

## **ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС И СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЕЙ ДВИЖЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЗОНДА В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

к.т.н. О.Е. Марыкивский  
(представил д.ф.-м.н. В.К. Иванов)

*В статье рассмотрена система, определяющая движение зонда в трехмерном пространстве для проведения измерения электромагнитных полей.*

Автоматизация процессов измерений является неотъемлемой частью технического прогресса, поскольку позволяет не только резко уменьшить погрешности определенных операций при проведении измерений, но и практически полностью исключить влияние субъективных факторов на конечный результат. Анализ современных направлений развития информационно-измерительных систем и известных технических решений для рассматриваемой задачи позволяет определить набор функциональных характеристик измерительного комплекса:

- измерение параметров распределения поля;
- отображение информации.

Каждый из этих процессов должен быть автоматизирован и, кроме того, позволять легко вносить изменения в программу работы – режим программных воздействий (система разомкнутого типа).

Анализ задач, стоящих перед измерительным комплексом, позволяет принять решение о целесообразности построения системы управления в соответствии с иерархическим принципом, эффективность которого подтверждается громадным практическим опытом создания различных систем управления. Целесообразность иерархической структуры определяется не только вычислительной производительностью ЭВМ, но и целесообразной организацией потоков информации, условиями надежности и многими другими факторами.

На практике очень часто производят непосредственное измерение распределения электромагнитного поля в пространстве с помощью измерительного приемника излучения. Если приемник может быть расположен в любой произвольно выбранной точке среды, то распределение поля в простейшем случае можно определить путем последовательного

перемещения измерительного приемника по интересующим точкам пространства.

Погрешности измерений в этом случае определяются погрешностями фиксации приемника в пространстве, его инерционностью (если поле изменяется во времени) и погрешностью измерения параметров поля.

Выбор траектории движения зонда неразрывно связан с выбором кинематических структур, обеспечивающих перемещение и, в конечном итоге, выбором системы координат, как для представления результатов измерений, так и для управления движением измерительного зонда.

Вычислительные операции, связанные с преобразованием координат при переходе от одной системы к другой, в настоящее время не вызывают каких-либо затруднений, и выбор траектории движения будет определяться только кинематическими структурами. Для перемещения зонда в пространстве необходимо, как минимум, три кинематических пары. Вид пары (поступательная или ротационная) и последовательность их расположения определяют геометрию зоны перемещения. При этом оказывается, что только три поступательные пары, оси которых взаимно перпендикулярны, и две ротационные пары с параллельными осями и одна ротационная пара с осью, перпендикулярной к осям двух других пар, реализуют зону перемещения без «мертвых» пространств [1]. В первом случае зона перемещений имеет вид прямоугольного параллелепипеда (система координат прямоугольная Декартова), а во втором – в виде сплошной сферы (система координат ангулярная). Сложность технической реализации и уровень погрешностей перемещения в этих вариантах решения примерно одинаковы, однако, для человека более привычна прямоугольная система координат и это определяет выбор движения в прямоугольной системе координат [3].

Обобщенная структурная схема измерительного комплекса включает в себя устройство управления, синхронизации, обработки результатов и отображения информации (УУСОО), устройство управления траекторией движения (УУТД), устройство измерения параметров электромагнитного поля (УИПЭП). В качестве УУСОО применена вычислительная машина типа РС IBM. Команды УУСОО принимаются устройствами и системами измерительного комплекса, которые обрабатывают эти команды и по завершении передают соответствующие ответы в УУСОО. Такой режим работы обеспечивает повышенную надежность управления работой комплекса и несколько снижает его максимальное быстродействие.

В устройство управления траекторией движения помимо команд управления работой (режим старт-стопный) передается информация о параметрах движения до точки, в которой должен находиться измерительный зонд. После перемещения зонда в новую точку УУТД информи-

рует УУСОО о выполнении задачи. УУСОО выдает команду УИПЭП на проведение измерений параметров электромагнитного поля. После проведения измерения УИПЭП передает информацию в УУСОО, где она обрабатывается совместно с координатами точки и отображается на экране дисплея. При этом существуют все возможные способы обработки и пересылки файлов, в которые заносятся результаты измерений.

Исходя из ранее принятой концепции перемещения в декартовой системе координат была выбрана конструкция устройства для перемещения измерительного зонда в виде прямоугольной металлической рамы (модель расположена внутри) с направляющими для продольного перемещения каретки. Каретка также снабжена направляющими для поперечного (над моделью) перемещения узла вертикального перемещения измерительного зонда.

Предложенная кинематическая схема обладает следующими преимуществами:

- одновременное перемещение измерительного зонда по всем трем координатам;
- использование прямоугольной декартовой системы координат облегчает работу оператора измерительного комплекса;
- применение шаговых двигателей, в сочетании с устройствами для выборки мертвого хода, позволяет сравнительно просто обеспечить требуемую дискретность перемещений измерительного зонда.

Принцип построения схем управления шаговыми двигателями остался практически неизменным с момента появления электропривода на базе шагового двигателя [2]. Изменения коснулись лишь элементной базы и перераспределения функций между программными и аппаратными средствами [5]. При построении всей измерительной системы в соответствии с иерархическим принципом УУТД, безусловно, должен быть выполнен на базе микропроцессорного контроллера, поскольку такие функции, как связь с УУСОО, управление работой шаговых двигателей, контроль движения в заданном пространстве координат и ряд других функций выполнять на дискретной логике нецелесообразно. Для реализации системы используется микроконтроллер на базе однокристалльной микроЭВМ КР1816ВЕ51 с использованием внешней памяти на базе микросхем с ультрафиолетовым стиранием типа К573РФ5 [4]. Выбранная микроЭВМ является аналогом БИС 8051 семейства MCS – 51 фирмы Intel (США). К микропроцессору подключен стандартный формирователь сигналов последовательного порта с гальванической развязкой для связи с IBM PC; регистры фазных обмоток шаговых двигателей и модули гальванической развязки для связи с усилителями шаговых двигателей с пультом ручного

управления и датчиками границ зоны перемещения. Связь между IBM PC и системой управления траекторией движения была реализована с использованием последовательного канала (RS232) с гальванической развязкой на базе оптоэлектронных пар. Подобное решение отличается сравнительно простой реализацией канала связи и обеспечивает возможность достаточного удаления компьютера от измерительного комплекса.

Пульт ручного управления системой предназначен для технического обслуживания системы управления траекторией движения измерительного зонда. Пульт имеет гальваническую развязку от системы управления и обеспечивает два режима управления электрическим приводом системы. В первом случае направление перемещения и его продолжительность задается нажатием соответствующей кнопки пульта. Во втором – при нажатии кнопки двигатель привода поворачивается на один шаг в соответствующую сторону.

Зона сканирования ограничена определенными границами и поэтому в состав установки введены элементы, определяющие выход из этой зоны. Для определения конечных положений зонда использованы фотоэлектрические путевые выключатели на базе оптоэлектронных пар с открытым каналом. Оптопары с открытым каналом работают в области ближнего инфракрасного диапазона длин волн, а оптический канал перекрывается непрозрачными элементами, установленными на движущихся элементах конструкции системы. Осуществляется гальваническая развязка между путевым фотоэлектрическим выключателем и микропроцессором. Для каждого из каналов существуют путевые фотоэлектрические выключатели, устанавливаемые в зоне минимальной и максимальной координат. Отличительной особенностью предложенного схемного решения является возможность контроля работоспособности оптопар. Выход из строя любого из ее элементов эквивалентен перекрытию канала и, следовательно, микроконтроллер определит эту ситуацию как достижение максимальной или минимальной координаты и поэтому не осуществит движение в заданную сторону.

Для предотвращения выхода из строя механических элементов системы движения в случае программных или аппаратных сбоев микроконтроллера предусмотрены путевые выключатели с механическим приводом, так называемые аварийные выключатели. Эти выключатели замыкают цепь подачи питающего напряжения на усилители мощности фазных напряжений шаговых двигателей и срабатывают при выходе движущихся элементов системы за зону, контролируемую фотоэлектрическими путевыми выключателями.

Измерение параметров электромагнитного поля осуществляется изотропным зондом, входящим в состав УИПЭП. Изотропный зонд

представляет собой трехкоординатный приемник излучения, состоящий из трех взаимно ортогональных вибраторов, нагруженных детекторами. Сигналы с выходов детекторов предварительно усиливаются и подаются на многоканальный аналогово-цифровой преобразователь ADS7844. Аналогово-цифровой преобразователь имеет последовательный интерфейс связи с микропроцессором. Однако время, затрачиваемое на передачу и прием информации от микропроцессора, значительно меньше времени, затрачиваемого на движение по координатам.

Для задания режимов работы микроконтроллера предложена система команд, определяющая команды на движение, обслуживания движения и измерения.

Система смонтирована на металлической раме, установленной на четырех кронштейнах. На раме установлен также металлический корпус, в котором размещены блоки питания системы и платы микроконтроллера. Путьевые выключатели (фотоэлектрические и механические) установлены на направляющих всех трех координат.

Программа управления микроконтроллером написана на макроасемблере и оттранслирована транслятором TASM. Программа, функционирующая на IBM PC, написана на языке графического программирования Labview.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Детали и механизмы роботов. Основы расчета, конструирования и технологии производства: Учеб. пособие / Р.С. Веселков, Т.Н. Гонтаровская, В.П. Гонтаровский и др. / Под ред. Б.Б. Самопкина. – К.: Выща шк., 1990. – 343 с.*
2. *Ратмиров В.А., Ивоботенко Б.А., Садовский Л.А. Электроприводы с полупроводниковым управлением. Системы с шаговыми двигателями / Под ред. проф. М.Г. Чиликина // Библиотека по автоматике. – Вып. 110. – М. – Л.: Энергия, 1964. – 135 с.*
3. *Стоян Ю.Г., Путьтин В.П. Оптимизация технических систем с источниками физических полей. – К.: Наук. думка, 1988. – 192 с.*
4. *Коффрон Дж. Технические средства микропроцессорных систем: Практический курс. Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 344 с.*
5. *Гумен В.Ф., Калининская Т.В. Следящий шаговый электропривод. – Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с.*

Поступила 19.08.2003

**МАРЫКИВСКИЙ Олег Евгениевич**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Института радиофизики и электроники Национальной Академии наук Украины. Область научных интересов – научное приборостроение. Email: [moe@ire.kharkov.ua](mailto:moe@ire.kharkov.ua).