

**Козловский Дмитрий Владимирович**,  
обучающийся, Ангарский государственный технический университет  
**Мазур Владимир Геннадьевич**,  
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,  
systems-ntfs@mail.ru

**Пудалов Алексей Дмитриевич**,  
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И СПОСОБОВ ИХ УПРАВЛЕНИЯ**

Kozlovsky D.V., Mazur V.G., Poudalov A.D.

## **CURRENT STATE OF THE INDUSTRY OF ELECTRIC BRUSHLESS MOTORS AND METHODS OF THEIR CONTROL**

**Аннотация.** Описывается тенденция развития отрасли бесколлекторных двигателей и их применение. Объясняется преимущество бесколлекторных двигателей по сравнению с коллекторными. Приводятся способы управления бесколлекторными двигателями.

**Ключевые слова:** бесколлекторный двигатель, управление, драйвер двигателя.

**Abstract.** The development trend of the brushless motor industry and their application are described. The advantage of brushless motors in comparison with commutator ones is explained. Brushless motor control methods are described.

**Keywords:** brushless motor, control, motor driver.

В современных бытовых приборах, а также различных производственных установках часто используются различные электрические двигатели [1-2]. Особое место занимают электроинструменты, которые повсеместно используются для выполнения задач различного назначения, как бытовых, так и профессиональных.

До недавнего времени небольшие электроинструменты строились на базе коллекторных электродвигателей [3]. Такие двигатели имеют коллекторный узел, который выполняет роль механического переключателя между фазами обмоток. Коллекторные электродвигатели имеют одну конструктивную особенность – электрощётки, которые механически контактируют с вращающимся коллектором, что в процессе эксплуатации устройства приводит к износу щеток и требует их периодической замены. В процессе работы щетки вызывают искрение в месте контакта и способствуют образованию электрической помехи по питающей сети.

С повсеместным развитием микропроцессорных систем, автономных систем электропитания, а также с учетом требований к технологичности оборудования (обеспечение высокой надежности работы, электробезопасности, малой массы, стабильной работы под нагрузкой) всё большее применение в различных отраслях человеческой деятельности находят бесколлекторные двигатели, которые, в последнее время, вытесняют коллекторные.

Увеличению темпов развития в области разработки электродвигателей способствует появление на рынке доступного по цене электротранспорта (сигвей, электросамокат, моноколесо, гироскутер, автоэлектротранспорт и др.).

Важное место в процессе применения бесколлекторных электродвигателей занимает электронный блок управления, который, если сравнить с коллекторными двигателями, выполняет функцию коллекторного узла. Именно блок управления осуществляет функцию коммутации питания на фазы двигателя.

Для контроля осуществления коммутации в нужный момент времени на сегодняшний день применяют 3 способа:

- по датчику положения вала (датчик Холла),
- по прошествии времени, необходимого двигателю, чтобы сделать один шаг,
- по обратной электродвижущей силе (ЭДС), индуцируемой неподключенной обмоткой.

Первый способ часто применяется в сервоприводах, где через обратную связь важно знать пространственное положение вала относительно фаз обмоток и в зависимости от команд, подаваемых с блока управления, поворачивать вал на необходимый угол с последующей его фиксацией в заданном положении. На рисунке 1 показано устройство сервопривода.

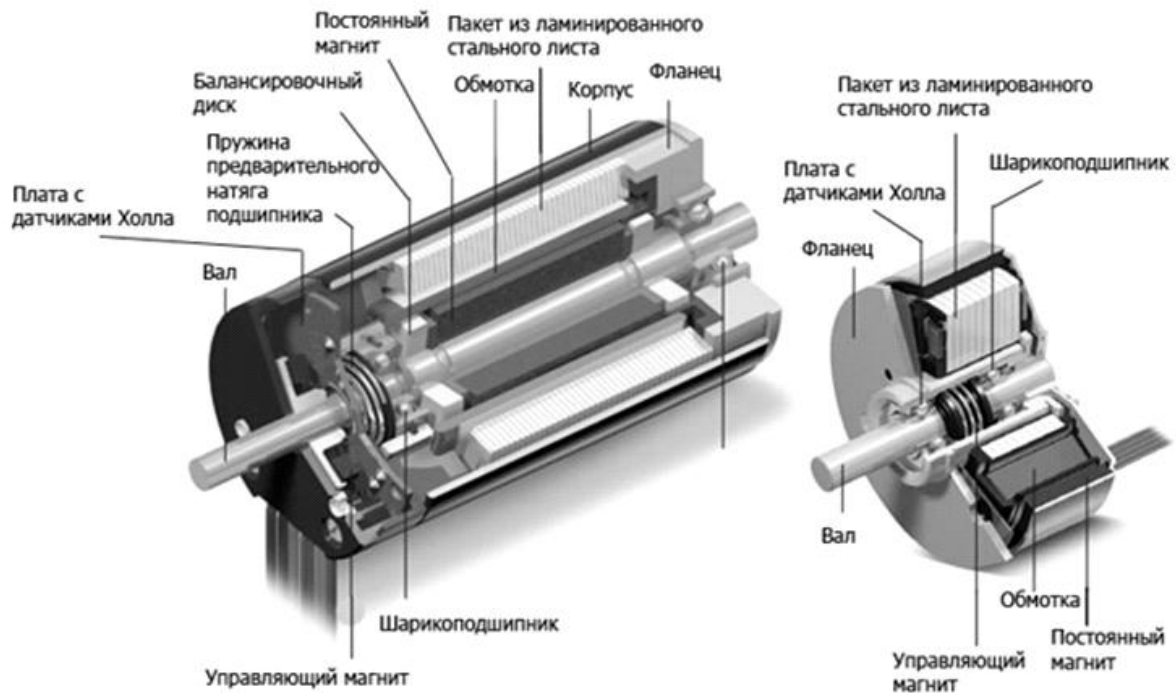


Рисунок 1 – Устройство сервопривода

В приведенном рисунке обратная связь в сервоприводе реализована на датчике Холла.

Второй способ часто применяется в блоках управления шаговыми двигателями. Время между импульсами выбирается чаще всего экспериментальным путём. На время выполнения одного шага двигателем влияют: минимальный угол поворота, нагрузка на валу, мощность двигателя, инерционность ротора.

Третий способ контроля положения вала, по обратной ЭДС, реализуется сравнительно редко и может быть использован, когда пусковой момент не изменяется и в процессе работы не нужно позиционировать вал на начальный угол. В процессе контроля измеряется напряжение, выделяемое на обмотке. Также может контролироваться форма сигнала ЭДС самоиндукции, что может говорить о увеличении нагрузки на валу, либо о других внешних воздействиях.

Для контроля уровня ЭДС можно использовать аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который наиболее перспективно реализовывать на контроллере, выполняющего роль драйвера двигателя.

Для анализа формы сигналов в режиме реального времени необходимо использовать цифровые сигнальные процессоры, либо программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Таким образом, решение о подаче сигнала на фазу двигателя возлагается на программную часть, которая, в зависимости от условий работы, может немного видоизменяться, что обеспечит лучший режим работы драйвера для конкретных задач.

Применение ПЛИС наиболее перспективно, так как их быстродействие наиболее высоко, а значит, управление двигателем будет наиболее точным.

Сфера применения бесколлекторных двигателей постоянно расширяется. Появление современных полупроводниковых ключевых элементов, основанных на технологии IGBT, стимулирует развитие схемотехники способов управления двигателями. Бесколлекторные двигатели на сегодняшний день являются наиболее перспективным видом двигателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Брускин Д.Э. и др. Электрические машины и микромашины / Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 528 с.
2. Токарев Б.Ф. Электрические машины: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.
3. Онлайн-журнал «Электрознаток» [Электронный ресурс] // Коллекторный электродвигатель: достоинства, недостатки, область применения [сайт]. [2020]. URL. <https://elektroznatok.ru/oborudovanie/kollektornyj-dvigatel> (дата обращения: 06.05.2020).