

УДК 621.396.96

А.О. Силин

*Институт радиопрофизики и электроники имени А.Я. Усикова НАН Украины, Харьков*

## СИСТЕМА ДВИЖЕНИЯ ЗОНДА УСТРОЙСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РЧ ДИАПАЗОНА

*В работе рассмотрены вопросы реализации системы движения зонда для стенда визуализации распределения электромагнитных полей РЧ диапазона.*

**Ключевые слова:** СВЧ, электромагнитное поле, зонд.

### Введение

При работе в РЧ диапазоне (например, при настройке установок ЭМ гипертермии с частотами 10-40 МГц), в котором глубина проникновения поля в поглощающие среды может составлять десятки сантиметров, необходимо иметь возможность измерения распределения напряженности ЭМ поля в достаточно большом объеме [1, 2]. Предлагаемый в данной работе стенд решает задачу регистрации распределения электромагнитных полей в поглощающих средах в СВЧ диапазоне, для которого достаточен сравнительно малый объем пространства обзора.

### Системы движения зонда устройства визуализации распределения электромагнитных полей РЧ диапазона

Для решения этих задач была разработана и изготовлена система движения, позволяющая перемещать различные датчики по координатам X, Y и Z в пределах 0,8м x 0,5м x 0,15м.

Поскольку обработка получаемой информации невозможна без участия современных электронных вычислительных машин, то в основу системы была положена ЭВМ линии IBM PC, на базе возможностей которой и ее программного обеспечения и была спроектирована система движения. Несмотря на высокие возможности современных IBM PC при проектировании системы решалась задача максимально разгрузить ЭВМ от выполнения рутинных задач управления двигателями, контроля конечных и аварийных положений точки движения и т.п. В этом плане поставленная задача наиболее полно решалась с использованием микроконтроллера для управления и регулирования, при этом на IBM PC возлагалась функция ведения диалога с оператором по установке параметров движения, отображения положения точки движения, отображения измеряемых параметров и т.п. Связь между IBM PC и микроконтроллером была выбрана по последовательному каналу, что обеспечивает простоту реализации канала связи и возможность достаточного удаления

микроконтроллера от базовой IBM PC. Применение связи по последовательному каналу позволило реализовать гальваническое разделение цепей микроконтроллера и соответственно установки радиофизического эксперимента и IBM PC, что увеличивает надежность работы комплекса: установка - IBM PC.

В основу микроконтроллера положена однокристалльная микроЭВМ КР1816ВЕ31 с использованием внешней памяти программ на базе микросхем с ультрафиолетовым стиранием К573РФ5. Использование в качестве памяти программ микросхем КР573РФ5 позволяет с минимальными затратами проводить программирование микросхем памяти программ в том числе и на этапе эксплуатации при модификации программ управления, не требуя специализированных программаторов для программирования внутренней памяти однокристалльной микроЭВМ.

Для создания движения в установке использованы четырехфазные шаговые двигатели. Порядок поступления фаз при управлении вращением двигателей формируется программным путем. Указанное формирование фазных напряжений позволяет программным путем управлять частотой вращения двигателя, изменяя скорость сканирования. Кроме этого возможен переход на трехфазные двигатели без аппаратного изменения микроконтроллера при изменении программы формирования порядка следования фазных напряжений. Поскольку рабочие движения при сканировании осуществляются построчно по плоскостям в пространстве, то выбрано последовательное во времени управление двигателями по координатам, что увеличивает время выхода в рабочую точку начала сканирования. Однако это время незначительно по сравнению со временем сканирования и этот параметр существенно не снижает общее время выполнения задачи.

Схема блока управления приведена на рис. 1. Вся поступающая и исходящая от однокристалльной микроЭВМ информация поступает в регистры, для которых в адресном пространстве данных выделены окна. Регистры координат, выполненные на четырехразрядных микросхемах сдвиговых регистров, предназначены для записи состояния фазных напряжений для шаговых двигателей всех координат.

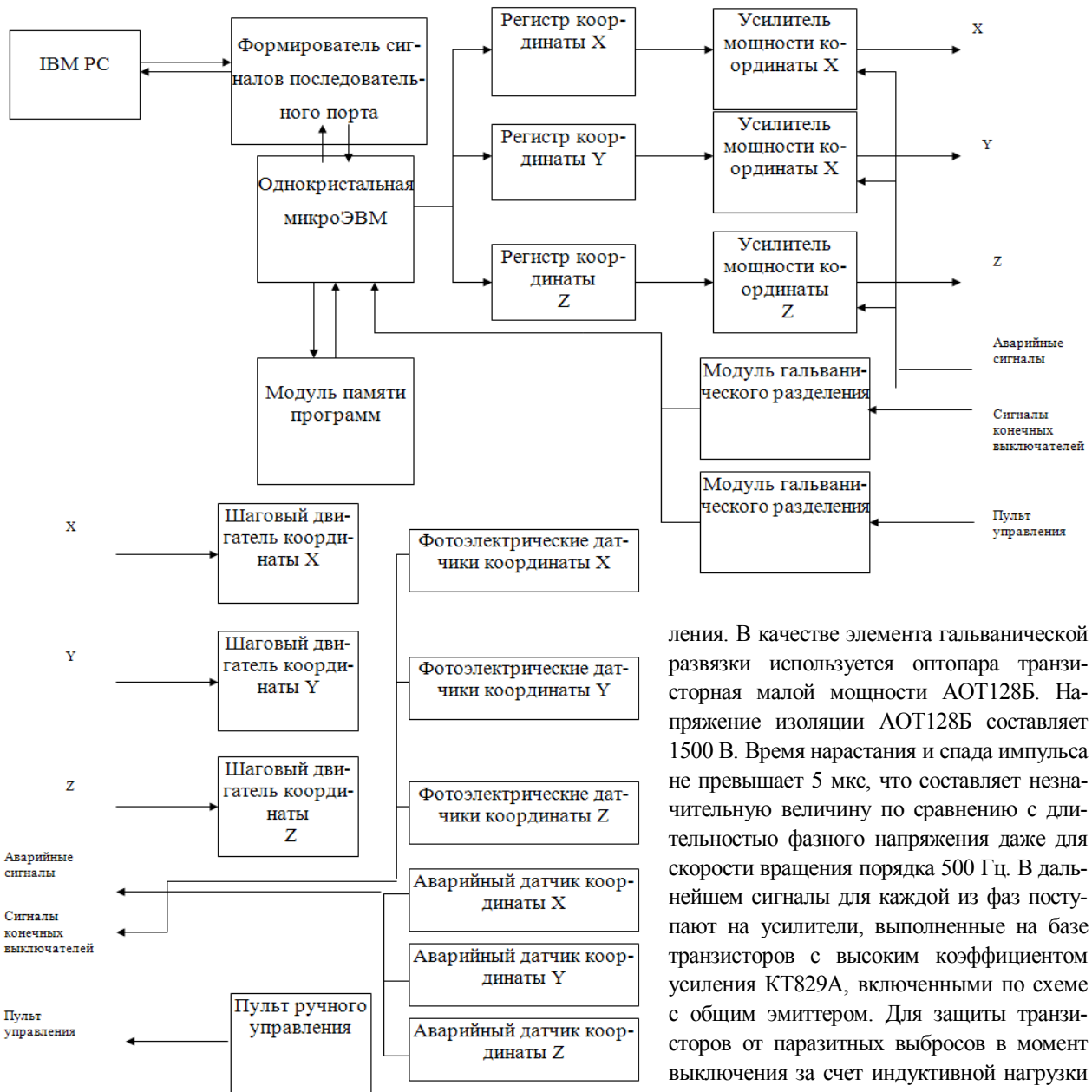


Рис.1. Блок-схема системы управления движением в трехкоординатном пространстве

По включению питания сбросовым сигналом в регистры записывается информация, соответствующая отсутствию напряжения на всех фазных обмотках двигателя. При работе программы в соответствии с диаграммой поступления напряжения на фазные обмотки двигателя. Однокристалльная микроЭВМ формирует последовательности, определяющие направление вращения двигателя. Частота вращения двигателя определяется темпом поступления последовательностей выбора фазных напряжений. Частота смены фазных напряжений задается в программе и имеет возможность изменяться. Частота смены фазных напряжений определяется значениями, загружаемыми в таймер-счетчик. Сигналы с микросхемы, определяющие наличие и порядок поступления фазных напряжений на шаговый двигатель, поступают на узел гальванического раз-

деления. В качестве элемента гальванической развязки используется оптопара транзисторная малой мощности АОТ128Б. Напряжение изоляции АОТ128Б составляет 1500 В. Время нарастания и спада импульса не превышает 5 мкс, что составляет незначительную величину по сравнению с длительностью фазного напряжения даже для скорости вращения порядка 500 Гц. В дальнейшем сигналы для каждой из фаз поступают на усилители, выполненные на базе транзисторов с высоким коэффициентом усиления КТ829А, включенными по схеме с общим эмиттером. Для защиты транзисторов от паразитных выбросов в момент выключения за счет индуктивной нагрузки фазные обмотки зашунтированы диодами.

Указанное построение позволяет осуществить максимально возможное приближение усилителей мощности фазных напряжений к двигателю, что при проведении радиофизических экспериментов с получением низких напряжений на выходе первичных измерительных преобразователей играет важную роль, поскольку позволяет уменьшить уровень помех от токов, протекающих в цепи усилитель – фазная обмотка двигателя и увеличить соотношение сигнал – помеха.

Поскольку зона движения ограничена определенными размерами, в состав установки введены элементы, определяющие выход из зоны сканирования, как по максимальным, так и минимальным (нулевым) координатам по всем плоскостям сканирования. В качестве определителей конечных положений точки движения использованы фотоэлектрические конечные выключатели на базе оптоэлектронных пар

с открытым каналом в области ближнего инфракрасного диапазона длин волн и непрозрачного элемента, перекрывающего оптический канал и установленного на движущихся элементах конструкции системы движения. Сигнал с приемника оптопары поступает на усилитель. Для обеспечения отсутствия дребзга выходного напряжения в момент перекрытия оптического канала в усилитель введена положительная обратная связь, обеспечивающая гистерезис. С помощью оптопары осуществляется гальваническая развязка между конечным фотоэлектрическим выключателем и однокристальной микроЭВМ. Для каждого из каналов существуют конечные фотоэлектрические выключатели, устанавливаемые в зоне минимальной и максимальной координат. Особенностью использования является возможность проверки работоспособности оптоэлектронной пары при проверке засвечивания фотодиода излучающим диодом в момент начала движения в сторону конечного выключателя. При неисправности конечного выключателя такой конструкции отсутствует возможность возникновения аварийных ситуаций, поскольку при выходе из строя одного из элементов конечного выключателя наблюдается ситуация, эквивалентная перекрытию оптического канала.

Для предотвращения выхода из строя механических элементов системы движения в случае программных и аппаратных сбоев микроконтроллера предусмотрены электрические конечные выключатели с механическим приводом. Эти выключатели размыкают цепь подачи питающего напряжения на усилители мощности фазных напряжений шаговых двигателей и срабатывают при выходе движущихся элементов системы за зону, контролируемую фотоэлектрическими конечными выключателями. Сигналы, индицирующие аварийное состояние, как и сигналы с фотоэлектрических конечных выключателей поступают на входные регистры, включенные в адресное пространство памяти данных однокристальной микроЭВМ. При удалении установки радиофизического эксперимента с системой движения от базовой ЭВМ существует необходимость ручного движения по координатам с возможностью визуального контроля. Такие движения полезны при оценочном сканировании по одной из координат для

определения динамического диапазона выходного сигнала первичного преобразователя, при выходе в начальную точку сканирования, при проверке движения точки сканирования возле установленных в зоне сканирования элементов радиофизической установки и т.п. Для этого в систему движения введены кнопки ручного управления движением по каждой из координат. Сигналы от кнопок поступают на входной регистр, включенный в адресное пространство памяти данных однокристальной микроЭВМ.

Программа управления написана на макроасемблере и оттранслирована транслятором TASM. Текст программы приведен в приложении 1. В приложении 2 приведено описание ресурсов микросхемы RP1816BE31 в программе EQU.ASM.

## Заключение

При изучении взаимодействия ЭМ излучения с сильно поглощающими средами разработан и испытан автоматизированный стенд для визуализации микроволновых полей в них (путем регистрации распределений напряженности электрической составляющей поля пробным зондом). Второй стенд такого типа с увеличенным пространством регистрации. Такие стенды могут найти применение для проверок находящихся в медучреждениях установок ЭМ гипертермии (зона действия их излучателей до сих пор не проверяется из-за отсутствия подобных технических средств).

## Список литературы

1. Автоматизированный стенд для регистрации распределений электромагнитных полей в поглощающих средах / В.К. Иванов, А.О. Силин, А.С. Васильев, Ю.В. Левадный // *Моделювання та інформаційні технології*.— К.: ІПМЕ, НАНУ, 2004. — Вип. 26. — С. 75-82.
2. Установка для дослідження розподілення електромагнітного поля НВЧ-аплікаторів в ближній зоні у дисипативних середовищах / В.К. Иванов, О.О. Сілін, О.С. Васильєв, В.В. Боцман // *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства*. — Харків. — 2003. — Вип. 19. — С. 164-169.

Поступила в редколлегию 17.09.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.И. Сухаревский, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## СИСТЕМА РУХУ ЗОНДА ПРІСТРОЮ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ РЧ ДІАПАЗОНУ

О.О. Сілін

*У роботі розглянуті питання реалізації системи руху зонда для стенду візуалізації розподілу електромагнітних полів РЧ діапазону.*

**Ключові слова:** НВЧ, електромагнітне поле, зонд.

## SYSTEM MOTION DEVICE IMAGING PROBE OF DISTRIBUTION OF ELECTROMAGNETIC FIELDS RF RANGE

A.O. Silin

*The paper discusses the implementation of the system of movement of the probe for the visualization of the stand distribution of electromagnetic fields of the RF range.*

**Keywords:** Microwave, electromagnetic field, sensor.