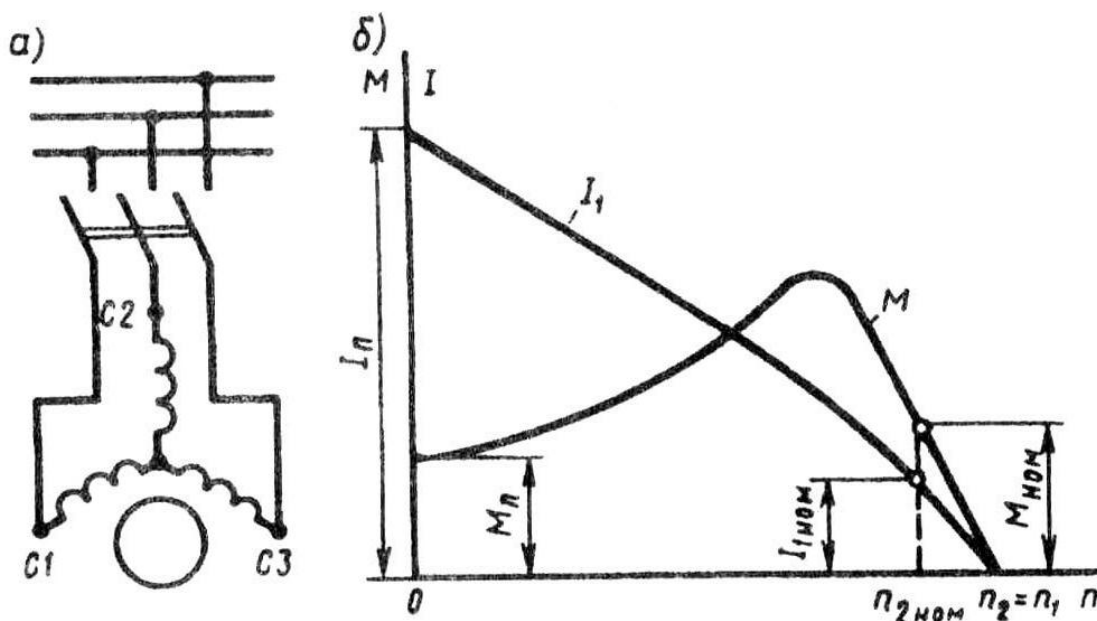


Рисунок 20.1 – Прямой пуск в ход асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором: а – схема пуска; б – графики изменения тока и момента

Согласно ПТЭ допускается прямой пуск электродвигателя, если его мощность не превышает 20% мощности трансформатора (при силовой нагрузке), 8% мощности трансформатора (для смешанной нагрузке).

При расчетах определяют снижение напряжения, если напряжение на самом двигателе снижается на 30%, а на рядом работающих на 20%, то такой двигатель можно запускать непосредственным включением в сеть.

Пусковой ток двигателя пропорционален подведенному напряжению сети, уменьшение которого вызывает соответствующее снижение пускового тока. Существует несколько способов понижения подводимого к двигателю напряжения.

Переключением обмотки статора со «звезды» на «треугольник»

Такой способ используется для двигателей, работающих при соединении обмоток статора в треугольник.

В момент подключения двигателя к сети переключатель ставят в положение «звезда», при котором обмотки статора оказываются соединенными в звезду. При этом фазное напряжение на статоре снижается в $\sqrt{3}$ раз. Во столько же раз уменьшается и ток в фазных обмотках двигателя. Кроме того, при соединении обмоток звездой линейный ток равен фазному, в то время, как при соединении этих же обмоток треугольником линейный ток больше фазного в $\sqrt{3}$ раз. Следовательно, переключив обмотки статора звездой добиваются уменьшения линейного тока в $(\sqrt{3})^2 = 3$ раза. После того, как ротор двигателя разгонится до частоты вращения, близкой к установившейся, переключатель быстро переводят в положение «треугольник» и фазные обмотки двигателя оказываются под номинальным напряжением сети. Возникший при этом бросок тока до значения пускового тока при соединении в треугольник является незначительным.

Рассмотренный способ пуска имеет существенный недостаток – уменьшение фазного напряжения в $\sqrt{3}$ раз сопровождается снижением пускового момента в 3 раза. Такое значительное снижение пускового момента не позволяет применять этот способ пуска для двигателей, включаемых в сеть при значительной нагрузке на валу.

Реакторный пуск

Более универсальным является способ пуска понижением напряжения посредством реакторов (реактивных катушек - дросселей). Порядок включения двигателя в этом случае следующий: при разомкнутом рубильнике 2 включают рубильник 1 (рисунок 20.2,а). При этом ток из сети поступает в обмотку статора через реакторы, на которых происходит падение напряжения $I_{\text{пуск}}x_p$. В результате на обмотку статора подается пониженное напряжение $U_1' = U_{1н} - I_{\text{пуск}}x_p$.

После разгона ротора двигателя включают рубильник 2 и подводимое к обмотке статора напряжение оказывается равным номинальному.

Недостаток этого способа состоит в том, что уменьшение напряжения в $U_1' / U_{1н}$ раз сопровождается снижением пускового момента в $\left(U_1' / U_{1н} \right)^2$ раз.

Автотрансформаторный пуск

При пуске двигателя через понижающий автотрансформатор вначале замыкают рубильник 1, соединяющий обмотки автотрансформатора звездой, а затем включают рубильник 2 и двигатель оказывается подключенным на пониженное напряжение U_1' (рисунок 20.2,б). При этом пусковой ток двигателя, измеренный на выходе автотрансформатора, уменьшается в K_a (коэффициент трансформации автотрансформатора) раз. Что же касается тока в питающей двигатель сети то он снижается в K_a^2 раз по сравнению с пусковым током при непосредственном включении двигателя в сеть. Дело в том, что в понижающем автотрансформаторе первичный ток меньше вторичного в K_a раз, поэтому снижение пускового тока при автотрансформаторном пуске составляет K_a^2 раз. Например, если кратность пускового тока двигателя 6, а напряжение сети 380В, то при автотрансформаторном пуске со снижением напряжения до 220В, кратность пускового тока

$$\text{в сети } \frac{I_{\text{пуск}}'}{I_{\text{ном}}} = \frac{6}{(380/220)^2} = 2.$$

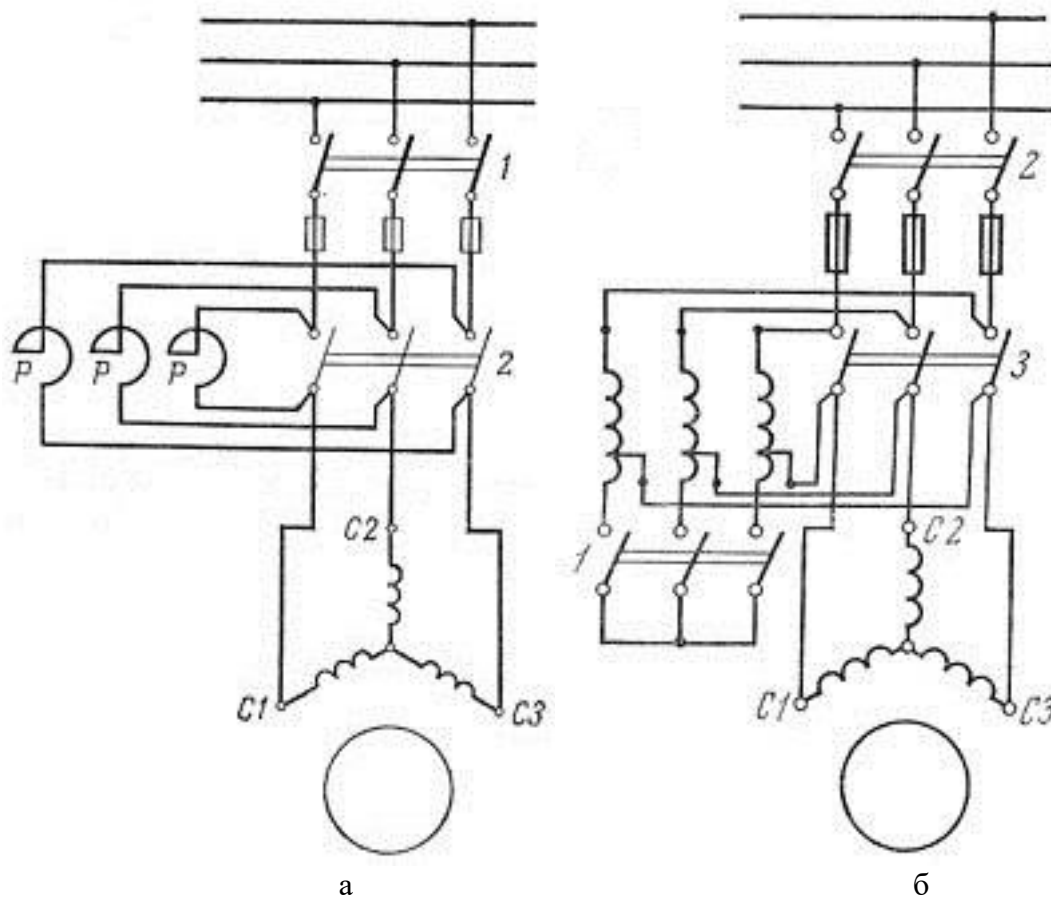


Рисунок 20.2 – Пуск в ход двигателя с короткозамкнутым ротором: а – реакторный;
б – автотрансформаторный

После первоначального разгона ротора двигателя рубильник 1 размыкают, и автотрансформатор превращается в реактор. При этом напряжение на выводах обмотки статора несколько повышается, но все же остается меньше номинального. Включением рубильника 3 на двигатель подается полное напряжение сети. Таким образом, автотрансформаторный пуск проходит три ступени: на первой ступени к двигателю подводится 50 – 60% номинального напряжения, на второй - 70 – 80% и, наконец, на третьей – номинальное напряжение.

Автотрансформаторный пуск сопровождается снижением пускового момента, так как момент пропорционален квадрату приложенного напряжения. С точки зрения пускового тока автотрансформаторный пуск лучше реакторного, так как при реакторном пусковой ток

снижается в $\frac{U_1'}{U_{1н}}$ раз, а при автотрансформаторном пуске – в $\left(\frac{U_1'}{U_{1н}}\right)^2$ раз. Но некоторая

сложность пусковой операции и повышенная стоимость пусковой аппаратуры (понижающий автотрансформатор и переключающая аппаратура) несколько ограничивают применение этого способа пуска асинхронных двигателей.

2. Записать паспортные данные двигателя и определить, можно ли включать двигатель в сеть напряжением 380/220 В без понижающего трансформатора при:

- 1) прямом пуске в ход;
- 2) переключением обмоток статора со «звезды» на «треугольник».

3. Собрать схему 1 (рисунок 20.3) и запустить двигатель в ход, измерив величину пускового тока.

4. Собрать схему 2 (рисунок 20.4) и запустить двигатель переключением со «звезды» на «треугольник». («звезда» - пуск, «треугольник» - работа)

5. Сделать вывод об изменении величины пускового тока при пуске двигателя по схемам 1 и 2.

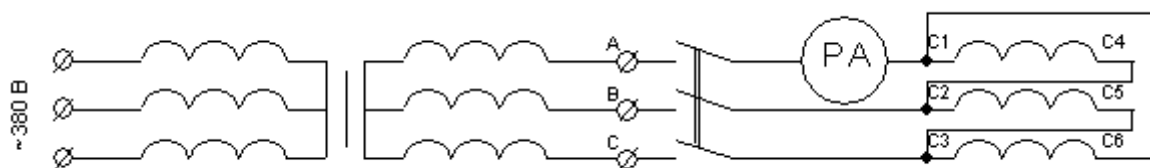


Рисунок 20.3 – Прямой пуск в ход при соединении обмоток в треугольник

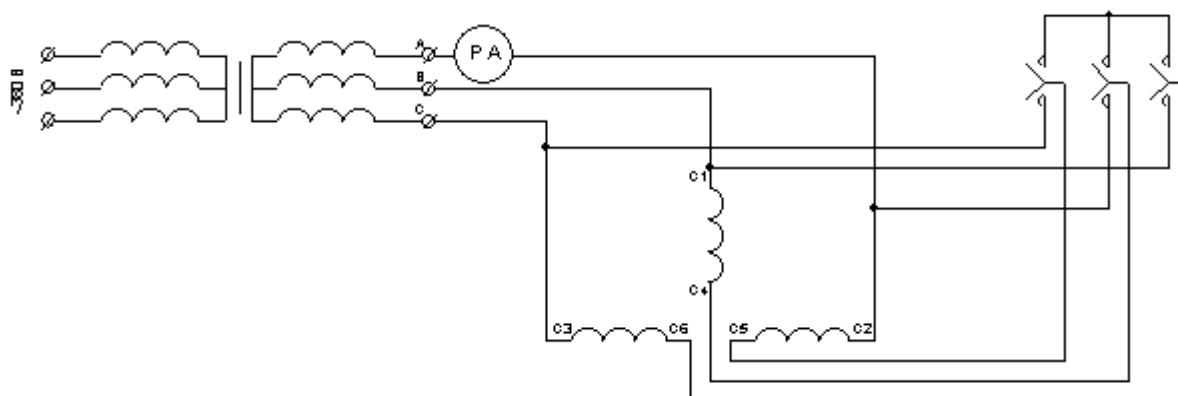


Рисунок 20.4 – Пуск в ход переключением обмотки статора со звезды на треугольник

Контрольные вопросы:

1. Назовите достоинства и недостатки метода пуска асинхронных двигателей непосредственным включением в сеть.
2. На чем основаны методы уменьшения пускового тока асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором? Перечислите эти методы.
3. Какой общий недостаток методов пуска асинхронных двигателей при пониженном напряжении?
4. Как зависит пусковой момент асинхронного двигателя от напряжения, подводимого к обмотке статора?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Записать паспортные данные двигателя.
3. Начертить схемы пуска двигателя.
4. Сделать вывод о проделанной работе.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 21

ТЕМА: Электропривод рабочих машин и агрегатов сельскохозяйственного производства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Монтаж и наладка пускозащитной аппаратуры дистанционного управления с реверсированием трехфазного АД

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику монтажа и наладки пускозащитной аппаратуры дистанционного управления с реверсированием трехфазного асинхронного двигателя.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Пускозащитная аппаратура, трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, соединительные провода, указатель напряжения, набор инструментов.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории. При работе пользоваться исправным инструментом

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Васильев, Б. Ю. Электропривод. Энергетика электропривода: учебник / Б. Ю. Васильев. - Москва: СОЛОН-Пресс, 2020. - 268 с. - Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1858812>

Ход работы:

1. Ознакомиться со схемами управления трехфазными асинхронными двигателями:

Изменение направления вращения (реверс) ротор двигателя меняет при изменении порядка чередования фаз на его статоре. При включении пускателя КМ1 на двигатель приходят фазы - А, В, С, а при включении пускателя КМ2 - порядок фаз меняется на С, В, А.

Схема показана на рисунке 21.1.

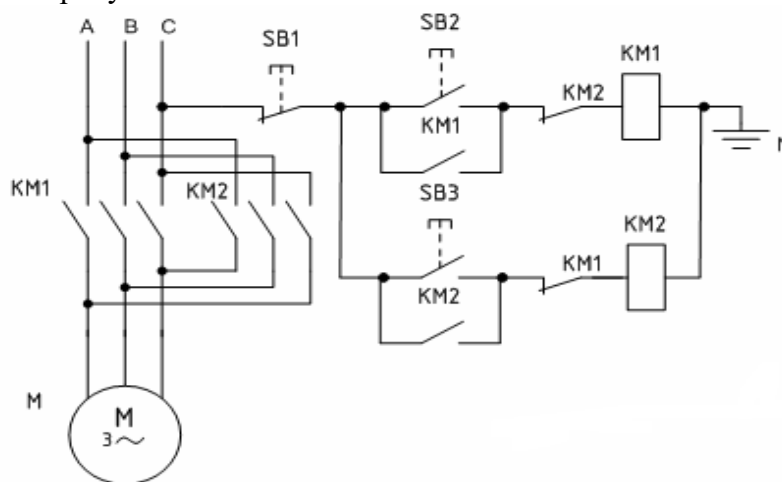


Рисунок 21.1 – Реверсивная схема управления асинхронного двигателя

Включение двигателя на вращение в одну сторону осуществляется кнопкой SB2 и электромагнитным пускателем КМ1. При необходимости смены направления вращения необходимо нажать на кнопку SB1 "Стоп", двигатель остановится и после этого при нажатии на кнопку SB3 двигатель начинает вращаться в другую сторону. В этой схеме для смены направления вращения ротора необходимо промежуточное нажатие на кнопку "Стоп".

Кроме этого, в схеме обязательно использование в цепях каждого из пускателей нормально-закрытых (размыкающих) контактов для обеспечения защиты от одновременного нажатия двух кнопок "Пуск" SB2 - SB3, что приведет к короткому замыканию в цепях питания двигателя. Дополнительные контакты в цепях пускателей не дают пускателям включиться одновременно, т.к. какой-либо из пускателей при нажатии на обе кнопки "Пуск" включится на секунду раньше и разомкнет свой контакт в цепи другого пускателя.

Необходимость в создании такой блокировки требует использования пускателей с большим количеством контактов или пускателей с контактными приставками, что удорожает и усложняет электрическую схему.

Отличие схемы (рисунок 21.2) от предыдущей в том, что в цепи каждого пускателя кроме общей кнопки SB1 "Стоп" включены по 2 контакта кнопок SB2 и SB3, причем в цепи КМ1 кнопка SB2 имеет нормально-открытый контакт (замыкающий), а SB3 - нормально-закрытый (размыкающий) контакт, в цепи КМ2 - кнопка SB2 имеет нормально-закрытый контакт (размыкающий), а SB3 - нормально-открытый. При нажатии каждой из кнопок цепь одного из пускателей замыкается, а цепь другого одновременно при этом размыкается.

Такое использование кнопок позволяет отказаться от использования дополнительных контактов для защиты от одновременного включения двух пускателей (такой режим при этой схеме невозможен) и дает возможность выполнять реверс без промежуточного нажатия на кнопку "Стоп", что очень удобно. Кнопка "Стоп" нужна для окончательной остановки двигателя.

Приведенные схемы являются упрощенными. В них отсутствуют аппараты защиты (автоматические выключатели, тепловые реле), элементы сигнализации. Такие схемы также часто дополняются различными контактами реле, выключателей, переключателей и датчиков. Также возможно питание катушки электромагнитного пускателя напряжением 380 В. В этом случае он подключается от двух любых фаз, например, от А и В. Возможно использование понижающего трансформатора для понижения напряжения в схеме управления. В этом случае используются электромагнитные пускатели с катушками на напряжение 110, 48, 36 или 24 В.

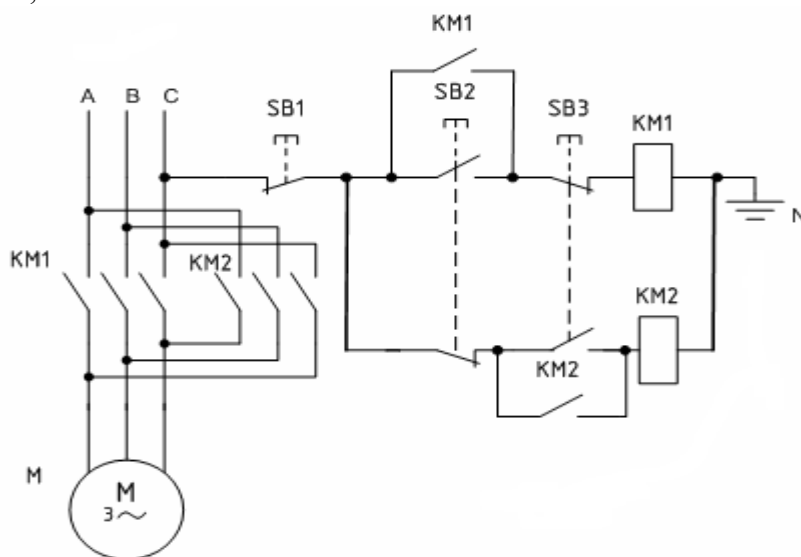


Рисунок 21.2 - Реверсивная схема управления асинхронного двигателя (второй вариант)

2. Начертить схемы.
3. Собрать схему на стенде.
4. После проверки преподавателем произвести включение двигателя под напряжение.
5. Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Что необходимо сделать, чтобы выполнить реверсирование двигателя?
2. Для чего выполняется блокировка, какие типы блокировки вы знаете?
3. Чего, по - вашему мнению, не хватает на изучаемых схемах?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схему управления реверсом асинхронного двигателя
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 22

ТЕМА: Аппаратура управления электроприводом

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Коммутационная аппаратура ручного управления и автоматического управления

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с назначением и принципом действия коммутационной аппаратуры ручного и автоматического управления.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1090082>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Коммутационную аппаратуру по назначению можно разделить на три группы:

1. Аппаратура для ручного включения, выключения и переключения электрических цепей (выключатели, переключатели, кнопки). Эта аппаратура приводится в действие непосредственно оператором и размещается на распределительных щитах, панелях и пультах.

2. Концевые выключатели и переключатели. Эти устройства устанавливаются на элементах конструкции машин и механизмов таким образом, чтобы в определенном положении механизма соответствующая его часть (деталь) воздействовала на выключатель.

Концевые выключатели обычно применяются для замыкания или размыкания цепей сигнализации, для остановки электромеханизмов в крайних положениях, для соблюдения определенной последовательности работы отдельных элементов сложной системы и т.д.

3. Устройства для дистанционного и автоматического включения, выключения и переключения электрических цепей. К ним относятся реле и контакторы разных типов (электромагнитные, гидравлические, пневматические, центробежные и др.), которые приводятся в действие или при помощи коммутационной аппаратуры первой и второй группы, или вследствие изменения в определенных пределах того или иного физического параметра (напряжения, тока, давления, скорости вращения и т. д.).

Кнопки. Кнопками называются коммутационные аппараты нажимного действия, которые применяются для кратковременного замыкания или размыкания электрических цепей. Обычно при помощи кнопок производится управление цепями небольшой мощности (цепи сигнализации; цепи управления электромагнитными устройствами и т. п.) При нажатии на головку кнопки сжимается возвратная пружина и происходит замыкание или размыкание контактов. При отпускании кнопки возвратная пружина возвращает головку кнопки и её контакты в исходное положение. Контакты кнопки рассчитаны на ток до 20 А при кратковременном включении.

Выключатели и переключатели служат для замыкания или размыкания электрических цепей на длительное время. По своему конструктивному выполнению выключатели и переключатели бывают перекидные, нажимные; поворотные; кнопочные.

По числу коммутируемых цепей различают однополюсные, двухполюсные, трехполюсные выключатели и переключатели.

Выключатель (однополюсный) имеет один подвижный и один неподвижный контакт, которые могут находиться в замкнутом или разомкнутом положении. Соответственно замыкание электрической цепи происходит только в одном положении.

Переключатель имеет несколько неподвижных контактов, с каждым, из которых поочередно может замыкаться один подвижный контакт.

Концевые выключатели и переключатели

Концевые выключатели, как и кнопки, являются коммутационными аппаратами нажимного действия. Однако нажатие на шток выключателя осуществляется не вручную, а какой-либо частью или деталью электрифицированного агрегата или механизма. Несмотря на свое название «концевые», они часто используются для цепей блокировки (например, предотвращение открывания дверцы распределительного устройства под напряжением), для цепей автоматического управления (в программных устройствах с кулачковыми шайбами) и т. д.

Электромагнитные реле и контакторы представляют собой коммутационные аппараты, подвижные контакты которых перемещаются и удерживаются в рабочем положении при помощи электромагнита. Реле отличаются от контакторов по величине тока в коммутируемой цепи. Реле обычно имеют маломощные контакты, способные переключать цепи с токами от долей ампера до десятков ампер, а контакторы служат для переключения цепей с токами в десятки и сотни ампер.

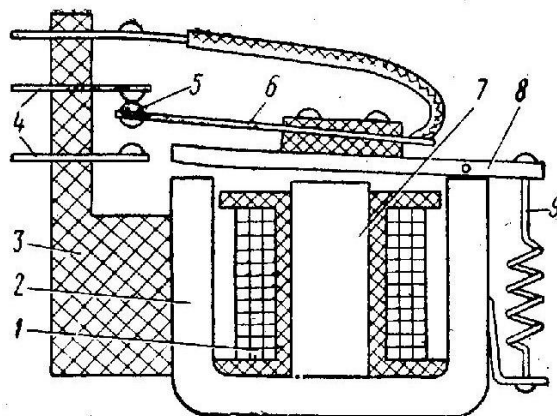


Рисунок 22.1 – Общий принцип построения электромагнитного реле

1 – обмотка реле; 2 – ярмо; 3 – панель; 4 – выводные шины неподвижных контактов; 5 – подвижный контакт; 6 – контактная пластина; 7 – сердечник электромагнита; 8 – якорь; 9 – возвратная пружина.

На рисунке 22.1 показана конструктивная схема реле. Подвижный контакт 5 реле укреплен на якоре 8 электромагнита, который может поворачиваться на оси. Если обмотка 1 реле обесточена, то возвратная пружина 9 удерживает якорь в крайнем верхнем положении и подвижный контакт замкнут с верхним неподвижным контактом. При подаче напряжения на обмотку электромагнита реле срабатывает, то есть его якорь, преодолевая усилие возвратной пружины, притягивается к сердечнику, и подвижный контакт размыкается с верхним и замыкается с нижним неподвижным контактом (происходит переключение контактов). После отключения обмотки реле якорь вместе с подвижным контактом под действием возвратной пружины возвращается в исходное положение.

При срабатывании реле разомкнутые контакты замыкаются, а замкнутые — размыкаются.

Магнитные пускатели переменного тока предназначены в основном для дистанционного управления асинхронными электродвигателями. Осуществляют также нулевую защиту, т. е. при исчезновении напряжения или его снижении на 40-60% от номинального магнитная система отпадает и силовые контакты размыкаются. В комплекте с тепловым реле пускатели выполняют также защиту электродвигателей от перегрузок и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Наиболее распространенные серии пускателей с контактной системой и электромагнитным приводом: ПМЕ, ПМА, ПА, ПВН, ПМЛ, ПВ, ПАЕ, ПМ12.

Пускатели выпускаются в открытом, защищенном и пылебрызгонепроницаемом исполнении, с тепловыми реле и без них, бывают реверсивными и нереверсивными.

Пускатели могут комплектоваться ограничителями перенапряжений типа ОПН. Пускатели, комплектуемые ограничителями перенапряжения, пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники.

Магнитные пускатели ПМЛ состоят из неподвижной части, закрепленной в основании, и подвижной части с контактами для коммутации силовой цепи. Управление работой пускателя осуществляется с помощью электромагнитной катушки управления, расположенной на среднем стержне неподвижной части Ш-образной части магнитопровода.

Под воздействием электромагнитного поля втягивающей катушки, возникающего при протекании через нее тока, происходит смыкание двух частей магнитопровода с

преодолением сопротивления возвратной пружины, а также пружин подвижных контактов. При этом контакты смыкаются и происходит коммутация устройства.

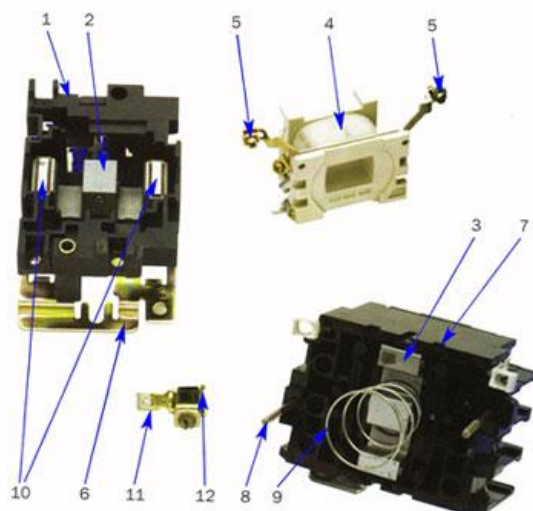


Рисунок 22.2 – Конструкция и принцип действия пускателя:

1 - основание из термостойкой пластмассы; 2 - неподвижная часть магнитопровода;
3 - подвижная часть магнитопровода; 4 - электромагнитная катушка управления;
5 - контактные зажимы; 6 — металлическая платформа (для пускателей номиналом свыше 25 А); 7 — траверса с подвижными контактами; 8 — крепежный винт; 9 — возвратная пружина; 10 — алюминиевые кольца; 11 — неподвижный контакт; 12 — зажим с насечкой для фиксации проводников

Принцип действия пускателя заключается в следующем: при включении пускателя по катушке проходит электрический ток, сердечник намагничивается и притягивает якорь, при этом главные контакты замыкаются, по главной цепи протекает ток. При отключении пускателя катушка обесточивается, под действием возвратной пружины якорь возвращается в исходное положение, главные контакты размыкаются.

При отключении магнитного пускателя вследствие перебоев в электроснабжении размыкаются все его контакты, в том числе и вспомогательные. При появлении напряжения в сети пускатель не включается до тех пор, пока не будет нажата кнопка "Пуск". То же происходит, если напряжение в сети снижается до 50-60% номинального.

Плавкие предохранители применяют для защиты электрических цепей и элементов электроустановок от токов короткого замыкания или токов перегрузок. Плавким предохранителем называют электрический аппарат, предназначенный для размыкания электрической цепи путем расплавления металлической вставки.

Наиболее распространенные материалы для плавких вставок — цинк и (реже) серебро.

В большинстве случаев предохранители применяют для защиты от токов короткого замыкания неответственных цепей. К таким цепям относятся сети освещения, нагревательные и осветительные приборы.

Предохранители крайне нежелательно применять для защиты от токов короткого замыкания трехфазных асинхронных двигателей. Это объясняется тем, что при коротком замыкании в обмотке статора может сгореть только один предохранитель, а двигатель продолжит работу на двух фазах. При этом скорость двигателя уменьшится, а ток обмотки статора увеличится, двигатель может сгореть.

Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для защиты электрических установок от недопустимых перегрузок и токов короткого замыкания, а также для нечастой коммутации при нормальных условиях работы.

По принципу действия автоматический воздушный выключатель (автомат) представляет собой первичное реле прямого действия. За счет усилия F_n , создаваемого

пружиной 2 (рисунок 22.3), автомат удерживается во включенном состоянии защелкой 1. Ток защищаемого участка, протекая по обмотке электромагнита 4, создает усилие F_3 , которое стремится притянуть якорь 3 к электромагниту. Если токов обмотке электромагнита достигает значения, при котором усилие F_3 становится больше силы F_n , то якорь 3, притянувшись к электромагниту, повернет защелку и освободит рычаг 5. Под действием пружины 6 произойдет размыкание контактов.

Устройство, воздействующее на защелку автомата, называется расцепителем. В зависимости от исполнения автомат может быть укомплектован одним или несколькими типами расцепителей: электромагнитными, тепловыми, дистанционными, нулевыми или комбинированными (тепловой с электромагнитным).

Контактная система автоматов снабжена дугогасительными камерами и рассчитана на отключение достаточно больших токов. Поэтому автоматы используются не только для коммутации электрической цепи в нормальных режимах, но и для защиты электроустановок при перегрузках и коротких замыканиях.

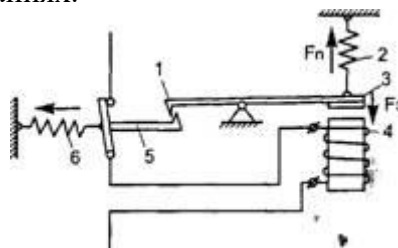


Рисунок 22.3 – Принципиальная схема работы автомата: 1 — защелка; 2 — пружина; 3 — якорь; 4 — обмотка электромагнита; 5 — рычаг; 6 — отключающая пружина

Применение автоматических выключателей вместо плавких предохранителей дает следующие преимущества. Во-первых, устраняется возможность работы электродвигателя в неполнофазном режиме, так как при перегрузках и коротких замыканиях отключаются сразу три фазы. Во-вторых, значительно снижаются простои электрооборудования, так как на включение сработавшего автомата требуется меньше времени, чем на замену перегоревшего предохранителя. И, наконец, в третьих, время-токовые характеристики защиты от перегрузок автоматов более соответствуют защищаемому электрооборудованию, чем время-токовые характеристики предохранителей.

Автоматический выключатель АВ25

Однополюсные установочные автоматические выключатели марки АВ25 предназначены для автоматического отключения электрических цепей или отдельных приемников при перегрузках и коротких замыканиях.

Устройство представлено на рисунке 22.4. В пластмассовом корпусе 1 неподвижно закреплена металлическая скоба 2 с контактом и винтовым зажимом для подключения провода. Подвижный контакт 4 смонтирован на латунном рычаге 5, который в центре отжимается пружиной 6, а концом упирается в биметаллическую пластинку 7. Эта пластинка приварена к выводу 9 с закрепленным на ней винтовым зажимом для подключения второго провода. Для создания надежного контакта биметаллическая пластинка и рычаг соединены гибким медным проводником 8.

При включении автомата рукоятку 10 устанавливают в верхнее положение и ее выступ освобождает рычаг, который под действием пружины поворачивается и замыкает контакты.

Отключение. Когда происходит короткое замыкание или перегрузка, автомат отключается следующим образом. Ток нагревает биметаллическую пластинку и она, отгибаясь книзу, высвобождает конец рычага, который под действием пружины поворачивается и размыкает контакты. Возникающая при этом между контактами искра гасится в дугогасительной камере 3.

Повторное включение. При автоматическом отключении АВ25 рукоятка остается в положении "включено", поэтому для повторного включения автомата необходимо сначала опустить ее в положение "отключено", а затем снова перевести в верхнее положение.

В связи с такой конструкцией привода автомат снабжен указателем срабатывания 11 (пластмассовый стерженек с пружинкой). При включенном автомате, а также при выключении вручную указатель утоплен в корпусе. При автоматическом отключении концом рычага он выталкивается из гнезда и становится хорошо заметным.

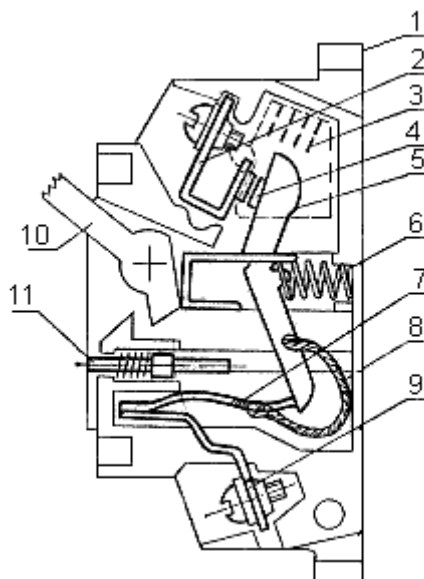


Рисунок 22.4 – Автоматический выключатель АВ - 25

Контрольные вопросы:

1. Расшифровать марку магнитного пускателя КМ1.
2. От каких аварийных режимов защищает магнитный пускатель?
3. Почему защита от перегрузок предохранителями неэффективна?
4. Какие устройства в автоматических выключателях срабатывают при аварийных режимах?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Перечислить основные коммутационные аппараты и их назначение.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 23

ТЕМА: Аппаратура управления электроприводом

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет пускозащитной аппаратуры

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику выбора аппаратуры управления и защиты электродвигателя.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. —

Режим доступа: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1090082>

Ход работы:

1. Внимательно изучить порядок выбора оборудования по примеру:

Задача: Выбрать пуско – защитную аппаратуру для электродвигателя АИР112М4У3 со следующими паспортными данными: номинальная мощность 5,5кВт, номинальный ток 11,4А, кратность пускового тока 7,0.

Решение:

Выбор пуско – защитной аппаратуры:

- для коммутации в цепи электродвигателя предлагается установить магнитный пускатель, который выбирается по следующим условиям:

А) по номинальному напряжению пускателя:

$$U_{н.пуск} = 380В = U_{н.дв} = 380В$$

Б) по номинальному току пускателя:

$$I_{н.пуск} = 25А \geq I_{н.дв} = 11,4А$$

Предлагается пускатель ПМЛ 222002

В) проверяем выбранный пускатель по условиям коммутации:

$$I_{н.пуск} = 25А \geq \frac{I_{пуск.дв}}{6} = \frac{K_i \times I_{н.дв}}{6} = \frac{7 \times 11,4}{6} = 13,3А.$$

Условие выполняется, пускатель выбран верно.

- магнитный пускатель комплектуется тепловым реле для защиты электродвигателя от перегрузок, которое выбирается по условию:

$$I_{н.т.р.} = 12А \approx I_{н.дв} = 11,4А,$$

Так, чтобы номинальный ток входил в интервал несрабатывания реле 9,5...14 А.

Предлагается реле типа РТЛ – 101604.

- для защиты электродвигателя от перегрузок и коротких замыканий выбираем автоматический выключатель с комбинированным расцепителем по следующим условиям:

А) по номинальному напряжению автомата:

$$U_{н.а} = 500В = U_{н.дв} = 380В$$

Б) по номинальному току автомата:

$$I_{н.а} = 25А \geq I_{н.дв} = 11,4А$$

В) по номинальному току теплового расцепителя:

$$I_{н.р} = 12,5А \geq I_{н.дв} = 11,4А$$

Предлагается автомат АЕ 2036Р с $I_{н.а} = 25А$ и $I_{н.р} = 12,5А$

Г) проверяем выбранный автомат на «ложные» срабатывания при пуске электродвигателя по условию:

$$I_{ср.кат} \geq I_{ср.расч}$$

$$I_{ср.кат} = 12 \times I_{н.р} = 12 \times 12,5 = 150 А$$

$$I_{ср.расч} = 1,25 \times I_{мах} = 1,25 \times K_i \times I_{н.дв} = 1,25 \times 7 \times 11,4 = 100 А$$

Условие $I_{ср.кат} = 150А \geq I_{ср.расч} = 100А$ выполняется, автомат выбран верно.

2. Выполнить расчет по варианту для электродвигателя, выбранного в практическом занятии 19.

3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Как производится выбор коммутационных аппаратов для управления электроприводом?
2. Как производится выбор защитной аппаратуры для нагревательных установок?
3. В чем особенность выбора защитных аппаратов для электропривода?
4. В чем заключается условие селективности при выборе защитной аппаратуры?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить расчетную схему цепи.
3. Произвести выбор необходимых пусковых и защитных аппаратов.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 24

ТЕМА: Аппаратура управления электроприводом

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Бесконтактное управление электроприводом

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Исследовать асинхронный электропривод с тиристорными преобразователями частоты.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1090082>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Мощный тиристорный преобразователь напряжения

Описываемое устройство предназначено для преобразования постоянного напряжения 12 В переменное от 200 до 500 В и может отдать в нагрузку мощность до 500 Вт. Схема преобразователя представлена на рисунке 20. Частота выходного переменного напряжения определяется частотой импульсов автогенератора, выполненного на транзисторах VT1 и VT2. Этими импульсами через трансформатор Т1 управляются тиристорные ключи VD1 и VD2, которые попеременно подключают к источнику постоянного напряжения то одну, то другую половины первичной обмотки трансформатора Т2. К выводам 4-5 трансформатора Т2 подключается нагрузка. Качество работы преобразователя напряжения во многом зависит от правильного подбора емкости конденсатора С4. Конденсатор подобран правильно, если при колебаниях питающего напряжения в пределах $\pm 10\%$ обеспечено четкое попеременное закрывание ключей.

Применение разделительных конденсаторов С2 и С3 повышает стабильность работы преобразователя. Резистор R3 предохраняет Источник питания от короткого замыкания в моменты переключения ключей. Частота выходного напряжения устройства при указанных данных равна 200 Гц. Если предусмотреть возможность изменения частоты автогенератора (например, вместо автогенератора собрать регулируемый по частоте мультивибратор с усилителем мощности), то на выходе преобразователя можно получить напряжение с частотой 50...400 Гц, что позволит использовать его для плавного регулирования скорости вращения синхронных электродвигателей мощностью до 500 Вт.

Изменяя соответствующим образом число витков вторичной обмотки трансформатора Т2, можно получить на выходе преобразователя напряжения различной величины. Трансформатор Т1 намотан на сердечнике Ш 16х10 и имеет обмотки: I — 2х40 витков ПЭВ-2-0,8, II — 2х10 витков ПЭВ-2-0,2 и III — 2х20 витков ПЭВ-2-0,2. Трансформатор Т2 намотан на сердечнике Ш50х60 и имеет обмотки: I — 2х40 витков ПЭВ-2-3,0 и II — 800 витков ПЭВ-2-0,92. При таких данных выходное напряжение преобразователя составляет 400 В.

Лавинные тиристоры ПТЛ-100 относятся к достаточно редким приборам, но в данной схеме допускается применение и более распространенных типов мощных тиристоров. Эти тиристоры также должны быть рассчитаны на коммутацию токов не менее 100 А.

В качестве замены можно предложить такие тиристоры на ток 100 А: Т151-100 или более старый TWO (оба этих тиристора не относятся к классу лавинных), а вот из лавинных тиристоров доступны только более мощные. Это ТЛ171-250, ТЛП1-320 или ТЛ2-160, ТЛ2-200, ТЛ2-250. Есть еще высокочастотные тиристоры, в том числе и на 100 А, например, ТБШ-100, ТЧ100, ТЧИ100, Все эти мощные тиристоры, невзирая на их название, могут работать на частотах до 500 Гц.

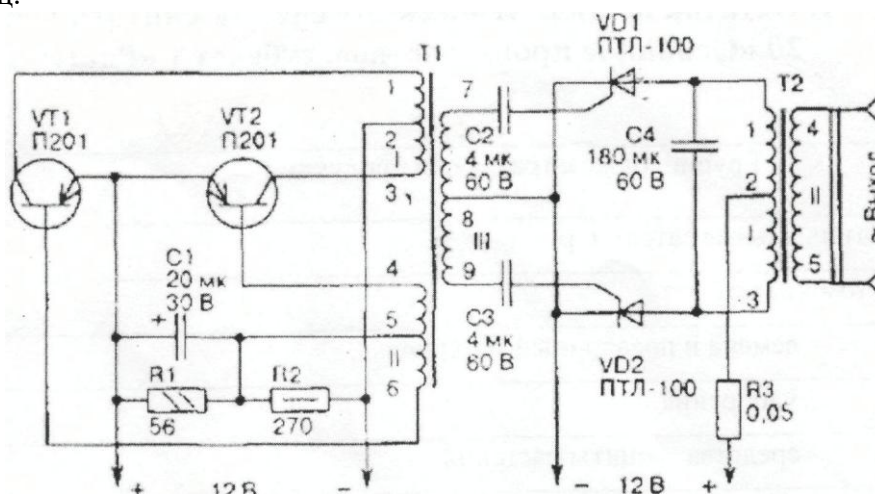


Рисунок 24.1 – Мощный тиристорный преобразователь

Преобразователи частоты

Преобразователь частоты - это устройство, предназначенное для преобразования переменного тока (напряжения) одной частоты в переменный ток (напряжение) другой частоты.

Выходная частота в современных преобразователях может изменяться в широком диапазоне и быть как выше, так и ниже частоты питающей сети.

Схема любого преобразователя частоты состоит из силовой и управляющей частей. Силовая часть преобразователей обычно выполнена на тиристорах или транзисторах, которые работают в режиме электронных ключей. Управляющая часть выполняется на цифровых микропроцессорах и обеспечивает управление силовыми электронными ключами, а также решение большого количества вспомогательных задач (контроль, диагностика, защита).

Преобразователи частоты, применяемые в регулируемом электроприводе, в зависимости от структуры и принципа работы силовой части разделяются на два класса:

1. Преобразователи частоты с явно выраженным промежуточным звеном постоянного тока.
2. Преобразователи частоты с непосредственной связью (без промежуточного звена постоянного тока).

Каждый из существующих классов преобразователей имеет свои достоинства и недостатки, которые определяют область рационального применения каждого из них.

Исторически первыми появились преобразователи с непосредственной связью (рисунок 24.2), в которых силовая часть представляет собой управляемый выпрямитель и выполнена на не запираемых тиристорах. Система управления поочередно отпирает группы тиристортов и подключает статорные обмотки двигателя к питающей сети.

Таким образом, выходное (напряжение преобразователя формируется из «вырезанных» участков синусоид входного напряжения. На рисунке 24.3, показан пример формирования выходного напряжения для одной из фаз нагрузки. На входе преобразователя действует трехфазное синусоидальное напряжение u_A , u_B , u_C . Выходное напряжение $u_{\text{вых}}$ имеет несинусоидальную «пилообразную» форму, которую условно можно аппроксимировать синусоидой (утолщенная линия). Из рисунка видно, что частота выходного напряжения не может быть равна или выше частоты питающей сети. Она находится в диапазоне от 0 до 30 Гц. Как следствие малый диапазон управления частоты вращения двигателя (не более 1:10). Это ограничение не позволяет применять такие преобразователи в современных частотно

регулируемых приводах с широким диапазоном регулирования технологических параметров. Использование не запираемых тиристоров требует относительно сложных систем управления, которые увеличивают стоимость преобразователя.

«Резаная» синусоида на выходе преобразователя является источником высших гармоник, которые вызывают дополнительные потери в электрическом двигателе, перегрев электрической машины, снижение момента, очень сильные помехи в питающей сети. Применение компенсирующих устройств приводит к повышению стоимости, массы, габаритов, понижению к.п.д. системы в целом.

Наряду с перечисленными недостатками преобразователей с непосредственной связью, они имеют определенные достоинства. К ним относятся:

- практически самый высокий КПД относительно других преобразователей (98,5% и выше),
- способность работать с большими напряжениями и токами, что делает возможным их использование в мощных высоковольтных приводах,
- относительная дешевизна, несмотря на увеличение абсолютной стоимости за счет схем управления и дополнительного оборудования.

Подобные схемы преобразователей используются в старых приводах и новые конструкции их практически не разрабатываются.

Наиболее широкое применение в современных частотно регулируемых приводах находят преобразователи с явно выраженным звеном постоянного тока (рисунок 23). В преобразователях этого класса используется двойное преобразование электрической энергии: входное синусоидальное напряжение с постоянной амплитудой и частотой выпрямляется в выпрямителе (В), фильтруется фильтром (Ф), сглаживается, а затем вновь преобразуется инвертором (И) в переменное напряжение изменяемой частоты и амплитуды. Двойное преобразование энергии приводит к снижению к.п.д. и к некоторому ухудшению массогабаритных показателей по отношению к преобразователям с непосредственной связью. Для формирования синусоидального переменного напряжения используются автономные инверторы напряжения и автономные инверторы тока.

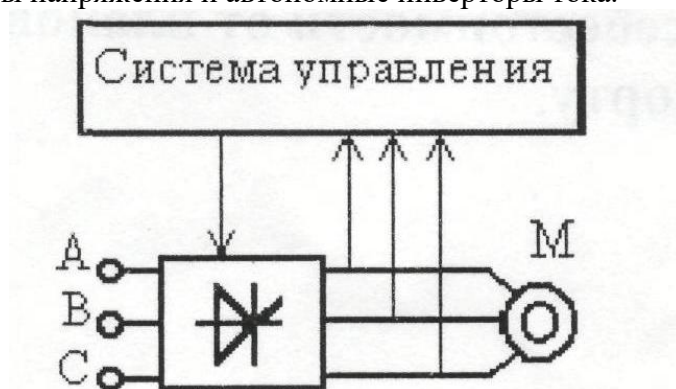


Рисунок 24.2 – Преобразователь частоты с непосредственной связью

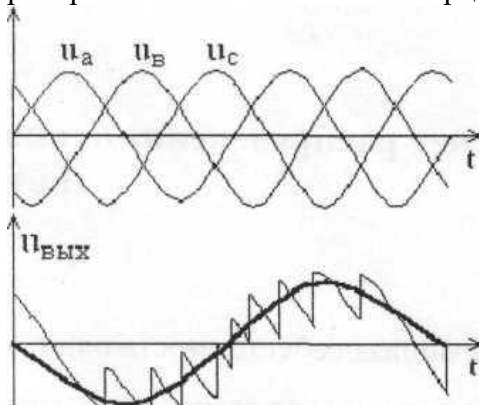


Рисунок 24.3 – Пример формирования выходного напряжения

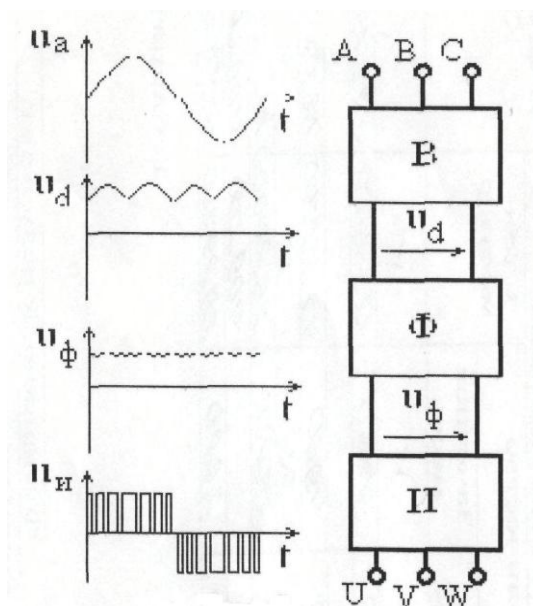


Рисунок 24.4 - Преобразователи с явно выраженным звеном постоянного тока

2. Начертить схемы пуска в отчёте.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Назначение ТПН и ТПЧ
2. Назначение конденсаторов в схеме ТПН
3. Классы ТПЧ, их достоинства и недостатки

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схемы преобразователей.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 25

ТЕМА: Электротехнологии и электрический нагрев

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение устройства и исследование работы проточных электрических водонагревателей.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство и принцип действия элементных и электродных водонагревателей.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Макаров, А. Н. Электротехнологические установки: учебное пособие / А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 288 с. - Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836532>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Промышленные элементные непроточные и проточные водонагреватели, оснащённые трубчатыми электронагревателями (ТЭНами), применяют при невысоких расходах горячей воды. Они имеют небольшую мощность, просты по устройству, достаточно электробезопасны, поэтому могут обслуживаться неквалифицированным персоналом.

Аккумуляционные водонагреватели используют в открытых системах водоразбора при неравномерном графике потребления горячей воды. Проточные элементные водонагреватели применяют в системах поения животных, приготовления кормов, для обогрева небольших помещений и др.

Электронагрев воды осуществляется элементными и электродными водонагревателями. Элементные непроточные и проточные электронагреватели оснащают трубчатыми электронагревателями (ТЭНами) и применяют при невысоких расходах горячей воды. Они имеют небольшую мощность, просты по устройству, достаточно электробезопасны.

Непроточные водонагреватели используют в открытых системах водозабора при неравномерном графике потребления горячей воды.

Проточные (быстродействующие) элементные водонагреватели применяют в системах поения животных, приготовления кормов, для обогрева небольших помещений.

Электродные водонагреватели имеют сравнительно большую мощность и предназначены для работы в замкнутых системах, т.к. приоткрытом водозаборе электроды быстро покрываются отложениями накипи и быстро выходят из строя.

Аккумуляционные водонагреватели САОС, САЗС, ЭВ-150. Условное обозначение: С – нагрев сопротивлением, А – аккумуляторный, ОС – открытая система, ЗС – закрытая система, Э – электрический, В – водонагреватель, 150 – вместимость резервуара, л.

Предназначены для нагрева и хранения горячей воды. Представляют собой металлический теплоизолированный резервуар, внутри которого установлены один или два (объем резервуара 800 л и более) нагревательных блока. В водонагревателях САОС и ЭВ-150 горячую воду вытесняют через верхний патрубок подачей холодной воды из водопровода.

В САЗС (рисунок 25.1) горячую воду перекачивают насосом по замкнутой системе поения или отопления. Потери воды восполняют из водопровода за счет естественного притока через обратный клапан. Максимальная температура воды 90°C. Температуру воды в резервуарах САОС и САЗС поддерживают с помощью терморегулятора.

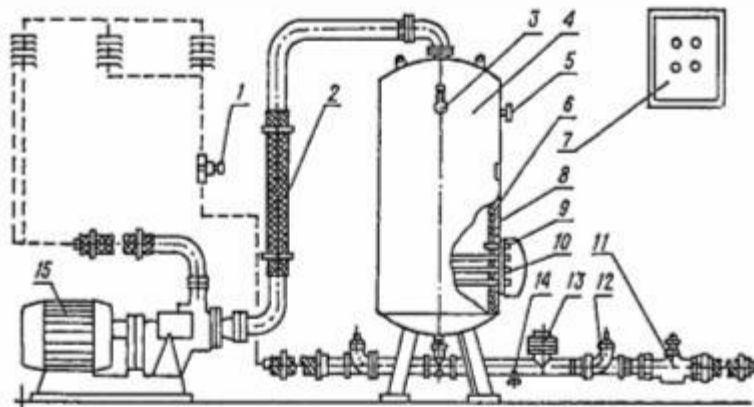


Рисунок 25.1 - Водонагреватель САЗС – 400/90 - И1: 1 – датчик температуры воды в системе водоснабжения, 2 – вставка изолирующая, 3 – термометр, 4 – кожух, 5 – термоконтатор аварийной защиты, 6 – резервуар, 7 – ящик управления, 8 – теплоизоляция, 9 – датчик температуры воды в водонагревателе, 10 – блок нагревательный, 11 – вентиль, 12 – клапан обратный, 13 – клапан избыточного давления, 14 – пробка слива, 15 – агрегат электронасосный.

Проточный элементный водонагреватель ЭВ-Ф-15 (рисунок 25.2). Состоит из водонагревателя и шкафа управления. Температуру воды регулируют ее подачей и контролируют по термометру. При 75...80°C термореле отключает водонагреватель от сети. В автоматическом режиме работы водонагреватель включается через 15...45с после включения в сеть. **Электродные водонагреватели** предназначены для нагрева воды в централизованных системах горячего водоснабжения технологических процессов, отопления и вентиляции различных сельскохозяйственных объектов.

Электродные водонагреватели классифицируют:

- по рабочему напряжению - низковольтные (0,4 кВ), высоковольтные (6 и 10 кВ),
- по исполнению электродов – пластинчатые, кольцевые, цилиндрические,
- по способу регулирования мощности – изменением активной поверхности рабочих электродов, изменением активной поверхности регулирующего электрода, изменением межэлектродного расстояния,
- по виду привода регулятора мощности – ручной, электрический.

Электродные водонагреватели относят к установкам прямого электронагрева сопротивлением. Электрическая энергия преобразуется в теплоту при протекании электрического тока через воду, находящуюся между токоподводящими электродами.

Электродный водогрейный котел КЭВ-0,4 (рисунок 25.3) изготавливается с пластинчатыми электродами и предназначен для нагрева воды с удельным сопротивлением выше 10 мОм. Мощность регулируют от 25 до 100% от номинальной изменением активной высоты электродов за счет перемещения в межэлектродном пространстве регулирующих пластин, выполненных из диэлектрика. Привод регулятора мощности может быть ручным или электрическим.

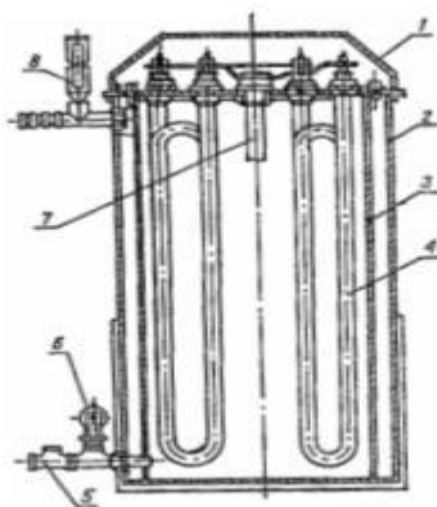


Рисунок 25.2 - Водонагреватель ЭВ-Ф-15: 1 – крышка, 2 – кожух, 3 – корпус, 4 – трубчатые водонагреватели, 5 – клапан обратный, 6 – клапан избыточного давления, 7 – термореле, 8 – термометр

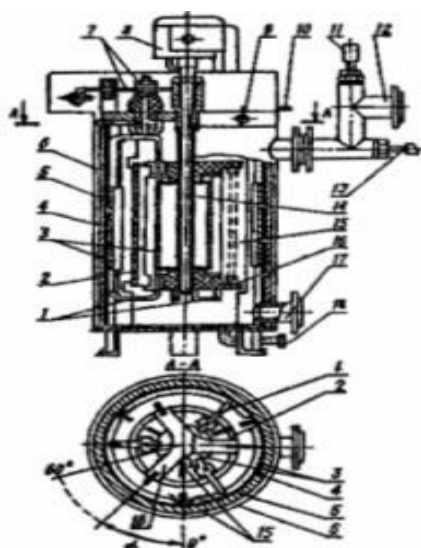


Рисунок 25.3 - Электродный водогрейный котел КЭВ – 0,4: 1 – корпус, 2 – пластины диэлектрические, 3 – опоры, 4 – фазные электроды, 5 – переключатель, 6 – пробка слива, 7 – узел токоподвода, 8, 9 – входное и выходное отверстия для воды, 10 – патрубок для выпуска воздуха, 11 – механизм перемещения диэлектрических пластин.

2. Произвести сравнение различных конструкций водонагревателей.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Какие способы нагрева воды вы знаете?
2. В чём разница между ёмкостными и проточными водонагревателями?
3. Как контролируется температура нагрева воды в различных водонагревателях?
4. В чём разница между водонагревателями типа САОС и САЗС?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Записать результаты сравнения водонагревателей.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 26

ТЕМА: Электротехнологии и электрический нагрев

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор электрокалориферных установок

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство и принцип действия электрокалориферной установки для создания микроклимата, освоить методику их выбора.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Макаров, А. Н. Электротехнологические установки: учебное пособие / А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 288 с. - Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836532>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

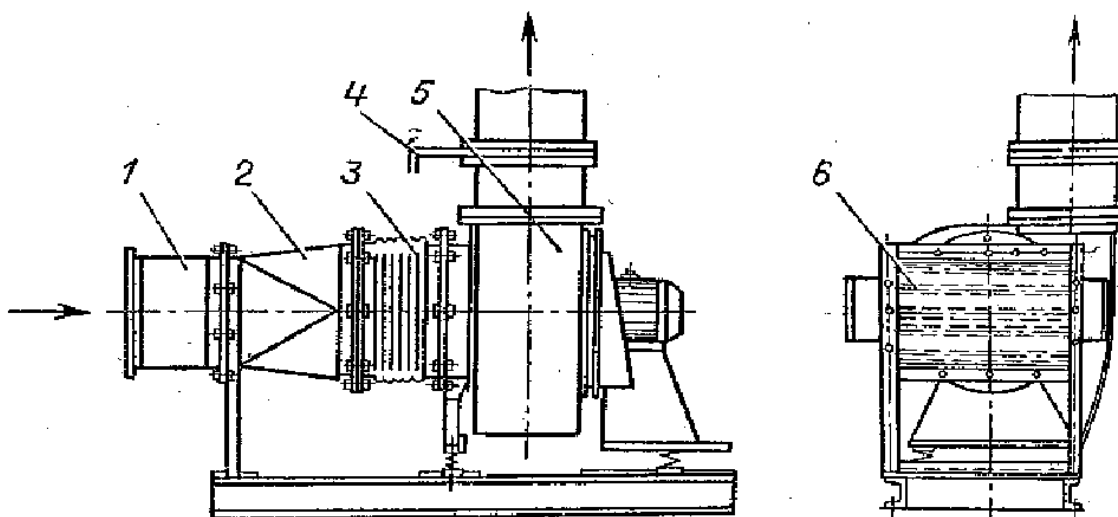


Рисунок 26.1 - Электрокалориферная установка типа СФОЦ:

- 1-электрокалорифер, 2- диффузор, 3- мягкая вставка, 4- заслонка шибер, 5- центробежный вентилятор, 6-оребрённые ТЭНы.

Устройство и принцип работы электрокалорифера

Электрокалориферы (воздухонагреватели) представляет собой металлический каркас прямоугольного сечения, внутри которого расположены оребренные ТЭНы (трубчатые

электронагреватели). Соединение ТЭНов осуществляется в электрические секции разной мощности, что позволяет регулировать потребление необходимой мощности. В каждой секции ТЭНы соединены в звезду. Во избежание соприкосновения обслуживающего персонала с токоведущими частями, в процессе эксплуатации электрокалориферов (воздухонагревателей), контактные выводы ТЭН закрываются крышкой.

В верхнем швеллере каркаса электрокалорифера (воздухонагревателя) предусмотрено отверстие для установки температурного реле (ТР-200), предназначенного для контроля температуры на поверхности оребрения ТЭН. Во время работы воздушный поток, проходя через электрокалорифер (воздухонагреватель), омывает оребренные ТЭНы и нагревается до заданной температуры.

При первоначальном включении электрокалорифера (воздухонагревателя) в сеть включается 100% мощности. При повышении температуры воздуха в помещении выше заданной по сигналу датчика температуры (ДТКБ или аналогичный по функциям), контролирующего температуру воздуха в помещении, автоматически отключается одна секция или две секции электрокалорифера. Третья секция включена постоянно, но может быть отключена вручную.

При снижении температуры воздуха в помещении ниже заданной автоматическое включение секций электрокалорифера идет в обратной последовательности. Система управления электрокалорифера предусматривает как автоматическое, так и ручное управление данным электрокалорифером (воздухонагревателем).

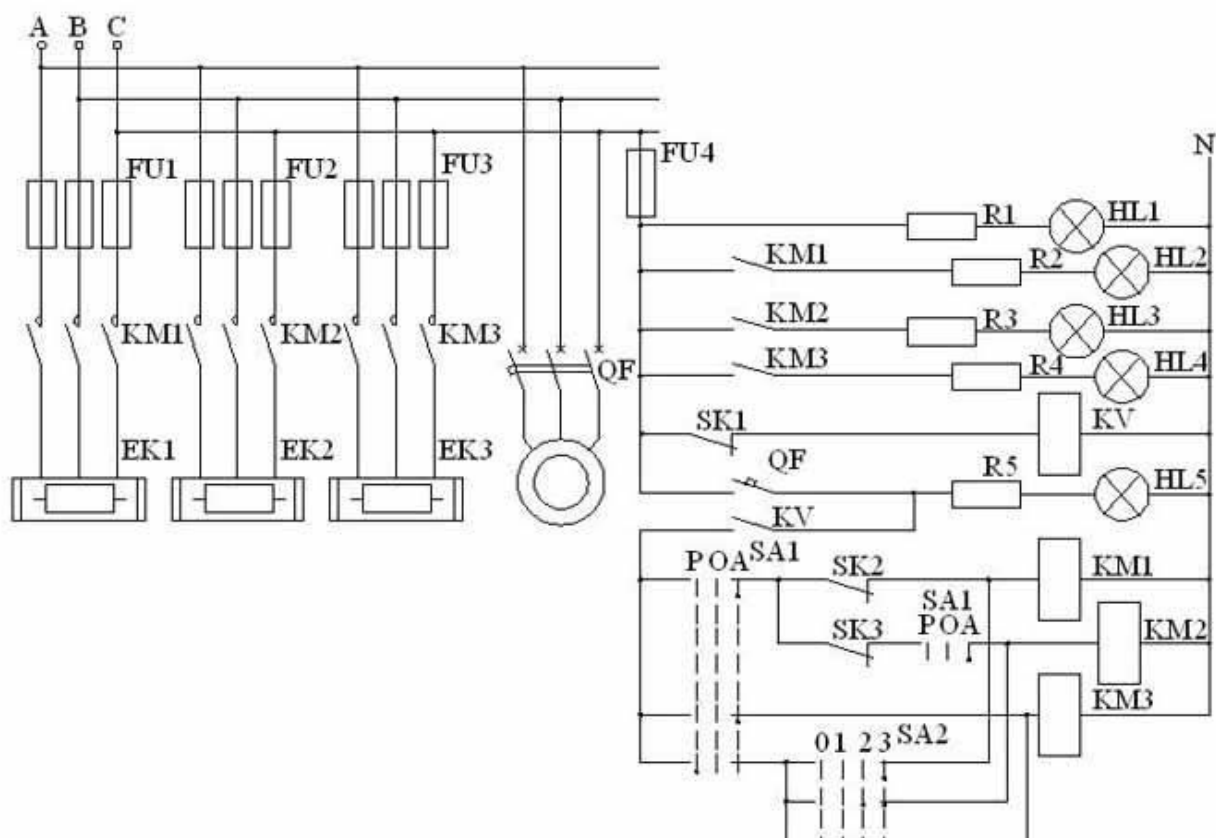


Рисунок 26.2 - Электрическая принципиальная схема электрокалориферной установки типа СФОЦ

Выбирают калориферные установки по тепловой мощности, необходимой подаче вентилятора. Эти параметры определяют при расчете отопления, вентиляции и аэродинамического сопротивления распределительных воздуховодов.

При известной подаче V_t ($v^3/ч$), температуре входящего в калорифер (холодного) воздуха Θ_1 и температуре выходящего (нагретого) воздуха Θ_2 тепловую мощность установки можно определить по формуле:

$$P = \frac{k_3 \cdot V_t \cdot \rho \cdot c \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)}{3600 \cdot \eta},$$

где $k_3=1,05 \dots 1,10$ – коэффициент запаса;

$\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха;

$c=1,0 \text{ кДж/(кг}^0\text{C)}$;

$\eta=1$ – КПД установки при размещении внутри помещения.

В практических расчетах подача воздуха определяют по удельным нормам расхода воздуха на голову скота (в системах отопления и вентиляции), на тонну продукта (в процессах сушки и активного вентилирования сельскохозяйственной продукции) и т.п. удельные нормы подачи воздуха и его температура приводятся в ОНТП, СНиП и других руководящим материалах. Так, в системах приточной вентиляции необходимый воздухообмен (подача воздуха) для коров составляет $51 \dots 85 \text{ м}^3/\text{ч}$ на голову, телят – $11 \dots 26$, свиноматок – $35 \dots 70$, кур – $1,6 \dots 3 \text{ м}^3/\text{ч}$ на голову, в установках активного вентилирования зерна и сена – $400 \dots 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ на тонну, при хранении картофеля и овощей – $50 \dots 250 \text{ м}^3/\text{ч}$ на тонну.

Если условия работы выбранной установки отличаются от указанных в заводском паспорте, выполняют проверочный расчет. Задача проверочного расчета состоит в определении температуры воздуха на выходе из калорифера, которая не должна превышать 50^0C , и температуры поверхности ТЭНов, допустимое значение которой 180^0C .

Контрольные вопросы:

1. Назначение электрокалориферной установки типа СФОЦ
2. С помощью чего регулируется подача воздуха в установке типа СФОЦ и когда это требуется?
3. Предусмотрена ли очередность включения элементов силовой части схемы?
4. Назначение переключателя SA1
5. Что такое SK1, и для чего оно предназначено?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схему калориферной установки.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 27

ТЕМА: Электротехнологии и электрический нагрев

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Исследование работы вулканизатора

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство и принцип действия вулканизатора.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Макаров, А. Н. Электротехнологические установки: учебное пособие / А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 288 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836532>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Вулканизация – это сшивание макромолекул, приводящее к потере каучуком пластических и приобретению эластических свойств. Этот процесс осуществляется при повышенных температурах присоединением серы, ее соединений, а также перекисей, комплексных соединений. Каучуки с активными функциональными группами могут

сшиваться путем химического взаимодействия с ними соответствующих реакционно-способных веществ (в частности, хлоропреновый каучук – оксидами металлов). Некоторые каучуки (БНК, хлоропреновый) могут термо-вулканизоваться прогревом при повышенных температурах; практически все полимеры сшиваются ионизирующим излучением.

Основные факторы, влияющие на процесс вулканизации

Среда. При выборе вулканизационной среды необходимо знать не только ее теплофизические свойства, но и то, какое влияние оказывает она на свойства контактирующих с ней резиновых изделий. Средами являются: горячий воздух, насыщенный водяной пар, перегретая вода, металл (форма) и т. д. При вулканизации в котлах используется паровая, водяная, газовая, воздушная или паровоздушная среды. В процессах вулканизации в прессах применяются паровая и водяная среды, а также электрический ток. В специализированном вулканизационном оборудовании используется водяная среда, электрический ток, расплавленные соли и др.

Температура. В основном, температура вулканизации резиновых изделий составляет $(140-170)^{\circ}\text{C}$, в некоторых случаях – $(190-200)^{\circ}\text{C}$. При увеличении температуры сокращается продолжительность вулканизации, но для толстостенных изделий возрастает возможность перевулканизации изделий с поверхности и неравномерность вулканизации по толщине. Это приводит к ухудшению качества изделий.

Давление. Вулканизация резинотехнических изделий возможна без давления и под давлением $(0,5-5)\text{МПа}$, что способствует улучшению физико-химических свойств вулканизаторов, при этом исключается пористость изделий и улучшается внешний вид.

Принцип работы вулканизатора

На поврежденную поверхность камеры или автомобильной шины накладывается специальная латка из сырой резины (каучука). С двух сторон на место соединения подводятся нагревательные элементы. Нагревательные элементы под действием привода, который может быть разным, создают давление в месте стыка.

Происходит нагрев ремонтируемой поверхности. И в результате этого появляется прочное, эластичное соединение. После этого происходит постепенное охлаждение восстановленных поверхностей. Время вулканизации составляет от 15-50 мин., если вулканизатор прогрет, если нет, то 15-20 мин. на прогрев нагревательных элементов, а затем примерно 4 мин. на каждый 1мм.слоя прогреваемой резины.

Виды вулканизаторов по габаритам и функциональности

Самый простой вулканизатор для ремонта камер и шин – ручной. По своему принципу он похож на струбцину, имеющую вместо традиционных губок нагревательные элементы. Такой вулканизатор предназначен для мелкого ремонта автомобильных камер. Давление задается при помощи винтового зажима вручную. Ручной вулканизатор подключается к обычному блоку питания или к аккумуляторной батарее автомобиля.

Переносные вулканизаторы предназначены для более сложного ремонта и способны справиться с серьезными дефектами, прежде всего, на автомобильных камерах. Они имеют собственный блок питания. Но создание необходимого давления происходит за счет винтового механизма в ручном режиме.

Настольные вулканизаторы для ремонта шин и камер – наиболее совершенные устройства. На них можно восстанавливать не только повреждения автомобильных камер, но и повреждения на шинах автомобиля. Создание давления в зоне вулканизации происходит как при помощи винтового механизма, так и при помощи пневматического или электропневматического привода.

Напольные вулканизаторы дают возможность восстанавливать как шины, так и автомобильные камеры. Создание давления в этих устройствах происходит за счет пневматики или электропневматики. Большинство напольных вулканизаторов имеет дополнительные функции, которые облегчают работу на них. На напольных вулканизаторах ремонтируются крупногабаритные шины и камеры.

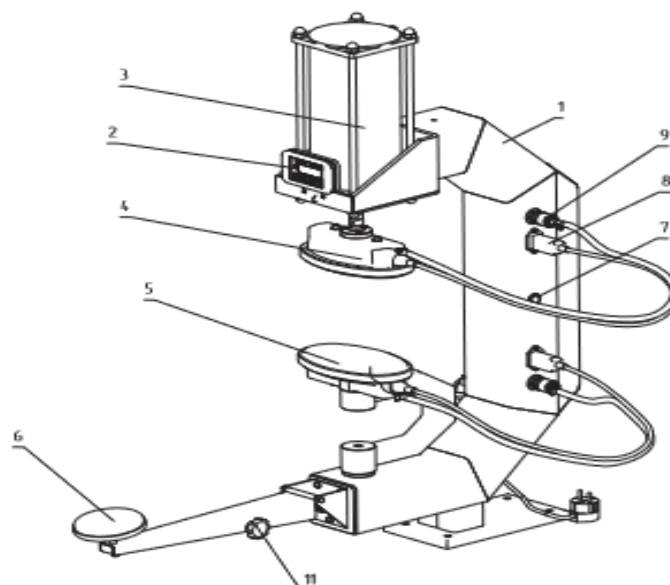


Рисунок 27.1 – Внешний вид вулканизатора: 1 – корпус, 2 – электронный таймер, 3 – пневмоцилиндр, 4 – верхний прижим, 5 – нижний прижим, 6 – кронштейн поддержки (лапа), 7 – сетевой выключатель, 8 – сетевая вилка прижима, 9 – пневморозетка, 11 – винт фиксации лапы

Все вулканизаторы для ремонта камер и шин можно условно разделить на два типа: универсальные устройства; целевые устройства. На универсальных устройствах производится ремонт, как автомобильных камер, так и покрышек. Кроме этого универсальные вулканизаторы могут использоваться для восстановления различных поверхностей автомобильных шин. Целевые устройства производят ремонт либо камер, либо покрышек.

Дополнительные возможности вулканизаторов

Вулканизаторы для ремонта шин и камер могут оснащаться дополнительными узлами и системами, обеспечивающими дополнительные функциональные возможности.

Наиболее распространенная и востребованная дополнительная опция – это контроль температуры нагревательных элементов. Благодаря установке датчиков температуры полностью исключается перегрев мест соединения. Перегрев резины также опасен, как и недостаточный нагрев.

В результате перегрева резина в местах соединения теряет не только свою прочность, но и эластичность. И в результате этого при движении автомобиля может произойти серьезный разрыв поверхностей камер или шины.

Установка таймера, при помощи которого происходит контроль времени за процессом вулканизации, тоже дает определенные преимущества, прежде всего, облегчая работу оператора вулканизатора. Автоматика самостоятельно выключит нагрев, как только пройдет заданное время.

Некоторые вулканизаторы для ремонта камер и шин оснащаются гибкими нагревательными элементами, которые дают возможность более равномерно нагревать сопрягаемые поверхности и равномерно распределять давление. Если учитывать, что часто приходится сталкиваться со сложными криволинейными поверхностями при восстановлении шин, то изменяющаяся геометрия прижимных модулей – весьма полезная опция.

Пневматические и электропневматические приводы, по сравнению с механикой обеспечивают равномерное давление на вулканизируемые поверхности, что в итоге обеспечивает качественное соединение резины.

2. Сделать вывод по работе.

3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Что такое вулканизация и какова её продолжительность?

2. Основные факторы влияющие на процесс вулканизации
3. В чем разница между универсальными и целевыми вулканизаторами?
4. Какие виды приводов используются для создания давления между нагревательными элементами?
5. Что может использоваться для автоматизации процесса вулканизации?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Начертить схему вулканизатора.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 28

ТЕМА: Электротехнологии и электрический нагрев

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Проведение испытаний и пуско- наладочных работ на электротермических установках систем горячего водоснабжения и отопления

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить принцип проведения испытаний и пуско- наладочных работ на электротермических установках систем горячего водоснабжения и отопления.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Макаров, А. Н. Электротехнологические установки: учебное пособие / А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 288 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836532>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Испытания в холодном состоянии

Испытания электротермического оборудования должны проводиться во время его сборки и наладки в холодном состоянии. Оборудование должно налаживаться и подготавливаться к испытаниям согласно инструкции изготовителя. Перед проведением испытаний должны быть проверены электрические соединения, устройства включения-выключения и регулирования, наружные и внутренние размеры оборудования. Во время испытаний должны быть обеспечены меры для соблюдения условий безопасности.

Испытания в горячем состоянии

Испытания в горячем состоянии должны проводиться после испытаний в холодном состоянии. Электротермическое оборудование должно испытываться при нормальных условиях работы, если нет других указаний. Во время испытаний запрещается проведение любых мероприятий, которые могут повлиять на рабочие характеристики испытуемого оборудования.

Условия окружающей среды

Испытания должны проводиться в условиях окружающей среды, указанных в таблице 28.1. Таблица 28.1 – Условия испытаний

Условия окружающей среды	Значения
1 Температура окружающей среды, °С: - нормальная - минимальная - максимальная	20 5 40
2 Относительная влажность, %, не более	85
3 Высота над уровнем моря, м, не более	1000

Измерительные приборы

Средства измерений, используемые при испытаниях, должны быть поверены в установленном порядке. Необходимо точно следовать рабочим инструкциям на средства измерения. Точность всех средств измерений должна соответствовать требованиям настоящего стандарта на методы испытаний конкретного вида оборудования, или, при отсутствии требований, быть согласованной между изготовителем и потребителем.

Методы испытаний

Испытания в холодном состоянии

Испытания средств защиты от поражения электрическим током. Проверка должна подтвердить, что все принятые защитные меры, касающиеся заземления, изоляции, электрических соединений, соответствуют ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 12.2.007.9, нормативным документам, а также другим правилам, указанным в технической документации на электротермическое оборудование. На территории Российской Федерации действуют "Правила устройства электроустановок (ПУЭ)".

Измерение сопротивления изоляции

Измерение проводят на установке, отсоединенной от источника питания, и проверяют только элементы установки, которые в рабочем состоянии подсоединены непосредственно к источнику питания.

Измерения проводят мегомметрами напряжением 500, 1000 и 2500 В для электротермического оборудования напряжением ниже 500 В, от 500 до 1000 В и свыше 1000 В соответственно.

Мегомметр подключают непосредственно между отдельными частями электротермического оборудования, которые при нормальных условиях находятся под напряжением, и между каждой токоведущей частью и всеми остальными металлическими частями, которые соединены вместе и заземлены.

Испытания электрической прочности изоляции

Используемое для испытаний напряжение должно быть синусоидальным промышленной частоты (50 Гц). Испытательное напряжение прилагают между отдельными частями электротермической установки и всеми остальными металлическими частями, которые соединены вместе и заземлены. Напряжение при испытании должно плавно повышаться за 10 с от половины до полного испытательного напряжения и поддерживаться в течение 1 мин. Во время испытаний не должно произойти перекрытия, пробоя или возгорания изоляции.

Номинальная мощность испытательной установки должна быть не менее $0,5 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ на каждые 1000 В испытательного напряжения.

Испытание охлаждающей системы

Испытания проводят после заполнения всей охлаждающей системы и установления давления охлаждающей жидкости до обозначенного минимума. После перекрытия охлаждающей системы давление охлаждающей жидкости повышают в 1,5 раза от установленного максимального значения. Такое давление поддерживают не менее 5 мин. Во время испытания не допускается утечка охлаждающей жидкости. Все клапаны охлаждающей системы должны быть проверены, чтобы убедиться, что они выполняют свои функции. Некоторые части и электрические устройства, к которым нельзя подводить испытательное давление (например, элементы охлаждения с двойными стенками), должны быть отключены. Эти части и устройства должны быть отдельно проверены согласно инструкциям предприятия-изготовителя.

Испытания защитных блокировок и систем аварийной сигнализации

В зависимости от практических условий испытания могут проводиться во время проверки механизмов или после установки электротермического оборудования. До испытаний должны быть обеспечены следующие основные условия:

- механические ограничивающие устройства, блокирующие устройства, электрические выключатели и устройства сигнализации проверяют и помещают на свои определенные

места;

- опытным путем подтверждают, что электрические блокирующие цепи правильно подсоединены;
- датчики установлены на определенные значения.

Испытания должны подтвердить правильность функционирования защитных блокировок, систем слежения и аварийной сигнализации.

Испытания в горячем состоянии

Температуру поверхности элементов конструкции, подвергающихся нагреву или действию электромагнитных полей, измеряют термопарой или другим устройством, дающим достоверные результаты. Их датчики должны надежно контактировать с поверхностью, на которой проводят измерения. Рекомендуется использовать платиновые термометры сопротивления и соответствующие приборы, записывающие температуру, когда требуется автоматическое определение температуры поверхности.

Визуальный осмотр после испытаний в горячем состоянии

Визуальный осмотр должен проводиться после окончания всех испытаний в горячем состоянии, главным образом для того, чтобы проверить все части электротермического оборудования, подвергнутые нагреву или влиянию электромагнитных полей, такие как нагревательные элементы, элементы футеровки, дверцы, системы транспортирования или размещения загрузки для обнаружения каких-либо необычных истираний, дефектов, трещин, нарушений и т.п., вызванных термическим расширением, прогоранием, окислением, смещением и т.д., что может помешать нормальной работе электротермической установки или повлиять на ее характеристики.

2. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Что означает испытание в холодном и горячем состоянии?
2. Требования, предъявляемые к измерительным приборам
3. Испытания защитных блокировок и систем аварийной сигнализации

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Перечислить виды испытаний.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 29

ТЕМА: Электротехнологии и электрический нагрев

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Ультразвуковая обработка материала

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с применением ультразвуковой обработки материалов.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Макаров, А. Н. Электротехнологические установки: учебное пособие / А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 288 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836532>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Ультразвуковые колебания (УЗ) – это упругие волны, распространяющиеся в материальных средах (твердых телах, жидкостях, газах).

По частоте УЗ распространяются от верхней границы диапазона слышимости звуков ($\approx 16 \cdot 10^3$ Гц) до частоты 10^8 Гц. Упругие колебания во всех диапазонах частот – звуковых и УЗ – подчиняются одним и тем же физическим законам, но в средах, где распространяются УЗ колебания, возникают специфические эффекты, которые во многих областях техники используются для интенсификации различных процессов.

УЗ применяют также как средство для получения информации при измерении глубины и для обнаружения дефектов в изделиях, он позволяет определять изменение химического состава вещества, вязкость полимерного материала.

С помощью УЗ производят поверхностное упрочнение, размерную обработку, очистку, сварку металлических и неметаллических материалов, пайку, пропитку пористых материалов и тканей, прессование и спекание порошков, дегазацию и т.д.

Магнитострикция – способность ферромагнитных металлов и сплавов изменять размеры поперечного сечения и длину сердечника в переменном магнитном поле. Материалы: никель, железокобальтовые сплавы (пермендюр), железоалюминиевые сплавы (альфер), ферриты и др. материалы.

При возникновении электромагнитного поля размеры поперечного сечения сердечника уменьшаются, а так как объем его остается постоянным, то длина сердечника увеличивается. При исчезновении поля первоначальные размеры сердечника восстанавливаются.

При УЗО используются колебания электромагнитного поля с УЗ частотой в пределах 18...44 (16...30) кГц. Амплитуда колебаний сердечника составляет 5...10 мкм. Для увеличения амплитуды колебаний к сердечнику крепят длинный тонкий стержень-концентратор (резонансный волновод переменного поперечного сечения), что позволяет получить амплитуду колебаний его торца до 40...60 мкм. К концентратору крепят рабочий инструмент-пуансон.

Существует несколько схем размерной обработки заготовок.

Размерная обработка заготовок из твердых хрупких материалов абразивными зернами, движущимися за счет действия УЗ инструмента

Данный способ применяется для обработки стекла, керамики, ситаллов, кремния, германия, то есть для материалов, обработка которых другими методами затруднена.

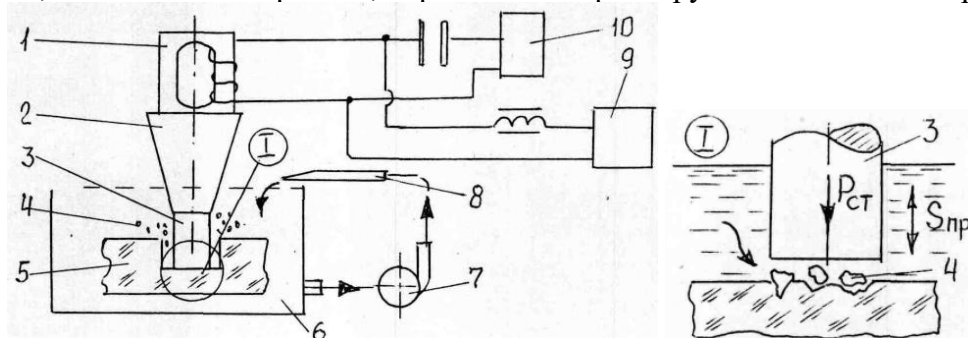


Рисунок 29.1 – Схема прошивания отверстий:

1 – УЗ преобразователь; 2 – концентратор; 3 – инструмент-пуансон; 4 – суспензия абразивная; 5 – заготовка; 6 – ванна; 7 – насос; 8 – патрубок; 9 – источник тока; 10 – генератор УЗ частоты

Под пуансоном-инструментом 3 устанавливают заготовку 5 и в зону обработки под давлением подают абразивную суспензию, состоящую из воды и абразивного материала: карбида бора, карбида кремния или электрокорунда.

Инструмент поджимают к заготовке с силой 1...60 Н. Обработка заключается в том, что инструмент 3, колеблющийся с УЗ частотой, ударяет по зернам абразива 4, лежащим на обрабатываемой поверхности, со статической силой $P_{ст} = 30 \dots 200$ Н; абразивные зерна скалывают частицы материала заготовки 5. Большое число одновременно ударяющихся абразивных зерен, а также высокая частота повторения ударов (до 30000 раз в секунду) обуславливает интенсивный съем материала.

Кавитационные явления в жидкости способствуют интенсивному перемешиванию абразивных зерен под инструментом, замене изношенных зерен новыми, а также разрушению обрабатываемого материала.

Прокачивание суспензии насосом исключает оседание абразивного порошка на дне ванны и обеспечивает подачу в зону обработки абразивного материала.

Между пуансоном и заготовкой обеспечивают постоянный зазор 50...80мкм.

Сообщая инструменту и заготовке различные виды подач (продольную, поперечную) и меняя профиль сечения инструмента, можно прошивать глухие и сквозные отверстия, обрабатывать плоскости, углубления, пазы при прямом и обратном копировании, разрезать заготовки больших размеров, обрабатывать криволинейные и кольцевые пазы по копиру, производить шлифование и полирование.

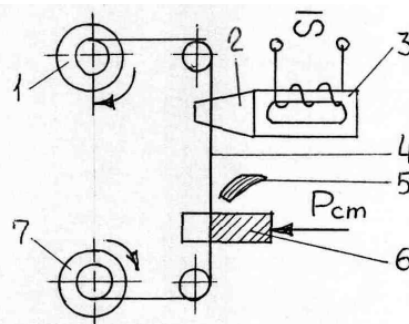


Рисунок 29.2 – Схема резки непрофилированным инструментом – тонкой проволокой: 1,7 – катушки; 2 – концентратор; 3 – преобразователь; 4 – проволока-инструмент; 5 – сопло для подачи суспензии; 6 – заготовка

Принцип работы следующий. Ультразвуковой концентратор 2, соединенный с преобразователем 3, возбуждает колебания в проволоке-инструменте 4, перематываемой с катушки 1 на катушку 7. Заготовка 6 прижимается с небольшим усилием P_{cm} к проволоке 4, а в зону их контакта подается абразивная суспензия из сопла 5.

По такой схеме производят контурное вырезание, обработку пазов и щелей, разрезание заготовок.

Интенсификация процессов резания при сообщении вынужденных УЗ колебаний металлическим или абразивным режущим инструментом. Такой способ используется при сверлении, зенкерования, развертывании, нарезании резьб в труднообрабатываемых материалах; при точении и зубодолблении заготовок из вязких металлов, при шлифовании, абразивно-алмазной доводке.

Ультразвуковая обработка позволяет повысить производительность, качество поверхностного слоя, снизить силы резания и крутящий момент. (Например, при нарезании резьбы метчиками крутящий момент уменьшается на 25...50%).

Аналогичным образом производится очистка шлифовальных кругов, ультразвуковое упрочение поверхности, обработка мелких деталей свободным абразивом

Технологические показатели ультразвуковой обработки

Процесс ультразвуковой размерной обработки зависит от многих технологических параметров, как правило, взаимно влияющих один на другой, - твердости и концентрации абразива, частоты и амплитуды колебания инструмента, его износа, статической нагрузки.

Абразивная суспензия

Зерна абразива по твердости не должны уступать обрабатываемому материалу.

Обычно применяют карбид бора, который хорошо смачивается водой и благодаря сравнительно небольшой плотности удовлетворительно переносится жидкостью.

Карбид кремния, электрокорунд – применяются для изготовления деталей из стекла, германия.

В качестве жидкости обычно используют воду, обладающую малой вязкостью, удовлетворительной смачивающей способностью и хорошими охлаждающими свойствами. В воду добавляют ингибитор коррозии.

Использование добавок, оказывающих химическое действие на обрабатываемый материал – 15%-ного водного раствора сернокислой меди – повышает производительность обработки твердых сплавов в 1,7...2,5 раза.

Размер зерна абразива – ширина зерна под микроскопом. Уменьшение размера абразивных зерен вызывает снижение производительности (особенно если размеры зерна меньше амплитуды колебаний). С другой стороны, чем меньше зерно, тем выше точность изготовления.

Концентрация абразива в суспензии

Оптимальная концентрация – по всей обрабатываемой поверхности укладывается один слой зерен абразива.

При большей концентрации (в несколько слоев) – увеличивается доля работы, идущей на измельчение самих зерен.

Амплитуда и частота колебаний инструмента определяют скорость продольных колебаний инструмента, то есть главного движения резания. Чем больше амплитуда и частота колебаний, тем выше производительность.

Статическая нагрузка. При УЗО инструмент прижимается к поверхности заготовки с постоянной силой P_{cm} . Эта сила (сила подачи) оказывает значительное влияние не только на значение ударных импульсов, но и на состояние зерен и концентрацию абразива под торцом инструмента.

Оптимальное значение P_{cm} зависит от площади и конфигурации инструмента, амплитуды, среднего размера зерен и свойств обрабатываемого материала.

Увеличение P_{cm} (в определенных пределах) приводит к увеличению импульса ударных сил и глубины внедрения зерен абразива, то есть к увеличению производительности.

С другой стороны, увеличение P_{cm} уменьшает расстояние между инструментом и обрабатываемой поверхностью заготовки и ухудшает условия поступления в рабочую зону свежего абразива и удаление из нее продуктов износа.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается эффект магнитострикции?
2. Какие существуют типы ультразвуковых волн?
3. С какой целью применяются ультразвуковые установки?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Привести примеры использования ультразвуковой обработки.
3. Начертить схему ультразвуковой обработки.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 30

ТЕМА: Электротехнологии и электрический нагрев

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Проведение профилактических измерений и испытаний на установках специальных видов электротехнологий и источников ВН. Оформление протоколов испытаний и измерений.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить проведение испытаний и пуско-наладочных работ на установках специальных видов электротехнологий.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электропривода сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих комплексов и механизированных ферм.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ИТК, справочники

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Макаров, А. Н. Электротехнологические установки: учебное пособие / А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 288 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836532>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями:

Испытания и измерения в электроустановках проводятся перед приемкой их в эксплуатацию в сроки, определяемые периодичностью профилактических испытаний, а также при капитальном и текущем ремонтах электрооборудования. Нормы и периодичность испытаний электрооборудования и аппаратов электроустановок приведены в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ гл. 1.8), ГОСТ Р 50571.16-99, Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП. Пр. 3; 3.1).

К проведению испытаний и измерений допускаются лица электротехнического персонала, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие медицинское освидетельствование, специальную подготовку и проверку знаний и требований Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок. Указанная проверка проводится одновременно с общей проверкой знаний норм и правил работы в электроустановках и присвоением группы по электробезопасности в те же сроки и в той же комиссии с включением в ее состав специалиста по испытанию электрооборудования, имеющего V группу по электробезопасности в установках напряжением выше 1000 В и IV - в электроустановках напряжением до 1000 В. Результаты проверки оформляются в журнале учета проверки знаний норм и правил работы в электроустановках и в удостоверении в разделе «Свидетельство на право проведения специальных работ».

Испытания и измерения проводятся бригадами в составе не менее двух человек, требования к квалификации которых определяются конкретными проводимыми работами и изложены в приведенных методиках. В электроустановках напряжением до 1000 В, расположенных в помещениях, кроме особо опасных в отношении поражения электрическим током, работник, имеющий группу III и право быть производителем работ, может работать единолично по распоряжению. При испытаниях в электроустановках выше 1000 В и до 1000 В с подачей повышенного напряжения от постороннего источника один из работников (производитель работ) должен иметь IV группу по электробезопасности, второй (член бригады) - III группу. В остальных случаях все работники должны иметь группу не ниже III.

Правила работы с электроизмерительными приборами:

- прибор должен быть исправен и поверен госповерительными органами;
- аналоговые приборы при проведении измерений должны находиться на горизонтальном жестком основании (за исключением приборов с вертикальным рабочим положением);
- при использовании многопредельных приборов выбирать пределы измерений, максимально приближенные к значениям измеряемых величин, однопредельные приборы выбирать по тому же принципу;
- показания приборов определять под углом зрения к плоскости шкалы 90° (при использовании приборов с зеркальной шкалой стрелка прибора должна быть совмещена с ее отражением);
- не располагать измерительные приборы на поверхностях и основаниях, подверженных вибрациям и колебаниям;
- при отсутствии жестких поверхностей и оснований держа прибор в руках придать ему горизонтальное положение, измерения проводить только после совмещения стрелки прибора с нулевой отметкой шкалы.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Испытания и измерения в электроустановках проводятся по наряду-допуску или по распоряжению. В порядке текущей эксплуатации допускается проводить массовые испытания материалов и изделий повышенным напряжением стационарных испытательных

установок, у которых токоведущие части закрыты сплошными или сетчатыми ограждениями, а двери снабжены блокировкой.

Испытания электрооборудования выше 1000 В и до 1000 В с подачей повышенного напряжения от постороннего источника, в том числе и вне электроустановок, проводимые с использованием передвижной испытательной установки, должны выполняться по наряду, в остальных случаях - по распоряжению. Право выдачи нарядов и распоряжений на проведение испытательных и электроизмерительных работ предоставляется лицам административно-технического персонала, уполномоченным на это приказом или распоряжением руководителя организации (руководителя электролаборатории). Указанные лица должны иметь V группу по электробезопасности в электроустановках напряжением выше 1000 В и не ниже IV в электроустановках напряжением до 1000 В.

Особое внимание обратить на следующие меры безопасности:

- при проведении испытаний и измерений без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них использовать не менее одного основного и не менее одного дополнительного изолирующих электрозащитных средств;
- запрещается собирать испытательные схемы на столах с металлической поверхностью или имеющих металлическое обрамление, а также использовать металлические подставки и лестницы;
- металлические корпуса переносных приборов и аппаратов должны быть заземлены;
- запрещается измерять сопротивление изоляции воздушной линии электропередачи во время грозы, а также, если она находится хотя бы на небольшом участке вблизи другой воздушной линии, находящейся под напряжением;
- выводы силовых и измерительных трансформаторов во время работы, за исключением времени проведения испытаний и измерений, должны быть замкнуты и заземлены;
- при работе без снятия напряжения в цепях вторичных обмоток трансформаторов тока не допускать их разрыва, а трансформаторов напряжения - их замыкания;
- неиспользуемые вторичные обмотки трансформаторов тока должны быть замкнуты и заземлены.

ТРЕБОВАНИЯ К ИЗМЕРЕНИЯМ. УЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения электрических величин производятся аналоговыми (стрелочными) и цифровыми измерительными приборами, каждый из которых имеет погрешность измерений.

Для получения достоверных результатов измерений необходимо учитывать эти погрешности.

Относительная погрешность измерений в общем случае определяется по формуле:

$$\delta = \sqrt{\delta_0^2 + \sum \delta_i^2},$$

где δ_0 - основная приведенная относительная инструментальная погрешность, определяемая классом точности прибора;

δ_i - относительная погрешность измерения, обусловленная i -м внешним фактором, снижающим точность измерения (температура, положение прибора, угол зрения к плоскости шкалы и другие методические погрешности). Учесть все значения относительных погрешностей, обусловленные всеми внешними факторами, на практике затруднительно. Исходя из этого учитывается относительная инструментальная погрешность прибора и основные погрешности, обусловленные условиями проведения измерений

$$\delta = \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\text{м}}^2 + \delta_{\text{аис}}^2 + \delta_{\text{т}}^2},$$

$$\delta_0 = \gamma \frac{A_{\text{пр}}}{A_{\text{изм}}},$$

где γ - класс точности прибора;

$A_{\text{пр}}$ - предел измерения (длина шкалы) прибора;

$A_{\text{изм}}$ - показания прибора в единицах измерения (длины шкалы);

δ_{nc} - погрешность, обусловленная нестабильностью показаний прибора в установившемся режиме;

$$\delta_{\text{н}} = \frac{A_{\text{max}} - A_{\text{min}}}{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}} \cdot 100\%;$$

здесь A_{max} - максимальное значение, а A_{min} - минимальное значение измеряемой величины. В качестве измеренного значения величины в данном случае следует принимать:

$$\frac{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}{2};$$

$\delta_{\text{гор}}$ - погрешность, обусловленная отклонением прибора от горизонтального положения, учитывается при проведении измерений аналоговыми приборами, ее значение указывается в паспорте прибора. При отсутствии этих данных в паспорте прибора, $\delta_{\text{гор}} = \gamma$ при отклонении прибора от горизонтального положения не более чем на 30° ;

δ_{t° - погрешность, обусловленная температурными условиями измерений, указывается в паспорте прибора. При отсутствии этих данных в паспорте прибора δ_{t° составляет $0,5\gamma$ на каждые 10°C отклонения температуры от ее нормированного значения (20°C).

Для некоторых приборов (мегаомметры ЭС0202, омметры М-372) величина δ_0 не зависит от показаний прибора и является фиксированной на всем диапазоне измерения. Это также указывается в паспортных данных прибора.

При использовании цифровых приборов погрешность измерений определяется выражением: $\delta_{\text{п}} \pm n$,

где $\delta_{\text{п}}$ - постоянная составляющая относительной погрешности на всем диапазоне измерения,

n - количество единиц разрешающей способности прибора.

ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Заключение о соответствии измеренной электрической величины требованиям нормативных документов должно быть сделано с учетом диапазона, в котором она может находиться вследствие погрешности измерений.

Измерение сопротивления изоляции электропроводки

Измерение сопротивления изоляции между фазным и нулевым рабочим проводниками проводилось мегаомметром ЭС0202Г.

Основная относительная погрешность $\pm 15\%$, температура окружающей среды - 10°C , установить прибор строго горизонтально невозможно, показания прибора - $0,6\text{ МОм}$.

По паспортным данным прибора определяем: $\delta_0 = \pm 15\%$; $\delta_{t^\circ} = 0,5\delta_0$ на каждые 10°C отклонения от нормированной температуры ($+20^\circ\text{C}$); $\delta_{\text{гор}} = \delta_0$ при отклонении прибора от горизонтального положения до 30° . На основании формулы результирующая погрешность измерения составит:

$$\delta = \pm \sqrt{15^2 + 15^2 + 22,5^2} \approx \pm 30,1\%.$$

Следовательно, сопротивление изоляции в данном случае будет $0,6 \pm 0,18\text{ МОм}$.

Заклучение о пригодности изоляции сделано быть не может, так как нижний предел диапазона, в котором может находиться измеренное значение сопротивления изоляции, не удовлетворяет нормативным требованиям ($\geq 0,5\text{ МОм}$).

Контрольные вопросы:

1. Кто допускаются к проведению испытаний и измерений?
2. Какие факторы влияют на погрешность?
3. Правила работы с электроизмерительными приборами
4. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при проведении испытаний?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.

2. Перечислить меры безопасности при проведении измерений.
3. Ответить на контрольные вопросы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники

1. Автоматизация технологических процессов и производств : учеб. пособие / А.А. Иванов. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2018. — 224 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/946200>
2. Грунтович, Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие / Н.В. Грунтович. — Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2021. — 271 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1220172>
3. Ившин, В. П. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами: учебник / В.П. Ившин, М.Ю. Перухин. — Москва: ИНФРА-М, 2019.— 402 с. — режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/982404>
4. Макаров, А. Н. Электротехнологические установки: учебное пособие / А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 288 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836532>
5. Москаленко, В. В. Электрический привод: учебник / В.В. Москаленко. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 364 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1190675>
6. Сибикин, Ю. Д. Справочник электромонтажника: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 412 с. — Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1079345>
7. Технические средства автоматизации и управления : учеб. пособие / О.В. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 396 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа: <http://new.znanium.com>]. — (Среднее профессиональное образование). - Текст : электронный. : <http://znanium.com/catalog/product/1021825>
8. Шеховцов, В. П. Электрическое и электромеханическое оборудование: учебник / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 407 с. — Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1080668>
9. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 2-е изд. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1224468>
10. Щербаков, Е. Ф. Электрические аппараты: учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 303 с. — Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1019416>

Дополнительные источники

1. Васильев, Б. Ю. Электропривод. Энергетика электропривода: учебник / Б. Ю. Васильев. - Москва: СОЛОН-Пресс, 2020. - 268 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1858812>
2. Петрова, А. М. Автоматическое управление: учебное пособие / А.М. Петрова. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. — 240 с. — Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1063695>
3. Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами: учебное пособие / А.Е. Поляков, А.В. Чесноков, Е.М. Филимонова. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 224 с. — (Среднее профессиональное образование).- Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1209815>
4. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА - М, 2022. — 144с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1860810>
5. Хорольский В.Я. Эксплуатация электрооборудования. Задачник: учебное пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов, Ю.А. Медведько. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА - М, 2022. —

- 176с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1760790>
6. Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1090082>

Интернет – ресурсы (для обучающихся и для преподавателей)

1. Вся электрика от А до Я. [Электронный ресурс] // [сайт] / Компания 21 век – 220В. – Режим доступа: <http://www.21vek-220v.ru> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
2. Журнал Современные технологии автоматизации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cta.ru> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
3. Мегалекции. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://megalektsii.ru/s35045t6.html> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
4. Новости электротехники. Информационно – справочное издание [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
5. Школа для электрика все секреты мастерства [Электронный ресурс] / Источник информации: [Школа для электрика: электротехника и электроника](http://electricalschool.info). Статьи, советы, полезная информация. – Режим доступа: <http://electricalschool.info> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
6. Электронная электротехническая библиотека [Электронный ресурс] // [сайт] – Режим доступа: <http://electrolibrary.info> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
7. Электропривод. Разработка и производство шаговых, вентильных, коллекторных электроприводов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://electroprivod.ru> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)

Таблица П1 – Нормированные значения освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении согласно СНиП 23-05-95

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта, мм	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк	
					Комбинированное освещение	Общее освещение
очень высокая точность (II разряд зрительной работы)	0,15-0,3	а	малый	темный	4000	400
		б	малый	средний	3500	400
			средний	темный	3000	300
		в	малый	светлый	2500	300
			средний	средний	2000	200
			большой	темный	1500	200
		г	средний	светлый	1000	200
			большой	средний	750	200
высокая точность (III разряд зрительной работы)	0,3-0,5	а	малый	темный	2000	200
		б	малый	средний	1500	200
			средний	темный	1000	200
		в	малый	светлый	750	200
			средний	светлый	750	200
			большой	темный	600	200
		г	средний	светлый	400	200
			большой	средний	400	200
средняя точность (IV разряд зрительной работы)	0,5-1,0	а	малый	темный	750	200
		б	малый	средний	500	200
			средний	темный	500	200
		в	малый	светлый	400	200
			средний	светлый	400	200
			большой	темный	400	200
		г	средний	светлый	400	200
			большой	средний	400	200
малая точность (V разряд зрительной работы)	1,0-5,0	а	малый	темный	400	200
		б	малый	средний	200	200
			средний	темный	200	200
		в	малый	светлый	200	200
			средний	средний	200	200
			большой	темный	200	200
		г	средний	светлый	200	200
			большой	средний	200	200

Таблица П2 – Технические данные асинхронных электродвигателей серии АИР

Типоразмер двигателя	Мощность	Частота вращения, усредненная (фактическая)	Напряжение	Сила тока	КПД	Коэффициент мощности	Соотношение крутящих моментов		Соотношение токов	Момент инерции	Уровень шума	Вес
	P, кВт	n, об/мин	U, В	I, А	η , %	cos ϕ	Mn/Mн	Mmax/Mн	In/Iн	J, кг·м²	L, дБ(А)	m, кг
АИР56А2	0,18	3000 (2700)	220/380 (Δ/Y)	0,55	65,7	0,77	2,2	2,2	5,3	-	-	4,7
АИР56В2	0,25	3000 (2720)	220/380 (Δ/Y)	0,73	68,0	0,78	2,2	2,2	5,3	-	-	5,1
АИР56А4	0,12	1500 (1325)	220/380 (Δ/Y)	0,50	56,5	0,66	2,1	2,2	4,6	-	-	4,5
АИР56В4	0,18	1500 (1325)	220/380 (Δ/Y)	0,70	61,2	0,68	2,1	2,2	4,9	-	-	5,1
АИР63А2	0,37	3000 (2730)	220/380 (Δ/Y)	1,00	69,7	0,81	2,2	2,2	5,7	-	-	5,5
АИР63В2	0,55	3000 (2770)	220/380 (Δ/Y)	1,40	72,7	0,82	2,2	2,3	5,7	-	-	6,4
АИР63А4	0,25	1500 (1325)	220/380 (Δ/Y)	0,82	64,5	0,73	2,1	2,2	5,1	-	-	5,6
АИР63В4	0,37	1500 (1325)	220/380 (Δ/Y)	1,12	66,3	0,76	2,1	2,2	5,1	-	-	6,4
АИР63А6	0,18	1000 (860)	220/380 (Δ/Y)	0,80	55,5	0,64	1,9	2,0	4,1	-	-	6,4
АИР63В6	0,25	1000 (860)	220/380 (Δ/Y)	1,10	58,3	0,65	1,9	2,0	4,0	-	-	7,2
АИР71А2	0,75	3000 (2840)	220/380 (Δ/Y)	1,77	75,0	0,83	2,2	2,3	6,1	0,0006	67	8,7
АИР71В2	1,1	3000 (2840)	220/380 (Δ/Y)	2,60	76,2	0,84	2,2	2,3	6,9	0,0008	67	10,2
АИР71А4	0,55	1500 (1390)	220/380 (Δ/Y)	1,57	71,0	0,75	2,4	2,3	5,2	0,0010	58	8,4
АИР71В4	0,75	1500 (1390)	220/380 (Δ/Y)	2,05	73,0	0,76	2,3	2,3	6,0	0,0015	58	10
АИР71А6	0,37	1000 (880)	220/380 (Δ/Y)	1,30	62,0	0,70	1,9	2,0	4,7	0,0015	54	8,4
АИР71В6	0,55	1000 (880)	220/380 (Δ/Y)	1,80	65,0	0,72	1,9	2,1	4,7	0,0020	54	10
АИР71В8	0,25	750 (645)	220/380 (Δ/Y)	1,10	54,0	0,61	1,8	1,9	3,3	0,0025	52	9
АИР80А2	1,5	3000 (2850)	220/380 (Δ/Y)	3,46	78,5	0,84	2,2	2,3	7,0	0,0011	72	13
АИР80В2	2,2	3000 (2855)	220/380 (Δ/Y)	4,85	81,0	0,85	2,2	2,3	7,0	0,0018	72	15
АИР80А4	1,1	1500 (1390)	220/380 (Δ/Y)	2,85	76,2	0,77	2,3	2,3	6,0	0,0028	61	14
АИР80В4	1,5	1500 (1400)	220/380 (Δ/Y)	3,72	78,5	0,78	2,3	2,3	6,0	0,0034	61	16
АИР80А6	0,75	1000 (905)	220/380 (Δ/Y)	2,30	69,0	0,72	2,0	2,1	5,3	0,0035	57	14
АИР80В6	1,1	1000 (905)	220/380 (Δ/Y)	3,20	72,0	0,73	2,0	2,1	5,5	0,0048	57	16
АИР80А8	0,37	750 (675)	220/380 (Δ/Y)	1,49	62,0	0,61	1,8	1,9	4,0	0,0030	56	15
АИР80В8	0,55	750 (680)	220/380 (Δ/Y)	2,17	63,0	0,61	1,8	2,0	4,0	0,0038	56	18
АИР90L2	3,0	3000 (2860)	220/380 (Δ/Y)	6,34	82,6	0,87	2,2	2,3	7,5	0,0024	76	17
АИР90L4	2,2	1500 (1410)	220/380 (Δ/Y)	5,10	80,0	0,81	2,3	2,3	7,0	0,0056	64	17
АИР90L6	1,5	1000 (920)	220/380 (Δ/Y)	4,00	76,0	0,75	2,0	2,1	5,5	0,0066	61	18
АИР90LA8	0,75	750 (680)	220/380 (Δ/Y)	2,43	70,0	0,67	1,8	2,0	4,0	0,0063	59	23
АИР90LB8	1,1	750 (680)	220/380 (Δ/Y)	3,36	72,0	0,69	1,8	2,0	5,0	0,0090	59	28
АИР100S2	4,0	3000 (2880)	220/380 (Δ/Y)	8,20	84,2	0,88	2,2	2,3	7,5	0,0070	77	20,5
АИР100L2	5,5	3000 (2900)	220/380 (Δ/Y)	11,1	85,7	0,88	2,2	2,3	7,5	0,0080	80	28
АИР100S4	3,0	1500 (1410)	220/380 (Δ/Y)	6,80	82,6	0,82	2,3	2,3	7,0	0,0100	64	21
АИР100L4	4,0	1500 (1435)	220/380 (Δ/Y)	8,80	84,2	0,82	2,3	2,3	7,0	0,0130	65	37
АИР100L6	2,2	1000 (935)	220/380 (Δ/Y)	5,60	79,0	0,76	2,0	2,1	6,5	0,0200	65	33,5
АИР100L8	1,5	750 (690)	220/380 (Δ/Y)	4,40	74,0	0,70	1,8	2,0	5,0	0,0123	61	33,5
АИР112M2	7,5	3000 (2895)	220/380 (Δ/Y)	14,9	87,0	0,88	2,2	2,3	7,5	0,0185	80	49
АИР112M4	5,5	1500 (1440)	220/380 (Δ/Y)	11,7	85,7	0,83	2,3	2,3	7,0	0,0236	71	45
АИР112MA6	3,0	1000 (960)	220/380 (Δ/Y)	7,40	81,0	0,76	2,1	2,1	6,5	0,0380	69	41
АИР112MB6	4,0	1000 (960)	220/380 (Δ/Y)	9,75	82,0	0,76	2,1	2,1	6,5	0,0425	69	50
АИР112MA8	2,2	750 (710)	220/380 (Δ/Y)	6,00	79,0	0,71	1,8	2,0	6,0	0,0221	64	46
АИР112MB8	3,0	750 (710)	220/380 (Δ/Y)	7,80	80,0	0,73	1,8	2,0	6,0	0,0288	64	53

Продолжение таблицы П2

Типоразмер двигателя	Мощность	Частота вращения условная (фактическая)	Напряжение	Сила тока	КПД	Коэффициент мощности	Соотношение крутящих моментов		Соотношение токов	Момент инерции	Уровень шума	Вес
	P, кВт	n, об/мин	U, В	I, А	η , %	cos φ	Mn/Mн	Mmax/Mн	In/Iн	J, кг·м²	L, дБ(А)	m, кг
AIP132M2	11	3000 (2900)	380/660 (Δ/Y)	21,2	88,4	0,89	2,2	2,3	7,5	0,0227	86	54
AIP132S4	7,5	1500 (1450)	380/660 (Δ/Y)	15,6	87,0	0,84	2,3	2,3	7,0	0,0227	71	52
AIP132M4	11	1500 (1460)	380/660 (Δ/Y)	22,5	88,4	0,84	2,2	2,3	7,0	0,0349	75	60
AIP132S6	5,5	1000 (960)	380/660 (Δ/Y)	12,9	84,0	0,77	2,1	2,1	6,5	0,0500	69	56
AIP132M6	7,5	1000 (970)	380/660 (Δ/Y)	17,2	86,0	0,77	2,0	2,1	6,5	0,0597	73	61
AIP132S8	4,0	750 (720)	380/660 (Δ/Y)	10,3	81,0	0,73	1,9	2,0	6,0	0,0690	68	70
AIP132M8	5,5	750 (720)	380/660 (Δ/Y)	13,6	83,0	0,74	1,9	2,0	6,0	0,0935	68	86
AIP160S2	15	3000 (2930)	380/660 (Δ/Y)	28,6	89,4	0,89	2,2	2,3	7,5	0,0500	86	116
AIP160M2	18,5	3000 (2930)	380/660 (Δ/Y)	34,7	90,0	0,90	2,0	2,3	7,5	0,0550	86	130
AIP160S4	15	1500 (1460)	380/660 (Δ/Y)	30,0	89,4	0,85	2,2	2,3	7,5	0,0600	75	125
AIP160M4	18,5	1500 (1470)	380/660 (Δ/Y)	36,3	90,0	0,86	2,2	2,3	7,5	0,0650	76	142
AIP160S6	11	1000 (970)	380/660 (Δ/Y)	24,5	87,5	0,78	2,0	2,1	6,5	0,0700	73	125
AIP160M6	15	1000 (970)	380/660 (Δ/Y)	31,6	89,0	0,81	2,0	2,1	7,0	0,0750	73	155
AIP160S8	7,5	750 (720)	380/660 (Δ/Y)	17,8	85,5	0,75	1,9	2,0	6,0	0,0800	68	125
AIP160M8	11	750 (730)	380/660 (Δ/Y)	25,5	87,5	0,75	2,0	2,0	6,5	0,0850	70	150
AIP180S2	22	3000 (2940)	380/660 (Δ/Y)	41,0	90,5	0,90	2,0	2,3	7,5	0,0620	89	150
AIP180M2	30	3000 (2950)	380/660 (Δ/Y)	55,4	91,4	0,90	2,0	2,3	7,5	0,0700	92	170
AIP180S4	22	1500 (1470)	380/660 (Δ/Y)	43,2	90,5	0,86	2,2	2,3	7,5	0,0700	76	160
AIP180M4	30	1500 (1470)	380/660 (Δ/Y)	57,6	91,4	0,86	2,2	2,3	7,2	0,0800	76	190
AIP180M6	18,5	1000 (980)	380/660 (Δ/Y)	38,6	90,0	0,81	2,1	2,1	7,0	0,0900	76	160
AIP180M8	15	750 (730)	380/660 (Δ/Y)	34,1	88,0	0,76	2,0	2,0	6,6	0,1000	73	172
AIP200M2	37	3000 (2950)	380/660 (Δ/Y)	67,9	92,0	0,88	2,0	2,3	7,5	0,1400	92	230
AIP200L2	45	3000 (2960)	380/660 (Δ/Y)	82,1	92,5	0,90	2,0	2,3	7,5	0,1600	92	255
AIP200M4	37	1500 (1475)	380/660 (Δ/Y)	70,2	92,0	0,87	2,2	2,3	7,2	0,1500	79	230
AIP200L4	45	1500 (1475)	380/660 (Δ/Y)	84,9	92,5	0,87	2,2	2,3	7,2	0,1800	81	260
AIP200M6	22	1000 (980)	380/660 (Δ/Y)	44,7	90,0	0,83	2,0	2,1	7,0	0,2000	76	195
AIP200L6	30	1000 (980)	380/660 (Δ/Y)	59,3	91,5	0,84	2,0	2,1	7,0	0,2500	76	225
AIP200M8	18,5	750 (730)	380/660 (Δ/Y)	41,1	90,0	0,76	1,9	2,0	6,6	0,3000	73	210
AIP200L8	22	750 (730)	380/660 (Δ/Y)	48,9	90,5	0,78	1,9	2,0	6,6	0,3500	73	225
AIP225M2	55	3000 (2970)	380/660 (Δ/Y)	100	93,0	0,90	2,0	2,3	7,5	0,2000	93	320
AIP225M4	55	1500 (1480)	380/660 (Δ/Y)	103	93,0	0,87	2,2	2,3	7,2	0,2000	81	325
AIP225M6	37	1000 (980)	380/660 (Δ/Y)	71,0	92,0	0,86	2,1	2,1	7,0	0,8250	78	360
AIP225M8	30	750 (735)	380/660 (Δ/Y)	63,0	91,0	0,79	1,9	2,0	6,5	0,8250	75	360
AIP250S2	75	3000 (2975)	380/660 (Δ/Y)	135	93,6	0,90	2,0	2,3	7,0	0,3500	94	450
AIP250M2	90	3000 (2975)	380/660 (Δ/Y)	160	93,9	0,91	2,0	2,3	7,1	0,4000	96	530
AIP250S4	75	1500 (1480)	380/660 (Δ/Y)	138,3	93,6	0,88	2,2	2,3	6,8	0,3500	83	450
AIP250M4	90	1500 (1480)	380/660 (Δ/Y)	165,5	93,9	0,88	2,2	2,3	6,8	0,4000	86	495
AIP250S6	45	1000 (980)	380/660 (Δ/Y)	86,0	92,5	0,86	2,1	2,0	7,0	1,2800	80	465
AIP250M6	55	1000 (980)	380/660 (Δ/Y)	104	92,8	0,86	2,1	2,0	7,0	1,4800	80	520
AIP250S8	37	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	78,0	91,5	0,79	1,9	2,0	6,6	1,3500	76	465
AIP250M8	45	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	94,0	92,0	0,79	1,9	2,0	6,6	1,5500	76	520
AIP280S2	110	3000 (2975)	380/660 (Δ/Y)	195	94,0	0,91	1,8	2,2	7,1	0,6000	96	650
AIP280M2	132	3000 (2975)	380/660 (Δ/Y)	233	94,5	0,91	1,8	2,2	7,1	0,7000	96	700
AIP280S4	110	1500 (1480)	380/660 (Δ/Y)	201	94,5	0,88	2,1	2,2	6,9	0,6000	86	650

Продолжение таблицы П2

Типоразмер двигателя	Мощность	Частота вращения условная (фактическая)	Напряжение	Сила тока	КПД	Коэффициент мощности	Соотношение крутящих моментов		Соотношение токов	Момент инерции	Уровень шума	Вес
	P, кВт	n, об/мин	U, В	I, А	η , %	cos φ	Mn/Mн	Mmax/Mн	In/Iн	J, кг·м²	L, дБ(А)	m, кг
AIP280M4	132	1500 (1480)	380/660 (Δ/Y)	240	94,8	0,88	2,1	2,2	6,9	0,7000	93	700
AIP280S6	75	1000 (985)	380/660 (Δ/Y)	142	93,5	0,68	2,0	2,0	6,7	2,6300	85	690
AIP280M6	90	1000 (985)	380/660 (Δ/Y)	169	93,8	0,86	2,0	2,0	6,7	3,3300	85	800
AIP280S8	55	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	111	92,8	0,81	1,8	2,0	6,6	2,6300	82	690
AIP280M8	75	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	150	93,5	0,81	1,8	2,0	6,2	3,3300	82	800
AIP315S2	160	3000 (2975)	380/660 (Δ/Y)	277	94,6	0,92	1,8	2,2	7,1	2,8200	99	1170
AIP315M2	200	3000 (2975)	380/660 (Δ/Y)	348	94,8	0,92	1,8	2,2	7,1	3,8600	99	1460
AIP315S4	160	1500 (1480)	380/660 (Δ/Y)	288	94,9	0,89	2,1	2,2	6,9	2,7000	93	1000
AIP315M4	200	1500 (1480)	380/660 (Δ/Y)	360	94,9	0,89	2,1	2,2	6,9	4,8200	97	1200
AIP315S6	110	1000 (985)	380/660 (Δ/Y)	207	94,0	0,86	2,0	2,0	6,7	3,6000	85	880
AIP315M6	132	1000 (985)	380/660 (Δ/Y)	245	94,2	0,87	2,0	2,0	6,7	6,0000	85	1050
AIP315S8	90	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	178	93,8	0,82	1,8	2,0	6,4	3,6000	82	880
AIP315M8	110	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	217	94,0	0,82	1,8	2,0	6,4	6,0000	82	1050
AIP355M2	250	3000 (2980)	380/660 (Δ/Y)	433	95,2	0,92	1,6	2,2	7,1	3,0000	103	1900
AIP355L2	315	3000 (2980)	380/660 (Δ/Y)	545	95,4	0,92	1,6	2,2	7,1	3,5000	103	2300
AIP355M4	250	1500 (1490)	380/660 (Δ/Y)	443	95,2	0,90	2,1	2,2	6,9	6,5000	101	1700
AIP355L4	315	1500 (1490)	380/660 (Δ/Y)	559	95,2	0,90	2,1	2,2	6,9	8,2000	101	1900
AIP355MA6	160	1000 (990)	380/660 (Δ/Y)	292	94,5	0,88	1,9	2,0	6,7	9,5000	92	1550
AIP355MB6	200	1000 (990)	380/660 (Δ/Y)	365	94,5	0,88	1,9	2,0	6,7	10,400	92	1600
AIP355L6	250	1000 (990)	380/660 (Δ/Y)	457	94,5	0,88	1,9	2,0	6,7	12,400	92	1700
AIP355MLC6	315	1000 (990)	380/660 (Δ/Y)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AIP355MA8	132	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	261	93,7	0,82	1,8	2,0	6,4	7,9000	90	2000
AIP355MB8	160	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	315	94,2	0,82	1,8	2,0	6,4	10,3000	90	2150
AIP355L8	200	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	387	94,5	0,83	1,8	2,0	6,4	12,3000	90	2250
AIP355MLB8	250	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AIP355MLCB	315	750 (740)	380/660 (Δ/Y)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица ПЗ – Технические данные магнитных пускателей серии ПМЛ

Наименование параметра	Обозначение параметра					
						
Серии	ПМЛ-1210 ПМЛ-1230	ПМЛ-1611 ПМЛ-1621 ПМЛ-1631	ПМЛ-1210Д ПМЛ-1230Д	ПМЛ-1611Д ПМЛ-1621Д ПМЛ-1631Д	ПМЛ-2210 ПМЛ-2230	ПМЛ-2611 ПМЛ-2621 ПМЛ-2631
Род тока главной цепи	переменный					
Номинальный ток, А	10		16		25	
Мощность двигателя (АС-3) при 380 В 50 Гц, кВт	4,0		7,5		11	
Вспомогательные контакты «з» - замыкающий «р» - размыкающий	1 «з»	1 «з» + 2 «р»	1 «з»	1 «з» + 2 «р»	1 «з»	1 «з» + 2 «р»
Исполнение	неревверсивное	реверсивное	неревверсивное	реверсивное	неревверсивное	реверсивное
Вид климатического исполнения	УХЛ2					
Степень защиты	IP54					
Исполнение по коммутационной износостойкости, млн циклов (АС-3)	Б-1,5	Б-1,0				
Исполнение по механической износостойкости, млн циклов	Б-10					
Максимальная частота включения без нагрузки/с нагрузкой, включений в час (АС-3)	3600/2400		3600/1200			
Номинальный рабочий ток, А (АС-3) до 380 В	10		16		23	
Номинальный рабочий ток, А (АС-3) при 660 В	5		10		15	
Номинальный рабочий ток, А (АС-1)	20		32		40	
Номинальный рабочий ток, А (АС-4) до 380 В	3,5		7,7		8,5	
Номинальный рабочий ток, А (АС-4) при 660 В	1,5		3,8		4,4	
Номинальное напряжение главной цепи, В	до 660					
Род тока цепи управления	переменный					
Номинальное напряжение цепи управления, В	24, 36, 42, 48, 110, 120, 127*, 220*, 240, 380*, 400, 415, 440, 480, 660					
Мощность, потребляемая катушкой						
включение, ВА	70				110	
удержание, ВА	8				11	
Номинальное напряжение изоляции, В	660					
Размеры						
Габаритные (ВхШхГ), мм	160х87х116,5	280х123х143	185х101х134	280х123х143	185х101х134	280х123х143
Установочные, мм	140 (2 винта М5)	260 (2 винта М5)	165 (2 винта М5)	260 (2 винта М5)	165 (2 винта М5)	260 (2 винта М5)
Масса не более, кг	1,04	2,15	1,2	2,7	1,2	2,7
	1,13	2,23	1,29	2,77	1,29	2,77
		2,27		2,85		2,85

Продолжение таблицы ПЗ

Наименование параметра	Обозначение параметра					
						
Серии	ПМЛ-3210 ПМЛ-3230	ПМЛ-3210Д ПМЛ-3220Д ПМЛ-3230Д	ПМЛ-3611Д ПМЛ-3621Д ПМЛ-3631Д	ПМЛ-3610 ПМЛ-3620 ПМЛ-3630	ПМЛ-4210 ПМЛ-4230	ПМЛ-4610 ПМЛ-4620 ПМЛ-4630
Род тока главной цепи	переменный					
Номинальный ток, А	40				63	
Мощность двигателя (АС-3) при 380 В 50 Гц, кВт	18,5				30	
Вспомогательные контакты «з» - замыкающий «р» - размыкающий	1 «з» + 1 «р»	1 «з»	1 «з» + 2 «р»	1 «з»	1 «з» + 1 «р»	1 «з»
Исполнение	нереверсивное		реверсивное		нереверсивное	реверсивное
Вид климатического исполнения	УХЛ2					
Степень защиты	IP54					
Исполнение по коммутационной износостойкости, млн циклов (АС-3)	Б-1,0					
Исполнение по механической износостойкости, млн циклов	Б-10					
Максимальная частота включения без нагрузки/с нагрузкой, включений в час (АС-3)	3600/1200					
Номинальный рабочий ток, А (АС-3) до 380 В	34				53	
Номинальный рабочий ток, А (АС-3) при 660 В	21				43	
Номинальный рабочий ток, А (АС-1)	60				80	
Номинальный рабочий ток, А (АС-4) до 380 В	18,5				28	
Номинальный рабочий ток, А (АС-4) при 660 В	9				14	
Номинальное напряжение главной цепи, В	до 660					
Род тока цепи управления	переменный					
Номинальное напряжение цепи управления, В	24, 36, 42, 48, 110, 120, 127*, 220*, 240, 380*, 400, 415, 440, 480, 660					
Мощность, потребляемая катушкой						
включение, ВА	200					
удержание, ВА	20					
Номинальное напряжение изоляции, В	660					
Размеры						
Габаритные (ВхШхГ), мм	280x164x166	280x164x170	280x164x166	258x175x309	280x164x166	258x175x309
Установочные, мм	260 (2 винта М5)			165x165 (4 винта М6)	260 (2 винта М5)	165x165 (4 винта М6)
Масса не более, кг	3,1	2,4	3,24	6	3,11	6
	3,15	2,42	3,24	6,08	3,16	6,08
		2,44	3,3	6,12		6,12

Продолжение таблицы ПЗ

Наименование параметра	Обозначение параметра						
							
Серии	ПМЛ-1220	ПМЛ-1220Д	ПМЛ-2220	ПМЛ-2220Д	ПМЛ-3220	ПМЛ-4220	ПМЛ-5220Д
Род тока главной цепи	переменный						
Номинальный ток, А	10	16	25	32	40	63	100
Мощность двигателя (АС-3) при 380 В 50 Гц, кВт	4,0	7,5	11	15	18,5	30	45
Вспомогательные контакты «з» - замыкающий «р» - размыкающий	1 «з»				1 «з» + 1 «р»		
Исполнение	нереверсивное						
Вид климатического исполнения	УХЛЗ						
Степень защиты	IP54						
Исполнение по коммутационной износостойкости, млн циклов (АС-3)	Б-1,5	Б-1,0					
Исполнение по механической износостойкости, млн циклов	Б-10						Б-5
Максимальная частота включения без нагрузки/с нагрузкой, включений в час (АС-3)	3600/2400	3600/1200					3600/750
Номинальный рабочий ток, А (АС-3) до 380 В	10	16	23	28	34	53	86
Номинальный рабочий ток, А (АС-3) при 660 В	5	10	15	18	21	43	56
Номинальный рабочий ток, А (АС-1)	20	32	40	50	60	80	120
Номинальный рабочий ток, А (АС-4) до 380 В	3,5	7,7	8,5	12	18,5	28	44
Номинальный рабочий ток, А (АС-4) при 660 В	1,5	3,8	4,4	7,5	9	14	21,3
Номинальное напряжение главной цепи, В	до 660						
Род тока цепи управления	Переменный						
Номинальное напряжение цепи управления, В	24, 36, 42, 48, 110, 120, 127, 220, 240, 380, 400, 415, 440, 480, 660						
Мощность, потребляемая катушкой							
включение, ВА	70		110		200		
удержание, ВА	8		11		20		
Номинальное напряжение изоляции, В	660						
Размеры							
Габаритные (ВхШхГ), мм	166x88x140		185x101x142		312x180x181		
Установочные, мм	150 (2 винта М5)		165 (2 винта М5)		200x105 (4 винта М6)		
Масса не более, кг	1,3		1,5	1,6	2,4	3,2	4,2

Таблица П4 – Технические данные тепловых реле

Обозначение типоисполнения реле	Номинальный ток, А	Диапазон токовой уставки, А	Условное обозначение диапазона токовой уставки	Потребляемая мощность одним полюсом реле, Вт, не более	Номинальное сечение присоединяемых проводов, мм	
					медь	аллюминий
Тепловые реле						
РТЛ-1001-2	25	0,1 -0,16	001	2,5	1,0	2,5
РТЛ-1002-2		0,16-0,25	002		1,0	2,5
РТЛ-1003-2		0,25 - 0,4	003		1,0	2,5
РТЛ-1004-2		0,4-0,63	004		1,0	2,5
РТЛ-1005-2		0,63-1,0	005		1,0	2,5
РТЛ-1006-2		1-1,6	006		1,0	2,5
РТЛ-1006Д-2		1,25-2	006Д		1,0	2,5
РТЛ-1007-2		1,6-2,5	007		1,0	2,5
РТЛ-1008-2		2,5-4,0	008		1,0	2,5
РТЛ-1010-2		4,0-6,0	010		1,0	2,5
РТЛ-1012-2		5,5-8,0	012		1,0	2,5
РТЛ-1014-2		7-10	014		1,5	2,5
РТЛ-1016-2		9-13	016		1,5	2,5
РТЛ-1021-2		12-18	021		2,5	4,0
РТЛ-1022-2		17-25	022		4,0	6,0
РТЛ-1023-2	36	23-32	023	6,0	10,0	
РТЛ-2053Д-2		25-32	053	2,8	6,0	10,0
РТЛ-2055Д-2		28-36	055	10,0	16,0	
РТЛ-2053-2	100	23-32	053	6,0	10,0	
РТЛ-2055-2		30-40	055	10,0	16,0	
РТЛ-2057-2		37-50	057	10,0	16,0	
РТЛ-2059-2		48-65	059	4,5	16,0	25,0
РТЛ-2061-2		55-70	061	25,0	25,0	
РТЛ-2063-2		63-80	063	25,0	35,0	
РТЛ-2064-2		80-93	064	35,0	50,0	

Таблица П5 – Технические данные автоматических выключателей

Серия	Номинальный ток, А	Номинальный ток расцепителя, А	Кратность тока срабатывания максимального расцепителя	Коэффициент надежности срабатывания
BA-51-37	400	250; 320; 400	10I _{нр}	1,25
BA-52-39	630	250; 320; 400; 500 630	12I _{нр} 10I _{нр}	1,25
BA-55-31	100	25; 40; 63; 100	2;3;5;7;9I _{нр}	1,2
BA-57-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	400; 800; 1200	1,3
BA-57-35	250	16; 20; 25 31,5; 40; 50 63; 80; 100; 125 160 200; 250	320 630 1250 1600 2500	1,3
BA-51Г-25	25	5,0; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	7;10I _{нр}	1,25
BA-51-25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	14I _{нр}	1,25
AE2036	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	12I _{нр}	1,25
AE2046	63	2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	12I _{нр}	1,25
AE2056	100	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	12I _{нр}	1,25
AE2066	160	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	12I _{нр}	1,25
A3716Б	160	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80 100; 125; 160	630 630; 1600 630; 1600	1,25
A3726Б	250	160; 200; 250	2500	1,25
A3736Б	400	400	4000	1,25