

УДК 621.3

## ШАГОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Пильник А.С.

Научный руководитель – м.т.н., ассистент Капустинский А.Ю.

Первые шаговые двигатели появились в 30-х годах XIX века.

Шаговый двигатель представляет собой электрическую машину, предназначенную для преобразования электрической энергии сети в механическую энергию. Конструктивно состоит из обмоток статора и магнитомягкого или магнитотвердого ротора. Отличительной особенностью шагового двигателя является дискретное вращение, при котором заданному числу импульсов соответствует определенное число совершаемых шагов.

Перемещение ротора происходит шагами известной величины. Подсчитав шаги, определяем, как изменилось положение ротора, определяем его абсолютную позицию. Шаговый двигатель включает в себе двигатель и позиционирующее устройство без обратной связи, является универсальным приводом для многих устройств.

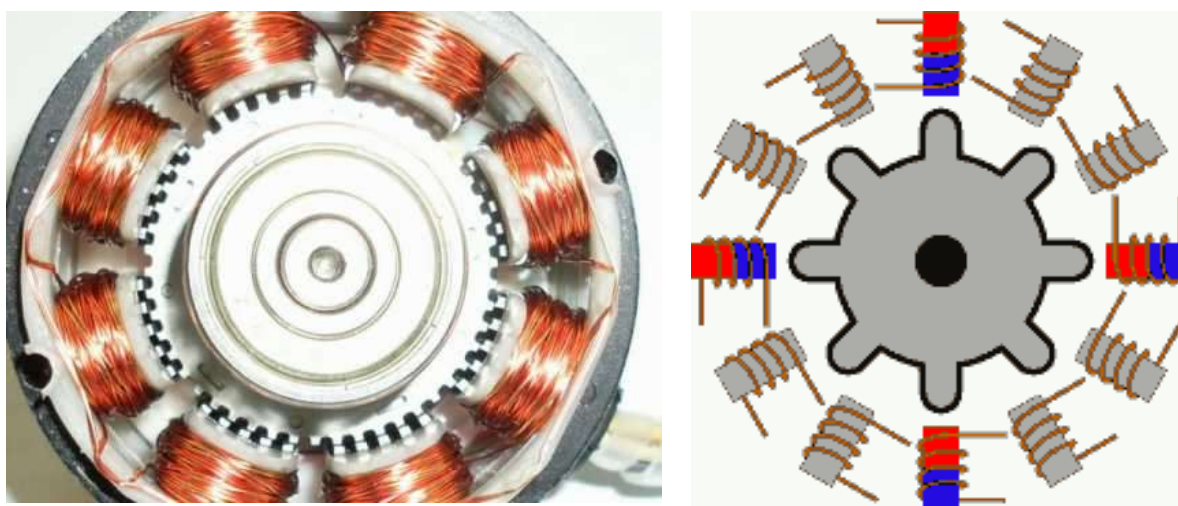


Рисунок 1. Шаговый двигатель

Принцип работы шаговых двигателей можно рассмотреть с помощью рисунка 2. Ротор (двухполюсный постоянный магнит на валу двигателя) окружен замкнутым магнитопроводом с двумя обмотками АВ и CD, расположенными на противоположных полюсах – (статором) .

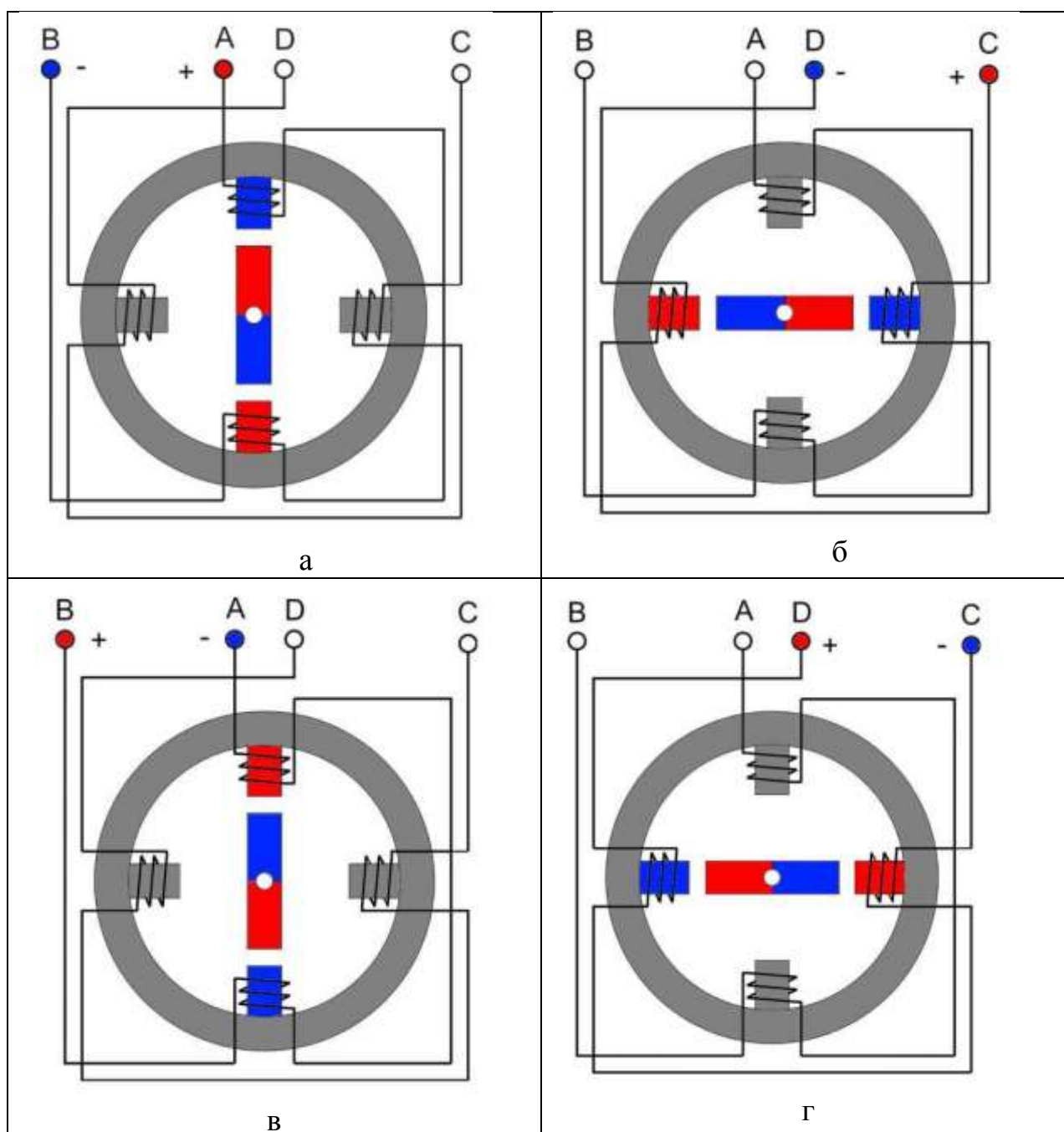


Рисунок 2. Принцип работы шагового двигателя

Подключив к источнику напряжения обмотку АВ (полярность + -) как показано на рисунке 2а, ток в этой обмотке вызовет появление магнитного поля статора с полюсами сверху N, снизу S. Как известно, разноименные полюса магнитов притягиваются. В результате ротор (постоянный магнит) займет положение, в котором оси магнитных полей ротора и работающих полюсов статора совпадают. Механическое положение будет устойчивым. При попытке сдвинуть ротор, возникнет сила, возвращающая его назад. Снимая напряжение с обмотки АВ и подавая на обмотку CD (полярностью + -), ток в обмотке CD вызовет магнитное поле с горизонтальными полюсами, слева S, справа N. Магнитный поток стремится замкнуться по минимальному пути. Ротор повернется в положение, указанное на рисунке 2б. Механическое положение

ротора опять устойчивое. Это первый шаг двигателя. В нашем случае он равен одной четвертой оборота.

Отключив обмотку CD, и подав напряжение опять на обмотку AB, но уже в другой полярности (- +), магнитное поле статора повернется на  $90^\circ$ , а за ним и ротор (рисунок 2.в). Далее, AB - отключаем, CD - подключаем (полярность - +) и ротор совершает еще один шаг на одну четвертую окружности. Следующая коммутация (с которой мы начали) вернет ротор в исходное положение. Полный поворот сделан за 4 шага. Если продолжить переключение фаз, ротор будет вращаться с частотой, пропорциональной частоте переключения фазных обмоток. Если коммутировать фазы в противоположной последовательности – крутиться в обратном направлении, прекратить коммутацию - остановится. В этом заключается принцип работы биполярного шагового двигателя.

Основные виды шаговых двигателей:

- с переменным магнитным сопротивлением
- с постоянными магнитами
- гибридные.

**Шаговые двигатели с переменным магнитным сопротивлением** - в таких двигателях ротор выполнен из магнитомягкого материала и имеет зубчатую форму, магнитный поток замыкается через ближайšie к полюсам статора зубцы. Зубцы притягиваются к полюсам, чем обеспечивается вращение. При одинаковых размерах, двигатели с переменным магнитным сопротивлением имеют меньший крутящий момент, чем другие типы шаговых двигателей. Применяются они довольно редко.

**Двигатели с постоянными магнитами.** У шаговых двигателей этого вида ротор содержит постоянные магниты. Число шагов на оборот доходит до 48, что соответствует углу шага  $7,5^\circ$

**Гибридные двигатели.** Гибридные двигатели обеспечивают меньшую величину шага, больший момент и скорость. Число шагов на оборот для такого типа двигателей составляет до 400 (угол шага  $0,9^\circ$ ). Они более дорогие и сложные в изготовлении. Это самый распространенный тип шаговых двигателей.

Преимущества шаговых двигателей.

- Точное позиционирование без обратной связи. Число импульсов определяет угол поворота.
- Двигатель обеспечивает полный крутящий момент при снижении скорости вращения, вплоть до остановки.
- Двигатель фиксирует свое положение при остановке за счет тока удержания.
- Регулировка скорости вращения с высокой точностью без обратной связи.
- Способность быстрого старта, остановки, реверса.
- Высокая надежность. Отсутствие коллекторных щеток.

Недостатки шаговых двигателей.

- Сложная система управления.
- Невысокая частота вращения.
- Возможно явление резонанса.
- Может произойти потеря позиционирования при механических перегрузках.

- Низкая удельная мощность.

К характеристикам шаговых двигателей относятся:

- Количество полных шагов за один оборот. Основной параметр двигателя, определяющий его точность, разрешающую способность, плавность движения (например, на двигателях серии FL57 - 200 и 400 шагов на оборот).
- Угол полного шага. Показывает на какой угол повернется вал при одном полном шаге. (для двигателей серии FL57 составляет  $1,8^\circ$  и  $0,9^\circ$ ).
- Номинальный ток. Наибольший допустимый ток, при котором электродвигатель может работать сколь угодно длительное время.
- Номинальное напряжение. Допустимое постоянное напряжение на обмотке двигателя в статическом режиме.
- Индуктивность фазы.
- Крутящий момент. Показывает максимальный крутящий момент, который способен создать двигатель.
- Момент инерции ротора.
- Удерживающий момент. Это крутящий момент при остановленном двигателе.
- Стопорный момент. Момент, необходимый чтобы повернуть вал двигателя при отсутствующем напряжении питания.
- Сопротивление изоляции. Сопротивление между корпусом и обмотками.
- Пробивное напряжение. Минимальное напряжение, при котором происходит пробой изоляции между обмотками и корпусом

#### Литература

1. <http://www.530.ru/electronics/projects.php?do=p077>
2. <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/stepper/>
3. <http://homecnc.ru/book/11-steps-dir>