

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова»
Многопрофильный колледж



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ
ПМ.02 Оборудование цеха обработки металлов давлением, наладка и контроль за его
работой
МДК.02.02 Электрооборудование цехов ОМД
для обучающихся специальности
22.02.05 Обработка металлов давлением**

Магнитогорск, 2022

ОДОБРЕНО:

Предметно-цикловой комиссией
«Металлургия и ОМД»
Председатель О.В. Шелковникова
Протокол № 10 от 22.06.2022г.

Методической комиссией МпК

Протокол № 6 от 29.06.2022г.

Составитель:

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» МпК В.М Агутин

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы ПМ.02 Оборудование цеха обработки металла давлением, наладка и контроль за его работой, МДК.02.02 Электрооборудование цехов ОМД.

Содержание практических работ ориентировано на формирование общих и профессиональных компетенций по программе подготовки специалистов среднего звена по специальности 22.02.05 Обработка металла давлением (базовой подготовки).

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2 Методические указания	5
Практическая работа 28	5
Практическая работа 29	6
Практическая работа 30	7
Практическая работа 31	8
Практическая работа 32	9
Практическая работа 33	10
Практическая работа 34	11
Практическая работа 35	12
Лабораторная работа 3	13
Лабораторная работа 4	14
Практическая работа 36	15
Практическая работа 37	16
Практическая работа 38	17
Практическая работа 39	18

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические занятия.

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности).

Ведущей дидактической целью является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой ПМ.00 Оборудование цеха обработки металлов давлением, наладка и контроль за его работой, МДК.02.02 Электрооборудование цехов ОМД, предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.

- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса

- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на формирование общих компетенций по профессиональному модулю программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 2.1. Выбирать соответствующее оборудование, оснастку и средства механизации для ведения технологического процесса

ПК 2.2. Проверять исправность и оформлять техническую документацию на технологическое оборудование

ПК 2.3. Производить настройку и профилактику технологического оборудования

ПК 2.4. Выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса

ПК 2.5. Эксплуатировать технологическое оборудование в плановом и аварийном режимах

ПК 2.6. Производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

А также формированию **общих компетенций:**

ОК.1 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

ОК.2 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК.4 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде

ОК.6 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения

ОК.7 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях

ОК.9 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

При выполнении обучающимися практических и лабораторных работ по ПМ.02 Оборудование цеха обработки металлов давлением, наладка и контроль за его работой, МДК.02.02 Электрооборудование цехов ОМД учащийся должен:

- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

- анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;
- определять этапы решения задачи
- выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- составлять план действия;
- определять необходимые ресурсы;
- владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах
- реализовывать составленный план;
- оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)
- определять необходимые источники информации
- оценивать практическую значимость результатов поиска;
- оформлять результаты поиска, применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач;
- использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач
- определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по специальности, осуществлять работу с соблюдением принципов бережливого производства

Практические занятия и лабораторные работы проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.1 Основы теории электропривода

Практическая работа № 28

Особенности электродвигателей, применяемых в металлургических цехах

Цель работы:

Изучить особенности электропривода и электродвигателей, применяемых в металлургических цехах

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

1. Выявить недостатки и преимущества различных видов электропривода
2. Выполнить классификацию двигателей по охлаждению и исполнению в зависимости от условий окружающей среды.

Ход работы

1. Изучение теоретического материала
2. Преимущества и недостатки различных видов привода и двигателей.
3. Ответить на контрольные вопросы и сделать вывод по области применения двигателей.

Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

Электропривод постоянного и переменного тока

Преимущества эл.привода постоянного тока:

Широкое и плавное регулирование скорости

Недостатки:

Необходимость установки дорогих и сложных преобразователей

Сложен в конструктивном отношении и в уходе из-за коллектора

Преимущества эл.привода переменного тока:

Не требует установки дорогих выпрямителей
Прост в конструктивном отношении и в уходе
Недостатки:

Не предоставляет плавного регулирования скорости

Классификация двигателей по степени защиты от окружающей среды:

Открытые двигатели, не имеют спец.устройств защищающих от попадания внутрь машины посторонних предметов и от вредного действия окр.среды; устанавливаются в сухих и чистых помещениях за спец.ограждением.

Защищённые двигатели, имеют спец.защитные приспособления (сетки, щитки, козырьки и др.), которые прикрывают отверстия в корпусе двигателя и препятствуют попаданию в машину мелких предметов, брызг, капель и др. Их делят на 3 категории: от попадания посторонних тел; от попадания капель сверху; от дождя и брызг.

Закрытые двигатели, имеют плотно закрытый корпус.

Их делят на 3 категории: невентилируемые; с независимой вентиляцией; герметически закрытые.

Взрывобезопасные двигатели, имеют спец.прочный корпус, который противостоит без повреждения взрыву газа внутри двигателя и не передаёт пламя в окр. его взрывоопасную атмосферу.

Классификация двигателей по способу охлаждения:

1) Двигатели с естественным охлаждением, не имеющие спец.устройств для охлаждения.

2) Двигатели с самовентиляцией, охлаждение производится с помощью крыльчатки, укрепленной на валу двигателя.

3) Двигатели с независимым охлаждением, охладитель (воздух или вода) подводится спец.вентилятором или насосом.

Двигатели краново-металлургической серии.

Краново-металлургический привод характеризуется повторно-кратковременным режимом работы при большой частоте включения (до 2000-3000 в час), большими перегрузками, пусковыми токами и т.п. Двигатели должны обеспечивать различные режимы электрического торможения, электродвигатели приводов крановых механизмов работают в условиях повышенной тряски, а в ряде случаев – при высокой температуре окр.атмосферы (до 70°C).

Крановые электродвигатели характеризуются повышенной перегрузочной способностью, прочностью и надёжным закреплением элементов механической части. Электродвигатели в основном выполняют закрытыми с естественным охлаждением, а также с внешним обдувом и с независимой вентиляцией. Мощность двигателей достигает 160 кВт.

Отношение длины пакета ротора к его диаметру у этих двигателей больше чем у двигателей общепромышленной серии. Это уменьшает момент инерции, потери энергии и увеличивает производительность за счёт более быстрого пуска и торможения при большом количестве включений в час.

Классификация классов изоляций

Класс нагревостойкости	Допустимая температура, °C	Характеристика материалов
Y	90	Непропитанные хлопчатобумажные ткани, пряжа, бумага и волокнистые материалы из целлюлозы и шёлка.
A	105	Те же материалы, но пропитанные жидким диэлектриком (маслом, лаком) или опущенные в трансформаторное масло.
E	120	Синтетические органические плёнки, пластмассы (гетинакс, текстолит), изоляция эмалированных проводов на основе лаков.
B	130	Материалы из слюды, асбеста и стекловолокна, содержащие связующие органические вещества и некоторые пластмассы с минеральным наполнением
F	155	Те же материалы в сочетании с кремний-органическими связующими и пропитывающими веществами.
H	180	Те же материалы, но в сочетании с кремний-органическими связующими и пропитывающими веществами, а так же кремнийорганическая резина.
C	>180	Слюда, электротехническая керамика, стекло, кварц, асбест, применяемые без связующих или с неорганическими связующими.

Контрольные вопросы

1. Какому электроприводу, при выборе, отдается предпочтение?
2. Как охлаждается двигатель с самовентиляцией?
3. Чем отличается двигатель безопасного исполнения от других двигателей?
4. Что дает особенность конструкции двигателя краново-металлургической серии?
5. С каким классом изоляции изготавливают двигатель краново-металлургической серии?

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.1 Основы теории электропривода

Практическая работа № 29

Регулирование скорости двигателей постоянного тока

Цель работы:

1. Изучить способы регулирования скорости двигателей постоянного тока
2. Определить преимущества и недостатки различных способов регулирования

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

1. Изучить способы регулирования скорости двигателей постоянного тока.
2. Определить преимущества и недостатки различных способов.

Ход работы

1. Изучение теоретического материала.
2. Определить возможные способы регулирования скорости двигателей прокатных станов.
3. Ответить на контрольные вопросы и сделать выводы по работе.

Форма предоставления результата: отчет

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

Из уравнения электромеханической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения следует, что возможны три способа регулирования его угловой скорости:

- 1) регулирование за счет изменения величины сопротивления реостата в цепи якоря,
- 2) регулирование за счет изменения потока возбуждения двигателя Φ ,

3) регулирование за счет изменения подводимого к обмотке якоря двигателя напряжения U . Ток в цепи якоря $I_{\text{я}}$ и момент M , развиваемый двигателем, зависят только от величины нагрузки на его валу.

Рассмотрим первый способ регулирования скорости двигателя постоянного тока изменением сопротивления в цепи якоря. Схема включения двигателя для этого случая представлена на рис. 1, а электромеханические и механические характеристики — на рис. 2, а.

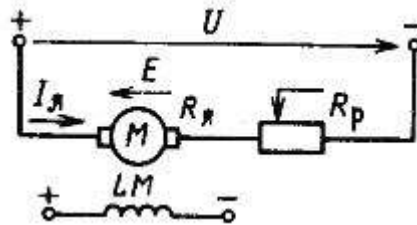


Рис. 1. Схема включения двигателя постоянного тока независимого возбуждения

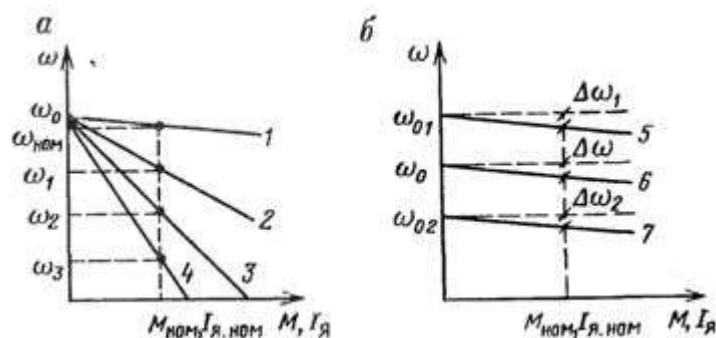


Рис. 2. Механические характеристики двигателя постоянного тока при различных сопротивлениях цепи якоря (а) и напряжениях (б)

Изменяя сопротивление реостата в цепи якоря можно получить при номинальной нагрузке различные угловые скорости электродвигателя на искусственных характеристиках — ω_1 , ω_2 , ω_3 .

Проведем анализ данного способа регулирования угловой скорости двигателей постоянного тока с помощью основных технико-экономических показателей. Так как при данном способе регулирования изменяется жесткость характеристик в широких пределах, то при скоростях менее половины номинальной стабильность работы двигателя резко ухудшается. По этой причине диапазон регулирования скорости ограничен ($D = 2 - 3$).

Скорость при данном способе можно регулировать в сторону уменьшения от основной, о чем свидетельствуют электромеханические и механические характеристики. Высокую плавность регулирования трудно обеспечить, так как потребовалось бы значительное количество ступеней регулирования и соответственно большое число контакторов. Полное использование двигателя по току (нагреву) в этом случае достигается при регулировании с постоянным моментом нагрузки.

Недостатком рассматриваемого способа является наличие значительных потерь мощности при регулировании, которые пропорциональны относительному изменению угловой скорости.

Достоинством рассмотренного способа регулирования угловой скорости являются простота и надежность схемы управления.

Учитывая большие потери в реостате при малых скоростях, данный способ регулирования скорости применяется для приводов с кратковременным и повторно-кратковременным режимами работы.



При втором способе регулирования угловой скорости двигателей постоянного тока независимого возбуждения осуществляется изменением величины магнитного потока за счет введения в цепь обмотки возбуждения дополнительного реостата. При ослаблении потока угловая скорость двигателя как при нагрузке, так и при холостом ходе возрастает, а при усилении потока — уменьшается. Практически возможно изменение скорости только в сторону увеличения ввиду насыщения двигателя.

При увеличении скорости ослаблением потока допустимый момент двигателя постоянного тока изменяется по закону гиперболы, а мощность остается постоянной. Диапазон регулирования скорости для данного способа $D = 2 - 4$.

Механические характеристики для различных значений потока двигателя приведены на рис. 2, а и 2, б, из которых видно, что характеристики в пределах номинального тока имеют высокую степень жесткости.

Обмотки возбуждения двигателей постоянного тока независимого возбуждения обладают значительной индуктивностью. Поэтому при ступенчатом изменении сопротивления реостата в цепи обмотки возбуждения ток, а следовательно, и поток будут изменяться по экспоненциальному закону. В связи с этим регулирование угловой скорости будет осуществляться плавно.

Существенными преимуществами данного способа регулирования скорости являются его простота и высокая экономичность.

Данный способ регулирования используют в приводах в качестве вспомогательного, обеспечивающего повышение скорости при холостом ходе механизма.

Третий способ регулирования скорости заключается в изменении напряжения, подводимого к обмотке якоря двигателя. Угловая скорость двигателя постоянного тока независимо от нагрузки изменяется прямо пропорционально напряжению, подводимому к якорю. Поскольку все регулировочные характеристики являются жесткими, а степень их жесткости остается для всех характеристик неизменной, работа двигателя является стабильной на всех угловых скоростях и, следовательно, обеспечивается широкий диапазон регулирования скорости независимо от нагрузки. Этот диапазон равен 10 и может быть расширен за счет специальных схем управления.

При данном способе угловую скорость можно уменьшать и увеличивать относительно основной. Повышение скорости ограничено возможностями источника энергии с регулируемым напряжением и U_n двигателя.

Если источник энергии обеспечивает возможность непрерывного изменения подводимого к двигателю напряжения, то регулирование скорости двигателя будет плавным.

Данный способ регулирования является экономичным, так-так регулирование угловой скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения осуществляется без дополнительных потерь мощности в силовой цепи якоря. По всем перечисленным выше показателям данный способ регулирования по сравнению с первым и вторым наилучший.

Контрольные вопросы

1. Какой способ регулирования скорости дает самый широкий диапазон?
2. Какой способ регулирования скорости позволяет регулировать скорость с высокой плавностью?
3. Какой способ регулирования скорости самый перспективный?
4. Какой способ регулирования скорости применяется в электроприводе прокатных станов?

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.1 Основы теории электропривода

Практическая работа № 30

Регулирование скорости двигателей переменного тока

Цель работы:

1. Изучить способы регулирования скорости двигателей переменного тока
2. Определить преимущества и недостатки различных способов регулирования

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

1. Изучить теоретический материал.
2. Изучить способы регулирования скорости асинхронных электродвигателей.

Ход работы

1. Изучение теоретического материала.
2. Определение способов регулирования скорости
3. Определить возможные способы регулирования скорости двигателей прокатных станов
4. Ответить на контрольные вопросы и сделать выводы по работе.

Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

Регулирование скорости вращения асинхронного двигателя ведением сопротивления в цепь ротора.

Введение сопротивления в цепь ротора (реостатное регулирование) позволяет, как и у двигателей постоянного тока, регулировать скорость вращения двигателя. Плавность регулирования зависит от числа ступеней включаемого сопротивления. Регулирование

осуществляется вниз от основной скорости, причём лучшее использование двигателя достигается при регулировании с постоянным моментом. Диапазон регулирования непостоянен и зависит от нагрузки. Жёсткость характеристик значительно уменьшается по мере снижения скорости, что ограничивает диапазон регулирования до $(2\div 3) : 1$. Недостатком этого способа регулирования являются также значительные потери энергии.

Более благоприятным в отношении потерь энергии является реостатное регулирование скорости при вентиляторном моменте нагрузки, когда подводимая мощность значительно уменьшается по мере снижения скорости. Поэтому такой способ регулирования находит более широкое применение в приводах с вентиляторным моментом нагрузки, а также в механизмах с повторно-кратковременным режимом работы, как, например, в крановых устройствах.

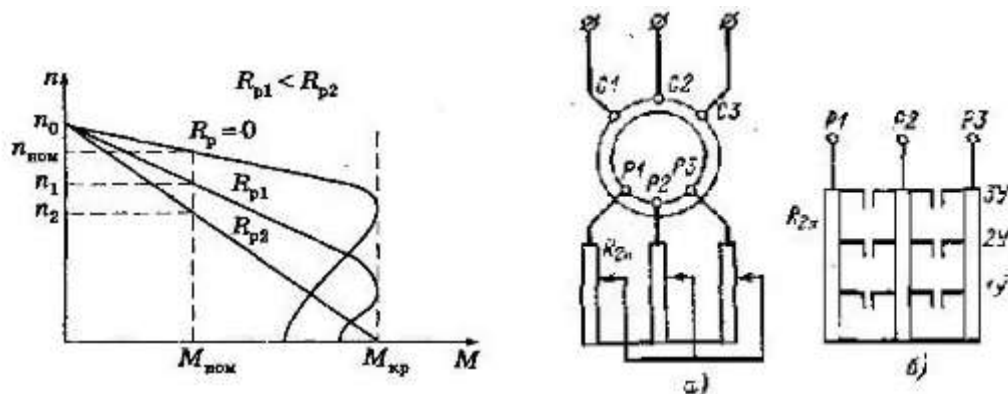


Рисунок 1-Регулирование скорости АД изменением сопротивления в цепи ротора.

Регулирование скорости вращения асинхронного двигателя изменением числа полюсов.

Синхронная угловая скорость асинхронного электродвигателя зависит от частоты f_1 питающего напряжения и от числа пар полюсов статора p :

$$\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p}$$

или синхронная скорость вращения

$$n_0 = \frac{60 f_1}{p}, \text{ об/мин.}$$

Поэтому числом пар полюсов можно регулировать скорость вращения двигателя.

У двигателей с переключением числа полюсов обмотка каждой фазы состоит обычно из двух одинаковых частей, в одной из которых изменяется направление тока путём переключения этих частей с последовательного на параллельное соединение. Такое переключение (рис. 2) приводит к уменьшению числа полюсов вдвое и, следовательно, к увеличению вдвое синхронной скорости машины.

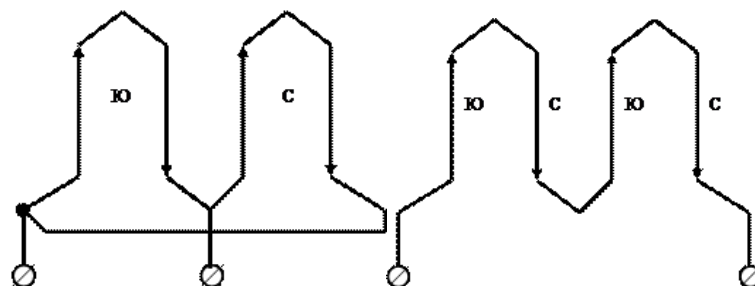


Рисунок 2 - Схема переключения обмоток статора с последовательного на параллельное соединение.

Практически присоединение обмоток производится переключением обмотки статора по схеме, приведённой на рисунке 3, где осуществлён переход от одиночной звезды к двойной, или по схеме, где произведено переключение с треугольника на двойную звезду.

Кроме двухскоростных двигателей, применяются трёхскоростные двигатели, имеющие дополнительно ещё одну не переключаемую обмотку, а также четырёхскоростные двигатели, в статоре которых обычно закладывается две независимые обмотки на разные числа полюсов, каждая из которых переключается по одной из указанных выше схем.

Двигатели с переключением полюсов выполняют с короткозамкнутым ротором.

Регулирование скорости вращения переключением полюсов является не плавным, а ступенчатым. Вместе с тем рассматриваемый способ регулирования является весьма экономичным и отличается механическими характеристиками, обладающие большой жёсткостью.

Благодаря своим преимуществам двигатели с переключением полюсов находят широкое применение там, где не требуется плавного регулирования скорости, например в некоторых металлорежущих станках в целях уменьшения количества механических передач. Они применяются также для вентиляторов, насосов, элеваторов в цементной, нефтяной и других отраслях промышленности.

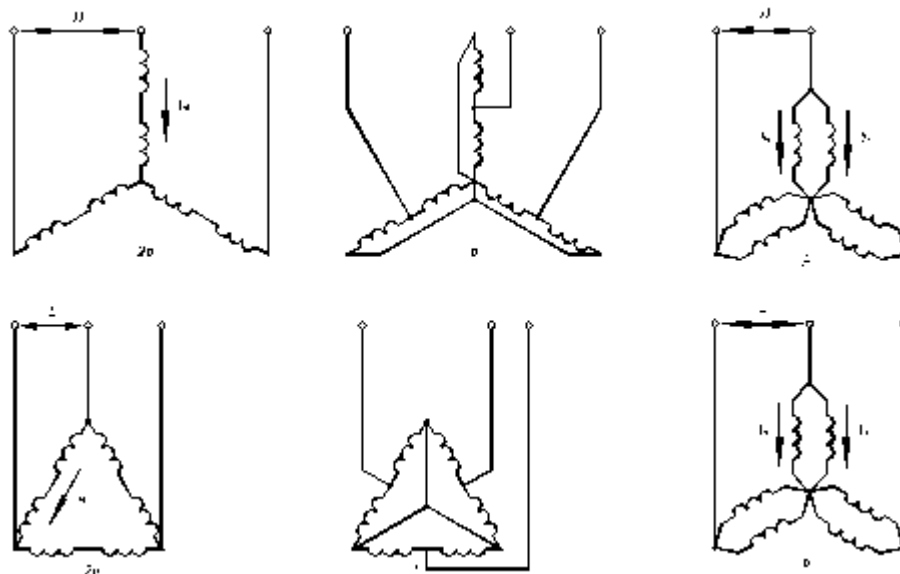


Рисунок 3 - Схемы переключения обмоток статора на двойную звезду

Регулирование путем изменения частоты питающего напряжения. Этот способ требует наличия преобразователя частоты, к которому должен быть подключен асинхронный двигатель. На основе управляемых полупроводниковых вентилей (тириستоров) созданы статические преобразователи частоты и построен ряд электроприводов. Такой способ регулирования частоты вращения ротора асинхронного двигателя является весьма перспективным. Однако при изменении частоты тока f пропорционально изменяется угловая скорость поля. При осуществлении регулирования частоты тока нужно учесть, что необходимо одновременное регулирование напряжения. Это связано с тем, что ЭДС фазы, а следовательно, и питающее напряжение пропорциональны частоте тока и потоку. Так как поток должен сохраняться во всех режимах одним и тем же, то напряжение должно быть (без учета падений напряжения в машине)

пропорциональным частоте. Кроме того, это нужно для того, чтобы при изменении частоты вращения двигателя не изменялся его вращающий момент.

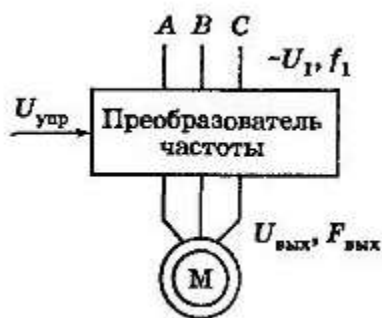


Рисунок 4-Схема включения АД при частотном регулировании

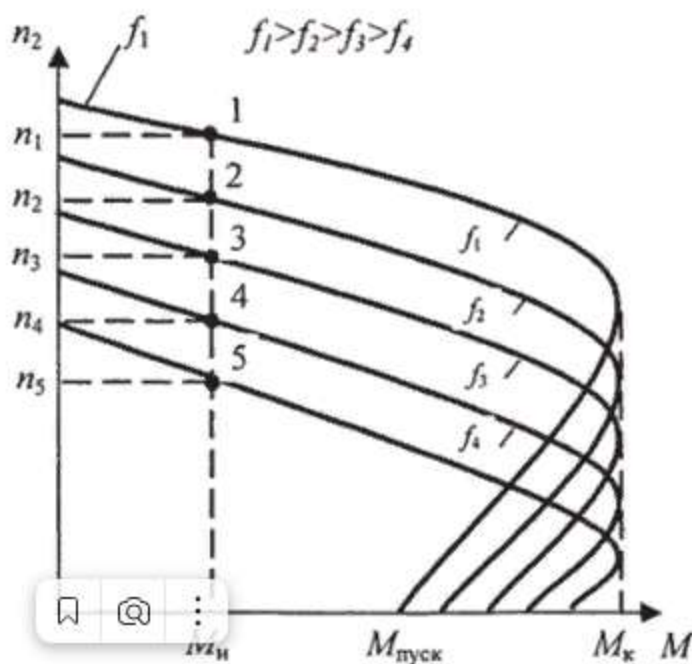


Рисунок 5- Механические характеристики АД при частотном регулировании.

При постоянном номинальном моменте M_n на валу двигателя частота вращения при частотах 4- /5 будет определяться точками пересечения прямой M_n с механическими характеристиками АД (точки 1, 2, 3, 4, 5) и изменяться от n_1 до n_5 . Для поддержания основного магнитного потока двигателя с изменением частоты в такой же степени изменяется и напряжение, а их отношение $u_{1\phi}/f_x$ остается постоянным.

Большинство современных **преобразователей частоты** построено по схеме двойного преобразования. Они состоят из следующих основных частей: звена постоянного тока (неуправляемого выпрямителя), силового импульсного инвертора и системы управления.

Звено постоянного тока состоит из неуправляемого выпрямителя и фильтра. Переменное напряжение питающей сети преобразуется в нем в напряжение постоянного тока.

Силовой трехфазный импульсный инвертор содержит шесть транзисторных ключей. Каждая обмотка электродвигателя подключается через соответствующий ключ к положительному и отрицательному выводам выпрямителя. Инвертор осуществляет преобразование выпрямленного напряжения в трехфазное переменное напряжение нужной частоты и амплитуды, которое прикладывается к обмоткам статора электродвигателя.

В выходных каскадах инвертора в качестве ключей используются силовые IGBT-транзисторы. По сравнению с тиристорами они имеют более высокую частоту переключения, что позволяет вырабатывать выходной сигнал синусоидальной формы с минимальными искажениями. Регулирование выходной частоты $f_{\text{вых}}$ и выходного напряжения осуществляется за счет высокочастотной широтно-импульсной модуляции.

Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя изменением напряжения на статоре

Изменение напряжения, подводимого к обмотке статора асинхронного двигателя, позволяет регулировать скорость с помощью относительно простых технических средств и схем управления. Для этого между сетью переменного тока со стандартным напряжением U_1 и статором электродвигателя включается **регулятор напряжения**.

При регулировании частоты вращения асинхронного двигателя изменением напряжения, подводимого к обмотке статора, критический момент $M_{\text{кр}}$ асинхронного двигателя изменяется пропорционально квадрату подводимого к двигателю напряжения $U_{\text{рег}}$ (рис. 6), а скольжение от $U_{\text{рег}}$ не зависит.

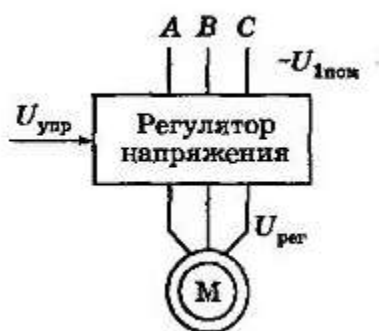


Рисунок 6-Регулирование скорости АД изменением подводимого напряжения

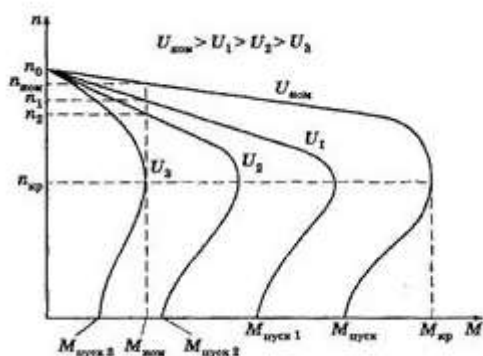


Рисунок 7- Механические характеристики при регулирование скорости АД изменением подводимого напряжения

Контрольные вопросы

1. Перечислите способы регулирования скорости асинхронных двигателей.
2. Укажите преимущества и недостатки различных способов регулирования скорости.
3. Какой способ регулирования является наиболее эффективным и почему?

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.1 Основы теории электропривода

Практическая работа № 31

Тиристорный электропривод постоянного тока

Цель работы:

1. Изучить устройство и принцип действия тиристора.
2. Работа тиристорного электропривода и системы управления

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

1. Изучить теоретический материал.
2. Определить назначение тиристорного электропривода и основные преимущества.

Ход работы

1. Повторить теоретический материал.
2. Изучить основные элементы тиристорного электропривода..
3. Определить назначение систем управления.
4. Изучить основные схемы включения.
5. Ответить на контрольные вопросы и сделать выводы по работе

Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

В промышленности широкое распространение получили приводы с управляемыми полупроводниковыми вентилями — тиристорами. Тиристоры изготавливают на ток, достигающий до сотен ампер, на напряжение до 1000 и более вольт. Они отличаются высоким к. п. д., относительно малыми размерами, высоким быстродействием и способностью работать в широком диапазоне температуры окружающей среды (от -60 до +60 °С).

Тиристор представляет собой не полностью управляемый прибор, который включается подачей соответствующего потенциала на управляющий электрод, а отключается только принудительным разрывом цепи тока за счет отключения напряжения, естественного перехода его

через нуль или подачи гасящего напряжения обратного знака. Изменением момента подачи управляющего напряжения (его задержкой) можно регулировать среднее значение выпрямленного напряжения и тем самым скорость двигателя.

Среднее значение выпрямленного напряжения при отсутствии регулирования в основном определяется схемой включения тиристорного преобразователя. Схемы преобразователей делятся на два класса: с нулевым выводом и мостовые.

В установках средней и большой мощности преимущественно используются мостовые схемы преобразователей, что в основном обусловлено двумя причинами:

меньшим напряжением на каждом из тириستоров,

отсутствием постоянной составляющей тока, протекающего по обмоткам трансформатора.

Схемы преобразователей могут также отличаться числом фаз: от одной в установках малой мощности до 12 - 24 в мощных преобразователях.

Все варианты тиристорных преобразователей наряду с положительными свойствами, как-то малой инерционностью, отсутствием вращающихся элементов, меньшими (по сравнению с электромеханическими преобразователями) габаритами, обладают и рядом недостатков:

1. Жесткая связь с питающей сетью: все колебания напряжения в сети непосредственно передаются в систему привода, а толчки нагрузки на оси двигателя немедленно передаются в сеть и вызывают всплески тока.

2. Низкий коэффициент мощности при регулировании напряжения в сторону снижения.

3. Генерация высших гармонических, загружающих питающую сеть.

Механическая характеристика двигателя, питаемого от тиристорного преобразователя, определяется напряжением, приложенным к якорю, и характером его изменения с нагрузкой, т. е. внешней характеристикой преобразователя и параметрами преобразователя и двигателя.

Устройство и принцип действия тиристора

Тиристор (рис. 5, а) представляет собой четырехслойный кремниевый полупроводник с двумя р-п-переходами и одним п-р-переходом. Величина силы тока I , проходящего через тиристор под действием анодного напряжения U_a , зависит от тока I_y управления, проходящего через управляющий электрод под действием напряжения U_y управления.

Если ток управления отсутствует ($I_y = 0$), то при повышении напряжения U_a ток I в цепи потребителя P будет нарастать, оставаясь, однако, весьма малым по величине (рис. 5, б).



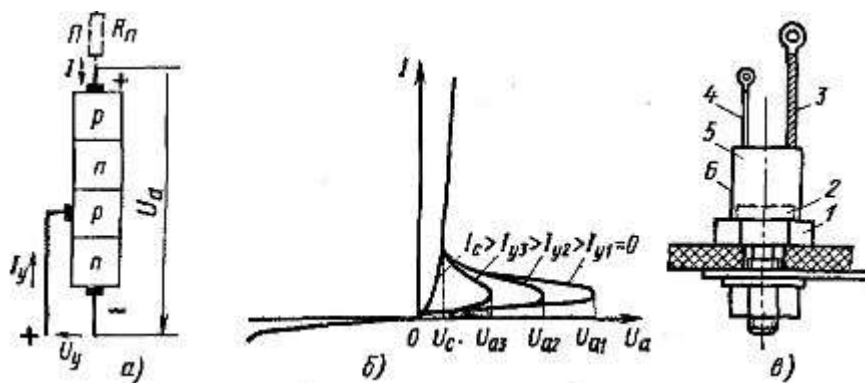


Рис. 5. Структурная схема (а), вольтамперная характеристика (б) и конструктивное оформление (в) тиристора

В это время переход п-р, включенный в непроводящем направлении, обладает большим сопротивлением. При определенном значении U_{a1} анодного напряжения, называемом напряжением открывания, зажигания или переключения, наступает лавинный пробой запирающего слоя. Его сопротивление становится малым, а сила тока возрастает до значения, определяемого, в соответствии с законом Ома, сопротивлением R_p потребителя П.

При увеличении силы тока I_y напряжение U_a уменьшается. Ток I_y , при котором напряжение U_a достигает наименьшего значения, называют током I_c спрямления.

Закрывание тиристора происходит при снятии напряжения U_a или при изменении его знака. Номинальной силой тока I_n тиристора называют наибольшее среднее значение силы тока, проходящего в прямом направлении, не вызывающее недопустимого перегрева.

Номинальным напряжением U_n называют наибольшее допустимое амплитудное напряжение, при котором обеспечивается заданная надежность прибора.

Падение напряжения ΔU_n , созданное номинальным током, называют номинальным падением напряжения (обычно $\Delta U_n = 1 - 2$ В).

Величина силы тока I_c спрямления колеблется в пределах 0,1 - 0,4 А при напряжении U_c 6 - 8 В.

Тиристор надежно открывается при длительности импульса в 20 - 30 мкс. Интервал между импульсами не должен быть менее 100 мкс. Когда напряжение U_a уменьшается до нуля, тиристор запирается.

Внешнее конструктивное оформление тиристора приведено на рис. 1, в. На медном основании 1 с шестигранной огранкой и хвостовиком с резьбой укрепляется кремниевая четырехслойная структура 2 с силовым отрицательным 3 и управляющим 4 выводами. Кремниевая структура защищена металлическим кожухом 5 цилиндрической формы. В кожухе укреплен изолятор 6. Резьбу в основании 1 используют для установки тиристора и для присоединения к положительному полюсу источника анодного напряжения.

При увеличении напряжения U_a уменьшается ток управления, необходимый для открывания тиристора (см. рис. 5, б). Ток управления открывания пропорционален напряжению u_{yo} управления открывания.

Если U_a меняется по закону синуса (рис. 6), то необходимые напряжения и 0 открывания могут быть изображены штриховой линией. Если приложенное напряжение управления U_{y1} постоянно и его значение ниже минимального значения напряжения u_{yo} , то тиристор не открывается.

Если напряжение управления увеличить до значения U_{y2} , то тиристор откроется, как только напряжение U_{y2} окажется больше напряжения u_{y0} . Изменяя величину u_y , можно изменять угол открывания тиристора в пределах от 0 до 90° .

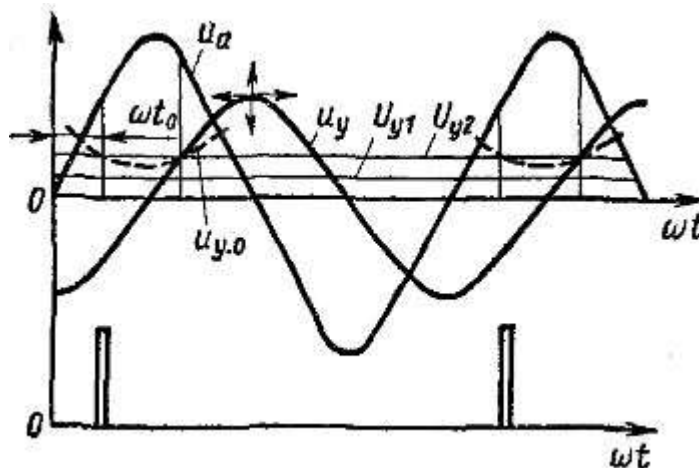


Рисунок 6 - Управление тиристором

Для открывания тиристора при углах, превышающих 90° , применяют переменное напряжение управления u_y , изменяющееся, например, синусоидально. При напряжении, соответствующем точке пересечения синусоидой этого напряжения штриховой кривой $u_{y0} = f(\omega t)$, тиристор открывается.

Смещая синусоиду u_{y0} по горизонтали вправо или влево, можно изменять угол ωt_0 открывания тиристора. Такое управление углом открывания называют горизонтальным. Его осуществляют посредством специальных фазосмещателей.

Смещая ту же синусоиду по вертикали вверх или вниз, также можно изменять угол открывания. Такое управление называют вертикальным. В этом случае с переменным напряжением управления u_y алгебраически складывают постоянное напряжение, например, напряжение U_{y1} . Угол открывания регулируют путем изменения величины этого напряжения.

После открывания тиристор остается открытым до конца положительного полупериода, и напряжение управления не влияет на его работу. Это позволяет применить также импульсное управление, периодически подавая положительные импульсы напряжения управления в нужные моменты времени (рис. 2 внизу). При этом повышается четкость управления.

Изменяя тем или иным способом угол открывания тиристора, можно подавать на потребитель импульсы напряжения различной формы. При этом изменяется величина среднего значения напряжения на зажимах потребителя.

Для управления тиристорами применяют различные устройства. В схеме, показанной на рис. 7, напряжение сети переменного тока подается на первичную обмотку трансформатора $Tr1$.

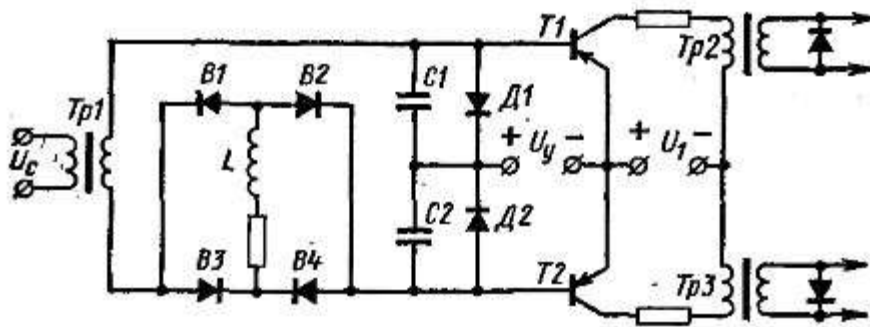


Рисунок 7 - Схема управления тиристорами

В цепь вторичной обмотки этого трансформатора включен двухполупериодный выпрямитель В1, В2, В3, В4 со значительной индуктивностью L в цепи постоянного тока. Пульсации выпрямленного тока при этом практически устраняются. Но такой постоянный ток может быть получен лишь при двухполупериодном выпрямлении переменного тока, имеющего форму, показанную на рис. 8, а.

Таким образом, в данном случае выпрямитель В1, В2, В3, В4 (см. рис. 7) является преобразователем формы переменного тока. При такой схеме конденсаторы С1 и С2 попеременно заряжаются прямоугольными импульсами тока (рис. 8, а). При этом на обкладках конденсаторов С1 и С2 образуется пилообразное напряжение (рис. 8, б), приложенное к базам транзисторов Т1 и Т2 (см. рис. 7).

Это напряжение называют опорным. В цепи базы каждого транзистора действует также и напряжение U_y постоянного тока. Когда пилообразное напряжение равно нулю, напряжение U_y создает на базах обоих транзисторов положительные потенциалы. Каждый транзистор открывается током базы при отрицательном потенциале на базе.

Это происходит, когда отрицательные значения пилообразного опорного напряжения оказываются большими, чем U_y (рис. 8, б). Это условие выполняется в зависимости от величины U_y при различных значениях фазового угла. При этом транзистор открывается на различные промежутки времени в зависимости от величины напряжения U_y .

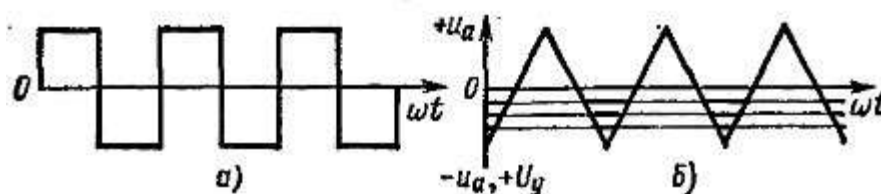


Рисунок 8 - Графики напряжений управления тиристорами

Когда тот или другой транзистор открывается, через первичную обмотку трансформатора Тр2 или Тр3 (см. рис. 7) проходит прямоугольный импульс тока. При прохождении переднего фронта этого импульса во вторичной обмотке возникает импульс напряжения, который подается на управляющий электрод тиристора.

При прохождении заднего фронта импульса тока во вторичной обмотке возникает импульс напряжения противоположной полярности. Этот импульс замыкается полупроводниковым диодом, шунтирующим вторичную обмотку, и на тиристор не подается.

При управлении тиристорами (см. рис. 7) двумя трансформаторами создают два импульса, сдвинутых по фазе на 180° .

Системы тиристорного управления двигателями

В системах тиристорного управления двигателями постоянного тока изменение постоянного напряжения на якоре двигателя используют для регулирования его частоты вращения. В этих случаях обычно используют схемы многофазного выпрямления.

На рис. 9, а сплошной линией показана простейшая схема такого рода. В этой схеме каждый из тириستоров Т1, Т2, Т3 включен последовательно со вторичной обмоткой трансформатора и якорем электродвигателя; э. д. с. вторичных обмоток сдвинуты по фазе. Поэтому на якорь двигателя при управлении углом открывания тиристорами подаются импульсы напряжения, сдвинутые по фазе друг относительно друга.

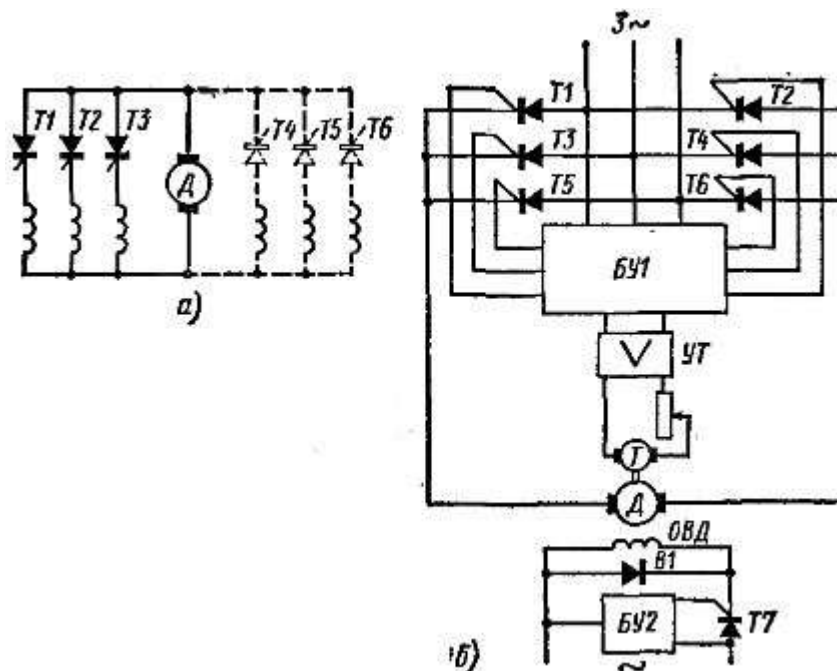


Рисунок 9 - Схемы тиристорного привода

В многофазной схеме, в зависимости от выбранного угла зажигания тиристоров, через якорь двигателя могут протекать прерывистые и непрерывные токи. У реверсивного электропривода (рис. 9, а, вся схема) используют два комплекта тиристоров: T1, T2, T3 и T4, T5, T6.

Открывая тиристоры той или иной группы, изменяют направление тока в якоре электродвигателя и, следовательно, направление его вращения.

Реверс двигателя может быть также осуществлен путем изменения направления тока в обмотке возбуждения электродвигателя. Такой реверс применяют в тех случаях, когда не требуется высокого быстродействия, поскольку обмотка возбуждения обладает по сравнению с обмоткой якоря весьма высокой индуктивностью. Такой реверс часто применяют для тиристорных приводов главного движения металлорежущих станков.

Второй комплект тиристоров позволяет также осуществить тормозные режимы, требующие изменения направления тока в цепи якоря электродвигателя. Тиристоры в рассматриваемых схемах привода используют для включения и отключения двигателя, а также для ограничения величины пускового и тормозного тока, исключая необходимость применения контакторов, а также пусковых и тормозных реостатов.

В схемах тиристорного электропривода постоянного тока силовые трансформаторы нежелательны. Они повышают размеры и стоимость установки, поэтому часто используют схему, приведенную на рис. 9, б.

В этой схеме управления зажиганием тиристоров осуществляет блок управления БУ1. Его присоединяют к сети трехфазного тока, обеспечивая этим питание и согласование фаз импульсов управления с анодным напряжением тиристоров.

В тиристорном приводе обычно применяют обратную связь по частоте вращения электродвигателя. При этом используют тахогенератор Т и промежуточный транзисторный

усилитель УТ. Применяют также обратную связь по э. д. с. электродвигателя, осуществляемую путем одновременного действия отрицательной обратной связи по напряжению и положительной обратной связи по току якоря.

Для регулирования тока возбуждения применяют тиристор Т7 с блоком управления БУ2. В отрицательные полупериоды анодного напряжения, когда тиристор Т7 не пропускает ток, ток в ОВД продолжает протекать за счет э. д. с. самоиндукции, замыкаясь через шунтирующий вентиль В1.

Тиристорные электроприводы с широтно-импульсным управлением

В рассмотренных тиристорных приводах питание двигателя осуществляется импульсами напряжения частотой 50 Гц. В целях увеличения быстродействия частоту импульсов целесообразно повышать. Это достигается в тиристорных приводах с широтно-импульсным управлением, где через якорь двигателя пропускают прямоугольные импульсы постоянного тока различной длительности (широты) частотой до 2-5 кГц. Помимо высокого быстродействия такое управление обеспечивает большие диапазоны регулирования частоты вращения электродвигателя и более высокие энергетические показатели.

При широтно-импульсном управлении двигатель питается от неуправляемого выпрямителя, а тиристор, включенный последовательно с якорем, периодически закрывается и открывается. При этом через цепь якоря двигателя проходят импульсы постоянного тока. Изменение длительности (широты) этих импульсов приводит к изменению частоты вращения электродвигателя.

Поскольку в данном случае тиристор работает под постоянным напряжением, для его закрывания применяют особые схемы. Одна из простейших схем широтно-импульсного управления приведена на рис. 10.

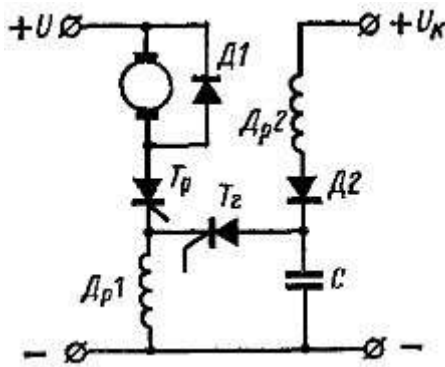


Рисунок 10 - Тиристорный электропривод с широтно-импульсным управлением

В этой схеме тиристор Тр запирается при включении тиристора Тг гашения. При открывании этого тиристора заряженный конденсатор С разряжается на дроссель Др1, создавая в нем значительную э. д. с. При этом на концах дросселя возникает напряжение, большее, чем напряжение U силового выпрямителя и направленное ему навстречу.

Через силовой выпрямитель и шунтирующий диод Д1 это напряжение подается на тиристор Тр и вызывает его запираение. При запираении тиристора конденсатор С вновь заряжается до напряжения коммутации $U_k > U$.

Вследствие повышенной частоты импульсов тока и инерции якоря двигателя импульсный характер питания на плавности вращения двигателя практически не отражается. Тиристоры Тр и Тг открываются посредством специальной фазосмещающей схемы, позволяющей изменять ширину импульса.

Электропромышленность выпускает различные модификации комплектных регулируемых тиристорных электроприводов постоянного тока мощностью. Среди них имеются приводы с диапазонами регулирования частоты вращения 1:20; 1:200; 1:2000 путем изменения напряжения, нереверсивные и реверсивные приводы, с электрическим торможением и без него. Управление осуществляется транзисторными фазоимпульсными устройствами. В приводах используют отрицательные обратные связи по частоте вращения двигателей и по противо-э. д. с.

Преимуществами тиристорных приводов являются высокие энергетические показатели, малые размеры и масса, отсутствие каких-либо вращающихся машин помимо электродвигателя, высокое быстродействие, постоянная готовность к работе. Основным недостатком тиристорных приводов является их пока еще высокая стоимость, значительно превышающая стоимость приводов с электромашинными и магнитными усилителями.

В настоящее время существует устойчивая тенденция повсеместной замены тиристорных электроприводов постоянного тока на частотно-регулируемые электроприводы переменного тока.

Контрольные вопросы

1. Назначение тиристорных преобразователей.
2. Способы управления тиристорными преобразователями.
3. Преимущества и недостатки тиристорных преобразователей.
4. Назначение системы импульсно-фазового управления.

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.1 Основы теории электропривода

Практическая работа № 32

Расчет механических характеристик двигателей постоянного тока

Цель работы: Научиться рассчитывать и строить механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

1. Изучить теоретический материал.
2. Построить естественную и искусственную (при введении резистора в цепь якоря) механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
3. Определить графически и аналитически скорость вращения двигателя при работе на естественной и искусственной механических характеристиках при заданной нагрузке.

Ход работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Записать техническую характеристику электродвигателя (согласно варианту)
3. Рассчитать и построить механические характеристики ДПТ НВ
 - а) естественную
 - б) искусственную реостатную
3. Ответить на контрольные вопросы и сделать выводы по работе

Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная и графическая части выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

Пример 1. Для двигателя параллельного возбуждения типа Д-816 требуется построить естественную механическую характеристику и искусственную механическую характеристику при

введении в цепь якоря реостата, сопротивление которого $R_p=0,2$ Ом. Паспортные данные двигателя: $P=150$ кВт; $U_n=200$ В; $I_n=765$ А; $n_n=450$ об/мин.

Решение. Номинальный к.п.д двигателя по формуле:

$$\eta_n = \frac{1000P_n}{U_n I_n} = \frac{1000 \cdot 150}{220 \cdot 765} = 0,89$$

Сопротивление якоря двигателя

$$R_{\gamma} = 0,5(1-\eta_n)U_n / I_n = 0,5(1-0,89)220 / 765 = 0,0154 \text{ Ом}$$

Угловую скорость холостого хода определяем по следующей формуле, предварительно воспользовавшись следующим выражением:

$$\omega_n = \eta_n / 9,55 = 450 / 9,55 = 47,12 \text{ рад / с}$$
$$\omega_0 = \omega_n \frac{U}{U - I_n R_{\gamma}} = 47,12 \frac{220}{220 - 765 \cdot 0,0154} = 50 \text{ рад / с}$$

Соответственно частота вращения холостого хода

$$n_0 = 50 \cdot 9,55 = 475 \text{ об / мин}$$

Номинальный момент двигателя определяем по формуле

$$M = \frac{P_n \cdot 10^3}{\omega_n} = \frac{150000}{47,12} = 3,183 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Естественная механическая характеристика изображается на графике прямой линией, проходящей через две точки: $\omega_0=50$ рад/с; $M=0$ и $\omega_n=47,12$ рад/с; $M=M_n=3,183$ кН·м.

Реостатная механическая характеристика пройдет также через две точки, координаты которых ω_0 ; $M=0$ и M_n ; ω_{nR}

$$\omega_{nR} = \omega_0 \left[I - \frac{I_n (R_{\gamma} + R_p)}{U_n} \right] = 50 \left[\frac{765(0,0154 + 0,2)}{220} \right] = 12,55 \text{ рад / с}$$

Контрольные вопросы

1. Что называют механической характеристикой двигателя?
2. Какие характеристики называют «жесткими» и «мягкими»?
3. Как меняется жесткость механических характеристик при введении реостата в цепь якоря?

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.2 Системы управления электроприводом

Практическая работа № 33

Изучение принципа действия схемы пуска двигателя постоянного тока.

Цель работы:

Изучить принцип действия схемы управления двигателям постоянного тока

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

1. Изучение теоретического материала
2. Изучение принципа действия схемы управления двигателям постоянного тока

Ход работы

1. Повторить теоретического материала
2. Изучить принцип действия схем управления двигателям постоянного тока
3. Сделать выводы по работе о преимуществах и недостатках схем пуска.
4. Ответить на контрольные вопросы .

Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

Возможны три способа пуска ДПТ:

- 1) прямой пуск, когда цепь якоря приключается непосредственно к сети на ее полное напряжение;
- 2) пуск с помощью пускового реостата или пусковых сопротивлений, включаемых последовательно в цепь якоря;
- 3) пуск при пониженном напряжении цепи якоря.

прямой пуск применяется только для двигателей мощностью до нескольких сотен ватт, у которых R_a относительно велико и поэтому при пуске процесс пуска длится не более 1—2 сек.

Самым распространенным является пуск с помощью пускового реостата или пусковых сопротивлений

Способы пуска двигателя постоянного тока

1. Прямой пуск - обмотка якоря подключается непосредственно к сети.

Ток якоря двигателя определяется формулой

$$I_a = \frac{U - E}{\sum R_a} \quad (1)$$

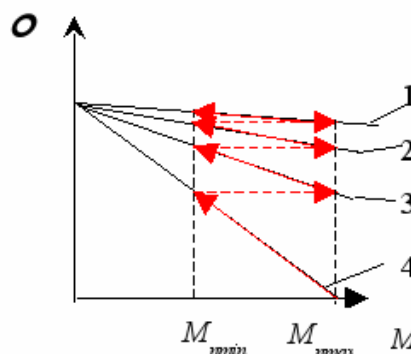
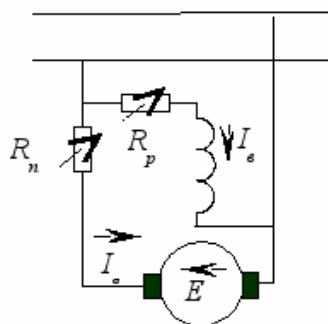
Если считать, что при прямом пуске значения напряжения питания U и сопротивления якорной обмотки R_a остаются неизменными, то ток якоря зависит от противо-ЭДС E . В начальный момент пуска якоря двигатель неподвижен ($\omega=0$) и в его обмотке $E=0$. Поэтому при подключении к сети в обмотке возникает пусковой ток

$$I_{aн} = \frac{U}{\sum R_a} \quad (2)$$

Обычно сопротивление $\sum R_a$ невелико, особенно у двигателей большой мощности, поэтому значение пускового тока достигает 20 раз превышающих номинальный ток двигателя. —недопустимо больших значений, в 10 При этом создается опасность поломки вала машины и появляется сильное искрение под щетками коллектора. По этой причине такой пуск применяется только для двигателей малой мощности, у которых $\sum R_a$ относительно велико.

2) Реостатный пуск - в цепь якоря включается пусковой реостат для ограничения тока. В начальный момент пуска при $\omega=0$ и $R_n = \max$ ток якоря будет равен

$$I_{aн} = \frac{U}{\sum R_a + R_n} \quad (3)$$



Максимальное значение R_n подбирают так, чтобы для машин большой и средней мощности ток якоря при пуске $I_{aн} = (1,4 - 1,8) I_{ном}$, а для машин малой мощности $I_{aн} = (2 - 2,5) I_{ном}$.

Рассмотрим процесс реостатного пуска на примере двигателя с параллельным возбуждением.

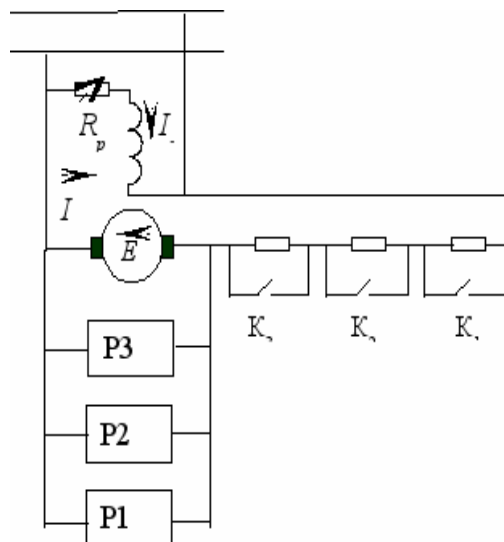
Рисунок 1 - Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения и реостатный пуск двигателя возбуждением рис 11. В начальный момент пуск осуществляется по реостатной характеристике 4, соответствующей максимальному значению сопротивления R_n , при этом двигатель развивает

максимальный пусковой момент M_{nmax} . Регулировочный реостат R_p выводится так, чтобы I_ϕ и Φ были максимальными. По мере разгона момент двигателя уменьшается, так как с увеличением скорости вращения ротора растет и ЭДС E , а как следствие, уменьшается ток якоря, определяющий его величину. При достижении некоторого значения M_{nmin} часть сопротивления R_n выводится, вследствие чего момент снова возрастает до M_{nmax} , двигатель переходит на работу по реостатной характеристике 3 и разгоняется до значения M_{nmin} . Таким образом, уменьшая постепенно сопротивление пускового реостата, осуществляют разгон двигателя по отдельным отрезкам реостатной характеристики до выхода на естественную характеристику 1. Средний вращающий момент при пуске определяется из выражения

$$M_{\text{ср}} = \frac{M_{n \min} - M_{n \max}}{2} = \text{const} \quad (4)$$

двигатель при этом разгоняется с некоторым постоянным ускорением.

Аналогичный пуск возможен и для двигателей последовательного возбуждения. Количество ступеней пуска зависит от жесткости естественной характеристики и требований, предъявляемых к плавности пуска. Пусковые реостаты рассчитываются на кратковременную работу под током.



В реальных устройствах пуск осуществляется автоматически. Микроконтроллер, по заданному алгоритму, управляет коммутирующими элементами (релейное управление), отключая секции пускового реостата и практически реализуя описанный выше процесс.

Рисунок 2 - Пусковая схема двигателя параллельного возбуждения

Алгоритм управления может быть построен с использованием трех основных принципов:

- 1) Принцип ЭДС
- 2) Принцип тока
- 3) Принцип времени.

Идею реализации данных принципов можно пояснить с помощью пусковой схемы на электромагнитных реле (что практически применялось до широкого внедрения микропроцессорных систем управления) рисунок 2. К якорю машины подключается параллельно ряд реле, которые с ростом скорости вращения, а значит, ЭДС, последовательно срабатывают и своими контактами выводят из работы секции пускового реостата, постепенно уменьшая сопротивление якорной цепи.

При использовании принципа тока применяются последовательно включенные реле тока, которые дают команду через свои нормально замкнутые контакты на последовательное включение соответствующих контакторов K_i при снижении тока до заданного уровня.

Принцип времени предполагает применение реле времени, которые через расчетные уставки времени дают команду на шунтирование секций реостата.

4) Пуск путем плавного повышения питающего напряжения - пуск осуществляется от отдельного регулируемого источника питания. Применяется для двигателей большой мощности, где нецелесообразно применять громоздкие реостаты из-за значительных потерь электроэнергии.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные элементы схемы.
2. Определите назначение элементов схемы.
3. Принцип действия схемы.

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.2 Системы управления электроприводом

Практическая работа № 34

Пуск двигателя переменного тока в функции времени

Цель работы:

Изучить принцип действия схемы управления двигателям переменного тока

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

1. Изучить теоретический материал.
2. Изучить принцип действия схемы управления двигателям переменного тока .

Ход работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Изучить принцип действия схем управления двигателям переменного тока
3. Сделать выводы по работе о преимуществах и недостатках схем пуска.
4. Ответить на контрольные вопросы .

Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

Этот вид управления применяется тогда, когда все переключения в схеме электродвигателя осуществляют в определенные моменты времени, например при автоматизации процесса пуска электродвигателей без контроля частоты вращения или тока. Длительность интервалов обусловлена и может регулироваться уставками реле времени.

Управление в функции времени получило наибольшее распространение в промышленности из-за простоты и надежности серийно выпускаемых электромагнитных и электронных реле времени.

При управлении асинхронным двигателем с фазным ротором в функции времени (рис. 1) выдержка времени, необходимая для закорачивания отдельных ступеней пускового реостата, обеспечивается маятниковыми реле времени, число которых равно числу ступеней. Работа схемы осуществляется следующим образом.

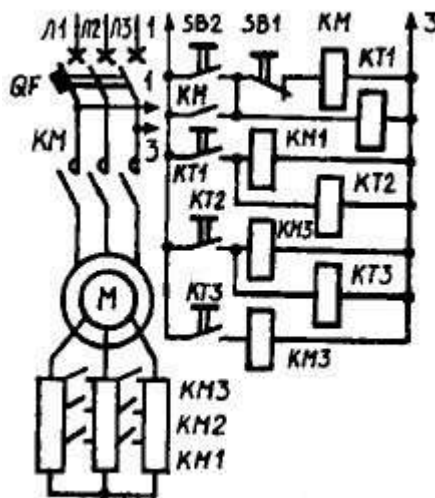


Рисунок 1- Схема управления в функции времени асинхронного двигателя с фазным ротором

При нажатии на [кнопку](#) SB1 получает электропитание катушка линейного контактора KM, включающего статор двигателя в сеть. Пусковой реостат при этом введен полностью. Вместе с контактором включается реле времени КТ1, которое через заданный интервал времени замыкает контакт в цепи катушки контактора KM1.

Контактор срабатывает и замыкает первую секцию пускового реостата ротора. При этом включается реле времени КТ2, которое замыкает с замедлением свои контакты и включает катушку KM2 и реле времени КТ3. Контакты контактора KM2 закорачивают вторую ступень KM2 пускового реостата. Далее с замедлением времени срабатывает контакт реле КТ3, включающий катушку KM3, которая закорачивает последнюю ступень пускового реостата KM3, и двигатель продолжает работать в дальнейшем как с короткозамкнутым ротором.

Останов двигателя производят кнопкой SB, а при перегрузках двигатель отключается расцепителями автоматического вводного выключателя QF. При этом отключается линейный контактор, его блок-контакт KM и все контакторы ускорения и реле времени без выдержки времени. Схема готова к следующему пуску.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные элементы схемы.
2. Определите назначение элементов схемы.
3. Принцип действия схемы.
4. Какой аппарат сработает при перегрузке двигателя?
5. Какой аппарат сработает при коротком замыкании в схеме ?

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.2. Системы управления электроприводом

Практическая работа № 35

Пуск двигателя переменного тока в функции тока

Цель работы:

Изучить принцип действия схемы управления двигателям переменного тока

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

1. Изучение теоретического материала.
2. Изучение принципа действия схемы управления двигателям переменного тока .

Ход работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Изучить принцип действия схемы управления двигателям переменного тока.
3. Сделать выводы по работе о преимуществах и недостатках схем пуска.
4. Ответить на контрольные вопросы .

Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

Схема управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в две ступени в функции тока показана на рисунке 4.

Управление в функции тока предполагает контроль тока ротора, который осуществляется с помощью токовых реле КА1 и КА2, включённых в цепь ротора. Настройка токовых реле должна быть произведена таким образом, чтобы токи, при которых соответствующие реле отключаются, удовлетворяли следующему неравенству:

$$I_{КА1} > I_{КА2} .$$

Пуск двигателя осуществляется нажатием кнопки «ПУСК»—SB1. При этом включается контактор КМ1, самоблокируется и подключает двигатель к сети. Начинается разгон двигателя по первой искусственной характеристике с полностью введённым в цепь ротора пусковым резистором $r_1 + r_2$, так как контакторы ускорения КМ2 и КМ3 не включаются, ибо блокировочное реле КV замыкает контакты в цепи их питания с выдержкой времени, достаточной для включения токовых реле КА1 и КА2 при броске пускового тока и размыкания их контактов в цепях соответствующих контакторов ускорения.

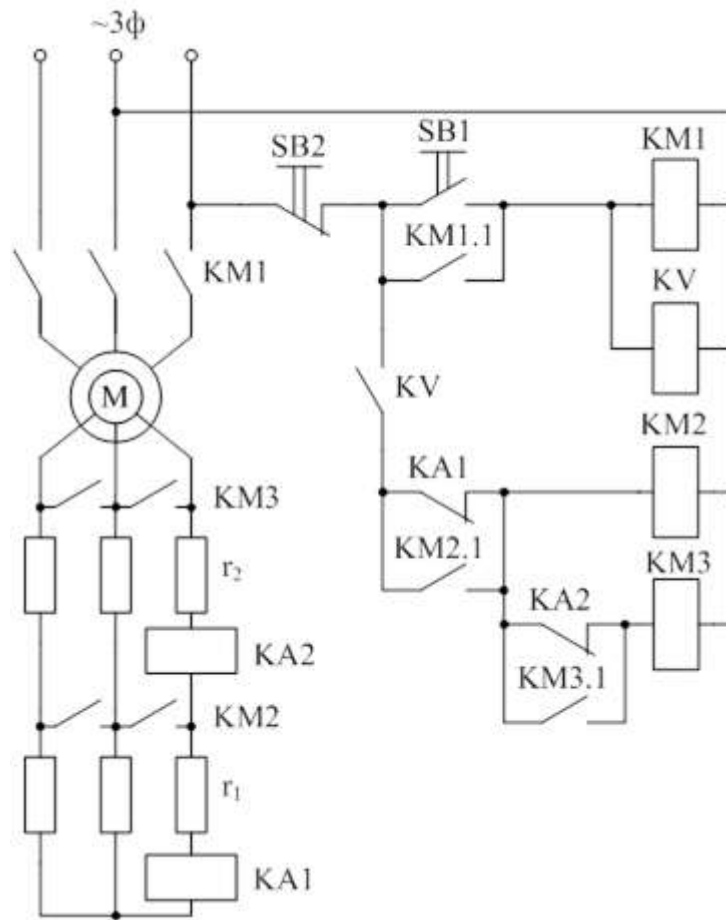


Рисунок 1- Схема управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в две ступени в функции тока

По мере разгона двигателя ток ротора уменьшается. В соответствии с настройкой реле первым отключится токовое реле КА1 и замкнёт размыкающие контакты в цепи контактора ускорения КМ2. Контактор КМ2 включается, самоблокируется и выводит первую ступень пускового резистора r_1 . Двигатель переходит на вторую искусственную характеристику и разгоняется по ней. При закорачивании первой ступени пускового резистора снова происходит бросок пускового тока, и токовое реле КА2 остаётся включённым, его контакты в цепи контактора ускорения КМ3 будут разомкнуты, и контактор не включается. При дальнейшем разгоне двигателя и спадании тока ротора до значения, соответствующего уставке отключения токового реле КА2, оно отключается и замыкает размыкающие контакты в цепи контактора КМ3. Он включается, самоблокируется и выводит вторую ступень пускового резистора r_2 . Двигатель переходит на естественную характеристику и разгоняется по ней до точки установившегося режима, когда момент двигателя будет равен статическому моменту при пуске.

Схема управления асинхронным двигателем с фазным ротором в функции тока может быть реализована с одним токовым реле, включённым в цепь ротора последовательно с последней ступенью пускового резистора.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные элементы схемы.
2. Определите назначение элементов схемы.
3. Принцип действия схемы.

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.2 Системы управления электроприводом

Лабораторная работа № 3

Схема нереверсивного магнитного пускателя

Цель работы:

Изучить собранную схему пускателя

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: Стенд НТЦ-15, стенд «Монтаж и наладка электрооборудования»

Задание

1. Изобразить схему, определить элементы и изучить принцип действия
2. Изучить правила техники безопасности при работе на стенде.
3. Собрать схему
4. После проверки правильности сборки запустить двигатель
5. Разобрать схему
6. Защитить работу

Ход работы

Ход работы:

- 1 Изучить правила проведения лабораторной работы.
- 2 Определить элементы схемы и их назначение.
3. Проверить исправность эл. двигателя и других элементов схемы
- 4 Собрать схему на лабораторном стенде
5. Проверить правильность сборки электроизмерительным прибором
6. Произвести пуск «вперед» и остановку двигателя, пуск.
7. Определить возможные неисправности схемы пуска и способы их устранения (Анализ производственных ситуаций)
 - при нажатии кнопки «Пуск» срабатывает автоматический выключатель;
 - при нажатии кнопки «Пуск» двигатель запускается, но при отпускании кнопки отключается;
 - двигатель не запускается при нажатии кнопки «Пуск»;
 - при нажатии кнопки «Пуск» двигатель «гудит», но не запускается.
8. Сделать выводы об исправности схемы.

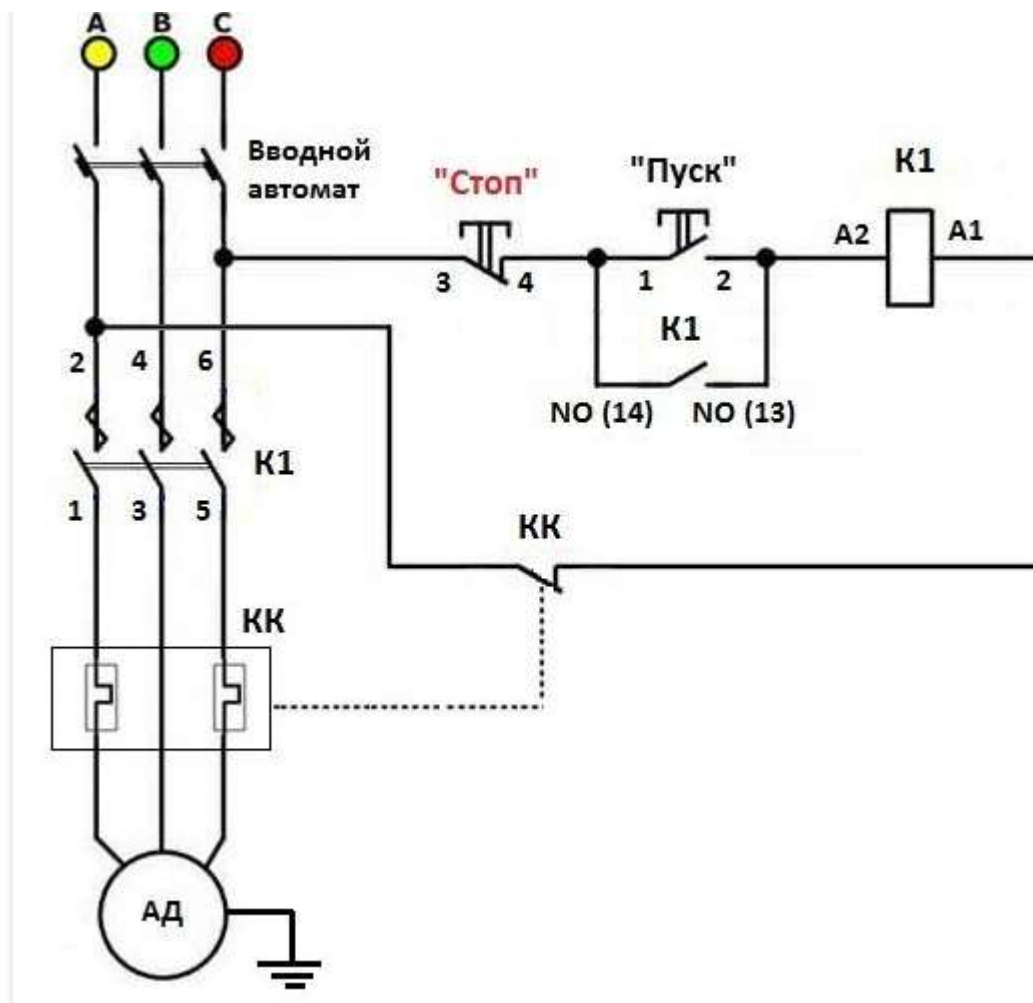
Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;
оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Инструкция к работе:



Три фазы питающего напряжения подаются на клеммы асинхронного двигателя через:

- 3-х полюсный автоматический выключатель;
- силовые контакты магнитного пускателя **K1**;
- тепловое реле **КК**.

Обмотка катушки магнитного пускателя подключена с одной стороны к фазе А, с другой, через кнопочный пост к одной из фаз, в нашей схеме — к фазе С.

Кнопочный пост содержит 2 кнопки:

- 1) нормально-разомкнутую кнопку **ПУСК**;
- 2) нормально-замкнутую — **СТОП**.

Нормально-разомкнутый вспомогательный контакт пускателя **K1** подключен параллельно кнопке **ПУСК**.

Для защиты электродвигателя от перегрузок используется тепловое реле **КК**, которое устанавливается в разрыв питающих фаз. Вспомогательный нормально-замкнутый контакт теплового реле **КК** включен в цепь обмотки магнитного пускателя.

Рассмотрим работу схемы.

Включаем трехполюсный автоматический выключатель, его контакты замыкаются, питающее напряжение подается к силовым контактам пускателя и в цепь управления. Схема готова к работе.

Запуск.

Для запуска двигателя нажимаем кнопку **ПУСК**. Цепь питания обмотки магнитного пускателя замыкается, якорь катушки притягивается, замыкая силовые контакты **К1** и подавая три питающих фазы на обмотки двигателя. Происходит запуск и двигатель начинает вращаться.

Одновременно с этим замыкается вспомогательный контакт пускателя **К1**, шунтируя кнопку **ПУСК**.

Теперь, отпуская кнопку **ПУСК**, питание на обмотку пускателя продолжает поступать через его замкнутый вспомогательный контакт **К1**. Двигатель запущен и продолжает работать.

Остановка.

Чтобы остановить двигатель, нажимаем кнопку **СТОП**. Цепь питания обмотки пускателя разрывается. Якорь под действием пружины возвращается в исходное состояние, размыкая силовые контакты, обесточивая тем самым обмотки электродвигателя. Он начинает останавливаться.

Одновременно с этим размыкается вспомогательный контакт **К1** в цепи питания обмотки пускателя.

После отпускания кнопки **СТОП** питание на обмотку не подается, поскольку вспомогательный контакт **К1** разомкнут. Двигатель выключен и цепь готова к следующему запуску.

Защита от перегрузок.

Предположим, что двигатель запущен. Если по каким-то причинам ток нагрузки двигателя увеличится, биметаллические пластины теплового реле **КК** под действием повышенного тока начнут изгибаться, и приведут в действие механизм расцепителя. Он разомкнет вспомогательный контакт **КК** в цепи обмотки магнитного пускателя. Цепь обмотки пускателя разомкнется, силовые и вспомогательные контакты пускателя вернуться в исходное *разомкнутое* состояние, двигатель остановится.

Если катушка магнитного пускателя рассчитана на 220в, то схема подключения будет, как на рисунке ниже.

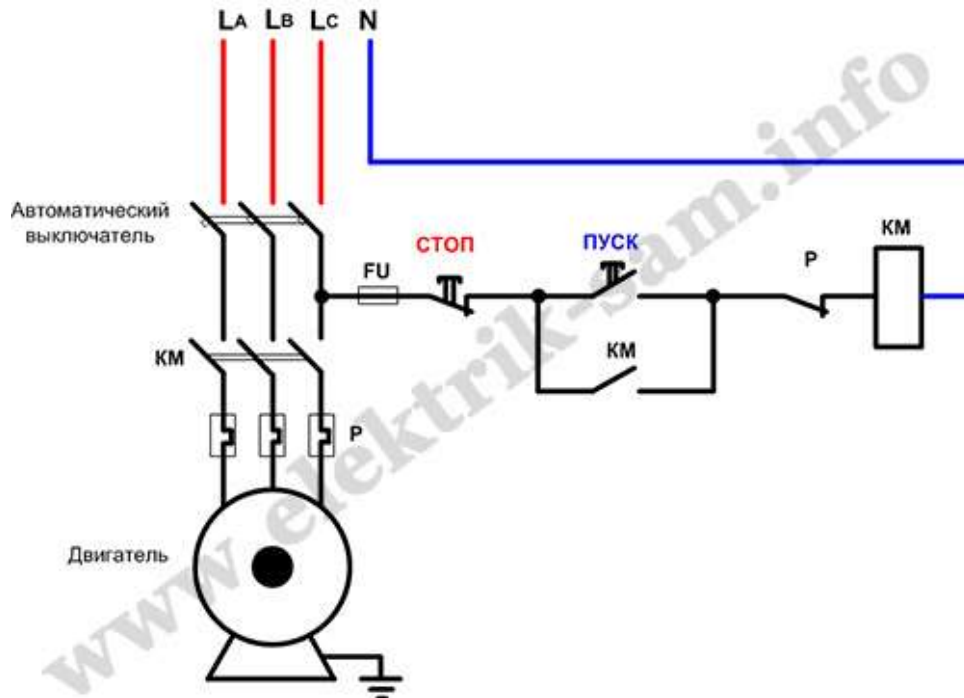


Рисунок 2-Схема нереверсивного пуска АД с управлением на 380в

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.2 Системы управления электроприводом

Лабораторная работа № 4

Схема реверсивного магнитного пускателя

Цель работы:

Изучить собранную схему пускателя

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: Стенд НТЦ-15, Стенды лабораторные "Монтаж и наладка электрооборудования ПГС"; Стенд «Монтаж и наладка электрооборудования предприятий и гражданских сооружений»;

Задание

1. Изобразить схему, определить элементы и изучить принцип действия
2. Собрать схему
3. После проверки правильности сборки запустить двигатель
4. Разобрать схему
5. Защитить работу

Ход работы

Ход работы:

- 1 Изучить правила проведения лабораторной работы.
- 2 Определить элементы схемы и их назначение.
 - 2.1. Какое электрооборудование используется в схеме?
 - автоматический выключатель(QF),
 - два магнитных пускателя(KM1,KM2)
 - кнопка «Пуск»(SB1 и SB2),
 - кнопка «Стоп»(SB)
 - тепловое реле ,KK1-2
 - трехфазный асинхронный эл. двигатель(Д)
 - 2.2. Назначение автоматического выключателя и принцип действия.?
 - 2.3.Назначение и принцип действия теплового реле?
 - 2.4.Чем отличается кнопка «Пуск» от кнопки «Стоп»?/?
 - 2.5. Проверить исправность эл. двигателя и других элементов схемы
- 3 Собрать схему на лабораторном стенде.(видеоролик <https://youtu.be/URHgYTH3alo>)
4. Проверить правильность сборки электроизмерительным прибором(мультиметр)
5. Произвести пуск «вперед» и остановку двигателя, пуск «назад» и остановку двигателя.
.(видеоролик <https://youtu.be/TjKU-6YUnYg>)
- 6.Выполнить описание работы схемы(видеоролик <https://youtu.be/OVvEuiGTZrM>)

Форма предоставления результата: отчет.

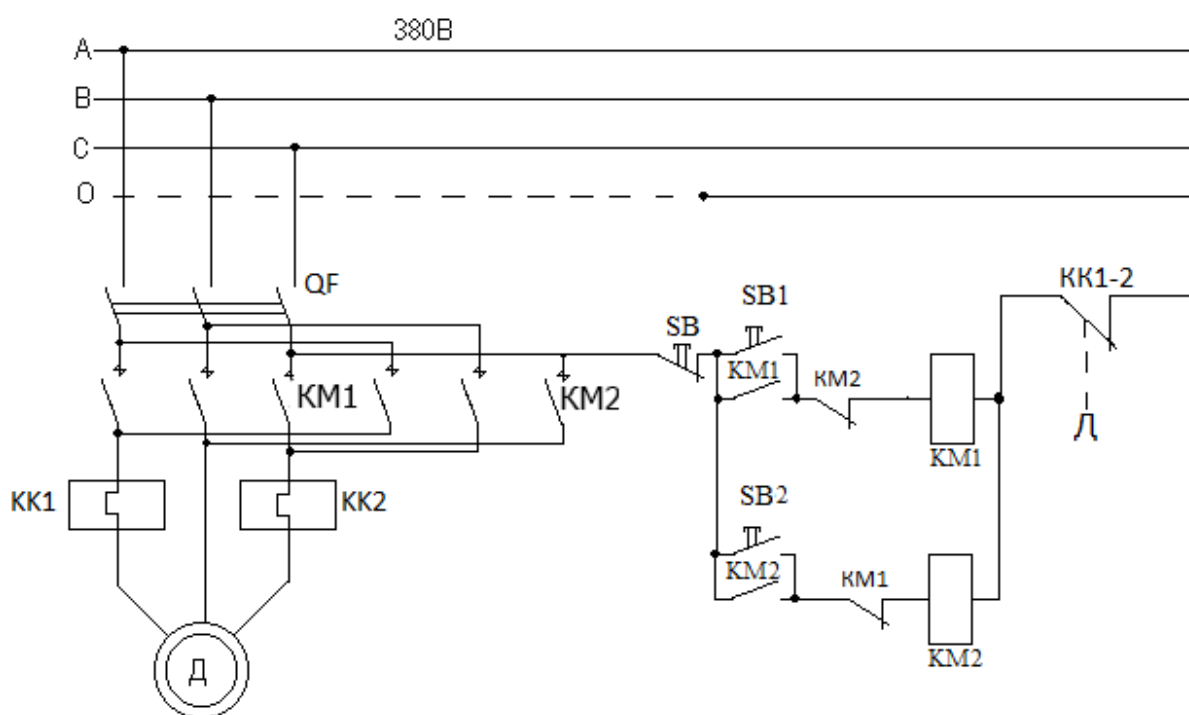
Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Инструкция к работе:



Описание схемы

Фазы А, В и С питающего напряжения подводятся к клеммам асинхронного двигателя через:

— 3-х полюсный автоматический выключатель QF, который защищает всю схему и позволяет отключать питающее напряжение;

— поочередно через три пары силовых контактов магнитных пускателей **KM1** и **KM2**;

— тепловое реле **KK1-2**, которое служит для защиты от перегрузок.

Для того, чтобы изменить направление вращения трехфазного электродвигателя, необходимо поменять местами подключение любых двух фаз!

Для этого в цепь обмотки двигателя включены силовые контакты от двух пускателей, которые подключаются поочередно, меняя чередование фаз. В нашей схеме при вращении **вперед** последовательность фаз такая — А, В, С. При вращении **назад** — С, В, А. Т.е. чередование фаз А и С меняется местами.

Катушки магнитных пускателей с одной стороны подключены к нулевому рабочему проводнику **Н** через нормально-замкнутый контакт теплового реле **КК1-2**, с другой, через кнопочный пост к фазе **С**.

– *Кнопочный пост состоит из 3-х кнопок:*

- 1) нормально-разомкнутой кнопки **ВПЕРЕД(SB1)**
- 2) нормально-разомкнутой кнопки **НАЗАД (SB2)**
- 3) нормально-замкнутой кнопки **СТОП. (SB3)**

К кнопке **ВПЕРЕД (SB1)** параллельно подключен нормально-разомкнутый вспомогательный контакт пускателя **КМ1**, и соответственно, к кнопке **НАЗАД (SB2)**— нормально-разомкнутый вспомогательный контакт пускателя **КМ2**.

Также в цепь питания обмотки пускателя **КМ1** включен нормально-замкнутый контакт пускателя **КМ2**, а в цепь обмотки пускателя **КМ2**, включен нормально-замкнутый контакт пускателя **КМ1**. Это сделано для блокировки, чтобы предотвратить запуск двигателя назад, когда он вращается вперед, и наоборот. Т.е. запустить двигатель в любую из сторон можно только из положения останова.

Работа схемы

Переводим рычаг трехполюсного автоматического выключателя во включенное положение, его контакты замыкаются, схема готова к работе.

Запуск вперед

Нажимаем кнопку **ВПЕРЕД. (SB1)**

Цепь питания обмотки магнитного пускателя **КМ1** замыкается, якорь катушки втягивается, замыкает силовые контакты **КМ1** и вспомогательный нормально-открытый контакт **КМ1**, который шунтирует кнопку **ВПЕРЕД..** Одновременно вспомогательный нормально-замкнутый контакт **КМ1** размыкает цепь управления магнитным пускателем **КМ2**, блокируя тем самым возможность запуска реверса двигателя.

Три питающих фазы в последовательности А,В,С подаются на обмотки двигателя и он начинает вращаться вперед.

Отпускаем кнопку **ВПЕРЕД**, она возвращается в исходное нормально-разомкнутое состояние. Теперь питание на обмотку пускателя **КМ1** подается через замкнутый вспомогательный контакт **КМ1**. Двигатель запущен и вращается вперед.

Останов двигателя из положения ВПЕРЕД

Для останова двигателя или для запуска в другую сторону, необходимо сначала нажать кнопку **СТОП. (SB3)**

Питание цепи управления размыкается. Якорь магнитного пускателя **КМ1** под действием пружины возвращается в исходное состояние. Силовые контакты размыкаются, отключая питающее напряжение от электродвигателя. Двигатель останавливается.

Одновременно с этим размыкается вспомогательный контакт **КМ1** в цепи питания обмотки пускателя **КМ1** и замыкается вспомогательный контакт **КМ1** в цепи питания пускателя **КМ2**

Отпускаем кнопку **СТОП. (SB3)**

Она возвращается в исходное, нормально-замкнутое положение. Но поскольку вспомогательный контакт **КМ1** разомкнут, питание на обмотку пускателя **КМ1** не подается, двигатель остается выключенным и схема готова к следующему запуску.

Реверс двигателя(SB2)

Чтобы запустить двигатель в обратном направлении, нажимаем кнопку **НАЗАД. (SB2)**

Питание подается на обмотку пускателя **КМ2**. Он срабатывает, замыкая силовые контакты **КМ2** в цепи питания двигателя, и вспомогательный контакт **КМ2**, который шунтирует кнопку **НАЗАД**. Одновременно с этим, другой вспомогательный контакт **КМ2** разрывает цепь питания пускателя **КМ1**.

На обмотки двигателя подаются три фазы в порядке С,В,А, он начинает вращаться в другую сторону.

Отпускаем кнопку **НАЗАД. (SB2)**

Она возвращается в исходное положение, но питание на обмотку пускателя **КМ2** продолжает поступать через замкнутый вспомогательный контакт **КМ2**. Двигатель продолжает вращаться в обратном направлении.

Останов двигателя из положения НАЗАД

Для останова повторно нажимаем кнопку **СТОП. (SB)**

Цепь питания обмотки пускателя **КМ2** размыкается. Якорь возвращается в исходное положение, размыкая силовые контакты **КМ2**. Двигатель останавливается. Одновременно с этим, вспомогательные контакты **КМ2** возвращаются в исходное состояние.

Отпускаем кнопку **СТОП**, схема готова к следующему пуску.

Защита от перегрузок.

Предположим, что двигатель запущен. Если по каким-то причинам ток нагрузки двигателя увеличится, биметаллические пластины теплового реле КК под действием повышенного тока начнут изгибаться, и приведут в действие механизм расцепителя. Он разомкнет вспомогательный контакт КК в цепи обмотки магнитного пускателя. Цепь обмотки пускателя разомкнется, силовые и вспомогательные контакты пускателя вернуться в исходное *разомкнутое* состояние, двигатель остановится.

Определить возможные неисправности схемы пуска и способы их устранения (Анализ производственных ситуаций)

- при нажатии кнопки «Пуск» срабатывает автоматический выключатель;
- при нажатии кнопки «Пуск» двигатель запускается, но при отпускании кнопки отключается;
- двигатель не запускается при нажатии кнопки «Пуск»;
- при нажатии кнопки «Пуск» двигатель «гудит», но не запускается.

Отпускаем кнопку **СТОП. (SB)**

Она возвращается в исходное, нормально-замкнутое положение. Но поскольку вспомогательный контакт **КМ1** разомкнут, питание на обмотку пускателя КМ1 не подается, двигатель остается выключенным и схема готова к следующему запуску.

Реверс двигателя(SB1)

Чтобы запустить двигатель в обратном направлении, нажимаем кнопку **НАЗАД. (SB2)**

Питание подается на обмотку пускателя **КМ2**. Он срабатывает, замыкая силовые контакты **КМ2** в цепи питания двигателя, и вспомогательный контакт **КМ2**, который шунтирует кнопку **НАЗАД**. Одновременно с этим, другой вспомогательный контакт **КМ2** разрывает цепь питания пускателя **КМ1**.

На обмотки двигателя подаются три фазы в порядке С,В,А, он начинает вращаться в другую сторону.

Отпускаем кнопку **НАЗАД. (SB2)**

Она возвращается в исходное положение, но питание на обмотку пускателя **КМ2** продолжает поступать через замкнутый вспомогательный контакт **КМ2**. Двигатель продолжает вращаться в обратном направлении.

Останов двигателя из положения НАЗАД

Для останова повторно нажимаем кнопку **СТОП. (SB)**

Цепь питания обмотки пускателя **КМ2** размыкается. Якорь возвращается в исходное положение, размыкая силовые контакты **КМ2**. Двигатель останавливается. Одновременно с этим, вспомогательные контакты **КМ2** возвращаются в исходное состояние.

Отпускаем кнопку **СТОП**, схема готова к следующему пуску.

Защита от перегрузок.

Предположим, что двигатель запущен. Если по каким-то причинам ток нагрузки двигателя увеличится, биметаллические пластины теплового реле КК под действием повышенного тока начнут изгибаться, и приведут в действие механизм расцепителя. Он разомкнет вспомогательный контакт КК в цепи обмотки магнитного пускателя. Цепь обмотки пускателя разомкнется, силовые и вспомогательный контакты пускателя вернуться в исходное *разомкнутое* состояние, двигатель остановится.

Определить возможные неисправности схемы пуска и способы их устранения (Анализ производственных ситуаций)

- при нажатии кнопки «Пуск» срабатывает автоматический выключатель;
- при нажатии кнопки «Пуск» двигатель запускается, но при отпускании кнопки отключается;
- двигатель не запускается при нажатии кнопки «Пуск»;
- при нажатии кнопки «Пуск» двигатель «гудит», но не запускается.

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.3. Электроснабжение металлургических предприятий

Практическая работа № 36 Изучение типов электростанций

Цель работы:

Изучить типы электростанций и принципы их действия.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

1. Изучение теоретического материала
2. Изучение принципа действия электростанций, основных видов и особенностей.

Ход работы

1. Изучить принцип действия электростанций их преимущества и недостатки
2. Преимущества и недостатки различных электростанций.
3. Перспективные виды электростанций.

Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

В зависимости от источника энергии различают следующие типы электростанций:

- Тепловые электростанции ([ТЭС](#)), использующие природное топливо. Они делятся на конденсационные ([КЭС](#)) и теплофикационные ([ТЭЦ](#))
- Гидравлические электростанции ([ГЭС](#)) и гидроаккумулирующие ([ГАЭС](#)), использующие энергию падающей воды
- Атомные электростанции ([АЭС](#)), использующие энергию ядерного распада
- Дизельные электростанции ([ДЭС](#))
- ТЭС с газотурбинными ([ГТУ](#)) и парогазовыми установками (ПГУ)
- Солнечные электростанции ([СЭС](#))
- Ветровые электростанции (ВЭС)
- Геотермальные электростанции (ГЕОТЭС)
- Приливные электростанции ([ПЭС](#))

Наиболее часто в современной энергетике выделяют традиционную и нетрадиционную энергетики.

Традиционную энергетику главным образом разделяют на электроэнергетику и теплоэнергетику.

Наиболее удобный вид энергии - электрическая, которая может считаться основой цивилизации. Преобразование первичной энергии в электрическую производится на электростанциях.

В нашей стране производится и потребляется огромное количество электроэнергии. Она почти полностью вырабатывается тремя основными типами электростанций: тепловыми, атомными и гидроэлектростанциями.

Примерно 70% мировой электроэнергии вырабатывают на ТЭС. Они делятся на конденсационные тепловые электростанции (КЭС), вырабатывающие только электроэнергию, и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), которые производят электроэнергию и теплоту.

В России около 75% энергии производится на тепловых электростанциях. ТЭС строят в районах добычи топлива или в районах потребления энергии. ГЭС выгодно строить на полноводных горных реках. Поэтому наиболее крупные ГЭС построены на сибирских реках. Енисее, Ангаре. Но также построены каскады ГЭС и на равнинных реках: Волге, Кама.

АЭС построены в районах, где потребляется много энергии, а других энергоресурсов не хватает (в западной части страны).

Основным типом электростанций в России являются тепловые (ТЭС). Эти установки вырабатывают примерно 67% электроэнергии России. На их размещение влияют топливный и потребительский факторы. Наиболее мощные электростанции располагаются в местах добычи топлива. ТЭС, использующие калорийное, транспортабельное топливо, ориентированы на потребителей.

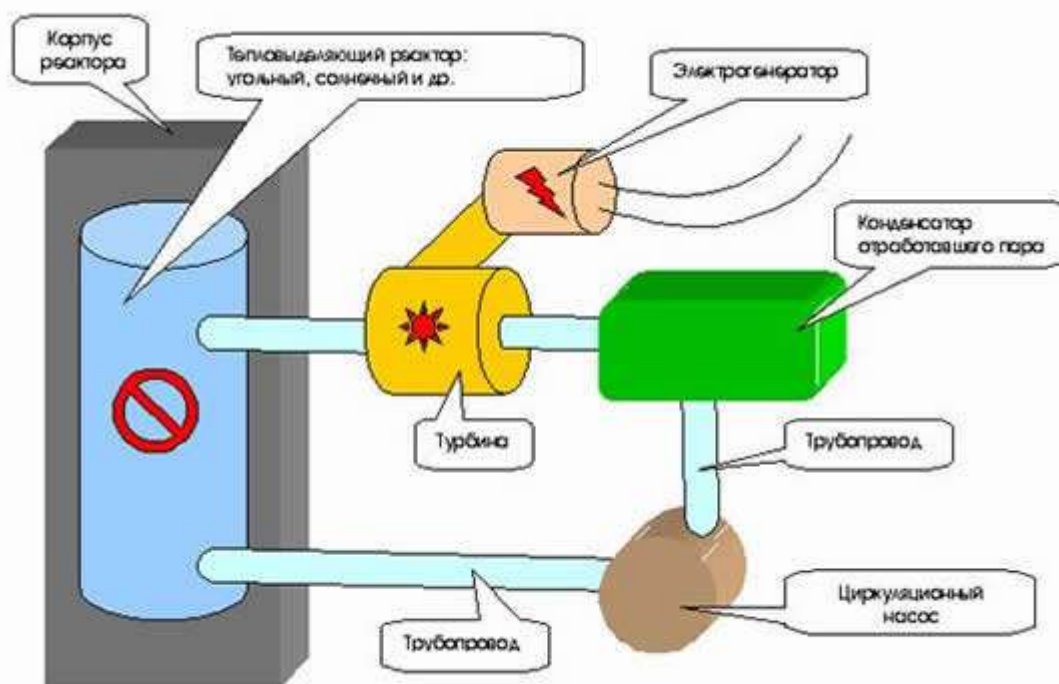


Рисунок 1- Принципиальная схема тепловой электростанции

Принципиальная схема тепловой электростанции представлена на рис.15. Стоит иметь в виду, что в ее конструкции может быть предусмотрено несколько контуров - теплоноситель от тепловыделяющего реактора может не идти сразу на турбину, а отдать свое тепло в теплообменнике теплоносителю следующего контура, который уже может поступать на турбину, а может дальше передавать свою энергию следующему контуру. Также в любой электростанции предусмотрена система охлаждения отработавшего теплоносителя, чтобы довести температуру теплоносителя до необходимого для повторного цикла значения. Если поблизости от

электростанции есть населенный пункт, то это достигается путем использования тепла отработавшего теплоносителя для нагрева воды для отопления домов или горячего водоснабжения, а если нет, то излишнее тепло отработавшего теплоносителя просто сбрасывается в атмосферу в градирнях. Конденсатором отработавшего пара на неатомных электростанциях чаще всего служат именно градирни.

Основное оборудование ТЭС - котел-парогенератор, турбина, генератор, конденсатор пара, циркуляционный насос.

В котле парогенератора при сжигании топлива выделяется тепловая энергия, которая преобразуется в энергию водяного пара. В турбине энергия водяного пара превращается в механическую энергию вращения. Генератор превращает механическую энергию вращения в электрическую. Схема ТЭЦ отличается тем, что по ней, помимо электрической энергии, вырабатывается и тепловая путем отвода части пара и нагрева с его помощью воды, подаваемой в тепловые магистрали.

Есть ТЭС с газотурбинными установками. Рабочее тело и них - газ с воздухом. Газ выделяется при сгорании органического топлива и смешивается с нагретым воздухом. Газовоздушная смесь при 750-770°C подается в турбину, которая вращает генератор. ТЭС с газотурбинными установками более маневренна, легко пускается, останавливается, регулируется. Но их мощность в 5-8 раз меньше паровых.

Процесс производства электроэнергии на ТЭС можно разделить на три цикла: химический - процесс горения, в результате которого теплота передается пару; механический - тепловая энергия пара превращается в энергию вращения; электрический - механическая энергия превращается в электрическую.

Общий КПД ТЭС состоит из произведения КПД (η) циклов:

$$\eta_{тэс} = \eta_x \cdot \eta_M \cdot \eta_{э},$$

$$\eta_x \approx \eta_{э} \approx 90\%.$$

КПД идеального механического цикла определяется так называемым циклом Карно:

$$\eta_M = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%,$$

где T_1 и T_2 - температура пара на входе и выходе паровой турбины.

На современных ТЭС $T_1=550^\circ\text{C}$ (823°K), $T_2=23^\circ\text{C}$ (296°K).

$$\eta_M = \frac{823 - 296}{823} \cdot 100\% = 63\%$$

$$\eta_{тэс} = 0,9 \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 0,5\%$$

Практически с учетом потерь $\eta_{тэс}=36-39\%$. Из-за более полного использования тепловой энергии КПД ТЭЦ = 60-65%.

Атомная электростанция отличается от ТЭС тем, что котел заменен ядерным реактором. Теплота ядерной реакции используется для получения пара.

Первичной энергией на АЭС является внутренняя ядерная энергия, которая при делении ядра выделяется в виде колоссальной кинетической энергии, которая, в свою очередь, превращается в тепловую. Установка, где идут эти превращения, называется реактором.

Через активную зону реактора проходит вещество теплоноситель, которое служит для отвода тепла (вода, инертные газы и т.д.). Теплоноситель уносит тепло в парогенератор, отдавая его воде. Образующийся водяной пар поступает в турбину. Регулирование мощности реактора производится с помощью специальных стержней. Они вводятся в активную зону и изменяют поток нейтронов, а значит, и интенсивность ядерной реакции.

Природное ядерное горючее атомной электрической станции - уран. Для биологической защиты от радиации используется слой бетона в несколько метров толщиной.

При сжигании 1 кг каменного угля можно получить 8 кВт·ч электроэнергии, а при расходе 1 кг ядерного топлива вырабатывается 23 млн. кВт·ч электроэнергии.

Более 2000 лет человечество использует водную энергию Земли. Теперь энергия воды используется на гидроэнергетических установках (ГЭУ) трех видов:

гидравлические электростанции (ГЭС);

приливные электростанции (ПЭС), использующие энергию приливов и отливов морей и океанов;

гидроаккумулирующие станции (ГАЭС), накапливающие и использующие энергию водоемов и озер.

Гидроэнергетические ресурсы в турбине ГЭУ преобразуются в механическую энергию, которая в генераторе превращается в электрическую.

Таким образом, основными источниками энергии являются твердое топливо, нефть, газ, вода, энергия распада ядер урана и других радиоактивных веществ.

Все основные типы [электростанций](#) оказывают значительное негативное воздействие на природу. ТЭС загрязняют воздух, шлаки станций, работающих на угле, занимают огромные территории. Водохранилища равнинных ГЭС заливают плодородные пойменные земли, приводят к заболачиванию земель. Небезопасными оказались и АЭС.

Будущее за использованием нетрадиционных источников энергии — энергии ветра, приливов, Солнца и внутренней энергии Земли.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные виды электростанций.
2. Определите основные преимущества и недостатки электростанций.
3. Перспективные направления производства электроэнергии.
4. Какая из электростанций более экологична?
5. На каких электростанциях вырабатывают больше всего электроэнергии?

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2.3. Электроснабжение металлургических предприятий

Практическая работа № 37

Качество и надежность электроснабжения

Цель работы:

Изучить показатели качества и надежности электроснабжения

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

1. Изучить показатели качества электроснабжения
2. Изучить категории потребителей по надежности электроснабжения

Ход работы

1. Изучение категории по надежности электроснабжения
2. Изучение показателей качества электроэнергии.

Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

Категории электроприемников по надежности их электроснабжения в общем виде сформулированы в ПУЭ. Основным критерием, характеризующим надежность, является время перерывов электроснабжения. Ниже перечислены три категории электроприемников.

Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух взаимно резервирующих независимых источников питания и допускают в аварийных режимах перерыв в электроснабжении на время автоматического восстановления питания.

Электроприемники II категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух взаимно резервирующих независимых источников питания и допускают в аварийных режимах перерыв в электроснабжении на время восстановления питания обслуживающим персоналом (дежурный персонал или выездные оперативные бригады).

Электроприемники III категории могут получать питание от одного источника при условии, что в случаях аварий и неисправностей время для их устранения не превышает 1 сут.

Степень обеспечения надежности электроснабжения жилых зданий и отдельных потребителей определена в СП 31-110-2003.

В соответствии с этим различные потребители многоэтажных жилых домов, относящиеся к системам безопасности (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной и охранной сигнализации и т.п.) относятся к I категории.

Жилые 1-8 квартирные дома с электроплитами относятся к III категории.

Жилые дома свыше 5 этажей с газовыми плитами — II категория, до 5 этажей — III категория.

Строения на участках садоводческих товариществ — III категория.

Однако для жилища повышенной комфортности и коттеджей заказчик вправе предъявить требования по обеспечению более высокой степени надежности электроснабжения, чем это предписано нормативными документами.

Для многоэтажных многоквартирных жилых домов, независимо от комфортности отдельно взятой квартиры, надежность электроснабжения общедомовых потребителей решается в проектах электротехнической части всего дома.

Учитывая, что, как правило, к любой квартире в многоквартирном доме проектами обеспечивается только один подвод питания, степень надежности электроснабжения такой квартиры будет определяться надежностью электроснабжения всего дома. Если в квартире имеются потребители, требующие более высокой категории надежности питания (например, компьютеры, системы безопасности - пожарной сигнализации, видеонаблюдения и т.п.), то целесообразно вопросы повышения надежности электроснабжения рассматривать в комплексе с вопросами качества электроэнергии (см. п. 8.2).

Повышение надежности электроснабжения коттеджей может быть достигнуто:

- обеспечением ввода от второго независимого источника питания;
- установкой автономных источников питания дизель-генераторной электростанции или агрегатов бесперебойного питания;
- решением электроснабжения отдельных потребителей в комплексе с вопросами качества электроэнергии.

Российским стандартом ГОСТ 13109-97 установлены показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии, или приемники электрической энергии (точки общего присоединения). Это в полной мере относится и к качеству электроэнергии, поставляемой электроснабжающими организациями бытовым потребителям.

Нормы, установленные стандартом, включаются в технические условия на присоединение потребителей электрической энергии и в договоры на пользование электрической энергией.

Для обеспечения норм стандарта в точках общего присоединения допускается устанавливать в технических условиях на присоединение потребителей, являющихся виновниками ухудшения КЭ, и в договорах на пользование электрической энергией с такими потребителями более жесткие нормы (с меньшими диапазонами изменения соответствующих показателей КЭ) по сравнению со стандартом.

Нормы, установленные стандартом, применяют при проектировании и эксплуатации электрических сетей, а также при определении уровней помехоустойчивости приемников электрической энергии и уровней кондуктивных электромагнитных помех, вносимых этими приемниками. При этом под кондуктивной электромагнитной помехой в системе энергоснабжения понимается электромагнитная помеха, распространяющаяся по элементам электрической сети.

Под понятием «уровень электромагнитной совместимости» в системе энергоснабжения подразумевается регламентированный уровень кондуктивной электромагнитной помехи, используемый в качестве эталонного для координации между допустимым уровнем помех, вносимым техническими средствами энергоснабжающей организации и потребителей электрической энергии, и уровнем помех, воспринимаемым техническими средствами без нарушения их нормального функционирования.

В указанном ГОСТе установлены два вида норм КЭ: нормально допустимые и предельно допустимые. Для бытовых потребителей электроэнергии применимы нижеследующие нормы показателей КЭ.

Отклонение напряжения, характеризующиеся показателем установившегося отклонения напряжения, для которого установлены следующие нормы нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения $5U_u$ на выводах приемников электрической энергии равные соответственно +5 и +10% от номинального напряжения электрической сети. В сетях напряжением 0,38 кВ это соответственно составляет: 361-399 В и 342-418 В.

Колебания напряжения характеризуются следующими показателями:

- размахом изменения напряжения;
- дозой фликера.

Фликер - это субъективное восприятие человеком колебаний светового потока искусственных источников освещения, вызванных колебаниями напряжения в электрической сети, питающей эти

источники, а доза фликера — мера восприимчивости человека к воздействию фликера за установленный интервал времени.

Предельно допустимое значение суммы установившегося отклонения напряжения dU_u и размаха изменений напряжений dU_1 в точках присоединения к электрическим сетям напряжением 0,38 кВ равно $\pm 10\%$ от номинального напряжения.

Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера PSt равно 1,38, а для длительной дозы фликера PLt составляет 1,0.

Кратковременную дозу фликера определяют на интервале времени наблюдения, равном 10 мин. Длительную дозу фликера определяют на интервале времени наблюдения, равном 2 ч.

Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера PSt в точках общего присоединения потребителей электрической энергии, располагающих лампами накаливания, в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение, равно 1,0, а для длительной дозы фликера PLt равно 0,74.

Несинусоидальность напряжения характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициентом n -й гармонической составляющей напряжения.

Нормально допустимые и предельно допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ составляют соответственно 8 и 12%.

Нормально допустимые значения коэффициента n -й гармонической составляющей напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ приведены в табл. 8.1.

Таблица 2 **Коэффициент n -й гармонической составляющей* напряжения при напряжении 380 В, %**

Коэффициент n -й гармонической составляющей* напряжения при напряжении 380 В, %					
Нечетные гармоники, не кратные 3		Нечетные гармоники, кратные 3**		Четные гармоники при	
n	0,38	n	0,38	n	0,38
5	6,0	3	5,0	2	2,0
7	5,0	9	1,5	4	1,0
11	3,5	15	0,3	6	0,5
13	3,0	21	0,2	8	0,5
17	2,0	>21	0,2	10	0,5
19	1,5			12	0,2
23	1,5			>12	0,2
25	1,5				
>25	$0,2 + 1,3 - 25/n$				

* n - Номер гармонической составляющей напряжения.

****** — Нормально допустимые значения, приведенные для n , равных 3 и 9, относятся к однофазным электрическим сетям. В трехфазных трехпроводных электрических сетях эти значения принимают вдвое меньшими приведенных в таблице

Предельно допустимое значение коэффициента n -й гармонической составляющей напряжения вычисляют по формуле

$$K_{U(n)_{пред}} = 1,5 K_{U(n)_{норм}},$$

где $K_{U(n)_{пред}}$ - нормально допустимое значение коэффициента n -й гармонической составляющей напряжения, определяемое по табл. 8.1.

Несимметрия напряжений характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в точках общего присоединения к электрическим сетям равны 2,0 и 4,0% соответственно.

Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности в точках общего присоединения к четырехпроводным электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ равны 2,0 и 4,0% соответственно.

Отклонение частоты напряжения переменного тока в электрических сетях характеризуется показателем отклонения частоты, для которого установлены следующие нормы нормально допустимое и предельно допустимое значения отклонения частоты равные $\pm 0,2$ и $\pm 0,4$ Гц соответственно.

Импульс напряжения характеризуется его амплитудой и длительностью значения грозовых импульсных напряжений, регламентированных ГОСТом. В воздушной сети 0,38 кВ не превышают 10 кВ, во внутренней сети зданий 6 кВ.

Коммутационные импульсные напряжения в сетях 0,38 кВ при их длительности на уровне 0,5 амплитуды импульса и длительности, равной 1000-1500 мкс, составляют 4,5 кВ.

Временные перенапряжения в точках присоединения к электрической сети общего назначения в зависимости от их длительности определяются коэффициентом временного перенапряжения:

$$K = \frac{U_{\max}}{U_{н\max}},$$

где $U_{\max}$ - амплитуда импульса;

$U_{н\max}$; - амплитуда номинального напряжения.

Значения коэффициента временного перенапряжения в точках присоединения электрической сети общего назначения в зависимости от длительности временных перенапряжений приведены ниже:

Длительность временного перенапряжения $t_{перU}$, с..... До 1 До 20 До 60

Коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$, отн.ед..... 1,47 1,31 1,15

Способы вычислений и измерений рассмотренных показателей и норм КЭ приведены также в ГОСТ 13109-97.

Все электроприборы рассчитываются и выпускаются для работы от сети с качеством электроэнергии, соответствующим требованиям ГОСТ 13109-97.

Однако в реальных условиях характеристики систем электроснабжения не являются стабильными, они непрерывно изменяются под воздействием различных факторов. К таким факторам относятся, например: перегрузка существующих сетей, подключение к сети потребителей источников высших гармоник (в бытовом секторе это могут быть статические преобразователи частоты на насосных агрегатах), включение-отключение электроприводов,

аварийные ситуации (обрыв линий, короткие замыкания и пр.). Кроме того, к нестабильности приводят удары молнии в элементы электросети и ее вторичные проявления.

Возникающие при этих воздействиях отклонения величины или формы напряжения от требований ГОСТ 13109-97 - возмущения, помехи - отрицательно сказываются на работе электрооборудования.

Так, кратковременные повышения напряжения в сети на величину более 110% от номинального значения на время более одного периода синусоиды (20 мс), которые могут возникнуть при отключении энергоемкого оборудования (электродвигатели лифтов, вентиляционных систем, насосов и т.п.) при питании их от одних сборных шин с потребителями квартир, может привести к:

- сбросу оперативной памяти компьютеров;
- возникновению ошибок в работе компьютеров;
- выходу из строя чувствительной телерадиоаппаратуры;
- мерцанию электрического освещения.

Аналогичные неисправности могут произойти и при кратковременных (до 20 мс) посадках напряжения до величины менее 80-85% от номинального значения, которые связаны с включением энергоемкого оборудования.

При высоковольтных (около 6 кВ) кратковременных импульсах длительностью до 10 мс, вызываемых, как правило, ударами молнии или искрениями в силовых переключателях на вводных устройствах, может произойти:

- сброс оперативной памяти компьютеров;
- выход из строя элементов аппаратуры.

Снижение частоты питающей сети ниже аварийной величины приводит к срабатыванию частотной защиты и отключению многих потребителей электроэнергии.

Отклонение частоты от установленных в ГОСТ 13109-97 значений может привести к:

- выходу из строя накопителей информации;
- «зависанию» компьютерной системы;
- программным сбоям;
- потере данных.

Таким образом, для надежности работы электрооборудования и приборов необходимо бесперебойное питание их электроэнергией с показателями качества, находящимися в допустимых пределах, регламентированных ГОСТ 13109-97.

Для этой цели используются следующие средства:

1. При длительных перерывах в электроснабжении автономные источники - дизельгенераторные установки (ДГУ), обеспечивающие электроснабжение либо всей установки, либо наиболее ответственных потребителей (в зависимости от требований и возможностей заказчика)5.

2. При кратковременных посадках или повышениях напряжения, а также отклонениях частоты - применение статических агрегатов бесперебойного питания (АБП) для питания чувствительных к помехам наиболее ответственных потребителей: компьютерной техники, а также систем связи, пожарной и охранной сигнализации.

3. При снижениях или повышениях напряжения питающей сети - стабилизаторы напряжения для обеспечения нормальной работы радио- и телевизионной аппаратуры.

4. При импульсных перенапряжениях - ограничители перенапряжения для защиты всех видов электрооборудования. Стабилизаторы напряжения выпускаются различными фирмами и широко представлены на рынке. Их выбор не зависит от электрооборудования питающей сети и определяется напряжением защищаемого устройства, его мощностью и напряжением питающей сети.

Контрольные вопросы

1. Показатели качества электроэнергии.
2. Категории потребителей по надежности электроснабжения.
3. Особенности электроснабжения потребителей особой группы первой категории.
4. Какое отклонение напряжения считается допустимым?
5. Чем отличается отклонение напряжения от колебаний?

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2. 4 Электропривод агрегатов и машин по обработке металлов давлением

Практическая работа № 38

Изучение схемы управления электропривода стана горячей прокатки.

Цель работы:

Изучить элементы схемы и принцип действия

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

Изобразить схему, определить элементы и изучить принцип действия.

Ход работы:

1. Изучить теоретический материал.
2. Изобразить схему
3. Определить элементы
4. Изучить принцип действия схемы.

Форма предоставления результата: отчет.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

Электродвигатели прокатных станов работают в условиях с большим числом включений (до 1500 включений), с частыми реверсами и перегрузками. В момент захвата металла ток скачком увеличивается и достигает ($2,5 - 3 I_{ном}$). Ускорение стана связано с большими динамическими нагрузками т.к. в волках находится слиток. Практически всё время двигатели работают в переходных режимах.

Требование к электроприводу:

1. широкий диапазон регулирования скорости 10:1;
2. привод должен иметь минимальный момент инерции;
3. выдерживать большие перегрузки по току и мощности ($\lambda=3-3,5$)
4. Надёжность и экономичность в эксплуатации.

Данные требования наиболее полно удовлетворяет привод по системе ТПД.

Основное требование предъявляемое к цепям питания с неререверсивным магнитным потоком это минимальное время переходных процессов, которое зависит от постоянной времени, обмотки возбуждения, которая в свою очередь зависит от коэффициента форсировки.

$$k_{\phi} = \frac{U_{П.МАХ}}{U_{В.МАХ}},$$

где $U_{П.МАХ}$ – максимальное напряжение преобразователя;

$U_{В.МАХ}$ – максимальное напряжение обмотки возбуждения.

Для повышения производительности необходимо увеличить мощность двигателей главного привода, поэтому применяют двигатели предельной мощности.

Предельная мощность ограничивается:

1. допустимым напряжением между соседними коллекторными пластинами (от 10 до 20 вольт);
2. нагревом якоря;
3. допустимой окружной скоростью якоря (70м/с);

Прокатные двигатели имеют такую конструкцию, которая позволяет уменьшить диаметр якоря, уменьшить момент инерции, увеличить окружную скорость, увеличить КПД, расширить диапазон регулирования скорости.

Одной из основных характеристик прокатного двигателя является технический показатель.

$$\alpha = \frac{P_H \cdot M_H}{J},$$

где J – момент инерции.

Чем выше данный показатель, тем большую производительность может обеспечить двигатель при данной мощности.

С целью повышения производительности преодоление возникающих на валу больших динамических и статических нагрузок осуществляется за счет перегрузочной способности электродвигателей, которая зависит от скорости. С увеличением скорости двигателя растет его ЭДС, что может вызвать искрение щеток.

Предельно допустимые рабочие значения момента и мощности определяется из условия, что предельный ток при всех значениях скорости не нарушит надёжной безискровой работы.

$$M_{II} = \frac{M_H \cdot \lambda \cdot \omega_H}{\omega},$$

где ω – это угловая скорость которая превышает основную скорость.

Для реверсивных станков важное значение имеют максимальное увеличение мощности, момента и тока при которых двигатель отключается аппаратами защиты, обычно эти значения на 15 – 20% выше предельных значений.

В электроприводе прокатных станов широко применяются так называемое, двухзонное регулирование скорости.

Функциональная схема электропривода с двухзонным регулированием скорости показана на рисунке 1.

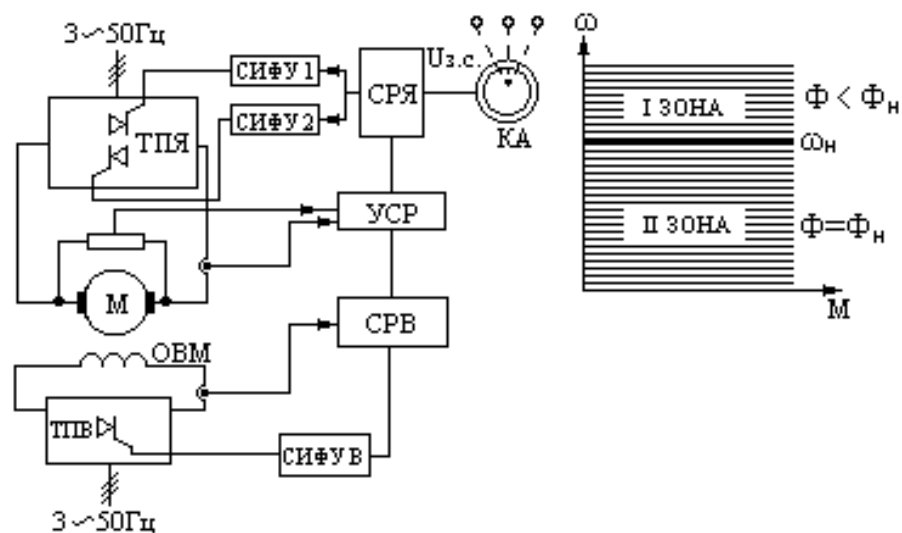


Рисунок 1- Функциональная схема электропривода с двухзонным регулированием скорости.

Сигнал задания на скорость поступает с командоаппарата на систему регулирования якорного напряжения. При задании по скорости от 0 до основной система регулирования якорного напряжения воздействует на СИФУ, в результате чего напряжение тиристорного преобразователя также изменяется от 0 до номинального значения, при этом узел согласования режимов поддерживает напряжение на обмотки возбуждения номинальным, что соответствует номинальному магнитному потоку. Таким образом в первой зоне мощность переменная, а момент постоянный.

При задании на скорость выше основной система регулирования якорного напряжения на обмотки якоря остаётся на уровне номинального значения, а узел согласования режимов воздействует на систему регулирования возбуждения, напряжения на обмотку возбуждения снижается, а скорость увеличивается. Таким образом во второй зоне мощность постоянна, а момент переменный. Диапазон регулирования скорости 2,5:1.

Контрольные вопросы:

1. Какое основное требование к схемам питания?
2. Почему электропривод должен иметь минимальный момент инерции?
3. Почему в момент захвата металла ток двигателей увеличивается?
4. Что обозначает система-ТПД?
5. Какую перегрузку должен выдерживать двигатель?

Раздел 2. Эксплуатация электрооборудования цехов обработки металлов давлением

Тема 2. 4 Электропривод агрегатов и машин по обработке металлов давлением

Практическая работа № 39

Изучение схемы управления электропривода стана холодной прокатки.

Цель работы:

Изучить элементы схемы и принцип действия

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса.
- выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса
- производить расчеты энергосиловых параметров оборудования

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Оборудование: не требуется

Задание

Изобразить схему, определить элементы и изучить принцип действия

Ход работы:

1. Изучить теоретический материал.
1. Изобразить схему
2. Определить элементы
3. Изучить принцип действия схемы

Форма предоставления результата: отчет.

. **Критерии оценки:** оценка «отлично» выставляется студенту, если студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Теоретические сведения

К электроприводу реверсивного стана холодной прокатки применяют ряд требований:

1. широкий диапазон регулирования скорости 30:1;
2. работа двигателей главной клетки должна согласовываться с работой намоточных устройств;

Для передачи рабочим волкам должных крутящихся моментов используются опорные волки. Функциональная схема реверсивного стана холодной прокатки показана на рисунке 17.

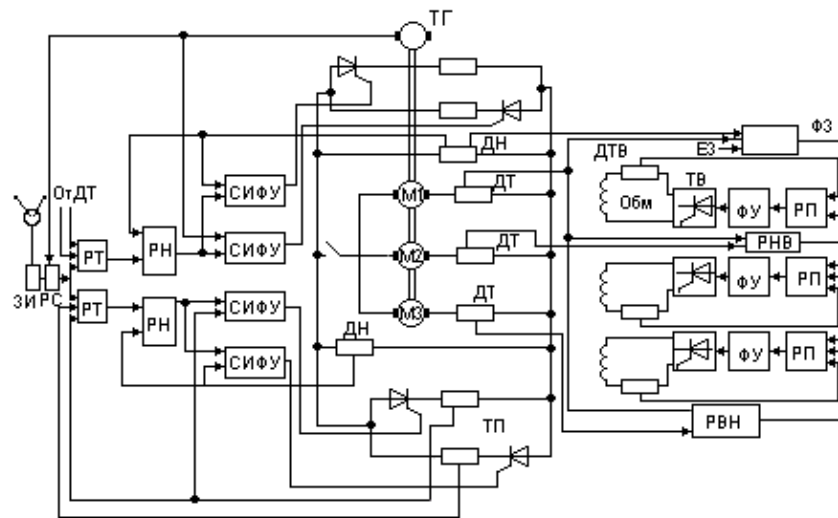


Рисунок 1 - Функциональная схема реверсивного стана холодной прокатки.

Валы двигателей М1, М2, М3 соединены последовательно, а обмотки якоря включены параллельно и питаются от реверсивного тиристорного преобразователя. Каждая из двух параллельных секций тиристорного преобразователя имеет свой регулятор напряжения и регулятор тока. Задание по скорости от командоаппарата поступает на общий для всех секций регулятора скорости. С регулятора скорости сигнал поступает на регулятор тока, куда также поступают фактические сигналы от датчика тока. Обмотки возбуждения машины получают питание от индивидуальных тиристорных преобразователей. Магнитные потоки соответствуют заданием по скорости. Величина магнитного потока контролируется при помощи датчика токового возбуждения. Сигнал установки магнитного потока поступает с общего для всех двигателей регулятора ЭДС. Контур регулятора ЭДС имеет обратную связь по ЭДС от двигателя М1, а потоки возбуждения двигателей М2 и М3 корректируются регулятором выравнивания нагрузки.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные элементы схемы.
2. Определите назначение элементов схемы.
3. Принцип действия схемы.
4. Какой тип возбуждения двигателей?
5. Как регулируется скорость двигателей?