

050202. Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением

Цель работы: Ознакомиться с устройством, принципом действия двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением. Снять его основные характеристики.

Требуемое оборудование: Модульный учебный комплекс МУК-ЭП1

Краткое теоретическое введение

Двигатель постоянного тока (ДПТ) представляет собой преобразователь электрической энергии постоянного тока в механическую. Конструкция двигателя показана на рис.1. Она имеет три основные части: статор (индуктор), якорь и коллектор.

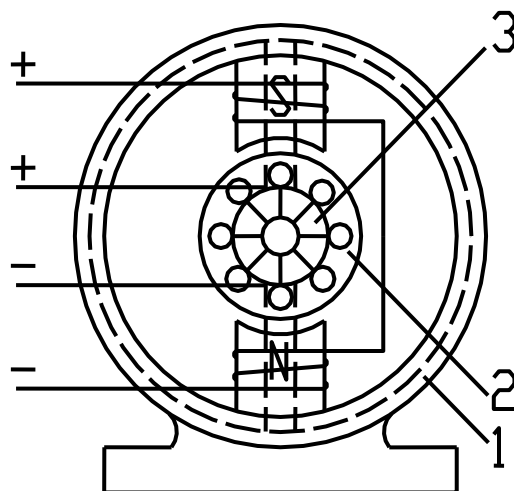


Рис. 1. Конструкция двигателя постоянного тока
1 – индуктор, 2 – якорь, 3 – коллектор

Индуктор (1) - неподвижная часть машины, представляет собой полый литой стальной цилиндр из электротехнической стали, к которому с внутренней стороны болтами крепятся сердечники (полюса). На сердечниках располагается обмотка возбуждения (ОВ), подключаемая к щеткам. Индуктор предназначен для создания основного магнитного поля.

Якорь (2) (вращающаяся внутренняя часть машины) представляет собой цилиндр, собранный из стальных листов. В пазах якоря уложена якорная обмотка.

На одном валу с якорем закреплен коллектор (3), который представляет собой полый цилиндр, составленный из отдельных медных пластин (ламель), изолированных друг от друга и от вала якоря и электрически связанных с отдельными частями обмотки якоря. Назначение коллектора - механическое выпрямление переменных синусоидальных ЭДС в постоянное по величине и направлению напряжение, снимаемое во внешнюю цепь с помощью щеток, примыкающих к коллектору.

Свойства двигателей постоянного тока, в основном, определяются способом питания обмотки возбуждения. В связи с этим двигатели постоянного тока классифицируют на 2 типа: с независимым возбуждением (рис.2а) и самовозбуждением (рис.2 б, в, г)

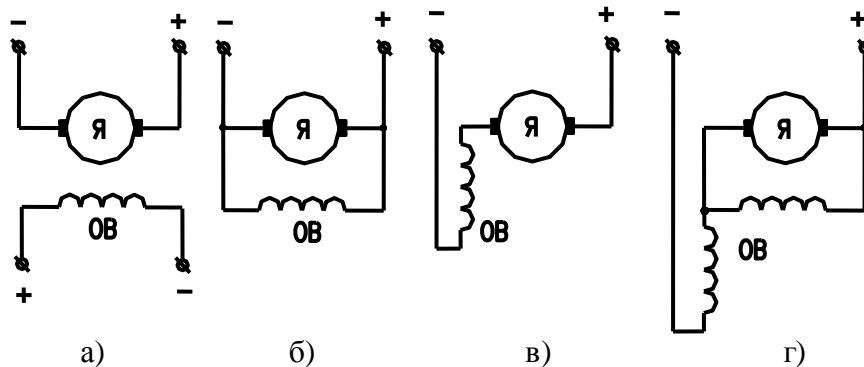


Рис.2

ОВ - обмотка возбуждения, Я – якорь.

Обмотка возбуждения в ДПТ с независимым возбуждением питается от отдельного источника постоянного тока (от полупроводникового выпрямителя, аккумулятора или возбудителя - генератора постоянного тока).

В самовозбуждающихся ДПТ цепи якоря и индуктора электрически связаны, т.е. обмотка возбуждения питается от ЭДС якоря машины. В зависимости от электрической схемы соединения обмоток якоря и индуктора машины с самовозбуждением делятся еще на три типа: параллельного, последовательного и смешанного возбуждения (рис.2 б, в, г).

ДПТ как все электрические машины обратимы, т.е. они без существенных конструктивных изменений могут работать как в режиме генератора, так и в режиме двигателя.

Режим работы ДПТ с параллельным возбуждением.

Рассмотрим работу ДПТ с параллельным возбуждением (рис.2б). При включении двигателя в сеть постоянного тока в обеих обмотках возникают токи. При этом в обмотке возбуждения ток возбуждения I_B создает магнитное поле индуктора. Взаимодействие тока якоря с магнитным полем индуктора создает электромагнитный момент $M_Э$.

$$M_Э = c\Phi I_Я, \quad (1)$$

где c – постоянный коэффициент;

$I_Я$ – ток якоря;

Φ – магнитный поток.

Электромагнитный момент $M_Э$ отличается от момента M_B на валу двигателя на величину момента потерь холостого хода $M_{ХХ}$, которым ввиду малости можно пренебречь и считать, что $M_Э = M_B = M$.

В проводниках вращающего якоря индуцируется протво-ЭДС E :

$$E = kn\Phi, \quad (2)$$

где n – скорость вращения якоря;

k - постоянный коэффициент.

Уравнение электрического равновесия двигателя имеет вид:

$$U = E + I_{\text{я}} R_{\text{я}} = kn\Phi + I_{\text{я}} R_{\text{я}}, \quad (3)$$

где U – напряжение питания сети.

Пуск двигателя в ход

При пуске двигателя якорь в первый момент неподвижен ($n = 0$) и учитывая (2) ЭДС якоря $E = kn\Phi = 0$. При этом согласно (3) пусковой ток якоря $I_{\text{яп}}$ недопустимо велик, т.к. $R_{\text{я}}$ мало и определяется как:

$$I_{\text{яп}} = \frac{U}{R_{\text{я}}} \quad (4)$$

Поэтому для ограничения пускового тока последовательно в цепь якоря вводится сопротивление пускового реостата $R_{\text{п}}$, который полностью введен перед запуском двигателя и выводится после разгона двигателя по мере возрастания противо- ЭДС (E).

$$I_{\text{яп}} = \frac{U}{R_{\text{я}} + R_{\text{п}}} \quad (5)$$

Такой запуск двигателя предохраняет его якорную обмотку от больших пусковых токов $I_{\text{яп}}$ и позволяет получить в этом режиме максимальный магнитный поток.

Если пуск двигателя осуществляется на холостом ходу, то нет необходимости развивать максимальный вращающий момент $M_{\text{в}}$ на валу. По этому пуск двигателя может быть осуществлен путем плавного увеличения напряжения питания сети U .

Реверсирование двигателя

Изменение направления вращения двигателя может быть достигнуто изменением тока или в обмотке якоря, или в обмотке возбуждения, т.к. при этом меняется знак вращающего момента. Одновременное изменение направления тока в обеих обмотках направление вращения двигателя не изменяет. Переключение концов обмоток должно производиться только после полной остановки двигателя.

Регулирование скорости вращения

Из выражения (3) можно определить скорость вращения двигателя:

$$n = \frac{U - I_{\text{я}} R_{\text{я}}}{k\Phi} \quad (6)$$

Из формулы (6) видно, что регулировать скорость вращения двигателя постоянного тока можно изменением напряжения сети, магнитного потока возбуждения и сопротивления цепи якоря.

Наиболее распространенный способ регулирования скорости вращения двигателя - изменение магнитного потока посредством регулировочного реостата в цепи возбуждения. Уменьшение тока возбуждения ослабляет магнитный поток и увеличивает скорость вращения электродвигателя. Этот способ экономичен, т.к. ток возбуждения (в двигателях параллельного возбуждения) составляет 3-5% от $I_{\text{н}}$ якоря, и тепловые потери в регулировочном реостате весьма малы.

Основные характеристики двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

Работа двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением оценивается следующими основными характеристиками:

Характеристика холостого хода: (рис.3)

$$n_0 = f(I_B), \text{ при } U = U_H = \text{const} \text{ и } I_A = I_0,$$

где n_0 – скорость вращения на холостом ходу (без нагрузки),
 I_0 – ток холостого хода составляющий 5 – 10% I_H ;
 U_H – номинальное значение напряжения питающей сети.

Учитывая, что на холостом ходу произведение $I_A R_A$ мало по сравнению с U , то из (6) скорость двигателя определяется обратной зависимостью к магнитному потоку Φ :

$$n = \frac{U}{k\Phi} \quad (7)$$

При увеличении тока в обмотке возбуждения магнитный поток изменяется по кривой намагничивания $\Phi = f(I_B)$, поэтому зависимость между скоростью вращения двигателя n и током возбуждения I_B имеет почти гиперболический характер. При малых значениях тока возбуждения обороты меняются почти обратно пропорционально. При больших токах возбуждения начинает сказываться магнитное насыщение стали полюсов, и кривая становится более пологой и идет почти параллельно оси абсцисс. Резкое изменение – уменьшение тока возбуждения, а также случайный обрыв цепи возбуждения согласно (9) могут вызвать «разнос» двигателя (при $I_B \rightarrow 0$, а следовательно Φ также стремится к 0, $n \rightarrow \infty$).

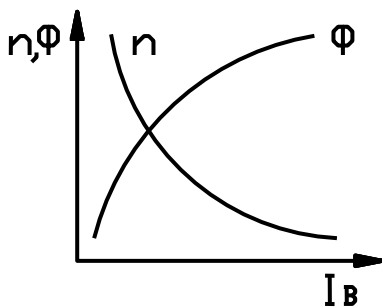


Рис. 3

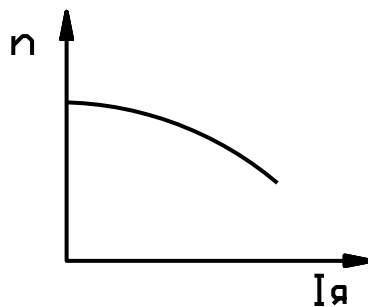


Рис. 4

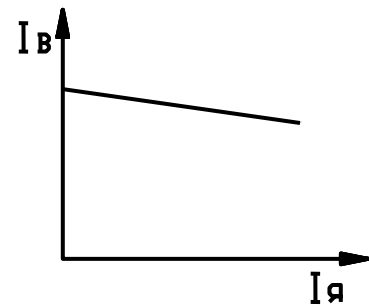


Рис. 5

Механическая характеристика. Это зависимость скорости вращения ротора от момента M_B на валу двигателя при неизменном напряжении питания сети и токе возбуждения:

$$n = f(M_B), \text{ при } U = U_H = \text{const}, I_B = \text{const}.$$

Для двигателя параллельного возбуждения момент M_B пропорционален первой степени тока якоря I_A . Поэтому механическая характеристика может быть представлена зависимостью $n(I_A)$, которая называется *электромеханической или скоростной* (рис.4).

К валу двигателя приложена нагрузка (тормозной момент). Согласно (6) при постоянных значениях тока возбуждения уменьшение скорости вращения n является следствием падения напряжения в цепи якоря – $I_A R_A$ и реакции якоря. При увеличении нагрузки скорость вращения уменьшается на незначительную величину, порядка 3-8%. Такая скоростная характеристика называется жесткой.

Регулировочная характеристика (рис.5). Это зависимость тока возбуждения I_B от тока якоря I_A при постоянном напряжении сети U и постоянной скорости вращения n :

$$I_B = f(I_A) \text{ при } U = U_H, n = \text{const}.$$

Из анализа внешней характеристики видно, что скорость вращения падает с ростом нагрузки. Регулировочная характеристика дает возможность судить о том, каким образом, в каких пределах необходимо регулировать ток в обмотке возбуждения, чтобы поддерживать постоянную скорость вращения.

Методика эксперимента

Исследование режимов работы ДПТ с параллельным возбуждением проводится на модульном учебном комплексе МУК-ЭП1, который состоит из:

- блока питания двигателя постоянного тока БПП1;
- блока питания асинхронного двигателя БПА1
- электромашинного агрегата МА1-АП.

В качестве исследуемого двигателя постоянного тока использован ПЛ073У3 (220В, 180 Вт, 1500 об/мин). Автоматическая коммутация обмоток двигателя и подключение измерительных приборов осуществляется в блоке БПП1.

В качестве нагрузки использован асинхронный двигатель (АД) в режиме динамического торможения. Автоматическая коммутация обмоток АД и подключение измерительных приборов к нему осуществляется в блоке БПА1.

Схема работы комплекса после коммутаций блоков представлена на рис. 6.

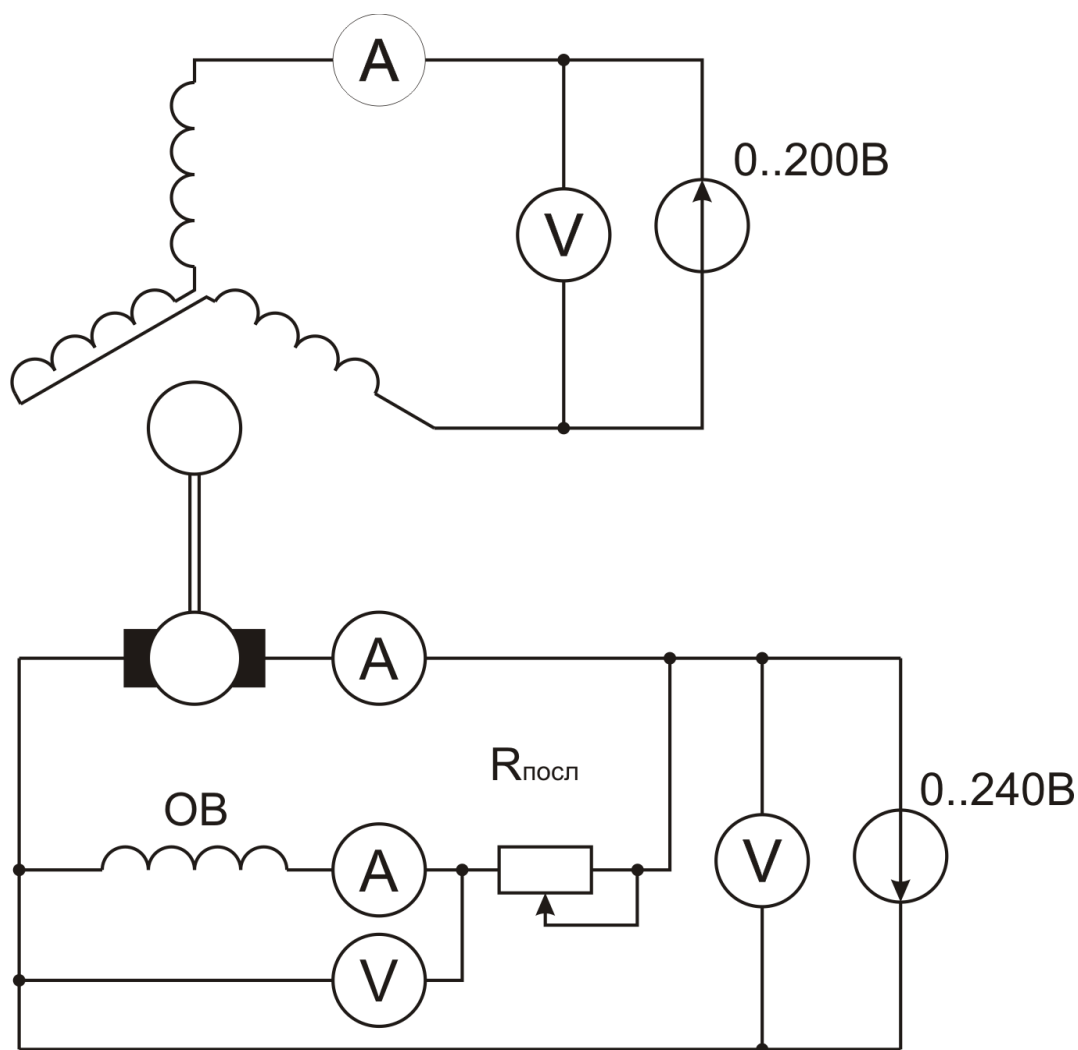


Рис. 6

При работе с комплексом МУК-ЭП1 необходимо соблюдать следующую последовательность в работе:

1. Включите БПП1 в сеть. Установите нажатием кнопок «Двигатель» и «Параллельное возбуждение» соответствующий режим коммутации обмоток двигателя постоянного тока и измерительных приборов.

3. Для запуска ДПТ необходимо в блоке БПП1 нажать кнопку «Пуск/Стоп». Разгон двигателя осуществляется при плавном увеличении напряжения питающей сети. Регулятором напряжения обмотки ротора устанавливается требуемое значение.

Остановка ДПТ осуществляется повторным нажатием кнопки «Пуск/Стоп».

4. Включите БПА1 в сеть. Установите нажатием кнопки «Торможение» соответствующий режим коммутации для динамического торможения асинхронного двигателя и измерительных приборов. Включение питания обмоток АД осуществляется нажатием кнопки «Пуск/Стоп».

Отключение режима торможения осуществляется повторным нажатием кнопки «Пуск/Стоп».

5. Измерение частоты вращения производится при помощи тахометра, который расположен в электромашинном агрегате МА1-АП.

Внимание: Запуск ДПТ должен осуществляться при отсутствии нагрузки на валу.

Рекомендуемое задание

1. Снять характеристику холостого хода: $n_0 = f(I_B)$, при $U = U_H = const$ и $I_A = I_0$.

Характеристика снимается следующим образом:

- Установите номинальное значение напряжения питающей сети 220В.
- Постепенно меняя значения регулировочного реостата $R_{носл}$ в цепи возбуждения снимите показания (5-6 точек) I_B . Обороты вала двигателя измерить тахометром.

– По данным опыта построить характеристику холостого хода $n_0 = f(I_B)$.

2. Снять скоростную характеристику двигателя: $n(I_A)$ при $U = U_H = const$, $I_B = const$.

Скоростная характеристика снимается следующим образом:

- Установите номинальное значение напряжения питающей сети 220В.
- С помощью регулировочного реостата $R_{носл}$ устанавливается постоянный ток возбуждения в пределах $I_B = 200-250$ мА. Затем постепенно увеличивают нагрузку на валу двигателя до номинального значения. При этом снимаются показания амперметра, измеряющего ток якоря, и измеряются обороты вала двигателя. Ток в обмотке возбуждения поддерживается постоянным в течение всего опыта нагрузки. Полученные данные (5-6 точек).

– По данным опыта построить скоростную характеристику.

3. Снять регулирующую характеристику: $I_B = f(I_A)$, при $U = U_H$, $n = const$.

Характеристика снимается следующим образом:

- Установите номинальное значение напряжения питающей сети 220В.
- При холостом ходе установите номинальную скорость вращения (1500 об/мин). Затем постепенно увеличивают нагрузку на валу двигателя и поддерживают установленную скорость вращения постоянной с помощью реостата $R_{носл}$, в цепи возбуждения. Полученные данные (5-6 точек).

– По данным опыта построить регулировочную характеристику

Список использованных источников

1. Электрические машины. Методические указания к лабораторным работам для студентов строительных специальностей всех форм обучения / Сост.: Л. Я. Егоров, Г. И. Захватов, В. С. Камалетдинов, Ю. В. Никитин. – Казань: КГАСУ, 2007.- 34 с