**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.**

**АСИНХРОННЫЙ ПУСК СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

**1 Цель работы**

Изучить принцип действия и устройство трехфазного синхронного двигателя. Ознакомиться с особенностями и порядком асинхронного пуска в ход синхронного двигателя.

**2 Теоретическая часть**

Синхронный двигатель – это электрическая машина, работающая от переменного тока. Главная ее особенность заключается в том, что скорость (частота), с которой вращается ротор, равна частоте вращения магнитного поля и остается неизменной вне зависимости от подключаемой нагрузки.

Синхронная машина в обычном исполнении состоит из неподвижной части – статора, в пазах которого помещается трехфазная обмотка, и вращающейся части – ротора с электромагнитами, к обмотке возбуждения которых подводится постоянный ток при помощи контактных колец и наложенных на них щеток.

Статор синхронной машины ничем не отличается от статора асинхронной машины. Ротор ее выполняется или явнополюсным (с выступающими полюсами), или неявнополюсным (цилиндрический ротор).

Частота вращения ротора остается неизменной вне зависимости от подключаемой нагрузки благодаря тому, что ротор синхронного двигателя – это электромагнит (как вариант – постоянный магнит), чье число пар полюсов полностью совпадает с числом пар полюсов у вращающегося магнитного поля. Именно взаимодействие этих полюсов гарантирует постоянство угловой скорости, с которой вращается ротор, вне зависимости от момента, приложенного в любой момент к валу.

Зависимость число оборотов ротора *n* от частоты тока *f* (Гц) и числа пар полюсов *р* имеет следующий вид:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | , об/мин. | (2.1) |

Питание обмотки возбуждения осуществляется либо от генератора постоянного тока, вал которого механически связан с валом синхронной машины, либо через вентили от источника переменного тока. Мощность, необходимая для питания обмотки возбуждения, невелика и составляет 1÷3% от мощности машины.

Ротор синхронного электродвигателя создает постоянное магнитное поле, а статор – вращающееся магнитное поле. Работа синхронного электродвигателя основана на взаимодействии вращающегося магнитного поля статора и постоянного магнитного поля ротора.

Синхронный двигатель не имеет начального пускового момента. Если его подключить к сети переменного тока, когда ротор неподвижен, а по обмотке возбуждения проходит постоянный ток, то за один период изменения тока, электромагнитный момент будет дважды изменять свое направление, т.е. средний момент за период равняется нулю. При этих условиях двигатель не сможет прийти во вращение, так как его ротор, обладающий определенной инерцией, не может быть в течение одного полупериода разогнан до синхронной частоты вращения. Следовательно, для пуска синхронного двигателя необходимо разогнать его ротор с помощью внешнего момента до частоты вращения, близкой к синхронной.

Существуют несколько способов пуска синхронного двигателя: при помощи вспомогательного пускового двигателя, частотного и асинхронного пуска.

*Пуск с помощью вспомогательного двигателя.*

Пуск в ход синхронного двигателя с помощью вспомогательного двигателя может быть произведен только без механической нагрузки на его валу, т.е. практически вхолостую. В этом случае на период пуска двигатель временно превращается в синхронный генератор, ротор которого приводится во вращение небольшим вспомогательным двигателем. Статор этого генератора включается параллельно в сеть с соблюдением всех необходимых условий этого соединения. После включения статора в сеть вспомогательный приводной двигатель механически отключается. Магнитные полюсы статора, взаимодействуя с полюсами ротора, заставят ротор вращаться далее самостоятельно без посторонней помощи, в такт с полем статора, т.е. синхронно (откуда эти двигатели и получили свое название).

Сложность пуска и необходимость вспомогательного двигателя являются существенными недостатками этого способа пуска синхронных двигателей. Поэтому в настоящее время он применяется редко.

*Частотный пуск.*

При частотном пуске синхронного двигателя частота питающего напряжения плавно изменяется от нуля до номинальной. При этом ротор вращается синхронно с магнитным полем статора. Недостатками частотного пуска являются высокая стоимость преобразователя частоты, а также необходимость реализации сложных законов регулирования исходного напряжения и частоты в процессе разгона двигателя. В последнее время стали широко внедрятся преобразователей частоты на принципиально новой элементной базе, на биполярных транзисторах с изолированным затвором IGBT. В чистом виде частотное регулирование частоты вращения синхронных двигателей применяется только при малых мощностях.

*Асинхронный пуск.*

Для осуществления асинхронного пуска на роторе в полюсных наконечниках размещают дополнительную пусковую обмотку, которая также называется демпферной обмоткой. Эта обмотка выполняется по типу короткозамкнутой обмотки асинхронного двигателя ("беличья клетка").

При включении трехфазной обмотки статора в сеть образуется вращающееся магнитное поле, которое, взаимодействуя с током в пусковой обмотке, создает электромагнитные силы и увлекает за собой ротор. После разгона ротора до частоты вращения, близкой к синхронной (95-97% синхронной скорости), постоянный ток, проходящий по обмотке возбуждения, создает синхронизирующий момент, который втягивает ротор в синхронизм.

Применяют две основные схемы пуска синхронного двигателя. Первая схема пуска, обмотку возбуждения сначала замыкают на гасящий резистор, сопротивление которого превышает в 8-12 раз активное сопротивление обмотки возбуждения. После разгона ротора до частоты вращения, близкой к синхронной (при s ≈ 0,05), обмотку возбуждения отключают от гасящего резистора и подключают к источнику постоянного тока (возбудителю), вследствие чего ротор втягивается в синхронизм. Осуществить пуск двигателя с разомкнутой обмоткой возбуждения нельзя, т.к. во время пуска в обмотке возбуждения двигателя наводится большая ЭДС, которая может вызвать пробой изоляции.

Вторая схема пуска, обмотка возбуждения постоянно подключена к возбудителю, сопротивление которого по сравнению с сопротивлением обмотки возбуждения весьма мало, поэтому эту обмотку в режиме асинхронного пуска можно считать замкнутой накоротко.

В данной лабораторной работе обмотки ротора универсальной машины переменного тока выполняют роль пусковых при разгоне двигателя. По окончании разгона в обмотки ротора подается постоянный ток и происходит втягивание машины в синхронизм.

*Выход из синхронизма.*

Синхронные электродвигатели имеют постоянную скорость независящую от нагрузки (при условии что нагрузка не превышает максимально допустимую). Если момент нагрузки больше, чем момент создаваемый самим электродвигателем, то он выйдет из синхронизма и остановиться. Низкое напряжение питания и низкое напряжение возбуждения также могут быть причинами выхода двигателя из синхронизма.

*Синхронный компенсатор.*

Синхронные электродвигатели могут также использоваться для улучшения коэффициента мощности системы. Когда единственной целью использования синхронных электродвигателей является улучшение коэффициента мощности их называют синхронными компенсаторами. В таком случае вал электродвигателя не соединяется с механической нагрузкой и вращается свободно.

*Синхронные двигатели имеют следующие достоинства:*

1. Возможность работать без потребления или отдачи реактивной энергии. При этом коэффициент мощности двигателя cos φ=1. При таких условиях синхронный двигатель переменного тока будет нагружать сеть исключительно активной составляющей. Побочным эффектом будет уменьшение габаритов двигателя (у асинхронного двигателя обмотка статора рассчитывается и на активный, и на реактивный токи).

2. Меньшую чувствительность к колебаниям напряжения, так как их максимальный момент пропорционален напряжению в первой степени, а не квадрату напряжения.

3. Строгое постоянство частоты вращения независимо от механической нагрузки на валу.

*Недостатки синхронных двигателей:*

1. Сложность конструкции.

2. Сравнительная сложность пуска в ход.

3. Трудности с регулированием частоты вращения, которое возможно путем изменения частоты питающего напряжения или количества полюсов.

Указанные недостатки синхронных двигателей делают их менее выгодными, чем асинхронные двигатели, при ограниченных мощностях до 100 кВт. Однако при более высоких мощностях, когда особенно важно иметь высокий cos φ и уменьшенные габаритные размеры машины, синхронные двигатели предпочтительнее асинхронных.

Наибольшее распространение синхронный двигатель получил в промышленности, где есть электроприводы, работающие на постоянных скоростях. Например, приводы мощных насосов, компрессоров, воздуходувок, вентиляторов, аэродинамических труб и т.д. Также синхронный двигатель является неотъемлемой частью и многих бытовых приборов, например, он есть в часах.

**3 Оборудование**

Таблица 2.1 – Перечень аппаратуры используемой в лабораторной работе № 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
| G1 | Трехфазный источник питания | 201.2 | ~ 400 В / 16 А |
| G2 | Источник питания двигателя  постоянного тока | 206.1 | − 0…250 В /  3 А (якорь) /  − 200 В / 1 А (возбуждение) |
| G3 | Возбудитель синхронной машины | 209.2 | − 0…40 В / 3,5 А |
| 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 | 2500 импульсов за оборот |
| А1 | Трёхфазная трансформаторная  группа | 347.3 | 3×80 В⋅А (звезда) / 220, 225, 230 В / 133, 220, 230, 235, 240, 245 В |
| А2 | Блок варисторов | 393 | 100 В |
| А10 | Активная нагрузка | 306.1 | 220 В / 3×0…50 Вт; |
| А3, А4, А5 | Трехполюсный выключатель | 301.1 | ~ 400 В / 10 А |
| M1 | Машина переменного тока | 102.1 | 100 Вт / ~ 230 В /  1500 мин− |
| Р1 | Указатель частоты вращения | 506.2 | -2000…0…2000 мин−1 |
|  | Ограничители перенапряжения |  | 100 В |

**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 "Заземление" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G1.

4. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений (рисунок 2.1).

5. Переключатели режима работы источника G2, возбудителя G3 и выключателей А3, А4 и А5 установите в положение «РУЧН.».

6. Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.

7. Установите в каждой фазе активной нагрузки А10 ее суммарную величину 100 %.

8. В трехфазной трансформаторной группе А1 установите номинальное напряжение первичных и вторичных обмоток трансформаторов, равное 220 В.

9. Включите выключатели «СЕТЬ» трехполюсных выключателей А3, А4, А5 и указателя частоты вращения Р1.

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

11. Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G3 и, вращая его регулировочную рукоятку, установите на его выходе напряжение, равное, например, 14 В.

12. Замыкаем обмотку возбуждения двигателя. Включите выключатель А3 кнопкой «ВКЛ».

13. Включаем двигатель как асинхронный. Включите выключатель А5 кнопкой «ВКЛ». Двигатель M1 должен прийти во вращение.

14. Размыкаем обмотку возбуждения и подключаем к ней возбудитель. (действие производим быстро и именно в указанной последовательности, во избежание включения возбудителя G3 на короткое замыкание).

Отключите выключатель А3 кнопкой «ОТКЛ.» и сразу же включите выключатель А4 кнопкой «ВКЛ.». Двигатель М1 должен втянуться в синхронизм.

15. Нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G1.

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



Рисунок 2.1 – Электрическая схема соединений асинхронного пуска синхронного электродвигателя

**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. В чем заключается главная особенность работы синхронного двигателя?

2. Какова конструкция синхронного двигателя?

3. Как осуществляется пуск синхронного двигателя?

4. Чем определяется скорость вращения двигателя?

5. Какими достоинствами и недостатками обладают синхронные двигатели?

6. Где применяются синхронные двигатели?