

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

УДК 621.75.002:51

Д. В. Кусков

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

*Белорусская государственная политехническая академия
Беларусь, Минск*

Из большого числа механизмов, используемых в технике, особое внимание уделяется тем, которые имеют наименьшее количество промежуточных звеньев. При этом к их наиболее важным характеристикам следует отнести такие, как простота конструкции, невысокая себестоимость, небольшие габариты и высокие выходные характеристики, возможность автоматизированного управления, использование их на станках с ЧПУ и автоматических линиях, а также возможность достижения высокой точности позиционирования.

В последние годы большое внимание уделяется шаговым двигателям. Они благодаря своим уникальным свойствам за сравнительно небольшое время получили широкое применение практически во всех отраслях промышленности.

Шаговый двигатель является электромеханическим устройством. Вал, или ротор шагового двигателя проворачивается на шаг в дискретных перемещениях, при подаче в соответствующей последовательности на него электрических импульсов. Последовательность прикладываемых импульсов непосредственно связана с направлением вращения вала двигателя. Скорость вращения зависит от подаваемой частоты входных импульсов, длина вращения связана с количеством прикладываемых входных сигналов.

Для того чтобы представить более полную картину принципа работы шагового двигателя, обратимся к основам теории (Basic Stepper Motor Theory).

Прежде всего, следует обратить внимание на то, что у шагового двигателя есть токопроводящих провода, в зависимости от типа двигателя 2, 4, 5, 6, а иногда и более. Также одно из основных его отличий состоит в том, что вращение ротора вручную затруднено, порой складываются впечатление что он неисправен.

На рис. 1 приведена упрощенная принципиальная схема шагового двигателя. Вы видите два цикла проводов. Каждый из этих циклов при подаче напряжения создает собственное магнитное поле, которое взаимодействует с ротором.

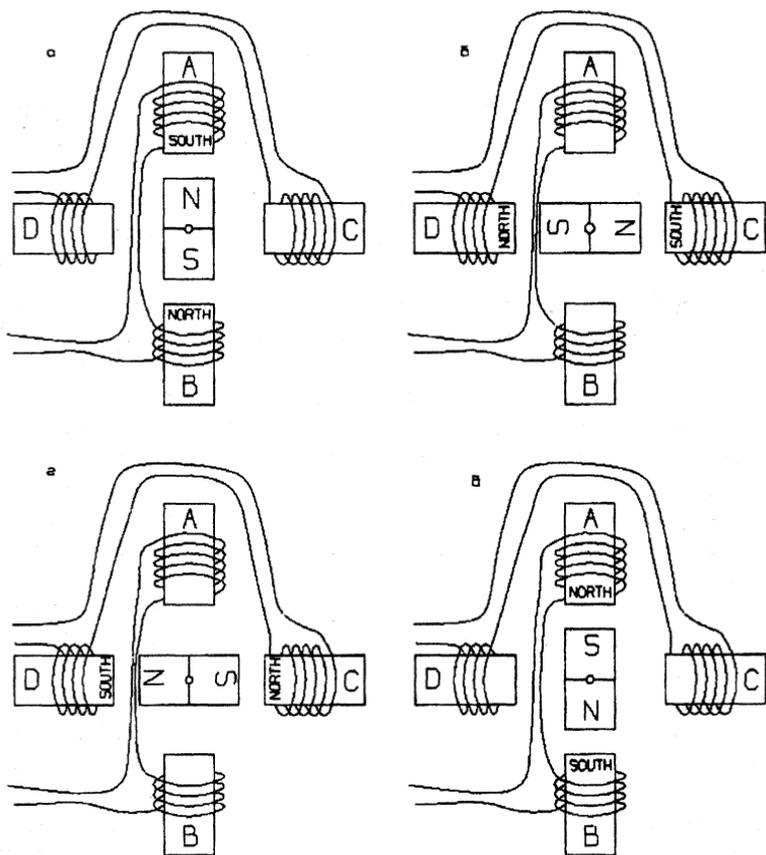


Рис.1 Принципиальная схема шагового двигателя

В рассматриваемом случае ротор представляет собой магнит. При подаче напряжения таким образом, чтобы полюсу А соответствовал South, а В—North, ротор за счет создавшегося взаимодействия магнитных полей повернется и займет положение, как показано на рис. 1, а. Положение ротора остается неизменным пока на катушку с обмоткой возбуждения подведено напряжение. Для того чтобы вал двигателя снова повернулся, мы снимаем напряжение с первой катушки и прикладываем его на вторую, так что полюса С—South и D—North (рис. 1б). Заметим, при таком расположении полюсов поворот ротора составит 90 градусов, а при последовательном подключении напряжения на каждый цикл, вращение будет, осуществ-

ляется по часовой стрелке. При дальнейшем позиционировании ротора мы используем повторное включение первого цикла, но на это раз в обратном направлении так, чтобы A–North и B–South. Ротор двигателя, в этом случае провернувшись, займет положение, как изображено на рис. 1, в.

Таким образом, придерживаясь определенного составленного алгоритма подключения напряжения в циклах, мы можем задать валу шагового двигателя соответствующее количество шагов.

Что ж, на первый взгляд, все предельно ясно, однако сразу возникает вопрос: каким образом ротор двигателя переместится на любой другой по величине шаг? Чтобы разрешить этот вопрос рассмотрим несложный пример: пусть статор двигателя имеет восемь индивидуальных разделов (полюсов), равноудаленных друг от друга на 45 градусов (рис. 2). Ротор будет иметь шесть разделов – 60 градусов между каждым разделом. Согласно принципу Vernier mechanism точное перемещение ротора для каждого шага должно быть 60, 45, или 15 градусов. Как этого можно достичь?

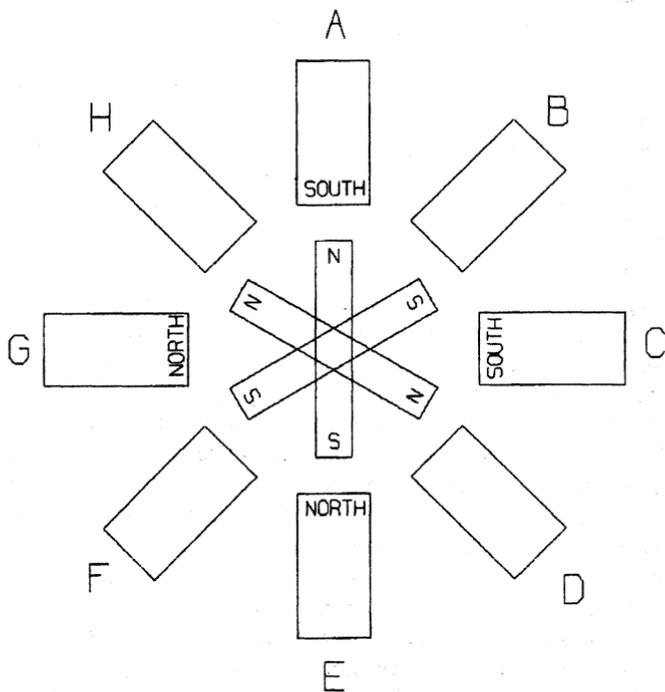


Рис. 2. Схема позиционирования ротора шагового двигателя на 15, 45, 60 градусов.

В нашем примере полюса А, С, Е и G имеют одну общую обмотку возбуждения, равно как и полюса В, D, F и H. Для начала сориентируем нулевое положение ротора, для чего полюсам А, С должен соответствовать South, а Е, G – North. Если мы хотим, чтобы ротор повернулся на 15 градусов, мы должны подать напряжение таким образом, чтобы полюсам В, D соответствовал South, а F, H – North. В случае необходимости вращения ротора против часовой стрелки достаточно изменить полярность.

Конечно, использующиеся на практике шаговые двигатели имеют гораздо большее число разделов (полюсов), что дает возможность ориентировать ротор двигателя с высокой точностью. В зависимости от области применения шаговые двигатели делятся на три основных типа:

- с переменным магнитным сопротивлением (Variable-reluctance);
- с постоянным магнитом (Permanent- magnet);
- смешанный тип двигателя (Hybrid).

Variable Reluctance Motors (VR) – этот тип двигателя, как правило, имеет три обмотки возбуждения, связанные между собой одним общим для всех терминалом. При подаче напряжения на обмотки происходит намагничивание полюсов, которые притягивают к себе рабочие поверхности ротора.

Сравнивая между собой первые два типа двигателей, надо отметить, что у Permanent-magnet характеристики вращающего момента значительно выше. Типичные углы шага для данного двигателя колеблются от 7,5 до 15 градусов (при 48 циклах 24 шага за один оборот).

Двигатель типа Hybrid более дорогой, чем два предыдущих, но эта разновидность шагового двигателя объединяет в себе наилучшие характеристики своих предшественников. Типичные углы двигателя колеблются от 3,6 до 0,3 градусов (100 циклов, 400 шагов за один оборот).

Достоинства шаговых двигателей:

- 1) угол вращения двигателя пропорционален входному импульсу;
- 2) точное позиционирование, а также возможность повторного перемещения;
- 3) надежное реагирование при пуске, остановке и реверсе;
- 4) легкость в управлении.

Но при высоких скоростях управление шаговыми двигателями затруднено.

Благодаря своим возможностям, шаговые двигатели получили широкое применение в станкостроении: используются на станках с ЧПУ и на автоматических линиях, в компьютерных технологиях, а также в различных диагностических установках, в химическом, ядерном, медицинском оборудовании.

Например, компания Epson America Inc. не так давно представила новый планшетный сканер Perfection 636, гарантирующий высокое качество и скорость ввода изображений. Максимальное аппаратное разрешение Perfection 636, равное 600x2400 пикселей на дюйм, достигается благодаря разработанной Epson передовой технологии Micro Step Drive, базирующийся на принципе работы сверхточного шагового двигателя (Epson America Inc: www.eea.epson.com).

В спектроскопии высокой разрешающей силы, в технике лазеров, в физике тонких диэлектрических слоев большое значение имеет многолучевая интерференция. Рассказывать о физической сущности этого явления я не буду и не смогу, хотелось бы только обратить ваше внимание на то, что для исследования многолучевой интерференции используется установка, где особая роль отведена шаговому двигателю, который проворачивает сферическое зеркало с высокой точностью (МГУ им. М.В. Ломоносова: www.msu.ru).

На нефтегазодобывающих промыслах при подземном и капитальном ремонте скважин в случае аварийного прихвата насосно-компрессорных труб (НКТ) возникает необходимость «расхаживания». Метод расхаживания заключается в импульсном приложении дополнительного усилия от гидравлического шагового привода, который обеспечивает движение колонны НКТ вверх-вниз или движение в шаговом режиме (Центр деловой информации «Мировая паутина»: www.@surbis.ru).

Большой интерес к шаговым двигателям проявляют и в атомной промышленности, правда, в основном внимание уделяется такой разновидности, как линейные шаговые двигатели. В основном они применяются преимущественно в тех случаях, когда не желательно или невозможно использовать труд рабочего. Например, при открытии и закрытии дверей атомного реактора.

Привода настолько разнообразные примеры, хотелось бы еще раз подчеркнуть, насколько актуально изучение и выявление новых возможностей шаговых двигателей, а также механизмов, которые могут конкурировать в XXI веке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stepping motors: a guide to modern theory and practice. Acarnley P.P., P.Peregrinus in behalf of the IEE, 1984. 2. Stepping motors and their microprocessor controls. Kenjo, Takashi Oxford University Press, 1984. 3. Course lectures (Basic Stepper Motor Theory) Douglas W. Jones Associate Professor of Computer Science at the University of Iowa (www.uiowa.edu). 4. Course lectures (Stepper Motor Basic). Ian Harris Teaching Associate in the Department of Computing, Imperial College, London (www.doc.ic.ac.uk).