

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Цель работы:

1. Изучить принцип действия и устройство двигателей постоянного тока.
2. Ознакомиться со схемой включения двигателя в сеть, с процессом его пуска, регулирования частоты вращения и реверсированием.
3. Снять и проанализировать основные характеристики двигателя параллельного возбуждения.

Теоретические пояснения

Основными частями двигателя постоянного тока являются:

- а) ярмо;
- б) главные и дополнительные полюса с обмотками;
- в) сердечник якоря с обмоткой;
- г) коллектор и щетки.

Электрический двигатель преобразует подводимую к нему электрическую энергию в механическую.

В зависимости от схемы включения обмотки возбуждения относительно обмотки якоря различают следующие типы двигателей постоянного тока: двигатели параллельного возбуждения, двигатели последовательного возбуждения, двигатели смешанного возбуждения, двигатели независимого возбуждения.

При работе электрической машины постоянного тока в режиме двигателя под действием напряжения, подводимого к якорю, в его обмотке появляется ток $I_{\text{я}}$. В результате взаимодействия этого тока с магнитным потоком, созданным обмоткой возбуждения двигателя, возникает вращающий момент $M = C_M \cdot I_{\text{я}} \cdot \Phi$, где C_M – постоянная, зависящая от конструкции машины. Как только якорь начнет вращаться, в проводниках его обмотки будет индуцироваться ЭДС E , направление которой противоположно направлению тока $I_{\text{я}}$, поэтому эту ЭДС называют «противо-ЭДС». Величина E зависит от частоты вращения якоря n и от магнитного потока Φ .

Приложенное к зажимам обмотки якоря двигателя напряжение равно сумме противо-ЭДС E и падения напряжения на внутреннем сопротивлении обмотки якоря $I_{\text{я}} R_{\text{я}}$, т.е. $U = E + I_{\text{я}} R_{\text{я}}$.

Ток обмотки якоря соответственно будет равен $I_{я} = \frac{U - E}{R_{я}}$.

При пуске двигателя в ход в первый момент после подключения его к сети якорь двигателя остается неподвижным и противо-ЭДС равна нулю, т.е. $E=0$. Поэтому при прямом пуске двигателя пусковой ток его обмотки якоря будет зависеть только от напряжения сети и сопротивления обмотки якоря $I_{ян} = \frac{U}{R_{я}}$ и может превышать номинальное значение

тока в обмотке якоря в $10 \div 30$ раз. Для уменьшения пускового тока можно осуществлять пуск двигателя при пониженном подводимом напряжении или с помощью добавочного сопротивления, вводимого в цепь обмотки якоря на время пуска, и тогда $I_{ян} = \frac{U}{R_{я} + R_n}$. По мере на-

растания скорости двигателя пусковой реостат R_n выводится, при этом в обмотке якоря появляется противо-ЭДС E и

$$I_{я} = \frac{U - E}{R_{я}}.$$

При установившемся режиме электромагнитный вращающий момент, развиваемый двигателем, уравнивается моментом сопротивления на валу двигателя $M = M_c$, который в свою очередь определяется суммой моментов: $M_c = M_o + M_2$, где M_o – момент, обусловленный механическими потерями на трение при вращении самого двигателя; M_2 – момент, создаваемый нагрузкой, на валу двигателя.

Направление электромагнитного вращающего момента и, следовательно, направление вращения якоря двигателя, зависят от направления магнитного потока и направления тока в обмотке якоря.

Чтобы изменить направление вращения двигателя, т.е. осуществить его реверсирование, необходимо изменить направление тока либо в обмотке возбуждения машины, либо в обмотке якоря. Обычно изменяют направление тока в обмотке якоря.

Частота вращения якоря двигателя определяется так:

$$n = \frac{U - (R_{я} + R_{доб}) \cdot I_{я}}{C_E \cdot \Phi}.$$

Регулировать частоту вращения якоря проще всего можно двумя способами:

1. С помощью реостата R_l изменять ток возбуждения I_e , а, следовательно, и поток машины Φ . Следует помнить, что во время работы двигателя нельзя значительно уменьшать ток возбуждения I_e (а

значит и Φ) или разрывать цепь возбуждения двигателя, т.к. это может привести к значительному увеличению тока в обмотке якоря и быстрому нарастанию (выше номинальной) частоты вращения двигателя, двигатель может пойти «в разнос».

2. С помощью реостата R_2 , включенного последовательно с обмоткой якоря, изменять суммарное сопротивление цепи якоря $R_{\Sigma} = R_{\text{я}} + R_1$ при постоянном напряжении сети.

Основные свойства двигателя определяются его механической характеристикой и рабочими характеристиками.

Механическая характеристика

Зависимость установившейся частоты вращения якоря двигателя от момента двигателя при постоянном напряжении сети U и сопротивлении цепи якоря называется механической характеристикой двигателя $n(M)$.

Механическая характеристика, снятая при $R_1 = 0$ и $\Phi = \Phi_n$, называется естественной. При нагрузках на валу, не превышающих номинальную, частота вращения двигателя уменьшается мало, на $(3 \div 7)\%$ от n_o (n_o – частота вращения двигателя при холостом ходе). Частота вращения двигателя уменьшается пропорционально падению напряжения на внутреннем сопротивлении обмотки якоря, поэтому механическая характеристика – пологая прямая, т.е. механическая характеристика двигателя параллельного возбуждения – жесткая.

Рабочие характеристики

Рабочими характеристиками двигателя называют зависимости потребляемого двигателем тока $I_{\text{я}}$, момента на валу M , частоты вращения n и коэффициента полезного действия $\eta_{\text{д}}$ от полезной мощности двигателя P_2 при $U = U_n = \text{const}$ и при постоянном сопротивлении в цепи возбуждения $R_1 = \text{const}$, $R_{\text{с}} = r_{\text{с}} + R_2$.

Описание лабораторной установки

Схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения представлена на рисунке 1.

Двигатель имеет последовательно включенные обмотку якоря и добавочных полюсов (на схеме не показана) и обмотку возбуждения, подключенную параллельно с цепью якоря.

Электрическая схема содержит пусковой реостат R_2 «Добавочное сопротивление в цепи якоря» в цепи якоря и реостат R_1 «Регулятор тока

возбуждения» в цепи возбуждения. В цепь якоря и в цепь возбуждения включены амперметры PA1 и PA2, параллельно цепи якоря включен вольтметр PV1.

Нагрузкой двигателя служит генератор постоянного тока параллельного возбуждения G.

Изменение момента нагрузки на валу двигателя осуществляют путем регулирования мощности на выходе нагрузочного генератора за счет регулирования тока якоря реостатом R_3 «Нагрузка генератора» и тока возбуждения нагрузочного генератора реостатом R_4 «Регулятор тока возбуждения генератора».

Цепь возбуждения генератора включается тумблером Q1 «Ток возбуждения генератора».

Частоту вращения двигателя определяют с помощью тахогенератора, подключенного к вольтметру PV3, отградуированному в об/мин.

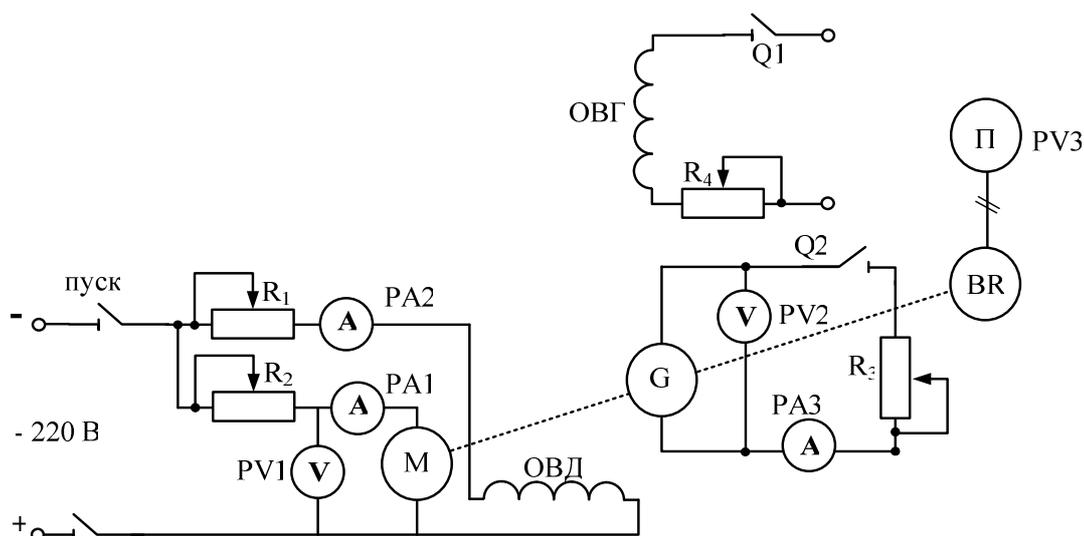


Рис.1

Порядок выполнения работы

I. Изучить конструкцию двигателя постоянного тока параллельного возбуждения и ознакомиться с элементами электрической цепи, схема которой представлена на рис.1.

II. Пуск двигателя.

Включение установки осуществляется:

- регулировочный реостат R_2 «Добавочное сопротивление в цепи якоря» на максимальное значение (крайнее правое положение);
- тумблер «Шунтирование приборов» вверх;

- регулировочный реостат R_1 «Регулировка тока возбуждения» в среднее правое положение;
- тумблер «Ток возбуждения генератора» в положение «ВЫКЛ»;
- регулировочные реостаты R_4 «Регулировка тока возбуждения генератора» и R_3 «Нагрузка генератора» крайнее левое положение;
- запуск двигателя (нажимают кнопку «Пуск»);
- регулировочный реостат R_2 перевести на минимальное значение (крайнее левое положение). Это холостой ход двигателя – первый отсчет в таблице 1.

III. Рабочие характеристики двигателя.

1. Тумблер «Ток возбуждения генератора» в положение «ВКЛ» - замыкают цепь якоря нагрузочного генератора.

2. Регулировочными реостатами R_4 и R_3 изменяют полезную мощность нагрузочного генератора. Снять значения I_d, U_d, n двигателя и U_G, I_G (5-6 отсчетов) и внести их в таблицу 1.

Таблица 1

№	Опытные данные				Расчетные данные							
	I_d	n	U_G	I_G	P_1	$P_{2Г}$	ΣP	ΣP_d	P_2	η_d	M	
	А	об/мин	В	А	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	–	Нм	
1÷6												$U_d =$

IV. Остановка двигателя.

Выключение установки осуществляется:

- регулировочные реостаты R_4 и R_3 в крайнее левое положение;
- тумблер «Ток возбуждения генератора» в положение «ВЫКЛ»;
- остановка двигателя (нажимают кнопку «Стоп»).

V. Расчетные величины можно получить, исходя из следующего:

- $P_1 = U_d \cdot I_d$ – мощность, потребляемая двигателем;
- $P_{2Г} = U_G \cdot I_G$ – мощность, отдаваемая нагрузочным генератором;
- $\Sigma P = \Sigma P_d + \Sigma P_G = P_1 - P_{2Г}$ – суммарные потери (в двигателе и генераторе);
- предполагая, что потери в двигателе и генераторе примерно одинаковы, т.е. $\Sigma P_d = \Sigma P_G$,
- находим потери в двигателе

$$\Sigma P_d = \frac{1}{2} (\Sigma P_d + \Sigma P_G) = \frac{1}{2} (P_1 - P_{2Г});$$
- $P_2 = P_1 - \Sigma P_d$ – полезная механическая мощность двигателя;

- $\eta_D = \frac{P_2}{P_1}$ – к.п.д. двигателя;
- $M = 9,55 \frac{P_2}{n}$ – момент на валу двигателя.

По полученным данным построить рабочие характеристики двигателя: $n(P_2)$, $M(P_2)$, $I_D(P_2)$, $\eta_D(P_2)$. Примерный вид рабочих характеристик представлен на рис. 2. По данным таблицы 1 построить механическую характеристику двигателя $n(M)$. Примерный вид механической характеристики двигателя параллельного возбуждения показан на рис.3.

VI. Сформулировать выводы в виде письменных ответов на следующие вопросы:

- Объяснить роль пускового реостата.
- Почему при увеличении момента нагрузки на валу частота вращения двигателя уменьшается?

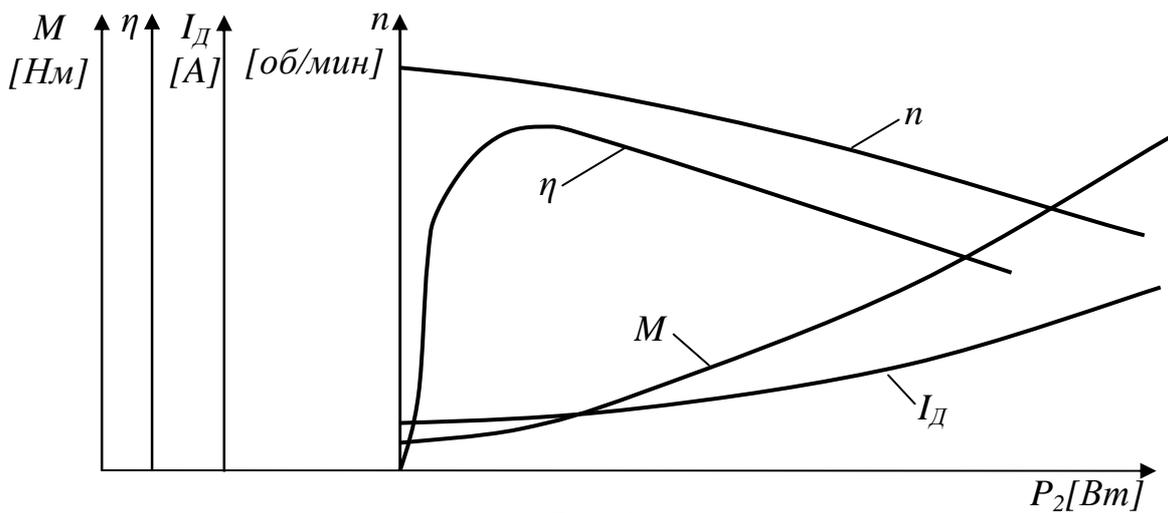


Рис.2

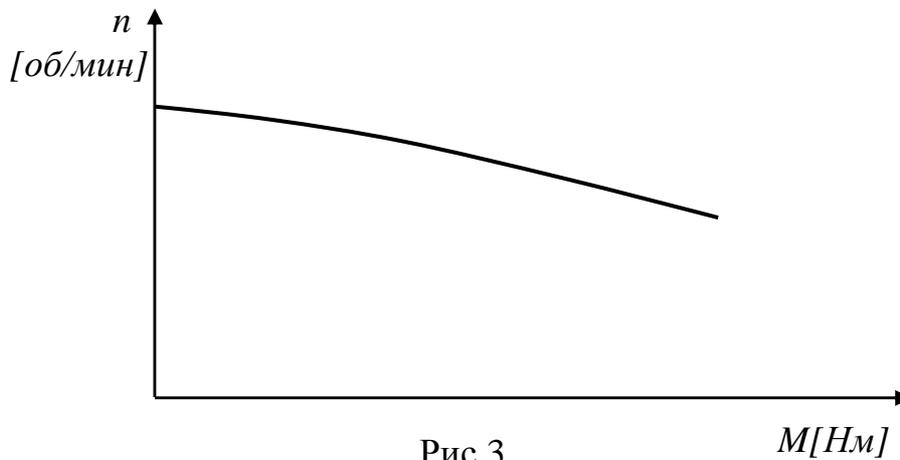


Рис.3

Контрольные вопросы для домашней подготовки

а) для допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Какова цель работы?
2. Расскажите устройство двигателя постоянного тока.
3. Объясните принцип действия двигателя параллельного возбуждения.
4. Какую электрическую схему замещения имеет двигатель параллельного возбуждения?
5. Как осуществляется пуск в ход двигателей постоянного тока?
6. Нарисуйте схему подсоединения пускового реостата к двигателю.
7. Как снимаются рабочие характеристики двигателя?
8. Какую зависимость называют механической характеристикой двигателя и какой примерный вид имеет механическая характеристика двигателя параллельного возбуждения?
9. Как рассчитывают в работе момент на валу двигателя?
10. Что является нагрузкой двигателя и как ее изменять?
11. Почему во время работы двигателя нельзя разрывать цепь его обмотки возбуждения?
12. Как изменить направление вращения двигателя?
13. Укажите где можно взять номинальные данные двигателя и нагрузочного генератора?

б) для защиты отчета по лабораторной работе:

1. От каких величин зависит частота вращения якоря двигателя постоянного тока?
2. От чего зависит ЭДС двигателя и ее роль?
3. Назовите известные Вам способы регулирования частоты вращения якоря двигателя постоянного тока.
4. Как происходит процесс саморегулирования момента двигателя постоянного тока при изменении нагрузки на валу?
5. Какой режим работы двигателя можно назвать режимом короткого замыкания?
6. В какую сторону от номинальной можно регулировать частоту вращения двигателя путем изменения тока в его обмотке возбуждения?
7. От каких факторов зависит величина и направление электромагнитного момента, развиваемого двигателем постоянного тока?
8. Напишите условия равновесия моментов в установившемся режиме работы двигателя.
9. Назовите составляющие потерь мощности в двигателе.
10. Какие преимущества и недостатки имеют двигатели параллельного возбуждения?

11. Объясните устройство и назначение коллектора и щеток в двигателе постоянного тока.
12. Объясните назначение главных и добавочных полюсов.

ЛИТЕРАТУРА

5. Электротехника./Под ред. Проф. В.Г. Герасимова. – М.: Высшая школа, 1985, с.373-380
6. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1983, с. 322-328, 297-306.
7. Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1985, с. 342-351, 363-365, 367-387.
8. Волынский Б.А., Зейн Е.Н. Шатерников В.Е. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1987, с. 334-339, 359-368.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Цель работы

1. Изучить принцип действия и ознакомиться с устройством асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
2. Определить начала и концы фаз обмотки статора и осуществить их соединение по схеме треугольника и звезды.
3. Произвести пуск и реверс асинхронного двигателя.

Теоретические пояснения

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором состоит из двух основных частей: статора (неподвижная часть) и ротора (вращающаяся часть). В пазы сердечника статора, набранного из листов электротехнической стали уложена трёхфазная обмотка. Оси фазных катушек сдвинуты относительно друг друга на 120 электрических градусов. Фазы обмотки статора соединяются звездой или треугольником и подключаются к трёхфазной сети. Сердечник ротора асинхронного двигателя набирают, как и сердечник статора, из листовой электротехнической стали. В пазах ротора располагается короткозамкнутая обмотка.

Принцип действия асинхронного двигателя основан на явлении взаимодействия вращающегося магнитного поля, создаваемого обмоткой статора, с токами роторной обмотки, в результате чего создаётся вращающийся момент. Под действием этого момента ротор начинает вра-