

УДК 62-83

В. М. Сбоев, В. С. Грудинин, В. И. Лалетин

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С РАЗЛИЧНЫМИ ТРАЕКТОРИЯМИ ДВИЖЕНИЯ

В статье обсуждается моделирование позиционного электропривода с шаговым двигателем при необходимости формирования траекторий движений выше частоты приемистости. Изменение частоты управляющих импульсов при программном управлении можно производить по множеству вариантов траекторий, например с постоянным ускорением, экспоненциальной траектории движения или с целью интерполяции, как показано во множестве работ, посвященных этому вопросу. Но по-прежнему остается актуальным вопрос моделирования схемных решений и отладки программного обеспечения. В данной работе в качестве примера по функциональной схеме устройства была разработана учебная модель для демо – версии САПР «Proteus VSM», которая позволяет осуществить визуализацию сигнала изменения частоты управления шаговым двигателем с выводом на виртуальный осциллограф и провести отладку программного обеспечения проектируемой микропроцессорной системы на различных языках (Ассемблер, Си, Паскаль). Представленный в данной статье подход к моделированию устройств автоматики, применяемых в робототехнических системах, позволяет ознакомить студентов с методикой работы в САПР и ускорить разработку опытного образца, особенно в случаях подключения датчиков и актуаторов с неизвестным протоколом взаимодействия.

Ключевые слова: Моделирование, микропроцессор, алгоритм, программа, цифро-аналоговый преобразователь, шаговый двигатель, частота приемистости.

Формирование траекторий движения актуально при разгоне и торможении шагового двигателя выше частоты приемистости и рассматривается в работах [1, 2, 8]. Всегда актуальным остается вопрос разработки и отладки программного обеспечения в условиях, максимально приближенных к реальной системе с графической визуализацией процесса управления.

При разработке робототехнических систем приходится иметь дело с различными электроприводами. Разработка программного и аппаратного обеспечения для таких систем требует соответствующих испытаний.

Рассмотрим задачу разработки модели шагового электропривода и визуализации в демо-версии САПР Proteus VSM [3]. Функциональная схема устройства приведена на рис.1.

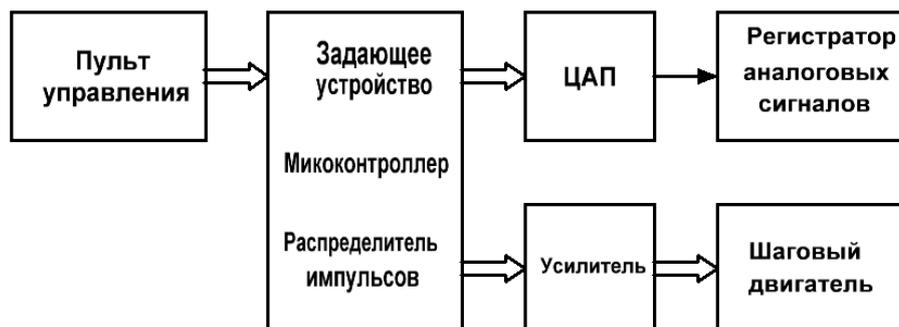


Рис. 1. Функциональная схема устройства

В приведенной схеме в качестве задающего устройства используется пульт управления с кнопками «Пуск» и «Стоп», с помощью которых можно управлять электроприводом. Также смоделировать требуемые характеристики программного разгона и торможения ШД.

Изменение частоты управляющих импульсов f_y при программном управлении можно производить по экспоненциальной, линейной или параболической (рис. 2) траектории. Здесь $f_{y1} \dots f_{y4}$ – максимальные частоты управляющих импульсов f_y ; t_{t1}, \dots, t_{t4} f_{y4} время нарастания соответствующего значения частоты; t_{t1}, \dots, t_{t4} - время начала торможения.

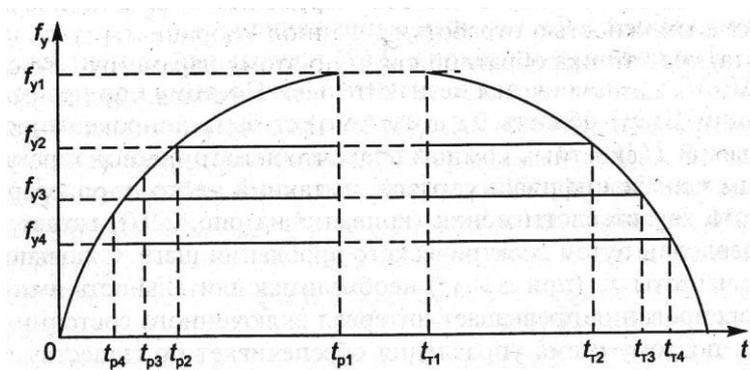


Рис. 2. Изменения частоты управляющих импульсов по экспоненте

На рис. 3 показан режим «больших» перемещений ШД, когда имеет место установившееся значение f_y . Такому режиму соответствует лишь одна из характеристик, остальные характеристики представляют режим обработки «малых» перемещений, при котором установившееся значение f_y отсутствует, а время окончания разгона и время начала торможения совпадают. Разгон может производиться с некоторого начального значения частоты f_0 , не превышающей частоты приемистости как частный случай.

С точки зрения программной реализации алгоритма управления предпочтительнее применить управление по линейной траектории (рис. 3).

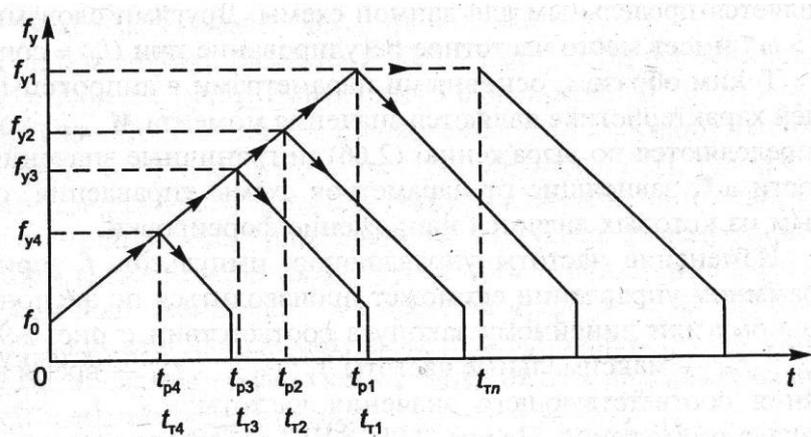


Рис. 3. Изменения частоты управляющих импульсов по линейной зависимости

На рис. 4 представлен блок управления шаговым двигателем на PIC – микроконтроллере с задающим устройством в виде кнопок «Пуск», «Стоп» и «Res» – сброс микроконтроллера.

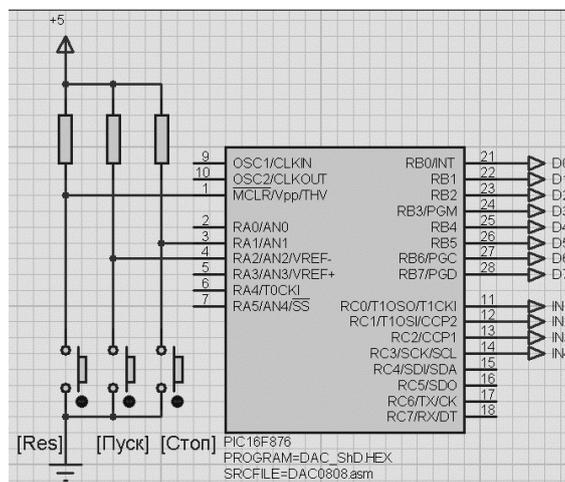


Рис. 4. Блок управления шаговым двигателем на микроконтроллере

Здесь порт RB используется для визуализации сигнала изменения частоты управления ШД. Частота управления определяется периодом, величина которого задается табличным способом в основном цикле программы управления ШД. Схема модели ЦАП представлена на рис. 5.

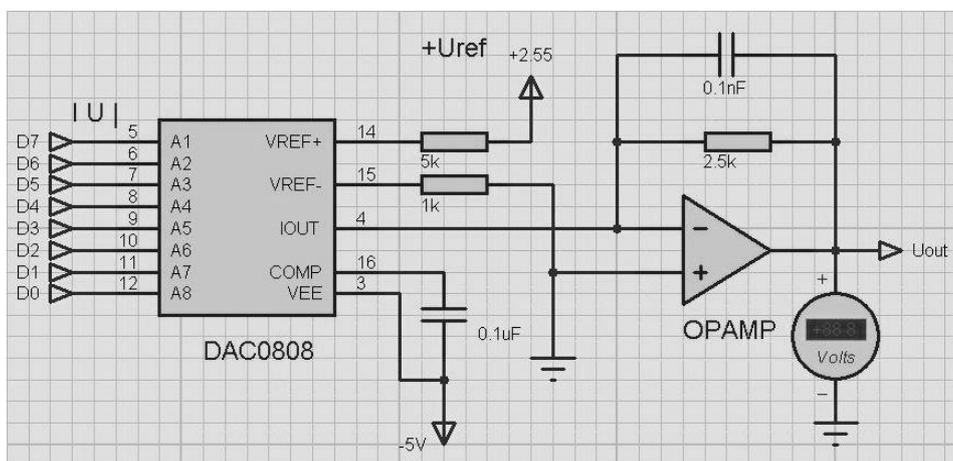


Рис. 5. Схема модели ЦАП с источником опорного напряжения $+U_{ref}$

Модель ЦАП использует микросхему DAC0808 с матрицей резисторов R-2R. Для преобразования суммарного тока ЦАП в напряжение используется прецизионный операционный усилитель OPAMP. Амплитуда выходного сигнала определяется источником опорного напряжения. Для 8-битного формата выбрано напряжение $+U_{ref} = 2,55 \text{ В}$ с шагом 10 мВ/бит.

Порт RC3-0 используется в качестве распределителя импульсов для управления ШД с усилителем мощности, схема модели которого представлена на рис. 6.

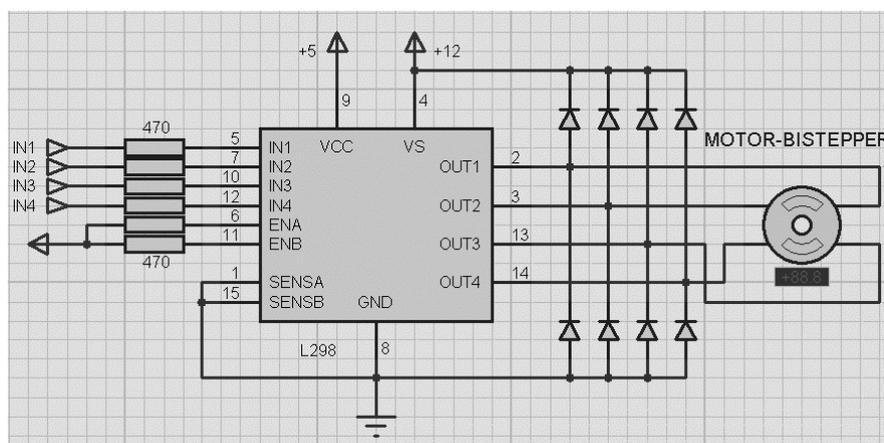


Рис. 6. Блок управления шаговым двигателем на микросхеме L298

На рис. 7 представлена осциллограмма работы задающего устройства формирования заданной частоты управления ШД по параболе.

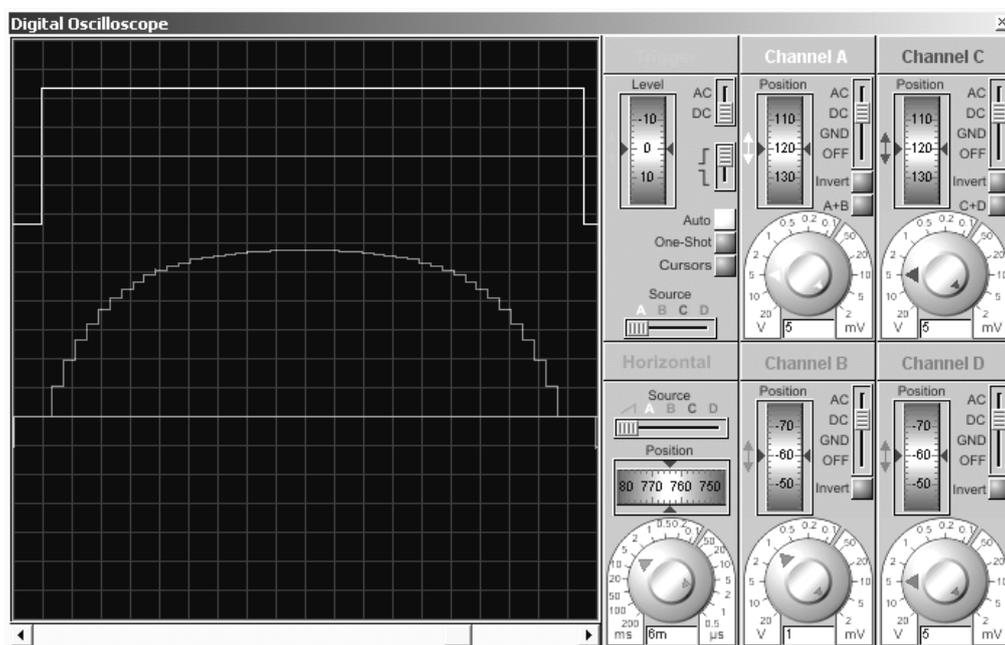


Рис. 7. Осциллограмма разгона и торможения ШД по экспоненте

На рис. 8 представлена осциллограмма работы задающего устройства формирования заданной частоты управления ШД по линейной траектории в виде трапеции.

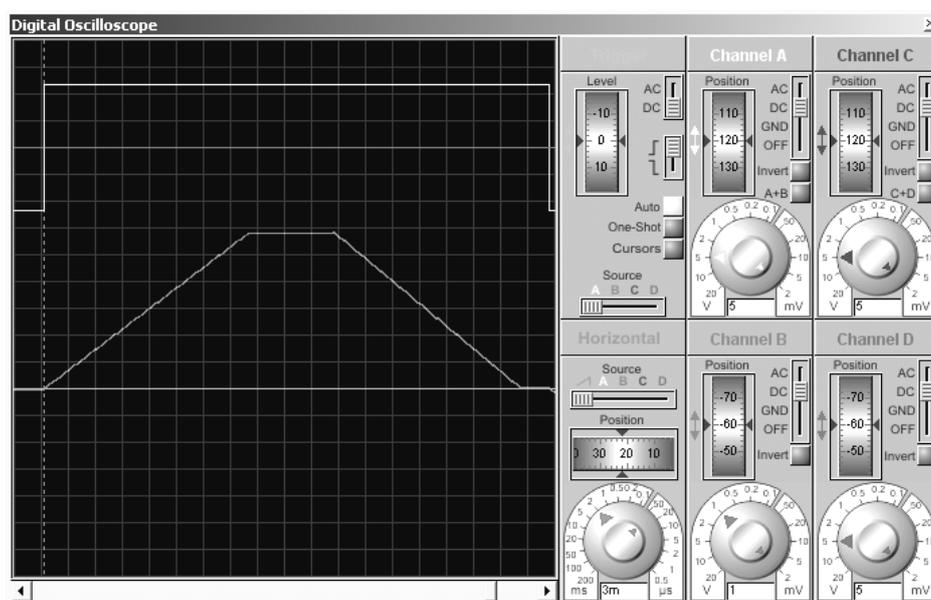


Рис. 8. Осциллограмма разгона и торможения ШД по трапеции

На рис. 9 представлена осциллограмма работы задающего устройства формирования заданной частоты управления ШД по экспоненциальной траектории, характеризующей изменение положения позиционного устройства.

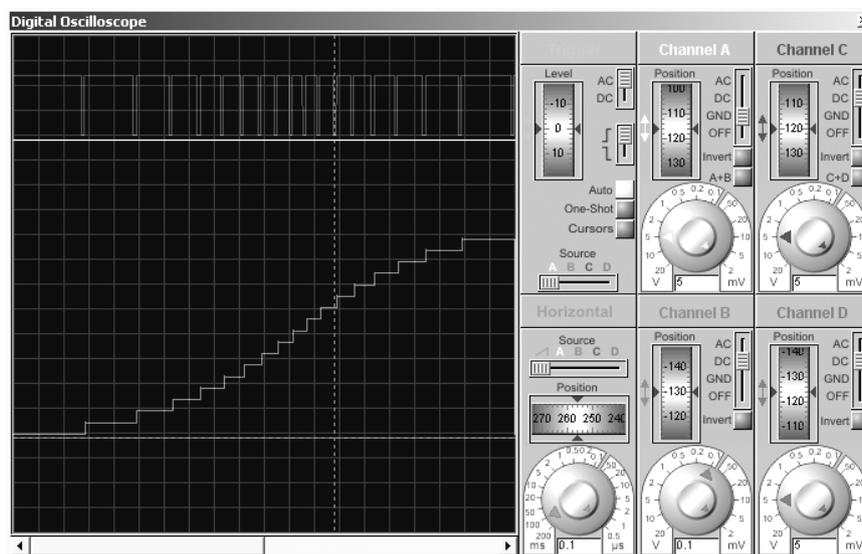


Рис. 9. Осциллограмма изменения частоты управления ШД
и положения позиционного устройства

На рис. 10 представлен обобщенный алгоритм программы управления ШД на PIC микроконтроллере с применением всех представленных выше аппаратных средств разработанной модели.

Вывод: представленный в данной статье подход к моделированию шагового электропривода с формированием траекторий перемещения исполнительного механизма, применяемого в робототехнических системах, позволяет отладить схемотехническое и программное обеспечение, а также применить полученные результаты в обучении студентов и специалистов.

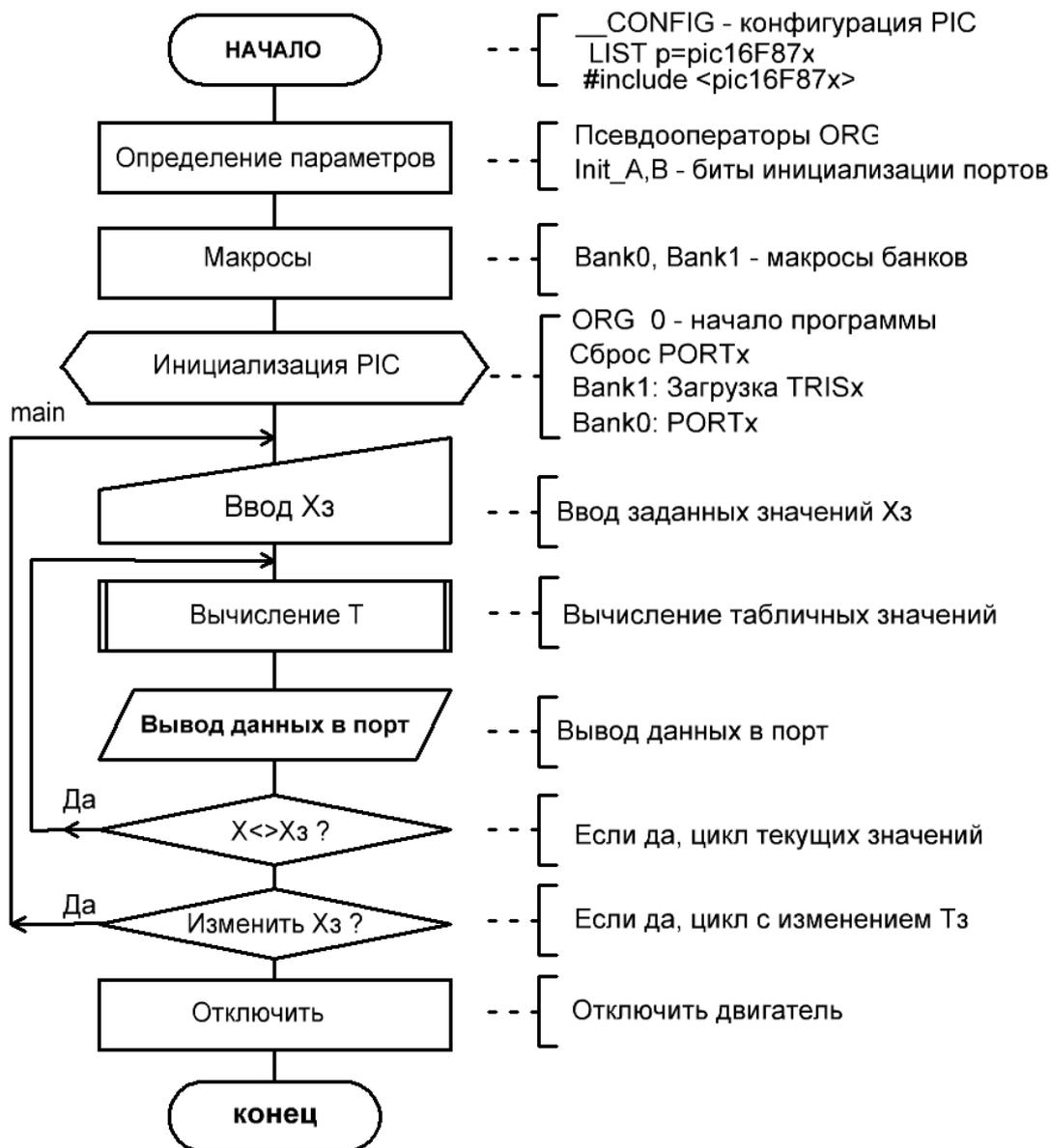


Рис. 10. Алгоритм программы управления ШД на PIC микроконтроллере позиционного устройства

Список литературы

1. Ивоботенко Б. А., Козаченко В. Ф. Проектирование шагового электропривода / под ред. Л. А. Садовского. М.: Моск. Энерг. Ин-т, 1985.
2. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления / пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Сбоев В. М., Грудинин В. С. Визуальное моделирование микропроцессорных устройств: учеб.-метод. пособие. Киров: ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2016. 92 с.
4. Proteus Design Suite 8/6. URL: <http://www.labcenter.com> (дата обращения 30.01.2017).

5. *Грудинин В.С.* Информационные и управляющие системы в технике: учеб. пособие. 2-е изд., испр.и доп. Киров: ООО «Фирма Полекс», 2008. 136 с.: ил.

6. *Сбоев В. М.* Микропроцессорные средства и системы: учеб. пособие и лаб. практикум: дисциплина «Микропроцессорные средства и системы»: специальность 140604 / ВятГУ, ФАВТ, кафедра ЭПиАПУ. Киров : [б. и.], 2011. 99 с.

7. *Сбоев В. М., Рычков В. В.* Моделирование электромеханических систем в программе «Proteus VSM» // Общество, наука, инновации (НТК-2012): ежегод. открыт. всерос. науч.-техн. конф., 2012. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). (ФАВТ. Секция «Оптимизация управления электромеханических систем»).

8. *Сбоев В. М.* Моделирование в Proteus VSM системы управления на PIC – контроллере электропривода с шаговым двигателем с дроблением шага // Общество, наука, инновации (НТК- 2012): ежегод. открыт. всерос. науч.-техн. конф., 2012. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). (ФАВТ. Секция «Оптимизация управления электромеханических систем»).

СБОЕВ Виктор Минеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: sboev@vyatsu.ru

ГРУДИНИН Виктор Степанович – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: grudinin@vyatsu.ru

ЛАЛЕТИН Вениамин Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: laletin@vyatsu.ru