

УДК 621.313.13-133.32

ШАГОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ STEPPER MOTORS

В.В. Карпинский

Научный руководитель – Т.Е. Жуковская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

V. Karpinski

Supervisor – T. Zhukovskaya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье будут рассмотрены вопросы управления, устройства и принципа работы шагового двигателя.

Abstract: in this article, the issues of control, device and principle of operation of a stepper motor will be considered.

Ключевые слова: шаговый двигатель, транзисторный мост, предварительный драйвер, MCU, схемы подключения.

Keywords: stepper motor, transistor bridge, preliminary driver, MCU, wiring diagrams.

Введение

Шаговые двигатели – это тип электрических двигателей, которые перемещаются на заданный угол или шаг при каждом приложении электрического сигнала. Они широко используются в различных приложениях, где требуется точное позиционирование и контроль движения.

Основная часть

Шаговый электродвигатель (ШД) – это синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками, в котором ток, подаваемый в одну из обмоток статора, вызывает фиксацию ротора. Последовательная активация обмоток двигателя вызывает дискретные угловые перемещения (шаги) ротора.

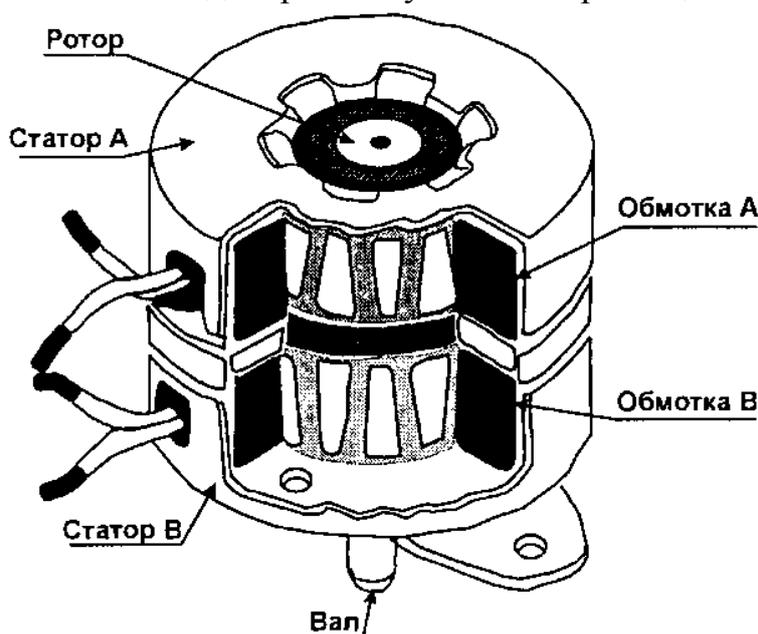


Рисунок 1 – Устройство шагового электродвигателя

Статор – неподвижная часть электрической машины, взаимодействующая с подвижной частью – ротором. Статор может быть либо постоянным магнитом, либо электромагнитом.

Ротор – вращающаяся часть электрической машины.

Для подачи необходимого напряжения на катушки используется несколько устройств, которые позволяют двигателю функционировать должным образом. Начиная с устройств, расположенных ближе к двигателю, мы имеем:

- Транзисторный мост – это устройство, физически управляющее электрическим подключением катушек двигателя. Транзисторы можно рассматривать как прерыватели с электрическим управлением, которые в закрытом состоянии обеспечивают подключение катушки к источнику питания и, следовательно, протекание тока в катушке.
- Предварительный драйвер – это устройство, которое управляет активацией транзисторов, обеспечивая требуемое напряжение и ток, оно, в свою очередь, управляется микроконтроллером.
- MCU – это микроконтроллерный блок, который обычно программируется и генерирует специальные сигналы для предварительной настройки для получения желаемого режима работы двигателя.

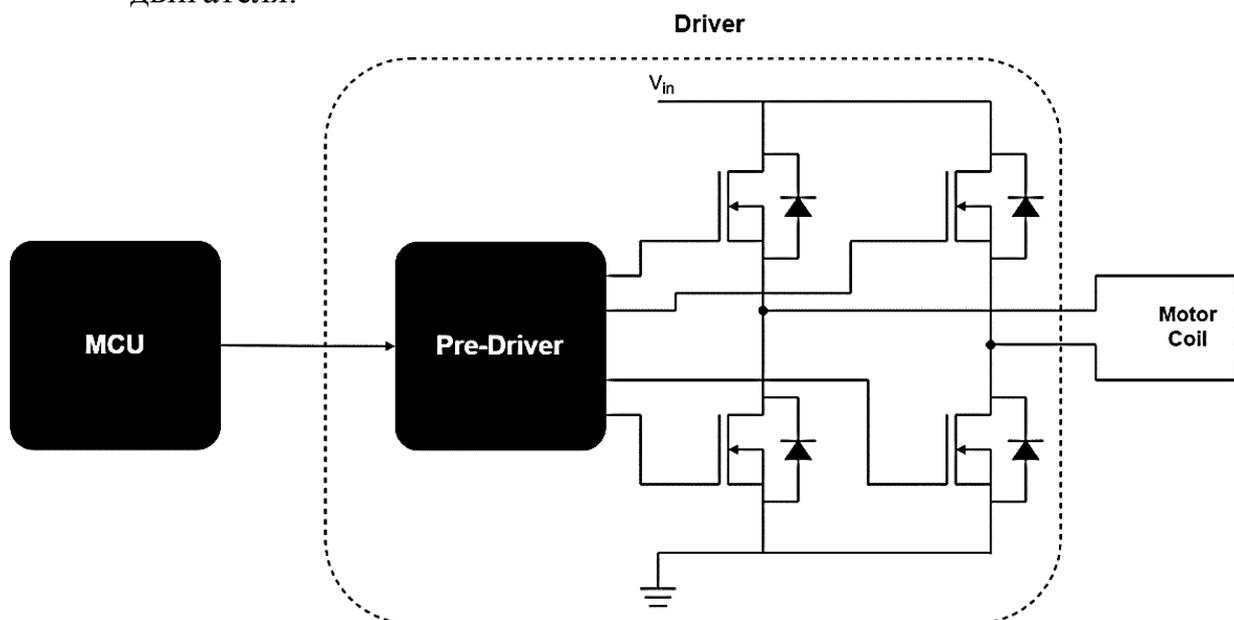


Рисунок 2 – Схема подключения шагового двигателя

Транзисторный мост собирается из 4 переключателей. Когда ключи S1 и S4 замкнуты, а S2 и S3 разомкнуты, мотор крутится в одну сторону, когда же S2 и S3 замкнуты, а S1 и S4 разомкнуты, мотор крутится в другую сторону:

Также транзисторный мост предоставляет возможность электрически тормозить вращение двигателя, коротко замыкая его выводы.

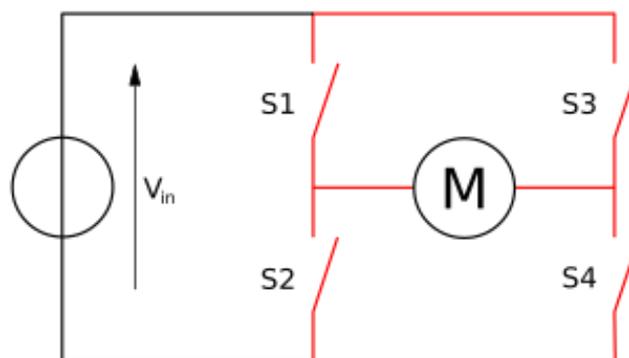


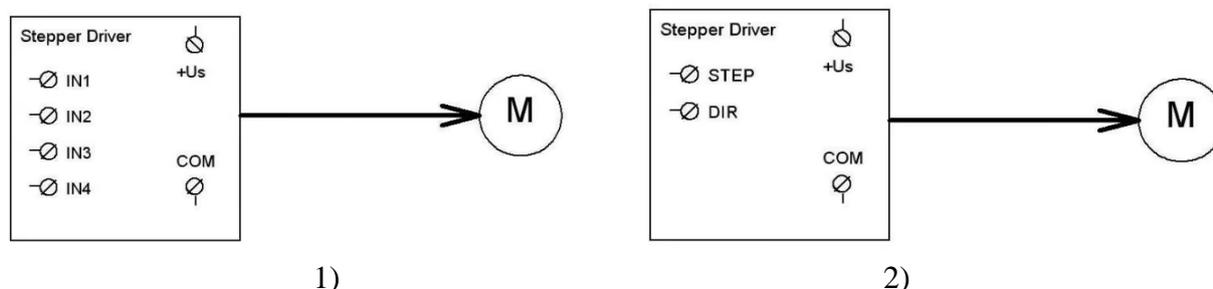
Рисунок 3 – Схема транзисторного моста

Таблица 1 – Результат вращения в зависимости от положения S1, S2, S3, S4

S1	S2	S3	S4	Результат
1	0	0	1	Мотор крутится вправо
0	1	1	0	Мотор крутится влево
0	0	0	0	Свободное вращение мотора
0	1	0	1	Мотор тормозится
1	0	1	0	Мотор тормозится
1	1	0	0	Короткое замыкание источника питания
0	0	1	1	Короткое замыкание источника питания

Пока мост включен, мотор создает электромагнитное поле внутри обмоток. Когда ключи выключаются, это поле постепенно уменьшается, а ток продолжает течь в обмотках. Эту энергию нужно гасить, так как ключи могут оказаться под угрозой пробоя высоким напряжением. Для этих целей каждый ключ шунтируют диодом, который обеспечивает защиту транзисторов от обратного тока.

Шаговые драйверы – это устройства, которые обеспечивают подачу правильных сигналов управления фазным обмоткам двигателя, чтобы контролировать его движение и позиционирование. Основная функция шагового драйвера - это преобразование входного сигнала управления в соответствующие уровни тока и напряжения, чтобы активировать фазные обмотки шагового двигателя. Они принимают команды от контроллера и управляют подачей электроэнергии на фазные обмотки, чтобы создать магнитное поле и вызвать вращение двигателя.



1) – Имеет питание и 4 логических входа. Коммутируя входы IN1, IN2, IN3, IN4 в нужной последовательности мотор шагает в нужном направлении; 2) – Имеет питание и 2 логических входа: STEP/PULSE/PUL – команды для совершения шага, DIR/REV – команды для изменения направления вращения

Рисунок 4 – Схемы драйвера

По схеме включения шаговые двигателя делятся на 2 группы:

- 4-х фазные двигатели (униполярный). Содержат 5 проводов: 1 общий и 4 от катушек. Вращение осуществляется за счёт переключения катушек. В зависимости от порядка переключения, ротор вращается в прямом или обратном направлении

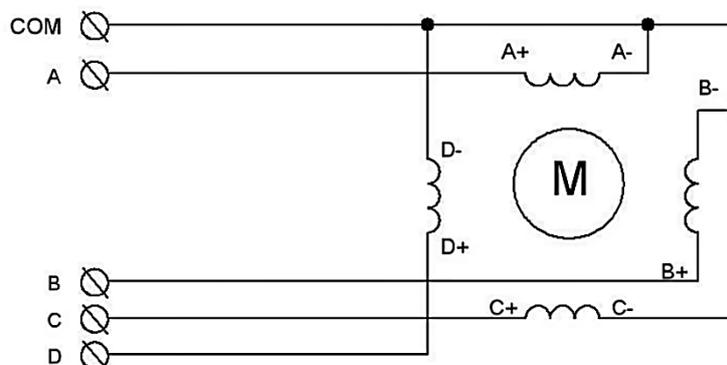


Рисунок 5 – Схема включения униполярного шагового двигателя

- Двухфазные двигатели (биполярный). Содержат парные обмотки с последовательным подключением. Для вращения ротора следует менять полярность включения фаз

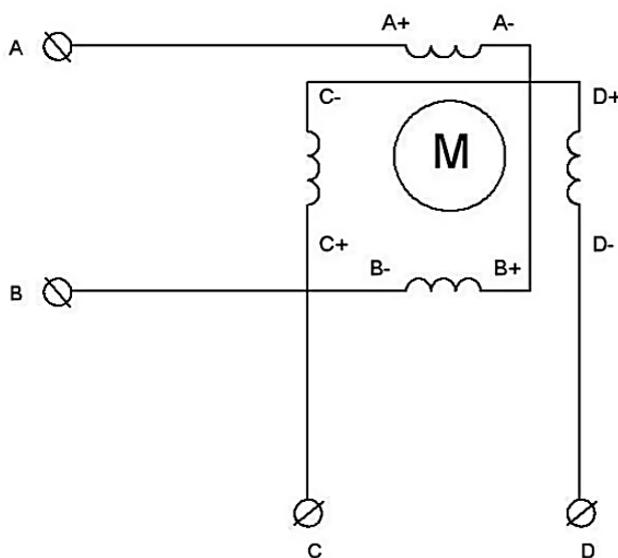


Рисунок 6 – Схема включения биполярного шагового двигателя

Существует также множество двигателей с большим количеством обмоток и фаз, однако принципиального различия от 4 обмоточных двигателей они не имеют.

Основные свойства для работы шагового двигателя:

- Фиксация вала двигателя
- Точность и простота позиционирования
- Падение момента вращения при повышении скорости вращения вала

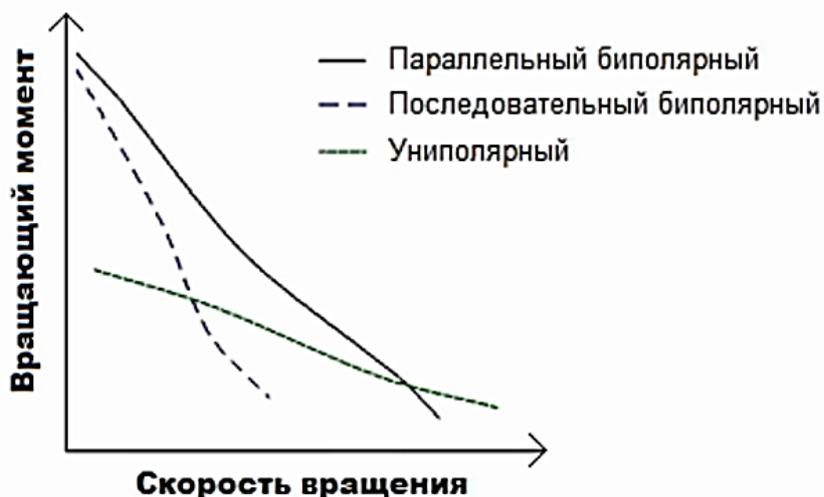


Рисунок 7 – График зависимости момента вращения от скорости вращения

Применение:

Шаговые двигатели широко применяются в различных отраслях и системах, где требуется точное позиционирование, контроль движения или выполнение определенных задач:

- Робототехника: Они применяются в роботах-манипуляторах для контроля позиционирования суставов и сегментов робота, а также для управления движением колес или гусениц мобильных роботов.
- Производство и автоматизация: Они используются в станках с числовым программным управлением (ЧПУ), печатных устройствах, конвейерах, медицинском оборудовании и других системах.
- 3D-печать: Они обеспечивают точность позиционирования и контроль движения, что позволяет точно реализовывать трехмерные модели.
- Медицинская техника: Шаговые двигатели используются в медицинском оборудовании, таком как сканеры, аппараты магнитно-резонансной томографии (МРТ), аппараты ультразвуковой терапии, анализаторы крови и другие устройства.
- Автомобильная промышленность: Шаговые двигатели используются в автомобильной промышленности для различных задач, включая системы автоматического управления печати, клапаны регулировки впуска и выпуска, регулировку положения зеркал и стеклоочистителей, а также для управления внутренней и внешней освещением.
- Телекоммуникации: Шаговые двигатели применяются в коммуникационных системах для точного позиционирования антенн и других устройств, контроля движения осей и ориентации сигналов.

Преимущества эксплуатации шагового двигателя:

- Фиксация момента и угла поворота: Это делает их особенно полезными для задач, требующих точного контроля позиции и угла поворота;
- Высокая скорость старта, реверса и остановки: Это полезно в приложениях, где требуется быстрая реакция на команды и точное

- управление движением;
- Высокая надежность без трущихся компонентов для токосъема: Отсутствие трения увеличивает срок службы шагового двигателя и уменьшает необходимость обслуживания;
- Широкий диапазон управления оборотами: Увеличение или уменьшение частоты электрических импульсов позволяет управлять скоростью вала;
- Можно достичь низких оборотов без редукторов;
- Относительно низкая стоимость.

Недостатки применения шагового двигателя:

- Резонансный эффект и проскальзывание: При неправильном использовании или низкой настройке контроллера шагового двигателя может возникать резонансный эффект, который приводит к вибрации и потере контроля над позиционированием;
- Отсутствие обратной связи: Это означает, что если внешние факторы, такие как сопротивление или сила трения, изменяют условия работы двигателя, возможна потеря контроля над его позиционированием;
- Потребление электроэнергии не зависит от нагрузки: Из-за этого возможно ненужное потребление энергии при работе без нагрузки;
- Сложности управления: Шаговые двигатели требуют специального контроллера для управления, такого как драйвер шагового двигателя.

Заключение

Шаговые двигатели являются надежной и эффективной технологией для задач позиционирования и контроля движения. Благодаря своим преимуществам и универсальности, они продолжают находить широкое применение в различных сферах деятельности, а также применяются в современных и будущих системах автоматизации и робототехники.

Литература

1. Шаговые двигатели [Электронный ресурс]/ шаговые двигатели. – Режим доступа: <https://www.monolithicpower.com/en/stepper-motors-basics-types> - Дата доступа: 25.10.2023.
2. Емельянов А.В. Шаговые двигатели: учеб. пособие / А.В. Емельянов, А.Н. Шипин / ВолГТУю. - Волгоград, 2005.