www.opprib.ru
e-mail: info@opprib.ru

050302. Трехфазный двигатель с короткозамкнутым ротором и соединением обмоток типа «Треугольник»

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

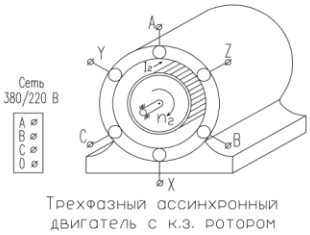
Асинхронный двигатель предназначен для преобразования электрической энергии 3-х фазного переменного тока в механическую энергию. Асинхронный двигатель (рис.1а) состоит из двух основных частей: неподвижной - статора и вращающейся - ротора.

Статор (рис.1б) представляет собой полый цилиндр, составленный из изолированных листов электротехнической стали в форме колец, со штампованными пазами с внутренней стороны, в которые укладывается 3-х фазная статорная обмотка, оси которых смещены относительно друг друга на 120°, 60°, 40° в зависимости от количества катушек.

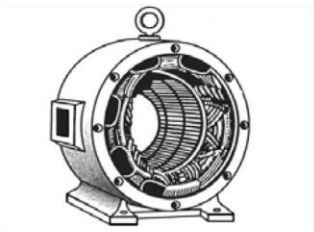
Ротор представляет собой также цилиндр, составленный из листовой электротехнической стали в форме колец, с пазами на их внешней поверхности, в которые укладывается роторная обмотка. В зависимости от ее устройства различают:

1) Короткозамкнутый ротор (рис.1в) – обмотка короткозамкнутого ротора (рис.1г) выполняется в виде беличьего колеса и состоит из уложенных в пазы неизолированных стержней, которые по обеим сторонам замыкаются на кольца;

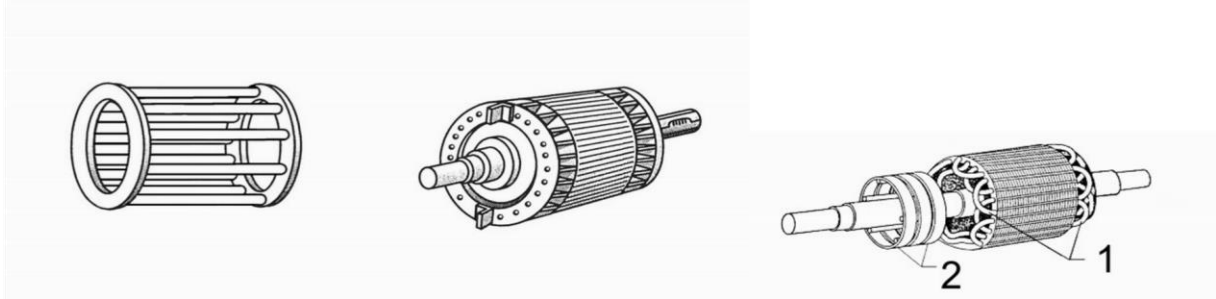
2) Фазный ротор (ротор с контактными кольцами) (рис.1д) - обмотка фазного ротора 1 выполняется 3-х фазной, концы которой выводятся на контактные кольца 2 и подключаются к 3-х фазному реостату.



а)



б)



в) г) д)

Рис. 1

В большинстве случаев используется двигатель с короткозамкнутым ротором, как более простой и компактный. Двигатель с фазным ротором используется в тяжелых пусковых условиях, в частности в подъемных устройствах, а также в исполнительных механизмах, использующих широкий диапазон частот вращения.

Обмотки статора соединяются «звездой» или «треугольником» и включаются в сеть 3-х фазного тока. В результате в них потекут 3-х фазные токи, которые создадут вращающееся магнитное поле.

Магнитные линии вращающегося магнитного поля статора пересекают проводники ротора и индуцируют в них ЭДС, а так как обмотка ротора замкнута, то в ее проводниках возникают токи. Взаимодействие вращающегося магнитного потока с токами ротора создает электромагнитный вращающий момент $M_{ВР}$, вращающий ротор двигателя.

Под действием этого момента ротор начинает вращаться в том же направлении, что и поле $Ф$. Скорость вращения ротора n_2 всегда меньше скорости вращения поля n_1, так как только в этом случае возможно индуцирование тока в проводниках обмотки ротора и возникновение вращающегося момента.

Скорость вращающегося магнитного поля n_1 определяется как

$$n_1 = \frac{60 f}{p} \qquad (1)$$

Где p – число пар полюсов вращающегося магнитного поля;
f – частота тока статора.

Скорость вращения ротора n_2 может отличаться от скорости вращающегося магнитного поля n_1 из-за возникающей нагрузки на валу. Разность $(n1-n2)$ называется скоростью скольжения, а отношение этой скорости к скорости вращения магнитного поля называется скольжением:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad \text{или} \quad s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100\% \qquad (2)$$

Скольжение характеризует степень отставания скорости вращения ротора от скорости вращения поля. При номинальной нагрузке скольжение у двигателей в среднем составляет 1,5-5%.

Коэффициент полезного действия η является важнейшей энергетической характеристикой асинхронного двигателя. В общем виде

$$\eta = \frac{P_2}{S}, \qquad (3)$$

где P_2 – мощность на валу
S – полная мощность потребляемая из сети

Подключение асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором к сети. Обычно выводы всех фаз обмотки статора двигателя расположены в коробке зажимов. Схема присоединения обмоток к зажимам колодки показана на рис 5а, включение обмоток по схеме «звезда» и соединение выводов зажимов - рис.2б, включение обмоток по схеме «треугольник» и соединение выводов зажимов рис. 2в.

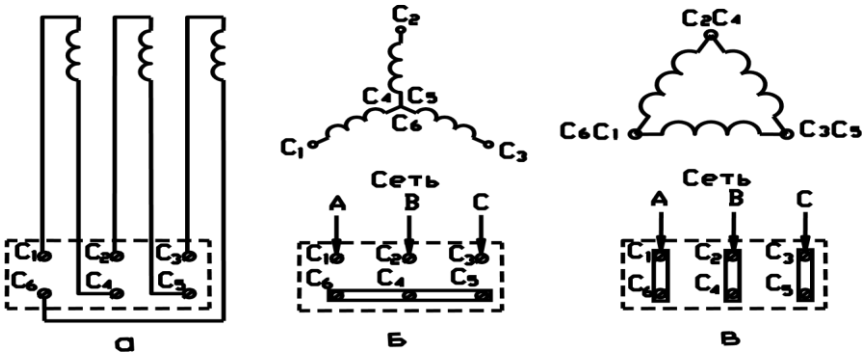


Рис. 2

Пуск двигателя в ход. При прямом включении обмоток статора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в сеть наблюдается большой скачок тока, в 6-8 раз превышающий его номинальный ток. Это вызывает заметную перегрузку в электрической сети, от которой осуществляется питание двигателя и других близлежащих потребителей.

Для ограничения пускового тока при пуске двигателя с короткозамкнутым ротором применяют 3 способа:

1 способ - переключение обмотки статора со схемы звезда на схему треугольник. Этот способ применим для двигателей, у которых обмотка статора при нормальной работе соединена треугольником. В момент пуска обмотка статора посредством переключающего устройства соединяется по схеме звезда, а после запуска - по схеме треугольник. При этом линейный пусковой ток двигателя уменьшается в 3 раза.

2 способ - пуск посредством автотрансформатора, позволяющий понижать подводимое к двигателю напряжение во время пуска, вследствие чего уменьшается пусковой ток.

3 способ – применение специальных электронных устройств – устройств плавного пуска и частотных преобразователей.

Недостаток первых двух методов - уменьшение пускового напряжения и, как следствие, пускового момента.

Реверсирование двигателя. Для изменения направления вращения двигателя необходимо изменить направление вращения магнитного поля статора. Это достигается переключением двух фаз (двух любых подводящих электрическую энергию проводов на зажимах двигателя).

Рабочие характеристики асинхронного двигателя. Рабочие характеристики асинхронного двигателя представляют собой зависимость скорости вращения n_2, коэффициента полезного действия η, коэффициента мощности $\cos\varphi$, скольжения s, вращающего момента M и тока в цепи статора I_1 от нагрузки (полезной мощности) на валу двигателя P_2 при постоянном номинальном напряжении и неизменной частоте сети (рис.3).

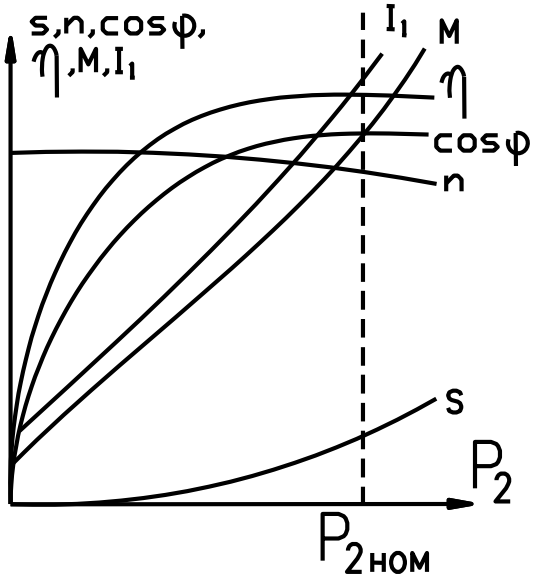


Рис. 3

У асинхронного двигателя, как и у большинства машин, к.п.д. с ростом нагрузки возрастает $\eta=f(P_2)$, ввиду уменьшения доли электрических и магнитных потерь по отношению к развиваемой мощности двигателя. Однако, при достижении нагрузки 75% от номинальной, заметно возрастают и электрические потери (в обмотках статора и ротора), пропорциональные квадрату тока потребляемого двигателем, что ведет в дальнейшем с увеличением нагрузки к некоторому уменьшению к.п.д.

Коэффициент мощности $\cos\varphi$ зависит от соотношения между активной мощностью P_1, потребляемой двигателем, и полной мощностью S, складывающейся из активной P_1 и реактивной Q_1 составляющих:

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{S} \tag{4}$$

При увеличении нагрузки растет величина активной мощности P_1, что приводит к росту $\cos\varphi$, достигающего максимального значения (0,7-0,9) при номинальной нагрузке на двигатель. В дальнейшем возможно уменьшение $\cos\varphi$, в связи с увеличением реактивной мощности, связанной с усилением потоков рассеяния.

Механическая характеристика и саморегулирование двигателя. График, связывающий между собой механические величины - скорость и вращающий момент, называется механической характеристикой асинхронного двигателя (рис.4) $n=f(M)$. Саморегулирование асинхронного двигателя заключается в следующем. Пусть двигатель работает устойчиво в каком-то режиме, развивая скорость $n1$ и вращающий момент $M1$. При равномерном вращении этот момент равен тормозному моменту $M1_m$, т.е. $M1 = M1_m$, $n1 = const$.

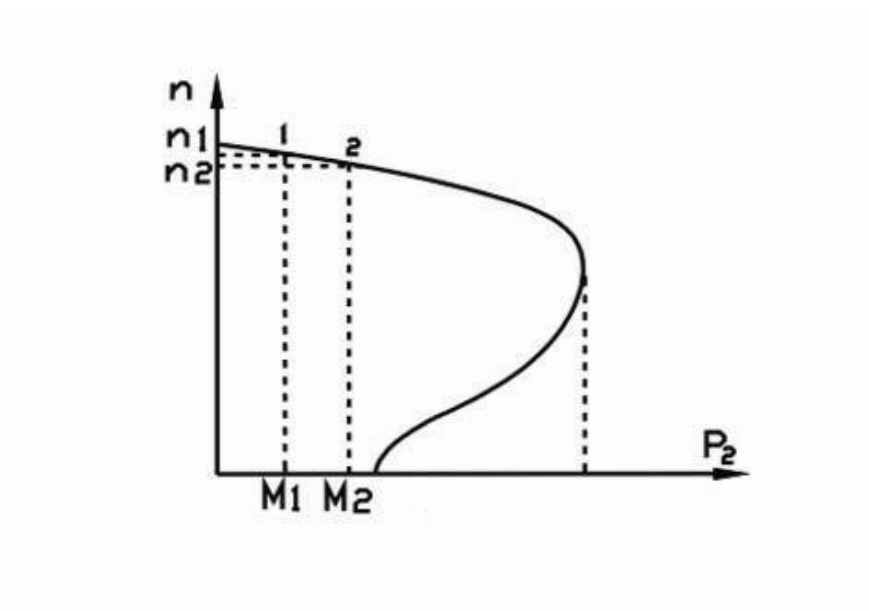


Рис. 4

Увеличение тормозного момента до $M2_m$, вызовет уменьшение оборотов машины, так как тормозной момент станет больше вращающего момента.

С уменьшением оборотов увеличивается скольжение, что в свою очередь вызывает возрастание тока в роторе и ЭДС. Благодаря этому увеличивается вращающий момент двигателя. Этот процесс заканчивается тогда, когда вращающий момент M_2, развиваемый двигателем, станет равным $M2_m$. При этом, устанавливается скорость вращения меньшая, чем $n1$. Свойство автоматического установления равновесия между тормозным и вращающим моментами называется саморегулированием.

Методика эксперимента

Исследование режимов работы асинхронного двигателя проводятся на модульном учебном комплексе МУК-ЭП, который состоит из:

БПП1 − блока питания двигателя постоянного тока;

БПА1 − блока питания асинхронного двигателя;

МА1-АП − электромашинного агрегата.

В качестве исследуемого асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором использован АИР63А4 (220В, 0.25кВт, 1395 об./мин.). Автоматическая коммутация обмоток двигателя и подключение измерительных приборов к нему осуществляется в блоке БПА1.

В качестве нагрузки использован двигатель постоянного тока ПЛ072У3 (220В, 180Вт, 1500об./мин.). Автоматическая коммутация обмоток двигателя и подключение измерительных приборов осуществляется в блоке БПП1.



Рис. 5

При работе с комплексом МУК-ЭП необходимо соблюдать следующую инструкцию.

Работа с БПА1. Включите БПА1 в сеть. Установите нажатием кнопки «Треугольник» соответствующий режим коммутации обмоток асинхронного двигателя и измерительных приборов. Включение питания обмоток АД осуществляется нажатием кнопки «Пуск/Стоп». Отключение режима двигателя осуществляется повторным нажатием кнопки «Пуск/Стоп». Регулировка частоты сети при внешнем управлении осуществляется регулятором $F_{ИНВ}$.

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

Работа с БПП1. Включите БПП1 в сеть. Установите нажатием кнопки «Торможение» соответствующий режим коммутации обмоток двигателя постоянного тока и измерительных приборов. Для запуска ДПТ в режиме торможения необходимо в блоке БПП1 нажать кнопку «Пуск/Стоп». Остановка ДПТ осуществляется повторным нажатием кнопки «Пуск/Стоп».

Работа с тахометром. Измерение частоты вращения и вращающего момента на валу производится при помощи измерителя, который расположен в электромашинном агрегате МА1-АП. В случае возникновения аварийной ситуации нажмите кнопку аварийного останова типа «Грибок», расположенной на передней панели машинного агрегата МА1-АП.

Развиваемую двигателем мощность на валу P_2 можно по показаниям измерительного устройства рассчитать, как:

$$P_2 = \frac{nM}{9.52} \qquad (5)$$

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

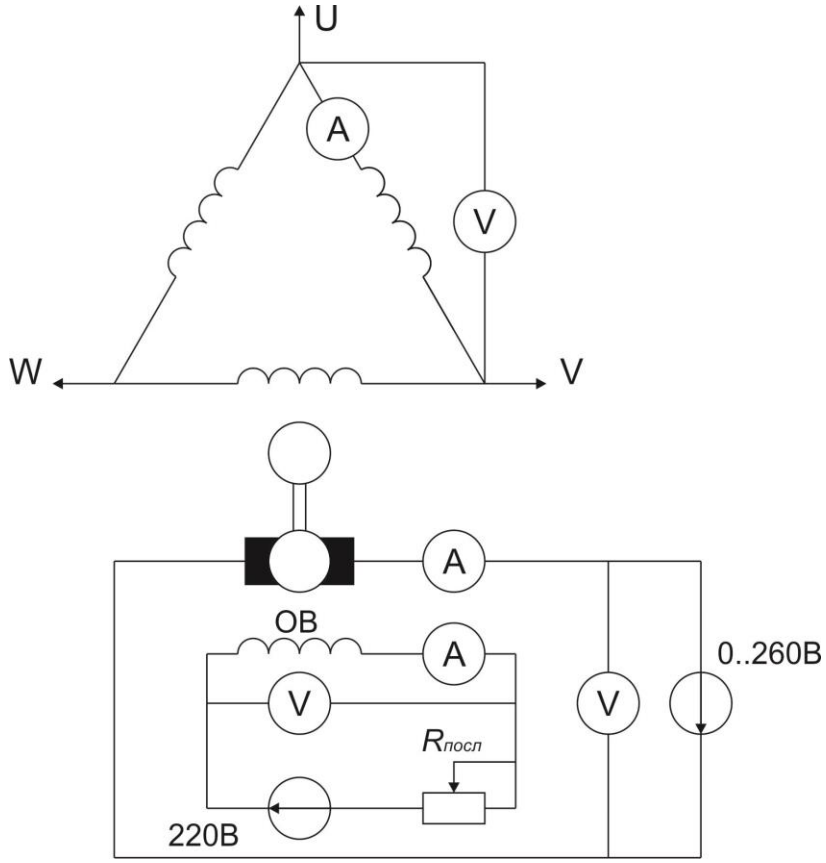


Рис. 6

Согласно схемы включения измерительных приборов амперметра и вольтметра показания измерителя блока БПА1 соответствуют показаниям для одной обмотки. По этой причине полная мощность ***S***, и активная ***P*** всего двигателя определяются как $S=3S_{изм}$ и $P=3P_{изм}$

Рекомендуемое задание

1. Пустить асинхронный двигатель в ход без нагрузки. Установите частоту инвертора 50 Гц. Произвести измерения ***I***, ***U***, ***S***, ***P***, ***n***, ***M***.
2. Изменяя сопротивление генератора постоянного тока ***R*** провести измерения ***I***, ***U***, ***S***, ***P***, ***n***, ***M***. По данным опыта построить рабочие характеристики $I(P_2)$, $n(P_2)$, $s(P_2)$, $\cos\phi(P_2)$, $\eta(P_2)$.
3. Рассчитайте скольжение при максимальной нагрузки
4. Постройте механическую характеристику $n=f(M)$.

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