
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА С СИНХРОННЫМ ВРАЩЕНИЕМ РОТОРА

В настоящее время появляется возможность создания нового, широкого класса регулируемых электрических машин, позволяющих решать ряд важных проблем автоматического управления путем сравнительно простой реализации плавного регулирования всех основных режимных величин (напряжения, тока, частоты, скорости и т.д.). Эти машины могут применяться в разных системах автоматического регулирования в качестве силовых управляемых звеньев [1,2].

Простота обслуживания и высокий к.п.д. являются основными требованиями, которым должен отвечать современный электрический привод. Интересным в техническом и экономическом отношении этой проблемы является бесконтактный двигатель постоянного тока с синхронным вращением ротора. Его преимуществами являются: быстрдействие, хорошие регулировочные свойства двигателя постоянного тока, отсутствие коллектора.

Электропривод состоит из:

- силовой обмотки, расположенной на статоре;
- ротора в виде вращающегося магнитопривода с электромагнитным возбуждением;
- бесконтактного датчика положения ротора по отношению к статору, с помощью которого определяются моменты коммутации тока в силовой обмотке двигателя;
- системы управления, являющейся связывающим звеном полупроводникового коммутатора и датчика положения ротора;
- полупроводникового коммутатора, осуществляющего коммутацию силовых обмоток по сигналам датчика положения ротора.

Датчик положения ротора может быть выполнен с использованием различных физических эффектов (трансформаторный и индукционный с переменным воздушным зазором, датчик э.д.с. Холла, фотоэлектрический, емкостный и т.д.).

На статоре двигателя имеется трехфазная замкнутая обмотка. Ротор – явнополюсный с обмоткой возбуждения. Схема соединения тиристорного коммутатора трехфазная мостовая. Кроме силовых тиристорov в схеме предусмотрены неуправляемые вентили, которые предотвращают разряд коммутирующих конденсаторов через обмотку статора двигателя в межкоммутационном интервале.

Выбранная трехсекционная замкнутая обмотка обеспечивает достаточно хорошие энергетические показатели. Кроме того, выбор трехсекционной обмотки позволяет выполнить двигатель на базе типовой трехфазной синхронной машины [3].

В рассматриваемом двигателе при повороте ротора на угол $\frac{\pi}{3}$ эл. рад по сигналам датчика положения ротора отпирающие импульсы поступают на соответствующие силовые тиристоры. В результате переключения коммутатором силовой обмотки в воздушном зазоре двигателя образуется вращающееся магнитное поле, которое увлекает за собой ротор. Каждая из секций замкнутой обмотки создает электромагнитный момент одного знака в интервале угла поворота ротора, равном $\frac{\pi}{3}$ эл. рад, причем ток в секции на протяжении этого интервала не меняет направления. В течение одного полного поворота ротора происходит шестикратное переключение обмотки статора, и частота переключения синхронизирована с угловой скоростью вращения ротора.

Система управления (СУ) бесконтактного двигателя постоянного тока с синхронным вращением ротора является важным звеном. Она управляется работой полупроводникового коммутатора согласно положения ротора, магнитного потока, или по фазе против э.д.с. двигателя. Сигналы с датчика положения ротора (ДП) поступают в систему управления тиристорами коммутатора (СУТ). В СУТ сигналы преобразуются к виду, удобному для дальнейшего использования, и в случае необходимости усиливаются. Далее они попадают в устройство, которое выбирает нужный канал, по которому подается команда на запуск соответствующего формирователя импульсов. Формирователь импульсов СУТ вырабатывает управляющие импульсы, которые подаются на соответствующие электроды тиристорov коммутатора [3,4].

Помимо координации работы коммутатора СУ должна поддерживать угол опережения, достаточным для выполнения условия

$$\beta \geq \gamma + \delta,$$

где β - угол опережения открывания тиристорov; γ - угол восстановления управляющих свойств тиристора.

Регулирование угла опережения можно осуществить по следующим законам [3]:

- СУ поддерживает постоянным угол опережения, отсчитываемый от точки равенства фазных э.д.с. холостого хода, т.е. $\beta_0 = \text{const}$.
- В процессе регулирования СУ поддерживает постоянным угол опережения, отсчитываемый от точки пересечения фазных э.д.с. $\beta_0 > \beta$.
- Законом регулирования может являться поддержание постоянного угла опережения по основной гармонике против э.д.с. β_1 под нагрузкой $\beta_0 > \beta > \beta_1$.
- СУ осуществляет регулирование при постоянстве угла восстановления δ , $\delta = \text{const}$.

По способу координации работы коммутатора систему управления разделяют на:

- Системы управления, использующие сигналы о положении ротора относительно обмоток статора.
- Системы управления, выявляющие положение магнитного потока двигателя.
- Системы управления, регулирующие на против э.д.с. двигателя, т.е. косвенным путем выявляющие положение потока.

Регулирование угла опережения осуществляется фазорегулятором, который сдвигает по фазе напряжение, питающее систему управления относительно напряжения на зажимах статора двигателя. Регулировать угол β можно также без фазорегулятора напряжением управления системы управления $U_{уп}$. Изменяя $U_{уп}$, тем самым регулируем угол опережения β .

Пуск двигателя можно осуществить от источника трехфазного тока (асинхронный пуск) и потом переключить в режим двигателя постоянного тока. Кроме пуска от источника трехфазного тока можно осуществить асинхронный пуск, когда силовая часть схемы питается от источника постоянного тока через полупроводниковый коммутатор, а система управления питается от трехфазного источника. Выбранная схема коммутатора (емкостная коммутация тиристорov) обеспечивает переключение силовой обмотки статора. Работа двигателя при соответствующем выборе элементов системы управления обеспечивает регулирование скорости в достаточно широком диапазоне.

В зависимости от способа управления коммутатора, а также в зависимости от вида схемы соединения обмотки ротора в двигателе можно осуществить следующие режимы работы:

- Режим бесконтактного двигателя с синхронным вращением ротора. В этом случае коммутатор управляется по сигналам датчика положения ротора. На ротор подается возбуждение. В зависимости от относительного расположения обмотки статора и магнитной оси обмотки возбуждения происходит переключение секций обмоток статора.

Число оборотов и момент в этом режиме можно регулировать путем изменения напряжения питания двигателя, изменением тока возбуждения, а также путем изменения угла опережения открывания коммутатора, причем этот угол определяется датчиком положения ротора.

Характеристики двигателя в этом режиме ближе к характеристикам коллекторного двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.

- Режим синхронного двигателя с частотным регулированием числа оборотов. В этом случае коммутатор управляется от системы управления, частота управляющих импульсов которого не связана жестко с положением ротора. Частота следования импульсов синхронизирована со скоростью вращения ротора. Обмотка возбуждения имеет две замкнутые фазы и подключена к возбудителю.

Характеристики двигателя в этом режиме близки к характеристикам синхронного двигателя с частотным регулированием.

Две фазы обмотки ротора образуют короткозамкнутый контур, который выполняет роль демпферной обмотки.

Конструктивно двигатель можно выполнить на базе асинхронного двигателя с фазным ротором.

Литература:

- [1] Лутидзе Ш.И. Основы теории электрических машин с управляемым полупроводниковым коммутатором. М.: Наука, 1968, 303 с.
- [2] Лутидзе Ш.И., Михневич Г.В., Тафт В.А. Введение в динамику синхронных машин и машинно полупроводниковых систем. М.: Наука, 1973, 335 с.
- [3] Лутидзе Ш.И., Кохреидзе Т.К., Кохреидзе Д.К., Кугателадзе Э.Ш. Бесконтактные электрические двигатели постоянного тока. Тбилиси. Сабчота Сакартвело, 1986, 203 с.
- [4] Кохреидзе Д.К., Кохреидзе Г.К., Чурсин В.И., Блохин А.И. Исследование коммутационных процессов в двигателе постоянного тока с синхронным вращением ротора. Сб. Режимы и устойчивость электромашинно-вентильных систем. Из-во ЭНИИНа, М.: 1974, вып. 11, 52-65 сс.