

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 **МДК. 01.01 Электрические машины и аппараты** 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 МДК.01.01.
Электрические машины и аппараты для специальности 13.02.11
«Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и
электромеханического оборудования» (по отраслям)**

В результате освоения МДК.01.01. Электрические машины и аппараты 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.

знать	<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 **МДК.01.01. Электрические машины и аппараты** но 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: Исследование генератора постоянного тока параллельного возбуждения

Цель: 1) изучение генератора постоянного тока параллельного 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

Генератор с параллельным возбуждением.

В этом генераторе (рис. 3, а) ток обмотки якоря I_a разветвляется во внешнюю цепь нагрузки R_H (ток I_H) и в обмотку возбуждения (ток I_b), ток I_b для машин средней и большой мощности составляет 2—5 % номинального значения тока в обмотке якоря. В машине используется принцип самовозбуждения, при котором обмотка возбуждения получает питание непосредственно от обмотки якоря генератора. Однако самовозбуждение генератора возможно только при выполнении ряда условий.

1. Для начала процесса самовозбуждения генератора необходимо наличие в магнитной цепи машины потока остаточного магнетизма, который индуцирует в обмотке якоря э. д. с. $E_{ост}$. Эта э. д. с. обеспечивает протекание по цепи «обмотка якоря — обмотка возбуждения» некоторого начального тока.

2. Магнитный поток, создаваемый обмоткой возбуждения, должен быть направлен согласно с магнитным потоком остаточного магнетизма. В этом случае в процессе самовозбуждения будет нарастать ток возбуждения I_b и, следовательно, магнитный поток Φ машины э. д. с. E . Это будет продолжаться до тех пор, пока из-за насыщения магнитной цепи машины не прекратится дальнейшее увеличение Φ , а следовательно, E и I_b . Совпадение по направлению указанных потоков обеспечивается путем правильного присоединения обмотки возбуждения к обмотке якоря. При неправильном ее подключении происходит размагничивание машины (исчезает остаточный магнетизм) и э. д. с. E уменьшается до нуля.

3. Сопротивление цепи возбуждения R_B должно быть меньше некоторого предельного значения, называемого критическим сопротивлением. Поэтому для быстрого возбуждения генератора рекомендуется при включении генератора в работу полностью выводить регулировочный реостат $R_{рв}$,

включенный последовательно с обмоткой возбуждения (см. рис. 3, а). Это условие ограничивает также возможный диапазон регулирования тока возбуждения, а следовательно, и напряжения генератора с параллельным возбуждением. Обычно уменьшать напряжение генератора путем увеличения сопротивления цепи обмотки возбуждения можно лишь до $(0,64-0,7) U_{ном}$.

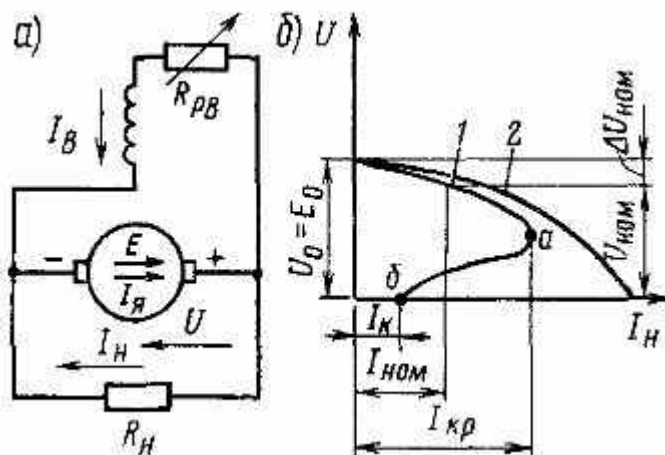


Рис. 3. Принципиальная схема генератора с параллельным возбуждением (а) и внешние характеристики генераторов с независимым и параллельным возбуждением (б)

Следует отметить, что для самовозбуждения генератора необходимо, чтобы процесс увеличения его э. д. с. E и тока возбуждения I_B происходил при работе машины в режиме холостого хода. В противном случае из-за малого значения $E_{ост}$ и большого внутреннего падения напряжения в цепи обмотки якоря напряжение, подаваемое на обмотку возбуждения, может уменьшиться почти до нуля и ток возбуждения не сможет увеличиться. Поэтому нагрузку к генератору следует подключать только после установления на его зажимах напряжения, близкого к номинальному.

При изменении направления вращения якоря изменяется полярность щеток, а следовательно, и направление тока в обмотке возбуждения, в этом случае генератор размагничивается.

Во избежание этого при изменении направления вращения необходимо переключить провода, присоединяющие обмотку возбуждения к обмотке якоря.

Внешняя характеристика генератора (кривая 1 на рис. 3, б) представляет собой зависимость напряжения U от тока нагрузки I_H при неизменных значениях частоты вращения n и сопротивления цепи возбуждения R_B . Она располагается ниже внешней характеристики генератора с независимым возбуждением (кривая 2).

Объясняется это тем, что кроме тех же двух причин, вызывающих уменьшение напряжения с ростом нагрузки в генераторе с независимым возбуждением (падение напряжения в цепи якоря и размагничивающее действие реакции якоря), в рассматриваемом генераторе существует еще третья причина — уменьшение тока возбуждения.

Так как ток возбуждения $I_B = U/R_B$, т. е. зависит от напряжения U машины, то с уменьшением напряжения по указанным двум причинам уменьшается магнитный поток Φ и э. д. с. генератора E , что приводит к дополнительному уменьшению напряжения. Максимальный ток $I_{кр}$, соответствующий точке а, называется критическим.

При коротком замыкании обмотки якоря ток I_k генератора с параллельным возбуждением мал (точка б), так как в этом режиме напряжение и ток возбуждения равны нулю. Поэтому ток короткого замыкания создается только э. д. с. от остаточного магнетизма и составляет $(0,4 \dots 0,8) I_{ном}$. Внешняя характеристика точкой а делится на две части: верхнюю — рабочую и нижнюю — нерабочую.

Обычно используется не вся рабочая часть, а только некоторый ее отрезок. Работа на участке аб внешней характеристики неустойчива, в этом случае машина переходит в режим, соответствующий точке б, т. е. в режим короткого замыкания. Характеристику холостого хода генератора с параллельным возбуждением снимают при независимом возбуждении (когда ток в якоря $I_a = 0$), поэтому она ничем не отличается от соответствующей характеристики для генератора с независимым возбуждением (см. рис. 2, а). Регулировочная характеристика генератора с параллельным возбуждением имеет такой же вид, как и характеристика для генератора с независимым возбуждением (см. рис. 2, в).

Генераторы с параллельным возбуждением применяют для питания электрических потребителей в пассажирских вагонах, автомобилях и самолетах, в качестве генераторов управления на электровозах, тепловозах и моторных вагонах и для заряда аккумуляторных батарей.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) В каком случае происходит размагничивание машины и генератор не работает

2) Что произойдет если генератор запускать под нагрузкой.

3) К какому типу относятся внешние характеристики генераторов с параллельным возбуждением

б Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 2

Тема: Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения

Цель: 1) изучение генератора постоянного тока независимого 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

Генератор с независимым возбуждением

Характерной особенностью генератора с независимым возбуждением (рис. 1) является то, что его ток возбуждения $I_{\text{в}}$ не зависит от тока якоря $I_{\text{я}}$, а определяется только напряжением $U_{\text{в}}$ подаваемым на обмотку возбуждения, и сопротивлением $R_{\text{в}}$ цепи возбуждения.

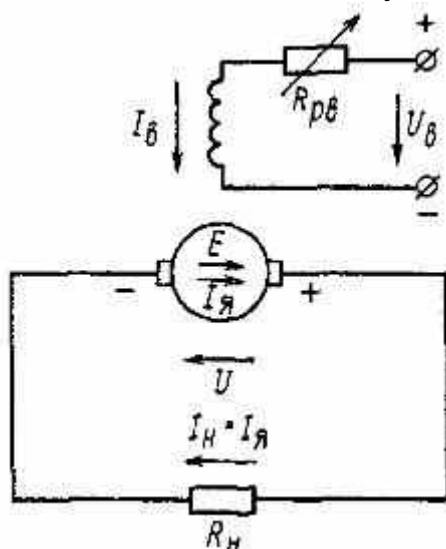


Рис. 1. Принципиальная схема генератора с независимым возбуждением

Обычно ток возбуждения невелик и составляет 2—5 % номинального тока якоря. Для регулирования напряжения генератора в цепь обмотки возбуждения часто включают регулировочный реостат $R_{\text{рв}}$. На тепловозах ток $I_{\text{в}}$ регулируют путем изменения напряжения $U_{\text{в}}$.

Характеристика холостого хода генератора (рис. 2, а) — зависимость напряжения U_0 при холостом ходе от тока возбуждения $I_{\text{в}}$ при отсутствии нагрузки $R_{\text{н}}$, т. е. при $I_{\text{н}} = I_{\text{я}} = 0$ и при постоянной частоте вращения n . При холостом ходе, когда цепь нагрузки разомкнута, напряжение генератора U_0 равно его э. д. с. $E_0 = cE\Phi_n$.

Так как при снятии характеристики холостого хода частота вращения n поддерживается неизменной, то напряжение U_0 зависит только от магнитного потока Φ . Поэтому характеристика холостого хода будет подобна

зависимости потока Φ от тока возбуждения $I_{\text{я}}$ (магнитной характеристике магнитной цепи генератора).

Характеристику холостого хода легко снять экспериментально, постепенно увеличивая ток возбуждения от нуля до значения, при котором $U_0 = 1,25U_{\text{ном}}$, а затем уменьшая ток возбуждения до нуля. При этом получаются восходящая 1 и нисходящая 2 ветви характеристики. Расхождение этих ветвей объясняется наличием гистерезиса в магнитопроводе машины. При $I_{\text{в}} = 0$ в обмотке якоря потоком остаточного магнетизма индуцируется **остаточная э. д. с.** $E_{\text{ост}}$, которая обычно составляет 2—4 % номинального напряжения $U_{\text{ном}}$.

При малых токах возбуждения магнитный поток машины невелик, поэтому в этой области поток и напряжение U_0 изменяются прямо пропорционально току возбуждения и начальная часть этой характеристики представляет собой прямую. При увеличении тока возбуждения магнитная цепь генератора насыщается и нарастание напряжения U_0 замедляется. Чем больше становится ток возбуждения, тем сильнее сказывается насыщение магнитной цепи машины и тем медленнее возрастает напряжение U_0 . При очень больших токах возбуждения напряжение U_0 практически перестает возрастать.

Характеристика холостого хода позволяет судить о значении возможного напряжения и о магнитных свойствах машины. Номинальное напряжение (указанное в паспорте) для машин общего применения соответствует насыщенной части характеристики («колону» этой кривой). В тепловозных генераторах, требующих регулирования напряжения в широких пределах, используют как криволинейную, так и прямолинейную ненасыщенную часть характеристики.

Э. д. с. машины изменяется пропорционально частоте вращения n , поэтому при $n_2 < n_1$ характеристика холостого хода лежит ниже кривой для n_1 . При изменении направления вращения генератора изменяется направление э. д. с. E , индуцированной в обмотке якоря, а следовательно, и полярность щеток.

Внешняя характеристика генератора (рис. 2, б) представляет собой зависимость напряжения U от тока нагрузки $I_{\text{п}} = I_{\text{я}}$ при постоянных частоте вращения n и токе возбуждения $I_{\text{в}}$. Напряжение генератора U всегда меньше его э. д. с. E на значение падения напряжения во всех обмотках, включенных последовательно в цепь якоря.

С увеличением нагрузки генератора (тока обмотки якоря $I_{\text{я}} — I_{\text{н}}$) напряжение генератора уменьшается по двум причинам:

- 1) из-за увеличения падения напряжения в цепи обмотки якоря,
- 2) из-за уменьшения э. д. с. в результате размагничивающего действия потока якоря. Магнитный поток якоря несколько ослабляет главный магнитный поток Φ генератора, что приводит к некоторому уменьшению его э. д. с. E при нагрузке по сравнению с э. д. с. E_0 при холостом ходе.

Изменение напряжения при переходе от режима холостого хода к номинальной нагрузке в рассматриваемом генераторе составляет 3 - 8% от номинального.

Если замкнуть внешнюю цепь на очень малое сопротивление, т. е. произвести короткое замыкание генератора, то напряжение его падает до нуля. Ток в обмотке якоря I_k при коротком замыкании достигнет недопустимого значения, при котором может перегореть обмотка якоря. В машинах малой мощности ток короткого замыкания может в 10—15 раз превысить номинальный ток, в машинах большой мощности это соотношение может достигать 20—25.

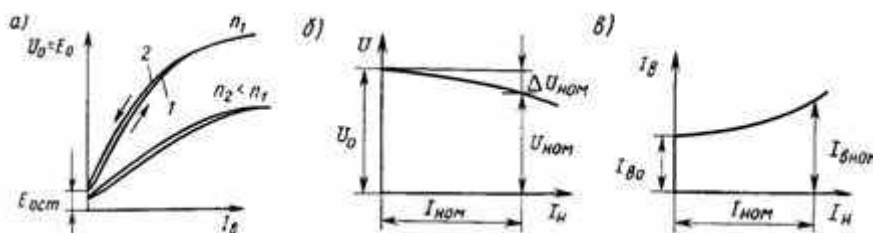


Рис. 2. Характеристики генератора с независимым возбуждением: а — холостого хода, б — внешняя, в — регулировочная

Регулировочная характеристика генератора (рис. 2, в) представляет собой зависимость тока возбуждения $I_{в}$ от тока нагрузки $I_{н}$ при неизменном напряжении U и частоте вращения n . Она показывает, как надо регулировать ток возбуждения, чтобы поддерживать постоянным напряжение генератора при изменении нагрузки. Очевидно, что в этом случае по мере роста нагрузки нужно увеличивать ток возбуждения.

Достоинствами генератора с независимым возбуждением являются возможность регулирования напряжения в широких пределах от 0 до U_{max} путем изменения тока возбуждения и малое изменение напряжения генератора под нагрузкой. Однако он требует наличия внешнего источника постоянного тока для питания обмотки возбуждения.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) В чем отличие пуска генератора с независимым возбуждением от пуска генератора с параллельным возбуждением
- 2) Что изменяется при изменении направления вращения генератора
- 3) Что является достоинствами генератора с независимым возбуждением

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 3

Тема: Исследование генератора постоянного тока последовательного возбуждения

Цель: 1) изучение генератора 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

Генератор с последовательным возбуждением

У этого генератора (рис. 4, а) ток возбуждения I_b равен току нагрузки $I_n = I_a$ и напряжение сильно изменяется при изменении тока нагрузки. При холостом ходе в генераторе индуцируется небольшая э. д. с. $E_{ост}$, создаваемая потоком остаточного магнетизма (рис. 4, б).

С увеличением тока нагрузки $I_n = I_b = I_a$ возрастают магнитный поток, э. д. с. и напряжение генератора, это возрастание, как и у других самовозбуждающихся машин (генератора с параллельным возбуждением), продолжается до известного предела, обусловленного магнитным насыщением машины.

При увеличении тока нагрузки свыше $I_{кр}$ напряжение генератора начинает уменьшаться, так как магнитный поток возбуждения из-за насыщения почти перестает увеличиваться, а размагничивающее действие реакции якоря и падение напряжения в цепи обмотки якоря $I_a \Sigma R_a$ продолжают возрастать. Обычно ток $I_{кр}$ значительно больше номинального тока. Генератор может работать устойчиво только на части аб внешней характеристики, т. е. при токах нагрузки, больших номинального.

Так как в генераторах с последовательным возбуждением напряжение сильно изменяется при изменении нагрузки, а при холостом ходе близко к нулю, они непригодны для питания большинства электрических потребителей. Используют их лишь при электрическом (реостатном) торможении двигателей с последовательным возбуждением, которые при этом переводятся в генераторный режим.

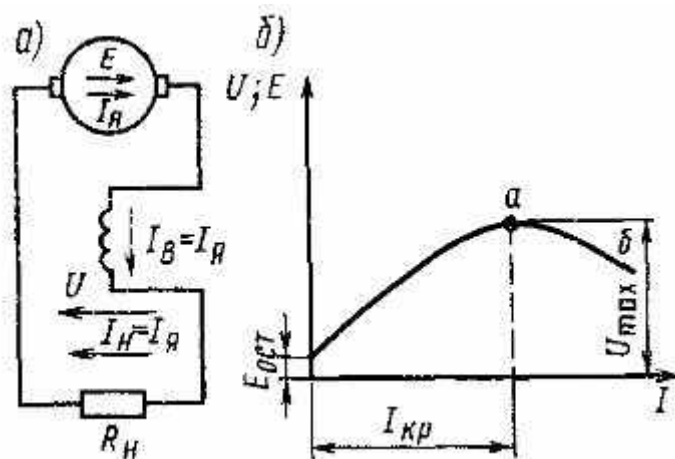


Рис. 4. Принципиальная схема генератора с последовательным возбуждением (а) и его внешняя характеристика (б)

Генератор со смешанным возбуждением.

В этом генераторе (рис. 5, а) чаще всего параллельная обмотка возбуждения является основной, а последовательная — вспомогательной. Обе обмотки находятся на одних полюсах и соединены так, чтобы создаваемые ими магнитные потоки складывались (при согласном включении) или вычитались (при встречном включении).

Генератор со смешанным возбуждением при согласном включении его обмоток возбуждения позволяет получить приблизительно постоянное напряжение при изменении нагрузки. Внешняя характеристика генератора (рис. 5, б) может быть в первом приближении представлена в виде суммы характеристик, создаваемых каждой обмоткой возбуждения.

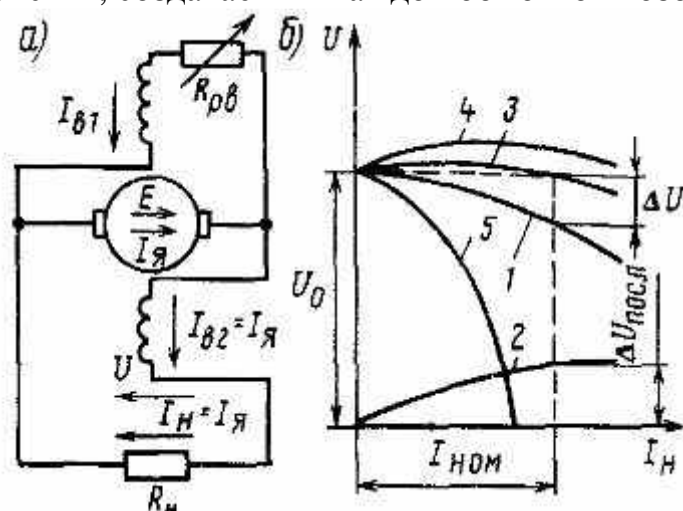


Рис. 5. Принципиальная схема генератора со смешанным возбуждением (а) и его внешние характеристики (б)

При включении только одной параллельной обмотки, по которой проходит ток возбуждения $I_{в1}$, напряжение генератора U постепенно уменьшается с ростом тока нагрузки I_H (кривая 1). При включении одной последовательной обмотки, по которой проходит ток возбуждения $I_{в2} = I_H$ напряжение U возрастает с увеличением тока I_H (кривая 2).

Если подобрать число витков последовательной обмотки так, чтобы при номинальной нагрузке создаваемое ею напряжение $\Delta U_{\text{посл}}$

компенсировало суммарное падение напряжения ΔU при работе машины с одной только параллельной обмоткой, то можно добиться, чтобы напряжение U при изменении тока нагрузки от нуля до номинального значения оставалось почти неизменным (кривая 3). Практически оно изменяется в пределах 2—3 %.

Увеличивая число витков последовательной обмотки, можно получить характеристику, при которой напряжение $U_{\text{ном}}$ будет больше напряжения U_0 при холостом ходе (кривая 4), такая характеристика обеспечивает компенсацию падения напряжения не только во внутреннем сопротивлении цепи якоря генератора, но и в линии, соединяющей его с нагрузкой. Если последовательную обмотку включить так, чтобы создаваемый ею магнитный поток был направлен против потока параллельной обмотки (встречное включение), то внешняя характеристика генератора при большом числе витков последовательной обмотки будет круто падающей (кривая 5).

Встречное включение последовательной и параллельной обмоток возбуждения применяют в сварочных генераторах, работающих в условиях частых коротких замыканий. В таких генераторах при коротком замыкании последовательная обмотка почти полностью размагничивает машину и уменьшает ток к. з. до значения, безопасного для генератора.

Такие возбудители применяют также на электровозах постоянного тока. Они питают обмотки возбуждения тяговых двигателей, которые при рекуперативном торможении работают в генераторном режиме, и обеспечивают получение круто падающих внешних характеристик.

Генератор смешанного возбуждения является типичным примером регулирования по возмущающему воздействию.

Генераторы постоянного тока часто включаются параллельно для работы на общую сеть. Необходимым условием параллельной работы генераторов с распределением нагрузки пропорционально номинальной мощности является идентичность их внешних характеристик. В случае применения генераторов смешанного возбуждения их последовательные обмотки для выравнивания токов приходится соединять в общий блок посредством уравнильного провода.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что общего при пуске генератора постоянного тока последовательного возбуждения с генератором параллельного возбуждения
- 2) Какова величина напряжения в генераторах с последовательным возбуждением при холостом ходе.
- 3) Достоинства и недостатки генератора постоянного тока последовательного возбуждения

6 Список литературы

Практическое занятие 4

Тема: **Цель:** Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

1) изучение двигателя постоянного тока параллельного 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

Двигатель параллельного возбуждения получил свое название от способа включения цепи возбуждения. Его обмотка возбуждения включается параллельно якорю. Для изменения магнитного потока последовательно с обмоткой возбуждения включают регулировочный реостат R . (рис. 7.14.1).

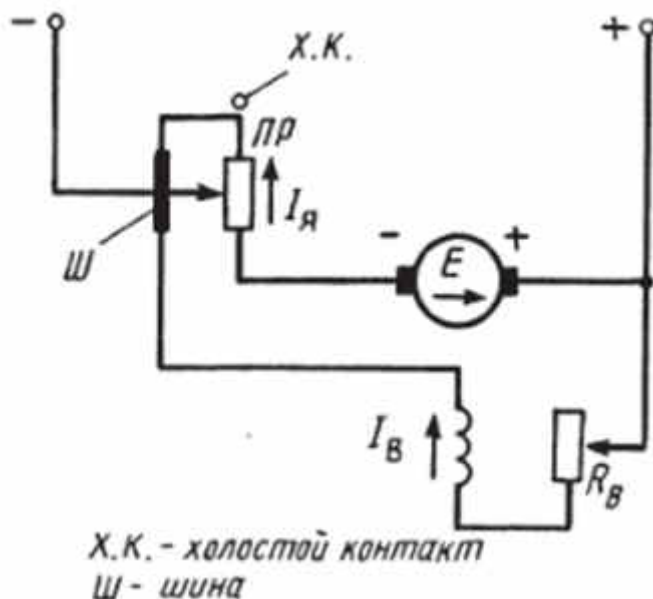


Рис. 7.14.1

Изменяя сопротивление регулировочного реостата, можно изменить ток возбуждения В момент включения двигателя магнитный поток должен быть максимальным, а, следовательно, сопротивление реостата уменьшено до нуля.

Пусковой реостат ПР включают последовательно с якорем. Конструкция пускового реостата должна обеспечивать замыкание цепи возбуждения на якорь при отключении двигателя, так как обмотка возбуждения имеет много витков и обладает значительной индуктивностью.

В противном случае при разрыве цепи возбуждения возникает большая ЭДС самоиндукции и может произойти пробой изоляции витков обмотки возбуждения. Из рисунка 7.14.1 видно, что противоЭДС после отключения двигателя (перевода ползунка на холостой контакт *хк*) поддерживает ток в обмотке возбуждения и этот ток будет убывать постепенно по мере уменьшения скорости вращения якоря.

Если пренебречь реакцией якоря, то механическая характеристика двигателя параллельного возбуждения, определяемая уравнением (7.13.2), представляет собой падающую прямую, угол наклона которой зависит от величины $R_{я}$ и возрастает с ростом последней (рис. 7.14.2). С увеличением нагрузки частота вращения двигателя изменяется мало, так как напряжение на зажимах двигателя следует считать неизменным, а падение напряжения на якоре мало изменяется с ростом нагрузки в силу малого значения сопротивления якоря. Такая механическая характеристика называется “жесткой”. Реакция якоря, которая выражается в уменьшении магнитного потока, несколько изменяет форму характеристики и способствует увеличению числа оборотов якоря, т.е. делает характеристику более “жесткой”.

Зависимость скорости вращения двигателя от тока возбуждения при вращении вхолостую и постоянном напряжении называется регулировочной характеристикой холостого хода:

$$n = f(I_a) \quad | \quad U = \text{const.}$$

Эта характеристика показана на рисунке 7.14.3.

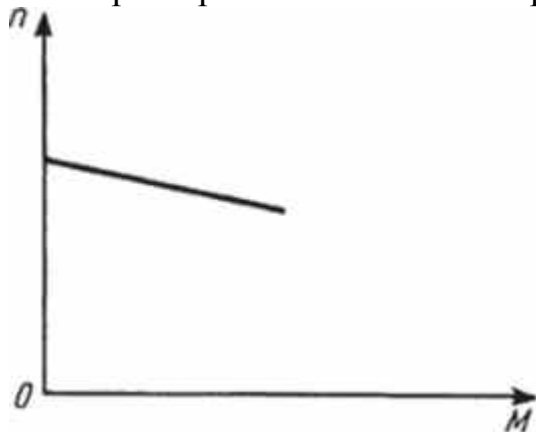


Рис. 7.14.2

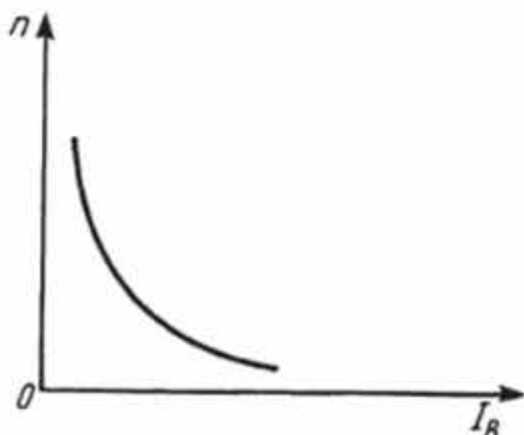


Рис. 7.14.3

При сильном уменьшении тока возбуждения ток якоря и частота вращения ненагруженного двигателя резко возрастают, усиливается искрение щеток и появляется опасность механических повреждений якоря. Это явление недопустимо, и потому современные двигатели снабжают автоматической защитой, отключающей их от сети при чрезмерном уменьшении тока возбуждения.

Обычно во всех каталогах приводятся рабочие характеристики электродвигателя. Рабочие характеристики двигателя снимаются при постоянном напряжении и постоянном токе возбуждения, и они представляют собой зависимости n , M , I , P от полезной мощности на валу двигателя:

$$n, M, I, P, \eta = f(P_2) \quad \left| \begin{array}{l} U = \text{const}, \\ I_B = \text{const}. \end{array} \right.$$

Зависимость момента M от мощности нагрузки на валу двигателя может быть представлена прямой линией, проходящей через начало координат, только при условии постоянства скорости вращения ($P_2 = \omega M$). Но с ростом нагрузки уменьшается частота вращения вала двигателя и момент растет несколько быстрее, чем это следует из линейного закона.

Двигатель параллельного возбуждения не только имеет “жесткую” механическую характеристику, но он позволяет плавно, экономично и в широких пределах изменять скорость вращения. Регулирование скорости вращения производится исключительно изменением тока возбуждения, который составляет 1...7% от $I_{\text{н}}$, а потери энергии в регулировочном реостате РВ (см. рис. 7.14.1) очень малы.

Регулировочная характеристика двигателя показывает, как надо изменять с ростом нагрузки ток возбуждения, чтобы частота двигателя оставалась неизменной при постоянном напряжении на его зажимах.

Регулировать скорость вращения, как уже отмечалось, возможно и включением добавочного сопротивления последовательно с якорем, но этот способ неэкономичен и применяется редко.

Электродвигатели с параллельным возбуждением используют там, где нужна практически постоянная частота вращения при колебаниях нагрузки (например, металлорежущие станки), или там, где требуется

плавное изменение скорости в широких пределах.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Каково сопротивление регулировочного реостата в момент пуска
- 2) Как производится регулирование скорости вращения.
- 3) Достоинства и недостатки электродвигателей с параллельным возбуждением

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 5

Тема: Исследование двигателя постоянного тока последовательного возбуждения

Цель: 1) изучение двигателя 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

Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения представляет собой электрическую машину постоянного тока, в которой обмотка возбуждения подключена последовательно с обмоткой якоря. Для данного типа двигателей справедливо равенство: ток, протекающий в якорной обмотке, равен току в обмотке возбуждения $I = I_B = I_{\text{я}}$, что является его главной отличительной особенностью от [остальных типов двигателей](#).

ДПТ с последовательным возбуждением

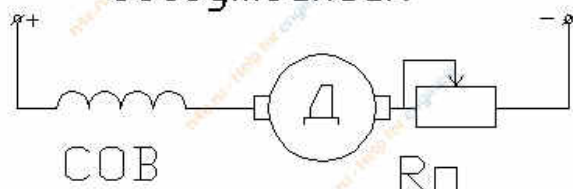


Рисунок 1 – Схема подключения ДПТ ПВ

Стоит обратить внимание на зависимость магнитного потока от нагрузки $\Phi = f(I_{\text{я}})$. Если двигатель будет работать на 25% своей номинальной мощности или меньше, то магнитный поток будет крайне мал, что приведет к постоянному увеличению скорости вала. Препятствовать разгону будут лишь

механические потери, и двигатель пойдет в "разнос". Это приведет к быстрому выходу машины из строя.

□

Исходя из вышесказанного, ДПТ ПВ нельзя использовать на холостом ходу, постоянно требуется контроль тока якоря. С этой целью последовательно с обмоткой возбуждения устанавливают минимальное токовое реле, которое замыкает якорную цепь только в том случае, если нагрузка на валу достаточна для поддержания номинальной работы двигателя.

Пуск двигателя производят с пусковым сопротивлением, также включенным последовательно в цепь якоря. После пуска это сопротивление выводят, и машина продолжает работать в номинальном режиме на своей естественной характеристике.

Механическая и электромеханическая характеристики ДПТ ПВ одинаковы и имеют гиперболический вид (рисунок 2).

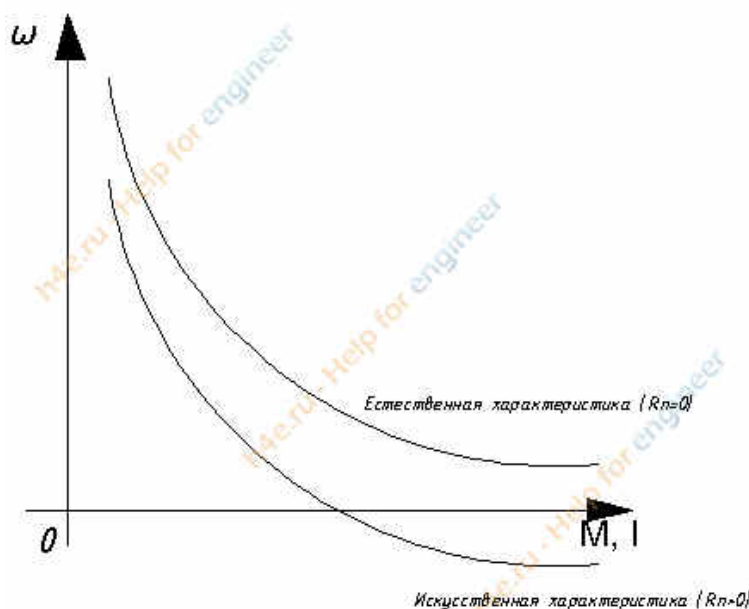


Рисунок 2 – Механическая и электромеханическая характеристики ДПТ ПВ

Скорость вращения ротора двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением производится регулированием двух параметров:

- питающее напряжение;
- магнитный поток полюсов двигателя.

Для изменения скорости при помощи входного напряжения, в роторную цепь вводят специальное добавочное сопротивление, или же можно использовать пусковой реостат и для этой цели. Но следует заметить, данный способ является крайне неэкономичным и нецелесообразным, так как большое количество энергии будет рассеиваться на реостате.

Регулировка скорости изменением магнитного потока, осуществляется включением реостата параллельно обмотке возбуждения.

Изменяя сопротивление – меняем ток, протекающий через обмотку возбуждения. Иногда обмотку возбуждения разбивают на несколько параллельных секций. В некоторых типах двигателей предусмотрена возможность отключения витков обмотки, так добиваются того же эффекта регулирования.

Тормозные режимы

В данном двигателе отсутствует режим генераторного торможения с отдачей энергии в сеть. На рисунке 2 вы можете видеть, что ветка гиперболы естественной характеристики не пересекает ось ординат (отрицательная скорость отсутствует).

Торможение противовключением получают путем переключения выводов якорной обмотки.

ДПТ ПВ нельзя соединять с механизмом при помощи ременной передачи, так как соскакивание или разрыв ремня приведет к разгрузке двигателя, что вызовет мгновенное повышение числа оборотов и последующему выходу из строя.

ДПТ ПВ нашли свое основное применение в качестве тяговых двигателей подвижного состава электровозов общего назначения, электровозов метрополитена и в [трамваях](#).

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) В каком режиме не допускается использовать двигатель постоянного тока последовательного возбуждения
- 2) Как производится регулирование скорости вращения.
- 3) Достоинства и недостатки двигателя постоянного тока последовательного возбуждения

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 6

Тема: Исследование двигателя постоянного тока смешанного возбуждения

Цель: 1) изучение двигателя постоянного тока смешанного 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

Двигатели смешанного возбуждения имеют две обмотки – параллельную и последовательную, намотанные на одни и те же полюсы.

Электрическая схема двигателя показана на рис. 1.33. В зависимости от числа витков обмоток и протекающего по ним тока соотношение между МДС параллельной OB_1 и последовательной OB_2 обмотками может быть различным. Кроме того, обмотки могут быть включены согласно или встречно. Чаще всего в практике встречаются двигатели с преобладанием МДС параллельной обмотки или согласном включении обмоток.

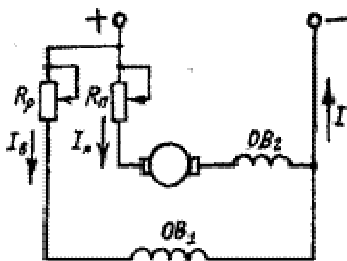


Рис. 1.33

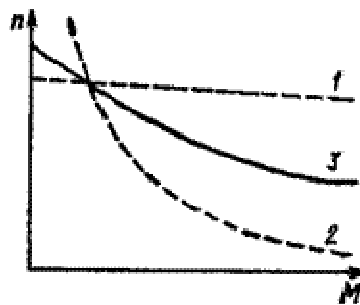


Рис. 1.34

Механическая характеристика. Механическая характеристика (рис. 1.34, кривая 3) располагается между характеристиками двигателя с параллельным возбуждением 1 и двигателя с последовательным возбуждением 2. Такая характеристика позволяет получить значительный пусковой момент и исключает возможность «разноса» двигателя при холостом ходе. Регулирование частоты вращения двигателя смешанного возбуждения аналогично регулированию скорости двигателя параллельного возбуждения. Варьируя МДС обмоток возбуждения, можно получить почти любую промежуточную механическую характеристику.

Приведенные особенности двигателя смешанного возбуждения определяют его использование для приводов компрессоров, строгальных станков, подъемников, в электрической тяге и т. д.

Принципиальная схема электродвигателя смешанного возбуждения приведена на рис. 1. В этом двигателе имеются две обмотки возбуждения – параллельная (шунтовая, ШО), подключенная параллельно цепи якоря, и последовательная (серийная, СО), подключенная последовательно цепи якоря. Эти обмотки по магнитному потоку могут быть включены согласно или встречно.

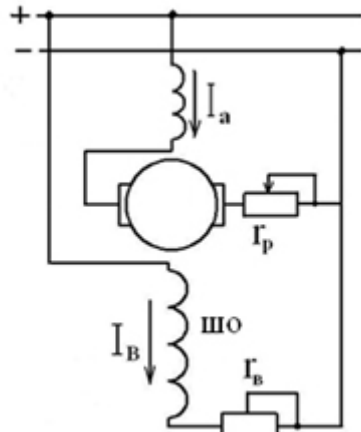


Рис. 1 — Схема электродвигателя смешанного возбуждения

При согласном включении обмоток возбуждения их МДС складываются и результирующий поток Φ примерно равен сумме потоков, создаваемых обеими обмотками. При встречном включении результирующий поток равен разности потоков параллельной и последовательной обмоток. В соответствии с этим, свойства и характеристики электродвигателя смешанного возбуждения зависят от способа включения обмоток и от соотношения их МДС.

Скоростная характеристика $n=f(I_a)$ при $U=U_n$ и $I_b=\text{const}$ (здесь I_b — ток в параллельной обмотке).

С увеличением нагрузки результирующий магнитный поток при согласном включении обмоток возрастает, но в меньшей степени, чем у двигателя последовательного возбуждения, поэтому скоростная характеристика в этом случае оказывается более мягкой, чем у двигателя параллельного возбуждения, но более жесткой, чем у двигателя последовательного возбуждения.

Соотношение между МДС обмоток может меняться в широких пределах. Двигатели со слабой последовательной обмоткой имеют слабо падающую скоростную характеристику (кривая 1, рис. 2).

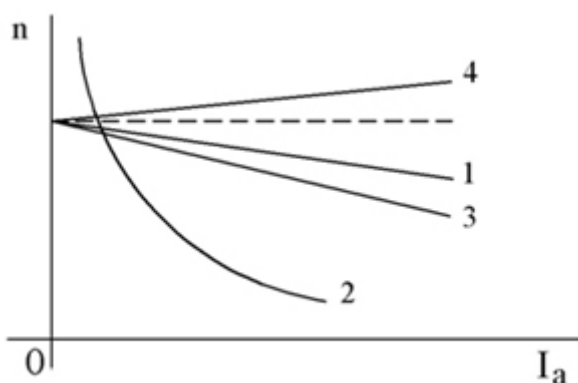


Рис. 2 — Скоростные характеристики двигателя смешанного возбуждения

Чем больше доля последовательной обмотки в создании МДС, тем ближе скоростная характеристика приближается к характеристике двигателя последовательного возбуждения. На рис.2 линия 3 изображает одну из промежуточных характеристик двигателя смешанного возбуждения и для сравнения дана характеристика двигателя последовательного возбуждения (кривая 2).

При встречном включении последовательной обмотки с увеличением нагрузки результирующий магнитный поток уменьшается, что приводит к увеличению скорости двигателя (кривая 4). При такой скоростной характеристике работа двигателя может оказаться неустойчивой, т.к. поток последовательной обмотки может значительно уменьшить результирующий магнитный поток. Поэтому двигатели со встречным включением обмоток не применяются.

Механическая характеристика $n=f(M)$ при $U=U_n$ и $I_v=const.$ двигателя смешанного возбуждения показана на рис.3 (линия 2).

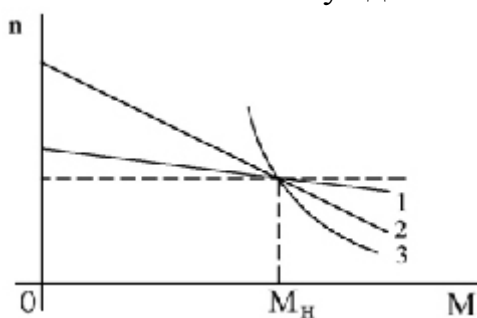


Рис. 3 — Механические характеристики двигателя смешанного возбуждения

Она располагается между механическими характеристиками двигателей параллельного (кривая 1) и последовательного (кривая 3) возбуждения. Подбирая соответствующим образом МДС обеих обмоток, можно получить электродвигатель с характеристикой, близкой к характеристике двигателя параллельного или последовательного возбуждения.

Пуск двигателя постоянного тока прямым включением его на напряжение сети допустим только для двигателей небольшой мощности. При этом пик тока в начале пуска может быть порядка 4 — 6-кратного номинального.

Прямой пуск двигателей постоянного тока значительной мощности совершенно недопустим, потому что начальный пик тока здесь будет равен 15 — 50-кратному номинальному. Поэтому пуск двигателей средних и больших мощностей производят при помощи пускового реостата, который ограничивает ток при пуске до допустимых по коммутации и механической прочности значений.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Область применения двигателя постоянного тока последовательного возбуждения

2) Как производится регулирование скорости вращения.

3) Достоинства и недостатки двигателя постоянного тока смешанного возбуждения

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 7

Тема: Исследование универсального коллекторного двигателя

Цель: 1) изучение универсального коллекторного двигателя

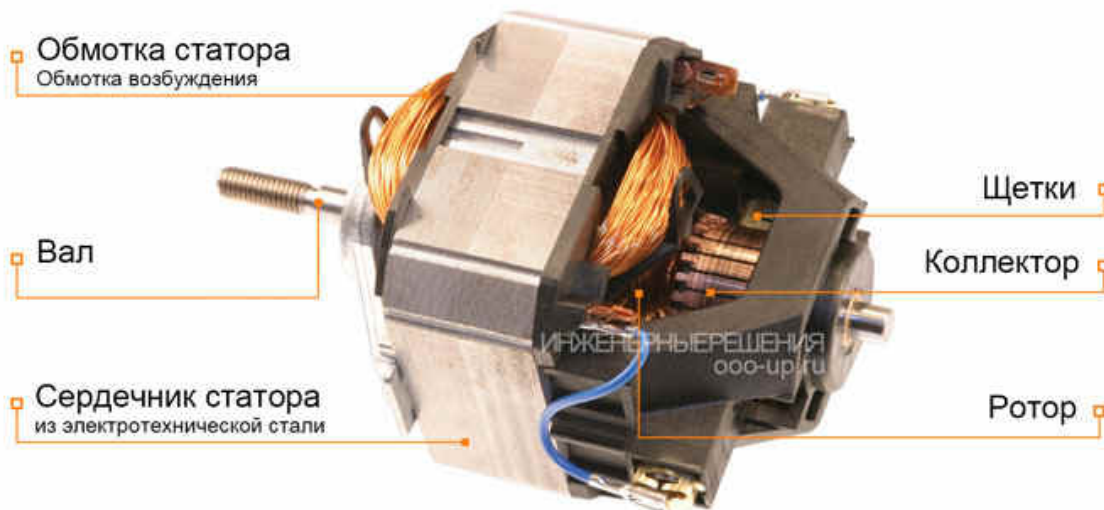
2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

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

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Конструкция универсального коллекторного электродвигателя не имеет принципиальных отличий от конструкции коллекторного электродвигателя постоянного тока с обмотками возбуждения, за исключением того, что вся магнитная система (и статор, и ротор) выполняется шихтованной и обмотка возбуждения делается секционированной. Шихтованная конструкция и статора, и ротора обусловлена тем, что при работе на переменном токе их пронизывают переменные магнитные потоки, вызывая значительные магнитные потери.



Универсальный двигатель

Секционирование обмотки возбуждения вызвано необходимостью изменения числа витков обмотки возбуждения с целью сближения рабочих характеристик при работе электродвигателя от сетей постоянного и переменного тока [2].

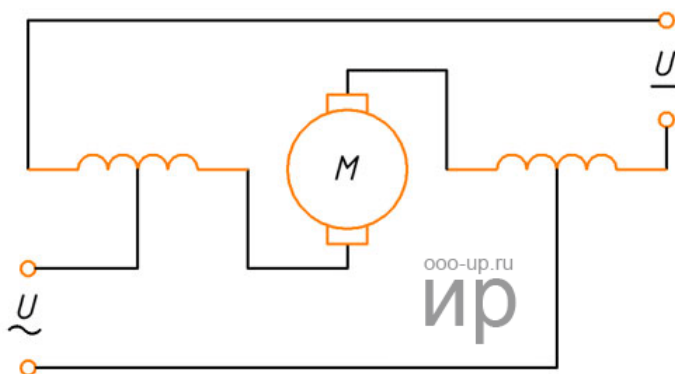


Схема универсального коллекторного двигателя

Универсальный коллекторный электродвигатель может быть выполнен как с последовательным, так и с параллельным и независимым возбуждением.

В настоящее время универсальные коллекторные электродвигатели выполняют только с последовательным возбуждением.

Принцип работы универсального двигателя

Возможность работы универсального двигателя от сети переменного тока объясняется тем, что при изменении полярности подводимого напряжения изменяются направления токов в обмотке якоря и в обмотке возбуждения. При этом изменение полярности полюсов статора практически совпадает с изменением направления тока в обмотке якоря. В итоге направление электромагнитного вращающего момента не изменяется:

$$M = c_M I_a \Phi = c_M (-I_a)(-\Phi),$$

- где M - электромагнитный момент, Н·м,
- c_M - постоянный коэффициент, определяемый конструктивными параметрами двигателя,
- I_a - ток в обмотке якоря, А,
- Φ - основной магнитный поток, Вб.

В качестве универсального используют двигатель последовательного возбуждения, у которого ток якоря является и током возбуждения, что обеспечивает почти одновременное изменение направления тока в обмотке якоря I_a и магнитного потока возбуждения Φ при переходе от положительного полупериода переменного напряжения сети к отрицательному.

Если двигатель подключить к сети синусоидального переменного тока, то ток якоря I_a и магнитный поток Φ будут изменяться по синусоидальному закону:

$$i = I_{max} \sin \omega_1 t,$$

- где i - ток, А,
- I_{max} - амплитуда тока, А,
- ω_1 - частота, рад/с.

$$\Phi = \Phi_{max} \sin(\omega_1 t - \delta),$$

- где Φ_{max} – наибольшее значение магнитного потока, Вб,
- δ – угол сдвига фаз между током возбуждения и магнитным потоком, обусловленный магнитными потерями в двигателе, рад.

Отсюда получим формулу электромагнитного [момента коллекторного двигателя](#) последовательного возбуждения, включенного в сеть синусоидального переменного тока, Нм:

$$M_{\sim} = c_M I_{max} \Phi_{max} \sin \omega_1 t \sin(\omega_1 t - \delta).$$

После преобразования:

$$M_{\sim} = 0,5 c_M I_{max} \Phi_{max} \cos \delta - 0,5 c_M I_{max} \Phi_{max} \sin(2\omega_1 t - \delta).$$

Первая часть выражения представляет собой постоянную составляющую электромагнитного момента $M_{пост}$, а вторая часть — переменную составляющую этого момента $M_{пер}$, изменяющуюся во времени с частотой, равной удвоенной частоте напряжения питания.

Таким образом, результирующий электромагнитный момент при работе двигателя от сети переменного тока пульсирует. Пульсации электромагнитного момента практически не нарушают работу двигателя.

Объясняется это тем, что при значительной частоте пульсаций электромагнитного момента ($f_M = 2f_1$) и большом моменте инерции якоря вращение последнего оказывается равномерным.

Особенности универсального двигателя

[Коэффициент полезного действия](#) универсального двигателя при его работе от сети переменного тока более низкий, чем при его работе от сети постоянного тока. Другой недостаток универсального двигателя — тяжелые условия коммутации, вызывающие интенсивное искрение на коллекторе при включении двигателя в сеть переменного тока. Этот недостаток объясняется наличием трансформаторной связи между обмотками возбуждения и [якоря](#), что ведет к наведению в коммутируемых секциях трансформаторной ЭДС, ухудшающей процесс коммутации в двигателе.

Наличие щеточно-коллекторного узла является причиной ряда недостатков универсальных коллекторных двигателей, особенно при их работе на переменном токе (искрение на коллекторе, радиопомехи, повышенный шум, невысокая надежность). Однако эти двигатели по сравнению с [асинхронными](#) и [синхронными](#) при частоте питающего напряжения $f = 50$ Гц позволяют получать частоту вращения до 10 000 об/мин и более (наибольшая синхронная частота вращения при $f = 50$ Гц равна 3000 об/мин) [3].

Области использования

Благодаря тому, что универсальный двигатель может иметь высокую скорость вращения при работе от однофазной сети переменного тока без использования дополнительных преобразовательных устройств, он получил широкое применение в таких домашних приборах как пылесосы, блендеры,

фены и др. Так же универсальный электродвигатель широко используется в таких инструментах, как дрели и шуруповерты.

Благодаря тому, что скорость вращения универсального двигателя легко регулируется изменением величины питающего напряжения ранее он широко использовался в стиральных машинах. Сейчас благодаря развитию преобразовательной техники более широкое использование получают бесщеточные электродвигатели ([СДПМ](#), [АДКР](#)) скорость вращения которых регулируется изменением частоты напряжения питания.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) В чем заключается универсальность универсального коллекторного электродвигателя
- 2) Область применения двигателя.
- 3) Достоинства и недостатки универсального коллекторного электродвигателя

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 8

Тема: Изучение реле напряжения

Цель: 1) Изучение реле 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

Зачем нужно регулирующее напряжение реле Грамотное название рассматриваемого устройства – «реле контроля напряжения». Но среднее слово в разговорах электриков между собой нередко выпадает из этого термина. В принципе, это один и тот же электротехнический прибор защитной автоматики. Плюс данное оборудование часто называют еще и «защитой от обрыва нуля». Почему – станет понятно ниже.

Разновидности устройства РКН Все модели реле, выполняющих функции регулятора напряжения, подразделяются на однофазные и трехфазные. В коттеджах и квартирах устанавливают первую категорию этих устройств, большего в домовых щитках не требуется. Реле на DIN-рейку В электрических щитах частных и многоквартирных домов обычно применяются однофазные реле в компактном исполнении на DIN-рейку РКН второй разновидности предназначены для промышленного применения. Их часто используют в схемах защиты трехфазных станков. Причем если на входе подобной сложной техники требуется такой трехфазник, то его зачастую выбирают в комбинированном исполнении с контролем не только по напряжению, но и по синхронизации фаз. Главный недостаток и одновременно плюс трехфазного реле – полное отключение питания на выходе при скачке вольтажа даже в одной из фазных линий на входе. В промышленности это идет только на пользу. Но в быту часто колебания напряжения в одной фазе не являются критичными, а РКН берет и отключает защищаемую сеть В отдельных случаях такая сверхнадежная перестраховка нужна. Однако в подавляющем большинстве ситуаций она излишня.

По типу исполнения и габаритам

Весь модельный ряд реле напряжения делится на три вида: Переходники «вилка-розетка».

Удлинитель с 1-6 розетками.

Компактные «пакетники» на DIN-рейку.

Первые два варианта используются для защиты одного конкретного электроприбора или какой-либо группы. Они включаются в обычную комнатную розетку. Третий вариант предназначен для монтажа в

электрическом распределительном щите в составе защитной системы электросети квартиры или коттеджа.

Переходники и удлинители рассматриваемых регуляторов имеют достаточно большие размеры. Производители стараются сделать их как можно меньше, чтобы они не портили своим видом интерьер. Но у внутренних компонентов реле напряжения свои жесткие габариты, к тому же их еще надо скомпоновать в одном корпусе с розеткой и вилкой. В плане дизайна здесь не развернешься. Реле на DIN-рейку для монтажа в распределительном щитке имеют более компактные размеры, в них нет ничего лишнего. Подключение их в сеть производится посредством проводов и клемм.

По базе и дополнительным функциям

Внутренняя логика и работа реле для контроля напряжения выстраиваются на основе микропроцессора либо более простого компаратора. Первый вариант дороже, но предполагает более точную и плавную регулировку порогов срабатывания РКН. Большинство продаваемых защитных приборов сейчас выстроено на микропроцессорной базе.

Как минимум, на корпусе реле присутствует пара светодиодов, по которым можно определить наличие напряжения на входе и выходе. Более продвинутые приборы оснащаются дисплеями, показывающими выставленные допустимые пределы и имеющийся в линии вольтаж. Регулировка пороговых значений производится потенциометром с градуированной шкалой либо кнопками с отображением параметров на табло. Само отвечающее за коммутацию реле внутри РКН выполнено по бистабильной схеме. У этой катушки два устойчивых состояния. Энергия затрачивается только на переключение защелки. Для удержания контактов в сомкнутом или разомкнутом положении электричество не требуется. С одной стороны это минимизирует энергопотребление, а с другой – гарантирует, что катушка не станет греться при работе регулятора.

При выборе реле напряжения в параметрах надо смотреть на: рабочий диапазон в Вольтах;

возможности по установки верхнего и нижнего порогов срабатывания;

наличие/отсутствие индикаторов уровня напряжения; время отключения при срабатывании РКН;

время задержки возобновления подачи электричества;

максимальную коммутируемую мощность в кВт или пропускаемый ток в Амперах.

По последнему параметру реле следует брать с запасом в 20–25%. Если подходящего под существующие в линии высокие нагрузки РКН нет, то берется маломощная модель, а на ее выходе подсоединяется магнитный пускатель. С установкой порогов ситуация следующая. Если их задать слишком жестко, то частота срабатывания реле получится высокой. Здесь

придется идти на компромисс. Регулировку этих параметров надо выполнять так, чтобы они обеспечивали должный уровень защиты, но не допускали слишком частого переключения РКН. Постоянные включения и выключения не пойдут на пользу как подключенной к сети технике, так и самому регулятору напряжения. При этом некоторые реле вообще не имеют возможности самостоятельно корректировать пороги. Они у них установлены “жестко”. Например, уставка по нижнему пределу заводом выполнена на 170 В, а во верхнему – на 265 В.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Область применения реле
- 2) Какой параметр напряжения контролируют ТКН.
- 3) Достоинства и недостатки реле

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 9

Тема: Изучение теплового реле

Цель: 1) Изучение теплового реле

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

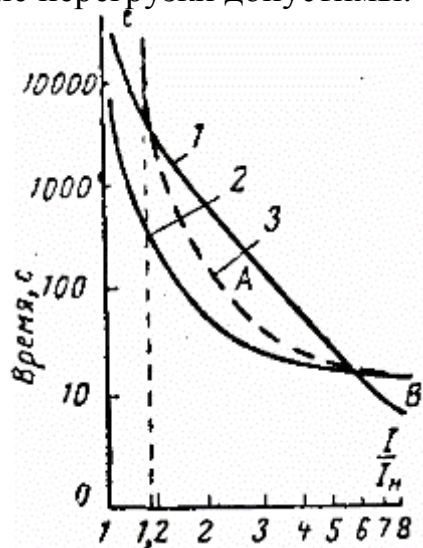
4.1 Краткие теоретические сведения

Тепловые реле - это электрические аппараты, предназначенные для защиты электродвигателей от токовой перегрузки. Наиболее распространенные типы тепловых реле - ТРП, ТРН, РТЛ и РТТ.

Принцип действия тепловых реле

Долговечность энергетического оборудования в значительной степени зависит от перегрузок, которым оно подвергается во время работы. Для любого объекта можно найти зависимость длительности протекания тока от его величины, при которых обеспечивается надежная и длительная эксплуатация оборудования. Эта зависимость представлена на рисунке (кривая 1).

При номинальном токе допустимая длительность его протекания равна бесконечности. Протекание тока, большего, чем номинальный, приводит к дополнительному повышению температуры и дополнительному старению изоляции. Поэтому чем больше перегрузка, тем кратковременнее она допустима. Кривая 1 на рисунке устанавливается исходя из требуемой продолжительности жизни оборудования. Чем короче его жизнь, тем большие перегрузки допустимы.



Время-токовые характеристики теплового реле и защищаемого объекта

При идеальной защите объекта зависимость $t_{cp}(I)$ для теплового реле должна идти немного ниже кривой для объекта.

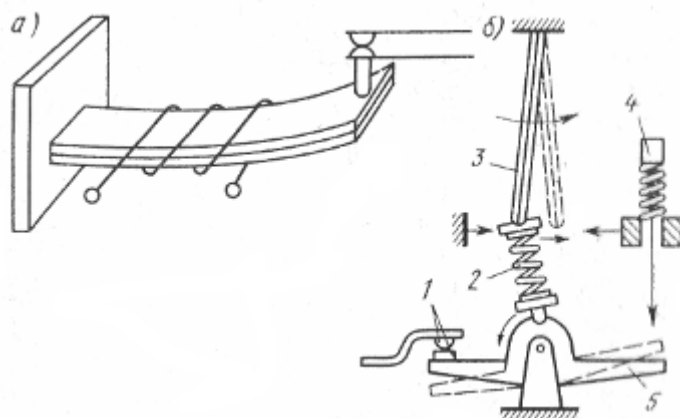
Для защиты от перегрузок, наиболее широкое распространение получили тепловые реле с биметаллической пластиной.

Биметаллическая пластина теплового реле состоит из двух пластин, одна из которых имеет больший температурный коэффициент расширения, другая — меньший. В месте прилегания друг к другу пластины жестко скреплены либо за счет проката в горячем состоянии, либо за счет сварки. Если закрепить неподвижно такую пластину и нагреть, то произойдет изгиб пластины в сторону материала с меньшим. Именно это явление используется в тепловых реле.

Широкое распространение в тепловых реле получили материалы инвар (малое значение α) и немагнитная или хромоникелевая сталь (большое значение α).

Нагрев биметаллического элемента теплового реле может производиться за счет тепла, выделяемого в пластине током нагрузки. Очень часто нагрев биметалла производится от специального нагревателя, по которому протекает ток нагрузки. Лучшие характеристики получаются при комбинированном нагреве, когда пластина нагревается и за счет тепла, выделяемого током, проходящим через биметалл, и за счет тепла, выделяемого специальным нагревателем, также обтекаемым током нагрузки.

Прогибаясь, биметаллическая пластина своим свободным концом воздействует на контактную систему теплового реле.



Устройство теплового реле: а - чувствительный элемент, б - прыгающий контакт, 1 - контакты, 2 - пружина, 3 - биметаллическая пластина, 4 - кнопка, 5 - мостик

Время-токовые характеристики теплового реле

Основной характеристикой теплового реле является зависимость времени срабатывания от тока нагрузки (времятоковая характеристика). В общем случае до начала перегрузки через реле протекает ток I_0 , который нагревает пластину до температуры φ_0 .

При проверке времятоковых характеристик тепловых реле следует учитывать, из какого состояния (холодного или перегретого) происходит срабатывание реле.

При проверке тепловых реле надо иметь в виду, что нагревательные элементы тепловых реле термически неустойчивы при токах короткого замыкания.

Выбор тепловых реле

Номинальный ток теплового реле выбирают исходя из номинальной нагрузки электродвигателя. Выбранный ток теплового реле составляет (1,2 - 1,3) номинального значения тока электродвигателя (тока нагрузки), т. е. тепловое реле срабатывает при 20- 30% перегрузке в течении 20 минут.

Постоянная времени нагрева электродвигателя зависит от длительности токовой перегрузки. При кратковременной перегрузке в нагреве участвует только обмотка электродвигателя и постоянная нагрева 5 - 10 минут. При длительной перегрузке в нагреве участвует вся масса электродвигателя и постоянная нагрева 40-60 минут. Поэтому применение тепловых реле целесообразно лишь тогда, когда длительность включения больше 30 минут.

Влияние температуры окружающей среды на работу теплового реле

Нагрев биметаллической пластинки теплового реле зависит от температуры окружающей среды, поэтому с ростом температуры окружающей среды ток срабатывания реле уменьшается.

При температуре, сильно отличающейся от номинальной, необходимо либо проводить дополнительную (плавную) регулировку теплового реле, либо подбирать нагревательный элемент с учетом реальной температуры окружающей среды.

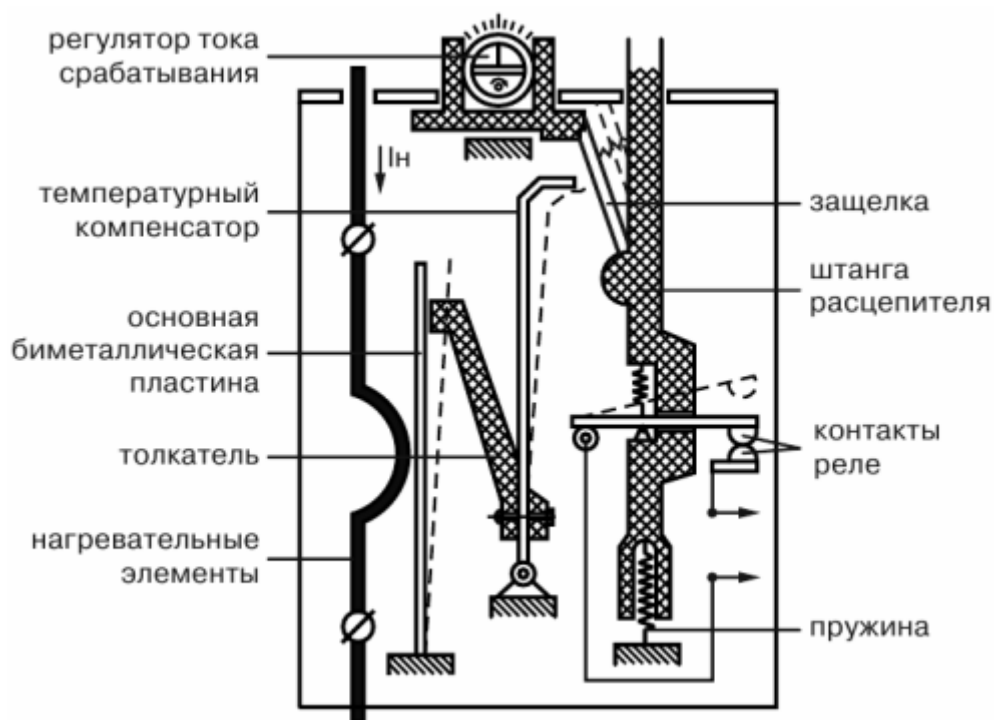
Для того чтобы температура окружающей среды меньше влияла на ток срабатывания теплового реле, необходимо, чтобы температура срабатывания выбиралась возможно больше.

Для правильной работы тепловой защиты реле желательно располагать в том же помещении, что и защищаемый объект. Нельзя располагать реле вблизи концентрированных источников тепла — нагревательных печей, систем отопления и т. д. В настоящее время выпускаются реле с температурной компенсацией (серии ТРН).

Конструкция тепловых реле

Прогиб биметаллической пластины происходит медленно. Если с пластиной непосредственно связать подвижный контакт, то малая скорость его движения, не сможет обеспечить гашение дуги, возникающей при отключении цепи. Поэтому пластина действует на контакт через ускоряющее устройство. Наиболее совершенным является «прыгающий» контакт.

В обесточенном состоянии пружина 1 создает момент относительно точки 0, замыкающий контакты 2. Биметаллическая пластина 3 при нагреве изгибается вправо, положение пружины изменяется. Она создает момент, размыкающий контакты 2 за время, обеспечивающее надежное гашение дуги. Современные контакторы и пускатели комплектуются с тепловыми реле ТРП (одно-фазное) и ТРН (двухфазное).



5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Область применения реле
- 2) Какой параметр контролирует тепловое реле
- 3) Достоинства и недостатки реле

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 10

Тема: Изучение работы конечного выключателя

Цель: 1) Изучение работы конечного выключателя

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 все автоматизированные системы содержат такой прибор, как конечный выключатель, отвечающий за их отключение при достижении подвижной частью определенной точки. В системах управления освещением концевики используют в качестве датчиков. При возникновении запрограммированных обстоятельств они формируют сигнал.

Что представляют собой концевые выключатели

Выключатели-концевики — электротехнические устройства, предназначенные для размыкания и замыкания рабочей цепи. Монтируют их на движущиеся механизмы для ограничения их перемещения в заданных границах. Функции, которые выполняют эти устройства, идентичны стандартному выключателю.

Начинка концевых выключателей заключена в прочный корпус, чаще всего металлический. Все его элементы оптимизированы для простого закрепления и легкой ориентации в пространстве. Яркие, разных цветов светодиоды позволяют контролировать подачу питания и срабатывание датчика. Две пары контактов, чаще всего имеющихся в концевике, дают возможность осуществлять контроль состояния его подключения. Если при замкнутой паре за передачей сигнала не следует его возвращение, это указывает на неисправность кабеля, ведущего к выключателю. После срабатывания датчика для прохождения сигнала возможно использовать разомкнутую пару контактов.

Разновидности концевых выключателей

Выделяют три основные группы концевиков: механические, бесконтактные, магнитные. Главная функция всех этих приборов — автоматом отсоединять работающий механизм в момент достижения установленной позиции его подвижной частью. Эти выключатели служат не только для размыкания цепи, но и для ее соединения. Работа цепи в концевых датчиках координируется двумя способами: непосредственным воздействием на подвижные контакты и позиционным управлением ими. В первом случае их называют контактными, во втором — бесконтактными. Примером контактных концевиков являются датчики, отвечающие за закрытие автомобильных дверей.

На фото изображено конструктивное исполнение концевого выключателя путевого типа. Основными его составляющими являются: крышка (1), основание (2), контакты (3), ролик (4), рычаг (5), полоса уплотнительная (6)

Датчики такого типа могут не только включать и выключать механизмы, но и устанавливать положение предмета контроля. К ним относятся датчики, определяющие уровень топлива. Сигналом к их срабатыванию служит изменение сопротивления, соответствующего определенному уровню жидкости. Минус контактных датчиков в присутствии механических подвижных частей, сравнительно небольшой срок службы в связи с неэффективной защитой от влаги и пыли. Преимущество — простая конструкция, установка и эксплуатация. Значительно надежнее защищены от внешних воздействий бесконтактные выключатели. Более длительным является и их ресурс.

Концевики механического типа

Управление концевиками этого вида бывает роликовым или рычажным. Они срабатывают, как только управляющий механизм в виде колесика, кнопки или рычага испытывают на себе механическое воздействие. При этом происходит изменение положения контактов — они могут замкнуться или разомкнуться. Процесс сопровождается сигналом — управляющим или предупредительным. Наиболее часто концевые выключатели имеют два контакта — открытый и закрытый. Существуют конечные устройства одинарные, но встречаются они редко. В любом случае контакты есть в корпусе каждого, а рабочая схема с их номерами изображена на панели. Конструкцией роликовых ВК предусмотрено выключение путем нажатия исполнительного механизма на кнопку в виде небольшого штока. Так как она связана с динамичными контактами, то в момент соприкосновения происходит размыкание питающей цепи. Отличие рычажных выключателей состоит в том, что их подвижные контакты посредством тяги или через шток связаны с небольшим рычагом. Действие происходит, когда исполнительный механизм нажимает на этот рычажок.

На фото механический концевой микровыключатель KW4-3Z-3 с нажимной планкой. Он отличается от стандартного величиной хода рабочего элемента. Применяют его в станках ЧПУ, принтерах 3D

Кроме стандартных концевых приборов существуют микровыключатели. Работают они по тому же принципу, но их регулировка при монтаже требует большей точности по причине небольшого хода. Чтобы увеличить рабочий ход прибегают к такому приему, как включение в схему промежуточного элемента — рычажка с роликом. Применяют такой тип выключателей, как на производстве, так и дома. В конструкции лифта использовано большое число КУ. Среди них выключатель в виде датчика, лимитирующего минимальную и максимальную высоту хода лифта, сигнализирующего об обрыве каната, подающего сигнал об открытии двери и выполняющего еще много действий. На дверях во многих квартирах имеются микровыключатели, включающие свет в комнате при ее открытии.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие функции выполняют концевые выключатели
- 2) Разновидности концевых выключателей
- 3) Область применения концевых выключателей

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 11

Тема: Изучение работы бесконтактных датчиков

Цель: 1) Изучение работы бесконтактных 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

Емкостные концевые выключатели бесконтактные

После появления объекта контур вибратора емкостного прибора запускается, задаются параметры времени. С приближением предмета к датчику растет емкость последнего, а частота, вырабатываемая мультивибратором, снижается. Как только порог частот будет превышен, прибор отключится. Структурная схема емкостного датчика имеет сходство с индуктивным прибором: в обеих моделях присутствует генератор и детектор.

Принцип действия концевика емкостного типа базируется на изменении емкости приемного элемента — конденсатора. В таких датчиках коммутационная операция начинается при попадании в их поле диэлектрических и металлических объектов

Кроме генератора, вырабатывающего электрическое поле, в их конструкцию входят такие основные части, как демодулятор. Он выполняет роль преобразователя амплитуды высокочастотных колебаний с одновременным изменением напряжения. Следующая важная составляющая — триггер, отвечающий за определенный уровень сигнала, переключения и гистерезисную зависимость.

Для повышения входного сигнала до установленного значения в схему емкостного выключателя включают усилитель. За контроль настройки и работы прибора отвечает светодиодный индикатор. От влаги и попадания твердых частиц защищает выключатель такой элемент, как компаунд. Пластмассовый или латунный корпус предохраняет все, что находится внутри его от механических повреждений. В комплект также входят крепежные детали. Коммутационный элемент в этом приборе находится на конденсаторе и представляет собой пластинку, взаимодействующую с вибратором. Роль порогового элемента выполняет компаратор, соединенный с вибратором. Последний, в свою очередь, подсоединен к преобразователю частоты и напряжения.

Емкостные концевые выключатели реагируют на твердые материалы, порошкообразные, жидкие, как проводящие электрический ток, так и непроводящие

Отличие емкостных моделей от индуктивных заключается в том, что первые реагируют на влажность воздуха и смену плотности. Вторые — к таким воздействиям нечувствительны.

Устройство ультразвуковых выключателей

Конструкцией ультразвуковых концевых выключателей предусмотрено наличие кварцевых звуковых излучателей, формирующих импульсные волны длиной 100 – 500 кГц, и приемника, настройки которого соответствуют определенной частоте. При изменении амплитуды звуковых волн в результате маневров движущегося объекта, микровыключатель БВК фиксирует новые значения и на основании этого управляет выходными сигналами. Принцип функционирования ультразвуковых датчиков основан на изменении времени, за которое перемещается звуковая волна от датчика к контролируемому объекту. Дистанция обнаружения таких приборов довольно большая — до 10 м. Большим их преимуществом является то, что они могут обнаружить предмет любой формы и цвета, отражающий звук.

Функционирование этого ультразвукового датчика основано на простом принципе: как только на одну его ножку поступает сигнал, другая принимает импульс длиной равной расстоянию до предмета

Используют такие датчики для выявления предметов с плоской поверхностью, занимающей перпендикулярное положение по отношению к средней линии обнаружения. Неточности в их работе могут вызвать: Внезапно возникающие воздушные потоки большой мощности, усиливающие или ослабляющие волну. Резкое изменение температурного режима. При большом количестве тепла, излучаемого предметом, изменяется скорость распространяемых волн. Отклонение от вертикали угла между горизонтальной плоскостью предмета и осью датчика. Если эта погрешность превышает 10^0 , датчик не срабатывает. Угловатые очертания объекта. В этом случае его выявление очень затруднено. Колебания распространяются в твердой, газообразной, жидкой среде, а скорость зависит от соответствующих параметров. Ультразвуковые датчики не имеют подвижных частей, поэтому нет зависимости между количеством циклов и сроком службы прибора. Они отличаются повышенной сопротивляемостью к воздействиям всякого рода извне.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие функции выполняют бесконтактных датчиков
- 2) Разновидности бесконтактных датчиков
- 3) Область применения бесконтактных датчиков

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 12

Тема: Изучение работы магнитных усилителей

Цель: 1) Изучение работы магнитных усилителей

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

Магнитный усилитель позволяет управлять переменным током, проходящим через него, путем пропускания небольшого управляющего постоянного тока через управляющую обмотку.

Принцип действия магнитного усилителя основан на интересном свойстве ферромагнитных материалов. Этим материалам свойственно насыщение. Это означает, что в ненамагниченном состоянии магнитная проницаемость может быть несколько тысяч или несколько десятков тысяч (для трансформаторного железа). При такой высокой магнитной проницаемости индуктивность катушки, намотанной на сердечнике, будет большой. Большим будет и модуль сопротивления переменному току. Путь переменному току будет практически перекрыт. Магнитный усилитель закрыт.

Но все меняется, если достаточно сильно (до насыщения) намагнитить сердечник. При этом его магнитная проницаемость приблизится к единице. Индуктивность, а значит модуль сопротивления, уменьшится в тысячи или десятки тысяч раз. Магнитный усилитель откроется.

Рисунок иллюстрирует описанный процесс. Магнитная индукция, характеризующая интенсивность магнитного поля, отложена по вертикальной оси. Сначала она быстро нарастает при небольшом росте электрического тока. Потом происходит перелом графика. Индукция уже растет намного медленнее по отношению к силе тока. Когда магнитный усилитель закрыт, сила тока располагается между точками 1 - 2. Сила тока через открытый магнитный усилитель находится между точками 3 - 4.

На этом рисунке мы видим график тока через магнитный усилитель в его разных режимах. А1 - усилитель открыт. А2 - усилитель закрыт. А3 - промежуточное состояние. Мы видим, что в открытом или закрытом состоянии магнитный усилитель практически не искажает сигнал. Но вот в промежуточном состоянии искажения очень существенные. Кроме того в промежуточном состоянии достаточно высоки потери на перемагничивание сердечника. В таком режиме магнитный усилитель используется только, если нагрузка не чувствительна к искажению формы сигнала или происходит последующая фильтрация. Замечу, что искажения, вносимые магнитным

усилителем, довольно безобидные. В выходном сигнале нет высших гармоник.

Устройство, схема

Типичный магнитный усилитель состоит из двух совершенно одинаковых дросселей с двумя обмотками, соединенных, как показано на схеме.

Силовые обмотки L2 и L3 соединены параллельно. Выводы 1 - 2 предназначены для подвода переменного тока, которым мы хотим управлять. Они включаются последовательно с нагрузкой. Управляющие обмотки соединены последовательно навстречу друг другу, чтобы напряжение на одной равнялось минус напряжению на другой.

Очень важно, чтобы дроссели были максимально идентичными. Напряжение на обмотке L1, наводимое с обмотки L2, должно быть в точности равно напряжению на обмотке L4, наводимому с обмотки L3. Тогда на выводах 3 - 4 вообще не будет напряжения, что необходимо для правильной работы устройства.

Возможным вариантом является намотка обоих дросселей на одном Ш - образном сердечнике.

Здесь обмотка L1 подмагничивает оба дросселя. В обмотке L4 нет необходимости. Ниже мы рассчитаем количество витков для управляющих обмоток. Число витков обмотки L1 во втором исполнении равно числу витков обмотки L1 в первом исполнении. Может показаться, что второе исполнение экономит медь, ведь не нужно мотать вторую управляющую обмотку. Но на самом деле. Длина витка L1 во втором исполнении значительно больше, чем в первом. Экономия меди есть, но не очень большая.

Мы проведем расчеты для первого варианта (отдельных независимых дросселей), но результат будет верен и для второго варианта с учетом того, что под площадью сечения магнитопровода во втором варианте понимается сечение одного крайнего зуба.

Формулы

При расчете магнитного усилителя нужно добиться двух вещей. Во-первых количество витков в силовой обмотке должно быть таким чтобы, когда ток управления не идет, сердечник не насыщался, несмотря на то, что к силовой катушке приложено полное напряжение питания. То есть индукция, возникающая от приложения напряжения к силовой обмотке, не должна превышать 80% от индукции насыщения. Во-вторых, количество витков в управляющей катушке должно быть таким, чтобы управляющий ток (который мы задаем, начиная расчет) вводил сердечник в насыщение, то есть индукция, создаваемая управляющей обмоткой, должна быть на 20 % больше индукции насыщения. 20% выбирается исходя из желания, чтобы магнитный усилитель работал на линейных участках своей характеристики. Это сильно снижает потери в нем на перемагничивание.

Диаметр провода в обмотках выбирается исходя из максимально возможного тока через них. Можно выбирать сечение провода, исходя из плотности тока 3 - 5 А на квадратный миллиметр. Если магнитный усилитель будет работать на высоких частотах, то один толстый провод нужного сечения лучше заменить на косицу из тонких проводов с таким же суммарным сечением для исключения СКИН-эффекта.

$$[Число\ витков\ силовых\ обмоток\ (L2,\ L3)] = 2.5E5 * [Действующее\ значение\ входного\ напряжения,\ В] / [Частота,\ Гц] / [Площадь\ сечения\ магнитопровода,\ кв.\ мм] / [Максимально\ приемлемая\ индукция,\ Тл]$$

Эта формула выводится аналогично такой же формуле для расчета силового трансформатора.

Максимально приемлемая индукция равна 80% от индукции насыщения. Для железа индукция насыщения 1 Тл, для силовых ферритов 0.3 Тл. Для низкочастотных токов (до 5 кГц) применяется железо, для больших частот - ферриты.

Применение магнитных усилителей

Нередко можно встретить мнение, что применение магнитных усилителей ушло в прошлое. Их место заняли силовые полупроводниковые элементы. Действительно, в некоторых сферах магнитные усилители стали применяться реже и уступили место тиристорам, силовым полевым транзисторам, IGBT.

Но, видели ли Вы полупроводниковый ключ, способный управлять нагрузкой в 100 и более кВт. А магнитный усилитель с этой задачей справится. Он не является источником импульсных помех, что может быть важно в некоторых условиях.

Магнитные усилители также применяются в стабилизаторах напряжения и измерительных приборах.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие функции выполняют магнитные усилители
- 2) Разновидности магнитных усилителей
- 3) Область применения магнитных усилителей

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 13

Тема: Изучение конструкции асинхронного двигателя и разметка выводов обмотки статора

Цель: 1) Изучение конструкции асинхронного двигателя и разметка выводов обмотки статора

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

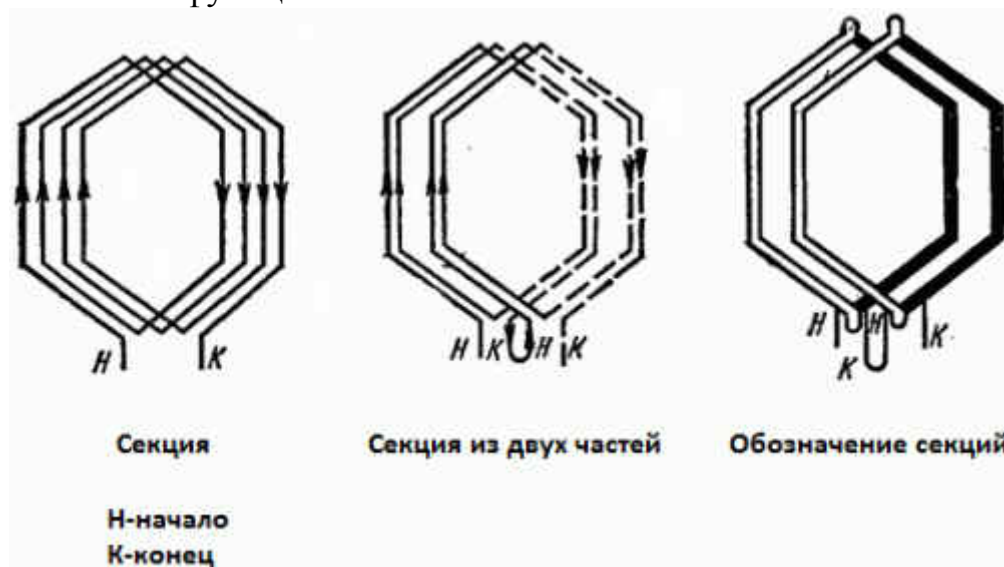
3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Обмотки статора асинхронного двигателя

Если взглянуть на обмотку статора асинхронного электродвигателя, то легко обнаружить, что она представляет собой отнюдь не просто три уложенные под 120 градусов относительно друг друга одиночные катушки. На каждую из фаз трехфазной обмотки приходится обычно по несколько секций. Эти секции отдаленно напоминают секции обмотки ротора коллекторного мотора, однако в асинхронном двигателе они выполняют совершенно иные функции.



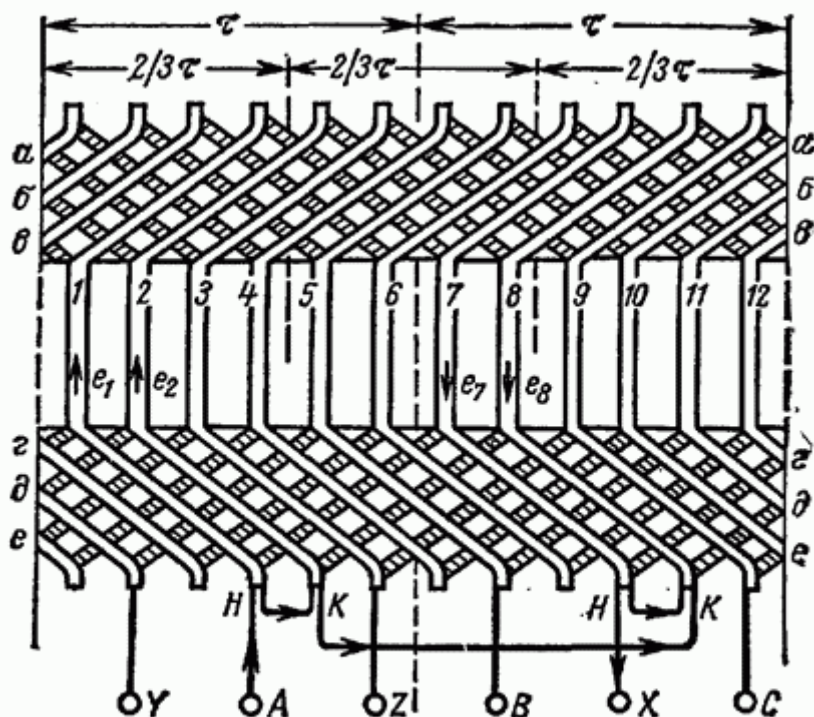
Посмотрите на первый рисунок. Здесь изображена одна секция, состоящая из четырех витков. Такая секция занимает на статоре минимум два паза. Но секцию в принципе можно разбить еще напополам — вот уже четыре паза. Тогда две части секции необходимо будет соединить последовательно, чтобы ЭДС в них суммировались.

Поскольку весь набор изолированных друг от друга проводов в секции (или условно - в части секции) укладывается в один паз, то и обозначить на схеме пучок проводов можно в виде одного витка, даже если

витков в одном пазе лежит несколько. Активные проводники каждой секции могут укладываться в пазы одним слоем или двумя слоями, как на роторе коллекторного мотора.

Допустим, трехфазный асинхронный двигатель имеет одну пару полюсов ($2p=2$). Тогда для каждой фазы обмотки на каждый полюс будет приходиться некоторое количество пазов статора: как правило от 1 до 5 (q). В процессе проектирования машины выбирают наиболее подходящее значение этого числа q . В результате общее число пазов будет равно - число полюсов*число фаз*пазов на полюс фазы ($Z = 2pmq$).

К примеру имеется: одна пара полюсов, три фазы, два паза на полюс фазы. Итак, общее число пазов: $Z = 2*3*2 = 12$ пазов. На рисунке ниже приведена именно такая обмотка, где на каждую фазу приходится по 4 секции, причем каждая секция состоит из двух частей (по две катушки в части) — каждая часть находится в сфере действия своего полюса (в двух полюсных делениях τ , одно полюсное деление — 180 градусов, все пазы — 360 градусов).



Двухслойная трехфазная обмотка

Пазы разделяются по фазам так: пусть у двигателя два паза на полюс на фазу, тогда на первом полюсном делении для фазы А предполагаются пазы 1 и 2, а на втором полюсном делении — 7 и 8, поскольку $Z/2 = 6$, и τ у = 6 зубцов.

Вторая фаза (В) сдвинута относительно первой в пространстве на 120 градусов или на $2/3 \tau$, то есть на 4 зубца, и значит занимает пазы 5 и 6 на первом полюсном делении и пазы 11 и 12 — на втором полюсном делении.

И наконец третья фаза (С) располагается в оставшихся пазах 8 и 9 второго полюсного деления и в пазах 3 и 4 первого полюсного деления. Разметка обмотки всегда ведется по наружному слою активных проводников.

Как вы уже поняли, с целью сложения ЭДС каждой фазы, секции внутри катушек соединяют последовательно, а сами катушки (в противоположных полюсных делениях) — встречно: конец первой — с концом второй.

К трехфазной сети обмотки статора традиционно присоединяются по одной из двух схем: [звезда или треугольник](#). Треугольник — для 220 вольт, звезда — для 380 вольт.

На рисунке показан статор без обмотки. Статор устанавливается в алюминиевый, чугунный или стальной корпус двигателя путем запрессовывания сердечника вовнутрь. Сердечник здесь набирается из отдельных листов стали, каждый из которых изолирован особым электротехническим лаком.

Снаружи корпус имеет ребра, благодаря которым увеличивается площадь теплообмена с окружающим воздухом и повышается эффективность активного охлаждения — пластмассовый вентилятор, насаженный на ротор сзади (под задней крышкой с перфорацией), обдувает ребра и охлаждает таким образом двигатель в процессе его работы, так предохраняет обмотки от перегрева.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Как необходимо будет соединить части секций чтобы ЭДС в них суммировались
- 2) По какой схеме подключают обмотки на напряжение 380 В
- 3) Что предохраняет обмотки от перегрева.

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие а 14

Тема: Исследование способов пуска трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

Цель: 1) Исследование способов пуска трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

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

Пуск непосредственным включением в сеть (рис. 15.3). Этот способ пуска, отличаясь простотой, имеет существенный недостаток: в момент подключения двигателя к сети в обмотке статора возникает большой пусковой ток, в 5—7 раз превышающий номинальный ток двигателя. При небольшой инерционности исполнительного механизма частота вращения двигателя быстро достигает установившегося значения и пусковой ток также быстро падает, не вызывая перегрева обмотки статора. Но такой значительный бросок тока в питающей сети может вызвать в ней заметное падение напряжения. Однако этот способ пуска благодаря своей простоте получил наибольшее применение для двигателей

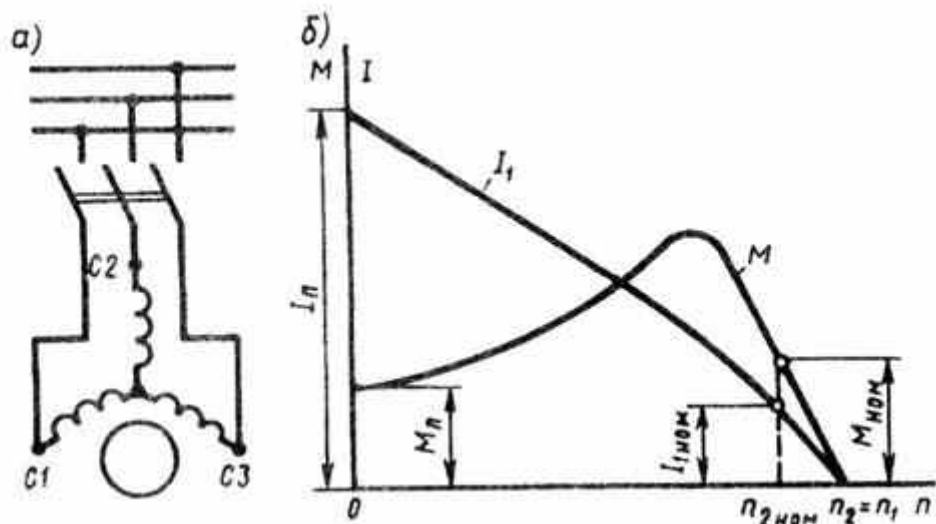


Рис. 15.3. Схема непосредственного включения в сеть (а) и графики изменения тока и момента при пуске (б) асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

мощностью до 38—50 кВт и более (при достаточном сечении жил токоподводящего кабеля). При необходимости уменьшения пускового тока

двигателя применяют какой-либо из способов пуска короткозамкнутых двигателей при пониженном напряжении.

Пуск при пониженном напряжении. В соответствии с (15.1) пусковой ток двигателя пропорционален подведенному напряжению U_1 , уменьшение которого вызывает соответствующее уменьшение пускового тока. Существует несколько способов понижения подводимого к двигателю напряжения. Рассмотрим некоторые из них.

Для асинхронных двигателей, работающих при соединении обмоток статора треугольником, можно применить пуск переключением обмотки статора со звезды на треугольник (рис. 15.4, а). В момент подключения двигателя к сети переключатель ставят в положение «звезда», при котором обмотка статора оказывается соединенной в звезду. При этом фазное напряжение на статоре понижается в $\sqrt{3}$ раз. Во столько же раз уменьшается и ток в фазных обмотках двигателя (рис. 15.4, б). Кроме того, при соединении обмоток звездой линейный ток равен фазному, в то время как при соединении этих же обмоток треугольником линейный ток больше фазного в $\sqrt{3}$ раз. Следовательно, переключив обмотки статора звездой, мы добиваемся уменьшения линейного тока в $(\sqrt{3})^2 = 3$ раза.

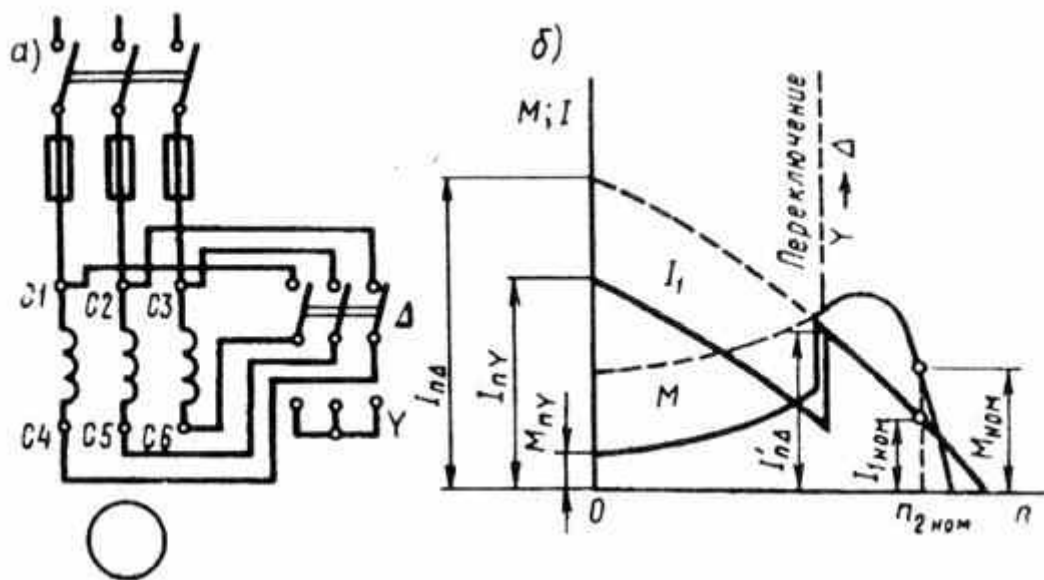


Рис. 15.4. Схема включения (а) и графики изменения момента и тока (фазного) при пуске (б) асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором переключением обмотки статора со звезды на треугольник

После того как ротор двигателя разгонится до частоты вращения, близкой к установившейся, переключатель быстро переводят в положение «треугольник» и фазные обмотки двигателя оказываются под номинальным

напряжением. Возникший при этом бросок тока до значения $I'_{п\Delta}$ является незначительным.

Рассмотренный способ пуска имеет существенный недостаток - уменьшение фазного напряжения в $\sqrt{3}$ раз сопровождается уменьшением пускового момента в три раза, так как, согласно (13.19), пусковой момент асинхронного двигателя прямо пропорционален квадрату напряжения U_1 . Такое значительное уменьшение пускового момента не позволяет применять этот способ пуска для двигателей, включаемых в сеть при значительной нагрузке на валу.

Описанный способ понижения напряжения при пуске применим лишь для двигателей, работающих при соединении обмотки статора треугольником. Более универсальным является способ с понижением подводимого к двигателю напряжения посредством реакторов (реактивных катушек — дросселей). Порядок включения двигателя в этом случае следующий (рис. 15.5, а). При разомкнутом рубильнике 2 включают рубильник 7. При этом ток из сети поступает в обмотку статора через реакторы Р, на которых происходит падение напряжения $j I_* x_p$ (где x_p — индуктивное сопротивление реактора, Ом). В результате на обмотку статора подается пониженное напряжение

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

Недостаток этого способа пуска состоит в том, что уменьшение напряжения в $U'_1 / U_{1ном}$

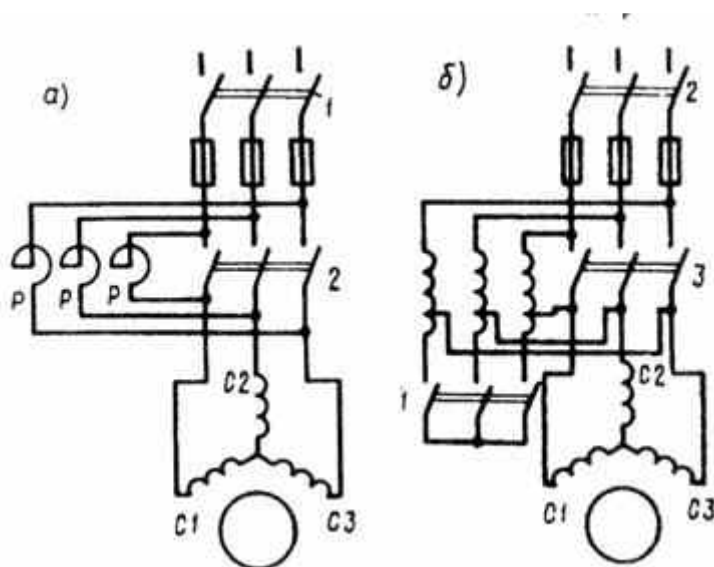


Рис. 15.5. Схемы реакторного (а) и автотрансформаторного (б) способов пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

раз сопровождается уменьшением пускового момента M_n в $(U'_1 / U_{1ном})^2$ раз.

При пуске двигателя через понижающий автотрансформатор (рис. 15.5, б) вначале замыкают рубильник 1, соединяющий обмотки

автотрансформатора звездой, а затем включают рубильник 2 и двигатель оказывается подключенным на пониженное напряжение U'_1 . При этом пусковой ток двигателя, измеренный на выходе автотрансформатора, уменьшается в K_A раз, где K_A — коэффициент трансформации автотрансформатора. Что же касается тока в питающей двигатель сети, т. е. тока на входе автотрансформатора, то он уменьшается в K_A^2 раз по сравнению с пусковым током при непосредственном включении двигателя в сеть. Дело в том, что в понижающем автотрансформаторе первичный ток меньше вторичного в K_A раз и поэтому уменьшение пускового тока при автотрансформаторном пуске составляет $K_A K_A = K_A^2$ раз. Например, если кратность пускового тока асинхронного двигателя при непосредственном его включении в сеть составляет $I_{п}/I_{ном} = 6$, а напряжение сети 380 В, то при автотрансформаторном пуске с понижением напряжения до 220 В кратность пускового тока в сети $I'_{п}/I_{ном} = 6/(380/220)^2 = 2$.

После первоначального разгона ротора двигателя рубильник 1 размыкают и автотрансформатор превращается в реактор. При этом напряжение на выводах обмотки статора несколько повышается, но все же остается меньше номинального. Включением рубильника 3 на двигатель подается полное напряжение сети. Таким образом, автотрансформаторный пуск проходит тремя ступенями: на первой ступени к двигателю подводится напряжение $U_1 = (0,50 \div 0,60)U_{ном}$, на второй — $U_1 = (0,70 \div 0,80)U_{ном}$ и, наконец, на третьей ступени к двигателю подводится номинальное напряжение $U_{ном}$.

Как и предыдущие способы пуска при пониженном напряжении, автотрансформаторный способ пуска сопровождается уменьшением пускового момента, так как значение последнего прямо пропорционально квадрату напряжения. С точки зрения уменьшения пускового тока автотрансформаторный способ пуска лучше реакторного, так как при реакторном пуске пусковой ток в питающей сети уменьшается в $U'_1/U_{ном}$ раз, а при автотрансформаторном - в $(U'_1/U_{ном})^2$ раз. Но некоторая сложность пусковой операции и повышенная стоимость пусковой аппаратуры (понижающий автотрансформатор и переключающая аппаратура) несколько ограничивают применение этого способа пуска асинхронных двигателей.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Какие различают способы пуска трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

2) Какие способы пуска сопровождаются уменьшением пускового момента

3) Способы понижения подводимого к двигателю напряжения.

Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 15

Тема: Исследование трехфазного асинхронного двигателя в однофазном и конденсаторном режимах

Цель: 1) Изучение трехфазного асинхронного двигателя в однофазном и конденсаторном режимах

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

Трехфазный асинхронный двигатель может быть использован для работы от однофазной сети. В этом случае такой двигатель включают как конденсаторный по одной из схем рис. 16.9.

Значение рабочей емкости $C_{раб}$ (мкФ) при частоте переменного тока 50 Гц можно ориентировочно определить по одной из формул: для схемы, изображенной на рис. 16.9 а,

$$C_{раб} \approx 2700 I_1 / U_c; \quad (16.6)$$

на рис. 16.9, б

$$C_{раб} \approx 2800 I_1 / U_c; \quad (16.7)$$

на рис. 16.9, в

$$C_{раб} \approx 4800 I_1 / U_c; \quad (16.8)$$

Здесь I_1 — номинальный (фазный) ток в обмотке статора, А; U_c — напряжение однофазной сети, В.

При подборе рабочей емкости необходимо следить за тем, чтобы ток в фазных обмотках статора при установившемся режиме работы не превышал номинального значения.

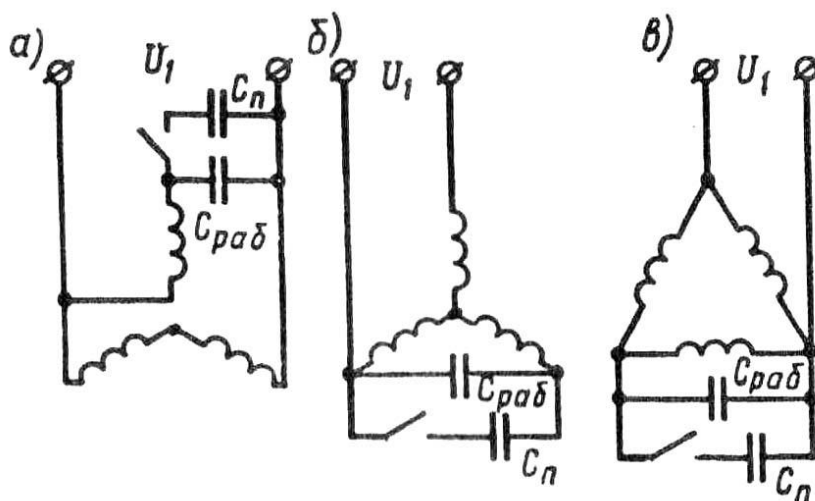


Рис 16.9. Схемы соединения обмотки статора трехфазного асинхронного двигателя при включении его в однофазную сеть

Если пуск двигателя происходит при значительной нагрузке на валу, то параллельно рабочей емкости $C_{раб}$ следует включить пусковую емкость $C_n = (2,5 \div 3,0)C_{раб}$. (16.9)

В этом случае пусковой момент становится равным номинальному. При необходимости дальнейшего увеличения пускового момента следует принять еще большее значение пусковой емкости ($C_n \leq 8C_{раб}$).

Большое значение для надежной работы асинхронного двигателя в качестве конденсаторного имеет правильный выбор конденсатора по напряжению. Следует иметь в виду, что габариты и стоимость конденсаторов определяются не только их емкостью, но и рабочим напряжением. Поэтому выбор конденсатора с большим “запасом” по напряжению ведет к неоправданному увеличению габаритов и стоимости установки, а включение конденсаторов на напряжение, превышающее допустимое рабочее напряжение, приводит к преждевременному выходу из строя конденсаторов, а следовательно, и всей установки.

При определении напряжения на конденсаторе при включении двигателя по одной из рассмотренных схем необходимо иметь в виду следующее: при включении двигателя по схеме рис. 16.9, а напряжение на конденсаторе равно $U_K \approx 1,3 U_C$, а при включении двигателя по схемам рис. 16.9, б и в это напряжение равно $U_K \approx 1,15 U_C$.

В схемах конденсаторных двигателей обычно применяют бумажные конденсаторы в металлическом герметичном корпусе прямоугольной формы типов КБГ — МН или БГТ (термостойкие). На корпусе конденсатора указаны емкость и рабочее напряжение постоянного тока. При включении такого конденсатора в сеть переменного тока следует уменьшить примерно в два раза допустимое рабочее напряжение. Например, если на конденсаторе указано напряжение 600 В, то рабочее напряжение переменного тока следует считать 300 В.

Пример 16.1. Определить значение рабочей емкости $C_{раб}$, необходимой для работы трехфазного асинхронного двигателя типа АВ052-4 от однофазной сети напряжением $U_C = 220$ В. Номинальные данные двигателя: $P_{ном} = 80$ Вт, напряжение 220/380 В, ток сети $I_{Iном} = 0,56/0,32$ А.

Решение. Напряжение сети 220 В соответствует соединению обмотки статора в треугольник, поэтому принимаем схему включения двигателя в однофазную сеть по рис. 16.9, в. Номинальный (фазный) ток статора $I_1 = 0,32$ А.

Рабочая емкость по (16.8) $C_{раб} = 4800 \cdot 0,32/220 = 6,98$ мкФ. При этом рабочее напряжение конденсатора $U_K \approx 1,15 \cdot 220 = 250$ В. Принимаем в качестве $C_{раб}$ батарею из двух параллельно соединенных конденсаторов типа КБГ—МН емкостью по 4 мкФ каждый (емкость батареи 8 мкФ) на рабочее напряжение 600 В.

При использовании трехфазного двигателя в однофазном конденсаторном режиме его полезная мощность обычно не превышает 70—80 % номинальной мощности, а при однофазном режиме без рабочей емкости

полезная мощность двигателя не превышает 60 % его номинальной мощности.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Какие различают схемы пуска трехфазных асинхронных двигателей при включении его в однофазную сеть

2) Какие способы пуска сопровождаются уменьшением пускового момента

3) Какую мощность развивает двигатель в однофазном конденсаторном режиме

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 16

Тема: Исследование трехфазного асинхронного двигателя методом непосредственной нагрузки

Цель: 1) Изучение трехфазного асинхронного двигателя методом непосредственной нагрузки

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

Механической характеристикой двигателя называется зависимость частоты вращения ротора от момента на валу $n = f(M_2)$. Так как при нагрузке момент холостого хода мал, то $M_2 \approx M$ и механическая характеристика представляется зависимостью $n = f(M)$. Если учесть взаимосвязь $s = (n_1 - n) / n_1$, то механическую характеристику можно получить, представив ее графическую зависимость в координатах n и M (рис. 1).

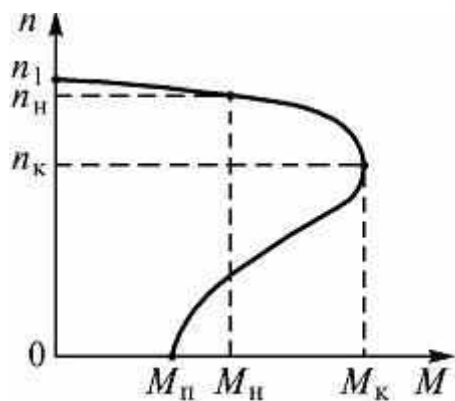


Рис. 1. Механическая характеристика асинхронного двигателя

Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя соответствует основной (паспортной) схеме его включения и номинальным параметрам питающего напряжения. **Искусственные характеристики** получаются, если включены какие-либо дополнительные элементы: резисторы, реакторы, конденсаторы. При питании двигателя не номинальным напряжением характеристики также отличаются от естественной механической характеристики.

Пример расчета механической характеристики асинхронного двигателя

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с напряжением = 380 В при = 50 Гц. Параметры двигателя: $P_H = 14$ кВт, $n_H = 960$ об/мин, $\cos \varphi_H = 0,85$, $\eta_H = 0,88$, кратность максимального момента $k_M = 1,8$.

Определить: номинальный ток в фазе обмотки статора, число пар полюсов, номинальное скольжение, номинальный момент на валу, критический момент, критическое скольжение и построить механическую характеристику двигателя.

Решение. Номинальная мощность, потребляемая из сети

$$P_{1H} = P_H / \eta_H = 14 / 0,88 = 16 \text{ кВт.}$$

Номинальный ток, потребляемый из сети

$$I_{1H} = \frac{P_{1H}}{\sqrt{3} U_{1H} \cos \varphi_H} = \frac{16 \cdot 10^3}{\sqrt{3} 380 \cdot 0,85} = 28 \text{ А.}$$

Число пар полюсов

$$p = 60 f / n_1 = 60 \times 50 / 1000 = 3,$$

где $n_1 = 1000$ – синхронная частота вращения, ближайшая к номинальной частоте $n_H = 960$ об/мин.

Номинальное скольжение

$$s_H = (n_1 - n_H) / n_1 = (1000 - 960) / 1000 = 0,04$$

Номинальный момент на валу двигателя

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{P_H}{\frac{\pi n_H}{30}} = \frac{14000}{\frac{\pi \cdot 960}{30}} = 139,3 \text{ Н·м.}$$

Критический момент

$$M_K = k_M \times M_H = 1,8 \times 139,3 = 250,7 \text{ Н·м.}$$

Критическое скольжение находим подставив $M = M_H$, $s = s_H$ и $M_k / M_H = k_M$.

$$s_k = k_M s_H + \sqrt{(k_M s_H)^2 - s_H^2} = s_H (k_M + \sqrt{k_M^2 - 1}) = 0,04(1,8 + \sqrt{1,8^2 - 1}) = 0,132$$

Для построения механической характеристики двигателя с помощью $n = (n_1 - s)$ определим характерные точки: точка холостого хода $s = 0$, $n = 1000$ об/мин, $M = 0$, точка номинального режима $s_H = 0,04$, $n_H = 960$ об/мин, $M_H = 139,3$ Н•м и точка критического режима $s_k = 0,132$, $n_k = 868$ об/мин, $M_k = 250,7$ Н•м.

Для точки пускового режима $s_H = 1$, $n = 0$ находим

$$M_H = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{s_k + s_H}{s_H} + \frac{s_H}{s_k}} = \frac{2 \cdot 250,7}{\frac{0,132 + 1}{1} + \frac{1}{0,132}} = 65 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

По полученным данным строят механическую характеристику двигателя. Для более точного построения механической характеристики следует увеличить число расчетных точек и для заданных скольжений определить моменты и частоту вращения.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Какие различают схемы пуска трехфазных асинхронных двигателей при включении его в однофазную сеть

2) Какие способы пуска сопровождаются уменьшением пускового момента

3) Какую мощность развивает двигатель в однофазном конденсаторном режиме

Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 17

Тема: Исследование трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором методом холостого хода и короткого замыкания

Цель: 1) изучение трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором методом холостого хода и короткого замыкания 2) Развитие познавательного интереса, логического мышления, привитие навыков самостоятельности в работе.

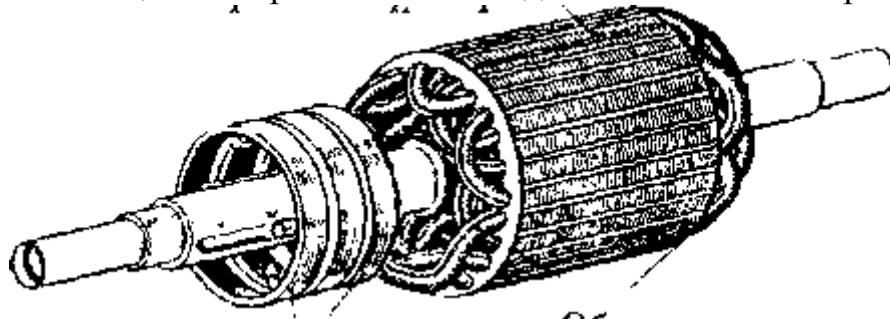
3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Принцип работы асинхронного электродвигателя с фазным ротором

Статор этого электродвигателя ничем не отличается от обычного. А вот в его ротор добавлены обмотки трех фаз, соединенные в звезду, концы которых выведены на контактные кольца. По кольцам скользят щетки, с помощью которых обмотки подключаются к электрической цепи.

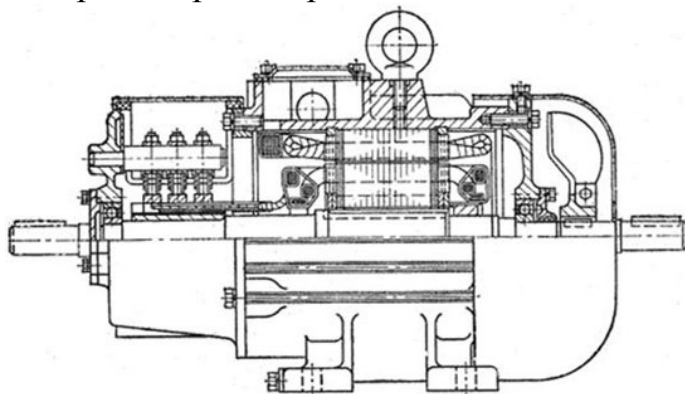


Фазный ротор

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором работает так:

- ток в обмотках статора создает вращающийся магнитный поток внутри него;
- изменяющийся во времени магнитный поток, пересекая витки обмотки ротора, наводит в них ЭДС;
- поскольку обмотка ротора замкнута, за счет наведенной ЭДС в ней возникает ток;
- проводники обмотки ротора с током взаимодействуют с вращающимся полем статора, создается вращающий момент.

Особенность асинхронного двигателя с фазным ротором: **ток в роторе можно изменять, подключая последовательно с его обмотками резисторы**. Чем больше сопротивление резистора, тем меньше ток в роторе. С уменьшением тока уменьшается и сила взаимодействия с вращающимся полем статора. Скорость вращения падает.



Конструкция

асинхронного электродвигателя с фазным ротором

Наличие резисторов в цепи ротора **увеличивает объем пускорегулирующей аппаратуры двигателя**. Мощность, которая рассеивается на них, возрастает с мощностью электродвигателя. Но и для небольших моторов она существенна, что приводит к громоздким конструкциям магазинов сопротивлений и необходимости обеспечивать им постоянное охлаждение. Резисторы изготавливаются из материалов, имеющих высокое удельное сопротивление. Проводники их наматываются

на каркасы или монтируются на изоляторы из фарфора. Конструкция помещается в кожух с жалюзийными отверстиями для охлаждения или закрываются сеткой.

Плавная регулировка скорости электродвигателя с фазным ротором не производится. **Изменение сопротивления в цепи ротора производится фиксированными ступенями.** Для этого резисторы **разделяются на секции**, соединенные последовательно, в цепях которых устанавливаются контакторы управления. При необходимости увеличить скорость вращения контакторы шунтируют часть резисторов, уменьшая их суммарное сопротивление. Для достижения максимальной скорости вращения шунтируются все резисторы, для минимальной – не шунтируется ничего.

Плавный запуск двигателя с фазным ротором

Система плавного разгона электродвигателя с фазным ротором **работает автоматически.** Оператор нажимает кнопку «Пуск», дальше автоматика все делает сама.

Главный контактор подключает к трехфазному напряжению обмотку статора. Двигатель начинает вращение с минимально возможной скоростью, так как в цепь его ротора включены резисторы с максимально возможным сопротивлением.

Через фиксированную задержку, формируемую реле времени, включается первый контактор, шунтирующий первую секцию сопротивлений в цепи ротора. Скорость вращения немного возрастает. Проходит еще время, второе реле времени запускает следующий контактор. Шунтируется следующая секция сопротивлений, ток в цепи ротора возрастает, скорость вращения – увеличивается. И так далее, до полного исключения всех сопротивлений из цепи ротора. При этом электродвигатель выходит на номинальные обороты.

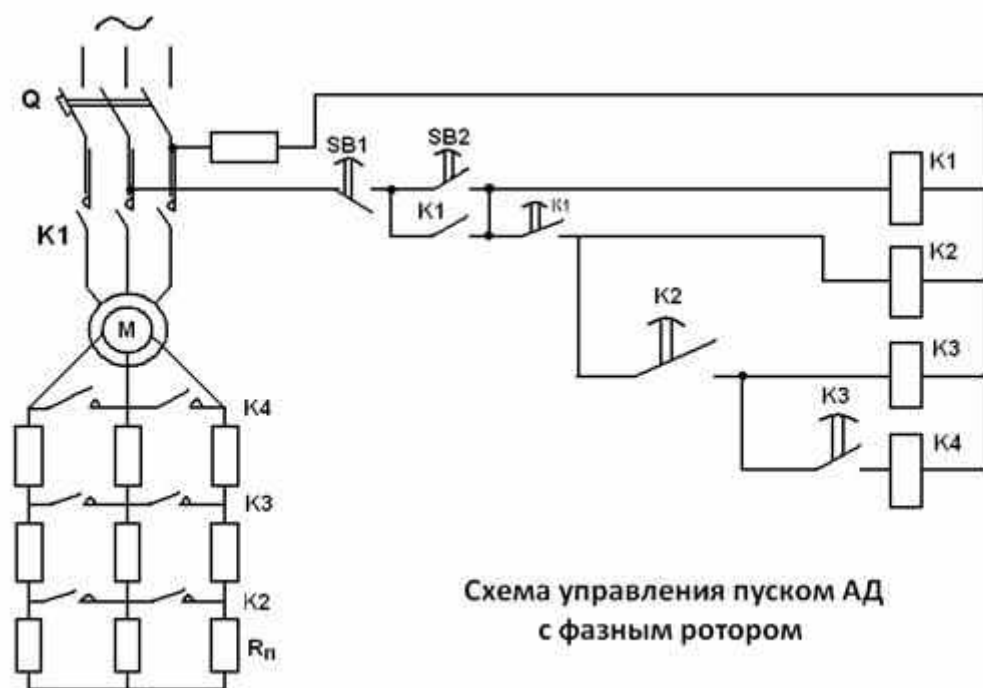


Схема плавного пуска асинхронного электродвигателя с фазным ротором

Число ступеней разгона выбирается из условий тяжести запуска.

Разгон получается не таким уж плавным, ток в статоре возрастает ступенями.

При старте и переходе на каждую последующую ступень, электродвигатель все равно потребляет пусковой ток, хоть и меньшего значения.

Этого недостатка лишены электродвигатели, для разгона которых используются **жидкостные пускатели (или стартеры)**. В них в качестве резистора используется жидкость с высоким удельным сопротивлением. Это – дистиллированная вода с растворенной в ней специальной солью.

Уменьшение сопротивления достигается за счет уменьшения расстояния между электродами, помещенными в эту жидкость. Электроды приводятся в движение небольшим электродвигателем через червячную передачу. За счет этого уменьшение сопротивления в цепи ротора и разгон электродвигателя происходят плавно.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что произойдет со скоростью вращения ротора при увеличении сопротивления в его цепи
- 2) Для чего служит н.о. контакт К1 на схеме
- 3) Как производится плавный (бесступенчатый) пуск двигателя

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 18

Тема: Исследование индукционного регулятора

Цель: 1) изучение индукционного регулятора

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

Индукционный регулятор напряжения - устройство, схемы, применение

На базе асинхронной машины с фазным ротором может быть построен индукционный регулятор, используемый для регулирования напряжения. Ротор машины должен быть снабжен механическим поворотным устройством.

Схема индукционного регулятора представлена на рис. 1. Ротор, а также выводы начала обмотки статора подключены к сети, а к выводам конца обмотки статора присоединяется нагрузка.

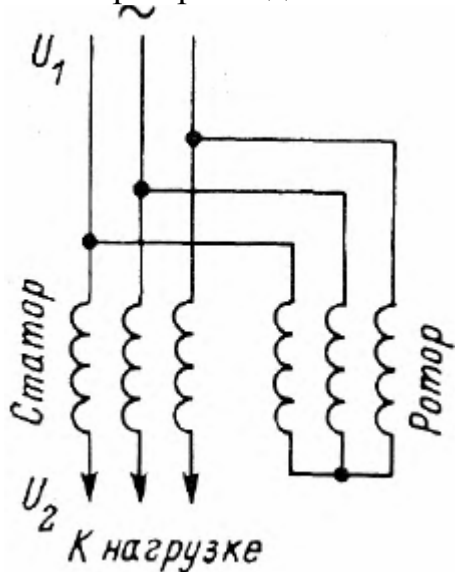


Рис. 1. Схема индукционного регулятора напряжения

Токи ротора создают вращающееся магнитное поле, которое индуцирует в обмотках статора дополнительные ЭДС E_2 , значение и фаза которых зависит от угла поворота ротора α . В итоге согласно векторной диаграмме на рис. 2 при равенстве числа витков в обмотках напряжение на выходе U_2 можно регулировать от нуля (при $\alpha = 180^\circ$) до двойного напряжения сети (при $\alpha = 0$).

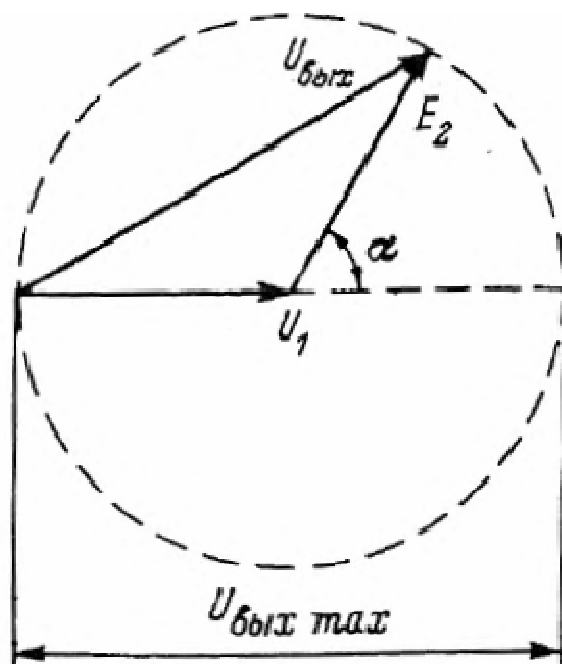


Рис. 2. Векторная диаграмма индукционного регулятора

Недостаток рассмотренного простейшего регулятора — изменение фазы выходного напряжения. Поэтому иногда используют сдвоенный индукционный регулятор, состоящий как бы из двух машин, обмотки статоров которых включены последовательно.

Соответствующим включением обмоток ротора (рис. 3) обеспечивается вращение их магнитных полей в противоположные стороны. Поэтому в обмотках статоров наводятся ЭДС E_2 со сдвигом в противоположные стороны от нулевого положения. После суммирования ЭДС получаем результирующую, совпадающую по фазе с питающим напряжением.

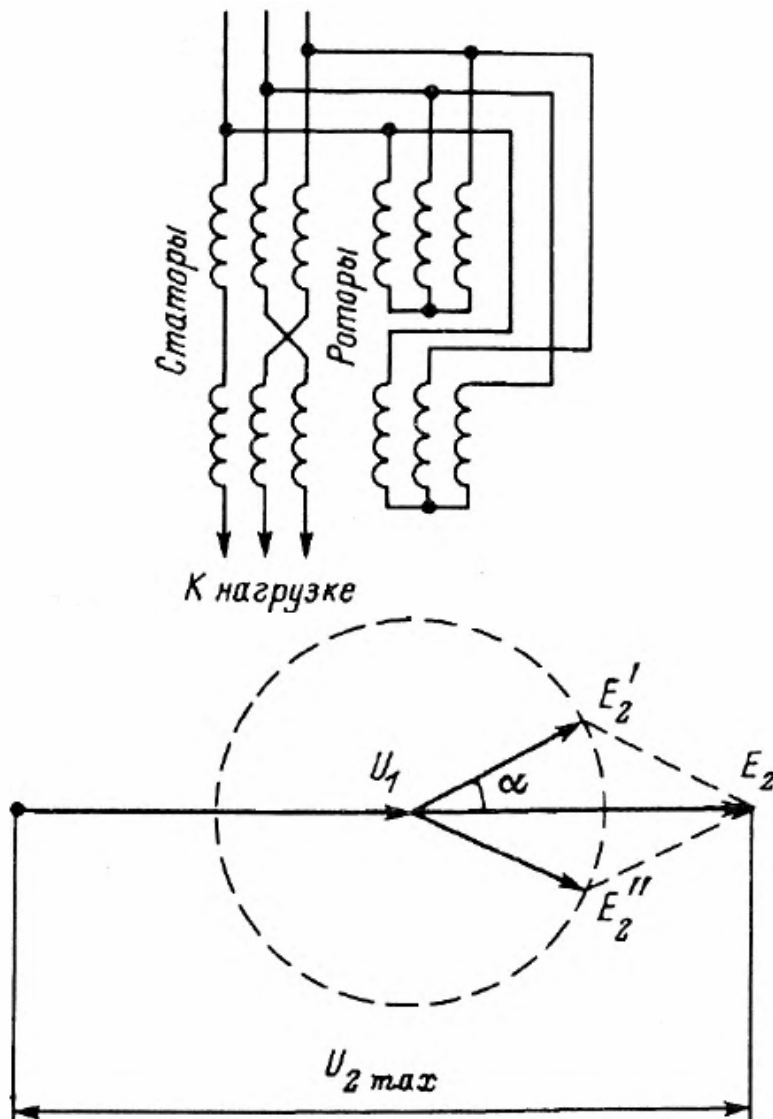


Рис. 3. Схема и векторная диаграмма сдвоенного регулятора

Индукционные регуляторы очень удобны для применения в лабораторных условиях. Однако они широко используются и в энергосистемах, где снабжаются устройствами автоматического регулирования напряжения.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Для чего применяется сдвоенный индукционный регулятор
- 2) На какой угол (рабочий диапазон) поворачивается ротор индукционного регулятора
- 3) Достоинства и недостатки индукционного регулятора

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 19

Тема: Исследование трехфазного синхронного генератора

Цель: 1) изучение трехфазного синхронного генератора

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

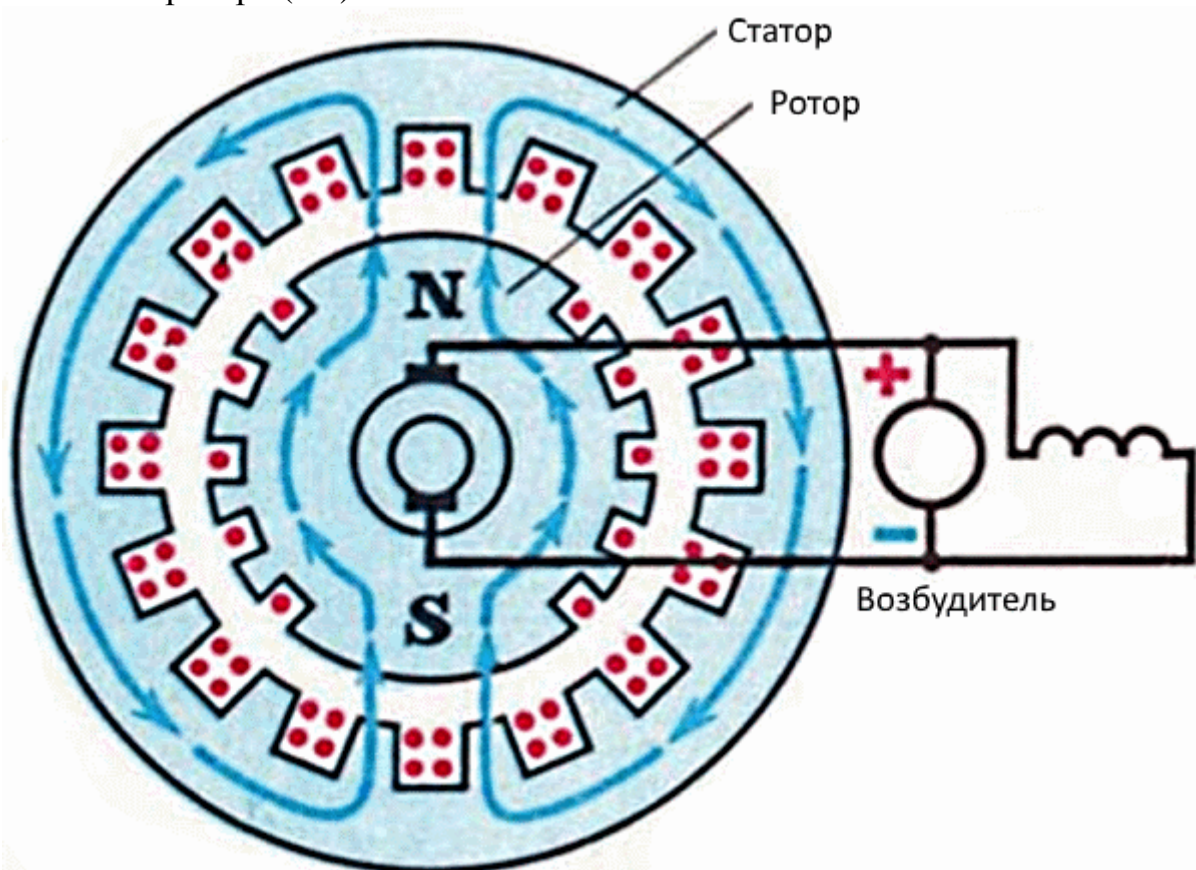
К синхронным машинам относятся те, у которых ротор имеет одинаковую частоту вращения с магнитным полем:

$$n = 60 \cdot f / p,$$

где f – частота сети;

p – количество пар полюсов статора.

Принцип работы Статор и ротор – главные составные части синхронного генератора (СГ).



Принцип действия синхронного генератора

Как изображено на рисунке, синхронный генератор чаще всего вырабатывает энергию, когда ротор вращается вместе с магнитным полем, линии которого пересекают статорную обмотку, расположенную неподвижно. Поле создается от дополнительного возбудителя (дополнительного генератора, аккумулятора и др. источников). Процесс

может происходить наоборот – вращающийся проводник находится в неподвижном магнитном поле. Здесь появляется проблема токосъёма через коллекторный узел. Для генераторов переменного тока небольшой мощности эта схема вполне подходит. Обычно она применяется в передвижных установках.

В СГ вырабатывается ЭДС:

$$e = 2\pi B l w D n,$$

где B – магнитная индукция;

l – длина паза статора;

w – количество витков в статорной обмотке;

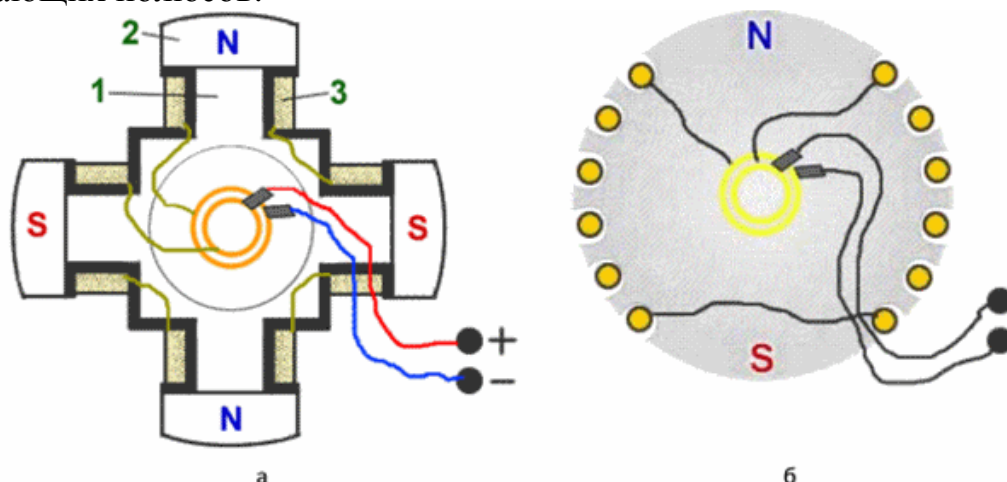
D – внутренний диаметр статора.

Основная электроэнергетика построена на напряжении 15-40 кВ.

Передача энергии через коллектор СГ затруднительна. К тому же подвижная обмотка подвержена ударным нагрузкам и вращению с переменной скоростью, что создаёт проблемы с изоляцией. Из-за этого, обмотки якоря делают неподвижными, поскольку через них проходит основная энергия. Мощность возбuditеля не превышает 5% от общей мощности СГ. Это позволяет проводить ток через подвижный узел. В машинах переменного тока небольшой мощности (несколько киловатт) ротор изготавливают с постоянными магнитами (неодимовыми и др.). Здесь не требуется установка подвижных контактов, но тогда возникают сложности с регулированием напряжения на выходе.

Устройство генератора Принцип работы генераторов тока в автомобилях Статор имеет общий принцип действия с асинхронником и мало отличается от него. Его железо собирается из пластин электротехнической стали, разделённых изолирующими слоями. В пазах размещается обмотка переменного тока. Наиболее распространён трёхфазный синхронный генератор. Провода обмоток надёжно крепятся и изолируются, поскольку через них подключается нагрузка.

Ротор выполняется с явно выраженными полюсами или без выступающих полюсов.



Полюс Виды полюсов синхронного генератора:

а) – выступающие; б – неявно выраженные

Первые делаются для тихоходных машин, например, с гидравлическими турбинами. Для вращающихся с большой скоростью генераторов переменного тока принцип действия заключается в применении более прочных неявно выраженных полюсов. СГ может работать в режимах двигателя или генератора переменного тока. Важно, какой здесь применяется способ охлаждения. Обычно на валу устанавливаются крыльчатки, охлаждающие ротор с обеих сторон. Воздух перед вентиляцией проходит через фильтр. В замкнутой системе циркулирует один и тот же воздух, проходя через теплообменники. Более эффективным охлаждающим агентом является водород, в 14,5 раз более лёгкий, чем воздух. Принцип охлаждения у него аналогичный. Обмотки генератора переменного тока выводятся концами на его распределительную коробку. Для трёхфазных – соединение производится в звезду или в треугольник. Синхронный генератор преимущественно обеспечивает поддержание синусоидального переменного напряжения. Это достигается изменением формы полюсных наконечников, а неявнополюсный ротор имеет определённое расположение витков в его пазах.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Принцип действия синхронного генератора
- 2) Как регулируется напряжение статора
- 3) Область применения синхронного генератора

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 20

Тема: Исследование трехфазного синхронного генератора, включенного на параллельную работу с сетью

Цель: 1) изучение трехфазного синхронного генератора, включенного на параллельную работу с сетью

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

Параллельная работа генераторов переменного тока требует соблюдения более сложных условий, чем [параллельная работа генераторов постоянного тока](#).

Для включения синхронного генератора параллельно с другим необходимо:

- 1) равенство напряжений работающего и подключаемого генераторов;
- 2) равенство их частот;
- 3) совпадение порядка чередования фаз;
- 4) равенство углов сдвига между э. д. с. каждого генератора и напряжением на шинах.

Последнее условие сводится к геометрически одинаковому наложению роторов генераторов относительно обмоток своих статоров.

Процесс приведения генераторов в такое состояние, при котором все перечисленные условия будут выполнены, называется синхронизацией генераторов.

Если генераторы синхронизированы, то включение их на параллельную работу протекает спокойно, без появления в системе каких-либо дополнительных толчков тока. Если хотя бы одно из условий не выдержано, то между генераторами появляются значительные [уравнительные токи](#), которые не позволяют осуществить параллельную работу генераторов, а в некоторых случаях могут даже вызвать их повреждение.

Рассмотрим параллельную работу двух [синхронных генераторов](#).

Если генераторы одинаковы, электродвижущие силы и скорости вращения их равны, то при отсутствии внешней нагрузки (т. е. при холостом ходе) в цепи

обмоток статоров генераторов тока не будет, так как э. д. с. взаимно уравновешиваются.

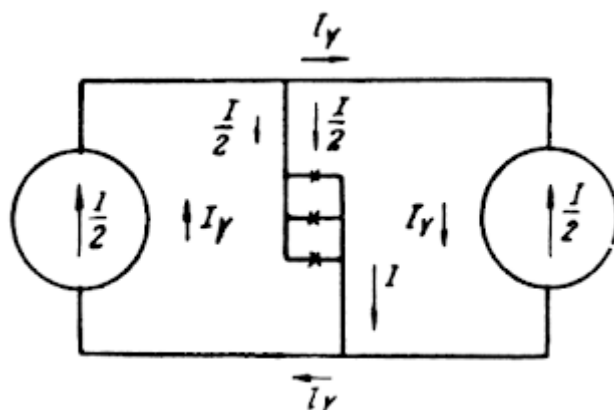


Рис. 1. Уравнительный ток

При включении внешней нагрузки оба генератора начнут отдавать одинаковую, мощность. При индуктивной нагрузке напряжение каждого уменьшится на одну и ту же величину, причем между э. д. с. генератора и его напряжением появится некоторый сдвиг, по фазе определяемый углом δ . Мощность, отдаваемая генератором во внешнюю цепь, пропорциональна этому углу.

Предположим, что мы увеличили возбуждение, а следовательно, и э. д. с. первого генератора и уменьшили возбуждение второго так, что общее напряжение генераторов осталось прежним.

Так как мощность, развиваемая первичными двигателями, осталась неизменной, то как общая мощность, так и мощности, отдаваемые каждым из генераторов, также не изменились. Не изменился и ток внешней нагрузки: I — общий и $I/2$ — для каждого генератора.

Вместе с тем, так как э. д. с. обоих генераторов уже не равны, то между генераторами появится уравнительный ток I_y , протекающий только по цепи генераторов. Распределение токов в этом случае показано на рис. 1.

Как видим, ток в первом генераторе будет равен геометрической сумме токов внешней нагрузки $I/2$ и уравнительного I_y , а во втором — геометрической их разности.

Индуктивные сопротивления обмоток статоров генераторов значительно больше их активных сопротивлений. В связи с этим уравнительный ток будет отставать от разности э. д. с. генераторов почти на 90° .

При этом условии при сложении токов в первом генераторе и вычитании их во втором результирующий ток будет отставать от напряжения в каждом генераторе на различный угол.

Иными словами, каждый из генераторов будет работать при своем коэффициенте мощности, отличном от коэффициента мощности внешней сети. Если активная мощность, потребляемая внешней нагрузкой, близка к суммарной мощности обоих генераторов, то у перевозбужденного генератора действующий ток превысит номинальный ток генератора, чего допускать нельзя (перегрузка по току).

Отсюда следует, что при параллельной работе синхронных генераторов необходимо стремиться к тому, чтобы все генераторы работали с одним и тем же коэффициентом мощности, равным коэффициенту мощности сети.

Предположим теперь, что не изменяя возбуждения воздействием на регулятор первичного двигателя первого генератора, мы увеличили ему подачу топлива. В этом случае первичный двигатель разовьет увеличенный вращающий момент, под влиянием которого ротор первого генератора забежит вперед относительно ротора второго генератора, вращаясь в дальнейшем с прежней синхронной скоростью. Вследствие расхождения по фазе электродвижущих сил генераторов в их цепи возникнет разность э. д. с., под влиянием которой появится уравнивающий ток.

Но уравнивающий ток по своей фазе будет почти совпадать с э. д. с. первого генератора, т. е. явится для него током нагрузки, и будет почти противоположным э. д. с. второго генератора (будет уменьшать его нагрузку). В этом случае каждый из генераторов будет нести нагрузку, пропорциональную вращающему моменту, развиваемую его первичным двигателем.

При этом полюса более нагруженного генератора будут в пространстве находиться впереди полюсов менее нагруженного. Последнее обстоятельство равносильно тому, что у более нагруженного генератора угол сдвига фаз между э. д. с. и напряжением δ_1 больше, чем у менее нагруженного δ_2 .

Следует отметить, что [параллельная работа синхронных генераторов](#) проходит устойчиво только при определенных значениях угла δ . Наиболее устойчива она при угле δ , равном 0° , что соответствует холостой работе генераторов; при угле, равном 90° , генератор выпадает из синхронизма и параллельная работа становится невозможной.

Неизменность угла δ зависит от постоянства скорости вращения первичного двигателя. При колебании скорости вращения вследствие изменения нагрузки или по каким-либо другим причинам угол δ может измениться до недопустимой величины. Поэтому надежность и устойчивость параллельной работы синхронных генераторов в значительной мере зависит от качества работы регуляторов оборотов первичных двигателей.

Необходимое для перераспределения нагрузок генераторов дистанционное управление подачей топлива первичным двигателям обеспечивается применением регуляторов с серводвигателем или с электромагнитным приводом клапанов подачи топлива. При включении напряжения серводвигатель или соленоид открывает клапан подачи топлива или пара. Степень открытия клапана, а следовательно, и количество подаваемого топлива регулируется продолжительностью включения серводвигателя или числом включенных соленоидов.

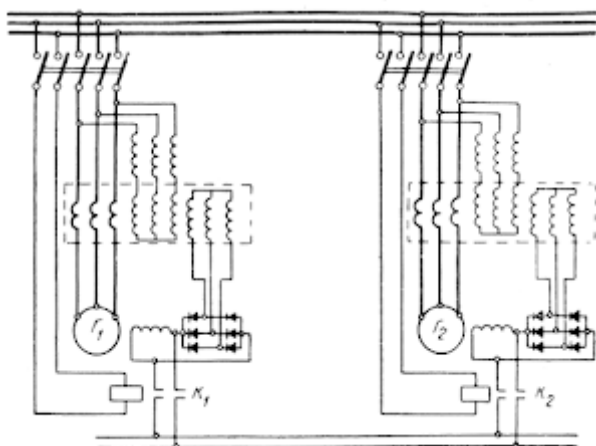


Рис. 2. Уравнительное соединение между обмотками возбуждения генераторов

Это же устройство служит и для изменения скорости вращения генераторов при их синхронизации.

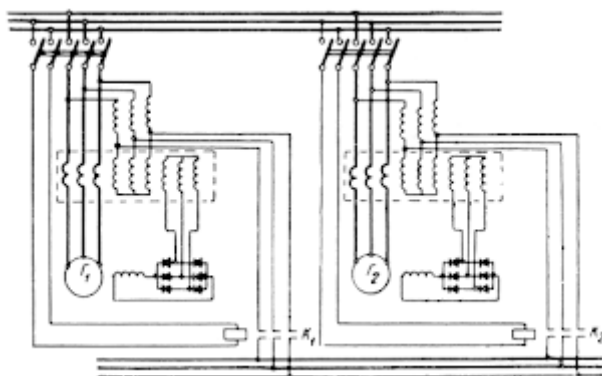


Рис. 3. Уравнительное соединение в цепях схемы регулирования напряжения

У синхронных генераторов с самовозбуждением и саморегулированием напряжения величина тока возбуждения, зависит от тока в цепи статора. В свою очередь при параллельной работе синхронных генераторов [изменение тока возбуждения генератора](#) влияет на величину его реактивного тока. Отсюда вытекает, что при параллельной работе синхронных генераторов с самовозбуждением и саморегулированием напряжения необходимо принимать специальные меры для обеспечения правильного распределения реактивного тока между ними.

В качестве такого мероприятия у генераторов одинаковой мощности предусматривают уравнивающее соединение между их обмотками возбуждения (на стороне постоянного тока), как это изображено на рис. 2.

При замыкании автоматов генераторов подается ток на катушки контакторов К1 и К2, подключающих обмотки возбуждения к уравнительным шинам.

В результате параллельного соединения обмоток возбуждения любое изменение возбуждения одного генератора отражается и на величине возбуждения второго. Поэтому распределение реактивного тока между ними сохраняется правильным.

При параллельной работе генераторов разной мощности, уравнивающее соединение выполняется в цепях схемы регулирования напряжения на стороне переменного тока (рис. 3).

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Условия параллельной работы генераторов
- 2) От чего зависит величина тока возбуждения у синхронных генераторов с самовозбуждением и саморегулированием напряжения.
- 3) Для чего у генераторов одинаковой мощности предусматривают уравнивающее соединение между их обмотками возбуждения

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 21

Тема: Изучение магнитного пускателя переменного тока

Цель: 1) Изучение магнитного пускателя переменного тока

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

Устройства, которые предназначены (основное их назначение) для автоматического включения и отключения трехфазных электрических двигателей от сети, а также их реверсирования называют магнитными пускателями. Как правило, они используются для управления асинхронными электродвигателями с напряжением питания до 600 В. Пускатели могут быть реверсивные и не реверсивные. Кроме того, в них довольно часто встраивается тепловое реле для защиты электрических машин от перегрузки по току в длительном режиме.

Магнитные пускатели могут выпускаться в различных исполнениях:

- Реверсивные;
- Не реверсивные;
- Защищенного типа – устанавливаются в помещениях, где в окружающей среде не содержится большого количества пыли;
- Пыленепроницаемые – устанавливаются в местах, где они не будут подвергаться прямому воздействию на них солнца, дождя, снега (при наружном размещении располагаются под навесом);
- Открытого типа – предназначены для установки в местах, защищенных от попаданий посторонних предметов а также пыли (шкафы электрические и прочее оборудование)

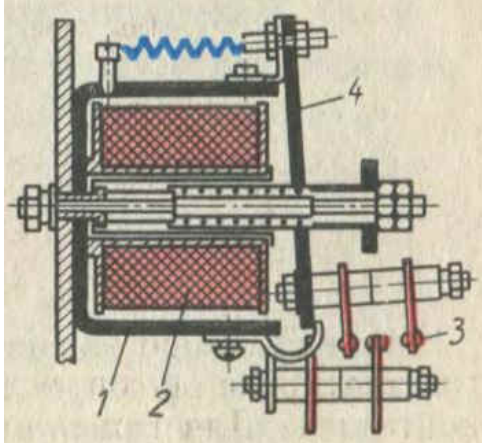


Устройство магнитного пускателя

Устройство магнитного пускателя довольно простое. Он состоит из сердечника, на котором помещена втягивающая катушка, якоря, пластмассового корпуса, механических индикаторов включения, а также основных и вспомогательных блок – контактов.

Принцип работы магнитного пускателя

Давайте рассмотрим на примере, показанном ниже:



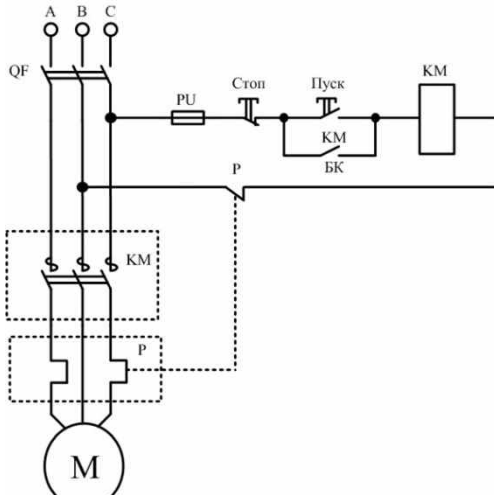
При подаче напряжения на катушку пускателя 2, протекающий в ней ток притянет якорь 4 к сердечнику 1, следствием чего станет замыкание силовых контактов 3, а также замыкание (или размыкание в зависимости от исполнения) вспомогательных блок контактов, которые в свою очередь, сигнализируют в систему управления о включении или отключении устройства. При снятии напряжения с катушки магнитного пускателя под действием возвратной пружины контакты разомкнутся, то есть вернуться в свое начальное положение.

Принцип работы реверсивных магнитных пускателей такой же как и не реверсивных. Отличие заключается в чередовании фаз, которые подключает к пускателям (А – В – С одно устройство, С – В – А другое устройство). Это условие необходимо для выполнения реверса двигателя переменного тока. Также при реверсивном включении магнитных пускателей предусматривается блокировка одновременного включения устройств, чтоб избежать короткого замыкания.



Схемы включения магнитных пускателей

Одна из простейших схем подключения магнитного пускателя показана ниже:



Принцип работы данной схемы довольно прост: при замыкании автоматического выключателя QF собирается схема питания катушки магнитного пускателя. Предохранитель FU обеспечивает защиту схемы управления от коротких замыканий. При нормальных условиях контакт тепловых реле P замкнут. Итак, для запуска асинхронника нажимаем кнопку «Пуск», цепь замыкается, через катушку магнитного пускателя KM начинает протекать ток, сердечник втягивается, тем самым замыкая силовые контакты KM, а также блок контакт БК. Блок контакт БК нужен для того, чтоб замкнуть цепь управления, поскольку кнопка после того как ее отпустят, вернется в исходное положение. Для остановки этой электродвигателя достаточно нажать кнопку «Стоп», которая разберет схему управления.

При длительном токе перегрузке сработает тепловой датчик P, который разомкнет контакт P, и это тоже приведет к остановке машины.

При схеме включения приведенной выше следует учесть напряжение номинальное катушки. Если напряжение катушки 220 В, а двигателя (при соединении в звезду) 380 В, то данную схему употреблять нельзя, а можно применить с нейтральным проводником, а если в обмотки двигателя соединены треугольником (220 В), то данная система вполне жизнеспособна.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Назначение магнитного пускателя переменного тока
- 2) Область применения магнитного пускателя переменного тока.
- 3) Достоинства и недостатки магнитного пускателя переменного тока

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 22

Тема: Изучение автоматических выключателей

Цель: 1) Изучение автоматических выключателей

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

Автоматический выключатель (или обычно просто «автомат») — это контактный коммутационный аппарат, который предназначен для включения и отключения (т.е. для коммутации) электрической цепи, защиты кабелей, проводов и потребителей (электрических приборов) от токов перегрузки и от токов короткого замыкания.

Т.е. автоматический выключатель выполняет три основные функции:

- 1) коммутацию цепи (позволяет включать и отключать конкретный участок электрической цепи);
- 2) обеспечивает защиту от токов перегрузки, отключая защищаемую цепь, когда в ней протекает ток, превышающий допустимый (например, при подключении в линию мощного прибора или приборов);
- 3) отключает от питающей сети защищаемую цепь, когда в ней возникают большие по значению токи короткого замыкания.

Таким образом, автоматы выполняют одновременно и функции **защиты** и функции **управления**.

По конструктивному исполнению выпускаются три основных типа автоматических выключателей:

— **воздушные автоматические выключатели** (применяются в промышленности в цепях с большими токами в тысячи ампер);

— **автоматические выключатели в литом корпусе** (рассчитаны на большой диапазон рабочих токов от 16 до 1000 Ампер);

модульные автоматические выключатели, наиболее нам известные, к которым мы привыкли. Они широко применяются в быту, в наших домах и квартирах.

Модульными они называются потому, что их ширина стандартизирована и в зависимости от количества полюсов, кратна 17.5 мм

Как работает автоматический выключатель?

В обычном (неаварийном) режиме работы автоматического выключателя, когда рычаг управления взведен, электрический ток подается к автомату через питающий провод, подключенный к верхней клемме, далее ток проходит на неподвижный контакт, через него на подключенный к нему

подвижный контакт, далее через гибкий проводник подается на катушку соленоида, после катушки по гибкому проводнику на биметаллическую пластину теплового расцепителя, от него на нижнюю винтовую клемму и далее в цепь подключенной нагрузки.

На рисунке показан автомат во включенном состоянии: рычаг управления поднят вверх, подвижный и неподвижный соединены.

Перегрузка возникает, когда ток в цепи, контролируемой автоматическим выключателем, начинает превышать номинальный ток автомата. Биметаллическая пластина теплового расцепителя начинает нагреваться проходящим через нее повышенным электрическим током, изгибается, и, если ток в цепи не уменьшается, пластина воздействует на механизм расцепления, и автоматический выключатель отключается, размыкая защищаемую цепь. Для нагрева и изгибания биметаллической пластины требуется некоторое время. Время срабатывания зависит от величины проходящего через пластину тока, чем больше ток, тем меньше время срабатывания и может быть от нескольких секунд до часа. Минимальный ток срабатывания теплового расцепителя составляет 1,13-1,45 от номинального тока автомата (т.е. тепловой расцепитель начинает срабатывать при превышении номинального тока на 13-45%).

Автомат не рекомендуется использовать в качестве обычного выключателя цепи, особенно если его отключать при подключенной мощной нагрузке (т.е. при больших токах в цепи), поскольку это ускорит разрушение и эрозию контактов.

Итак, давайте резюмируем:

— автоматический выключатель позволяет коммутировать цепь (переводя рычаг управления вверх – автомат подключается к цепи; переводя рычаг вниз – автомат отключает питающую линию от цепи нагрузки);

— имеет встроенный тепловой расцепитель, который защищает линию нагрузки от токов перегрузки, он инерционен и срабатывает через некоторое время;

— имеет встроенный электромагнитный расцепитель, защищающий линию нагрузки от больших токов короткого замыкания и срабатывает почти мгновенно;

— содержит дугогасящую камеру, которая защищает силовые контакты от разрушительного действия электромагнитной дуги.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Назначение автоматических выключателей
- 2) Область применения автоматических выключателей
- 3) Достоинства и недостатки автоматических выключателей

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 23

Тема: Изучение реле максимального тока

Цель: 1) Изучение реле максимального тока

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

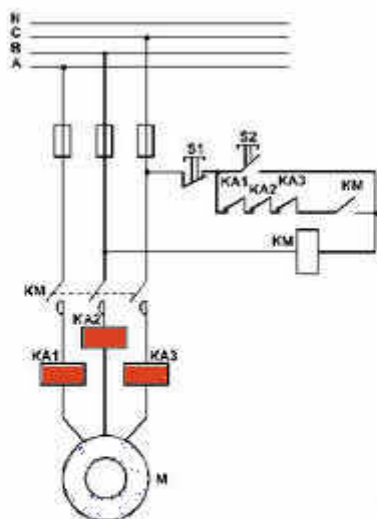
Функциональное назначение этого прибора контролировать величину тока на определенном отрезке электрической цепи. При превышении установленных параметров конструкция размыкает цепь или подает сигнал на индикаторные элементы панели, пульта контроля и управления. Возможны оба варианта одновременно, индикация может быть световая на табло, светодиодная или звуковая.

Преимущество таких элементов защиты в селективном отборе конкретного участка, элемента оборудования, который при неисправности отключается. При этом другое оборудование в системе или на производственной линии может работать. В то же время такая система защиты и контроля выполняет функции диагностики, указывая, где неисправность.

Реле такого типа нашли широкое применение в быту и на промышленных объектах, в квартирах и частных домах линии проводки разделяют на отдельные группы:

- Розеточная;
- Осветительная;
- Для нагревательных приборов большой мощности отдельные линии и другие.

Там где предполагается использовать электронную аппаратуру, чувствительную к резким перепадам тока и напряжения, обычно это в розеточной группе, устанавливают РМТ. Это эффективно защищает дорогостоящую аппаратуру от выгорания входных цепей при коротком замыкании или скачках напряжения в сети. Реле устанавливают после защитных автоматических выключателей в щитке, они дублируют защитную функцию. Порог срабатывания настраивается на максимально допустимый для аппаратуры, которая запитывается от розеток в этой линии.



**Схема защиты электродвигателей
с помощью реле максимального тока
Реле максимального тока Ka1 ,Ka2, Ka3**

На производстве реле максимального тока применяют для контроля величины токов и защиты магнитных пускателей, контролеров, электродвигателей, трансформаторов и других элементов в электрических цепях.

Виды РМТ

Токовые реле разделяют по способу подключения:

- **Первичные** включаются в разрыв цепи напрямую контактами коммутации и токовой катушкой, такие приборы используются в сетях с напряжением 12,24, 220, 380 до 1000В
- **Вторичные** используются в сетях с высоким напряжением, так как токи большие, они подключаются, в разрыв через трансформатор тока. Магнитная катушка подсоединяется последовательно в разрыв вторичной обмотки трансформатора, где величина тока пропорциональна току первичной обмотки, но в десятки раз меньше. При достижении порогового значения коммутационные контакты размыкают цепь, подключаемую к первичной обмотки трансформатора.

Вторичные реле делятся по способу измерения величины тока и принципу работы механизма переключения:

- Индукционные с трансформатором тока;
- Электромагнитные реле с катушкой и сердечником;
- Дифференциальные работают по принципу сравнения величины тока на участках до нагрузки и после нее. При нормальной работе эти токи равны, коротком замыкании или утечке по различным причинам они отличаются, тогда нагрузка отключается от источника питания;
- Электронные работают на полупроводниках, при превышении установленного порога величины тока р-п-р переходы закрываются и нагрузка обесточивается.

Каждый вид имеет свои особенности подключения в цепи с различными нагрузками, это зависит от конструкции реле, функционального назначения схемы, величины тока и вида приборов нагрузки.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Назначение реле максимального тока
- 2) Область применения реле максимального тока
- 3) Достоинства и недостатки реле максимального тока

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 24

Тема: Изучение реле нулевой защиты

Цель: 1) Изучение реле нулевой защиты

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 значительном снижении напряжения в электросети или его исчезновении нулевая защита обеспечивает отключение электродвигателя, если он был включен контактором или магнитным пускателем. После восстановления напряжения самопроизвольное включение электродвигателя будет предотвращено. Например, если в схемах (рис. 3.4) исчезло (или сильно понизилось) напряжение, то катушка линейного контактора КМ потеряет питание и он отключит электродвигатель от сети. При восстановлении напряжения включение электродвигателя может быть произведено только после нажатия на кнопку управления SB2.

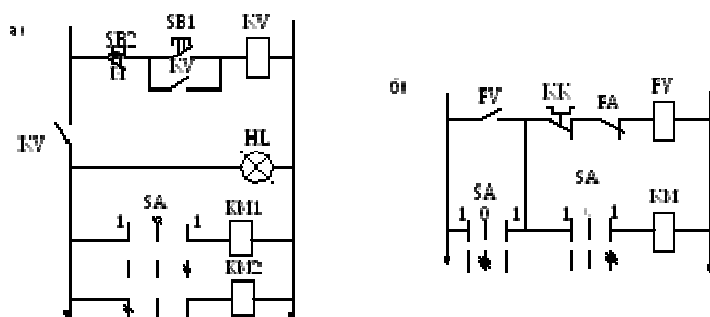
Схема управления теряет свойство нулевой защиты если включение электродвигателя произведено аппаратом ручного управления (контроллером, пакетным выключателем и пр). Для обеспечения нулевой защиты схема управления в этом случае дополняется промежуточным реле (рис. 3.9 а) или реле напряжения (рис. 3.9 б).

В схеме (рис. 3.9 а) для обеспечения нулевой защиты применено дополнительное промежуточное реле KV, выполняющее роль реле

напряжения.

Рис. 3.9. Схемы нулевой защиты

Перед началом работы необходимо нажать на кнопку SB1 (рис. 3.9 а). В прямом направлении срабатывает реле KV. Одним контактом реле KV шунтирует кнопку SB1, после



чего ее можно отпустить. Другой контакт реле KV подключает нижнюю часть схемы управления. При переключении командоконтроллера SA из нулевого положения в рабочее включается контактор КМ1 или КМ2. Электродвигатель включается. При нулевом напряжении источника питания или при очень значительном снижении напряжения реле KV отключается, в результате чего электродвигатель также отключается от сети. Наличие напряжения в цепи управления отмечается сигнальной лампой HL. При восстановлении напряжения питания электродвигатель самопроизвольно не

может включаться. Для включения электродвигателя необходимо снова нажать на кнопку SB1.

В схеме рис. 3.9 б реле напряжения FV (дополнительное) включается в нулевом положении командоконтроллера SA и ставит своим замкнутым контактом FV катушку FV на самопитание. При переводе рукоятки командоконтроллера в положение пуска электродвигателя питание всей схемы управления осуществляется через контакт FV. Поэтому при исчезновении напряжения реле FV отключается, и линейный контактор KM отключает электродвигатель от сети. При восстановлении напряжения питания повторное включение электродвигателя может быть произведено лишь после установки рукоятки командоконтроллера в нулевое положение, чем исключается возможность его самозапуска.

Отметим, что в схеме (рис. 3.9 б) реле FV является исполнительным элементом еще двух защит – от токов короткого замыкания (контакт реле максимального тока FA) и тепловой защиты (контакт теплового реле КК), что часто практикуется в схемах управления.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Назначение реле нулевой защиты
- 2) Область применения реле нулевой защиты
- 3) Достоинства и недостатки реле нулевой защиты

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 25

Тема: Изучение реле времени

Цель: 1) Изучение реле времени

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

Принцип действия реле времени Электронные приборы представлены конструктивным разнообразием, поэтому рассматривать принцип устройства реле времени следует с учётом каждой конструктивной вариации в отдельности.



Внешний вид реле времени

Такой выглядит одна из многочисленных конструкций реле времени. По сути, прибор напоминает обычный коммутатор, действие которого, однако, привязано к циклу течения времени. С точки зрения исполняемых действий, на практике используются электромагнитные, пневматические, электронные конструкции и устройства на часовом механизме.

Вариант #1: электромагнитные приборы

Устройства, поддерживающие электромагнитный принцип действия, как правило, предназначены для работы исключительно в схемах с питанием от постоянного тока.



Конструкция электромагнитного реле

Конструкция электромагнитного реле времени РЭВ-814: 1 – узел неподвижных контактов; 2 – скоба; 3 – демпферный механизм из меди; 4 – угольник; 5 – сердечник обмотки главного контура; 6 – якорь; 7 – подвижные контакты якоря. Диапазон срабатывания по времени обычно составляет 0,07 – 0,11 сек по включению и 0,5 – 1,4 сек по отключению. Конструкция таких реле времени содержит две рабочих обмотки, одна из которых представляет собой короткозамкнутый контур в виде медного кольца.

Когда через основную обмотку проходит электрический ток, отмечается рост магнитного потока. Этим потоком формируется ток короткозамкнутой обмотки, за счёт чего рост магнитного потока основной обмотки ограничивается. Как результат, формируется временная характеристика движения якоря исполнительного механизма или, иными словами, создаётся выдержка по времени на включение.



Реле электромагнитное современное

Усовершенствованная конструкция реле времени электромагнитного типа. Этой моделью прибора поддерживается коммутация четырёх независимых каналов нагрузки. Вместе с тем по токовым параметрам устройство выглядит слабее старых моделей. Если прекращается подача тока в контур основной обмотки, благодаря эффекту индуктивности, некоторое время остаётся активным магнитное поле короткозамкнутой обмотки. Соответственно, в течение этого времени реле не отключается.

Вариант #2: пневматические устройства

Конструкции на базе пневматических систем – своего рода эксклюзивные устройства. Подобные устройства оснащены специальной механикой замедления – пневматическим демпферным механизмом. Регулировать время выдержки пневматических реле можно путём уменьшения или увеличения проходного сечения трубки, через которую осуществляется подвод воздуха. Для этих целей конструкции пневматических реле снабжаются регулировочным винтом. Одна из распространённых конструкций пневматического прибора. Достаточно простое надёжное исполнение. Параметры коммутируемого тока

до 16 ампер. В качестве коммутатора используется мини-переключатель на два канала. Диапазон установки временной задержки пневматических реле составляет в среднем 1 – 60 сек. Однако есть экземпляры, перекрывающие этот диапазон практически вдвое. Правда, на практике отмечены небольшие погрешности (около 10%) в плане точности срабатывания по установленным значениям.

Вариант #3: модификации часового типа

Так называемые часовые реле времени нашли широкое применение в электрике. Этот вид приборов нередко используется в конструкциях автоматических выключателей, предназначенных для защиты цепей напряжением 500 – 10000 вольт. Диапазон выдержки составляет 0,1 – 20 сек. Принцип действия часовых моделей построен на работе пружины, взводимой механическим приводом (анкером) электромагнита. Коммутация контактных групп часового реле времени выполняется по факту пройденного времени, значение которого ранее было установлено на шкале прибора. Реле времени часового типа Представитель достаточно древней серии приборов – реле времени с часовым механизмом. Между тем, этот вид устройств показал надёжную безотказную работу в самых разных условиях. Скорость хода механизма устройства напрямую связана с силой тока, протекающего в обмотке электромагнита. Этот фактор позволяет настраивать прибор под исполнение функций защиты. Особенность такой защиты выражается полной независимостью от влияния окружающей температуры.

Вариант #4: электронные реле

Последние несколько лет практически везде, где могут применяться реле времени, на смену устаревшим электромеханическим моделям пришли электронные версии. Этот вид приборов обладает целым рядом преимуществ: малые габариты корпуса; высокая точность срабатывания; удобный механизм настройки; визуальное отображение информации. Электронные версии действуют, как правило, на основе цифровых импульсных счётчиков. Многие современные приборы построены на высокопроизводительных микропроцессорах. Реле цифровые обычно рассчитаны на коммутацию мало-индуктивных либо неиндуктивных нагрузок.



Цифровое реле времени

Современная разработка – цифровое реле, призванное обеспечить коммутацию по времени. Привлекает удобством управления и контроля, гибкой настройкой и внешним видом. Для настройки реле времени цифрового типа достаточно задать нужные временные параметры с помощью функциональных клавиш, размещённых непосредственно на фронтальной панели корпуса. Настройка обычно доступна в широких пределах по времени, позволяет охватывать не только секунды, минуты, часы, но также дни недели.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Назначение реле времени
- 2) Область применения реле времени
- 3) Достоинства и недостатки реле времени

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

4 семестр

Практическое занятие 1

Тема: Принцип действия и устройство однофазного трансформатора

Цель: 1) Изучение принципа действия и устройства однофазного трансформатора

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

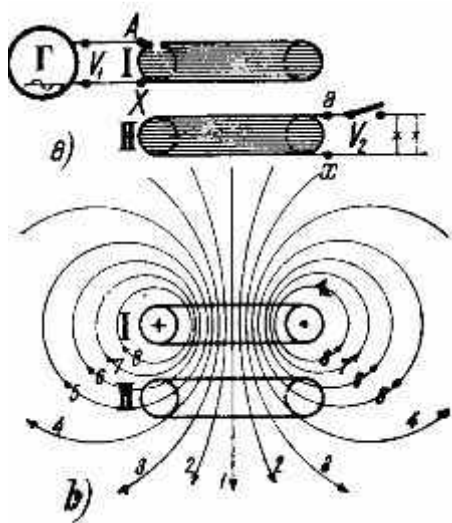
3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Принцип действия трансформатора

Действие трансформатора заключается в следующем. При прохождении тока в первичной катушке / ею создается [магнитное поле](#), силовые линии которого пронизывают не только создавшую их катушку, но частично и вторичную катушку //.



Степень магнитной связи катушек / и //, при коаксиальном расположении их, зависит от расстояния между ними: чем дальше катушки друг от друга, тем меньше магнитная связь между ними, ибо тем меньше силовых линий катушки / сцепляется с катушкой //.

Так как через катушку / проходит, как мы предполагаем, [однофазный переменный ток](#), т. е. ток, меняющийся во времени по какому-то закону, например по закону синуса, то и магнитное поле, им создаваемое, также будет меняться во времени по тому же закону.

Например, когда ток в катушке / проходит через наибольшее значение, то и магнитный поток, им создаваемый, также проходит через наибольшее значение; когда ток в катушке / проходит через нуль, меняя свое направление, то и магнитный поток проходит через нуль, также меняя свое направление.

В результате изменения тока в катушке / обе катушки / и // пронизываются магнитным потоком, непрерывно меняющим свою величину и свое направление. Согласно основному закону электромагнитной индукции при всяком изменении пронизывающего катушку магнитного потока в катушке

индуцируется переменная [электродвижущая сила](#). В нашем случае в катушке / индуцируется электродвижущая сила самоиндукции, а в катушке // индуцируется электродвижущая сила взаимоиндукции.

Если концы катушки // соединить с цепью приемников электрической энергии (см. рис. 1а), то в этой цепи появится ток; следовательно приемники получают электрическую энергию. В то же время к катушке / от генератора направится энергия, почти равная энергии, отдаваемой в цепь катушкой //. Таким образом электрическая энергия от одной катушки будет передаваться в цепь второй катушки, совершенно не связанной с первой катушкой гальванически (металлически). Средством передачи энергии в этом случае является только переменный магнитный поток.

Изображенный на рис. 1а трансформатор весьма несовершенен, ибо между первичной катушкой / и вторичной катушкой // магнитная связь невелика.

Магнитная связь двух обмоток, вообще говоря, оценивается отношением магнитного потока, сцепляющегося с обеими обмотками, к потоку, создаваемому одной катушкой.

Из рис. 1б видно, что только часть силовых линий катушки / замыкается вокруг катушки //. Другая часть силовых линий (на рис. 1б — линии 6, 7, 8) замыкается только вокруг катушки /. Эти силовые линии в передаче электрической энергии от первой катушки ко второй совершенно не участвуют, они образуют так называемое поле рассеяния.

Для того чтобы увеличить магнитную связь между первичной и вторичной обмотками и одновременно уменьшить магнитное сопротивление для прохождения магнитного потока, обмотки технических трансформаторов располагают на совершенно замкнутых железных сердечниках.

Первым примером выполнения трансформаторов может служить схематически изображенный на рис. 2 **однофазный трансформатор так называемого стержневого типа**. У него первичные и вторичные катушки с1 и с2 расположены на железных стержнях а — а, соединенных с торцов железными же накладками в — в, называемыми ярмами. Таким образом два стержня а, а и два ярма в, в образуют замкнутое железное кольцо, в котором и проходит магнитный поток, сцепляющийся с первичной и вторичной обмотками. Это железное кольцо называется сердечником трансформатора.

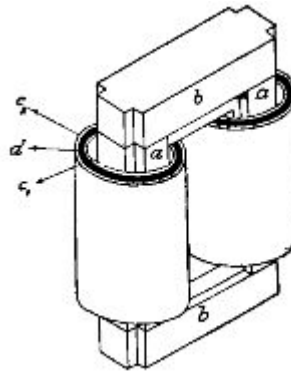


Рис. 2.

Вторым примером выполнения трансформаторов может служить схематически изображенный на рис. 3 **однофазный трансформатор так называемого броневоего типа**. У этого трансформатора первичные и вторичные обмотки c , состоящие каждая из ряда плоских катушек, расположены на сердечнике образуемом двумя стержнями двух железных колец a и b . Кольца a и b , окружая обмотки, покрывают их почти целиком как бы броней, поэтому описываемый трансформатор и называется броневым. Магнитный поток, проходящий внутри обмоток c , разбивается на две равные части, замыкающиеся каждое в своем железном кольце.

Применением железных замкнутых магнитных цепей у трансформаторов добиваются значительного снижения потока рассеяния. У таких трансформаторов потоки, сцепляющиеся с первичной и вторичной обмотками, почти равны друг другу. Предполагая, что первичная и вторичная обмотки пронизываются одним и тем же магнитным потоком, мы можем на основании общего закона индукции для мгновенных значений электродвижущих сил обмоток написать выражения:

$$e_1 = -w_1 \cdot \frac{d\Phi_{\tau}}{dt} \cdot 10^{-8}$$

$$e_2 = -w_2 \cdot \frac{d\Phi_{\tau}}{dt} \cdot 10^{-8}$$

В этих выражениях w_1 и w_2 — числа витков первичной и вторичной обмоток, а $d\Phi_{\tau}$ — величина изменения пронизывающей катушки магнитного потока за элемент времени dt , следовательно есть скорость изменения магнитного потока. Из последних выражений можно получить следующее отношение:

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

т. е. индуктируемые в первичной, и вторичной катушках / и // мгновенные электродвижущие силы относятся друг к другу так же, как

числа витков катушек. Последнее заключение справедливо не только по отношению к мгновенным значениям электродвижущих сил, но и к их наибольшим и действующим значениям.

Электродвижущая сила, индуцируемая в первичной, катушке, будучи электродвижущей силой самоиндукции, почти целиком уравнивает приложенное к той же катушке напряжение. Если через E_1 и U_1 обозначить действующие значения электродвижущей силы первичной катушки и приложенного к ней напряжения, то можно написать:

$$E_1 = U_1$$

Электродвижущая сила, индуцируемая во вторичной катушке, равна в рассматриваемом случае напряжению на концах этой катушки.

Если, аналогично предыдущему, через E_2 и U_2 обозначить действующие значения электродвижущей силы вторичной катушки и напряжения на ее концах, то можно написать:

$$E_2 = U_2$$

Следовательно, приложив к одной катушке трансформатора некоторое напряжение, можно на концах другой катушки получить любое напряжение, стоит только взять подходящее отношение между числами витков этих катушек. В этом и заключается **основное свойство трансформатора.**

Отношение числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки называется [коэффициентом трансформации трансформатора](#). Коэффициент трансформации мы будем обозначать k_T .

Следовательно можно написать:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = k_T$$

Трансформатор, у которого коэффициент трансформации меньше единицы, называется повышающим трансформатором, ибо у него напряжение вторичной обмотки, или так называемое вторичное напряжение, больше напряжения первичной обмотки, или так называемого первичного напряжения. **Трансформатор, у которого коэффициент трансформации больше единицы, называется понижающим трансформатором,** ибо у него вторичное напряжение меньше первичного.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Что является средством передачи энергии от одной катушки к другой

2) $\frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = k_T$ каково соотношение токов I_1 и I_2 в режиме холостого тока

3) Как изменится коэффициент трансформации при подаче на первичную обмотку постоянного тока.

7 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 2

Тема: Принцип действия и устройство трехфазных трансформаторов

Цель: 1) Изучение принципа действия и устройства трехфазных трансформаторов

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

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

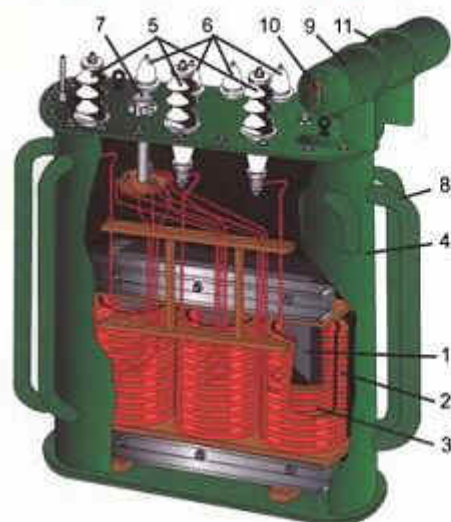
4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Электрическая энергия в промышленных масштабах не может передаваться в виде однофазного переменного тока. С этой целью успешно применяется трехфазный ток, а для его передачи используются трехфазные трансформаторы. Одним из способов трансформации трехфазного тока служит применение трех однофазных трансформаторов. Соединение первичных и вторичных обмоток в этих устройствах осуществляется в одну из трехфазных систем – звезду или треугольник. Именно по этому принципу происходит работа мощных однофазных трансформаторов, которыми оборудуются крупные электростанции. Их первичные обмотки соединяются с соответствующими фазами генераторов, а вторичные обмотки, соединенные звездой, подключаются к соответствующим фазам линий электропередачи. Принцип действия трехфазного трансформатора Как видно из приведенной схемы, вместо трех однофазных устройств может быть использован один трехфазный трансформатор. В состав его магнитопровода входят три стержня, которые замыкаются ярмами сверху и снизу. На каждый стержень наматывается первичная и вторичная обмотка, соединяемые затем

звездой или треугольником. Каждый стержень с обмотками по своей сути является однофазным трансформатором. Одновременно, он выполняет функцию отдельной фазы трехфазного трансформатора.

Трехфазный трансформатор



Силовой трехфазный трансформатор.

- 1 - магнитопровод;
- 2 - обмотка высокого напряжения;
- 3 - обмотка низкого напряжения;
- 4 - стальной бак с трансформаторным маслом;
- 5,6 - изоляторы;
- 7 - переключатель;
- 8 - охлаждающие трубы;
- 9 - расширительный бачок;
- 10 - измеритель уровня масла;
- 11 - заливное отверстие.

Под действием тока первичной обмотки во всех стержнях происходит появление магнитного потока. Следует учитывать принадлежность каждой такой обмотки к одной из фаз, входящих в трехфазную систему. Поэтому токи, протекающие по этим обмоткам, а также приложенные напряжения, относятся к трехфазным. Поэтому сформированные магнитные потоки тоже являются трехфазными. Ранее считалось, что движение магнитного потока осуществляется по замкнутой траектории, то есть, проходя по стержню, он возвращается к его началу. В трехфазных трансформаторах такой обратный путь отсутствует, в нем просто нет необходимости, при условии одинаковой нагрузки фаз. Кроме того, отсутствует и необходимость нейтрального соединения в звезду.

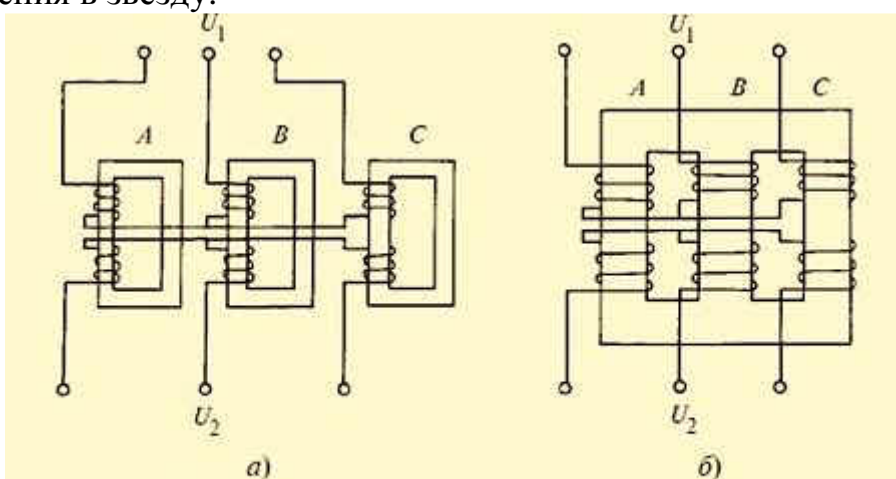


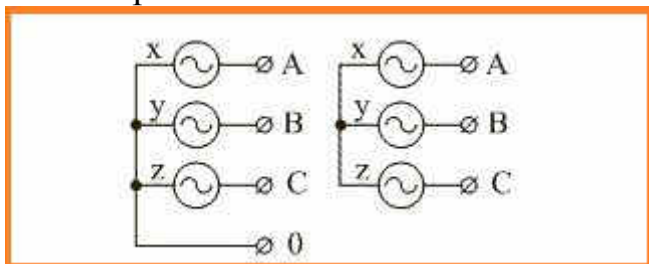
Рис. 8. 6 Трансформация трехфазных токов:
а — группа однофазных трансформаторов; *б* — трехфазный трансформатор

Циркуляция каждого потока происходит лишь по собственному стержню. В конечном итоге все потоки сходятся в центральных частях верхнего и нижнего яра. В этих точках получается геометрическое

сложение этих потоков, сдвинутых между собой на величину угла 120 градусов. В результате, геометрическая сумма сложенных величин, окажется равной нулю. Следовательно, каждый магнитный поток проходит лишь по собственному стержню, обратного пути не имеет, а все три потока в сумме дают нулевое значение. Движение потоков крайних фаз происходит не только по стержню. Оно захватывает половину каждого ярма. Поток в средней фазе будет проходить только по своему стержню. Поэтому значение токов холостого хода в фазах, расположенных по краям, всегда превышает аналогичное значение в средней фазе.

Как передается трехфазный ток

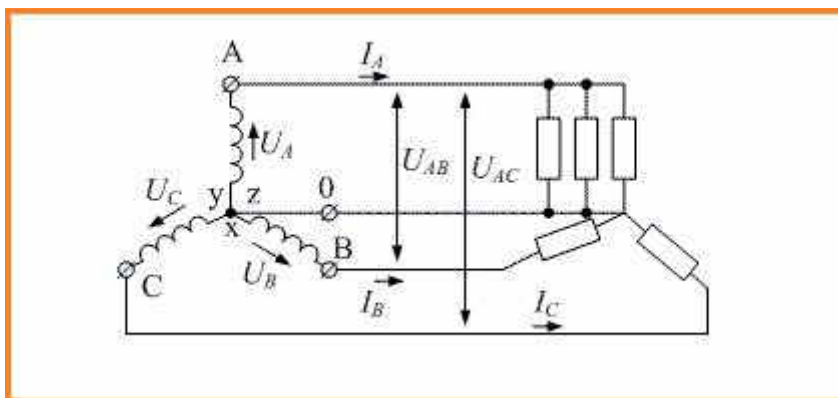
Первичным источником питания в большинстве случаев является электрическая сеть. Ее напряжение представлено в виде синусоиды с частотой 50 Гц. Однако в тех случаях, когда линии электропередачи обладают большой протяженностью, происходит излучение передаваемой энергии в окружающее пространство, что приводит к дополнительным потерям. Поэтому в цепях электропитания высокой мощности применяется трехфазное напряжение.



Для того чтобы уменьшить излучение, сумма напряжений на всех трех фазах в любое время должна быть равна нулю. С этой целью производится сдвиг синусоидального напряжения по фазе в каждом проводе относительно друг друга на 120 градусов. В таком состоянии передача электроэнергии может осуществляться в двух вариантах: с помощью четырех или трех проводов линии передачи. Условные схемы каждого варианта отображены на рисунке. Четырехпроводная линия позволяет выдавать потребителю два вида напряжения: фазное (220 В) и линейное (380 В). Трехпроводная схема позволяет выдавать лишь линейные напряжения. Формирование линейного напряжения описывается с помощью векторной диаграммы напряжений фаз. При положительном чередовании фаз, они условно увеличиваются по часовой стрелке. Для соединения обмоток трехфазных трансформаторов используются два основных способа – звезда и треугольник.

Соединение звездой

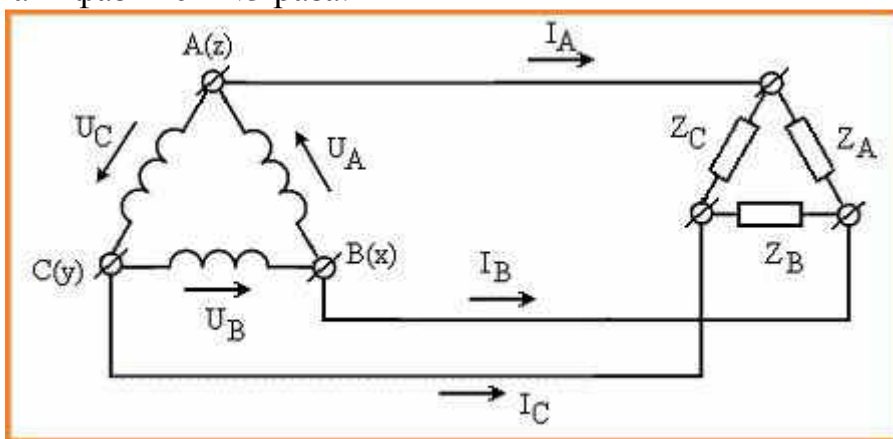
Данный вид соединения рекомендуется рассматривать на примере схемы «звезда-звезда». В этом случае источник тока и нагрузка соединяются методом звезды.



На рисунке обозначение фазных напряжений, вырабатываемых вторичными обмотками трансформатора, выполнено символами U_A , U_B , и U_C . От фазных обмоток до нагрузки идут проводники, выполняющие функцию линейных проводов. Следует учитывать наличие напряжения не только между нулевым и линейным проводами, но и между двумя линейными проводниками. Такое напряжение называется линейным и обозначается U_{AC} или U_{CA} . Значение линейного напряжения всегда превышает фазное. Разница между ними составляет $\sqrt{3}$ раза, поскольку представляет собой векторную разность фазных напряжений. Таким образом, трехфазная линия электропередачи позволяет получить не только 380 В, но и 220 В, в зависимости от того по какой схеме включена нагрузка.

Соединение треугольником

Соединение вторичных обмоток в трехфазном трансформаторе треугольником будет выдавать одинаковое линейное и фазное напряжение, как и при соединении звездой, если напряжение составит 220 В. При одинаковом значении потребляемой мощности, линейные токи будут превышать фазные в $\sqrt{3}$ раза.



Трехфазная система напряжений представляет собой симметричную схему. Это означает, что и магнитная система, которую имеют все трехфазные трансформаторы, будет симметричной. Такая система очень сложная в изготовлении, поэтому широкое распространение получила плоская конструкция, в которой отсутствует центральный стержень. Необходимость в нем отпадает, поскольку сумма магнитных потоков здесь равна нулю. Плоский вариант конструкции считается более технологичным и удобным при компоновке, хотя она и является несимметричной. Токи в

крайних фазах заметно превышают ток в средней фазе, из-за чего нарушаются фазовые углы. Для ликвидации такой асимметрии сечение в верхнем и нижнем ярме увеличивается примерно на 10-15% по сравнению со стержнем. Однако, несмотря на принятые меры, некоторая асимметрия все равно остается.

.5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) В чем отличие трехпроводной схемы от четырехпроводной схемы
 - 2) Каковы соотношения фазных и линейных токов и напряжений при соединении звездой
 - 3) Каковы соотношения фазных и линейных токов и напряжений при соединении треугольником
- б Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 3

Тема: Исследование параллельной работы трехфазных двухобмоточных трансформаторов

Цель: 1) изучение параллельной работы трехфазных двухобмоточных трансформаторов

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

Довольно часто в энергетических системах возникают ситуации, когда вместо одного трансформаторного устройства требуется параллельная работа трансформаторов, в количестве от двух и выше. Их суммарная мощность способна обеспечить бесперебойное электроснабжение при поломке или аварии одного из агрегатов или в случае отключения его для ремонтных работ. Подобная система работы является наиболее оптимальной для трансформаторных подстанций, у которых график нагрузок подразумевает существенное изменение мощности в разное время суток. Когда используется параллельное включение. Самое простое объяснение необходимости параллельного включения трансформаторов связано с регулярно изменяющейся мощностью. При ее уменьшении один или несколько агрегатов можно отключить. В результате, нагрузка на остальные

трансформаторы, которые продолжают работать, будет максимально приближена к номинальной. Их эксплуатационные показатели – КПД и $\cos\varphi$ остаются на достаточно высоком уровне. На техническом языке параллельная работа двух и более трансформаторов представляет собой параллельное соединение как минимум двух основных обмоток одного устройства с таким же количеством обмоток других устройств. Для того чтобы нагрузки между каждым работающим трансформатором были распределены правильно, в соответствии с номинальной мощностью каждого из них, параллельное подключение трансформаторов с двумя обмотками рекомендуется в следующих случаях:

Номинальные первичные и вторичные напряжения должны быть равными. Различие коэффициентов трансформации допускается не более чем на 0,5%.

Группы соединенных обмоток тождественны между собой. Напряжения коротких замыканий примерно одинаковы, с допустимым отклонением не более чем на 10% среднего значения.

Не рекомендуется включать параллельно трансформаторы, номинальные мощности которых имеют соотношение, превышающее 1:3. Если не соблюдается первое и второе условия, в этом случае в трансформаторных обмотках могут возникнуть уравнительные токи, в отдельных случаях даже превышающие значения токов коротких замыканий. Чаще всего это случается при несовпадении групп. При невыполнении третьего условия, общая нагрузка между трансформаторами будет распределяться непропорционально их номинальным мощностям. Влияние отрицательных факторов Группы обмоточных соединений определяются сдвигом фаз, характерным для каждого вектора фазного и линейного напряжения в первичных и вторичных обмотках. Все расчеты выполняются исходя из векторной диаграммы напряжений, затрагивающей первичную сторону. Маркировка группы соединений обмоток наносится на щиток трансформатора и не требует какой-либо проверки. Существуют отдельные, нестандартные группы соединений, когда однофазные трансформаторы соединяются в трехфазную группу. При параллельном включении трансформаторов с различными группами соединений возникает расхождение векторов напряжений примерно на 30 градусов. Это приводит к возникновению уравнительных токов, в несколько раз превышающих номинальные токи трансформаторов. Трансформаторы имеющие четные группы соединений, не должны параллельно подключаться к агрегатам с нечетными группами. Кроме того, группы 4, 8 и 12 не включаются с группами 2, 6 и 10. Следует учитывать, что различные коэффициенты трансформации у агрегатов, работающих параллельно, могут также вызвать появление уравнительных токов. При таком включении, на вторичной стороне будет заметна разность напряжений. Сами уравнительные токи по своей сути являются индуктивными. Несмотря на то что иногда они превышают номинальные токи трансформаторов, допускается включение на

очень короткое время, в момент переключения с одного устройства на другое.

Когда напряжения коротких замыканий не равны между собой, нагрузка между трансформаторами, включенными параллельно, также будет распределяться непропорционально с их номинальными мощностями. Точно такое же неравенство возникает при разных коэффициентах трансформации агрегатов, подключенных таким же образом. При необходимости коэффициент трансформации может быть изменен, если этого требуют эксплуатационные условия. Для практического осуществления таких изменений, в трансформаторных обмотках предусмотрены специальные ответвления. Для переключений между этими ответвлениями используется два типа переключателей. Один из них – ПБВ, который может работать без возбуждения при отключенном напряжении. Другое переключающее устройство – РПН, осуществляющий коммутацию под нагрузкой. Переключения между агрегатами с различной мощностью следует выполнять таким образом, чтобы вторичное напряжение у недогруженных трансформаторов на холостом ходу было выше по сравнению с трансформаторами, работающими с перегрузкой.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Условия параллельной работы трехфазных двухобмоточных трансформаторов

2) Какая допускается максимальная разность мощностей у трансформаторов

3) Что произойдет если напряжения коротких замыканий трансформаторов не равны между собой

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 4

Тема: Исследование однофазного автотрансформатора

Цель: 1) Изучение однофазного автотрансформатора

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

Назначение, устройство и принцип действия автотрансформаторов

В некоторых случаях бывает необходимо изменять напряжение в небольших пределах. Это проще всего сделать не двухобмоточными трансформаторами, а однообмоточными, называемыми автотрансформаторами. Если коэффициент трансформации мало отличается от единицы, то разница между величиной токов в первичной и во вторичной обмотках будет невелика. Что же произойдет, если объединить обе обмотки? Получится схема автотрансформатора (рис. 1).

Автотрансформаторы относят к трансформаторам специального назначения. Автотрансформаторы отличаются от трансформаторов тем, что у них обмотка низшего напряжения является частью обмотки высшего напряжения, т. е. цепи этих обмоток имеют не только магнитную, но и гальваническую связь.

В зависимости от включения обмоток автотрансформатора можно получить повышение или понижение напряжения.

Рис. 1 Схемы однофазных автотрансформаторов: а - понижающего, б - повышающего.

Если присоединить источник переменного напряжения к точкам А и Х, то в сердечнике возникнет переменный магнитный поток. В каждом из витков обмотки будет индуцироваться ЭДС одной и той же величины. Очевидно, между точками а и Х возникнет ЭДС, равная ЭДС одного витка, умноженной на число витков, заключенных между точками а и Х.

Если присоединить к обмотке в точках а и Х какую-нибудь нагрузку, то вторичный ток I_2 будет проходить по части обмотки и именно между точками а и Х. Но так как по этим же виткам проходит и первичный ток I_1 , то оба тока геометрически сложатся, и по участку аХ будет протекать очень небольшой по величине ток, определяемый разностью этих токов. Это позволяет часть обмотки сделать из провода малого сечения, чтобы сэкономить медь. Если принять во внимание, что этот участок составляет большую часть всех витков, то и экономия меди получается весьма ощутимой.

Таким образом, автотрансформаторы целесообразно использовать для незначительного понижения или повышения напряжения, когда в части обмотки, являющейся общей для обеих цепей автотрансформатора, устанавливается уменьшенный ток что позволяет выполнить ее более тонким проводом и сэкономить цветной металл. Одновременно с этим уменьшается расход стали на изготовление магнитопровода, сечение которого получается меньше, чем у трансформатора.

В электромагнитных преобразователях энергии - трансформаторах - передача энергии из одной обмотки в другую осуществляется магнитным полем, энергия которого сосредоточена в магнитопроводе. В автотрансформаторах передача энергии осуществляется как магнитным

полем, так и за счет электрической связи между первичной и вторичной обмотками.

Автотрансформаторы успешно конкурируют с двухобмоточными трансформаторами, когда их коэффициент трансформации - мало отличается от единицы и но более 1,5 - 2. При коэффициенте трансформации свыше 3 автотрансформаторы себя не оправдывают.

В конструктивном отношении автотрансформаторы практически не отличаются от трансформаторов. На стержнях магнитопровода располагаются две обмотки. Выводы берутся от двух обмоток и общей точки. Большинство деталей автотрансформатора в конструктивном отношении не отличаются от деталей трансформатора.

Лабораторные автотрансформаторы (ЛАТРы)

Автотрансформаторы применяются также в низковольтных сетях в качестве лабораторных регуляторов напряжения небольшой мощности (ЛАТР). В таких автотрансформаторах регулирование напряжения осуществляется при перемещении скользящего контакта по виткам обмотки.

Лабораторные регулируемые однофазные автотрансформаторы состоят из кольцеобразного ферромагнитного магнитопровода, обмотанного одним слоем изолированного медного провода (рис. 2).

От этой обмотки сделано несколько постоянных ответвлений, что позволяет использовать эти устройства как понижающие или повышающие автотрансформаторы с определенным постоянным коэффициентом трансформации. Кроме того, на поверхности обмотки, очищенной от изоляции, имеется узкая дорожка, по которой перемещают щеточный или роликовый контакт для получения плавно регулируемого вторичного напряжения в пределах от нуля до 250 В.

При замыкании соседних витков в ЛАТР не происходит витковых замыканий, так как токи сети и нагрузки в совмещенной обмотке автотрансформатора близки друг к другу и направлены встречно.

Лабораторные автотрансформаторы изготавливают номинальной мощностью 0,5; 1; 2; 5; 7,5 кВА.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Основное отличие автотрансформатора от трансформатора
 - 2) В каких случаях целесообразно применять автотрансформаторы
 - 3) Область применения автотрансформаторов
- 6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 5

Тема: Расчет технических параметров и построение характеристик трансформатора

Цель: 1) Изучение расчета технических параметров и построение характеристик трансформатора

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

Расчёт трансформатора

Очень часто для питания радиолюбительских конструкций или для питания готовых устройств требуется понижающий трансформатор. Точный расчёт силового трансформатора очень сложен, но для приблизительного расчёта можно воспользоваться упрощёнными формулами. В этой статье рассмотрим как рассчитать трансформатор, собранный на наиболее часто встречающемся магнитопроводе из Ш-образных пластин.

Для расчёта трансформатора нам нужно знать: желаемое напряжение на вторичной обмотке и ток нагрузки. Если ток нагрузки не известен, но известна его мощность, то вычислить ток не составит труда — нужно мощность поделить на напряжение на вторичной обмотке.

1. Расчёт тока вторичной обмотки

$$I_2 = 1,5 \cdot I_n, \text{ где}$$

- I_2 — ток во вторичной обмотке, А,
- I_n — ток нагрузки, А.

2. Определение мощности, потребляемой от вторичной обмотки

$$P_2 = U_2 \cdot I_2, \text{ где}$$

- P_2 — мощность вторичной обмотки, Вт,
- U_2 — напряжение вторичной обмотки, В,
- I_2 — ток вторичной обмотки, А.

Если необходимо несколько вторичных обмоток, то считаем мощность каждой обмотки, а затем складываем мощности всех вторичных обмоток и подставляем в следующую формулу.

3. Определение мощности трансформатора

$$P_T = 1,25 \cdot P_2, \text{ где}$$

- P_T — общая мощность трансформатора, Вт,
- P_2 — мощность вторичной обмотки, Вт.

4. Расчёт тока первичной обмотки

$$I_1 = P_T / U_1, \text{ где}$$

- I_1 — ток в первичной обмотке трансформатора, А,
- P_T — мощность трансформатора, Вт,
- U_1 — напряжение первичной обмотки, В.

5. Определение необходимого сечения сердечника магнитопровода
 $S = 1,3 \cdot \sqrt{P_T}$, где

- S — площадь сечения сердечника магнитопровода, см²,
- P_T — мощность трансформатора, Вт.

Следует заметить, что магнитопровод нужно подбирать так, чтобы отношение ширины сердечника (центральной пластины) магнитопровода к толщине набора было в пределах $1 \div 2$.

6. Расчёт числа витков в первичной обмотке

$W_1 = 50 \cdot U_1 / S$, где

- W_1 — число витков первичной обмотки, шт,
- U_1 — напряжение первичной обмотки, В,
- S — площадь сечения сердечника магнитопровода, см².

7. Расчёт числа витков во вторичной обмотке

$W_2 = 55 \cdot U_2 / S$, где

- W_2 — число витков вторичной обмотки, шт,
- U_2 — напряжение вторичной обмотки, В,
- S — площадь сечения сердечника магнитопровода, см².

8. Определение диаметров проводов обмоток трансформатора

$d = 0,632 \cdot \sqrt{I}$, где

- d — диаметр провода, мм,
- I — ток обмотки, А (соответственно подставляем I_1 и I_2 для

первичной и вторичной обмоток).

Расчёт приведён для медного провода.

9. Проверка заполняемости окон магнитопровода

После подбора пластин магнитопровода следует проверить влезет ли провод на каркас трансформатора.

$S_0 = 50 \cdot P_T$, где

- S_0 — площадь, занимаемая намотанными проводами, в одном окне магнитопровода, мм²,
- P_T — мощность трансформатора, Вт.

Если площадь окна подобранного магнитопровода больше или равна вычисленной, то провод влезет.

Рекомендации по сборке и намотке трансформатора

Пластины магнитопровода нужно собирать вперекрышку, как это показано на рисунке вверху.

Магнитопровод следует стянуть обоймой или шпильками с гайками, шпильки необходимо обернуть бумагой или другим изоляционным материалом, чтобы шпильки не замыкали пластины. Если магнитопровод плохо стянут, то он будет гудеть.

Провода следует наматывать равномерно и плотно (иначе могут не влезть). Между каждым рядом надо прокладывать тонкую бумагу или лавсановую плёнку в 1-2 слоя и 3-4 слоя между обмотками.

Для удобства намотки можно сделать простое приспособление, показанное на рисунке:

Приспособление для намотки трансформатора

Состоит устройство из двух фанерных стоек, закреплённых на общем основании и вставленного в них металлического прутка, с одного конца изогнутого в виде ручки. Одной рукой крутим ручку, второй направляем провод, катушку с проводом можно наподобие разместить ещё на одном прутке, но уже без ручки.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какой материал чаще используют для изготовления магнитопровода
- 2) Что необходимо для расчёта трансформатора
- 3) Устройство приспособления для намотки трансформатора

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 6

Тема: Схемы соединения трансформаторов.

Цель: 1. Ознакомление со схемами соединения трансформаторов.

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

1. Краткие теоретические сведения

В большинстве случаев обмотки трехфазных трансформаторов соединяются либо в звезду (Y), либо в треугольник (Δ).

Выбор схемы соединения обмоток зависит от ряда причин. Например, для сетей с напряжением 35 кВ и более выгодно соединить обмотку трансформатора в звезду и заземлить нулевую точку, так как при этом напряжение выводов трансформатора и проводов линии передачи

относительно земли будет всегда в $\sqrt{3}$ раза меньше линейного, что приводит к снижению стоимости изоляции. Осветительные лампы накаливания более низкого напряжения имеют большую световую отдачу, а осветительные сети выгодно строить на более высокое напряжение. Поэтому вторичные обмотки трансформаторов, питающих осветительные сети, соединяются обычно в звезду и осветительные лампы включаются на фазное напряжение – между линейными и нулевыми проводниками. В ряде случаев, когда ток обмотки невелик, при соединении в звезду обмотки получаются более дешевыми, так как число витков при этом уменьшается в $\sqrt{3}$ раза, а сечение проводов увеличивается также в $\sqrt{3}$ раза, вследствие чего трудоемкость изготовления обмотки и стоимость обмоточного провода уменьшаются. С другой стороны, с точки зрения влияния высших гармоник и поведения трансформатора при несимметричных нагрузках целесообразно соединять одну из обмоток трансформатора в треугольник.

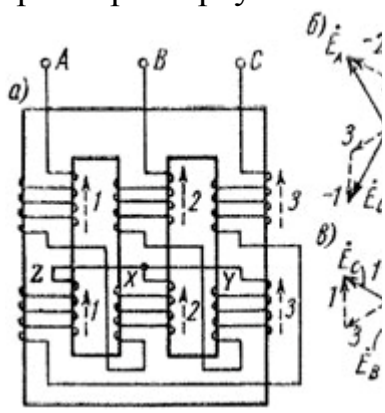


Рисунок 1. Соединение трехфазной обмотки зигзагом

В некоторых случаях применяется также соединение обмоток по схеме зигзага (рисунок 1), когда фаза обмотки разделяется на две части, которые располагаются на разных стержнях и соединяются последовательно. При этом вторая половина обмотки подключается по отношению к первой встречно (рисунок 1, а), так как в этом случае электродвижущая сила (э. д. с.) фазы будет в $\sqrt{3}$ раза больше (рисунок 1, б), чем при согласном включении (рисунок 1, в). Однако при встречном включении половин обмотки ее э. д. с. ($\sqrt{3} E_1$) будет все же в $2 / \sqrt{3} = 1,15$ раза меньше, чем при расположении обеих половин на одном стержне ($2 E_1$). Поэтому расход обмоточного провода при соединении зигзагом увеличивается на 15%. Вследствие этого соединение зигзагом используется только в специальных случаях, когда возможна неравномерная нагрузка фаз с наличием токов нулевой последовательности

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

- 1). Какие существуют схемы соединения трансформаторов.
- 2) Какое соединение называется звезда.
- 3) Какое соединение называется треугольник

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 7

Тема: Группы соединений обмоток трансформаторов

Цель: 1) Изучение схем и групп соединений обмоток трансформаторов

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

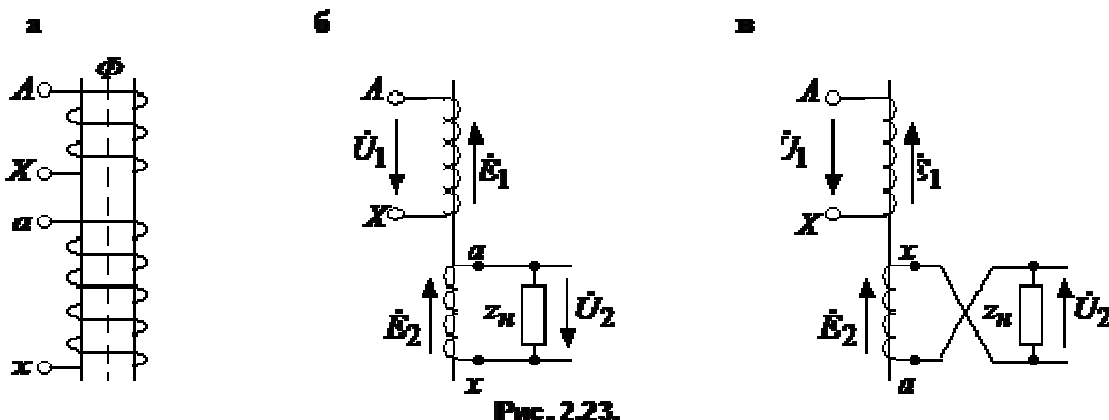
3. Оснащение: методические указания к практическому занятию, учебная и справочная литература

4 Порядок выполнения работы

Группа соединений обмоток трансформатора характеризует взаимную ориентацию напряжений первичной и вторичной обмоток. Изменение взаимной ориентации этих напряжений осуществляется соответствующей перемаркировкой начал и концов обмоток. Стандартные обозначения начал и концов обмоток высокого и низкого напряжения показаны на рис. 2

Рассмотрим вначале влияние маркировки на фазу вторичного напряжения по отношению к первичному на примере однофазного трансформатора (рис. 23, а).

Обе обмотки расположены на одном стержне и имеют одинаковое направление намотки. Будем считать верхние клеммы началами, а нижние - концами обмоток. Тогда ЭДС \vec{E}_1 и \vec{E}_2 будут совпадать по фазе и соответственно будут совпадать напряжение сети \vec{U}_1 и напряжение на нагрузке \vec{U}_2 (рис. 23, б). Если теперь во вторичной обмотке принять обратную маркировку зажимов (рис. 23, в), то по отношению к нагрузке ЭДС \vec{E}_2 меняет фазу на 180° . Следовательно, и фаза напряжения \vec{U}_2 меняется на 180° .



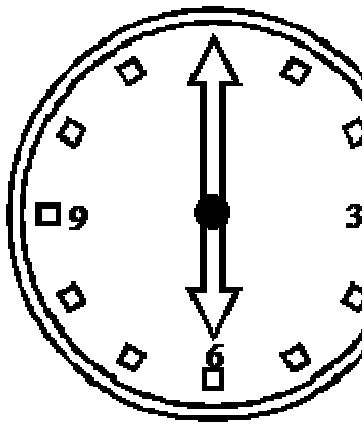


Рис. 2.24.

Таким образом, в однофазных трансформаторах возможны две группы соединений, соответствующих углам сдвига 0 и 180° . На практике для удобства обозначения групп используют циферблат часов. Напряжение первичной обмотки \dot{U}_1 изображают минутной стрелкой, установленной постоянно на цифре 12, а часовая стрелка занимает различные положения в зависимости от угла сдвига между \dot{U}_1 и \dot{U}_2 . Сдвиг 0° соответствует группе 0, а сдвиг 180° - группе 6 (рис. 24). Для краткости используют следующие обозначения групп: $\frac{Y}{Y}-0$ и $\frac{Y}{Y}-6$.

В трехфазных трансформаторах можно получить 12 различных групп соединений обмоток. Рассмотрим несколько примеров. Пусть обмотки трансформатора соединены по схеме Y/Y (рис. 25). Обмотки, расположенные на одном стержне, будем располагать одну под другой. Зажимы A и a соединим для совмещения потенциальных диаграмм. Зададим положение векторов напряжений первичной обмотки треугольником ABC . Положение векторов напряжений вторичной обмотки будет зависеть от маркировки зажимов. Для маркировки на рис. 25, a ЭДС соответствующих фаз первичной и вторичной обмоток совпадают, поэтому будут совпадать линейные и фазные напряжения первичной и вторичной обмоток (рис. 25, b). Схема имеет группу $Y/Y - 0$.

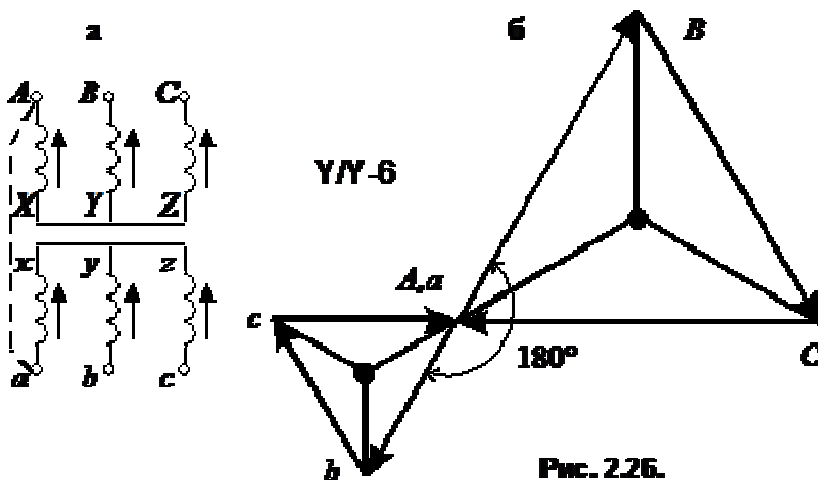


Рис. 2.26.

Изменим маркировку зажимов вторичной обмотки на противоположную (рис. 26,а). При перемаркировке концов и начал вторичной обмотки фаза ЭДС меняется на 180° . Следовательно, номер группы меняется на 6. Данная схема имеет группу $Y/Y - 6$.

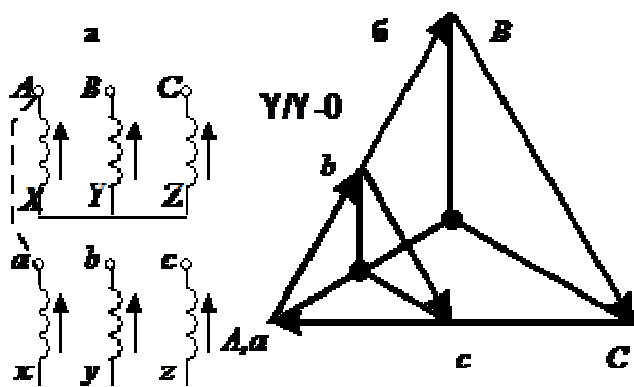


Рис. 225

На рис. 27 представлена схема, в которой по сравнению со схемой рис. 25 выполнена круговая перемаркировка зажимов вторичной обмотки ($a \rightarrow \bar{b}$, $b \rightarrow \bar{c}$, $c \rightarrow \bar{a}$). При этом фазы соответствующих ЭДС вторичной обмотки сдвигаются на 120° и, следовательно, номер группы меняется на 4. Схемы соединений Y/Y позволяют получить четные номера групп, при соединении обмоток по схеме Y/D номера групп получаются нечетными. В качестве примера рассмотрим схему, представленную на рис. 28. В этой схеме фазные ЭДС вторичной обмотки совпадают с линейными, поэтому треугольник abc поворачивается на 30° против часовой стрелки по отношению к треугольнику ABC . Но так как угол между линейными напряжениями первичной и вторичной обмоток отсчитывается по часовой стрелке, то группа будет иметь номер 11. Из двенадцати возможных групп соединений обмоток трехфазных трансформаторов стандартизованы две: $Y/Y - 0$ и $Y/D-11$. Они, как правило, и применяются на практике.

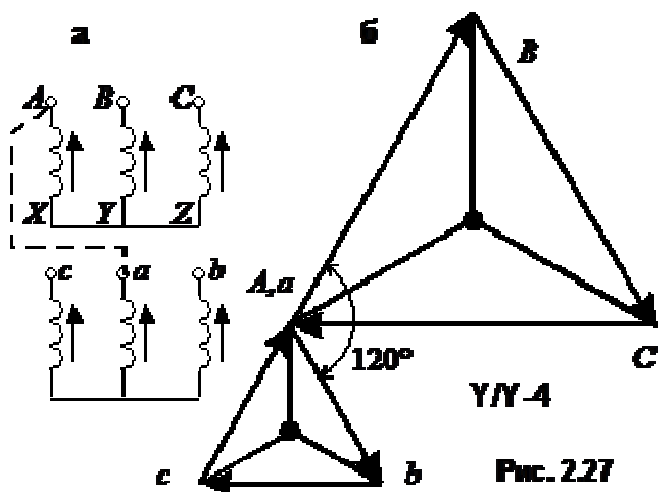


Рис. 227

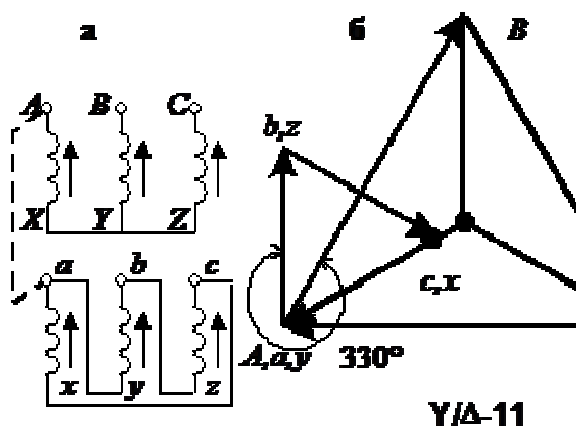


Рис. 2.28.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Какие существуют группы соединения трансформаторов
2. Что характеризует группа соединения трансформаторов.
3. Какие группы соединения трансформаторов стандартизированы.

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2015. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 8

Тема: Изучение конструкции и разметка выводов трансформатора

Цель: 1) Изучение конструкции и разметка выводов трансформатора

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

Начала обмоток двухобмоточного однофазного трансформатора обозначают буквами А и а, концы — Х и х. в трехфазных двухобмоточных трансформаторах начала и концы обмоток обозначают соответственно буквами А, В, С; а, в, с и Х, У, Z; х, у, z. Прописные буквы относятся к обмоткам высшего напряжения, а строчные — к обмоткам низшего напряжения. Зажимы нейтрали при соединении в звезду обозначают О. Понятия начала и конца обмотки условны.

Расположение выводов на крышке двухобмоточных трансформаторов показано на рис. 1.

в трехфазных трансформаторах применяют следующие схемы соединений: Y/Y , D/D' a/z , y/l , a/Y , $Y/z < Y$ -соединение звездой, d — треугольником, z — зигзаг-звездой; в числителе указаны соединения обмотки высшего напряжения, в знаменателе — низшего напряжения) *.

Эти схемы образуют 12 различных групп соединений со сдвигом фаз линейных ЭДС первичной и вторичной обмоток от 0 до 330° через 30° . Этот сдвиг фаз принято характеризовать положением стрелок часов, причем вектор ЭДС обмотки высшего напряжения совмещают с большой (минутной) стрелкой часов и всегда устанавливают на цифре 12, а вектор ЭДС обмотки низшего напряжения соответствует малой (часовой) стрелке; положение последней зависит от сдвига фаз ЭДС обеих обмоток. Например, сдвиг фаз 0° соответствует 12 ч (обе стрелки совпадают), и такое соединение называют группой 0; сдвигу фаз 180° соответствует группа 6.

* В литературе можно встретить обозначения: D — соединение треугольником; Y — соединение звездой.

Рис. 1. Расположение выводов на крышке двухобмоточных трансформаторов: а — трехфазных мощностью 5—6300 кВА с высшим напряжением до 35 кВ; б — однофазных всех номинальных мощностей и напряжений

Рис. 2, Схемы основных групп соединений обмоток трехфазных трансформаторов и обозначения зажимов

Рис. 3. Сводные данные групп соединений обмоток трехфазных трансформаторов

Схемы $Y/Y \gg A/A$, A/Z могут образовывать четные группы 2,4,6,8,10,0; схемы Y/A , $A/Y \gg Y/z \sim \sim$ нечетные группы I, 3,5, 7,9,11. Группы 0 и 6 являются основными четными группами, а группы 11 и 5 — основными нечетными группами.

На рис. 2 даны схемы основных групп соединений трансформаторов; обмотки, находящиеся на одном стержне, изображены одна под другой; стрелками показаны направления ЭДС. Остальные группы являются производными; они образуются путем круговой перемаркировки зажимов без изменения самих внутренних соединений (рис. 3). Из группы 0 образуются группы 4 и 8, из группы 6 — группы 10 и 2, из групп 11 и 5 — соответственно группы 3, 7 и 9, 1.

В России были стандартизованы группы $Y/Y''0'$ $Y/Y/A''II$ с выводом в случае надобности нейтрали звезды.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Как обозначаются начала и концы в трехфазных двухобмоточных трансформаторах

2) Сколько групп соединения обмоток трансформаторов

3) Какие группы соединения обмоток трансформаторов основные
6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическая работа 9

Тема: Испытание трансформатора по методу холостого хода и короткого замыкания

Цель: 1) изучение испытания трансформатора по методу холостого хода и короткого замыкания

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

Опыт холостого хода и короткого замыкания

Для испытания трансформатора основными являются опыт холостого хода и опыт короткого замыкания. При опыте холостого хода трансформатора (рис. 106) его вторичная обмотка разомкнута и тока в этой обмотке нет ($I_2 = 0$), а первичная обмотка включена в сеть источника электрической энергии переменного тока. В таких условиях в первичной обмотке протекает ток холостого хода I_0 , который представляет собой малую величину по сравнению с номинальным током трансформатора. В трансформаторах больших мощностей ток холостого хода может достигать значений порядка 5 — 10% от номинального тока. В трансформаторах малых мощностей этот ток достигает значения 25 — 30% номинального тока.

Ток холостого хода I_0 создает магнитный поток в магнитопроводе трансформатора. Для возбуждения магнитного потока трансформатор потребляет реактивную мощность из сети. Активная мощность, потребляемая трансформатором при холостом ходе, расходуется на покрытие потерь мощности в магнитопроводе, вызываемых гистерезисом и вихревыми токами.

Так как реактивная мощность при холостом ходе трансформатора значительно больше активной мощности, то коэффициент мощности ($\cos \varphi$) его весьма мал и обычно равен 0,2 — 0,3.

По данным опыта холостого хода трансформатора определяется сила тока холостого хода I_0 , потери в стали сердечника $P_{ст}$ и коэффициент трансформации K .

Сила тока холостого хода I_0 измеряется амперметром, включенным в цепь первичной обмотки трансформатора.

При испытании трехфазного трансформатора определяют фазный ток холостого хода.

Потери в стали сердечника $P_{ст}$ измеряются ваттметром, включенным в цепь первичной обмотки трансформатора. Это делается на том основании, что потери в проводниках первичной обмотки вследствие малой силы тока холостого хода незначительны и ими можно пренебречь и считать, что при холостом ходе вся мощность затрачивается только на потери в стали.

Коэффициент трансформации трансформатора определится отношением показаний вольтметров, включенных в цепь первичной и вторичной обмоток.

При холостом ходе трансформатора во вторичной обмотке тока нет, следовательно, нет и падения напряжения в этой обмотке, и э. д. с. E_2 , индуцируемая во вторичной обмотке, равна напряжению U_2 на зажимах этой же обмотки, т. е. $E_2 = U_2$.

Напряжение, приложенное к зажимам первичной обмотки трансформатора U_1 практически уравнивается э. д. с. E_1 , индуцируемой в этой обмотке магнитным потоком, и можно считать, что по абсолютной величине это напряжение равно э. д. с.:

$$U_1 = E_1.$$

Следовательно, коэффициент трансформации

При опыте короткого замыкания (рис. 107) вторичная обмотка трансформатора замкнута накоротко, т. е. напряжение на зажимах вторичной обмотки равно нулю. Первичная обмотка включается в сеть с таким пониженным напряжением, при котором токи в обмотках номинальные. Такое пониженное напряжение называется напряжением короткого замыкания. Это напряжение обычно составляет 5 — 10% от номинального значения.

По данным опыта короткого замыкания определяется напряжение короткого замыкания, потери на нагревание обмоток трансформатора при номинальной нагрузке и активное, реактивное и полное сопротивление трансформатора при коротком замыкании.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) При каком режиме работы трансформатора самый низкий коэффициент мощности
- 2) Что называется напряжением короткого замыкания
- 3) Что определяется по данным опыта короткого замыкания

6 Список литературы

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

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 10

Тема: Регулирование напряжений трансформаторов

Цель: 1. Ознакомление со схемами регулирования напряжений трансформаторов

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

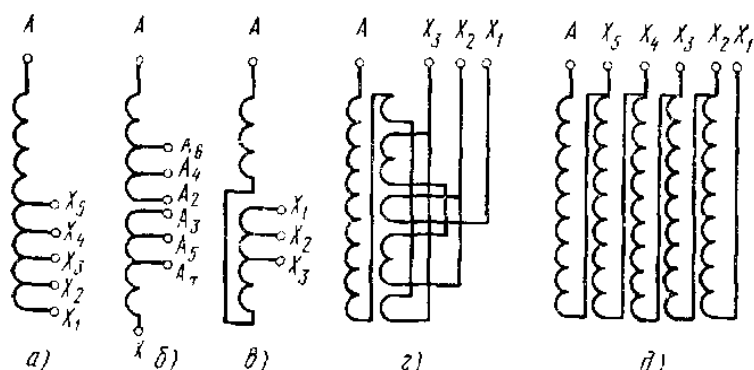
2. Краткие теоретические сведения

Наибольшее распространение на практике получило регулирование напряжения при помощи изменения ступенями числа витков одной из обмоток. Подавляющее большинство трансформаторов строят с регулированием числа витков в обмотке ВН. Дело в том, что по обмотке НН протекает большой ток и, следовательно, переключающее устройство должно быть рассчитано на этот ток, т. е. оно неизбежно будет громоздким. В обмотке ВН ток в десятки раз меньше ($6300/220=28,6$) и, следовательно, переключающее устройство может быть сравнительно небольшим и легким, хотя его и придется изолировать от заземленных частей трансформатора на 6,3 кВ.

При изменении числа витков, например, первичной обмотки меняется величина магнитного потока, вследствие чего увеличивается (или уменьшается) напряжение во вторичной обмотке трансформатора. Так, если напряжение питающей сети (первичное) постоянно, а вторичное упало, то для его восстановления надо увеличить магнитный поток. Это достигается уменьшением числа витков ω_1 первичной обмотки.

Действительно, при постоянном U_1 эдс E_1 также неизменна. Из выражения $E_1 = 4,44f \omega_1 \Phi_{\text{макс}}$ следует, что увеличить магнитный поток при неизменной E_1 можно, только уменьшив число витков первичной обмотки. Если же первичное напряжение упало, то соответственно упадет и величина Φ_0 . Для сохранения постоянной величины вторичного напряжения надо восстановить прежнее значение магнитного потока. Этого можно достигнуть также уменьшением числа витков первичной обмотки.

Принцип регулирования как раз и заключается в изменении определенными ступенями числа витков в обмотке трансформатора, что обеспечивает необходимые величины магнитного потока и напряжения. На практике в обмотке ВН трансформатора делают ряд ответвлений, каждое из которых соответствует заданному числу последовательно включенных витков обмотки (рисунок 1).



а — пять ответвлений в конце; б — шесть ответвлений в середине; в — обратная схема с тремя ответвлениями в конце; г — магнитно-симметричная схема; д — магнитно-симметричная схема с пятью ответвлениями

Рисунок 1 - Вывод регулировочных ответвлений в обмотке ВН

Стандартные трансформаторы малой и средней мощности (до 630 кВА) имеют на обмотке, как правило, пять ответвлений (рисунок 1, а), из которых среднее (X_3) соответствует нормальному напряжению сети (в нашем примере 6,3 кВ), а другие — напряжениям, отличающимся от него на $\pm 5\%$ ($\pm 2 \times 2,5\%$). Так, если напряжению 6,3 кВ соответствует 1000 витков в обмотке ВН (ответвление X_3), то напряжению 6,615 кВ (ответвление X_1), большему на 5%, соответствует 1050 витков, а напряжению 5,985 кВ (ответвление X_5), меньшему на 5%, — 950 витков. Напряжение регулируется ступенями по 157,5 В. В обмотке ему соответствует 25 последовательно включенных витков.

Отключать витки можно как на конце обмотки, так и в ее середине. Однако при отключении витков с края обмотки возможно такое положение, когда обмотка становится как бы короче. Это случается особенно при работе на ответвлении X_5 (рисунок 1, а). Различие в высотах обмоток, как известно, приводит к увеличению осевых усилий. Поэтому обычно ответвления выполняют в середине обмотки (рисунок 1, б). При небольших мощностях применяют обратную схему (рисунок 1, в).

Ответвления в конце обмотки ВН встречаются редко - главным образом у трансформаторов малой мощности, где механические усилия незначительны, а выполнение ответвлений в середине обмотки конструктивно затруднено.

Замыкая ответвления $A_2—A_3$, $A_3—A_4$, $A_4—A_5$ и т. д. (рисунок 1, б), включают в работу одновременно все или часть витков обмотки ВН. По схеме, показанной на рисунке, напряжение регулируют в пределах $\pm 5\%$ двумя ступенями по 2,5% в каждой. По схеме, показанной на рисунке 1, в, г, напряжение регулируют также в пределах $\pm 5\%$, но тремя ступенями (0, +5%, —5%).

Схемы, показанные на рисунке 1, г, д, являются магнитно-симметричными, они резко снижают механические усилия. Витки регулировочных ступеней в таких обмотках отключаются не с одного конца, а симметрично относительно середины обмоток (рисунок 1, г), что

благоприятно сказывается на электродинамической прочности трансформатора, или по всей высоте обмотки (рисунок 1, д). Ответвления замыкаются специальным устройством — переключателем, который соединяет их в определенном порядке, включая в работу то или иное число витков.

Напряжение регулируют по схемам, показанным на рисунке 1, только при отключенном от сети трансформаторе. Переключать ответвления при работающем трансформаторе нельзя, так как при размыкании ответвлений между контактами переключателя возникнет электрическая дуга, которая быстро его разрушит. Следовательно, чтобы переключить обмотку трансформатора на другое напряжение, надо отключить его от сети, переключить его ответвления и вновь включить в работу. На это время все приемники остаются без питания. Это экономически невыгодно.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Какое регулирование напряжения получило наибольшее распространение на практике.

2. В чем заключается принцип регулирования напряжения трансформатора.

3. Сколько ответвлений имеют стандартные трансформаторы малой и средней мощности.

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Практическое занятие 11

Тема: Методы проверки групп соединения трансформаторов

Цель: 1. Ознакомление с методами проверки групп соединения трансформаторов

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

Проверка группы соединений трехфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов.

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.

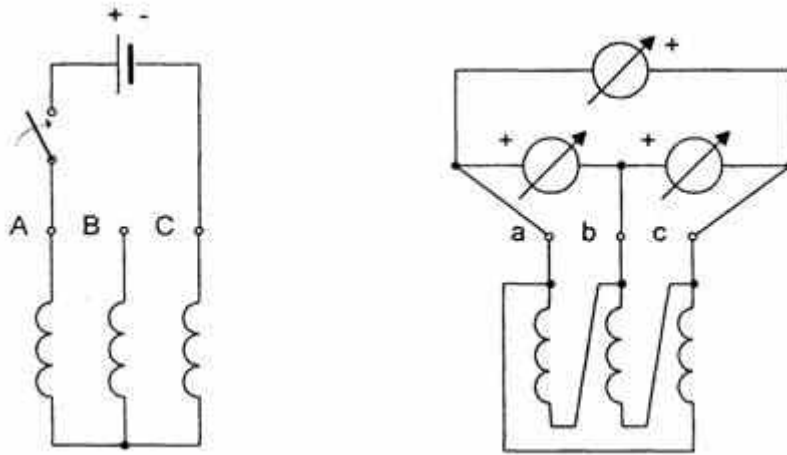


Рис. 2.5. Схема проверки группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов методом импульсов постоянного тока.

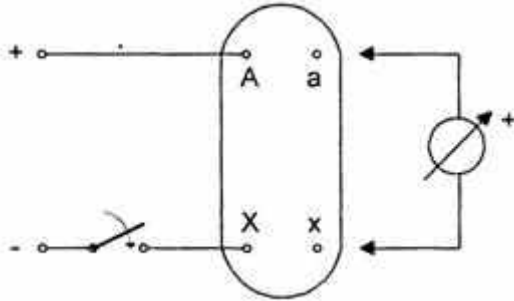


Рис. 2.6. Схема проверки группы соединения обмоток однофазных трансформаторов методом импульсов постоянного тока.

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

Подведено к зажимам	Питание	Отклонение стрелки гальванометра, присоединенного к зажимам									
		b	c	a	b	c	a	b	c	a	
		для группы 0			для группы 4			для группы 8			
В	А										
С	В										
А	С										
		для группы 6			10	для группы			для группы 2		
В	А										
С	В										
А	С										
		для группы			11	для группы 3			для группы 7		
В	А										
С	В										
А	С										
		для группы 1			для группы 5			для группы 9			
В	А										
С	В										
А	С										

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.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Каким образом производится проверка группы соединения трехфазных трансформаторов

2. Сколько необходимо произвести измерений для определения полярности обмотки

3. Как подключают последовательную обмотку однофазного фазометра

Сделайте вывод по работе

Литература: Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Практическое занятие 12

Тема: Проверка состояния изоляции обмоток электрических машин переменного тока

Цель: 1) Изучение состояния изоляции обмоток электрических машин переменного 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

Применяемые приборы: Мегаомметры М4100/4, Ф4102/2, мост Р333, токоизмерительные клещи Ц4505, испытательная установка АИД-70, набор щупов.

Испытания и измерения электродвигателей переменного тока может производить бригада в составе не менее 2 человек из лиц ЭТЛ. Производитель работ при высоковольтных испытаниях и измерениях должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV, а остальные не ниже III группы.

Перед началом испытаний должен быть проведен внешний осмотр электродвигателя. При этом проверяют состояние и целостность изоляции, отсутствие вмятин на корпусе, затяжку контактных соединений, а также комплектность машины (наличие всех деталей, паспортного и клеммного щитков и необходимых указаний на них; заполнение подшипников до заданного уровня и отсутствие течи масла; состояние коллектора, токосъемных колец, щеткодержателей и щеток; наличие заземляющей проводки и качество соединения ее с электродвигателем).

1. Измерение сопротивления изоляции.

Для измерения сопротивления изоляции применяются мегаомметры на 250, 500, 1000 и 2500 В.

Измерение сопротивления изоляции вспомогательных измерительных цепей производят мегаомметром на 250 В.

Сопротивление изоляции измеряется при номинальном напряжении обмотки до 0,5 кВ включительно мегаомметром на напряжение 500 В, при номинальном напряжении обмотки свыше 0,5 кВ до 1 кВ мегаомметром на напряжение 1000 В, а при номинальном напряжении обмотки выше 1 кВ – мегаомметром на напряжение 2500 В.

Во время подключения прибора испытываемое оборудование должно быть заземлено. Отсчет производится через 15 и 60 секунд после нажатия кнопки «Высокое напряжение», или начала вращения рукоятки мегаомметра со скоростью 120 оборотов в минуту.

Измерение сопротивления изоляции производят при отсутствии электрического напряжения на обмотках машины по методике испытания изоляции.

После измерений сохранившийся на обмотке потенциал следует разделить на корпус проводником, предварительно соединенным с корпусом. Продолжительность разряда для обмоток с номинальным напряжением 3000 В и выше должна быть не менее 15 сек для машин до 1000 кВт и 60 сек для машин мощностью больше 1000 кВт.

Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками производят поочередно для каждой электрически независимой цепи при соединении всех прочих цепей с корпусом машины.

Показания мегаомметра зависят от времени приложения напряжения к проверяемой обмотке. Чем больше время, предшествующее от момента приложения напряжения к изоляции до момента отчета (15 и 60с), тем больше получается измеренное значение сопротивления изоляции.

При измерении сопротивления изоляции необходимо измерять и температуру обмотки. С повышением температуры сопротивление изоляции уменьшается. Измерение изоляции следует выполнять при температуре обмотки, соответствующей номинальному режиму работы машины или привести к температуре 75°C. Температура обмотки, при которой производят измерения, не должна быть ниже 10°C. Если температура ниже указанной, то обмотку перед измерением необходимо подогреть.

Наименьшее значение сопротивления изоляции при рабочей температуре обмоток и через 60 сек. после приложения напряжения определяется по формуле:

$$R_{60} = U_n / (1000 + P_n / 100)$$

где U_n – номинальное напряжение обмотки, В;

P_n – номинальная мощность, кВт, для машин переменного тока, кВА.

О степени влажности изоляции судят по величине коэффициента абсорбции, который представляет собой отношение показаний мегаомметра после приложения напряжения через 15 и 60 сек:

$$K_a = R_{60} / R_{15}$$

Следует учесть, что величина K_a даже при хорошем состоянии изоляции в значительной степени зависит от температуры машины и вида применяемых изоляционных материалов. С повышением температуры коэффициент абсорбции для машин, имеющих неувлажненную изоляцию, уменьшается. Для неувлажненной обмотки при температуре 10-30 °C коэффициент абсорбции $K_a = 1,3, 2,0$, для увлажненной обмотки коэффициент абсорбции близок к единице.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие приборы используются для проверки состояния изоляции обмоток электрических машин переменного тока
- 2) В каком составе производится проверка состояния изоляции обмоток электрических машин переменного тока
- 3) Какая минимальная температура должна быть у обмотки при проверке состояния изоляции обмоток электрических машин переменного тока

6 Список литературы

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей
М.: КРОНУС, 2016.- 280с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 13.

Тема: Изучение устройства статора бесколлекторной машины

Цель: 1. Ознакомление устройством статора бесколлекторной машины

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

3. Краткие теоретические сведения

Статор бесколлекторной машины переменного тока (рис. 7.1) состоит из корпуса 1, сердечника 2 и обмотки 3. Сердечник статора имеет шихтованную конструкцию, т. е. представляет собой пакет пластин, полученных методом штамповки из листовой электротехнической стали. Пластины предварительно покрывают с двух сторон тонкой изоляционной пленкой, например слоем лака. На внутренней поверхности сердечника статора имеются продольные пазы, в которых располагаются проводники обмотки статора. Обмотка статора выполняется из медных обмоточных проводов круглого или прямоугольного сечения.

Требования к обмотке статора в основном сводятся к следующему: а) наименьший расход обмоточной меди; б) удобство и минимальные затраты на изготовление — технологичность; в) форма кривой ЭДС, наводимой в обмотке статора, должна быть практически синусоидальной.

Применительно к генераторам переменного тока это требование обусловлено тем, что при несинусоидальной ЭДС генератора в электрической цепи появляются высшие гармоники тока, оказывающие вредное влияние на работу всей энергосистемы: возрастают потери, возникают опасные перенапряжения, усиливается вредное влияние линий электропередачи на цепи связи. Применительно к двигателям переменного тока требование к синусоидальности ЭДС обмотки статора также весьма актуально, так как несинусоидальность ЭДС ведет к росту потерь и уменьшению полезной мощности двигателя.

Многофазная обмотка статора состоит из m_1 - фазных обмоток. Например, трехфазная обмотка ($m_1 = 3$) состоит из трех фазных обмоток, каждая из которых занимает $Z_1/3$ пазов, где Z_1 - общее число пазов сердечника статора. Каждая фазная обмотка представляет собой разомкнутую систему проводников. Элементом обмотки является катушка, состоящая из одного или нескольких витков. Элементы катушки, располагаемые в пазах, называют пазовыми сторонами 1, а элементы, расположенные вне пазов и служащие для соединения пазовых сторон,

называют лобовыми частями 2 (рис. 7.2). Часть дуги внутренней расточки статора, приходящаяся на один полюс, называется полюсным делением (м):

$$\tau = \pi D_1 / (2p), \quad (7.1)$$

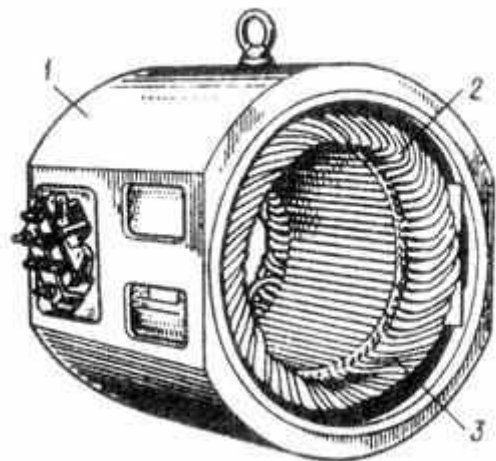


Рис. 7.1. Статор бесколлекторной машины переменного тока

где D_1 — внутренний диаметр статора, м; $2p$ — число полюсов.

Расстояние между пазовыми сторонами катушки, измеренное по внутренней поверхности статора, называется шагом обмотки по пазам y_1 . Шаг обмотки выражают в пазках. Шаг обмотки называется полным или диаметральной, если он равен полюсному делению:

$$y_1 = Z_1 / (2p) = \tau. \quad (7.2)$$

В этом случае ЭДС витка определяется арифметической суммой ЭДС, наведенных в сторонах этого витка (рис. 7.3):

$$e = e_1 + e_2.$$

Если же шаг обмотки меньше полюсного деления ($y_1 < \tau$), то он называется укороченным. У катушки с укороченным шагом ЭДС меньше, чем у катушки с полным шагом.

Обмотка статора состоит, как правило, из большого числа катушек, соединенных между собой определенным образом. Для удобного и наглядного изображения катушек и их соединений пользуются развернутыми схемами обмоток. На такой схеме цилиндрическую поверхность статора вместе с обмоткой условно разворачивают на плоскости, а все катушки изображают одновитковыми в виде прямых линий.

Простейшая трехфазная обмотка статора двухполюсной машины состоит из трех катушек (А, В, С), оси которых смещены в пространстве относительно друг друга на 120 эл. град, т. е. на $\frac{2}{3}$

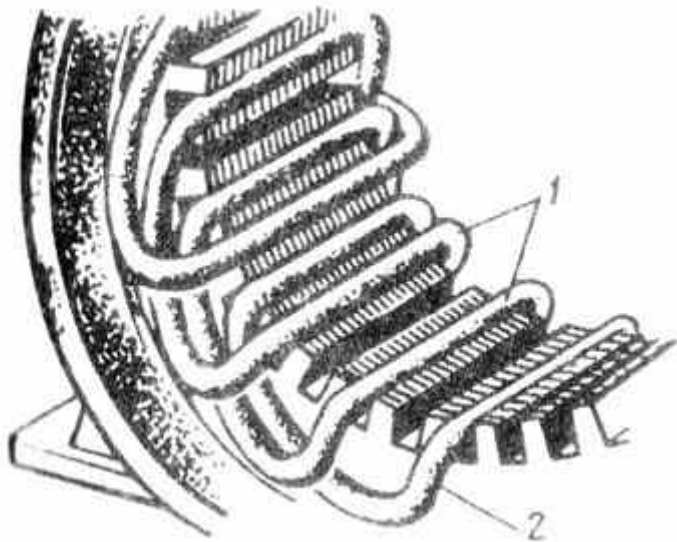


Рис 7.2. Расположение катушек в пазах сердечника статора

полюсного деления (рис. 7.4). Такая обмотка называется сосредоточенной. Каждая катушка здесь представляет собой фазную обмотку.

В соответствии с ГОСТом выводы трехфазных обмоток статора обозначают следующим образом:

Первая фаза.....начало С1 — конец С4

Вторая фаза..... » С2 — » С5

Третья фаза..... » С3 — » С6

Конструкция обмотки статора в значительной мере влияет на свойства машины переменного тока, в первую очередь на ее стоимость, КПД и рабочие характеристики.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Какие требования предъявляются к обмотке статора и чем они обусловлены

2. Из чего состоит статор бесколлекторной машины переменного тока

3. Как обозначаются выводы трехфазных обмоток статора

Сделайте вывод по работе

Литература: Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 14.

Тема: Изучение трехфазной двухслойной обмотки

Цель: 1. Ознакомление с трехфазной двухслойной обмотки

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

3.Краткие теоретические сведения

Обмотки статора машин переменного тока по своей конструкции разделяются на двух- и однослойные. В двухслойной обмотке пазовая сторона катушки занимает половину паза по его высоте, а другую половину этого паза занимает пазовая сторона другой катушки (рис. 8.1, а). В однослойной обмотке статора пазовая сторона любой катушки занимает весь паз (рис. 8.1, б).

Рассмотрим принцип выполнения трехфазной двухслойной обмотки с целым числом пазов на полюс и фазу q_1 равным 2; 3; 4 и т. д. В этом случае обмотка каждой фазы занимает q_1 пазов в пределах каждого полюсного деления. Таким образом, для образования трехфазной обмотки зубцовый слой сердечника статора в пределах каждого полюсного деления следует разделить на три зоны по q_1 пазов в каждой зоне.

Рассмотрим порядок построения развернутой схемы трехфазной двухслойной обмотки статора на примере обмотки, имеющей следующие данные: число фаз $m_1 = 3$, число полюсов $2p = 2$, число пазов в сердечнике статора $Z_1 = 12$, шаг обмотки по пазам диаметральный, т. е. $y_1 = \tau$.

Шаг обмотки $y_1 = Z_1 / (2p) = 12/2 = 6$ пазов; число пазов на полюс и фазу $q_1 = Z_1 / (m_1 2p) = 12 / (3 \cdot 2) = 2$ паза; пазовый угол $\gamma = 360p / Z_1 = 360 \cdot 1/2 = 180$ эл. град. Угол сдвига между осями фазных обмоток составляет 120 эл. град, поэтому сдвиг между началами фазных обмоток А, В и С, выраженный в пазах, $\lambda = 120/\gamma = 120/180 = 2/3$ паза.

На развернутой поверхности статора размечаем пазы ($Z_1 = 12$) и полюсные деления ($2p = 2$), а затем размечаем зоны по $q_1 = 2$ паза для всех фаз (рис. 8.2, а); при этом расстояние

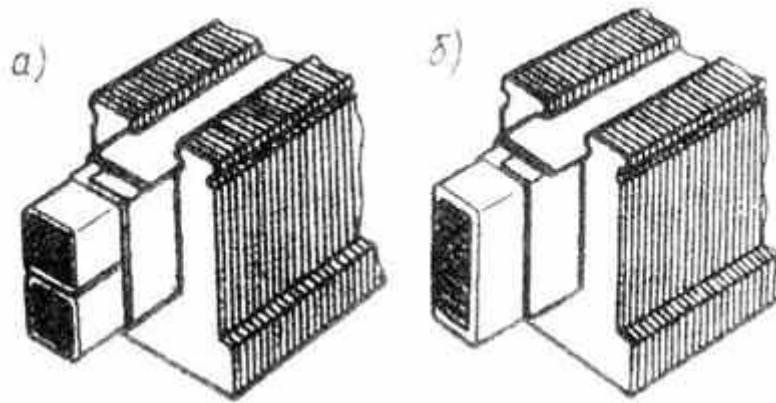


Рис. 8.1. Расположение пазовых сторон двухслойной (а) и однослойной (б) обмоток статора между зоной какой-либо фазы в одном полюсном делении и зоной этой же фазы в другом полюсном делении должно быть равно шагу обмотки $y_1 = 6$ пазов.

Далее отмечаем расстояние между началами фазных обмоток $\lambda = 4$ паза. Изображаем на схеме (рис. 8.2, 5) верхние (сплошные линии) и нижние (пунктирные линии) пазовые стороны катушек фазы А (катушки 1, 2, 7 и 8). Верхнюю сторону катушки 1 (паз 1) лобовой частью соединяем с нижней стороной этой же катушки (паз 7), которую, в свою очередь, присоединяем к верхней стороне катушки 2 (паз 2). Верхнюю сторону катушки 2 (рис. 8.2, б) также лобовой частью соединяем с нижней стороной этой же катушки (паз 8) и получаем первую катушечную группу обмотки фазы А (Н1А— К1А). Аналогично получаем вторую катушечную группу фазы А, состоящую из последовательно соединенных катушек 7 и 8 (Н2А— К2А). Катушечные группы соединяем последовательно встречно, для чего К1А присоединяем к К2А. Присоединив начало первой катушечной группы Н1А к выводу обмотки С1, а начало второй катушечной группы Н2А — к выводу С4, получаем фазную обмотку А.

Приступаем к соединению пазовых сторон катушек фазы В: катушек 5 и 6 (первая катушечная группа) и катушек 11 и 12 (вторая катушечная группа). Прделаем то же самое с катушками фазной обмотки С и соединив катушечные группы этих фазных обмоток, так же как это было сделано в фазной обмотке А, получим фазные обмотки фазы В (С2—С5) и фазы С (С3—С6). В окончательном виде развернутая схема трехфазной обмотки представлена на рис. 8.2, в.

Двухслойные обмотки в электрических машинах переменного тока получили наибольшее распространение. Это объясняется рядом их достоинств, из которых главным является возможность любого укорочения шага обмотки, что дает, в свою очередь, возможность максимально приблизить форму кривой ЭДС к синусоиде (см. § 7.3). Однако двухслойные обмотки не лишены недостатков— это затруднения в применении станочной укладки обмотки, а также трудность ремонта обмотки при повреждении изоляции пазовых проводников нижнего слоя. Катушечной группой

называют ряд последовательно соединенных между собой катушек, которые лежат в соседних пазах и принадлежат одной фазной обмотке. Каждая катушечная группа имеет q_1 последовательно соединенных катушек. Количество катушечных групп в фазной обмотке равно числу полюсов. Общее количество катушечных групп в двухслойной обмотке равно $2p_1$. Катушечные группы каждой фазы обмотки статора могут, быть соединены последовательно или параллельно, что влияет на число параллельных ветвей в обмотке.

На рис. 8.2, б показано последовательное соединение двух катушечных групп фазной обмотки, для чего необходимо нижний конец первой катушечной группы (K1A) соединить с нижним концом второй катушечной группы (K2A), а верхние концы вывести к зажимам

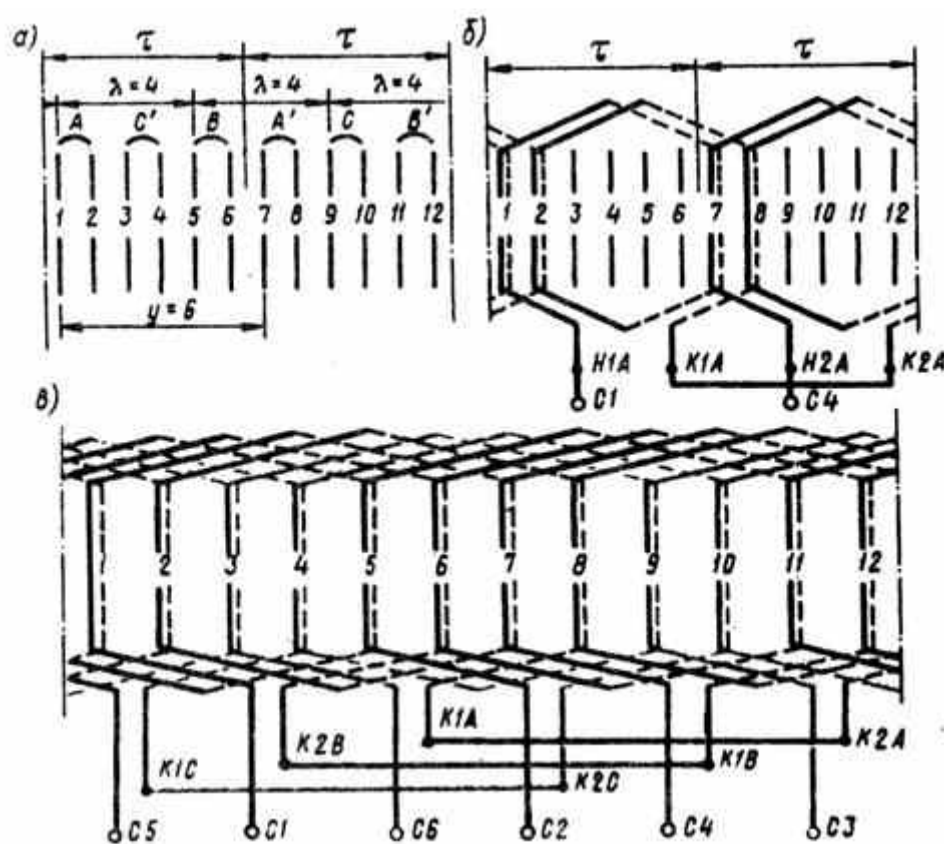


Рис. 8.2. Порядок построения развернутой схемы трехфазной двухслойной обмотки статора: $Z_1 = 12$, $2p = 2$, $y_1 = 6$, $q_1 = 2$

фазной обмотки (C1—C4). При таком соединении катушечных групп ЭДС фазной обмотки представляет собой сумму ЭДС всех катушечных групп.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Опишите порядок построения развернутой схемы трехфазной двухслойной обмотки статора

2. Какие обмотки в электрических машинах переменного тока получили наибольшее распространение и почему

3. Поясните порядок построения развернутой схемы трехфазной двухслойной обмотки статора

Сделайте вывод по работе

Литература: Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 15.

Тема: Изучение однослойной обмотки статора

Цель: 1. Ознакомление с однослойной обмоткой статора работой

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

3.Краткие теоретические сведения

Трехфазная обмотка. В однослойных обмотках каждая сторона катушки полностью заполняет паз сердечника статора (см. рис. 8.1, б). При этом число катушечных групп в каждой фазе равно числу пар полюсов, так что общее число катушечных групп в однослойной обмотке равно pm_1 .

Однослойные обмотки статоров разделяют на концентрические и шаблонные. В концентрической обмотке катушки каждой катушечной группы имеют разную ширину и располагаются концентрически. Шаги обмотки у катушек, входящих в катушечную группу, неодинаковы, но их среднее значение $y_{1cp} = Z_1 / (2p)$.

Так, для трехфазной однослойной концентрической обмотки с $Z_1 = 24$; $2p = 4$ имеем $y_{1cp} = 24/4 = 6$ пазов; $q_1 = Z_1 / (2pm_1) = 24 / (4 \cdot 3) = 2$. Следовательно, катушечная группа каждой фазной обмотки состоит из двух расположенных концентрически катушек. Шаги этих катушек: $y_{11} = 7$ и $y_{12} = 5$. Развернутая схема этой обмотки ($2p = 4$; $Z_1 = 24$; $q_1 = 2$; $y_{1cp} = 6$) представлена на рис. 8.6, а.

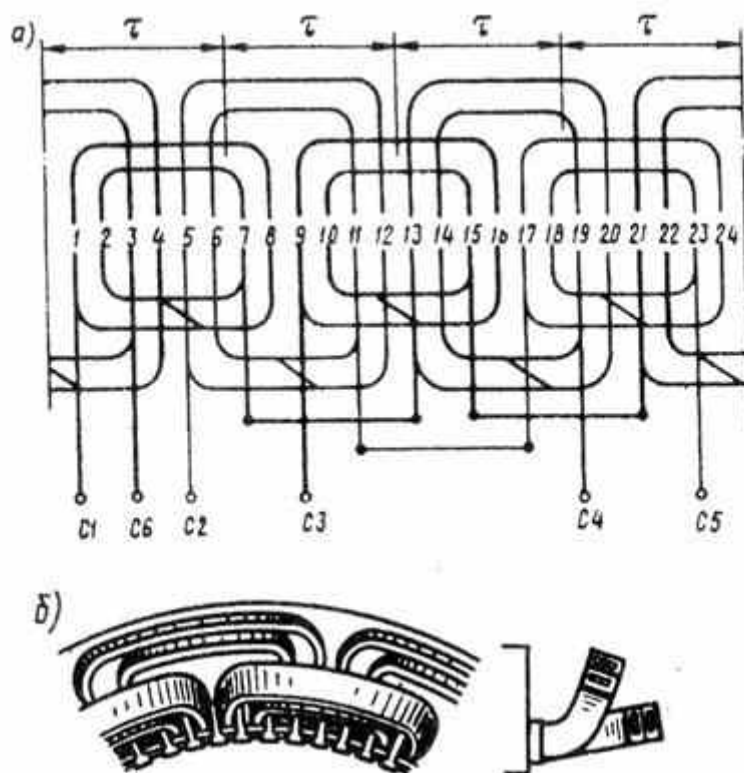


Рис. 8.6. Трехфазная однослойная обмотка статора
 с расположением лобовых частей в двух плоскостях:
 а — развернутая схема; б — расположение лобовых частей

Рассмотренную однослойную обмотку называют двухплоскостной, так как лобовые части катушек этой обмотки имеют разный вылет и располагаются в двух плоскостях (рис. 8.6, б). Такая конструкция обмотки позволяет избежать пересечения лобовых частей катушек, принадлежащих разным фазам. При нечетном числе пар полюсов число групп лобовых частей будет также нечетным. В этом случае одну катушечную группу приходится делать переходного размера с двоякоизогнутой лобовой частью. Применение различных по размеру катушек, образующих катушечные группы, ведет к тому, что катушечные группы concentрических обмоток имеют разные электрические сопротивления. Это следует учитывать при определении размеров катушек катушечных групп, образующих фазную обмотку. Необходимо, чтобы все фазные обмотки имели одинаковое сопротивление, для чего они должны содержать одинаковое число различных по размерам катушечных групп. Основное достоинство однослойных concentрических обмоток — возможность применения станочной укладки. Этим объясняется широкое применение этого типа обмотки статора в асинхронных двигателях мощностью до 18 кВт, производство которых обычно имеет массовый характер. Недостаток concentрических обмоток — наличие катушек различных размеров, что несколько усложняет ручное изготовление обмотки. Этот недостаток отсутствует в шаблонных

однослойных обмотках, так как их катушки имеют одинаковые размеры и могут изготавливаться на общем шаблоне. Кроме того, все катушки таких обмоток имеют одинаковые сопротивления, а лобовые части получаются короче, чем в концентрических обмотках, что уменьшает расход меди. Основным недостатком всех типов однослойных обмоток является невозможность применения в них катушек с укороченным шагом, что необходимо для улучшения рабочих свойств машин переменного тока (см. § 7.2).

Однофазная обмотка. Эту обмотку статора выполняют аналогично одной фазе трехфазной обмотки, с той лишь разницей, что катушки этой обмотки занимают $2/3$ пазов сердечника статора. Такая конструкция обмотки делает ее наиболее экономичной, так как заполнение

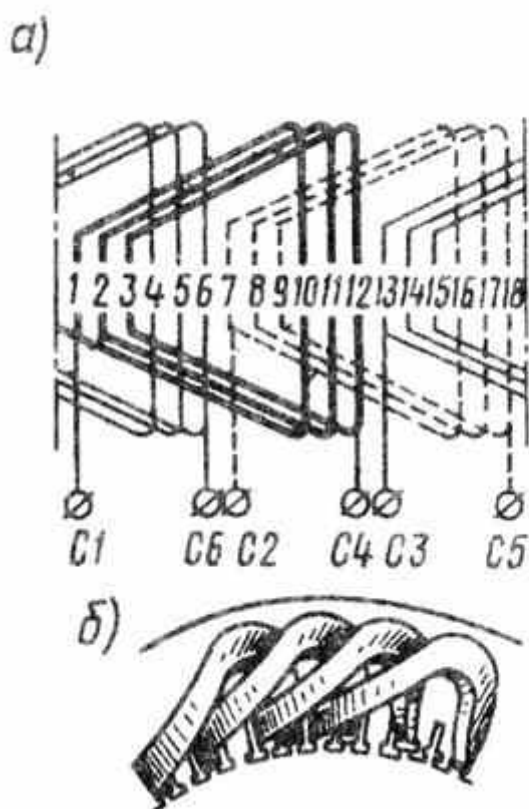


Рис 8.7. Трехфазная однослойная шаблонная обмотка статора

оставшихся $1/3$ пазов статора увеличило бы расход меди на изготовление обмотки в 1,5 раза, т. е. на 50 %, а ЭДС обмотки возросла бы лишь на 15%.

Для однофазной обмотки ($m_1 = 1$), занимающей $2/3$ пазов на статоре, формула коэффициента распределения (см. § 7.3) имеет вид

$$k_{pv} = \frac{\sin(60^\circ v)}{q_1 \sin(60^\circ v / q_1)} \quad (8.3)$$

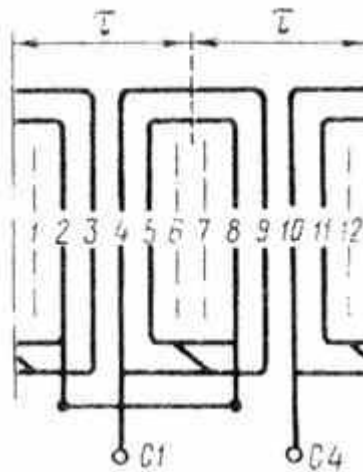


Рис. 8.8. Однофазная однослойная обмотка статора: $2p = 2$; $Z_1 = 12$; $q_1 = 4$

Для третьей гармоники ЭДС ($v = 3$) числитель выражения (8.3) $\sin 60^\circ v = \sin 180^\circ = 0$. Из этого следует, что в однофазной обмотке, занимающей $2/3$ пазов на статоре, отсутствует третья гармоника ЭДС. На рис. 8.8 показана схема однофазной однослойной обмотки.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Чему равно число катушечных групп в каждой фазе
2. Какое основное достоинство однослойных concentрических обмоток
3. На сколько смещены в пространстве относительно друг друга обмотки однополюсной машины переменного тока.

Сделайте вывод по работе

Литература: Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Разработал преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 16.

Тема: Изучение изоляции обмотки статора

Цель: 1. Ознакомление с изоляцией обмотки статора

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

3.Краткие теоретические сведения

Обмотки электрической машины в зависимости от ее мощности, номинального напряжения и условий, для работы в которых она предназначена, могут быть выполнены из круглого или прямоугольного обмоточного провода. Это определяет также форму пазов магнитопровода машины и конструкцию самих обмоток и изоляции.

Обмотки из круглого провода. В машинах с номинальным напряжением до 660 В и мощностью до 100 кВт обмотки выполняют из круглого обмоточного провода и укладывают в трапециевидные полузакрытые пазы. При ручной укладке обмотки проводники предварительно намотанных заготовок катушек укладывают в полузакрытые пазы магнитопровода, поочередно пропуская их через шлиц паза, — "всыпают". Поэтому обмотку такого типа часто называют всыпной.

При машинной укладке в зависимости от типа обмоточных станков каждый из витков обмотки либо укладывают непосредственно в паз без предварительной намотки заготовок, либо наматывают заготовки нескольких катушек, а затем втягивают их с торца магнитопровода в нужные пазы. Эти операции осуществляют на автоматических или полуавтоматических обмоточных станках.

Наибольший диаметр провода, применяемый для всыпных обмоток, не превышает 1,8 мм, так как провода большего диаметра имеют слишком большую жесткость и плохо уплотняются в пазах во время укладки. Нужно сечение эффективного проводника обеспечивается выполнением обмотки из нескольких элементарных проводников.

При проектировании машин для уменьшения необходимого числа элементарных проводников выбирают обмотку с несколькими параллельными ветвями.

Примеры конструкции изоляции обмотки из круглого провода приведены в табл. 4.3 Пазовая часть обмотки изолирована коробами из пленкослюдопласта или из двух слоев различных материалов, например пленкосинтокартона и электронита. В двухслойных обмотках между верхним и нижним слоями устанавливают изоляционную прокладку, имеющую несколько большую ширину, чем паз. Отогнутые вниз края прокладки предохраняют от возможного проскальзывания проводников одного слоя в другой.

На дно пазов большинства машин с двухслойной обмоткой устанавливают прокладки с целью предохранить материал пазовых коробов от возможных повреждений при уплотнении проводников во время укладки о неровности дна паза, которые возникают из-за технологических допусков при штамповке и шихтовке сердечников.



Проводники обмотки закрепляют в пазах клиньями из текстолита. Под клин устанавливают прокладки из механически прочного изоляционного материала, препятствующие повреждению краев пазового короба при заклинивании пазов. Вместо клиньев обмотка может быть закреплена пазовыми крышками (табл.4.3), которые изготавливают также из механически прочного изоляционного материала. Пазовые крышки устанавливают на обмоточных станках одновременно с втягиванием катушек при механической раздельной намотке или на станках для заклиновки после намотки совмещенным методом. После пропитки обмотки лаком пазовые крышки приобретают достаточную прочность и жесткость для надежного закрепления проводников и в то же время занимают меньший объем паза по сравнению с клиньями, что способствует лучшему заполнению его проводниками обмотки. При укладке сыпной обмотки круглые проводники не имеют заранее определенного места в пазу и размещаются в нем произвольно. Поэтому в обмотке специальная витковая изоляция отсутствует. Ее функцию выполняет изоляция обмоточного провода, т.е. проводниковая изоляция. Обмотку из круглого провода применяют в машинах небольшой мощности, имеющих малые габариты и большое число витков, напряжение между витками обмотки которых, как правило, не превышает нескольких вольт. Электрической прочности проводниковой изоляции в таких обмотках оказывается достаточно для обеспечения надежной работы машины.

Междуфазовой изоляцией в пазовой части двухслойных обмоток являются прокладки между слоями. Лобовые части обмотки не имеют корпусной изоляции, а междуфазовая изоляция устанавливается между катушечными группами в виде фигурных прокладок, вырезанных из листового материала по форме лобовых частей уложенной и отформованной обмотки.

Таблица 4.3

Изоляция обмоток статоров асинхронных двигателей с высотой оси вращения до 250 мм на напряжение до 660 В

Рисунки	Тип обмотки	Высота оси вращения, мм h	Позиция на рис.	Наименование	Толщина материала, мм	Число слоев	Двусторонняя толщина, мм
				материала изоляции Класс нагревостойкости			
				В	Ф		

	дно- слой- ная	50 –80	Изофл екс	И мидо- флекс	,2 0,3	,2 0, 3
90 –132		Из офлекс	мидо- флекс	0,25 0,35	,25 0,35	
		Из офлекс	мидо- флекс	0,4 0,5	,4 0,5	
	вух- слой- ная	18 0–250	Изофлекс	Имидо- флекс	,4 0,4 0,5	,4 0, 4 0, 5

Примечание. Междупазовые прокладки в лобовых частях обмотки выполняются из материала, указанного для поз. 1 рисунков.

Конструкция изоляции обмоток из круглого провода не обеспечивает необходимой электрической прочности при номинальных напряжениях выше 660 В, а малая механическая прочность катушек, особенно их лобовых частей, не позволяет применять круглый провод для обмоток машин мощностью более 100 кВт, так как в переходных процессах (при пуске, реверсе и т.п.) броски тока в машинах вызывают большие ударные нагрузки на обмотку. Поэтому обмотку из круглого провода и применяют в машинах мощностью менее 100 кВт при номинальном напряжении не выше 660 В.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Обмотку какого типа часто называют всыпной.
2. Что называется шагом обмотки по пазам
3. Что является междупазовой изоляцией в пазовой части двухслойных обмоток между слоями

Сделайте вывод по работе

Литература: Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Практическое занятие 17.

Тема: Изучение устройства асинхронных двигателей

Цель: 1. Ознакомление с устройством асинхронных двигателей

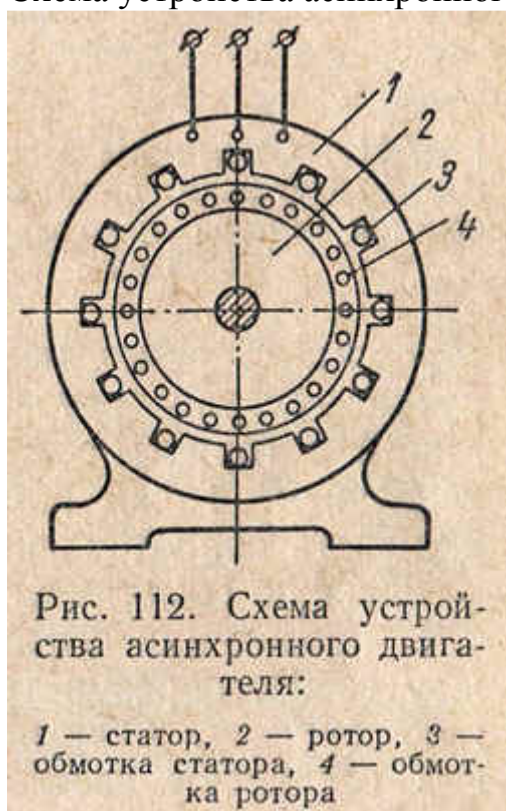
2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

3.Краткие теоретические сведения

Схема устройства асинхронного двигателя показана на рис. 112.



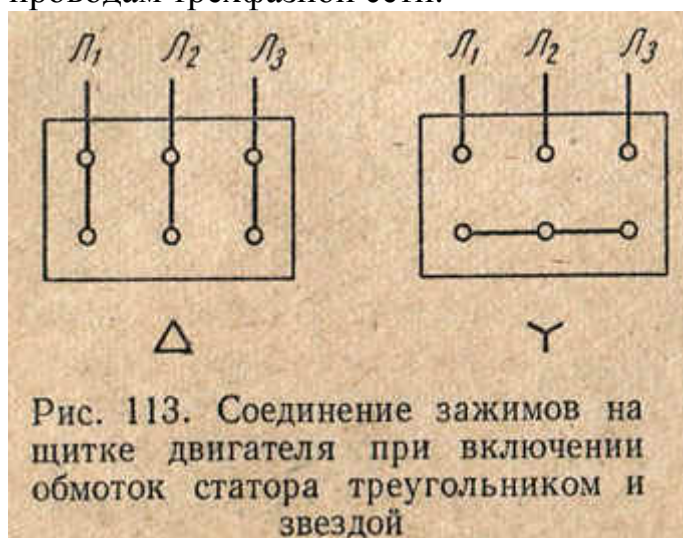
Сердечник статора набирается из стальных пластин толщиной 0,35 или 0,5 мм. Пластины штампуют, делая в них впадины (пазы), и изолируют друг от друга лаком, окалиной или тонкой бумагой для уменьшения потерь на вихревые токи. Пластины собирают в отдельные пакеты и крепят в станине двигателя. К станине прикрепляют также боковые щиты с помещенными на них подшипниками, на которые опирается вал ротора. Станина устанавливается на фундаменте.

В продольных пазах статора укладывают проводники его обмотки, которые соответствующим образом соединены между собой, образуя трехфазную систему. На щитке машины имеется шесть зажимов, к которым присоединяются начала и концы обмоток каждой фазы. Для подключения обмоток статора к трехфазной сети они могут быть соединены звездой или треугольником, что дает возможность включать двигатель в сеть с двумя

различными линейными напряжениями. Например, двигатель может работать от сети с напряжением 220 и 127 в или 380 и 220 в. На щитке машины указаны оба напряжения сети, на которые рассчитан двигатель, т. е. 220/127 в или 380/220 в.

Для более низких напряжений, указанных на щитке, обмотки статора соединяют треугольником, для более высоких — звездой.

Для включения обмоток статора в сеть треугольником на щитке машины верхние зажимы соединяют перемычками с нижними (рис. 113), а каждую пару соединенных вместе зажимов подключают к линейным проводам трехфазной сети. Для включения в сеть звездой три нижних зажима на щитке соединяют перемычками в общую точку, а верхние подключают к линейным проводам трехфазной сети.



Сердечник ротора также набирают из стальных пластин толщиной 0,5 мм, изолированных лаком или тонкой бумагой для уменьшения потерь на вихревые токи. Пластины штампуют с впадинами и собирают в пакеты, которые крепят на валу машины, образуя цилиндр с продольными пазами. В пазах укладывают проводники обмотки ротора.

В зависимости от типа этой обмотки асинхронные машины могут быть с фазным и короткозамкнутым ротором.

Короткозамкнутую обмотку ротора выполняют по типу беличьего колеса (рис. 114). В пазах ротора укладывают массивные стержни, соединенные на торцовых сторонах медными кольцами. Часто короткозамкнутую обмотку ротора изготавливают из алюминия. Алюминий в горячем состоянии заливают в пазы ротора под давлением. Такая обмотка всегда замкнута накоротко и включать сопротивление в нее невозможно.



Рис. 114. Короткозамкнутая обмотка ротора асинхронного двигателя

Фазную обмотку ротора выполняют подобно статорной, т. е. проводники соответствующим образом соединяют между собой, образуя трехфазную систему. Обмотки трех фаз соединяют звездой. Начала обмоток ротора подключены к трем контактными медными кольцам, укрепленным на валу ротора. Кольца изолированы одно от другого и от вала и вращаются вместе с ротором. При вращении колец по поверхности их скользят угольные или медные щетки, неподвижно укрепленные над кольцами. Обмотка ротора может быть замкнута на какое-либо сопротивление или накоротко при помощи указанных выше щеток.

Двигатели с короткозамкнутым ротором проще и надежнее в эксплуатации, значительно дешевле, чем двигатели с фазным ротором. Однако двигатели с фазным ротором обладают лучшими пусковыми и регулировочными свойствами. В настоящее время асинхронные двигатели выполняют преимущественно с короткозамкнутым ротором и лишь при больших мощностях и в специальных случаях используется фазная обмотка ротора. В СССР производятся асинхронные двигатели мощностью от нескольких десятков ватт до 15 000 *квт* при напряжении обмотки статора до 6 *кв*.

Наряду с важными положительными качествами — простотой конструкции и обслуживания, малой стоимостью — асинхронный двигатель имеет некоторые недостатки, из которых наиболее существенным является относительно низкий коэффициент мощности ($\cos \varphi$). У асинхронного двигателя $\cos \varphi$ при полной нагрузке может достигать значений 0,85 — 0,9; при недогрузках двигателя он резко уменьшается и при холостом ходе составляет 0,2 — 0,3. Низкий коэффициент мощности асинхронного двигателя объясняется большим потреблением реактивной мощности, которая необходима для возбуждения магнитного поля. Магнитный поток в асинхронном двигателе встречает на своем пути воздушный зазор между статором и ротором, который в большой степени увеличивает магнитное сопротивление, а следовательно, вызывает возрастание намагничивающего тока, необходимого для преодоления этого сопротивления. Намагничивающему току пропорциональна потребляемая двигателем реактивная мощность.

Для повышения коэффициента мощности асинхронных двигателей воздушный зазор стремятся делать возможно меньшим, доводя его у малых двигателей (порядка 2 — 5 кВт) до 0,3 мм.

В двигателях большой мощности воздушный зазор приходится увеличивать по конструктивным соображениям, но все же он не превышает 2 — 2,5 мм.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Чем изолируют друг от друга стальные пластины сердечника ротора и с какой целью
2. Как выполнена короткозамкнутая обмотка ротора
3. Достоинства и преимущества двигателей с фазным ротором и короткозамкнутым

Сделайте вывод по работе

Литература: Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия», 2011. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 18.

Тема: Изучение характеристик двигателей и рабочих механизмов

Цель: 1. Ознакомление с характеристиками двигателей и рабочих механизмов

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

3. Краткие теоретические сведения

Механической характеристикой механизма называют зависимость между угловой скоростью и моментом сопротивления механизма, приведенными к валу двигателя) $\omega = f(M_c)$.

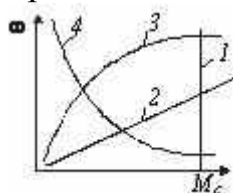


Рис. 1. Механические характеристики механизмов

Среди всего многообразия выделяют несколько характерных типов механических характеристик механизмов:

1. Характеристика с моментом сопротивления, не зависящим от скорости (прямая 1 на рис. 1). Независимая от скорости механическая характеристика графически изображается прямой, параллельной оси вращения, в данном случае вертикалью. Такой характеристикой обладают, например, подъемные краны, лебедки, поршневые насосы при неизменной высоте подачи и др.
2. Характеристика с моментом сопротивления линейно зависящим от скорости (прямая 2 на рис. 1). Такая зависимость присуща, например, приводу генератора постоянного тока с независимым возбуждением, работающему на постоянную нагрузку.
3. Характеристика с нелинейным возрастанием момента (кривая 3 на рис. 1). Типичными примерами могут служить характеристики вентиляторов, центробежных насосов, гребных винтов. Для этих механизмов момент M_c зависит от квадрата угловой скорости ω . Это т.н. параболическая (вентиляторная) механическая характеристика.
4. Характеристика с нелинейно спадающим моментом сопротивления (кривая 4 на рис. 1). Здесь момент сопротивления обратно пропорционален скорости вращения. Мощность в этом случае остается постоянной на всем диапазоне рабочей скорости механизма. Например, у механизмов главного движения некоторых металлорежущих станков (токарных, фрезерных, расточных) момент M_c изменяется обратно пропорционально ω , а мощность потребляемая механизмом, остается постоянной.

Механической характеристикой электродвигателя называется зависимость его угловой скорости от вращающего момента $\omega_d = f(M)$. Здесь следует иметь в виду, что момент M на валу двигателя независимо от направления вращения имеет положительный знак - момент движущий. Вместе с тем момент сопротивления M_c имеет знак отрицательный. В качестве примеров на рис. 2 приведены механические характеристики: 1 - синхронного двигателя; 2 - двигателя постоянного тока независимого возбуждения; 3 - двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.

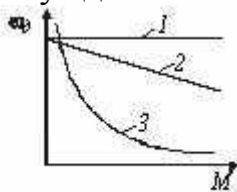


Рис. 2. Механические характеристики электродвигателей

Для оценки свойств механических характеристик электропривода используют понятие жесткости характеристики. Жесткость механической характеристики определяется по выражению

$$\beta = dM / d\omega$$

где dM - изменение момента двигателя; $d\omega$ - соответствующее изменение угловой скорости.

Для линейных характеристик значение β остается постоянным, для нелинейных - зависит от рабочей точки.

Используя это понятие, характеристики, приведенные на рис. 2, можно качественно оценить так: 1 – абсолютно жесткая ($\beta = \infty$); 2 – жесткая; 3 – мягкая.

Абсолютно жесткая характеристика - скорость вращения двигателя остается неизменной при изменении нагрузки двигателя в пределах от нуля для номинальной. Такой характеристикой обладают синхронные двигатели.

Жесткая характеристика - скорость вращения меняется незначительно при изменении нагрузки от нуля до номинальной. Такой характеристикой обладает двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением, а также асинхронный двигатель в области линейной части характеристики.

Жесткой характеристикой принято считать такую, у которой изменение скорости не превышает приблизительно 10% номинальной скорости при изменении нагрузки от нуля до номинальной.

Мягкая характеристика - скорость вращения двигателя меняется значительно при сравнительно небольших изменениях нагрузки. Такой характеристикой обладает двигатель постоянного тока с последовательным, смешанным или с параллельным возбуждением, но с добавочным сопротивлением в цепи якоря, а также асинхронный с сопротивлением в цепи ротора.

Для большинства производственных механизмов используют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, имеющие жесткую механическую характеристику.

Все механические характеристики электродвигателей делятся на естественные и искусственные.

Естественная механическая характеристика относится к условиям работы двигателя с номинальными значениями параметров.

Например, для двигателя с параллельным возбуждением естественная характеристика может быть построена для случая, когда напряжение на якоре и ток возбуждения имеют номинальные значения, а в цепи якоря отсутствует добавочное сопротивление.

Естественная характеристика асинхронного двигателя соответствует номинальному напряжению и номинальной частоте переменного тока, подводимого к статору двигателя при условии отсутствия добавочного сопротивления в цепи ротора.

Таким образом, для каждого двигателя естественная характеристика может быть построена только одна, а искусственных - неограниченное количество.

Например, каждому новому значению сопротивления якоря двигателя постоянного тока или в цепи ротора асинхронного двигателя отвечает своя механическая характеристика.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Что называют механической характеристикой механизма
2. Что называют механической характеристикой электродвигателя
3. Что называют естественной механической характеристикой электродвигателя

Сделайте вывод по работе

Литература: Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия», 2011. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое занятие 19

Тема: Автоматическое управление электроприводами с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором

Цель: 1) Изучение автоматического управления электроприводами с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором

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

Управление приводами включает в себя пуск электродвигателя в работу, регулирование скорости вращения, изменение направления вращения, торможение и останов электродвигателя. Для управления приводами применяются электрические коммутационные аппараты, такие как автоматические и неавтоматические выключатели, контакторы и магнитные пускатели. Для защиты электродвигателей от ненормальных режимов (перегрузок и коротких замыканий) применяются автоматические выключатели, предохранители и тепловые реле.

Управление электродвигателями с короткозамкнутым ротором. На рис. 2.8 приведена схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с помощью магнитного пускателя.

Рис. 2.8. Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью магнитного пускателя: Q – выключатель; F – предохранитель;

KM – магнитный пускатель, KK1, KK2 – тепловое реле; SBC – кнопочный выключатель включения двигателя; SBT – кнопочный выключатель отключения двигателя

Магнитные пускатели широко применяются для двигателей мощностью до 100 кВт. Они применяются в продолжительном

и повторнократковременном режиме работы привода. Магнитный пускатель позволяет осуществлять дистанционный пуск. Для включения электродвигателя М первым включается выключатель Q. Пуск двигателя в работу осуществляется включением кнопочного выключателя SBC. Катушка (электромагнит включения) магнитного пускателя КМ получает питание от сети и замыкает контакты КМ в главной цепи и в цепи управления. Вспомогательный контакт КМ в цепи управления шунтирует кнопочный выключатель SBC и обеспечивает продолжительную работу привода после снятия нагрузки нажатия с кнопочного выключателя. Для защиты электродвигателя от перегрузки в магнитном пускателе имеются тепловые реле КК1 и КК2, включаемые в две фазы электродвигателя. Вспомогательные контакты этих реле включаются в цепь питания катушки КМ магнитного пускателя. Для защиты от коротких замыканий в каждой фазе главной цепи электродвигателя устанавливаются предохранители F. Предохранители могут устанавливаться и в цепи управления. В реальных схемах неавтоматический выключатель Q и предохранители F могут быть заменены автоматическим выключателем. Отключение электродвигателя осуществляется нажатием на кнопочный выключатель SBT.

Простейшая схема управления электродвигателем может иметь только неавтоматический выключатель Q и предохранители F или автоматический выключатель.

Во многих случаях при управлении электроприводом необходимо изменять направление вращения электродвигателя. Для этого применяются реверсивные магнитные пускатели.

На рис. 2.9 приведена схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя. Для включения электродвигателя М должен быть включен выключатель Q. Включение электродвигателя для одного направления, условно «Вперед», производится нажатием кнопочного выключателя SBC1 в цепи питания катушки КМ1 магнитного пускателя. При этом катушка (электромагнит включения) магнитного пускателя КМ1 получает питание от сети и замыкает контакты КМ1 в главной цепи и в цепи управления. Вспомогательный контакт КМ1 в цепи управления шунтирует кнопочный выключатель SBC1 и обеспечивает продолжительную работу привода после снятия нагрузки нажатия с кнопочного выключателя.

Рис. 2.9. Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя: Q – выключатель; F – предохранитель; КМ1, КМ2 – магнитный пускатель, КК1, КК2 – тепловое реле; SBC1, SBC2 – кнопочный выключатель включения двигателя; SBT – кнопочный выключатель отключения двигателя. Для пуска электродвигателя в противоположном направлении, условно

«Назад», необходимо нажать кнопочный выключатель SBC2. Кнопочные выключатели SBC1 и SBC2 имеют электрическую блокировку, исключающую возможность одновременного включения катушек KM1 и KM2. Для этого в цепь катушки KM1 включается вспомогательный контакт пускателя KM2, а в цепь катушки KM2 – вспомогательный контакт KM1. Для отключения электродвигателя от сети при его вращении в любом направлении необходимо нажать на кнопочный выключатель SBT. При этом цепь любой катушки и KM1 и KM2 разрывается, их контакты в главной цепи электродвигателя размыкаются, и электродвигатель останавливается. Схема реверсивного включения может в обоснованных случаях применяться для торможения двигателя противовключением.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что включает в себя управление приводами
- 2) Что применяется для защиты электродвигателей от ненормальных режимов (перегрузок и коротких замыканий)
- 3) Какая схема реверсивного включения может в обоснованных случаях применяться для торможения двигателя

6 Список литературы

- 1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 20

Тема: Автоматическое управление электроприводами с асинхронными двигателями с фазным ротором

Цель: 1) Изучение автоматического управления электроприводами с асинхронными двигателями с фазным ротором

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

Схема включает АД с фазным ротором, типовую панель управления серии ПДУ6220, пускорегулирующие реостаты Rd1, Rd2, реостат динамического торможения Rdm, а также командоаппарат SA (рис. 17.13).

Схема обеспечивает пуск АД в две ступени в функции независимой выдержки времени, автоматическое динамическое

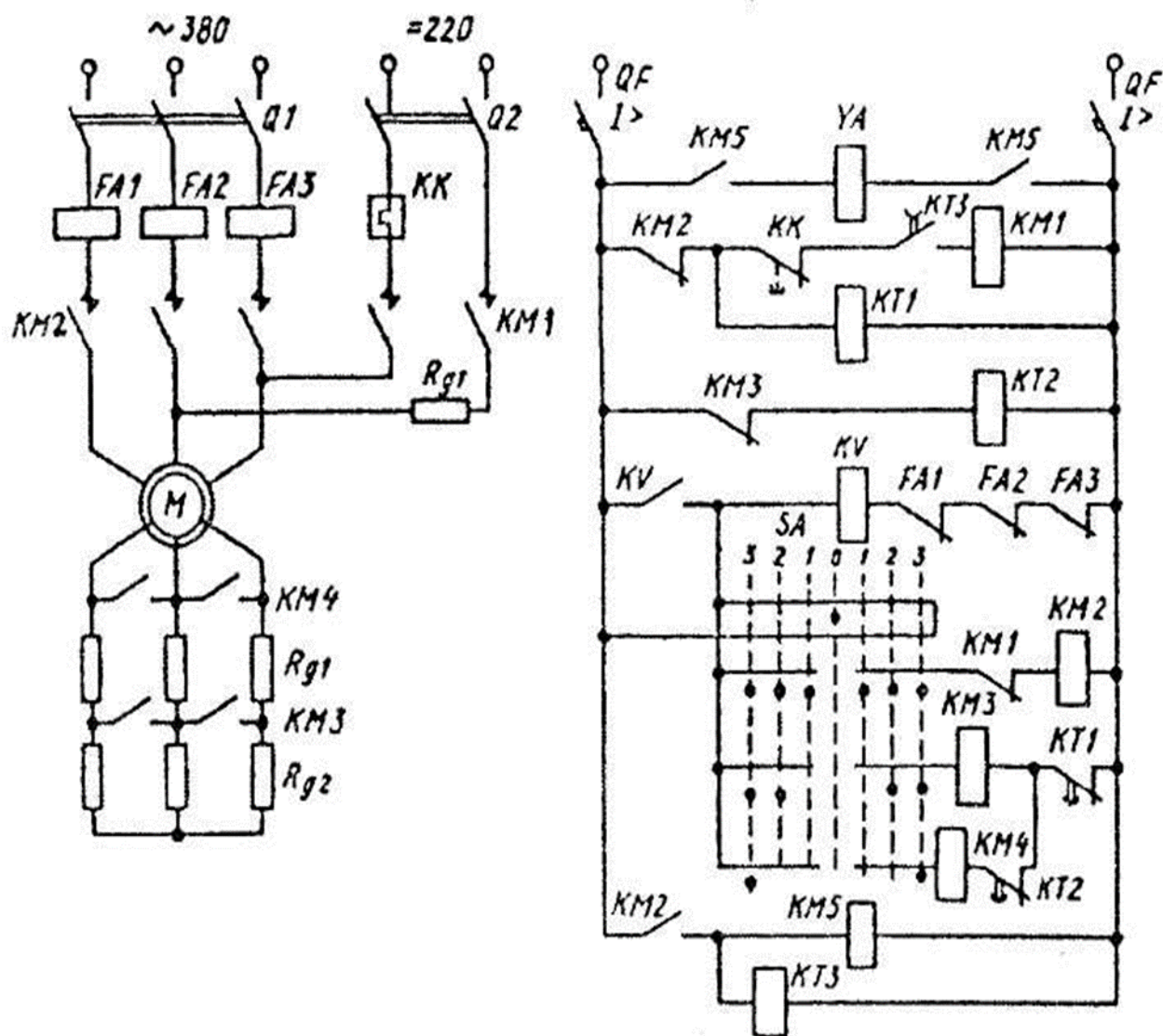


Рис. 17.13. Схема управления АД с фазным ротором

торможение, максимальную защиту АД (реле тока FA1—FA3), защиту от самозапуска.

Командоаппарат SA, имеющий нейтральное положение О и три равнозначных положения влево и вправо (1, 2, 3), позволяет выбрать режимы работы. В нейтральной позиции О реле KV включено и обеспечивает готовность ЭП к пуску. При переводе SA в любое положение 1, 2, 3, включается линейный контактор KM2, и на статор М подается напряжение. Одновременно включается KM5, включающий катушку YA тормозного электромагнита, который растормаживает вал АД. Получает питание реле времени KT3, обеспечивающее выдержку времени при динамическом торможении.

Автоматический пуск в функции времени при переводе SA, например, в положение 3 происходит благодаря последовательному шунтированию пусковых ступеней контакторами KM3 и KM4. Выдержки времени на их включение обеспечиваются реле времени KT1 и KT2.

Автоматическое динамическое торможение обеспечивается при переводе рукоятки SA в положение 0. При этом KM2 и KM5 отключаются, KM1 включается, и на статор подается постоянное напряжение. По истечении выдержки времени торможения реле KT3 отключается и отключает контактор KM1. Одновременно катушка тормозного электромагнита YA теряет питание, осуществляется механическое торможение.

Асинхронный ЭП с тиристорным регулятором напряжения

На рис. 17.14 представлена типовая схема замкнутой (имеющей обратные связи) системы автоматического регулирования (САР) скорости вращения и тока АД крановых ЭП.

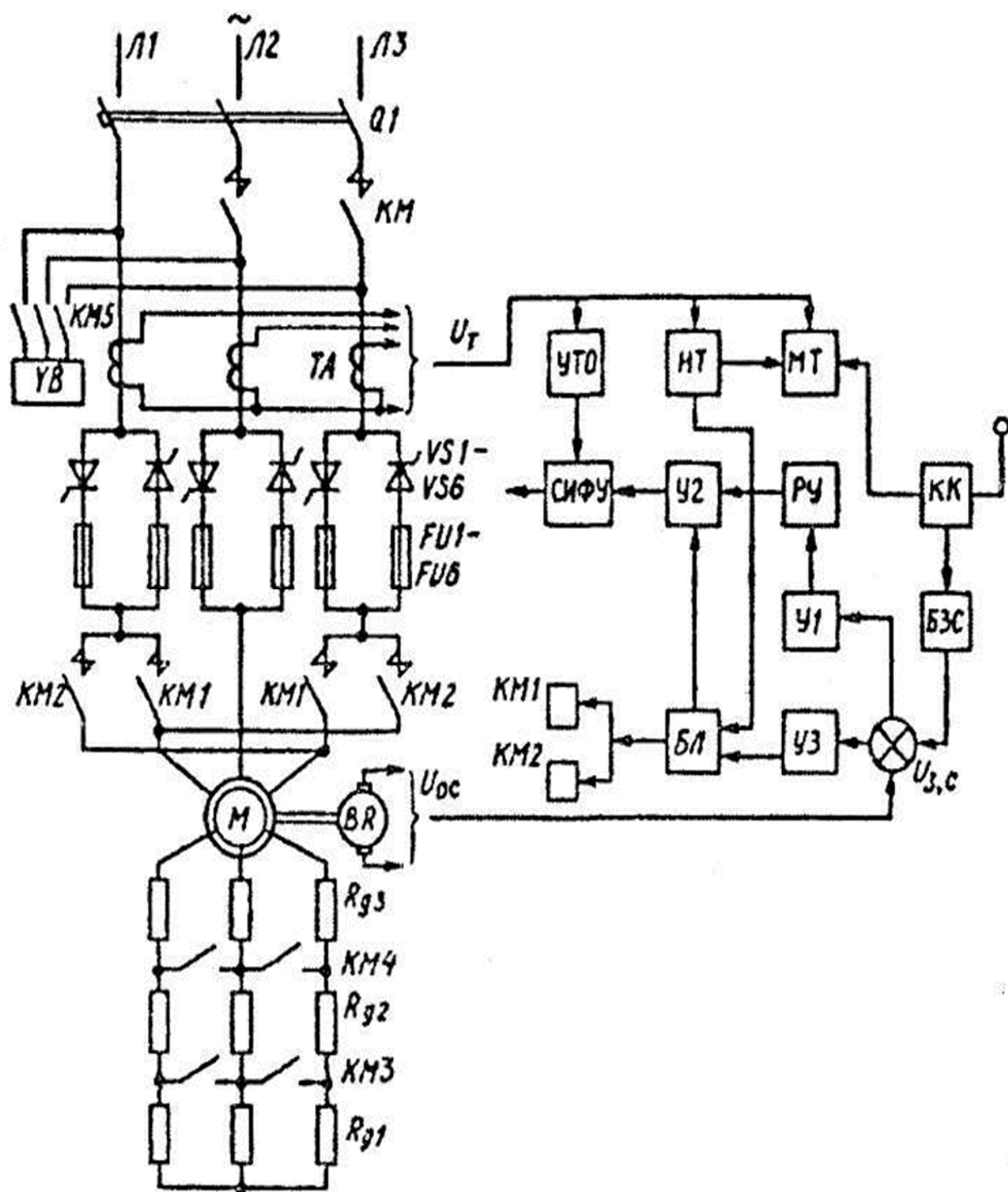


Рис. 17.14. Типовая САР с АЭД и тиристорным регулятором напряжения ЭП включает АД с подключенными к цепи ротора пускорегулирующими сопротивлениями, тиристорный регулятор напряжения типа РСТ на тиристорах VS1—VS6, систему импульсно-фазового управления (СИФУ) ими и цепи обратных связей.

Реверсирование АД осуществляется контакторами КМ1, КМ2, а вал двигателя тормозится и фиксируется посредством тормозного электромагнита УВ. Расширение диапазона регулирования достигается

применением пускорегулирующих со-противлений, коммутируемых контакторами КМ3 и КМ4.

Замкнутая САР с тиристорным регулятором напряжения АД имеет обратные связи (ОС) по скорости (тахогенератор ВР) и по току (трансформаторы тока ТА и блоки токоограничения УТО, блок нелинейности по току НТ, блок защиты по току МТ). Первая обеспечивает стабилизацию скорости — высокую жесткость характеристик во всем диа-пазоне регулирования, вторая — ограничение тока в пределах до 1,5 номинального.

Напряжение управления с командоконтроллера КК подается на блок задания скорости БЗС. С него задающее напряжение, соответствующее заданному значению скорости АД, подается на узел сравнения, куда поступает также напряжение ОС по скорости. Результирующее напряжение управления подается на вход усилителей У1, РУ, У2. От напряжения У2 зависит фаза импульсов СИФУ, подаваемых на управляющие электроды тиристоров, и, следовательно, величина напряжения РСТ, по-даваемого на АД.

Сигнал с блока логики поступает также на контакторы КМ1, либо КМ2, определяя направление вращения АД.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие функции обеспечивает данная схема пуска асинхронного двигателя с фазным ротором
- 2) Чем обеспечивается автоматическое динамическое торможение
- 3) Чем достигается расширение диапазона регулирования скорости

6 Список литературы

- 1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 21

Тема: Возможные режимы работы электроприводов

Цель: 1) Изучение возможных режимов работы электроприводов

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

Возможные режимы работы электроприводов отличаются огромным многообразием по характеру и длительности циклов, значениям нагрузок, условиям охлаждения, соотношения потерь в период пуска и

установившегося движения и т.п., поэтому изготовление электродвигателей для каждого из возможных режимов работы электропривода не имеет практического смысла.

На основании анализа реальных режимов выделен специальный класс режимов - номинальные режимы, для которых проектируются и изготавливаются серийные двигатели.

Данные, содержащиеся в паспорте электрической машины, относятся к определенному номинальному режиму и называются номинальными данными электрической машины. Заводы-изготовители гарантируют при работе электродвигателя в номинальном режиме при номинальной нагрузке полное использование его в тепловом отношении.

Различают следующие режимы работы двигателей под нагрузкой в зависимости от ее длительности: продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный.

При продолжительном режиме двигатель работает без перерыва, причем рабочий период настолько велик, что нагрев двигателя достигает установившейся температуры.

Продолжительная нагрузка может быть постоянной или изменяющейся. В первом случае температура не изменяется, во втором — изменяется вместе с изменением нагрузки. С малоизменяющейся нагрузкой в этом режиме работают двигатели конвейеров, лесопильных рам и др., с переменной продолжительной нагрузкой работают двигатели различных металлообрабатывающих и деревообрабатывающих станков.

При кратковременном режиме двигатель не успевает нагреться до установившейся температуры, а в течение паузы охлаждается до температуры окружающей среды. Продолжительность кратковременной работы ГОСТ на электрические машины устанавливает равной 10, 30, 60 и 90 мин.

При повторно-кратковременном режиме двигатель за период работы не успевает нагреться до установившейся температуры, а за время паузы — охладиться до температуры окружающей среды. В этом режиме двигатель действует с непрерывно чередующимися периодами работы под нагрузкой и холостую, или паузами.

При повторно-кратковременном режиме двигатель за период работы не успевает нагреться до установившейся температуры, а за время паузы — охладиться до температуры окружающей среды. В этом режиме двигатель действует с непрерывно чередующимися периодами работы под нагрузкой и холостую, или паузами.

Действующим ГОСТ предусматриваются 8 номинальных режимов, которые в соответствии с международной классификацией имеют условные обозначения S1 - S8.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Чем отличаются возможные режимы работы электроприводов

- 2) Какие режимы выделены на основании анализа реальных режимов
- 3) Сколько номинальных режимов предусматриваются действующим ГОСТом

6 Список литературы

- 1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 22

Тема: Режимы работы электроприводов S1-S3

Цель: 1) Изучение режимов работы электроприводов S1-S3

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

Продолжительный режим работы S1 - работа машины при неизменной нагрузке достаточно длительное время для достижения неизменной температуры всех ее частей.

Продолжительный режим работы электродвигателя S1

Кратковременный режим работы S2 — работа машины при неизменной нагрузке в течение времени, недостаточного для достижения всеми частями машины установившейся температуры, после чего следует остановка машины на время, достаточное для охлаждения машины до температуры, не более чем на 2°С превышающей температуру окружающей среды.

Для кратковременного режима работы нормируется продолжительность рабочего периода 15, 30, 60, 90 мин.

Кратковременный режим работы электродвигателя S2

Повторно-кратковременный режим работы S3 - последовательность идентичных циклов работы, каждый из которых включает время работы при неизменной нагрузке, за которое машина не нагревается до установившейся температуры, и время стоянки, за которое машина не охлаждается до температуры окружающей среды.

В этом режиме цикл работы таков, что пусковой ток не оказывает заметного влияния на превышение температуры. Продолжительность цикла недостаточна для достижения теплового равновесия и не превышает 10 мин.

Режим характеризуется величиной продолжительности включения в процентах:

$$ПВ = (t_p / (t_p + t_n)) \times 100\%$$

Повторно-кратковременный режим работы электродвигателя S3

Нормируемые значения продолжительности включения: 15, 25, 40, 60 %, или относительные значения продолжительности рабочего периода: 0,15; 0,25; 0,40; 0,60.

Для режима S3 номинальные данные соответствуют только определенному значению ПВ и относятся к рабочему периоду.

Режимы S1 - S3 являются в настоящее время основными, номинальные данные на которые включаются отечественными

электромашиностроительными заводами в каталоги и паспорт машины.

Учет режима работы имеет большое значение при подборе двигателя.

Мощности двигателей, указанные в каталогах, приведены для режима S1 и нормальных условий работы, кроме двигателей с повышенным скольжением.

Если двигатель работает в режиме S2 или S3, он нагревается меньше, чем в режиме S1, и поэтому он допускает большую мощность на валу.

При работе в режиме S2 допустимая мощность может быть повышена на 50 % при длительности нагружения 10 мин, на 25 % — при длительности нагружения 30 мин, на 10% — при длительности нагружения 90 мин.

Для режима S3 рекомендуются двигатели с повышенным скольжением.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Охарактеризуйте режим работы электропривода S1
- 2) Охарактеризуйте режим работы электропривода S2
- 3) Охарактеризуйте режим работы электропривода S3

6 Список литературы

- 1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 23

Тема: Режимы работы электроприводов S4-S8

Цель: 1) Изучение режимов работы электроприводов S4-S8

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

Номинальные режимы S4 - S8 введены для того, чтобы впоследствии упростить задачу эквивалентирования произвольного режима номинальным, расширив номенклатуру последних.

Повторно-кратковременный режим работы с влиянием пусковых процессов S4 - последовательность идентичных циклов работы, каждый из которых включает время пуска, достаточно длительное для того, чтобы пусковые потери оказывали влияние на температуру частей машины, время работы при постоянной нагрузке, за которое машина не нагревается до установившейся температуры, и время стоянки, за которое машина не охлаждается до температуры окружающей среды.

Повторно-кратковременный режим с влиянием пусковых процессов S4: t_p и t_n - время пуска и торможения

Повторно-кратковременный режим с влиянием пусковых процессов и электрическим торможением S5 - последовательность идентичных циклов работы, каждый из которых включает достаточно длительное время пуска, время работы при постоянной нагрузке, за которое машина не нагревается до установившейся температуры, время быстрого электрического торможения и время стоянки, за которое машина не охлаждается до температуры окружающей среды.

Повторно-кратковременный режим с влиянием пусковых процессов и электрическим торможением S5

Перебегающий режим работы S6 — последовательность идентичных циклов, каждый из которых включает время работы с постоянной нагрузкой и время работы на холостом ходу, причем длительность этих периодов такова, что температура машины не достигает установившегося значения.

Перебегающий режим работы S6: t_0 — время холостого хода

Перебегающий режим с влиянием пусковых процессов и электрическим торможением S7 — последовательность идентичных циклов, каждый из которых включает достаточно длительный пуск, работу с постоянной нагрузкой и быстрое электрическое торможение. Режим не содержит пауз.

Перебегающий режим работы с влиянием пусковых процессов и электрическим торможением S7

Перебегающий режим с периодически изменяющейся частотой вращения S8 — последовательность идентичных циклов, каждый из которых включает время работы с неизменной нагрузкой и неизменной частотой вращения, затем следует один или несколько периодов при других постоянных

нагрузках, каждой из которых соответствует своя частота вращения (например, этот режим реализуется при переключении числа пар полюсов асинхронного двигателя). Режим не содержит пауз.

Перемежающийся режим работы с периодически изменяющейся частотой вращения S8

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 4) Охарактеризуйте режим работы электропривода S4,5
- 5) Охарактеризуйте режим работы электропривода S6,7
- 6) Охарактеризуйте режим работы электропривода S8

6 Список литературы

- 1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 24

Тема: Пуск, торможение и регулирование угловой скорости электроприводов

Цель: 1) Изучение пуска, торможения и регулирование угловой скорости электроприводов

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 современной промышленности используется большое количество производственных механизмов, работающих с различной, изменяющейся скоростью. К этой многочисленной группе относятся металлообрабатывающие станки, прокатные металлургические станы, подъемные краны и транспортные устройства, а также различные механизмы бумажной, угольной, текстильной и других отраслей промышленности. Так, в металлорежущих станках скорость электропривода должна регулироваться в зависимости от рода обрабатываемого металла, качества резца, размеров обрабатываемых изделий и других факторов. В прокатных станах для каждого профиля прокатываемого металла также имеются свои наиболее благоприятные скорости, определяющие производительность стана и

качество продукции. Снижение скорости при прокатке ведет к уменьшению производительности и увеличению расхода энергии вследствие охлаждения металла, а чрезмерное увеличение скорости ухудшает качество продукции и даже приводит к появлению брака, так как при чрезмерных скоростях металл не успевает заполнить углы калибров прокатных валков.

В лифтах, подъемных и транспортных механизмах скорость необходимо снижать по мере подхода к пункту остановки, чтобы обеспечить плавное замедление и точную остановку в нужном месте. Скорость, при которой должен работать дымосос в котельной, определяется качеством топлива, его влажностью, зольностью, условиями процесса горения и требуемой производительностью котла. Во всех этих механизмах, как и во многих других, для достижения высокой производительности и требуемого качества работы необходимо осуществлять регулирование скорости.

Регулированием скорости называется принудительное изменение скорости электропривода в зависимости от требований технологического процесса. Понятие регулирования скорости не следует смешивать с естественным изменением скорости, возникающим в электроприводах в силу изменения нагрузки на валу работающей машины. Регулирование скорости осуществляется дополнительным воздействием на приводной двигатель; оно может быть произведено человеком или специальным автоматическим устройством.

В настоящее время все большее применение находит электрическое регулирование скорости, которое имеет ряд преимуществ в отношении технических и экономических показателей.

Диапазон регулирования угловой скорости определяется отношением возможных установившихся скоростей! максимальной к минимальной :

при заданной точности регулирования (с заданным статическим падением скорости электропривода) для установленных пределов изменения момента нагрузки и других возмущений.

Обычно диапазон регулирования выражается в числах в виде отношения, например: 2:1, 4:1, 10 :1, 20: 1 и т. д. Современные системы автоматического регулирования электроприводов с обратными связями позволяют существенно расширить диапазон регулирования скорости.

Различные производственные машины требуют разных диапазонов регулирования.

Плавность регулирования характеризует скачок скорости при переходе от данной скорости к ближайшей возможной. Плавность тем выше, чем меньше этот скачок. Число скоростей, получаемых в данном диапазоне, определяется плавностью регулирования. Ее можно оценить коэффициентом плавности регулирования, который находится как отношение двух соседних значений угловых скоростей при регулировании

где ω_i и ω_{i-1} — угловые скорости соответственно на i -й и $(i-1)$ -й ступенях регулирования.

При плавном регулировании ω , а число скоростей z . В случае ступенчатого регулирования коэффициент плавности регулирования может существенно отличаться от единицы. Число скоростей, диапазон регулирования D и коэффициент плавности регулирования при таком регулировании связаны между собой равенством

.

Плавность регулирования во многих случаях определяет качество продукции. В практике электропривода наименьшей плавностью регулирования обладают двухскоростные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором ($p = 2$). Высокая плавность регулирования угловой скорости достигается, например, в двигателе постоянного тока независимого возбуждения при регулировании изменением потока или подводимого к якору двигателя напряжения.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что относится к многочисленной группе производственных механизмов, работающих с различной, изменяющейся скоростью.
- 2) Как определяется диапазон регулирования угловой скорости
- 3) Что характеризует плавность регулирования

6 Список литературы

- 1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое задание 25.

Тема: Изучение принципов самовозбуждения синхронных генераторов

Цель: 1. Ознакомление с принципами самовозбуждения синхронных генераторов

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

3.Краткие теоретические сведения

Основным способом возбуждения синхронных машин является электромагнитное возбуждение, сущность которого состоит в том, что на полюсах ротора располагают обмотку возбуждения. При прохождении по этой обмотке постоянного тока возникает МДС возбуждения, которая наводит в магнитной системе машины магнитное поле.

До последнего времени для питания обмотки возбуждения применялись специальные генераторы постоянного тока независимого возбуждения (см. § 28.2), называемые возбудителями В (рис. 19.1, а), обмотка возбуждения которого (ОВ) получала питание постоянного тока от другого генератора (параллельного возбуждения), называемого подвозбудителем (ПВ). Ротор синхронной машины и якоря возбудителя и подвозбудителя располагаются на общем валу и вращаются одновременно. При этом ток в обмотку возбуждения синхронной машины поступает через контактные кольца и щетки. Для регулирования тока возбуждения применяют регулировочные реостаты, включаемые в цепи возбуждения возбудителя (r_1) и подвозбудителя (r_2).

В синхронных генераторах средней и большой мощности процесс регулирования тока возбуждения автоматизируют.

В синхронных генераторах большой мощности — турбогенераторах (см. § 19.2) — иногда в качестве возбудителя применяют генераторы переменного тока индукторного типа (см. § 23.6). На выходе такого генератора включают полупроводниковый выпрямитель.

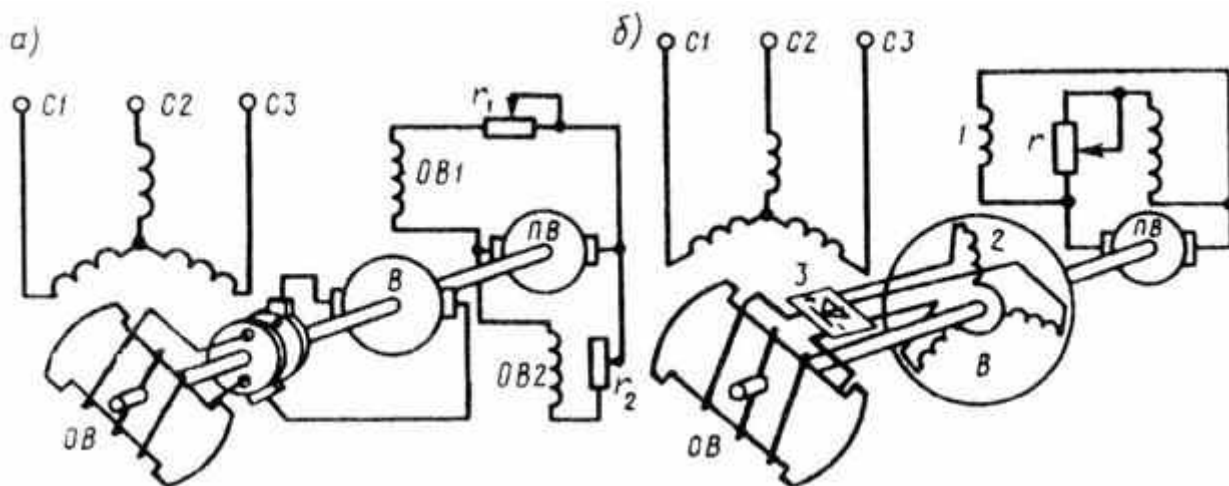


Рис. 19.1. Контактная (а) и бесконтактная (б) системы электромагнитного возбуждения синхронных генераторов

Регулировка тока возбуждения синхронного генератора в этом случае осуществляется изменением возбуждения индукторного генератора. Получила применение в синхронных генераторах бесконтактная система электромагнитного возбуждения, при которой синхронный генератор не имеет контактных колец на роторе.

В качестве возбудителя и в этом случае применяют генератор переменного тока (рис. 19.1, 5), у которого обмотка 2, в которой наводится ЭДС (обмотка якоря), расположена на роторе, а обмотка возбуждения 1 расположена на статоре. В результате обмотка якоря возбудителя и обмотка возбуждения синхронной машины оказываются вращающимися, и их электрическое соединение осуществляется непосредственно, без контактных колец и щеток. Но так как возбудитель является генератором переменного тока, а обмотку возбуждения необходимо питать постоянным током, то на выходе обмотки якоря возбудителя включают полупроводниковый преобразователь 3, закрепленный на валу синхронной машины и вращающийся вместе с обмоткой возбуждения синхронной машины и обмоткой якоря возбудителя. Питание постоянным током обмотки возбуждения 1 возбудителя осуществляется от подвозбудителя (ПВ) — генератора постоянного тока. Отсутствие скользящих контактов в цепи возбуждения синхронной машины позволяет повысить ее эксплуатационную надежность и увеличить КПД. В синхронных генераторах, в том числе гидрогенераторах (см. § 19.2), получил распространение принцип самовозбуждения (рис. 19.2, а), когда энергия переменного тока, необходимая для возбуждения, отбирается от обмотки статора синхронного генератора и через понижающий трансформатор и выпрямительный полупроводниковый преобразователь (ПП) преобразуется в энергию постоянного тока. Принцип самовозбуждения основан на том, что первоначальное возбуждение генератора происходит за счет остаточного магнетизма магнитопровода машины.

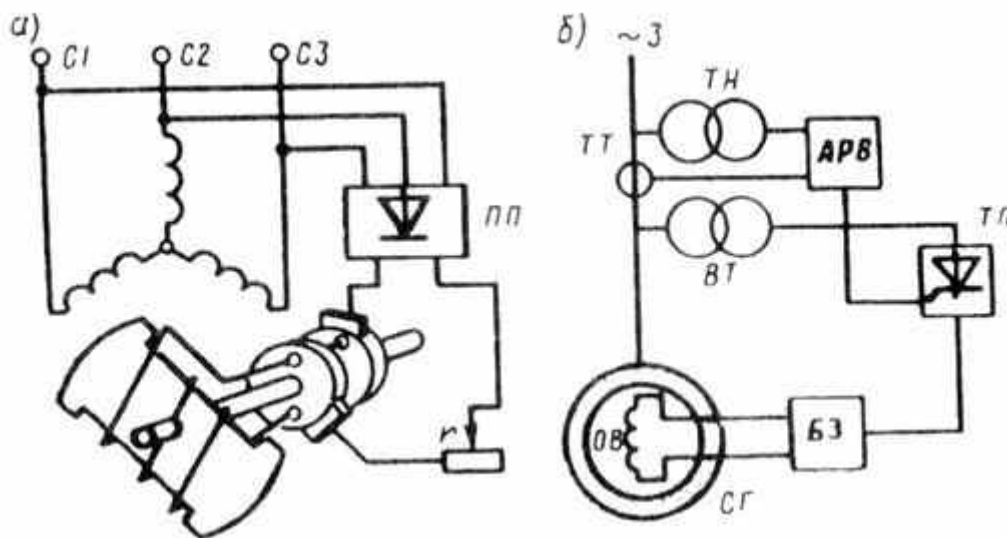


Рис. 19.2. Принцип самовозбуждения синхронных генераторов

На рис. 19.2, б представлена структурная схема автоматической системы самовозбуждения синхронного генератора (СГ) с выпрямительным трансформатором (ВТ) и тиристорным преобразователем (ТП), через которые электроэнергия переменного тока из цепи статора СГ после преобразования в постоянный ток подается в обмотку возбуждения. Управление тиристорным

преобразователем осуществляется посредством автоматического регулятора возбуждения АРВ, на вход которого поступают сигналы напряжения на выходе СГ (через трансформатор напряжения ТН) и тока нагрузки СГ (от трансформатора тока ТТ). Схема содержит блок защиты БЗ, обеспечивающий защиту обмотки возбуждения и тиристорного преобразователя ТП от перенапряжений и токовой перегрузки.

В современных синхронных двигателях для возбуждения применяют тиристорные возбудительные устройства, включаемые в сеть переменного тока и осуществляющие автоматическое управление током возбуждения во всевозможных режимах работы двигателя, в том числе и переходных. Такой способ возбуждения является наиболее надежным и экономичным, так как КПД тиристорных возбудительных устройств выше, чем у генераторов постоянного тока. Промышленностью выпускаются тиристорные возбудительные устройства на различные напряжения возбуждения с допустимым значением постоянного тока 320 А.

Наибольшее распространение в современных сериях синхронных двигателей получили возбудительные тиристорные устройства типов ТЕ8-320/48 (напряжение возбуждения 48 В) и ТЕ8-320/75 (напряжение возбуждения 75 В). Мощность, затрачиваемая на возбуждение, обычно составляет от 0,2 до 5% полезной мощности машины (меньшее значение относится к машинам большой мощности).

В синхронных машинах малой мощности находит применение принцип возбуждения постоянными магнитами, когда на роторе машины располагаются постоянные магниты. Такой способ возбуждения дает возможность избавить машину от обмотки возбуждения. В результате конструкция машины упрощается, становится более экономичной и надежной. Однако из-за дефицитности материалов для изготовления постоянных магнитов с большим запасом магнитной энергии и сложности их обработки применение возбуждения постоянными магнитами ограничивается лишь машинами мощностью не более нескольких киловатт

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Что является основным способом возбуждения синхронных машин 2. Какие преимущества дает отсутствие скользящих контактов в цепи возбуждения синхронной машины

3. На чем основан принцип самовозбуждения синхронных машин

Сделайте вывод по работе

Литература: Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Практическое занятие 26.

Тема: Изучение индуктивной, емкостной и смешанной нагрузки синхронного генератора

Цель: 1. Ознакомление с индуктивной, емкостной и смешанной нагрузками синхронного генератора

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

3. Краткие теоретические сведения

В процессе работы нагруженного синхронного генератора в нем одновременно действуют МДС возбуждения $F_{в0}$ и статора (якоря) F_1 , при этом МДС статора (якоря) воздействует на МДС возбуждения, усиливая или ослабляя поле возбуждения или же искажая его форму. Воздействие МДС обмотки статора (якоря) на МДС обмотки возбуждения называется *реакцией якоря*. Реакция якоря оказывает влияние на рабочие свойства синхронной машины, так как изменение магнитного поля в машине сопровождается изменением ЭДС, наведенной в обмотке статора, а следовательно, изменением и ряда других величин, связанных с этой ЭДС. Влияние реакции якоря на работу синхронной машины зависит от значения и характера нагрузки.

Синхронные генераторы, как правило, работают на смешанную нагрузку (активно-индуктивную или активно-емкостную). Выяснения вопроса о влиянии реакции якоря на работу синхронной машины рассмотрим случаи работы генератора при нагрузках предельного характера, а именно: активной, индуктивной и емкостной. Воспользуемся для этого векторными диаграммами МДС. При построении этих диаграмм следует иметь в виду, что вектор ЭДС \dot{E}_0 , индуцируемой магнитным потоком возбуждения в обмотке статора, отстает по фазе от вектора этого потока (а следовательно, и вектора МДС $\dot{F}_{в0}$) на 90° . Что же касается вектора тока в обмотке статора I_1 , то он может занимать по отношению к вектору \dot{E}_0 различные положения, определяемые углом ψ_1 в зависимости от вида нагрузки.

Активная нагрузка ($\psi_1 = 0$). На рис. 84, а представлены статор и ротор двухполюсного генератора. На статоре показана часть фазной обмотки. Ротор явнополюсный, вращается против движения часовой стрелки. В рассматриваемый момент времени ротор занимает вертикальное положение, что соответствует максимуму ЭДС \dot{E}_0 в фазной обмотке. Так как ток при активной нагрузке **совпадает** по фазе с ЭДС, то указанное положение ротора соответствует также и максимуму тока. Изобразив линии магнитной

индукции поля возбуждения (ротора) и линии магнитной индукции поля обмотки статора, видим, что МДС статора \dot{F}_1 направлена перпендикулярно МДС возбуждения \dot{F}_{b0} . Этот вывод также подтверждается векторной диаграммой, построенной для этого же случая. Порядок построения этой диаграммы следующий: в соответствии с пространственным положением ротора генератора проводим вектор МДС возбуждения \dot{F}_{b0} ; под углом 90° к этому вектору в сторону отставания проводим вектор ЭДС \dot{E}_0 , наведенной магнитным полем возбуждения в обмотке статора; при подключении чисто активной нагрузки ток в обмотке статора \dot{I}_1 совпадает по фазе с ЭДС \dot{E}_0 , а поэтому вектор МДС \dot{F}_1 , создаваемый этим током, сдвинут в пространстве относительно вектора \dot{F}_{b0} на 90° .

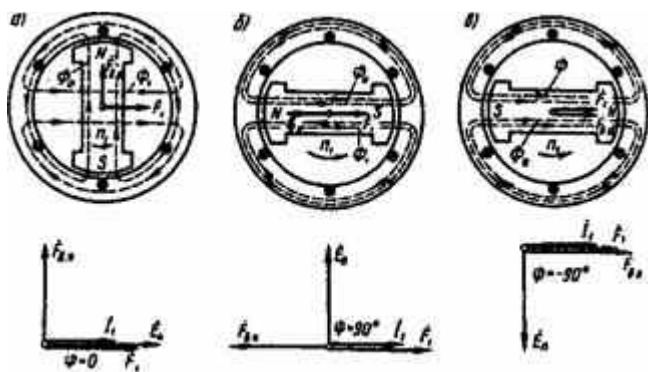


Рис. 84. Реакция якоря синхронного генератора при активной (а), индуктивной (б) и емкостной (в) нагрузках

Такое воздействие МДС статора (якоря) \dot{F}_1 на МДС возбуждения \dot{F}_{b0} вызовет искажения результирующего поля машины: *магнитное поле машины ослабляется под набегающим краем полюса и усиливается под сбегающим краем полюса* (рис. 85). Вследствие насыщения магнитной цепи результирующее магнитное поле машины несколько ослабляется.

Объясняется это тем, что размагничивание набегающих краев полюсных наконечников и находящихся над ними участков зубцового слоя статора происходит беспрепятственно, а подмагничивание сбегающих краев полюсных наконечников и находящихся над ними участков зубцового слоя статора ограничивается магнитным насыщением этих элементов магнитной цепи. В итоге результирующий магнитный поток машины ослабляется, т. е. магнитная система несколько размагничивается. Это ведет к уменьшению ЭДС машины E_1 .

Индуктивная нагрузка ($\psi_1 = 90^\circ$). При чисто индуктивной нагрузке генератора ток статора \dot{I}_1 , отстает по фазе от ЭДС \dot{E}_0 на 90° . Поэтому он

достигает максимального значения лишь после поворота ротора вперед на 90° относительно его положения, соответствующего максимуму ЭДС \dot{E}_0 (см. рис. 84, б). При этом МДС \dot{F}_1 действует вдоль оси полюсов ротора встречно МДС возбуждения \dot{F}_{b0} . В этом мы также убеждаемся, построив векторную диаграмму.

Такое действие МДС статора F_1 ослабляет поле машины. Следовательно, *реакция якоря в синхронном генераторе при чисто индуктивной нагрузке оказывает продольно-размагничивающее действие.*

В отличие от реакции якоря при активной нагрузке в рассматриваемом случае магнитное поле не искажается.

Емкостная нагрузка ($\psi = -90^\circ$). Так как ток I_1 , при емкостной нагрузке опережает по фазе ЭДС \dot{E}_0 на 90° , то своего наибольшего значения он достигает раньше, чем ЭДС, т. е. когда ротор займет положение, показанное на рис. 84, в. Магнитодвижущая сила статора \dot{F}_1 так же, как и в предыдущем случае, действует по оси полюсов, но теперь уже согласно с МДС

возбуждения \dot{F}_{b0} . При этом происходит усиление магнитного поля возбуждения. Таким образом, *при чисто емкостной нагрузке синхронного генератора реакция якоря оказывает продольно-намагничивающее действие.* Магнитное поле при этом не искажается.

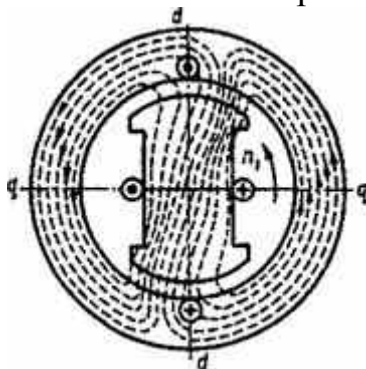


Рис. 85. Магнитное поле синхронного генератора при активной нагрузке

Смешанная нагрузка. При смешанной нагрузке синхронного генератора ток статора I_1 , сдвинут по фазе относительно ЭДС \dot{E}_0 на угол ψ_1 , значения которого находятся в пределах $0 < \psi_1 < \pm 90^\circ$. Для выяснения вопроса о влиянии реакции якоря при смешанной нагрузке воспользуемся диаграммами МДС, представленными на рис. 86.

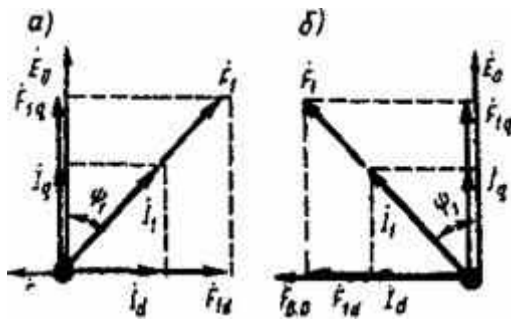


Рис. 86. Реакция якоря при смешанной нагрузке

При активно-индуктивной нагрузке (рис. 86, а) вектор \dot{F}_1 отстает от вектора \dot{E}_0 на угол $0 < \psi_1 < 90^\circ$. Разложим вектор F_1 на две составляющие: продольную составляющую МДС статора $F_{1d} = F_1 \cdot \sin \psi_1$ и поперечную составляющую МДС статора $F_{1q} = F_1 \cdot \cos \psi_1$. Такое же разложение МДС якоря F_1 на составляющие можно сделать в случае активно-емкостной нагрузки (рис. 86, б). Поперечная составляющая МДС статора F_{1q} , представляющая собой МДС реакции якоря по поперечной оси, пропорциональна активной составляющей тока нагрузки $I_q = I_1 \cdot \cos \psi$, т. е.

$$F_{1q} = F_1 \cdot \cos \psi_1, \quad (20.13)$$

а продольная составляющая МДС статора (якоря) F_{1d} представляющая собой МДС реакции якоря по продольной оси, пропорциональна реактивной составляющей тока нагрузки $I_d = I_1 \cdot \sin \psi_1$, т. е.

$$F_{1d} = F_1 \cdot \sin \psi_1. \quad (20.14)$$

При этом если реактивная составляющая тока нагрузки отстает по фазе от ЭДС \dot{E}_0 (нагрузка активно-индуктивная), то МДС F_{1d} размагничивает генератор, если же реактивная составляющая тока \dot{I}_d опережает по фазе ЭДС \dot{E}_0 (нагрузка активно-емкостная), то МДС F_{1d} подмагничивает генератор.

Направление вектора \dot{F}_{1d} относительно вектора \dot{F}_{b0} определяется характером реакции якоря, который при токе нагрузки \dot{I}_1 , **отстающем** по фазе от ЭДС \dot{E}_0 , является размагничивающим, а при токе \dot{I}_1 , **опережающем** по фазе ЭДС \dot{E}_0 , - подмагничивающим.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Что называется реакцией якоря и на что она оказывает влияние
2. От чего зависит влияние реакции якоря на работу синхронной машины
3. Какие характерные нагрузки имеют место при работе синхронных генераторов

Сделайте вывод по работе

Литература: Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

5 СЕМЕСТР

Практическое занятие 1

Тема: Изучение контакторов и магнитных пускателей, командоконтроллеров.

Цель: 1. Ознакомление с контакторами , магнитными пускателями и командоконтроллерами.

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

Краткие теоретические сведения

Контактор — это электрический аппарат, предназначенный для коммутации силовых электрических цепей как при номинальных токах, так и при токах перегрузки. Наибольшее распространение получили контакторы, в которых замыкание и размыкание контактов осуществляются под воздействием электромагнитного привода. Различают контакторы постоянного и переменного тока.

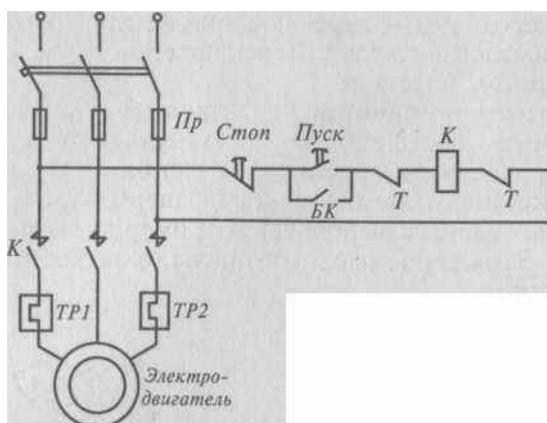
Главными техническими параметрами контактора являются его механическая и коммутационная износостойкость, номинальный ток главных контактов, предельный отключаемый ток, номинальное напряжение отключаемой цепи, допустимое число включений в час и собственное время включения и отключения. Под механической износостойкостью понимается число циклов включение-отключение (без токовой нагрузки) без какой-либо замены его элементов и узлов. В современных контакторах механическая износостойкость достигает 10... 20 млн операций.

Контактор имеет следующие основные узлы: контактную и дугогасительную системы, электромагнитный механизм, систему блок-контактов. При подаче напряжения на обмотку электромагнита стальной якорь притягивается. Подвижный контакт, связанный с якорем, замыкает или размыкает главную цепь. Дугогасительная система обеспечивает быстрое гашение дуги, благодаря чему достигается малый износ контактов. Кроме главных контактов контактор имеет несколько вспомогательных слаботочных контактов (блок-контактов) для согласования работы контактора с другими аппаратами или включения в цепь управления самого контактора.

Магнитный пускатель — это электрический аппарат, предназначенный для пуска, остановки, реверсирования и защиты электродвигателей. Его единственное отличие от контактора — наличие устройства защиты (обычно теплового реле) от тепловых перегрузок.

Бесперебойная работа асинхронных двигателей в значительной степени зависит от надежности пускателей. Поэтому к ним предъявляются высокие требования в отношении износостойкости, коммутационной способности, четкости срабатывания, надежности защиты двигателя от перегрузок, минимального потребления мощности.

Схема включения нереверсивного пускателя показана на рис. 2.2. Главные контакты А" включаются в рассечку проводов, питающих электрический двигатель. В проводах двух фаз включаются нагревательные элементы тепловых реле *ТР1* и *ТР2*. Катушка электромагнита пускателя *К* подключается к сети через размыкающие контакты тепловых реле *Т* и кнопки управления. При нажатии кнопки «Пуск» напряжение на катушку подается через замкнутые контакты кнопки «Стоп» и замкнутые контакты тепловых реле. После притяжения якоря электромагнита замыкается блокировочный контакт *БК*, шунтирующий контакты кнопки «Пуск». Это дает возможность отпустить пусковую кнопку. Для отключения пускателя нажимается кнопка «Стоп». При перегрузке двигателя срабатывают тепловые реле, которые разрывают цепь катушки *К* — происходит отключение пускателей и двигателя.



М

Контроллеры и командоконтроллеры

В схемах электрооборудования различных механизмов широко используются контроллеры и командоконтроллеры. В первую очередь это относится к крановым механизмам, на которых двигатели малой и средней мощности обычно управляются контроллерами, а двигатели большой мощности — командоконтроллерами. Контроллер представляет собой аппарат, с помощью которого осуществляются необходимые переключения в цепях двигателей переменного и постоянного тока. Переключения осуществляются вручную поворотом маховика.

Командоконтроллер по принципу действия не отличается от контроллера, но имеет более легкую контактную систему, предназначенную для переключений в цепях управления.

Наиболее распространенными являются контроллеры кулачкового типа. Их контактная система выполняется примерно такой же, как и у контакторов. Замыкание пары контактов происходит с перекатыванием и притиранием одного контакта к другому.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

- | | |
|-------------------|-----------------------------------|
| 1. Для чего | предназначен контактор. |
| 2. Чем отличается | контактор от пускателя. |
| 3. Чем контроллер | отличается от командоконтроллера. |
| Сделайте вывод по | работе. |

Литература:
Кацман М.М.
2011. – 496с.

Электрические машины. – М. : «Академия» ,

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое задание 2

Тема: Изучение конструкций электромагнитных реле, герконов

Цель: 1. Ознакомление с конструкцией электромагнитных реле, герконов
2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

Краткие теоретические сведения

Реле называется такой электрический аппарат, в котором при плавном изменении управляющей (входной) величины происходит скачкообразное изменение управляемой (выходной) величины.

В различных системах автоматизированного электропривода широкое распространение получили электромагнитные реле. Их используют в качестве датчиков тока и напряжения, датчиков времени, для передачи команд и размножения сигналов в электрических цепях. В качестве исполнительных устройств они применяются в датчиках технологических параметров различных машин и механизмов.

Электромагнитное реле работает следующим образом (рис. 2.5). На неподвижном стальном сердечнике 6 расположена катушка 5.

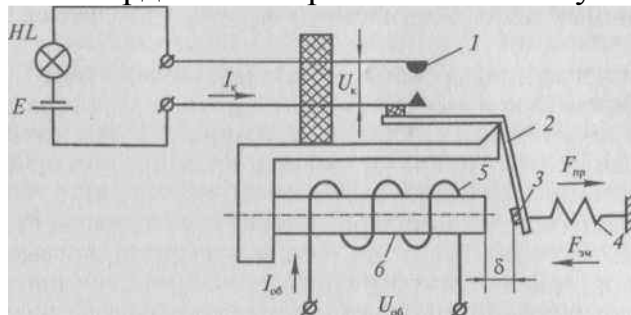


Рис. 2.5. Схема электромагнитного реле

Протекающий по обмотке катушки ток $I_{об}$ создает магнитный поток, замыкающийся через воздушный зазор 5 и подвижную часть реле якорь 2. Под воздействием потока возникает электромагнитная сила $F_{зМ}$, которая притягивает якорь к сердечнику. Одновременно на якорь действует механическая сила $F_{пр}$ со стороны возвратной пружины 4, которая противодействует притяжению якоря к сердечнику. Когда ток $I_{об}$ в цепи обмотки 5 превысит некоторое значение, называемое током срабатывания $I_{ср}$, создаваемая им электромагнитная сила станет больше противодействующей силы $F_{пр}$ возвратной пружины 4. Якорь реле 2 притянется к сердечнику 6 и обеспечит замыкание контактов 1. Лампа HL загорится. Если уменьшить в обмотке катушки ток до значения, называемого током отпускания $I_{отп}$, то якорь под действием пружины 4 перейдет в исходное положение и контакты реле вернуться в нормальное исходное положение. Лампа HL погаснет.

Чтобы устранить магнитное «прилипание» якоря к сердечнику после снятия напряжения питания катушки, в якорь запрессован выступающий латунный штифт 3, который ограничивает приближение якоря к сердечнику и тем самым облегчает возврат якоря под действием пружины в исходное состояние.

Напряжение на обмотке реле, при котором ток в цепи обмотки равен току срабатывания, называется напряжением срабатывания $t_{ср}$. Напряжение на обмотке реле, при котором ток в цепи обмотки равен току отпускания, называется напряжением отпускания $U_{отп}$.

Ток в обмотке реле, при котором обеспечивается надежное замыкание контактов реле, называется рабочим I_p , а соответствующее ему напряжение — рабочим напряжением t_p .

Важнейшим параметром реле является коэффициент возврата реле по току и напряжению.

Обмотка электромагнитного реле может получать питание как от источника постоянного тока, так и переменного тока. В первом случае оно называется *реле постоянного тока*, во втором — *реле переменного тока*.

Если входной электрической величиной электромагнитного реле является ток, то оно называется *реле тока*. Его срабатывание происходит при изменении значения тока, протекающего по цепи, где включена обмотка реле. Обмотки таких реле выполняют из медного провода диаметром 1... 2 мм. Если входной электрической величиной электромагнитного реле является напряжение, то оно называется *реле напряжения*.

Если время срабатывания или отпускания реле превышает 0,25 с, то такое реле называется *реле времени*.

Магнитоуправляемым контактом (МК) называется контакт, изменяющий состояние электрической цепи посредством механического замыкания или размыкания ее при воздействии управляющего магнитного поля на его элементы. В простейшей конструкции геркона (рис. 2.7) внутри герметизированной стеклянной капсулы 2, наполненной инертным газом, размещены две пластины 1 и 3 из упругого ферромагнитного материала (сплав железа с никелем). На концах пластин внутри капсулы расположены контакты 4, которые покрыты слоем родия или золота. К выходящим из капсулы штырькам припаиваются монтажные провода. Размеры капсулы

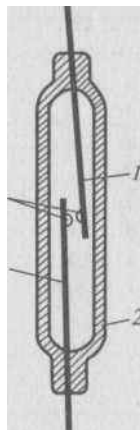


Рис. 2.7. Конструкция геркона

зависят от типа геркона, они составляют: длина 10... 70 мм, диаметр 2... 7 мм. При воздействии на МК внешнего магнитного поля концы ферромагнитных пластин намагничиваются и притягиваются друг к другу, замыкая электрическую цепь. При снятии внешнего магнитного поля упругие пластины возвращаются в исходное положение, разомкнув цепь. Внешнее магнитное поле создается с помощью управляющей обмотки, на которую подается постоянное напряжение, или с помощью постоянного магнита.

Вследствие малой инерционности пластин герконы обладают повышенным быстродействием. Нахождение контактов в инертном газе существенно повышает надежность их работы, поэтому герконы нашли широкое применение в автоматических системах. На их базе могут быть созданы реле различного назначения, датчики, кнопки и т. п. Герметизация контактов реле в стеклянном корпусе позволяет использовать герконы для изготовления искробезопасной аппаратуры автоматизации. На базе герконов налажен выпуск герко- новых электромагнитных реле: промежуточных реле напряжения РПГ, реле тока РТГ, реле времени РВГ и т. д.

По сравнению с обычными электромагнитными реле, коммутационная износостойкость которых достигает нескольких миллионов включений, у герконовых реле она может составлять несколько десятков миллионов срабатываний

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Какой электрический аппарат называется реле.
- 2 . Какое реле называется реле времени.
3. В какой среде находятся контакты геркона.

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое задание 3

Тема: Изучение электрических датчиков.

Цель: 1. Ознакомление с конструкцией электрических датчиков.

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

Краткие теоретические сведения

Электрический датчик — устройство, которое, подвергаясь воздействию некоторой, как правило, неэлектрической физической величины (скорости, ускорения, давления, температуры, влажности, освещенности, частоты колебаний и т. п.), выдает эквивалентный электрический сигнал (заряд, ток, напряжение и т. д.), являющийся функцией этой контролируемой величины. Для современного производства характерно применение датчиков в интерактивном режиме, когда результаты измерений сразу же используются для регулирования процесса. Это позволяет быстро корректировать технологический процесс, повышать качество выпускаемой продукции и увеличивать ее количество.

Датчики положения используются для получения сигналов при достижении контролируемым объектом определенных положений при его перемещении, которые затем поступают в схему управления объектом. Это широко применяемые конечные и путевые выключатели различных типов, посредством которых осуществляется управление электроприводами в функции пути.

Несмотря на большое разнообразие конструктивных вариантов конечных и путевых выключателей, по принципу действия их можно разделить на две основные группы: аппараты с механическим воздействием на контактную систему и аппараты, в которых меняются параметры электрической цепи.

Конечные выключатели с механическим воздействием состоят из двух основных частей: контактов и механического привода, который замыкает или размыкает контакты. В зависимости от вида привода выключатели делятся на вращающиеся, рычажные и нажимные. Вращающиеся выключатели имеют привод от валика, который через редуктор соединяется с валом механизма. На валике расположены кулачки, воздействующие на контакты выключателя. При вращении вала механизма в определенном положении кулачки осуществляют переключение контактов выключателя. Рычажные выключатели имеют привод своей контактной системы от поворотного рычага, на который оказывает воздействие движущаяся часть объекта управления. Рычаг и контакты в исходное положение возвращаются под воздействием пружины. В нажимных выключателях переключение контактов происходит при нажатии на шток

выключателя, возврат которого в исходное положение осуществляется под действием пружины.

Чаще всего конечные выключатели применяются в крановых установках для ограничения хода моста, тележки, грузозахватывающего устройства и т. д. Конечные выключатели применяются также в лифтах, конвейерах, механизмах задвижек насосов и компрессоров и т. п.

Герконовые датчики

Эти датчики представляют собой путевые или конечные выключатели, воспринимающей частью которых является геркон. Последний располагается в контролируемой точке пространства, через которую должна пройти движущаяся часть объекта управления. На движущейся части находится постоянный магнит или электромагнит, который создает магнитное поле. При нахождении движущейся части в контролируемой точке на геркон действует магнитное поле, под действием которого контакты замыкаются. При отсутствии движущейся части в контролируемой точке контакты геркона разомкнуты и сигнал управления равен нулю.

Дискретный индуктивный датчик

Дискретный индуктивный датчик положения (рис. 2.10) состоит из разомкнутого магнитопровода b и катушки 5, последовательно с которой включен конденсатор 4. Катушка с конденсатором включена в цепь переменного тока вместе с обмоткой 2 электромагнитного реле. Параметры элементов схемы подобраны таким образом, что при отсутствии над магнитопроводом якоря 7 дат-

j чика, который закреплен

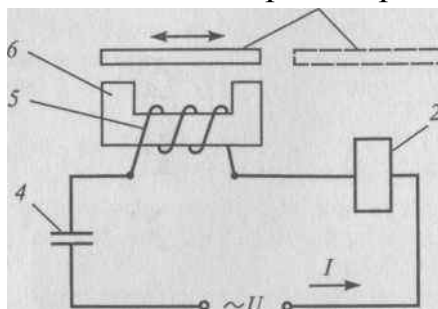
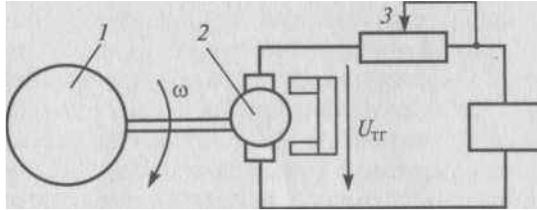


Рис. 2.10. Схема дискретного индуктивного датчика положения на подвижной части контролируемого объекта, индуктивное сопротивление катушки x_L меньше емкостного сопротивления конденсатора x_C . Ток, проходящий по катушке реле 2, недостаточен для его срабатывания. При прохождении над магнитопроводом b якоря 7 индуктивное сопротивление катушки увеличивается до значения $x_L = x_C$, при котором наступает резонанс напряжений, характеризующийся резким увеличением тока в цепи. Реле 2 включается и замыкает контакты 3 в цепи управления объектом.

Датчики скорости

Дискретные датчики скорости удобно применять для контроля скорости объекта управления. Например, если скорость электродвигателя превышает заданное значение, то происходит его автоматическое отключение с целью предотвращения аварийных режимов работы. При торможении такой датчик



удобно использовать для автоматического отключения электродвигателя от сети после снижения его скорости до нуля.

Выходное напряжение $U_{тр}$ подается на обмотку реле напряжения KV через реостат 3.

Рис. 2.11. Схема датчика скорости

На валу электродвигателя 7 (рис. 2.11) находится тахогенератор 2. напряжение тахогенератора на обмотку реле напряжения KV через Реле напряжения срабатывает при определенном напряжении тахогенератора, которому соответствует заданное значение скорости электродвигателя, и своими контактами осуществляет переключение соответствующих цепей управления. Изменяя положение движка реостата 3, можно регулировать значение скорости электродвигателя, при котором срабатывает реле KV .

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Для чего используются датчики положения.
2. Где располагаются герконовые датчики.
3. Для какой цели служит датчик скорости.

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия», 2011. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое задание 4

Тема: Изучение электромеханических исполнительных устройств.

Цель: 1. Ознакомление с конструкцией электромеханических исполнительных устройств.

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

Краткие теоретические сведения

Электромеханические исполнительные устройства

Электромагниты, служащие для привода контактов реле, просты по конструкции, технологичны в изготовлении, обладают хорошими динамическими характеристиками. Поэтому они находят применение в устройствах для реализации перемещения или силового воздействия. В этом случае их называют *исполнительными устройствами*.

Исполнительным называется устройство, осуществляющее перемещение исполнительного органа или силовое воздействие на этот орган в соответствии с заданными функциями и при подаче соответствующих сигналов на обмотки управления.

Наиболее часто электромеханические исполнительные устройства применяются для преобразования электрического сигнала в перемещение подвижной части устройства. Примерами являются электромагнитные клапаны, электромагнитные муфты, электромагнитные защелки, задвижки и т. п.

Электромагнитный клапан

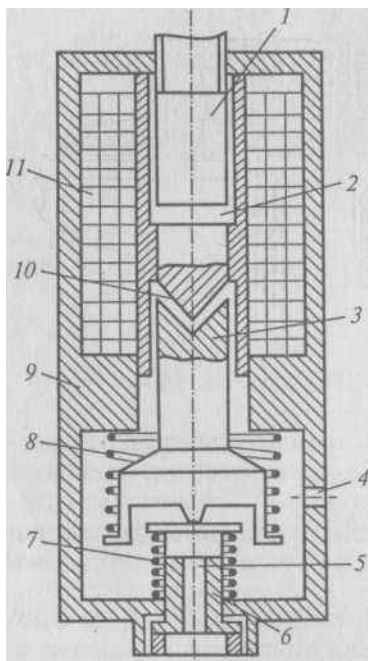
Клапан предназначен для управления потоком жидкости или газа. Электромагнитный клапан (рис. 2.12) состоит из гидравлического запорного устройства (тарель 5 и сопло б), причем тарель 5 кинематически связана с якорем 3 электромагнита. Запорное устройство и электромагнит имеют общий корпус 9. При отсутствии тока в обмотке 11 электромагнита тарель 5 запорного устройства под действием возвратной пружины 8 плотно прижата к неподвижному соплу б. Таким образом, путь потоку жидкости через сопло б в полость клапана, а оттуда в выходное отверстие 4 перекрыт. При подаче тока в обмотку электромагнита якорь 3 притягивается к неподвижному соплу, возвратная пружина 8 сжимается, освобождая тарель 5, которая под действием пружины 7 и Давления жидкости устремляется вслед за якорем 3. В конечном положении якоря рабочий зазор 10 равен нулю, а жидкость протекает через щель, образовавшуюся между соплом б и тарелью 5 в полость клапана, а затем в выходное отверстие 4. Для регулировки характеристик клапана предусмотрен регулировочный

немагнитный зазор 2, а верхняя часть сопла 1 устанавливается в корпус на резьбе, что позволяет менять регулировочный зазор 2 и, соответственно, магнитное сопротивление всей цепи.

Если электромагнитный привод клапана имеет релейную характеристику, то при увеличении тока до значения срабатывания произойдет скачкообразное перемещение тарели в крайнее верхнее положение и клапан полностью откроется. Снижение тока до тока отпускания приведет к такому же скачкообразному закрыванию клапана. Остановить якорь с тарелью в каком-либо промежуточном положении не представляется возможным, поэтому такие устройства называют *двухпозиционными*.

Релейными характеристиками преобразования обладают исполнительные устройства двухпозиционных клапанов, дверных замков с дистанционным управлением, а также крановые электромагниты, применяемые для захвата металлических грузов.

Часто возникает необходимость открыть тарель клапана так, чтобы расход жидкости был меньше, чем при крайнем положении тарели. Очевидно, что для этого тарель и якорь надо зафиксировать в промежуточном положении, когда щель между соплом 6 и тарелью 5 недостаточна для свободного вытекания жидкости из сопла. Для этого устройство должно обеспечивать устойчивую фиксацию якоря в промежуточном положении. Характеристика преобразователя должна быть не релейной, а непрерывной функцией тока.



Электромагнитный подвес

Силовое взаимодействие в магнитном поле способно не только приводить в

движение намагниченные тела или контуры с токами, но и приводить тела или контуры в особый вид состояния, называемый левитацией. При левитации тело свободно парит в состоянии равновесия, причем его масса компенсируется силовым взаимодействием самого тела с полем, в котором оно находится.

Электромагнитные подвесы используются в тех устройствах, в которых необходимо по тем или иным причинам избавиться от трения. Так, в высокоточных датчиках ускорения — акселерометрах магнитный подвес необходим, чтобы силы трения между подвижной частью и корпусом датчика не вносили погрешность в измерения. Электромагнитные подвесы применяются в качестве подшипников роторов высокоскоростных двигателей гироскопов и газовых турбин мощных компрессоров, в трансформаторных устройствах с линейными электродвигателями и т. п.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. Для чего используются электромеханические исполнительные устройства.

2. Для чего предназначен электромагнитный клапан.

3. Для какой цели служит электромагнитный подвес.

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое задание 5

Тема: Изучение конструкции и работы датчиков общепромышленного назначения.

Цель: 1. Ознакомление с конструкцией и работой датчиков общепромышленного назначения.

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

4. Краткие теоретические сведения

При автоматизации производственных процессов предприятий угольной промышленности в системах автоматики имеются не только электрические, но и неэлектрические величины — сигналы: температура в различных частях механизмов (подшипники, приводные барабаны и др.) и обмоток электрических машин; линейные и угловые перемещения рабочих органов и объектов; уровни сыпучих материалов и жидкостей; давления газов и жидкостей; содержание метана и других газов в шахтной атмосфере и т. п. Эти величины, отражая состояния процессов, непрерывно изменяются во времени.

Для аппаратуры автоматизации, применяемой на предприятиях угольной промышленности, характерно широкое использование измерений неэлектрических величин электрическими способами. Для этих целей применяют элементы и устройства, воспринимающие изменения физико-механических свойств входной величины контролируемого (измеряемого или регулируемого) параметра и преобразовывающие его в другой вид (электрический), удобный для передачи и дальнейших преобразований. Например, разность температур преобразуется в э.д.с., линейное перемещение — в изменение сопротивления и т. п. Такие элементы (устройства) называют датчиками. Составную часть конструкции датчика, непосредственно воспринимающую или измеряющую входную величину, называют чувствительным элементом. Характеристики и параметры датчиков во многом определяют надежность и качество работы систем автоматики в целом.

Датчики классифицируют по следующим признакам: принципу преобразования энергии (энергетическому режиму работы) — параметрические и генераторные;

виду входной величины — датчики температуры, давления, перемещения, частоты и момента вращения, скорости, ускорения, уровня и др.;

виду выходной величины — датчики активного и реактивного сопротивления, э.д.с., амплитуды и частоты переменного тока, постоянного тока и др.;

принципу действия используемых чувствительных элементов. Параметрическими называют датчики, преобразующие входную величину в изменения какого-либо параметра (сопротивления, индуктивности, емкости) электрической цепи или магнитной проницаемости ферромагнитных сердечников. Для получения выходного сигнала к параметрическому датчику следует подвести э.д.с. от внешнего источника.

Генераторными называют датчики, в которых входная контролируемая величина преобразуется в э.д.с. Эти датчики сами — нечетные вопросы в результате взаимодействия с рабочей машиной или средой.

Отдельный вид составляют радиационные датчики, в которых используются явления проницаемости α и β — лучей и ионизации, люминесценции некоторых веществ под действием радиоактивного облучения.

В особую группу выделяют системные датчики специального назначения, имеющие, кроме чувствительного элемента, еще один или несколько элементов усиления при преобразовании выходного сигнала (см. гл. 7).

Датчики, в отличие от других блоков (узлов) аппаратуры автоматизации, находятся и действуют в наиболее тяжелых условиях эксплуатации. Они нередко подвергаются воздействию резких перемен температуры, высоких уровней вибрации, ударных нагрузок, агрессивных сред, высокой запыленности и влажности окружающей среды.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1 вариант- нечетные вопросы

2 вариант-четные вопросы

1. Какие устройства называются датчиками.

2. Примеры неэлектрических величин, контролируемых датчиками.

3. Классификация датчиков .

4. Описание параметрических датчиков.

5. Описание генераторных датчиков.

6. Описание радиационных датчиков

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Поспелов Л.П. Основы автоматизации производства. М.: Энергия 2011.- 232с.

Практическое задание 6

Тема: Изучение конструкции и работы реле различных типов.

Цель: 1. Ознакомление с конструкцией и работой реле различных типов
2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

1. Краткие теоретические сведения

В шахтной аппаратуре автоматизации большое распространение имеют различные реле. При этом реле называют элемент (устройство), обеспечивающее скачкообразное появление выходного управляемого сигнала при подаче на вход управляющего сигнала номинальной величины. Реле получили широкое распространение благодаря возможности управления большими мощностями с помощью относительно малой мощности управляемых сигналов.

Любое реле имеет три основные части: воспринимающую, промежуточную и исполнительную. Воспринимающая часть, например катушка, принимает входной сигнал (напряжение, ток) и реагирует на его изменение. Промежуточная часть, например магнитопровод, передавая воздействие от воспринимающей части к исполнительной, как правило, преобразует энергию одного вида в другой. Так, в электрических реле входная величина — ток преобразуется в электромагнитное усилие. Исполнительная часть осуществляет скачкообразное изменение выходной величины, например переключение одного или группы контактов.

Реле можно классифицировать по ряду признаков: виду входного сигнала — электрические (напряжения, тока, частоты), механические (давления, уровня), оптические (силы света, освещенности), тепловые, акустические, химические и др.;

выполняемой функции — управления, контроля, защиты, блокировки, сигнализации и др.;

назначению и области использования — телефонные, общепромышленной автоматики, авиационные и др.;

величине потребляемой мощности — высокочувствительные (до 0,01 Вт), чувствительные (до 0,1 Вт) и нормальные (свыше 0,1 Вт);

времени срабатывания — сверхбыстродействующие или безынерционные (до 0,001 с), быстродействующие (до 0,05 с), нормальные (до 0,25 с), замедленные (до 1 с) и реле времени (свыше 1 с).

Электрические реле, получившие наибольшее применение в угольной промышленности, в свою очередь, классифицируются по следующим признакам:

Роду управляющего тока_ - постоянного и переменного промышленной или высокой частоты;принципу действия — электромагнитные, магнитоэлектрические, индукционные и др.;

влиянию направления тока при срабатывании — нейтральные и поляризованные;

характеру воздействия на управляемую цепь — контактные и бесконтактные.

Кроме того, электрические реле можно разделить по виду и характеру движения якоря, форме магнитопровода и поперечного сечения сердечника, числу обмоток катушки, числу контактов и контактных групп. Так, например, по первому признаку реле могут быть: с якорем клапанного вида (рис. 13, а), с угловым якорем (рис. 13,б) и с втягиваемым якорем (рис. 13, в).

Принцип действия электромагнитных реле (рис. 13) состоит в следующем. При подаче напряжения на катушку 5, ток, протекающий через нее, создает электромагнитный поток, который проходит через сердечник 6, ярмо 7, якорь 2 и воздушный зазор 6 между якорем и сердечником. Возникающее при этом электромеханическое усилие притягивает якорь к сердечнику и вызывает замыкание, а в других случаях — размыкание или переключение контактов 4. При снятии напряжения (исчезновение тока) якорь возвращается в исходное положение пружиной /, упругостью контактных пластин или упругостью специальных упорных пластин (на рисунке не показаны). Для предотвращения задержки на отпусkanie якоря вследствие остаточного магнетизма служит латунная пластина 3 (или штифт) отлипания, при включенном реле между сердечником и якорем имеется постоянный воздушный (немагнитный) зазор (0,1—0,15 мм), облегчающий быстрое исчезновение электромагнитного потока после снятия напряжения с катушки и возврат якоря в исходное положение.

Ввиду меньшей надежности в работе и невозможности использования в искробезопасных цепях реле переменного тока в аппаратуре автоматизации наибольшее распространение получили электромагнитные реле постоянного тока.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1 вариант- нечетные вопросы

2 вариант-четные вопросы

1. Какие устройства называются реле.
2. Основные части реле.
3. Классификация реле по признакам.
4. Классификация электрического реле.
5. Принцип действия электромагнитных реле.
6. Принцип действия механических реле.

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Поспелов Л.П. Основы автоматизации производства. М.: Энергия 2011.- 232с.

Составил

Практическое задание 7

Тема: Изучение специальных датчиков, применяемых при автоматизации конвейерных линий.

Цель:

1. Ознакомление с конструкцией и работой датчиков, применяемых при автоматизации конвейерных линий.
2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

1.Краткие теоретические сведения

При автоматизации управления конвейерных линий используют большое число различных средств контроля, защиты и сигнализации. Кроме датчиков КСЛ-2, ДМ-2М, ДС, кабель-тросового выключателя КТВ-2 и аппаратуры АКТЛ-1, РСА, КДК применяют устройства контроля прочности лент УКПЛ-1, реле контроля скорости УКСЛ-1, аппаратуру контроля скорости и пробуксовки (проскальзывания) лент АКП-1, УКПС, блок сигнализации БС-1, аппаратуру автоматизации орошения АО-3 и комплектную аппаратуру автоматизации АУК.1М. Устройство контроля прочности лент УКПЛ-1 применяют для контроля всех типов конвейерных лент со стальной тросовой основой шириной до 1200 мм. Оно

предназначено для профилактического контроля состояния тросовой основы резино-тросовых конвейерных лент при проведении осмотров и ремонтов и обеспечивает:

обнаружение поврежденных тросов в поперечном сечении ленты, движущейся с рабочей скоростью-

автоматическое суммирование повреждений основы с учетом их взаимного влияния на прочность движущейся с рабочей скоростью ленты из-за повреждений тросовой основы по длине ленты;

непрерывную регистрацию показаний самопишущим прибором;

возможность определения на неподвижной ленте числа поврежденных тросов на обнаруженных дефектных участках и стыковых соединениях;

выдачу команды на отключение привода конвейера и подачу светового сигнала при обнаружении повреждения тросов, превышающего установленный предел в поперечном сечении или по длине ленты.

Контроль схода ленты при автоматизации ленточных конвейеров осуществляют различными механическими устройствами, устанавливаемыми по обеим сторонам от движущейся ленты. завод шахтной автоматики для этой цепи изготавливает *датчик контроля схода ленты* КСЛ-2 (Датчик состоит из корпуса, гибкого привода и исполнительного устройства. Корпус 2 и крышка 1 выполнены из волок-нита. В корпусе расположено исполнительное устройство, состоящее из магнитной системы 5 и геркона, заключенного в капсулу 6, которая ввинчивается в шайбу 4 и фиксируется гайкой 3.

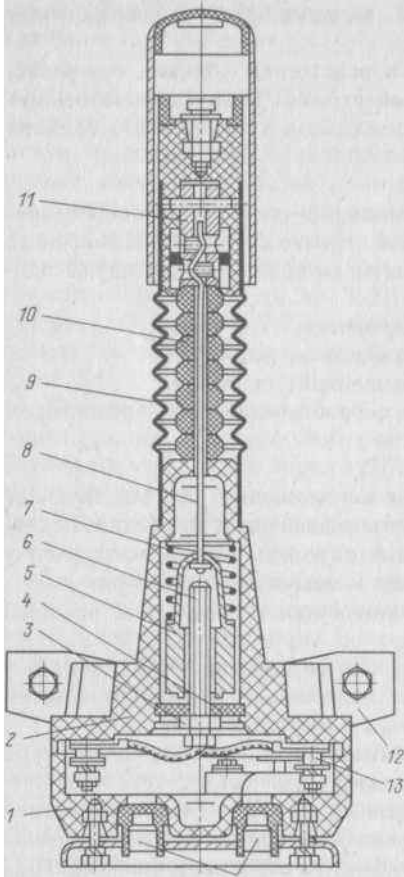
Гибкий привод состоит из пружины 7, резинового кожуха 9 и восьми конических шайб 10, нанизанных на трос 8, связывающий магнитную систему с зажимом 11. В крышке датчика имеется два кабельных ввода 14, жилы кабеля подводятся к зажимам 13, электрически связанным с герконом. На корпусе датчика имеется металлическая планка 12, с помощью которой датчик крепится к грузовой опоре роликов конвейеров.

При воздействии на гибкий привод конвейерной лентой с помощью троса 8 происходит перемещение кольцевой магнитной системы вдоль капсулы, что приводит к замыканию или размыканию (в зависимости от настройки) контактов геркона.

Для экстренной остановки и прекращения пуска автоматизированных конвейерных линий выпускаются кабель-тросовые выключатели КТВ-2. *Выключатель КТВ-2* содержит магнитоуправляемый контакт, на который воздействует поле постоянного магнита. При оттягивании штока, на котором обычно закрепляется кабель-трос, между магнитом и герконом вводится стальной экран, отклоняющий магнитное поле от контактной группы,

что приводит к размыканию контактов. Выключатель может работать с фиксацией и без фиксации отключенного положения.

Устройство контроля и информации УКИ предназначено для подачи сигналов в аппаратуру управления на аварийное отключение конвейера при срабатывании датчиков КТВ-2 либо КС11-2 с автоматическим поиском и индикацией аварийного датчика с помощью линейных модулей,



а также для подачи сигналов на аварийное отключение конвейера при предельных усилиях в ленте, для автоматического управления лебедкой натяжения ленты и создания выдержки времени на увеличение длительности пуска конвейера.

Автоматизация оросительных устройств. В местах перегрузки угля для уменьшения пылеобразования применяют специальные оросительные устройства. Автоматизация работы последних сводится к автоматическому открыванию и закрыванию исполнительного устройства, подающего воду к форсунке, установленной над сбрасывающим барабаном конвейера, в зависимости от наличия угля на работающем конвейере. Для автоматизации системы орошения в пунктах перегрузки транспортируемого материала применяют аппаратуру АО-3.

Реле времени РВИ-1М используют для создания выдержки при пуске мощных подземных конвейеров. Схема реле обеспечивает выдержку времени в диапазоне 0,5—300 с.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1 вариант- нечетные вопросы

2 вариант-четные вопросы

1. Описание датчика КСЛ-2.

2. Описание датчика КТВ-2.

3. Описание датчика ДМ-2М.

4. Назначение аппаратуры АО-3

5. Назначение аппаратуры РВИ-1М.

6. *Устройство контроля и информации УКИ*

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Поспелов Л.П. Основы автоматизации производства. М.: Энергия 2011.- 232с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое задание 8

Тема: Изучение датчиков уровня и реле контроля давления

Цель:

1. Ознакомление с конструкцией и работой датчиков уровня и реле контроля давления
2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

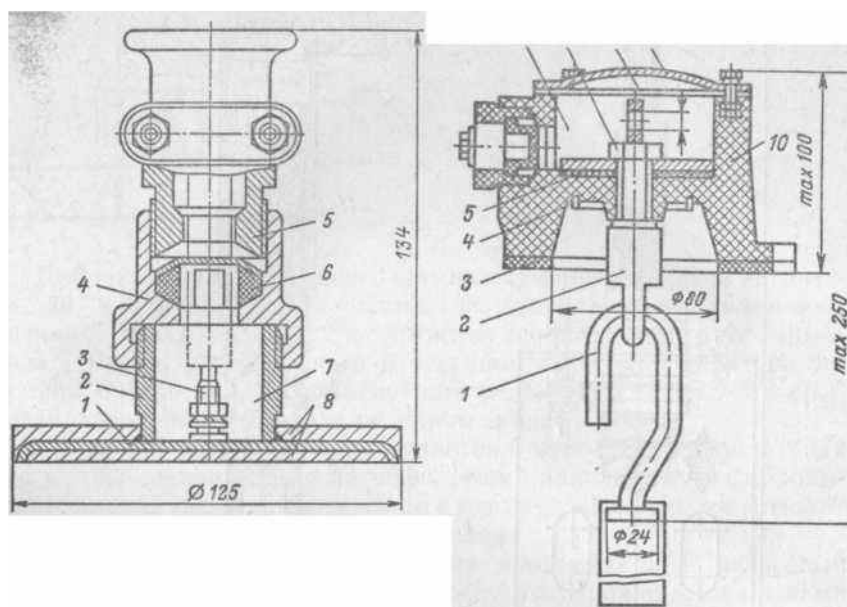
Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

1. Краткие теоретические сведения

Для контроля уровней воды в водосборниках при автоматизации управления насосами водоотливных установок используют электродные датчики.

Электродный датчик ЭД-1 (рис. 41) состоит из стального или латунного диска 1, к которому приварен стальной стакан 2. Внутри стакана размещена, приваренная к диску, контактная шпилька 3. На стакан навернут кабельный штуцер 4, внутрь которого ввинчена нажимная гайка 5 кабельного ввода, прижимающая уплотнительную резиновую втулку 6. Полость 7 стакана после присоедине-



ния жилы кабеля к шпильке заливают компаундом. Для защиты от коррозии диск футеруется слоями свинца 8. Датчик с помощью кабеля

подвешивают на требуемой высоте, при достижении которой уровнем воды замыкаются цепи управления и сигнализации.

-Для контроля уровней сыпучих материалов в бункерах на пересыпах и жидкостей в водосборниках, обладающих электропроводностью, наибольшее распространение получил электродный датчик ДУ-1, используемый в комплекте со специальными реле.

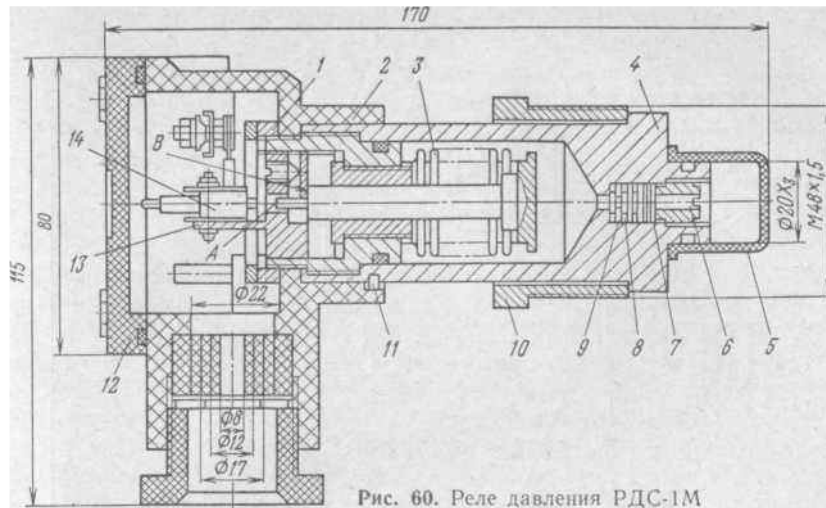
Датчик уровня ДУ-1 (рис. 42) имеет пластмассовый корпус 10 с кабельным вводом. В корпусе, закрытом сверху металлической крышкой 9, жестко с помощью гайки 7 закреплен рым-болт 2, к которому подвешен крюк 1. Гайка опирается на стальное основание 6. В нижней части корпуса запрессовано металлическое охранное кольцо 4. Для уплотнений имеются резиновые прокладки 3, 5, 8.

Датчик ДУ-1 устанавливают над бункером или водосборником и крепят тремя болтами. В качестве электрода используют трубу, стальной трос или цепь. Трубу с крюком соединяют электросваркой, а трос (цепь) крепят болтом или жимком. Длину трубы (троса, цепи) выбирают в зависимости от контролируемого уровня.

Реле давления

Реле давления РДС-1М предназначено для контроля давления в линии подпитки, высоконапорных насосов станции типа СНУ-5 и контроля минимального давления в системах орошения горных машин. Реле можно использовать в системах с водомасляными эмульсиями и шахтной осветленной водой в диапазоне уставок давления от 0,05 до 1,6 МПа. Коммутирующая способность контактов до 4А при напряжении до 60В.

Реле РДС-1М (рис. 60) состоит из корпусов 2 и 4, соединенных между собой гайкой / и шпонкой 11, которая предотвращает поворот корпусов относительно друг друга. Корпус 2 имеет кабельный ввод и крышку 12, а внутри него расположен микропереключатель 14, укрепленный на ограничителе хода 13. Внутри корпуса 4 размещены сильфон 3 и демпфирующий узел, состоящий из набора шайб 9, уплотнительных колец 8, фильтра 7 и зажимающего их винта 6. Колпачком 5 закрывают входное отверстие для жидкости при транспортировке. С помощью втулки 10 с наружной резьбой реле давления ввинчивается в отверстие контролируемой магистрали. Действие реле состоит в следующем. Рабочая жидкость (эмульсия или вода) через фильтр и демпфирующий узел поступает в корпус 4, вызывая сжатие сильфона. Шток сильфона, перемещаясь, своим торцом А нажимает на кнопку микропереключателя и переключает



его контакты. Дальнейшее перемещение штока предотвращается ограничителем хода, в который упирается поверхность *В* штока. В зависимости от величины контролируемого давления реле изготавливают с разной толщиной стенок сильфона или с дополнительной пружиной.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

- 1 вариант- нечетные вопросы
- 2 вариант-четные вопросы

- 1. Описание датчика ЭД-1.
- 2. Описание датчика ДУ-1.
- 3. Описание реле давления РДС-1М.
- 4. Назначение аппаратуры РКУ-1М

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Поспелов Л.П. Основы автоматизации производства. М.: Энергия 2011.- 232с.

Практическое задание 9

Тема: Изучение аппаратуры контроля положения, температуры.

Цель:

1. Ознакомление с конструкцией и работой аппаратуры контроля положения, температуры.
2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

1. Краткие теоретические сведения

. Аппаратура контроля температуры

Аппаратура АКТ-2 предназначена для автоматического контроля температуры подшипников стационарных объектов (вентиляторов, насосов, компрессоров, подъемных машин и др.) и состоит из аппарата контроля температуры АКТФ-2 и датчиков ДКТ-1 (до 6 штук), рассчитанных на температуры 70 и 90 °С.

Принцип действия электрической схемы (рис. 52) аппаратуры АКТ-2 состоит в следующем: при подаче питания и нормальном режиме автогенератор на транзисторе $V13$ генерирует импульсы и вызывает включение реле $K1$, которое своим контактом включает реле $K3$ и разрывает цепь включения выходного реле $K4$, через размыкающий контакт которого включается светодиод $V17$ («Нормальная работа») на крышке аппарата. Одновременно напряжение с обмотки III трансформатора $T3$ через емкости $C1—C7$ подается на датчики $B1—B6$, индуктивности катушек которых остаются большими и не оказывают влияния как на режим автогенератора, так и на элементы памяти $E1—E6$.

При увеличении температуры, например, датчика $B1$ происходит уменьшение индуктивности его катушки, что вызывает рост амплитуды тока в цепи $C1—B1—E1—C2$, и сердечник элемента памяти $E1$ перемагничивается в противоположное состояние.

При дальнейшем повышении температуры до критической увеличивается потребляемый ток от обмотки III трансформатора $T3$ в результате автоколебания срываются, транзистор $V13$ запирается и реле $L7$ отключается. При этом реле $K3$ остается включенным через резистор $R10$, а размыкающим контактом $K1$ включается реле $K4$, контактом которого отключается светодиод $V17$.

Определяют номер перегревшего датчика нажатием кнопок $S2—S7$. При нажатии кнопки $S2$ импульс тока с конденсатора $C9$ через диод

V_9 подается на обмотку трансформатора T_7 . Этот импульс перемагничивает сердечник элемента E_1 в исходное состояние, вызывая при этом в его вторичной обмотке импульс тока, который через диод V_1 и резистор R_2 отпирает тиристор V_7 . В результате включается светодиод V_{12} («Перегрев»).

Для воспроизведения информации от остальных датчиков перед нажатием соответствующих кнопок необходимо (каждый раз) нажимать кнопку S_8 , отключающую тиристор V_7 . Переключатель S_1 обеспечивает возможность изменения числа контролируемых датчиков.!

Аппаратура контроля положений (перемещений)

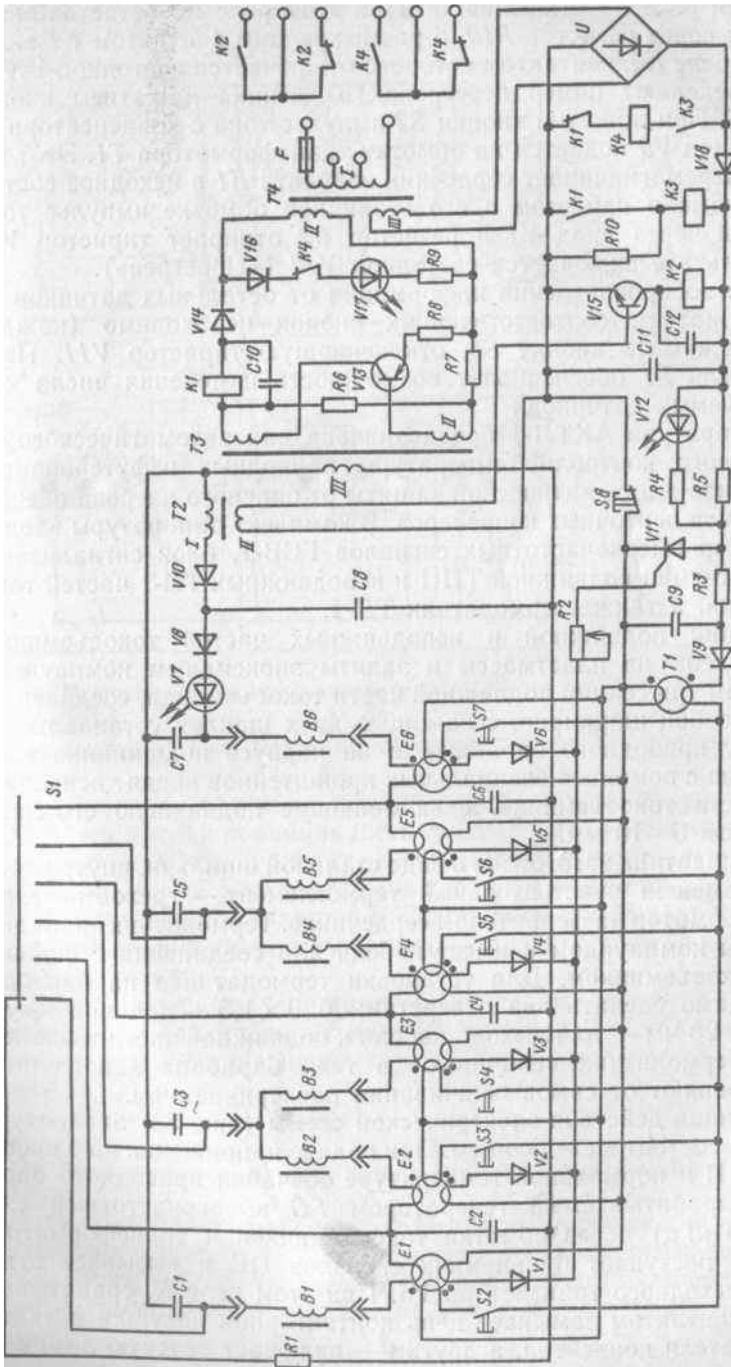
Датчик контроля положения ¹ ДКП-М предназначен для контроля местоположения в точке пути крупных подвижных объектов (вагоночек, электровозов, подъемных сосудов и др.), обладающих ферромагнитными свойствами. В комплект изделия входят: усилитель датчика контроля УДК-2, передающая (излучающая) антенна датчика АДИ-2 и приемная АДП-2 антенна датчика.

В корпусе из листовой стали усилителя УДК-2 размещены блокировочный выключатель и выемная панель с блоком питания, усилителем, стабилизатором, блоками генератора и реле.

Антенна АДИ-2 представляет собой катушку, заключенную в прочный корпус из немагнитного материала и залитую эпоксидным компаундом. Антенна АДП-2 по конструкции аналогична АДИ-2 и отличается только параметрами катушки и кабельным вводом.

При подаче напряжения на блок питания 1 , синхронизатор 2 запускает тиристорный генератор тактовых импульсов 3 и через него тиристорный генератор высоковольтных импульсов 4 . Последний формирует мощное электромагнитное поле в передающей антенне 5 . Это поле при промышленной частоте наводит в приемной антенне б.д.с., которая усиливается входным усилителем 7 и поступает на вход амплитудного селектора 8 , который избирает импульсы с амплитудой больше определенного уровня.

¹ Название заводское, условное.



При помещении экрана (появлении объекта контроля) между передающей и приемной антеннами амплитуда импульсов в приемнике уменьшается. Импульсы, прошедшие через амплитудный селектор 8, поступают на один из входов схемы совпадения 9, на другой вход которой поступают импульсы с генератора тактовых импульсов 3. Импульс на выходе схемы совпадения 9 появляется только при временном совпадении импульсов на обоих входах. С выхода схемы совпадения 9 импульсы поступают на вход одно-вибратора 10, который расширяет импульсы передатчика и подает их на вход выходного каскада с реле 11. Последний выпрямляет импульсы и включает или отключает реле в зависимости от наличия или отсутствия экрана между передающей и приемной антеннами.

Магнитные выключатели ВМ-66 и ВМ4-65 предназначены для работы в качестве путевых и конечных выключателей в системах автоматического управления, контроля и защиты установок с подвижными объектами, для предупреждения переподъема клетей и скипов при автоматизации подъемных установок.

Выключатели ВМ-66 и ВМ4-65 выполнены в виде отдельных изделий: станции СВМ-66 или СВМ4-65, датчиков ДВМ-65 и магнитов МВМ-63-1. При этом станция СВМ-66 имеет один блок БВМ, а станция СВМ4-65 — четыре блока БВМ.

Принцип действия магнитных выключателей основан на изменении электрических параметров датчика под воздействием постоянного внешнего источника магнитного поля.

Принципиальная схема ВМ-66 (рис. 55) содержит блок питания, блок выключателя магнитного БВМ и датчик ДВМ-65. При этом в блок питания входят: трансформатор T_2 , выпрямитель $V_1—V_2$, питающий датчик ДВМ-65 и выпрямитель U , питающий блок БВМ. В схему БВМ входят: трансформатор входной T_1 , трансформатор выходной T_3 , дроссель L , транзисторы V_3 , V_4 , реле промежуточное K_1 , реле исполнительное K_2 , диоды, конденсаторы, резисторы.

В исходном состоянии при подаче напряжения питания 380 Вк зажимам $15—16$ выключателя на выходных зажимах ($13—14$) датчика ДВМ-65 появляется сигнал, который поступает на двухкаскадный электронный усилитель блока БВМ. Усиленный сигнал через трансформатор T_3 и выпрямитель $V_6—V_7$ поступает на обмотку реле $7<7$, которое, сработав, включает реле K_2 . Таким образом, блок будет находиться в состоянии готовности к работе.

Выходной сигнал датчика при прохождении магнита, укрепленного на контролируемом объекте, и воздействии постоянного магнитного поля на датчик, укрепленный в заданной точке пути, резко уменьшается до величины ниже порога чувствительности усилителя, вызывая поочередное мгновенное отклонение реле K_1 и K_2 . Kontakтами последнего включаются цепи защитного отключения и аварийной сигнализации.

Постоянное включение реле K_1 и K_2 в состояние готовности обуславливает самоконтроль схемы выключателя, так как при любом ее повреждении, вызывающем потерю работоспособности, исполнительное реле отключается (блок срабатывает), срабатывает сигнализация о потере контроля и контролируемый объект останавливается.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1 вариант- нечетные вопросы

2 вариант-четные вопросы

1. Назначение аппаратуры АКТ-2.

2. Принцип действия электрической схемы АКТ-2.

3. Назначение датчика ДКП-М.

4. Принцип действия выключателей ВМ-66 и ВМ-65.

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Поспелов Л.П. Основы автоматизации производства. М.: Энергия 2011.- 232с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое задание 10

Тема: Изучение конструкций трансформаторов тока и напряжений.

Цель: 1. Ознакомление с конструкциями трансформаторов тока и напряжений.

2. Систематизировать полученные знания по данной теме.

Оснащение: Методические указания, основная и дополнительная литература.

Порядок выполнения работы.

Краткие теоретические сведения



Многообразие конструктивных исполнений трансформаторов тока

объясняется условиями их конкретного использования. В общем случае различают трансформаторы тока для внутренней и наружной установки. Для внутренней установки, как правило для использования в КРУ, трансформаторы тока защищены от атмосферных воздействий и класс напряжения ограничен 35 кВ. Поэтому трансформаторы тока в этом случае выполняются с литой (из эпоксидной смолы) изоляцией с менее развитой внешней поверхностью. Трансформаторы тока имеют обозначения для первичной цепи Л1-Л2 и для вторичных цепей И1-И2 (рис. 1,а). Для наружной установки трансформаторы тока имеют значительно более сложную конструкцию изоляции (многослойная бумажно-масляная изоляция) между первичной и вторичной цепью и при этом еще используется трансформаторное масло. Вся конструкция трансформатора тока находится в фарфоровой рубашке.

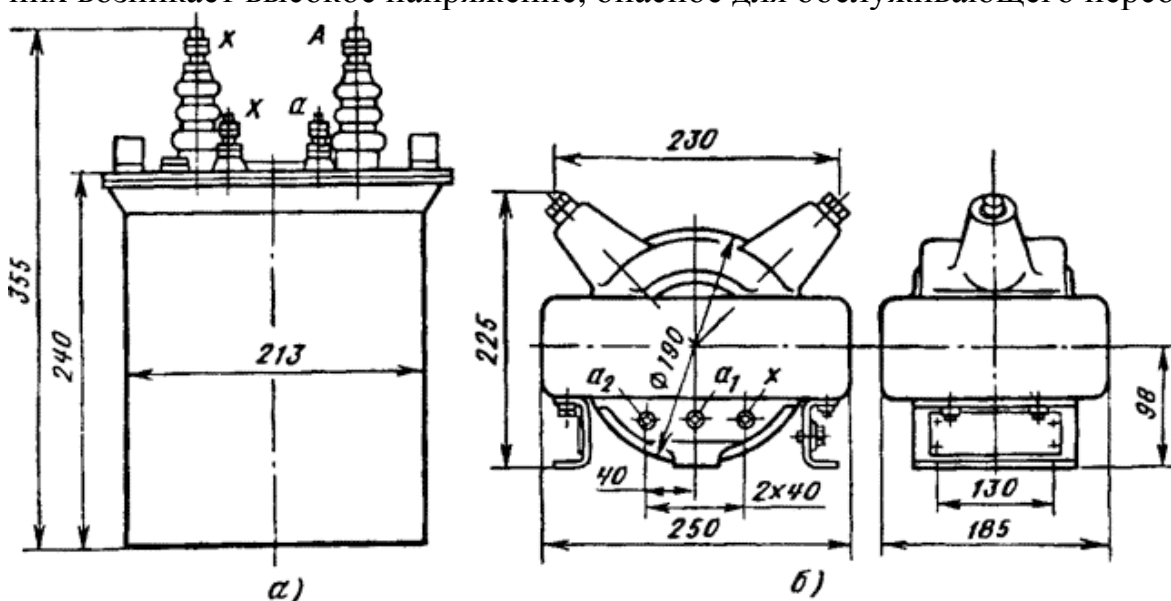


Рассмотрим трансформатор тока ТФЗМЭ5Б1 (рис. 1,б) с бумажно-масляной изоляцией звеньев типа (как звенья цепи входят друг в друга). Вторичные обмотки 13 установлены на металлической опоре 14. На цоколе 16 крепежом 1, 2, 3 и резиновым уплотнением 15 фиксируется фарфоровая крышка 4, являющаяся корпусом трансформатора тока.

Рис. 1. Трансформаторы тока внутренней ТЛМ-10 (а) и наружной ТФЗМ-35 (б) установки

В цоколе 16 имеются вторичные выводы, закрытые крышкой 17. Первичная обмотка 12 из большого количества гибкого изолированного провода, собранного в параллель, дополнительно изолирована кабельной бумагой. Выводы первичной обмотки 10 проходят через уплотнения в фарфоровой

покрышке. Взаимное расположение обмоток обеспечивается натяжителем 11,5. Верхняя крышка 7 фиксируется болтами 6 через резиновую прокладку 9 и имеет специальный выхлопной клапан 8. Весь внутренний объем заполнен трансформаторным маслом, выполняющим функции изоляции между обмотками. По этому же конструктивному принципу создаются трансформаторы тока на более высокий класс напряжения, но используя каскадный принцип понижения уровня тока и напряжения на каждом преобразовании. При отсутствии вторичной нагрузки выходные клеммы И1-И2 трансформаторов тока должны быть закорочены, в противном случае на них возникает высокое напряжение, опасное для обслуживающего персонала.



На рис. 2 представлен трансформатор напряжения на напряжение 6 кВ с масляной и литой изоляцией. Сопоставление габаритных размеров убеждает в преимуществах литой изоляции для трансформатора напряжения внутренней установки.

2. При выполнении практической работы дать ответы на следующие вопросы:

1. В чем различие трансформаторов тока для внутренней и наружной установки.

2. По какому конструктивному принципу создаются трансформаторы тока на более высокий класс напряжения.

Сделайте вывод по работе.

Литература:

Кацман М.М. Электрические машины. – М. : «Академия» , 2011. – 496с.

Составил

Ю.Н. Тюнягин

Практическое задание 11

Тема: Изучение типов электроприводов

Цель: 1) Изучение типов электроприводов

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

Электрический привод (сокращённо — электропривод, ЭП) — это управляемая электромеханическая система, предназначенная для преобразования электрической энергии в механическую и обратно и управления этим процессом.

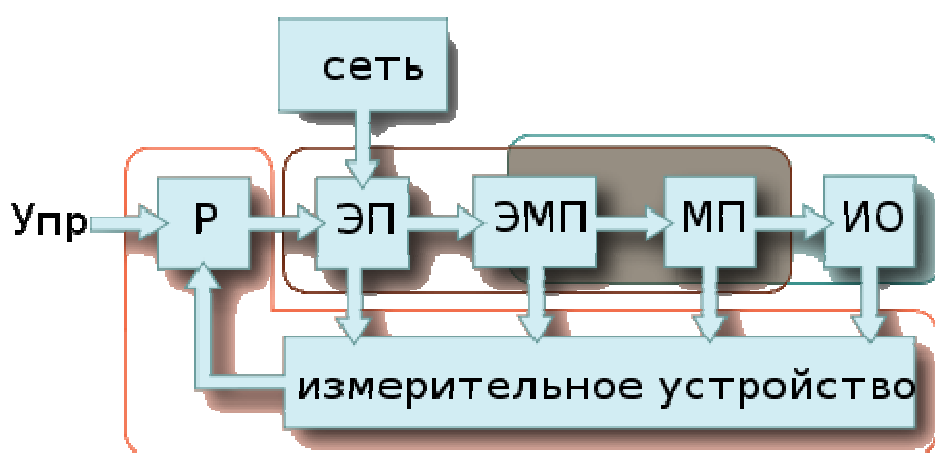
Современный электропривод — это совокупность множества электромашин, аппаратов и систем управления ими. Он является основным потребителем электрической энергии (до 60 %) ^[1] и главным источником механической энергии в промышленности.

В ГОСТ Р 50369-92 **электропривод** определён как электромеханическая система, состоящая из [преобразователей электроэнергии](#), электромеханических и механических преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса ^[2].

Как видно из определения, исполнительный орган в состав привода не входит. Однако, авторы авторитетных учебников ^{[1] [3]} включают исполнительный орган в состав электропривода. Это противоречие объясняется тем, что при проектировании электропривода необходимо учитывать величину и характер изменения механической нагрузки на валу электродвигателя, которые определяются параметрами исполнительного

органа. При невозможности реализации прямого привода электродвигатель приводит исполнительный орган в движение через кинематическую передачу. [КПД](#), [передаточное число](#) и пульсации, вносимые кинематической передачей также учитываются при проектировании электропривода.

Функциональная схема



Функциональные элементы:

- Регулятор (Р) предназначен для управления процессами, протекающими в электроприводе.
- Электрический преобразователь (ЭП) предназначен для преобразования электрической энергии сети в регулируемое напряжение постоянного или переменного тока.
- Электромеханический преобразователь (ЭМП) — двигатель, предназначен для преобразования электрической энергии в механическую.
- Механический преобразователь (МП) может изменять скорость вращения двигателя.
- Упр — управляющее воздействие.
- ИО — исполнительный орган.

Классификация электроприводов

По количеству и связи исполнительных, рабочих органов:

- Индивидуальный, в котором рабочий исполнительный орган приводится в движение одним самостоятельным двигателем, приводом.
- Групповой, в котором один двигатель приводит в действие исполнительные органы РМ или несколько органов одной РМ.
- Взаимосвязанный, в котором два или несколько ЭМП или ЭП электрически или механически связаны между собой с целью поддержания заданного соотношения или равенства скоростей, или нагрузок, или положения исполнительных органов РМ.
- Многодвигательный, в котором взаимосвязанные ЭП, ЭМП обеспечивают работу сложного механизма или работу на общий вал.
- Электрический вал, взаимосвязанный ЭП, в котором для постоянства скоростей РМ, не имеющих механических связей, используется электрическая связь двух или нескольких ЭМП.

По типу управления и задаче управления:

- Автоматизированный ЭП, управляемый путём автоматического регулирования параметров и величин.
- Программно-управляемый ЭП, функционирующий через посредство специализированной управляющей вычислительной машины в соответствии с заданной программой.
- Следящий ЭП, автоматически обрабатывающий перемещение исполнительного органа РМ с заданной точностью в соответствии с произвольно меняющимся сигналом управления.
- Позиционный ЭП, автоматически регулирующий положение исполнительного органа РМ.
- Адаптивный ЭП, автоматически избирающий структуру или параметры устройства управления с целью установления оптимального режима работы.

По характеру движения:

- ЭП с вращательным движением.
- Линейный ЭП с линейными двигателями.
- Дискретный ЭП с ЭМП, подвижные части которого в установившемся режиме находятся в состоянии дискретного движения.

По наличию и характеру передаточного устройства:

- Редукторный ЭП с редуктором или мультипликатором.
- Электрогидравлический с передаточным гидравлическим устройством.

- Магнитогидродинамический ЭП с преобразованием электрической энергии в энергию движения токопроводящей жидкости.

По роду тока:

- Переменного тока.
- Постоянного тока.

По степени важности выполняемых операций:

- Главный ЭП, обеспечивающий главное движение или главную операцию (в многодвигательных ЭП).
- Вспомогательный ЭП.
- Привод передач

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Для чего предназначен электрический преобразователь
- 2) Как классифицируется электропривод по количеству и связи исполнительных, рабочих органов
- 3) Чем характеризуется автоматизированный электропривод

6 Список литературы

1)Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое задание 12

Тема: Изучение электропривода горных машин

Цель: 1) Изучение электропривода горных 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

ЭЛЕКТРОПРИВОД ГОРНЫХ МАШИН С ВЫСОКОЭКОНОМИЧНЫМ ТОРМОЗНЫМ РЕЖИМОМ

Электропривод ряда горных машин в рабочем цикле требует применения электрического вида торможения. Это, как правило, электрическое торможение, осуществляемое переводом электрической машины в генераторный режим. В электроприводе шахтной подъемной машины это торможение в период замедления подъемных сосудов или при спуске груза. В электроприводе ленточного конвейера, установленного на уклоне - это спуск груза. Если в первом случае тормозной режим действует кратковременно, то во втором случае - продолжительно и от экономичности тормозного режима зависит экономичность всей установки.

В большинстве случаев вышеперечисленные установки оборудуются электроприводом переменного тока на базе асинхронной машины (АМ) с фазным ротором. Наиболее приемлемым тормозным режимом /для АМ является режим динамического торможения. Согласно классификации схем динамического торможения, его создание возможно как с потреблением электроэнергии из сети, так и без (см. рисунок). Из схем динамического торможения с потреблением электроэнергии наиболее экономичными являются схемы с рекуперацией энергии скольжения в сеть переменного тока (электроприводы по системе АВК или АМВК) и с изменяющейся структурой. Первые две схемы достаточно сложные и требуют значительных капитальных затрат на дополнительное электрооборудование. В схеме динамического торможения с изменяющейся структурой, несмотря на то, что из сети потребляется электроэнергия, последняя может быть снижена до минимума. Как показали исследования, из сети потребляется электроэнергия, идущая лишь на создание начального тока возбуждения, а, следовательно, и магнитного потока. Затем при наступлении режима динамического торможения с самовозбуждением внешний источник

постоянного тока можно отключить, а АМ будет продолжать работать в тормозном режиме без потребления электроэнергии.

Этот принцип заложен в схемах динамического торможения без потребления электроэнергии из сети. Это схемы с самовозбуждением, по системе АМВК и конденсаторного торможения. Первая схема наиболее экономичная, так как для создания режима динамического торможения не требуется электроэнергия из сети, а также не требуется дополнительной аппаратуры.

Однако, создать этот режим возможно лишь после предварительного намагничивания АМ (например, после режима динамического торможения, когда АМ не размагничена полностью). Такой режим возможен и в схемах с полупроводниковым управлением, когда отключение АМ от сети и перевод ее в режим динамического торможения так быстротечен, что магнитный поток не успевает снизиться до нуля. И этого достаточно, чтобы АМ перевести в режим динамического торможения с самовозбуждением.

Рис. Классификация схем динамического торможения асинхронных двигателей

Наиболее перспективной остается схема конденсаторного торможения, в которой начальный ток возбуждения статора и магнитный поток создаются при разряде конденсатора, включенного в выпрямленную цепь ротора АМ. При работе последней в двигательном режиме конденсатор заряжается, а при переходе последней в тормозной режим он разряжается на обмотки статора, создавая начальный ток возбуждения и магнитный поток. Этого достаточно, чтобы АМ начала работать в режиме динамического торможения, не потребляя при этом электроэнергии из сети. Этот режим может быть создан и в аварийной обстановке при исчезновении напряжения в питающей сети.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что требует электропривод ряда горных машин в рабочем цикле
- 2) Каким электроприводом в большинстве случаев оборудуются электроустановки
- 3) Какой принцип заложен в схемах динамического торможения без потребления электроэнергии из сети

6 Список литературы

- 1)Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 13

Тема: Ознакомление с типом приводов станков промышленных роботов

Цель: 1) Изучение типов приводов станков промышленных роботов электропривода горных 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

Под приводом ПР понимается совокупность технических средств, предназначенных для приведения в движение всех звеньев манипуляционной системы и схвата рабочего органа в соответствии с требованиями производственного процесса. В функциональном отношении привод помещается между устройством управления ПР и звеньями манипуляционной системы так, как это показано на рис. 4.1.

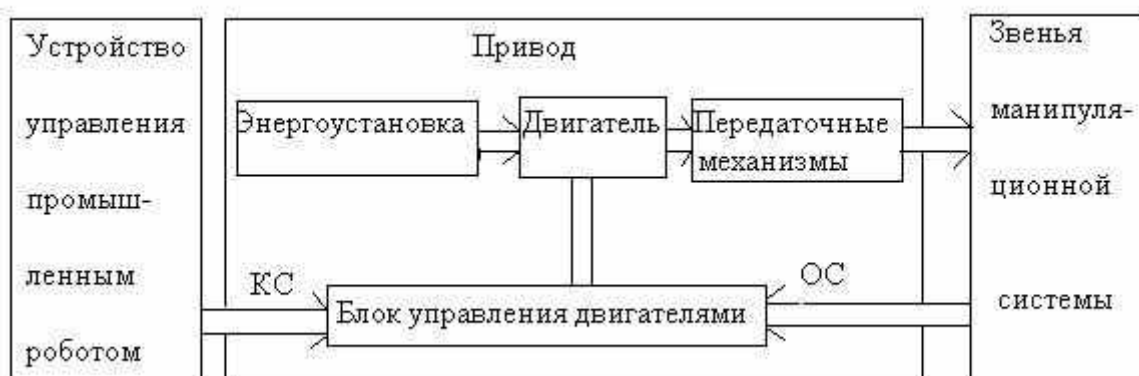


Рис. 4.1. Общая структура привода промышленного робота.

Приводы ПР включают в себя двигатель, систему управления, передаточные механизмы, тормозные устройства, датчики обратной связи и коммуникации. Коммуникации необходимы для передачи энергии к приводам и передачи сигналов управления, а также для выполнения обратной связи.

Выбор типа привода зависит от функционального назначения ПР. Основными факторами, определяющими выбор типа привода являются: назначение и условия эксплуатации, грузоподъемность и требуемые динамические характеристики конструкции, а также вид системы управления.

К приводу любого вида предъявляют общие требования:

- минимальные габаритные размеры при высоких энергетических показателях, обеспечивающие большое значение отношения выходной мощности к массе;
- возможность работы в режиме автоматического управления и регулирования, обеспечивающем оптимальные законы разгона и торможения при минимальном времени переходных процессов;
- быстроедействие, т.е. осуществление движений исполнительных механизмов с высокими скоростями и малой погрешностью позиционирования;
- малая масса элементов привода при высоком КПД всей конструкции;
- надежность и долговечность элементов конструкции;
- удобство монтажа, ремонта, обслуживания, переналадки и бесшумность работы.

В зависимости от используемого вида энергии приводы подразделяют на гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные (например, электрогидравлические, гидропневматические и др.)

В общем случае привод состоит из энергоустановки (преобразователя энергии) двигателей, передаточных механизмов и [блока управления](#) двигателями. Ко всем типам приводов в робототехнике предъявляются специальные требования. Основные из них: минимальный вес и габариты, повышенные энергетические, а также статические и динамические характеристики, легкость регулирования в большом диапазоне скоростей, реверсивность, большой ресурс и плавность движений, стабильность характеристик в широком диапазоне нагрузок, фиксация положения звена при отключении привода, независимость характеристик от изменения температуры. Особенностью является также взаимосвязанная групповая работа приводов всех степеней подвижности робота.

Силовыми модулями манипуляторов промышленных роботов служат различные типы приводов – электрические, гидравлические, пневматические.

Наиболее удобны в эксплуатации электроприводы, так как гидро- и пневмоприводы имеют склонность к утечкам рабочего тела и требуют специальных станций питания, издающих шум.

Кроме двигателя в состав привода для каждой степени подвижности входят: усилители мощности, передаточные устройства, а также корректирующие цепи, датчики обратных связей по скорости и положению, а иногда и силомоментные датчики. Их наличие полностью необходимо в замкнутых следящих приводах для контурных и контурно-позиционных систем управления. Основными параметрами привода являются: мощность, быстродействие и точность отработки командных сигналов. Для выбора того или иного типа привода при конструировании ПР наиболее существенным является вид энергии. Поэтому одна из распространенных классификаций приводов основана на этом признаке (рис.4.2).



Рис.4.2. Классификация приводов.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что понимается под приводом промышленных роботов
- 2) От чего зависит выбор типа привода
- 3) Что является основными параметрами привода

6 Список литературы

- 1)Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2)Поспелов Л.П. Гидравлика и основы гидропривода. Учебн. для техникумов – М.: Недра, 1989. – 118с.
- 3)Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 14

Тема: Ознакомление с электромеханическими приводами главного движения

Цель: 1) Изучение электромеханических приводов главного движения

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

Приводы главного движения и подачи в станках с ЧПУ предназначены для обеспечения процесса съема металла с максимальной производительностью при заданных точности и качестве обработки. В приводах главного движения иногда возникает необходимость точно и быстро остановить двигатель. Например, точно остановить шпиндель токарного станка для автоматической выгрузки изделия и загрузки новой заготовки или точно остановить резец алмазно-расточного станка напротив шпоночного паза растачиваемого отверстия для вывода резца из отверстия. В этом случае кроме увеличения диапазона регулирования используют датчики нулевого положения либо привод выполняется следящим. Для увеличения надежности и долговечности механизмов привода следует решать задачу обеспечения безударности его пуска и торможения. В некоторых станках, например токарно-винторезных, необходимо обеспечить возможность синхронного движения рабочих органов главного движения и подачи. Для этого на главном приводе устанавливается круговой импульсный датчик.

Регулирование частоты вращения привода главного движения может быть ступенчатым, бесступенчатым и комбинированным. Ступенчатое регулирование явилось исторически первым способом изменения частоты вращения шпинделя станка и было обусловлено следующими факторами: изначально станки с ЧПУ проектировались на основе аналогичного универсального оборудования, имеющего регулирование частоты вращения с помощью коробки скоростей; отсутствие электронной элементной базы, позволяющей реализовать идею бесступенчатого регулирования частоты вращения мощного

электродвигателя при сохранении постоянства вращающего момента в широком диапазоне частот. Ступенчатое регулирование имеет следующие преимущества – двигатель главного движения вращается с постоянной оптимальной скоростью, обеспечивая максимальный рабочий момент; применение асинхронного электродвигателя позволяет отказаться от преобразователя, что упрощает электрическую схему. Недостатки такого привода: требуется наличие сложных автоматических механических устройств изменения частоты вращения, торможения.

Ступенчатое регулирование в большом диапазоне осуществлялось с помощью:

– многоваловых коробок (число ступеней 24; диапазон регулирования и мощность не ограничиваются);

– ступенчато-шквивных передач с одинарным или двойным перебором (число ступеней до 12; диапазон регулирования до 30);

– многоскоростных асинхронных двигателей в сочетании с многоваловыми коробками передач.

Автоматическое переключение скоростей в передачах осуществляется с помощью электромагнитных фрикционных муфт.

Такие системы регулирования имеют следующие существенные недостатки: невозможность в процессе обработки поддерживать оптимальные режимы резания, высокая кинематическая сложность коробки скоростей, смена частоты вращения требует остановки шпинделя, низкая надежность и недолговечность электромагнитных фрикционных муфт.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

1) Для чего предназначены приводы главного движения и подачи в станках с ЧПУ

2) Какое может быть регулирование частоты вращения привода главного движения

3) Какие системы регулирования имеют существенные недостатки

6 Список литературы

1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.

2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Практическое занятие 15

Тема: Ознакомление с электромеханическими приводами подач

Цель: 1) Изучение электромеханических приводов подач

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

Приводами подачи с бесступенчатым регулированием оснащают станки с числовым программным управлением, гибкие производственные модули, станки с адаптивным управлением. Приводы должны обеспечивать широкий диапазон режимов обработки, максимальную производительность, высокую точность позиционирования исполнительных органов.

Благодаря регулированию электродвигателя и упрощению механической части снижается нагрузка на двигатель, повышается КПД привода, снижается его момент инерции, повышается точность исполнения команд.

Для роста производительности станка предусматривают скорость быстрого хода исполнительных узлов 15 м/мин и более, а в легких токарных и сверлильных станках с малыми ходами — высокое быстродействие привода (время разгона до максимальной скорости не превышает 0,2 с).

В связи с увеличением скорости быстрых перемещений и снижением скорости установочных движений диапазон регулирования привода подач станков с ЧПУ весьма широкий: в токарных, фрезерных и расточных станках от 100 до 10 000.

Поскольку доля силы резания в общей нагрузке на привод подачи значительна и в процессе обработки сила резания изменяется в широком диапазоне, требования к статической и динамической жесткости приводов подач станков с ЧПУ намного выше, чем к приводам подач традиционных станков.

Электромеханические приводы с бесступенчатым регулированием делятся на следящие и шаговые. В состав следящего привода входит регулируемый

электродвигатель, который может быть высокомоментным, имеющим возбуждение от высокоэнергетических магнитов, вентильным (синхронным) или асинхронным. Приводы последних типов имеют лучшую механическую характеристику по сравнению с приводом на основе высокомоментного двигателя.

В следящих приводах с полузамкнутым контуром обратной связи (рис. 9.1, а) тахогенератор, выполняющий функцию измерительного преобразователя скорости, устанавливается на вал двигателя подачи (часто встраивается непосредственно в двигатель). Круговой измерительный преобразователь пути устанавливают на ходовой винт или на вал двигателя. В этом случае тяговый механизм привода подачи не охвачен обратной связью, и его погрешности переносятся на обработанную деталь. Такие приводы пригодны для станков нормальной точности.

В следящих приводах с замкнутым контуром обратной связи (рис. 9.1, б) линейный измерительный преобразователь устанавливают на столе станка. Эти приводы характеризуются высокой точностью и пригодны для прецизионных станков. Однако зазоры и упругие деформации в кинематической цепи оказывают влияние на колебания привода.

В следящих приводах с гибридной структурой обратной связи (рис. 9.1 в) круговой измерительный преобразователь обратной связи устанавливают на валу электродвигателя или на ходовом винте. Он обеспечивает позиционирование стола. Линейный измерительный преобразователь помещают на столе и используют для автоматической коррекции погрешностей кинематической цепи привода. Такие приводы применяют в тяжелых станках.

Простой по конструкции шаговый привод подачи находит применение в малых станках. Он хорошо согласуется со средствами вычислительной техники.

Состав исполнительного механизма. В состав исполнительного механизма электромеханического привода подачи входят соединительная муфта 1 (рис. 9.2), тяговое устройство 4, его опоры 3. В приводе может быть использован простой редуктор 2, предназначенный для повышения момента на тяговом устройстве или для реализации компоновочного решения.

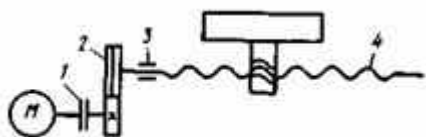


Рис. 9.2. Исполнительный механизм регулируемого электромеханического привода подачи

Соединительные муфты. Вал электродвигателя соединяют с редуктором или тяговым механизмом с помощью упругой беззазорной муфты, применение которой позволяет допустить их относительное смещение, снижает амплитуду изменения крутящего момента при разгоне и торможении привода, предохраняет ходовой винт от нагрева теплотой, выделяемой электродвигателем, снижает колебания в приводе. Соединительные муфты оказывают существенное влияние на точность и жесткость привода и к ним предъявляются повышенные требования в отношении крутильной жесткости, нагрузочной способности, долговечности.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Какие станки оснащают приводами подачи с бесступенчатым регулированием
- 2) Как подразделяются электромеханические приводы с бесступенчатым регулированием
- 3) Что входит в состав исполнительного механизма электромеханического привода подачи

6 Список литературы

- 1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 16

Тема: Задачи совершенствования современного электропривода

Цель: 1) Изучение задач совершенствования современного электропривода

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 конце XX века в России автоматизированный электрический электропривод остался главным потребителем электрической энергии и продолжает развиваться как раздел электротехнической науки и как одно из основных направлений электротехнического производства. Благодаря достигнутым успехам электротехнической промышленности в области создания электрических машин, трансформаторов, электрических аппаратов, силовой преобразовательной техники современный электропривод способен обеспечить высокие требования автоматизации обслуживаемых им механизмов и технологических линий

Анализ современного состояния электрификации промышленности и развития систем комплексной автоматизации показывает, что их основой является **регулируемый электрический привод**, который получает всё более широкое применение во всех сферах жизни и деятельности общества - от промышленного производства до сферы быта.

Благодаря постоянному совершенствованию технических показателей электроприводов они во всех областях применения являются основой современного технического прогресса. При этом в развитии современного автоматизированного электропривода наблюдается ряд особенностей, обусловленных состоянием его элементной базы и потребностями производства.

Первой особенностью электропривода на данном этапе его развития является расширение области применения регулируемого электропривода, главным

образом за счет количественного и качественного роста **частотно-регулируемых электроприводов переменного тока**.

Достигнутые в последние годы успехи в совершенствовании **тиристорных и транзисторных преобразователей частоты** привели к интенсивному развитию регулируемых электроприводов, использующих асинхронные электродвигатели более простой конструкции и с меньшей металлоемкостью, что приводит к вытеснению регулируемых электроприводов постоянного тока, которые в настоящее время в России имеют пока преимущественное применение.

Второй особенностью развития современного электропривода является **повышение требований к динамическим и статическим показателям электропривода, расширение и усложнение его функций, связанных с управлением технологическими установками и процессами**. Развитие электропривода идет по пути создания систем числового программного управления и расширения использования средств современной [микропроцессорной техники](#).

Это приводит к усложнению систем электроприводов, поэтому большое значение приобретает правильное определение задач, которые могут быть эффективно решены с использованием современных **микропроцессорных контроллеров**.

Третьей особенностью развития электропривода является стремление к унификации его элементной базы, **созданию комплектных электроприводов с использованием современной микроэлектроники и блочно-модульного принципа**. Реализация на этой основе идет процесс дальнейшего развития и совершенствования комплектных электроприводов с использованием систем частотного управления электродвигателями переменного тока.

Четвертой особенностью развития современного электропривода является **широкое его применение для реализации энергосберегающих технологий при управлении производственными процессами**. Развитие промышленности определяет возрастающее значение автоматизированного электропривода, как энергетической основы автоматизации производственных процессов.

Электрический привод является основным потребителем электрической энергии. Из всего объема электроэнергии, вырабатываемой в нашей стране, более 60% преобразуется с помощью электропривода в механическое

движение, обеспечивая работу машин и механизмов во всех отраслях промышленности и в быту. В связи с этим энергетические показатели массовых электроприводов малой и средней мощности имеют важнейшее значение при решении технических и экономических задач.

Пятой особенностью развития современного электропривода является **стремление к органическому слиянию двигателя и механизма**. Это требование определяется общей тенденцией развития техники, направленной на упрощение кинематических цепей машин и механизмов, что стало возможным благодаря совершенствованию систем регулируемого электропривода конструктивно встраиваемого в механизм.

Одним из проявлений этой тенденции является стремление к широкому использованию **безредукторной электропривода**. В настоящее время созданы мощные безредукторные электроприводы прокатных станов, шахтных подъемных машин, основных механизмов экскаваторов, скоростных лифтов. В этих электроприводах используются **тихоходные двигатели**, имеющие номинальную скорость вращения от 8 до 120 об/мин. Несмотря на повышенные габариты и массу таких двигателей, применение безредукторных электроприводов по сравнению с редукторными приводами оправдывается их большей надежностью и быстродействием.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что является основой электрификации промышленности и развития систем комплексной автоматизации
- 2) Что является особенностью развития современного электропривода
- 3) Что является общей тенденцией развития техники, направленной на упрощение кинематических цепей машин и механизмов

6 Список литературы

- 1)Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2)Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 17

Тема: Перспективы развития элементной базы электропривода

Цель: 1) Изучение перспектив развития элементной базы электропривода

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

Рассматривая развитие современного электропривода необходимо учитывать, что объективной тенденцией совершенствования электротехнического оборудования является его усложнение, обусловленное повышением требованиями технологических процессов и расширением потребительских свойств электротехнических изделий.

В этих условиях основной задачей развития электропривода и его средств управления является наиболее полное удовлетворение требований по автоматизации рабочих машин, механизмов и технологических линий. При этом наиболее эффективно эти возможности могут быть реализованы при использовании современных регулируемых электроприводов с микропроцессорным управлением.

В настоящее время главной задачей является расширение областей применения регулируемых электроприводов переменного тока. Успешное решение этой задачи позволяет повысить электровооруженность труда, механизировать и автоматизировать многие технологические установки и процессы, что значительно увеличит производительность труда.

Для этого необходимо решить ряд научно-технических и производственных проблем в области электротехники, так как развитие систем электроприводов требует совершенствования элементов механических передач, электрических двигателей, полупроводниковых силовых преобразователей и микроконтроллеров.

Совершенствование механических преобразователей движения

Комплексное решение вопросов совершенствования современных электроприводов и электромеханических комплексов на их основе требует особого внимания к проектированию и реализации механических преобразователей движения. В настоящее время усиливается тенденция к упрощению механических устройств технологического оборудования и усложнению их электротехнических компонентов.

При проектировании нового технологического оборудования стремятся к использованию "коротких" механических передач и безредукторных электроприводов. Выполненные исследования показали, что по массогабаритным показателям и КПД безредукторные электроприводы сравнимы с массогабаритными показателями и КПД редукторных электроприводов, если учитывается не только электродвигатель, но и редуктор.

Существенным выигрышем в применении жёстких механических передач и безредукторных электроприводов является достижение более высоких качественных показателей систем управления движением исполнительных органов машин и надёжности механизмов. Это объясняется тем, что протяженные механические передачи, охваченные обратными связями, существенно ограничивают из-за наличия упругих механических колебаний полосу пропускания частот системы управления электропривода.

Простейшие механические передачи общепромышленного применения обычно из-за податливости зубьев, валов и опор имеют несколько резонансных частот упругих колебаний. Если к этому добавить необходимость усложнения механики из-за применения устройств выборки люфтов, то становится очевидно, что применение безредукторных приводов будет все актуальней, особенно для технологического оборудования высокой производительности и качества.

Перспективным направлением развития электроприводов является применение линейных электродвигателей, которые позволяют исключить не только редуктор, но и устройства, преобразующие вращательное движение роторов двигателей в поступательное движение рабочих органов машин. Электропривод с линейным двигателем является органической частью общей конструкции машины, предельно упрощает ее кинематику и создаст возможности для оптимального конструирования машин с поступательным движением рабочих органов.

В последнее время интенсивное развитие получило технологическое оборудование со встроенными в механизм электродвигателями. Примерами таких устройств являются:

- электроинструмент,
- встраиваемые в шарнирные соединения двигатели приводов роботов и манипуляторов,
- электроприводы подъемных лебедок, в которых двигатель конструктивно объединяется с барабаном, выполняющим функции ротора.

В последние годы в отечественной и зарубежной практике определилась тенденция к более глубокой интеграции электромеханической преобразователя (электродвигателя) с рабочим органом и некоторыми устройствами управления. Это, например, мотор-колесо в тяговом электроприводе, [электрошпиндель](#) в шлифовальных станках, челнок - поступательно движущийся элемент линейного электропривода ткацкого оборудования, исполнительный орган координатного построителя с двухкоординатным (X, Y) двигателем.

Указанная тенденция прогрессивна, поскольку интегрированные электроприводы обладают меньшей материалоемкостью, имеют улучшенные энергетические показатели, компактны и удобны в эксплуатации. Однако созданию надежных и экономичных интегрированных электроприводов должны предшествовать комплексные теоретические и экспериментальные исследования, а также конструкторские разработки, выполненные на современном уровне, обязательно включающие оптимизацию параметров, получение оценок надежности. Причём работы в указанном направлении должны выполняться специалистами различных профилей.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что является объективной тенденцией совершенствования электротехнического оборудования
- 2) Применение каких приводов является главной задачей в настоящее время
- 3) Что является перспективным направлением развития электроприводов

6 Список литературы

- 1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 18

Тема: Регулируемый электропривод как средство энергосбережения

Цель: 1) Изучение регулируемого электропривода как средства энергосбережения

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

Переход от нерегулируемого электропривода к регулируемому является одним из основных путей энергосбережения в электроприводе и в технологической сфере средствами электропривода.

Как правило, необходимость регулирования скорости или момента электроприводов производственных механизмов диктуется требованиями технологического процесса. Например, скорость подачи резца определяет чистоту обработки детали на токарном станке, понижение скорости лифта необходимо для точного позиционирования кабины перед остановкой, необходимость регулирования момента на валу наматывающего устройства диктуется условиями поддержания постоянства усилия натяжения наматываемого материала и т. д.

Однако существует ряд механизмов, для которых изменение скорости по условиям технологии не требуется либо для регулирования используются другие (не электрические) способы влияния на параметры технологического процесса.

В первую очередь к ним относятся механизмы непрерывного транспорта для перемещения твердых, жидких и газообразных продуктов: конвейеры, вентиляторы, нагнетатели, насосные установки. Для этих механизмов в настоящее время используются, как правило, нерегулируемые асинхронные электроприводы, которые приводят в движение рабочие органы с постоянной скоростью независимо от загрузки механизмов. При неполной их загрузке режимы работы с постоянной скоростью характеризуются повышенным удельным расходом электроэнергии по сравнению с номинальным режимом.

По мере снижения производительности эффективность работы конвейера уменьшается, так как возрастает относительная доля мощности, расходуемой на преодоление момента холостого хода. Более экономичным является режим работы с переменной скоростью, обеспечивающей ту же производительность, но при постоянстве составляющей тянущего усилия.

На рис. 1 показаны зависимости мощности на валу двигателя для конвейера с моментом холостого хода $M_x = 0,3M_v$ для постоянной ($v = \text{const}$) и регулируемой ($F_T = \text{const}$) скоростей передвижения грузов. Заштрихованная область на рисунке соответствует экономии мощности, получаемой за счет регулирования скорости.

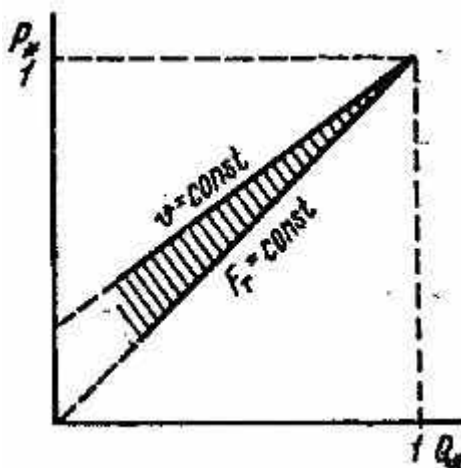


Рис. 1. Зависимость мощности на валу электродвигателя от производительности конвейера

Так, если скорость конвейера снизить до 60% от номинального значения, то при этом мощность на валу двигателя снизится на 10% по сравнению с номинальной. Эффект от регулирования скорости тем выше, чем больше момент холостого хода и чем значительно снижается производительность конвейера.

Снижение скорости механизмов непрерывного транспорта при недогрузке позволяет выполнить необходимый объем работы с меньшим удельным расходом электроэнергии, т. е. решить чисто экономическую задачу по снижению энергоемкости технологического процесса перемещения продуктов.

Обычно при снижении скорости таких механизмов экономический эффект появляется также за счет улучшения эксплуатационных характеристик технологического оборудования. Так, при снижении скорости уменьшается износ тянущего органа транспортера, увеличивается срок службы трубопроводов и арматуры за счет снижения давления, развиваемого машинами для подачи жидкостей и газов, а также устраняется избыточный расход этих продуктов.

Эффект в сфере технологии часто оказывается существенно выше, чем за счет экономии электроэнергии, поэтому принимать решение о целесообразности применения регулируемого электропривода для таких механизмов, оценивая лишь энергетический аспект, принципиально неверно.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что является одним из основных путей энергосбережения в электроприводе и в технологической сфере средствами электропривода.
- 2) Какие механизмы при неполной их загрузке в режиме работы с постоянной скоростью характеризуются повышенным удельным расходом электроэнергии
- 3) Какой фактор для механизмов непрерывного транспорта при недогрузке позволяет выполнить необходимый объем работы с меньшим удельным расходом электроэнергии

6 Список литературы

- 1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 19

Тема: Режимы работы электропривода, динамический момент

Цель: 1) Изучение режимов работы электропривода, динамический момент

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

Работа электромеханической системы электропривод – исполнительный механизм происходит при взаимодействии различных сил и моментов. Один из моментов создаётся электродвигателем, он приводит систему в движение и называется электромагнитным моментом, другие силы тормозят её (систему) и создают статический момент сопротивления – M . За положительное направление статического момента принимают направление, противоположное моменту двигателя. Электропривод работает в двух режимах: 1. установившийся или статический режим, это режим при котором скорость привода не изменяется; 2. переходный или динамический режим, это режим при котором скорость изменяется. Переходный режим может возникнуть в следующих случаях: 1. при изменении параметров двигателя, например, изменение сопротивления в цепи ротора; изменение числа пар полюсов статора и т.д.; 2. при изменении нагрузки механизма, например изменение подачи насоса, изменение величины сил трения якоря по грунту и т.д.; 3. при изменении параметров судовой сети, например, при уменьшении величины напряжения или частоты тока во время включения электродвигателей большой мощности. В переходном режиме электропривод переходит от одного установившегося режима к другому, при этом изменяются скорость, момент, и ток электродвигателя. В установившемся режиме электромагнитный момент равен статическому моменту и противоположен ему по направлению, и привод работает с постоянной скоростью. (3-1) В переходном режиме происходит ускорение или замедление привода и возникает инерционный или динамический момент, который двигатель должен преодолеть. Во время работы в переходном режиме, к электромагнитному моменту двигателя и статическому моменту добавляется динамический момент, равный $(3-2)$ где: суммарный момент инерции всех элементов привода, приведенный к скорости вращения вала двигателя – угловая скорость; – угловое ускорение. Появление

динамического момента объясняется действием сил инерции всех частей электропривода и исполнительного механизма. Например, в электроприводе лебедки динамический момент появляется вследствие инерции якоря или ротора электродвигателя, шестерней редуктора, барабана лебёдки и т.д.. Динамический момент увеличивает время пуска и остановки электропривода, а так же время достижения установившейся скорости. Для уменьшения динамического момента в двигателях специального исполнения уменьшают диаметр ротора и одновременно увеличивают длину ротора, с целью сохранения мощности двигателя. Такие двигатели применяют в электроприводах грузоподъемных механизмов. Их применение позволяет сократить время пуска и остановки электропривода, а значит, повысить производительность грузовых лебедок и кранов. Серии таких электродвигателей называются крановыми (название произошло от грузового крана). Уравнение движения электропривода

Уравнение движения электропривода учитывает все силы и моменты, действующие в переходных режимах и имеет следующий вид: (3-3)

Уравнение движения (3-3) показывает, что электромагнитный момент двигателя уравновешивается: статическим моментом на его валу и инерционным динамическим моментом . В расчётах принимается, что при работе электропривода массы тел и их моменты инерции не изменяются. Из анализа уравнения движения (3-3) следует, что: 1) при , происходит ускорение электропривода; при , происходит замедление электропривода; при , ускорение равно нулю, привод работает в установившемся режиме с постоянной скоростью . Момент, двигателя, положительный, если он направлен в сторону движения привода. Если момент двигателя направлен в противоположную сторону, то он отрицательный. Знак минус перед статическим моментом указывает на тормозящее действие механизма. При спуске груза, раскручивании сжатой пружины, движении электротранспорта под уклон и т.п. перед статическим моментом ставится знак плюс, так как статический момент направлен в сторону движения привода и способствует движению исполнительного механизма. Правая часть уравнения (3-3) динамический (или инерционный) момент – проявляется только при переходных режимах, то есть когда изменяется скорость привода. При ускорении привода динамический момент направлен против движения, а при торможении в сторону движения, так как он поддерживает движение за счёт инерции. Из уравнения движения электропривода (3-3) рассчитываются времена: пуска, разгона и торможения электропривода.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что называется электромагнитным моментом
- 2) Что называется статическим моментом сопротивления

3) Какой момент увеличивает время пуска и остановки электропривода, а так же время достижения установившейся скорости

6 Список литературы

1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.

2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 20

Тема: Время пуска двигателя в холостом режиме и под нагрузкой

Цель: 1) Изучение времени пуска двигателя в холостом режиме и под нагрузкой

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

Цикл пуска электропривода включает пуск и торможение ЭД. Для некоторых судовых механизмов пуски и торможения повторяются очень часто и оказывают существенное влияние на их работу. При расчете электроприводов механизмов необходимо знать длительность переходных процессов. Время переходных процессов определим из уравнения движения.

$$t = (3-4)$$

Если динамический момент $= \text{const}$ решение значительно упрощается. Найдем частное решение для наиболее типичных режимов работы электропривода. Пуск двигателя в холостом режиме Многие асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором при разгоне до рабочих скоростей развивают электромагнитный момент, который незначительно изменяется за время разгона. Поэтому этот разгонный момент можно принять равным среднему значению. , где; $= 1.2$ 2. Для рассматриваемого режима (пуск в холостую) , момент инерции, равен только моменту инерции двигателя, так как двигатель не нагружен механизмом. Из уравнения (3-4) получим $t_{\text{хх}}$ время разгона двигателя без нагрузки до скорости при холостом ходе $t_{\text{хх}} =$, (3-5) где: скорость в режиме холостого хода; $= 2$. Пуск двигателя под нагрузкой В отличие от пуска без нагрузки, при пуске нагруженного двигателя действует постоянный статический момент сопротивления, создаваемый механизмом $=$, и поэтому ЭД разгоняется пусковым моментом за время до установившейся скорости, соответствующей моменту нагрузки. Из уравнения (3-4) получим время разгона до установившейся скорости Момент инерции, при пуске нагруженного двигателя, равен приведенному моменту инерции, так как двигатель нагружен механизмом. . (3-6) Время торможения и изменения скорости электропривода Разгон двигателя от скорости до Разгон двигателя от скорости до по действием динамического момента, $=$ развиваемого двигателем, происходит за время , которое получим из уравнения (3-4), $=$. (3-7) Свободный выбег Свободный выбег это время,

через которое останавливается электропривод после отключения от сети. Движение электропривода происходит только под действием статического момента, так электромагнитный момент двигателя = 0. Воспользуемся уравнением (3-4) для определения времени свободного выбега: (3-8) Время торможения электропривода. Время свободного выбега за счет торможения статическим моментом бывает очень большим и часто не удовлетворяет требованиям электропривода и исполнительного механизма. Поэтому применяют различные способы электрического и механического торможения. Созданный тормозной момент ускоряет остановку привода. Статический момент может быть как тормозным и движущим. Это нужно учитывать при определении динамического момента. Для данного случая статический момент является тормозным. Время полной остановки определяется из уравнения (3-4). (3-9) Время изменения скорости электропривода. Рассмотрим изменение скорости двигателя от до при линейном законе изменения динамического момента во времени. Если двигатель работает на линейном участке, а механическая характеристика и нагрузка на валу двигателя изменяется по линейному закону, то динамический момент будет линейной функцией скорости.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода.

- 1) Что включает в себя цикл пуска электропривода
- 2) Чем пуск двигателя под нагрузкой отличается от пуска без нагрузки
- 3) Каким может быть статический момент

6 Список литературы

- 1) Онищенко Г.Б. Электрический привод. — М.: Академия, 2013.
- 2) Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2013. — С. 220

Составил

Тюнягин Ю.Н.