

Создание адаптивной системы управления шаговым двигателем

Александр Петрушин (alex.petrushin.96@mail.ru)

В данной статье описывается создание адаптивной системы управления шаговым двигателем для лазерного станка с ЧПУ. Рассмотрены модель в виде готового блока «Stepper Motor with Control» в пакете Matlab Simulink; модель шагового двигателя на основе системы дифференциальных уравнений и модель на основе формулы определения текущей скорости ШД. Создана адаптивная модель управления шаговым двигателем для лазерного станка ЧПУ с пирометром.

Введение

В станках с числовым программным управлением, 3D-принтерах, роботах и прочих системах автоматизации широко используется электропривод на базе шаговых двигателей. Их широкое применение, прежде всего в системах позиционного электропривода роботов, обусловлено отличительными особенностями самого шагового двигателя (ШД) как электромеханического преобразователя энергии, такими как возможность отработки малых дискретных перемещений, отсутствие коллекторно-щёточного узла, а также развитием элементной базы и возможностями современных микропроцессорных систем программного управления.

Описание шагового двигателя

Шаговый электродвигатель (ШД) — это синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками, в котором ток, подаваемый в одну из обмоток статора, вызывает фиксацию ротора. Последовательная активация обмоток двигателя вызывает дискретные угловые перемещения (шаги)

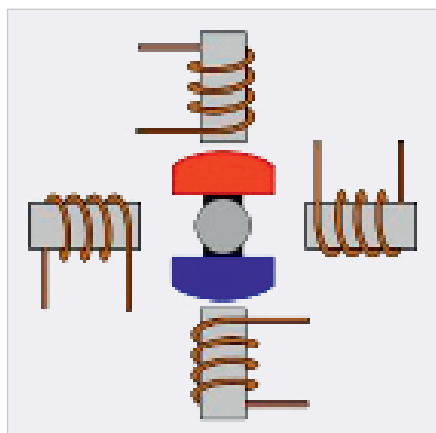


Рис. 1. Пример четырехобмоточного ШД

ротора [2]. Конструктивно шаговые электродвигатели состоят из статора, на котором расположены обмотки возбуждения, и ротора, выполненного из магнитомягкого или из магнитотвёрдого материала. Шаговые двигатели с магнитным ротором позволяют получать большой крутящий момент и обеспечивают фиксацию ротора при обесточенных обмотках (рис. 1).

Таким образом, выделяют следующие разновидности ШД по конструкции ротора:

- с постоянными магнитами (ротор из магнитотвёрдого материала);
- реактивный (ротор из магнитомягкого материала);
- гибридный.

Гибридные двигатели (рис. 2) сочетают в себе лучшие черты двигателей с переменным магнитным сопротивлением и двигателей с постоянными магнитами.

Адаптивная система управления шаговым двигателем

Создана адаптивная система управления шаговым двигателем (рис. 3), состоящая из следующих элементов: сам

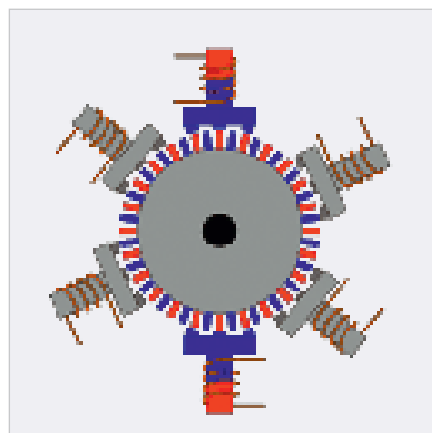


Рис. 2. Пример гибридного двигателя

шаговый двигатель, драйвер для управления шаговым двигателем, программно-логический контроллер, на который программируется алгоритм действий шагового двигателя. От ПЛК идёт преобразователь от RS-485 до RS-232, где подключается пирометр к разъёму RS-232, также от ПЛК идёт подключение к панели НМІ, где регулируется работа с шаговым двигателем, и ПК, который имеет возможность запрограммировать шаговый двигатель.

Компьютерная модель в Matlab

Система управления шаговым двигателем была собрана по принципу реального управления в шаговом режиме с программной обратной связью. Из библиотеки программы была взята готовая модель биполярного шагового двигателя. На рис. 4 представлена схема в общем виде.

Эта модель показывает, как использовать драйвер шагового двигателя и блоки шагового двигателя вместе для реализации управляемого шагового двигателя с постоянным магнитом. Модель предоставляет два варианта контроллера: один для управления положением и один для управления скоростью. Чтобы изменить тип контроллера, щёлкните правой кнопкой мыши на блоке контроллера, выберите Вариант → Переопределить с помощью → и выберите Положение или Скорость.

Шаговый двигатель имеет полный размер шага 1,8 градуса. В модели позиционного управления входным значением Ref является желаемое количество шагов. В режиме управления скоростью входным значением Ref является желаемое количество шагов в секунду.

Эта модель представляет собой модель системного уровня, подходящую для изучения динамики шагового двигателя и того, будет ли угол шага скользить при движении заданной нагрузки. Его также можно использовать для настройки шагового контроллера для улучшения производительности шага. Часто контроллер частично или полностью реализован на готовом модуле шагового контроллера.

Альтернатива реализации алгоритма на микропроцессоре (например,

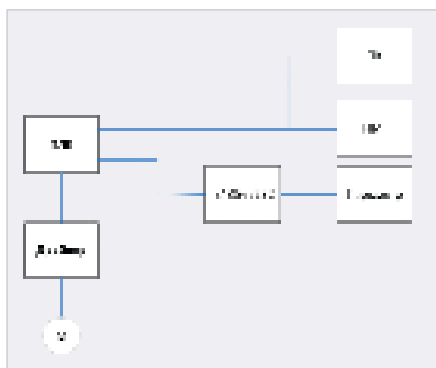


Рис. 3. Структурная схема адаптивной системы

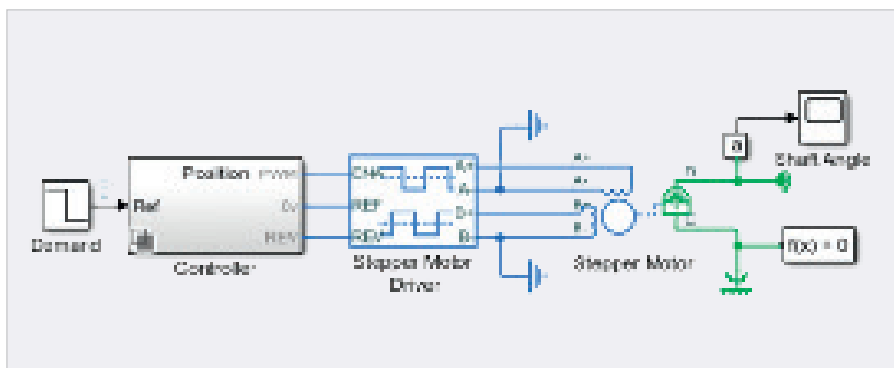


Рис. 4. Структурная схема лазерного комплекса

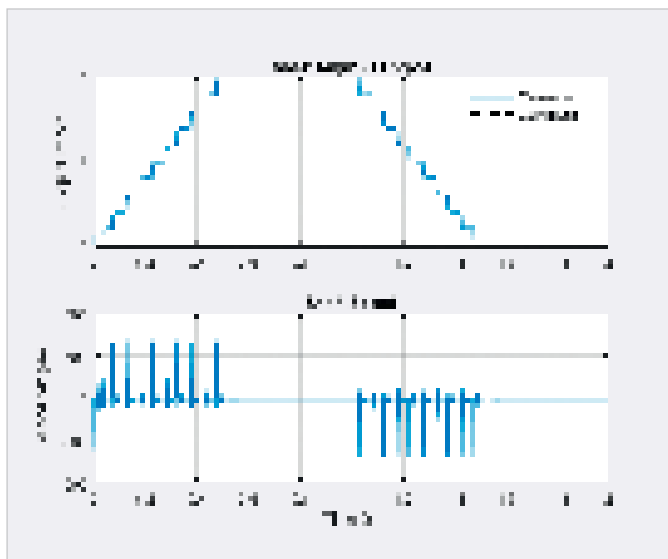


Рис. 5. Графики контроля положения

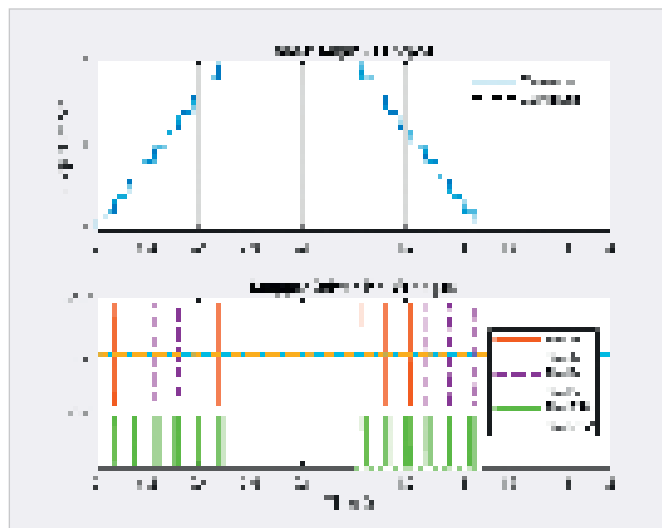


Рис. 6. График состояния выводов шагового драйвера, которые влияют на движение шагового двигателя

Рис) даёт большую гибкость, и микропроцессор также может использоваться для управления другими частями общей системы. В этом случае части блока драйвера шагового двигателя также могут быть реализованы на микропроцессоре, оставляя только каскад усилителя мощности в аналоговой электронике.

Тест контроля положения вала шагового двигателя представлен на рис. 5.

На графике рассматривается угол вала двигателя по сравнению с сигналом спроса. Алгоритм управления положением принимает команду положения в виде нескольких шагов и преобразует её в последовательность импульсов, которая управляет драйвером шагового двигателя. Шипы на графике угловой скорости происходят, когда вал оседает в своё командное положение.

На графике показано, как драйвер инициирует шаг каждый раз, когда сигнал ENA поднимается выше порогового напряжения включения.

Заключение

Таким образом, каждый вариант моделирования шаговых двигателей

имеет как свои достоинства, так и свои недостатки. Выбор зависит от конкретных задач, предъявляемых к моделям. Так, если человеку необходима наглядная демонстрация результатов моделирования, стоит прибегнуть к методу моделирования на основе готовых блоков в пакете Matlab Simulink. Если имеется необходимость описать процессы, протекающие в электрическом двигателе, стоит провести моделирование системы дифференциальных уравнений путём составления линейной модели, это позволит смоделировать определённые процессы в ШД с помощью математических операций. Положительным моментом моделирования ШД на основе формулы определения текущей скорости ШД является быстрое время вычисления математических операций пакетом Matlab Simulink вследствие небольшого количества операций.

Литература

1. Рентюк В. Шаговые двигатели и особенности их применения // Компоненты и технологии. 2013. № 10 (147). С. 71–78.

2. Kim W., Yang C., Chung C. Design and implementation of simple field-oriented control for permanent magnet stepper motors without DQ transformation, IEEE Trans. Magnet., 2011. Vol. 47, No. 10, pp. 4231–4234.
3. Mohamed S. Zaky, Ehab M. Ismaeil, Mahmoud M. Khater. Gain Scheduling Adaptive Proportional-integral Controller for a Field-oriented Control of Hybrid Stepper Motor Drives. Electric Power Components and Systems, 2012 Taylor & Francis Group, LLC 40, pp. 777–791.
4. Томчина О.П., Горлатов Д.В., Томчин Д.А., Свенцицкая Т.А. Алгоритм адаптивного управления механическими системами с неявной эталонной моделью и фильтрацией // Информатика и системы управления. 2018. № 3 (57). С. 124–130.
5. McClelland W. (1927). The Application of Electricity in Warships. JIEE 65, 829–71. (Related part: pp. 850–2.)
6. Кенно Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. М.: Энергоатомиздат, 1987. 189 с.
7. Иванов А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие. М.: Форум, 2012. 224 с.