

УДК 621.313.13 –313.32

### Шаговые электродвигатели

Акуленец А.А.

Научный руководитель – ст. препод. ПЕКАРЧИК О.А.

За последний век человечество сделало прорыв во многих областях науки: медицине, физике, механике, робототехнике, энергетике и т.д. Из-за этого к современной технике предъявляются высокие требования в точности и эффективности. И, прежде всего, эти требования предъявляются к сердцу любого механизма – двигателю. Шаговый двигатель – бесщёточный электродвигатель, преобразующий электрические импульсы в механическую энергию. В отличие от других типов двигателей, шаговый двигатель совершает вращение шагами, которые являются частями полного оборота. В зависимости от количества обмоток шаговые двигатели могут совершать разное количество шагов для полного оборота.

Рассмотрим основные принципы работы этого типа двигателей. Шаговый электродвигатель включает в себя ротор и статор. Статор представлен  $n$ -ым количеством обмоток (катушек), на которые подаются электрические импульсы. Ротор, в большинстве случаев, представлен постоянным магнитом [3]. На рисунке 1 представлен шаговый электродвигатель в общем виде.

Обмотки могут подключаться разными способами, что в основном и определяет тип подключения двигателя. На рисунке 1 подключены 4 обмотки, на которые ток подается поочередно. При таком подключении вал двигателя поворачивается на  $90^\circ$  при прохождении тока через обмотку на статоре. В основном используются двигатели с шагом  $15^\circ$ ,  $7,5^\circ$ ,  $1,8^\circ$  и  $0,9^\circ$ . Наиболее широко используются двигатели с шагом  $1,8^\circ$ . В отличие от других двигателей, шаговый двигатель позволяет определить положение ротора до долей градуса. Из-за разных возможностей подачи тока появляются и разные режимы управления двигателем.

Выделяют несколько режимов управления шаговым двигателем:

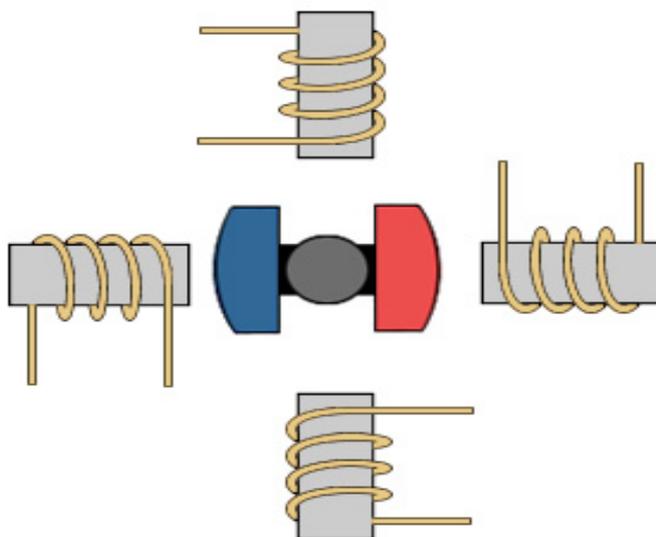


Рисунок 1 – Шаговый электродвигатель [3]

- Волновой. Этот способ заключается в подаче тока только на одну обмотку, в результате мы получаем менее половины максимального крутящего момента двигателя. Обычно этот режим используют чтобы снизить энергопотребление. Не используется при больших нагрузках на двигатель

- Полношаговый. Это наиболее часто используемый способ, который заключается в том, что электрический ток на обмотки подается попарно, т.е. на противоположные катушки. В зависимости от варианта подключения обмоток (параллельное либо последовательное), на двигатель потребуется подать либо двойной ток, либо напряжение по сравнению с

током/напряжением для подключения одной обмотки. Однако при таком режиме шаговый двигатель будет выдавать 100% номинального вращающего момента.

- Полушаговый. Полушаговый режим управления отличается тем, что без изменений в конструкции двигателя можно уменьшить шаг ротора в 2 раза. Это возможно благодаря одновременному запитыванию всех обмоток. После запитывания всех обмоток на некоторые пары обмоток импульсы прекращаются, благодаря чему ротор движется. Также этот режим возможен при использовании одной/двух обмоток. Две смежные катушки запитываются, и с каждым импульсом на предыдущую катушку подача тока прекращается, а на следующую ток поступает.

- Микрошаговый. Его сущность состоит в подаче на обмотки статора не импульсов, а сигнала, похожего по форме на синусоиду. Благодаря этому ротор движется более плавно, что по плавности вращения приближает его к обычным двигателям постоянного тока. Однако режим микрошага больше является способом питания двигателя, а не управления обмотками, что позволяет использовать его в ранее описанных режимах.

Шаговые двигатели, как и другие, имеют свою классификацию. В зависимости от используемых ротора и статора двигатели делятся на:

- Двигатели с постоянными магнитами;
- Двигатели с переменным магнитным сопротивлением;
- Гибридные двигатели.

Принцип действия шагового двигателя и режимы управления обмотками, при котором ротор представлен постоянным магнитом, статор содержит обмотки, на которые подается ток. При подаче импульсов на катушку/катушки ротор занимает положение, при котором разноименные полюса статора и ротора находятся друг против друга. Из-за намагниченности ротора у двигателя будет большой магнитный поток и большой момент, в отличие от двигателей с переменным магнитным сопротивлением.

Двигатели с переменным магнитным сопротивлением.

Статор в этих двигателях состоит из материала с высокой магнитной проницаемостью и имеет более 4 обмоток. Ротор выполнен из магнитомягкого металла в виде зубчатого колеса. Ротор движется благодаря запитыванию противоположных по размещению обмоток. Из-за того, что в составе ротора отсутствует постоянный магнит, крутящий момент двигателя будет очень мал по сравнению с другими типами двигателей, однако эта же причина является следствием отсутствия стопорящего момента, который заключается в притягивании ротора к арматуре статора при отсутствии тока в обмотках.

Гибридные двигатели - эти двигатели получили своё название из-за того, что сочетают в себе качества как двигателей с постоянными магнитами, так и с двигателями с переменным магнитным сопротивлением. Они имеют очень маленькую величину шага ( $0,9^\circ$ - $5^\circ$ ) и обладают отличными удерживающим и динамическим крутящими моментами. Рассмотрим этот тип двигателей на примере двигателя с 200 шагами. Он будет иметь 100 полюсов (50 положительных и 50 отрицательных). Поскольку такой магнит произвести невозможно, был найден другой выход из ситуации. Используются 2 50-тизубчатых диска и один цилиндрический магнит. Эти два диска привариваются к разным полюсам магнита. Диски сопоставлены таким образом, что вершины зубьев на одном совпадают с впадинами на другом, из-за чего получается один зубчатый диск со 100 зубьями [3]. На рисунке 2 показан гибридный двигатель с 75 шагами на оборот. Если на первую пару обмоток принять верхнюю и нижнюю катушки, то вторая пара повернута относительно первой на  $65^\circ$ , а третья – на  $65^\circ$  относительно второй. Именно разница в углах смещения обмоток и является причиной вращения двигателя.

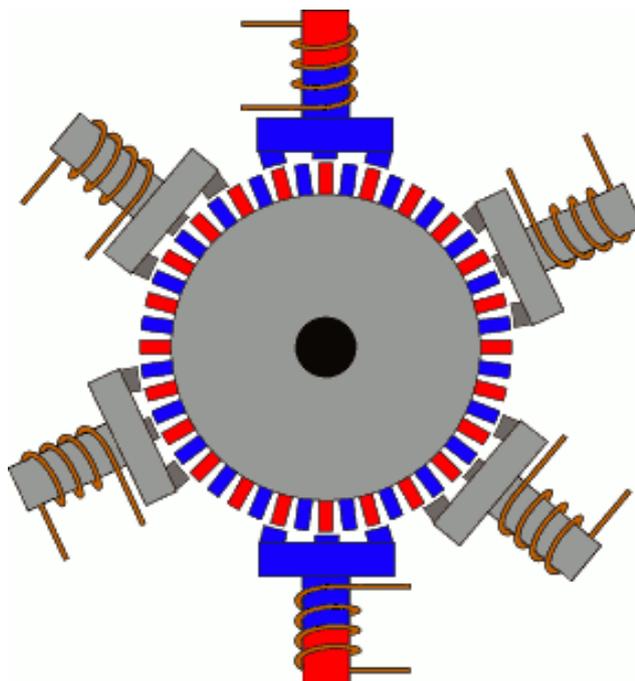


Рисунок 2 –Гибридный двигатель [3]

Поскольку шаговые двигатели относятся к многофазным двигателям, и среди них более распространены двухфазные двигатели, то выделяется несколько типов двигателей в зависимости от подключения обмоток: биполярный двигатель и униполярный двигатель [2].

Преимущества шаговых двигателей:

- Возможность быстрого старта, остановки либо реверсирования, высокая надежность, связанная с отсутствием щеток. Срок службы шагового двигателя фактически определяется сроком службы подшипников. Возможность обеспечения очень низких скоростей для нагрузок, присоединенных к валу двигателя без промежуточного редуктора, угол поворота ротора определяется числом импульсов, подаваемых на электродвигатель, двигатель обеспечивает полный момент в режиме остановки, прецизионное позиционирование и повторяемость, однозначная зависимость положения от входных импульсов обеспечивает позиционирование без обратной связи, скорость пропорциональна частоте входных импульсов, таким образом может быть перекрыт довольно большой диапазон скоростей.

Недостатки шаговых двигателей:

- Возможно явление резонанса, возможные потери контроля положения ввиду работы без обратной связи, потребление энергии не уменьшается без нагрузки, затруднена работа на высоких скоростях, малая высокая удельная мощность, сложная схема управления [2].

Шаговые двигатели применяются в различных областях деятельности человека. Так, в машиностроении используются двухфазные гибридные двигатели с шагом  $1,8^\circ$  или  $0,9^\circ$ . Из-за точности позиционирования шаговые двигатели широко используются в приводах машин и механизмов, например, в станках с ЧПУ. В отличие от сервоприводов позволяют получать точное позиционирование без использования обратной связи от датчиков углового положения. Также шаговые двигатели используются в устройствах компьютерной памяти (накопители на гибких магнитных дисках, устройствах чтения оптических дисков [1].

### Литература

1. Рентюк В. Шаговые двигатели и особенности их применения // Электрик. 2012. № 11. С. 40-45.
2. Ридико Л. Журнал “Основы схемотехники”. №6/2001. С 13-16.
3. <http://robotosha.ru/electronics/how-stepper-motors-work.html>