

ШАГОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Чемис Е. В.

Научный руководитель доцент Турышева Е.С.

Сибирский федеральный университет

В машиностроении наибольшее распространение получили высокомоментные двухфазные гибридные шаговые электродвигатели с угловым перемещением $1,8^\circ/\text{шаг}$ (200 шагов/оборот) или $0,9^\circ/\text{шаг}$ (400 шаг/об). Точность выставления шага определяется качеством механической обработки ротора и статора электродвигателя. Производители современных шаговых электродвигателей гарантируют точность выставления шага без нагрузки до 5 % от величины шага. Дискретность шага создаёт существенные вибрации, которые в ряде случаев могут приводить к снижению крутящего момента и возбуждению механических резонансов в системе. Уровень вибраций удаётся снижать при использовании режима дробления шага или при увеличении количества фаз.

Режим дробления шага (микрошаг) реализуется при независимом управлении током обмоток шагового электродвигателя. Управляя соотношением токов в обмотках можно зафиксировать ротор в промежуточном положении между шагами. Таким образом можно повысить плавность вращения ротора и добиться высокой точности позиционирования. Качество изготовления современных шаговых двигателей позволяет повысить точность позиционирования в 10-20 раз.

Шаговые двигатели стандартизованы национальной ассоциацией производителей электрооборудования (NEMA (англ.)) по посадочным размерам и размеру фланца: NEMA 17, NEMA 23, NEMA 34, ... — размер фланца 42 мм, 57 мм, 86 мм, 110 мм соответственно. Шаговые электродвигатели NEMA 23 могут создавать крутящий момент до 30 кгс*см, NEMA 34 до 120 кгс*см и до 210кгс*см для двигателей с фланцем 110 мм. Схема шагового двигателя с активным ротором приведена на рис. 1

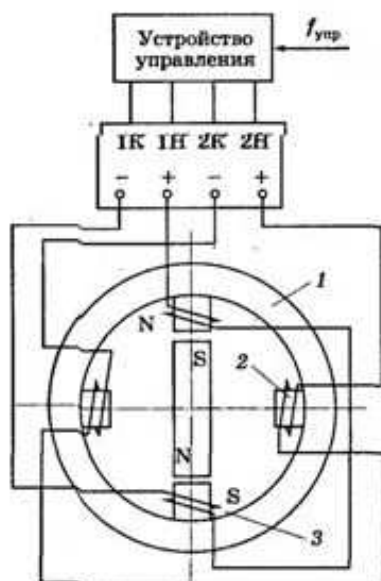


Рис. 1. Схема шагового двигателя с активным ротором

Шаговый двигатель имеет на статоре две пары явно выраженных полюсов, на которых находятся обмотки возбуждения (управления): обмотка 3 с выводами 1Н - 1К и обмотка 2 с выводами 2Н - 2К. Каждая обмотка состоит из двух частей, находящихся на противоположных полюсах статора 1 ШД.

Ротор 3 представляет собой двухполюсный постоянный магнит. Обмотки питаются импульсами от устройства управления, которое преобразует одноканальную последовательность входных импульсов управления $f_{упр}$, в многоканальную (по числу фаз шагового двигателя).

Ток в этой обмотке вызовет намагничивание вертикально расположенных полюсов N и S.

В результате взаимодействия магнитного поля с постоянным магнитом ротора последний займет равновесное положение, в котором оси магнитных полей статора и ротора совпадают.

Положение будет устойчивым, поскольку на ротор действует синхронизирующий момент, стремящийся вернуть ротор в положение равновесия: $M = M_{max} \times \sin\alpha$, где M_{max} - максимальный момент, α - угол между осями магнитных полей статора и ротора.

При переключении блоком управления напряжения с обмотки 3 на обмотку 2 образуется магнитное поле с горизонтальными полюсами, т.е. магнитное поле статора совершает дискретный поворот на четверть окружности статора. При этом между осями статора и ротора появится угол рассогласования $\alpha = 90^\circ$ и на ротор будет действовать максимальный вращающий момент M_{max} . Ротор повернется на угол $\alpha = 90^\circ$ и займет новое устойчивое положение. Таким образом, вслед за шаговым перемещением поля статора совершает шаговое перемещение ротор двигателя.

Главное преимущество шаговых приводов - точность. При подаче потенциалов на обмотки шаговый двигатель повернется строго на определенный угол.

Стоимость шаговых приводов, в среднем в 1,5-2 раза дешевле сервоприводов. Шаговый привод, как недорогая альтернатива сервоприводу, наилучшим образом подходит для автоматизации отдельных узлов и систем, где не требуется высокая динамика. Возможность «проскальзывания» ротора — наиболее известная проблема этих двигателей. Это может произойти при превышении нагрузки на валу, при неверной настройке управляющей программы (например, ускорение старта или торможения не адекватно перемещаемой массе), при приближении скорости вращения к резонансной. Электрически это никак не может быть замечено, поэтому контроллер все последующие движения будет производить с ошибкой. Для ответственных применений устанавливают датчики обратной связи (контроль вращения или перемещения), но такие датчики достаточно дороги. Наличие датчика позволяет обнаружить проблему, но автоматически скомпенсировать её без остановки производственной программы возможно только в очень редких случаях. Чтобы избежать проскальзывания ротора, как один из способов, можно увеличить мощность двигателя.

Шаговые двигатели бывают однофазными, двухфазными и многофазными с активным или пассивным ротором. Управление шаговым двигателем обеспечивается электронным блоком управления. Пример схемы управления шаговым двигателем приведен на рис. 2.

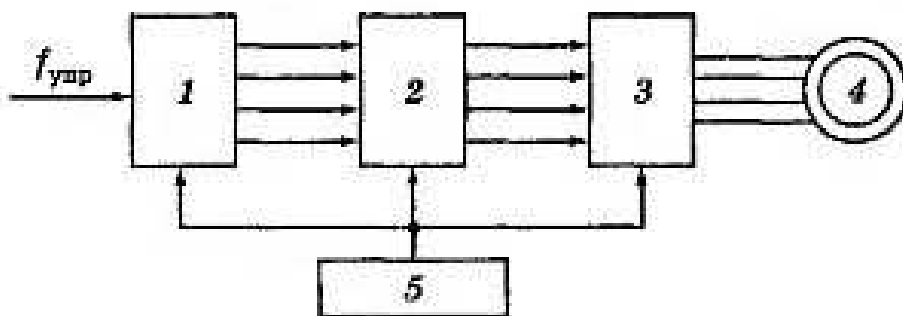


Рис. 2. Функциональная схема разомкнутого электропривода с шаговым двигателем

Сигнал управления $f_{упр}$ в виде импульсов напряжения поступает на вход блока 1, преобразующего последовательность импульсов, например в четырехфазную систему однополярных импульсов (в соответствии с числом фаз шагового двигателя).

Блок 2 формирует эти импульсы по длительности и амплитуде, необходимым для нормальной работы коммутатора 3, к выходам которого подключены обмотки шагового двигателя 4. Коммутатор и остальные блоки питаются от источника постоянного тока 5.

При повышенных требованиях к качеству дискретного привода применяют замкнутую схему шагового электропривода (рис. 3), которая кроме шагового двигателя включает преобразователь П, коммутатор К и датчик шага ДШ. В таком дискретном приводе информация о действительном положении вала рабочего механизма РМ и скорости шагового двигателя поступает на вход автоматического регулятора, который обеспечивает заданный характер движения привода.

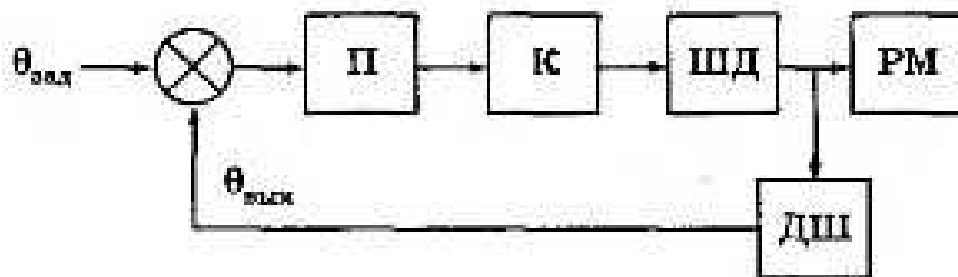


Рис. 3. Функциональная схема замкнутого дискретного привода

В современных системах дискретного привода применяются микропроцессорные средства управления. Область применения приводов с шаговыми двигателями постоянно расширяется. Их использование перспективно в сварочных автоматах, приборах времени, лентопротяжных и регистрирующих механизмах, системах управления топливоподачей двигателей внутреннего сгорания.

Управление шаговым двигателем производится несколькими способами.

1. Попеременная коммутация фаз (одновременно включена только одна фаза).

Точки равновесия ротора для каждого шага совпадают с «естественными» точками равновесия ротора у незапитанного двигателя. Такие системы управления шаговыми двигателями применяются преимущественно для производства электротехнического оборудования.

2. Управление фазами двигателя с перекрытием (одновременно включены две фазы).

При этом способе управления ротор фиксируется в промежуточных позициях между полюсами статора и обеспечивается примерно на 40% больший момент, чем в случае одной включенной фазы.

Этот способ управления электроприводом обеспечивает такой же угол шага, как и первый способ, но положение точек равновесия ротора смещено на полшага.

3. Полушаговый режим (каждый второй шаг запитана лишь одна фаза, а в остальных случаях запитаны две).

Системы управления электроприводом с данным режимом позволяет уменьшить размер шага. В результате угловое перемещение ротора составляет половину угла шага для первых двух способов управления. Также такое управление шаговым двигателем позволяет немного снизить резонанс.

4. Микрошаговый режим.

Системы управления электроприводом, основанные на микрошаговом режиме, позволяют менять ток в фазах небольшими шагами, обеспечивая таким образом разделение половинного шага на еще меньшие микрошаги. Если включены одновременно две фазы, но их токи не равны, то положение равновесия ротора будет лежать не в середине шага, а в другой точке. Эту точку определяют соотношением токов фаз. Меняя это соотношение, можно обеспечить некоторое количество микрошагов внутри одного шага.

Для управления приводами требуется специальный драйвер шагового двигателя.

Драйвер представляет собой силовую часть со встроенным простейшим интерфейсом, основанным на комбинации ШАГ–НАПРАВЛЕНИЕ.

Драйвер шагового двигателя еще и усилитель мощности, который преобразует импульсы, получаемые от источника электрического тока, в перемещение вала. При этом каждый импульс вызывает перемещение вала на 1 шаг (или на 1 микрошаг).

Драйвер шагового двигателя снабжён специальной схемой, которая служит для выполнения трёх основных задач:

- Включать и выключать ток в обмотках, а также менять его направление. При выполнении этой задачи системы управления электроприводом работают без сбоев.
- Поддерживать заданное значение тока.
- Обеспечивать как можно более быстрое нарастание и спад тока для достижения требуемых скоростных характеристик. Скоростные характеристики в свою очередь качественным образом влияют на управление шаговым двигателем.

Драйверы подразделяются на несколько типов, каждый из которых определяет мощность вала двигателя.

Следует отметить, что современные технологии, по которым изготавливается привод шагового двигателя, постоянно совершенствуются. Смысл совершенствования в том, чтобы обеспечить получение наибольшего момента на валу при минимальных габаритах двигателя, широких скоростных возможностях, высокого КПД и улучшенной точности. Важным звеном этой технологии является применение микрошагового режима.

Кроме того, одной из основных деталей является контроллер управления шаговым двигателем. Как правило, контроллеры для шагового двигателя изготавливаются на базе промышленных микроконтроллеров и могут быть как программными, так и аппаратными. Программные контроллеры для шагового двигателя применяются тогда, когда круг решаемых ими задач небольшой. Цена такого программного контроллера намного ниже аппаратного.