

Министерство общего и профессионального образования Ростовской области
НОВОШАХТИНСКИЙ ТЕХНИКУМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ –
филиал Государственного бюджетного профессионального образовательного
учреждения Ростовской области «ШАХТИНСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ
КОЛЛЕДЖ ТОПЛИВА И ЭНЕРГЕТИКИ им. ак. Степанова П.И.»

Методические указания по проведению практических занятий
по **МДК01.04. Электрическое и электромеханическое оборудование** для
обучающихся очной формы обучения для специальности **13.02.11**
Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и
электромеханического оборудования (по отраслям)

Новошахтинск 2021

**Образовательные результаты, заявленные ФГОС МДК01.04.
Электрическое и электромеханическое оборудование для
специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и
обслуживание электрического и электромеханического
оборудования» (по отраслям)**

В результате освоения **МДК01.04. Электрическое и электромеханическое оборудование** обучающийся должен:

Иметь практический опыт	<ul style="list-style-type: none"> - выполнения работ по технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования; использования основных измерительных приборов.
уметь	<ul style="list-style-type: none"> - определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем; - подбирать технологическое оборудование для ремонта и эксплуатации электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем, определять оптимальные варианты его использования; - организовывать и выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования; - проводить анализ неисправностей электрооборудования; - эффективно использовать материалы и оборудование; - заполнять маршрутно-технологическую документацию на эксплуатацию и обслуживание отраслевого электрического и электромеханического оборудования; - оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования; - осуществлять технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования; - осуществлять метрологическую поверку изделий; - производить диагностику оборудования и определение его ресурсов; прогнозировать отказы и обнаруживать дефекты электрического и электромеханического оборудования.

<p>знать</p>	<ul style="list-style-type: none"> - технические параметры, характеристики и особенности различных видов электрических машин; - классификацию основного электрического и электромеханического оборудования отрасли; - элементы систем автоматики, их классификацию, основные характеристики и принципы построения систем автоматического управления электрическим и электромеханическим оборудованием; - классификацию и назначением электроприводов, физические процессы в электроприводах; - выбор электродвигателей и схем управления; - устройство систем электроснабжения, выбор элементов схемы электроснабжения и защиты; - физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, области применения, правила эксплуатации, электрического и электромеханического оборудования; - условия эксплуатации электрооборудования; - действующую нормативно-техническую документацию по специальности; - порядок проведение стандартных и сертифицированных испытаний; - правила сдачи оборудования в ремонт и приема после ремонта;
---------------------	--

Общие указания к составлению отчёта

Практические занятия являются одним из элементов учебной деятельности обучающегося, выполнив которую, он должен составить отчёт. Правильно составить отчёт, значит показать:

- степень усвоения знаний не только по **МДК01.04. Электрическое и электромеханическое оборудовани**е и по другим дисциплинам, изучаемым обучающимися данной специальности;

- умение проявить самостоятельность;
- творческий подход к выполнению заданий;
- знание нормативных документов, ГОСТов, ЕСКД;
- наиболее лучшую организацию своей работы, чтобы с наименьшими затратами времени и труда найти оптимальное техническое, математическое и другое решение;
- умение пользоваться справочной, информационной, нормативной литературой, ресурсами Интернет.

Отчёт выполняется рукописным способом на обеих сторонах листа формата А4. Оформление отчёта выполняется в соответствии с методическими указаниями по применению стандартов при оформлении учебной документации, текст отчёта иллюстрируется при необходимости графическим материалом в виде рисунков, схем, таблиц. Текст отчёта пишется пастой синего цвета. Отчёт составляется в соответствии с методическими указаниями к работе на основе результатов выполненной работы.

Проверяя отчёт, преподаватель отмечает:

- правильность оформления отчёта, т.е. соблюдение требований ГОСТ, ЕСКД и других нормативных документов;
- правильность выполнения задания;
- достоверность полученных результатов;
- ответы на контрольные вопросы и выводы по работе.

Преподаватель отмечает ошибки и выставляет оценку. В случае неудовлетворительной оценки отчёт возвращается, обучающийся исправляет ошибки

Практическое занятие 1

Тема: Работа параметрических датчиков

Цель: 1) изучение работы параметрических датчиков

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Параметрические датчики по их устройству и принципу преобразования делятся на:

- а) контактные;
- б) реостатные;
- в) тензочувствительные;
- г) электролитические;
- д) термосопротивления;
- е) емкостные;
- ж) индуктивные;
- и) магнитоупругие и магнитострикционные;
- к) ионизационные.

Принцип работы **контактных датчиков** основан на преобразовании механических перемещений (линейных или угловых) в электрический сигнал путём подключения или отключения источников питания к вторичной цепи (рис. 2.1). При этом входным параметром изображенных датчиков является в одном случае механическая нагрузка, а в другом - температура.

Наибольшее применение контактные датчики нашли в качестве конечных выключателей, и они являются типичными представителями релейных элементов, т.к. их выходное сопротивление может принимать только два значения: 0 или ∞ .

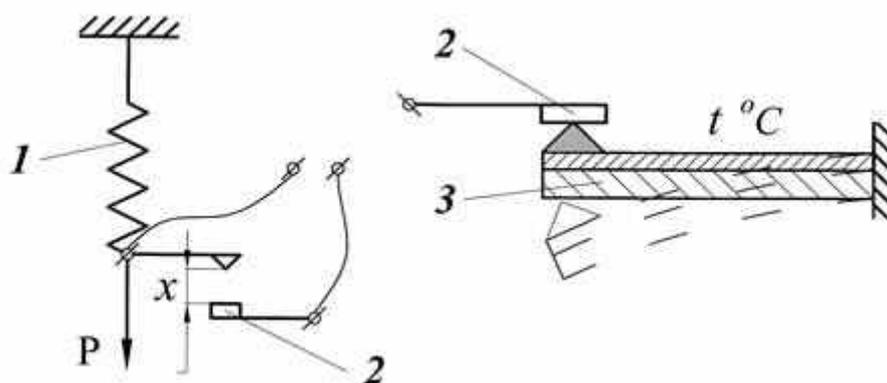


Рис. 2.1. Контактные датчики: 1 - пружина, 2 - контактная группа, 3 - биметаллическая пластина

Основным недостатком контактных датчиков является их низкая надежность, т.к. при замыкании или размыкании контактов появляется

электрическая дуга (искра), из-за которой сокращается срок службы контактов за счёт их окисления и разрушения, и при этом создаётся высокий уровень электромагнитных помех. Для исключения такого явления применяют различные методы гашения электрической дуги, используя специальные схемы и соответствующие конструкции самих контактов.

Реостатные (потенциометрические) датчики (рис. 2.2), конструктивно выполненные подобно реостатам, преобразуют линейные или угловые перемещения движка реостата в электрическое напряжение путём изменения его выходного сопротивления.

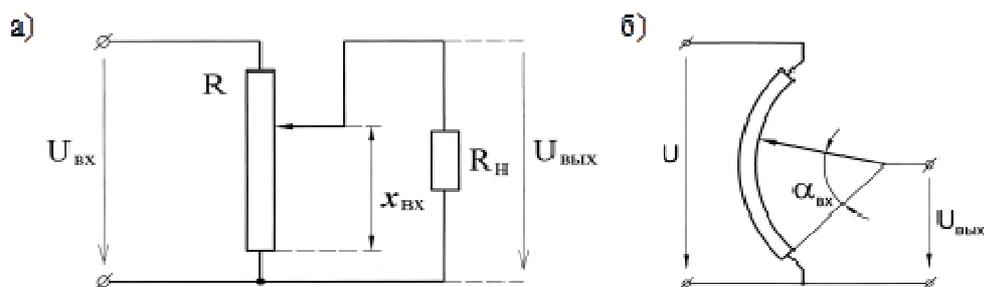


Рис. 2.2. Реостатные датчики: а - линейный; б - торроидальный

В конструкции реостатов используются либо линейные формы каркасов (рис. 2.2, а), для которых входная величина $x_{вх}$ - линейное перемещение, либо - торроидальные (рис. 2.2, б), у которых входная величина $x_{вх}$ - угловое перемещение движка реостата. Обмотки проволочных реостатов выполняются из нихрома или специальных сплавов с высоким внутренним сопротивлением и малым температурным коэффициентом сопротивления. В некоторых случаях вместо обмотки используется графитовое покрытие.

Питание реостатных датчиков может осуществляться от источников как постоянного, так и переменного тока. Реостатные датчики нашли довольно широкое применение, несмотря на наличие в их конструкции механического и электрического контакта между движком реостата и его обмоткой, несколько снижающего надежность работы такого датчика.

Тензочувствительные датчики - это элементы, основанные на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводниковых материалов при наличии в них деформации в пределах упругости.

Принцип действия проволочных датчиков понятен из рисунка 2.5, а.

В качестве таких датчиков наибольшее применение нашли:

- проволочные, чувствительный элемент которых изготовлен из сплавов с высоким удельным электрическим сопротивлением, таких как *манганин, нихром, константан*;
- угольные или графитовые (*тензолит, прессугольный порошок*)
- полупроводниковые (*PbS*).

Тензочувствительные датчики широко применяются для измерения сил, ускорений, деформаций и вызванных ими механических напряжений в строительных конструкциях, а также для других целей, связанных с деформацией (в частности, при исследовании взаимодействия

железнодорожного пути и подвижного состава, особенно при больших осевых нагрузках).

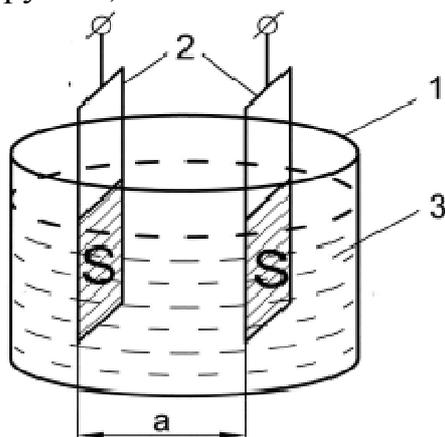


Рис. 2.7. Электролитический датчик

В *электролитических датчиках* используется зависимость электропроводности электролитов от его состава (концентрации) и геометрических параметров датчика.

Электролитические датчики применяются в качестве *соленомеров* для определения количества солей в водонагревательных установках, в измерителях кислотности (*pH-метрах*), в устройствах очистки воды для систем водоснабжения, в уровнемерах приемных резервуаров систем водоотведения, для измерения влажности воздуха, а также влажности неоднородных сред (сыпучих строительных материалов). Кроме этого, используя электропроводность воды, они в качестве контактных датчиков применяются для контроля уровня грунтовых вод в строительных котлованах для своевременной откачки из них грунтовых вод.

Работа *термосопротивлений* основана на зависимости внутреннего сопротивления проводников (металлов) и полупроводниковых материалов от температуры, причем для металлов статическая характеристика датчика (рис. 2.9) в широком диапазоне температур - линейна (рис. 2.9, прямая 1) и описывается выражением , где t - температурный коэффициент изменения сопротивления металла.

Второй режим - режим нагрева датчика схемным током, при котором его температура определяется условиями теплоотдачи. В этом режиме через чувствительный элемент датчика - проволоку пропускается ток, который нагревает её до температуры $t = 150...200^{\circ}\text{C}$. При этом отвод выделенного тепла зависит от среды, в которой находится проволока. Подобный режим работы термосопротивлений нашел применение в таких приборах как анемометры (измерители скорости воздушных потоков), вакуумметры и газоанализаторы, но конструктивные особенности исполнения этих датчиков отличаются от рассмотренных выше.

Емкостные датчики конструктивно представляют собой электрический конденсатор (рис. 2.11, а).

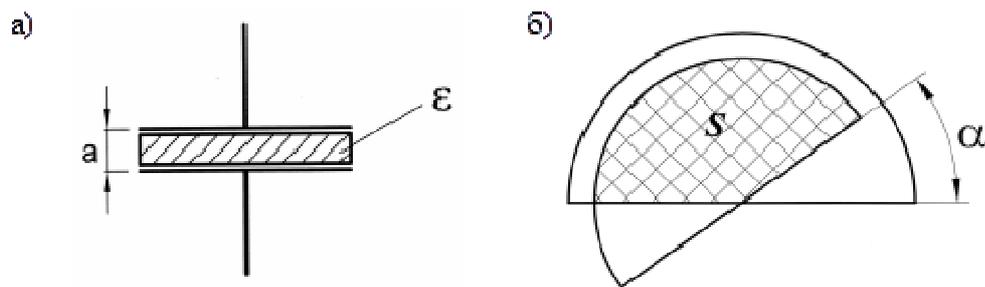


Рис. 2.11. Ёмкостные датчики: а - устройство; б - принцип действия

Ёмкость конденсатора определяется тремя параметрами: площадью перекрытия пластин S , расстоянием между ними a и величиной диэлектрической проницаемости используемого диэлектрика, находящегося между пластинами. Входной величиной такого датчика может быть любой из перечисленных параметров, а выходной величиной - его реактивное (ёмкостное) сопротивление, для определения которого необходим источник питания переменного тока высокой частоты.

Поэтому, несмотря на максимальную простоту конструкции и безинерционность датчика, применение его связано с использованием сложной аппаратуры, работающей в области радиочастот ($f = 1 \dots 10$ МГц), а это высокочастотные мостовые схемы и резонансные усилители. Но все же, несмотря на это, ёмкостные датчики нашли практическое применение во влагомерах ($\epsilon = var$), уровнемерах и в угломерах ($S = var$) (рис. 2.11, б), а также в ёмкостных манометрах и микрофонах ($a = var$).

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Классификация параметрических датчиков
- 2) На чем основан принцип работы тензочувствительных датчиков
- 3) Что из себя представляют ёмкостные датчики

6 Список литературы

1. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 2

Тема: Работа терморезисторов

Цель: 1) изучение работы терморезисторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

термодатчик относится к числу наиболее часто используемых устройств. Его основное предназначение заключается в том, чтобы воспринимать температуру и преобразовывать ее в сигнал. Существует много разных типов датчиков. Наиболее распространенными из них являются термопара и терморезистор.

Обнаружение и измерение температуры – очень важная деятельность, имеет множество применений: от простого домохозяйства до промышленного. Термодатчик – это устройство, которое собирает данные о температуре и отображает их в понятном для человека формате. Рынок температурного зондирования демонстрирует непрерывный рост из-за его потребности в исследованиях и разработках в полупроводниковой и химической промышленности.

Термодатчики в основном бывают двух типов:

Контактные. Это термопары, заполненные системные термометры, термодатчики и биметаллические термометры;

Бесконтактные датчики. Это инфракрасные устройства, имеют широкие возможности в секторе обороны из-за их способности обнаруживать тепловую мощность излучения оптических и инфракрасных лучей, излучаемых жидкостями и газами.

Термопара (биметаллическое устройство) состоит из двух разных видов проводов (или даже скрученных) вместе. Принцип действия термопары основан на том, что скорости, с которыми расширяются два металла, между собой отличаются. Один металл расширяется больше, чем другой, и начинает изгибаться вокруг металла, который не расширяется. Терморезистор – это своего рода резистор, сопротивление которого определяется его температурой. Последний обычно используют до 100 ° C, тогда как термопара предназначена для более высоких температур и не так точна. Схемы с использованием термопар обеспечивают милливольтовые выходы, в то время как термисторные схемы – высокое выходное напряжение.

Принцип действия

Терморезисторы обычно чувствительны и имеют разное термосопротивление. В ненагретом проводнике атомы, составляющие

материал, имеют тенденцию располагаться в правильном порядке, образуя длинные ряды. При нагревании полупроводника увеличивается количество активных носителей заряда. Чем больше доступных носителей заряда, тем большей проводимостью обладает материал. Сопротивление медного провода Кривая сопротивления и температуры всегда показывает нелинейную характеристику. Терморезистор лучше всего работает в температурном диапазоне от -90 до 130 градусов по Цельсию. Важно! Принцип работы терморезистора основан на базовой корреляции между металлами и температурой. Они изготавливаются из полупроводниковых соединений, таких как сульфиды, оксиды, силикаты, никель, марганец, железо, медь и т. д., могут ощущать даже небольшое температурное изменение. Электрон, подталкиваемый приложенным электрическим полем, может перемещаться на относительно большие расстояния до столкновения с атомом. Столкновение замедляет его перемещение, поэтому электрическое «сопротивление» будет снижаться. При более высокой температуре атомы больше смещаются, и когда конкретный атом несколько отклоняется от своего обычного «припаркованного» положения, он, скорее всего, столкнется с проходящим электроном. Это «замедление» проявляется в виде увеличения электрического сопротивления. Для информации. Когда материал охлаждается, электроны оседают на самые низкие валентные оболочки, становятся невозбужденными и, соответственно, меньше двигаются. При этом сопротивление движению электронов от одного потенциала к другому падает. По мере увеличения температуры металла сопротивление металла потоку электронов увеличивается.

Особенности конструкций

По своей природе терморезисторы являются аналоговыми и делятся на два вида:

- металлические (позисторы),
- полупроводниковые (термисторы).

Позисторы

Материалом для терморезисторов можно использовать далеко не любые проводники тока, так как к этим устройствам предъявляются некоторые требования. Материал для их изготовления должен обладать высоким ТКС. Для таких требований подходят медь и платина, не считая их высокой стоимости. Практически широко применяются медные образцы терморезисторов ТСМ, у которых линейность зависимости сопротивления от температуры намного выше. Их недостатком является малое удельное сопротивление, быстрая окисляемость. В связи с этим термосопротивления на основе меди имеют ограниченное применение, не более 180 градусов. Позисторы РТС предназначены для ограничения тока при нагревании от более высокой рассеиваемой мощности. Поэтому их размещают последовательно в цепь переменного тока, чтобы уменьшить ток. Они (буквально любой из них) становятся горячими от слишком большого тока. Эти приспособления используют в устройстве защиты цепи, таком как

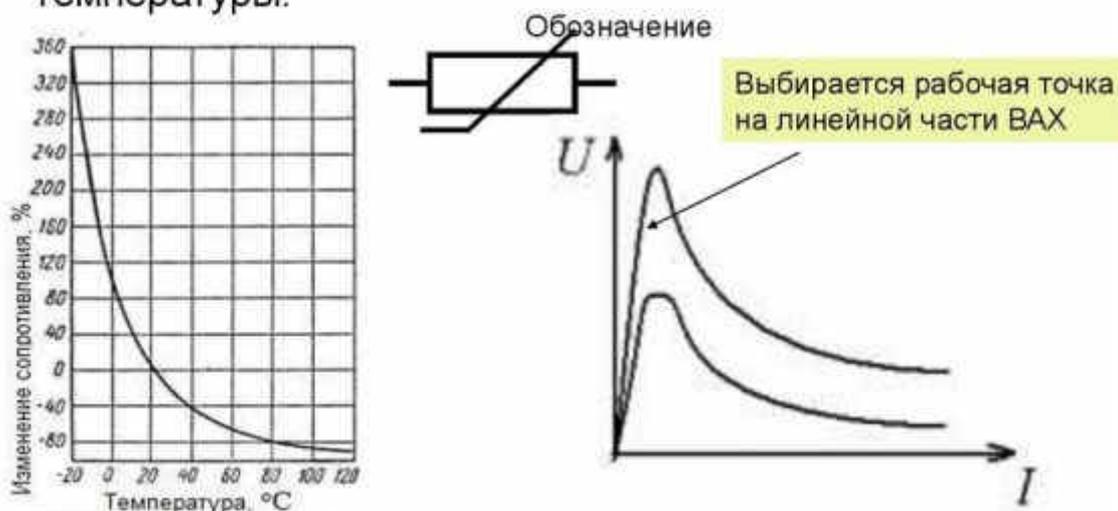
предохранитель, в качестве таймера в схеме размагничивания катушек ЭЛТ-мониторов. Для информации. Что такое позистор? Прибор, электрическое сопротивление которого растет в зависимости от его температуры, называется позистором (РТС).

Термисторы

Устройство с отрицательным температурным коэффициентом (это когда, чем выше температура, тем ниже сопротивление) называется терморезистором NTC. Для информации. Все полупроводники имеют меняющееся сопротивление по мере увеличения или уменьшения температуры. В этом проявляется их сверхчувствительность.

Терморезистор

- Терморезистор – полупроводниковый прибор, сопротивление которого меняется при изменении температуры.



Характеристики и обозначение термистора Характеристики и обозначение термистора

термисторы NTC широко используются в качестве ограничителей пускового тока, самонастраивающихся сверхтоковых защит и саморегулируемых нагревательных элементов. Обычно эти приборы устанавливаются параллельно в цепь переменного тока. Их можно встретить повсюду: в автомобилях, самолетах, кондиционерах, компьютерах, медицинском оборудовании, инкубаторах, фенах, электрических розетках, цифровых термостатах, переносных обогревателях, холодильниках, печах, плитах и других всевозможных приборах. Термистор используется в мостовых цепях.

Технические характеристики

Терморезисторы используют в батареях зарядки. Их основными характеристиками являются:

Высокая чувствительность, температурный коэффициент сопротивления в 10-100 раз больше, чем у металла;

Широкий диапазон рабочих температур;

Малый размер;

Простота использования, значение сопротивления может быть выбрано между 0,1 ~ 100 кОм;

Хорошая стабильность;

Сильная перегрузка.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Предназначение термодатчика
- 2) На чем основан принцип действия термопары.
- 3) В чем сходство и различие позистора и термистора

6 Список литературы

2. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 3

Тема Работа генераторных датчиков

Цель: 1) изучение работы генераторных датчиков

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Генераторные датчики – это такие преобразователи, которые при механическом воздействии измеряемого сигнала генерируют напряжение и ток. Типы этих датчиков называются так же, как и явления, на которых они основаны:

1. **пьезоэлектрические** - пьезоэлектрический эффект;
2. **термоэлектрические** - термоэлектрический эффект;
3. **индукционные** - электромагнитная индукция;
4. **фотоэлектрические** – вентильный фотоэффект.

Пьезоэлектрические датчики основаны на явлении пьезоэлектрического эффекта. Это явление возникает при механических деформациях кристаллических диэлектриков. при деформации элементарных кристаллических ячеек и сдвигах подрешеток относительно друг друга происходит поляризация. Пьезоэлектрический эффект возникает в кварце, сегнетовой соли и других кристаллах. Если пластины, замкнутые через неоновую лампу, приложить к кристаллу, обладающему пьезоэлектрическими свойствами, то при ударе по кристаллу напряжение появляется на его гранях. Напряжение появляется и на металлических пластинах, при этом неоновая лампа вспыхивает. Это явление называется *прямым пьезоэлектрическим эффектом*. механическая деформация может возникать в кристалле, помещенном в электрическом поле. Это явление называется *обратный пьезоэлектрический эффект*. работа пьезоэлектрического датчика для записи пульса лучевой артерии основана на явлении прямого пьезоэлектрического эффекта. Основным элементом датчика является пластина из сегнетоэлектрика, которая одним концом укрепляется на запястье, а другой ее конец касается стенки артерии. Колебания стенки артерии вызывают деформацию изгиба пластинки. переменная разность потенциалов возбуждается при этом на поверхности пластинки. Разность потенциалов повторяет по форме колебания стенки артерии. Она передается к усилителю с помощью электродов и проводов, а затем к регистрирующему устройству. Кривая, записанная при этом, называется сфигмограммой.

термопара применяется в качестве термоэлектрического датчика. Термопара это спай двух проводников из различных металлов. Термопары применяются для измерения температур. Показания измерительного

прибора, подключенного к свободным концам термопары, пропорциональны разности температур этих спаянных концов. Термопара имеет преимущества перед ртутным термометром вследствие большой чувствительности и отсутствия тепловой инерции. Однако по удобству измерений она значительно хуже термистора. Термопара применяется в тех случаях, когда одна термопара является недостаточно чувствительной. Термопары могут быть изготовлены из полупроводников с различной проводимостью (n-типа и p-типа).

механические перемещения постоянного магнита, расположенного между двумя неподвижными катушками (или наоборот) вызывают в них индукционный ток. Это явление используется в индукционном датчике. Ток, индуцируемый при смещениях катушек относительно магнита, передается на усилитель и регистрирующее устройство. Их применяют для прямой баллистокардиографии.

Принцип действия фотоэлектрических датчиков основан на зависимости их сопротивления от освещения и радиационного облучения.

Тахогенераторные датчики (тахогенераторы) представляют собой электрические машины малой мощности, работающие в режиме генератора. Выходной величиной тахогенераторов является электрическое напряжение, являющееся функцией угловой скорости вращения его вала. В зависимости от конструкции различают тахогенераторы постоянного и переменного тока. В автоматических метеорологических станциях чаще используются тахогенераторы переменного тока как более надежные в работе. На рис 1.9 показано устройство синхронного тахогенератора переменного тока.

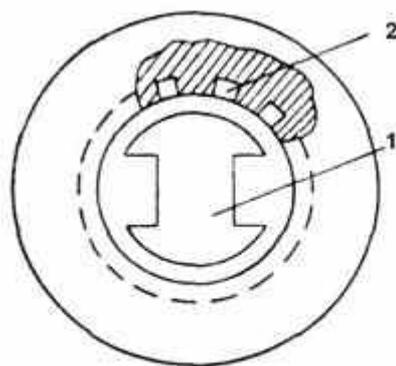


Рис 1.9

Синхронный тахогенератор имеет ротор 1, представляющий собой постоянный магнит с несколькими полюсами, который может вращаться относительно неподвижной обмотки возбуждения 2, закрепленной на статоре.

При вращении ротора в обмотке статора возбуждается синусоидальная ЭДС. Амплитуда и частота этой ЭДС пропорциональны частоте вращения ротора.

Термоэлектрические датчики: устройство, принцип действия, примеры применения в метеорологических приборах

Принцип действия термоэлектрических датчиков (термопар) основан на возникновении электродвижущей силы в цепи, составленной из спаянных между собой разнородных металлов (рис.1.11), и помещенной в такие условия, что температуры спаев неодинаковы.

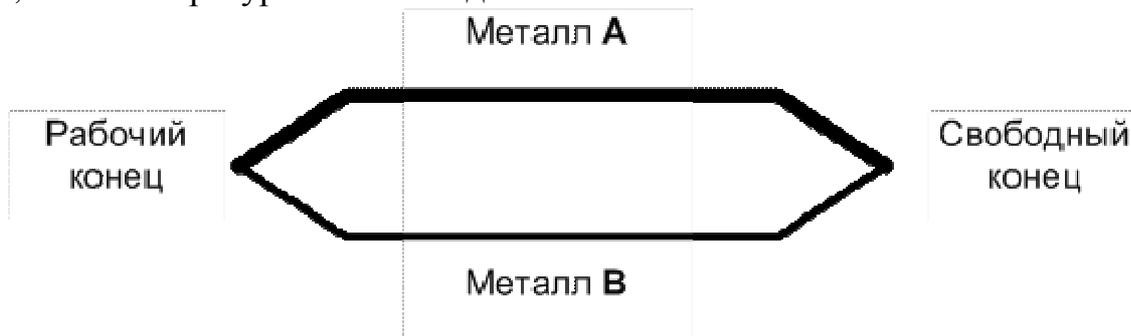


Рис.1.11

Один из спаев обычно называется *рабочим концом* термопары так как он подвергается воздействию измеряемой температуры. Второй спай называется *свободным концом*. Если температуру второго спае термопары поддерживать постоянной, то ток, проходящий через гальванометр, включенный в цепь термопары, будет зависеть только от температуры ее рабочего конца.

Развиваемая термопарой э. д. с. даже при большом различии в температурах на ее концах невелика (единицы или десятки милливольт), поэтому для повышения чувствительности датчиков термопары соединяют последовательно, образуя так называемую термобатарейку.

Наиболее широко распространены термопары, составленные из следующих пар металлов: платинородий — платина (эталонная термопара), медь—копель, железо—копель, хромель—копель и др.1



— Графическое обозначение термопары.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Классификация генераторных датчиков
- 2) Что представляют из себя тахогенераторные датчики (тахогенераторы)
- 3) На чем основан принцип действия термоэлектрических датчиков

6 Список литературы

3. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 4

Тема: Конструкция и параметры датчиков

Цель: 1) изучение конструкции и параметров датчиков

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Любая система автоматического регулирования для измерения отклонения регулируемой величины от установившегося значения имеет **измерительный орган**, который может не только измерять величину и знак отклонения, но и преобразовывать это отклонение в вид, удобный для дальнейшего использования в системе автоматического регулирования.

Физическая природа регулируемых величин очень разнообразна, поэтому разнообразны и измерительные органы. Однако в большинстве случаев на выходе измерительного органа будет либо механическая величина (перемещение, сила), либо электрическая величина (напряжение, ток, электрическое сопротивление, емкость, индуктивность, сдвиг фаз и др.).

К измерительным органам, применяемым в автоматических системах регулирования, предъявляются следующие требования:

- надежность при работе во всех условиях, которые могут встретиться в регулируемом технологическом процессе,
- необходимая чувствительность,
- допустимые габариты и вес,
- требуемая инерционность,
- малая чувствительность по отношению к внешним воздействиям,
- отсутствие влияния на технологический процесс и на измеряемую величину,
- однозначность показаний,
- стабильность во времени,
- согласование входных и выходных сигналов с другими сигналами [элементов автоматики](#).

Наиболее легко измерению поддаются электрические величины, поэтому во многих случаях при измерении неэлектрических величин совместно с измерительным органом выполняется специальное устройство (преобразователь), преобразующее неэлектрическую величину на входе измерительного органа в электрическую величину на его выходе. Такие измерительные органы называют **датчиками**.

Как правило, не делают различия между понятиями измерительный орган, датчик и чувствительный элемент (последнее название также часто встречается в литературе по автоматическому регулированию).

Наиболее широкое распространение получили **электрические датчики**, т. е. измерительные органы с преобразованием измеряемой неэлектрической величины в электрическую. Конструктивное устройство этих датчиков зависит от физической природы измеряемой величины и принципа, принятого для измерения ее отклонения.

Классификация измерительных органов осуществляется по названию измеряемой ими величины: измерительные органы уровня, давления, температуры, скорости, напряжения, тока, расхода, освещенности, влажности и т. п.

Классификация датчиков производится: во-первых, по названию измеряемой величины и, во-вторых, по параметру, в который преобразовываются сигналы измерительного органа, например емкостные датчики уровня, индуктивные датчики давления, реостатные датчики температуры и т. п.

Для удобства пользования рассмотренной классификацией, как правило, одно из наименований опускается, потому что один и тот же датчик может быть использован для измерения различных неэлектрических величин.

Основные параметры датчиков

Основными параметрами измерительного органа (датчика), характеризующими его, являются:

- чувствительность
- инерционность.

Чувствительностью датчика называется отношение изменения Δy регулируемой величины к изменению Δx входной величины:

$$K = \Delta y / \Delta x$$

В системах автоматического регулирования это отношение также называется **коэффициентом усиления системы или звена** (если рассматривается звено).

Таким образом, чувствительность измерительного органа совпадает с его коэффициентом усиления.

Инерционность измерительного органа (датчика) также определяет возможности его применения в системах автоматизации, так как она вызывает некоторое запаздывание в измерении значения регулируемого параметра в данный момент времени. Запаздывание может быть обусловлено массой деталей, тепловой инерционностью, индуктивностью, емкостью и другими элементами самого датчика.

При исследовании динамических свойств системы автоматического регулирования инерционность измерительного органа играет такую же роль, как инерционные свойства всякого другого элемента системы автоматики. Поэтому при выборе датчика необходимо обращать внимание не только на его чувствительность, но и на инерционность.

4. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Требования к измерительным органам применяемым в автоматических системах регулирования
- 2) Как называется устройство преобразующее неэлектрическую величину на входе измерительного органа в электрическую величину на его выходе
- 3) Основные параметры датчиков

6 Список литературы

5. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 5

Тема: Устройство и работа контактных переключающих устройств автоматики

Цель: 1) изучение устройства и работы контактных переключающих устройств автоматики

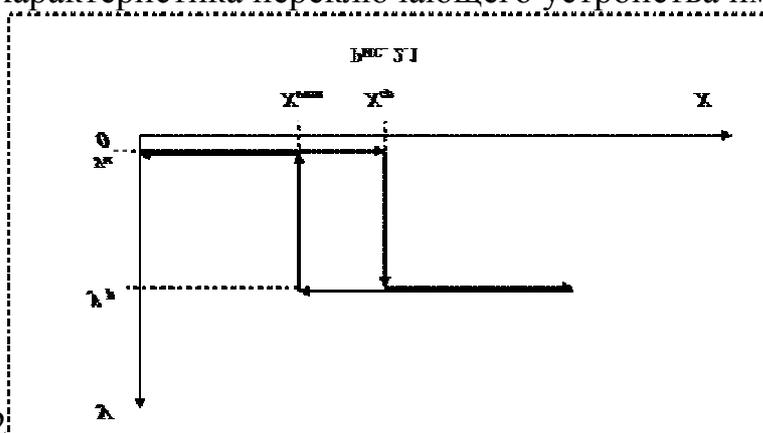
2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Переключающие устройства предназначены для автоматической коммутации электрических схем. Переключающие устройства – самые распространенные элементы автоматики. Их применяют в системах автоматического контроля, управления и регулирования. Существуют схемы, в которых количество переключающих устройств составляет более десятков тысяч. Обобщенная характеристика переключающего устройства имеет вид,



показанный на рис. 2:

Особенностью всех переключающих устройств является то, что они имеют лишь два устойчивых состояния равновесия. На рис. 2.1 эти состояния характеризуются двумя значениями параметра состояния u_n и u_p :

- u_n - характеристика начального (нормального) состояния,
- u_p - характеристика рабочего состояния.

Переход переключающего устройства из начального состояния в рабочее происходит скачком, когда управляющий сигнал достигает определенного значения – значения срабатывания $x_{сп}$. Возврат переключающего устройства из рабочего состояния в исходное происходит также скачком, когда сигнал управления достигает определенного значения – значения отпущения – $x_{отп}$.

Для любого переключающего устройства $x_{сп} > x_{отп}$. Это отношение характеризует степень надежности срабатывания переключающего устройства.

Другими параметрами переключающих устройств являются: время срабатывания и время отпускания – это интервалы времени, в течение которых происходит переход переключающего устройства из исходного состояния в рабочее и наоборот.

По конструкции и принципу действия все переключающие устройства делят на две группы: контактные и бесконтактные. Основными органами контактных переключающих устройств являются металлические контактные пластины. Работа контактных переключающих устройств основана на перемещении контактных пластин, когда управляющий сигнал x достигает значений срабатывания $x_{ср}$ и отпускания $x_{отп}$, (см. рис 2.1).

Эффект срабатывания бесконтактных переключателей основан на скачкообразных изменениях тока или напряжения в выходных цепях некоторых электронных схем.

Большинство контактных переключателей характеризуются большим временем срабатывания (не менее 0,01 с), возможностью коммутировать большие мощности. Их недостатками являются:

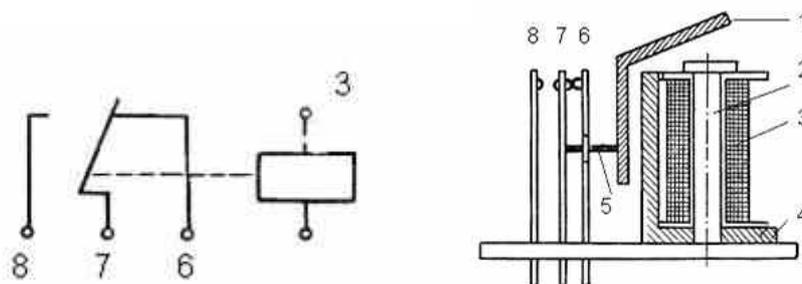
- конечное число срабатываний (до 10^7).
- большие габариты.

Примеры контактных переключающих устройств - электромагнитные переключатели: реле постоянного и переменного тока, герконы.

Бесконтактные переключающие устройства – быстродействующие, часто миниатюрные переключатели (их время срабатывания может составлять доли мкс). К бесконтактным переключателям относят транзисторные ключи и релейные устройства, построенные на их базе, такие как триггеры, логические элементы.

1.2.2. Нейтральное электромагнитное постоянного тока: устройство, принцип действия, графическое обозначение элементов реле

Для включения, отключения и переключения электрических цепей в устройствах автоматики широкое применение нашли электромагнитные реле. Они делятся на реле постоянного и реле переменного тока. Реле постоянного тока подразделяются на нейтральные и поляризованные реле. Работа нейтрального реле не зависит от направления управляющего тока. Характер срабатывания поляризованного реле зависит от направления тока. Устройство нейтрального реле показано на рис. 2.2,а, его условное обозначение — на рис. 2.2, б. Магнитная система реле состоит из сердечника 2, ярма 4 и поворотного якоря 1. На сердечнике размещается катушка с обмоткой 3. При подаче напряжения на обмотку якорь под действием электромагнитной силы притягивается к сердечнику и, поворачиваясь, с помощью пластинки 5 из изоляционного материала размыкает контакты 6, 7 и замыкает контакты 7, 8. При отключении катушки якорь отходит в исходное положение, контакты 6, 7 замыкаются, а контакты 7, 8 размыкаются. Обычно реле имеет несколько пар замыкающих и размыкающих контактов.



А б

Рис. 2.2

При размыкании контактов и разрыве электрической цепи между контактами возникает электрический разряд. Под воздействием электрического разряда контакты постепенно разрушаются и реле выходит из строя. Кроме того, на работоспособность контактов влияет пыль и агрессивная среда. Для защиты контактов реле их помещают в защитные или герметизированные корпуса. Основные параметры реле: ток срабатывания, ток отпускания, время срабатывания. Ток срабатывания – минимальное значение тока в управляющей обмотке, при котором контакты реле переходят из исходного состояния в рабочее. Ток отпускания – максимальное значение управляющего тока, при котором контакты реле возвращаются в исходное состояние. Ток срабатывания всегда больше тока отпускания. Минимальное значение тока срабатывания для реле составляет несколько миллиампер. Время срабатывания реле – интервал времени, в течение которого реле переходит из исходного состояния в рабочее. Время срабатывания реле не может быть менее 0,01 секунды. Задача. Для некоторого реле ток срабатывания и ток отпускания равны соответственно 25 и 14 мА. Управляющий ток медленно увеличивают от 0 до 30 мА. В каком состоянии будут находиться контакты реле при следующих значениях управляющего тока: 5, 10, 15, 20, 25, 30 мА? Решение: Исходя из определения тока срабатывания и учитывая характер изменения тока (возрастание) можно сказать, что при токах меньших 25 мА контакты реле будут находиться в исходном состоянии, а при токе 25 мА они перейдут в рабочее состояние и будут оставаться в этом состоянии и при токе 30 мА.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Назначение переключающих устройств
- 2) На чем основан эффект срабатывания бесконтактных переключателей
- 3) Основные параметры реле

6 Список литературы

6. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Практическое занятие 6

Тема: Устройство и работа бесконтактных переключающих устройств автоматики

Цель: 1) изучение устройства и работы бесконтактных переключающих устройств автоматики

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Бесконтактные путевые выключатели (преобразователи пути, работающие без механического воздействия со стороны движущегося упора) применяются в схемах управления электроприводами станков, механизмов и машин. Бесконтактные выключатели предназначены для коммутации цепей управления посредством [электромагнитных реле](#) или [бесконтактных логических элементов](#), которая осуществляется под воздействием управляющего элемента.

Классификация бесконтактных путевых выключателей

Бесконтактные путевые выключатели могут быть классифицированы по: способу воздействия на чувствительный элемент, физическому принципу действия преобразователя, конструктивному исполнению, классу точности, степени защиты.

По способу воздействия на чувствительный элемент бесконтактные путевые выключатели могут быть разделены на выключатели механического и параметрического действия.

В выключателях первого вида управляющий элемент непосредственно механически воздействует на первичный привод бесконтактного путевого выключателя, который бесконтактно взаимодействует с чувствительным элементом. В выключателях второго вида в зависимости от положения управляющего элемента, механически не связанного с бесконтактным путевым выключателем, изменяется какой-либо физический параметр преобразователя. При определенном значении этого параметра изменяется состояние релейного элемента.

Классификация бесконтактных путевых выключателей по физическому принципу действия преобразователя включает в себя следующие виды:

Индуктивные выключатели, построенные на изменении [индуктивности](#), взаимоиндуктивности, а также индукционные выключатели.

В настоящее время большинство серийно выпускающихся промышленностью бесконтактных путевых выключателей — это [индуктивные аппараты](#).

В свою очередь преобразователи индуктивных бесконтактных путевых выключателей могут быть построены по следующим схемам: резонансной, автогенераторной, дифференциальной, мостовой, непосредственного преобразования.

Магнитоиндуктивные выключатели, которые построены на следующих принципах: эффекте Холла, магниторезисторном, магнитодиодном, магнитотиристорном, герконном.

Емкостные выключатели: с изменяющейся площадью пластин, с изменяющимся зазором между пластинами, с изменяющейся диэлектрической проницаемостью зазора между пластинами.

Фотоэлектронные выключатели с элементами: фотодиодными, фототранзисторными, фоторезисторными, фототиристорными.

Фотоэлектрические выключатели и примыкающие к ним лучевые выключатели, в которых наряду с лучами видимого света могут использоваться лучи другой физической природы, например радиоактивное излучение.

По конструктивному исполнению бесконтактные путевые выключатели подразделяются на: щелевые, кольцевые (полукольцевые), плоскостные, торцевые, выключатели с механическим приводом, многоэлементные выключатели.

Разделение бесконтактных путевых выключателей торцевого и плоскостного исполнений носит в какой-то мере условный характер, поскольку движение управляющего элемента относительно чувствительной поверхности может для некоторых видов бесконтактных путевых выключателей осуществляться как в параллельной, так и в перпендикулярной плоскостях. В этом случае за основу может быть принято его преимущественное использование.

По классу точности (величине основной погрешности) бесконтактные путевые выключатели делятся на выключатели низкой (примерно $\pm 0,5$ мм и более), средней [примерно $\pm(0,05—0,5)$ мм], повышенной [примерно $\pm(0,005—0,05)$ мм] и высокой (примерно $\pm 0,005$ мм и менее) точности.

Бесконтактные путевые выключатели могут обладать различной степенью защиты от попадания посторонних твердых тел и проникновения воды внутрь аппарата. Характеристики степени защиты бесконтактных путевых выключателей и связанная со степенью защиты классификация соответствуют принятым в нашей стране и за рубежом характеристикам и классификации для электрического оборудования и электрических аппаратов напряжением до 1000 В.

Технические характеристики бесконтактных путевых выключателей

К техническим характеристикам бесконтактных путевых выключателей относятся точностные (метрологические) характеристики, быстродействие, электрические характеристики, габаритные и установочные

размеры и масса, номинальные и допустимые условия работы, показатели надежности, стоимость и пр.

Одна из основных характеристик бесконтактных путевых выключателей, непосредственно влияющая на его конструкцию и ряд других технических характеристик, определяется **геометрическим расположением управляющего элемента относительно чувствительной поверхности во время работы**. Для плоскостных бесконтактных путевых выключателей в качестве основной характеристики принимается **рабочий зазор** — расстояние между чувствительной поверхностью выключателя и управляющим элементом, при котором происходит работа выключателя. Основная характеристика торцевого выключателя — **максимальное расстояние воздействия, т. е. максимальное расстояние между чувствительной поверхностью выключателя и управляющим элементом, при котором возможно изменение его коммутационного состояния**. Основной характеристикой щелевого и кольцевого выключателей является **ширина щели и внутренний диаметр кольца** этих выключателей соответственно.

К точностным характеристикам бесконтактных путевых выключателей относятся основная погрешность, дополнительные погрешности от изменения окружающей температуры и изменения напряжения питания, а также максимальная суммарная погрешность. К точностным характеристикам бесконтактных путевых выключателей относятся также дифференциал хода т. е. разность между координатой точки срабатывания бесконтактного путевого выключателя и координатой точки его отключения при перемещении управляющего элемента в обратном направлении.

Быстродействие (время срабатывания) бесконтактного путевого выключателя — это время между моментом установления координаты срабатывания и моментом достижения установившегося значения напряжения на выходе бесконтактного путевого выключателя. Зная величину быстродействия бесконтактного путевого выключателя, можно определить динамические погрешности работы бесконтактных путевых выключателей при изменении скорости перемещения управляющего элемента.

Электрические характеристики бесконтактных путевых выключателей включают в себя требуемые параметры источника питания (питающей сети) и нагрузочные характеристики. К параметрам питающей сети относятся: род тока (постоянный, переменный), напряжение питания и его допустимые отклонения, уровень пульсаций, потребляемая бесконтактным путевым выключателем мощность или потребляемый ток, частота сети (для переменного тока). Нагрузочные характеристики бесконтактных путевых выключателей — это вид нагрузки (реле, микросхема или др.), выходное напряжение, мощность или ток, потребляемый нагрузкой.

К показателям надежности и долговечности бесконтактных путевых выключателей в первую очередь относятся: вероятность

безотказной работы в течение определенного срока эксплуатации или на определенное число срабатываний и срок службы бесконтактного путевого выключателя.

К важнейшим параметрам следует отнести также **габаритные и установочные размеры** бесконтактных путевых выключателей.

Требования к бесконтактным путевым выключателям

Одним из важнейших требований, предъявляемых к путевым выключателям, является требование высокой надежности их работы. В сравнении с остальным электрооборудованием, в том числе и электронным, путевые выключатели работают в наиболее тяжелых условиях, поскольку располагаются непосредственно в рабочих зонах технологических машин, где возможен широкий диапазон температур, вибрации и удары, сильные электромагнитные поля, загрязнения стружкой и различными жидкостями.

К путевым выключателям могут быть предъявлены требования высокой частоты срабатывания при больших скоростях перемещения управляющих органов.

Технические данные контактных путевых выключателей не всегда позволяют удовлетворить предъявленным требованиям. Особенно это характерно для автоматизированного технологического оборудования со сложным электрооборудованием, содержащим большое число [контактных путевых выключателей](#), например автоматические станочные линии, подвесные толкающие конвейеры и другие разветвленные транспортные системы, литейное и металлургическое оборудование и т. д. Это также характерно для оборудования, работающего в напряженном режиме, с большим числом срабатываний в единицу времени, например для кузнечно-прессового оборудования.

Во многих из приведенных случаев при использовании контактных путевых выключателей невозможно обеспечить приемлемую надежность работы автоматизированного технологического оборудования и, кроме того, эти выключатели необходимо периодически заменять на работающем оборудовании из-за их малого срока службы по полному числу срабатываний.

Как правило, бесконтактные путевые выключатели обладают высокой надежностью, способны работать с большой частотой срабатываний и имеют большой срок службы по полному числу срабатываний. Важным преимуществом бесконтактных путевых выключателей является то, что их надежность (вероятность безотказной работы за какой-либо определенный период) практически не зависит от частоты срабатываний.

Повышению надежности оборудования при использовании бесконтактных путевых выключателей способствует также и то, что бесконтактные путевые выключатели могут включаться только тогда, когда в этом есть необходимость. В случае же использования контактных путевых выключателей переключение контактов происходит при каждом нажатии кулачка вне зависимости от того, включены эти контакты в электрическую цепь или нет.

Определенные требования к бесконтактным путевым выключателям обусловлены также условиями эксплуатации.

Основными учитываемыми внешними условиями, как правило, являются изменяющиеся напряжение питания и температура окружающей среды. В заданных пределах изменения внешних условий бесконтактные путевые выключатели должны сохранять работоспособность и требуемую точность. На работу бесконтактных путевых выключателей не должна оказывать существенного влияния влажность окружающего воздуха, а также высота над уровнем моря в пределах, принятых для путевых выключателей.

Требования, предъявляемые обычно к бесконтактным путевым выключателям, — возможность занимать любое рабочее положение в пространстве и отсутствие влияния материала основания, на котором они устанавливаются, и соприкасающихся с корпусом бесконтактного путевого выключателя металлических тел. На работоспособности бесконтактных путевых выключателей не должны сказываться вибрации и ударные сотрясения, а также попадание масла, эмульсии, воды, пыли.

Наибольшая частота срабатываний бесконтактных путевых выключателей при использовании в качестве нагрузки электромагнитного реле может практически достигать 120 срабатываний в минуту. Если в качестве нагрузки бесконтактных путевых выключателей используются электронные устройства, то частота срабатываний системы может быть значительно выше.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Где применяются бесконтактные путевые выключатели (преобразователи пути, работающие без механического воздействия со стороны движущегося упора)
- 2) Электрические характеристики бесконтактных путевых выключателей
- 3) Требования к бесконтактным путевым выключателям

6 Список литературы

7. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 7

Тема: Сравнивающие устройства автоматики

Цель: 1) изучение сравнивающих устройств автоматики

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3.Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Сравнивающие устройства измеряют рассогласование

$$\varepsilon(t) = Y_3(t) - Y(t)$$

- отклонение управляемой величины $Y(t)$ от ее заданного значения $Y_3(t)$. Сравнивающие устройства в зависимости от вида обрабатываемого сигнала могут быть аналоговые и цифровые, а по результату сравнения - релейными (двух- и более позиционными) или иметь на выходе абсолютную разность рассогласования.

На рис. 11.2а приведена схема сравнивающего устройства на операционном усилителе ОУ с отрицательной обратной связью через резистор R_0 . На оба входа ОУ подаются: на инвертирующий (-)- сигнал выходной управляемой величины САУ $Y(t)$, а на неинвертирующий (+) - сигнал с задающего устройства $Y_3(t)$. Если принять в схеме

$$R_2/R_3 = R_1/R_0,$$

то сигнал на выходе будет пропорционален разности.

$$\varepsilon(t) = [Y_3(t) - Y(t)](R_0/R_1)$$

Этот сигнал подается на другие элементы САУ, в частности в регулирующее устройство для выработки соответствующего сигнала управления.

Для двухпозиционного регулирования используются компараторы (нуль-органы) (рис.11.2б), в котором в отличие от схемы (рис. 11.2а) отрицательная обратная связь отсутствует, т.е. ОУ работает с коэффициентом усиления, стремящимся к бесконечности В этом случае на выходе ОУ при $\varepsilon(t) < 0$ сигнал $d(t)$ скачком изменяется с логической "1" на логический "0". Аналоговые схемы сравнения сигналов просты, но не всегда имеют достаточную точность и стабильность работы.

Для сравнения цифровых величин применяются цифровые логические схемы. Сравнение производится поразрядно. На рис. 11.3 приведена схема сравнения одноразрядных кодов двух сравниваемых величин $Y(t)$ и $Y_3(t)$, собранная на логических элементах И.

Схему сравнения для двух и более разрядов составляют из одноразрядных схем. Цифровые схемы более громоздки в исполнении, но более надежны в работе в сравнении с аналоговыми.

Поэтому в отдельности они применяются достаточно редко. Все большее применение находят цифровые сравнивающие устройства, реализуемые рабочими программами микропроцессорных устройств.

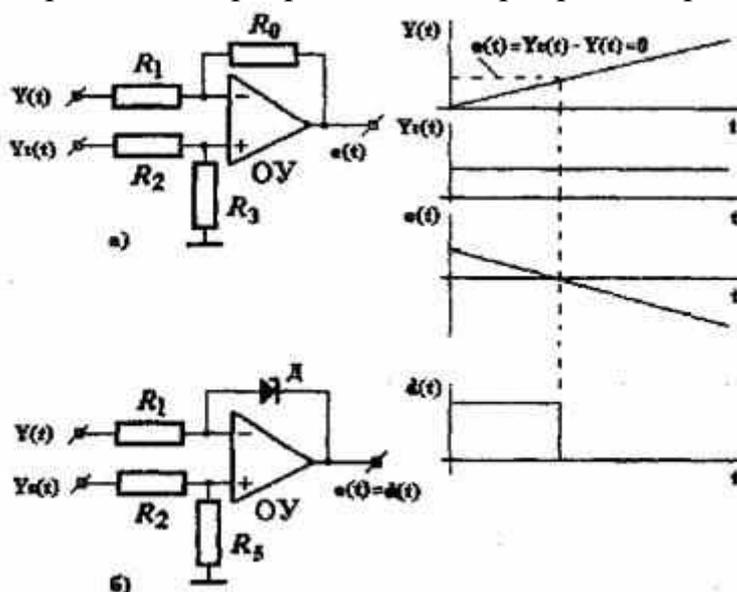


Рисунок 11.2- Аналоговые сравнивающие устройства.

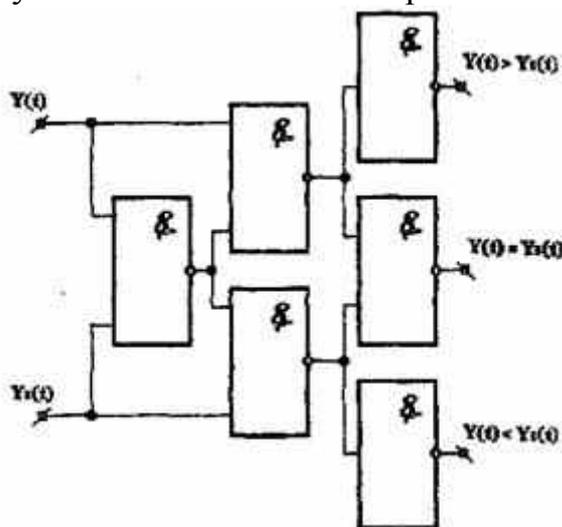


Рисунок 11.3- Схема сравнения одноразрядных кодов двух сравниваемых величин $Y(t)$ и $Y_3(t)$.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Классификация сравнивающих устройств
- 2) Какие сравнивающие устройства находят большее применение
- 3) Аналоговые сравнивающие устройства

6 Список литературы

8. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 8

Тема: Логические элементы

Цель: 1) изучение логических элементов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Электрическая схема, предназначенная для выполнения какой-либо логической операции с входными данными, называется логическим элементом. Входные данные представляются здесь в виде напряжений различных уровней, и результат логической операции на выходе — также получается в виде напряжения определенного уровня.

Операнды в данном случае подаются в двоичной системе счисления — на вход логического элемента поступают сигналы в форме напряжения высокого или низкого уровня, которые и служат по сути входными данными. Так, напряжение высокого уровня — это логическая единица 1 — обозначает истинное значение операнда, а напряжение низкого уровня 0 — значение ложное. 1 — ИСТИНА, 0 — ЛОЖЬ.

Логический элемент — элемент, осуществляющий определенные логические зависимости между входными и выходными сигналами. Логические элементы обычно используются для построения логических схем вычислительных машин, дискретных схем автоматического контроля и управления. Для всех видов логических элементов, независимо от их физической природы, характерны дискретные значения входных и выходных сигналов.

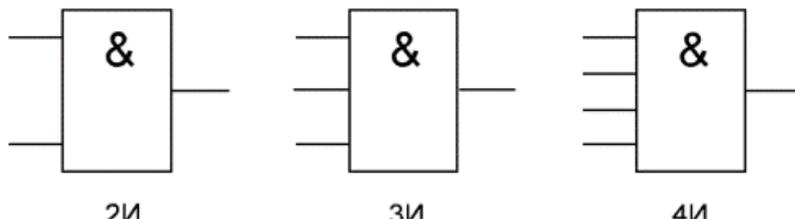
Логические элементы имеют один или несколько входов и один или два (обычно инверсных друг другу) выхода. Значения «нулей» и «единиц» выходных сигналов логических элементов определяются логической функцией, которую выполняет элемент, и значениями «нулей» и «единиц» входных сигналов, играющих роль независимых переменных. Существуют элементарные логические функции, из которых можно составить любую сложную логическую функцию.

В зависимости от устройства схемы элемента, от ее электрических параметров, логические уровни (высокие и низкие уровни напряжения) входа и выхода имеют одинаковые значения для высокого и низкого (истинного и ложного) состояний.

Традиционно логические элементы выпускаются в виде специальных радиодеталей — интегральных микросхем. Логические операции, такие как конъюнкция, дизъюнкция, отрицание и сложение по модулю (И, ИЛИ, НЕ, исключающее ИЛИ) — являются основными операциями, выполняемыми на

логических элементах основных типов. Далее рассмотрим каждый из этих типов логических элементов более внимательно.

Логический элемент «И» - конъюнкция, логическое умножение, AND



«И» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию конъюнкции или логического умножения. Данный элемент может иметь от 2 до 8 (наиболее распространены в производстве элементы «И» с 2, 3, 4 и 8 входами) входов и один выход.

Условные обозначения логических элементов «И» с разным количеством входов приведены на рисунке. В тексте логический элемент «И» с тем или иным числом входов обозначается как «2И», «4И» и т. д. - элемент «И» с двумя входами, с четырьмя входами и т. д.

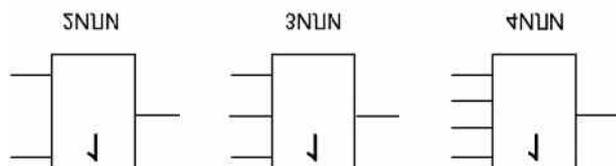


Вход X1	Вход X2	Выход Y
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Таблица истинности для элемента 2И показывает, что на выходе элемента будет логическая единица лишь в том случае, если логические единицы будут одновременно на первом входе И на втором входе. В остальных трех возможных случаях на выходе будет ноль.

На западных схемах значок элемента «И» имеет прямую черту на входе и закругление на выходе. На отечественных схемах — прямоугольник с символом «&».

Логический элемент «ИЛИ» - дизъюнкция, логическое сложение, OR



«ИЛИ» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию дизъюнкции или логического сложения. Он так же как и элемент «И» выпускается с двумя, тремя, четырьмя и т. д. входами и с одним выходом. Условные обозначения логических элементов «ИЛИ» с различным количеством входов показаны на рисунке. Обозначаются данные элементы так: 2ИЛИ, 3ИЛИ, 4ИЛИ и т. д.

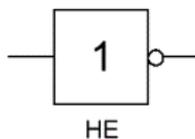


Вход X1	Вход X2	Выход Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

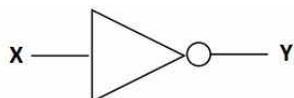
Таблица истинности для элемента «ИЛИ» показывает, что для появления на выходе логической единицы, достаточно чтобы логическая единица была на первом входе ИЛИ на втором входе. Если логические единицы будут сразу на двух входах, на выходе также будет единица.

На западных схемах значок элемента «ИЛИ» имеет закругление на входе и закругление с заострением на выходе. На отечественных схемах — прямоугольник с символом «1».

Логический элемент «НЕ» - отрицание, инвертор, NOT



«НЕ» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию логического отрицания. Данный элемент, имеющий один выход и только один вход, называют еще инвертором, поскольку он на самом деле инвертирует (обращает) входной сигнал. На рисунке приведено условное обозначение логического элемента «НЕ».



Вход X	Выход Y
0	1
1	0

Таблица истинности для инвертора показывает, что высокий потенциал на входе даёт низкий потенциал на выходе и наоборот.

На западных схемах значок элемента «НЕ» имеет форму треугольника с кружочком на выходе. На отечественных схемах — прямоугольник с символом «1», с кружком на выходе.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что называется логическим элементом.
- 2) Условные обозначения логических элементов
- 3) В каком виде выпускаются логические элементы

6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Практическое занятие 9

Тема: Работа регистров

Цель: 1) изучение работы регистров

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Регистрами называют логические устройства, предназначенные для запоминания и хранения цифровых кодов. Построение регистров выполняют на триггерах. Операцию передачи цифрового кода в регистр и из регистра можно осуществлять последовательно и параллельно.

На рис.9.13 изображено условное обозначение и схема четырёхразрядного регистра параллельного действия, построенного на синхронных D – триггерах. Регистр имеет четыре входа $D_1 \div D_4$ информационных и один синхронизирующий вход C .

В исходное нулевое состояние логических сигналов на всех выходах $Q_1 \div Q_4$,

регистр устанавливается при подаче на синхронизирующий вход C сигнала лог. 1 и на все информационные входы D сигнала лог “0”. Запись двоичного числа производится при одновременной подаче на информационные входы $D_1 \div D_4$ кода числа.

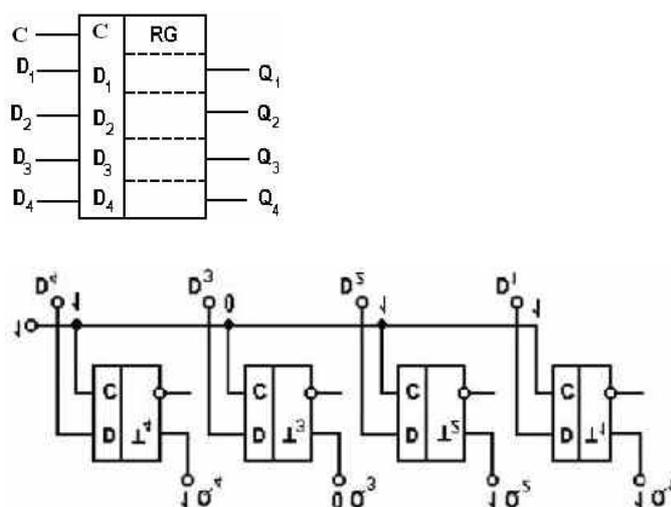


Рис.9.13. Условное обозначение и схема четырёхразрядного регистра параллельного действия

Триггеры, на информационные входы которых подаются сигналы лог. 1 , переводятся в состояния 1 , остальные останутся в состоянии 0 . Записанное число считывается с выходов $Q_1 \div Q_4$.

Для запоминания числа и сдвига влево используется схемы сдвигающего регистра. На рис.9.14 приведено условное обозначение и логическая схема сдвигающего регистра. Регистры такого типа используют в качестве преобразователей последовательного кода в параллельный код.

Регистр имеет два входа: на вход C поступают динамические импульсы сдвига, являющимися положительными импульсами, изменяющимися во времени; вход D является информационным входом.

При записи числа в сдвигающий регистр цифровой двоичный код подается на информационный вход D триггера T_1 , начинается со старшего разряда. При этом положительные импульсы сдвига поступают на счётные входы C триггеров.

Работу регистра рассмотрим на примере записи числа 1011 . С приходом импульса сдвига на вход C и подаче на вход D единицы старшего разряда числа, триггер T_1 переводится в состояние 1 (Q_1). В регистре используются элементы задержки ЭЗ, которые осуществляют задержку во времени перемещения сигнала с одного триггера на другой. При подаче очередного импульса сдвига на вход C и подаче на вход D второго разряда (нуля) числа, на выходе Q_1 появится 0 , а 1 из триггера T_1 через элемент ЭЗ переместится в триггер T_2 . С приходом очередного импульса сдвига на вход C и подаче на вход D третьего разряда (единицы) числа, триггер T_1 установится в 1 и т.д. Путём последовательной подачи кодов чисел на вход D и импульсов сдвига на вход C , число записывается в регистр.

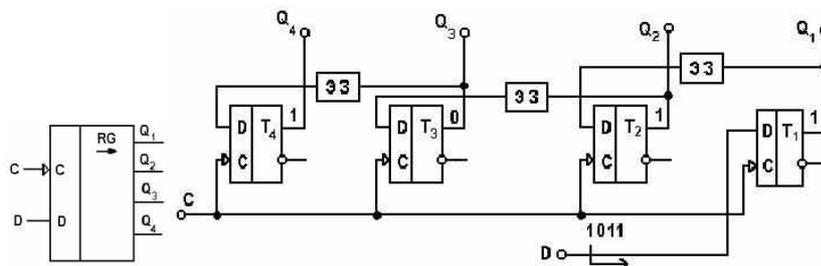


Рис.9.14. Условное обозначение и логическая схема сдвигающего регистра

Считывание чисел осуществляется параллельным кодом с выходов $Q_1 \div Q_4$ или последовательным кодом с выхода Q_4 путем последовательной подачи импульсов сдвига. На рис.9.15 приведена таблица истинности сдвигающего регистра.

Выходы				Входы	
Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	D	C
0	0	0	1	1	И.С.
0	0	1	0	0	И.С.
0	1	0	1	1	И.С.
1	0	1	1	1	И.С.

Рис.9.15. Таблица истинности сдвигающего регистра

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что называют регистрами
- 2) Какие схемы используются для запоминания числа и сдвига влево
- 3) Как осуществляется считывание чисел

6 Список литературы

9. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 10

Тема: Работа счетчиков двоичных импульсов

Цель: 1) изучение работы счетчиков двоичных импульсов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Счётчики импульсов. Устройство, принцип работы

Счётчиком называется логическое устройство, предназначенное для подсчёта числа входных сигналов.

На рис. 9.16 приведена упрощённая схема четырёхразрядного двоичного суммирующего счётчика импульсов. Счётчик состоит из четырёх синхронных RS -триггеров со счётным входом C и дифференцирующими цепочек $ДЦ$, предназначенных для отрицательного дифференцирования прямоугольных импульсов, поступающих на счётные входы триггеров.

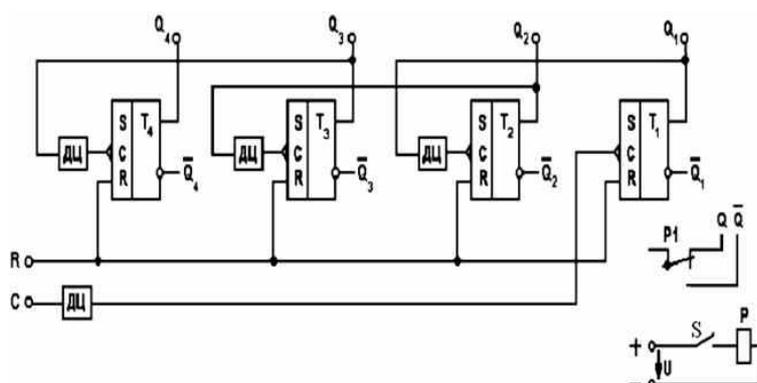


Рис.9.16. Упрощённая схема четырёхразрядного двоичного суммирующего счётчика импульсов

Прямые выходы каждого триггера подсоединены через дифференцирующие цепочки $ДЦ$ к счётным входам C каждого последующего триггера. Импульсы, подлежащие счёту, подаются на счётный вход триггера T_1 . Записанные в счётчике числа, снимаются с выходов триггеров $Q_1 \div Q_4$. Принцип действия счётчика импульсов поясняется временными диаграммами, приведёнными на рис.9.17.

Начальные состояния триггеров счётчика нулевые (выходы $Q_1 \div Q_4$). На счётный вход триггера T_1 поступают отрицательные дифференцирующие импульсы. При подаче на счётный вход триггера T_1 счётчика первого отрицательного импульса, триггер T_1 переходит в состояние 1 или положительно перепад напряжения (выход Q_1). В результате дифференцирования этого перепада на счётном входе триггера T_2 появляется положительный импульс, который не переводит T_2 в состояние 1 (выход Q_2),

так как, применяемые в счётчике триггеры, переводятся из одного устойчивого состояния в другое только отрицательными импульсами. Второй отрицательный импульс, поданный на вход триггера T_1 , переводит его в 0 и на выходе дифференциальной цепочки формируется импульс отрицательной полярности. Этот импульс переводит триггер T_2 в состояние 1 и т.д.

По назначению счётчики делятся на суммирующие, вычитающие и реверсные. В суммирующих счётчиках производится сложение, поступающих на вход импульсов с тем числом, которое хранилось в счётчике. В вычитающих счётчиках производят вычитание поступивших на вход импульсов из начального числа. Реверсивные счетчики могут производить сложение и вычитание, в зависимости от управляющего сигнала переключающего счетчик в режим сложения или вычитания.

На рис.9.16 показана упрощённая схема переключения контакта $P1$ реле P из положения суммирования импульсов в положение вычитания импульсов при замыкании контакта S . При этом в качестве обратных связей используются не прямые выходы Q триггеров, а обратные выходы \bar{Q} триггеров.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что называется счетчиком импульсов
- 2) Что происходит при подаче на счётный вход триггера $T1$ счётчика первого отрицательного импульса
- 3) Как делятся счетчики импульсов по назначению

6 Список литературы

10. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 11

Тема: Использование тиристорных ключей для импульсного регулирования

Цель: 1) изучение использования тиристорных ключей для импульсного регулирования

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Для импульсного регулирования используются различные схемы тиристорных ключей. Принцип работы тиристорных ключей для импульсного регулирования сопротивления R рассмотрим по схеме (рис. 4.27). Тиристор $VS1$ выполняет роль ключа. Открываясь, $KS1$ шунтирует сопротивление R , закрываясь, вводит в цепь сопротивление R . Для закрытия $KS1$ помимо снятия импульса с управляющего электрода от СИФУ необходимо обеспечить более высокий потенциал катода по сравнению с потенциалом анода. Это достигается включением дополнительного тиристора $VS2$ и коммутирующих элементов C , L_k , диода КД, малоомощного источника постоянного тока U_m , и диода КД.

Если в исходном положении тиристор $KS1$ открыт, а $KS2$ закрыт и конденсатор C заряжен со знаком "+" на нижней обкладке, то для закрытия $KS1$ нужно снять импульс управления с $KS1$ и подать его на $KS2$, который откроется, тогда к катоду $KS1$ будет приложен плюс напряжения U_k , а к аноду – минус и $VS1$ закроется. Конденсатор C_k будет заряжаться через открытый $VS2$ с плюсом на верхней обкладке.

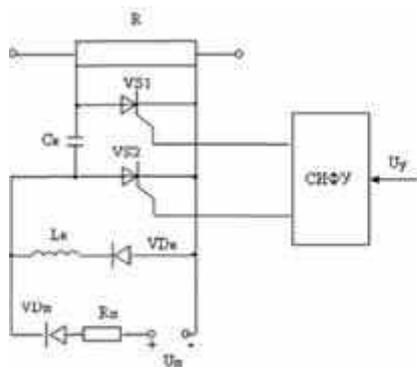


Рис. 4.27. Схема импульсного регулирования сопротивления

Если снять импульс управления с $VS2$, то он к концу перезаряда C_k закроется. Тогда при подаче импульса на $VS1$ он вновь откроется, шунтируя

Л, и вновь начнется перезаряд конденсатора по цепи $C^{\wedge}-VS-VD^{\wedge}-LK$, пока потенциал нижней обкладки C , не станет положительным. Для первоначального заряда C , служит источник ($/,, VD,,$ и $R,,$

Для импульсного регулирования напряжения применяется схема тиристорного ключа, представленная на рис. 4.28. Предварительный заряд конденсатора Q производится от UQ (+ на верхней обкладке).

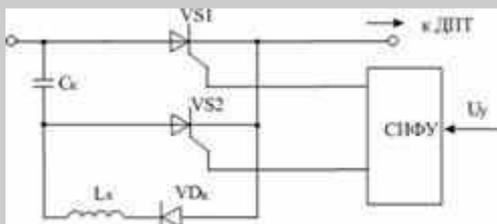


Рис. 4.28. Схема импульсного регулирования напряжения

При подаче управляющего импульса на $KS1$ он откроется и на двигатель подается напряжение. Одновременно через $VS 1, VD,, L,,$ начинается перезаряд конденсатора C , со знаком "+" на верхней обкладке, поэтому при подаче импульса на $KS2, VS1$ закроется. Изменяя с помощью СИФУ скважность управляющих импульсов $VS1$, согласованно с подачей импульса $KS2$ обеспечивается импульсное регулирование напряжения.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Принцип работы тиристорных ключей
- 2) Какая схема применяется для импульсного регулирования сопротивления
- 3) Какая схема применяется для импульсного регулирования напряжения

6 Список литературы

11. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 12

Тема: Регулирование скорости ДПТ независимого возбуждения шунтированием якоря

Цель: 1) изучение регулирования скорости ДПТ независимого возбуждения шунтированием якоря

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

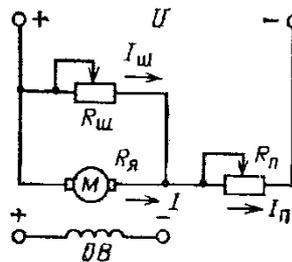
3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Для регулирования скорости ДПТ независимого возбуждения применяется схема с шунтированием якоря, показанная на рис. 3.30. Эта схема позволяет с помощью двух добавочных резисторов – $R_{ш}$, включаемого параллельно якорю, и $R_{п}$, включаемого последовательно с якорем, получать

Рис 3.30 Схема с шунтированием якоря ДПТ независимого возбуждения



сравнительно жесткие характеристики в области малых скоростей ДПТ. Такие характеристики требуются, например, для электроприводов подъемных кранов и лифтов.

Уравнения характеристик ДПТ в схеме рис. 3.30 могут быть получены на основании выражений для ЭДС (3.2) и момента (3.3) ДПТ и следующих соотношений:

$$U = E + IR_{я} + I_{п}R_{п}; \quad (3.57)$$

$$U = I_{ш}R_{ш} + I_{п}R_{п}; \quad (3.58)$$

$$I_{п} = I + I_{ш}; \quad (3.59)$$

Заменяя в (3.57) и (3.58) ток $I_{п}$ на его выражение из (3.59), а затем исключая из полученных двух уравнений $I_{ш}$, получаем следующие выражения соответственно для электромеханической и механической характеристик:

$$\omega = a\omega_0 - I(R_{я} + aR_{п})/c; \quad (3.60)$$

$$\omega = a\omega_0 - M(R_{я} + aR_{п}) / c^2 ; (3.61)$$

где $a = R_{ш} / (R_{ш} + R_{п})$.

Из (3.60) и (3.61) видно, что в схеме с шунтированием якоря снижается скорость идеального холостого хода и падает жесткость характеристик по сравнению с основной схемой включения ДПТ. Это объясняется тем, что в схеме рис 3.30 напряжение ДПТ меньше напряжения источника питания, а в якорной цепи находится добавочный резистор $R_{п}$. По этой причине способ регулирования скорости в схеме с шунтированием якоря часто называют комбинированным, так как он сочетает в себе регулирование изменением напряжения и реостатное регулирование.

Семейство искусственных характеристик ДПТ в схеме рис. 3.30 при постоянном $R_{ш}$ и регулируемом $R_{п}$ приведено на рис. 3.31.

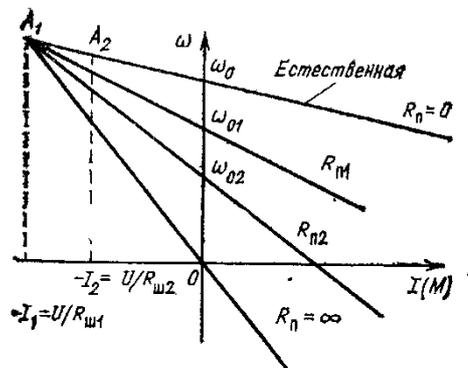


Рис 3.31. Характеристики при шунтировании якоря ДПТ независимого возбуждения при $R_{ш} = \text{const}$, $R_{п} = \text{var}$

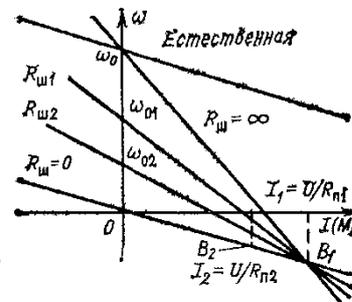


Рис. 3.32. Характеристики при шунтировании якоря ДПТ независимого возбуждения при $R_{п} = \text{const}$; $R_{ш} = \text{var}$

Общая для данного $R_{ш}$ точка A_1 пересечения всех характеристик соответствует режиму работы ДПТ, когда он не потребляет ток из сети, в силу чего резистор $R_{п}$ не оказывает влияния на характеристики ДПТ. В этой точке ЭДС ДПТ уравнивает напряжение сети и внутреннее падение напряжения в якоре, т. е.

$$E = U + IR_{я} .$$

Двигатель работает в режиме динамического торможения с током $I_1 = U/R_{ш1}$. При изменении $R_{ш}$, например при его увеличении, общей точкой становится точка A_2 , также располагающаяся на естественной характеристике.

Семейство искусственных характеристик ДПТ при постоянном $R_{п}$ и регулируемом $R_{ш}$ приведено на рис. 3.32. Пересечение характеристик происходит в точке B_1 , которая является общей точкой для всех искусственных характеристик при данном $R_{п}$. В точке B_1 ЭДС ДПТ, изменив свой знак, компенсирует внутреннее падение напряжения в якоре, вследствие

чего напряжение на якоре и, следовательно, на $R_{ш}$ равно нулю, ток через резистор $R_{ш}$ не проходит, а ток через якорь определяется как $I_1 = U/R_{п1}$. При изменении $R_{п}$, например при его увеличении, общей точкой характеристик становится точка B_2 , координата тока для которой определяется соотношением $I_2 = U/R_{п2}$.

Рассмотренный способ регулирования скорости по своим характеристикам и показателям занимает промежуточное положение между способами, связанными с изменением напряжения на якоре и сопротивлением в цепи якоря. Диапазон регулирования скорости лежит в пределах 5 – 6, плавность регулирования определяется плавностью изменения сопротивления $R_{ш}$ и $R_{п}$. Регулирование скорости осуществляется вниз от основной при постоянном моменте нагрузки, жесткость получаемых искусственных характеристик относительно высокая в области малых скоростей.

Экономичность этого способа регулирования невысока из-за значительных потерь мощности в якорной цепи. По этой причине способ используется для регулирования скорости ДПТ небольшой мощности при кратковременной работе на пониженных скоростях.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какая применяется схема для регулирования скорости ДПТ независимого возбуждения
- 2) Использование схем регулирования скорости ДПТ независимого возбуждения шунтированием якоря
- 3) Какова экономичность этого способа регулирования

6 Список литературы

12. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 13

Тема: Электропривод с двигателями постоянного тока последовательного возбуждения

Цель: 1) изучение электропривода с двигателями постоянного тока последовательного возбуждения

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Характерной особенностью ДПТ с ПВ является то, что его обмотка возбуждения (ПОВ) с сопротивлением посредством щеточно-коллекторного узла последовательно соединена с обмоткой якоря с сопротивлением, т.е. в таких двигателях возможно только электромагнитное возбуждение.

$R_{\text{я}} R_{\text{я}}$

Принципиальная электрическая схема включения ДПТ с ПВ представлена на рис.3.1.

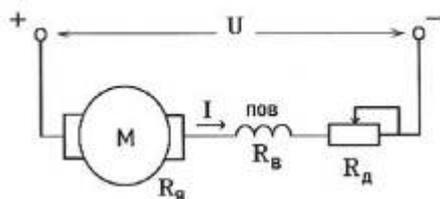


Рис. 3.1. Схема электрическая принципиальная включения ДПТ с ПВ.

Для осуществления пуска ДПТ с ПВ последовательно с его обмотками включается добавочный реостат.

$R_{\text{д}}$

Уравнения электромеханической характеристики ДПТ с ПВ

Ввиду того, что в ДПТ с ПВ ток обмотки возбуждения равен току в обмотке якоря, в таких двигателях в отличие от ДПТ с НВ проявляются интересные особенности.

Поток возбуждения ДПТ с ПВ связан с током якоря (он же является и током возбуждения) зависимостью, называемой кривой намагничивания, представленной на рис. 3.2.

Как видно зависимость для малых токов близка к линейной, а с увеличением тока проявляется нелинейность, связанная с насыщением магнитной системы ДПТ с ПВ. Уравнение электромеханической характеристики ДПТ с ПВ так же и для ДПТ с независимым возбуждением имеет вид:

$$\Phi = f(I)$$

. (3.1)

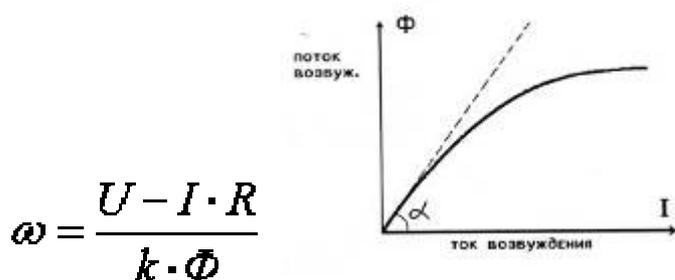


Рис. 3.2. Кривая намагничивания ДПТ с ПВ.

Из-за отсутствия точного математического описания кривой намагничивания, при упрощенном анализе можно пренебречь насыщением магнитной системы ДПТ с ПВ, т. е. принять зависимость между потоком и током якоря линейной, как это показано на рис. 3.2 пунктирной линией. В этом случае можно записать:

, (3.2)

где - коэффициент пропорциональности.

Для момента ДПТ с ПВ с учетом (3.17) можно записать:

. (3.3)

$$M = k \cdot \Phi \cdot I = a \cdot k \cdot I^2$$

Из выражения (3.3) видно, что в отличие от ДПТ с НВ у ДПТ с ПВ электромагнитный момент зависит от тока якоря не линейно, а квадратично.

Для тока якоря можно в этом случае записать:

. (3.4)

$$I = \sqrt{\frac{M}{a \cdot k}}$$

Если подставить выражение (3.4) в общее уравнение электромеханической характеристики (3.1), то можно получить уравнение для механической характеристики ДПТ с ПВ:

, (3.5)

$$\omega = \frac{U}{a \cdot k \sqrt{\frac{M}{a \cdot k}}} - \frac{R}{a \cdot k} = \frac{A}{\sqrt{M}} - B$$

где , .

$$A = \frac{U}{\sqrt{a \cdot k}} \quad B = \frac{R}{a \cdot k}$$

Отсюда следует, что при ненасыщенной магнитной системе механическая характеристика ДПТ с ПВ изображается (рис. 3.3) кривой, для которой ось ординат является асимптотой.

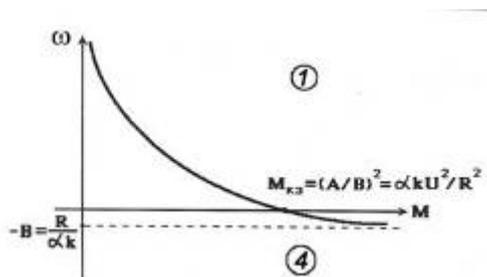


Рис. 3.3. Механическая характеристика ДПТ с ПВ в предположении ненасыщенности его магнитной цепи.

Значительное увеличение скорости вращения двигателя в области малых нагрузок обуславливается соответствующим снижением величины магнитного потока.

Уравнение (3.5) является оценочным, т.к. получено при допущении о ненасыщенности магнитной системы двигателя. На практике по экономическим соображениям электродвигатели рассчитываются с определенным коэффициентом насыщения и рабочие точки лежат в районе колена перегиба кривой намагничивания.

В целом, анализируя уравнение механической характеристики (3.5), можно сделать интегральный вывод о «мягкости» механической характеристики,

проявляющейся в резком уменьшении скорости при увеличении момента на валу двигателя.

Если рассматривать механическую характеристику, изображенную на рис. 3.3 в области малых нагрузок на валу, то можно сделать вывод, что понятие скорости идеального холостого хода для ДПТ с ПВ отсутствует, т. е. при полном сбросе момента сопротивления двигатель идет в «разнос». При этом его скорость теоретически стремится к бесконечности.

С увеличением нагрузки скорость вращения падает и равняется нулю при значении момента короткого замыкания (пускового):

. (3.6)

$$M_{кз} = a \cdot k \cdot \left(\frac{U}{R} \right)^2 - a \cdot k \cdot I_{кз}^2$$

Далее скорость вращения асимптотически приближается к значению в 4 квадранте системы координат.

Как видно из (3.21) у ДПТ с ПВ пусковой момент при отсутствии насыщения пропорционален квадрату тока короткого замыкания. При конкретных расчетах пользоваться оценочным уравнением механической характеристики (3.5) нельзя. В этом случае построение характеристик приходится вести графо-аналитическими способами. Как правило, построение искусственных характеристик производится на основании данных каталогов, где приводятся естественные характеристики: и .

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что является характерной особенностью ДПТ с ПВ
 - 2) Чем обуславливается значительное увеличение скорости вращения двигателя в области малых нагрузок
 - 3) На основании каких данных производится построение искусственных характеристик
- 6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 14

Тема: Автоматизация технологических процессов

Цель: 1) изучение автоматизации технологических процессов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Автоматизация производственных процессов – основное направление, по которому в настоящее время продвигается производство во всем мире. Все, что раньше выполнялось самим человеком, его функции, не только физические, но и интеллектуальные, постепенно переходят к технике, которая сама выполняет технологические циклы и осуществляет контроль за ними. Вот такое теперь генеральное русло современных технологий. Роль человека во многих отраслях уже сводится лишь к контролеру за автоматическим контролером.

В общем случае под понятием «управление технологическим процессом» понимают совокупность операций, необходимых для пуска, остановки процесса, а также поддержания или изменения в требуемом направлении физических величин (показателей процесса). Осуществляющие технологические процессы отдельные машины, агрегаты, аппараты, устройства, комплексы машин и аппаратов, которыми необходимо управлять, в автоматике называют объектами управления или управляемыми объектами. Управляемые объекты весьма разнообразны по своему назначению.

Автоматизация технологических процессов – замена физического труда человека, затрачиваемого на управление механизмами и машинами, работой специальных устройств, обеспечивающих это управление (регулирование различных параметров, получение заданной производительности и качества продукта без вмешательства человека).

Автоматизация производственных процессов позволяет во много раз увеличивать производительность труда, повышать его безопасность, экологичность, улучшать качество продукции и более рационально использовать производственные ресурсы, в том числе, и человеческий потенциал.

Любой технологический процесс создается и осуществляется для получения конкретной цели. Изготовления конечной продукции, или же для получения промежуточного результата. Так целью автоматизированного

производства может быть сортировка, транспортировка, упаковка изделия. Автоматизация производства может быть полной, комплексной и частичной.

Цех промышленного предприятия

Частичная автоматизация имеет место, когда в автоматическом режиме осуществляется одна операция или отдельный цикл производства. При этом допускается ограниченное участие в нем человека. Чаще всего частичная автоматизация имеет место, когда процесс протекает слишком быстро для того, чтобы сам человек мог в нем полноценно участвовать, при этом достаточно примитивные механические устройства, приводящиеся в движение при помощи электрического оборудования, отлично с ним справляются.

Частичная автоматизация, как правило, применяется на уже действующем оборудовании, является дополнением к нему. Однако, наибольшую эффективность оно показывает, когда включено в общую систему автоматизации изначально - сразу же разрабатывается, изготавливается и устанавливается как ее составная часть.

Комплексная автоматизация должна охватывать отдельный крупный участок производства, это может быть отдельный цех, электростанция. В этом случае все производство действует в режиме единого взаимосвязанного автоматизированного комплекса. Комплексная автоматизация производственных процессов целесообразна не всегда. Ее область применения – современное высокоразвитое производство, на котором используется чрезвычайно надежное оборудование.

Поломка одного из станков или агрегата тут же останавливает весь производственный цикл. Такое производство должно обладать саморегуляцией и самоорганизацией, которая осуществляется по предварительно созданной программе. При этом человек принимает участие в производственном процессе лишь в качестве постоянного контролера, отслеживающего состояние всей системы и отдельных ее частей, вмешивается в производство для пуска-запуска и при возникновении внештатных ситуаций, или при угрозе такого возникновения.

Автоматическое управление оборудованием

Наивысшая степень автоматизации производственных процессов – полная автоматизация. При ней сама система осуществляет не только процесс производства, но и полный контроль над ним, который проводят автоматические системы управления. Полная автоматизация целесообразна на рентабельном, устойчивом производстве с устоявшимися технологическими процессами с неизменным режимом работы.

Все возможные отклонения от нормы должны быть предварительно предусмотрены, и разработаны системы защиты от них. Также полная автоматизация необходима для работ, которые могут угрожать жизни человека, его здоровью или же проводятся в недоступных для него местах – под водой, в агрессивной среде, в космосе.

Каждая система состоит из компонентов, которые выполняют определенные функции. В автоматизированной системе датчики снимают показания и передают для принятия решения по управлению системой, команду выполняет уже привод. Чаще всего это электрическое оборудование, так как именно при помощи электрического тока целесообразнее выполнять команды.

Датчики и элементы управления

Следует разделять автоматизированные систему управления и автоматические. При автоматизированной системе управления датчики передают показания на пульт оператору, а он уже, приняв решение, передает команду исполнительному оборудованию. При автоматической системе – сигнал анализируется уже электронными устройствами, они же, приняв решение, дают команду устройствам-исполнителям.

Участие человека в автоматических системах все же необходимо, пусть и в качестве контролера. Он имеет возможность вмешаться в технологический процесс в любой момент, откорректировать его или же остановить.

Так, может выйти из строя датчик температуры и подавать неправильные показания. Электроника в таком случае, будет воспринимать его данные, как достоверные, не подвергая их сомнению.

Человеческий разум во много раз превосходит возможности электронных устройств, хотя по скорости реагирования уступает им. Оператор, может понять, что датчик неисправен, оценить риски, и просто отключить его, не прерывая процесс. При этом он должен быть полностью уверен в том, что это не приведет к аварии. Принять решение ему помогает опыт и интуиция, недоступные машинам.

Такое точечное вмешательство в автоматические системы не несет с собой серьезных рисков, если решение принимает профессионал. Однако, отключение всей автоматики и перевод системы в режим ручного управления чреват серьезными последствиями из-за того, что человек не может быстро реагировать на изменение обстановки.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Что понимают под термином «управление технологическим процессом»

2) В чем различие автоматизированных систем управления от автоматических

3) Что должна охватывать комплексная автоматизация

6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 15

Тема: Контроль и регулирование основных технологических параметров: расхода, уровня, давления и температуры

Цель: 1) изучение контроля и регулирования основных технологических параметров: расхода, уровня, давления и температуры

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3.Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Совокупность единичных операций образует конкретные технологические процессы. В общем случае технологический процесс реализуется посредством технологических операций, которые выполняются параллельно, последовательно или комбинированно, когда начало последующей операции сдвинуто по отношению к началу предыдущей.

Управление технологическим процессом представляет собой организационно-техническую задачу, и решают ее сегодня, создавая автоматические или автоматизированные системы управления технологическим процессом.

Целью управления технологическим процессом может быть: стабилизация некоторой физической величины, изменение ее по заданной программе или, в более сложных случаях, оптимизация некоторого обобщающего критерия, наибольшая производительность процесса, наименьшая себестоимость продукта и т. д.

К числу типовых технологических параметров, подлежащих контролю и регулированию, относят расход, уровень, давление, температуру и ряд показателей качества.

Замкнутые системы используют текущую информацию о выходных величинах, определяют отклонение $\varepsilon(t)$ управляемой величины $Y(t)$ от ее заданного значения $Y(o)$ и принимают действия к уменьшению или полному исключению $\varepsilon(t)$.

Простейшим примером замкнутой системы, называемой системой регулирования по отклонению, служит показанная на рисунке 1 система стабилизации уровня воды в баке. Система состоит из измерительного преобразователя (датчика) 2 уровня, устройства 1 управления (регулятора) и исполнительного механизма 3, управляющего положением регулирующего органа (клапана) 5.

Функциональная схема автоматической системы управления

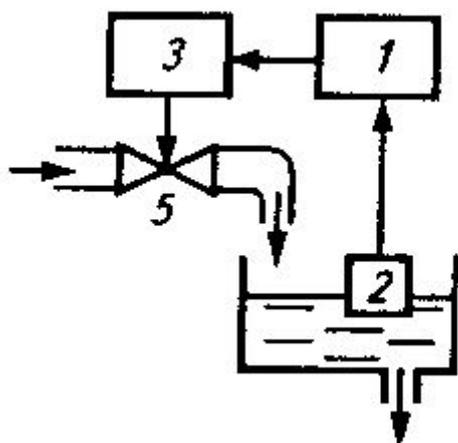


Рис. 1. Функциональная схема автоматической системы управления: 1 - регулятор, 2 - измерительный преобразователь уровня, 3 - исполнительный механизм, 5 - регулирующий орган.

Регулирование расхода

Системы регулирования расхода характеризуются малой инерционностью и частой пульсацией параметра.

Обычно управление расходом — это дросселирование потока вещества с помощью клапана или шиберов, изменение напора в трубопроводе за счет изменения частоты вращения привода насоса или степени байпасирования (отведения части потока через дополнительные каналы).

Принципы реализации регуляторов расхода жидких и газообразных сред показаны на рисунке 2, а, сыпучих материалов — на рисунке 2, б.

Схемы регулирования расхода

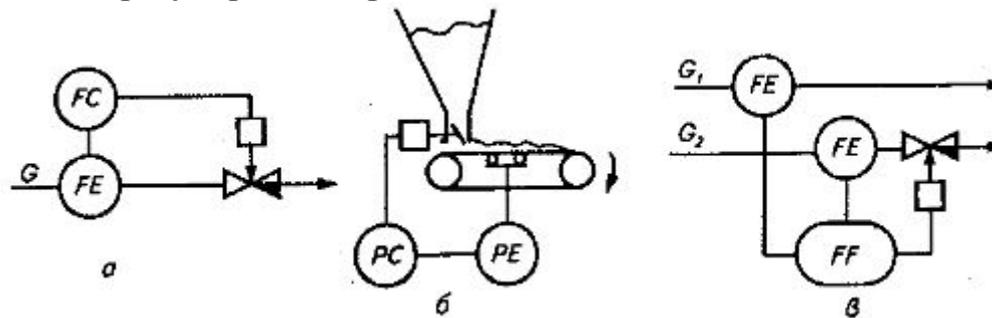


Рис. 2. Схемы регулирования расхода: а — жидких и газообразных сред, б — сыпучих материалов, в — соотношения сред.

В практике автоматизации технологических процессов встречаются случаи, когда требуется стабилизация соотношения расходов двух или более сред.

В схеме, показанной на рисунке 2, в, поток G_1 — ведущий, а поток $G_2 = \gamma G$ — ведомый, где γ — коэффициент соотношения расходов, который устанавливают в процессе статической настройки регулятора.

При изменении ведущего потока G_1 регулятор FF пропорционально изменяет ведомый поток G_2 .

Выбор закона регулирования зависит от требуемого качества стабилизации параметра.

Регулирование уровня

Системы регулирования уровня имеют те же особенности, что и системы регулирования расхода. В общем случае поведение уровня описывается дифференциальным уравнением

$$D(dl/dt) = G_{вх} - G_{вых} + G_{обр},$$

где S — площадь горизонтального сечения емкости, L — уровень, $G_{вх}$, $G_{вых}$ — расход среды на входе и выходе, $G_{обр}$ — количество среды, увеличивающейся или уменьшающейся в емкости (может быть равно 0) в единицу времени t .

Постоянство уровня свидетельствует о равенстве количеств подаваемой и расходуемой жидкости. Это условие может быть обеспечено воздействием на подачу (рис. 3, а) или расход (рис. 3, б) жидкости. В варианте регулятора, показанном на рисунке 3, в, используют для стабилизации параметра результаты измерений подачи и расхода жидкости.

Импульс по уровню жидкости — корректирующий, он исключает накопление ошибки вследствие неизбежных погрешностей, возникающих при изменении подачи и расхода. Выбор закона регулирования также зависит от требуемого качества стабилизации параметра. При этом возможно использование не только пропорциональных, но также и позиционных регуляторов.

Схемы систем регулирования уровня

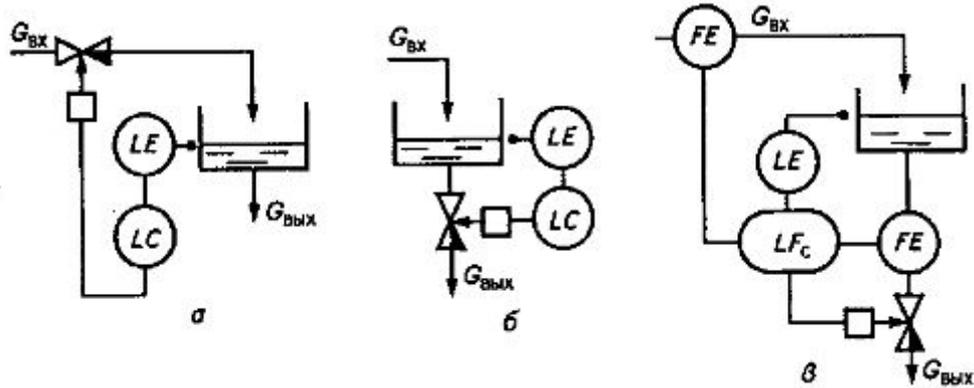


Рис. 3. Схемы систем регулирования уровня: а — с воздействием на подачу, б и в — с воздействием на расход среды.

Регулирование давления

Постоянство давления, как и постоянство уровня, свидетельствует о материальном балансе объекта. В общем случае изменение давления описывается уравнением:

$$V(dp/dt) = G_{вх} - G_{вых} + G_{обр},$$

где V — объем аппарата, p — давление.

Способы регулирования давления аналогичны способам регулирования уровня.

Регулирование температуры

Температура — показатель термодинамического состояния системы. Динамические характеристики системы регулирования температуры зависят от физико-химических параметров процесса и конструкции аппарата. Особенность такой системы — значительная инерционность объекта и нередко измерительного преобразователя.

Принципы реализации регуляторов температуры аналогичны принципам реализации регуляторов уровня (рис. 2) с учетом управления расходом энергии в объекте. Выбор закона регулирования зависит от инерционности объекта: чем она больше, тем закон регулирования сложнее.

Постоянная времени измерительного преобразователя может быть снижена за счет увеличения скорости движения теплоносителя, уменьшения толщины стенок защитного чехла (гильзы) и т. д.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что является целью управления технологическим процессом
 - 2) Опишите схемы регулирования расхода
 - 3) От чего зависят динамические характеристики системы регулирования температуры
- б Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 16

Тема: Автоматизация систем управления энергоснабжением

Цель: 1) изучение автоматизации систем управления энергоснабжением

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3.Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Автоматизированная система управления или АСУ — комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса, производства, предприятия. АСУ применяются в различных отраслях промышленности, энергетике, транспорте и т.п.

С целью повышения эксплуатационной надежности, долговечности и эффективности работы энергетического оборудования, для решения задач диспетчерского, производственно-технологического и организационно-экономического управления энергохозяйством предприятия могут оснащаться автоматизированными системами управления энергохозяйством (АСУЭ).

Указанные системы являются подсистемами автоматизированной системы управления предприятием (АСУП) и должны иметь необходимые средства передачи информации от диспетчерских пунктов питающей энергосистемы в объеме, согласованном с последней.

Комплексы задач АСУЭ в каждом энергохозяйстве должны выбираться исходя из производственной и экономической целесообразности, с учетом рационального использования имеющихся типовых решений и возможностей эксплуатируемых технических средств.

Автоматизированная система управления электрохозяйством (АСУ СЭС) является составной частью АСУЭ и, как правило, имеет в своем составе системы диспетчерского управления электроснабжением и ремонтом электроустановок, распределением и сбытом электроэнергии, а также системы управления производственно-экономическими процессами в электрохозяйстве.

Для контроля и учета энергоресурсов (электроэнергии, тепла, воды) в состав АСУЭ включается специальная подсистема АСКУЭ (автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов). Отдельно следует выделить подсистему тепло- и водоснабжения предприятия в АСУЭ.

Автоматизированная система управления электрохозяйством обеспечивает следующие функции:

отображение текущего состояния главной схемы электроснабжения в виде мнемосхемы;

измерение, контроль, отображение и регистрация параметров;

обработка и вывод информации о состоянии главной схемы и оборудования в текстовой (табличной) и графической форме;

дистанционное управление переключением выключателей главной схемы с контролем действий дежурного;

обработка данных установившихся режимов для различных эксплуатационных целей;

диагностика защит и автоматики с аварийной сигнализацией;

дистанционное изменение установок цифровых РЗА, управление их вводом в работу;

регистрация и сигнализация возникновения феррорезонансных режимов в сети;

проверка достоверности входной информации;

диагностика и контроль оборудования;

формирование базы данных, хранение и документирование информации (ведение суточной ведомости, ведомости событий, архивов);

технический (коммерческий) учет электроэнергии и контроль энергопотребления;

контроль параметров качества электроэнергии;

автоматическое противоаварийное управление;

регистрация (осциллографирование) параметров аварийных и переходных процессов и анализ осциллограмм;

контроль режима аккумуляторной батареи и изоляции ее цепей;

диагностика состояния аппаратуры и программного обеспечения АСУ СЭС;

передача информации о состоянии системы электроснабжения в технологическую АСУ по ее каналу связи на ЦДП и в другие службы предприятия.

На рис. 1 показана примерная структура схема АСУ СЭС компрессорной станции. Структура АСУ СЭС зависит от типа КС (электроприводная или газотурбинная), наличия на КС электростанция собственных нужд (ЭСН) и от режимов ее работы. Также имеет значение степень интеграции ЭСН в систему электроснабжения (СЭС).

Структурная схема АСУ СЭС КС

Рис. 1. Структурная схема АСУ СЭС КС

Ниже перечислены объекты СЭ, входящие в АСУ СЭС:

открытое распределительное устройство 110 кВ (ОРУ-110 кВ);

комплектное распределительное устройство 6-10 кВ (КРУ 6-10 кВ);

электростанция собственных нужд;

комплектная трансформаторная подстанция (КТП) собственных нужд (СН);

КТП производственно-эксплуатационного блока (КТП ПЭБа);

КТП агрегатов воздушного охлаждения газа (КТП АВО газа);

КТП вспомогательных сооружений;

КТП водозаборных сооружений;

автоматическая дизельная электростанция (АДЭС);

общестанционный щит станции управления (ОЩСУ);

щит постоянного тока (ЩТП);

системы кондиционирования и вентиляции и др.

АСУ ТП

Основные отличия АСУ СЭС от технологических АСУ заключается в:

высоком быстродействии на всех уровнях процесса управления, адекватной скорости процессов, протекающих в электрических сетях;

высокой защищенности от электромагнитных влияний;

структуре программного обеспечения.

Поэтому, как правило, АСУ СЭС при проектировании выделяется в отдельную подсистему, связанную с остальными АСУ через мост. Хотя в настоящее время имеются принципы и возможности построения глубоко интегрированных систем.

Режим работы технологического оборудования определяет режим работы энергетического оборудования. Поэтому подсистема АСУЭ в целом полностью зависит от технологических процессов. Подсистема АСУЭ как и АСУ ТП фактически определяют возможность построения информационно управляющих систем производством.

Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии обеспечивает общеизвестные преимущества организации учета при помощи автоматизированных систем контроля, учета и управления электропотреблением. Такие системы долгие годы применяются как за рубежом, так и в России на средних и крупных промышленных

предприятиях. Кроме функций учета, они обычно также осуществляют контроль и управление электропотреблением на этих предприятиях.

Основной экономический эффект для потребителя от применения этих систем состоит в уменьшении платежей за используемую энергию и мощность, а для энергокомпаний в снижении пиков потребления и уменьшении капиталовложений на наращивание пиковых генерирующих мощностей.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что является автоматизированной системой управления или АСУ
 - 2) Что обеспечивает автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии
 - 3) В чем состоит основной экономический эффект для потребителя от применения этих систем
- 6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 17

Тема: Диспетчерские пункты в системе электроснабжения

Цель: 1) изучение диспетчерских пунктов в системе электроснабжения

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3.Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Диспетчеризация в системах электроснабжения и электропотребления представляет собой систему централизованного управления устройствами электроснабжения.

На предприятиях существуют два вида организации диспетчерского управления.

1. Диспетчерское управление осуществляет отдел главного энергетика, при этом функции главного диспетчера выполняет главный энергетик либо один из специалистов отдела. Функции дежурных диспетчеров возлагаются на дежурных инженеров подстанции.

2. Отдел главного энергетика в своем составе имеет диспетчерскую службу, в которую входят главный диспетчер и дежурные диспетчеры, находящиеся на диспетчерском пункте.

Диспетчерские пункты в системе электроснабжения

Диспетчерский пункт осуществляет оперативное управление и контроль работы всех элементов системы электроснабжения, руководство дежурным персоналом по производству оперативных переключений и допуску к ремонтным работам, руководство ликвидациями аварий в системе электроснабжения, контроль за нагрузкой отдельных линий и подстанций, контроль за режимами электропотребления по цехам и предприятию.

Из диспетчерского пункта осуществляется централизованное автоматизированное управление всей системой электроснабжения предприятия на основе средств телемеханики и компьютеризации.

На диспетчерском пункте контролируются электрическая нагрузка и напряжение в различных точках электрической сети предприятия, производятся переключения с целью устранения аварийных режимов, а также для вывода в ремонт подстанционного и линейного оборудования.

В диспетчерский пункт входят помещения:

диспетчерская с размещением диспетчерского щита и пульта управления — рабочее место диспетчера;

аппаратная, где размещается различная аппаратура (устройства питания, релейные шкафы, устройства телемеханики и др.)

мастерская для мелкого ремонта аппаратуры и лаборатория для ее наладки;

вспомогательные помещения (кладовая, санузел, комната для ремонтных бригад).

Компоновка диспетчерского пункта выполняется с обеспечением удобства монтажа и коммутационных соединений, наблюдения за обслуживаемым оборудованием, доступа во все помещения. В диспетчерской размещаются диспетчерские щиты и пульты, на которых устанавливаются приборы контроля, средства сигнализации и автоматизации, органы управления.

По назначению щиты и пульты подразделяют на оперативные (контроля и управления) и щиты вспомогательных устройств. На диспетчерском щите размещается мнемоническая схема, которая с помощью условных графических изображений элементов системы электроснабжения отображает технологический процесс и представляет собой информационную модель контролируемого объекта, процесса.

По степени надежности питания диспетчерские пункты относят к потребителям 1-й категории. Установленные на диспетчерском пункте приборы телемеханизации позволяют получить необходимую информацию о состоянии электрооборудования, находящегося на значительном расстоянии, о параметрах системы электроснабжения, потреблении электрической энергии. При этом используются средства телемеханизации, к которым относятся устройства телеизмерения, телесигнализации и телеуправления.

На подстанциях, оборудованных системами автоматизации и телемеханизации, предусматривается местное управление выключателями для их наладки, возможности ревизии и ремонта оборудования РУ. Оборудование диспетчерского пункта заземляют в соответствии с ПУЭ. Помещения диспетчерских пунктов по степени пожарной опасности относят к категории Г, они должны соответствовать первой или второй степени огнестойкости по противопожарным требованиям. Помещения защищают от проникновения пыли и газов. В помещениях должно быть естественное освещение. Электрическое рабочее освещение должно быть рассеянным, обеспечиваемым люминесцентными лампами, аварийное — лампами накаливания.

АСДУ электроснабжением и электропотреблением

АСДУ электроснабжением и электропотреблением на предприятии направлено на безаварийное и бесперебойное электроснабжение, экономичную организацию режимов и учета электропотребления, соблюдение графиков электрических нагрузок и графиков планово-предупредительных ремонтов электрооборудования, руководство допусками к работе бригад электриков.

На крупных предприятиях диспетчеризация организуется не только в системах электроснабжения и электропотребления предприятия, но также и по всем энергетическим службам в составе отдела главного энергетика (теплоснабжения и тепловых установок, водоснабжения и канализации, газоснабжения).

В системах электроснабжения предприятий автоматизированные системы диспетчерского управления предприятием (АСДУ) устройствами, оснащенными средствами автоматизации и телемеханизации, обеспечивает: централизацию контроля и управления режимами электроснабжения; повышение оперативности контроля за работой электротехнических устройств и электрических сетей и управления ими; выбор и установление оптимального режима работы оборудования и сетей; повышение надежности электроснабжения потребителей; сокращение числа аварий и более быструю их ликвидацию; сокращение дежурного персонала электроустановок.

Задачи оперативного управления, решаемые АСДУ, определяются режимом работы системы электроснабжения. В нормальном режиме осуществляются контроль и регулирование электроснабжения и электропотребления, обеспечивающие необходимые требования к качеству электроэнергии и надежности ее подачи;

сбор, обработка и документирование информации о работе устройств в системах электроснабжения;

вывод оборудования в ремонт и ввод его из ремонта и из резерва.

В аварийном режиме срабатывают автоматические устройства первого уровня (релейная защита).

Оперативно-диспетчерский персонал в этом случае производит необходимые отключения (переключения) устройств электроснабжения. В послеаварийном режиме решается задача восстановления нормальной схемы электроснабжения потребителей, заданных показателей качества электроэнергии, принятия мер по устранению причин аварии и ремонту поврежденного оборудования.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что представляет из себя диспетчеризация в системах электроснабжения и электропотребления
- 2) Что предусматривается на подстанциях, оборудованных системами автоматизации и телемеханизации
- 3) Чем определяются задачи оперативного управления, решаемые АСДУ

6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 18

Тема: Ультразвуковые датчики

Цель: 1) изучение ультразвуковых датчиков

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3.Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Ультразвук, звук частотой более 16 кГц, человек не воспринимает, тем не менее, скорость его распространения в воздушной среде известна, и составляет 344 м/с. Располагая данными о скорости звука и времени его распространения, можно вычислить точное расстояние, которое прошла ультразвуковая волна. Этот принцип положен в основу работы ультразвуковых датчиков.

Ультразвуковые датчики широко применяются в самых разных сферах производства, и в некотором роде являются универсальным средством решения многих задач автоматизации технологических процессов.

Такие датчики применяются для определения удаленности и местонахождения различных объектов.

Определение уровня жидкости (например, расхода топлива на транспорте), обнаружение этикеток, в том числе и прозрачных, контроль передвижения объекта, измерение расстояния, - вот лишь некоторые из возможных применений ультразвуковых датчиков.

Как правило, на производствах немало источников загрязнения, что может стать проблемой для многих механизмов, но ультразвуковой датчик, в силу особенностей его работы, абсолютно не боится загрязнений, поскольку корпус датчика, при необходимости, может быть надежно защищен от возможных механических воздействий.

Ультразвуковые датчики

Ультразвуковой датчик содержит в своей конструкции пьезоэлектрический преобразователь, который является и излучателем и приемником. Пьезоэлектрический преобразователь излучает пакет звуковых импульсов, затем принимает эхо, и преобразует сигнал в напряжение, которое подается на контроллер. Здесь читайте подробнее про использование в технике пьезоэлектрического эффекта.

Ультразвуковая частота находится в диапазоне от 65 кГц до 400 кГц, в зависимости от типа датчика, а частота следования импульсов - между 14 Гц и 140 Гц. Контроллер обрабатывает данные, и вычисляет расстояние до объекта.

Активный диапазон ультразвукового датчика является рабочим диапазоном обнаружения. Диапазон обнаружения – это то расстояние, в пределах которого ультразвуковой датчик может обнаружить объект, и неважно, приближаются ли объект к чувствительному элементу в осевом направлении или двигается поперек звукового конуса.

Встречаются три основных режима работы ультразвуковых датчиков: оппозитный режим, диффузионный режим, и рефлекторный режим.

Для оппозитного режима характерны два отдельных устройства, передатчик и приемник, которые монтируются друг напротив друга. Если ультразвуковой пучок прерывается объектом, выход активизируется. Такой режим подходит для работы в тяжелых условиях, когда важна устойчивость к интерференции. Ультразвуковой пучок только один раз проходит сигнальное расстояние. Такое решение отличается высокой стоимостью, поскольку требуется монтаж двух устройств – передатчика и приемника.

Диффузионный режим обеспечивается передатчиком и приемником, находящимися в одном корпусе. Стоимость такого монтажа значительно ниже, однако время срабатывания дольше, чем при оппозитном режиме.

Диффузионный режим

Диапазон обнаружения здесь зависит от угла падения на объект и от свойств поверхности объекта, поскольку луч должен отражаться от поверхности самого обнаруживаемого объекта.

Ультразвуковые датчики для автоматизации производственных процессов

Для рефлекторного режима излучатель и приемник также находятся в одном корпусе, однако ультразвуковой луч теперь отражается от рефлектора. Объекты в диапазоне обнаружения обнаруживаются как путем измерения изменений в расстоянии, которое проходит ультразвуковой луч, так и путем оценки потерь на поглощение или отражение в отраженном сигнале. Звукпоглощающие предметы, а также предметы с угловыми поверхностями легко обнаруживаются при таком режиме работы датчика. Важное условие – не должно изменяться положение опорного рефлектора.

Еще один вариант использования инфразвука в промышленности - ультразвуковая сварка.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Область применения ультразвуковых датчиков
- 2) Что содержит в своей конструкции ультразвуковой датчик
- 3) Чем обеспечивается диффузионный режим
- 6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 19

Тема: Контроль уровня в промышленных системах автоматизации

Цель: 1) изучение контроля уровня в промышленных системах автоматизации

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3.Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Многие системы автоматизации требуют измерения уровня. И есть множество промышленных отраслей, где измерение уровня необходимо. На сегодняшний день существует множество датчиков уровня, позволяющих измерять многие физические величины, связанные с количеством в резервуаре того или иного материала.

Самые первые датчики уровня работали только с жидкостями, но теперь, благодаря прогрессу, есть датчики и для сыпучих материалов. Уровнемеры и сигнализаторы уровня позволяют непрерывно отслеживать уровень и контролировать достижение материалом заданного уровня. В данной статье мы подробно остановимся на видах современных уровнемеров.

датчики уровня

Сегодня возможна работа датчиков уровня как с жидкостями, так и с сыпучими материалами и даже с газами, причем материал может находиться как в емкости, так и в трубопроводе. Датчики подразделяются на контактные и бесконтактные, и по способу монтажа могут быть предназначены для установки либо в корпус трубопровода или емкости с измеряемым материалом, либо над измеряемым материалом.

Первые датчики уровня работали по простому принципу поплавка и использовали метод замыкания контактов материалом. Теперь же датчики претерпели усовершенствования, они содержат в своей конструкции схемы, обеспечивающие выполнение ряда дополнительных функций, таких как измерение объема, скорости расхода, сигнализация о достижении предельной границы и т. д. Результаты измерений могут обрабатываться и храниться.

Работает ли отрасль с жидким, вязким, газообразным, сыпучим, липким, пастообразным материалом, всегда можно подобрать подходящий датчик уровня для работы в условиях соответствующей среды. Вода, раствор, щелочь, кислота, масло, нефть, гсм, гранулы пластика — спектр применения весьма широк, и датчики на различных физических принципах позволяют выбрать подходящий для конкретных условий и практически для любой задачи.

контроль уровня в промышленных системах автоматизации

Оборудование датчика включает в себя две части: сам датчик и средство визуализации данных. Контактные и бесконтактные датчики, постоянное изменение и отслеживание границы — выбор возможностей датчиков сегодня достаточно богат.

Вид выбираемого датчика определяется особенностями промышленного процесса и средой, в которой датчик будет работать. Благодаря средствам визуализации, в процессе измерений могут составляться графики для анализа информации об уровне продукта, что немало облегчает автоматизацию.

Для осуществления непрерывного мониторинга уровня сыпучих материалов или жидкостей в естественных и искусственных резервуарах служат уровнемеры. Они с дискретностью от единиц миллисекунд до десятков секунд проводят замеры уровня.

Применяются для отслеживания уровня водных растворов, кислот, щелочей, спиртов и т. д., а также для сыпучих материалов. Бывают контактными и бесконтактными, а по физическим принципам совершенно разнообразны. Рассмотрим каждый тип более подробно.

Микроволновые радарные уровнемеры

Микроволновый радарный уровнемер

Применяются для непрерывного отслеживания уровня, являются универсальными. Используют в работе явление отражения электромагнитной волны от границы раздела двух сред. Частота волн от 6 до 95 ГГц, и она тем выше, чем меньше диэлектрическая проницаемость измеряемого материала, например для нефтепродуктов частота волн должна быть максимальной. Но диэлектрическая проницаемость не должна быть выше 1,6.

Поскольку датчик работает как радиолокатор, помехи ему не страшны, а высокая частота волн сводит к минимуму паразитное влияние давления и температуры в емкости. Радарным датчикам с такими высокими рабочими частотами не страшны ни пыль, ни испарение, ни пена.

В зависимости от типа и размера антенны датчика, точность прибора может быть разной. Чем больше и шире антенна, тем мощнее и точнее будет сигнал, выше дальность, лучше разрешение. Точность микроволновых радарных датчиков в пределах 1 мм, они могут работать при температурах до +250 °С, и измерять уровень до 50 м.

Радарные уровнемеры находят применение на многих производствах, где ведутся работы с сыпучими материалами: в строительстве, деревообработке, в химической промышленности, в пищевой промышленности, на производстве пластика, стекла и керамики. Применимы они и для измерения уровня жидкостей.

Акустические уровнемеры

акустичекий уровнемер

Используют акустические волны, которые при отражении от отслеживаемого вещества принимаются и обрабатываются. Программное обеспечение фильтрует полезный сигнал, распознавая паразитное эхо.

Сигнал подается мощным импульсом, поэтому потери и затухание минимальны. В зависимости от температуры сигнал компенсируется, и точность остается высокой, в пределах четверти процента. Датчик устанавливается вертикально либо под углом. Уровень изменения может достигать 60 метров. Рабочая температура до +150 °С. Взрывозащищен.

Акустические уровнемеры служат на многих производствах, начиная от систем автоматизации для грузочных кранов и систем контроля уровня сточных вод в септиках, заканчивая производством шоколада.

Ультразвуковые уровнемеры

ультразвуковой уровнемер

Отраженные от границы раздела двух сред, ультразвуковые колебания принимаются и замеряется промежуток времени между моментом отправки сигнала и его приемом. Дискретность составляет единицы секунд, это связано с конечной скоростью звука в воздухе. Предельный уровень измерения достигает 25 метров.

Программное обеспечение позволяет предварительно настроить датчик на отключение в период, когда под ним проходит какой-нибудь механизм, например лопасть мешалки. Возможно управление датчиком с компьютера. Устанавливается вертикально над материалом или под углом. Точность в пределах четверти процента. Рабочая температура до +90 °С. Взрывозащищен.

Ультразвуковые уровнемеры применяются для контроля уровня сыпучих материалов во многих сферах, начиная с цементных заводов, заканчивая химической и пищевой промышленностью.

Гидростатические уровнемеры

гидростатический уровнемер

Измеряют давление жидкости на дно емкости. Деформация чувствительного элемента преобразуется в электрический сигнал.

Необходима связь с атмосферой, поскольку производится замер дифференциального давления. Подходит для работы с водой и другими не агрессивными жидкостями, для паст и т. д. Может работать как в открытых, так и в закрытых помещениях, в бассейнах, скважинах и т. д.

Величина давления зависит от плотности жидкости и от ее объема в резервуаре, от высоты столба жидкости. Уровнемер может быть погружного или врезного типа, - либо для контакта с атмосферой выводится капиллярная трубка, либо преобразователь врезается непосредственно в дно резервуара.

При монтаже необходимо исключить ложную фиксацию давления струи жидкости при ее закачке в резервуар. Точность в пределах четверти процента. Рабочая температура до +125 °С.

Гидростатические уровнемеры находят широкое применение в химической промышленности в цистернах, в сфере ЖКХ в колодцах, в пищевой промышленности ими оснащаются емкости с жидкими продуктами, в металлургии, в фармацевтике, в нефтяной промышленности и т.д.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что позволяют непрерывно отслеживать и контролировать уровнемеры и сигнализаторы уровня
 - 2) Область применения акустических уровнемеров
 - 3) Область применения гидростатических уровнемеров
- 6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 20

Тема: Датчики уровня

Цель: 1) изучение датчиков уровня

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3.Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Емкостные уровнемеры

емкостный уровнемер

Зонд датчика и проводящая стенка резервуара образуют собой обкладки конденсатора. Вместо проводящей стенки может использоваться специальная трубка, которая надевается на зонд датчика или второй отдельный заземленный зонд. В качестве диэлектрика конденсатора служит вещество между обкладками — воздух или материал, уровень которого отслеживается.

Очевидно, при наполнении резервуара емкость конденсатора станет постепенно меняться. При пустом резервуаре емкость будет иметь конкретное значение, а в процессе вытеснения воздуха она изменится. Увеличение продукта в резервуаре меняет емкость конденсатора, образованного датчиком и резервуаром.

Электроника датчика преобразует изменение емкости в изменение уровня. Если форма резервуара необычная, то используют второй зонд, ибо обкладки образованного конденсатора должны быть расположены вертикально. Максимальный уровень достигает 30 метров. Точность не менее трети процента. Рабочая температура до +800 °С, в зависимости от модели. Время задержки регулируется.

Емкостные датчики уровня в основном применяются для контроля уровня жидкостей в очень многих сферах, где необходимо поддерживать заданный уровень продукта: в производстве напитков, бытовой химии, на предприятиях добывающих воду, с сельском хозяйстве и т.д.

Магнитные уровнемеры

магнитный уровнемер

На направляющей расположен поплавок с постоянным магнитом. Внутри направляющей установлены магниточувствительные выключатели. Последовательное срабатывание выключателей при заполнении или опустошении резервуара приводит к изменению тока дискретными порциями.

Принцип настолько прост, что данные уровнемеры не требуют регулировки и поэтому недороги и популярны. Ограничения вносит лишь плотность жидкости. Рабочая температура до +120 °С. Предел изменения 6 метров.

Магнитный уровнемер является экономичным решением для измерения уровня жидкостей во многих отраслях.

Микроволновые рефлексные уровнемеры

микроволновый рефлексный уровнемер

В отличие от радарных уровнемеров, здесь волна распространяется не по открытому воздуху, а вдоль зонда прибора, которым может быть трос или стержень. Волновой импульс испытывает отражение от границы раздела двух сред с различной диэлектрической проницаемостью, и приходит обратно, а время между моментом передачи и моментом приема фиксируется электроникой, и преобразуется в значение уровня.

Применение волновода позволяет избежать паразитного действия пыли, пены, бурления, а также влияния температуры окружающей среды. Диэлектрическая проницаемость измеряемой среды не должна быть ниже 1,3ε.

Рефлексные уровнемеры могут служить там, где радарные не смогут работать из-за диаграммы направленности, например в узких высоких резервуарах. Предел измерения 30 метров. Рабочая температура до +200 °С. Точность в пределах 5 мм.

Рефлексные микроволновые уровнемеры могут использоваться для непрерывного контроля уровня не проводящих и проводящих жидкостей и твердых веществ, и для измерения их массы и объема. Применимы во многих отраслях.

Байпасные уровнемеры

байпасный уровнемер

Сбоку в емкости располагается измерительная колонка. Жидкость заполняет трубку, ее уровень измеряется. Принцип сообщающихся сосудов. На поверхности жидкости в трубке плавает магнит, а вблизи трубки — магнестрикционный датчик, который преобразует расстояние до магнита в сигнал тока.

На трубке имеются индикаторные пластины разного цвета, которые под действием магнитного поля магнита меняют свое положение. Благодаря тому, что контакт жидкости со внешней средой отсутствует, байпасные уровнемеры применимы в пищевой и фармацевтической промышленности. Предел уровня измерений до 3,5 метров. Точность в пределах 0,5 мм. Рабочая температура до +250 °С.

Байпасные уровнемеры применимы там, где требуется визуальный контроль за уровнем жидкостей: в теплоэнергетике, в химической

промышленности, в сфере ЖКХ, в электроэнергетике, в пищевой и нефтегазовой отраслях.

Магнитострикционные уровнемеры

магнитострикционный уровнемер

В гибкой или жесткой направляющей находится поплавков с интегрированным магнитом. По направляющей расположен волновод, вокруг которого токовыми импульсами через катушку возбуждается радиальное магнитное поле. Когда это магнитное поле сталкивается с магнитным полем постоянного магнита поплавок, магнитострикционный волновод испытывает высокодинамичную пластическую деформацию.

Ультразвуковая волна, возникающая в результате этой деформации, распространяется вдоль волновода, и фиксируется электронным преобразователем на одном из его концов. Сопоставление по времени момента стартового импульса и времени возникновения импульса деформации определяет местоположение поплавка. Предел уровня измерений достигает 15 метров. Точность в пределах 1 мм. Рабочая температура до +200 °С.

Магнитострикционные уровнемеры находят применение в химической промышленности при контроле уровня пенящихся жидкостей, в пищевой промышленности и в металлургии для контроля уровня жидких пищевых продуктов и топлива.

Лотовые уровнемеры

лотовый уровнемер

На тросе или ленте, намотанной на барабан, закреплен груз. При установке датчика на крышке резервуара, появляется возможность спустить груз вниз емкости. Электродвигатель вращает барабан, и груз спускается на тросе вниз. Когда груз касается поверхности измеряемого материала, натяжение троса ослабевает, и это является сигналом об уровне материала. Трос снова наматывается на барабан, поднимая груз обратно вверх.

Электроника считает уровень исходя из количества оборотов барабана. Для обнаружения веществ с плотностью от 20 кг на м³ такой датчик подойдет. Предел уровня измерения до 40 метров. Точность от 1 до 10 см в зависимости от модификации. Интервал измерений задается пользователем и может быть от 6 минут до 100 часов. Рабочая температура до +250 °С.

Лотовые уровнемеры применяются на различных производствах для контроля уровня сыпучих материалов в автоматизированных системах.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Где в основном применяются емкостные датчики уровня
 - 2) Для чего могут использоваться рефлексные микроволновые уровнемеры
 - 3) Где применяются лотовые уровнемеры
- 6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №21

Тема: Испытание изоляций обмоток электрических машин повышенным напряжением

Цель: 1) Изучение метода испытание изоляций обмоток электрических машин повышенным напряжением

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Испытание изоляции повышенным напряжением

Испытание изоляции кабелей, обмоток электрических машин и других электроустановок повышенным напряжением ставит целью проверку наличия необходимого запаса электрической прочности, способного обеспечить безаварийную работу электрооборудования и заблаговременно выявить и установить неисправность. Испытание повышенным напряжением

производится как переменным током промышленной частоты, так и выпрямленным током высокого напряжения.

Испытание изоляции повышенным напряжением переменного тока.

Величина испытательного напряжения определяется по ГОСТ 1516—60, исходя из опыта эксплуатации, анализа величины внутренних перенапряжений, возникающих в действующих электроустановках и защитных характеристик разрядников от атмосферных перенапряжений. Для того, чтобы возникший электрический пробой мог завершиться и можно было определить дефект в изоляции, испытательное напряжение прикладывают в течение 1 мин. Большая длительность испытаний может привести к повреждению изоляции из-за теплового пробоя даже при отсутствии дефектов в изоляции. Исключение составляют такие изоляционные органические материалы, как бакелит, дерево, кабельная бумага и т. п., в которых основную роль играет поверхностная изоляция. Так как в этих материалах обычно не контролируются диэлектрические потери, то время приложения высокого напряжения при испытаниях принято по ГОСТ 5 мин с тем, чтобы после окончания испытания и снятия напряжения можно было проверить на ощупь, нет ли местных нагревов. Пробивное напряжение изоляции аппаратов, трансформаторов и изоляторов выбирается выше разрядного напряжения по воздуху, которое в свою очередь выше испытательного напряжения, принятого на заводе-изготовителе для новых изоляторов, аппаратов и трансформаторов. С течением времени прочность изоляции в эксплуатации может понижаться, но она не должна быть ниже установленного минимума. Изоляция считается прошедшей испытание на электрическую прочность, если при этом не было пробоя, частичных разрядов, выделений газа или дыма, а также, если приборы не указывали на наличие повреждений. Пробой изоляции при испытании отмечается по амперметру — по возрастанию тока и по вольтметру — по снижению напряжения. Чтобы не повредить частичными разрядами изоляцию, следует при их возникновении прекратить испытание высоким напряжением до устранения дефекта и ремонта изоляции.

Испытательное напряжение должно прикладываться:

- а) между токоведущими и заземленными частями (для коммутационных аппаратов при включенном и отключенном положениях) ;
- б) между токоведущими частями соседних полюсов (для коммутационных аппаратов при включенном и отключенном положениях) ;
- в) между разомкнутыми контактами одного и того же полюса при отключенном положении аппарата.

Испытание изоляции повышенным напряжением постоянного (выпрямленного) тока применяется для оборудования с большой емкостью (кабели, конденсаторы, генераторы, электродвигатели и пр.), для испытания которых переменным током необходимы испытательные трансформаторы большой мощности. Поэтому кабельные линии уже довольно давно испытывают постоянным (выпрямленным) напряжением, что вполне себя оправдало.

Накопленный опыт испытания генераторов и электродвигателей показывает, что испытания переменным током выявляют большинство дефектов в пазовой части изоляции, а испытания выпрямленным напряжением — в основном в лобовой части и при выходе из паза.

Для испытания изоляции выпрямленным напряжением применяются кенотронные аппараты. Преимуществом испытания изоляции выпрямленным напряжением является возможность вести контроль за её состоянием путем измерения токов утечки.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) С какой целью производится испытание изоляции кабелей, обмоток электрических машин и других электроустановок повышенным напряжением
- 2) На какое время прикладывается повышенное испытательное напряжение
- 3) В каком случае изоляция считается прошедшей испытание на электрическую прочность

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №22

Тема: Измерение сопротивления постоянному току обмоток электрических машин

Цель: 1) Изучение метода измерения сопротивления постоянному току обмоток электрических машин

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Измерение проводится в практически холодном состоянии, при котором температура любой части электрической машины отличается от температуры окружающей среды не более чем на $\pm 3^{\circ}$. От точности измерения сопротивлений обмоток в холодном состоянии зависит правильность определения ряда важнейших величин. При промышленных испытаниях электрических машин могут находить применение только те способы измерения сопротивлений, которые удовлетворяют следующим требованиям:

Достаточная точность измерений. Способ должен обеспечивать погрешность измерения сопротивления обмотки, не превосходящую той, с которой производится измерение ее температуры в практически холодном состоянии. При испытаниях, к которым предъявляются менее высокие требования, погрешность измерения сопротивления может быть допущена до 1 %.

Быстрота выполнения измерений. В ряде случаев момент измерения должен быть отчетливо ориентирован во времени, что невозможно, если измерение требует кропотливых операций.

Измерения в соответствии с ГОСТ 11828-86 и ГОСТ 3484-88 рекомендуется проводить:

- методом вольтметра и амперметра;
- методом одинарного (Уинстона) или двойного (Томсона) моста;
- методом омметра логометрической системы.

Для измерения сопротивлений обмоток трансформаторов используются первые два метода.

Метод вольтметра и амперметра лучше всего удовлетворяет всем предъявляемым требованиям; при условии применения приборов соответствующего класса он обеспечивает требуемую точность, дает большую быстроту измерений и легко приспособливается к требованиям подвижности измерительного устройства. Что бы способ давал достаточно правильные результаты, необходимо соблюдение ряда условий:

1. Вольтметр должен присоединяться непосредственно к выводам объекта измерения; если для присоединения применяются иглы, то они должны быть хорошо заточенными и изготовленными из закаленной стали, чтобы прокалывать пленку окисла на поверхности металлов.

2. Число разъемных контактов в схеме должно быть минимальным, а все неразъемные следует надежно пропаивать.

3. Источником постоянного тока должна быть хорошо заряженная батарея аккумуляторов.

4. Каждое сопротивление следует измерять при нескольких различных значениях тока, переходя от больших к меньшим. Нормально число измерений берется равным трем; при испытании повышенной точности его рекомендуется брать не менее пяти, но при приемо-сдаточных испытаниях машин мощностью до 100 кВт допускается однократное измерение. Результаты измерений одного и того же сопротивления не должны отличаться от среднего из них более чем на 0,5 %, а за действительное значение принимается среднее арифметическое из результатов всех измерений, удовлетворяющих этому требованию.

5. Отсчеты по обоим приборам должны производиться одновременно по команде, подаваемой наблюдателем на вольтметре, показания которого менее устойчивы, чем показания амперметра, вследствие индуктивности, свойственной обмоткам электрических машин.

6. При измерении одного и того же сопротивления следует по возможности не изменять пределы измерения приборов.

7. Во избежание нагревания обмотки измерительным током значение последнего следует выбирать по данным обмотки так, чтобы адиабатное повышение температуры обмотки за время измерения не превосходило 1К; если же данные обмотки неизвестны, то значение измерительного тока должно быть не выше 20 % номинального тока обмотки, а длительность измерения – не более 1 мин. Если порядок измеряемого сопротивления известен, то пределы измерения обеих приборов могут быть установлены заранее, но цепь вольтметра в момент замыкания цепи тока должна быть разомкнутой. При подключении устройства к неизвестному объекту измерения и замыкании цепи тока амперметр и вольтметр должны быть

предварительно включены на наибольшие пределы измерения. После замыкания цепи приспособление, регулирующее ток, ставится в положение наибольшего измерительного тока. Если при этом показание амперметра меньше 40 % его полной шкалы, то необходимо перейти на следующий меньший предел измерения, и так далее до тех пор, пока не будет получено удовлетворительное отклонение; подбор предела измерения вольтметра производится таким же способом. Когда пределы шкал обоих приборов установлены, приступают к отсчетам. После каждого отсчета ток несколько понижается регулирующим приспособлением и производится следующий отсчет и т. д. Если обмотка обладает сильно выраженной индуктивностью, то на момент каждого перехода с высшей ступени измерительного тока на низшую необходимо размыкать цепь вольтметра, иначе ее можно повредить импульсами, индуцируемыми при резком понижении измерительного тока.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) На сколько при измерении температура любой части электрической машины отличается от температуры окружающей среды
- 2) Какие методы используются для измерения сопротивлений обмоток трансформаторов
- 3) Что нужно делать если обмотка обладает сильно выраженной индуктивностью, то на момент каждого перехода с высшей ступени измерительного тока на низшую

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №23

Тема: Проверка полярности обмоток электродвигателей и чередования фаз синхронных машин

Цель: 1) Изучение метода проверки полярности обмоток электродвигателей и чередования фаз синхронных машин

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе, учебная и справочная литература

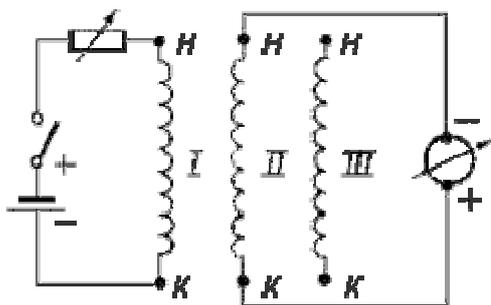
4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Проверка правильности соединений выводов трехфазных обмоток сводится к определению начал и концов каждой фазы.

Начала и концы фаз можно определить при помощи милливольтметра. Для этого сначала мегомметром или при помощи контрольной лампы определяют выводы обмоток каждой фазы. Затем к обмотке одной из фаз присоединяют через рубильник (рис. 1) и реостат источник постоянного тока, который выбирают таким, чтобы по обмотке проходил небольшой ток (желателен аккумулятор напряжения 2 В).

Рис. 1 Схема для проверки правильности соединений выводов трехфазных обмоток



При замыкании и размыкании рубильника в обмотках других фаз индуктируются электродвижущие силы, направление которых определяется милливольтметром.

Если к условному «началу» присоединен плюс батареи, а к условному «концу» - минус, то при размыкании рубильника на других фазах будет плюс на «началах» и минус на «концах», что показывает милливольтметр, подключаемый поочередно к выводным концам двух других фаз. При

замыкании тока рубильником полярность на других фазах будет обратной указанному.

В тех случаях, когда машина имеет три вывода (при соединении обмотки звездой или треугольником), правильность соединения фаз можно проверить, если питать два вывода переменным током пониженного напряжения и вольтметром измерить напряжение между третьим выводом и каждым из выводов, присоединенных к сети.

В случае правильного соединения эти напряжения будут равны половине напряжения, приложенного к двум выводам, причем это соотношение напряжений сохраняется при питании любых двух выводов.

Опыт следует произвести три раза, каждый раз подводя напряжение к различной паре выводов. Если же одна из фаз присоединена неправильно, то при двух опытах из трех напряжения между третьим выводом и каждым из двух других будут неодинаковы.

Этот опыт в случае короткозамкнутого асинхронного двигателя следует проводить при напряжении $1/5$ - $1/6$ от номинального, во избежание перегрева обмоток; в случае фазного ротора, его обмотка должна быть разомкнута.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) К чему сводится проверка правильности соединений выводов трехфазных обмоток
- 2) Каким напряжением от номинального следует проводить проверку правильности чередования фаз электрической машины
- 3) В каком случае правильность соединения фаз можно проверить переменным током пониженного напряжения

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №24

Тема: Проверка состояния изоляции обмоток электрических машин постоянного тока

Цель: 1) Изучение метода проверки состояния изоляции обмоток электрических машин постоянного тока

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Основным критерием оценки состояния токоведущих частей электрических машин является сопротивление их постоянному току. Измерения у крупных машин производятся компенсационным методом с помощью КИ-59, двойным мостом или методом амперметра—вольтметра с использованием приборов класса точности не ниже 0,5 и подключением милливольтметра непосредственно к выводам обмоток. Измерение температуры обмоток при этом у крупных машин производится ртутными термометрами или термоиндикаторами не менее чем в четырех точках статора и ротора, в том числе в верхних и нижних точках лобовых частей.

За температуру обмоток принимается среднее значение из всех измеренных. Измерение сопротивления производится несколько раз, а при использовании метода амперметра—вольтметра—при нескольких значениях тока (не менее 4—5 раз). За сопротивление постоянному току принимается среднее значение из всех измеренных. Согласно требованиям Норм измеренные значения сопротивления постоянному току по отдельным фазам не должны различаться более чем на 2 %, а по отдельным параллельным ветвям — более чем на 5%. Кроме того, результаты измерения не должны отличаться от предыдущих результатов, в том числе заводских измерений, более чем на 2 %. Для удобства оценки и сравнения измеренные значения сопротивлений приводятся к температуре 15 С (см. §2).

Значительные отклонения от допускаемых значений указывают на вероятность наличия плохих паяк в лобовых частях статора, а чаще всего в местах подсоединения обмоток к выводам или в токоподводах ротора. Для выявления плохих паяк в обмотках статора обмотка статора прогревается постоянным или переменным током от постороннего источника. Во время прогрева прощупываются рукой лобовые части и по наиболее нагретому месту определяется дефектная пайка. Токоподводы обмотки ротора проверяются тщательной ревизией с измерением сопротивления отдельных участков обмотки постоянному току. Выявленный дефект устраняется

ремонтным персоналом электроцеха станции или заводом, после чего соответствующая обмотка вновь подвергается проверке. Измерение сопротивления постоянному току обмоток машин постоянного тока производится до их сборки. Сопротивление параллельных обмоток возбуждения может измеряться одинарным мостом, обмоток дополнительных полюсов компенсационной и дополнительной обмоток возбуждения — двойным мостом. Измерение сопротивления между каждой парой (смежной) пластин по окружности коллектора для определения состояния паек «петушков» производится микроомметром или методом амперметра— вольтметра по схеме, приведенной на рис. 98, с помощью щупов, магнитоэлектрического амперметра с пределами измерения 10—60 А и милливольтметра с пределами измерения 10—60 мВ.

Измерения производятся при токе, достаточном для четкого измерения напряжения, и этот ток поддерживается неизменным при всех измерениях, что дает возможность не подсчитывать для каждого измерения сопротивления, а сравнивать между собой только измеренные напряжения. Состояние паек "петушков" считается удовлетворительным, если значения сопротивлений или напряжений при одном и том же в якоре не отличаются более чем на 10 %. пайки, у которых отклонения превышают допустимые, подлежат ремонту.

Температура обмоток при измерениях может определяться по температуре окружающего воздуха. Все результаты приводятся, как и в предыдущих случаях, к температуре 15°С и сравниваются с результатами заводских измерений. Значительных отклонений, если состояние обмоток удовлетворительное, не должно быть.

После полной сборки машины постоянного тока производится повторное измерение сопротивления постоянному току всех обмоток для проверки качества сборки и получения исходных данных для последующих измерений в условиях эксплуатации. Если соединение между обмотками якоря, компенсационной и дополнительной осуществляется внутри корпуса машины, а не на доске зажимов, то при повторных измерениях измеряется общее сопротивление этих обмоток при вставленных щетках и при нескольких положениях якоря. За результат принимается в последнем случае средний из всех.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что является основным критерием оценки состояния токоведущих частей электрических машин постоянного тока
- 2) Чем может измеряться сопротивление параллельных обмоток возбуждения
- 3) Когда производится повторное измерение сопротивления постоянному току всех обмоток

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №25

Тема: Измерение сопротивления постоянному току обмоток электрических машин постоянного тока

Цель: 1) Изучение метода измерения сопротивления постоянному току обмоток электрических машин постоянного тока

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Измерение проводится в практически холодном состоянии, при котором температура любой части электрической машины отличается от температуры окружающей среды не более чем на $\pm 3^{\circ}$. От точности измерения сопротивлений обмоток в холодном состоянии зависит правильность определения ряда важнейших величин. При промышленных испытаниях электрических машин могут находить применение только те способы измерения сопротивлений, которые удовлетворяют следующим требованиям:

Достаточная точность измерений. Способ должен обеспечивать погрешность измерения сопротивления обмотки, не превосходящую той, с которой производится измерение ее температуры в практически холодном состоянии. При испытаниях, к которым предъявляются менее высокие требования, погрешность измерения сопротивления может быть допущена до 1 %.

Быстрота выполнения измерений. В ряде случаев момент измерения должен быть отчетливо ориентирован во времени, что невозможно, если измерение требует кропотливых операций.

Измерения в соответствии с ГОСТ 11828-86 и ГОСТ 3484-88 рекомендуется проводить:

- методом вольтметра и амперметра;
- методом одинарного (Уинстона) или двойного (Томсона) моста;
- методом омметра логометрической системы.

Для измерения сопротивлений обмоток трансформаторов используются первые два метода.

Метод вольтметра и амперметра лучше всего удовлетворяет всем предъявляемым требованиям; при условии применения приборов соответствующего класса он обеспечивает требуемую точность, дает большую быстроту измерений и легко приспосабливается к требованиям подвижности измерительного устройства. Что бы способ давал достаточно правильные результаты, необходимо соблюдение ряда условий:

1. Вольтметр должен присоединяться непосредственно к выводам объекта измерения; если для присоединения применяются иглы, то они должны быть хорошо заточенными и изготовленными из закаленной стали, чтобы прокалывать пленку окисла на поверхности металлов.
2. Число разъемных контактов в схеме должно быть минимальным, а все неразъемные следует надежно пропаивать.
3. Источником постоянного тока должна быть хорошо заряженная батарея аккумуляторов.
4. Каждое сопротивление следует измерять при нескольких различных значениях тока, переходя от больших к меньшим. Нормально число измерений берется равным трем; при испытании повышенной точности его рекомендуется брать не менее пяти, но при прямо-сдаточных испытаниях машин мощностью до 100 кВт допускается однократное измерение. Результаты измерений одного и того же сопротивления не должны отличаться от среднего из них более чем на 0,5 %, а за действительное значение принимается среднее арифметическое из результатов всех измерений, удовлетворяющих этому требованию.
5. Отсчеты по обоим приборам должны производиться одновременно по команде, подаваемой наблюдателем на вольтметре, показания которого

менее устойчивы, чем показания амперметра, вследствие индуктивности, свойственной обмоткам электрических машин.

6. При измерении одного и того же сопротивления следует по возможности не изменять пределы измерения приборов.

7. Во избежание нагревания обмотки измерительным током значение последнего следует выбирать по данным обмотки так, чтобы адиабатное повышение температуры обмотки за время измерения не превосходило 1К; если же данные обмотки неизвестны, то значение измерительного тока должно быть не выше 20 % номинального тока обмотки, а длительность измерения – не более 1 мин. Если порядок измеряемого сопротивления известен, то пределы измерения обеих приборов могут быть установлены заранее, но цепь вольтметра в момент замыкания цепи тока должна быть разомкнутой. При подключении устройства к неизвестному объекту измерения и замыкании цепи тока амперметр и вольтметр должны быть предварительно включены на наибольшие пределы измерения. После замыкания цепи приспособление, регулирующее ток, ставится в положение наибольшего измерительного тока. Если при этом показание амперметра меньше 40 % его полной шкалы, то необходимо перейти на следующий меньший предел измерения, и так далее до тех пор, пока не будет получено удовлетворительное отклонение; подбор предела измерения вольтметра производится таким же способом. Когда пределы шкал обоих приборов установлены, приступают к отсчетам. После каждого отчета ток несколько понижается регулирующим приспособлением и производится следующий отсчет и т. д. Если обмотка обладает сильно выраженной индуктивностью, то на момент каждого перехода с высшей ступени измерительного тока на низшую необходимо размыкать цепь вольтметра, иначе ее можно повредить импульсами, индуктируемыми при резком понижении измерительного тока.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) На сколько при измерении температура любой части электрической машины отличается от температуры окружающей среды

2) Какие методы используются для измерения сопротивлений обмоток трансформаторов

3) Что нужно делать если обмотка обладает сильно выраженной индуктивностью, то на момент каждого перехода с высшей ступени измерительного тока на низшую

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №26

Тема: Проверка полярности и согласования обмоток машин постоянного тока

Цель: 1) Изучение метода проверки полярности и согласования обмоток машин постоянного тока

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

При новых включениях машин постоянного тока, в том числе используемых в качестве возбудителей, должны быть проверены соответствие полярностей обмоток заводским обозначениям выводов, правильность внутренних соединений, а также согласования обмоток основных и дополнительных полюсов, компенсационной обмотки для данного направления вращения, что важно для обеспечения безыскровой коммутации во время работы.

Стандартное обозначение выводов обмоток машин постоянного тока приведено в табл. 1. Наименование выводов обмоток Обозначение выводов
Начало Конец Обмотка якоря Я1 Я2 Компенсационная обмотка К1 К2
Обмотка добавочных полюсов Д1 Д2 Последовательная обмотка возбуждения С1 С2 Параллельная обмотка возбуждения Ш1 Ш2 Пусковая обмотка П1 П2 Уравнительный провод и уравнительная обмотка У1 У2
В основу обозначений положено условие, что при правом вращении МПТ в режиме двигателя (по часовой стрелке, если смотреть на машину со стороны приводного конца) – ток в его обмотке проходит от начала 1 к концу 2. В режиме генератора ток во всех обмотках, кроме включаемых специально на размагничивание и обмоток возбуждения, при правом вращении должен проходить от конца 2 к началу 1. Основные случаи согласования обмоток МПТ в зависимости от режима работы и направления вращения в соответствии с заводской маркировкой приведены ниже (рис.1): Проверка согласованности обмоток главных полюсов производится на собранной машине следующим образом: рис.2. Проверка согласованности обмоток рис. 3. Проверка согласованности обмоток главных полюсов импульсным методом главных полюсов методом проворачивания якоря Проверка

импульсным методом. К одной из обмоток присоединяется переносная аккумуляторная батарея 6-12В через рубильник (рис.2), а к другой – милливольтметр. Если при включении рубильника стрелка милливольтметра отклонится вправо (а при отключении наоборот), то заводские обозначения обмоток главных полюсов правильны и обмотки согласованы между собой. Обмотки дополнительных полюсов и главная (параллельная) обмотка включаются в схему таким образом, чтобы в них при работе возбuditеля проходил ток от одних однополярных зажимов к другим, например от Ш1 к Ш2 и от Д2 к Д1 для правого вращения и от Ш2 к К1 и от Д2 к Д1 для левого вращения. Проверка методом проворачивания якоря. В этом случае собирается аналогичная схема (рис.3), но милливольтметр присоединяется к якору зажимом любой полярности. При согласованности обмоток и правильности заводских обозначений выводов милливольтметр при подаче напряжения на различные обмотки будет отклоняться в одну и ту же сторону. Правильность соединения обмоток якоря, дополнительных полюсов и компенсационной проверяется на собранной машине следующим образом.

рис.4 Схема проверки правильности соединения обмоток якоря, дополнительных полюсов и компенсационной. К обмоткам якоря и дополнительных полюсов поочередно подключается кратковременно аккумуляторная батарея (рис.4). При противоположных отклонениях гальванометра однополярными зажимами следует считать те, к которым подключался один и тот же зажим батареи. В этом случае должны быть соединены вместе разнополярные зажимы, например Я2 с Д1; чтобы ток в обмотках якоря и дополнительных полюсов проходил от одних однополярных зажимов к другим. При наличии в машине компенсационной обмотки импульс от аккумуляторной батареи подается на обмотку дополнительных полюсов и компенсационную обмотку, соединенные вместе (соединение их осуществляется заводом внутри машины). В этом случае устанавливается правильность включения обмотки дополнительных полюсов и компенсационной обмотки по отношению к обмотке якоря.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) С какой целью проводят проверку полярности и согласования обмоток машин постоянного тока?
- 2) Объясните прохождение тока в режиме двигателя и генератора
- 3) Какие способы проверки полярности якоря вы знаете?

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №27

Тема: Установка щеток машин постоянного тока на нейтраль

Цель: 1) Изучение установки щеток машин постоянного тока на нейтраль
2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Установка щеточной траверсы относительно геометрической нейтрали машины, или установка щеток на нейтраль, не входит в перечень часто выполняемых операций. Правильность этой установки чаще всего проверяется по заводской метке, нанесенной на корпус машины при ее изготовлении.

Однако бывают случаи, когда указанная метка отсутствует вследствие повреждений машины или во время предыдущего ремонта были изменены обмоточные данные, и новое положение метки неясно.

В то же время известно, что при смещении щеточной траверсы относительно геометрической нейтрали даже у полностью исправной машины при работе будут наблюдаться внешние признаки дефектов и неисправностей. Поэтому проверка и установка щеточной траверсы машины относительно ее геометрической нейтрали, т. е. линии, проходящей посередине между соседними главными полюсами, имеют важное значение при оценке состояния электрических машин.

При этом необходимо учитывать, что в машинах, снабженных для устранения вредного действия реакции якоря добавочными полюсами или компенсационными обмотками, при правильной установке траверсы щетки находятся действительно на геометрической нейтрали. В машинах, не имеющих указанных полюсов и обмоток, при правильном положении траверсы щетки оказываются несколько смещенными с геометрической нейтрали: для генераторов — по направлению вращения якоря, для двигателей — в противоположную сторону.

На наличие смещения щеточной траверсы указывают такие признаки: при ее сдвиге по направлению вращения якоря напряжение генератора снижается; если сдвиг траверсы против направления вращения, то напряжение генератора повышается, частота вращения электродвигателя возрастает.

Судовые электрические машины постоянного тока обычно выполняются с добавочными полюсами. Для этих машин известны следующие способы установки щеточной траверсы на нейтраль. Индуктивный метод, метод наибольшего напряжения для генераторов, метод измерения частоты вращения для двигателей.

При индуктивном методе, применимом как для генераторов, так и для двигателей, положение щеточной траверсы определяется при неподвижном якоре машины.

При этом методе траверсу предварительно устанавливают в такое положение, при котором линия щеток приходится примерно против середины главных полюсов. К щеткам отсоединенной от сети машины подключают вольтметр магнитоэлектрической системы с нулем по середине шкалы и пределами измерения до 3 . . . 5В.

К отсоединенной от якоря обмотке возбуждения от аккумуляторной батареи через рубильник и реостат подают пониженное напряжение, обеспечивающее ток в обмотке возбуждения, равный 10 . . . 15% номинального. На рис. 1 слева показана схема для двигателя параллельного возбуждения (сплошными линиями показана штатная схема двигателя, пунктирными — элементы схемы настройки).

Быстро замыкая и размыкая рубильник в цепи питания обмотки возбуждения, вызывают появление в якоре индуктированной ЭДС и наблюдают положение стрелки вольтметра.

Проверка и установка щеточной траверсы по схеме, приведенной на рис.1 слева, обеспечивает ориентацию щеток относительно главных полюсов машины. В электрических машинах с добавочными полюсами щетки могут быть ориентированы как относительно главных полюсов, так и относительно добавочных. Для машин с точным размещением главных и добавочных полюсов проверка и установка щеточной траверсы относительно тех или других полюсов из указанных дает одинаковые результаты.

Если же указанные полюсы в какой-то степени смещены относительно друг друга, то положения щеточной траверсы, определенные относительно главных или добавочных полюсов, не совпадают.

Практическое значение данное обстоятельство имеет для электрических машин реверсивных приводов. Реверсирование машины, щеточная траверса

которой установлена на нейтраль, определенной относительно главных полюсов, обеспечивает лучшие скоростные характеристики (обеспечивается уменьшение отклонений этих характеристик при реверсе). Реверс этих же машин, но со щеточной траверсой, установленной на нейтраль, которая определена относительно добавочных полюсов, сопровождается отклонением скоростных характеристик. В то же время во втором случае допускаются лучшие условия коммутации. Потому определение нейтрали может зависеть от особенностей привода, для которого предназначен электродвигатель.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие признаки указывают на наличие смещения щеточной траверсы
- 2) При каком состоянии якоря машины определяется положение щеточной траверсы
- 3) От чего может зависеть определение нейтрали

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №28

Тема: Опробование машин постоянного тока в работе и снятие характеристик

Цель: 1) Изучение опробование машин постоянного тока в работе и снятие характеристик

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Машины постоянного тока мощностью до 200 кВт, напряжением до 440 В следует испытывать по пп. 1, 2, 4в, 8; все остальные — дополнительно по пп. 3, 4а, 5 настоящего параграфа.

Возбудители синхронных генераторов и компенсаторов следует испытывать по пп. 1-6, 8 настоящего параграфа.

Измерение по п. 7 настоящего параграфа следует производить для машин, поступивших на место монтажа в разобранном виде.

1. Определение возможности включения без сушки машин постоянного тока.

Следует производить в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

2. Измерение сопротивления изоляции.

а) Сопротивление изоляции обмоток.

Измерение производится при номинальном напряжении обмотки до 0,5 кВ включительно мегаомметром на напряжении 500 В, а при номинальном напряжении обмотки выше 0,5 кВ -мегаомметром на напряжении 1000 В. Измеренное значение сопротивления изоляции должно быть не менее приведенного в табл. 1.8.7.

б) Сопротивление изоляции бандажей.

Измерение производится относительно корпуса и удерживаемых ими обмоток.

Измеренное значение сопротивления изоляции должно быть не менее 0,5 Мом.

3. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытание производится по нормам, приведенным в табл. 1.8.8. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин. Обмотки машин мощностью менее 3 кВт допускается не испытывать.

Таблица 1.8.7

Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции обмоток машин постоянного тока

Температура обмотки, °С	Сопротивление изоляции R60", Мом, при номинальном напряжении машин, В				
	230	460	650	750	900
10	2,7	5,3	8,0	9,3	10,8
20	1,85	3,7	5,45	6,3	7,5
30	1,3	2,6	3,8	4,4	5,2
40	0,85	1,75	2,5	2,9	3,5
50	0,6	1,2	1,75	2,0	2,35
60	0,4	0,8	1,15	1,35	1,6
70	0,3	0,5	0,8	0,9	1,0
75	0,22	0,45	0,65	0,75	0,9

Таблица 1.8.8

Испытательное напряжение промышленной частоты изоляции машин постоянного тока

Испытуемый объект	Характеристика электрической машины	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка	Машины всех мощностей	$8U_{ном.}$, но не ниже 1,2 и не выше 2,8
Бандажи якоря	Тоже	1
Реостаты и пускорегулировочные резисторы (испытание может проводиться совместно с цепями возбуждения)	-	1 (Изоляцию можно испытывать совместно с изоляцией цепей возбуждения)

4. Измерение сопротивления постоянному току:

- а) обмоток возбуждения. Значение сопротивления должно отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 2 %;
- б) обмотки якоря (между коллекторными пластинами). Значения

сопротивлений должны отличаться одно от другого не более чем на 10 % за исключением случаев, когда колебания обусловлены схемой соединения обмоток;

в) реостатов и пускорегулирующих резисторов. Измеряется общее сопротивление, проверяется целостность отпаяк. Значения сопротивлений должны отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 10 %.

5. Снятие характеристики холостого хода и испытание витковой изоляции.

Подъем напряжения следует производить: для генераторов постоянного тока до 130 % номинального напряжения; для возбuditелей - до наибольшего (потолочного) или установленного заводом-изготовителем напряжения. При испытании витковой изоляции машин с числом полюсов более четырех среднее напряжение между соседними коллекторными пластинами должно быть не выше 24 В. Продолжительность испытания витковой изоляции — 3 мин.

Отклонение данных полученной характеристики от значений заводской характеристики должно находиться в пределах погрешности измерения.

6. Снятие нагрузочной характеристики.

Следует производить для возбuditелей при нагрузке до значения не ниже номинального тока возбуждения генератора. Отклонение от заводской характеристики не нормируется.

7. Измерение воздушных зазоров между полюсами.

Измерения производятся у машин мощностью 200 кВт и более. Размеры зазора в диаметрально противоположных точках должны отличаться один от другого не более чем на 10% среднего размера зазора. Для возбuditелей турбогенераторов 300 МВт и более это отличие не должно превышать 5%.

8. Испытание на холостом ходу и под нагрузкой.

Определяется предел регулирования частоты вращения или напряжения, который должен соответствовать заводским и проектным данным.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Какие испытания следует проводить машинам постоянного тока мощностью до 200 кВт, напряжением до 440 В

2) Каким мегаомметром производится измерение сопротивления изоляции обмоток при номинальном напряжении обмотки до 0,5 кВ

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №29

Тема: Тиристорные преобразователи постоянного тока

Цель: 1) Изучение тиристорных преобразователей постоянного тока

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Тиристорным преобразователем постоянного тока (ТП) является устройство для преобразования переменного тока в постоянный с регулированием по заданному закону выходных параметров (тока и напряжения). Тиристорные преобразователи предназначаются для питания якорных цепей двигателей и их обмоток возбуждения.

Тиристорные преобразователи состоят из следующих основных узлов:

- трансформатора или токоограничивающего реактора на стороне переменного тока,
- выпрямительных блоков,
- сглаживающих реакторов,
- элементов системы управления, защиты и сигнализации.

Трансформатор осуществляет согласование входного и выходного напряжений преобразователя и (так же, как и токоограничивающий реактор) ограничение тока короткого замыкания во входных цепях. Сглаживающие реакторы предназначаются для сглаживания пульсаций выпрямленных напряжения и тока. Реакторы не предусматриваются, если индуктивность нагрузки достаточна для ограничения пульсаций в заданных пределах.

Применение тиристорных преобразователей постоянного тока позволяет реализовать практически те же характеристики электропривода, что и при использовании вращающихся преобразователей в [системах генератор-](#)

двигатель (Г — Д), т. е. регулировать в широких пределах частоту вращения и момент двигателя, получать специальные механические характеристики и нужный характер протекания переходных процессов при пуске, торможении, реверсе и т. д.

Однако, по сравнению с вращающимися статические преобразователи имеют целый ряд известных преимуществ, поэтому в новых разработках крановых электроприводов предпочтение отдается статическим преобразователям. Тиристорные преобразователи постоянного тока наиболее перспективны для применения в электроприводах крановых механизмов мощностью свыше 50—100 кВт и механизмов, где требуется получение специальных характеристик привода в статических и динамических режимах.

Схемы выпрямления, принципы построения силовых цепей преобразователей

Тиристорные преобразователи выполняются с однофазными и многофазными схемами выпрямления. Существует несколько расчетных соотношений основных схем выпрямления. Одна из таких схем показана на рис. 1, а. Регулирование выпрямленного напряжения U_d и тока I_d производится путем изменения угла управления α . На рис. 1, б-д для примера показан характер изменения токов и напряжений в трехфазной нулевой схеме выпрямления при активно-индуктивной нагрузке

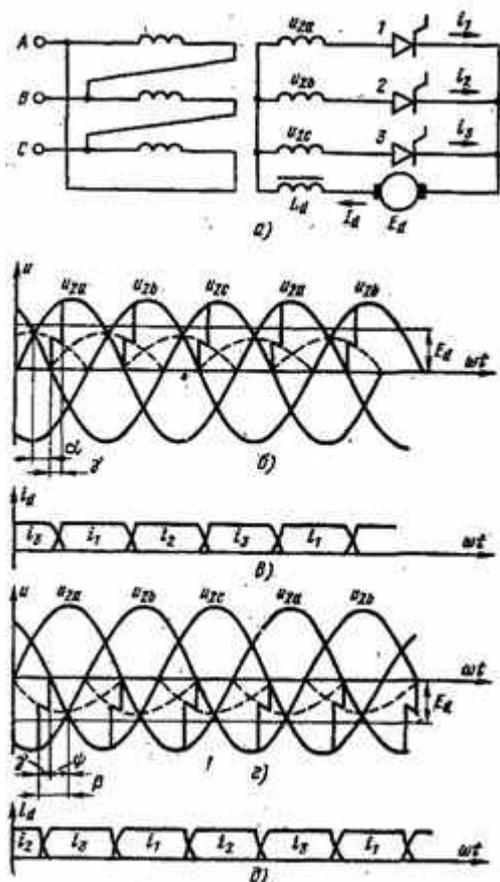


Рис. 1. Трехфазная нулевая схема (а) и диаграммы изменения тока и напряжения в выпрямительном (б, в) и инверторном (г, д) режимах.

Показанный на диаграммах угол γ (угол коммутации), характеризует период времени, в течение которого ток протекает одновременно по двум тиристорам. Зависимость среднего значения выпрямленного напряжения U_{d0} от угла регулирования α называется регулировочной характеристикой.

Для нулевых схем среднее выпрямленное напряжение определяется из выражения

$$U_{d0} = \frac{m}{\pi} \cdot \sqrt{2} \cdot U_{2\phi} \cdot \sin \frac{\pi}{m}$$

где m — число фаз вторичной обмотки трансформатора; $U_{2\phi}$ — действующее значение фазового напряжения вторичной обмотки трансформатора.

Для мостовых схем U_{d0} в 2 раза выше, так как эти схемы эквивалентны последовательному включению двух нулевых схем.

Однофазные схемы выпрямления используются, как правило, в цепях с относительно большими индуктивными сопротивлениями. Это цепи независимых обмоток возбуждения двигателей, а также якорные цепи двигателей небольшой мощности (до 10—15 кВт). Многофазные схемы используются в основном для питания якорных цепей двигателей мощностью свыше 15—20 кВт и реже для питания обмоток возбуждения. По сравнению с однофазными многофазные схемы выпрямления имеют целый ряд преимуществ. Основными из них являются: меньшие пульсации выпрямленного напряжения и тока, лучшее использование трансформатора и тиристоров, симметричная нагрузка фаз питающей сети.

В тиристорных преобразователях постоянного тока, предназначенных для крановых приводов мощностью свыше 20 кВт, наиболее оправдано применение [трехфазной мостовой схемы](#). Это обусловлено хорошим использованием трансформатора и тиристоров, низким уровнем пульсаций выпрямленного напряжения и тока, а также простотой схемы и конструкции трансформатора. Известным достоинством трехфазной мостовой схемы является и то, что она может быть выполнена не с трансформаторной связью, а с токоограничивающим реактором, габариты которого существенно меньше габаритов трансформатора.

В трехфазной нулевой схеме условия использования трансформатора при обычно применяемых группах соединения Y/Y и Δ/Y хуже из-за наличия постоянной составляющей потока. Это приводит к увеличению сечения магнитопровода и, следовательно, расчетной мощности трансформатора. Для исключения постоянной составляющей потока применяют соединение

вторичных обмоток трансформатора в «зигзаг», что также несколько увеличивает расчетную мощность. Увеличенный уровень, пульсаций выпрямленного напряжения вместе с отмеченным выше недостатком ограничивает использование трехфазной нулевой схемы.

Шестифазная схема с уравнительным реактором целесообразна при использовании ее на низкое напряжение и большой ток, так как в этой схеме нагрузочный ток протекает параллельно, а не последовательно через два диода, как в трехфазной мостовой схеме. Недостатком этой схемы является наличие уравнительного реактора, имеющего типовую мощность около 70% выпрямленной номинальной мощности. Кроме того, в шестифазных схемах используется довольно сложная конструкция трансформатора.

Схемы выпрямления на тиристорах обеспечивают работу в двух режимах — выпрямительном и инверторном. При работе в инверторном режиме энергия из цепи нагрузки передается в питающую сеть, т. е. в противоположном направлении по сравнению с выпрямительным режимом, поэтому при инвертировании ток и э. д. с. обмотки трансформатора направлены встречно, а при выпрямлении — согласно. Источником тока в режиме инвертирования является э. д. с. нагрузки (машины постоянного тока, индуктивности), которая должна превышать напряжение инвертора.

Перевод тиристорного преобразователя из выпрямительного режима в инверторный достигается изменением полярности э. д. с. нагрузки и увеличением угла α выше $\pi/2$ при индуктивной нагрузке.

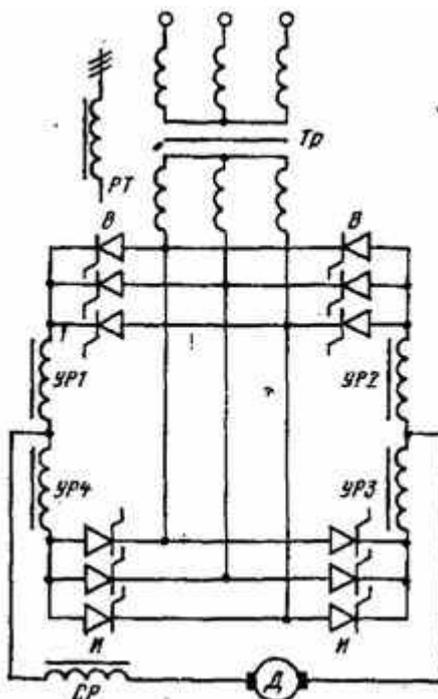


Рис. 2. Встречно-параллельная схема включения вентильных групп. УР1— УР4 — уравнительные реакторы; РТ — токоограничивающий реактор; СР — сглаживающий реактор.

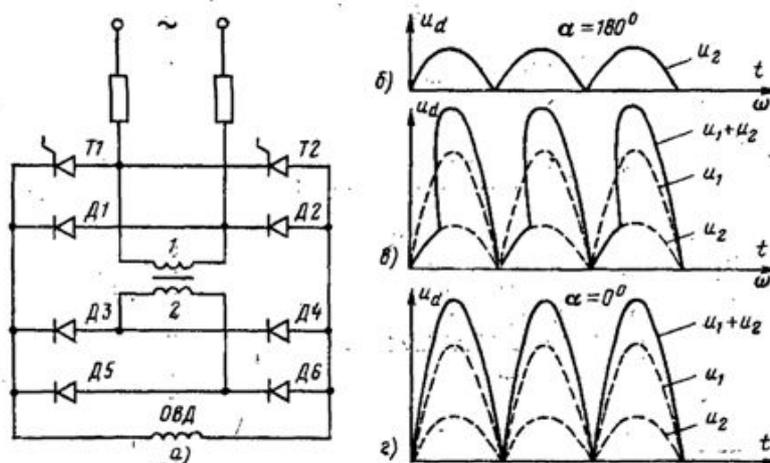


Рис. 3. Схема нереверсивного ТП для цепей обмоток возбуждения двигателей. Для обеспечения режима инвертирования необходимо, чтобы закрывающийся очередной тиристор успел восстановить свои запирающие свойства, пока на нем имеется отрицательное напряжение, т. е. в пределах угла ϕ (рис. 1, в). Если это не произойдет, то закрывающийся тиристор может снова открыться, так как к нему прикладывается прямое напряжение. Это приведет к опрокидыванию инвертора, при котором возникнет аварийный ток, поскольку э. д. с. машины постоянного тока и трансформатора совпадут по направлению. Для исключения опрокидывания необходимо, чтобы выполнялось условие

$$\beta - \gamma = \psi > \delta$$

где δ — угол восстановления запирающих свойств тиристора; $\beta = \pi - \alpha$ — угол опережения инвертора.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Из каких основных узлов состоят тиристорные преобразователи
- 2) Где целесообразна при использовании шестифазная схема с уравнительными реакторами
- 3) Как достигается перевод тиристорного преобразователя из выпрямительного режима в инверторный

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №30

Тема: Наладка электропривода постоянного тока с тиристорным преобразователем

Цель: 1) Изучение наладки электропривода постоянного тока с тиристорным преобразователем

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Тиристорным преобразователем постоянного тока (ТП) является устройство для преобразования переменного тока в постоянный с регулированием по заданному закону выходных параметров (тока и напряжения). Тиристорные преобразователи предназначены для питания якорных цепей двигателей и их обмоток возбуждения.

Тиристорные преобразователи состоят из следующих основных узлов:

- трансформатора или токоограничивающего реактора на стороне переменного тока,
- выпрямительных блоков,
- сглаживающих реакторов,
- элементов системы управления, защиты и сигнализации.

Трансформатор осуществляет согласование входного и выходного напряжений преобразователя и (так же, как и токоограничивающий реактор) ограничение тока короткого замыкания во входных цепях. Сглаживающие реакторы предназначены для сглаживания пульсаций выпрямленных напряжения и тока. Реакторы не предусматриваются, если индуктивность нагрузки достаточна для ограничения пульсаций в заданных пределах.

Применение тиристорных преобразователей постоянного тока позволяет реализовать практически те же характеристики электропривода, что и при использовании вращающихся преобразователей в [системах генератор-двигатель](#) (Г — Д), т. е. регулировать в широких пределах частоту вращения и момент двигателя, получать специальные механические характеристики и нужный характер протекания переходных процессов при пуске, торможении, реверсе и т. д.

Однако, по сравнению с вращающимися статические преобразователи имеют целый ряд известных преимуществ, поэтому в новых разработках крановых электроприводов предпочтение отдается статическим преобразователям. Тиристорные преобразователи постоянного тока наиболее перспективны для применения в электроприводах крановых механизмов мощностью свыше 50—100 кВт и механизмов, где требуется получение специальных характеристик привода в статических и динамических режимах.

Схемы выпрямления, принципы построения силовых цепей преобразователей

Тиристорные преобразователи выполняются с однофазными и многофазными [схемами выпрямления](#). Существует несколько расчетных соотношений основных схем выпрямления. Одна из таких схем показана на рис. 1, а. Регулирование выпрямленного напряжения U_d и тока I_d производится путем изменения угла управления α . На рис. 1, б-д для примера показан характер изменения токов и напряжений в трехфазной нулевой схеме выпрямления при активно-индуктивной нагрузке

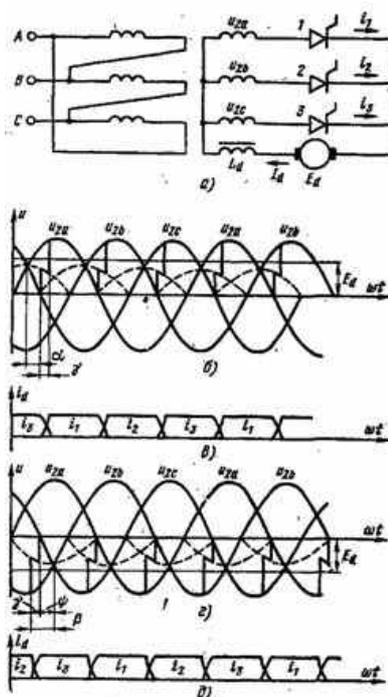


Рис. 1. Трехфазная нулевая схема (а) и диаграммы изменения тока и напряжения в выпрямительном (б, в) и инверторном (г, д) режимах.

Показанный на диаграммах угол γ (угол коммутации), характеризует период времени, в течение которого ток протекает одновременно по двум тиристорам. Зависимость среднего значения выпрямленного напряжения U_{d0} от угла регулирования α называется регулировочной характеристикой.

Для нулевых схем среднее выпрямленное напряжение определяется из выражения

$$U_{d0} = \frac{m}{\pi} \cdot \sqrt{2} \cdot U_{2\phi} \cdot \sin \frac{\pi}{m}$$

где m — число фаз вторичной обмотки трансформатора; $U_{2\phi}$ — действующее значение фазового напряжения вторичной обмотки трансформатора.

Для мостовых схем U_{d0} в 2 раза выше, так как эти схемы эквивалентны последовательному включению двух нулевых схем.

Однофазные схемы выпрямления используются, как правило, в цепях с относительно большими индуктивными сопротивлениями. Это цепи независимых обмоток возбуждения двигателей, а также якорные цепи двигателей небольшой мощности (до 10—15 кВт). Многофазные схемы используются в основном для питания якорных цепей двигателей мощностью свыше 15—20 кВт и реже для питания обмоток возбуждения. По сравнению с однофазными многофазные схемы выпрямления имеют целый ряд преимуществ. Основными из них являются: меньшие пульсации выпрямленного напряжения и тока, лучшее использование трансформатора и тиристоров, симметричная нагрузка фаз питающей сети.

В тиристорных преобразователях постоянного тока, предназначенных для крановых приводов мощностью свыше 20 кВт, наиболее оправдано применение трехфазной мостовой схемы. Это обусловлено хорошим использованием трансформатора и тиристоров, низким уровнем пульсаций выпрямленного напряжения и тока, а также простотой схемы и конструкции трансформатора. Известным достоинством трехфазной мостовой схемы является и то, что она может быть выполнена не с трансформаторной связью, а с токоограничивающим реактором, габариты которого существенно меньше габаритов трансформатора.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какое устройство является тиристорным преобразователем постоянного тока (ТП)

- 2) Что позволяет реализовывать применение тиристорных преобразователей постоянного тока
- 3) Какая схема наиболее оправдана в тиристорных преобразователях постоянного тока, предназначенных для крановых приводов мощностью свыше 20 кВт

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №31

Тема: Ремонт обмоток асинхронных электродвигателей

Цель: 1) Изучение ремонта обмоток асинхронных электродвигателей

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Процессы ремонта электродвигателя.

Проверка двигателя. Для проверки состояния двигателя, устранения неисправностей и повышения надежности периодически производят капитальные и текущие ремонты двигателей. В объем капитального ремонта входят полная разборка с выемкой ротора, чистка, осмотр и проверка статора и ротора, устранение выявленных дефектов (например, перебандажировка схемной части обмотки статора, переклиновка ослабевших клиньев, покраска лобовых частей обмотки и расточки статора), промывка и проверка подшипников скольжения, замена подшипников качения, проведение профилактических испытаний. В объем текущего ремонта входят замена масла и измерение зазоров в подшипниках скольжения, замена или добавление смазки и осмотр сепараторов в подшипниках качения, чистка и обдувка статора и ротора при снятой задней крышке, осмотр обмоток в доступных местах.

Периодичность капитальных и текущих ремонтов электродвигателей устанавливается по местным условиям. Она должна быть не только обоснована для каждой группы двигателей по температуре и загрязненности окружающего воздуха, но и учитывать требования заводов-изготовителей, выявившуюся недостаточную надежность отдельных узлов. Капитальный ремонт электродвигателей, работающих нормально, без замечаний, по-видимому, целесообразно проводить во время капитальных ремонтов основных агрегатов (котлов, турбин), на которых электродвигатели установлены, т. е. 1 раз в 3—5 лет, но не реже. При этом будут обеспечены одинаковые уровни надежности электродвигателей и основного агрегата. Текущий ремонт электродвигателей обычно проводят 1—2 раза в год. В целях сокращения трудозатрат на работы по центровке и подготовке рабочего места ремонт электродвигателя целесообразно совмещать с ремонтом механизма, на котором он установлен.

Разборка двигателя. Для разборки двигатель стропится на крюк подъемного устройства за ремболт и перемещается на свободное место или разворачивается на фундаменте.

Снятие и установка полумуфты. Для надежной работы полумуфты в большинстве случаев устанавливаются с напряженной посадкой. Для этого диаметр отверстия в полумуфте должен быть точно равен номинальному диаметру выступающего конца вала или превышать его не более чем на 0,03—0,04 мм. Снятие полумуфт удобней всего производить съемником. Установка полумуфты на вал крупных двигателей, как правило, производится с подогревом ее до 250 °С, когда пруток из олова на чинает плавиться.

После снятия полумуфты замеряются зазоры в подшипниках и зазоры между ротором и статором.

Отклонение от среднего значения зазора не должно превышать $\pm 10\%$.

При наличии над двигателем крана или монорельса выемку и ввод ротора в статор удобней всего производить при помощи скобы. Скоба ступицей надевается на конец вала ротора и стропится на крюк подъемного устройства. Затем ротор выводят из статора и укладывают в удобном для ремонта месте.

Осмотр двигателя. Осмотр статора. При осмотре активной стали статора следует убедиться в плотности прессовки ее, как это указано для генераторов, и проверить прочность крепления распорок в каналах. При слабой прессовке возникает вибрация листов, которая приводит к разрушению межлистовой изоляции стали и затем к местному нагреву ее и обмотки. Вибрирующими листами стали зубцов истирается изоляция обмотки статора. Наконец, листы зубцов от длительной вибрации могут отломиться у основания и при выпадении задеть за ротор, врезаться в пазовую изоляцию обмотки статора до меди. Уплотнение листов стали

производится закладкой листочков слюды с лаком или забивкой гетинаксовых клиньев.

При осмотре ротора проверяется состояние вентиляторов и их крепления. Проверяется также плотность посадки стержней обмотки в пазах, отсутствие трещин, обрыва стержней, следов нагрева и нарушения пайки в местах выхода их из короткозамыкающих колец.

При осмотре подшипников скольжения обращают внимание на то, как работал вкладыш, а также на отсутствие торцевой выработки, трещин, отставания, подплавления или натаскивания баббита.

В правильно пришабренном вкладыше зона касания вала поверхности вкладыша (рабочая зона) располагается по всей его нижней поверхности примерно на 1/6 части окружности. Карман для масла должен переходить на рабочую зону вкладыша плавно, безизлома. При этом создаются хорошие условия для затягивания масла под шейку вала.

При осмотре подшипников качения после их промывки бензином проверяются легкость и плавность вращения, отсутствие заеданий, притормаживания и ненормального шума, нет ли обрыва заклепок, трещин в сепараторе, не имеет ли он чрезмерного люфта, не касается ли колец, нет ли недопустимого радиального или осевого люфта наружного кольца.

При обнаружении дефектов в деталях подшипника, в том числе малейших раковин, точечных подплавлений от электросварки, этот подшипник должен быть заменен. Подшипники, работающие в особо тяжелых условиях, например в крупных двигателях на 3000 об/мин, следует заменить независимо от их состояния по истечении 5000—8000 ч работы.

В подшипниках качения двигателей применяются мазеподобные (консистентные) смазки, представляющие собой смесь минерального масла (80—90 %) и мыла, играющего роль загустителя. Наиболее подходящими смазками для подшипников качения двигателей являются высококачественные смазки ЛИТОЛ-24, ЦИАТИМ-201 и др., обеспечивающие нормальную работу как при низких (до -40°C), так и при высоких (до $+120^{\circ}\text{C}$) температурах.

Для электродвигателей, установленных в помещении, наряду с указанными смазками широко применяется универсальная тугоплавкая водостойкая смазка марки УТВ (1-13).

Сравнительно частой причиной преждевременного выхода из строя подшипников качения является их неправильная посадка на вал: с чрезмерно большим натягом, со слабиной или перекосом. В двигателях на 1500 об/мин и ниже чаще всего применяется напряженная посадка подшипников на вал и плотная в торцевой крышке. В двигателях на 3000 об/мин и частично при

более низкой частоте вращения применяются посадки с меньшим натягом: плотная на валу и скольжения — в торцевой крышке.

Если двигатель еще возможно просушить, то производится **сушка двигателя**. Двигатели, имеющие пониженное сопротивление изоляции, подвергаются сушке.

В условиях эксплуатации чаще всего сушка осуществляется внешним нагреванием путем подачи горячего воздуха в двигатель через имеющиеся в нем проемы или люки от воздуходувки или потерями в меди обмотки статора и ротора путем включения обмотки статора на пониженное напряжение. Еще лучшие результаты получаются при одновременном применении обоих способов.

Двигатели 6 кВ при сушке включаются на напряжение 380—500 В, двигатели 3 кВ — на 220 В, а двигатели 380 В — на 36 В.

Температура обмотки во время сушки не должна превышать 90 °С, если она определяется измерением сопротивления, и 70 °С при измерении термометром.

Контроль сушки ведется по изменению сопротивления изоляции. Сушка считается законченной, когда сопротивление изоляции после понижения до минимального значения и последующего подъема в течение нескольких часов остается неизменным.

Ремонт двигателя. Если электродвигатель неисправен, то производится перемотка статорной или роторной обмотки (выемка старой обмотки и изоляции; подбор или расчет данных по обмотке; намотка и укладка катушек обмотки; соединение катушек в схему пайкой или сваркой; связка лобовых частей кипирной лентой и расклинивание обмотки в пазах). Далее, после перемотки, двигатель припитывают и сушат в печи. После чего производят сборку, проверку и испытания электродвигателя

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие работы входят в объем капитального ремонта
- 2) Периодичность текущего ремонта электродвигателей
- 3) Какие способы применяют для сушки электродвигателей

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №32

Тема: Ремонт обмоток машин постоянного тока

Цель: 1) Изучение ремонта обмоток машин постоянного тока

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Машины повреждаются чаще всего из-за недопустимо длительной работы без ремонта, плохого эксплуатационного обслуживания или нарушения режима работы, на который они рассчитаны. Повреждения электрических машин бывают механические и электрические.

К механическим повреждениям относят: выплавку баббита в подшипниках скольжения; разрушение сепаратора, кольца, шарика или ролика в подшипниках качения; деформацию или поломку вала ротора (якоря); образование глубоких выработок («дорожек») на поверхности коллекторов и контактных колец; ослабление крепления полюсов или сердечника статора к станине; разрыв или сползание проволочных бандажей роторов (якорей); ослабление прессовки сердечника ротора (якоря) и др.

К электрическим повреждениям относят пробой изоляции на корпус; обрыв проводников в обмотке; замыкание между витками обмотки; нарушение контактов и разрушение соединений, выполненных пайкой или сваркой; недопустимое снижение сопротивления изоляции вследствие ее старения, разрушения или увлажнения и др.

Электрослесарь по ремонту электрических машин должен хорошо знать характерные признаки, а также способы выявления и устранения различных повреждений и неисправностей, возникающих в этих машинах.

Наиболее распространенные неисправности и возможные причины их возникновения в электрических машинах приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Неисправности электрических машин и возможные причины их возникновения

Признак неисправности

Возможная причина

Искрение под всеми щетками на холостом ходу

Щетки установлены не на магнитной нейтрали или расстояния между отдельными bracketами неодинаковые; щетки неправильно установлены в щеткодержателях; сильно загрязнен коллектор

Искрение под частью щеток на холостом ходу

Неодинаковые расстояния между bracketами по окружности коллектора или отдельные bracketы слабо закреплены и вибрируют; отдельные щетки неплотно прилегают к коллектору или очень прижаты к нему; загрязнены или окислены контакты в токособирающих кольцах, между щеткодержателями и bracketами, щеткодержателями и щетками

Машина начинает искрить при частичной нагрузке, а на холостом ходу не искрит

Щетки находятся не на нейтрали; неправильно включена обмотка добавочных полюсов, что дает неправильное чередование главных и добавочных полюсов

Щетки равномерно искрят при нагрузке, а на холостом ходу машина не искрит

Большой или малый зазор между якорем и добавочными полюсами; отдельные добавочные полюса слабо прижаты или не поставлены прокладки между станиной и полюсами

Щетки искрят, генератор плохо возбуждается, а двигатель плохо разворачивается или работает с ненормальной скоростью, обмотка якоря местами сильно нагревается

Витковое замыкание в обмотке якоря, некоторые соседние пластины имеют задиры и между ними происходит замыкание; замыкание витков в катушке от оставшегося при пайке олова

Продолжение таблицы 1

Признак неисправности

Возможная причина

Щетки искрят, наблюдается почернение коллекторных пластин. После чистки чернеют одни и те же коллекторные пластины. Изоляция между коллекторными пластинами выгорела

Нарушение соединений между обмоткой якоря и коллектором; отпаялись уравнивательные соединения

Якорь сильно нагревается даже в ненагруженной машине, а щетки одного полюса искрят сильнее щеток других полюсов

Неравномерный зазор в машине (плохая центровка при монтаже машины, износ подшипников)

При работе машины наблюдается легкое круговое искрение, по поверхности коллектора со щеток одного полюса на щетки другого полюса перескакивают отдельные искры

Коллектор сильно загрязнен в результате сильного износа щеток; неровная поверхность коллектора; несоответствующий тип щеток; плохой уход за машиной

Щетки дрожат; искрят, очень шумят; коллектор и щетки сильно нагреваются

Биение коллектора, вызванное его неровной поверхностью, между пластинами выступает изоляция; неправильная установка щеток

Круговой огонь по коллектору

Щетки установлены не на нейтрالي; обмотка добавочных полюсов включена неправильно и поэтому главные и добавочные полюса неправильно чередуются

Вся машина равномерно перегрета

Перегрузка машины; вентиляционные пути и каналы забиты; не работает вентилятор

Генератор плохо возбуждается, а двигатель плохо разворачивается или разворачивается толчками

Витковое замыкание в обмотке якоря; замыкание отдельных коллекторных пластин

Перегрев обмотки возбуждения

Большой ток возбуждения; витковое замыкание в обмотке возбуждения; неправильно соединены катушки возбуждения

Продолжение таблицы 1

Признак неисправности

Возможная причина

Генератор не возбуждается

Генератор утратил остаточный магнетизм, неправильное направление вращения; оборвана цепь параллельной обмотки возбуждения или сопротивление цепи превышает критическое; короткое замыкание в обмотке якоря, между пластинами коллектора; обрыв обмотки якоря; неправильное положение щеток

Генератор возбуждается, но дает пониженное напряжение на холостом ходу

Недостаточная частота вращения; щетки находятся не на нейтрالي; неправильное соединение катушек обмотки возбуждения

Генератор на холостом ходу дает номинальное напряжение, но при нагрузке оно резко снижается

В генераторе смешанного возбуждения последовательная обмотка включена встречно и размагничивает поток полюсов; обмотки добавочных полюсов включены неправильно

Двигатель при включении не вращается

Разрыв цепи тока якоря в результате перегорания предохранителей, обрыва цепи в реостате или в двигателе

Двигатель под нагрузкой не запускается, хотя в якоре есть ток

Неправильное включение обмотки возбуждения, которое приводит к резкому ослаблению магнитного потока; витковое замыкание в обмотке возбуждения

Скорость двигателя при номинальном напряжении выше или ниже номинальной

При скорости выше номинальной магнитный поток ослаблен за счет включенных в цепь возбуждения сопротивлений или щетки смещены с нейтрали против направления вращения

Отремонтированная электрическая машина должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к ней стандартами или техническими условиями.

На ремонтных предприятиях проводят следующие виды испытаний: контрольные — для определения качества электрооборудования; приемосдаточные, проводимые при сдаче отремонтированного электрооборудования ремонтным предприятием и приеме заказчиком; типовые испытания, проводимые после внесения изменения в конструкцию электрооборудования или технологию его ремонта для оценки целесообразности внесенных изменений. В ремонтной практике чаще всего применяют контрольные и приемосдаточные испытания.

Каждая электрическая машина после ремонта вне зависимости от его объема подвергается приемосдаточным испытаниям. При испытаниях, выборе измерительных приборов, сборке схемы измерений, подготовке испытываемой электрической машины, установлении методики и норм испытаний, а также для оценки результатов испытаний используют соответствующие стандарты и инструкции.

Если при ремонте машины не изменена ее мощность или частота вращения, то после капитального ремонта машину подвергают контрольным испытаниям, а при изменении мощности или частоты вращения — типовым испытаниям.

В ремонтной практике встречаются главным образом следующие виды испытаний: до начала ремонта и в процессе его для уточнения характера неисправности; вновь изготовленных деталей машины; собранной после ремонта машины. Общие указания по программе и методике испытаний электрических машин приведены в ГОСТе.

Испытания и проверки собранной после ремонта машины проводят в такой последовательности:

- проверка сопротивления изоляции всех обмоток относительно корпуса и между ними;
- проверка правильности маркировки выводных концов;
- измерение сопротивления обмоток постоянному току;
- проверка коэффициента трансформации асинхронных двигателей с фазным ротором;
- проведение опыта холостого хода;
- испытание на повышенную частоту вращения;
- испытание межвитковой изоляции;
- испытание электрической прочности изоляции.

В зависимости от характера и объема произведенного ремонта иногда ограничиваются выполнением лишь части перечисленных испытаний. Если испытания проводят до ремонта с целью выявления дефекта, достаточно провести часть программы испытаний.

Основными показателями качества произведенного ремонта, определяющими надежность работы отремонтированной электрической машины, являются сопротивление ее изоляции и способность воспринимать номинальную нагрузку. Поэтому при должном соблюдении технологии выполнения ремонтных операций в ремонтной практике в ряде случаев ограничиваются только испытаниями изоляции и послеремонтной проверкой нагрузочной способности электрической машины.

В процессе изготовления обмоток ремонтируемых машин выполняют мегомметром М1 101 необходимые испытания при каждом переходе от одной технологической операции к другой. По мере выполнения операций изготовления обмотки и движения к завершающей стадии испытательные напряжения снижаются, приближаясь к наименьшим допустимым, предусмотренным соответствующими нормами. Это объясняется тем, что после выполнения очередных технологических операций сопротивление изоляции элементов обмотки может снижаться, и если на последующих стадиях ремонта не снижать испытательные напряжения, то возможен пробой изоляции в такой момент готовности обмотки, когда для устранения дефекта потребуется переделка всей ранее проделанной работы.

В перечень испытаний входит измерение сопротивления изоляции обмоток до и после пропитки и сушки. Кроме того, испытывают электрическую прочность изоляции обмоток приложением высокого напряжения.

Сопротивление изоляции обмоток электрических машин напряжением до 660 В, измеренное мегомметром на 1000 В после пропитки и сушки, должно быть не ниже: после полной перемотки обмоток — 3 МОм у статора, 2 МОм у ротора; после частичной перемотки обмоток — 1 МОм у статора; 0,5 МОм у ротора.

Указанные сопротивления изоляции обмоток не нормированы, а рекомендуются исходя из практики ремонта и эксплуатации отремонтированных электрических машин.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие бывают повреждения электрических машин
- 2) Перечислите неисправности электрических машин
- 3) Какие виды испытаний проводят на ремонтных предприятиях

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №33

Тема: Проверка состояния трансформаторов и испытание изоляции обмоток

Цель: 1) Изучение проверки состояния трансформаторов и испытание изоляции обмоток

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

1. Измерение сопротивления изоляции.

При измерении сопротивления изоляции обмоток с определением сначала закорачивают и заземляют все обмотки трансформатора, при этом испытываемую обмотку перед началом измерений заземляют на время не менее 2 мин.

Мегаомметр на 2500 В подключают к испытываемой обмотке при заземленном положении остальных обмоток и бака трансформатора, после чего снимают заземление с испытываемой обмотки, вращают ручку мегаомметра с частотой 120 об/мин и засекают время начала замера. Значение сопротивлений отсчитывают по шкале мегаомметра через 15 и 60 с после начала вращения ручки. Степень увлажнения обмотки трансформатора определяется коэффициентом абсорбции.

Обязательно производят по 3 замера для каждой обмотки.

2. Измерение тангенса диэлектрических потерь.

Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg } d$ изоляции обмоток и его изменение в процессе эксплуатации характеризует степень увлажнения обмоток и имеет значение при оценке состояния трансформатора. Значения тангенса угла диэлектрических потерь не нормируются, но должны учитываться при комплексном рассмотрении результатов испытания изоляции.

Тангенс угла диэлектрических потерь измеряется мостом переменного тока МД-16 по перевернутой схеме (рис. 1).

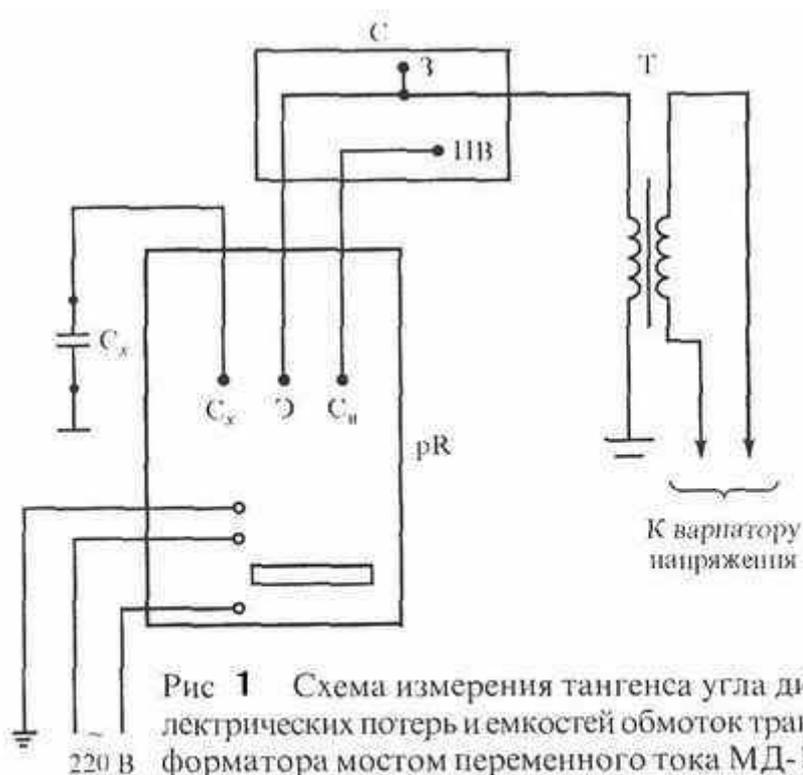


Рис 1 Схема измерения тангенса угла диэлектрических потерь и емкостей обмоток трансформатора мостом переменного тока МД-16: Т—питающий трансформатор; С—эталонный конденсатор; C_x —объект измерения; pR—мост переменного тока; C_{II} —клемма моста

На точность измерений $\operatorname{tg} d$ большое влияние оказывает тщательность сборки схемы. Корпусы проверяемого аппарата, питающего трансформатора Т, моста pR и вариатора напряжения должны иметь надежный металлический контакт с контуром заземления, место испытаний — ограждено, надежность всех контактных соединений в испытательной схеме — проверена. Провод, соединяющий мост с объектом измерения, должен быть экранированным, а экран надежно соединен с выводом Э моста. Если при испытаниях этот провод надо нарастить, то дополнительный провод также должен быть экранированным, а его экран надежно соединен с экраном основного провода. Если длина наращиваемого провода менее 1—1,5 м, то разрешается применять экранированный провод. При сборке испытательной схемы обращают внимание на то, чтобы все токоведущие части при измерениях по перевернутой схеме располагались от заземленных частей на расстоянии не менее 0,5 м.

При измерениях по перевернутой схеме, внутренние узлы моста находятся под высоким напряжением, поэтому необходимо (хотя они изолированы на полное испытательное напряжение) особое внимание обратить на заземление корпуса моста, а измерение проводить только в диэлектрических перчатках и ботах.

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь $\tan \delta$ изоляции обмотки проводится в условиях эксплуатации только на трансформаторах напряжением 110 кВ и выше, а также на трансформаторах мощностью 31 500 кВ*А и выше вне зависимости от напряжения. При капитальном ремонте измерения проводят до и после ремонта.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие операции производят с обмотками трансформатора до измерения сопротивления изоляции обмоток
- 2) Что характеризует тангенс угла диэлектрических потерь изоляции обмотки
- 3) На каких трансформаторах проводится измерение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмотки

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №34

Тема: Измерение потерь холостого хода трансформатора

Цель: 1) Изучение измерения потерь холостого хода трансформатора

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Режимом холостого хода трансформатора называют режим работы при питании одной из обмоток трансформатора от источника с переменным напряжением и при разомкнутых цепях других обмоток. Такой режим работы может быть у реального трансформатора, когда он подключен к сети, а нагрузка, питаемая от его вторичной обмотки, еще не включена. По первичной обмотке трансформатора проходит ток I_0 , в то же время во вторичной обмотке тока нет, так как цепь ее разомкнута. Ток I_0 , проходя по первичной обмотке, создает в магнитопроводе синусоидально изменяющийся поток Φ_0 , который из-за магнитных потерь отстает по фазе от тока на угол потерь δ .

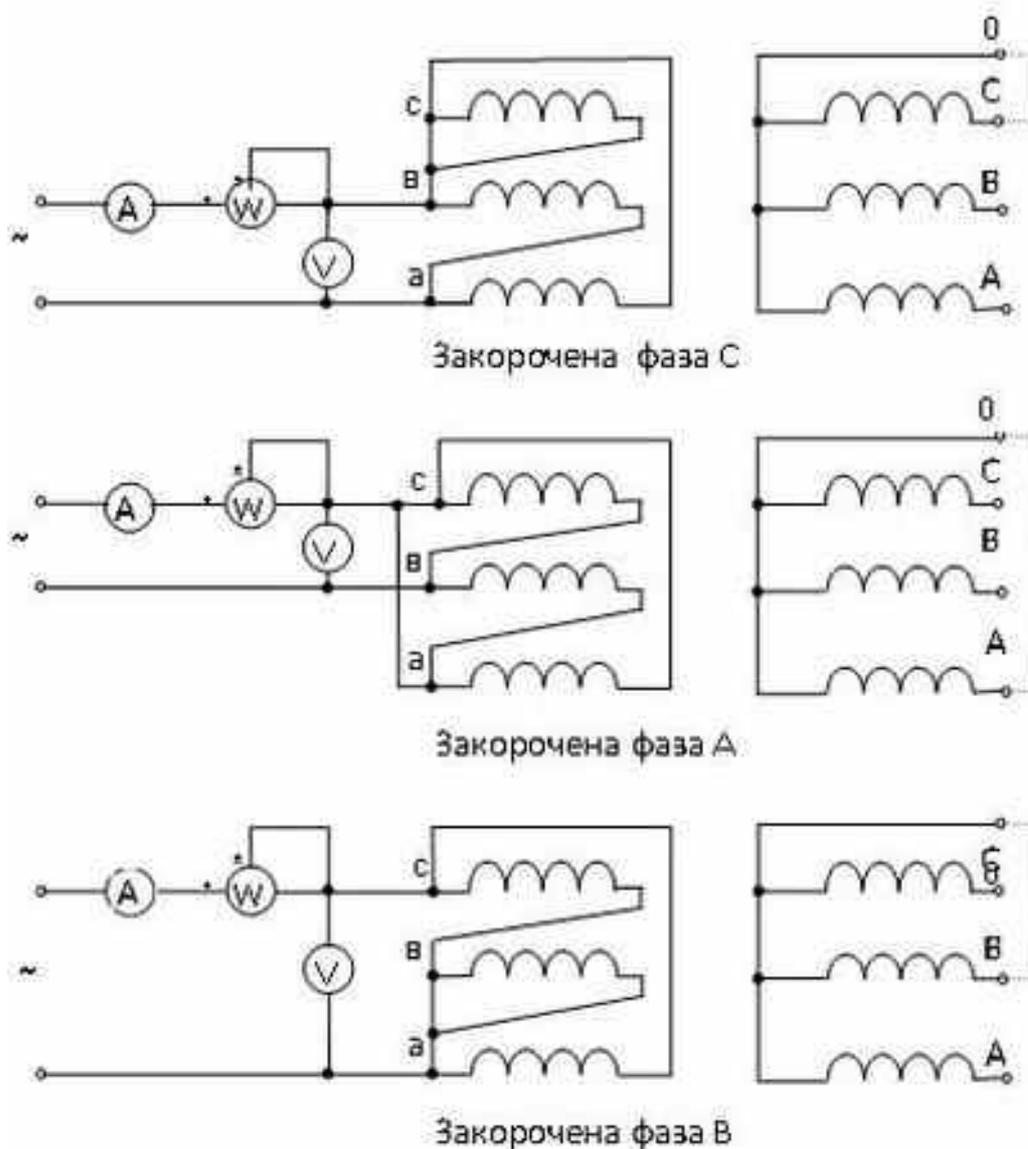
Отношение числа витков $\omega_1 / \omega_2 = k$ называют коэффициентом трансформации. Таким образом, если мы хотим повысить полученное от генератора напряжение в 10, 100 или 1000 раз, то необходимо так подобрать обмотки трансформатора, чтобы число витков ω_2 вторичной обмотки было больше числа витков ω_1 первичной обмотки соответственно в 10, 100 или 1000 раз. Тогда вторичная обмотка оказывается обмоткой высшего напряжения (ВН), а первичная — обмоткой низшего напряжения (НН). Наоборот, если необходимо снизить напряжение в линии, первичное напряжение подводят к обмотке ВН, а к обмотке НН подключают приемники электрической энергии.

Итак, любой трансформатор может работать как повышающий и как понижающий. Все зависит от того, к какой из его обмоток будет подведено напряжение для преобразования. Обмотка трансформатора, к которой подводится энергия преобразуемого переменного тока, называется первичной (независимо от того, будет ли эта обмотка высшего или низшего

напряжения). Обмотка трансформатора, от которой отводится энергия преобразованного переменного тока, называется вторичной.

Измерения производятся у трансформаторов мощностью 1000 кВ·А и более при напряжении, подводимом к обмотке низшего напряжения, равном указанному в протоколе заводских испытаний (паспорте), обычно составляет 5-10% номинального. У трехфазных трансформаторов потери холостого хода измеряются при однофазном возбуждении. Перед испытанием трансформатор должен быть надежно заземлен.

Замыкание накоротко одной фазы можно производить на любой обмотке трансформатора, т.е. на обмотке, к которой подводят напряжение при опыте ХХ, или другой, разомкнутой обмотке при этом руководствуются действительной схемой соединения обмоток трансформатора.



При измерении обычно подводят напряжение к двум фазам обмотки НН, а третью - закорачивают накоротко, добиваясь таким образом большего

возбуждения магнитной системы. Опыт холостого хода обычно производят со стороны обмотки НН, так как измерение напряжения, тока и мощности легче производить при более низком напряжении.

Перед измерениями при малом напряжении предусматривает необходимость снятия остаточного намагничивания магнитной системы трансформатора, если перед этими измерениями производились работы, связанные с протеканием по обмоткам постоянного или переменного тока, а так же если при отключении возбуждение трансформатора значительно (в 2 раза и более) превышало напряжение при котором производят измерения.

Вольтметр и ваттметр для измерений по возможности следует применять класса 0,2.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что называют режимом холостого хода трансформатора
- 2) Что называют коэффициентом трансформации.
- 3) Как измеряются у трехфазных трансформаторов потери холостого хода

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №35

Тема: Измерение сопротивления обмоток трансформаторов постоянному току

Цель: 1) Изучение измерения сопротивления обмоток трансформаторов постоянному току

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Сопротивление обмоток трансформаторов постоянному току в процессе эксплуатации измеряется для выявления неисправностей и дефектов в обмоточных проводах, в паяных соединениях обмоток, в контактных соединениях отводов, переключающих устройств.

Такие измерения могут производиться при вводе трансформатора в работу для контроля его состояния после транспортировки или длительного хранения, после ремонта – для контроля качества ремонтных работ, после отказа (аварии) трансформатора для выявления характера повреждения и выявления поврежденного узла (элемента) трансформатора.

Согласно (1) допускается два метода измерения сопротивления постоянному току: метод падения напряжения и мостовой метод при токе, не превышающем 20 % номинального тока обмотки трансформатора. Метод падения напряжения предпочтителен при испытании трансформаторов III габарита и более, а также всех трансформаторов с РПН. Мостовой метод рекомендуется применять при испытании сухих трансформаторов и масляных трансформаторов I и II габаритов.

Измерение сопротивления следует производить на всех ответвлениях, т.е. во всех положениях переключающих устройств. Если переключающее устройство РПН имеет предизбиратель, предназначенный для реверсирования регулировочной части обмотки или для переключения грубых ступеней регулирования, то измерения производят при одном

положении предизбирателя. Дополнительно производят по одному измерению при каждом из других положений предизбирателя.

У обмоток трансформаторов, имеющих нулевой вывод, измеряются фазные сопротивления, а у обмоток, не имеющих нулевого вывода, — линейные сопротивления.

При измерении сопротивления одной обмотки другие обмотки трансформатора должны быть разомкнуты.

В качестве источника постоянного тока применяется аккумуляторная батарея, емкость которой должна быть достаточной для стабильного поддержания напряжения и тока в процессе измерений. Рекомендуется аккумуляторную батарею емкостью 150 Ач, напряжением 12 В.

При измерении сопротивлений следует определять (измерять) температуру обмоток трансформатора. Для трансформаторов, не подвергшихся нагреву и находящихся в нерабочем состоянии не менее 20 часов, за температуру обмотки принимают температуру верхних слоев масла. При этом измерения следует производить не ранее чем через 30 мин после заливки маслом трансформаторов мощностью до 1 МВА и не ранее чем через 2 ч — трансформаторов большой мощности.

Температуру обмоток трансформаторов, подвергшихся нагреву или не остывших после отключения от сети, определяют по результатам измерений сопротивления обмотки по формуле

$$Q_2 = r_{Q_2}/r_{Q_1} (Q_1 + T) - T, \quad (8)$$

где Q_2 — искомая температура обмоток при испытании $T=235^{\circ}\text{C}$;

r_{Q_2} — сопротивление обмотки при температуре Q_2 измеренное при испытании;

r_{Q_1} — сопротивление обмотки при температуре Q_1 (используется значение, измеренное на заводе-изготовителе или при пуско-наладочных испытаниях);

Q_1 — температура обмотки, измеренная при ранее проведенном испытании.

Для сопоставления измеренного сопротивления с паспортным или другим, принятым в качестве исходного (базового), измеренного, например, при пуско-наладочных испытаниях или после капитального ремонта с заменой обмотки трансформатора, производится приведение измеренного сопротивления к температуре, при которой определялось базовое сопротивление. Пересчет производится по формуле:

$$r_{Q2} = r_{Q1} (Q_2 + 235 / Q_1 + 235). \quad (9)$$

Перед производством измерений контактные соединения выводов испытываемой обмотки должны быть тщательно очищены от грязи, смазки и следов коррозии. Следует снять заземления с испытываемой и свободных обмоток трансформатора.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Для чего измеряется сопротивление обмоток трансформаторов постоянному току
- 2) Перечислите методы измерения сопротивления постоянному току
- 3) Что применяется в качестве источника постоянного тока

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №36

Тема: Измерение коэффициента трансформации

Цель: 1) Изучение измерения коэффициента трансформации

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Коэффициентом трансформации называют отношение напряжения обмотки ВН к напряжению обмотки ИН при холостом ходе трансформатора.

Коэффициент трансформации определяют для всех ответвлений обмоток и для всех фаз. Для трехобмоточных трансформаторов достаточно проверить коэффициент трансформации для двух пар обмоток. Путем измерения коэффициента трансформации могут выявляться следующие отклонения:

- 1) неправильное подсоединение отводов РПН;
- 2) неправильная установка привода ПБВ.

Коэффициент трансформации определяют методом двух вольтметров. Измерение производят двумя вольтметрами класса не ниже 0,5 следующим образом. К одной из обмоток трансформатора подводят напряжение и измеряют его одним из вольтметров. Одновременно другим вольтметром измеряют напряжение на другой обмотке. Чтобы избежать применения измерительных трансформаторов напряжения, переменное напряжение 220—380 В подводят к обмотке ВН.

При испытании трехфазных трансформаторов коэффициент трансформации определяют по линейным напряжениям на соответствующих одноименных линейных выводах обеих проверяемых обмоток или по фазным напряжениям соответствующих фаз. Коэффициент трансформации по фазным напряжениям измеряется при однофазном и трехфазном возбуждении.

Если схема соединения измеряемых обмоток Δ/Y или Y/Δ , коэффициент трансформации измеряют при однофазном возбуждении с поочередным закорачиванием фаз (рисунок 3). Одну из фаз, соединенных в треугольник, накоротко замыкают путем соединения двух соответствующих выводов

данной обмотки, а напряжение подают на две оставшиеся фазы. Полученное значение коэффициента должно быть равно $2 K_f$ при питании со стороны звезды или $K_f/2$ при питании со стороны треугольника, где K_f — фазный коэффициент трансформации.

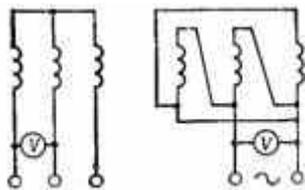


Рисунок 3 - Схема измерения фазного коэффициента трансформации при соединении обмоток Δ/Y и Y/Δ

Если схема соединения измеряемых обмоток Δ/Δ или Y/Y фазный коэффициент можно измерять при трехфазном возбуждении, если предварительно установлено, что несимметрия напряжения практически не снижает точности измерения, или при однофазном возбуждении с закорачиванием фаз. Фазный коэффициент трансформации в основном определяют для выявления причин неудовлетворительных значений линейного коэффициента.

Коэффициент трансформации измеряют также методом моста или образцового трансформатора. Однако эти методы не находят широкого применения при монтаже.

Полученные значения коэффициента трансформации на всех ответвлениях не должны отличаться более чем на 2% значения, рассчитанного по номинальным напряжениям.

Методика определения коэффициента трансформации должна соответствовать ГОСТ 3484-77.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что называют коэффициентом трансформации
- 2) Каким методом определяют коэффициент трансформации
- 3) Как определяют коэффициентом трансформации трехфазных трансформаторов

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 37

Тема: Проверка полярности и групп соединения обмоток силовых трансформаторов

Цель: 1) Изучение проверки полярности и групп соединения обмоток силовых трансформаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Группа соединения обмоток трансформатора характеризует угловое смещение векторов линейных напряжений обмотки НН относительно векторов линейных напряжений обмотки ВН. Проверка производится при монтаже, если отсутствуют паспортные данные или есть сомнения в достоверности этих данных. Группа соединений должна соответствовать паспортным данным и обозначениям на щитке.

Проверить группу соединений обмоток трансформатора можно одним из следующих методов: двух вольтметров, фазометра (прямой метод), постоянного тока. Наибольшее распространение получил метод постоянного тока.

Метод постоянного тока. В соответствии с данным методом проверка группы соединения трехфазных трансформаторов производится следующим образом. К одной паре зажимов обмотки ВН, например к зажимам "А-С", подключают кратковременно источник постоянного тока (аккумулятор) напряжением 2-12 В, а к зажимам обмотки НН "а-в", "в-с", "а-с" поочередно подключают магнитоэлектрический вольтметр (гальванометр) и определяют полярность выводов.

Для определения полярности необходимо произвести девять измерений для трех случаев питания обмотки ВН: "А-В", "В-С", "С-А". При этом надо определить отклонение стрелки прибора, подключенного поочередно к выводам НН: "а-в", "в-с", "с-а" (первая буква указывает, что к ней должен быть присоединен "плюс" батареи или прибора). Отклонение стрелки гальванометра вправо обозначается знаком плюс, влево - минус. Полученные результаты сравнивают с данными, приведенными в табл. 2.9.

При сборке схемы следует строго следить за тем, чтобы подключение батареи и гальванометра к зажимам трансформатора было выполнено по признакам полярности (см. рис. 2.5).

Аналогичный метод используется для однофазных трансформаторов, а также для трехфазных - при выведенной нулевой точке обмоток и при соединении обмоток Δ/Δ , когда соединение в треугольник выполняется вне бака трансформатора. Группу соединений определяют по схеме рис. 2.б путем поочередной проверки полярности зажимов "А-Х" и "а-х" магнитоэлектрическим вольтметром (нулевым гальванометром) при подведении к зажимам "А-Х" напряжения постоянного тока 2 - 12 В. Полярность зажимов "А-Х" устанавливают при включении тока. После проверки полярности зажимов "А-Х" вольтметр отсоединяют, не отсоединяя питающего провода, и присоединяют его к зажимам "а-х". Полярность зажимов "а-х" определяют в момент включения и отключения тока. Если полярность зажимов "а-х" при включении тока совпадает с полярностью зажимов "А-Х", а при отключении - противоположна, то трансформатор имеет группу соединения 0, в противном случае - группу соединения б. Желательно, чтобы гальванометр имел нуль посередине шкалы. Можно пользоваться прибором, имеющим нуль с краю шкалы, но при этом необходимо стрелку сдвинуть с нуля поворотом корректора.

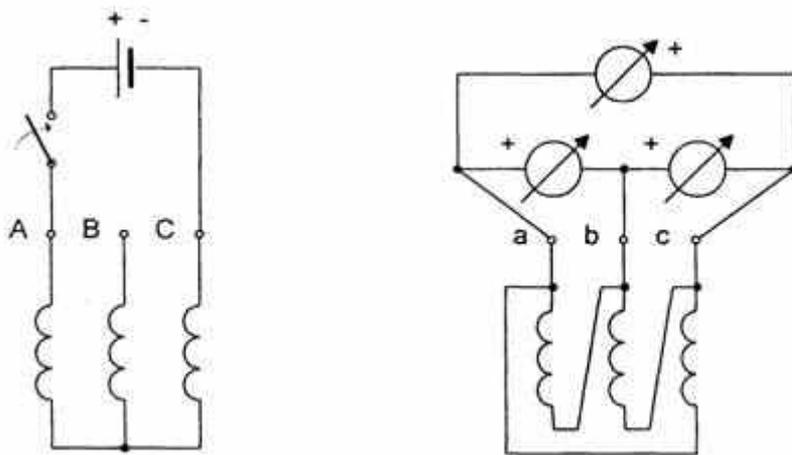


Рис. 2.5. Схема проверки группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов методом импульсов постоянного тока.

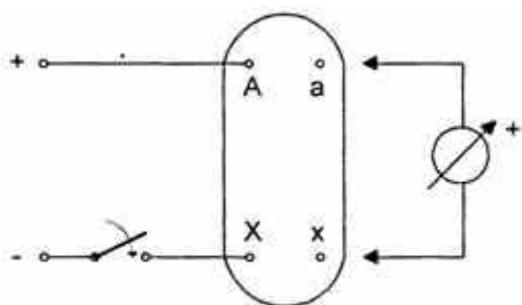


Рис. 2.6. Схема проверки группы соединения обмоток однофазных трансформаторов методом импульсов постоянного тока.

При возникновении сомнения в правильности обозначения зажимов гальванометра, их полярность можно установить, подключив к гальванометру через большое сопротивление элемент батареи. Плюсовым зажимом гальванометра будет тот, при подключении к которому плюса элемента стрелка гальванометра отклонится вправо. При отсутствии на месте измерения сопротивления достаточной величины, гальванометр можно загрузить путем его шунтирования медным проводом диаметром 0.1 - 0.5 мм. Следует иметь в виду, что отсчет отклонения стрелки прибора на выводах НН необходимо производить в момент замыкания выводов обмотки ВН на батарею. В противном случае это приведет к ошибочным данным (в момент размыкания цепи батареи показания прибора на стороне НН будут обратными).

Результаты опыта сводятся в таблицу, в которой отклонение стрелки вправо отмечается знаком плюс (+), влево - знаком минус (-), а отсутствие отклонения - нулем (0). Табл. 2.9 составлена при условии, что плюсовой вывод источника тока и плюсовой зажим гальванометра подключаются к зажиму, обозначенному в таблице первым. Так, например, при определении отклонения стрелки гальванометра, подключенного к зажимам "с-а", при подаче питания на зажим "А-В" "плюс" гальванометра должен быть подключен к зажиму "с" трансформатора, а "Плюс" источника питания к зажиму "А" трансформатора.

Таблица 2.9. Показания гальванометра при определении группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов

Питание подведено к зажимам	Отклонение стрелки гальванометра, присоединенного к зажимам								
	ab	bc	ca	ab	bc	ca	ab	bc	ca
	для группы 0			для группы 4			для группы 8		
АВ	+	-	-	-	-	+	-	+	-
BC	-	+	-	+	-	-	-	-	+
CA	-	-	+	-	+	-	+	-	-
	для группы 6			для группы 10			для группы 2		
АВ	-	+	+	+	+	-	+	-	+

BC	+	-	+	-	+	+	+	+	-
CA	+	+	-	+	-	+	-	+	+
	для группы 11			для группы 3			для группы 7		
AB	+	0	-	0	-	+	-	+	0
BC		+	0	+	0	-	0	-	+
CA	0	-	+	-	+	0	+	0	-
	для группы 1			для группы 5			для группы 9		
AB	+	-	0	-	0	+	0	+	-
BC	0	+	-	+	-	0	-	0	+
CA	-	0	+	0	+	-	+	-	0

Прямой метод (фазометром). Последовательную обмотку однофазного фазометра через реостат подключают к зажимам одной из обмоток, а параллельную обмотку - к одноименным зажимам другой обмотки испытываемого трансформатора К одной из обмоток трансформатора подводят напряжение, достаточное для нормальной работы фазометра. По измеренному углу определяют группу соединений обмоток. При определении группы соединений трехфазных трансформаторов проводят не менее двух измерений (для двух пар соответствующих линейных зажимов трансформатора). Схема проверки представлена на рис. 2.7.

Метод двух вольтметров. При проверке группы соединения этим методом соединяют зажимы "А" и "а" испытываемого трансформатора подводят к одной из обмоток напряжение и измеряют последовательно напряжения между зажимами "Х-х" при испытании однофазных трансформаторов и между зажимами "в-В", "в-с" и "с-В" при испытании трехфазных трансформаторов. Измеренные напряжения (см. рис. 2.8) сравнивают с вычисленными по формулам табл. 2.10.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что характеризует группа соединения обмоток трансформатора
- 2) Перечислите методы проверки групп соединений обмоток трансформатора
- 3) Схема проверки группы соединения обмоток однофазных трансформаторов прямым методом

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №38

Тема: Наладка переключающих устройств

Цель: 1) Изучение наладки переключающих устройств

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Переключающее устройство типа РНТА-35/1000 предназначается для регулирования напряжения под нагрузкой в нейтрали обмотки среднего напряжения 115 кВ в силовых трансформаторах типа АДЦТН-250000/500 мощностью 250 000 кВ-А напряжением 500 кВ.

Техническая характеристика устройства:

Класс напряжения, кВ	35
Номинальный ток, А	1000
Напряжение ступени, кВ	1,5
Число ступеней	16
Диапазон регулирования	+8X1.5%
Токоограничивающее сопротивление	$R=U_{ст}/I_n$
Масса регулятора без масла, кг	4200

Переключающее устройство РНТА — трехфазное и представляет собой строенное устройство типа РНОА-110/1000; оно состоит из трех избирателей, смонтированных на одном каркасе и имеющих один приводной вал. Избиратели и контакторы всех трех фаз работают одновременно и действуют аналогично таким же в устройстве типа РНОА-110/1000.

Время переключения устройства на одно положение от электрического привода составляет 4,25 с.

Устройство типа РНТА-35/1000 имеет избиратель с шестью рядами контактов (по два ряда на каждую фазу): к трем верхним рядам подсоединяются нечетные ответвления, а к трем нижним рядам — четные ответвления регулировочной обмотки. Регулировочная обмотка имеет девять ответвлений, но благодаря наличию предызбирателя устройство типа РНТА-

35/1000 регулирует напряжение в пределах $\pm 8 \times 1,5\%$, т. е. имеет 16 ступеней регулирования с напряжением каждой ступени 1540 В.

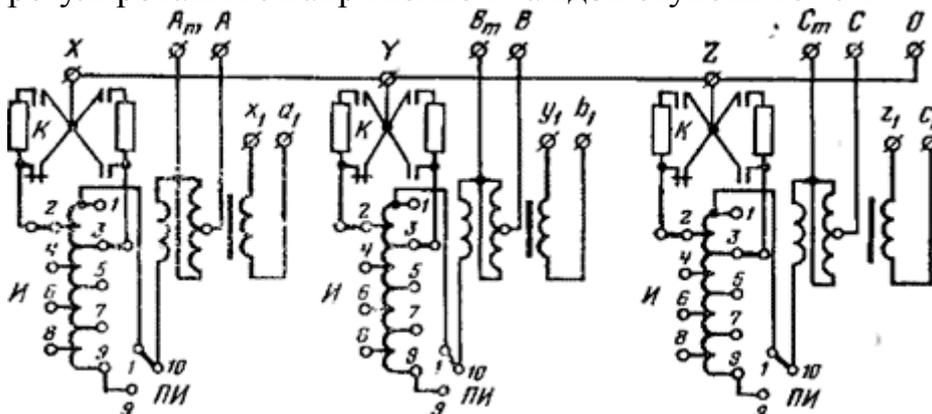


Рис.. 1. Электрическая схема переключающего устройства типа РНТА-35/1000.

К — контактор; И — избиратель; ПИ — предвыбиратель; R — токоограничивающее сопротивление.

Предвыбиратель расположен в верхней части переключающего устройства и представляет собой механизм, состоящий из двух изолирующих стоек с закрепленными на них тремя парами неподвижных и подвижных контактов (по одной паре на фазу). Поворотный вал механизма предвыбирателя переключает подвижные контакты предвыбирателя от ролика верхней шестерни мальтийской передачи.

Электрическая схема устройства типа РНТА-35/1000 приведена на рис. 1. Реверсирование обмотки происходит при переходе переключающего устройства в 10-е положение, когда контакты избирателя переключаются с ответвления 9 на ответвление 1 (или наоборот, 6 ответвления I на ответвление 9, в зависимости от направления регулирования напряжения), и одновременно переключаются подвижные контакты предвыбирателя. Таким образом, 10-е положение переключающего устройства используется только для реверсирования регулировочной обмотки без разрыва цепи тока.

Таблица 1

Контакты	Положения (от 1 к 17)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17
K_I	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
K_{II}	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
I_1	9	9	7	7	5	5	3	3	1	1	9	9	7	7	5	5	3	3	1
I_2	8	8	8	6	6	4	4	2	2	10	10	8	8	6	6	4	4	2	2
$ПИ_{10-9}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
$ПИ_{10-1}$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Контакты	Положения (от 17 к 1)																		
	17	16	15	14	13	12	11	10	9	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1
K_I	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
K_{II}	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
I_1	9	7	7	5	5	3	3	1	1	9	9	7	7	5	5	3	3	1	1
I_2	8	8	6	6	4	4	2	2	10	10	8	8	6	6	4	4	2	2	2
$ПИ_{10-9}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
$ПИ_{10-1}$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Контактор переключающего устройства представляет собой блок из трех однофазных контакторов, смонтированных на одной плите. Основания контакторов соединяются посредством медной шины в нейтраль обмотки, и при помощи двух выводов подсоединяются к нейтрали системы.

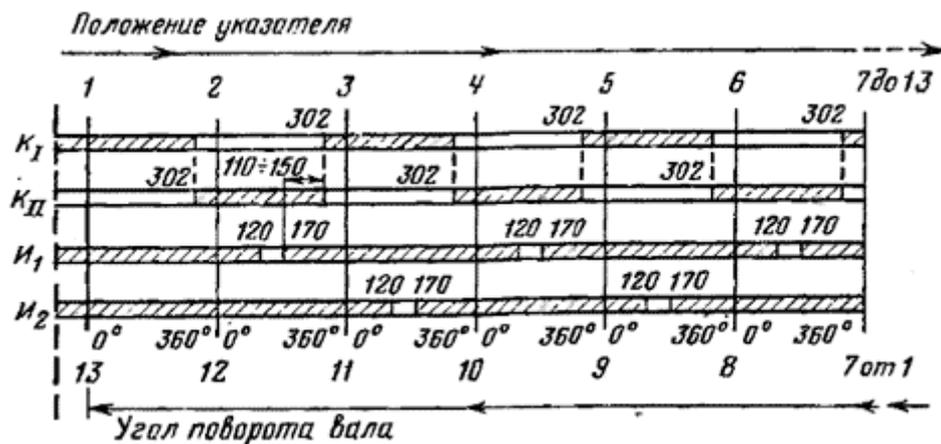


Рис. 2. Круговая диаграмма переключающего устройства типа РНТА-35/1000. Заштрихованная часть — контакт замкнут; незаштрихованная часть — контакт разомкнут.

Каждый контактор имеет в фазе по два токоограничивающих сопротивления, общее число токоограничивающих сопротивлений шесть.

Контактор управляется общим приводом, при переключении на одну ступень выходной вал привода совершает 5 оборотов, а вал блока контактора и поводковый вал избирателя повернутся на пол-оборота.

Порядок чередования контактов переключающего устройства типа РНТА-35/110 дан в табл. 1 («плюс» — контакты замкнуты, «минус» — контакты разомкнуты).

В остальном переключающее устройство работает аналогично устройству

типа РНОА-110/1000.

Наладка переключающего устройства типа РНТА-35/1000 производится также, как и устройства типа РНОА, с той лишь разницей, что круговая диаграмма снимается обычно для трех фаз одновременно по схеме, показанной на рис. 1, в диапазоне положений 1—4, 8—10 и 15—17 в прямом и обратном направлениях. Типовая круговая диаграмма устройства РНТА-35/1000 приведена на рис. 2.

При снятии круговой диаграммы допускается отклонение от типовой диаграммы для контактов избирателей на $\pm 15^\circ$, а контактов контактора на $\pm 7^\circ$.

Осциллографирование работы контактов контактора производится по методике, аналогичной для переключающих устройств типа РНОА.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Назначение переключающего устройства

2) Каким образом происходит реверсирование обмотки переключающего устройства

3) Как производится осциллографирование работы контактов контактора

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №39

Тема: Фазировка силовых трансформаторов

Цель: 1) Изучение фазировки силовых трансформаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Отдельные части распределительных устройств, имеющие самостоятельные источники питания и могущие работать параллельно, после окончания монтажа, перед первым включением па параллельную работу, должны быть сфазированы. Фазировкой называется проверка совпадения фаз двух частей электрической установки, питаемых от одной сети. Так может возникнуть необходимость в фазировке отдельных секций или систем шин распределительных устройств, параллельных воздушных или кабельных линий, силовых и измерительных трансформаторов.

При фазировке силовых трансформаторов проверяют совпадение вторичных напряжений по величине и фазе при питании их с первичной стороны от одной системы. Фазировку, как правило, производят на стороне низшего напряжения. Обмотки фазуемых трансформаторов должны быть электрически соединены в одной точке для получения при измерениях замкнутого контура. У трансформаторов с заземленными нейтралью таким соединением является общий нулевой провод или соединение через землю.

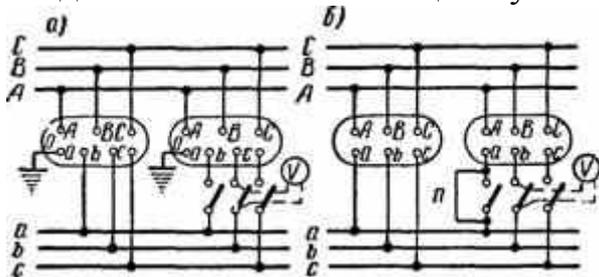


Рис. 35. Схемы фазировки силовых трансформаторов

а — с заземленными нейтралью; б — с изолированными нейтралью; V — переносный вольтметр; П — временная перемычка

У трансформаторов с изолированной нейтралью, либо при соединении

фазирuемых обмоток в «треугольник», перед фазировкой необходимо соединить два любых вывода фазирuемых трансформаторов (рис. 35). После этого измеряют подведенные для фазировки напряжения, которые должны быть симметричны. Производить фазировку при несимметричных напряжениях не разрешается во избежание возможных ошибок.

Фазировка заключается в измерении напряжений между зажимами с одной и другой сторон и определении выводов, между которыми будут получены нулевые значения напряжения.

По результатам замеров строят векторные диаграммы фазирuемых напряжений и определяют возможность параллельной работы трансформаторов. При этом могут встретиться следующие случаи:

а) нейтралы трансформаторов заземлены; измерения между одноименными выводами дали нулевые показания; остальные измерения между разноименными выводами показали линейные значения напряжения — трансформаторы имеют одинаковые группы соединений, параллельная работа возможна при соединении одноименных выводов;

б) нейтралы трансформаторов изолированы; перемычку устанавливали между выводами «1 и а2. Результаты измерений: $b_1 - b_2=0$; $c_1 - c_2=0$; $b_1 - c_2=U$; $c_1 - b_2 = U$; трансформаторы имеют одинаковые группы соединений, параллельная работа возможна при соединении одноименных выводов;

в) при измерениях не получено двух нулевых показаний — трансформаторы имеют различные группы соединений. При этом параллельная работа возможна только после специальной перемаркировки обмоток.

Перед включением на параллельную работу также необходимо проверить соблюдение прочих условий допустимости параллельной работы: равенство в пределах допусков коэффициентов трансформации и напряжений короткого замыкания.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что называется фазировкой
- 2) Что проверяют при фазировке силовых трансформаторов
- 3) С какой стороны трансформатора производится фазировка

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №40

Тема: Включение силовых трансформаторов в работу

Цель: 1) Изучение включения силовых трансформаторов в работу

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Непосредственно перед включением в сеть трансформатора после ремонта или из резерва выполняется осмотр трансформатора и всего включаемого оборудования. При осмотре необходимо проверить:

- уровень масла во вводах, расширителе;
- введённое положение системы охлаждения, переключателей напряжения;
- отключённое положение заземляющих разъединителей;
- отключённое положение короткозамыкателей на ПС, выполненных по упрощённой схеме.

Если трансформатор находился в ремонте, то следует проверить отсутствие установленных закортков и заземлений, а также чистоту рабочих мест. Кроме того, необходимо получить разрешение ремонтного персонала на возможность включения в сеть трансформатора.

Трансформаторы, находящиеся в резерве, допускается включать в работу без осмотра.

Трансформатор в сеть включается, как правило, со стороны ВН. При этом могут наблюдаться значительные броски тока намагничивания, многократно превышающего номинальный ток.

Однако, эти броски тока для трансформатора не опасны, поскольку его [ДЗ](#) от токов намагничивания отстраивается при первом включении, что позволяет устранить её ложное срабатывание. На ПС 110 кВ без выключателей со стороны ВН трансформатор включается под напряжение при помощи разъединителей.

Нагрузка на трансформаторе после включения в работу устанавливается в зависимости от реальной нагрузки на отходящих фидерах.

Трансформаторы с типом охлаждения М и Д можно включать под номинальную нагрузку при достижении температуры масла -40°C , а с охлаждением ДЦ -25°C . При этом, у аппаратов с охлаждением типа ДЦ и Ц циркуляционные насосы включаются только после нагрева масла до вышеуказанной температуры.

В других случаях насосы циркуляции масла включаются в сеть вместе с трансформатором и находятся в работе всегда вне зависимости от нагрузки. Дутьевые вентиляторы вводятся в работу при достижении номинальной нагрузки или при повышении температуры масла больше 55°C , а отключаются вентиляторы при снижении температуры до 50°C , но при этом нагрузка должна быть меньше номинальной.

Контроль режима работы. Нагрузка трансформатора контролируется по показаниям амперметров, на которых должны быть красные риски, соответствующие номинальным нагрузкам, что облегчает контроль режимов работы и помогает предупредить перегрузки.

Контроль напряжения осуществляется по показаниям вольтметров. Превышение напряжения на трансформаторах выше номинального допускается длительный период на 5 %, но нагрузка при этом не должна быть больше номинальной, и на 10 % при нагрузке не больше 25 % от номинальной.

В таких случаях линейное напряжение не должно выходить за пределы наибольшего рабочего напряжения для данного класса напряжения.

Контроль за нагревом трансформатора предполагает периодическое измерение температуры масла в баках при помощи стеклянных термометров, дистанционных термометров сопротивления, а также термосигнализаторов.

Периодические осмотры. Периодичность осмотров определяется местными инструкциями. При этом, на ПС, обслуживаемых ОВБ, трансформаторы осматриваются, как правило, 1 раз в месяц, а с постоянным дежурством персонала – 1 раз в сутки.

При осмотре проверяется внешнее состояние аппарата и его системы охлаждения, РПН, фильтров для очистки масла, вводов, разрядников, резиновых уплотнений.

Кроме того, контролируется отсутствие течей масла и его уровень, исправность и целостность приборов, маслоуказателей, работоспособность систем и средств пожаротушения. На слух проверяется звук работающего трансформатора, и осматриваются контактные соединения.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие работы выполняются непосредственно перед включением в сеть трансформатора
- 2) Допускается ли включать в работу без осмотра трансформаторы, находящиеся в резерве
- 3) В каких случаях линейное напряжение не должно выходить за пределы наибольшего рабочего напряжения для данного класса напряжения

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №41

Тема: Ознакомление с номенклатурой ремонтных работ силовых трансформаторов

Цель: 1) Ознакомление с номенклатурой ремонтных работ силовых трансформаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

В объем ТО силовых трансформаторов входят очередные и внеочередные осмотры.

Очередные осмотры трансформаторов (без их отключения) производятся в следующие сроки:

- в электроустановках с постоянным дежурным персоналом – 1 раз в сутки;
- в установках без постоянного дежурного персонала – не реже 1 раза в месяц, на трансформаторных пунктах – не реже 1 раза в 6 месяцев.

Типовая номенклатура ремонтных работ при текущем ремонте

При текущем ремонте выполняются в полном объеме операции ТО, а также следующие работы:

- чистка изоляторов, масломерных стекол, бака и крышки трансформатора;
- подтяжка всех болтовых соединений и чистка контактных соединений;
- удаление грязи из расширителя;
- проверка, разборка и очистка (при необходимости) маслоуказателей;
- доливка масла в трансформатор, регулировка давления масла во вводах;
- проверка трансформаторов на герметичность (для газонаполненных), осмотр, чистка и ремонт охлаждающих устройств;
- проверка состояния частей переключающих устройств, доступных осмотру;

- проверка положения по напряжению;
- ремонт заземляющей сети;
- проверка термосифонных фильтров (при необходимости – замена сорбента);
- проверка приборов контроля температуры и давления (для газонаполненных трансформаторов);
- измерение изоляции обмоток до и после ремонта.

Одновременно с текущим ремонтом трансформаторов проводится текущий ремонт вводов.

Типовая номенклатура ремонтных работ при капитальном ремонте

При капитальном ремонте выполняются все операции текущего ремонта, а также следующие работы:

- слив (откачка) масла из бака со взятием пробы для химического анализа;
- демонтаж электрических аппаратов, переключателя напряжения и бака расширителя;
- отсоединение выводов от катушек;
- выемка из бака и осмотр сердечника;
- демонтаж радиаторов;
- чистка бака внутри;
- разболчивание и расшихтовка (при необходимости) верхнего ярма магнитопровода с распрессовкой и снятием катушек, их замена или ремонт изоляции обмоток низкого и высокого напряжения, сушка и пропитка обмоток, при необходимости – смена межлистовой изоляции и перешихтовка электростали магнитопровода после сборки без обмоток, установка катушек высокого и низкого напряжения на стержни магнитопровода, навар выводов на катушки;
- установка присоединяющих устройств и изолирующих планок, расклинивание обмоток;
- проверка мегомметром стяжных шпилек с заменой дефектной изоляции, ремонт переключателей напряжения и отводов;
- ремонт крышки расширителя, радиаторов, кранов, термосифонных фильтров (с заменой силикагеля);
- замена прокладок;
- замена азота в газонаполненных трансформаторах;
- ремонт (замена) изоляторов (вводов);
- ремонт охлаждающих и маслоочистительных устройств;

- ремонт (замена) масляных насосов, вентиляторов;
- окраска бака;
- замена масла во вводах;
- заливка трансформаторного масла (засыпка кварцевым песком);
- проверка контрольно-измерительных приборов, сигнальных и защитных устройств.
- Для трансформаторов и трансформаторных подстанций во взрывозащищенном исполнении дополнительно выполняются следующие работы:
 - проверка состояния блокировок;
 - проверка элементов взрывозащиты, оболочек;
 - покрытие взрывозащитных поверхностей тонким слоем консистентной смазки ЦИАТИМ-202, ЦИАТИМ-203.

Указания по ремонту приведены для силовых трансформаторов общепромышленного назначения напряжением до 35 кВ мощностью до 16 000 кВ·А, трансформаторов для питания преобразователей и электропечей, трансформаторов сухих; автотрансформаторов мощностью до 250 кВ·А, стабилизаторов напряжения на 220–380 В мощностью до 100 кВ·А; комплектных трансформаторных подстанций напряжением до 10 кВ мощностью до 1000 кВ·А.

Для обеспечения безопасности проведения работ при ТО и ремонте силовых трансформаторов персонал, привлекаемый для этих целей, должен иметь квалификационную группу согласно ПТЭ и ППБ.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие осмотры входят в объем ТО силовых трансформаторов
- 2) Какие работы проводятся одновременно с текущим ремонтом трансформаторов
- 3) Какие работы дополнительно выполняются для трансформаторов и трансформаторных подстанций во взрывозащищенном исполнении

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 42

Тема: Ознакомление с наладкой силовых трансформаторов

Цель: 1) Ознакомление с наладкой силовых трансформаторов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Перечисленные далее работы производят на окончательно собранном и залитом маслом трансформаторе:

- испытать трансформатор на маслоплотность избыточным давлением столба масла высотой 1,5 м с перекрытым плоским краном расширителя при температуре не ниже 10 °С;

- отобрать пробы масла после его доливки и отстоя не менее 20 часов для трансформаторов 110 – 150 кВ, 30 часов для трансформаторов 220 кВ и выше при температуре масла не менее + 5 °С. Масло подвергнуть сокращенному анализу согласно нормам;

-произвести измерения $\text{tg}\delta$, R_{60} / R_{15} изоляции обмоток;

-произвести проверку работы переключающего устройства согласно заводской инструкции;

-произвести измерение сопротивления обмоток постоянному току по ГОСТ 3484-55. Величины сопротивлений одинаковых ответвлений разных фаз не должны отличаться более, чем на 2 процента;

-произвести проверку коэффициентов трансформации на всех ступенях и групп соединений согласно ГОСТ 3484-55;

-выполнить опыт холостого хода при таком пониженном напряжении, при каком эти испытания выполнялись на заводе-изготовителе, при этом отличие

показателей от показателей заводских испытаний должно быть не более 10 процентов;

-произвести испытание изоляции повышенным напряжением по ГОСТ 1516-60, учитывая величину испытательного напряжения нейтрали для силовых трансформаторов, имеющих ее изоляцию ниже линейных вводов. Если испытания изоляции выполнены на постоянном токе, рекомендуется произвести испытание изоляции витков обмотки напряжением 1,15 номинального рабочего при промышленной частоте или 1,4 номинального при частоте 100 Гц в течение трех минут при холостом ходе.

Произвести проверку правильности установки газового реле, исправность его поплавков. Выполнить многократную (5 – 6 раз) поверку несрабатывания газового реле при пуске и остановке циркуляционного насоса и вентиляторов для всех возможных в эксплуатации комбинаций вентилялей. Произвести проверку изоляции цепей газового реле мегаомметром и приложенным напряжением 1500 В переменного тока. Проверить трассу прокладки контрольных кабелей газового реле, реле уровня, трансформаторов тока, силовых кабелей вентиляторов и циркуляционных насосов. Проверить уровень масла в расширителе. Верхний кран на крышке газового реле должен быть расположен ниже (не менее, чем на 50 мм) возможного наиболее низкого уровня масла в расширителе. Проверить работу реле уровня масла и его цепей, а также цепей манометрических термометров, переводя вручную стрелки уставок минимальной и максимальной температур. Произвести визуальную проверку правильности присоединения цепей к трансформаторам тока. Выполнить электрическую проверку цепей трансформаторов тока, при этом их вторичные обмотки должны быть замкнуты на приборы или закорочены.

Включение трансформатора без сушки может быть на основании комплексного рассмотрения условий и состояния трансформатора во время транспортировки, хранения, монтажа и с учетом результатов проверки и испытаний, на основе актов и протоколов осмотра трансформатора и демонтированных узлов после транспортирования трансформатора с предприятия-изготовителя к месту назначения; выгрузки трансформатора; перевозки трансформатора к месту монтажа; хранения трансформатора до передачи в монтаж.

3.10. Трансформаторное масло

Трансформаторное масло на месте монтажа оборудования испытывается в объеме:

1. Анализ масла перед заливкой в оборудование. Каждая партия свежего, поступившего с завода трансформаторного масла должна перед заливкой в оборудование подвергаться однократным испытаниям:

- определение цвета и механических примесей по внешнему виду;
- определение воды по способу потрескивания;
- определение электрической прочности;
- определение температуры вспышки в закрытом тигле;
- определение кислотного числа:
- определение водорастворимых кислот и щелочей;
- количественное определение содержания низкомолекулярных кислот.

2. Масло, отбираемое из оборудования перед его включением под напряжением после монтажа, подвергается сокращенному анализу.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Когда производится наладка трансформатора
- 2) В каких случаях возможно включение трансформатора без сушки
- 3) Чему должна подвергаться каждая партия свежего, поступившего с завода трансформаторного масла

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 43

Тема: Ознакомление с номенклатурой аппаратов защиты

Цель: 1) Ознакомление с номенклатурой аппаратов защиты

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Автоматический выключатель – это электромеханическое устройство, которое задействуется с целью протекции электрических систем от повреждений вызванных перегрузкой либо коротким замыканием (аббревиатура КЗ). Его основная задача заключается в прерывании снабжения при фиксировании сверхтока. Основное различие автоматических выключателей от предохранителей с плавкими вставками, которые выполняют ту же функцию, это многократное использование (плавкая вставка предохранителя выходит из строя и подлежит замене).

[Автоматические выключатели](#) изготавливаются разных типоразмеров от небольших для протекции отдельных помещений, до серьёзных аппаратов устанавливаемых перед крупными заводами.

Некое подобие автоматического выключателя впервые изобрёл Томас Эдисон в 1879 году. Современный автомат был запатентован в 1924 году группой швейцарских компаний «ВВС», которая в последствии вошла в состав «ABB».

Все автоматические выключатели имеют общие черты в работе, хотя у них есть много отличий: номинальный ток, напряжение главной сети, предельная коммутационная способность, время защитного срабатывания, способность к селективности либо к токоограничению и другие параметры.

Все выключатели делятся на:

- модульные, которые имеют стандартную ширину одного полюса 17,5 мм и крепятся на DIN-рейку);

- блочные, которые монтируются на монтажную панель или вертикальную поверхность с помощью винтов (блочные автоматы некоторых производителей на малые амперажи до 160А с помощью переходника могут ставиться на DIN-рейку).

Для модульных коммутационных аппаратов предусмотрен свой стандарт ГОСТ 50345-99 и выпускаются они на токи до 125А. Блочные выключатели изготавливаются по нормативам ГОСТ 50030 часть 2 от 1999 года на номинальные токи от 16 до 6300 ампер. Опять же и здесь возможны исключения.

Выключатели изготавливаются в выкатном, втычном либо стационарном исполнении и оперируются ручным либо двигательным приводом (указанные опции доступны блочным автоматам).

Классификация автоматических выключателей

Автоматические выключатели бывают:

- однополюсными (1P), двухполюсными (2P), трёхполюсными (3P) либо четырёхполюсными (4P);
- на рабочие токи

1,6; 2.5; 4; 6.3; 10; 16; 25; 40; 50 и 63 ампера;

80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630 и 800 ампер;

1000; 1600; 2000; 3200; 4000 и 6300 ампер.

- с электромагнитным, тепловым, полупроводниковым, электронным расцепителем;
- с ручным или двигательным оперированием;
- стационарными, выдвигаемыми либо втычными по методу установки;
- со степенью защиты IP20 (стандартная защита от внешних факторов);

Для увеличения количества выполняемых функций комплектуются дополнительными устройствами:

- независимым расцепляющим устройством (обеспечивает дистанционное размыкание цепи);
- расцепитель минимального напряжения (автоматическое срабатывание в случае спада напряжения к уровню 85% U_n и ниже);
- расцепитель нулевого напряжения (автоматическое срабатывание в случае спада напряжения к уровню 35% U_n);

- свободными и / или сигнальными контактными группами.

Автоматические выключатели экономичного исполнения комплектуются тепловым и электромагнитным расцепляющим устройством (их же могут обозначать термоманитным или комбинированным расцепителем). В сериях, отличающихся надёжностью, функционируют полупроводниковые или электронные расцепители, которые помимо основных защитных функций (протекция от КЗ и перегрузки), выполняют более сложную программу защиты.

Принцип срабатывания теплового и электромагнитного расцепителя

Тепловой расцепитель служит для фиксации продолжительной перегрузки в системе и состоит из пластинки, спаянной из двух металлов. При прохождении тока сквозь автоматический выключатель нагревается биметаллическая пластина, она выгибается и достигая определенного угла давит на спусковой механизм. Время отключения варьируется от нескольких секунд до нескольких минут, это зависит от величины перегрузки, чем она выше, тем меньше время размыкания цепи.

Электромагнитный расцепитель служит в автоматах для фиксации токов короткого замыкания, которые могут достигать значений, в десятки раз выше рабочего тока. В выключатель ставится электромагнитная катушка, в которой при возникновении КЗ молниеносно перемещается сердечник и давит на спусковую механику. Выключатели с полупроводниковым расцепителем могут обеспечить задержку времени при КЗ. На управляющей панели можно самостоятельно выставить то время, через которое отключится аппарат. Такой регулировкой обычно снабжаются мощные устройства с номинальным током от 630А. Это делается для того, чтобы дать возможность сработать более мелким автоматам, и отключить конкретное место, где произошло КЗ, не отключая при этом все предприятие от сети. Такие автоматические выключатели обозначаются селективными.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

- 1) Назначение и основные функции автоматического выключателя
- 2) Принцип срабатывания теплового и электромагнитного расцепителя
- 3) Какие автоматические выключатели называются селективными.

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №44

Тема: Проверка и испытание отремонтированных аппаратов защиты

Цель: 1) Ознакомление с проверкой и испытанием отремонтированных аппаратов защиты

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

После ремонта производится обкатка аппаратов защиты и приемосдаточные испытания по нормам, приведенным в ПЭЭП. Заключение о пригодности к эксплуатации дается не только на основании сравнения результатов испытания с нормами, но и по совокупности результатов всех проведенных испытаний и осмотров. Значения полученных при испытаниях параметров должны быть сопоставлены с исходными данными, а также с результатами предыдущих испытаний электрической машины.

Под исходными данными понимаются значения, указанные в паспорте машины, и протоколах испытаний завода-изготовителя, в стандартах и технических условиях. При отсутствии исходных данных в качестве таковых могут быть приняты значения параметров, полученные при приемосдаточных испытаниях или испытаниях по окончании восстановительного ремонта электрической машины.

После истечения гарантийного срока эксплуатации по специальной программе испытывают также электрические машины иностранных фирм.

Программой испытаний двигателей переменного тока после капитального ремонта предусмотрены следующие операции:

- испытание стали статора двигателей с обмотками из прямоугольного провода (удельные потери — не более 5 Вт/кг, наибольший перегрев зубцов при $B_z = 1$ Тл не должен превышать 45°C, наибольшая разность перегрева различных зубцов при той же индукции — не более 30°C);

- измерение сопротивления изоляции обмоток статора, ротора, термоиндикаторов с соединенными проводами (если они имеются в данной машине) и подшипников;
- испытание обмоток статора и ротора при собранном двигателе повышенным напряжением промышленной частоты в течение 1 мин. Значения испытательных напряжений обмоток в процессе их изготовления и после сборки машины приведены в табл. 4...6. Результаты испытаний считаются положительными, если не наблюдалось скользящих разрядов, толчков тока утечки или нарастания его установившегося значения, пробоев или перекрытий и если сопротивление изоляции, измеренное мегомметром после испытаний, осталось прежним;
- измерение сопротивлений обмоток статора и ротора постоянному току (проводится для двигателей мощностью 300 кВт и более или для двигателей с $U_n > 3$ кВ), а также реостатов и пускорегулирующих резисторов. Отклонения сопротивления обмоток от паспортных данных и по фазам должно быть не более $\pm 2\%$, для реостатов — не более $\pm 10\%$;
- измерение воздушного зазора (если позволяет конструкция) в четырех сдвинутых на 90° точках (измеренные зазоры не должны отклоняться от среднего более чем на 10 %) и зазоров в подшипниках скольжения (допустимые значения зазоров приведены в табл. 7. Если зазор больше допустимого, необходимо перезалить вкладыш подшипника);
- испытание витковой изоляции обмоток из прямоугольного провода импульсным напряжением высокой частоты в течение 5...10 с. Значения испытательных напряжений приведены в табл. 8;
- проверка работы двигателя на холостом ходу (для двигателей мощностью 100 кВт и более и напряжением 3 кВ и выше). Ток холостого хода не должен отличаться более чем на 10 % от указанного в каталоге при продолжительности испытания 1 ч;
- измерение вибрации подшипников для двигателей напряжением 3 кВ и выше и двигателей ответственных механизмов. Максимально допустимая амплитуда вибрации составляет 50, 100, 130 и 160 мкм для

двигателей с частотой вращения соответственно 3000, 1500, 1000 и 750 об/мин и менее;

- измерение разбега ротора в осевом направлении проводится для двигателей с подшипниками скольжения, двигателей ответственных механизмов и при выемке ротора в ходе ремонта (допустимый разбег — не более 4 мм);
- проверка работы двигателя под нагрузкой для двигателей напряжением свыше 1 кВ или мощностью 300 кВт и более (величина нагрузки не менее 50% от номинальной);
- гидравлическое испытание воздухоохладителя (проводится в течение 5...10 мин при избыточном давлении 0,2...0,25 МПа);
- проверка исправности стержней короткозамкнутых обмоток роторов асинхронных электродвигателей мощностью 100 кВт и более (все стержни должны быть целыми);
- проверка срабатывания защиты машин напряжением до 1000 В при питании от сети с заземленной нейтралью (проводится у машин с $U_n > 42$ В, работающих в опасных и особо опасных условиях, а также у всех машин с $U_n > 380$ В).

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

- 1) На основании чего дается заключение о пригодности к эксплуатации аппаратов защиты
- 2) Продолжительность испытания обмоток статора и ротора при собранном двигателе повышенным напряжением промышленной частоты

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие №45

Тема: Ознакомление с номенклатурой ремонтных работ электрических аппаратов

Цель: 1) Ознакомление с номенклатурой ремонтных работ электрических аппаратов

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

Оснащение: методические указания к практической работе , учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

В зависимости от назначения электрических аппаратов при их ТО проводятся следующие работы:

- проверка соответствия аппаратов условиям эксплуатации и нагрузке, чистка аппаратов, проверка исправности подключенной к аппаратам электропроводки и сетей заземления, наружный и внутренний осмотр аппаратов и ликвидация видимых повреждений, наружный осмотр взрывонепроницаемой оболочки (для аппаратов во взрывозащищенном исполнении);
- затяжка крепежных деталей, чистка контактов от грязи и наплывов, проверка исправности кожухов, рукояток, замков, ручек и другой арматуры;

проверка работы сигнальных устройств и целостности пломб на реле и других аппаратах;

- проверка наличия резервных элементов и запасных частей для технического обслуживания и ремонта.

Электрические аппараты, техническое состояние которых не соответствует требованиям ППБ или имеющие отклонения от допустимых пределов, подлежат замене или ремонту.

В объем текущего ремонта входят операции ТО, а также следующие работы:

- частичная разборка аппаратов, чистка и промывка механических и контактных деталей, выявление дефектных деталей и узлов, их ремонт или замена;
- опиловка, зачистка и шлифовка всех контактных поверхностей, проверка и регулировка плотности и одновременности включения соответствующих групп контактов, замена сигнальных ламп и ремонт их арматуры;
- проверка исправности дугогасительных камер и перегородок, исправности подключенного к аппаратам заземления;
- проверка и регулировка реле защиты и управления;
- проверка наконечников и выводов, а также внутренней цепи аппарата;
- проверка и восстановление проходных изоляционных втулок и других видов изоляции выводных концов;
- проверка целостности и замена элементов сопротивления (при необходимости);
- ремонт или замена подшипников и валов и смазка шарнирных соединений;
- ремонт или замена катушек электромагнитов и обмоток различного назначения;

При ремонте электромагнитных муфт, распределительных пунктов, осветительных щитков и аппаратов выполняются:

- **электромагнитные муфты:** проверка нагрева корпуса муфты и дисков, закрепление корпуса для предотвращения осевых перемещений;
- проверка легкости перемещения якоря и четкости включения и отключения муфты, исправности системы подачи масла;
- смена изношенных щеток, регулировка щеткодержателей; чистка контактных колец и притирка поверхностей трения;
- частичная разборка муфты и замена ленты ферродо при необходимости;
- долив изоляционного масла маслонаполненных аппаратов. Если при текущем ремонте аппаратов проводилась их разборка с заменой катушек, якорей, обмоток и других основных деталей, то после этого аппарат подлежит испытаниям в установленном объеме;

Типовая номенклатура ремонтных работ при капитальном ремонте

В объем капитального ремонта входят работы текущего ремонта, а также полная разборка аппарата, чистка, промывка и сушка деталей, дефектация и ремонт вышедших из строя деталей и отдельных узлов, замена деталей механической части аппарата, замена выводов, крепежных деталей и запорной арматуры, ремонт или замена корпусов или кожухов дугогасительных камер, замена изоляционного масла в маслonaполненных аппаратах, ремонт элементов взрывозащиты в аппаратах во взрывобезопасном исполнении.

По отдельным видам аппаратов, кроме приведенного общего для всех аппаратов объема работ, производятся следующие дополнительные работы:

- **по автоматическим выключателям, магнитным пускателям и контакторам:** проверка и регулировка хода и нажатия подвижных контактов, регулировка одновременности включения по фазам и величины зазора между подвижными и неподвижными рабочими контактами, проверка действия и регулировка механизма теплового реле, электромеханического привода, расцепителей перегрузки и короткого замыкания;
- **по командоаппаратам, командоконтроллерам и контроллерам:** проверка креплений барабанных секторов, замена редуктора со сменой масла, переклепка тормозных колодок, регулировка фиксации по отношению к указателям положения, проверка взаимодействия отдельных узлов и механизмов;
- **по электромагнитам:** замена изношенных полюсных наконечников, выводных изоляторов, контактных болтов, изношенных шайб и колец, ремонт или замена изоляционной массы, проверка хода сердечника у электромагнитных тормозов;
- **по комплектным распределительным устройствам:** проверка максимальной токовой защиты, работоспособности системы воздушного дутья, состояния трансформаторов тока и напряжения, состояния разъединителя вторичных цепей, разрядника, ширины взрывонепроницаемых щелей (зазоров) между крышками и корпусом.

После окончательной сборки производятся проверка работы электрической схемы, окраска, наладка и испытания аппаратов. После капитального ремонта аппараты должны подвергаться испытаниям в объеме,

установленном нормами испытания электрооборудования в соответствии с требованиями ПТЭ и ППБ.

Приведены указания по ремонту следующих групп аппаратов общепромышленного назначения напряжением до 1000 В: рубильники и переключатели, автоматические воздушные выключатели, пускатели магнитные, контакторы, выключатели и переключатели пакетные, командоаппараты, контроллеры и командоконтроллеры, кнопки и станции управления, ящики сопротивления и реостаты, муфты электромагнитные, электромагниты подъемные и тормозные, магнитные плиты, пункты распределительные, щитки осветительные, электроосветительная арматура.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

- 1) Чему подлежат электрические аппараты, техническое состояние которых не соответствует требованиям ППБ или имеющие отклонения от допустимых пределов
- 2) Что входит в типовую номенклатуру ремонтных работ при капитальном ремонте
- 3) Что производится после окончательной сборки аппаратов

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей М.: КРОНУС, 2013.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

7 СЕМЕСТР

Практическое занятие 1

Тема: Схемы включения газоразрядных ламп

Цель: 1) изучение схемы включения газоразрядных ламп

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3.Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Искусственные источники освещения, использующие для выработки световых волн электрический разряд газовой среды в парах ртути, называют газоразрядными ртутными лампами.

Газ, закачанный в баллон, может находиться под низким, средним или высоким давлением. Низкое давление применяется в конструкциях ламп:

- линейных люминесцентных;
- компактных энергосберегающих;
- бактерицидных;
- кварцевых.

Высокое давление используется в лампах:

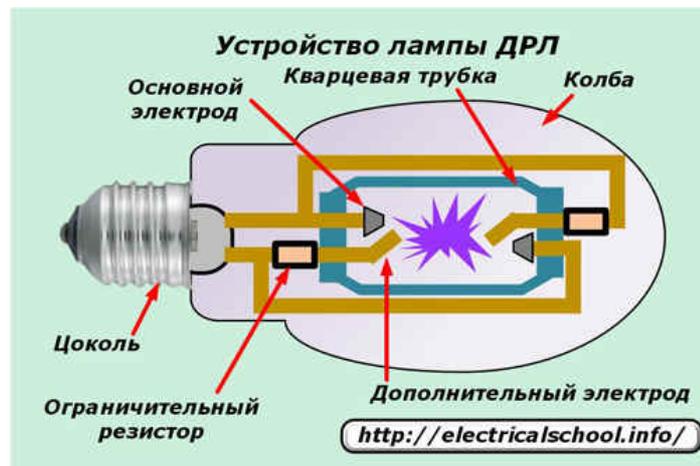
- дуговой ртутной люминофорной (ДРЛ);
- металлогенной ртутной с излучающими добавками (ДРИ) галогенидов металлов;
- дуговой натриевой трубчатой (ДНаТ);
- дуговой натриевой зеркальной (ДНаЗ).

Их устанавливают в тех местах, где необходимо освещать большие территории с малыми затратами электроэнергии.

Лампа ДРЛ

Особенности конструкции

Устройство лампы, использующей четыре электрода, схематично показано на картинке.



Ее цоколь, как и у обычных моделей, служит для подключения к контактам при вкручивании в патрон. Стеклоянная колба герметично защищает все внутренние элементы от внешних воздействий. В ней закачан азот и размещены:

- кварцевая горелка;
- электрические проводники от контактов цоколя;
- два токоограничивающих сопротивления, вмонтированные в цепь дополнительных электродов
- слой люминофора.

Горелка выполнена в форме герметичной трубки из кварцевого стекла с закачанным аргоном, в которую помещены:

- две пары электродов — основной и дополнительный, расположенные на противоположных концах колбы;
- небольшая капелька ртути.

Аргон — химический элемент, который относится к инертным газам. Его получают в процессе разделения воздуха при глубоком охлаждении с последующей ректификацией. Аргон — одноатомный газ без цвета и запаха, плотность 1,78 кг/м³, $t_{кип} = -186$ °С. Аргон применяют как инертную среду в металлургических и химических процессах, в сварочной технике (см. [электродуговая сварка](#)), а также в сигнальных, рекламных и др. лампах, дающих синеватый свет.

Принцип действия ламп ДРЛ

Источником света ДРЛ является разряд электрической дуги в среде аргона, протекающий между электродами в кварцевой трубке. Он возникает под действием приложенного к лампе напряжения в два этапа:

1. первоначально между близкорасположенными основным и зажигающим электродами начинается тлеющий разряд за счет движения свободных электронов и положительно заряженных ионов;
2. образование внутри полости горелки большого количества носителей зарядов приводит к быстрому пробое среды азота и образованию дуги через основные электроды.

Стабилизация пускового режима (электрического тока дуги и света) требует времени порядка 10-15 минут. В этот промежуток ДРЛ создает нагрузки, значительно превышающие токи номинального режима. Для их ограничения применяется [пускорегулирующее устройство — дроссель](#).

Излучение дуги в парах ртути имеет голубой и фиолетовый оттенок и сопровождается мощным ультрафиолетовым излучением. Оно проходит через люминофор, смешивается с образуемым им спектром и создает яркий свет, приближенный к белому оттенку.

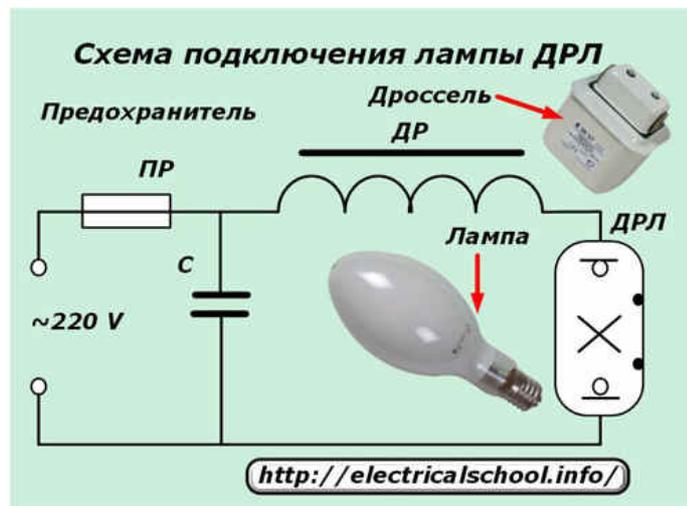
ДРЛ чувствительна к качеству питающего напряжения, а при его снижении до 180 вольт тухнет и не зажигается.

Во время [дугового разряда](#) создается высокая температура, передающаяся всей конструкции. Она влияет на качество контактов в патроне и вызывает нагрев подключенных проводов, которые из-за этого используют только с термостойкой изоляцией.

При работе лампы давление газов в горелке сильно увеличивается и осложняет условия для пробоя среды, что требует повышения приложенного напряжения. Если питание отключить и подать, то сразу лампа не запустится: ей надо остыть.

Схема подключения лампы типа ДРЛ

Четырехэлектродная ртутная лампа включается в работу через дроссель и [предохранитель](#).



Плавкая вставка защищает схему от возможных коротких замыканий, а дроссель ограничивает ток, проходящий через среду кварцевой трубки. Индуктивное сопротивление дросселя подбирается по мощности светильника. Включение лампы под напряжение без дросселя приводит к ее быстрому перегоранию. Конденсатор, включенный в схему, компенсирует реактивную составляющую, вносимую индуктивностью.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.
- 1) Лампа ДРЛ Особенности конструкции
 - 2) Принцип действия лампы ДРЛ
 - 3) Что защищает схему от возможных коротких замыканий

6 Список литературы

13. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 2

Тема: Лампа ДРИ особенности конструкции

Цель: 1) изучение лампы ДРИ особенности конструкции

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

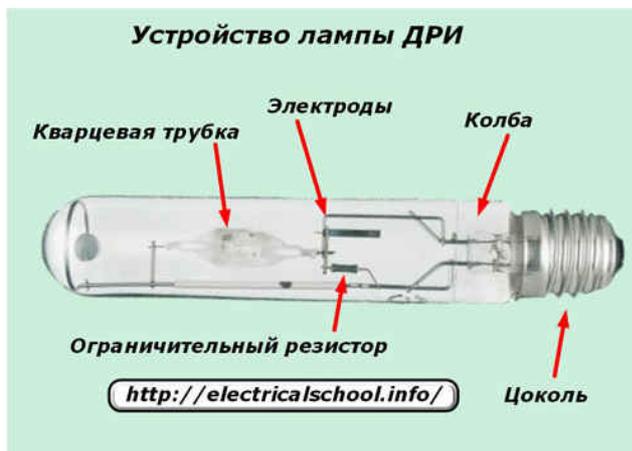
3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Лампа ДРИ особенности конструкции

Внутреннее устройство лампы ДРИ очень похоже на то, которое используется у ДРЛ.



Но в ее горелке введена определенная доза добавок из гапогенидов металлов индия, натрия, таллия или некоторых других. Они позволяют увеличить выделение света до 70-95 лм/Вт и более с хорошей цветностью. Колба выполняется в форме цилиндра или эллипса, показанного на рисунке ниже.

Материалом горелки может быть кварцевое стекло или керамика, которая обладает лучшими эксплуатационными свойствами: меньшее затемнение и больший срок службы.

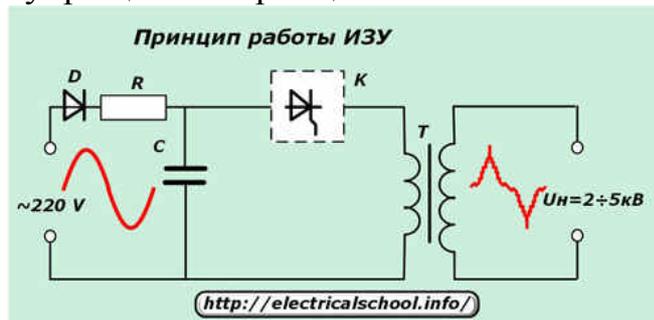
Форма горелки в виде шара, используемая в современных конструкциях, повышает светоотдачу и яркость источника.

Принцип действия

Основные процессы, происходящие при выработке света ламп ДРИ и ДРЛ совпадают. Отличие состоит в схеме зажигания. ДРИ не может запуститься в работу от приложенного напряжения сети. Ей этой величины недостаточно. Для создания дугового разряда внутри горелки необходимо к межэлектродному пространству приложить высоковольтный импульс. Его образование возложено на ИЗУ — импульсное зажигающее устройство.

Как работает ИЗУ

Принцип действия устройства создания высоковольтного импульса условно можно представить упрощенной принципиальной схемой.



Рабочее напряжения питания подводится на вход схемы. В цепочке диода D, резистора R и конденсатора C создается зарядный ток емкости. По окончании заряда через конденсатор выдается импульс тока сквозь открывшийся тиристорный ключ в обмотку подключенного трансформат. Т. В повышающей напряжением выходной обмотке трансформатора создается высоковольтный импульс величиной до 2-5 кВ. Он поступает на контакты лампы и создает дуговой разряд газовой среды, обеспечивающий свечение.

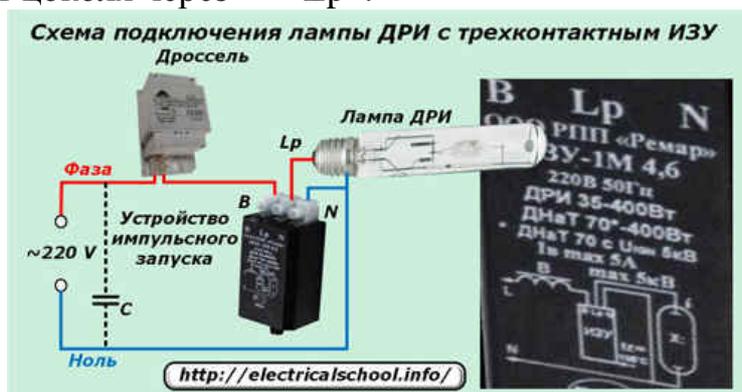
Схемы подключения лампы типа ДРИ

Устройства ИЗУ выпускаются для газоразрядных ламп двух модификаций: с двумя или тремя выводами. Для каждого из них создается своя схема подключения. Она приводится прямо на корпусе блока.

При использовании двухконтактного устройства фаза сети через дроссель подключается к центральному контакту цоколя лампы и одновременно на соответствующий вывод ИЗУ.



Нулевой провод подводится на боковой контакт цоколя и свой вывод ИЗУ. У трехконтактного устройства схема подключения нуля остается такой же, а подвод фазы после дросселя изменяется. Она подключается через два оставшихся вывода на ИЗУ, как показано на картинке ниже: вход на устройство осуществляется через клемму «В», а вывод на центральный контакт цоколя через — «Lp».



Таким образом, в состав пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) для ртутных ламп с излучающими добавками входят в обязательном порядке:

- дроссель;
- импульсное зарядное устройство.

Компенсирующий величину реактивной мощности конденсатор может входить в состав ПРА. Его включение определяет общее снижение потребления энергии осветительным устройством и продление срока эксплуатации лампы при правильно подобранной величине емкости.

Ориентировочно ее значение в 35 мкФ соответствует лампам с мощностью 250 Вт, а 45 — 400 Вт. При завышенной емкости возникает резонанс в схеме, который проявляется «миганием» света лампы.

Наличие в работающей лампе импульсов высокого напряжения определяет использование в схеме подключения исключительно высоковольтных проводов минимальной длины между ПРА и лампой, не более 1-1,5 м.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Лампа ДРИ особенности конструкции
- 2) Схемы подключения лампы типа ДРИ
- 3) Какой элемент схемы определяет общее снижение потребления энергии осветительным устройством и продление срока эксплуатации лампы

6 Список литературы

14. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 3

Тема: Лампа ДНаТ особенности конструкции

Цель: 1) изучение Ламп ДНаТ особенности конструкции
расчета цепей методом непосредственного применения законов Кирхгофа

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3.Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Лампа ДНаТ Особенности конструкции

Внутри колбы этой газоразрядной лампы вместо ртути используются пары натрия, расположенные в среде инертных газов: неона, ксенона или других, либо их смесей. По этой причине их называют «натриевыми».

За счет такой модификации устройства конструкторам удалось придать им наибольшую эффективность работы, которая доходит до 150 лм/Вт.

Принцип действия ДНаТ и ДРИ один и тот же. Поэтому схемы подключения их одинаковы и при соответствии характеристик ПРА параметрам ламп их можно использовать для зажигания дуги в обеих конструкциях.

Однако производители металл галогенных и натриевых ламп выпускают пускорегулирующие устройства под конкретные виды своих изделий и поставляют их в едином корпусе. Эти ПРА полностью налажены и готовы к работе.

Схемы подключения ламп типа ДНаТ

В отдельных случаях конструкции ПРА для ДНаТ могут иметь отличия от представленных выше схем запуска ДРИ и выполняться по одной из трех нижеприведенных схем.



В первом случае ИЗУ включено параллельно контактам лампы. После зажигания дуги внутри горелки рабочий ток не течет через лампу (см принципиальную схему ИЗУ), что экономит потребление электричества. При этом дроссель испытывает воздействие высоковольтных импульсов. Поэтому он создается с усиленной изоляцией для защиты от зажигающих импульсов.

Из-за этого схема параллельного включения используется с лампами маленькой мощности и импульсом зажигания до двух киловольт.

Во второй схеме применяется ИЗУ, работающее без импульсного трансформатора, а высоковольтные импульсы вырабатывает дроссель специальной конструкции, имеющий отвод для подключения к контакту лампы. Изоляция обмоток этого дросселя также усиливается: она подвергается воздействию высоковольтного напряжения.

В третьем случае используется метод последовательного подключения дросселя, ИЗУ и контакта лампы. Здесь высоковольтный импульс от ИЗУ не поступает на дроссель, а изоляция его обмоток не требует усиления. Недостаток этой схемы в том, что ИЗУ потребляет повышенный ток, за счет чего происходит его дополнительный нагрев. Это обуславливает необходимость увеличения габаритов конструкции, которые превышают размеры предшествующих схем.

Во всех схемах может быть использована [компенсация реактивной мощности](#) подключением конденсатора так, как показано в схемах подключения ламп ДРИ.

Перечисленные схемы включения ламп высокого давления, использующих газовый разряд для свечения, обладают рядом недостатков:

- заниженный ресурс свечения;
- зависимость от качества питающего напряжения;
- стробоскопический эффект;
- шум работающего дросселя и ПРА;
 - повышенное потребление электричества.

Большая часть этих недостатков устраняется применением электронных пусковых аппаратов (ЭПРА).



Они позволяют не только экономить до 30% электроэнергии, но и обладают возможностью плавного регулирования освещенности. Однако, стоимость таких устройств пока еще довольно высокая.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Лампа ДНаТ Особенности конструкции
- 2) Схемы подключения ламп типа ДНаТ
- 3) Какой элемент схемы позволяют не только экономить до 30% электроэнергии, но и обладают возможностью плавного регулирования освещенности

6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 4

Тема: Точечный метод расчета освещения

Цель: 1) изучение точечного метода расчета освещения

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3.Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Точечный метод расчета освещения

Точечный метод дает возможность определить в любой точке помещения освещенность как в горизонтальной, так и в вертикальной или наклонной плоскостях.

В основном точечный метод расчета освещения применяется при расчете локализованного и наружного освещения в случаях, когда часть светильников закрывается расположенным в помещении оборудованием, при освещении наклонных или вертикальных поверхностей, а также для расчета освещения производственных помещений с темными стенами и потолком

(литейные, кузнечные цехи, большинство цехов металлургических заводов и т.п.).

В основу точечного метода положено уравнение, связывающее освещенность и силу света:

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha \cdot \mu}{k \cdot h_p^2}$$

где: I_{α} - сила света в направлении от источника на заданную точку рабочей поверхности (определяют по кривым силы света или по таблицам выбранного типа светильника), α - угол между нормалью к рабочей поверхности и направлением силы света к расчетной точке, μ - коэффициент, учитывающий действие удаленных от расчетной точки светильников и отраженного светового потока от стен, потолка, пола, оборудования, падающего на рабочую поверхность в расчетной точке (принимают в пределах $\mu = 1,05 \dots 1,2$), k - коэффициент запаса, h_p - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью.

Перед началом расчета освещения точечным методом необходимо вычертить в масштабе схему размещения светильников для определения геометрических соотношений и углов.

Расчет точечным методом более сложен, чем расчет по удельной мощности и [методом коэффициента использования](#). Расчет ведется по специальным формулам, номограммам, графикам и вспомогательным таблицам.

Наиболее простым является определение освещенности в горизонтальной плоскости от светильников с ЛН с помощью **графиков пространственных изолюкс**. Такие графики строятся для светильников каждого типа и имеются в справочных книгах по проектированию электроосвещения. **«Изолюксой» называется линия, соединяющая точки с одинаковой освещенностью.**

На рис.1 по вертикальной оси отложена высота установки светильника над расчетной поверхностью h в метрах, а по горизонтальной оси - расстояние d в метрах 30, 20, 15, 10, 7 ... - у каждой кривой нанесена освещенность в люксах от светильника, имеющего лампу со световым потоком равным 1000 лм.

Чтобы понять назначение пространственных изолюкс и сущность расчета по ним, сделаем простой рисунок (рис.2). Пусть в помещении установлен светильник C на высоте h над расчетной поверхностью, например, над полом. Возьмем на полу точку A , в которой необходимо определить освещенность. Обозначим расстояние от проекции светильника на расчетную плоскость O до точка A через d .

Чтобы определить освещенность в точке A , необходимо знать величины h и d . Предположим, что $h = 4$ м, $d = 6$ м. Проведем на рис.2 горизонтальную линию от цифры 4 на вертикальной оси и вертикальную линию от цифры 6 на горизонтальной оси. Линии пересекаются в точке,

через которую проходит кривая, обозначенная числом 1. Это означает, что в точке А светильник С создает условную освещенность $e = 1$ лк.

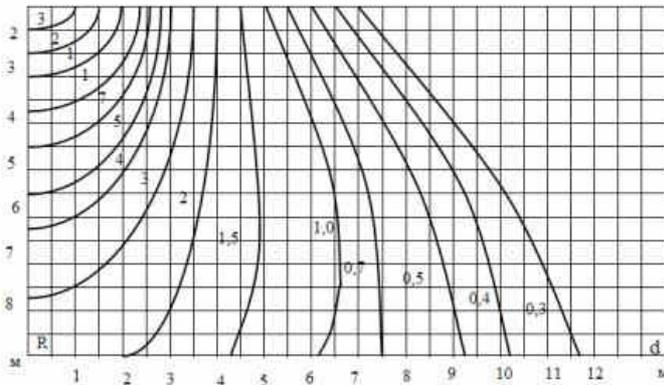


Рис. 1. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильника с матированным стеклом.

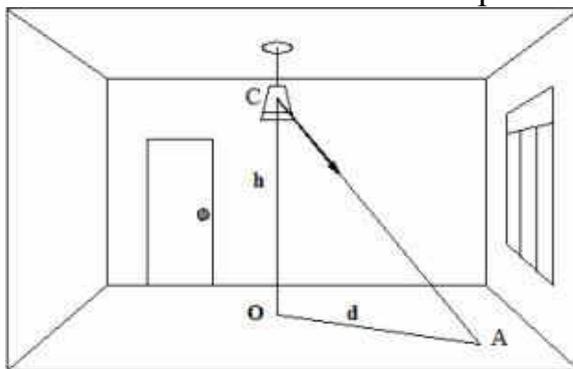


Рис. 2. К расчету освещения точечным методом. С - светильник, О - проекция светильника на расчетную плоскость, А - контрольная точка.

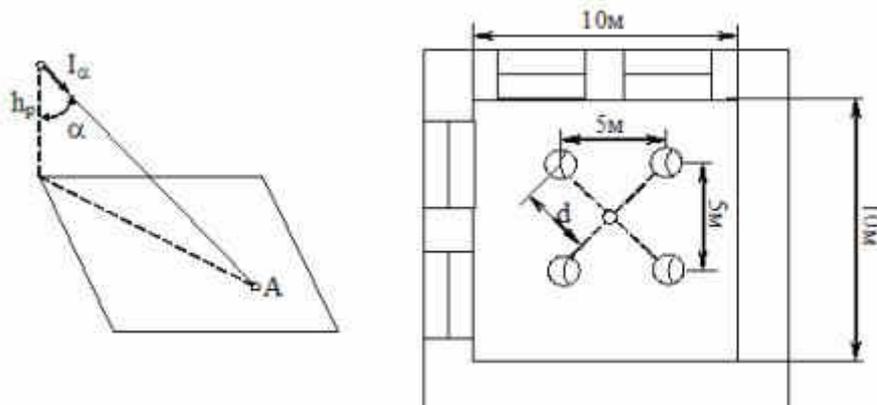


Рис. 3. К расчету освещенности точечным методом

Расчет освещенности точечным методом от светильников с симметричным светораспределением (рис.3) рекомендуется вести в такой последовательности:

1. По соотношению d / h_p определяют $\text{tg } \alpha$ и, следовательно, угол α и $\cos^3 \alpha$, где d - расстояние от расчетной точки до проекции оси симметрии светильника на плоскость, ей перпендикулярную и проходящую через расчетную точку.

2. По кривой силы света (или табличным данным) для выбранного типа светильников и угла α выбирают I_α .

3. По основной формуле подсчитывают горизонтальную освещенность от каждого светильника в расчетной точке.

4. Определяют суммарную освещенность в контрольной точке, создаваемую всеми светильниками.

5. Вычисляют расчетный световой поток (в люменах), который должен быть создан каждой лампой для получения в расчетной точке требуемой (нормированной) освещенности.

6. По найденному расчетному световому потоку подбирают лампу требуемой мощности.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Применение точечного метода расчета освещения

2) Что необходимо сделать перед началом расчета освещения точечным методом

3) Последовательность расчета освещенности точечным методом

6 Список литературы

15. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 5

Тема: Построение расчетной схемы сети

Цель: 1) изучение построения расчетной схемы сети

расчета цепей методом непосредственного применения законов Кирхгофа

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Построение расчетной схемы сети

Для выбора сечений отдельных участков электрической сети по условиям нагревания и экономической плотности тока достаточно знать только токовые нагрузки этих участков сети. Расчет сети по потере напряжения может быть выполнен только в том случае, если известны не только нагрузки, но и длины всех участков сети. В связи с этим, приступая к

расчету сети, необходимо прежде всего составить ее расчетную схему, на которой должны быть указаны нагрузки и длины всех участков.

При расчетах трехфазных сетей нагрузки всех трех фазных проводов принимаются одинаковыми. В действительности это условие строго выполняется лишь для силовых сетей с трехфазными электродвигателями. Для сетей с однофазными электроприемниками, например для городских сетей с осветительными лампами и бытовыми приборами, всегда имеется некоторая неравномерность распределения нагрузки по фазам линии. При практических расчетах сетей с однофазными приемниками условно также принимают распределение нагрузок по фазам равномерным.

При условии равномерной нагрузки фаз линии в расчетной схеме нет необходимости указывать все провода сети. Достаточно представить [однолинейную схему](#) с указанием всех присоединенных к сети нагрузок и длин всех участков сети. На схеме также должны быть указаны места установки [плавких предохранителей](#) или других защитных аппаратов.

При составлении расчетной схемы электропроводки внутри помещения следует пользоваться планами и разрезами здания, на которых должна быть нанесена электропроводка с указанием точек присоединения электроприемников.

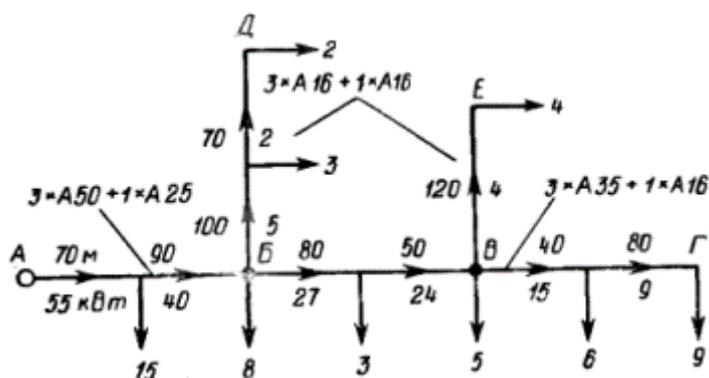
Расчетная схема наружной сети составляется по плану поселка или промышленного предприятия, на котором также должна быть нанесена сеть и указаны точки присоединения групп электроприемников (домов или отдельных зданий промышленного предприятия).

Длины всех участков сети измеряются по чертежу с учетом масштаба, в котором он вычерчен. При отсутствии чертежа длины всех участков сети должны быть измерены в натуре.

При составлении расчетной схемы сети соблюдение масштаба для участков сети не требуется. Следует лишь соблюдать правильную последовательность соединения отдельных участков сети между собой.

На рисунке представлен пример расчетной схемы линии наружной сети поселка. Длины участков сети на схеме указаны сверху и слева в метрах, снизу и справа нагрузки представлены стрелками, у которых указаны расчетные мощности в киловаттах. Линия АБВ называется магистралью, участки БД, ВЕ и ВГ — ответвлениями.

Как видно из рисунка, отдельные участки сети представлены без масштаба, что не мешает точности расчета, если длина участков указана правильно.



Расчетная схема участка наружной сети 380/220 В жилого поселка.

Определение расчетных нагрузок электрической сети

Определение расчетных нагрузок (мощностей) является значительно более сложной задачей. Осветительная лампа, нагревательный прибор или телевизор при номинальном напряжении на зажимах потребляет определенную номинальную мощность, которая может быть принята за расчетную мощность этого приемника. Сложнее обстоит дело с электродвигателем, для которого потребляемая из сети мощность зависит от момента вращения связанного с двигателем механизма — станка, вентилятора, транспортера и т. п.

На [табличке, прикрепленной к корпусу двигателя](#), указывается его номинальная мощность. Фактическая мощность, потребляемая двигателем из сети, отличается от номинальной. Например, нагрузка двигателя токарного станка будет меняться в зависимости от размера обрабатываемой детали, толщины снимаемой стружки и т. п.

Двигатель выбирается по наиболее тяжелым условиям работы станка, в связи с чем при других режимах работы [двигатель будет недогружен](#). Таким образом, расчетная мощность двигателя, как правило, меньше его номинальной мощности.

Определение расчетной мощности для группы электроприемников еще более усложняется, так как в этом случае приходится учитывать возможное число включенных приемников.

Представим себе, что нужно определить расчетную нагрузку для линии, питающей мастерскую, в которой установлено 30 электродвигателей. Из них только некоторые будут работать непрерывно (например, двигатели, соединенные с вентиляторами).

Двигатели станков работают с перерывами на время установки новой детали для обработки. Часть двигателей может работать с неполной нагрузкой или вхолостую и т. д. При этом нагрузка линии, питающей мастерскую, не будет оставаться постоянной. Понятно, что за расчетную нагрузку линии следует принять наибольшую возможную нагрузку, как наиболее тяжелую для проводников линии.

Под наибольшей нагрузкой понимается не кратковременный ее толчок, а наибольшее среднее значение за получасовой период времени.

Расчетная нагрузка (кВт) группы электроприемников может быть определена по формуле

$$P = k_c \cdot P_r$$

где K_c - [коэффициент спроса](#) для режима наибольшей нагрузки, учитывающий наибольшее возможное число включенных приемников группы. Для двигателей коэффициент спроса должен учитывать также величину их загрузки;

P_r - установленная мощность группы приемников, равная сумме их номинальных мощностей, кВт. Вы всегда можете более подробно ознакомиться с методами определения расчетных нагрузок по специальной литературе.

Определение расчетного тока линии для одного электроприемника и группы электроприемников

При выборе сечения проводников по условию нагревания или по экономической плотности тока необходимо определить величину расчетного тока линии. Для трехфазного электроприемника величина расчетного тока (А) определяется по формуле

$$I = \frac{1000 \cdot P}{1,73 \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

где P - расчетная мощность приемника, кВт; U_n - номинальное напряжение на зажимах приемника, равное междуфазному (линейному) напряжению сети, к которой он присоединяется, В; $\cos \varphi$ - [коэффициент мощности](#) приемника.

Этой формулой можно также пользоваться для определения расчетного тока группы трехфазных или однофазных приемников при условии, что однофазные приемники присоединены поровну ко всем трем фазам линии. Величина расчетного тока (А) для однофазного приемника или для группы приемников, присоединенных к одной фазе сети трехфазного тока, определяется по формуле

$$I = \frac{1000 \cdot P}{U_{нф} \cdot \cos \varphi}$$

где $U_{нф}$ - номинальное напряжение приемников, равное фазному напряжению сети, к которой они присоединяются, В.

Величина расчетного тока для группы приемников, присоединенных к линии однофазного тока, также определяется по этой формуле.

Для [ламп накаливания](#) и нагревательных приборов коэффициент мощности $\cos \varphi = 1$. В этом случае формулы для определения расчетного тока соответственно упрощаются.

Определение тока по расчетной схеме электрической сети

Вернемся к расчетной схеме наружной сети жилого поселка, представленной на рисунке. На этой схеме расчетные нагрузки присоединенных к линии домов указаны в киловаттах у концов соответствующих стрелок. Для выбора сечения проводов линии необходимо знать нагрузку всех участков.

Эта нагрузка определяется на основании [первого закона Кирхгофа](#), по которому для любой точки сети сумма приходящих токов должна быть равна

сумме выходящих токов. Этот закон справедлив также для нагрузок, выраженных в киловаттах.

Найдем распределение нагрузок по участкам линии. В конце линии на участке длиной 80 м, примыкающем к точке Г, нагрузка 9 кВт равна расчетной нагрузке присоединенного к линии в точке Г дома. На участке ответвления длиной 40 м, примыкающем к точке В, нагрузка равна сумме нагрузок домов, присоединенных на участке ВГ ответвления: $9+6=15$ кВт. На участке магистрали длиной 50 м, примыкающем к точке В, нагрузка составляет $15 + 4+5=24$ кВт.

Подобным же образом определяются нагрузки всех остальных участков линии. Для того чтобы не снабжать все указанные на схеме числа обозначениями соответствующих единиц (м, кВт), длины и нагрузки на схеме должны быть расположены в определенном порядке. На расчетной схеме рисунка длины участков линии указаны сверху и слева, нагрузки этих же участков — снизу и справа.

Пример. Четырехпроводная линия номинальным напряжением 380/220 В питает мастерскую, в которой установлено 30 электродвигателей, суммарная установленная мощность $P_{у1} = 48$ кВт. Суммарная мощность ламп освещения мастерской составляет $P_{у2} = 2$ кВт, коэффициент спроса для силовой нагрузки $K_{с1}=0,35$ и для осветительной нагрузки $K_{с2}=0,9$. Средний коэффициент мощности для всей установки $\cos \phi=0,75$. Определить расчетный ток линии.

Решение. Определяем расчетную нагрузку электродвигателей: $P_1 = 0,35 \times 48 = 16,8$ кВт и расчетную нагрузку освещения $P_2=0,9 \times 2=1,8$ кВт. Суммарная расчетная нагрузка $P= 16,8 + 1,8= 18,6$ кВт.

Определяем расчетный ток:

$$I = \frac{1000 \cdot 18,6}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,75} = 38 \text{ А}$$

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что достаточно знать для выбора сечений отдельных участков электрической сети по условиям нагревания и экономической плотности тока
- 2) Определение расчетного тока линии для одного электроприемника и группы электроприемников
- 3) Определение тока по расчетной схеме электрической сети

6 Список литературы

16. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 6

Тема: Выбор сечения кабеля и провода: по нагреву, по току, по потере напряжения

Цель: 1) изучение выбора сечения кабеля и провода: по нагреву, по току, по потере напряжения

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Сечение проводов и кабелей определяют, исходя из допустимого нагрева с учетом нормального и аварийного режимов, а также неравномерного распределения токов между отдельными линиями.

Выбор сечения кабеля и провода по нагреву

Выбор сечения из условий допустимого нагрева сводится к пользованию соответствующими таблицами длительно допустимых токовых нагрузок I_d при которых токопроводящие жилы нагреваются до предельно допустимой температуры, установленной практикой так, чтобы предупредить преждевременный износ изоляции, гарантировать надежный контакт в местах соединения проводников и устранить различные аварийные ситуации, что наблюдается при $I_d \geq I_p$, I_p - расчетный ток нагрузки.

Периодические нагрузки повторно-кратковременного режима при выборе сечения кабеля пересчитывают на приведенный длительный ток

$$I_p = I_{пв} \cdot \frac{\sqrt{ПВ}}{0,875}$$

где $I_{пв}$ - ток повторно-кратковременного режима приемника с продолжительностью включения ПВ.

При выборе сечения проводов и кабелей следует иметь в виду, что при одинаковой температуре нагрева допустимая плотность тока токопроводящих жил большего сечения должна быть меньше, так как увеличение сечения их происходит в большей степени, чем растет охлаждающая поверхность (смотрите рис. 1). По этой причине часто с целью экономии цветных металлов вместо одного кабеля большего сечения выбирают два или несколько кабелей меньшего сечения.

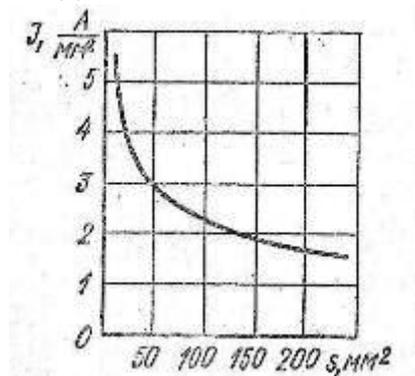


Рис 1. График зависимости допустимой плотности тока от сечения медных жил открыто проложенного трехжильного кабеля на напряжение 6 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, нагретых током до температуры +65 °С при температуре воздуха +25 °С.

При окончательном **выборе сечения проводов и кабелей из условия допустимого нагрева** по соответствующим таблицам необходимо учитывать не только **расчетный ток линии, но и способ прокладки ее, материал проводников и температуру окружающей среды.**

Кабельные линии на напряжение выше 1000 В, выбранные по условиям допустимого нагрева длительным током, проверяют еще на нагрев токами короткого замыкания. В случае превышения температуры медных и алюминиевых жил кабелей с бумажной пропитанной изоляцией напряжением до 10 кВ свыше 200 °С, а кабелей на напряжения 35 - 220 кВ свыше 125 °С сечение их соответственно увеличивают.

Сечение жил проводов и кабелей сетей внутреннего электроснабжения напряжением до 1000 В согласуют с коммутационными возможностями аппаратов защиты линий - плавких предохранителей и автоматических выключателей - так, чтобы оправдывалось неравенство $I_d / I_z \leq k_z$, где k_z - кратность допустимого длительного тока проводника по отношению к номинальному току или току срабатывания аппарата защиты I_z (из ПУЭ). Несоблюдение приведенного неравенства вынуждает выбранное сечение жил соответственно увеличить.

Выбор сечения кабелей и проводов по потере напряжения

Сечение кабелей и проводов, выбранное из условий нагрева и согласованное о коммутационными возможностями аппаратов защиты, нужно проверять на **относительную линейную потерю напряжения.**

$$\Delta U = \frac{U - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100$$

где U — напряжение источника электрической энергии, $U_{\text{ном}}$ - напряжение в месте присоединения приемника.

Допустимое отклонение напряжения на зажимах двигателей от номинального не должно превышать $\pm 5\%$, а в отдельных случаях оно может достигать $+10\%$.

В осветительных сетях снижение напряжения у наиболее удаленных ламп внутреннего рабочего освещения и прожекторных установок наружного освещения не должно превышать $2,5\%$ номинального напряжения ламп, у ламп наружного и аварийного освещения — 5% , а в сетях напряжением 12..,42 В — 10% . Больше снижение напряжения приводит к существенному уменьшению освещенности рабочих мест, вызывает снижение производительности труда и может привести к условиям, при которых зажигание газоразрядных ламп не гарантировано. Наибольшее напряжение на лампах, как правило, не должно превышать 105% его номинального значения.

Повышение напряжения сетей внутреннего электроснабжения выше предусмотренного нормами не допустимо, так как оно приводит к

существенному увеличению расхода электрической энергии, сокращению срока службы силового и осветительного электрооборудования, а иногда к снижению качества выпускаемой продукции.

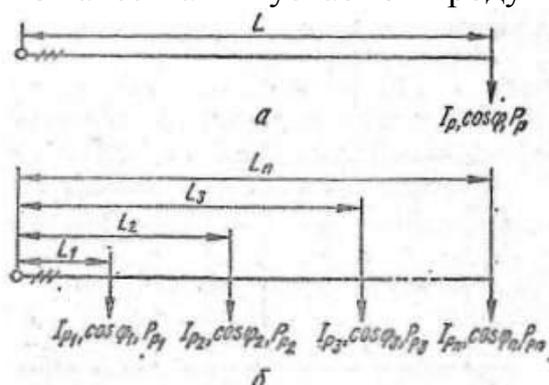


Рис. 2. Расчет потери напряжения в трехфазной трехпроводной линии при выборе сечения кабелей и проводов: а - с одной нагрузкой на конце линии, б - с несколькими распределенными нагрузками.

Проверку сечения проводников трехфазной трехпроводной линии с одной нагрузкой в конце ее (рис. 2, а), характеризуемой расчетным током I_p и коэффициентом мощности $\cos \varphi$ на относительную линейную потерю напряжения, выполняют так:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{U_{ном}} \cdot (R_0 \cdot \cos \varphi + X_0 \cdot \sin \varphi) \cdot I_p \cdot L = \frac{10^5}{U_{ном}^2} \cdot (R_0 + X_0 \cdot \tan \varphi) \cdot P_p \cdot L$$

где $U_{ном}$ — номинальное линейное напряжение сети, В, R_0 и X_0 — соответственно активное и индуктивное сопротивление одного километра линии, выбираемое из справочных таблиц, Ом / км, P_p — расчетная активная мощность нагрузки, кВт, L — длина линии, км.

Для неразветвленной магистральной трехфазной трехпроводной линии постоянного сечения, несущей распределенные вдоль нее нагрузки с расчетными токами $I_{p1}, I_{p2}, \dots, I_p$ и соответствующими коэффициентами мощности $\cos \varphi_1, \cos \varphi_2, \dots, \cos \varphi$, удаленными от источника питания на расстояния L_1, L_2, \dots, L_n (рис. 2, б), относительная линейная потеря напряжения до наиболее удаленного приемника:

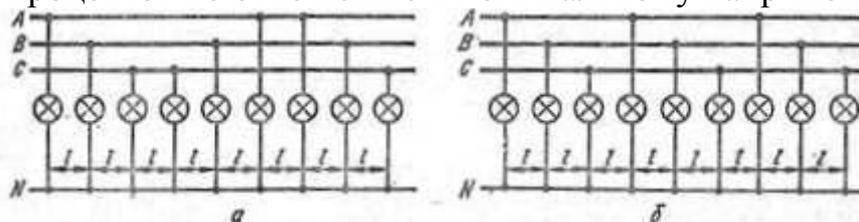
$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{U_{ном}} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (R_0 \cdot \cos \varphi_i + X_0 \cdot \sin \varphi_i) \cdot I_{pi} \cdot L_i = \frac{10^5}{U_{ном}^2} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (R_0 + X_0 \cdot \tan \varphi_i) \cdot P_{pi} \cdot L_i$$

где P_{pi} активная мощность — расчетная i -й нагрузки, удаленной от источника питания на расстояние L .

Если расчетная относительная потеря напряжения dU получится выше допустимой нормами, приходится выбранное сечение увеличить с тем, чтобы обеспечить нормируемое значение этой величины.

При небольших сечениях проводов и кабелей индуктивным сопротивлением X_0 можно пренебречь, что существенно упрощает соответствующие вычисления. в трехфазных трехпроводных распределительных сетях наружного освещения отличающихся значительной протяженностью, следует обращать внимание на правильное включение равноудаленных светильников, ибо в противном случае потери напряжения

распределяются по фазам неравномерно и могут достигнуть нескольких десятков процентов по отношению к номинальному напряжению.



Схемы включения равноудаленных светильников наружного освещения: а - правильная, б - неправильная

Выбор сечения кабеля по экономической плотности тока

Выбор сечения проводов и кабелей без учета экономических факторов может привести к значительным потерям электрической энергии в линиях и существенному возрастанию эксплуатационных расходов. По этой причине сечение проводников электрических сетей внутреннего электроснабжения значительной протяженности, а также сетей, работающих с большим числом часов использования максимума нагрузки - $T_{max} > 4000$ ч - должно быть не менее отвечающего **рекомендованной экономической плотности тока**, устанавливающей оптимальное соотношение между капитальными затратами и эксплуатационными расходами, которое определяют так:

$$S_{э} = \frac{I_p}{J_{э}}$$

где I_p — расчетный ток линии без учета повышения нагрузки при авариях и ремонтах, $J_{э}$ — экономическая плотность тока из расчета окупаемости капитальных затрат в течение 8 - 10 лет.

Расчетное экономическое сечение округляют до ближайшего стандартного и, если оно окажется свыше 150 мм², одну кабельную линию заменяют двумя или несколькими кабелями с суммарным сечением, соответствующим экономическому. Применять кабели с малоизменяющейся нагрузкой сечением менее 50 мм² не рекомендуется.

В трехфазных четырехпроводных сетях сечение нейтрального провода не рассчитывают, а принимают не менее 50% от сечения, выбранного для главных проводов, а в сетях, питающих газоразрядные лампы, вызывающие появление высших гармоник тока, такое же, как и главных проводов.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Выбор сечения кабеля и провода по нагреву
- 2) Выбор сечения кабелей и проводов по потере напряжения
- 3) Выбор сечения кабеля по экономической плотности тока

6 Список литературы

17. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 7

Тема: Выбор марки и сечения кабеля

Цель: 1) изучение выбора марки и сечения кабеля

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Основное правило при выборе – приобретать товар только у известных производителей. Так же следует уделять внимание тому, из какого металла сделан кабель. Алюминиевый кабель дешевле, но он быстро окисляется при соприкосновении с воздухом, имеет ограниченную гибкость и меньшую проводимость по сравнению с медным кабелем. Медный кабель дороже алюминиевого, но лишен его недостатков.

Так же при выборе надо определиться с сечением кабеля (точнее площадь поперечного сечения). Сечение кабеля следует выбирать с расчетом на будущую нагрузку на сеть. Стоит учитывать и то, что для алюминиевых проводов следует выбирать сечение на ступень выше, так как их проводимость составляет порядка 60% от проводимости медного кабеля. Основные виды сечения: 0.75; 1; 1.5; 2.5; 4; 6; 10. Единица измерения сечения – квадратный миллиметр (мм²).

Для жилого помещения подойдут бытовой провод ПВС, кабели ВВГ, ВВГнг, NYM. Последний вид кабеля содержит дополнительный слой мелорезиновой изоляции, которая предотвращает образование трещин при эксплуатации в неблагоприятных условиях. В качестве внешней изоляции здесь используется более эластичный пластикат, что также повышает безопасность. Вследствие чего этот кабель приобретает все большую популярность.

Кабель NYM предназначен для промышленного и бытового стационарного монтажа (открытого или скрытого) цепей электрических сетей внутри помещений и на открытом воздухе. Применение вне помещений возможно только вне прямого воздействия солнечного света. Возможно применение кабеля поверх штукатурки, в ней и под ней, в сухих, влажных и мокрых помещениях, а так же в кирпичной кладке и в бетоне, за исключением прямой запрессовки в виброзасыпной и штамповочный бетон. В этом случае прокладка должна осуществляться в трубах, в закрытых установочных каналах.

Конструкция кабеля NYM

Жила: однопроволочный медный проводник

Изоляция: поливинилхлоридный (ПВХ) пластикат с отличительной окраской:

- 2-жильные: черная и голубая

- 3-жильные: черная, голубая, желто-зеленая
- 4-жильные: черная, голубая, желто-зеленая, коричневая
- 5-жильные: черная, голубая, желто-зеленая, коричневая и черная с отличительной маркировкой.

Промежуточная оболочка: мелонаполненная резина

Наружная оболочка: не поддерживающий горение

поливинилхлоридный пластикат светло-серого цвета.

В кабеле NYM используется промежуточная оболочка из мелонаполненной резины, что:

- позволяет легко и удобно "разделять" кабель при монтаже
- повышает пожаробезопасность кабеля
- увеличивает гибкость кабеля

ПВС — это гибкий, медный провод со скрученными жилами и круглым сечением предназначен для подключения бытовых электроприборов и электроинструмента, средств малой механизации для садоводства, приборов микроклимата к источникам питания, а так же для изготовления удлинителей. Монтаж производится при температуре окружающей среды от -15 оС до +40 оС. Изоляция и оболочка выполнены из ПВХ-пластиката. Токопроводящая жила — медная отожжённая проволока повышенной гибкости.

ВВГ — силовой кабель, предназначенный для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на напряжение 0,66 и 1кВ при температуре окружающей среды от -50 оС до +50 оС при относительной влажности до 98% (при t до +35 оС). Кабели ВВГ предназначены для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях, на специальных кабельных эстакадах, в блоках..

Прокладка (монтаж) данной группы силовых кабелей допускается (без предварительного прогрева) при температуре не ниже -15 оС. Кабели данного вида должны прокладываться с радиусом изгиба не менее 6 диаметров кабеля. Токопроводящая жила: медная, одно или многопроволочная. Изоляция — ПВХ пластикат. Оболочка — ПВХ-пластикат (для кабелей с индексом «НГ» — ПВХ-пластикат пониженной горючести). При укладке данного типа кабеля необходимо обратить внимание на то, чтобы радиус изгиба не снижался менее шести диаметров поперечных сечений провода.

Кабель ВВГ с индексом «НГ», отличается от стандартного только тем, что его оболочка содержит негорючие материалы, поэтому он с успехом применяется для повышения уровня электрической безопасности объекта.

Жила кабеля ВВГнг - круглая из мягкой медной проволоки. При сечении от 16 мм² выполняется многопроволочной. Кабель ВВГнг используется для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях, на специальных кабельных эстакадах, в блоках, а также для прокладки на открытом воздухе. Кабели не рекомендуются для прокладки в земле (траншеях).

Кабель ВВГнг LS имеет медную токопроводящую жилу, однопроволочную или многопроволочную, круглой или секторной формы, 1 или 2 класса по ГОСТ. Изоляция Кабеля ВВГнг-LS выполняется из поливинилхлоридной композиции пониженной пожароопасности. Изолированные жилы многожильных кабелей имеют отличительную расцветку. Изоляция нулевых жил голубого цвета. Изоляция жил заземления двухцветной (зелено-желтой расцветки). Скрутка - изолированные жилы двух-, трех-, четырехжильных кабелей скручены; двух- и трехжильные кабели имеют жилы одинакового сечения, четырехжильные имеют все жилы одинакового сечения или одну жилу меньшего сечения (жилу заземления или нулевую).

Кабель ВВГнг-LS, не распространяет горение, с низким дымо- и газовыделением предназначен для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение 660 В и 1000 В частоты 50 Гц. Кабели изготавливаются для общепромышленного применения и атомных станций при поставках на внутренний рынок и на экспорт.

Сечение провода, мм квадратный	Ме	Ме	Алюм	Алюм
	данные изолир. провода. Открытая проводка: ток, А	данные изолир. провода. Скрытая проводка: ток, А	инициальные изолир. провода. Открытая проводка: ток, А	инициальные изолир. провода. Скрытая проводка: ток, А
0,5	11	-	-	-
0,75	15	-	-	-
1	17	15	-	-
1,5	23	17	-	-
2,5	30	25	24	19
4	41	35	33	28
6	50	42	39	32
10	80	60	60	47

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Конструкция кабеля NYM
- 2) Назначение кабеля NYM
- 3) Кабель ВВГ с индексом «НГ»

6 Список литературы

18. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.
Составил Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 8

Тема: Выбор материала электронагревателя печи сопротивления

Цель: 1) изучение выбора материала электронагревателя печи сопротивления

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Нагревательные элементы изготовляют из металлических, металлокерамических и карбидкремниевых материалов. Чаще всего используют сплавы, имеющие высокое электрическое сопротивление: нихромы и фехрали. Нихромы имеют следующие максимальные рабочие температуры: Х23Н18 800 °С, Х15Н60 950 °С, Х20Н80 1100 °С. Фехрали имеют несколько более высокие рабочие температуры: 0Х23Ю5А 1200 °С, 0Х27ЮА5 1300 °С.

Нихромы и фехрали имеют соответственно следующие удельные электрические сопротивления, Ом·мм²/м: $\rho_1 = 1,2(1 + 0,0001t)$; $\rho_2 = 1,5(1 + 0,0001t)$.

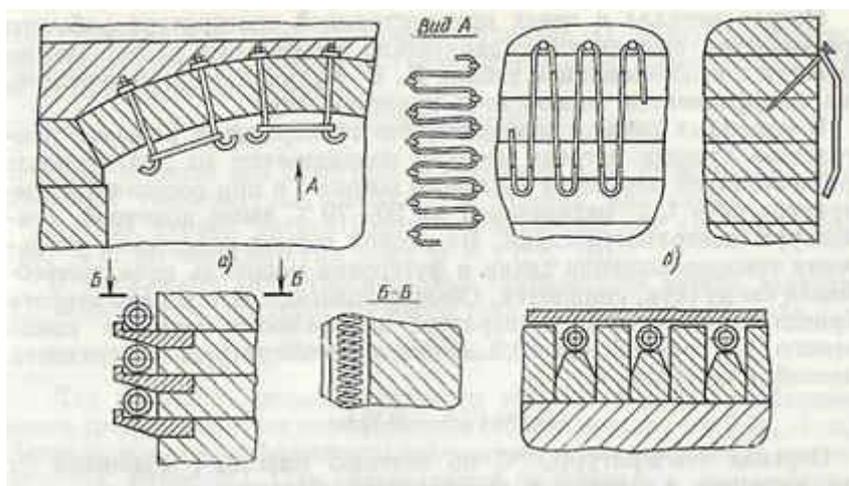
Во время работы хромелевые нагреватели становятся очень хрупкими, что практически исключает их ремонт.

Металлические нагревательные элементы обычно изготовляют из проволоки диаметром 3—15 мм или лент толщиной более 1 мм при отношении толщины к ширине до 10. С целью повышения долговечности нагревателей при температуре печи более 1000 °С их рекомендуют изготовлять из проволоки диаметром не менее 5 мм. По стоимости изготовления и монтажа, расходу дефицитного сплава проволочные нагреватели оказываются более экономичными, чем ленточные. Из проволоки изготовляют нагреватели в виде спирали или зигзагообразные, из ленты — только зигзагообразные. Конструкции проволочных нагревателей приведены на рис. 6.4. Диаметр спиралей, шаг, высоту зигзагов выбирают из соображений их механической прочности при рабочей температуре и рационального размещения на внутренней поверхности кладки печи. Для нихромовой проволоки отношение диаметра спирали D к диаметру проволоки следует принимать не более 6—8, а для фехралей 4—6. Шаг спиралей $h \approx 2d$.

Шаг проволочных зигзагов принимают не менее $5,5d$. Высоту зигзагов при вертикальном размещении принимают до 600 мм, а при горизонтальном — 450 мм, причем через 200 мм высоты зигзага следует устанавливать керамические разделители.

Большое распространение получили также спиральные нагреватели на керамических трубках. По теплоотдаче и сроку службы они значительно эффективнее, чем спиральные нагреватели в подах или полочках.

Металлокерамические нагреватели изготавливают из дисилицида молибдена ($MoSi_2$). Рациональный интервал рабочих температур этих нагревателей составляет $1400—1450\text{ }^{\circ}\text{C}$, а максимально допустимая температура может быть повышена до $1700\text{ }^{\circ}\text{C}$. С повышением температуры нагревателя от нормальной до $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ его электрическое сопротивление возрастает почти в 12 раз; поэтому печи необходимо снабжать понижающими трансформаторами.



Б) г)

Рис. 6.4. Схемы размещения проволочных нагревателей в печи: а, б — на крючках; в — на полочках; г — в пазах пода

Карбидкремниевые (карборундовые) нагреватели (SiC) используют при температуре печи не выше $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$, что соответствует температуре нагревателя не более $1450—1500\text{ }^{\circ}\text{C}$. При нагреве удельное электрическое сопротивление этого нагревателя снижается.

Отрицательное свойство карборунда — его склонность к старению, увеличивающему сопротивление, особенно при высоких температурах. Поэтому печь должна снабжаться ступенчатым трансформатором, позволяющим регулировать напряжение с учетом его повышения против номинального в 2 раза.

Печи с этими нагревателями изготавливают как камерными, так и методическими. Первые выпускают мощностью до 125 кВт, вторые — до 200 кВт. С целью увеличения срока службы карбидкремниевых нагревателей печи строят двухкамерными. В нижней камере, имеющей металлические нагреватели, заготовки подогревают до 800 °С, а затем их передают в верхнюю камеру, снабженную нагревателями из карборунда.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Из чего изготавливают нагревательные элементы
- 2) Из чего обычно изготавливают металлические нагревательные элементы
- 3) Отрицательное свойство карборунда

6 Список литературы

19. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 9

Тема: Электрические печи сопротивления периодического действия

Цель: 1) изучение электрических печей сопротивления периодического действия 2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

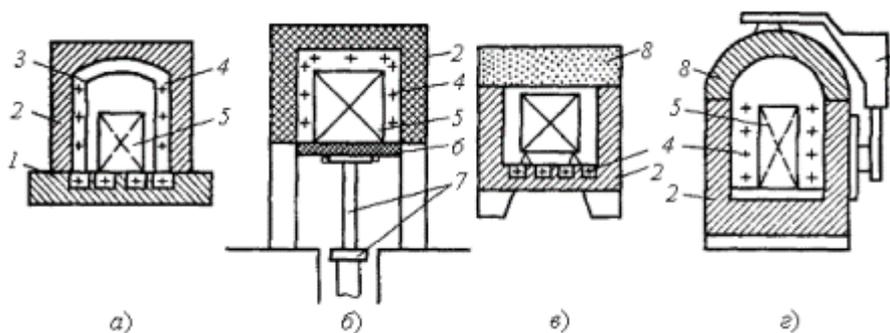
4.1 Краткие теоретические сведения

Электрические печи сопротивления периодического действия

Электropечи сопротивления периодического действия разнообразны по конструкции, их применяют в индивидуальном или мелкосерийном производстве. Из них наиболее широко распространены колпаковые, элеваторные, камерные и шахтные печи.

Колпаковая печь – печь периодического действия с открытым снизу подъемным нагревательным колпаком и неподвижным стендом.

Нагреваемые детали (садка) 5 с помощью подъемно-транспортных устройств помещаются на стенд 1. Поверх них сначала устанавливается жаропрочный колпак – муфель 3, а затем основной колпак 2 камеры печи, выполненной из металлического каркаса с огнеупорной футеровкой. Нагревательные элементы 4 расположены по боковым стенкам колпака и в кладке стенда. Питание нагревательных элементов осуществляется с помощью гибких кабелей и штепсельных разъемов.



Печи сопротивления периодического действия: а – колпаковая; б – элеваторная; в – камерная; г – шахтная; 1 – стенд; 2 – камера печи; 3 – жаропрочный муфель; 4 – нагревательные элементы; 5 – нагреваемое изделие (садка); 6 – опускающийся под; 7 – подъемное устройство; 8 – свод; 9 – механизм подъема свода

По окончании нагрева электропитание колпака отключается и он переносится на соседний стенд, где уже установлена очередная загрузка для нагрева. Остывание садки происходит на стенде под жароупорным муфелем, что обеспечивает необходимую скорость остывания.

В колпаковых печах при каждом цикле теряется лишь теплота, запасенная в муфеле и кладке стенда, что составляет 10–15 % от теплоты, запасенной в кладке колпака.

Мощность колпаковых печей достигает нескольких сотен киловатт.

Благодаря тому что колпак и муфель могут быть герметизированы, нагрев и остывание садки можно проводить в защитной атмосфере.

Элеваторная электропечь – печь периодического действия с открытой снизу неподвижной камерой нагрева 2 и с опускающимся подом 6. Она представляет собой цилиндрическую или прямоугольную камеру, установленную на колоннах на высоте 3–4 м над уровнем пола цеха.

Под печи поднимается и опускается гидравлическим или электромеханическим подъемником, который установлен под камерой нагрева. Нагреваемые изделия – садку 5 нагружают на тележку, затем с помощью лебедки продвигают под печь и поднимают подъемником 7, вдвигая в камеру. По окончании технологического процесса под опускается и изделие снимается.

В низкотемпературных печах нагреватели 4 расположены на стенках. В высокотемпературных печах нагреватели расположены на стенках и в поду.

Элеваторные печи служат для отжига, эмалирования, цементации, обжига керамических изделий, спекания и металлизации деталей.

Печи комплектуются многоступенчатыми трансформаторами.

Камерная электропечь – печь периодического действия с камерой нагрева, загрузка и разгрузка садки которой производятся в горизонтальном направлении. Камерная печь состоит из прямоугольной камеры 2 с огнеупорной футеровкой и теплоизоляцией, перекрытой сводом 8 и помещенной в металлический кожух. Печь загружается и выгружается через закрываемое дверцей отверстие в передней части.

В поду камерной печи обычно имеется жароупорная плита, на которой расположены нагреватели 4. В печах до 1000 К теплообмен обеспечивается за счет излучения или вынужденной конвекции, обеспечиваемой замкнутой циркуляцией печной атмосферы.

Шахтная печь представляет собой круглую, квадратную или прямоугольную шахту. Корпус печи заглублен в землю и перекрывается сверху крышкой с затвором и электроприводом. Нагревательные элементы в ней установлены обычно по боковым стенкам.

Электропечи сопротивления непрерывного действия (методические печи)

При установившемся технологическом процессе термообработки для увеличения производительности предпочтительно применять непрерывно действующие печи. В зависимости от требований технологического процесса в таких печах кроме нагрева изделий до заданных температур можно производить выдержку при этой температуре, а также их охлаждение. В таком случае печи выполняются состоящими из нескольких зон, протяженность которых зависит от конкретных условий проведения технологического процесса.

Часто печи непрерывного действия объединяют в один полностью механизированный и автоматизированный агрегат, состоящий из нескольких печей. В частности, такая линия может включать в себя закалочную и отпускную печи, закалочный бак, моечную машину и сушилку.

Конструкции печей непрерывного действия различаются в основном механизмами перемещения нагреваемых изделий в рабочем пространстве печи.

Конвейерная печь – печь непрерывного действия с перемещением садки на горизонтальном конвейере.

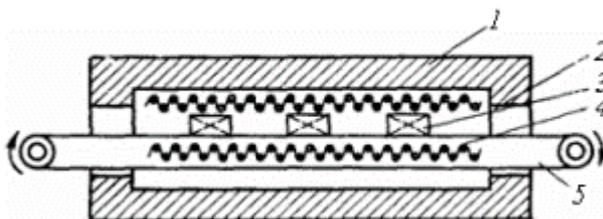


Схема конвейерной электропечи: 1 – теплоизолированный корпус; 2 – загрузочное окно; 3 – нагреваемое изделие; 4 – нагревательные элементы; 5 – конвейер

Под печи представляет собой конвейер – полотно, натянутое между двумя валами, которые приводятся в движение специальными двигателями. Нагреваемые изделия укладываются на конвейер и передвигаются на нем через рабочее пространство печи. Конвейерная лента может быть выполнена плетеной из нихромовой сетки, штампованных пластин и соединяющих их прутков, а также для тяжелых нагреваемых изделий – из штампованных или литых цепных звеньев.

Конвейер размещается целиком в камере печи и не остывает. Однако валы конвейера находятся в очень тяжелых условиях и требуют водяного охлаждения. Поэтому часто концы конвейера выносят за пределы печи. В этом случае значительно облегчаются условия работы валов, но возрастают потери теплоты в связи с остыванием конвейера у разгрузочных и загрузочных концов. Нагреватели в конвейерных печах чаще всего размещаются на своде или в поду под верхней частью ленты конвейера, реже – на боковых стенках.

Конвейерные нагревательные печи в основном применяются для нагрева сравнительно мелких деталей до температуры около 1200 К.

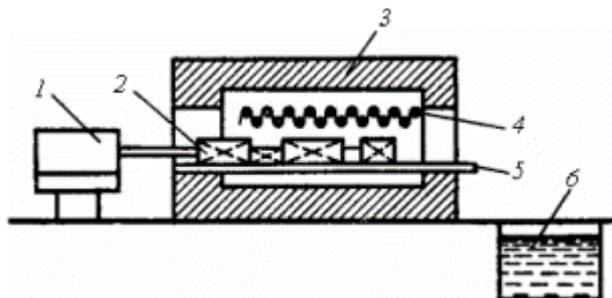


Схема толкательной печи: 1 – толкатель с приводным механизмом; 2 – нагреваемые изделия; 3 – теплоизолированный корпус; 4 – нагревательные элементы; 5 – подина печи; 6 – закалочная ванна

Для высоких температур (выше 1400 К) применяются печи непрерывного действия с перемещением садки путем проталкивания вдоль рабочего пространства – толкательные печи. Они применяются для нагрева как мелких, так и крупных деталей. На поду таких печей устанавливаются направляющие в виде труб, рельсов или роликового пода, изготовленных из жароупорного материала, и по ним в сварных или литых специальных поддонах перемещаются нагреваемые изделия.

Перемещение поддонов обеспечивается электромеханическими или гидравлическими толкающими устройствами. Основное преимущество таких печей перед другими типами – их относительная простота, отсутствие сложных деталей из жароупорных материалов. Их недостатки – наличие поддонов, применение которых ведет к увеличению тепловых потерь и к повышенному расходу электрической энергии, ограниченный срок службы поддонов.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Колпаковая печь

2) Электроды сопротивления непрерывного действия (методические печи)

3) Достоинства и недостатки электрических печей сопротивления периодического действия

6 Список литературы

20. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 10

Тема: Дуговая сварка

Цель: 1) изучение дуговой сварки

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

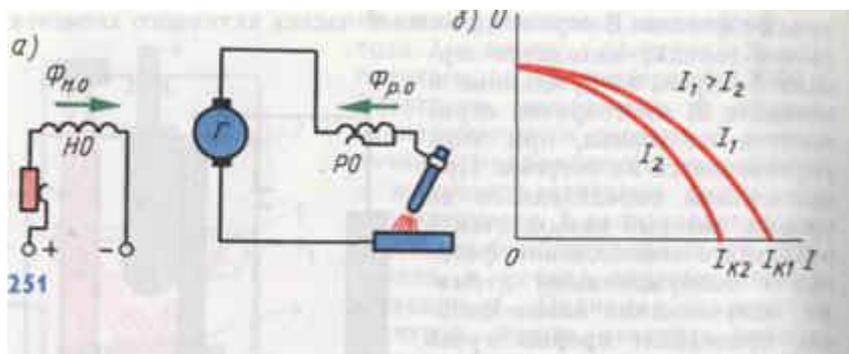
4.1 Краткие теоретические сведения

При дуговой сварке детали нагревают с помощью электрической дуги. Детали сами служат одним из электродов дуги. Черные металлы сваривают стальным электродом с обмазкой. В процессе сварки электрод расплавляется и образует шов. Детали из цветных металлов чаще сваривают с помощью угольного или графитового электрода — катода. Присадку вводят в зону сварки в виде отдельного присадочного прутка.

Устройства дуговой сварки отличаются повышенной электроопасностью. Поэтому напряжение холостого хода источников питания не превышает 90 В, рабочее напряжение составляет 35—70 В, напряжение дуги находится в пределах 35—50 В.

Сварочный ток в зависимости от толщины деталей может быть 100—1200 А.

Простейшим источником питания для сварки постоянным током является генератор смешанного встречного возбуждения с последовательной размагничивающей обмоткой возбуждения РО (рис. 251, а). Внешняя характеристика генератора $U(I)$ представлена на рис. 251,б. Напряжение холостого хода генератора регулируется реостатом в цепи независимой обмотки возбуждения НО, а регулирование тока короткого замыкания I_k осуществляется изменением числа витков размагничивающей обмотки.



В настоящее время получила большее распространение сварка переменным током, так как она обеспечивает не менее высокое качество свариваемого шва при меньшей стоимости источника тока, меньшем расходе электрической энергии на единицу свариваемой продукции, большей надежности электрооборудования и меньших эксплуатационных расходах.

В качестве источников питания для дуговой сварки переменным током применяют однофазные сварочные трансформаторы с первичным напряжением 220 и 380 В. Существует три разновидности конструкции трансформаторов. В трансформаторах с нормальным магнитным рассеянием (рис. 252, а) и дополнительной реактивной катушкой первичная w_1 , вторичная w_2 и реактивная аур обмотки размещены на магнитопроводе 1. Подвижная часть магнитопровода 2 образует регулируемый зазор б, при изменении которого меняется индуктивное сопротивление реактивной обмотки, включенной последовательно с нагрузкой. Чем больше зазор, тем меньше индуктивное сопротивление обмотки шр и больше сварочный ток I_2 . Подвижная часть магнитопровода перемещается с помощью электропривода с дистанционным управлением. Такие трансформаторы выпускают на нормальные сварочные токи от 500 до 2000 А.

В трансформаторах с подвижными катушками (рис. 252,б) перемещают одну из обмоток, обычно вторичную w_2 . При сближении обмоток магнитная связь между ними усиливается, ток нагрузки растет, и наоборот. По такой схеме построены трансформаторы на сварочные токи от 150 до 600 А.

Трансформаторы с магнитными шунтами (рис. 252,в) снабжены поворотным шунтом 3 между вторичной w_2 и первичной w_1 обмотками.

Шунт закорачивает часть магнитного потока, создаваемого обмоткой w_1 ; чем меньше зазор между шунтом и основным магнитопроводом /, тем меньший поток проходит через вторичную обмотку и тем меньше сварочный ток /г.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что служит одним из электродов дуги
- 2) Что применяют в качестве источников питания для дуговой сварки переменным током
- 3) Как регулируется ток нагрузки в сварочных трансформаторах

6 Список литературы

21. М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 11

Тема: Электрооборудование сварочных установок.

Цель: 1) изучение электрооборудования сварочных установок.

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Практически нет ни одной отрасли машиностроения, приборостроения и строительства, в которых не применялись бы сварка и резка металлов. С помощью сварки получают неразъемные соединения почти всех металлов и сплавов различной толщины – от сотых долей миллиметра до нескольких метров.

Электросваркой называется процесс получения неразъемных соединений металлических деталей с применением местного нагрева электрическим током и использования сил молекулярного сцепления.

Электросварка делится на два основных вида: дуговую сварку и сварку сопротивлением, или контактную сварку. Тепловая энергия при дуговой сварке выделяется в дуговом разряде в непосредственной близости от свариваемого шва. При контактной сварке тепловая энергия выделяется

непосредственно в свариваемом стыке за счет прохождения через свариваемые детали электрического тока.

Электросварка может выполняться как на постоянном токе, так и на переменном

Сварочные установки питаются от сетей напряжением 220/380 В.

Источники сварочного тока делятся на однопостовые и многопостовые. Однопостовые источники имеют небольшую мощность, обеспечивают питание только одного сварочного поста. Многопостовые источники имеют мощность, достаточную для одновременного питания нескольких сварочных постов. По конструктивному исполнению источники сварочного тока делятся на стационарные и передвижные.

Электросварочные установки по степени механизации технологических операций разделяются на установки, в которых эти операции выполняются вручную, установки полуавтоматические (когда автоматически поддерживается электрический режим сварки, остальные операции выполняются вручную) и установки автоматические.

Различают:- сварку сопротивлением, или контактную сварку;

- дуговую сварку ;

- плазменно-дуговую;

- электронно-лучевую сварку.

Способ электрической сварки, при котором нагрев свариваемого участка происходит за счет выделения тепла в местах соприкосновения свариваемых деталей при прохождении через них сварочного тока, называется контактной сваркой.

Контактная сварка производится на переменном токе от сварочных трансформаторов, вторичные обмотки которых состоят из одного витка, замыкаемого электродами через два свариваемых куска металла.

Напряжение вторичной цепи составляет от 2 до 25 В, сила сварочного тока измеряется десятками килоампер и достигает в самых крупных машинах 300 кА, а при сварке труб - до 1,5 млн. А.

Разновидностями контактной сварки являются:

- точечная;

- стыковая;

-шовная сварки.

Машины для точечной сварки бывают автоматическими и неавтоматическими, одноточечными и многоточечными, стационарными и

переносными. Одноэлектродные машины имеют мощность от 5 до 1000 кВт с величиной сварочного тока от 0,5 до 160 кА.

Для сварки деталей толщиной менее 1 мм применяется импульсная сварка, которая проводится импульсом тока, получаемого при разряде конденсатора через первичную обмотку сварочного трансформатора, мощностью 0,1-0,2 кВА.

Для сварки стыков различных деталей применяется стыковая сварка. Стыковые машины мощностью от 0,75 до 100 кВт изготавливают с пружинными или рычажными механизмами сжатия, мощностью от 150 до 600 кВт - с приводом от электродвигателя или от гидравлического двигателя.

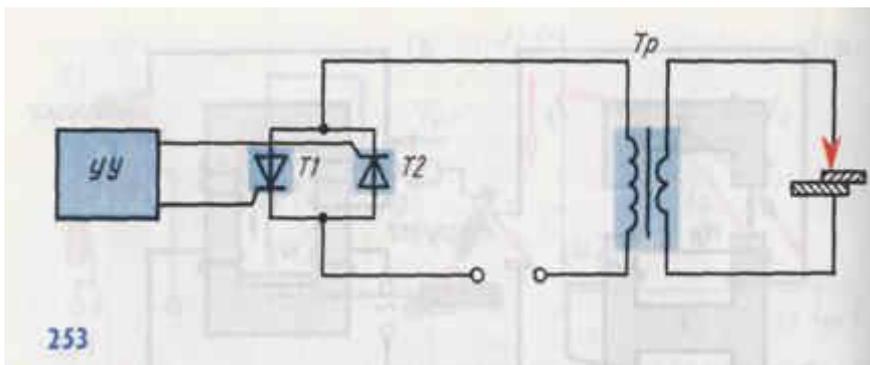
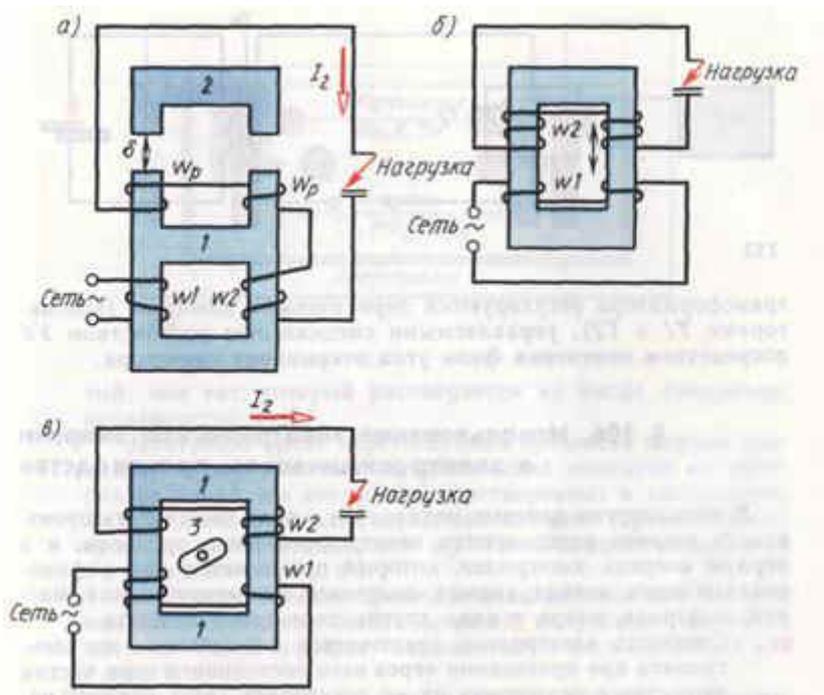
При шовной сварке соединение металлических деталей производится непрерывным или прерывистым швом электрическим током, подводимым к свариваемым деталям вращающимися роликами. Такой вид сварки применяют при производстве труб различного диаметра. Трубы свариваются из полос с продольным или спиральным сварочным швом.

Например, для электросварки труб диаметром 400-660 мм к заготовкам с продольным швом подводятся диски-электроды, вращающиеся вместе со сварочным трансформатором мощностью 4400 кВА и производящие нагрев и сварку стыка при напряжении 16 В и сварочном токе 275 кА.

Контактная электросварка имеет разновидности: стыковая, точечная и роликовая. Точечная и роликовая (шовная) сварка производится на контактных машинах мощными однополярными импульсами тока.

Свариваемые детали устанавливают между электродами контактной машины, плотно сжимают и включают ток. В месте контакта металл расплавляется и образуется сварная точка, при роликовой сварке заготовки устанавливают между роликами. При вращении роликов к ним импульсом подключается ток.

Высококачественная точечная сварка достигается при определенной амплитуде и длительности импульса тока. Коммутация тока производится в цепи первичной обмотки сварочного трансформатора Тр (рис. 253). Напряжение и ток вторичной обмотки



трансформатора регулируются тиристорными ключами (контакторами T_1 и T_2), управляемыми специальным устройством $УУ$ посредством изменения фазы угла открывания тиристора.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что называется электросваркой
- 2) Что применяется для сварки деталей толщиной менее 1 мм
- 3) Какие разновидности имеет контактная электросварка

Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 12

Тема: Классификация электронагревательных установок

Цель: 1) изучение классификации электронагревательных установок

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Получение теплоты на базе электроэнергии возможно по двум принципиально разным схемам:

1) по схеме прямого преобразования, когда электрическая энергия (энергия различных форм движения заряженных частиц в электрическом поле) преобразуется в тепловую (энергию тепловых колебаний атомов и молекул веществ),

2) по схеме косвенного преобразования, когда электрическая энергия непосредственно в тепловую не преобразуется, а используется для переноса теплоты от одной среды (источника теплоты) к другой (потребителю теплоты), причем температура источника может быть ниже температуры потребителя.

В зависимости от класса нагреваемых материалов (проводники, полупроводники, диэлектрики) и способов возбуждения в них электрического тока или поля различают следующие способы электрического нагрева: сопротивлением (резистивный), электродуговой, индукционный, диэлектрический, электронный, световой (лазерный).

Каждый из способов электрического нагрева может быть прямым или косвенным.

При прямом нагреве электроэнергия преобразуется в тепловую в самой нагреваемой среде (теле), в которой возбуждается электрический ток (те или иные формы движения заряженных частиц).

При косвенном нагреве преобразование электрической энергии в тепловую происходит в специальных преобразователях - электрических нагревателях, а затем уже от них путем теплопроводности, конвекции, излучения или комбинацией этих способов передается нагреваемой среде.

Собственно электрический нагрев материала - это прямой нагрев по схеме прямого преобразования.

Схема косвенного преобразования электрической энергии в тепловую реализуется в электротепловых насосах и трансформаторах теплоты. Пока она распространена мало, но имеет очень большие перспективы развития.

Для электрического нагрева различных сред и материалов используют электротермическое оборудование, включающее различные электрические обогреватели и электронагревательные установки.

Электрический нагреватель (электронагреватель) - это тепловыделяющий источник, преобразующий электрическую энергию в тепловую. В соответствии со способами электронагрева различают электронагреватели сопротивления, индукционные (индукторы), диэлектрические (конденсаторы) и др.

Электронагревательная установка - это агрегат или оборудование, включающая электрические нагреватели, рабочую камеру и другие элементы, связанные в едином конструктивном комплексе и предназначенные для совершения единого технологического процесса.

Электронагревательная установка

Электронагревательные установки классифицируют по способу электрического нагрева (сопротивления, электродуговые, индукционные, диэлектрические и т.д.), назначению (электрические печи, котлы, водонагреватели и др.), принципу нагрева (прямого и косвенного), принципу работы (периодического и непрерывного действия), частоте тока, способу теплопередачи от нагревателей к нагреваемой среде, рабочей температуры (низко, средне, высокотемпературные), питающему напряжению (низковольтные, высоковольтные).

Подробнее об основных методах и способах преобразования электрической энергии в тепловую читайте здесь: [Способы электрического нагрева](#)
К основным параметрам электронагревательных установок относятся тепловая мощность, питающее напряжение, частота тока, КПД, коэффициент мощности ($\cos\phi$), основные геометрические размеры.

Получение горячей воды и пара — одно из наиболее распространенных применений электрической энергии в производстве и сельском хозяйстве, особенно в животноводстве. Не загрязняя воздуха и помещения продуктами и отходами сгорания, электронагрев в наибольшей степени отвечает зоотехническим и санитарно-гигиеническим требованиям. Во многих случаях это и наиболее экономичный способ получения горячей воды и пара, не требующий затрат на транспортировку топлива, строительство и эксплуатацию котельных. Промышленность выпускает разнообразное оборудование для нагрева воды и получения пара, которое в условиях

эксплуатации постоянно готово к действию, требует минимальных затрат на обслуживание.

Электрокотел

Электрические водонагреватели и электрокотлы классифицируют по способу нагрева, принципу нагрева (прямой, косвенный), принципу действия (периодического, непрерывного), рабочей температуре, давлению, напряжению питания.

Водонагреватели работают обычно под атмосферным давлением и предназначены для получения горячей воды с температурой до 95 °С.

Водогрейные котлы работают под избыточным давлением (до 0,6 МПа) и позволяют получать воду с температурой выше 100 °С. Электрические паровые котлы производят насыщенный пар давлением до 0,6 МПа.

Элементные водонагреватели работают по принципу косвенного электронагрева воды при помощи ТЭНов. Они обладают достаточной электробезопасностью в обслуживании и широко применяются для нагрева воды непосредственно в местах ее потребления.

Электрический тэн

Электродные водонагреватели работают по принципу прямого нагрева: вода нагревается протекающим по ней электрическим током, подводимым при помощи электродов. Электродные системы (электродные нагреватели) по сравнению с ТЭНами более просты, дешевы и долговечны.

Водогрейные и паровые электрокотлы выпускаются электродными.

Электродный нагрев обеспечивает котлам простоту конструкции и регулирования мощности, высокую надежность и срок службы, высокие энергетические показатели. Котлы выпускаются на низкое (0,4 кВ) и высокое (6 - 10 кВ) напряжения и мощности от 25 до 10 000 кВт в единице.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что представляет из себя схема прямого преобразования
- 2) Что представляет из себя схема косвенного преобразования
- 3) По какому принципу работают элементные водонагреватели

6. Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 13

Тема: Электроконтактные нагревательные установки

Цель: 1) изучение электроконтактных нагревательных установок

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Электроконтактный нагрев сопротивлением применяют для сквозного нагрева, контактной сварки, наплавки при восстановлении изношенных деталей и прогрева трубопроводов.

Сквозной нагрев используется в качестве основного способа нагрева деталей и заготовок для последующей их обработки давлением или термообработки, а также в качестве составной части технологического нагрева в комбинации с другими операциями при изготовлении полуфабрикатов или готовых деталей. При сквозном нагреве электрическая энергия преобразуется в тепловую непосредственно в деталях или заготовках, включаемых в цепь электрического тока. Для сквозного нагрева принципиально может быть использован как постоянный, так и переменный ток.

В электроконтактных установках широко применяют переменный ток, так как необходимые для нагрева токи в тысячи и десятки тысяч ампер при напряжении в несколько вольт наиболее просто могут быть получены лишь при помощи трансформаторов переменного тока. Установки электроконтактного нагрева деталей или заготовок подразделяются на однопозиционные и многопозиционные (рис. 1).

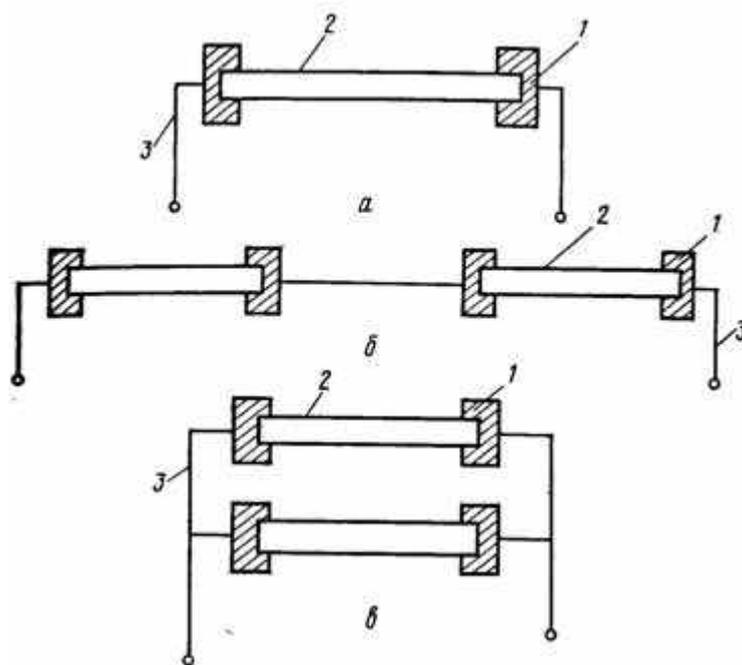


Рис. 1. Схемы однопозиционного (а) и многопозиционных устройств с последовательным (б) и параллельным (в) включением заготовок в электрическую цепь: 1 — зажимной токоподводящий контакт; 2 — нагреваемая заготовка; 3 — токоподводящий провод.

В зависимости от требуемой скорости нагрева и производительности технологической линии используют ту или иную схему. По технико-экономическим соображениям наиболее выгодно применять многопозиционную схему с последовательным включением нагреваемых заготовок в электрическую цепь, так как в этом случае обеспечивается любой заданный темп выдачи нагретых заготовок с постепенным увеличением их температуры до заданного значения путем переключивания заготовок с одной позиции на другую.

Независимо от схемы включения нагреваемых заготовок в электрическую цепь большое влияние на технологические, электрические и технико-экономические показатели электроконтактных установок оказывает токовая нагрузка в местах соприкосновения токоподводящих контактов с нагреваемой заготовкой. Токową нагрузку снижают, охлаждая и усиливая давление в контактах, а также применяя зажимы с радиальными и торцевыми контактами.

На ремонтных предприятиях могут использоваться однофазные и трехфазные электроконтактные установки. Трехфазные установки по сравнению с однопозиционными однофазными равной производительности более эффективны, так как обеспечивают равномерную нагрузку фаз питающей сети и позволяют уменьшить токовую нагрузку каждой фазы.

Вариант электроконтактного нагрева и нагревательной установки выбирают в зависимости от конкретных условий.

Основные электротехнические характеристики электроконтактных нагревательных установок

Для любой электроконтактной установки определяют следующие расчетные параметры:

- мощность силового трансформатора,
- потребную силу электрического тока во вторичной цепи,
- напряжение на нагреваемой детали или заготовке,
- коэффициент полезного действия
- коэффициент мощности.

Исходными данными для расчета электроконтактных установок являются:

- марка материала,
- масса нагреваемой детали и ее геометрические размеры
- напряжение питающей сети,
- время и температура нагрева.

Полная мощность, В·А, силового трансформатора для однопозиционного устройства:

$$S = k_3 \cdot \frac{\Phi}{\eta_{\text{общ}} \cdot \cos \varphi} = k_3 \cdot \frac{\Phi}{\eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

где $k_3 = 1,1 \dots 1,3$ — коэффициент запаса; Φ — полезный тепловой поток; $\eta_{\text{общ}}$ — общий к. п. д. установки; $\eta_{\text{э}}$ — электрический к. п. д.; $\eta_{\text{т}}$ — термический к. п. д.; $\eta_{\text{тр}}$ — к. п. д. силового трансформатора.

Сила тока, А, во вторичной цепи при нагреве заготовок до температуры выше точки магнитных превращений

$$I_2 = \sigma_2 \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot c \cdot \Delta T}{t \cdot \eta_{\text{т}} \cdot \rho_{\text{т}} \cdot k_{\text{п}}}} \quad (2)$$

где ρ — плотность материала заготовки, кг/м³; $\Delta T = T_2 - T_1$ — разность между конечной T_2 и начальной T_1 температурами нагрева заготовки, К; σ_2 — площадь поперечного сечения заготовки, м². Время нагрева зависит от диаметра заготовки и температурного перепада по ее длине и поперечному сечению. По технологическим условиям температурный перепад между внутренними и поверхностными слоями нагреваемой заготовки не должен превышать $\Delta T_{\text{п}} = 100$ К. Расчетные и экспериментальные графические

зависимости для определения времени нагрева приводятся в справочной литературе. В практических расчетах время нагрева, с, цилиндрических заготовок диаметром $d_2 = 0,02 \dots 0,1$ м с $\Delta T_2 = 100$ К можно определить по эмпирической формуле

$$t = 2,5 \cdot 10^4 \cdot d_2^2 \quad (3)$$

Если заготовка нагревается до температуры ниже точки магнитных превращений, то при определении силы тока во вторичной цепи необходимо учитывать поверхностный эффект, степень влияния которого зависит от магнитной проницаемости. Применительно к электроконтактному нагреву эмпирическая зависимость, устанавливающая связь между током I_2 , относительной магнитной проницаемостью μ_{r2} заготовки и ее диаметром, имеет вид

$$I_2 = 1,35 \cdot 10^6 \cdot \frac{d_2}{\mu_{r2}^{1,25}} \quad (4)$$

В практических расчетах обычно задаются различными значениями μ_{r2} и по формулам определяют силу тока I_2 . Одинаковое значение силы тока, найденное по указанным формулам (2) и (4), будет искомой величиной в данный момент времени. По расчетным значениям I_2 и Z_2 напряжение, В, во вторичной цепи определяют по выражению

$$U_2 = I_2 \cdot Z_2 \quad (5)$$

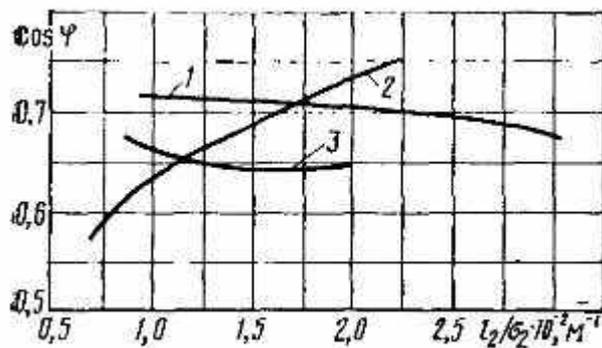


Рис. 2. Зависимость $\cos \varphi$ электроконтактных установок от отношения I_2/σ_2 : 1 — для двухпозиционной установки при поочередном нагреве двух заготовок; 2 — для двухпозиционной установки при одновременном нагреве двух, заготовок; 3 — для однопозиционной установки.

При определении основных электротехнических характеристик электроконтактной установки необходимо учитывать, что физические параметры заготовки и электротехнические показатели установки изменяются в процессе нагрева. Удельная теплоемкость см и удельное

электрическое сопротивление проводника r_t изменяются в зависимости от температуры, а $\cos\varphi$, η и t — в зависимости от температуры, конструктивно-технологического типа установки и числа нагревательных позиций. По графическим экспериментальным зависимостям (рис. 2, 3) определяют $\cos\varphi$ и $\eta_{общ}$ в зависимости от отношения длины заготовки l_2 к σ_2 . Требуемые значения S , l_2 и U_2 могут быть получены подстановкой соответствующих значений переменных величин в формулы (1), (2), (4) и (5). В практических расчетах в формулы обычно подставляют усредненные значения σ_m , r_t , η , t и $\cos\varphi$ и определяют среднее за принятый температурный интервал нагрева значение мощности, тока или напряжения.

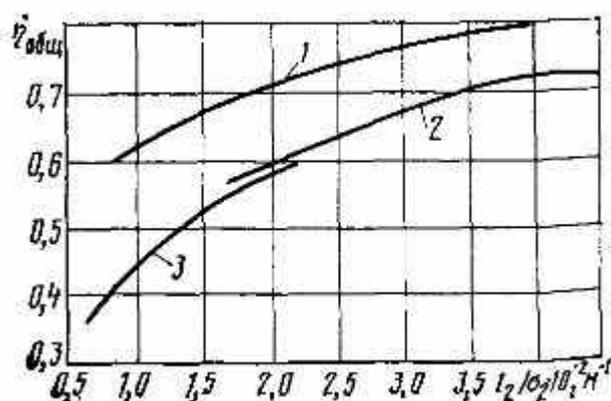


Рис. 3. Зависимость общего к. п. д. электроконтактных установок от отношения l_2/σ_2 : 1 — для двухпозиционной установки при поочередном нагреве двух заготовок; 2 — для двухпозиционной установки при одновременном нагреве двух заготовок; 3 — для однопозиционной установки.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Где применяется электроконтактный нагрев сопротивлением
- 2) Какую схему нагрева наиболее выгодно применять по технико-экономическим соображениям
- 3) Основные электротехнические характеристики электроконтактных нагревательных установок

6 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 14

Тема: Электроконтактный нагрев металлических деталей

Цель: 1) изучение электроконтактного нагрева металлических деталей

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Помимо индукционного, в кузнечно-прессовых цехах получил распространение электроконтактный метод нагрева металлов, имеющий ряд преимуществ перед другими методами, его стоимость на 30 % ниже стоимости индукционного нагрева вследствие меньшего расхода электроэнергии, составляющего 300—350 кВт·ч/т. Стоимость оборудования в 1,5 ниже стоимости оборудования для индукционного нагрева.

Этот вид нагрева осуществляется непосредственной передачей тока от питающей сети к заготовке через рабочие контакты нагревательных установок. Практически этот способ нагрева заготовок постоянного, а иногда и переменного сечения может быть использован для всех операций обработки металлов давлением, а также и многих видов термообработки. Существуют установки, в которых нагрев цилиндрических и прямоугольных прутков и полос совмещается с операциями пластичной деформации: гибкой, осадкой, плющением, оттяжкой, рубкой, навивкой спиральных пружин. Электроконтактный способ нагрева наиболее целесообразно проводить в массовом производстве. К недостаткам этого нагрева относят трудность в достижении равномерного нагрева концов заготовок, зажатых в медные или медно-графитовые контакты, и ограничение размеров заготовок, которое определяется отношением длины заготовки l к диаметру d . При $l/d^2 \leq 1$ КПД уменьшается до 50 %. Расход электроэнергии при нагреве коротких заготовок меньше (до 500—600 кВт·ч/т).

В качестве источников питания могут быть использованы источники постоянного и переменного тока промышленной и повышенной частоты. При нагреве постоянным током улучшается равномерность нагрева, так как ток равномерно распределяется по сечению проводника. Однако его применение ограничено возможностью получения постоянного тока большой силы, что усложняет и удорожает установку. При использовании повышенной или высокой частоты в заготовке индуцируются (наводятся) вихревые токи (токи Фуко), что позволяет осуществить комбинацию электроконтактного нагрева с индукционным. Однако использование токов высокой частоты усложняет и

удорожает установку. Поэтому для питания установок чаще всего используют токи промышленной частоты.

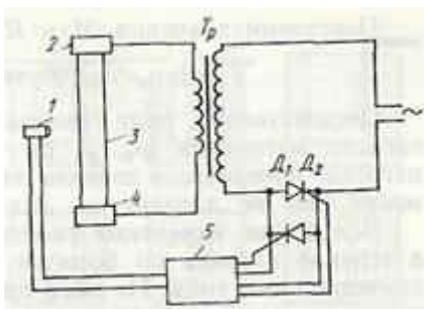


Рис. 6.8. Схема электроконтактной установки с тиристорным управлением.

Схема установки (по Г. С. Ковреву) приведена на рис. 6.8. Заготовка 3 зажата в контактах 2 и 4, к которым подведено напряжение от понижающего трансформатора. Оптический пирометр 1 или другой какой-либо датчик температуры включен в цепь усилителя 5 таким образом, что при увеличении температуры заготовки напряжение на выходе усилителя уменьшается. Это сопровождается уменьшением напряжения на управляющем электроде тиристора, который закрывается, разрывая первичную цепь трансформатора. При остывании заготовки усилитель увеличивает напряжение на управляющем электроде, и тиристор открывается. В цепи имеется два тиристора, по одному на каждый полу период переменного напряжения.

Тиристоры используют и для автоматического регулирования с изменением величины подводимого к заготовке напряжения. Однако использование тиристоров в схемах питания электроконтактных установок снижает коэффициент мощности последних, а следовательно, и общий КПД.

Предельно допустимые продолжительности нагрева τ , исключающие перегрев или оплавление, в зависимости от диаметра заготовок d :

d , мм 10 20 30 40 50 60 70

τ , с 6 15 40 60 80 100 120

Для нагрева в установке холодной заготовки массой M до температуры t_2 необходимо подвести к ней количество теплоты, Дж

$$Q = Mct_2 / \eta_t$$

здесь c —средняя теплоемкость, Дж/(кг°С); η_t —термический КПД установки. В соответствии с законом Джоуля—Ленца

$$Q = I^2 R t$$

где I — сила тока в цепи, А; R — сопротивление материала заготовки, Ом; t — продолжительность нагрева, с.

Приравняв последние две формулы, получим, что

$$I = \sqrt{Mct_2 / R\eta_1}$$

Выразим M и R через линейные размеры заготовки:

$$M = \rho_1 V / 1000,$$

$$R = \rho \ell / s,$$

здесь ℓ и s — длина и площадь поперечного сечения заготовки, см и см²; ρ_1 — плотность нагреваемого материала, кг/см³; ρ — среднее удельное электросопротивление заготовки, Ом-см.

Подставим значения M и R в формулу для I , А:

$$I = \sqrt{\rho_1 S^2 ct_2 / 100 \rho \eta_1} = 0,032 S \sqrt{\rho_1 ct_2 / \rho \eta_1}.$$

Следовательно, сила тока зависит от физических свойств нагреваемого материала, (ρ_1, ρ, c) температуры и продолжительности нагрева, поперечного сечения заготовки и термического КПД установки, но не зависит от длины заготовки.

Вследствие изменения свойств материала и термического КПД в течение нагрева по формуле можно определить только среднее значение силы тока. По мере прогрева заготовки вследствие уменьшения ее теплопотребления сила тока уменьшается.

В соответствии с законом Ома напряжение на концах заготовки, В

$$U = IR = 0,032 sp(\ell / s) \sqrt{\rho_1 ct_2 / \rho \eta_1} = 0,032 \sqrt{\rho_1 \rho ct_2 / (\eta_1)}.$$

Следовательно, среднее напряжение в период нагрева зависит от свойств материала проводника, его длины, продолжительности и температуры нагрева, а также термического КПД установки.

Полная средняя мощность, кВт, электроконтактной установки

$$N = [Mc(t_2 - t_1)] / (\tau \eta_t),$$

где η — полный КПД установки. Он определяется произведением КПД трансформатора $\eta_{\text{т}}$ - электрической цепи $\eta_{\text{э}}$ и термического $\eta_{\text{т.е.}}$
 $\eta = \eta_{\text{т}} \eta_{\text{э}} \eta_{\text{т.е.}}$

Можно принять, что $\eta_{\text{т}} = 0,97 \div 0,98$. Электрический КПД зависит от отношения I/d и усилия зажима контактов. При $I/d \geq 10$ $\eta_{\text{э}} = 0,85 \div 0,9$. Термический КПД, учитывающий потери тепла излучением и конвекцией в окружающее пространство, а также контактной теплопроводностью, при благоприятных условиях может достигать 0,97—0,99.

Поэтому эти установки имеют низкий удельный расход электроэнергии, что способствует их широкому распространению.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какой метод нагрева получил распространение в кузнечно-прессовых цехах помимо индукционного
- 2) Схема электроконтактной установки с тиристорным управлением.
- 3) От чего зависит среднее напряжение электроконтактной установки в период нагрева

7 Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 15

Тема: Индукционные нагревательные и закалочные установки

Цель: 1) изучение индукционных нагревательных и закалочных установок

2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

В индукционных установках тепло в электропроводном нагреваемом теле выделяется токами, индуктированными в нем переменным электромагнитным полем.

Преимущества индукционного нагрева по сравнению с нагревом в печах сопротивления:

1) Передача электрической энергии непосредственно в нагреваемое тело позволяет осуществить прямой нагрев проводниковых материалов. При этом повышается скорость нагрева по сравнению с установками косвенного действия, в которых изделие нагревается только с поверхности.

2) Передача электрической энергии непосредственно в нагреваемое тело не требует контактных устройств. Это удобно в условиях автоматизированного поточного производства, при использовании вакуумных и защитных средств.

3) Благодаря явлению поверхностного эффекта максимальная мощность, выделяется в поверхностном слое нагреваемого изделия. Поэтому индукционный нагрев при закалке обеспечивает быстрый нагрев поверхностного слоя изделия. Это позволяет получить высокую твердость поверхности детали при относительно вязкой середине. Процесс поверхностной индукционной закалки быстрее и экономичнее других методов поверхностного упрочнения изделия.

4) Индукционный нагрев в большинстве случаев позволяет повысить производительность и улучшить условия труда.

Индукционный нагрев широко применяется для:

1) Плавки металлов

2) Термической обработки деталей

3) Сквозного нагрева детали либо заготовок перед пластической деформацией (ковка, штамповка, прессовка)

4) Пайки и наплавки

5) Сварки металла

6) Химико-термической обработки изделий

Индукционные нагревательные установки В индукционных нагревательных установках индуктором создается электромагнитное поле, оно наводит в металлической детали вихревые токи, наибольшая плотность которых приходится на поверхностный слой детали, где и выделяется наибольшее количество тепла. Это тепло пропорционально мощности, подведенной к индуктору, и зависит от времени нагрева и частоты тока индуктора. Путем соответствующего выбора мощности, частоты и времени действия нагрев может быть произведен в поверхностном слое разной толщины либо по всему сечению детали.

Индукционные нагревательные установки по способу загрузки и характеру работы бывают периодического и непрерывного действия. Последние могут встраиваться в поточные и автоматические технологические линии.

Поверхностная индукционная закалка, в частности, заменяет такие дорогостоящие операции поверхностного упрочнения, как цементация, азотирование и др.

Индукционные закалочные установки

Цель индукционной поверхностной закалки: получение высокой твердости поверхностного слоя при сохранении вязкой середины детали. Для получения такой закалки производят быстрый нагрев детали на заданную глубину током, индуцированным поверхностным слоем металла с последующим охлаждением.

Глубина проникновения тока в металл зависит от частоты, то поверхностная закалка требует различных толщин закаливаемого слоя.

Различают следующие виды индукционной поверхностной закалки:

1) Одновременная

2) Одновременно-поочередная

3) Непрерывно-последовательная

Индукционные нагревательные установки Одновременная индукционная закалка – заключается в одновременном нагреве всей закаливаемой поверхности с последующим охлаждением поверхности. Индуктор и охладитель удобно совместить. Применение лимитируется мощностями питающего генератора. Нагреваемая поверхность не превышает 200-300 см².

Одновременно-поочередная индукционная закалка – характерна тем, что отдельные части нагреваемой детали нагреваются одновременно-поочередно.

Непрерывно-последовательная индукционная закалка – применяется в случае большой протяженности закаливаемой поверхности и заключается в нагреве участка детали при непрерывном движении детали относительно индуктора либо наоборот. Охлаждение поверхности следует за нагревом. Возможно применение отдельных охладителей или совмещенных с индуктором.

На практике идея индукционной поверхностной закалки реализуется в индукционных закалочных станках.

Источники питания закалочных индукторов

Источниками питания закалочных индукторов средней частоты служат электромашинные и тиристорные преобразователи, обеспечивающие рабочие частоты до 8 кГц. Для получения частоты в диапазоне от 150 до 8000 Гц используют машинные генераторы. Могут быть использованы преобразователи на основе управляемых вентилей. Для более высоких частот используют ламповые генераторы. В области повышенной частоты используют машинные генераторы. Конструктивно генератор объединяют с приводным двигателем в единый преобразовательный агрегат.

Для частоты от 150 до 500 Гц применяются обычные многополюсные генераторы. Они работают на высоких скоростях вращения. Обмотка возбуждения, расположенная на роторе, питается через контакт кольца.

Для частоты от 100 до 8000 Гц используют индукторные генераторы, ротор которых не имеет обмотки.

В обычном синхронном генераторе обмотка возбуждения, вращаясь с ротором, создает в статорной обмотке знакопеременный поток, то в

индукторном генераторе вращение ротора приводит к пульсации магнитного потока, сцепленного с магнитной обмоткой. Применение индукционного генератора на повышенной частоте объясняется конструктивными трудностями генераторов, работающих на частоте > 500 Гц. В таких генераторах трудно разместить многополюсные обмотки статора и ротора, привод осуществляется асинхронными двигателями. При мощностях до 100 кВт обычно обе машины объединяют в одном корпусе. Большая мощность – два корпуса. Индукционные нагреватели и закалочные агрегаты могут получать питание от машинных генераторов по схеме индукционного питания или центрального.

Индукционное питание выгодно, когда генератор полностью загружается одной установкой, которая работает непрерывно в металлических установках сквозного нагрева.

Центральное питание – при наличии большого количества нагревательных установок, работающих циклически. В этом случае возможна экономия установленной мощности генераторов за счет одновременной работы отдельных нагревательных установок.

Для получения высоких напряжений обычно используют мощные выпрямители. Мощность, отдаваемая установкой. Часто регулируют, регулируя выходное напряжение выпрямителя и используя надежную экранировку коаксиальных кабелей для передачи высокочастотной энергии. При наличии неэкранированных нагревательных постов должно быть использовано дистанционное управление, а также механические автоматические работы с целью исключения нахождения персонала в опасной зоне

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Принцип действия индукционных нагревательных и закалочных установок
- 2) Источники питания закалочных индукторов
- 3) Что обычно используют для получения высоких напряжений

Список литературы

М.М. Кацман «Электрические машины», М: Академия, 2016 г.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

