Каспийский институт морского и речного транспорта
филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. директора по учебной работе
_____ М.В. Карташов
«16» февраля 2016 г.

Методические указания
по выполнению лабораторных работ

по дисциплине,
МДК, модулю «Электроприводы и системы управления ими»

для курсантов 2 и 3 курса

специальности 26.02.06 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики»

РАССМОТРЕНО
на заседании цикловой методической комиссии электромеханических дисциплин

Протокол № 8
от «15» февраля 2016 года

Председатель ЦМК
_____ С.А. Лифанов
(подпись) (Ф.И.О.)

СОСТАВИЛ
_____ С.А. Чечевицын

ОДОБРЕНО
учебно-методическим отделом СПО

Начальник _____ В.А.Овсянников

Ст. методист _____ О.Н. Вербицкая

2016 г.

Важнейшей целью учебного процесса является обучение курсантов способности применения теоретических знаний в практической деятельности. Одним из средств достижения этой цели является выполнение лабораторных работ курсантами.

Методические указания предназначены для организации выполнения лабораторных работ курсантами 3 курса по специальности 26.02.06 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики». В соответствии с ФГОС СПО, учебным планом ОУ, рабочей программой учебной дисциплины объем выполнения лабораторных работ по данной дисциплине составляет 14 часов.

Данный учебно-методический материал ориентирован на достижение главной цели: повышение результативности обучения и экспериментального подтверждения теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений по учебной дисциплине «Электроприводы и системы управления ими».

Лабораторные работы составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки.

В процессе лабораторной работы курсанты выполняют одну или несколько лабораторных работ (заданий), под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

Выполнение курсантами лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин общепрофессионального и специального циклов;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.
- углубление и расширение теоретических знаний;

- развитие познавательных способностей и активности курсантов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- развитие исследовательских умений;

- развитие универсальных учебных действий с использованием информационно-коммуникационных технологий.

При проведении лабораторных работ учебная группа согласно Государственным требованиям к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников (далее - Государственные требования) может делиться на подгруппы численностью не менее 8 человек.

Состав и содержание лабораторных работ направлено на реализацию Государственных требований.

Состав заданий для лабораторной работы спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть выполнены качественно большинством курсантов.

Лабораторная работа как вид учебного занятия проводиться в специально оборудованных учебных лабораториях. Продолжительность - не менее двух академических часов. Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности курсантов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Количество часов, отводимых на лабораторные работы, фиксируется в тематических планах примерных и рабочих учебных программ.

Перечень тем для лабораторных работ :

№ темы п/п	Наименование тем	Задания для лабораторной работы	Кол-во часов
1.	Приведение статических моментов к валу электродвигателя	Выполнить и объяснить расчет приведения статических моментов к валу электродвигателя	2
2	Регулирование скорости в системе «генератор – двигатель»	Выполнить, прочитать и объяснить электрическую схему регулирования скорости в системе «генератор – двигатель»	2
3	Пуск асинхронного двигателя при пониженном напряжении	Выполнить, прочитать и объяснить электрическую схемы пуска асинхронного двигателя при пониженном напряжении	2
4	Исследование конструкции и принципа действия контроллера, контактора и теплового реле	Объяснить устройство и принцип действия контроллера, контактора или теплового реле на выбор	2
5	Исследование контроллерной схемы управления ЭД серии МАП.	Выполнить, прочитать и объяснить контроллерную схемы управления ЭД серии МАП.	2
6	Исследование системы «генератор – двигатель»	Выполнить, прочитать и объяснить электрическую схему системы «генератор-двигатель»	2
7	Исследование системы «тиристорный преобразователь – двигатель» (ТП – Д)	Выполнить, прочитать и объяснить электрическую схему системы «тиристорный	2

		преобразователь – двигатель» (ТП – Д)	
	Итого:		14

Содержание.

Лабораторная работа № 1
Тема : Приведение статических моментов к валу электродвигателя

Цель выполнения работы:

- закрепление теоретического материала по силам и моментам, действующих в системе электропривода;
- закрепить умения и навыки расчета приведения статических моментов к валу электродвигателя;

Методическое обеспечение:

- методические указания по выполнению лабораторных работ;
- опорный конспект, выполненный на уроке по данной теме;
- видеопроектор;
- учебные плакаты;
- рекомендованная литература;
- интернет-ресурсы;

Методические рекомендации:

- изучить теоретический материал по конспекту и литературе;
- при выполнении работы разрешено пользоваться конспектом, плакатами, литературой и т.п.

Теория вопроса:

1. Силы и моменты, действующие в системе электропривода

Статические моменты

Определение «статический момент»

В состав каждого электропривода входит рабочая машина, например, насос, грузовая лебедка, рулевая машина и т.п.

Каждая такая машина имеет рабочий орган, предназначенный для выполнения полезной работы. К рабочим органам относят: у насоса - крыльчатку , у грузовой лебедки - крюк для подвески груза (гак), у рулевого устройства - перо руля и т.п.

Таким образом, к валу электродвигателя электропривода приложены два момента:

электромагнитный момент самого двигателя и момент, создаваемый рабочей машиной и передачей (если она есть). Последний называется

статическим моментом.

Важно подчеркнуть, что статический момент имеет чисто *механический* характер.

Направление действия статических моментов

В зависимости от выполняемой электроприводом операции каждый из них может быть *как движущим, так и тормозным*.

Движущими или положительными называют моменты, направленные в сторону движения и вызывающие или способствующие ему.

Тормозные или отрицательные моменты направлены навстречу движению и препятствуют ему.

2. Виды статических моментов

Различают два вида статических моментов: активные (потенциальные) и реактивные.

Активным называют момент, который вне зависимости от направления движения всегда действует в одну сторону. Такой момент создают, например, масса поднятого груза, силы упругости предварительного сжатых, растянутых или скрученных упругих тел и др.

В системе координат ω (M) связь угловой скорости ω и статического момента M показана при помощи вертикальной линии, проходящей через 1-й и 4-й квадранты
(рис. 8.2, а).

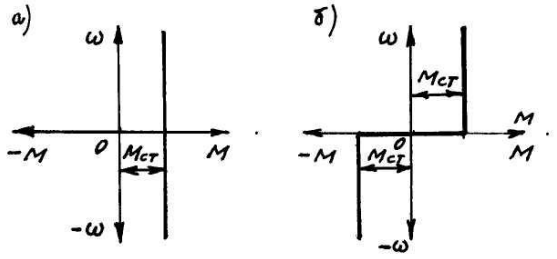

Рис. 8.2. Активный (а) и реактивный (б) статический моменты

Действительно, если считать, что активный момент создан подвешенным грузом, то статический момент $M_{ст}$= G*R = const (G – вес груза, R – радиус барабана лебедки).

Он имеет одно и то же *значение* при любой скорости, в том числе

при скорости, равной нулю.

Кроме того, направление этого момента *не зависит* от направления перемещения груза (вверх или вниз), что объясняется тем, что действие силы тяжести груза также не зависит от того, поднимают или опускают груз. Как известно, сила тяжести всегда направлена к центру Земли.

Реактивным называют момент, возникающий как реакция среды на движение электромеханической системы. Поэтому он действует только во время движения и всегда навстречу ему. Поэтому при изменении направления движения реактивный момент изменяет направление действия и во всех случаях будет тормозным (отрицательным).

Такой момент создают силы трения, например, трение крыльчатки вентилятора о воздух, трение шестерней в редукторе и т.п.

В системе координат ω (М) связь угловой скорости ω и статического момента М показана при помощи вертикальных линий, проходящих через 1-й и 3-й квадранты (рис. 8.2, б).

В общем случае статический момент представляет собой алгебраическую сумму моментов во всех частях рабочей машины. Если в электроприводе вентилятора статический момент создается только в результате трения крыльчатки о воздух и имеет реактивный характер, то в электроприводе лебедки действую одновременно два момента – активный, созданный подвешенным грузом, и реактивный, созданный силами трения в редукторе и в самом двигателе.

Поэтому в общем случае статический момент механизма находится как ***алгебрагическая сумма*** реактивного и активного моментов, т.е.

$$M_{ст} = \pm M_0 \pm M_2 \qquad (8.1).$$

3. Приведение статических моментов к валу электродвигателя

В простых по устройству механизмах рабочий орган соединен с электродвигателем непосредственно (напрямую).

Например, в электроприводе насоса его крыльчатка закреплена непосредственно на валу электродвигателя. В этом случае статический момент , созданный крыльчаткой насоса, равен

полезному моменту на валу электродвигателя. Иначе говоря, передача энергии от электродвигателя к насосу происходит без потерь энергии.

В более сложных по устройству механизмах, например, лебедках, брашпилях и т.п. используют передачи (редукторы). В этом случае в передаче возникают потери энергии, в результате чего статический момент механизма и полезный момент двигателя неодинаковы (больше полезный момент двигателя) .

Между тем, для того, чтобы подобрать электродвигатель под механизм, надо предварительно рассчитать полезный момент двигателя по заранее заданным параметрам параметрам механизма и передачи.

Такой расчет полезного момента *двигателя* по заданным параметрам *механизма и передачи* называют приведением статического момента (механизма) к валу электродвигателя.

Рассмотрим такой расчёт на примере упрощенного электропривода лебёдки, состоящего из электродвигателя М, одноступенчатого редуктора Р и грузового барабана Б (рис. 8.3).

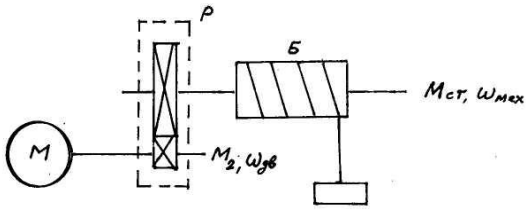

Рис. 8.3. Кинематическая схема электропривода лебёдки: М – электродвигатель,

Р – редуктор, Б – грузовой барабан

Пусть предварительно заданы параметры механизма и передачи, а именно: статический момент механизма $M_{ст}$, а также коэффициент полезного действия передачи η и её передаточное число í.

Далее рассуждаем так.

Мощность на валу электродвигателя

$$P_{дв} = \omega_{дв} * M_2 \qquad (1)$$

Мощность на валу механизма

$$P_{ст} = \omega_{ст} * M_{ст} \qquad (2)$$

Мощности $P_{дв}$ и $P_{ст}$ связаны через коэффициент полезного действия передачи:

$$\eta = P_{ст} / P_{дв} \qquad (3)$$

Подставим в формулу (3) правые части формул (1) и (2):

$$\eta = \omega_{ст} * M_{ст} / \omega_{дв} * M_2 \qquad (4)$$

Из формулы (4) найдем момент на валу электродвигателя

$$M_2 = (\omega_{ст} * M_{ст}) / (\eta * \omega_{дв}) = M_{ст} / (\eta * í) \quad (5),$$

где: $í = \omega_{дв} / \omega_{ст}$ - передаточное число передачи (редуктора).

Анализ формулы приведенного момента

Момент на валу электродвигателя тем больше, чем больше статический момент $M_{ст}$ и чем меньше кпд η и передаточное число í передачи.

Ход выполнения работы:

1. Инструктаж, проводимый преподавателем, по организации и порядку выполнения лабораторной работы. Разделение на группы.
2. Ответы на вопросы:

а) что такое статический момент?;

б) направление действия статических моментов;

в) виды статических моментов;

г) что такое приведение статических моментов к валу электродвигателя?;

д) провести анализ формулы приведенного момента;

2. Выполнение расчета приведения статических моментов к валу электродвигателя в составе групп. по вариантам выданных преподавателем;

№ варианта	Статический момент механизма $M_{ст}$(кг.м)	коэффициент полезного действия передачи η	передаточное число передачи í.
1	1000	0,77	150
2	2000	0,78	160
3	3000	0,79	170
4	4000	0,80	180
5	5000	0,81	190

3. Проведение анализа расчета приведения статических моментов к валу

электродвигателя;

4. Сообщение на уроке представителем каждой группы о проведенном анализе и выводах по расчету приведения статических моментов к валу электродвигателя;

5. Обсуждение итогов выполнения лабораторной работы;

Практическое задание для самостоятельной работы: Оформить расчет приведения статических моментов к валу электродвигателя по выданному варианту в тетради для лабораторных работ и представить на проверку;

Контроль выполнения: оценка проверки расчета и сообщения на уроке;

Для закрепления полученных знаний и подготовки к лабораторной работе можно использовать **вопросы для самоконтроля:**

а) что такое статический момент?;

б) направление действия статических моментов;

в) виды статических моментов;

г) что такое приведение статических моментов к валу электродвигателя?;

д) провести анализ формулы приведенного момента;

Рекомендуемая литература:

1. Кацман М.М. Электрический привод, 7-е изд., учебник. М.: Академия, 2014г. с.384

2. Москаленко В.В. Электрический привод, 7-е изд. , учебник, М.: Инфра-М, 2014г. с. 364

3. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу, 8-е изд., практикум, М.: Академия, 2014г. с.256

4.. Головин Ю.К. Судовые электрические приводы. Транспорт, 1991 г. с.327

Интернет-ресурсы:

1.sealib.com.ua›electrition/electroteh.html

2.studmed.ru›chekunov…**sudovye-elektroprivody**…sudov…

3. MorKniga.ru›p826290.html

4. ngavt.omskcity.com:82›cgi-bin/irbis64r_11/…?LNG…1…

5. eknigi.org›Аппаратура›Электрооборудование судов

Лабораторная работа № 2

Тема : Регулирование скорости в системе «генератор – двигатель»

Цель выполнения работы:

- закрепление теоретического материала по системе «генератор-двигатель»;
- закрепить умения и навыки по графическому изображению и чтению электрических схем;

Методическое обеспечение:

- методические указания по выполнению лабораторных работ;
- опорный конспект, выполненный на уроке по данной теме;
- видеопроектор;
- учебные плакаты;
- рекомендованная литература;
-интернет-ресурсы;

Методические рекомендации:

- изучить теоретический материал по конспекту и рекомендованной литературе и т.п.;
- при выполнении работы разрешено пользоваться конспектом, плакатами, литературой и т.п.;

Теория вопроса:

1. Регулирование скорости в системе «генератор – двигатель» (Г – Д)

Система Г-Д как минимум состоит из трех электрических машин:

1. исполнительного электродвигателя М2, приводящего в действие механизм;
2. генератора G1, питающего исполнительный ЭД;
3. приводного электродвигателя Ml, вращающего якоря генератора G1 и образующего с ним так называемый преобразователь.

Машины М2 и G1 - постоянного тока с независимым возбуждением.

Несмотря на это, система Г-Д может применяться при любом роде тока питающей сети.

Если сеть постоянного тока, то в качестве приводного двигателя

М1 применяют ЭД параллельного возбуждения, а обмотки возбуждения всех машин получают питание от сети.

Если сеть переменного тока, используют асинхронный приводной ЭД. Для питания обмоток возбуждения *L1G1* и *LM2* в этом случае применяют четвертую машину – возбудитель G2. Это небольшой генератор постоянного тока с самовозбуждением. Он приводится во вращение тем же приводным электродвигателем *M1* , что и генератор *G1* (рис. 1).

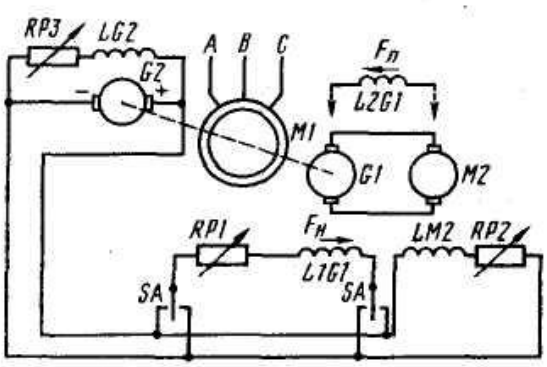

Рис. 1. Схема системы генератор – двигатель

Система действует следующим образом.

Сначала пускают приводной ЭД *M1*, якорь которого затем вращается постоянно в одну сторону с неизменной скоростью. Потом при помощи регулировочного резистора (реостата возбуждения) *RP3* возбуждают возбудитель *G2*, создающий неизменное напряжение.

От него получают питание независимые обмотки возбуждения исполнительного электродвигателя *LM2* и генератора *L1G1*.

В цепь первой включен регулировочный резистор *RP2*, в цепь второй – регулировочный резистор *RP1* и переключатель *SA*, изменяющий направление тока в обмотке *L1G1*.

Перед пуском резистор *RP1* должен быть полностью введен в цепь, а резистор *RP2* - выведен.

Для пуска *M2* переключатель *SA* устанавливают в одно из рабочих положений и постепенно выводят резистор *RP1*, увеличивая этим ток возбуждения в обмотке *L1G1*.

Последний возбуждается и подает плавно возрастающее напряжение на якорную обмотку *M2*. По цепи якорей *G1* и *M2* протекает ток.

Так как *M2* возбужден, его якорь начинает вращаться, и по мере возрастания напряжения, подведенного к его якорю, увеличивается угловая скорость. При полностью выведенном резисторе *RP1* напряжение *G1* и угловая скорость *M2* номинальные.

Для *реверса* переключателем *SA* изменяют направление тока в обмотке возбуждения *L1G1*. Генератора изменяет полярность напряжения, ток якорной цепи изменяет направление, и исполнительный двигатель *M2* реверсируется.

Регулирование скорости вниз от номинальной выполняют, вводя в цепь обмотки возбуждения *L1G1* регулировочный резистор *RP1*. Ток возбуждения, магнитный поток и напряжение генератора уменьшаются. Вследствие этого снижается напряжение, подведенное к обмотке якоря *M2,* и его угловая скорость уменьшается (характеристики 3, 2 и 1 на рис. 2.).

Регулирование скорости вверх от номинальной осуществляют, вводя в цепь обмотки возбуждения *M2* регулировочный резистор *RP2,* что уменьшает ток и поток возбуждения, при этом скорость ЭД увеличивается (характеристики 5, 6 и 7 на рис. 2.).

Рассмотренная система называется «система Г – Д в чистом виде» и на практике не применяется. Это объясняется тем, что при работе с номинальным напряжением на якоре *M2* внезапная остановка этого якоря (например, под винт попала льдина) приводит к резкому увеличению тока якорей двигателя *M2* и генератора *G1* до значения, равного пусковому.

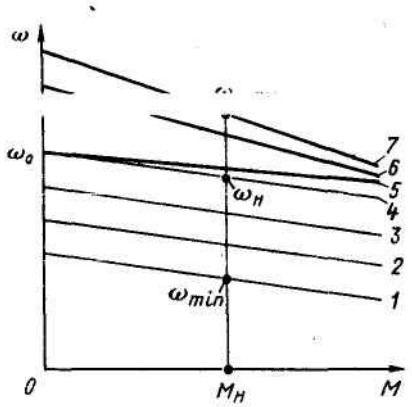

Рис. 2. Механические характеристики исполнительного двигателя в системе генератор – двигатель: 4 – естественная; 3, 2 и 1 – искусственные, полученные уменьшение напряжения на обмотке якоря М2; 5, 6 и 7 –искусственные, полученные ослаблением магнитного

потока М2

Кроме того, такое увеличение тока приводит к увеличению нагрузки на приводной двигатель генератора. Это особенно опасно, если генератор G1 приводится во вращение дизелем. Как известно, дизели крайне чувствительны к перегрузкам (не более 10% мощности в течение 1 часа).

Поэтому на судах применяют систему Г-Д с противокомпаундным генератором. Она отличается от системы Г-Д в чистом виде тем, что генератор, помимо независимой обмотки возбуждения *L1G1*, снабжен еще одной обмоткой возбуждения – противокомпаундной обмоткой *L2G1*, включенной последовательно в цепь якоря *G1* и выполняющей функции жесткой обратной связи по току (на рис. 9.3 место включения обмотки L2G1 показана при помощи стрелок, т.е. последовательно в цепь главного тока).

Ее намагничивающая сила $F_п$ направлена встречно намагничивающей силе $F_н$ обмотки независимого возбуждения *L1G1,* т. е. она действует на генератор размагничивающе.

Общий магнитный поток возбуждения генератора создается разностью намагничивающих сил обеих обмоток.

При *нормальной нагрузке* намагничивающая сила обмотки *L1G1* значительно больше, чем обмотки *L2G1*, и генератор развивает ЭДС, как в обычной системе Г-Д.

При *перегрузке* разность намагничивающих сил обмоток уменьшается, магнитный поток и ЭДС генератора снижаются, напряжение, подведенное к ЭД, падает, и угловая скорость ЭД становится меньше.

При остановке якоря исполнительного двигателя *М2* ЭДС генератора *G1* настолько уменьшается, что ток стоянки оказывается в пределах кратковременно допустимого, обычно равного (2,2…2,5) $I_{а.н}$.

Система Г-Д обладает исключительно хорошими регулировочными свойствами и позволяет регулировать скорость в пределах 1 : 30. Регулирование получается плавным, так как из-за сравнительно небольших токов возбуждения можно сделать регулировочные резисторы с большим количеством ступеней.

Систему Г – Д применяют в электроприводах мощностью более

75…80 кВт – тяжеловесных лебедках и кранах, брашпилях, а также на судах с ГЭУ для привода гребного винта.

Существенный недостаток системы Г - Д – большое количество установленных электрических машин.

Развитие полупроводниковой техники позволило перейти от рассмотренной системы Г – Д к т.н. системам «управляемый вентильный преобразователь – двигатель», или, сокращенно, системам УВП – Д (рис. 9.5).

Ход выполнения работы:

1. Инструктаж, проводимый преподавателем, по организации и порядку выполнения лабораторной работы. Разделение на группы.
2. Ответы на вопросы:

а) что такое система генератор – двигатель?;

б) основные элементы системы генератор – двигатель;

в) принцип действия системы генератор – двигатель;

г) регулирование скорости системы генератор – двигатель;

д) осуществление реверса системы генератор – двигатель;

е) преимущества и недостатки системы генератор – двигатель;

ж) в каких случаях применяются системы генератор – двигатель;

2. Графическое изображение электрической схемы системы генератор – двигатель в тетрадях лабораторных работ;
3. Чтение электрической схемы системы генератор – двигатель;
4. Доклад на уроке представителем каждой группы о принципе действия и порядка работы системы генератор – двигатель;
5. Обсуждение итогов выполнения лабораторной работы;

Практическое задание для самостоятельной работы: Оформить графическое изображение электрической схемы системы генератор – двигатель в тетради для лабораторных работ, с кратким изложением принципа ее работы и представить на проверку;

Контроль выполнения: оценка проверки оформления электрической схемы и доклада на уроке;

Для закрепления полученных знаний и подготовки к лабораторной работе можно использовать **вопросы для самоконтроля:**

а) что такое система генератор – двигатель?;

б) основные элементы системы генератор – двигатель;

в) принцип действия системы генератор – двигатель;

г) регулирование скорости системы генератор – двигатель;

д) осуществление реверса системы генератор – двигатель;

е) преимущества и недостатки системы генератор – двигатель;

ж) в каких случаях применяются системы генератор – двигатель;

Рекомендуемая литература:

1. Кацман М.М. Электрический привод, 7-е изд., учебник. М.: Академия, 2014г. с.384

2. Москаленко В.В. Электрический привод, 7-е изд. , учебник, М.: Инфра-М, 2014г. с. 364

3. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу, 8-е изд., практикум, М.: Академия, 2014г. с.256

4.. Головин Ю.К. Судовые электрические приводы. Транспорт, 1991 г. с.327

Интернет-ресурсы:

1.sealib.com.ua›electrition/electroteh.html

2.studmed.ru›chekunov…**sudovye-elektroprivody**…sudov…

3. MorKniga.ru›p826290.html

4. ngavt.omskcity.com:82›cgi-bin/irbis64r_11/…?LNG…1…

5. eknigi.org›Аппаратура›Электрооборудование судов

Лабораторная работа № 3

Тема : Пуск асинхронного двигателя при пониженном напряжении

Цель выполнения работы:

- закрепление теоретического материала по пуску асинхронного двигателя при пониженном напряжении;

- закрепить умения и навыки по графическому изображению и чтению электрических схем;

Методическое обеспечение:

- методические указания по выполнению лабораторных работ;

- опорный конспект, выполненный на уроке по данной теме;

- видеопроектор;

- учебные плакаты;

- рекомендованная литература;
- интернет- ресурсы;

Методические рекомендации:

- изучить теоретический материал по конспекту и литературе;
- при выполнении работы разрешено пользоваться конспектом, плакатами, литературой и т.п.

Теория вопроса:

1. Пуск асинхронного двигателя при пониженном напряжении на обмотке статора.

Для уменьшения пусковых токов применяют схемы пуска при пониженном напряжении:

1. включением резисторов в цепь обмотки статора (рис. 9.13, а);
2. включением индуктивных сопротивлений в цепь обмотка статора (рис. 9.13, б);
3. включением обмотки статора через автотрансформатор (рис.9.13, в);
4. переключением обмотки статора со «звезды» на «треугольник» (рис.9.13, г).

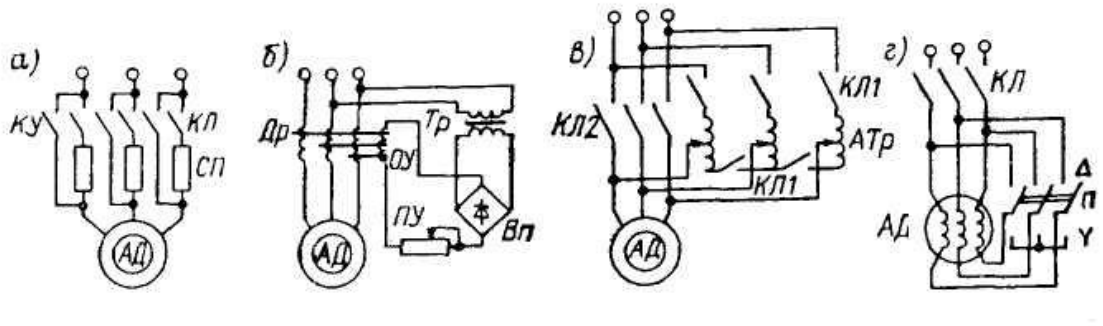

Рис. 9.13. Схемы пуска асинхронного двигателя при пониженном напряжении.

В схеме на рис. 9.13, а при пуске замкнуты контакты линейного контактора КЛ, поэтому обмотка статора подключается к питающей сети через пусковые токоограничивающие резисторы СП. После того, как двигатель наберет обороты, а пусковой ток уменьшится до безопасных значений (обычно 2…2,5 номинального), схема управления замыкает контакты второго контактора – ускорения КУ, при этом двигатель подключается к сети «напрямую».

В схеме на рис. 9.13, б для ограничения пусковых токов

последовательно с обмоткой статора включены токоограничивающие рабочие обмотки дросселя насыщения Др. Его обмотка управления ОУ питается постоянным током через понижающий трансформатор Тр и выпрямитель Вп.

При пуске индуктивное сопротивление рабочих обмоток дросселя должно быть максимальным, поэтому ток в обмотке управления ОУ должен быть минимальным. Для этого ползунок резистора поста управления ПУ должен находиться в крайнем правом положении.

После пуска ток в обмотке управления ОУ постепенно увеличивают, для чего перемещают ползунок ПУ влево. Индуктивное сопротивление рабочих обмоток постепенно уменьшается.

Когда ползунок ПУ перемещен влево до упора, пуск закончен. При таком положеии ползунка индуктивное сопротивление рабочих обмоток дросселя практически равно нулю, что равнозначно прямому подключению обмотки статора к питающей сети.

В схеме на рис. 9.13, в использованы два контактора – регулировочный КЛ1 и линейный КЛ2, а также автотрансформатор АТр.. При пуске включается контактор КЛ1, при замыкании нижних контактов которого образуется нулевая точка «звезды» трех фазных обмоток автотрансформатора, а через верхние контакты подается питание питающей сети на верхние выводы этих обмоток.

В момент пуска ползунки автотрансформатора должны находиться в крайнем нижнем положении, при этом обмотка статора асинхронного двигателя закорочена через нижконтакты КЛ1, т.е. напряжение на ней равно нулю. Поэтому скорость ротора также равна нулю, ротор неподвижен.

Для пуска ползунки автотрансформатора постепенно перемещают вверх, при этом напряжение, снимаемое с обмоток автотрансформатора на обмотку статора также постепенно увеличивается. Поэтому скорость двигателя также увеличивается.

Пуск закончен, если ползунки автотрансформатора перемещены в крайнее верхнее положение. При этом на обмотку статора подается полное напряжение питающей сети, автотрансформатор не нужен.

В этот момент времени включается линейный контактор КЛ2 и отключается регулировочный КЛ1. При замыкании контактов КЛ2

обмотка статора двигателя подключается к питающей сети «напрямую», а при размыкании контактов КЛ1 автотрансформатор отключается от обмотки статора двигателя (он уже выполнил свою роль).

В схеме на рис. 9.13, г использован линейный контактор КЛ и переключатель «звезда»-«треугольник» П. Для пуска включают линейный контактор КЛ, через замыкающиеся контакты которого напряжение питающей сети подается на верхние выводы обмотки статора двигателя АД. После этого переводят переключатель в нижнее положение «звезда». При этом нижние выводы обмотки статора соединяются вместе, в нулевую точку, обмотка статора соединена «звездой».

После того, как двигатель наберет обороты и перестанет увеличивать скорость, переключатель переводят в верхнее положение «треугольник». Двигатель с броском тока переключается со «звезды» на «треугольник», после чего разгоняется на «треугольнике» до скорости, зависящей от статического момента механизма.

Этот способ нашёл самое широкое применение на судах ввиду его простоты (не требуются резисторы, индуктивные сопротивления или автотрансформаторы) и эффективности - пусковой ток уменьшается в 3 раза.

Следует особо подчеркнуть, что переключение обмотки статора со «звезды» на «треугольник» применяется для пуска, а не для регулирования скорости асинхронного двигателя. Это объясняется тем, что скорость двигателя на «треугольнике» незначительно больше скорости на «звезде».

Все 4 рассмотренные выше схемы пуска при пониженном напряжении имеют один и тот же принципиальный недостаток: резкое уменьшение пускового момента двигателя, поскольку электромагнитный момент двигателя пропорционален квадрату напряжения.

Например, если при пуске напряжение понижено до значения $U' = 0{,}8U_н$, то пусковой момент двигателя составит

$$M'_п = (U' / U_н)^2 * M_н = (0{,}8)^2 * M_н = 0{,}64\ M_н \text{ (т.е. } 64\%\ M_н\text{).}$$

Иначе говоря, при провале напряжения на 20% двигатель

уменьшает пусковой момент на 36% (64% = 100% – 36%).

Поэтому пуск при пониженном напряжении можно применять для механизмов, у которых на малых скоростях статический момент невелик. К таким механизмам относятся центробежные насосы и вентиляторы, у которых статический момент пропорционален квадрату скорости (т.е. на малых скоростях мал и статический момент).

Ход выполнения работы:

1. Инструктаж, проводимый преподавателем, по организации и порядку выполнения лабораторной работы. Разделение на группы.
2. Ответы на вопросы:
   а) для чего применяют схемы пуска АД при пониженном напряжении?;
   б) какие применяют схемы пуска АД при пониженном напряжении?;
   в) преимущества и недостатки применение схем пуска АД при пониженном напряжении;
   г) какая из схем пуска АД при пониженном напряжении чаще всего применяется на практике и почему?;
2. Графическое изображение электрических схем пуска АД при пониженном напряжении, по вариантам, выданных преподавателем, в тетрадях лабораторных работ;
3. Чтение электрических схем пуска АД при пониженном напряжении;
4. Доклад на уроке представителем каждой группы о принципе действия и порядка работы схем пуска АД при пониженном напряжении;
5. Обсуждение итогов выполнения лабораторной работы;

Практическое задание для самостоятельной работы: Оформить графическое изображение электрической схемы пуска АД при пониженном напряжении, в тетради для лабораторных работ, с кратким изложением принципа ее работы, согласно выданного варианта и представить на проверку;

Контроль выполнения: оценка проверки оформления электрической схемы и доклада на уроке;

Для закрепления полученных знаний и подготовки к лабораторной

работе можно использовать **вопросы для самоконтроля:**

а) для чего применяют схемы пуска АД при пониженном напряжении?;

б) какие применяют схемы пуска АД при пониженном напряжении?;

в) преимущества и недостатки применение схем пуска АД при пониженном напряжении;

г) какая из схем пуска АД при пониженном напряжении чаще всего применяется на практике и почему?;

Рекомендуемая литература:

1. Кацман М.М. Электрический привод, 7-е изд., учебник. М.: Академия, 2014г. с.384

2. Москаленко В.В. Электрический привод, 7-е изд. , учебник, М.: Инфра-М, 2014г. с. 364

3. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу, 8-е изд., практикум, М.: Академия, 2014г. с.256

4.. Головин Ю.К. Судовые электрические приводы. Транспорт, 1991 г. с.327

Интернет-ресурсы:

1.sealib.com.ua›electrition/electroteh.html

2.studmed.ru›chekunov…**sudovye-elektroprivody**…sudov…

3. MorKniga.ru›p826290.html

4. ngavt.omskcity.com:82›cgi-bin/irbis64r_11/…?LNG…1…

5. eknigi.org›Аппаратура›Электрооборудование судов

Лабораторная работа № 4

Тема : Исследование конструкции и принципа действия контроллера, контактора и теплового реле

Цель выполнения работы:

- закрепление теоретического материала по теме конструкция и принцип действия контроллера, контактора и теплового реле;

- закрепить умения и навыки по чтению электрических схем;

Методическое обеспечение:

- методические указания по выполнению лабораторных работ;

- опорный конспект, выполненный на уроке по данной теме;

- видеопроектор;
- учебные плакаты;
- рекомендованная литература;
- интернет-ресурсы;

Методические рекомендации:

- изучить теоретический материал по конспекту и рекомендованной литературе и т.п.;

- при выполнении работы разрешено пользоваться конспектом, плакатами, литературой и т.п.

Теория вопроса:

1. **Контроллеры**

1.1. Основные сведения

Контроллер – от английского глагола «to control» - управлять.

Контроллером называется многоступенчатый аппарат управления с *ручным приводом,* подвижные контакты которого переключаются по заданной программе при повороте его приводного вала.

В зависимости от назначения, контроллеры делятся на два вида:

1. силовые (чаще – просто «контроллер»);
2. командоконтролеры.

Силовыми называются контроллеры, предназначенные для коммутации силовых цепей. Токи в силовых цепях составляют единицы – десятки ампер. Например, контроллеры серий КВ1 и КВ2 коммутируют токи от 10 до 60 А.

Командоконтроллерами называются контроллеры, предназначенные для коммутации цепей управления. Токи в таких цепях составляют десятые доли - единицы ампер.

Например, командоконтроллеры серий КВ0, КН и КТ рассчитаны на ток 10 А.

3.2. Силовые контроллеры

Силовые контроллеры применяют для пуска, реверса, регулирования скорости, торможения и остановки двигателей в электроприводах грузоподъёмных механизмов при мощности двигателя до 10…12 кВт и электроприводах якорно-швартовных механизмов при мощности до 20 кВт.

Различают два вида силовых контроллеров:

1.барабанные;

2.кулачковые.

Силовой барабанный контроллер

Силовой барабанный контроллер изображен на рис. 9.33.

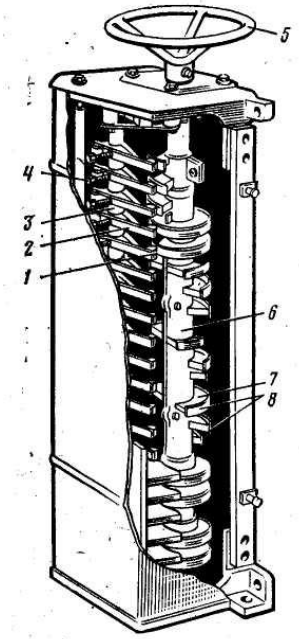

Рис. 9.33. Силовой барабанный контроллер: 1 – медные сухарики; 2 – неподвижные контакты; 3 – стальная рейка; 4 – зажимы; 5 – маховик; 6 – вал; 7 – кулачковые шайбы; 8 – медные пластины

Контроллер имеет литой корпус, закрытый крышкой с резиновым уплотнением. С маховиком 5 механически связан вертикальный вал 6, на котором смонтированы кулачковые изоляционные шайбы 7 с привинченными к ним медными подвижными контактами 8.

Эти контакты выполнены в виде сегментов разной длины, напротив которых расположены на стальной рейке 3 изолированные от нее неподвижные контакты 2. Каждый такой контакт на одном конце конце имеет сухарик – привинченный медный съемный контакт 1, а на другом – зажимы 4 для подключения кабелей.

Сегменты расположены по высоте барабана в определенном порядке.

Принцип действия контроллера состоит в следующем.

При повороте барабана сухарики 1 скользят по сегментам 8,

замыкаясь или размыкаясь с ними, что приводит к необходимым переключениям в схеме управления электроприводом.

Барабанные контроллеры имеют следующие недостатки:

1.большой вес и габариты;

2.недостаточно плотный скользящий контакт между подвижными и неподвижными контактами.

На смену барабанным контроллерам пришли кулачковые.

Силовой кулачковый контроллер

Устройство силового кулачкового контроллера показано на рис.9.34.

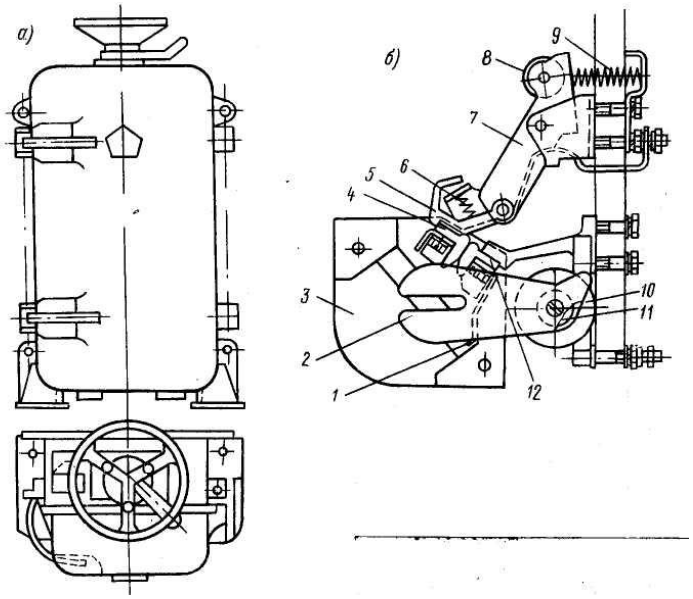

Рис. 9.34. Силовой кулачковый контроллер:

а – общий вид; б – контактное устройство;

1 – дугогасительный рог; 2 – полюсные наконечники; 3 – асбоцементная камера; 4 – подвижный контакт; 5 – суппорт; 6 – пружина контакта; 7 – рычаг; 8 – ролик; 9 – пружина; 10 – дугогасительная катушка; 11 – сердечник катушки; 12 – неподвижный контакт;

С маховиком контроллера в виде штурвала (рис. 9.34, а, нижняя проекция) механически связан вал, на котором смонтированы кулачковые шайбы с переменным профилем

(отсюда название этого типа контроллера – кулачковый).

Против каждой кулачковой шайбы на неподвижной изоляционной

панели расположены контактные устройства (рис. 9.34, б).

Контактное устройство представляет собой рычаг 7, на одном конце которого на оси закреплен подпружиненный суппорт 5 с подвижным контактом 4. На втором конце рычага размещён ролик 8, находящийся во впадине шайбы. На этот конец рычага давит пружина 9, заставляя подвижный контакт 4 надавливать на неподвижный контакт 12. При повороте маховика ролик 8 выходит из впадины шайбы и попадает на её выступ. При этом шайба надавливает на ролик, заставляя рычаг повернуться по часовой стрелке вокруг оси. Верхний край рычага сжимает пружину 9, а нижний отводит подвижный контакт 4 от неподвижного 12, контакты размыкаются.

Углы поворота вала с шайбами фиксируются в определенных положениях с помощью храпового устройства. Профиль кулачковых шайб определяет программу управления электроприводом – пуск, первая скорость, вторая скорость, остановка и т.п.

Дугогасительное устройство постоянного тока состоит из последовательной искрогасительной катушки 10, сердечника катушки 11, полюсных наконечников 2, дугогасительного рога 1 и асбестоцементной камеры 3.

На переменном токе дугогашение обеспечивается установкой между кулачковыми элементами асбестоцементных перегородок, которые препятствуют перекрытию дугой рядом расположенных полюсов аппарата.

Контактные устройства цепей управления устроены и работают аналогичным образом, но их контакты – не пальцевые, а мостиковые и без дугогашения.

2. Контакторы

2.1. Основные сведения

Коммутация (от лат. commutatio - перемена) – переключение электрических цепей. Контактором называется электромагнитный аппарат дистанционного действия, предназначенный для частых переключений ***силовых*** электрических цепей.

Контакторы предназначены для выполнения следующих основных операций по управлению судовыми электроприводами:

1. пуск и остановка;
2. изменение скорости;
3. изменение направления вращения (реверс);
4. электрическое торможение двигателей.

На судах контакторы работают в тяжелых условиях: при повышенной вибрации, сотрясениях, ударах и наклонах, высокой влажности и колебаниях температуры.

Поэтому к конструкции контакторов предъявляются повышенные требования: простота устройства, износоустойчивость, влаго- и нагревостойкость, брызго- и водозащищенность, способность устойчиво работать при кренах и дифферентах.

2.2. Классификация контакторов

Контакторы классифицируются по таким основным признакам:

1. по роду тока – на контакторы постоянного, переменного и постоянно-переменного тока;
2. по числу полюсов (контактов) – одно-, двух- и трехполюсные;
3. по положению главных контактов – с замыкающими, размыкающими и теми и другими одновременно;
4. по номинальному току главных контактов (в зависимости от типа и величины контактора) и др.

2.3. Основные системы контакторов

К основным системам контакторов относятся:

1. главных контактов;
2. вспомогательных контактов;
3. электромагнитная;
4. дугогасительная.

Рассмотрим эти системы подробней.

2.4. Устройство и принцип действия контактора

Рассмотрим устройство и принцип действия контактора, изображенного в упрощенном виде (рис. 9.35).

Система главных контактов состоит из двух главных контактов - неподвижного 1 и подвижного 2.

Система вспомогательных контактов включает в себя подвижный контакт 4 и неподвижные контакты 10-11 и 12-13.

В электромагнитную систему входят сердечник 6 с катушкой 7 и якорь 5.

Дугогасительная система, для упрощения объяснения, на рис. 9.35 не показана, но ее устройство и принцип действия объясняются

ниже.

В *исходном* положении (рис. 9.35, а) катушка 7 обесточена, отключающая пружина 9 притягивает нижнюю часть якоря к изоляционной плите 14.

Главные контакты 1 и 2 разомкнуты, а контактная пружина 3 сжата между верхней частью якоря и контактом 2 с небольшим усилием.

Подвижный контакт 4 замыкает вспомогательные контакты 10 и 11, два других таких контакта 12 и 13 разомкнуты.

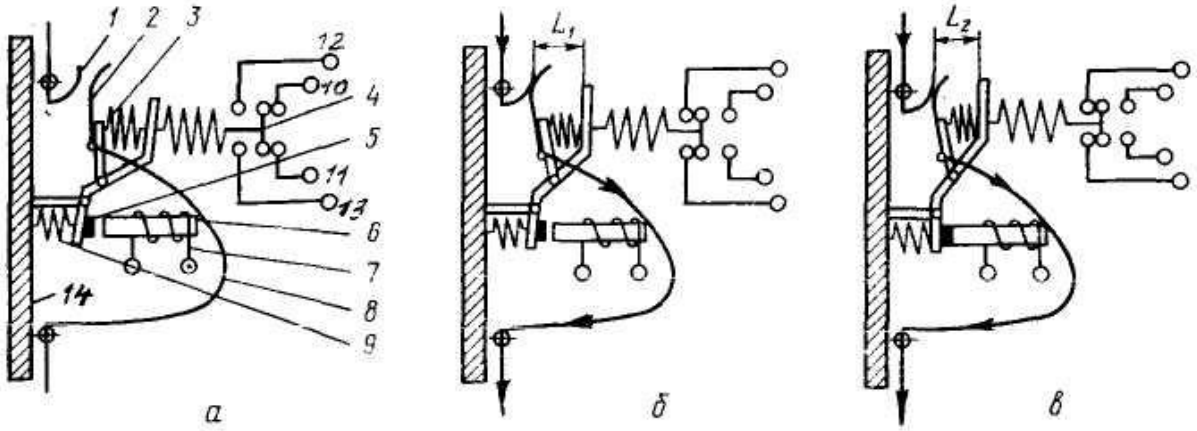

Рис.9.35. Электромагнитный контактор: 1 – неподвижный контакт; 2 – подвижный контакт; 3 - контактная пружина; 4 – подвижный вспомогательный контакт; 5 – поворотный якорь; 6 – сердечник электромагнита; 7 – катушка электромагнита; 8 – гибкая перемычка; 9 – отключающая пружина; 10-11, 12-13 - неподвижные контакты; 14 – изоляционная плита (основание)

Если на катушку 7 подать напряжение, катушка создаст в сердечнике 6 магнитный поток. В результате якорь 5 притянется к сердечнику (рис. 9.35, б, в). При этом подвижный контакт 2 замкнется с неподвижным контактом 1, контакты 10-11 разомкнутся, а 12-13 замкнутся.

На рис 9.35, б показано *промежуточное* положение якоря, при котором между нижней частью якоря и сердечником сохраняется воздушный зазор. В этом положении отключающая пружина 9 растянута не полностью, а контактная пружина 3 сжата не полностью, и поэтому сила давления контакта 2 на контакт 1 невелика.

На рис. 9.35, в показано *конечное* положение якоря, при котором

нижняя часть якоря плотно прижата к сердечнику (нет воздушного зазора), а контактная пружина 3 заставляет подвижный контакт 2 плотно прижаться к неподвижному 1.

При снятии питания с катушки 7 магнитный поток в сердечнике исчезнет и якорь 5 под действием отключающей пружины 9 и собственного веса отпадет от сердечника. При этом главные контакты 1 и 2 разомкнутся, а вспомогательные переключатся: контакты 10-11 замкнутся, а 12-13 разомкнутся (рис. 9.35, а).

Основное назначение контактной пружины 3 состоит в том, чтобы обеспечить необходимое по условиям эксплуатации нажатие подвижного контакта 2 на неподвижный 1. Кроме того, она выступает как амортизатор, смягчая удар подвижного контакта по неподвижному при включении контактора.

Степень сжатия регулировочной пружины можно изменять при помощи регулировочной гайки (на рис. 9.35 не показана).

В рассмотренном контакторе применена магнитная система с поворотным якорем (более подробно – ниже). Осью, на которой поворачивается якорь, здесь служит грань призмы.

2.5. Назначение контактов

Контакты предназначены для непосредственной коммутации электрических цепей.

В зависимости от того, в каких цепях находятся контакты, различают *главные* и *вспомогательные контакты*.

Главные контакты предназначены для коммутации *силовых* цепей. К силовым цепям относят цепи с токами в десятки и сотни ампер, например, цепи обмотки якоря двигателей постоянного тока, обмоток статора и ротора 3-фазных асинхронных двигателей и др.

Часто такие цепи называют цепями *сильного* или *главного* тока.

Вспомогательные контакты предназначены для коммутации цепей *управления, сигнализации и контроля.* К цепям управления относят цепи катушек контакторов и реле, сигнализации – сигнальных лампочек и звуковых приборов (звонков, ревунов и т.п.), контроля – тепловых и температурных реле, конечных выключателей и т.п.

Значение тока в таких цепях не превышает нескольких десятков ампер (обычно же - доли ампера или единицы ампер). Поэтому такие

цепи часто называют цепями *слабого* тока.

Устройство

Конструкции контактов чрезвычайно разнообразны. В контакторах судового исполнения применяют, в основном, контакты двух типов:

1. пальцевые;
2. мостиковые.

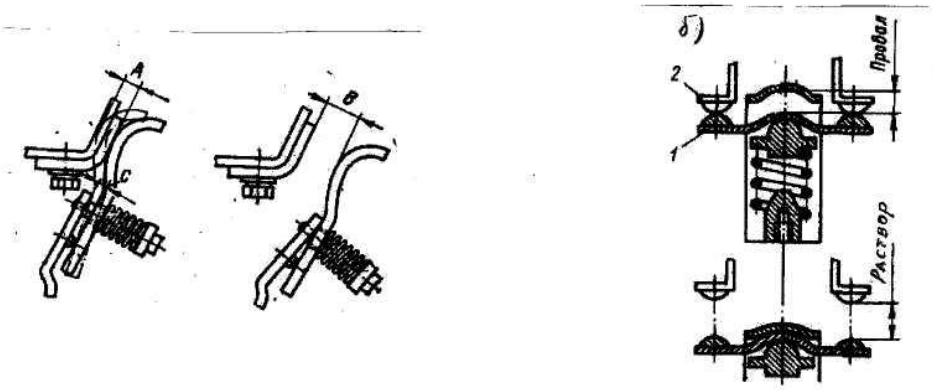

Рис. 9.36: пальцевые (а) и мостиковые (б) контакты; А – провал контактов; В – раствор контактов; 1 – подвижный мостиковый контакт; 2 – неподвижный контакт

Пальцевые контакты по форме напоминают согнутый палец, т.е. имеют изогнутую форму (рис. 9.36, а). Такая форма обеспечивает перекат и проскальзывание одного контакта по другому при включении контактора. Это приводит к стиранию изолирующей оксидной пленки и грязи с поверхности контакта, т.е. к *самоочистке* контактов.

Кроме того, места прилегания контактов и их размыкания отдалены друг от друга (на рис. 9.36, а, место прилегания расположено выше). Это означает, что поверхность контактов в месте прилегания более *ровная*, чем в месте размыкания, в котором контакты обгорают и оплавляются вследствие действия дуги.

Оплавление приводит к тому, что площадь соприкосновения контактов резко уменьшается, поэтому переходное сопротивление (между подвижным и неподвижными контактами) и , соответственно, нагрев контактов увеличивается. В результате возможно приваривание контактов друг к другу (сваривание контактов).

Чтобы уменьшить износ , на медные контакты наваривают

серебряные накладки в виде плоских круглых пятачков. Серебро почти не окисляется и переходное сопротивление таких контактов изменяется незначительно. Однако серебро мягче меди, поэтому эти контакты изнашиваются быстрее и стоят дороже.

В последнее время во многих типах современных контакторов применяют более износостойкие металлокерамические контакты.

Мостиковые контакты (рис. 9.36, б) по форме напоминают мостик, соединяющий два берега (в данном случае – два неподвижных контакта). У таких контактов перекатыва

ние и проскальзывание минимально, поэтому для предотвращения образования оксидной пленки поверхность мостиковых контактов часто покрывается *тонким слоем серебра*.

2.6. Изображение контактов

При изображении контактов применяют следующие правила:

1. подвижные контакты изображается в виде отрезка прямой, наклоненной под углом

30º к горизонтали (вертикали);

2. неподвижные контакты изображаются в виде отрезка прямой, составляющей продолжение изображения провода, либо в виде двух отрезков прямых, расположенных под углом 90º;
3. на схемах контакты изображаются в положении, принятом за *начальное,* при котором схема обесточена;
4. допускается выполнение контактов в зеркальном изображении.

Ниже изображены основные типы контактов контакторов:

1. замыкающий (рис. 9.37, а);
2. размыкающий (рис. 9.37, б);
3. переключающий (рис.9.37, в).

Каждый тип контакта может иметь два изображения, в зависимости от того, как расположены на схеме провода, подходящие к неподвижным контактам. Например, на рис. 9.37, а изображен один и тот же тип контакта – «замыкающий», на левой части этого рисунка провода, подходящие к неподвижным контактам 2 и 3, расположены горизонтально, а на правой – вертикально.

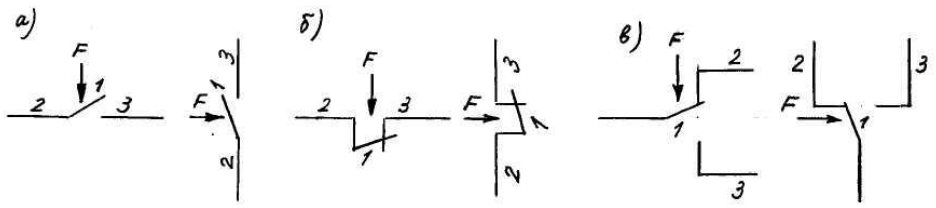

Рис. 9.37. Контакты: замыкающий (а), размыкающий (б) и переключающий (в);

1 – подвижный контакт; 2,3 – неподвижные контакты; F – сила, действующая на подвижный контакт при включении контактора

Название того или иного типа контакта зависит от того, *какое положение займёт подвижный контакт* ***после включения контактора.***

Для этого применяют такое правило:

при включении контактора сила F действует на подвижный контакт в направлении сверху вниз или слева направо.

Поясним это на примерах.

На рис. 9.37, а (левая часть) подвижный контакт 1 в начальном состоянии разомкнут, однако при включении контактора он под действием силы F займет горизонтальное положение . При этом он соединит через себя неподвижные контакты 2 и 3, т.е. замкнет электрическую цепь, отсюда название – «замыкающий».

Аналогично, на правой части рисунка 9.37, а подвижный контакт 1 в начальном состоянии разомкнут, но после включения контактора он под действием силы F займет вертикальное положение и соединит через себя неподвижные контакты 2 и 3.

Подвижный контакт 1 на рис. 9.37, б в начальном состоянии замкнут , однако при включении контактора он займет вертикальное (левая часть рис. 9.37, б) или горизонтальное (правая часть рис. 9.37, б) положение, т.е. разомкнет электрическую цепь, отсюда название – «размыкающий».

Подвижный контакт 1 на рис. 9.37, в в начальном состоянии образует электрическую цепь с неподвижным контактом 2, однако при включении контактора он переключается и образует электрическую цепь с неподвижным контактом 3, отсюда название – «переключающий».

2.7. Электромагнитная система контакторов

В общем случае электромагнитная система контактора состоит из 4-х элементов (рис. 9.55):

1. скобы;
2. якоря;
3. катушки;
4. сердечника.

По характеру движения якоря различают 2 типа контакторов:

1. с поворотным якорем (рис. 9.38, а, б);
2. прямоходовые (рис. 9.38, в, г).

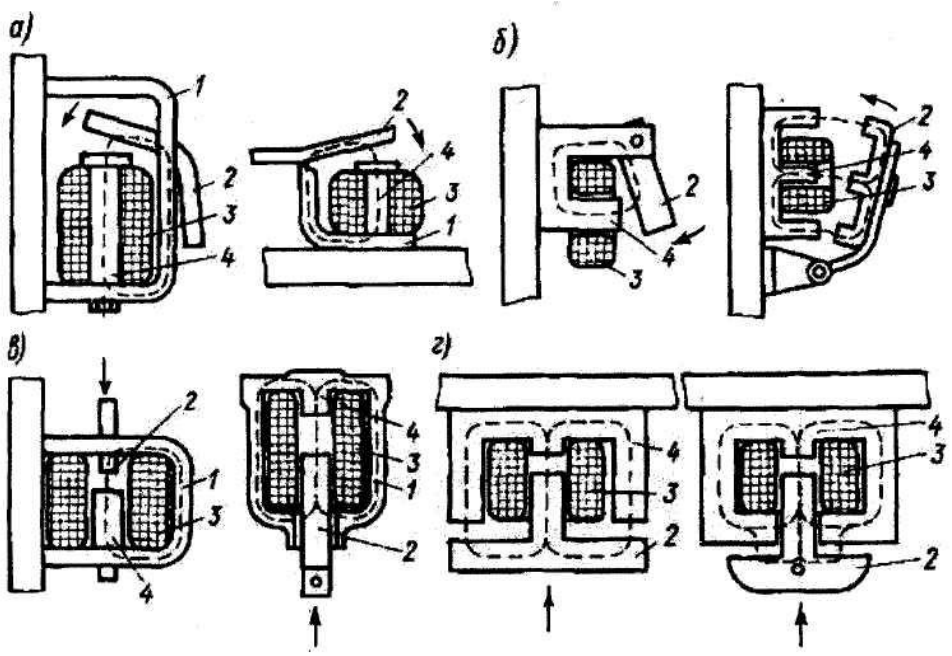

Рис. 9.38. Магнитные системы контакторов: а, б – с поворотным якорем; в, г – с прямоходовым якорем (1 – скоба, 2 – якорь, 3 – катушка, 4 – сердечник); стрелками показано направление движения якорей при включении контакторов

При подаче питания в контакторах первого типа якорь поворачивается на определенный угол, т.е. совершает криволинейное движение, в контакторах второго типа – перемещается вверх или вниз, т.е. совершает поступательное движение.

В контакторах с поворотным якорем осью, вокруг которой

поворачивается якорь,

служит грань трехгранной призмы (рис. 9.38, а) или стальная цилиндрическая ось (рис.9.38, б). Направление движения якоря при подаче питания на катушку обозначено стрелками.

2.8. Катушки контакторов

У контакторов постоянного тока якорь и скоба имеют форму плоских пластин, а сердечник якоря – цилиндрическую (круглую) форму. На сердечник надевается катушка, поэтому форма отверстия внутри катушки контактора постоянного тока повторяет форму сердечника (т.е. отверстие – круглое).

У контакторов переменного тока якорь и сердечник выполняются в виде буквы «Ш», причем форма поперечного сечения якоря и сердечника – прямоугольная (квадратная). Катушка надевается на средний стержень сердечника, поэтому отверстие внутри катушки имеет квадратную форму.

Кроме того, катушки контакторов постоянного тока вытянуты в длину, а контакторов переменного тока, наоборот, имеют приплюснутую прямоугольную форму.

Катушки контакторов называются *втягивающими.* Они обеспечивают включение и удержание якоря в притянутом состоянии. При отключении катушки якорь возвращается в исходное состояние под действием отключающей пружины (у прямоходовых контакторов) и собственного веса (у контакторов с поворотным якорем). При этом контакты размыкаются (или переключаются).

Втягивающая катушка контакторов постоянного тока питается постоянным током, переменного тока – переменным или постоянным током. В последнем случае переменный ток сети предварительно выпрямляется при помощи полупроводниковых диодов.

Материал катушек контакторов – медные изолированные проводники. Диаметр и число проводников зависят от мощности контактора и составляют от десятых долей мм до 2-3 мм и от сотен до нескольких тысяч витков.

2.9. Короткозамкнутые витки

Через катушки контакторов переменного тока протекает

переменный синусоидальный ток. Это означает, что в моменты времени, когда ток в катушке проходит через нулевые значения, якорь контактора под действием отключающей пружины и собственного веса стремится отпасть.

Однако из-за механической инерции якорь не успевает полностью отпасть от сердечника и при восстановлении тока в катушке вновь притягивается к нему. В результате якорь непрерывно вибрирует и гудит. При вибрации ослабевает контактное нажатие, а также увеличивается ток в катушке. В результате возможно сваривание контактов, а срок службы катушки резко сокращается.

Для устранения описанного явления на крайние стрежни Ш-образного сердечника устанавливают короткозамкнутые медные или латунные витки. Эти витки обычно охватывают 2/3 или половину (рис. 9.39) сечения стержня.

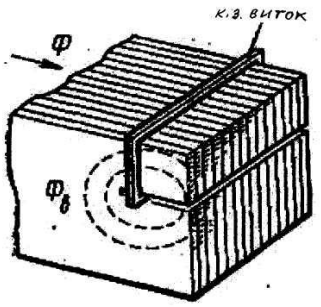

Рис. 9.39. Короткозамкнутый виток: Ф – магнитный поток катушки; $Ф_в$ – магнитный поток короткозамкнутого витка.

2.10. Дугогасительная система контакторов

При размыкание электрической цепи, как правило, возникает дуговой разряд (дуга) между контактами.

Открытая дуга имеет высокую температуру (до 5000 – 10 000º К), что приводит к выделению большого объема светящихся газов и перегреву самих контактов.

Поверхность контактов обгорает, оплавляется, делается неровной, бугристой. Площадь прилегания контактов уменьшается, что приводит к увеличению переходного сопротивления контактов и усилению их нагрева. При этом увеличивается износ контактов и сокращается срок службы аппарата.

Кроме того, в пламени дуги происходят опасные для аппаратов

химические процессы. Пары меди контактов, попадая в пламя дуги, окисляются там при высокой температуре и поглощают кислород воздуха. Образующийся при этом азот соединяется с парами воды и кислородом, образуя азотную кислоту HNO_3. Капли этой кислоты могут образовать проводящие «мостики» между токоведущими частями в таких местах, куда ни дуга, ни ее пламя не могут попасть.

Для гашения дуги применяют дугогасительные устройства, использующие разные принципы гашения:

1. магнитное дутье, при помощи дугогасительной катушки;
2. гашение при помощи дугогасительных камер;
3. гашение дуги в масле, и др.

На транспортных судах нашли применение первые два способа, на судах с электродвижением – все три.

Гашение дуги магнитным дутьем

При магнитном дутье используется дугогасительная катушка, включаемая последовательно с контактами и расположенная в непосредственной близости с ними (рис. 9.40).

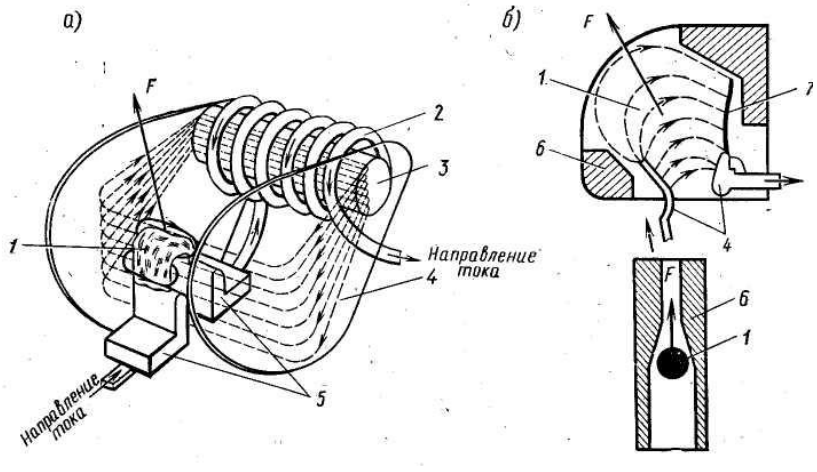

Рис. 9.40. Магнитное гашение электрической дуги: 1 – электрическая дуга; 2 – дугогасительная катушка; 3 – сердечник катушки; 4 – полюсные наконечники ; 5 – контакты (нижний – подвижный, верхний – неподвижный); 6 – дугогасительная камера; 7 – дугогасительный рог; F – электромагнитная сила, действующая на дугу

Принцип магнитного гашения дуги состоит в следующем.

Ток, протекающий через контакты 5 и витки катушки 2, создает

магнитный поток, замыкающийся через сердечник катушки 3, полюсные наконечники 4 (в виде металлических плоских пластин - «щёк») и воздушный промежуток между ними. Направление силовых линий магнитного поля катушки найдено по правилу охвата катушки и обозначено штриховыми линиями.

Правило охвата применяется для определения направления магнитного потока катушки с током и состоит в следующем: если правой рукой охватить катушку так, чтобы четыре вытянутых пальца руки располагались по направлению тока в ней, то отогнутый большой палец покажет направление магнитных силовых линий в катушке.

При размыкании контактов возникает дуга, которая проводит ток прежнего направления. Дугу можно рассматривать как проводник с током, находящийся в магнитном поле.

На такой проводник действует электромагнитная сила Лоренца, направление которой находят по правилу левой руки.

Правило левой руки применяется для определения направления электромагнитной силы, действующей на проводник с током и состоит в следующем: если левую руку расположить так, чтобы магнитные силовые линии поля входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца располагались по направлению тока, то отогнутый большой палец левой руки покажет направление электромагнитной силы.

В данном примере эта сила F направлена вверх от контактов. Под действием этой силы дуга быстро перемещается по контактам от места возникновения к к верхним краям, а затем перебрасывается одним концом (на рис. 9.40, б – правым) на дугогасительный рог 7.

Одновременно дуга как бы выдувается магнитным полем вверх и вталкивается в узкую часть дугогасительной камеры 6.

Данный способ гашения дуги был объяснен на примере контактора постоянного тока.

Однако этот способ применяется также в контакторах переменного тока с тяжелыми условиями работы – частыми включениями и отключениями. В таких условиях работают электроприводы грузовых лебедок и кранов.

В этих контакторах через дугогасительную катушку протекает

переменный ток.

Однако электромагнитная сила F= B*I*Λ имеет одно и то же направление при в любой полуволне такого тока. Это объясняется тем, что в отрицательную полуволну переменного тока одновременно изменяется как направление тока в дуге, так и направление силовых линий магнитного поля дуги.

Алгебраическое объяснение этому такое:

в положительную полуволну F = (+ B)*(+I)* Λ > 0, в отрицательную F = (- B)*(-I)* Λ > 0.

2.11. Гашение дуги в дугогасительных камерах

Гашение дуги в дугогасительных камерах применяется как на постоянном, так и на переменном токе. Физические процессы, возникающие при этом, имеют много общего, но есть и некоторые отличия. Поэтому гашение дуги при помощи камер рассмотрим поочередно для постоянного, а затем переменного тока.

Вне зависимости от рода тока, корпуса камер изготовляются из дугостойких материалов – асбоцемента (применялся ранее, сейчас запрещен), керамики и др.

2.12. Гашение дуги в контакторах постоянного тока

Выше (рис.9.40, а) было показано, что под действием электромагнитной силы F дуга выдувается в узкую часть дугогасительной камеры 6 (рис.37, б, нижний рисунок), длина дуги при этом сильно увеличивается, дуга растягивается. Это увеличивает поверхность теплоотдачи, а значит, охлаждает дугу. Кроме того, часть тепла отбирается у дуги стенками щели дугогасительной камеры. В результате дуга быстро остывает и гаснет.

Из сказанного следует, что дуга, перемещаясь по поверхности контактов, не успевает сильно нагреть их и на рабочую часть контактов почти не действует. Наиболее сильно обгорают верхние, нерабочие части контактов и съёмный дугогасительный рог. Этот рог по мере обгорания заменяют новым.

2.13. Гашение дуги в контакторах переменного тока

В контакторах переменного тока основным способом гашения дуги является применение дугогасительных камер с деионной решеткой (рис. 9.41). Корпус камеры изготовлен из дугостойкого материала – асбестоцемента, керамики и др. (на рис. 9.41 корпус не показан).

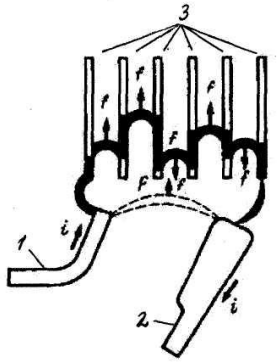

Рис. 9.41. Гашение дуги в камере с деионной решеткой: 1 – подвижный контакт, 2 – неподвижный контакт; 3 – стальные пластины (решетка), f – электродинамические силы

Такая камера так же, как камера контактора постоянного тока, имеет узкую щель, в верхней части которой устанавливаются омедненные стальные пластины 3, не касающиеся одна другой. Эти пластины как бы образуют решетку, отсюда название – деионная решетка. Расстояние между пластинами – не менее 2 мм.

Принцип действия такой камеры состоит в следующем.

Выдуваемая внутрь камеры дуга попадает на изолированные стальные пластины и разбивается на ряд коротких дуг. Каждая из них после этого движется самостоятельно – одна быстрее, другая медленнее. При этом образуются П-образные контуры, в которых электродинамические силы f стремятся сместить опережающие дуги вверх, а отстающие – вниз. Дуга растягивается, что увеличивает поверхность теплоотдачи, а значит, охлаждает дугу.

Кроме объясненного электродинамического эффекта, в металлической решетке происходит электрофизический процесс - деионизация пламени дуги.

3. Электротепловые реле

3.1. Основные сведения

Электротепловыми называют реле, работа которых основана на тепловом действии электрического тока.

В соответствии с законом Джоуля-Ленца: количество тепла, выделяемого в проводнике, прямо пропорционально квадрату тока I, сопротивлению проводника R и *времени t протекания тока через проводник* ($Q = I^2 Rt$).

При коротком замыкании в нагревателе теплового реле сразу выделяется большое количество тепла, но биметаллическая пластина не может равномерно прогреться по всему объему (явление тепловой инерции).

Поэтому срабатывание тепловых реле происходит не мгновенно, а через время, составляющее 4…20 мин от момента начала перегрузки.

Иначе говоря, тепловые реле имеют тепловую инерцию, поэтому ***их нельзя применять для защиты цепей от токов короткого замыкания***.

Защита при коротком замыкании защита должна срабатывать мгновенно (предохранители, автоматические выключатели, реле максимального тока мгновенного действия).

Различают два типа электротепловых реле;

1. токовые;
2. температурные.

3.2. Токовые тепловые реле

У этих реле чувствительным к теплу элементом является биметаллическая пластина (рис. 9.50).

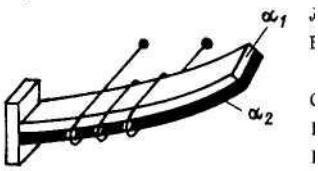

Рис. 9.50. Биметаллическая пластинка

Биметаллическая пластина состоит из двух слоев металлов с разными коэффициентами линейного расширения α_1 и α_2. Слои металла соединяются либо сваркой, либо прокаткой в горячем

состоянии. При нагревании пластина изгибается в сторону металла с меньшим коэффициентом линейного расширения. Изгиб пластины используется для воздействия на контакты реле.

При производстве биметаллических пластин применяют материалы с низким коэффициентом линейного расширения, например, железониеклевый сплав инвар, и с высоким коэффициентом – хромоникелевые, молибденоникелевые и немагнитные стали.

Устройство и принцип действия теплового реле

В упрощенном виде электротепловое реле изображено на рис. 9.51, а, б.

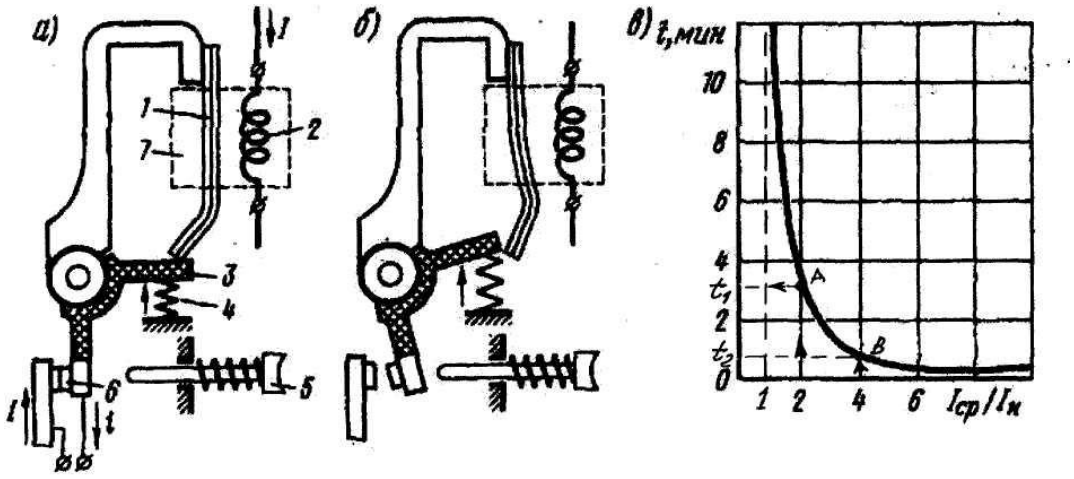

Рис. 9.51. Электротепловое реле:

а – при нормальном токе; б – при токе, превышающем нормальный; в – время-токовая характеристика реле;

1 – биметаллическая пластина; 2 – нагреватель; 3 – защелка; 4 – пружина; 5 – толкатель; 6 – подвижный контакт; 7 – теплоизоляционная камера

Как следует из рис. 9.51, а биметаллическая пластина 1 заключена вместе с нагревателем 2 в теплоизоляционную камеру 7. Эта камера позволяет свести к минимуму передачутепла от нагревателя к остальным деталям реле.

Верхний конец пластины прикреплен к неподвижной Г-образной

скобе из изоляционного материала, нижний же конец упирается в горизонтальное плечо двухплечей защелки 3. Снизу это плечо подпружинено пружиной 4.

На вертикальном плече защелки закреплен подвижный контакт 6, который при нормальном токе (рис. 9.51, а) электрически соединен с неподвижным, и через эти два контакта протекает ток I.

При перегрузке количество тепла нагревателе увеличивается, биметаллическая пластина изгибается, ее нижний конец переместится вправо (рис. 9.51, б) и освободит защелку 3. Последняя под действием пружины 4 повернется и разомкнет контакты реле.

На практике это приводит к отключению двигателя. Поскольку при неработающем двигателе ток через нагреватель не протекает, биметаллическая пластина остывает. Но войти в зацепление с защелкой пластина сама не сможет (реле без самовозврата).

Для возврата защелки в исходное положение нужно нажать пальцем на кнопку толкателя 5.

Основной характеристикой теплового реле является время-токовая (рис. 9.51, в).

По горизонтальной оси отложена кратность контролируемого тока (по отношению к номинальному), по вертикальной – время срабатывания теплового реле.

Тепловые реле выбираются по условию: ***номинальный ток выбранного реле должен равняться номинальному току двигателя или любого иного потребителя.***

В этом случае кратность тока нагрузки $I_{ср}/ I_н = 1$, и как следует из рис. 9.51, в, характеристика реле не пересекается с пунктирной вертикальной линией, для которой $I_{ср}/ I_н = 1$. Это означает, что время срабатывания реле $t_{ср} = \infty$, иначе говоря, *если через реле протекает его номинальный ток, реле не сработает.*

Если ток нагрузки станет больше номинального, реле сработает. При этом время срабатывания реле обратно пропорционально ***квадрату*** тока.

Такая зависимость объясняется тем, что тепловое реле срабатывает **всегда** *при одном и том же количестве выделенного в*

нагревателе тепла:

$$Q = I^2 R\, t = const,$$

где: I – ток нагрузки;

R – сопротивление нагревателя;

t – время протекания тока через нагреватель.

Отсюда следует

$$t = Q / I^2 R$$

Приняв Q = const (т.к. реле срабатывает всегда при одном и том же количестве выделенного тепла) и R = const (примем сопротивление нагревателя не зависящим от температуры), получим :

$$t = 1 / I^2,$$

т.е. время срабатывания теплового реле обратно пропорционально *квадрату тока* (а не току в первой степени).

Как следует из рис. 56, в, если ток нагрузки в 2 раза больше номинального , т.е. $I_{ср} / I_н = 2$, время срабатывания реле составит t_1, если в 4 раза больше, т.е. $I_{ср} / I_н = 4$ – время срабатывания t_2.

Тепловые реле встраивают в магнитные пускатели, станции управления и др., т.е. реле находится в одном месте, а потребитель электроэнергии, например, электродвигатель- в другом.

Это означает, что электротепловые эти реле контролируют нагрев *косвенно* - через ток приемника электроэнергии, а не *непосредственно*, через температуру приемника.

Поэтому при работе в северных широтах холодное реле, имеющее температуру окружающей среды, при возникновении перегрузки двигателя может не успеть сработать, и двигатель сгорит.

В то же время в тропиках нагретое воздухом реле будет срабатывать даже тогда, когда перегрузки двигателя нет. Нормальная работа электропривода станет невозможной из-за постоянных отключений электродвигателя.

Развитие полупроводниковой техники позволило создать температурные реле, которые реагируют непосредственно на нагрев приемника электроэнергии.

3.3. Температурные тепловые реле

У этих реле чувствительным к теплу элементом является полупроводниковый прибор – терморезистор.

Терморезистор – прибор, сопротивление которого зависит от температуры прибора.

Терморезисторы *встраивают в лобовые части обмотки статора двигателя*. Это означает, что в любой терморезистор имеет такую же температуру, что и обмотка статора.

В температурных тепловых реле применяют два типа терморезисторов – позисторы и термисторы. Позисторы имеют положительный температурный коэффициент сопротивления, а термисторы – отрицательный.

Это означает, что при нагреве сопротивление позисторов увеличивается (рис. 9.52, а, график 1), а термисторов – уменьшается (рис. 9.52, а, график 2).

Поскольку терморезисторы не имеют контактов, их применяют в сочетании с обычными электромагнитными реле KV (рис. 9.52, б).

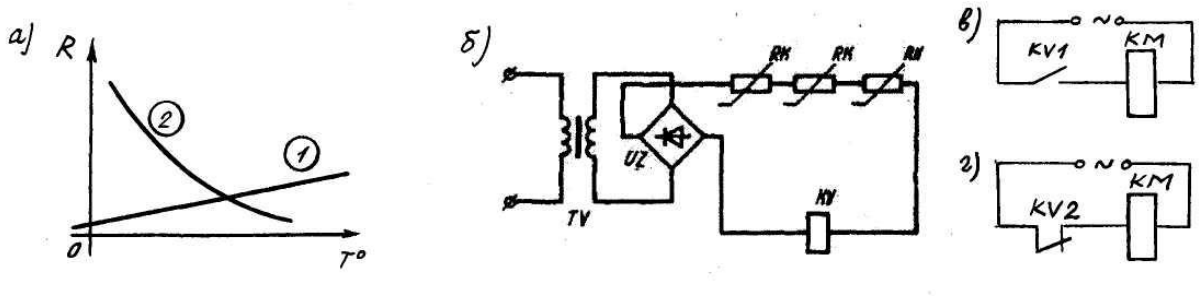

Рис. 9.52: а - зависимость сопротивлений терморезисторов R от температуры T°

(1 – для позистров, 2 – для термисторов); б – принципиальная схема температурной защиты электродвигателя; в – схема включения контактора КМ при использовании термистора; г – то же, при использовании позистора

Реле питается от судовой сети через понижающий трансформатор TV и выпрямительный мостик UZ. Последовательно с катушкой реле

включены три терморезистора RK.

Контакты реле KV включены в цепь катушки линейного контактора двигателя КМ.

Схема на рис. 9.52, в применяется для позисторов и работает так: при нормальной температуре обмотки двигателя сопротивление позисторов мало, поэтому ток в катушке реле KV достаточен для включения реле. Реле замыкает свой контакт KV1 и поэтому линейный контактор включен, двигатель работает.

При повышении температуры обмотки сопротивление позисторов увеличивается, ток в катушке реле KV уменьшается. Якорь реле отпадает, контакт KV1 размыкается, катушка КМ обесточивается, а двигатель отключается от сети.

Схема на рис. 9.52, г применяется для термисторов. При нормальной температуре обмотки двигателя сопротивление термисторов велико, поэтому ток в катушке реле KV мал и недостаточен, чтобы якорь реле притянулся к сердечнику. Поэтому контакт KV3 замкнут, через катушку КМ протекает ток. Контактор включен, двигатель работает.

При повышении температуры обмотки сопротивление термисторов уменьшается, ток в катушке реле KV увеличивается. Реле включается и размыкает свой контакт KV2.

Катушка КМ обесточивается, а двигатель отключается от сети.

3.4. Промышленные типы токовых электротепловых реле

Промышленность выпускает токовые электротепловых реле в виде серии ТРТ (Т – тепловые, Р – реле, Т - типизированного ряда).

Рассмотрим устройство реле серии ТРТ (рис. 9.53).

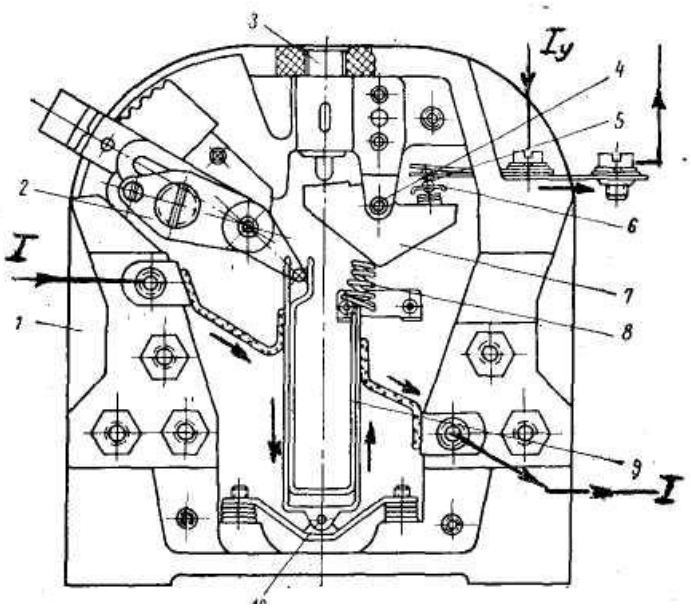

Рис. 9.53. Тепловое реле серии ТРТ: 1 – корпус; 2 – механизм уставки по току; 3 – кнопка ручного возврата реле; 4 – ось изоляционной колодки; 5 – мостиковый контакт; 6 – неподвижные контакты (2 шт.); 7 - колодка изоляционная; 8 – цилиндрическая пружина; 9 -– биметаллическая пластина; 10 – ось биметаллической пластины

Реле имеет пластмассовый корпус 1, в котором смонтированы все детали. Биметаллическая пластина 9 имеет U- образную форму и укреплена на оси 10. Эта пластина состоит из двух параллельных металлических полосок из разнородных материалов, между которыми *запрессован нагреватель* из нихромовой проволоки.

На правый конец пластины опирается цилиндрическая пружина 8. Другой конец пружины опирается на пластмассовую треугольную уравновешенную колодку 7, на которой размещен подвижный контакт 6. Выше контакта 6 расположены два неподвижных контакта 5. Колодка 7 может поворачиваться вокруг оси 4.

Левый конец биметаллической пластины соединен с механизмом уставки 2, позволяющим регулировать ток уставки реле путем изменения первоначальной деформации пластины.

Нагревательный элемент реле включается в рассечку линейного

провода, поэтому ток нагрузки I протекает через нагреватель, а ток управления I_y - через контакты теплового реле . В качестве тока управления может быть ток катушки линейного контактора асинхронного двигателя.

При токах перегрузки, равных или больших токов уставки, верхняя часть U-образной пластины смещается вправо и поворачивает изоляционную колодку, которая скачкообразно поворачивается против часовой стрелки вокруг оси 4. В результате подвижный и неподвижные контакты размыкаются, двигатель отключается от сети.

Данный тип реле имеет самовозврат, т.е. после остывания биметаллическая пластина возвращается в исходное состояние. Время самовозврата - не более 180 с. При необходимости ускорить возврат реле в исходное состояние можно нажать кнопку 3 самовозврата, но не ранее чем через 60 с после срабатывания реле.

3.5.Регулирование уставки (тока срабатывания реле)

Уставку тепловых реле серии ТРТ изменяют при помощи механизма уставки. При перемещении рукоятки 3 механизма по часовой стрелке (рис. 9.53) левый край U-образной пластины перемещается влево, и наоборот. Тем самым регулируют номинальный ток реле в пределах ± 15% номинального тока, в 3 ступени по ± 5% каждая.

Значение номинального тока и другие данные реле указаны на медной бирке на корпусе реле.

Ход выполнения работы:

1. Инструктаж, проводимый преподавателем, по организации и порядку выполнения лабораторной работы. Разделение на группы.
2. Ответы на вопросы:
   а) устройство и принцип действия силовых контроллеров;
   б) устройство и принцип действия контакторов;
   в) электромагнитная система контакторов;
   г) устройство и принцип действия дугогасительных систем контакторов;
   д) устройство и принцип действия тепловых реле;
2. Графическое изображение функциональных схем электромагнитного

контактора и теплового реле, в тетрадях лабораторных работ;
3. Графическое изображение контроллеров, контакторов и тепловых реле в электрических схемах, в тетрадях лабораторных работ;
3. Чтение электрических схем электромагнитного контактора и теплового реле;
4. Доклад на уроке представителем каждой группы об устройстве, принципе действия и порядке работы контроллеров, контакторов и тепловых реле, по вариантам выданных преподавателем;
5. Обсуждение итогов выполнения лабораторной работы;

Практическое задание для самостоятельной работы: Оформить графическое изображение схем контроллеров, контакторов и тепловых реле, в тетради для лабораторных работ, с кратким изложением принципа их работы, согласно выданного варианта и представить на проверку;

Контроль выполнения: оценка проверки оформления схем и доклада на уроке;

Для закрепления полученных знаний и подготовки к лабораторной работе можно использовать **вопросы для самоконтроля:**

а) устройство и принцип действия силовых контроллеров;
б) устройство и принцип действия контакторов;
в) электромагнитная система контакторов;
г) устройство и принцип действия дугогасительных систем контакторов;
д) устройство и принцип действия тепловых реле;

Рекомендуемая литература:

1. Кацман М.М. Электрический привод, 7-е изд., учебник. М.: Академия, 2014г. с.384
2. Москаленко В.В. Электрический привод, 7-е изд. , учебник, М.: Инфра-М, 2014г. с. 364
3. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу, 8-е изд., практикум, М.: Академия, 2014г. с.256
4.. Головин Ю.К. Судовые электрические приводы. Транспорт, 1991 г. с.327

Интернет-ресурсы:

1.sealib.com.ua›electrition/electroteh.html

2.studmed.ru›chekunov…**sudovye-elektroprivody**…sudov…

3. MorKniga.ru›p826290.html

4. ngavt.omskcity.com:82›cgi-bin/irbis64r_11/…?LNG…1…

5. eknigi.org›Аппаратура›Электрооборудование судов

Лабораторная работа № 5
Тема : Исследование контроллерной схемы управления электродвигателем серии МАП.

Цель выполнения работы:

- закрепление теоретического материала по контроллерной схемы управления ЭД серии МАП;
- закрепить умения и навыки по чтению электрических схем;

Методическое обеспечение:

- методические указания по выполнению лабораторных работ;
- опорный конспект, выполненный на уроке по данной теме;
- видеопроектор;
- учебные плакаты;
- рекомендованная литература;
- интернет – ресурсы;

Методические рекомендации:

- изучить теоретический материал по конспекту и литературе;
- при выполнении работы разрешено пользоваться конспектом, плакатами, литературой и т.п.

Теория вопроса:

1. Система управления ЯШУ с 3-скоростным асинхронным двигателем

Схема предназначена для управления электроприводом якорно-швартовного устройства с 3-скоростным асинхронным двигателем.

Основные сведения.

Якорно-швартовные устройства предназначены для перемещения якоря и швартовных канатов.

Число скоростей ЯШУ – 3 или 6. Для получения 3-х скоростей применяют асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, 6-ти скоростей – асинхронный двигатель с фазным ротором.

В данной схеме применяется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и тремя обмотками на статоре. Способ регулирования скорости – изменением числа пар полюсов. Мощность электродвигателя – 20...25 кВт.

При подъёме (спуске) якоря используются только 1-я и 2-я скорости, при швартовных операциях – все 3.

Контроллерная схема управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом изображена на рис. 12.6.

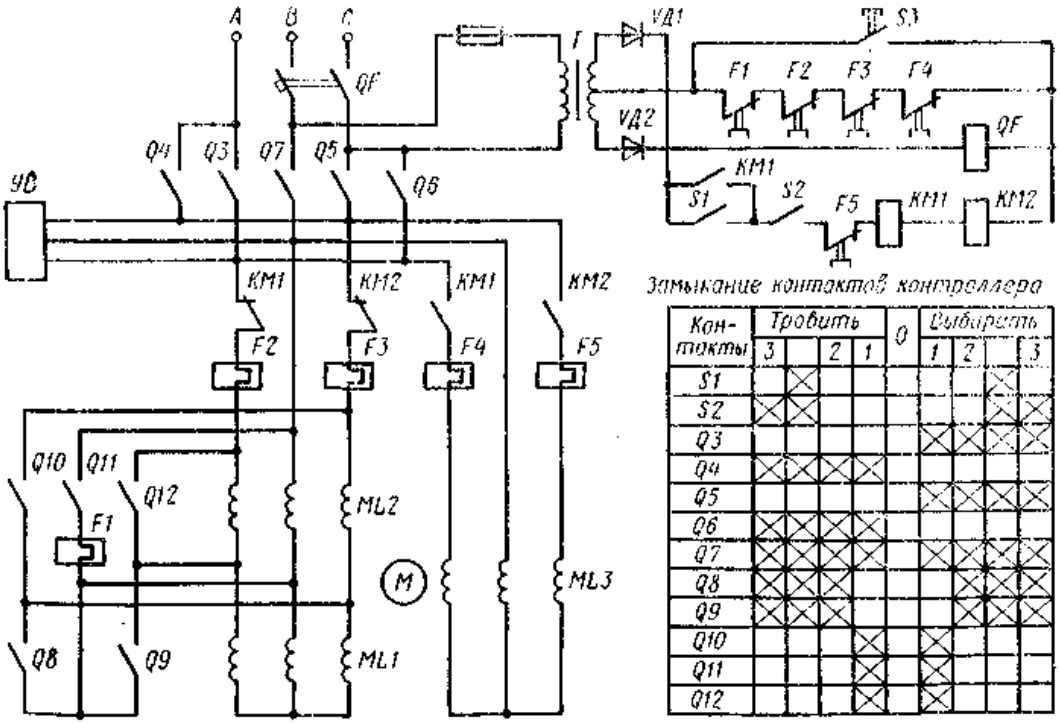

Рис. 3.22. Контроллерная схема управления трехскоростным якорно-швартовным электроприводом

Рис. 12.6. Контроллерная схема управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом

Основные элементы схемы

К основным элементам схемы относятся (рис. 12.6):

1. QF – автоматический выключатель электродвигателя;
2. YB – тормозной электромагнит;

3. F1…F5 – нагревательные элементы тепловых реле;
4. ML1, ML2, ML3 – обмотки статора 1-й, 2-й и 3-й скоростей;
5. T – понижающий трансформатор для питания цепей управления;
6. VD1, VD2 – диоды схемы выпрямления;
7. S3 – аварийная кнопка блокировки тепловой защиты обмоток 1-й и 2-й скоростей;
8. QF – катушка минимального расцепителя автоматического выключателя QF;
9. KM1, KM2 - контакторы 3-й скорости.

Особенность силовой части схемы состоит в том, что обмотки 1-й и 2-й скорости соединены последовательно, но при работе включаются поочерёдно. Такое соединение обеспечивает ***безобрывное*** переключение этих обмоток и защиту контактов Q10, Q11 и Q12 от обгорания.

Таблица переключения контактов контроллера – в нижнем правом углу рис. 1.

Как видно из таблицы, контроллер имеет 3 фиксированных положения в каждую сторону («травить» и «выбирать»).

В промежуточном состоянии между положениями 2 и 3 рукоятка контроллера не фиксируется.

Контроллер имеет 10 главных контактов - Q3…Q12 и 2 вспомогательных - S1 и S2.

Подготовка схемы к работе

Для подготовки схемы к работе включают автоматический выключатель QF.

При этом получает питание первичная обмотка трансформатора, Напряжение вторичной обмотки выпрямляется диодами VD1, VD2. образуется цепь тока катушки минимального расцепителя автомата: плюс - катушка QF – размыкающие контакты тепловых реле F4-F1 – минус (на средней точке вторичной обмотки трансформатора).

Схема готова к работе.

Работа схемы

Схема управления симметрична, поэтому рассмотрим работу схемы в направлении «Выбирать».

При переводе рукоятки контроллера в положение «1» замыкаются контакты Q3,

Q5, Q7, Q10, Q11 и Q12.

При замыкании контактов Q10, Q11 и Q12 шунтируется обмотка 2-й скорости ML2,Q3, Q5 и Q7 – подаётся питание на катушку электромагнитного тормоза YB и обмотку 1-й скорости ML1. Обмотка ML1 соединена «звездой».

Двигатель растормаживается и работает на первой скорости.

При переводе рукоятки контроллера в положение «2» размыкаются контакты Q10,Q11 и Q12 (снимается шунтирование обмотки ML2) и замыкаются Q8 и Q9, соединяющие нижние выводы обмотки ML2 в общую точку. В результате обмотка ML2 соединяется в «звезду».

Двигатель переходит на 2-ю скорость.

При переводе рукоятки в 3-е положение в промежуточном положении замкнутся вспомогательные контакты S1 и S2.

Через эти контакты образуется цепь тока последовательно соединённых катушек КМ1 и КМ2 контакторов 3-й скорости:

плюс - S1 - S2 – F5 – RV1 – RM2 – F4 – F3 – F2 - F1 – минус (на средней точке вторичной обмотки трансформатора).

Контакторы КМ1 и КМ2 размыкают контакты в цепи обмоток 1-й и 2-й скоростей и замыкают контакты в цепи обмотки 3 -й скорости.

Одновременно замыкается вспомогательный контакт КМ1 и шунтирует контакт S1контроллера.

Двигатель переходит на 3-ю скорость.

При переводе рукоятки контроллера в 3-е фиксированное положение контакт S1размыкается, но цепь катушек контакторов КМ1 и КМ2 сохраняется через вспомогательный контакт КМ1.

Защиты

Защита от токов короткого замыкания

При коротком замыкании в обмотке статора отключается автомат QF. Двигатель отключается от сети и затормаживается.

При коротком замыкании в цепи катушки QF или контакторов КМ1, КМ2 сгорает предохранитель в цепи первичной обмотки

трансформатора. При этом теряет питание катушка QF, отключается автомат QF. Двигатель отключается от сети и затормаживается.

. **Защита от токов перегрузки**

Для защиты от токов перегрузки обмотки 1-й скорости служит тепловое реле F1, обмотки 2-й скорости – реле F2, F3, обмотки 3-й скорости – реле F4, F5.

Токи срабатывания (уставки) реле F4 и F5 разные, у реле F5 меньше, у реле F4 – больше.

При перегрузке 3-й скорости быстрее (при меньшем токе перегрузки) срабатывает реле F5, оно размыкает свой контакт в цепи катушек контакторов 3-й скорости КМ1, КМ2.

Контакторы отключаются, размыкают свои контакты в цепи обмотки 3-й скорости ML3 и замыкают в цепи обмотки 2-й скорости ML2. Одновременно размыкается вспомогательный контакт КМ1 (параллельно контакту S1).

Двигатель переходит с 3-й скорости на вторую.

После отключения обмотки ML3 нагревательный элемент F5 остывает и контакт F5 повторно замыкается. Однако контакторы КМ1 и КМ2 самопроизвольно включиться не смогут, т.к. разомкнут вспомогательный контакт КМ1.

Для возврата на 3-ю скорость надо сначала замкнуть контакт S1, а для этого рукоятку контроллера перевести из 3-го положения в промежуточное (см. таблицу).

При перегрузке обмоток 2-й или 1-й скорости размыкаются контакты F2 или F3 (2-скорость)или F1 (1-я скорость). Катушка QF обесточивается, автомат QF отключается.

При необходимости, нажатием кнопки S3 шунтируют контакты F1…F4, тем самым оставляя без защиты от перегрузки обмотки 1-й и 2-й скорости. Такая необходимость может возникнуть, если надо быстро сняться с якоря, а тепловые реле F1…F4 постоянно срабатывают.

В этом случае надо доложить о срабатывании защиты на мостик и только после получения команды с мостика нажать кнопку S3.

Защита по снижению напряжения (минимальная и нулевая)

Минимальная защита

При снижении напряжения до 60% и менее якорь минимального расцепителя автомата QF отпадает, автомат отключается.

После восстановления напряжения автомат надо включить повторно и продолжить работу.

Нулевая защита

При обесточивании якорь минимального расцепителя автомата QF отпадает, автомат отключается.

После восстановления напряжения автомат надо включить повторно и продолжить работу.

Таким образом, минимальная и нулевая защиты предотвращают самопроизвольное повторное включение двигателя после провала напряжения (минимальная защита) или его исчезновении (нулевая защита).

Такое самопроизвольное включение может привести к аварии.

Особенности схемы:

1. обмотки 1-й и 2-й скорости соединены последовательно, но при работе включаются поочерёдно. Такое соединение обеспечивает ***безобрывное*** переключение этих обмоток и защиту контактов Q10, Q11 и Q12 от обгорания;
2. все 3 обмотки связаны гальванически через средний провод (фаза В), что небезопасно при обслуживании;
3. в схеме для переключения 3-х скоростей использованы 2 контактора – КМ1 и КМ2, что упрощает и удешевляет её.

Ход выполнения работы:

1. Инструктаж, проводимый преподавателем, по организации и порядку выполнения лабораторной работы. Разделение на группы.
2. Ответы на вопросы:

а) назначение и основные сведения о контроллерной схеме управления электродвигателем серии МАП;

б) основные элементы контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом;

в) принцип работы контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом;

г) системы защиты контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом;

д) особенности контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом;

2. Графическое изображение контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом, в тетрадях лабораторных работ;

3. Чтение контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом;

4. Доклад на уроке представителем каждой группы о принципе действия и порядка работы контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом;

5. Обсуждение итогов выполнения лабораторной работы;

Практическое задание для самостоятельной работы: Оформить графическое изображение контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом, в тетради для лабораторных работ, с кратким изложением принципа ее работы и представить на проверку;

Контроль выполнения: оценка проверки оформления электрической схемы и доклада на уроке;

Для закрепления полученных знаний и подготовки к лабораторной работе можно использовать **вопросы для самоконтроля:**

а) назначение и основные сведения о контроллерной схеме управления электродвигателем серии МАП;

б) основные элементы контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом;

в) принцип работы контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом;

г) системы защиты контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом;

д) особенности контроллерной схемы управления 3-скоростным якорно-швартовным электроприводом;

Рекомендуемая литература:

1. Кацман М.М. Электрический привод, 7-е изд., учебник. М.: Академия, 2014г. с.384

2. Москаленко В.В. Электрический привод, 7-е изд. , учебник, М.: Инфра-М, 2014г. с. 364

3. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу, 8-е изд., практикум, М.: Академия, 2014г. с.256

4.. Головин Ю.К. Судовые электрические приводы. Транспорт, 1991 г. с.327

Интернет-ресурсы:

1.sealib.com.ua›electrition/electroteh.html

2.studmed.ru›chekunov…**sudovye-elektroprivody**…sudov…

3. MorKniga.ru›p826290.html

4. ngavt.omskcity.com:82›cgi-bin/irbis64r_11/…?LNG…1…

5. eknigi.org›Аппаратура›Электрооборудование судов

Лабораторная работа № 6

Тема : Исследование системы «генератор – двигатель»

Цель выполнения работы:

- закрепление теоретического материала по системе «генератор-двигатель»;
- закрепить умения и навыки по чтению электрических схем;

Методическое обеспечение:

- методические указания по выполнению лабораторных работ;
- опорный конспект, выполненный на уроке по данной теме;
- видеопроектор;
- учебные плакаты;
- рекомендованная литература;
- интернет – ресурсы;

Методические рекомендации:

- изучить теоретический материал по конспекту и литературе;
- при выполнении работы разрешено пользоваться конспектом, плакатами, литературой и т.п.

Теория вопроса:

1. **Система управления электроприводом брашпиля по**

системе генератор-двигатель

Основные сведения

Системой генератор-двигатель (Г-Д) называют систему, в которой исполнительный двигатель, приводящий в движение механизм, питается от отдельного генератора, а не от судовой сети.

Сам генератор приводится в движение дизелем (на электроходах) или асинхронным электродвигателем ПД (в данной схеме).

Система Г-Д имеет низкий коэффициент полезного действия – 30 - 40%, что объясняется трёхкратным преобразование энергии. В данной схеме такое преобразование происходит:

1. в приводном асинхронном двигателе ПД, в котором электроэнергия судовой сети преобразуется в механическую на валу двигателя;
2. в генераторе Г, в котором механическая энергия приводного двигателя ПД преобразуется в электрическую самого генератора;
3. в исполнительных двигателях 1ИД, 2ИД, в которых электрическая энергия, получаемая от генератора Г, преобразуется в механическую на их валах.

Однако система Г-Д позволяет плавно и в широких пределах регулировать скорость исполнительного двигателя, чего нельзя достигнуть иными способами регулирования скорости. Поэтому она до сих пор широко применяется на судах.

В этой системе обмотки якорей генератора Г и исполнительных двигателей 1ИД и 2ИД соединены последовательно (они обтекаются одинаковым током), что позволило создать простую и эффективную защиту от токов перегрузки при помощи последовательной противокомпаундной обмотки (ПКО) генератора (см. ниже).

Описание принципиальной схемы

К основным элементам схемы относятся (рис. 12.7):

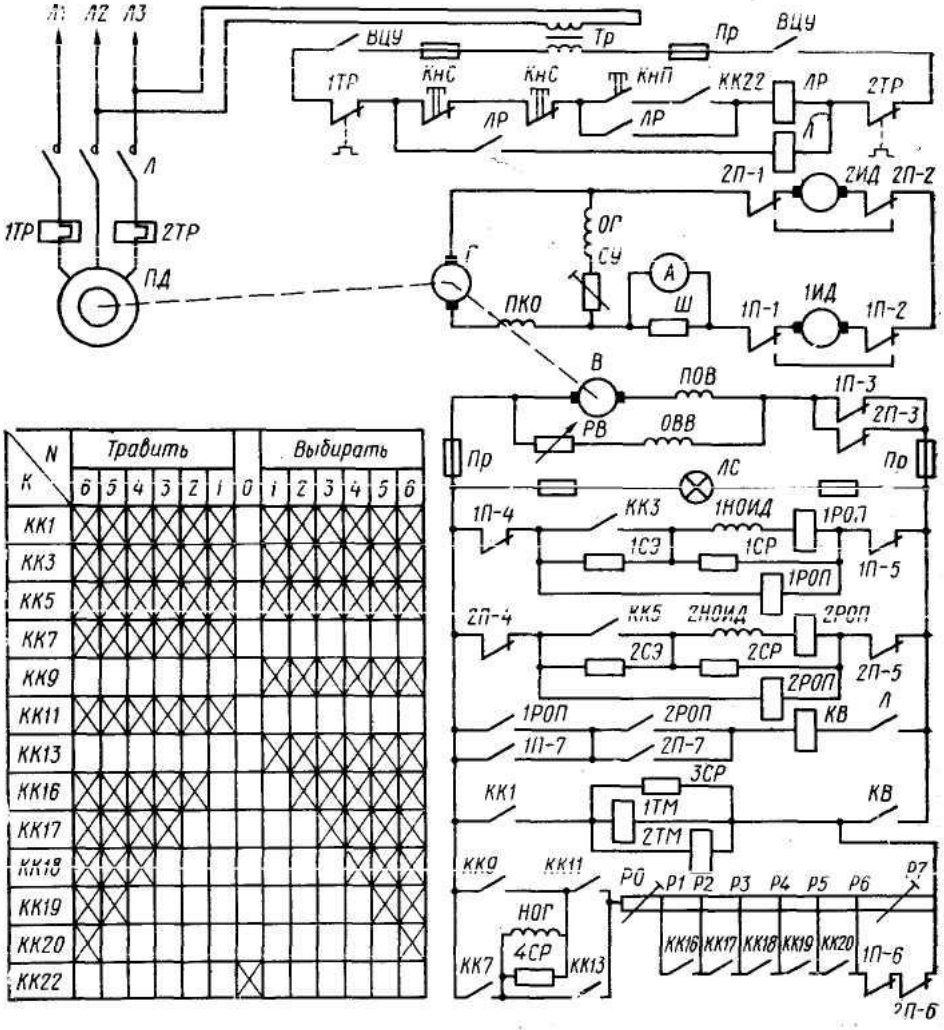

Рис. 12.7. Схема электропривода брашпиля по системе Г – Д

1. ПД – приводной асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором;
2. Г – генератор постоянного тока смешанного возбуждения напряжением 220 В и мощностью 45 кВт;
3. В – генератор постоянного тока смешанного возбуждения напряжением 220 В и мощностью 4,5 кВт;
4. 1ИД, 2ИД – исполнительные двигатели постоянного тока независимого возбуждения напряжением 110 В и мощностью 17 кВт каждый.

Приводной двигатель (ПД) предназначен для вращения якорей генератора Г и возбудителя В.

Ротор ПД и якоря генератора и возбудителя сидят на одном валу. Скорость ПД – 1500 об / мин, значит, скорость якорей генератора и возбудителя такая же.

Генератор Г на главных полюсах имеет три обмотки возбуждения:

1. параллельную ОГ;
2. последовательную ПКО;
3. независимую НОГ.

Магнитные потоки параллельной и независимой обмоток направлены согласно и намагничивают генератор. Последовательная обмотка включена так, что её магнитный поток направлен встречно магнитным потокам параллельной и независимой обмоток, т.е. эта обмотка размагничивает генератор.

Таким образом, результирующий магнитный поток генератора

$\Phi_{рез} = \Phi_{ног} + \Phi_{ог} - \Phi_{пко}$.

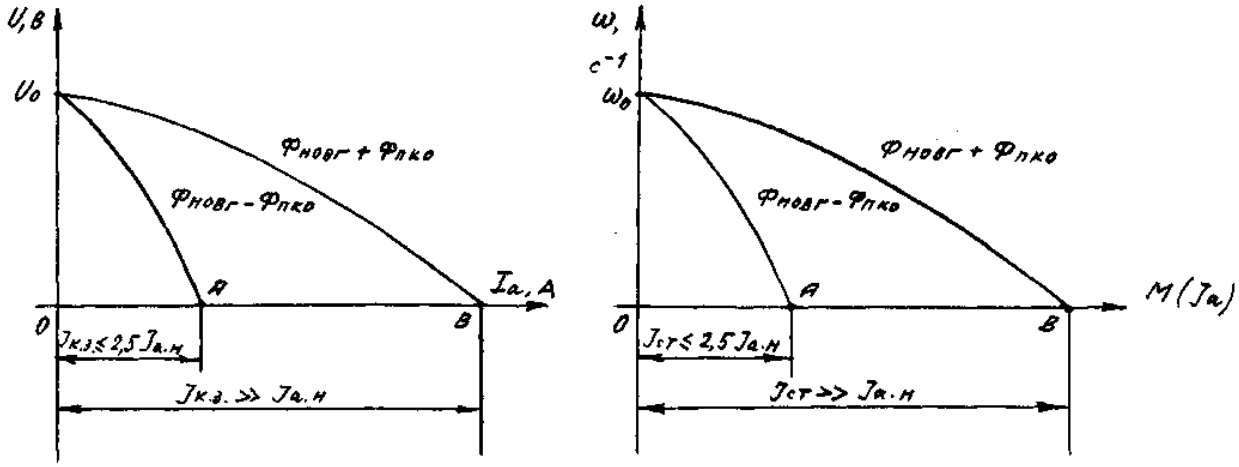

Рис. 12.8. Внешняя характеристика генератора с ПКО (а) и механическая характеристика исполнительного двигателя в системе Г-Д (б)

Встречное включение ПКО позволяет получить крутопадающие характеристики генератора и обоих двигателей и тем самым ограничить ток стоянки двигателей до допустимых значений $I_{ст} \leq 2{,}5\ I_{ном}$ (см. рис. 12.8, а, а также ниже «Защита от токов перегрузки»).

Последовательно с параллельной обмоткой ОГ включено установочное сопротивление СУ. Это сопротивление регулируется только при настройке. Оно предназначено для того, чтобы исключить самовозбуждение генератора Г при нулевом положении штурвала.

Такое самовозбуждение может вызвать аварию, т.к. при самовозбуждении появляется напряжение на зажимах генератора и

приводные двигатели 1ИД и 2ИД начинают вращаться (хотя рукоятка командоконтроллера находится в положении «0»)..

Возбудитель В имеет на главных полюсах последовательную ПОВ и параллельную ОВВ обмотки возбуждения. Магнитные потоки обмоток направлены согласно, что обеспечивает стабильное напряжение на зажимах В без применения автоматического регулятора напряжения.

Возбудитель служит для питания независимых обмоток возбуждения 1НОИД и 2НОИД обоих двигателей, независимой обмотки возбуждения генератора НОГ и двух катушек 1ТМ, 2ТМ электромагнитных тормозов обоих двигателей.

Каждый из двигателей 1ИД и 2ИД имеет на главных полюсах независимые обмотки возбуждения 1НОИД и 2НОИД.

Последовательно с обмотками включены экономические сопротивления 1СЭ и 2СЭ, уменьшающие нагрев этих обмоток в нерабочем состоянии брашпиля.

Параллельно обмоткам включены разрядные резисторы 1СР и 2СР, защищающие обмотки от перенапряжений при размыкании контактов 1П-4, 1П-5 и 2П-4, 2П-5.

Кроме того, последовательно с обмотками 1НОИД и 2НОИД включены токовые катушки 1РОП, а параллельно этим обмоткам – катушки напряжения 1РОП и 2РОП реле обрыва поля. Магнитные потоки обеих катушек направлены согласно. Назначение РОП объясняется ниже (см. «Защита от обрыва поля»).

Способ регулирования скорости обоих двигателей 1ИД, 2ИД – изменением напряжения на каждом якоре. Для такого регулирования служит регулировочный резистор Р0-Р7 в цепи независимой обмотки генератора НОГ.

Этот резистор имеет 7 ступеней:

1. нерегулируемые при работе ступени Р0-Р1 и Р6-Р7;
2. регулируемые ступени Р1-Р2, Р2-Р3, Р3-Р4, Р4-Р5 и Р5-Р6.

Ступени Р0-Р1 и Р6-Р7 регулируются только при настройке, остальные ступени выводятся (вводятся) замыканием (размыканием) контактов КК16…КК20 командоконтроллера КК.

Таблица переключений контактов КК показана в нижней левой части рис. 1. Из таблицы следует, что рукоятка командоконтроллера имеет 13 положений: нерабочее положение «0» и по 6 рабочих

положений в направлениях «Выбирать» и «Травить».

Схема управления предусматривает 3 режима работы электропривода брашпиля:

1. в работе оба двигателя, 1ИД и 2ИД; этот режим – основной;
2. в работе двигатель 1ИД;
3. в работе двигатель 2ИД.

Второй и третий режим применяют при выходе из действия любого двигателя, что повышает живучесть электропривода.

Для получения необходимого режима работы служат 7-полюсные переключатели 1П и 2П. Каждый переключатель имеет 2 положения:

1. двигатель в работе;
2. двигатель не работает.

На схеме контакты обоих переключателей находятся в положении, соответствующем основному режиму работы, т.е. в работе оба двигателя.

Подготовка схемы к работе

Основной режим работы

Для подготовки схемы к работе электромеханик должен выполнить следующие действия:

1. включить автоматический выключатель АВ на ГРЩ (на схеме не показан);
2. включить выключатель цепей управления ВЦУ (аварийный выключатель) на тумбе командоконтроллера;
3. проверить положение обоих переключателей режимов работы 1П и 2П, оба переключателя должны находиться в положении «Двигатель в работе»;
4. проверить положение рукоятки командоконтроллера и при необходимости установить её в положение «0». В этом положении замкнут контакт КК22;
5. нажать кнопку КнП «Пуск».

При этом образуется цепь катушки линейного (промежуточного) реле ЛР: левый вывод вторичной обмотки трансформатора Тр – левый предохранитель – ВЦУ – 1ТР – КнС – КнС – КнП – КК22 – катушка ЛР – 2ТР – ВЦУ - правый предохранитель – правый вывод вторичной обмотки трансформатора Тр .

Реле ЛР включается и замыкает 2 контакта: верхний, шунтирующий кнопку КнП (её можно отпустить) и нижний, через который включается линейный контактор Л.

Линейный контактор включается, замыкает три главных контакта, подключая приводной двигатель ПД к судовой сети, и вспомогательный в цепи катушки контактора возбуждения КВ.

При этом происходит пуск ПД, начинают вращаться якоря генератора Г и возбудителя В.

Генератор Г не возбуждается, т.к. в цепи его параллельной обмотки включёно установочное сопротивление СУ. Сопротивление (в омах) СУ при настройке отрегулировано так, чтобы суммарное сопротивление его и обмотки ОГ было больше т.н. «критического», при котором генератор не самовозбуждается.

Возбудитель В самовозбуждается за счёт параллельной обмотки ОВВ до напряжения 220 В. Если напряжение возбудителя отличается от 220 В, его можно подрегулировать при помощи реостата возбуждения РВ.

От возбудителя питаются такие цепи:

1. цепь сигнальной лампочки ЛС:

«плюс» на левой щётке В – предохранитель 10 А - предохранитель 0,5 А – ЛС –предохранитель 0,5 А - предохранитель 10 А – параллельно включённые контакты 1П-3, 2П-3 переключателей режима двигателей 1ИД, 2ИД - «минус» на правой щётке. Надо обратить внимание на то, что цепь лампочки защищена предохранителями 0,5 А. Это сделано для того, чтобы при коротком замыкании внутри лампочки перегорали именно эти предохранители. Если бы их не было, то при коротком замыкании внутри лампочки перегорали бы предохранители 10 А, что привело бы к остановке брашпиля;

2. цепь независимой обмотки 1НОИД:

«плюс» на левой щётке В – предохранитель 10 А – 1П4 – 1СЭ – 1НОИД – токовая катушка 1РОП – 1П5 - предохранитель 10 А – параллельно включённые контакты 1П-3, 2П-3 переключателей режима двигателей 1ИД, 2ИД - «минус» на правой щётке. Ток в этой обмотке ограничен до 80% за счёт экономического резистора 1СЭ, но двигатель уже возбуждён на 80%;

3. цепь катушки напряжения реле 1РОП:

«плюс» на левой щётке В – предохранитель 10 А – 1П4 – катушка напряжения 1РОП – 1П5 - предохранитель 10 А – параллельно включённые контакты 1П-3, 2П-3 переключателей режима двигателей

1ИД, 2ИД - «минус» на правой щётке;

4. аналогичные две цепи (см. пп. 2 и 3) образуются для двигателя 2ИД.

Оба реле 1РОП и 2РОП включаются и замыкают последовательно соединённые контакты в цепи катушки контактора возбуждения КВ.

Контактор КВ включается и замыкает контакт КВ.

Схема готова к работе.

Работа схемы

Схема управления симметрична, поэтому рассмотрим работу схемы в направлении «Выбирать».

При переводе рукоятки командоконтроллера из положения «0» в положение «1» размыкается контакт КК22 и замыкаются контакты КК1, КК3, КК5, КК9 и КК13.

Размыкание контакта КК22 не приводит к отключению линейного реле ЛР, потому что его катушка продолжает питаться через контакт ЛР (параллельно кнопке КнП).

При замыкании контакта КК1 включаются катушки 1ТМ и 2ТМ электромагнитных тормозов обоих двигателей, двигатели 1ИД и 2ИД растормаживаются.

При замыкании контактов КК3 и КК5 шунтируются экономические сопротивления 1СЭ и 2 СЭ, в результате магнитный поток обоих двигателей увеличивается от 80% до 100%.

При замыкании контактов КК9 и КК13 образуется цепь тока обмотки возбуждения генератора Г:

плюс» на левой щётке В – предохранитель 10 А – КК9 – НОГ (параллельно – разрядный резистор 4СР) – Р0-Р6 – 1П6 – 2П6 - предохранитель 10 А – параллельно включённые контакты 1П-3, 2П-3 переключателей режима двигателей 1ИД, 2ИД - «минус» на правой щётке.

Ток возбуждения генератора ограничен резисторами Р0-Р6. На зажимах генератора Г появляется напряжение 40 В, исполнительные двигатели 1ИД и 2ИД начинают вращаться с малой скоростью.

При переводе рукоятки командоконтроллера из положения «1» в положение «2» Замыкается контакт КК16, шунтирующий ступень Р1-Р2. Ток возбуждения генератора, а значит, скорость исполнительных

двигателей 1ИД и 2ИД также увеличивается.

При дальнейшем переводе рукоятки командоконтроллера из положения «2» в последующие «3», «4», «5» и «6» последовательно замыкаются контакты КК17, КК18, КК19 и КК20. Ток возбуждения генератора и скорость исполнительных двигателей увеличиваются.

В положении «6» напряжение генератора – 220 В, двигатели развивают максимальную скорость. Напряжение на якоре каждого двигателя – 110 В.

Реверс электропривода

Для реверса электропривода рукоятку переводят в положение «Травить». При этом замыкаются контакты КК7 и КК11, что приводит к изменению направления тока в обмотке НОГ генератора.

Полярность напряжения генератора, а значит, направление тока в обмотках якорей генератора и обоих исполнительных двигателей 1ИД и 2ИД изменяются на обратное, двигатели 1ИД и 2ИД реверсируют.

В остальном схема работает так же, как в направлении «Выбирать».

Работа схемы с одним исполнительным двигателем

Подготовка схемы к работе

Предположим, что надо исключить из работы исполнительный двигатель 1ИД.

Для этого переключатель 1П переводят из положения «двигатель в работе» в положение «двигатель не работает».

Контакты 1П-1…1П-7 переключаются следующим образом:

1. контакты 1П-1, 1П-2 переключаются в нижнее положение, при этом обмотка якоря 1ИД исключается из цепи главного тока, но вместо неё вводится перемычка;
2. контакт 1П-3 размыкается, но это не влияет на работу схемы, т.к. остаётся замкнутым контакт 2П-3;
3. размыкаются контакты 1П-4, 1П-5, отключая обмотку возбуждения 1НОИД; при этом отключается реле обрыва поля 1РОП, которое размыкает контакт 1РОП в цепи катушки контактора возбуждения КВ, контактор отключается;
4. размыкается контакт 1П-6, в цепь НОГ дополнительно вводится нерегулируемая ступень Р6-Р7.

При этом ток возбуждения генератора Г уменьшается в 2 раза, поэтому при работе в положении «6» напряжение генератора составляет не 220 В, а 110 В. Это напряжение генератора Г как раз равно

номинальному напряжению 110 В якоря 2ИД;

5. замыкается контакт 1П-7 (параллельно разомкнувшемуся контакту 1РОП), контактор возбуждения КВ повторно включается.

Схема готова к работе.

Работа схемы

Схема с одним исполнительным двигателем работает так же, как с двумя.

При переводе рукоятки командоконтроллера из положения «0» в положения «1»…»6» последовательно замыкаются контакты КК16…КК20, при этом увеличивается ток возбуждения генератора Г, его напряжение и скорость двигателя 2ИД.

Однако при этом в каждом положении ток возбуждения генератора Г и его напряжение в 2 раза меньше, чем в схеме с двумя исполнительными двигателями. Необходимость в снижении напряжения объясняется тем, что теперь в цепи главного тока находится только одна обмотка якоря, а не две. Номинальное напряжение каждого якоря – 110 В.

Защиты

Защита от токов короткого замыкания

Для защиты от токов короткого замыкания в обмотке статора приводного двигателя ПД служит автоматический выключатель на ГРЩ (на схеме не показан).

Для от токов короткого замыкания в катушках линейного реле ЛР и линейного контактора Л служат предохранители Пр 2 А.

Для защиты от токов короткого замыкания в цепях, питающихся от возбудителя В, служат предохранители 10 А.

Для от токов короткого замыкания в цепи сигнальной лампочки служат предохранители 0,5 А.

Защита от токов перегрузки

Для защиты от токов перегрузки приводного двигателя ПД служат тепловые реле 1ТР и 2ТР. При перегрузке ПД эти реле размыкают контакты 1Тр, 2ТР в цепи катушек реле ЛР и контактора Л, что приводит к отключению ПД от судовой сети. Электропривод брашпиля останавливается и затормаживается.

Для защиты от токов перегрузки генератора Г и приводных

двигателей 1ИД и 2ИД служит противокомпаундная обмотка ПКО генератора Г.

Перегрузка может возникнуть, например, если невозможно оторвать якоря от грунта. При этом оба двигателя переходят в режим стоянки под током, ток главной цепи увеличивается.

Этот ток, протекая через ПКО, усиливает её размагничивающее действие генератора. Напряжение генератора уменьшается (рис. 12.8, а, внешняя характеристика «1» генератора) что, по закону Ома, приводит к уменьшению тока главной цепи до безопасного для якорей генератора Г и двигателей 1ИД и 2ИД значения.

Для генераторов этот ток называют током короткого замыкания $I_{к.з}$, а для двигателей – током стоянки $I_{ст}$.

Обычно это значение $I_{к.з} = I_{ст} \leq 2{,}5\ I_{ном}$. При большем токе на коллекторе электрических машин (генератора и двигателя) возникает круговой огонь, коллектор нагревается, выплавляется олово из петушков коллекторных пластин, обмотка якоря сгорает.

На рис. 12.8, а , внешняя характеристика «2» соответствует согласному включению независимой обмотки НОВГ и ПКО. При таком включении последовательная обмотка возбуждения (в данном случае, ПКО не размагничивает, а намагничивает железо генератора, в результате ток короткого замыкания во много раз превышает номинальный – точка «В» на внешней характеристике генератора).

Аналогично, равный этому току генератора ток стоянки двигателя также во много раз превышает номинальный – точка «В» на механической характеристике двигателя).

В системе Г-Д перегрузка исполнительного двигателя ИД приводит к перегрузке не только генератора Г, но и приводного двигателя ПД, в данной схеме – 3-фазного асинхронного двигателя ПД.

На электроходах в качестве приводного двигателя ПД используется двигатель внутреннего сгорания (дизель). Дизели выдерживают перегрузку в 10% номинальной мощности в течение только 1 часа. Поэтому на электроходах применение ПКО в системах Г-Д ограничивает перегрузку дизелей до допустимых значений.

Защита от обрыва поля

Под обрывом магнитного поля (обрывом поля) понимают уменьшение до нуля магнитного потока параллельной обмотки возбуждения.

Например, в данной схеме обрыв поля может произойти, если какой-либо из контактов 1П-4, 1П-5, 2П-4, 2П-5 перестанет пропускать ток.

Пусть перестал пропускать ток контакт 1П-4. В этом случае магнитный поток Ф обмотки 1НОИД уменьшится до нуля. ПротивоЭДС обмотки якоря двигателя $E = c*\omega*\Phi = c*\omega*0 = 0$, что приведёт к резкому увеличению тока якоря двигателя

$$I_a = (U - E) / R_a = (U - 0) / R_a = U / R_a = I_{к.з}$$

Обмотка якоря двигателя сгорает.

В данной схеме защита от обрыва поля работает так.

При обрыве поля перестаёт протекать ток в цепи 1НОИД (2НОИД) и токовой катушке 1РОП (2РОП). Реле 1РОП (2РОП) размыкает контакт 1РОП (2РОП) в цепи катушки контактора возбуждения КВ.

Контактор КВ отключается и размыкает контакт КВ в цепях катушек тормозов 1ТМ, 2ТМ и цепи независимой обмотки генератора НОГ.

При этом напряжение генератора уменьшается до нуля, а оба двигателя затормаживаются.

Защита по снижению напряжения

При снижении напряжения до 60% и менее реле ЛР отпускает свой якорь и размыкает оба контакта – в цепях катушек ЛР и линейного контактора Л.

Последний размыкает контакты Л в цепи обмотки статора приводного двигателя ПД, двигатель останавливается. Это приводит к остановке электропривода брашпиля.

Для повторного пуска надо вначале установить рукоятку командоконтроллера в положение «0», после чего нажать кнопку КнП «Пуск».

Далее работа схемы повторяется (см. «Подготовка схемы к работе»).

Ход выполнения работы:

1. Инструктаж, проводимый преподавателем, по организации и порядку

выполнения лабораторной работы. Разделение на группы.

2. Ответы на вопросы:

а) назначение и основные сведения о системе управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

б) основные элементы системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

в) принцип работы системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

г) системы защиты системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

д) особенности системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

2. Графическое изображение электрической схемы системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель, в тетрадях лабораторных работ;

3. Чтение электрической схемы системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

4. Доклад на уроке представителем каждой группы о принципе действия и порядка работы электрической схемы системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

5. Обсуждение итогов выполнения лабораторной работы;

Практическое задание для самостоятельной работы: Оформить графическое изображение электрической схемы системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель, в тетради для лабораторных работ, с кратким изложением принципа ее работы и представить на проверку;

Контроль выполнения: оценка проверки оформления электрической схемы и доклада на уроке;

Для закрепления полученных знаний и подготовки к лабораторной работе можно использовать **вопросы для самоконтроля:**

а) назначение и основные сведения о системе управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

б) основные элементы системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

в) принцип работы системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

г) системы защиты системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

д) особенности системы управления электроприводом брашпиля по системе генератор-двигатель;

Рекомендуемая литература:

1. Кацман М.М. Электрический привод, 7-е изд., учебник. М.: Академия, 2014г. с.384

2. Москаленко В.В. Электрический привод, 7-е изд. , учебник, М.: Инфра-М, 2014г. с. 364

3. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу, 8-е изд., практикум, М.: Академия, 2014г. с.256

4.. Головин Ю.К. Судовые электрические приводы. Транспорт, 1991 г. с.327

Интернет-ресурсы:

1.sealib.com.ua›electrition/electroteh.html

2.studmed.ru›chekunov…**sudovye-elektroprivody**…sudov…

3. MorKniga.ru›p826290.html

4. ngavt.omskcity.com:82›cgi-bin/irbis64r_11/…?LNG…1…

5. eknigi.org›Аппаратура›Электрооборудование судов

Лабораторная работа № 7

Тема : Исследование системы «тиристорный преобразователь – двигатель» (ТП – Д)

Цель выполнения работы:

- закрепление теоретического материала по системе «тиристорный преобразователь – двигатель»;

- закрепить умения и навыки по чтению электрических схем;

Методическое обеспечение:

- методические указания по выполнению лабораторных работ;

- опорный конспект, выполненный на уроке по данной теме;

- видеопроектор;

- учебные плакаты;

- рекомендованная литература;

- интернет – ресурсы;

Методические рекомендации:

- изучить теоретический материал по конспекту и литературе;

- при выполнении работы разрешено пользоваться конспектом, плакатами, литературой и т.п.

Теория вопроса:

1. Электрические схемы системы двойного рода тока (УВП – Д)

В таких системах исполнительный двигатель постоянного тока получает питание от судовой сети через управляемый вентильный преобразователь ВП (рис. 9.5).

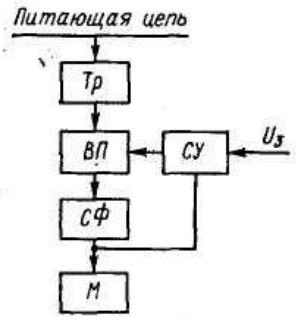

Рис. 9.5. Структурная схема тиристорного электропривода постоянного тока

В качестве вентилей используются управляемые полупроводниковые диоды – тиристоры.

В общем случае такой электропривод состоит из следующих основных элементов:

1. силовой трансформатор Тр;
2. вентильный преобразователь ВП;
3. сглаживающий фильтр СФ;
4. электродвигатель М;
5. система управления СУ.

Силовой трансформатор Тр служит для согласования номинального напряжения двигателя с выходным напряжением преобразователя.

Вентильный преобразователь выпрямляет напряжение и регулирует его в нужных пределах. Для питания цепей якоря двигателя применяют однополупериодные схемы с нулевым выводом (рис. 9.6, а) или двухполупериодные мостовые схемы (рис.9.6., б).

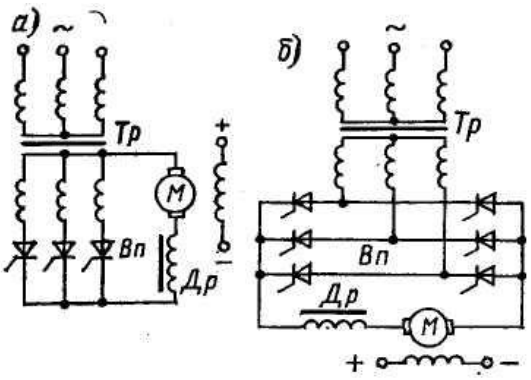

Рис. 9.6. Схемы включения якоря двигателей постоянного тока на вентильный преобразователь: с нулевым выводом (а); мостовая (б)

В таких схемах обмотки возбуждения двигателей обычно получают питание от общей сети переменного тока через маломощные однофазные выпрямители.

Сглаживающий фильтр (дроссель *Др* на рис.9.6) предназначен для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения. При этом улучшаются условия коммутации и уменьшается нагрев обмотки якоря двигателя.

Система управления СУ изменяет угол отпирания тиристоров α. Вследствие чего изменяется выпрямленное напряжение на якоре исполнительного двигателя, а значит, и его скорость

При этом, при малых скоростях якоря этот угол близок к 90º, а для разгона якоря СУ непрерывно уменьшает этот угол. При номинальном (наибольшем) напряжении на якоре угол $\alpha = 0^{o}$.

Механические характеристики двигателя при разных значениях угла отпирания тиристоров α приведены на рис. 9.7.

Они подобны механическим характеристикам исполнительного двигателя в системе Г – Д (рис. 9.4).

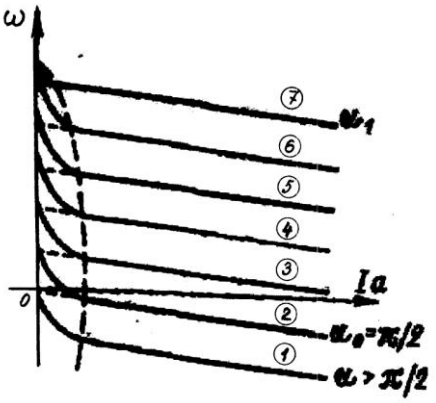

Рис. 9.7. Электромеханические характеристики двигателя при разных значениях угла α

На рис. 9.7 штриховой линией показана граница между режимами непрерывного (справа от пунктирной линии) и прерывистого (слева от этой линии) токов якоря двигателя.

Электромеханические характеристики имеют такие особенности:

1. при уменьшении угла отпирания тиристоров от $\alpha = \pi / 2 = 90^o$ (характеристика 2) до $\alpha_1 = 0^o$ (характеристика 7) скорость двигателя увеличивается, двигатель работает в двигательном режиме;
2. при увеличении угла α свыше 90° (характеристика 1) ток якоря двигателя не изменяет направление, но двигатель реверсирует и переходит в режим тормозного спуска.

при котором электромагнитный момент двигателя, направленный на подъем, ограничивает скорость спуска тяжелого груза или судового якоря с якорь-цепью.

2. Управление асинхронными двигателями(АД) с использованием тиристорных преобразователей частоты(ТПЧ)

В электроприводе ТПЧ в основном служат для регулирования частоты тока, поступающего на статор АД.

Изменяющийся по частоте ток приводит к изменению угловой скорости поля статора, в результате пропорционально изменяется угловая скорость ротора. Плавное изменение частоты тока статора и широкий диапазон ее изменения позволяют плавно изменять угловую скорость АД в широких пределах.

Применение ТПЧ улучшает также другие качественные показатели регулируемого ЭП: прежде всего это относится к пусковым и тормозным режимам АД.

Следует отметить, что пуск АД проводят при уменьшенной частоте и по мере его ускорения частоту тока, подаваемого на статор, увеличивают.

Увеличенный пусковой момент способствует большему ускорению ротора АД и уменьшает время пуска, что очень важно для ЭП работающих в повторно-кратковременном режиме. В последующем для увеличения утловой скорости ротора АД до номинальной частоту тока статора постепенно увеличивают. Если в процессе ускорения вращения ротора частоту увеличивать медленно, то при работе на каждой частотной характеристике АД достигает угловой скорости на ее рабочей части и переход на большую скорость не сопровождается большими бросками тока. Такой частотный пуск называется «мягким». При «мягком» пуске АД потери энергии и потребляемая энергия сравнительно невелики, но увеличивается время пускового процесса. Если же скорость изменения частоты тока статора большая, то ротор АД не успевают достичь скорости, соответствующей критическому скольжению и переход с одной частотной характеристики на другую происходит в области их неустойчивых частей. Такой режим частотного пуска, характерный большими значениями тока и потерь, называют «жестким».

Очевидно, в ТПЧ наиболее рационально устанавливать такую скорость изменения частоты тока, при которой переход с одной частотной механической характеристики на другую будет происходить при максимальных моментах. Указанное условие будет выполняться, когда темп или ускорение частоты тока в статоре будет одинаковым с ускорением ротора.

На судах ТПЧ применяют в основном в реверсивных ЭП для которых характерны режимы торможения противовключением и рекуперативный.

Применение ТПЧ позволяет предварительно понизить частоту тока, подаваемого на статор АД, при этом пропорционально уменьшится индуктивное сопротивление ротора, cos ф увеличится и это приведет к увеличению тормозного момента (соответственно время тормозного процесса сокращается). Одновременно при уменьшении частоты тока мгновенно снижается угловая скорость поля статора и скорость ротора оказывается выше скорости поля статора. Это способствует работе АД на небольшом отрезке времени в режиме рекуперации, что дополнительно сокращает время реверса.

Режим рекуперации может быть не только при реверсе, но и при регулировании угловой скорости в сторону уменьшения, когда приходится снижать частоту тока статора. В подобных случаях, так же как и в предыдущем, переход работы АД с одной механической

характеристики на другую происходит в зоне рекуперативного торможения, Переход сопровождается бросками тока, значения которых зависят от скорости изменения частоты. Аналогично, как и при пуске, переходный режим может быть «мягким» и «жестким». Для уменьшения бросков тока и потерь при регулировании стремятся скорость уменьшения частоты иметь небольшую, т.е. переходный процесс выполняют по возможности «мягким». Задавая определенные законы изменения частоты с помощью системы управления ТПЧ, можно получить гамму механических характеристик АД, отвечающих оптимальному режиму его работы.

Ход выполнения работы:

1. Инструктаж, проводимый преподавателем, по организации и порядку выполнения лабораторной работы. Разделение на группы.

2. Ответы на вопросы:

а) назначение и основные сведения о 1. Инструктаж, проводимый преподавателем, по организации и порядку выполнения лабораторной работы. Разделение на группы.

2. Ответы на вопросы:

а) назначение и основные сведения об электрических схемах системы двойного рода тока (УВП – Д);

б) основные элементы структурной схемы тиристорного электропривода постоянного тока их назначение;

в) принцип работы схемы тиристорного электропривода постоянного тока;

г) регулирование скорости в системе двойного рода тока;

д) схемы включения якоря двигателей постоянного тока на вентильный преобразователь: с нулевым выводом и мостовая и их работа;

е) управление асинхронными двигателями(АД) с использованием тиристорных преобразователей частоты(ТПЧ);

2. Графическое изображение структурной схемы тиристорного электропривода постоянного тока, схемы включения якоря двигателей постоянного тока на вентильный преобразователь: с нулевым выводом и мостовая, согласно вариантам, выданных преподавателем, в тетрадях лабораторных работ;

3. Чтение электрической схемы тиристорного электропривода постоянного тока и схемы включения якоря двигателей постоянного тока на вентильный преобразователь: с нулевым выводом и мостовая;
4. Доклад на уроке представителем каждой группы о принципе действия и порядка работы электрической схемы тиристорного электропривода постоянного тока и схемы включения якоря двигателей постоянного тока на вентильный преобразователь: с нулевым выводом и мостовая, согласно вариантам, выданных преподавателем;
5. Обсуждение итогов выполнения лабораторной работы;

Практическое задание для самостоятельной работы: Оформить графическое изображение структурной схемы тиристорного электропривода постоянного тока и схемы включения якоря двигателей постоянного тока на вентильный преобразователь: с нулевым выводом и мостовая, согласно вариантам, выданных преподавателем, в тетрадях лабораторных работ, с кратким изложением принципа их работы и представить на проверку;

Контроль выполнения: оценка проверки оформления электрической схемы и доклада на уроке;

Для закрепления полученных знаний и подготовки к лабораторной работе можно использовать **вопросы для самоконтроля:**

а) назначение и основные сведения об электрических схемах системы двойного рода тока (УВП – Д);

б) основные элементы структурной схемы тиристорного электропривода постоянного тока их назначение;

в) принцип работы схемы тиристорного электропривода постоянного тока;

г) регулирование скорости в системе двойного рода тока;

д) схемы включения якоря двигателей постоянного тока на вентильный преобразователь: с нулевым выводом и мостовая и их работа;

е) управление асинхронными двигателями(АД) с использованием тиристорных преобразователей частоты(ТПЧ);

Рекомендуемая литература:

1. Кацман М.М. Электрический привод, 7-е изд., учебник. М.: Академия, 2014г. с.384

2. Москаленко В.В. Электрический привод, 7-е изд. , учебник, М.: Инфра-М, 2014г. с. 364

3. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу, 8-е изд., практикум, М.: Академия, 2014г. с.256

4.. Головин Ю.К. Судовые электрические приводы. Транспорт, 1991 г. с.327

Интернет-ресурсы:

1.sealib.com.ua›electrition/electroteh.html

2.studmed.ru›chekunov…**sudovye-elektroprivody**…sudov…

3. MorKniga.ru›p826290.html

4. ngavt.omskcity.com:82›cgi-bin/irbis64r_11/…?LNG…1…

5. eknigi.org›Аппаратура›Электрооборудование судов