

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов электрических и неэлектрических специальностей

Белгород
2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Кафедра электроэнергетики

Утверждено
научно-методическим советом
университета

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов электрических и неэлектрических специальностей

Белгород
2012

УДК 621.31(07)
ББК 31.2 я7
Л45

Составители: канд. техн. наук, ст.препод. *И.А. Щербинин*
доцент *Д.А. Прасол*
ст.преподаватель *С.И. Филимонов*

Рецензент канд. техн. наук, доцент Харьковской национальной академии
городского хозяйства *А.В. Сапрыка*

Электрический привод оборудования: методические указания к
Л45 выполнению лабораторных работ для студентов электрических и
неэлектрических специальностей /сост.: И.А. Щербинин, Д.А. Прасол,
С.И. Филимонов, – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 38 с.

В методических указаниях рассмотрены требования к оформлению, выполнению и защите лабораторных работ. Указаны краткие теоретические сведения, методика выполнения, даны контрольные вопросы для подготовки к защите.

Методические указания предназначены для студентов электрических и неэлектрических специальностей.

Данное издание публикуется в авторской редакции.

УДК 621.31(07)
ББК 31.2 я7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2012

Содержание

Цель и порядок выполнения работ.....	4
Лабораторная работа №1. Пуск двигателя постоянного тока (ДПТ) в функции времени.....	9
Лабораторная работа №2. Пуск двигателя постоянного тока (ДПТ) в функции ЭДС.....	18
Лабораторная работа № 3. Торможение двигателя постоянного тока (ДПТ) в функции времени.....	24
Лабораторная работа №4. Пуск асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором.....	29
Лабораторная работа № 5. Торможение противовключением асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.....	33
Лабораторная работа № 6. Динамическое торможение асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.....	38
Лабораторная работа №7. Исследование работы однофазного тиристорного преобразователя.....	43
Лабораторная работа № 8. Исследование разомкнутой системы управления двигателем постоянного тока.....	48

Цель и порядок выполнения работ

Лабораторные работы являются одним из видов практического обучения: их цель – закрепление теоретических знаний, проверка на опыте изученных положений теории и законов электропривода, приобретение практических навыков по сборке электрических цепей, проведении эксперимента, использовании основных электроизмерительных приборов и устройств.

Подготовка к лабораторным работам

Серьезное отношение к лабораторной работе позволит студенту сделать правильные выводы, проанализировать результаты опытов, научиться самостоятельно решать несложные задачи исследовательского характера. Задание на проведение очередной лабораторной работы выдается преподавателем заблаговременно до ее выполнения. Для качественного выполнения лабораторной работы студенту необходимо:

- повторить теоретический материал по конспекту, учебнику или методическому пособию;
- ознакомиться с описанием лабораторной работы;
- записать название и номер работы, вычертить таблицы для записи показаний приборов и результатов обработки показаний;
- выяснив цели работы, четко представить себе поставленную задачу и способы ее достижения, оценить ожидаемые результаты опытов;
- сделать предварительный домашний расчет, если это указано в задании;
- ответить письменно или устно на контрольные вопросы.

Ознакомление с электроизмерительными приборами и устройствами и их подбор

Прежде чем приступить к сборке электрической цепи, следует выбрать необходимые электроизмерительные приборы. При выборе приборов нужно учитывать их тип, номинальные значения измеряемой величины, род тока, класс точности. Погрешности измерения любого прибора обычно тем меньше, чем ближе измеряемая величина к предельному значению, указанному на приборе.

Включение измерительных приборов в цепь может вызывать заметное изменение токов, напряжений, мощностей. Поэтому для более точных измерений следует учитывать внутренние сопротивления приборов, которые обычно указаны на их шкалах.

Приборы магнитоэлектрической системы, как правило, используют для измерения на постоянном токе, а приборы

электромагнитной, электродинамической, электронной могут работать как на постоянном, так и на переменном токе в диапазоне частот, указанных на шкалах.

Прежде чем приступить к измерениям следует определить цену деления прибора. Цена деления амперметров и вольтметров может быть рассчитана как частное от деления предела прибора, указанного на переключателе, на число делений шкалы; цена деления однофазного ваттметра равна произведению пределов напряжения и тока, деленного на число делений шкалы.

Как в производственных испытаниях, так и в учебных опытах в отчете необходимо записывать данные об используемых измерительных приборах. Следует записать их названия, номинальное значение, тип, род тока, частоту, класс точности, принцип действия (систему), способ установки и заводской номер. Это позволяет, если возникнет потребность, повторить опыт с теми же приборами и проверить правильность полученных результатов.

Сборка электрической цепи

Собирать схему должен только один человек, другие члены бригады контролируют его, подают нужные провода, выполняют мелкие поручения. Необходимо, чтобы обязанности членов бригады менялись. Наличие ошибок в цепи может привести к порче приборов и оборудованию или к несчастному случаю, поэтому каждый раз собранную цепь необходимо показать руководителю для проверки.

Проведение опыта. При правильно собранной цепи можно приступать к проведению опытов. Вначале выполняют все действия, предусмотренные программой работы, но без записей результатов. Такое опробование необходимо, поскольку дает возможность убедиться в том, что приборы выбраны правильно, а если есть необходимость, можно их заменить на более подходящие.

Во время проведения эксперимента обязанности в бригаде лучше разделить: один человек измеряет напряжение, сопротивление и т.п. и наблюдает за приборами, другой – записывает результаты в подготовленную заранее таблицу. В последующих работах обязанности членов бригады меняются.

В ходе проведения эксперимента измеряемая величина должна фиксироваться равномерно по всему своему диапазону изменения, включая начальную, конечную и точку экстремума, если последняя существует. Показания приборов нужно снимать внимательно и записывать карандашом. Если сразу трудно определить измеряемые значения в именованных единицах, то можно зафиксировать количество делений шкалы прибора, а после окончания опыта пересчитать их в именованные единицы. Не торопитесь разбирать цепь, покажите

вначале свои результаты преподавателю, так как возможно вам придется переделывать работу заново.

Составление отчета. Защита лабораторной работы. Отчет является документом о проделанном эксперименте, поэтому в нем должны содержаться все необходимые сведения для проверки результатов опытов и выполненных расчетов. Составление отчета – индивидуальная работа каждого члена бригады. Отчет выполняется чернилами (пастой). Текст должен быть написан четким, понятным почерком. Схемы, таблицы, графики и другие построения выполняются карандашом с применением чертежного инструмента, специальных шаблонов или с помощью компьютерной графики. При начертании электрических схем должны соблюдаться ГОСТы на графические и буквенные обозначения их элементов (см. приложение). В одной системе координат можно изображать несколько кривых различая их, например, по цвету.

Масштаб на графиках следует выбирать равным $1 \cdot 10^n$, $2 \cdot 10^n$, $5 \cdot 10^n$, где n – произвольное целое число). Математическую обработку экспериментальных данных проводят в отчете полностью или частично, но в любом случае обязательно указывают расчетные формулы. Не исключено, что опытные и расчетные данные будут немного расходиться. Это возможно из-за колебаний напряжения в сети, погрешности при измерениях, нестабильности параметров цепи. Такие отклонения считаются доступными.

В заключение своей работы делается вывод по выполнению задачи, указанной в цели работы, подтверждению опытным путем тех законов, правил и формул, которые изучались в теоретическом курсе. Выводы должны быть конкретными.

Каждая работа должна быть защищена студентом. В ходе защиты студент должен показать знания теории по теме работы, умение собирать цепь, рассказать ход лабораторной работы, пояснить, как проводился расчет, уметь проанализировать полученные результаты и объяснить причины расхождения расчетных и опытных данных. Защита лабораторных работ проводится систематически в течение учебного семестра, как правило, на следующем лабораторном занятии, назначенном преподавателем.

Основные правила безопасности при работе в электрических лабораториях

Согласно Правилам устройств электроустановок (ПУЭ) для помещений без повышенной опасности поражения током, к которым относятся лаборатории электротехники, безопасным считается напряжение переменного тока частотой 50 Гц до 42 В. Сопротивление тела человека определяется в основном сопротивлением кожного

покрова и равно примерно 200-500 кОм. Увлажнение или повреждение кожи снижает сопротивление до 600–800 Ом. Большое влияние на сопротивление тела оказывает также общее состояние организма нервной системы. Таким образом, при нормальных условиях при напряжении 42 В по телу человека будет протекать ток $0,1 \div 0,3$ мА. Величина тока в 50 мА может привести к электротравме, а в 100 мА – смертельному исходу. Случается, что при токах даже меньше 50 мА мышцы кистей рук непроизвольно сокращаются и токоведущая часть может оказаться зажатой в кулаке, при этом самостоятельно не удастся разжать кисть руки и прервать ток через тело.

В лабораториях электротехники используются напряжения до 250 В, поэтому меры предосторожности следует соблюдать особенно тщательно.

Основные правила по технике безопасности следующие:

1. Перед началом сборки цепи следует убедиться, что выключатель находится в выключенном состоянии, а вилки вынуты из штепсельных разъемов.

2. Не допускается использование приборов и аппаратов с неисправными клеммами, проводов с поврежденной изоляцией, неисправных реостатов и т.п.

3. Перед тем как, присоединить конденсатор, его необходимо разрядить, замкнув выводы проводником накоротко.

4. Собранную цепь включают, только получив разрешение руководителя занятия.

5. Пред включением цепи следует убедиться, что никто не прикасается к открытым токоведущим частям.

6. Все необходимые пересоединения нужно производить только при снятом напряжении.

7. Запрещается самостоятельно производить какие-либо переключения на главном распределительном щите лаборатории, за исключением случаев экстренного отключения.

8. Если во время проведения опытов возникают повреждения, появляется дым, специфический запах горячей изоляции или накаляются реостаты – следует быстро отключить напряжение и сообщить преподавателю о случившемся.

9. Если кто-либо попадает под напряжение и не сможет самостоятельно оторваться от токоведущих частей, то не пытайтесь оттащить его – вы сами будете поражены током. Быстро выключите напряжение на стенде или главном распределительном щите. Сообщите преподавателю о случившемся.

10. Студентов допускают к лабораторным работам после ознакомления с настоящими правилами, что должно быть зафиксировано в специальном журнале.

Лабораторная работа №1

Пуск двигателя постоянного тока (ДПТ) в функции времени

Цель работы: изучение основных способов пуска ДПТ и схемы пуска ДПТ в функции времени.

Основные понятия и определения

К пуску двигателя предъявляются два основных требования: обеспечить необходимый для трогания с места и разгона якоря вращающий момент и не допустить при пуске протекания через якорь большого тока, опасного для двигателя. Практически возможны три способа пуска: прямой пуск, пуск при включении реостата в цепь якоря и пуск при пониженном напряжении в цепи якоря.

При прямом пуске цепь якоря включается сразу на полное напряжение. Так как в первый момент пуска якорь неподвижен ($n = 0$), то противо-ЭДС отсутствует ($E_{пр} = C_e \cdot n \cdot \Phi$). Тогда следует, что пусковой ток якоря:

$$I_{яп} = \frac{U_{я}}{R_{я}}$$

Так как для двигателей большой мощности $R_{я} = 0,02 \dots 1,1$ Ом, то пусковой ток $I_{яп} = (50 \dots 100) \cdot I_n$, что недопустимо. Поэтому прямой пуск возможен только у двигателей малой мощности, у которых $I_{яп} \leq (4 \dots 6) \cdot I_n$ и разгон двигателя длится менее 1 секунды.

Пуск при включении пускового реостата R_n последовательно с якорем обеспечивает пусковой ток, равный:

$$I_{яп} = \frac{U_{я}}{R_{я} + R_n}$$

Сопротивление $R_n = \frac{U_{я}}{I_{яп}} - R_{я}$ выбирают таким, чтобы в начальный момент пуска, когда $E_{пр} = 0$, $I_{яп} = (1,4 \dots 2,5) \cdot I_n$. По мере разгона якоря возрастает $E_{пр}$, сопротивление реостата выводится.

Пуск с ограниченным пусковым током возможен при питании якоря двигателя от отдельного источника с регулируемым напряжением. Ограничение пускового тока и плавный разгон двигателя обеспечивается постепенным повышением напряжения на якоре от нуля до требуемого

значения. Этот метод находит применение в системах управления и регулирования мощных двигателей постоянного тока.

Автоматизация пускового процесса значительно облегчает управление электродвигателями, устраняет возможные ошибки при пуске и ведёт к повышению производительности механизмов, особенно при повторно-кратковременном режиме работы. Автоматическое управление позволяет более точно выдержать заданные условия пуска и освобождает человека от выполнения утомительных операций.

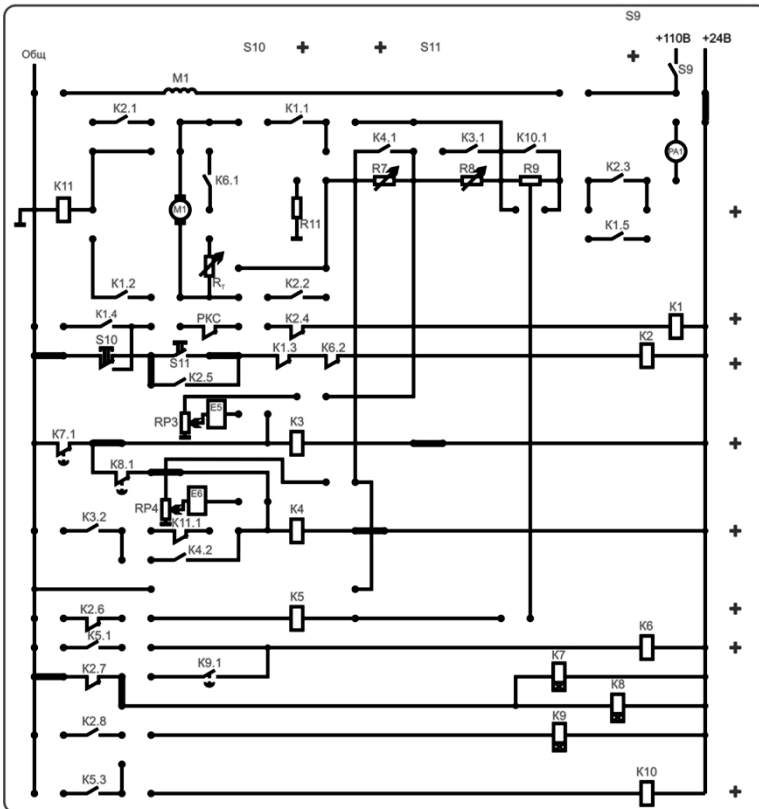


Рис. 1.1 – Схема настройки режима пуска ДПТ

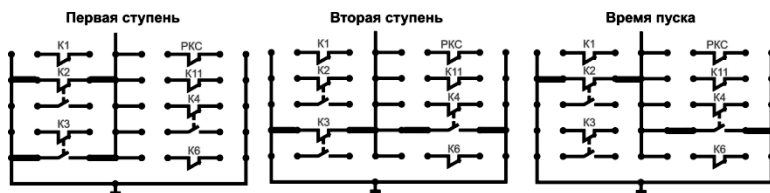
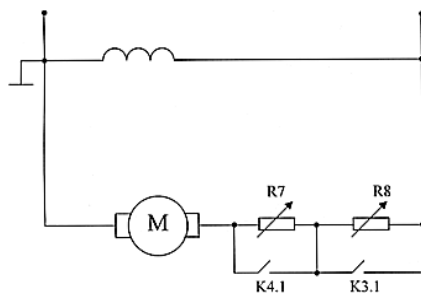


Рис. 1.2 – Схемы подключения секундомера

Управление током может быть осуществлено:

- а) в функции тока;
- б) в функции скорости;
- в) в функции времени.



Упрощенная схема пуска ДПТ

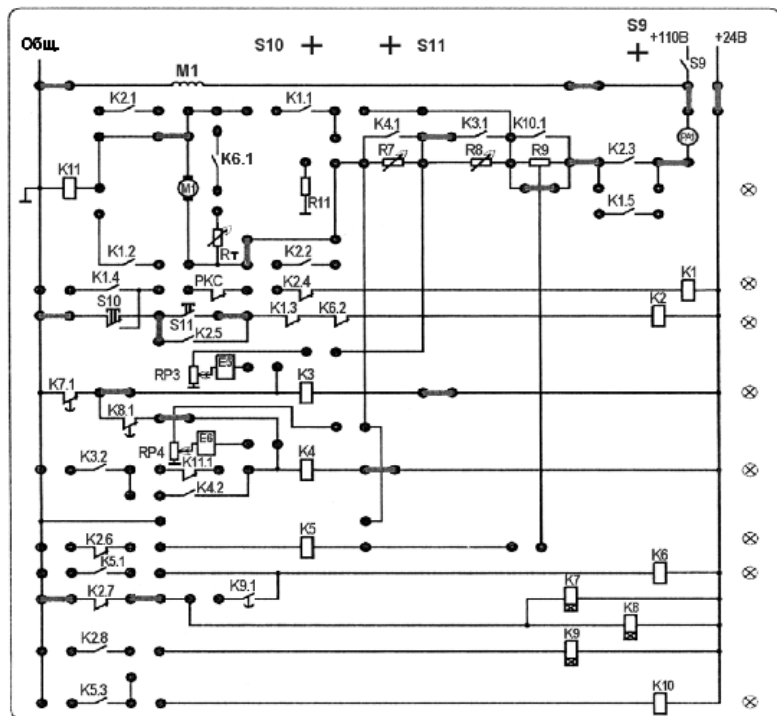


Рис. 1.3 – Схема пуска ДПТ в функции времени

Работа схемы

При подаче питания срабатывают реле времени K7, K8 через контакт K2.7. Их контакты K7.1, K8.1 размыкаются. Пускатели K3 и K4 обесточены. Подаётся питание на обмотку возбуждения M1. При нажатии кнопки S11 срабатывает пускатель K2 через K6.2, K1.3, S11, S10. Своим контактом K2.5 блокирует S11, чем обеспечивается подача напряжения на K2 после отпущения кнопки S11. Контактom K2.3 подаётся питание на якорь двигателя (+110В, S9, PA1, K2.3, пусковые реостаты R8, R7, M1, K11). Двигатель набирает обороты. Размыкается контакт K2.7, обесточивая реле K7, K8. Через время уставки K7 замыкается контакт K7.1, срабатывает реле K3 и контактом K3.1

закорачивает пусковой реостат R8. Происходит бросок тока, двигатель увеличивает обороты.

Через время уставки K8 замыкается его контакт K8.1, срабатывает K4 и своим контактом K4.1 закорачивает пусковой реостат R7. Ток двигателя и его обороты устанавливаются номинальными. Пусковые реостаты R7 и R8 закорочены. При нажатии кнопки S10 обесточивается K2, размыкается K2.3, снимая питание двигателя. Замыкается контакт K2.7. Реле K7, K8 срабатывают, а реле K3, K4 обесточиваются.

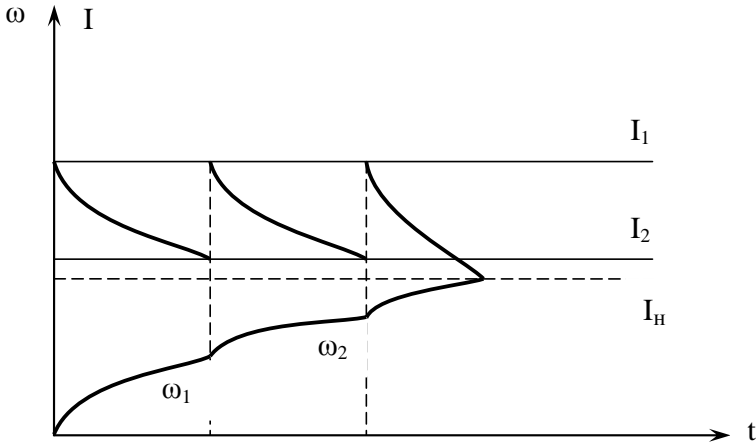


Рисунок 1.4 – Временные диаграммы тока и угловой скорости

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать сопротивления ступеней пускового реостата и необходимые выдержки реле времени K7, K8 для обеспечения пуска.
2. С помощью тестера выставить расчетные значения сопротивлений пусковых реостатов R7, R8.
3. Собрать схему рис. 1.1 и изучить её работу (схема находится на рабочем месте).
4. Докладить преподавателю о готовности к проведению измерений.
5. С разрешения преподавателя подать напряжение на стенд (включить «Сеть»).
6. Опытным путём подобрать расчётные выдержки времени реле K7, K8 с помощью секундомера и соответствующих регуляторов на лицевой

панели стенда ($T_{уст}$ К7, $T_{уст}$ К8). Для настройки К7 собрать вспомогательную схему «первая ступень» рис. 1.2. При нажатии кнопки S11 срабатывает пускатель К2 и его размыкающий контакт запускает секундомер. Контакт К2.7 обесточивает К7. Через время выдержки реле К7 замыкается К7.1 и подаёт напряжение на реле К3, которое своим замыкающим контактом (смотри вспомогательную схему рис. 1.2) остановит секундомер. Вернуть схему в исходное положение (нажать кнопку S10). Нажимая поочередно кнопки S11 и S10 ручкой « $T_{уст}$ К7» подбирают рассчитанные значения t_x . При настройке реле К8 собирают вспомогательную схему «вторая ступень» рис. 1.2 и подбирают рассчитанное значение t_{x2} аналогично подбору t_{x1} .

7. Собрать схему пуска ДПТ в функции времени рис. 1.3 и вспомогательную схему «время пуска» рис. 1.2.

8. Определить цену деления приборов РА1, Р_ω.

9. Включить S9. Кнопкой S11 осуществить пуск двигателя и с помощью приборов РА1, Р_ω зафиксировать броски тока и соответствующие им частоты вращения в моменты срабатывания пусковых ступеней.

10. Нажать S10. Выключить S9.

11. Доложить преподавателю о выполнении измерений.

12. Разобрать схему и сдать рабочее место преподавателю.

13. Построить зависимости $I = f(t)$ и $n = f(t)$.

14. Сделать выводы по работе.

Паспортные данные ДПТ

Тип СЛ-221;

$U_{яи} = 110$ В;

$n_{яи} = 3600 - 4600$ об/мин;

$I_{яи} = 0,35$ А;

$\eta = 33\%$;

$J_{об} = 0,00055$ кг·м²;

$M_c = 0,1 - 0,12$ Н·м.

Порядок расчёта сопротивлений ступеней пуска (R7, R8) и выдержек реле времени (K7, K8)

Все расчетные значения заносятся в таблицу 1.1

1. Произвести измерение сопротивления обмотки якоря ДПТ $R_я$

2. Рассчитать пусковой ток якоря ДПТ $I_п = \frac{U_{ян}}{R_я}$ и определить

кратность пускового тока $k_I = \frac{I_п}{I_{ян}}$.

3. Задать пределы изменения тока якоря при пуске:

$$I_1 = (2,4 \div 2,5) \cdot I_{я1};$$

$$1,1 \cdot I_{ян} < I_2 < I_1.$$

4. Определить суммарное сопротивление пускового реостата $R_п$ ($R_п = R_7 + R_8$)

$$R_п = \frac{U_я}{I_1} - R_я.$$

5. Из формулы $n_{ян} = \frac{U_{ян} - I_{ян} \cdot R_я}{C_e \Phi}$ определить $C_e \Phi$:

$$C_e \Phi = \frac{U_{ян} - I_{ян} \cdot R_я}{n_{ян}}.$$

В расчётах принять $n_{ян} = 4600$ об/мин.

6. Определить частоту вращения при токе I_2 и полностью введённом сопротивлении пускового реостата $R_п$:

$$n_2 = \frac{U_{я1} - I_2 \cdot (R_я + R_п)}{C_a \hat{\Phi}}.$$

7. Определить сопротивление первой ступени пускового реостата $R_{п1} = R_8$:

$$R_{п1} = R_8 = \frac{U_{ян} - C_e \Phi \cdot n_2}{I_1} - R_я.$$

Реостат R_8 шунтируется контактом реле К3.

8. Определить сопротивление второй ступени пускового реостата $R_{п2} = R_7$:

$$R_{п2} = R_7 = R_п - R_{п1} = R_п - R_8.$$

Реостат R_7 шунтируется контактом реле К4.

9. Определить выдержки времени реле:

$$t_x = T_{\text{mx}} \cdot \ln \frac{I_1 - I_c}{I_2 - I_c},$$

где $T_{\text{mx}} = \frac{J \cdot R}{C_1^2}$ – постоянная времени, $C_1 = 9,55 \cdot C_{\hat{\alpha}} \hat{O}$;

I_c – ток двигателя в статическом режиме, $I_c = 0,2 \text{ \AA}$.

$$T_{\text{mx1}} = \frac{J \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{п1}})}{0,55 \cdot C_e \Phi^2};$$

$$T_{\text{mx2}} = \frac{J \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{п2}})}{0,55 \cdot C_e \Phi^2}.$$

$t_{x1} = T_{\text{mx1}} \cdot \ln \frac{I_1 - I_c}{I_2 - I_c}$ – выдержка времени реле К7;

$t_{x2} = T_{\text{mx2}} \cdot \ln \frac{I_1 - I_c}{I_2 - I_c}$ – выдержка времени реле К8.

Таблица 1.1

Результаты расчетов

Измеряемый параметр	Значение
Сопротивление обмотки якоря двигателя $R_{\text{я}}$, Ом	
Пусковой ток якоря ДПТ $I_{\text{п}}$, А	
Кратность пускового тока k_f	
Верхний предел изменения ток якоря ДПТ $I_1 = 2 \cdot I_{\text{ян}}$, А	
Нижний предел изменения ток якоря ДПТ $I_2 = 1,1 \cdot I_{\text{ян}}$, А	
Суммарное сопротивление пускового реостата $R_{\text{п}}$, Ом	
$C_e \Phi$	
Частота вращения n_2 , об/мин	
Сопротивление первой ступени пускового реостата $R_{\text{п1}} = R_8$, Ом	
Сопротивление второй ступени пускового реостата $R_{\text{п2}} = R_7$, Ом	

Постоянная времени для реле К7, T_{mx1} , сек	
Постоянная времени для реле К8, T_{mx2} , сек	
Выдержка времени реле К7, t_{x1} , сек	
Выдержка времени реле К8, t_{x2} , сек	

Таблица 1.2

Результаты измерений

Токи		Частота вращения	
I_p , А		n_p , об/мин	
I_{tx1} , А		n_{tx1} , об/мин	
I_{tx2} , А		n_{tx2} , об/мин	
I_c , А		n_c , об/мин	

Контрольные вопросы

1. Какие основные способы пуска ДПТ ?
2. Рассказать принцип работы схемы
3. Что такое прямой пуск ДПТ и можно ли его применять?

Лабораторная работа №2

Пуск двигателя постоянного тока (ДПТ) в функции ЭДС

Цель работы: изучение основных способов пуска ДПТ и схемы пуска ДПТ в функции ЭДС.

Основные понятия и определения

Пуск двигателя в функции скорости просто и надежно производить, осуществляя косвенный контроль скорости по значению ЭДС в обмотке якоря.

При таком управлении контакторы или реле ускорения срабатывают в зависимости от изменения ЭДС двигателя в процессе разгона. При нажатии кнопки SB1 (Рис. 2.1) включается линейный контактор KM4, подключающий контактом KM4.1 двигатель к сети при полностью введенном пусковом сопротивлении. Одновременно вспомогательный контакт KM4.2 шунтирует кнопку, чем обеспечивается питание контактора после его отпущения.

По мере разгона двигателя увеличивается ЭДС в обмотке якоря, уменьшается ток в нем и растет напряжение на его зажимах. При определенной частоте вращения (Рис. 2.2), оно достигает значения, при котором срабатывает контактор ускорения KM1, шунтирующий первую пусковую ступень R1. В этот момент скачком возрастают ток в якоря и вращающий момент, что вызывает дальнейшее увеличение скорости. При следующем заданном значении скорости срабатывает контактор KM2, шунтирующий ступень R2 и т.д.

К недостаткам схемы следует отнести различное напряжение срабатывания, на которое должны быть выбраны контакторы ускорения. Этот недостаток можно сгладить, если осуществить включение контакторов по схеме, изображенной на рис. 2.3.

В этой схеме к зажимам якоря присоединены лишь одни концы катушек контакторов, а другие концы их подключаются к разным точкам пускового сопротивления.

При таком присоединении удастся выровнять напряжение втягивания для всех трех катушек. Контактторы по-прежнему должны срабатывать при заданных скоростях вращения ДПТ ω_1 , ω_2 , ω_3 . Напряжения втягивания на разных катушках будут соответственно равны:

$$U1y = C \omega_1 + I(Rя + R2 + R3);$$

$$U2y = C \omega_2 + I(Rя + R3);$$

$$U_{3y} = C \omega_3 + IR_{\Sigma}$$

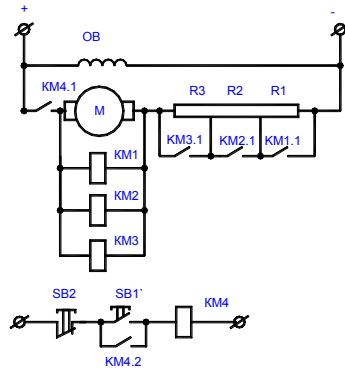


Рис. 2.1 Схема пуска ДПТ в функции ЭДС

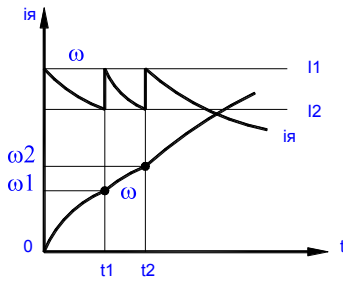


Рис. 2.2 Временные диаграммы тока и угловой скорости

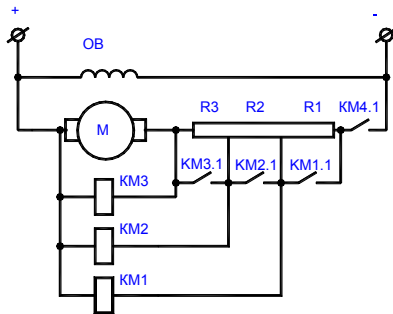


Рис. 2.3 Схема пуска ДПТ в функции ЭДС при ином включении контакторов

Эти напряжения мало различаются между собой по величине, т.е.
 $C \omega_1 + I(R_{я} + R_2 + R_3) \approx C \omega_2 + I(R_{я} + R_3) \approx C \omega_3 + IR_{я}$,

поэтому катушки контакторов могут быть выбраны на одинаковое напряжение втягивания. Равным образом после пуска контакторы контакторы оказываются включенными на одинаковое напряжение сети.

Следовательно, для всех ступеней могут быть применены однотипные контакторы. Пусковые реостаты при пуске в функции ЭДС рассчитываются также как и при пуске в функции времени.

Порядок выполнения работы

1. Используя данные и результаты расчётов л.р. №1 рассчитайте необходимые напряжения срабатывания пускателей К3, К4.

Напряжение первой ступени: $U_1 = C\omega_1 + I(R_{я} + R_7 + R_8)$

Напряжение второй ступени: $U_2 = C\omega_2 + I(R_{я} + R_7)$

Напряжение третьей ступени: $U_3 = C\omega_3 + IR_{я}$

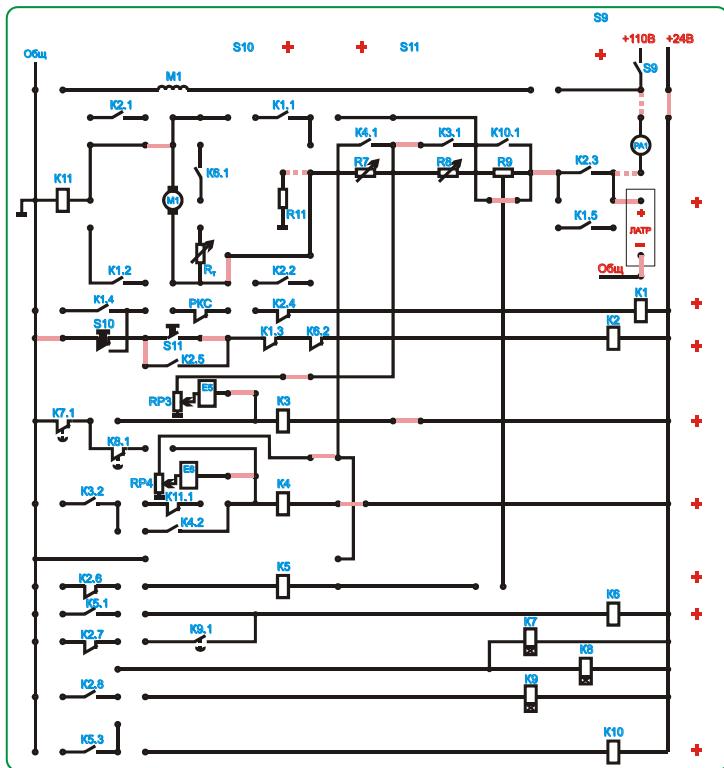
C – конструктивный коэффициент двигателя. ($C = 0.019$)

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – частоты вращения соответствующих ступеней(об/мин).

2. Соберите схему рис. 2.4. без вспомогательных схем (при питании схемы от ЛАТРа, в блоке динамического торможения асинхронного двигателя необходимо подключить диодный мост к выводам ЛАТРа с переключателя и с обмотки непосредственно к диодному мосту, минуя контакт реле К6, т.е. установить только две перемычки; продолжение схемы подключения ЛАТРа со стороны постоянного тока производится в блоке исследования ДПТ). Нажмите кнопку S11 и после срабатывания К2 изменяя сопротивления резисторов R7, R8 установить расчётное напряжение срабатывания реле К3 (измерять тестером между общим проводом и точкой соединения резисторов R7 и R8). Затем с помощью резистора RP3 добейтесь срабатывания реле К3. Далее с помощью R7 установите расчётное напряжение срабатывания реле К4 (измерять

тестером между общим проводом и точкой соединения R11 и R7). После чего с помощью резистора RP4 добьются срабатывания реле K4.

Пуск в функции ЭДС



Первая степень

Вторая степень

Время пуска

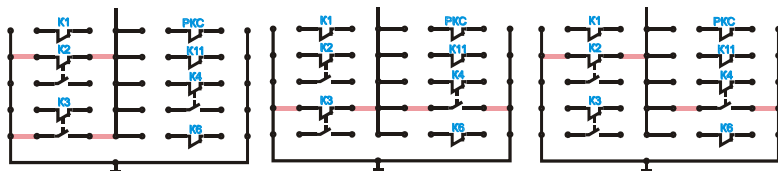


Рис. 2.4 Пуск в функции ЭДС

3. С помощью тестера выставьте сопротивления пусковых реостатов R7,R8 рассчитанных в л.р.№1.

4. Соберите схему рис. 2.5 и вспомогательную схему «первая ступень» рис.2.4. Кнопкой S11 осуществите пуск двигателя и по приборам рА1, рΩ и секундомеру зафиксируйте броски тока, соответствующие им частоты и время для первой ступени пуска. Кнопкой S10 остановите двигатель. Соберите вспомогательную схему «вторая ступень» рис. 2.4 произведите пуск и повторите измерения для второй ступени.

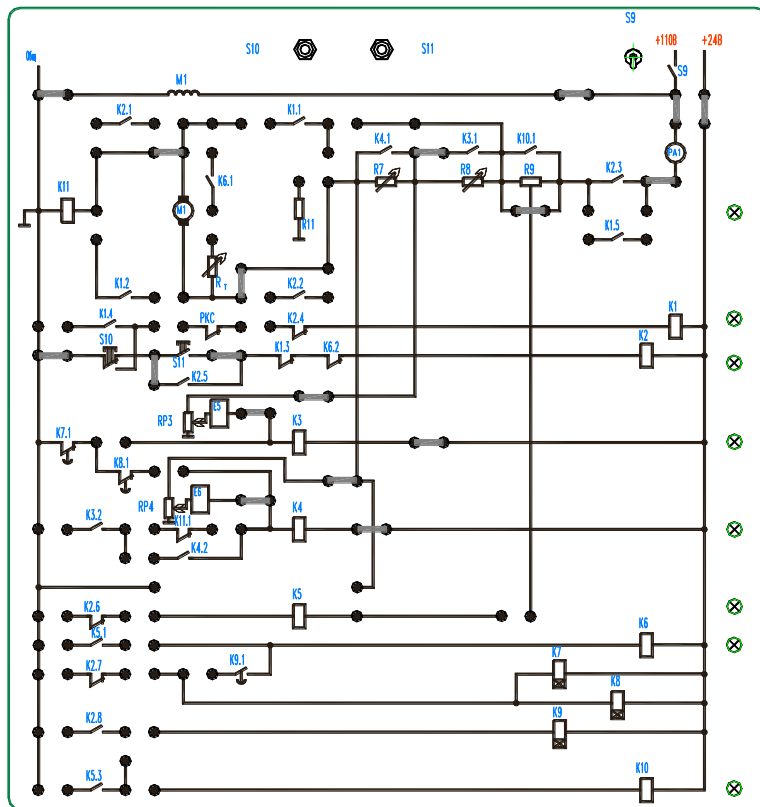


Рис. 2.5 Пуск в функции ЭДС

5. Постройте зависимости $I=f(t)$ и $n=f(t)$.
6. Опишите работу схемы рис. 2.4.
7. Сделайте выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие основные способы пуска ДПТ вы знаете?
2. Рассказать принцип работы схемы.
3. Что такое прямой пуск ДПТ и можно ли его применять?
4. Расскажите про недостатки представленной выше схемы.

Лабораторная работа № 3 Торможение двигателя постоянного тока (ДПТ) в функции времени

Цель работы: изучение принципа и схемы торможения ДПТ в функции времени.

Основные понятия и определения

Торможение ДПТ в функции времени является одним из способов динамического торможения. Для осуществления данного принципа в схеме динамического торможения применяется электромагнитное реле времени. Торможение двигателя будет происходить до полной остановки.

Необходимая выдержка реле времени до полной остановки определяется по формуле.

$$t_{рв} = T_M * \ln \frac{\omega_{нач} + \Delta\omega_c}{\Delta\omega_c}$$

Электромеханическая постоянная времени T_M определяется по формуле:

$$T_M = \frac{J R}{C_m^2},$$

где R - полное сопротивление якорной цепи, $R = R_{я} + R_T$; J - момент инерции системы.

$$T_M = \frac{J * (R_{я} + R_T)}{C_m^2}.$$

Из выражения $n = \frac{U_{я} - I_{я} * R_{я}}{C_E * \Phi}$ в номинальном режиме находим:

$$C_E * \Phi = \frac{U_{ян} - I_{ян} * R_{я}}{n_n}.$$

$C_E \Phi$ - конструктивный коэффициент ЭДС.

Известно, что $C_M = 9.57 * C_E \Phi$; $\omega = \frac{\pi * n}{30}$.

C_M - конструктивный коэффициент момента.

Перепад угловой скорости при нагрузке моментом M_C определяется по формуле:

$$\Delta\omega_c = \frac{M_c * (R_{\Sigma} + R_T)}{C_{.M}^2}$$

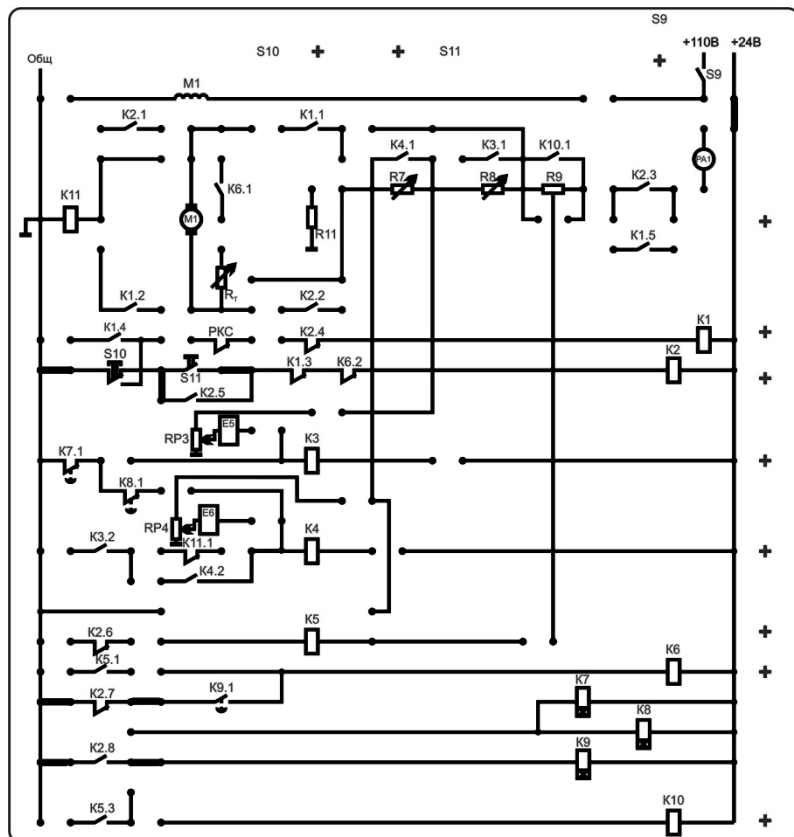


Рис. 3.1. Торможение ДПТ

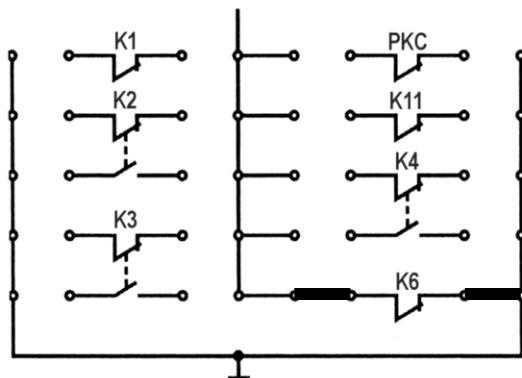
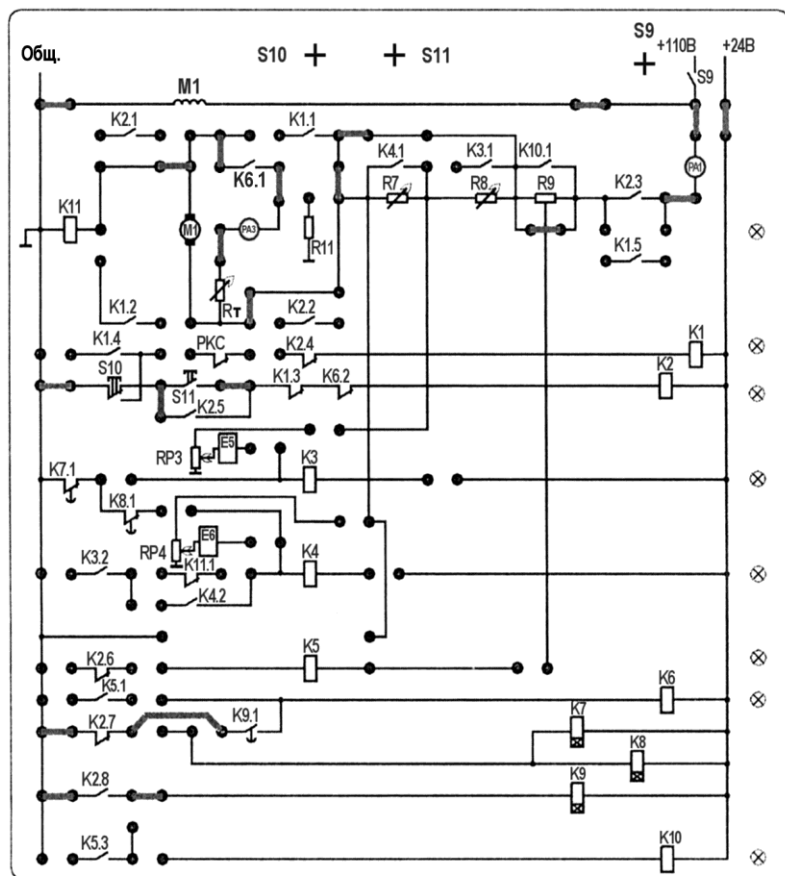


Рис. 3.2. Торможение ДПТ в функции времени

Работа схемы

При включении S9 подается питание на обмотку возбуждения. При нажатии S11 срабатывает K2. Контакт K2.5 блокируется кнопка S11, а через K2.3 подается напряжение на якорь двигателя. Якорь вращается. Контакт K 2.8 подается напряжение на реле времени K9. K9 срабатывает, замыкает K9.1, но K6 не срабатывает, ибо K2.7 разомкнут.

При нажатии кнопки S10 K2 обесточивается. K2.3 снимает питание с якоря двигателя, а через замкнувшийся K2.7 и замкнутый K9.1 срабатывает K6 и через K6.1 к якорю подключается R_T. Происходит торможение. Через время уставки K9.1 разомкнется, K6 обесточится, K6.1 отключит резистор R_T.

Порядок выполнения работы

1. Используя паспортные данные двигателя рассчитать необходимую выдержку реле времени для осуществления торможения до полной остановки двигателя. Величину сопротивления R_я измеряем любым омметром.

2. Собрать схему рис. 3.1 и вторую часть схемы рис. 3.2(схема находится на рабочем месте), изучить порядок ее работы и назначение органов управления.

3. Определить цену деления приборов PA1, PA3 и P ω .

4. Доложить преподавателю о готовности к выполнению работы.

5. С разрешения преподавателя подать напряжение на стенд (включить тумблер «Сеть»).

6. Произвести пробные пуски кнопками S11 и S10, измеряя каждый раз секундомером время срабатывания реле K9. С помощью резистора T_{уст}K9 на лицевой панели подобрать расчетное время срабатывания реле времени K9.

7. С помощью тестера установить рассчитанное значение R_T.

8. Собрать схему рис. 3.2 (полностью) с включением амперметра PA3 в цепь динамического торможения. Подать напряжение на схему (Включить S9).

9. Кнопкой S11 осуществить пуск ДПТ а кнопкой S10 его останов. Снять показание PA1 в момент пуска и показание PA3 в момент торможения. С помощью секундомера, амперметра PA1 и измерителя частоты вращения P ω снять зависимости:

$$I = f(t), n = f(t).$$

10. Выключить S9 и «Сеть».
11. Доложить преподавателю о выполнении работы.
12. Разобрать схему и сдать рабочее место преподавателю.
13. Построить зависимости $I = f(t), n = f(t)$.
14. Описать порядок работы схемы рис. 3.2.
15. Сделать выводы по работе.

Паспортные данные ДПТ

Тип двигателя: СЛ-221

Uян = 110В

пян = 3600-4600 об/мин

Iян = 0,35 А

Iяп =

Јдв = 0,00055 кг*м²

η = 33%

Параметры нагрузки: Мс = 0,1-0,12 н*м

Порядок расчета выдержки реле времени К9:

1. Рассчитываем $C_{E\Phi}$ ($n_H = 3600$ об/мин).
2. Рассчитываем C_M .
3. Рассчитываем $\Delta\omega_c$ ($R_T = 200$ Ом).
4. Рассчитываем T_M .
5. Рассчитываем $t_{рв}$.

Контрольные вопросы

1. Рассказать про энергетические режимы работы ДПТ.
2. Рассказать принцип работы схемы
3. Нарисуйте механическую и электромеханическую характеристику динамического торможения?

Лабораторная работа №4

Пуск асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором

Цель работы: изучение основных способов пуска АД и принцип действия схемы пуска АД.

Основные понятия и определения

Для пуска АД его обмотку статора подключают к трехфазной сети с помощью выключателя. После включения выключателя происходит разгон АД. АД разгоняется до установившейся частоты вращения, при которой момент, развиваемый двигателем, равен моменту сил сопротивления на его валу.

Такой пуск двигателя называется прямым пуском. К недостаткам прямого пуска относятся:

а) относительно малый пусковой момент:

$$M_{п}=(1,2\dots 1,6)M_{н};$$

б) относительно большой пусковой ток $I_{п}=(5\dots \infty)I_{н}$

Из-за первого недостатка иногда приходится выбирать двигатель большей мощности, чем это требуется по условиям работы при установившемся режиме, что экономически нецелесообразно.

Большой ток в периоды пуска АД может вызвать значительное падение напряжения в сети малой мощности, что неблагоприятно скажется на работе осветительных приборов и т.п. В маломощных сетях, сечение проводов которых невелико, а протяженность значительная, для ограничения пускового тока применяют пуск с активным или индуктивным сопротивлениями, включенными в цепь обмотки статора АД с к.з. ротором, или пуск с переключением обмотки статора со звезды на треугольник.

При пуске АД с включением добавочных пусковых сопротивлений после окончания разбега ротора двигателя эти сопротивления шунтируют. Подбором сопротивления можно ограничить пусковой ток до любого необходимого значения. Однако не следует забывать, что одновременно уменьшается пусковой и критический момент из-за снижения напряжения на добавочных сопротивлениях.

Пуск двигателя с переключением со звезды на треугольник возможен, когда обмотка статора может быть соединена звездой и треугольником и напряжение сети соответствует соединению обмотки статора треугольником.

Напряжение на фазе обмотки статора во время пуска будет меньше номинального в $\sqrt{3}$ раза. Вследствие этого ток фазы уменьшится в той же степени, а поскольку линейный ток больше фазного в $\sqrt{3}$ раз, пусковой ток при таком способе пуска будет меньше по сравнению с прямым пуском в 3 раза. Одновременно в 3 раза уменьшится пусковой и максимальный моменты, так как они пропорциональны квадрату фазного напряжения.

Значение критического скольжения не изменится, так как оно не зависит от напряжения.

Ввиду значительного снижения пускового момента указанный способ пуска АД возможен только при малых моментах сил сопротивления на валу двигателя.

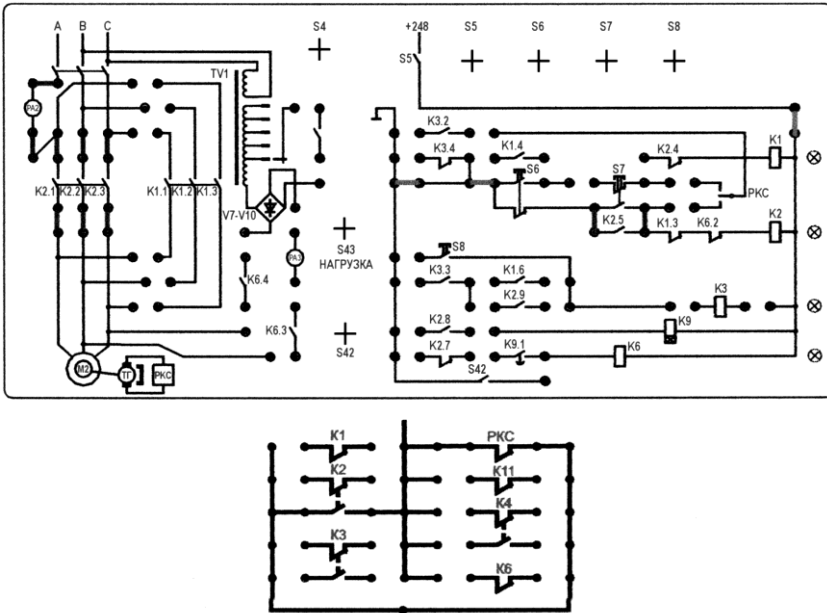


Рис. 4.1

Работа схемы

Включаем S4, подаем на схему трехфазное напряжение 220В. Включаем S5, подаем на схему управления постоянное напряжение 24В.

Нажимаем кнопку S7, срабатывает K2 и контактами K2.1, K2.2, K2.3 подает питание на двигатель. Ротор вращается. Прибор PA2 измеряет величину тока в статическом режиме (Ic). При нажатии S6 K2 обесточивается, K2.1, K2.2, K2.3 размыкаются. Двигатель останавливается свободным выбегом.

При обесточивании K2 запускается секундомер, при остановке двигателя через контакты РКС секундомер останавливается, фиксируя время до остановки двигателя, т.е. время свободного выбега.

Порядок выполнения работы

1. Собрать схему согласно рис.4.1
2. Определить цену деления приборов PA2, P ω .
3. Определить назначение тумблеров «Сеть», S4 и S5, а так же кнопок S6, S7.
4. Изучить порядок работы схемы.
5. Доложить преподавателю о готовности к проведению измерений.
6. С разрешения преподавателя подать напряжение на схему(включить «Сеть»).
7. Подать напряжение на исследуемую схему(включить S4, S5, «Вкл. сек.»). Нажать кнопку «Сброс».
8. Осуществить пуск двигателя, зафиксировав бросок тока в фазе АД в момент пуска по прибору PA2(нажать кнопку S7).
9. Записать показания PA2 и измерителя частоты вращения P ω в установившемся режиме работы
10. Остановить двигатель (нажать кнопку S6). С помощью секундомера зафиксировать время до остановки двигателя.
11. Доложить преподавателю о выполнении работы.
12. Выключить S4, S5, «Сеть», «Вкл.сек.»
13. Разобрать схему и сдать рабочее место преподавателю.
14. Используя паспортные данные и результаты измерений, рассчитать статический момент нагрузки Mс.
15. Сделать выводы по работе.

Результаты измерений

Ic(PA2),A	n(P ω), об/мин	t, с

Паспортные данные АД

Тип УАД-52Ф	$\eta = 0,51$
$P_N = 20$ Вт	$\cos\varphi = 0,5$
$n_n = 2760$ об/мин	$M_k = 0,138$ Н·м
$I_N = 0,18$ А	$M_N = 0,069$ Н·м
$U_N = 220$ В	$J_{дв} = 0,225 \times 10^{-4}$ кг·м ²
Тип соединения обмоток- звезда.	

Расчет статического момента M_c

$$M_N = 9,55 \cdot \frac{P_N}{n_n} = 9,55 \cdot \frac{20}{2760} = 0,0692 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Номинальному моменту M_N соответствует номинальный ток I_N .

Статическому моменту соответствует статический ток I_c , измеренный по прибору РА2

$$M_N \rightarrow I_N$$

$$M_c \rightarrow I_c \quad M_c = \frac{M_N \cdot I_c}{I_N}$$

Контрольные вопросы

1. Расскажите про недостатки прямого пуска АД
2. Расскажите принцип работы схемы.
3. Расскажите про способ пуска АД с переключением со звезды на треугольник обмоток статора.

Лабораторная работа № 5

Торможение противовключением асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Цель работы: изучение основных способов торможения и схемы торможения противовключением АД с короткозамкнутым ротором.

Основные понятия и определения

В настоящее время для торможения рабочего механизма на валу АД используются тормозные свойства самого двигателя, что во многих случаях позволило отказаться от механических тормозов.

АД может работать в следующих тормозных режимах:

- а) генераторном с отдачей энергии в сеть;
- б) противовключения;
- в) динамического торможения;
- г) конденсаторное торможение.

Во всех тормозных режимах АД развивает момент, действующий в сторону, противоположную направлению вращения ротора, поэтому он называется тормозным моментом. Под действием этого момента в одних случаях происходит быстрый останов, а в других - поддержание заданной скорости.

В АД с короткозамкнутым ротором торможение противовключением достигается изменением чередования фаз статора: вращающееся магнитное поле при этом изменяет направление вращения на обратное и на вращающийся по инерции ротор воздействует тормозной момент. Скольжение при этом больше единицы, ток двигателя несколько превышает пусковой. Ротор останавливается и, если двигатель не отключить, начинается пуск в обратную сторону. Данное торможение применяют для быстрого реверсирования.

Тормозной режим противовключения возникает также в том случае, когда под действием внешнего момента, приложенного к валу двигателя, ротор вращается в противоположную сторону относительно вращающегося магнитного поля статора.

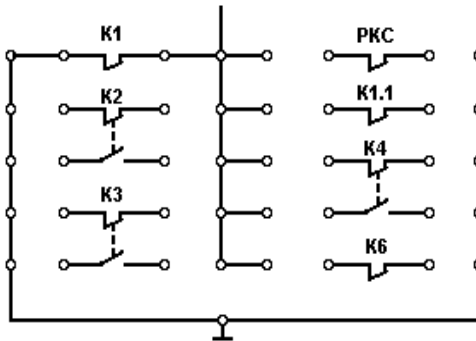
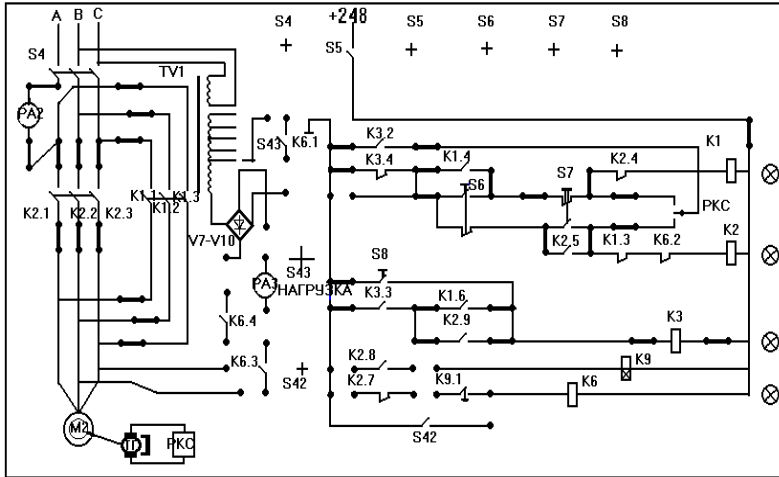


Рис. 5.1 Схема торможения противовключением АД

Работа схемы.

Включаем S4 (380В) и S5 (24В). При нажатии кнопки S7 срабатывает K2 по цепи: +24В, S5, K2, K6.2, K1.3, замкнувшийся контакт S7, замкнутый контакт кнопки S6, K3.4, - (корпус). K2.5 блокирует S7 при ее отпускании. Через K2.1, K2.2, K2.3 подается питание на двигатель. K2.4 разрывает цепь питания K1. Замыкается K2.9. При наборе

номинальных оборотов контакт РКС (реле контроля скорости) замыкается вверх.

Для торможения АД противовключением нажимаем кнопку S8, срабатывает К3 и контактами К3.3, К2.9 блокируется кнопка S8. Размыкается К3.4, обесточивается К2. К2.4 замыкается и срабатывает К1 через К2.4, РКС (вверх) и К3.2. Замыкается К1.6, обеспечивая блокировку кнопки S8 и удерживая К3 под напряжением. Размыкаются К2.1, К2.2, К2.3 и замыкаются К1.1, К1.2, К1.3, обеспечивая смену фаз А и С местами и создание тормозящего момента.

Обороты уменьшаются, контакты РКС размыкаются, К1 обесточивается, двигатель останавливается. Размыкаются К1.6, К3 обесточивается.

Аналогично работает схема при включении кнопки S6 «Назад», а затем кнопки S8, но сначала сработает К1. Затем при нажатии S8 срабатывает К3, обесточится К1, сработает К2 через РКС в нижнем положении. Затем разомкнутся контакты РКС, обесточатся К2 и К3.

Двигатель остановится.

Порядок выполнения работы

1. По паспортным данным двигателя и результатам ЛР № 4 рассчитать время торможения АД противовключением.
2. Собрать схему рис. 5.1, изучить порядок ее работы и назначение органов управления.
3. Определить цену деления прибора РА2.
4. Доложить преподавателю о готовности к выполнению работы.
5. С разрешения преподавателя подать напряжение на стенд (включить “Сеть”). Подать напряжение на схему АД (включить S4 и S5).
6. Запустить двигатель, фиксируя бросок тока в фазе статора АД по прибору РА2 (нажать кнопку S7). Снять показания РА2 в момент включения и в статическом режиме.
7. Осуществить режим торможения АД противовключением, измерив время торможения с помощью секундомера:
 - включить тумблер “Вкл. Сек”,
 - нажать кнопку “Сброс”,
 - нажать кнопку S8,
 - снять показание секундомера.
8. Сравнить показание секундомера с расчетным временем торможения и с временем свободного выбега (в ЛР № 7).

9. Докладить преподавателю о выполнении работы.
10. Выключить S4, S5, “Сеть”, “Вкл. сек.”.
11. Разобрать схему и сдать рабочее место преподавателю.
12. Сделать выводы по работе.

Паспортные данные двигателя

Тип УАД-52Ф	$\eta = 0,51$
$\cos \varphi = 0.5$	$P_n = 20Вт$
$M_k = 0,138 Нм$	$n_n = 2760 об/мин$
$M_n = 0,069 Нм$	$U_n = 220В$
$J = 0,225 \cdot 10^{-4} кгм^2$	$I_n = 0,18А$
Тип соединения обмоток - звезда.	

Расчет времени торможения двигателя противовключением

Время торможения с учетом нагрузки M_c определяется по формуле:

$$t_r = \frac{J\omega}{M_{эф.т} + M_c}$$

где: J - момент инерции системы,

ω - угловая скорость вращения,

$M_{эф.т}$ - эффективное значение момента торможения,

M_c - статический момент нагрузки.

Значение M_c рассчитывается в ЛР №4.

$$M_c = \frac{M_n I_c}{I_n},$$

где M_n - номинальный момент двигателя;

I_n - номинальный ток двигателя;

I_c - ток двигателя в статическом режиме.

Значения M_n , I_n приведены в паспортных данных двигателя.

Значение I_c определяем по прибору РА2 при работе двигателя в статическом режиме (после набора номинальной скорости).

$$M_{эф.т} = \frac{M_k S_k}{0,75 + 0,345 S_k^2},$$

где: M_k - максимальный момент, развиваемый двигателем (приводится в паспортных данных),

S_K - критическое скольжение.

$$S_K = S_H (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}),$$

где: λ - коэффициент перегрузки двигателя.

$$\lambda = M_K / M_H, \quad \lambda = 0,138 / 0,069 = 2.$$

S_H - номинальное скольжение.

$$S_H = \frac{n_0 - n_2}{n_0},$$

где $n_0 = 60f / P$ - синхронная частота вращения магнитного поля,

n_2 - номинальная частота вращения ротора,

P - число пар полюсов,

$n_0 = 60 \times 50 / 1 = 3000$ об/мин.

$$\omega = \pi n / 30, \quad \omega =$$

$$M_{\text{эф.т}} = M_K S_K / (0,75 + 0,345 S_K^2.)$$

Рассчитываем время торможения:

$$t_T = \frac{J\omega}{M_{\text{эф.т}} + M_c}$$

Результаты измерений

I_n , А	I_c , А	t_T , с

Контрольные вопросы

1. Какие энергетические режимы работы АД вы знаете?
2. Расскажите принцип работы схемы.
3. Как у АД осуществляется торможение противовключением?
4. Изобразить схему управления АД с к.з. ротором, включая все виды защит (тепловая, токовая и т.д.)

Лабораторная работа № 6

Динамическое торможение асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Цель работы: изучение принципа динамического торможения и схемы динамического торможения АД с короткозамкнутым ротором.

Основные теоретические сведения

Для динамического торможения асинхронного двигателя его статор отключают от сети переменного тока и присоединяют к источнику постоянного тока (рис. 6.1.). Постоянный ток получают с помощью полупроводникового выпрямителя. Постоянный ток в обмотке статора создает неподвижное магнитное поле, в котором вращается ротор. В фазах ротора наводятся ЭДС, создающее переменный ток. Взаимодействие магнитного поля с током ротора создает тормозящий момент, уменьшающийся вместе со скоростью ротора. Механические характеристики режима динамического торможения приведены на рис. 6.2. (кривые 1, 2 при различных значениях тока I_c). Динамическое торможение асинхронных двигателей отличается простотой, плавностью и надежностью. Его используют в приводах подъемников, многих металлорежущих станков и т.д.

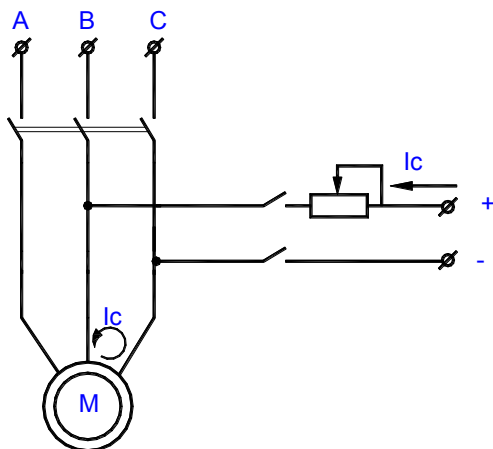


Рис. 6.1.

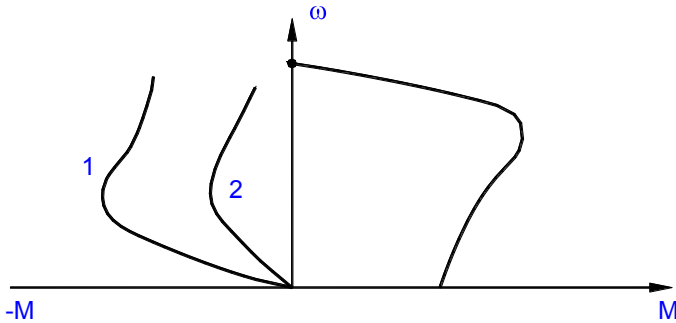


Рис. 6.2.

Если торможение производится без нагрузки, то выражение для времени торможения на холостом ходу имеет вид:

$$t_{\text{д.т.}} = T_M \cdot (5 \cdot S_{\text{к.т.}} + 0,25 / S_{\text{к.т.}})$$

где $T_M = J \cdot \omega_0 / M_{\text{к.т.}}$ - электромеханическая постоянная времени при динамическом торможении.

Определив из выражения вида:

$$M_{\text{эф.д.т.}} = \frac{J \cdot \omega_0}{t_{\text{д.т.}}} = \frac{M_{\text{к.т.}} \cdot S_{\text{к.т.}}}{0,25 + 1,5 \cdot S_{\text{к.т.}}^2}$$

значение эффективного момента динамического торможения окончательно время торможения с учётом нагрузки M_C можно рассчитать в соответствии с выражением:

$$t_T = \frac{J \cdot \omega_0}{M_{\text{эф.д.т.}} + M_C}$$

Критический момент $M_{\text{к.т.}}$ в режиме динамического торможения определяют из выражения вида:

$$M_{\text{к.т.}} = \frac{3 \cdot I_{\text{экв}}^2 \cdot x_{\mu}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot (\mu + x'_{\mu 2})}$$

Критическое скольжение $S_{\text{к.т.}}$ в режиме динамического торможения:

$$S_{\text{к.т.}} = \frac{r'_{\mu 2}}{x_{\mu} + x'_{\mu 2}}$$

x_μ - для тока намагничивания равного току холостого хода можно определить из приближённой зависимости:

$$x_\mu = \frac{1.25 \cdot U_H}{I_0 \cdot i_\mu} \cdot \left(-e^{-1.59 \cdot i_\mu} \right)$$

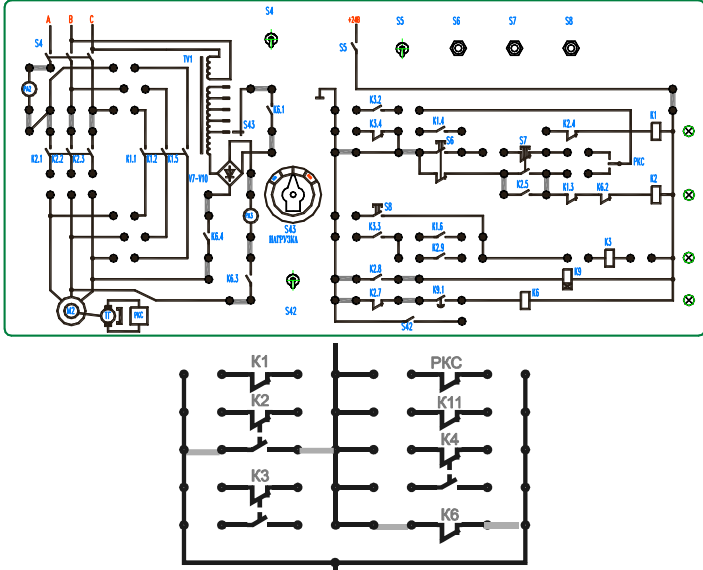
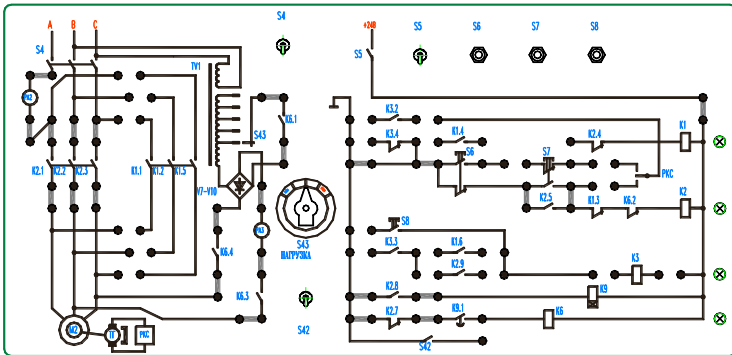


Рис. 6.3



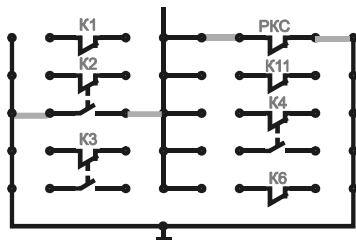


Рис. 6.4

Порядок выполнения работы

1. По паспортным данным двигателя и для постоянного тока $I_{п} = 2 \cdot I_0$ рассчитать время динамического торможения АД.
2. Собрать схему рис. 6.3, изучить порядок ее работы и назначение органов управления.
3. Определить цену деления приборов РА2, РА3.
4. Доложить преподавателю о готовности к выполнению работы.
5. С разрешения преподавателя подать напряжение на стенд (включить “Сеть”). Подать напряжение на схему (включить S5).
6. Установить переключатель S43 в крайнее левое положение. Нажать кнопку S7, а затем S6. Рукояткой $T_{уст}K9$ подобрать время срабатывания реле времени K9 немного больше расчётного t_r . После этого переключателем S43 установить постоянный ток $I_{п} = 2 \cdot I_0$.
7. Собрать схему рис. 6.4. Кнопкой S7 запустить двигатель. Зафиксировать бросок тока в фазе статора АД по прибору РА2, т.е. снять показания РА2 в момент включения и в статическом режиме.
8. Кнопкой S6 остановить двигатель. Зафиксировать значение тока торможения по прибору РА3. Осуществить режим динамического торможения АД, измерив время торможения с помощью секундомера:
 - включить тумблер “Вкл. Сек”,
 - нажать кнопку “Сброс”,
 - нажать кнопку S8,
 - снять показание секундомера.
9. Сравнить показание секундомера с расчетным временем торможения и с временем свободного выбега и временем торможения противовключением (в ЛР № 4, ЛР № 5).
10. Доложить преподавателю о выполнении работы.
11. Выключить S4, S5, “Сеть”, “Вкл. сек.”.

12. Разобрать схему и сдать рабочее место преподавателю.
13. Сделать выводы по работе.

Паспортные данные двигателя

Тип УАД-52Ф	$\eta = 0,51$
$\cos \varphi = 0.5$	$P_n = 20 \text{ Вт}$
$M_k = 0,138 \text{ Нм}$	$n_n = 2760 \text{ об/мин}$
$M_n = 0,069 \text{ Нм}$	$U_n = 220 \text{ В}$
$J = 0,225 \cdot 10^{-4} \text{ кгм}^2$	$I_n = 0,18 \text{ А}$
$I_0 = 0,1 \text{ А}$	$R_1 = 122 \text{ Ом}$
$R'_2 = 91 \text{ Ом}$	$x_1 = 57 \text{ Ом}$
$x'_2 = 57 \text{ Ом}$	
Тип соединения обмоток - звезда.	

Результаты измерений

$I_n, \text{ А}$	$I_c, \text{ А}$	$n_c, \text{ об/мин}$	$I_T, \text{ А}$	$t_T, \text{ с}$

Контрольные вопросы

1. Для чего подключают статор АД к источнику постоянного тока при динамическом торможении?
2. Расскажите принцип работы схемы.
3. Расскажите, как строится естественная и искусственная механическая и электромеханическая характеристика АД.
4. Как измерить жесткость механической характеристики АД?

Лабораторная работа №7 Исследование работы однофазного тиристорного преобразователя

Цель работы: изучение принципа действия однофазных управляемых выпрямителей, исследование схемы управления однофазного тиристорного преобразователя, исследование свойств тиристорного регулятора как элемента системы управления электроприводом.

Основные теоретические сведения

Схема однофазного управляемого тиристорного выпрямителя представлена на рисунке 7.1.

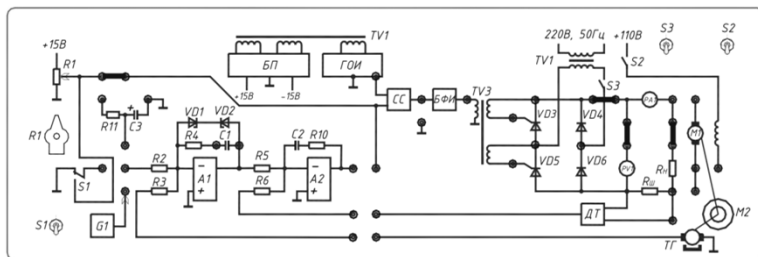


Рис. 11.1.

Силовая часть представляет собой полупроводниковый тиристорный выпрямитель на полупроводниковых диодах $VD4$, $VD6$ и тиристорах $VD3$, $VD5$. Управление величиной напряжения на нагрузке (вольтметр $PV1$), а следовательно и током нагрузки (амперметр $PA1$) достигается управлением угла отпирания тиристоров. При этом осциллограмма, снимаемая с нагрузки, имеет вид, представленный на рисунке 7.2. При $\alpha = \pi$ тиристоры практически закрыты и на нагрузке нет напряжения, а при $\alpha = 0$ полностью открыты и напряжение на нагрузке имеет вид полных полувольт и соответствует максимальному значению, получаемому от выпрямителя.

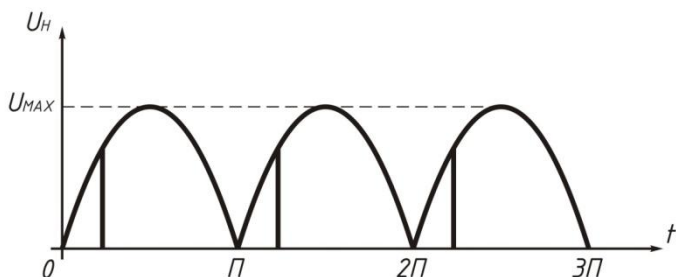


Рис. 7.2.

Управление углом отпирания тиристоров осуществляет схема управления, формирующая синхронизированные с сетевым напряжением импульсы управления, передаваемые на управляющие электроды тиристоров через импульсные трансформаторы, позволяющие произвести гальваническую развязку силовых цепей преобразователя от цепей управления. Синхронизация импульсов управления с сетевым напряжением достигается путем формирования в блоке *ГОИ* из пониженного синусоидального напряжения импульсов пилообразной формы (рис. 7.3).

Последние поступают в блок сравнения *СС*, равно как и напряжение задания, снимаемое с потенциометра *RI*. В результате сравнения этих величин блок *СС* формирует прямоугольные импульсы, скважность которых зависит от положения движка потенциометра *RI*, что показано на рисунке 7.3. Последние и управляют углом отпирания тиристоров, преобразуясь в блоке *БФИ* для передачи через импульсные трансформаторы *TV3*, *TV4*.

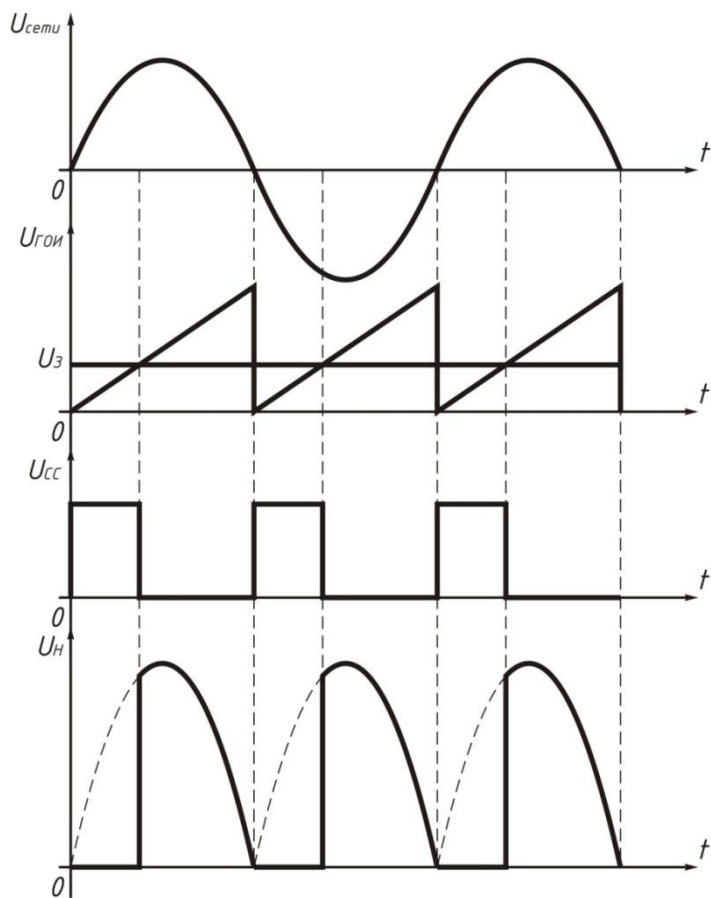


Рис. 7.3.

Порядок выполнения работы

1. Убедиться, что все выключатели стенда выключены (находятся в нижнем или левом положении).
2. Собрать схему согласно рисунку 7.1 и изучить её работу.
3. Определить цену деления приборов PVI и PAI . Изучить порядок выполнения работы.

4. Доложить преподавателю о готовности к работе.
5. С разрешения преподавателя подать напряжение на стенд: включить сетевой выключатель («СЕТЬ»), проверить наличие напряжения в сети по свечению индикаторных ламп. Затем включить напряжение питания преобразователя тумблером $S3$.
6. Снять осциллограммы сигналов на выходе блоков $ГОИ$, $СС$, $БФИ$ и на нагрузке в нескольких положениях потенциометра $R1$, в том числе при минимальном и максимальном напряжении на нагрузке. Напряжение на движке $R1$ измерять тестером. По осциллограммам определить соответствующие углы отпирания тиристоров.
7. Снять регулировочную характеристику управляемого выпрямителя $U_H = f(U_3)$ (напряжение U_3 измерять с помощью тестера). Результаты измерений занести в таблицу 7.1.
8. Для пяти-семи значений U_3 по двум точкам снять выходные характеристики управляемого выпрямителя $U_H = f(I_H)$. Результаты измерений занести в таблицу 7.2.
9. Выключить $S3$. Отключить напряжение (тумблер «СЕТЬ» вернуть в нижнее положение). Органы управления вернуть в исходное положение. Доложить преподавателю о выполнении измерений. Разобрать схему. Сдать рабочее место преподавателю.
10. Построить графики зависимостей: $U_H = f(U_3)$, $U_H = f(I_H)$.
11. Сделать выводы по работе.

Результаты измерений

1. Регулировочная характеристика управляемого выпрямителя $U_H = f(U_3)$.

Таблица 7.1.

Регулировочная характеристика

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
U_3 , В							
U_H , В							

2. Выходная характеристика управляемого выпрямителя $U_H = f(I_H)$.

Таблица 7.2.

Выходная характеристика

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
I_H, A							
U_H, B							

Контрольные вопросы

1. Рассказать принцип действия тиристорного управляемого выпрямителя.
2. Рассказать принцип действия системы управления тиристорным управляемым выпрямителем.
3. С какой целью применяется гальваническая развязка силовых и управляющих цепей?
4. Для чего необходима синхронизация управляющих импульсов с сетевым напряжением?

Лабораторная работа № 8

Исследование разомкнутой системы управления двигателем постоянного тока

Цель работы: исследование разомкнутой системы управления ДПТ и влияния нагрузки на работу системы управления ДПТ.

Основные теоретические сведения

Схема разомкнутой системы управления ДПТ представлена на рисунке 8.2. Управление ДПТ достигается с помощью тиристорного преобразователя. Регулируя величину напряжения на обмотках двигателя с помощью резистора задания RI можно плавно изменять частоту вращения якоря, что отражает прибор $P\omega$.

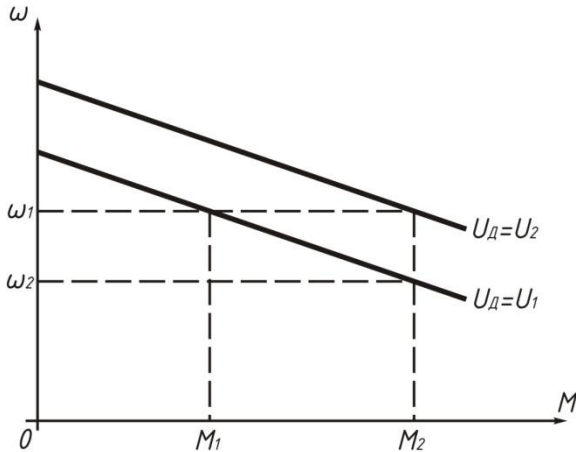


Рис. 8.1.

В разомкнутой системе управления отсутствуют обратные связи между двигателем и преобразователем, вследствие чего при подключении нагрузки к двигателю скорость последнего снижается, что отражает рисунок 8.1, в связи с чем, если необходимо поддерживать неизменной частоту вращения якоря, приходится вручную регулировать напряжение, подаваемое на двигатель. Если принять номинальной рабочей частотой вращения $\omega = \omega_1$ при $M_H = M_1$, $U_d = U_1$, то чтобы поддержать ее на прежнем уровне при увеличении $M_H = M_2$, необходимо поднять U_d до значения U_2 (рисунок 8.1). В противном случае при

увеличении нагрузки скорость снизится до значения ω_2 . Пропорционально увеличению нагрузки при этом возрастает и ток.

Нагрузкой служит машина переменного тока $M2$ (асинхронный трехфазный двигатель с КЗ ротором), работающая в генераторном режиме. При замыкании тумблера $S42$ и увеличении значения напряжения на выходе выпрямителя переключателем «НАГРУЗКА», постоянный ток в обмотке статора создает неподвижное магнитное поле, в котором вращается ротор АД. Неподвижное магнитное поле обмотки статора создает тормозящий момент для машины переменного тока $M2$, противоположный направлению вращения двигателя $M1$. Величина тормозящего момента возрастает при переключении галетного переключателя «НАГРУЗКА» по часовой стрелке, что отражает амперметр $PA3$ и прибор $P\omega$.

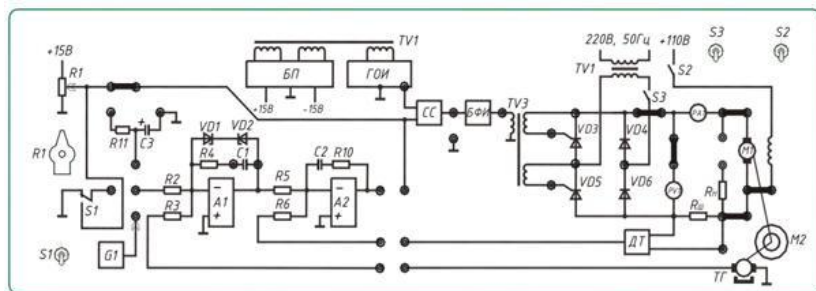


Рис. 8.2.

Силовая часть представляет собой полууправляемый тиристорный выпрямитель на полупроводниковых диодах $VD4$, $VD6$ и тиристорах $VD3$, $VD5$. Управление величиной напряжения на нагрузке (вольтметр $PV1$), а следовательно и током нагрузки (амперметр $PA1$) достигается управлением угла отпирания тиристоры. При $\alpha = \pi$ тиристоры практически закрыты и на нагрузке нет напряжения, а при $\alpha = 0$ полностью открыты и напряжение на нагрузке имеет вид полных полуолн и соответствует максимальному значению, получаемому от выпрямителя.

Управление углом отпирания тиристоры осуществляет схема управления, формирующая синхронизированные с сетевым напряжением импульсы управления, передаваемые на управляющие электроды тиристоры через импульсные трансформаторы, позволяющие

произвести гальваническую развязку силовых цепей преобразователя от цепей управления. Синхронизация импульсов управления с сетевым напряжением достигается путем формирования в блоке ГОИ из пониженного синусоидального напряжения импульсов пилообразной формы.

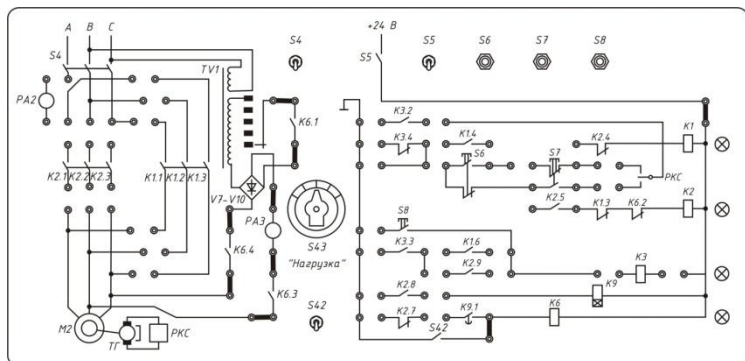


Рис. 8.3.

Последние поступают в блок сравнения *СС*, равно как и напряжение задания, снимаемое с потенциометра *RI*. В результате сравнения этих величин блок *СС* формирует прямоугольные импульсы, скважность которых зависит от положения движка потенциометра *RI*, что показано на рисунке 8.3. Последние и управляют углом отпирания тиристорov, преобразуясь в блоке *БФИ* для передачи через импульсные трансформаторы *TV3*, *TV4*.

Порядок выполнения работы

1. Убедиться, что все выключатели стенда выключены (находятся нижнем или левом положении).
2. Собрать схемы согласно рисункам 8.2 и 8.3 и изучить их работу.
3. Определить цену деления приборов *PVI*, *PA1* и *PA3*. Изучить порядок выполнения работы.
4. Доложить преподавателю о готовности к работе.
5. С разрешения преподавателя подать напряжение на стенд: включить сетевой выключатель («СЕТЬ»), проверить наличие напряжения в сети по свечению индикаторных ламп. Затем включить

напряжение питания преобразователя тумблером $S3$ и напряжение питания обмотки возбуждения и якоря ДПТ тумблером $S2$.

6. Регулируя величину напряжения задания потенциометром $R1$ установить частоту вращения двигателя, при которой прибор $P\omega$ показывает приблизительно половину предела измерения (2500 – 3000 об/мин). Тумблером «НАГРУЗКА» при положении переключателя «НАГРУЗКА» в позиции 1 подать нагрузку на ДПТ. Зафиксировать провал скорости. Изменяя позицию переключателя «НАГРУЗКА», далее произвести замер величины скорости ДПТ. Напряжение U_3 на движке $R1$ измерять тестером. Данные измерения занести в таблицу 8.1.

7. Установить переключатель «НАГРУЗКА» в позицию 2, отрегулировать напряжение таким образом, чтобы скорость приняла прежнее значение, соответствующее $U_d = U_1, M_H = M_1$. Далее увеличивая момент нагрузки (переключатель «НАГРУЗКА» в положении 3, 4 и т.д.) повторить аналогичную операцию. Напряжение U_3 на движке $R1$ измерять тестером. Данные измерений занести в таблицу 8.2.

8. Выключить $S2, S3$. Отключить напряжение (тумблер «СЕТЬ» вернуть в нижнее положение). Органы управления вернуть в исходное положение. Доложить преподавателю о выполнении измерений. Разобрать схему. Сдать рабочее место преподавателю.

9. По результатам опытов построить механические характеристики разомкнутой системы в виде семейства последних для различных значений напряжения.

10. Сделать выводы по работе.

Паспортные данные ДПТ

Двигатель постоянного тока – СЛ - 221	
Мощность, Вт	10
$U_{ян}, В$	110
$I_{ян}, А$	0,35
Номинальная частота вращения $n_n,$ об/мин	3600
$I_B, А$	0,1
$J_{дв}, кг \cdot м^2$	0,00055
$\eta, \%$	33
$M_C, Н \cdot м$	0,1-0,12

Результаты измерений

Таблица 8.1.

Результаты измерений						
Режим	Режим Х.Х.	Нагрузка а 1	Нагрузка ка 2	Нагрузка а 3	Нагрузка ка 4	Нагрузка а 5
$U_3, В$						
$U_{я}, В$						
$I_{я}, А$						
$I_T, А$						
$n,$ об/мин						
Результаты вычислений						
$P_1, Вт$						
$P_2, Вт$						
$M, Н·м$						
$\omega,$ рад/с						

Таблица 8.2.

Результаты измерений					
Режим	Нагрузка а 1	Нагрузка 2	Нагрузка 3	Нагрузка 4	Нагрузка 5
$U_3, В$					
$U_{я}, В$					
$I_{я}, А$					
$I_T, А$					
$n,$ об/мин					
Результаты вычислений					

P_1 , Вт					
P_2 , Вт					
M , Н·м					
ω , рад/с					

$P_1 = I \cdot U$ – полная (потребляемая) мощность;

$P_2 = \eta \cdot P_1$ – полезная мощность;

$M = 9.55 \cdot \frac{P}{n}$ – развиваемый момент;

$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ – частота вращения.

Контрольные вопросы

1. Рассказать принцип действия тиристорного управляемого выпрямителя.
2. Рассказать принцип действия системы управления тиристорным управляемым выпрямителем.
3. С какой целью применяется гальваническая развязка силовых и управляющих цепей?
4. Для чего необходима синхронизация управляющих импульсов с сетевым напряжением?

Библиографический список

1. Филиппов Б.А., Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. М.: МЭИ, 1977.
2. Ильинский Н.Ф., Козаченко В.Ф. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1992.
3. Токарев Б.Ф. Электрические машины: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1989.
5. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1986.

Учебное издание

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов электрических и неэлектрических специальностей

Составители: **Щербинин Игорь Алексеевич**
Прасол Дмитрий Александрович
Филимонов Сергей Игоревич

Подписано в печать 23.04.12. Формат 60 x 84/16. Усл. печ. л. 3,4. Уч.-изд. л. 3,6.

Тираж 119 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46