

## **ЭЛЕКТРОПРИВОД НА БАЗЕ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ И СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМ**

Цыбулькин П.С., Опейко О.Ф.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В условиях ориентации промышленности на энергосберегающие технологии все большее внимание уделяется энергоэффективным электроприводам. Одним из таких электроприводов является электропривод на основе синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ).

В основе всех подобных машин, лежит эффект, обнаруженный английским физиком-экспериментатором Майклом Фарадеем в 1821 г. Именно он впервые обнаружил, что при взаимодействии тока в проводнике и магнита, может возникнуть непрерывное вращение. Без этого открытия, не было бы разработано ни одного современного электродвигателя.

Синхронные двигатели с постоянными магнитами – это наиболее перспективные электрические машины в диапазоне малых и средних мощностей (особенно для моментных систем электропривода).

Двигатели такого типа конструктивно просты и надёжны. Они имеют абсолютно жёсткие механические характеристики и не требуют затрат на возбуждение, обладают большой перегрузочной способностью и высоким быстродействием в переходных процессах. Синхронные двигатели с постоянными магнитами чаще всего используются в качестве сервоприводов.

Преимущества синхронных двигателей с постоянными магнитами по сравнению с асинхронными двигателями аналогичной мощности: большой пусковой момент, высокий КПД, меньшие массогабаритные параметры. [1] Однако они имеют ряд недостатков. К ним можно отнести:

1. Чувствительность конструкции двигателей к высоким температурам постоянных магнитов;
2. Необходимость информации о положении ротора для работы в системах с высокими требованиями по точности и качеству переходных процессов;
3. Наличие магнитного поля (даже после выключения) и более высокая цена.

Электропривод на основе синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) является перспективным для электроустановок с автономным питанием при повышенных требованиях по надёжности и качеству регулирования скорости. [2]

В общем случае можно выделить две основные задачи, решаемые регулируемым электроприводом: управление моментом и скоростью вращения электродвигателя.

Для нормального функционирования привода необходимо ограничивать момент и ток двигателя допустимыми значениями в переходных процессах пуска, торможения и приложения нагрузки.

В то же время, технологические режимы многих производственных механизмов на разных этапах работы требуют движения рабочего органа с различной скоростью, что обеспечивается путем регулирования скорости электропривода.

Для решения задач регулирования скорости и момента в современном электроприводе применяют два основных метода частотного управления:

- скалярное управление;
- векторное управление.

Скалярное управление СДПМ аналогично скалярному управлению асинхронными двигателями.

При скалярном управлении амплитуду и частоту приложенного к двигателю напряжения изменяют по определенному закону таким образом, чтобы поддерживалось постоянное отношение максимального момента двигателя к моменту сопротивления на валу. Это отношение называется перегрузочной способностью двигателя.

При постоянстве перегрузочной способности номинальные коэффициент мощности и КПД двигателя на всем диапазоне регулирования частоты вращения практически не изменяются.

Для постоянного момента нагрузки поддерживается отношение  $U/f = \text{const}$ , и, по сути, обеспечивается постоянство максимального момента двигателя.

Векторное управление позволяет существенно увеличить диапазон управления, точность регулирования, повысить быстродействие электропривода. Этот метод обеспечивает непосредственное управление вращающим моментом двигателя.

При векторном управлении СДПМ общим для всех способов является наличие замкнутого по положению ротора контура формирования статорных напряжений и токов.

Отличия режимов векторного управления заключаются в способе получения сигнала положения ротора.

При управлении с датчиком сигнал положения ротора поступает от датчика в систему управления и ее синтез не представляет сложности. При бездатчиковом управлении используются следующие основные методы вычисления положения ротора:

1. Вычисление положения ротора по углу вектора ЭДС, наводимой в статорных обмотках двигателя;

2. Вычисление положения ротора по изменению индуктивности обмоток статора в осях  $d$  и  $q$ ;

3. Вычисление нужного положения ротора с использованием инъекции высокочастотного сигнала в сигнал задания по напряжению статора. [3]

Существенным недостатком методов, использующих вычисление ЭДС, является зависимость точности вычисления положения ротора от точности используемого в расчетах значения активного сопротивления ротора и индуктивности обмоток статора, которые при нагреве двигателя существенно изменяются.

Несмотря на имеющееся многообразие современных типов СДПМ и способов управления ими, они продолжают бурно развиваться, что обусловлено ориентацией промышленности на энергосберегающие технологии и расширением спектра применения СДПМ.

### Литература

1. Мичурин, Р.А. Моделирование работы синхронного двигателя с постоянными магнитами в среде Simulink / Р.А. Мичурин // Электронные информационные системы. – М.: АО "НТЦ ЭЛИНС", 2017. – Вып. 3. – С. 23-32.

2. Байков, А.И. Математическое моделирование электропривода на базе синхронных двигателей с постоянными магнитами / А.И.Байков, М.В. Андрюхин, И.В. Бобылев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. "Машиностроение". - Нижний Новгород: ФНПЦ "ННИИРТ", 2014. – Вып. 4. – С. 33-49.

3. Поздеев, А.С. Современные типы синхронных двигателей с постоянными магнитами на роторе и способы управления ими / А. С. Поздеев, В. М. Казакбаев, В. А. Прахт, В. А. Дмитриевский // Энергосбережение и повышение энергетической эффективности. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2015. – С. 188-192.