

ЛИТЕРАТУРА

1. Электротехника / Под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Высшая школа, 1985. – С. 387–407.
1. Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. Электротехника. – М.: Высшая школа, 1985. – С. 401–449.
2. Волынский Б.А., Зейн Е.Н., Шатерников В.Е. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – С. 382–392.
4. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1983, С. 204–245.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ТРЕХФАЗНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Цель работы:

1. Ознакомиться с конструкцией трёхфазных асинхронных двигателей.
2. Изучить принцип работы асинхронных двигателей.
3. Осуществить пуск двигателя в ход.
4. Снять и проанализировать рабочие характеристики.

Теоретические пояснения

Основными частями трёхфазного асинхронного двигателя являются статор и вращающийся ротор. Трёхфазная система токов обмотки статора возбуждает в машине вращающееся магнитное поле, число пар полюсов которого определяется схемой обмотки статора, направление вращения поля зависит от порядка чередования фаз. На роторе асинхронного двигателя с фазным ротором имеется трёхфазная обмотка, выполненная, как и обмотка статора. Число фаз и число пар полюсов обмотки ротора равны числу фаз и числу пар полюсов обмотки статора. Фазы обмотки ротора соединены звездой, а их свободные концы выводятся к насаженным на вал трём контактными кольцам, поэтому асинхронный двигатель с таким ротором называется часто двигателем с контактными кольцами. Контактные кольца изолированы от вала и друг от друга. К контактным кольцам прижаты щетки, что позволяет включать в цепь обмотки ротора пусковой или регулировочный реостат.

Вращающий момент асинхронного двигателя возникает в результате взаимодействия вращающихся магнитных полей статора и ротора. Под действием момента, развиваемого двигателем, ротор вращается с частотой меньше частоты вращения поля, поэтому двигатели получили на-

звание асинхронных. Направление вращения ротора определяется направлением вращения магнитного поля. Чтобы изменить направление вращения ротора двигателя, необходимо изменить порядок чередования фаз путем переключения любых двух фаз обмотки статора.

Под рабочими характеристиками двигателя понимают зависимости I_1 , P_1 , M_2 , $\cos \varphi$, n_2 , η как функции от полезной мощности P_2 на валу двигателя при неизменных номинальных значениях питающего напряжения и частоты.

Описание лабораторной установки

Схема трёхфазного асинхронного двигателя с фазным ротором представлена рисунке 1.

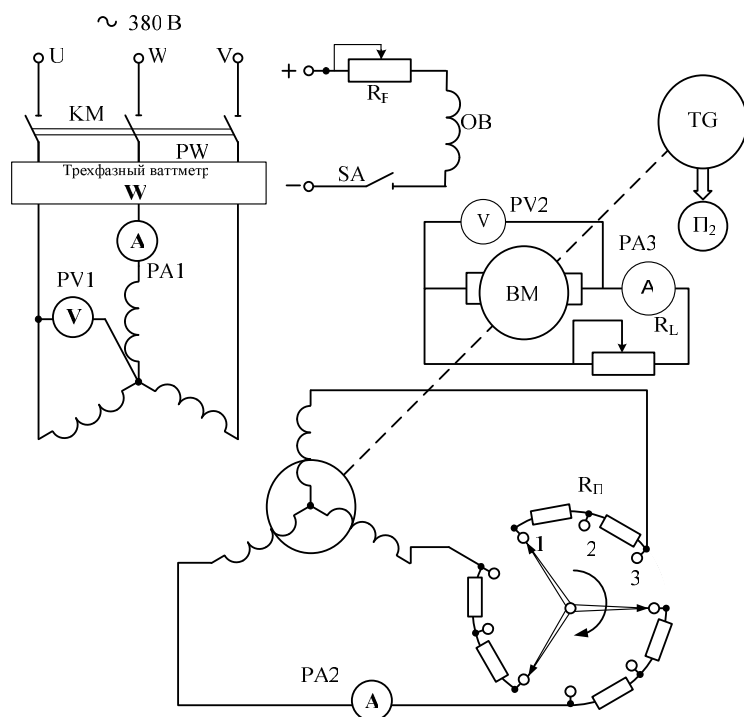


Рис.1

На панель лабораторной установки выведены: рукоятка переключателя R_{Π} «Добавочное сопротивление в цепи обмотки ротора»; переключатели режимов работы двигателя SA «Ток возбуждения генератора» и регулировочного сопротивления R_F «Ток возбуждения генератора»; кнопки «Пуск» - «Стоп» в цепи катушки пускателя KM .

В качестве нагрузки двигателя используется машина постоянного тока в генераторном режиме. Регулируя нагрузочное сопротивление R_L

«Нагрузка генератора» генератора, изменяют момент нагрузки на валу двигателя.

Порядок выполнения работы

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

II. Пуск двигателя.

Включение установки осуществляется:

- регулировочный реостат R_{Π} «Добавочное сопротивление в цепи ротора» крайнее левое положение;
- тумблер «Шунтирование приборов» вверх;
- тумблер SA «Ток возбуждения генератора» в положение «ВЫКЛ»;
- регулировочные реостаты R_F «Регулировка тока возбуждения генератора» и R_L «Нагрузка генератора» крайнее левое положение;
- запуск двигателя (нажимают кнопку «Пуск»);
- регулировочный реостат R_{Π} «Добавочное сопротивление в цепи ротора» крайнее правое положение (2 положения);
- тумблер «Шунтирование приборов» вниз.
- Это холостой ход двигателя – первый отсчет в таблице 1.

III. Рабочие характеристики двигателя.

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

2. Регулировочный реостат R_L устанавливают на максимальную нагрузку (5 ступеней вправо)

3. Регулировочным реостатом R_F плавно возбуждают генератор постоянного тока, увеличивая нагрузку на вал двигателя.

Снять 5-6 точек и занести в таблицу 1 показания приборов.

Таблица 1

$f_c = 50 \text{ Гц}$ $p =$ $n_1 =$																	
№	Опытные данные								Расчётные данные								
	U_{ϕ}	I_d	P_w	U_r	I_r	n_2	N	t	P_d	P_r	ΔP	ΔP_d	P_2	η	$\cos \varphi$	s	s'
	В	А	Вт	В	А	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	-	сек	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	%	-	%	%
1÷6																	

IV. Остановка двигателя.

Выключение установки осуществляется:

- регулировочный реостат R_L и R_F в крайнее левое положение;
- тумблер SA в положение «ВЫКЛ»;
- остановка двигателя (нажимают кнопку «Стоп»).

V. Расчет данных.

Мощность электрической энергии, подводимой к двигателю определить по показанию ваттметра: $P_D = P_W$.

Полезную электрическую мощность генератора постоянного тока определить по показаниям амперметра и вольтметра:

$$P_G = U_G \cdot I_G.$$

Суммарные потери двигателя и генератора составляют:

$$\Delta P = \Delta P_D + \Delta P_G = P_D - P_G.$$

Номинальные мощности двигателя и генератора близки по величине, поэтому можно принять, что потери энергии в двигателе равны потерям энергии в генераторе:

$$\Delta P_D = \Delta P_G \text{ и тогда } \Delta P_D = \frac{1}{2}(P_D - P_G).$$

Полезная мощность на валу двигателя:

$$P_2 = P_D - \Delta P_G.$$

Коэффициент мощности и коэффициент полезного действия:

$$\cos \varphi = \frac{P_D}{3 \cdot U_\phi I_D}; \quad \eta = \frac{P_2}{P_D} \cdot 100\%.$$

Скольжение: $s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%,$

$n_1 = \frac{60 f_1}{p}$ – синхронная частота вращения магнитного поля при частоте тока равной частоте сети; n_2 – частота вращения ротора; p – число пар полюсов.

Если число оборотов изменяется не значительно, то скольжение двигателя S также можно определить с помощью магнитоэлектрического амперметра РА2 с нулём по середине шкалы, включенного в одну из фаз обмотки ротора. Так как частота тока ротора в пределах нормальных нагрузок двигателя не превышает нескольких периодов в секунду, то магнитоэлектрический амперметр успевает отслеживать изменение направления тока и поэтому число полных колебаний его стрелки в одну секунду показывает величину частоты тока в роторе.

Таким образом, $f_2 = \frac{N}{t}$, Гц, где N – число полных колебаний стрелки магнитоэлектрического амперметра за время t секунд.

Тогда скольжение s ротора двигателя определяются по выражению:

$$s' = \frac{f_2}{f_1} = \frac{N}{50 \cdot t},$$

На основании табл.1 строят рабочие характеристики. По оси абсцисс направляют P_2 , по оси ординат направляют P_1 , $\cos \varphi$, n_2 , η в выбранном масштабе.

Примерный вид рабочих характеристик показан на рис. 2.

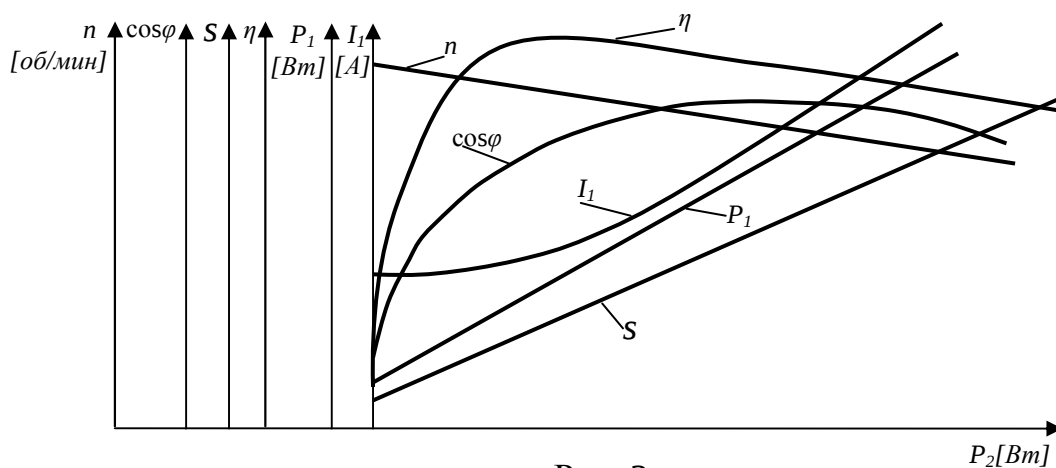


Рис. 2

VI. Письменно сформулировать выводы в виде ответов на следующие вопросы:

1. Сравнить результаты полученных скольжений s и s' .
2. Какова роль реостата R_D при пуске двигателя в ход?
3. Как объяснить изменение направления вращения ротора двигателя при изменении чередования фаз?
4. Почему изменение нагрузки генератора постоянного тока приводит к изменению момента сопротивления нагрузки на валу двигателя?

Контрольные вопросы

а) для допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Какова цель работы?
2. Рассказать об устройстве трёхфазного асинхронного двигателя с фазным ротором.

3. Каков порядок выполнения лабораторной работы?
4. Показать на рис. 1 схему асинхронного двигателя, условные обозначения статора и ротора, объяснить назначение реостата R_D .
5. Как осуществить пуск в ход трёхфазного асинхронного двигателя?
6. Что является нагрузкой для трёхфазного асинхронного двигателя?
7. Показать на электрической схеме, какими приборами можно измерить напряжение на зажимах генератора и ток нагрузки.
8. Пояснить по схеме способ измерения частоты вращения ротора трёхфазного асинхронного двигателя.
9. Как по частоте вращения ротора при известной частоте изменения напряжения сети установить частоту вращения магнитного поля и число пар полюсов двигателя?
10. Как подсчитать скольжение?

б) для защиты отчёта по лабораторной работе:

1. Назвать условия необходимые для возбуждения вращающегося магнитного поля.
2. Описать принцип работы трёхфазного асинхронного двигателя.
3. От чего зависит направление вращения ротора и как изменить направление вращения его на противоположное?
4. Как зависит частота вращения магнитного поля от частоты напряжения сети и от выполнения обмотки статора? Какая возможна максимальная частота вращения магнитного поля при частоте напряжения сети 50 Гц?
5. Почему возрастают токи в обмотках статора и ротора при пуске двигателя в ход? Привести уравнения, подтверждающие ответ.
6. Как влияет величина активного сопротивления фаз цепи ротора на пусковые свойства асинхронного трёхфазного двигателя?
7. Каково назначение пускового реостата в цепи ротора двигателя?
8. Когда возможен пуск трёхфазного асинхронного двигателя путём переключения фаз обмотки статора со звезды на треугольник?
9. При каких условиях асинхронная машина будет работать в режимах: а) двигателя, б) генератора, в) электромагнитного тормоза?
10. В каких пределах может меняться скольжение асинхронной машины в режимах двигателя, генератора, электромагнитного тормоза?
11. Изобразить естественную механическую характеристику трёхфазного асинхронного двигателя. Сравнить её с характеристикой, построенной по результатам выполненной лабораторной работы.
12. Какую величину называют скольжением? Какое скольжение называется критическим?

13. Меняются ли максимальный момент и критическое скольжение при изменении активного сопротивления в фазах ротора?
14. Что следует понимать под перегрузочной способностью трёхфазного асинхронного двигателя?
15. Назвать способы регулирования скорости вращения трёхфазного асинхронного двигателя с фазным ротором.
16. Изобразить искусственные механические характеристики двигателя при регулировании скорости вращения ротора путём введения регулировочного реостата в цепь ротора. Меняются ли при этом величины максимального и пускового моментов?
17. Какие потери энергии имеют место при работе асинхронного двигателя?

ЛИТЕРАТУРА

1. Электротехника и электроника. Кн. 2. Электромагнитные устройства и электрические машины / Под ред. В.Г. Герасимова: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1997 с. 85-133.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2000 с. 417-460.
3. Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1985, с. 401-406, 413-449.
4. Волынский Б.А., Зейн Е.Н., Шатерников В.Е. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1987, с. 383-386, 388-424.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

СИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР

Цель работы

1. Изучить принцип работы синхронного генератора.
2. Ознакомиться с конструкцией синхронной машины.
3. Снять и проанализировать основные характеристики синхронного генератора при работе в автономном режиме.

Теоретические пояснения

Синхронная машина состоит из двух основных частей: статора (неподвижная часть) и ротора (вращающаяся часть). На роторе расположена обмотка возбуждения, к которой через контактные кольца и щётки подводится постоянное напряжение от постороннего источника