

## **ТРЕХФАЗНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ 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**

Асинхронный двигатель – это двигатель переменного тока, у которого частота вращения ротора меньше частоты вращения магнитного поля и зависит от нагрузки на валу.

Асинхронный двигатель состоит из двух основных частей: неподвижного статора и вращающегося ротора.

Сердечник статора и ротора, разделенные небольшим воздушным зазором ( $0,3 \div 1,0$  мм), составляют магнитную цепь машины. Для уменьшения потерь на гистерезис и вихревые токи сердечники статора и ротора набираются из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, изолированных друг от друга слоем лака или окалины. В пазы, расположенные на внутренней поверхности статора, укладывается трехфазная обмотка из изолированного медного провода. Каждая фаза обмотки занимает 1/3 пазов статора. Таким образом, все три фазы А, В, С обмотки статора смещены в пространстве под углом  $120^\circ$  друг относительно друга. Обмотка соединяется по схеме “звезда” или “треугольник”. Выбор схемы соединения обмотки статора зависит от линейного напряжения сети и паспортных данных двигателя.

При питании такой системы обмоток трехфазным переменным током в статоре создается вращающееся магнитное поле.

Обмотка короткозамкнутого ротора выполняется из медных или алюминиевых стержней, запрессованных в пазы ротора. По торцам стержни привариваются к кольцам из того же материала. В целом обмотка образует металлическую клетку, напоминающую “беличье колесо”. В настоящее время у всех двигателей мощностью до 100 кВт “беличье колесо” делается из алюминия путем его заливки под давлением в пазы ротора.

При включении в трехфазную сеть обмоток статора трехфазного асинхронного двигателя (ТАД) токи статора создают вращающееся магнитное поле с частотой вращения

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (об/мин),}$$

где  $f$  – частота переменного тока в Гц,  $p$  – число пар полюсов (зависит от числа катушек обмотки статора), а коэффициент 60 появился из-за того, что  $n_1$  принято измерять в оборотах в минуту.

Силовые линии этого поля пересекают обмотку ротора, и в ней по закону электромагнитной индукции наводится ЭДС, и по обмотке протекают токи. Взаимодействие вращающегося магнитного поля и токов ротора создает вращающий момент, увлекающий ротор за вращающимся магнитным полем. Если этот момент достаточно велик, то ротор приходит во вращение и его установившаяся частота вращения  $n_2$  соответствует равенству вращающего момента  $M_{вр}$  тормозному  $M_T$ , приложенному к валу от приводимого во вращение механизма, и внутренних сил трения.

Частота вращения ротора  $n_2$  всегда несколько меньше частоты магнитного поля машины и зависит от нагрузки на валу.

Относительную разность частот вращения магнитного поля и ротора называют скольжением:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}.$$

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 мощности, потребляемой двигателем  $P_1 = P_d$ , потребляемого тока обмотки статора  $I_1 = I_d$ , коэффициента мощности  $\cos \varphi_1$ , частоты вращения двигателя  $n_2$ , КПД  $\eta = \frac{P_2}{P_1}$  и вращающего момента  $M$  от полезной мощности двигателя, отдаваемой на валу  $P_2$ . Эти характеристики определяют основные эксплуатационные свойства асинхронного двигателя и снимаются при номинальных частоте сети  $f = f_{ном}$  и напряжении на зажимах статора  $U_1 = U_{ном}$ .

### **Вопросы для допуска к выполнению лабораторной работы:**

1. Сформулировать цель работы.
2. Рассказать об устройстве трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

3. Объяснить принцип действия асинхронного двигателя.
4. Рассказать порядок выполнения лабораторной работы.
5. В каких пределах изменяется скольжение в режиме двигателя?
6. Что является нагрузкой для трёхфазного асинхронного двигателя в данной лабораторной работе?
7. Как по частоте вращения ротора при известной частоте изменения напряжения сети установить частоту вращения магнитного поля и число пар полюсов двигателя?

### **Описание лабораторной установки**

Объектом исследований является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Нагрузкой асинхронного двигателя служит генератор постоянного тока независимого (рис. 1) либо параллельного возбуждения (рис. 2), а также реостаты, подключенные к выходу генератора. Изменение момента нагрузки на валу двигателя в данной работе достигается изменением сопротивления реостатов (блок «активная нагрузка»).

Вид генератора постоянного тока для данной работы определяет преподаватель.

### **Порядок работы**

#### **Исследование работы двигателя в спарке с генератором независимого возбуждения.**

1. Собрать схему, представленную на рис. 1.
2. Включить установку:
  - а) включить общее энергопитание (модуль «Трёхфазный ИП», ключ К1 вверх);
  - б) включить автомат (модуль «трехфазные выключатели», ключ К2 вверх) – асинхронный двигатель начинает вращаться.
3. Возбудить генератор. Для этого включить питание модуля «источник питания ДПТ» и регулировочным реостатом Р1 установить такой ток возбуждения (по миллиамперметру данного модуля), чтобы напряжение на вольтметре модуля «измерительные приборы» достигло значения  $135 \div 140$  В.
4. Изменяя нагрузку генератора и, соответственно, момент сопротивления, создаваемый генератором на валу двигателя при постоянных напряжении и частоте сети (модуль «активная нагрузка», положение переключателей П3 и П4 меняем от 0 до 100 с шагом 20), снять показания приборов и записать их в таблицу 1. При этом фазное

напряжение, ток, мощность и коэффициент мощности одной фазы двигателя (например, фазы А) измеряются с помощью модуля «трехфазный измеритель»; напряжение и ток генератора измеряются соответственно вольтметром и амперметром модуля «измерительные приборы». Пределы измерения амперметра и вольтметра установить соответственно 200 мА и 200 В.

Таблица 1

№ пп	Опытные данные ( $U_{\phi} =$ В)						Расчётные данные							
	$\cos \varphi_1$	$I_d$	$P_{\phi}$	$U_r$	$I_r$	$n_2$	$P_d$	$P_r$	$\Delta P$	$\Delta P_d$	$P_2$	$M$	$\eta$	$s$
		А	кВт	В	мА	об./ мин	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Нм	%	%
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														

5. Для выключения установки переключатели ПЗ и П4 выводим в положение 0, снимаем напряжение на модуле «источник питания ДПТ» регулятором Р1, выключаем все модули, ключ К2 и К1 опускаем вниз.

6. Произвести реверс двигателя, для этого поменять местами два любых вывода обмотки статора на зажимах модуля «трехфазный ИП».

7. Расчет данных.

Определить мощность электрической энергии, подводимой к двигателю:  $P_d = 3P_{\phi}$ .

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

$$P_r = U_r \cdot I_r.$$

Суммарные потери двигателя и генератора составляют:

$$\Delta P = \Delta P_d + \Delta P_r = P_d - P_r.$$

С определенной погрешностью примем, что потери энергии в двигателе равны потерям энергии в генераторе:

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

Тогда полезную мощность на валу двигателя можно определить по формуле:

$$P_2 = P_d - \Delta P_d.$$

Момент на валу двигателя определить по формуле:  $M = 9,55 \frac{P_d}{n_2}$ .

Коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{P_2}{P_d} \cdot 100\%.$$

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

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

7. На основании табл.1 построить рабочие характеристики двигателя. По оси абсцисс направить  $P_2$ , по оси ординат направить  $P_d$ ,  $M$ ,  $\cos \varphi_1$ ,  $n_2$ ,  $\eta$ ,  $s$  в выбранном масштабе.

Примерный вид рабочих характеристик показан на рис. 3.

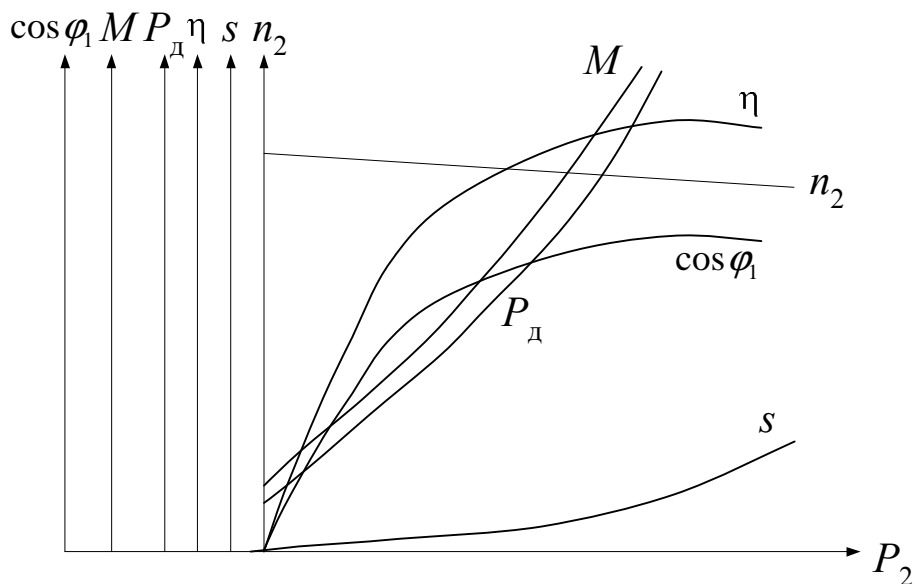
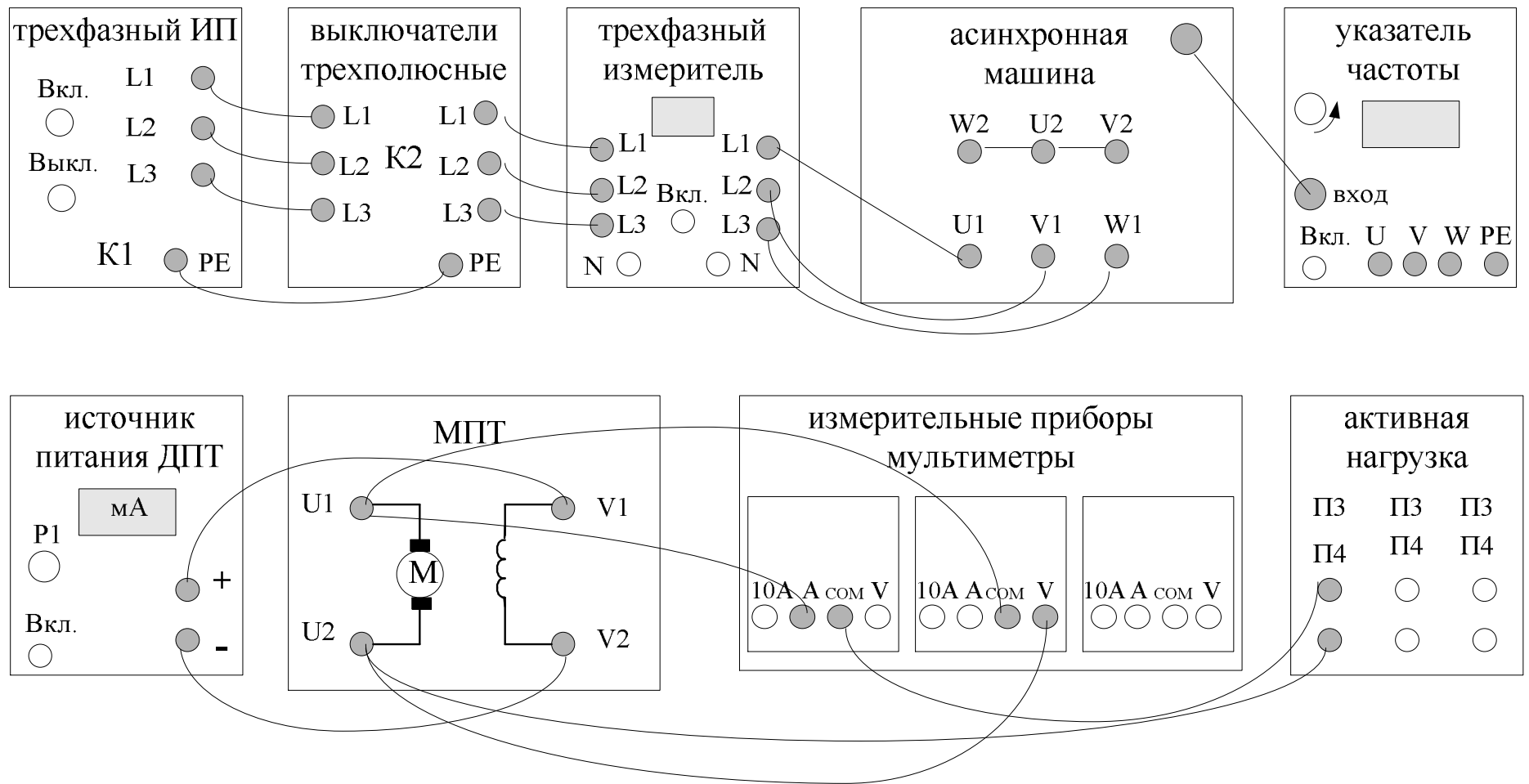
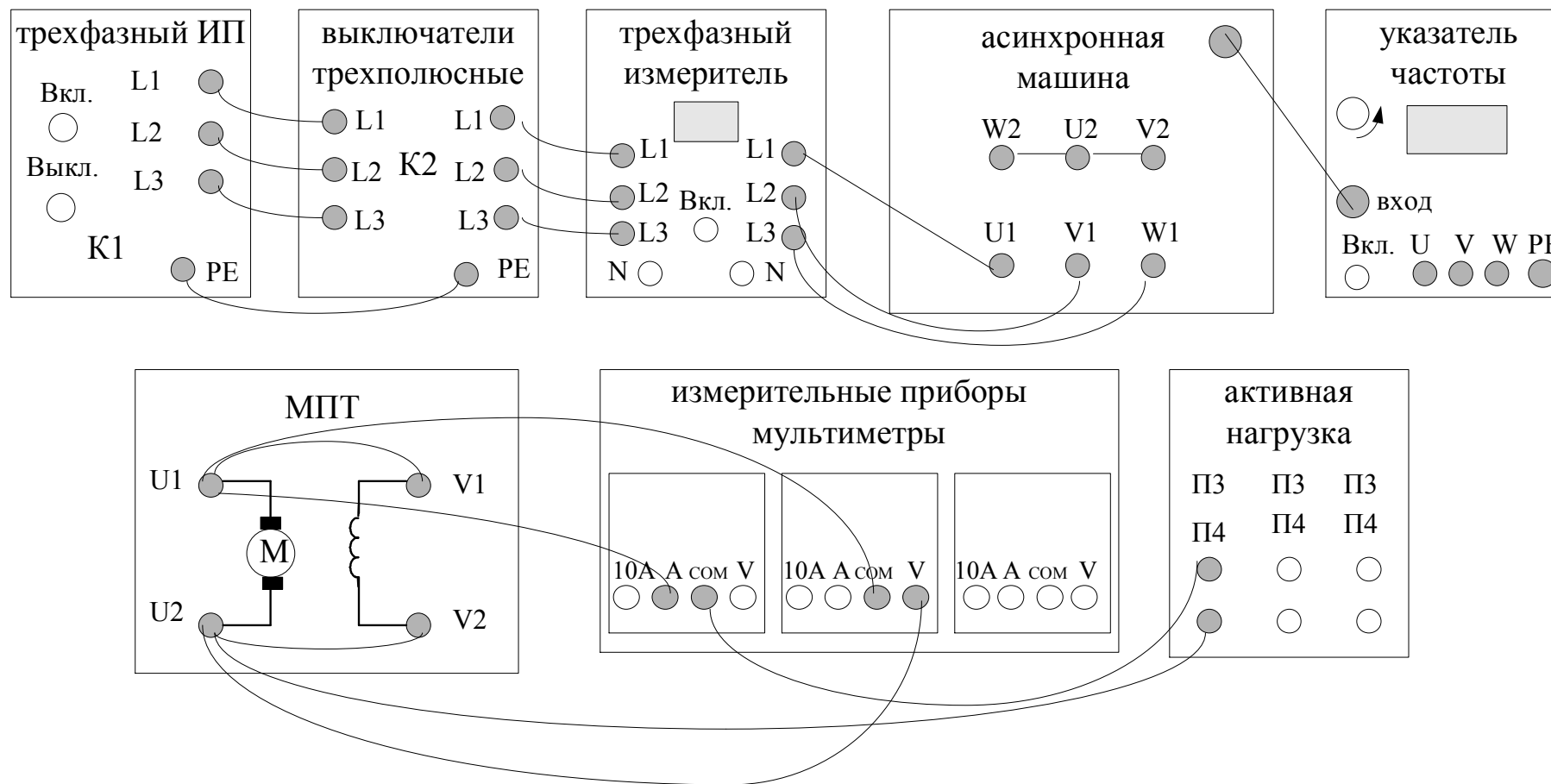


Рис. 3

8. В выводе объяснить вид следующих графиков:  $n_2 = f_1(P_2)$ ,  $\cos \varphi = f_2(P_2)$ .



**Рис. 1. Схема асинхронного двигателя в спарке с генератором постоянного тока независимого возбуждения**



**Рис. 2. Схема асинхронного двигателя в спарке с генератором постоянного тока параллельного возбуждения**

## Исследование работы двигателя в спарке с генератором параллельного возбуждения.

1. Собрать схему, представленную на рис. 2.
2. Включить установку:
  - а) включить общее энергопитание (модуль «Трёхфазный ИП», ключ К1 вверх);
  - б) включить автомат (модуль «трехфазные выключатели», ключ К2 вверх) – асинхронный двигатель начинает вращаться.
3. После самовозбуждения генератора напряжение на вольтметре модуля «измерительные приборы» достигнет значения  $135 \div 140$  В.
4. Изменяя нагрузку генератора и, соответственно, момент сопротивления, создаваемый генератором на валу двигателя при постоянных напряжении и частоте сети (модуль «активная нагрузка», положение переключателей П3 и П4 меняем от 0 до 100 с шагом 20), снять показания приборов и записать их в таблицу 2. При этом напряжение, ток, мощность и коэффициент мощности одной фазы двигателя (например, фазы А) измеряются с помощью модуля «трехфазный измеритель»; напряжение и ток генератора измеряются соответственно вольтметром и амперметром модуля «измерительные приборы». Пределы измерения амперметра и вольтметра установить соответственно 200 мА и 200 В.

Таблица 2

№ пп	Опытные данные ( $U_{\phi} =$ В)						Расчётные данные							
	$\cos \varphi_1$	$I_d$	$P_{\phi}$	$U_r$	$I_r$	$n_2$	$P_1$	$P_r$	$\Delta P$	$\Delta P_d$	$P_2$	$M$	$\eta$	$s$
		А	кВт	В	мА	об./ мин	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Нм	%	%
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														

3. Прodelать пункты 5, 6, 7, 8.



**Контрольные вопросы  
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. При каких условиях асинхронная машина будет работать в режимах: а) двигателя, б) генератора, в) электромагнитного тормоза?
6. В каких пределах может меняться скольжение асинхронной машины в режимах двигателя, генератора, электромагнитного тормоза?
7. Изобразить естественную механическую характеристику трёхфазного асинхронного двигателя. Сравнить её с характеристикой, построенной по результатам выполненной лабораторной работы.
8. Какую величину называют скольжением? Какое скольжение называется критическим?
9. Меняются ли максимальный момент и критическое скольжение при изменении активного сопротивления в фазах ротора?
10. Что следует понимать под перегрузочной способностью трёхфазного асинхронного двигателя?
11. Назвать способы регулирования скорости вращения трёхфазного асинхронного двигателя с фазным ротором.
12. 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?
13. Какие потери энергии имеют место при работе асинхронного двигателя?