

К ВОПРОСУ ОБ ИЗУЧЕНИИ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ

С.К. ГРУДО, А.С. ЗЫБИН

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Шаговые двигатели (ШД) служат для преобразования импульсного или кодового сигнала в угловое перемещение. В последнее время в связи с развитием компьютерной техники и технологии их область применения постоянно расширяется, например, в беспилотных системах, таких как дроны. Благодаря преобразованию электрических импульсов в точные механические движения ШД используют для точного позиционирования исполнительных механизмов (камер, тепловизоров и другого оборудования), для приведения в движение механизмов захвата или манипуляторов, а также для обеспечения высокой точности и плавности движений, что важно для стабилизации дрона в воздухе.

Шаговые двигатели являются синхронными электрическими машинами, у которых обмотки статора питаются от источника постоянного тока. Шаговых двигателей существует множество разновидностей. В настоящее время большинство используемых шаговых двигателей – гибридные.

Как и обычные двигатели они бывают активными (с возбужденным ротором) и реактивными. Активный ротор позволяет получить больший вращающий момент и обеспечить фиксацию положения при обесточенных обмотках статора. На статоре ШД располагаются несколько обмоток, подключаемых в определенной последовательности к источнику постоянного тока с помощью электронного коммутатора.

В зависимости от конфигурации обмоток двигателя делятся:

- унipoлярный, имеющий шесть выходов. Содержит в себе две обмотки, но каждая обмотка имеет отвод из середины;
- биполярный, имеющий четыре выхода и содержащий в себе две обмотки;

- четырехобмоточный, имеющий четыре независимые обмотки. Можно представлять его как унipoлярный, обмотки которого разъединены, а если соединить соседние отводы, то получается биполярный двигатель.

В беспилотных системах, в зависимости от их назначения, используются различные режимы работы шаговых двигателей, как и других типов двигателей.

Различают следующие режимы работы шаговых двигателей:

- статический режим, когда в обмотках статора протекает постоянный ток и магнитное поле неподвижно. Ротор находится в фиксированном положении и может только отклоняться от него на угол нагрузки θ ;

- квазистатический режим – режим, когда коммутация обмоток совершается непрерывно, но между моментами переключения электромагнитные и механические переходные процессы полностью заканчиваются и скорость ротора в начале каждого шага равна нулю. Этот режим по существу является последовательностью статических режимов;

- установившийся режим работы, это режим при постоянной частоте коммутации обмоток. Ротор двигателя в этом режиме имеет постоянную среднюю скорость вращения, но совершает периодические и неперiodические угловые колебания.

Режим работы определяется конкретным применением, например, для управления системами стабилизации и механизмов подвеса.

Основными характеристиками, определяющими свойства ШД как электромеханического преобразователя, являются рабочие динамические характеристики. К ним относятся предельная механическая характеристика и зависимость частоты приёмистости от момента нагрузки.

Предельная механическая характеристика – это зависимость тактовой частоты коммутации или, что то же самое, средней скорости вращения ротора, от момента нагрузки на валу, при котором ротор ШД выпадает из синхронизма.

Под частотой приёмистости понимают максимальную частоту тактовых импульсов, при которой возможен пуск ШД из неподвижного состояния без потери шага. Различие этих двух характеристик заключается в том, что первая из них соответствует выходу из синхронизма в режиме вращения ротора, а вторая – при пуске. Поэтому отличие характеристик чисто количественное.

На сегодняшний день намного проще реализовать следящий электропривод на шаговом двигателе. Главная особенность шагового двигателя состоит в том, что положение ротора всегда можно вычислить, подсчитав количество сделанных шагов и как следствие – нет необходимости в замкнутой системе с обратной связью. Следящий электропривод считает сделанные шаги и таким образом определяет текущее положение ротора. Когда изменяется заданное значение положения вала, система вычисляет разницу между реальным и заданным углами, и делает необходимое количество шагов, чтобы скомпенсировать ошибку рассогласования. ШД могут быть частью следящего электропривода в беспилотных аппаратах, в задачах, требующих точного позиционирования и дискретных перемещений, таких как управление манипуляторами, опусканием или вращением оптических систем.

К достоинствам следящего привода на базе шагового двигателя следует отнести: простота реализации, отсутствие датчика положения ротора, отсутствие колебательных процессов. К недостаткам относится необходимость начальной синхронизации реального положения ротора и значения положения ротора в контроллере системы, а также ошибка при выходе из синхронизации шагового двигателя, которую можно скомпенсировать только повторной синхронизацией.

Исследование шаговых двигателей при проектировании беспилотных систем фокусируется на повышении их точности, надежности и энергоэффективности для конкретных задач управления, а также на интеграции с системами управления БПЛА для точной координации движений. Для изучения принципа работы шагового двигателя и его работы в составе следящих систем часто используется специализируемое учебное оборудование. В некоторых учебных лабораторных стендах (например, компании ЧПУП «НТП «Центр»», г. Могилев) по изучению микропроцессорной техники и элементов систем управления содержится блок, позволяющий исследовать принципы управления ШД с помощью драйвера, а также организацию следящей системы с помощью электронного программного обеспечения.

Собрав определенную схему подключения драйвера управления к ШД (рис. 1), можно выполнить контроль входных и выходных сигналов драйвера с помощью встроенного цифрового осциллографа.

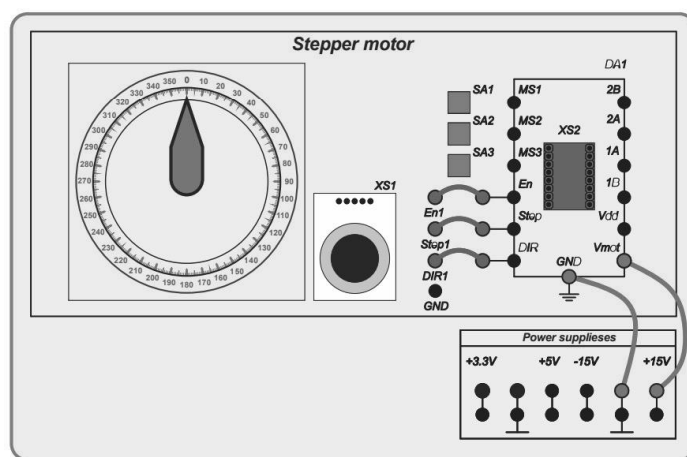


Рис. 1. Схема исследования режимов работы ШД

Общий алгоритм управления следящей системой реализуется в программе верхнего уровня на компьютере. Положение вала двигателя отображается на мониторе компьютера, а реальную отработку программы можно оценить визуально по градусной шкале 0.360° , установленной на электромашинном агрегате, и стрелке на валу двигателя (рис. 2).

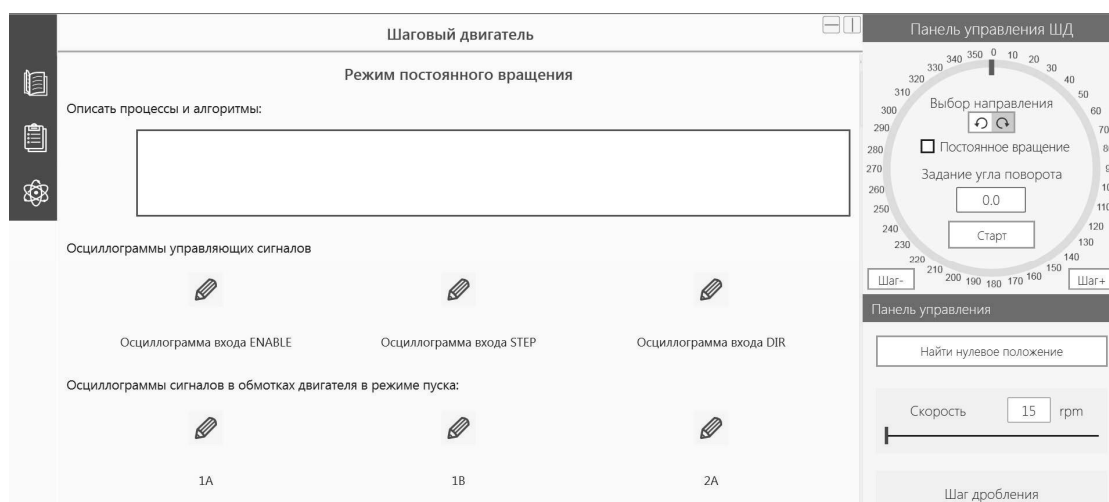


Рис. 2. Пример рабочего окна панели управления

Подобного рода блоки, интегрированные в лабораторные стенды, позволяют реализовывать несколько режимов работы следящей системы с ШД: режим постоянного вращения, режим одиночных шагов, режим синхронизации, режим реверсирования, режим ручного управления. Исследование режимов позволяет получить ряд зависимостей и определить влияние выбранного деления шага ШД на скорость и точность следящей системы, что в дальнейшем может быть использовано при проектировании более сложных конструкций.

УДК 621.355

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СБОРОК ЛИТИЙ-ИОННЫХ ЯЧЕЕК МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

К.В. ДОБРЕГО¹, В.Л. ЧЕРВИНСКИЙ², А.С. КАЛЕДНИК²

¹ ООО «Белинвестторг» холдинг 1AK GROUP

² Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В связи с развитием электротранспорта, ростом «зеленой» энергетики, необходимостью регулирования нагрузки энергосистем рост рынка аккумуляторных батарей (АКБ) в последнее десятилетие составлял 20–30 % в год [1].

Батарейные подсистемы построены как последовательно-параллельные сборки электрохимических ячеек. Ячейки не являются абсолютно