**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3.**

**ПРЯМОЙ/РЕАКТОРНЫЙ ПУСК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ**

**1 Цель работы**

Изучить принцип действия и устройство асинхронного двигателя. Ознакомиться со способами пуска асинхронных двигателей.

**2 Теоретическая часть**

Асинхронная машина – это электрическая машина переменного тока, частота вращения ротора которой отличается от частоты вращения магнитного поля. Для оценки частоты вращения ротора вводится специальный параметр – скольжение ротора . Скольжение – это относительная разность частот вращения магнитного поля и ротора.

Неподвижная часть машины переменного тока называется статором, а подвижная часть – ротором. Сердечники статора и ротора асинхронных машин собираются из листов электротехнической стали, которые до сборки обычно покрываются с обеих сторон масляно-канифольным изоляционным лаком. Сердечник статора закрепляется в корпусе, а сердечник ротора – на валу. На внутренней поверхности статора и на внешней поверхности ротора имеются пазы, в которых размещаются проводники обмоток статора и ротора. Обмотка статора выполняется обычно трехфазной, присоединяется к сети трехфазного тока и называется первичной обмоткой.

Обмотка ротора тоже может быть выполнена трехфазной аналогично обмотке статора. Концы фаз такой обмотки ротора соединяются обычно в звезду, а начала выводятся наружу. К ним обычно присоединяется трехфазный пусковой или регулировочный реостат. Такая асинхронная машина называется *машиной с фазным ротором*. Фазная обмотка ротора выполняется с тем же числом полюсов магнитного поля, как и статор.

Другая разновидность обмотки ротора – обмотка в виде беличьей клетки. При этом в каждом пазу находится медный или алюминиевый стержень и концы всех стержней с обоих торцов ротора соединены с медными или алюминиевыми кольцами, которые замыкают стержни накоротко. Такая асинхронная машина называется *машиной с короткозамкнутым ротором*. Они проще по устройству и обслуживанию, а также дешевле и надежнее в работе, чем двигатели с фазным ротором. Большинство асинхронных машин выпускается с короткозамкнутым ротором.

*Пуск трехфазных асинхронных двигателей.*

При рассмотрении возможных способов пуска в ход асинхронных двигателей необходимо учитывать следующие основные положения:

1) двигатель должен развивать при пуске достаточно большой пусковой момент, который должен быть больше статического момента сопротивления на валу;

2) величина пускового тока должна быть такой, чтобы не происходило повреждения двигателя и нарушения нормального режима работы сети;

3) схема пуска должна быть по возможности простой и дешевой.

*Прямой пуск*

Наиболее простым способом пуска двигателя с короткозамкнутым ротором является включение обмотки его статора непосредственно в сеть, на номинальное напряжение обмотки статора (рисунок 3.1, *а*). При этом пусковой ток двигателя . Прямой пуск возможен, когда пусковые токи двигателей вызывают падение напряжения в сети не более чем 10-15%.

В тех случаях, когда из-за большого падения напряжения в сети прямой пуск для короткозамкнутых двигателей недопустим, применяют подключение их обмоток статора на пониженное напряжение, при этом пусковой ток уменьшается, что приводит к снижению падения напряжения в сети. Различают пуск через реактор, через автотрансформатор, переключение со звезды на треугольник.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| *а)* |  *б)* |  *в)* |  *г)* |

Рисунок 3.1 – Схемы способов пуска двигателей с короткозамкнутым ротором: *а* – прямой; *б* – реакторный; *в* – автотрансформаторный; *г* – с переключением со звезды на треугольник

*Реакторный пуск*

Реакторный пуск осуществляется согласно схеме на рисунке 3.1, *б*. Сначала включается выключатель В1, и двигатель получает питание через трехфазный реактор (реактивную или индуктивную катушку) Р, сопротивление которого  ограничивает величину пускового тока. По достижении нормальной скорости вращения включается выключатель В2, в результате чего на двигатель подается нормальное напряжение сети.

Если составляющие сопротивления короткого замыкания двигателя равны  и  то начальный пусковой ток при прямом пуске , а при реакторном пуске . Следовательно, при реакторном пуске начальный пусковой ток уменьшается в  раз. Во столько же раз уменьшается также напряжение на зажимах двигателя в начальный момент пуска. Начальный пусковой момент при реакторном пуске  уменьшается по сравнению с моментом при прямом пуске  в
 раз.

Недостаток этого способа пуска состоит в том, что уменьшение напряжения сопровождается существенным уменьшением пускового момента.

*Автотрансформаторный пуск.*

Сначала включаются выключатели В1 и В2 (рисунок 3.1, *в*), и на двигатель через автотрансформатор AT подается пониженное напряжение. После достижения двигателем определенной скорости выключатель В2 отключается, и двигатель получает питание через часть обмотки автотрансформатора AT, который в этом случае работает как реактор. Включается выключатель В3 – двигатель получает полное напряжение.

Если пусковой автотрансформатор понижает пусковое напряжение двигателя в  раз, то пусковой ток в двигателе или на стороне НН автотрансформатора  уменьшается также в  раз, а пусковой ток на стороне ВН автотрансформатора или в сети  уменьшается в  раз. Пусковой момент , пропорциональный квадрату напряжения на зажимах двигателя, уменьшается также в  раз.

Таким образом, при автотрансформаторном пуске  и  уменьшаются в одинаковое число раз. В то же время при реакторном пуске пусковой ток двигателей  является также пусковым током в сети  и пусковой момент  уменьшается быстрее пускового тока (в квадратичном отношении). Поэтому при одинаковых величинах  при автотрансформаторном пуске пусковой момент будет больше. Однако это преимущество автотрансформаторного пуска достигается ценой значительного усложнения и удорожания пусковой аппаратуры. Поэтому автотрансформаторный пуск применяется реже реакторного, при более тяжелых условиях, когда реакторный пуск не обеспечивает необходимого пускового момента.

*Пуск переключением «звезда-треугольник».*

Пуск переключением «звезда-треугольник» может применяться в случаях, когда выведены все шесть концов обмотки статора и двигатель нормально работает с соединением обмотки статора в треугольник. В этом случае при пуске обмотка статора включается в звезду (нижнее положение переключателя П на рисунке 3.1, *г*), а при достижении нормальной скорости вращения переключается в треугольник (верхнее положение переключателя П). При соединении обмотки в звезда напряжение фаз обмоток уменьшается в  раза, пусковой момент уменьшается в  раза, пусковой ток в фазах обмотки уменьшается в раза, а в сети – в  раза. Таким образом, рассматриваемый способ пуска равноценен автотрансформаторному пуску при .

Недостатком этого способа пуска является то, что при пусковых переключениях цепь двигателя разрывается, что связано с возникновением коммутационных перенапряжений (электрической дуги). Этот метод в настоящее время используется сравнительно редко.

При *пуске двигателя с фазным ротором* в цепь ротора включается добавочное активное сопротивление – пусковой реостат. Пусковой реостат обычно имеет несколько ступеней и рассчитывается на кратковременное протекание тока. По мере разгона двигателя сопротивление пускового реостата уменьшают, переходя с одной его ступени на другую.

В данной работе имеется возможность смоделировать одно- и двухступенчатый реакторный пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с одновременным отображением параметров на экране компьютера.

**3 Оборудование**

Таблица 3.1 – Перечень аппаратуры, используемой в лабораторной работе № 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
| G1 | Трехфазный источник питания | 201.2 | ~ 400 В / 16 А |
| G2 | Источник питания двигателяпостоянного тока | 206.1 | − 0…250 В /3 А (якорь) /− 200 В / 1 А (возбуждение) |
| G4 | Машина постоянного тока | 101.2 | 90 Вт / 220 В /0,56 А (якорь) /2×110 В / 0,25 А (возбуждение) |
| G5 | Преобразователь угловых перемещений | 104 | 6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот |
| М1 | Машина переменного тока | 102.1 | 100 Вт / ~ 230 В /1500 мин− |
| А2 | Трёхфазная трансформаторная группа | 347.3 | 3×80 В⋅А (звезда) / 220, 225, 230 В / 133, 220, 230, 235, 240, 245 В |
| А4 | Коннектор | 330 | 8 аналог. диф. входов;2 аналог. выходов;8 цифр. входов /выходов |
| А5 | Персональный компьютер | 550 | IBM совместимый, Windows ХР,плата сбора информацииPCI-6024E |
| А6, А8 | Трехполюсный выключатель | 301.1 | ~ 400 В / 10 А |
| А10 | Активная нагрузка | 306.1 | 220 В / 3×0…50 Вт; |
| А12 | Блок измерительных трансформаторов тока и напряжения | 401.1 | 600 В / 3 В (тр-р напряж.)0,3 А / 3 В (тр-р тока) |
| А14 | Линейный реактор | 314.2 | 3 × 0,3 Гн / 0,5 А |
| Р3 | Указатель частоты вращения | 506.2 | -2000…0…2000 мин−1 |

**4 Указание по технике безопасности:**

1. К работе на стендах допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры «Электроснабжения и эксплуатации электрооборудования» и ознакомившиеся с настоящими методическими указаниями. Прохождение инструктажа по технике безопасности фиксируется преподавателем в специальном журнале.

2. Лабораторная работа должна выполняться не менее чем двумя студентами.

3. Сборку схемы осуществлять исправными соединительными проводами, используя при этом приведенные в лабораторной работе принципиальные схемы экспериментов.

4. Собранная цепь проверяется преподавателем и может включаться только по его разрешению и при его наблюдении. О включении напряжения предупреждают всех членов бригады, выполняющих работу.

5. Изменения схемы производят только при выключенном напряжении на стенде, а вновь собранная схема перед подачей на неё напряжения проверяется преподавателем.

6. По окончании испытания или при перерыве в работе схему отключают от напряжения питания. Разборку схемы осуществляют по разрешению преподавателя.

7. При возникновении неисправностей, а также в случае появления запаха, свидетельствующего о возгорании электрических проводов или оборудования, следует незамедлительно прекратить работу с лабораторным стендом, выключив его из сети, и обратиться к преподавателю или обслуживающему персоналу.

**5 Методика и порядок выполнения работы**

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

2. Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (рисунок П.4.1).

3. Соедините гнезда защитного заземления "" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G1.

4. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений (рисунки 3.2).

5. Переключатели режима работы источника G2 и выключателей А6, А8 установите в положение «РУЧН.».

6. Установите в каждой фазе активной нагрузки А10 ее суммарную величину равную, например, 100 %.

7. В трехфазной трансформаторной группе А2 переключателем установите желаемое номинальное вторичное напряжение трансформатора, например, 133 В.

8. Приведите в рабочее состояние персональный компьютер А5 и запустите прикладную программу «Многоканальный осциллограф».

9. Включите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.

10. Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.

11. Вращением рукоятки на передней панели источника G2 установите напряжение, например, 100 В на его регулируемом выходе «ЯКОРЬ».

12. В персональном компьютере нажмите на виртуальные кнопки «ВКЛ.» – включения сканирования используемых каналов осциллографа.

13. Нажмите последовательно кнопки «ВКЛ.» источника G2, выключателя А6 и спустя, например, 2 с выключателя А8.

14. Остановите сбор данных в персональном компьютере нажатием на виртуальную кнопку «Остановить» . В результате должен осуществиться двухступенчатый пуск нагруженного асинхронного двигателя М1 и должны записаться в компьютер данные о режимных параметрах на интервале пуска.

14. Отобразите записанный процесс нажатием в персональном компьютере на виртуальную кнопку .

15. Нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G1.

16. Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.

**6 Содержание отчета**

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу должен оформить отчет и предоставить его преподавателю. В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;

2. Перечень используемой аппаратуры

3. Электрическая схема соединений;

4. Порядок выполнения работы;

5. Выводы по работе.

**7 Контрольные вопросы**

1. Объясните устройство трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

2. Объясните устройство трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором.

3. Что характеризуется величиной скольжения асинхронного двигателя?

4. Какими достоинствами и недостатками обладает трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором?

5. Перечислить и сравнить различные способы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

6. Способ пуска асинхронного двигателя с фазным ротором.



Рисунок 3.2 – Электрическая схема соединений



Продолжение рисунка 3.2