

принципиальная возможность высокодинамичного регулирования потокосцепления статора с целью реализации одного из энергосберегающих законов управления двигателями.

Список литературы

1. Теличко, Л.Я. Снижение динамических нагрузок в ферме моста крана при помощи «электрического вала» / Л.Я. Теличко, А.А. Дорофеев, С.Г. Букарев // II Международная выставка-интернет-конференция, посвященная 50-летию ОАО «Орелэнерго» и 10-летию кафедры «Электроснабжение» / Орл. гос. аграр. ун-т. – 2007.

2. Теличко, Л.Я. Модель двухдвигательного асинхронного электропривода / Л.Я. Теличко, А.А. Дорофеев // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2008. – №4. – С. 23-28.

3. Кочевин, Д.В. Система управления электропривода передвижения мостового крана / Кочевин Д.В., Федяева Г.А., Т // Вестник Брянского государственного технического университета – 2012. - №3(35). - С. 4-11.

4. Щедринов, А.В. Система ограничения перекоса мостового крана на основе сравнения абсолютных перемещений опор / А.В. Щедринов, А.А. Коврыжкин // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2008. – №2. – С. 76-80.

Материал поступил в редколлегию 21.10.18.

УДК 621.3+62-5+004.413.2

П53

DOI: 10.30987/conferencearticle_5c19e62314a573.56890645

И.С. Полющенок

(г. Смоленск, Филиал Национального исследовательского университета Московского энергетического института (НИУ МЭИ) в Смоленске)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Приведены результаты разработки программного обеспечения для микропроцессорной системы управления электропривода с использованием метода модельно-ориентированного программирования.

The results of the development of microprocessor software for the electric drive control system using model-oriented programming technique are presented.

Ключевые слова: электрический привод, модельно-ориентированное программирование, микропроцессорное управление, регулирование координат, компьютерное моделирование.

Keywords: electric drive, model-oriented programming technique, microprocessor control, control of coordinates, computer simulation.

Средства компьютерного моделирования давно нашли применение при проектировании различных технических систем, в том числе и систем управления электроприводов. Это, в первую очередь, относится к системе компьютерной математики *Matlab*. Его расширение *Simulink* позволяет составлять математические модели, которые эквивалентны структурным схемам технических систем, основанным на системах дифференциальных уравнений. Для составления более детальных имитационных моделей в *Matlab* имеются библиотеки с виртуальными элементами – моделями различных технических устройств. Одной из таких библиотек, используемых при моделировании электроприводов, является библиотека виртуальных электронных, электротехнических и электромеханических элементов *SimPowerSystems*. Для моделирования систем логического и ситуационного управления в *Matlab* имеется библиотека *State Flow*.

При разработке же программного обеспечения микропроцессорных систем управления обычно используются средства программирования на основе структурированного текста (*LAR, Keil, Code Composer Studio*). При их использовании фактически требуется заново воспроизвести алгоритмы управления, которые были составлены и отлажены на этапе моделирования, применив при их осуществлении аппаратные средства микроконтроллера.

В последнее время появились средства разработки программного обеспечения, которые позволяют автоматически генерировать программный код на языке *C* из компьютерной модели *Matlab* или подсистем этой модели, учитывая в ней микропроцессорную реализацию.

В статье рассмотрена разработка микропроцессорной системы управления электропривода, при которой использованы средства модельно-ориентированного программирования. Целью этой разработки является проектирование сервопривода на базе электрических двигателей разных типов, который по характеристикам и функционалу управления соответствует современным аналогам.

При разработке сервопривода использован микроконтроллер *STM32*, а при разработке программного обеспечения для его микропроцессорного управления – *Matlab* и библиотека его расширения для модельно-ориентированного программирования *Waijung Blockset*.

При проектировании сервопривода были решены следующие задачи управления:

1. Формирование электромагнитного момента и управление силовым преобразователем в зависимости от типа электрического двигателя. Предусмотрена работа сервопривода с бесколлекторным электрическим двигателем постоянного тока, с коллекторным электрическим двигателем или с бесколлекторным электрическим двигателем переменного тока. Все перечисленные типы электрических двигателей должны иметь независимое возбуждение от постоянных магнитов. При использовании бесколлекторного

двигателя постоянного тока переключение его фаз осуществляется в зависимости от углового положения его ротора по сигналам от датчиков Холла. Для применения бесколлекторного двигателя переменного тока использовано векторное управление.

2. Автоматическое регулирование координат – электромагнитного момента, скорости вращения и угла поворота. Для этого использована система регулирования с подчинённым регулированием, в которой контур регулирования электромагнитного момента охватывается либо контуром регулирования скорости вращения, либо контуром регулирования положения в зависимости от выбранной конфигурации.

3. Формирование переходных процессов при обработке заданных движений. Для этого предусмотрено формирование *S*-образной траектории движения с заданным ускорением и ограничением скорости движения.

4. Обеспечение связи сервопривода с системой управления верхнего уровня технологического процесса (СУТП) и персональным компьютером (ПК) по цифровым интерфейсам. Для этого в сервоприводе имеется информационная подсистема, с помощью которой осуществляется обмен сообщениями с ПК по интерфейсу асинхронного последовательного приёмопередатчика *UART (Universal Asynchronous Receive-Transmitter)* и с СУТП по сетевой шине *CAN (Controller Area Network)*. Также информационная подсистема осуществляет связь с микросхемой постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) по интерфейсу *I2C (Inter-Integrated Circuit)* для сохранения и восстановления настроечных параметров электропривода. Для управления сервоприводом от ПК разработано специальное терминальное приложение.

На рис.1 показана функциональная схема системы управления электропривода в конфигурации с бесколлекторным электрическим двигателем постоянного тока. Эта схема также иллюстрирует использование средств модельно-ориентированного программирования.

В этой схеме электрический двигатель ЭД питается от трёхфазного силового преобразователя СП. В фазы двигателя включены датчики тока ДТА, ДТВ и ДТС, на его валу установлен датчик положения ДП1, а через редуктор РД на валу механизма установлен датчик положения ДП2. Для управления ЭД использованы датчики Холла *H A*, *H B* и *H C*. Программное обеспечение реализовано с использованием различных блоков и элементов *Matlab* и пользовательских функций на языке *C*. Чтобы задать последовательности, условия и приоритеты выполнения подпрограмм, использованы подсистемы *Simulink* различных видов – *Function-Call*, *Triggered*, *Enabled*, *Atomic* и другие. Для работы с периферией микроконтроллера использованы блоки *Waijung Blockset* – программные обработчики аналоговых и цифровых входов и выходов, цифровых

интерфейсов и датчиков, генераторы сигналов с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и другие.

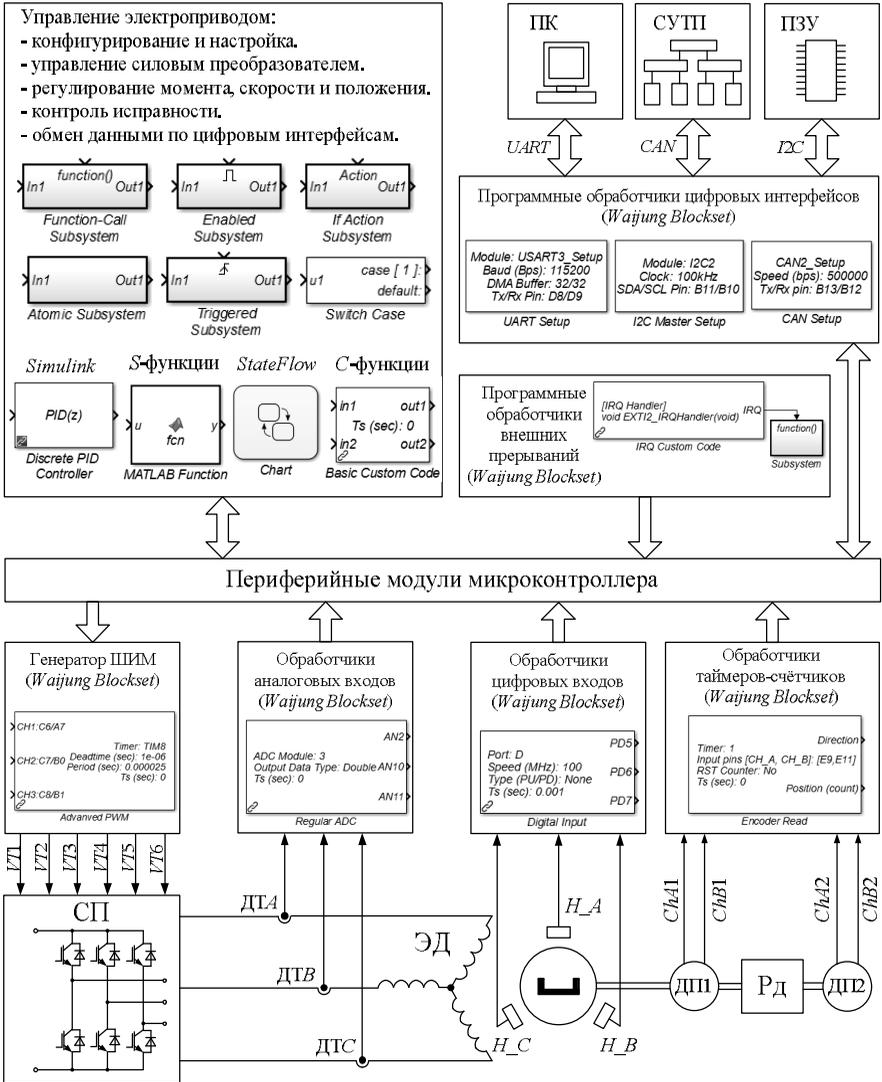


Рис.1. Функциональная схема системы управления электропривода

В табл. 1 приведены ориентировочные характеристики разработанной системы управления электропривода.

Таблица 1

Характеристики системы управления электропривода

Параметр	Значение
Мощность, Вт	200
Напряжение, В	20 – 50
Частота выборки токов/скорости/положения, кГц	40/10/10
Частота дискретизации регуляторов тока/скорости/положения, кГц	10/3.0/3.0
Скорость обмена по CAN, Мбит/с	1.0
Скорость обмена по RS232, бит/с	115200
Интенсивность обмена по CAN и RS232, сообщений в секунду	150
Максимальная скорость бесколлекторного двигателя постоянного тока (для двухполюсного двигателя), об/мин	60000
Максимальная скорость бесколлекторного двигателя переменного тока (для двухполюсного двигателя), об/мин	15000
Диапазон регулирования скорости	1:8000

Опытный образец сервопривода изготовлен на ООО НПО «Рубикон – Инновация» (г. Смоленск), где планируется его применение в антенной установке и других системах управления движением.

В качестве выводов можно отметить, что в результате работы над сервоприводом решены задачи управления, что позволит использовать его для привода различных механизмов с перспективой замены иностранных аналогов. Исследование сервопривода и его характеристики позволяют сделать вывод о полноценности программного обеспечения, разработанного с использованием средств модельно-ориентированного программирования. Кроме этого метод и средства модельно-ориентированного программирования позволяют осуществлять разработку программного обеспечения специалистом профильной квалификации по теме проекта (в данном случае электропривода, электромеханики и теории управления), который не имеет опыта работы или квалификации программиста.

Материал поступил в редколлегию 20.09.18.