

# СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ДВИЖЕНИЙ ШАГОВОГО И СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

И. В. Дайняк, В. В. Жарский

Кафедра высшей математики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: dainiak@bsuir.by, v.jarski@ruchservomotor.com

*Рассматриваются принципы построения координатных систем перемещений для прецизионного оборудования микроэлектроники. Для реализации программируемых движений предложено реализовать систему управления шаговым и синхронным электроприводом прямого действия на базе контроллера LSMCх, что позволяет достичь требуемых характеристик точности перемещений.*

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из базовых узлов современного прецизионного оборудования микроэлектроники, полностью определяющим его технологические возможности, являются координатные системы перемещений [1, 2]. При этом диапазон востребованных типов и видов систем перемещений весьма широк и требует от них возможности реализации линейных и вращательных движений, перемещений по кривым на плоскости, а также сложных движений в трехмерном рабочем пространстве, в том числе и с числом степеней свободы от трех до шести включительно для систем, построенных на базе механизмов параллельной кинематики [3].

### I. КООРДИНАТНЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Чтобы реализовать программируемые движения с несколькими степенями свободы необходимо использовать модульный принцип построения систем перемещений [4], основная идея которого состоит в совмещении, то есть конструктивном объединении подвижных частей нескольких координат в одной исполнительной многокоординатной системе, представляющей собой механо-аппаратно-программную систему, включающую, в общем случае, исполнительный электропривод прямого действия, контроллер системы управления электроприводом и управляющий компьютер, формирующий требуемые программируемые движения.

В качестве привода прямого действия в координатных системах перемещений могут использоваться шаговые двигатели (ШД), линейные шаговые двигатели (ЛШД) или синхронные двигатели (СД), характеризующиеся модульностью, однотипностью независимо от вида движения и управления, возможностью работы по программе, вариантами построения как разомкнутых систем, так и систем с обратной связью в зависимости от назначения оборудования [5].

Использование современных цифровых систем управления позволяет обеспечить реализацию в режиме реального времени сложных многокоординатных и точно согласованных программируемых перемещений с широким варьированием параметров движения.

### II. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ И СИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА LSMCх

Система управления электроприводом прямого действия, разработанная на предприятии «Рухсервомотор» на базе контроллера LSMCх, предназначена для реализации алгоритмов программируемых движений реального времени, отличающихся относительной несложностью, ограниченным объемом данных и в то же время предельным быстродействием.

Контроллер LSMCх представляет собой программно-аппаратный комплекс [6], построенный на базе современного процессора семейства DSP MS320VC33, позволяющий одновременно управлять шестью позиционными осями с электроприводами прямого действия в серво режиме (подчиненное регулирование по положению или его первой и второй производной, а также регулирование по усилию или моменту). В зависимости от конфигурации и функционального назначения координатных систем контроллер может комплектоваться одним или двумя сервоконтроллерами UC48NQ, контроллерами ввода-вывода SPS/IO 8(16), линейкой усилителей мощности в двухфазном исполнении PU2 (200 Вт) и PU3 (500 Вт), и в трехфазном исполнении PU10 (1 кВт) и PU20 (5 кВт).

Для реализации требуемых технологических операций, в том числе программируемых движений, от системы управления, в первую очередь, требуется решение задач визуализации и интерфейса «человек-машина» с помощью стандартного персонального компьютера, поскольку этот класс задач не требует гарантированного времени реакции на события и работы в реальном масштабе времени, однако характеризуется

большими объемами данных. В результате разделение функций в системе управления выглядит следующим образом:

- визуализация и общее управление оборудованием – персональный компьютер с одной из стандартных оболочек CNC-Host, разработанных на предприятии «Рухсервомотор» для технологий фрезерования, гравирования, лазерной и плазменной резки и др.;
- обмен данными с контроллером LSMC<sub>x</sub> – один из стандартных интерфейсов RS-232, USB, Ethernet;
- контроллер LSMC<sub>x</sub> – для решения задач реального времени: генерация траектории, сплайн-интерполяция, расчета положений и регуляторов положения привода с обеспечением штатного автоматического режима работы с регулированием движения по скорости, ускорению и положению в зависимости от требуемой технологической операции.

В большинстве случаев трафик обмена ПК–LSMC<sub>x</sub> ограничен, поэтому для его реализации достаточно интерфейсов RS-232 или USB. Вместе с тем в прецизионном оборудовании увеличение разрешения приводит к многократному увеличению трафика в силу как увеличения разрядности данных, необходимой для достижения точности, так и уменьшения размера передаваемых сегментов траектории и увеличения их количества, требуемого для прецизионной аппроксимации траектории.

При недостаточной пропускной способности каналов RS-232 или USB для связи управляющего компьютера с контроллером LSMC<sub>x</sub> может быть использован стандартный интерфейс Ethernet с протоколом EtherCAT [7].

Для управления прецизионными координатными системами с распределенной структурой построения механической части необходимо применять, соответственно, распределенную структуру построения системы управления с использованием стандартного интерфейса Ethernet и технологии EtherCAT. В данной структуре для системы управления разработана дополнительная интерфейсная плата, позволяющая управлять контроллером LSMC<sub>x</sub> в режиме EtherCAT-Slave.

Таким образом, при работе с контроллером LSMC<sub>x</sub> имеется возможность траекторного управления и динамического программирования параметров перемещения, скорости и ускорения приводов прямого действия. Контроллер обладает блоком внутренней памяти, в который при необходимости записываются заданные пользователем параметры движения, и впоследствии сохраненные данные могут быть переданы

на управляющий персональный компьютер для дальнейшей обработки и анализа.

Следует особо отметить, что контроллер LSMC<sub>x</sub> совместим с программной оболочкой DSP-Host и инструментарием MATLAB Real-Time Workshop, что позволяет реализовать методику аппаратно-программного моделирования и верификации математической модели системы управления.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной характеристикой современного прецизионного оборудования, использующего координатные системы, является точность перемещений, которая для оборудования микроэлектроники должна быть в пределах десятков микрометров для реализации вспомогательных периферийных узлов, таких, как модули загрузки, и сотых долей микрометра для систем главных перемещений, используемых в оптико-механическом оборудовании, например, в генераторах изображений. Предлагаемая в работе система управления шаговым и синхронным приводом на базе контроллера LSMC<sub>x</sub> позволяет достичь указанных точностных характеристик и позволяет разрабатывать на ее базе перспективное конкурентоспособное прецизионное оборудование.

1. Карпович, С. Е. Прецизионные системы перемещений / С. Е. Карпович, Ю. С. Межинский, В. В. Жарский // Доклады БГУИР. – 2004. – № 3(7). – С. 50–61.
2. Карпович, С. Е. Прецизионные системы перемещений для оборудования производства изделий электронной техники / С. Е. Карпович, В. В. Жарский, И. В. Дайняк // Доклады БГУИР. – 2014. – № 2(80). – С. 60–72.
3. Дайняк, И. В. Реконфигурируемые исполнительные механизмы параллельной кинематики / И. В. Дайняк, С. Е. Карпович, В. В. Жарский // Актуальные вопросы машиноведения : сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси ; редкол.: А. А. Дюжев [и др.]. – 2013. – Вып. 2. – С. 145–149.
4. Карпович, С. Е. Системы перемещений на основе привода прямого действия / С. Е. Карпович, В. В. Жарский, И. В. Дайняк. – Минск : БГУИР, 2008. – 239 с.
5. Жарский, В. В. Системы прямого привода «Рухсервомотор» / В. В. Жарский // Оборудование: рынок, предложение, цены : промышленный журнал. – 2006. – № 02(110). – С. 90–97.
6. Подходы к построению систем управления реального времени многокоординатного прецизионного оборудования / И. В. Дайняк, [и др.] // Информационные системы и технологии: управление и безопасность : сб. ст. III Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Тольятти, Россия, дек. 2014 г. / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти, 2014. – С. 91–101.
7. Бегун, Д. Г. Система управления шаговыми двигателями в режиме реального времени на основе технологии EtherCAT / Д. Г. Бегун // Материалы Междунар. науч.-техн. конф., приуроченной к 50-летию МРТИ-БГУИР, Минск, Респ. Беларусь, 18–19 мар. 2014 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2014. – Ч. 2 / редкол.: А. Н. Осипов [и др.]. – С. 101–103.