

АППАРАТУРНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*А.В. Архипов, О.И. Белоус, О.Е. Марькивский, А.С. Плевако,
А.И. Фисун*

Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины

ВВЕДЕНИЕ

Открытые резонаторы (ОР) являются одними из важнейших элементов генераторных и измерительных устройств миллиметрового диапазона волн. При экспериментальном исследовании ОР обычно интересуются спектром его вынужденных колебаний, добротностью и распределением электромагнитного поля внутри объема резонатора для идентификации типов колебаний. Существует значительное количество методов получения этих характеристик, подробно описанных, например, в [1, 2]. В последнее время для получения спектра вынужденных колебаний ОР широко используют панорамные измерители (ПИ) КСВН и ослаблений типа Р2-65, Р2-68, Р2-69 и др., состоящие из двух блоков: высокочастотного генератора качающейся частоты и блока индикации. Нами разработаны интерфейсные блоки, позволяющие всю информацию, получаемую с помощью ПИ, передавать в персональный компьютер (ПК), там обрабатывать ее и получать информацию в удобном для использования виде.

ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ

Для ускорения процесса получения результатов с помощью ПИ была разработана и изготовлена система регистрации измерений, которая состоит из промышленного прибора Р2-65, блока ввода сигналов из (в) ПК и самого ПК. В качестве сигналов для регистрации измеряемых параметров использовались: аналоговый сигнал, пропорциональный измеряемой величине, импульсный сигнал, характеризующий положение частотной метки в области рабочих частот, сигнал гашения изображения на индикаторе и группа сигналов, определяющая положение переключателя ослабления сигнала на входе индикатора. Поскольку все эти сигналы выводятся на разъемы кабелей, соединяющих высокочастотный блок и блок регистрации, съём сигналов не приводит к изменению или доработке электрических схем узлов измерительных приборов, а требует лишь изготовления кабельного перехода. Такое решение позволяет работать в обычном режиме, сохраняя все методики поверки прибора, и переходить к использованию системы компьютерной регистрации результатов измерений простым подключением кабельной вставки в течение короткого промежутка времени. Для ввода перечисленных ранее сигналов в ПК для программной обработки и построения изображения измеряемых параметров создан интерфейсный блок на базе 8-битного микропроцессора AT89S53. Функциональная схема интерфейсного блока представлена на рис. 1.

Связь микропроцессора с ПК осуществляется по последовательному каналу с гальванической развязкой сигналов. Для управления микропроцессором реализована система команд, включающая команды задания режима, команды пуска и остановки работы измерительного блока и т.п. В состав измерительного блока входят: АЦП на 10 разрядов для преобразования аналогового сигнала, пропорционального измеряемой величине в код, два однотипных входа импульсных сигналов гашения и метки, регистр сигналов положения переключателя ослабления.

Поскольку при работе по последовательному каналу ПК невозможно организовать передачу измеряемых параметров в реальном темпе времени для минимального измерительного интервала 80 мс, в состав измерительного блока введено внутреннее буферное ОЗУ для 2048 значений измеренной информации.

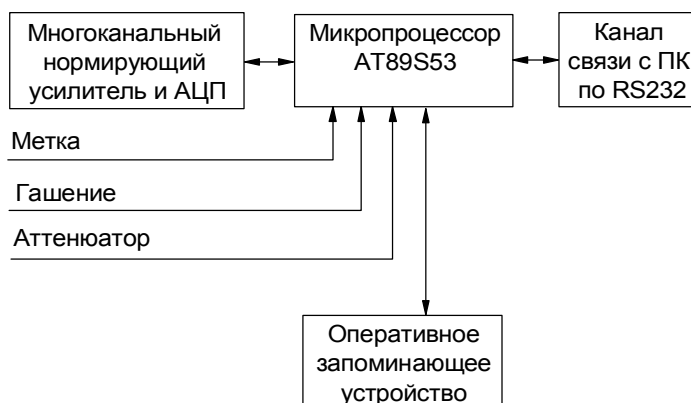


Рисунок 1 – Функциональная схема интерфейсного блока

Управление измерительным блоком и отображение измеренной информации осуществляются программой управления, работающей на ПК и написанной с помощью программного пакета LabVIEW.

Цикл работы измерительного блока начинается после выдачи команды начала измерения программой управления по желанию оператора, проводящего измерения. После получения команды контроллер ожидает сигнал окончания времени гашения и соответственно начала рабочего хода измерения. При поступлении этого сигнала начинается периодическое преобразование входного аналогового сигнала в код и запись этого кода в буферное ОЗУ. Периодичность преобразования зависит от заданного числа точек преобразования для времени рабочего хода и длительности измерения. Интервал между измерениями формируется таймером микропроцессора, загрузка которого осуществляется значением, полученным от программы управления. Число точек измерения также рассчитывается программой управления и загружается в микропроцессор измерительного блока. Параллельно процессу преобразования аналогового сигнала в код микропроцессор анализирует состояние импульсного сигнала метки и в случае его появления фиксирует номер текущего такта преобразования. Сигнал гашения появляется по окончании рабочего хода измерения, и в этот момент начинается передача измеренных значений из измерительного блока в управляющую программу, которая проводит анализ полученной информации и отображает измеренные значения, включающие зависимость измеряемого параметра от частоты, значение и положение частотной метки. Перед проведением измерения проводится калибровка по частоте, при которой оператором последовательно устанавливается частотная метка в начало и конец частотного диапазона измерений и фиксируются оператором значения частот в программе управления; калибровка по уровню, при котором проводится измерение сигнала, пропорционального выходной мощности высокочастотного блока.

Задание частотного диапазона измерений, значение времени измерения и коэффициента ослабления устанавливаются оператором элементами управления измерительной установки при задании режимов работы ПИ. Интерфейс программы управления показан на рис. 2.

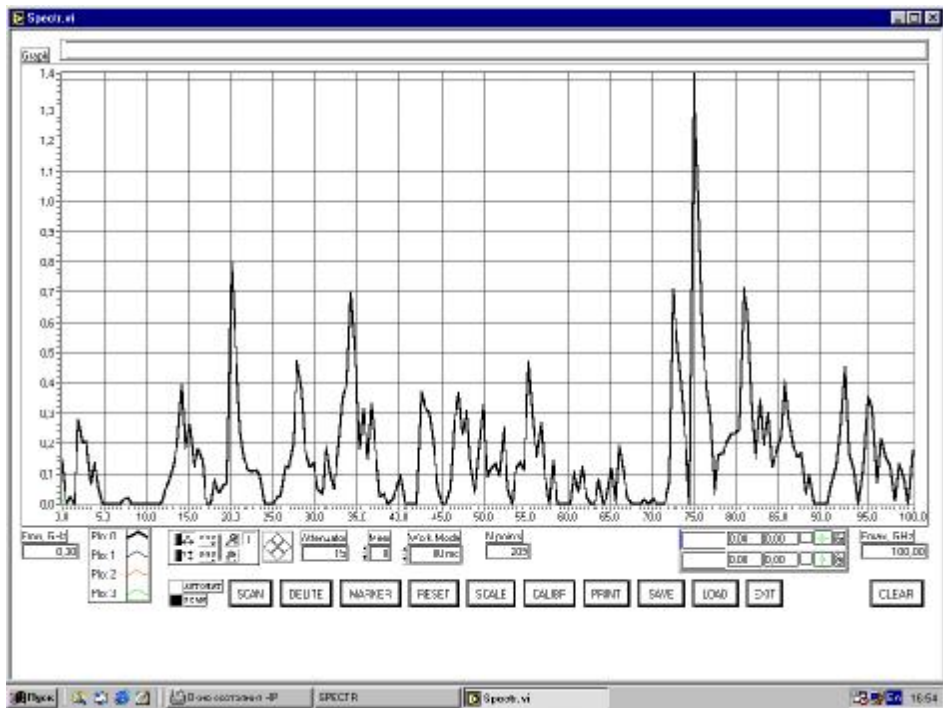


Рисунок 2 – Интерфейс программы управления

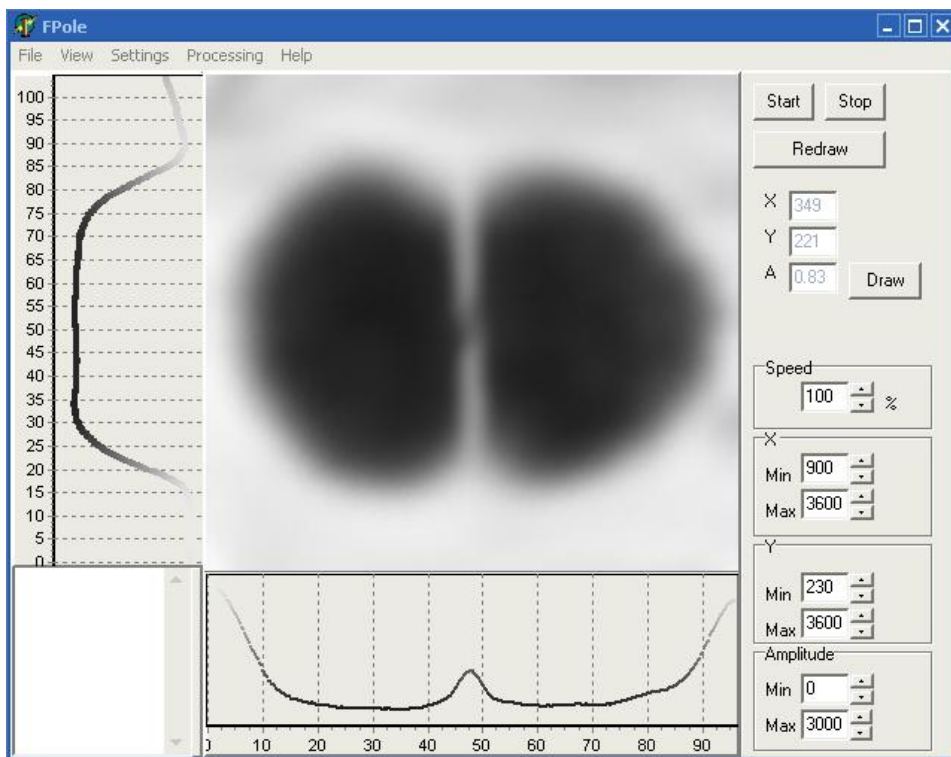


Рисунок 3 – Интерфейс программы исследования амплитудного распределения поля

ИЗМЕРЕНИЕ ДОБРОТНОСТИ РЕЗОНАТОРА

Известно, что наиболее распространенным методом измерения добротности ОР является частотный метод, основанный на измерении ширины Δf резонансной кривой на уровне половинной мощности

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f},$$

где f_0 – резонансная частота.

С помощью ПИ мы можем снять амплитудно-частотную характеристику одного колебания и, записав ее в ПК, достаточно точно определить Δf и f_0 и в конечном итоге добротность.

ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУДНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЙ В ОР

Для исследования полей в открытых резонаторах можно использовать метод малых возмущений. Реализация этого метода заключается в следующем. Пробное поглощающее тело (зонд) с размерами, значительно меньшими длины волны, с помощью сканирующего устройства перемещается в заданной плоскости. В точках с большей напряженностью поля зонд поглощает большее количество энергии, а в точках с меньшей напряженностью – меньше. Таким образом, коэффициент прохождения резонатора меняется обратно пропорционально напряженности поля в резонаторе. Данные о положении зонда в плоскости сканирования задаются соответствующими величинами напряжений на реохордах по горизонтальной и вертикальной осям его перемещения. В ПК также передаются данные о коэффициенте прохождения ОР. Интерфейс программы для исследования амплитудного распределения поля показан на рис. 3.

Эта программа также позволяет записать полученное распределение в виде матрицы амплитуд и обработать их с помощью известных математических и графических пакетов, например, MATHCAD, ORIGIN.

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АППАРАТУРЫ И ПРОГРАММ

Рассмотрим ОР (рис. 4), образованный сферическим уголково-эшелеттным зеркалом, который является колебательной системой квазиоптического полупроводникового генератора [3].

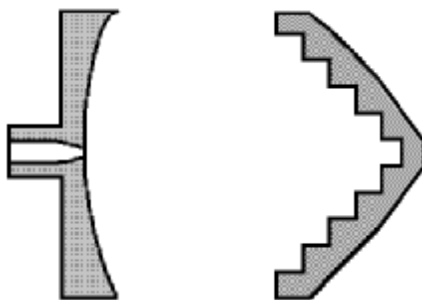
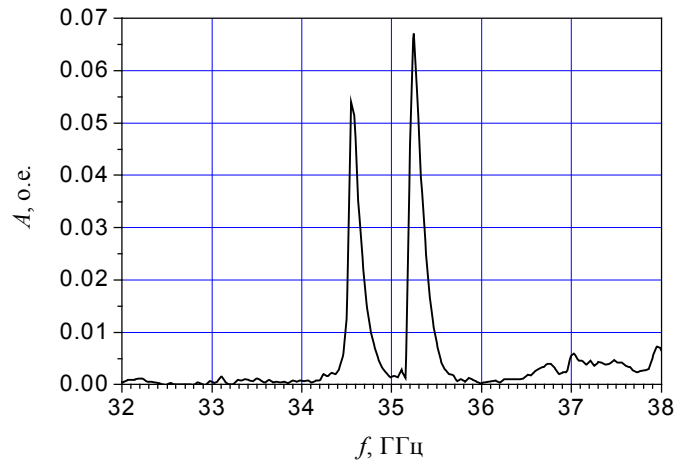
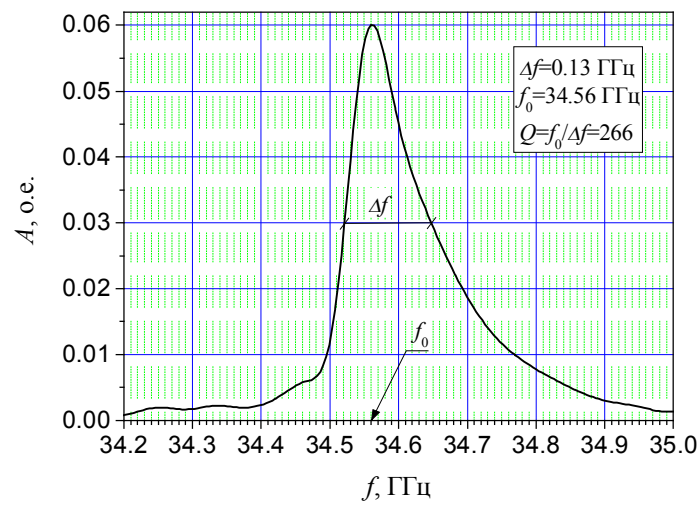


Рисунок 4 – Исследуемый сферический уголково-эшелеттный резонатор

На рис. 5а показан спектр такого резонатора в широком диапазоне частот, а на рис. 5б амплитудно-частотная характеристика только одного колебания, по которой легко определить его добротность.

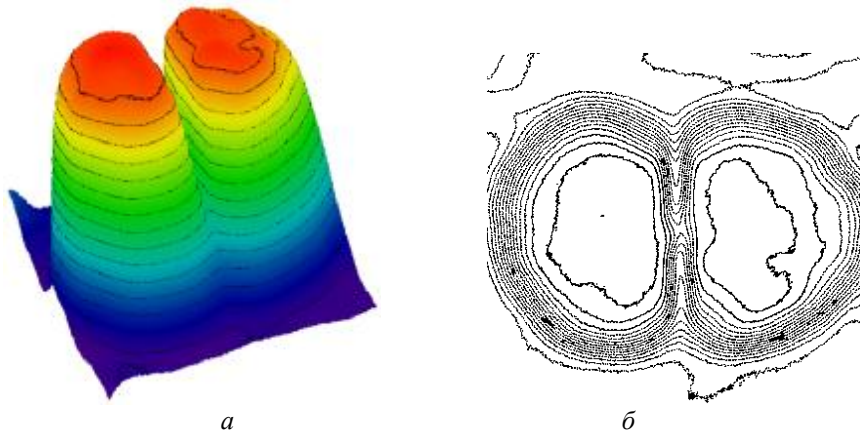


a



б

Рисунок 5 – Спектр сфероголково-эшелеттного резонатора (а) и резонансная кривая основного типа колебаний (б)



a

б

Рисунок 6 – Распределение поля высшего типа колебаний сфероголково-эшелеттного типа колебаний

Рис. 6 иллюстрирует обработанные в MATHCAD результаты программы исследования амплитудного распределения поля (рис. 3) в виде поверхности (а) и линий равных амплитуд (б), по которым проводится идентификация типа колебаний [4].

В заключение отметим, что при измерениях КСВН и затуханий волноводных устройств не требуется передача данных о координатах пробного тела. Переход к измерениям в другом частотном диапазоне осуществляется заменой высокочастотного блока ПИ. Для проведения амплитудно-фазовых измерений распределения поля требуется дополнительная модернизация устройства, заключающаяся в использовании волноводного зонда-пробника [5].

SUMMARY

FIRMWARE COMPLEX FOR ELECTRODYNAMIC SYSTEMS' RESEARCH

Arhipov A.V., Belous O.I., Marykivskiy O.E., Plevako A.S., Fisun A.I.

Institute of Radiophysics and Electronics Named after A. Usikov

The interfaced blocks and software to provide the automation of the parameters measurements for quasioptical and waveguide devices, that take place in industrial measuring instruments VSWR and attenuations have been produced.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техника субмиллиметровых волн /Под ред. Р.А.Валитова. – М.: Сов.радио, 1969. – 480с.
2. Измерения на миллиметровых и субмиллиметровых волнах: Методы и техника / Под ред. Р.А.Валитова и Б.И. Макаренко. – М.: Радио и связь, 1984. –296с.
3. Белоус О.И., Сухоручко О.Н., Фисун А.И. . Квазиоптический твердотельный источник излучения миллиметрового диапазона с повышенной долговременной стабильностью частоты // "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" 15-я Международная конференция. - Севастополь, 2005. - С. 152-153.
4. Фисун А.И., Ткаченко В.И., Белоус О.И., Кириленко А.А. Возбуждение колебаний в открытых резонаторах с эшелеттными и уголково-эшелеттными зеркалами // Радиотехника и электроника. – 2000. – Т.45, №5. – С.632–639.
5. Бровенко И.Я., Иванченко И.В., Попенко Н.А., Чернобровкин Р.Е. Зонд для диагностики ближнего поля в миллиметровом диапазоне // Радиофизика и электроника. – 2006. – Т.11, №1. – С. 19-23.

Архипов А.В., кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИРЭ НАН Украины им. А.Я. Усикова;

Белоус О.И., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ИРЭ НАН Украины им. А.Я. Усикова;

Марыкивский О.Е., кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ИРЭ НАН Украины им. А.Я. Усикова;

Плевако А.С., младший научный сотрудник ИРЭ НАН Украины им. А.Я. Усикова;

Фисун А.И., доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, ИРЭ НАН Украины им. А.Я. Усикова

Поступила в редакцию 12 декабря 2006 г.