

значения коэффициентов качества. Для этого выбираются те показатели, которые существенным образом влияют на этот фактор, и исследуются их характеристики (субпоказатели), причём каждый показатель определяется соответствующим набором субпоказателей.

Список цитируемых источников

1. СТБ ИСО/МЭК 9126-2003. Информационные технологии. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению. — Введ. 19.03.2003. — Минск : Госстандарт, 2003. — 10 с.
2. Володько, Л. П. Использование элементов теории нечётких множеств в методике оценки качества банковских информационных технологий // Вести Ин-та соврем. знаний. — 2006. — № 4. — С. 86—91.
3. Володько, Л. П. Оценка качества банковских информационных технологий: методы и методики : моногр. / Л. П. Володько. — Минск : Мисанта, 2008. — 236 с.

Материал поступил в редакцию 24.06.2013 г.

И. В. Дайняк, С. Е. Карпович, В. В. Жарский

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск

УПРАВЛЕНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ETHERCAT

Рассмотрена структура системы управления современных прецизионных систем перемещений; показано, что традиционная структура управления обладает ограниченным быстродействием. Для реализации управления в режиме реального времени предложено использовать технологию EtherCAT, использующую в качестве среды передачи сеть Ethernet. Показано применение технологии EtherCAT для реализации системы управления универсальным сборочным модулем.

The structure of control system of modern precision motion systems was considered; it is shown that traditional control structure has limited operating speed. The EtherCAT technology based on Ethernet network was proposed to realize a real-time control. The applying of EtherCAT technology for realizing of control system of universal assembly module was described.

Ключевые слова: EtherCAT, управление в реальном времени, прецизионная система перемещений.

Keywords: EtherCAT, real-time control, precision motion system.

Введение. Современные прецизионные системы перемещений на базе электропривода прямого действия представляют собой сложные многоэлементные системы, включающие в общем случае исполнительный шаговый двигатель, преобразователь входной информации, контроллер для формирования входных команд и связи с управляющим компьютером [1]. Система управления многокоординатной системой перемещений представляет собой иерархическую многоуровневую структуру (рисунок 1), в которой каждый из уровней обладает своим входным и выходным интерфейсами.

Общее программное обеспечение, относящееся к верхнему уровню, осуществляет управление системой перемещений и предназначено для ввода пользователем режимов движения и команд на перемещение. Программа верхнего уровня разрабатывается на языке программирования высокого уровня и позволяет описать технологическую операцию; её входным интерфейсом является интерфейс пользователя, а выходным — последовательность заданий на перемещение исполнительных модулей движения.

Последовательность команд, поступающих на вход следующего уровня системы управления (построение программы движений), преобразуется в команды контроллера в виде задания на перемещение для отдельных координат каждого из приводов.

Вычислительные процедуры, осуществляющие построение программируемых движений, реализуются, как правило, в контроллере системы управления, аппаратная часть которого строится на базе процессора цифровой обработки сигналов.

Совершенно очевидно, что такая структура системы управления обладает ограниченным быстродействием, так как на один контроллер возложены функции обработки команд управления верхнего уровня, учёта



Рисунок 1 — Иерархическая структура системы управления многокоординатной системой перемещений

информационных сигналов датчиков обратных связей, формирования управляющих сигналов для большого числа выходных контуров модулей движения. Для реализации режима управления в реальном времени быстродействующие контуры управления приходится замыкать локально внутри рассредоточенных устройств или через специализированные шины управления движением.

Современная технология EtherCAT [2], использующая в качестве среды передачи сеть Ethernet, позволяет преодолеть все эти ограничения. EtherCAT позволяет получить время цикла шины в диапазоне микросекунд, а не диапазона миллисекунд, характерного для традиционных промышленных шин. В сочетании с превосходной вычислительной мощностью современных управляющих систем на базе персональных компьютеров это позволяет строить замкнутые контуры управления быстрыми процессами распределённым образом на промышленной шине.

Технология EtherCAT для реализации управления в реальном времени. EtherCAT — это промышленная шина на базе Ethernet, впервые представленная для использования в производстве полупроводниковых приборов в 2004 году и на данный момент стандартизованная такими ассоциациями, как SEMI, IEC и ISO.

В сети EtherCAT один-единственный Ethernet-кадр (так называемая телеграмма) включает входные и выходные данные многих устройств. Реальное использование полосы пропускания достигает 90% и более, в результате система EtherCAT не только значительно быстрее всех традиционных промышленных шин, но и самая быстрая среди промышленных решений, базирующихся на Ethernet. Типичное время цикла EtherCAT составляет 50...250 мкс, в то время как в традиционных промышленных шинах на каждое обновление требуется 5...15 мс, т. е. традиционные промышленные шины работают медленнее от 20 до 300 раз.

Ведущие (управляющие) EtherCAT-устройства обычно реализуются программно с использованием стандартного оборудования Ethernet, ведомые (управляемые) содержат встроенные контроллеры на основе больших информационных систем, обеспечивающие обработку кадра. Инфраструктура EtherCAT не нуждается в коммутаторах и других активных компонентах, поэтому трудозатраты на настройку и инженерно-конструкторские работы уменьшаются. Кроме того, функции диагностики позволяют точно локализовать ошибки и снизить затраты времени на поиск и устранение неисправностей. Для синхронизации работы объединённых в сеть узлов в EtherCAT применяется точное согласование распределённых часов EtherCAT — внутренних часов микросхем EtherCAT-контроллеров.

Перенос алгоритмов управления на уровень центрального управляющего персонального компьютера позволяет без особых сложностей

группировать в единый контур управления различные компоненты. При этом существенно упрощается интерфейс шины: вместо сложного и специфического для каждого компонента списка конфигурационных параметров происходит лишь обмен простыми, лишенными избыточности командами или фактическими значениями наряду со стандартизированными командами и словами состояния.

При использовании EtherCAT для управления сервоприводом во всех трёх режимах его работы («циклический синхронный момент», «циклическая синхронная скорость» и «циклическая синхронная позиция») контур управления замыкается через EtherCAT. Планирование перемещения и координирование движений при этом выполняются внутри центрального процессора контроллера сети, реализованного, например, на базе персонального компьютера. Приводы, поддерживающие эти режимы, имеют очень маленький набор локальных параметров и весьма просты в конфигурировании и обслуживании.

Реализация управления системой перемещений универсального сборочного модуля. Универсальный сборочный модуль, разработанный на предприятии «Рухсервомотор», предназначен для работы с микроэлектромеханическими сборками. Система перемещений сборочного модуля состоит из базового статорного основания, по которому одновременно перемещаются до шести и более двухкоординатных двигателей на магнитовоздушной подвеске. По периферии статорного основания установлены технологические посты (макроассемблеры), на которых производятся технологические операции. Такая структура позволяет реализовать все межоперационные транспортные перемещения с повторяемостью в пределах 1 мкм, а выполнение технологических операций возможно с точностью до 1 мкм (в зоне площадью до 10 см²). По вышеприведённому принципу можно организовать производство или обработку прецизионных изделий любой, даже самой сложной конфигурации.

Структурная схема системы управления сборочным модулем с использованием технологии EtherCAT (рисунок 2) содержит шесть позиционеров (КП1, КП2, ..., КП6).

Каждый из позиционеров в составе сборочного модуля включает планарный двигатель PF28HS с функцией управляемого разворота в пределах ± 1 углового градуса и две технологические подачи инструментов: практически три интерполируемые и две независимые оси подачи. В технологических зонах применяются обратные связи на базе интерферометров или голографических оптических решёток с разрешением в единицы нанометров. В транспортном режиме двигатель работает с обратной связью по положению на базе датчика Холла с повторяемостью позиции в пределах 1 мкм.

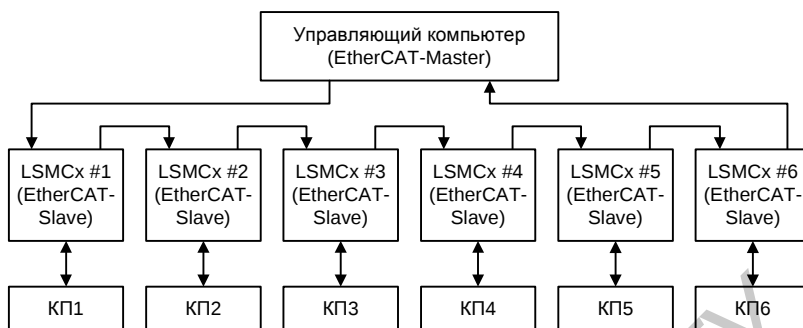


Рисунок 2 — Структура системы управления универсальным сборочным модулем на основе технологии EtherCAT

Заключение. Каждый позиционер управляется контроллером LSMC5, который в режиме EtherCAT-Slave решает задачу реального времени по генерации траектории внутрисплайновой интерполяции, обработки сигналов датчика, расчёта положения и скорости объекта управления с учётом возможных коллизий с другими пятью позиционерами, имеющими общую статорную плиту. Промышленный компьютер PC-Master обеспечивает траекторный расчёт точек пересечения сплайнов по 12 позиционным осям, обработку сигналов прецизионных датчиков рабочих постов и поддержку технологии и алгоритма работы всего сборочного модуля.

Список цитируемых источников

1. Карпович, С. Е. Системы перемещений на основе привода прямого действия / С. Е. Карпович, В. В. Жарский, И. В. Дайняк. — Минск : БГУИР, 2008. — 239 с.
2. Маштаков, А. Д. Технология EtherCAT как инструмент реализации передовой архитектуры управления / А. Д. Маштаков // Информатизация и системы управления в промышленности. — 2010. — № 5(29).

Материал поступил в редакцию 01.07.2013 г.