

УДК 629.3.02-83-843

В.И. Калашников /к.т.н./, А.В. Алдошин

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

АНАЛИЗ СИСТЕМ СИНХРОННОГО ПРИВОДА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Развитие теории и практики применения электромобилей поставило на повестку дня их серийное производство. Для использования электромобилей важными требованиями являются регулирование скорости электродвигателя, плавный пуск и торможение. В работе описаны основные способы регулирования синхронного двигателя с постоянными магнитами.

Ключевые слова: синхронный привод, постоянные магниты, двигатель, векторное регулирование, датчик положения.

Постановка проблемы

В настоящее время идет бурное внедрение в серийное производство электромобилей. Это позволяет решить проблему сокращения выбросов вредных отходов транспортных средств и повышения энергоэффективности автомобиля [1]. Различные фирмы – производители электромобилей ориентируются либо на асинхронный, либо на синхронный привод. В данной работе рассматриваются особенности привода электромобиля на базе синхронного двигателя с векторным регулированием [2].

Анализ последних исследований и публикаций

Главное различие между синхронным двигателем с постоянными магнитами (СДПМ) и асинхронным двигателем заключается в конструкции ротора. Проведенные исследования показывают, что СДПМ имеет КПД примерно на 2 % больше, чем высокоэффективный (ПЭЗ)

асинхронный электродвигатель, при условии, что статор имеет одинаковую конструкцию, а для регулирования используется один и тот же частотный преобразователь [3]. При этом синхронный электродвигатель с постоянными магнитами по сравнению с асинхронным двигателем обладает лучшими показателями: мощность/объем, момент/инерция [4].

Цель (задачи) исследования

Цели настоящей работы: 1. Представить конструкции и типы СДПМ. 2. Показать основные способы регулирования синхронного привода. 3. Рассмотреть преимущества и недостатки векторного регулирования с датчиком и без датчика положения.

Основной материал исследования

Синхронный электродвигатель с постоянными магнитами, как и любой вращающийся электродвигатель, состоит из ротора и статора (рис. 1).



Рис. 1. Синхронный электродвигатель со встроенными постоянными магнитами

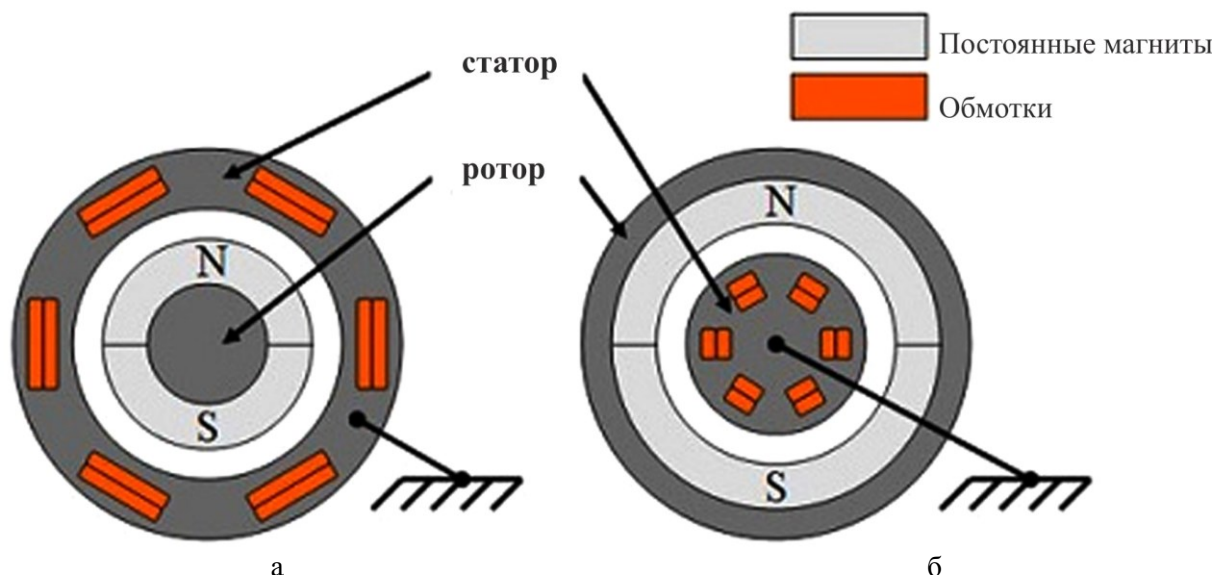


Рис. 2. Конструкции синхронного двигателя с постоянными магнитами: *а* – стандартная; *б* – обращенная

Обычно ротор располагается внутри статора электродвигателя, также существуют конструкции с внешним ротором – электродвигатели обращенного типа (рис. 2).

Принцип действия синхронного электродвигателя основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля статора и постоянного магнитного поля ротора. Концепция вращающегося магнитного поля статора синхронного электродвигателя такая же, как и у трехфазного асинхронного электродвигателя [3].

Для работы синхронного двигателя с постоянными магнитами требуется частотный преобразователь на базе инвертора напряжения. Выбор оптимального способа управления главным образом зависит от задачи, которая ставится перед электроприводом. Для решения задач привода электромобиля, требующих высоких динамических характеристик, обычно выбирается век-

торное регулирование с ориентированием по полю ротора.

Характеристики основного метода управления синхронным электродвигателем с постоянными магнитами приведены в табл. 1.

Векторное регулирование с ориентированием по полю ротора позволяет плавно, точно и независимо управлять скоростью и моментом двигателя. Для работы векторного регулирования с ориентированием по полю необходимо знать положение ротора синхронного двигателя относительно поля статора.

Существует два способа определения положения ротора:

- по датчику положения;
- без датчика – посредством вычисления угла системой управления в реальном времени на основе имеющейся информации о токах и напряжении статора.

Табл. 1. Характеристики векторного регулирования синхронного привода

Регулирование		Преимущества	Недостатки
Векторное регулирование с ориентированием по полю	С датчиком положения	Плавная и точная установка положения ротора и скорости вращения двигателя, большой диапазон регулирования	Требуется датчик положения ротора и микропроцессорная система регулирования
	Без датчика положения	Не требуется датчик положения ротора. Плавная и точная установка положения ротора и скорости вращения двигателя, ограниченный диапазон регулирования	Бездатчиковое регулирование во всем диапазоне скоростей возможно только для СДПМ с ротором с явно выраженными полюсами, требуется мощная система управления

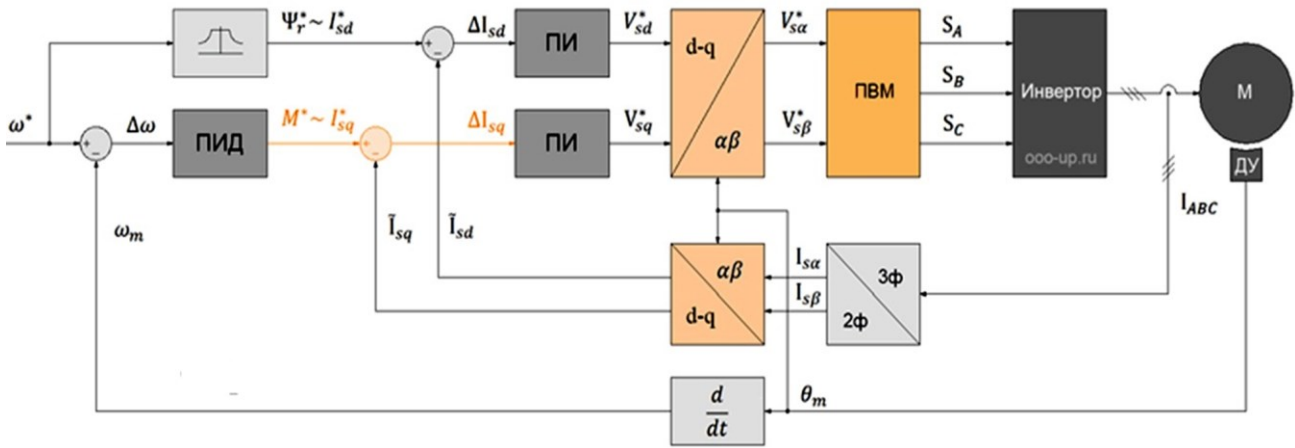


Рис. 3. Векторное регулирование синхронного двигателя с постоянными магнитами с датчиком положения ротора

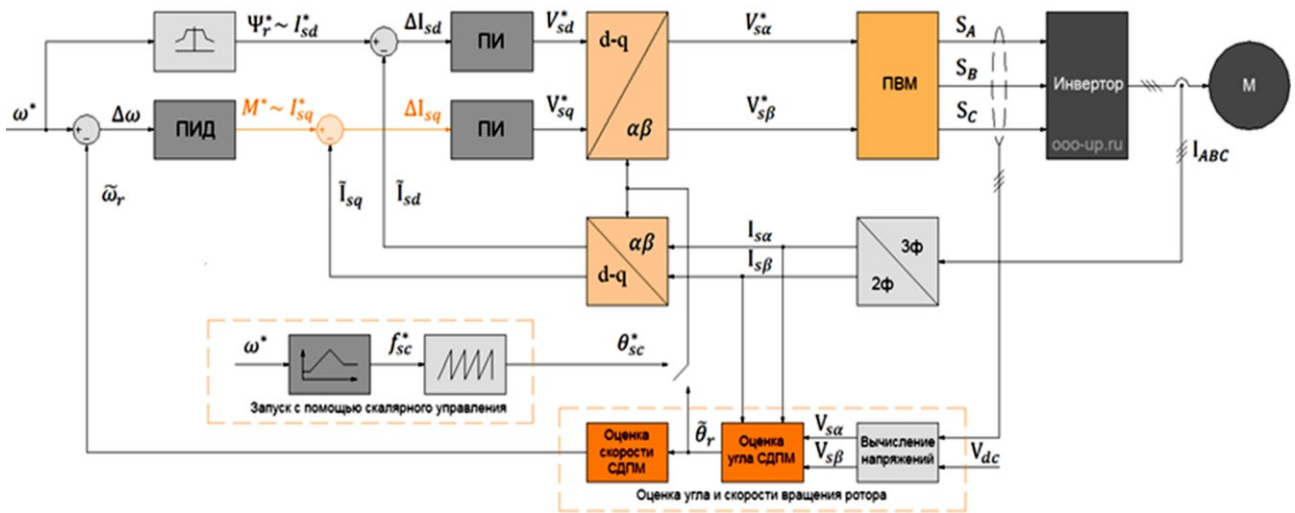


Рис. 4. Векторное регулирование синхронного двигателя с постоянными магнитами без датчика положения ротора со скалярным запуском

В качестве датчика угла используются следующие типы датчиков:

- индуктивный: синусно-косинусный вращающийся трансформатор (СКВТ);
- оптический.

На рис. 3 приведена структурная схема векторного регулирования синхронного двигателя с постоянными магнитами с использованием датчика угла положения ротора [4].

В последнее время ведутся интенсивные разработки по системам векторного регулирования СДПМ без датчика положения. Первые бездатчиковые методы определения угла были основаны на использовании противо-ЭДС двигателя. Противо-ЭДС двигатель содержит в себе информацию о положении ротора, поэтому, вычислив величину противо-ЭДС в неподвижной системе координат, можно рассчитать положение ротора. Однако при неподвижном роторе противо-ЭДС отсутствует, а на низких оборотах про-

тиво-ЭДС имеет низкую амплитуду, которую сложно отличить от шума. Поэтому в системах регулирования необходимо предусмотреть запуск привода при низких частотах.

Существует два распространенных варианта запуска СДПМ:

- скалярный метод – запуск по заранее определенной характеристике зависимости напряжения от частоты;
- метод наложения высокочастотного сигнала [5].

На рис. 4 представлена структурная схема векторного регулирования синхронного двигателя с постоянными магнитами без датчика положения ротора со скалярным запуском.

Выводы

В настоящее время для привода электромото-цикла различными фирмами-производителями используется как асинхронный, так и синхрон-

ный электропривод с векторным регулированием. Однозначного определения выбора привода электромобиля не существует. Решение этой задачи, прежде всего, связано с успехами разработки бездатчикового регулирования скорости и положения ротора на низких оборотах.

Список литературы

1. Тиматков, В.В. Переход в новый энергетический мир как фактор роста экономики / В.В. Тиматков // Энергетическая политика. – Вып.6. – 2014. – С. 82-87.
2. Schroeder, D. Elektrische Antriebe-Regelung von Antriebssystemen / D. Schroeder. – Berlin; Heidelberg: Springer-Verl., 2009. – 1336 p.
3. Hofer, K. Elektrotraktion: elektrische Antriebe in Fahrzeugen / K. Hofer. – Berlin; Offenbach: VDE, 2006. – 280 p.
4. Бербиренков, И.А. Тяговые двигатели на постоянных магнитах в электроприводе электромобиля / И.А. Бербиренков, В.В. Лохнин // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т.318. – №4. – С. 148-150.
5. Schrödl, M. Neue Elektroantriebe für die Mobilität der Zukunft [Электронный ресурс] / M. Schrödl. – Режим доступа: https://www.tuwien.ac.at/fileadmin/t/ttransfer/Dokumente/Firmenser_vice_fuer_Untern/Schroedl_Neue_Elektrobetrie_be_fuer_die_Mobilitaet_der_Zukunft.pdf

V.I. Kalashnikov /Dr. Sci. (Eng.)/, A.V. Aldoshin
Donetsk National Technical University (Donetsk)

THE ANALYSIS OF SYNCHRONOUS DRIVE SYSTEMS OF ELECTRIC VEHICLES

Background. *There is no doubt that the future belongs to electric cars. Today the world leaders in the automotive industry create and sell vehicles of this type. One of the main advantages of the electric car is the absence of such a mechanism as the gearbox. The speed change is performed through the use of a frequency changer, and it does not matter which motor is the basis of this vehicle.*

Materials and/or methods. *Various manufacturers of electric vehicles are focused either on induction or synchronous drives. The main difference between a permanent magnet synchronous motor and an induction motor is the rotor design. Studies have shown that the synchronous motor has the efficiency factor of about 2 % higher than the high-efficiency induction motor, provided that the stator is of the same design. In order to solve the problems of the electric vehicle drive control requiring high dynamic characteristics, the vector control usually chosen with the orientation on the rotor field using a rotor position sensor or without it.*

Results. *Thus, it is possible to make a key distinction between the electric drive control methods. Mainly, vector control with the rotor position sensor or without a speed sensor used, but there is a limit to the speed control range.*

Conclusion. *Today various producers use in electric cars both induction and synchronous electric drives with vector control. There is no single choice of electric vehicle drives. The solution to this problem is, first of all, connected with the success of developing the sensorless speed and rotor position control at low speeds.*

Keywords: *synchronous drive, permanent magnets, motor, vector control, position sensor.*

Сведения об авторах

В.И. Калашников

SPIN-код: 8002-9286
 Author ID: 855701
 ORCID iD: 0000-0001-5116-1486
 Телефон: +380 (71) 334-92-91
 Эл. почта: viktor_kalashnikov@donntu.org

А.В. Алдошин

Телефон: +380 (71) 346-08-64
 Эл. почта: alex_haus@mail.ru

*Статья поступила 02.03.2018 г.
 © В.И. Калашников, А.В. Алдошин, 2018
 Рецензент д.т.н., доц. И.А. Бершадский*