

# УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОВОЛНОВЫХ РЕЗОНАТОРОВ

И.Н. Бондаренко, Ю.С. Васильев, А.С. Жижирий, А. Л. Ищенко  
 Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
 г. Харьков, пр. Ленина, 14, 61166, Украина  
 тел.: (057) 702-13-62, e-mail: mepu@kture.kharkov.ua

**Аннотация** - Приведены результаты разработки измерителя добротностей и резонансных частот резонаторных структур миллиметрового диапазона. В измерителе реализованы два варианта измерений: ручной – с визуальным определением искомого параметра по осциллограмме, и полуавтоматический – с оцифровкой информационного сигнала и последующей его программной обработкой и запоминанием с помощью цифрового осциллографа, сопрягаемого с компьютером.

## I. Введение

При разработке и настройке измерительных и экспериментальных устройств и систем микроволнового диапазона довольно часто возникает необходимость в определении амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) элементов и узлов, которые используются при их построении. Обычно такие измерения производятся с помощью СВЧ панорамных измерителей к.с.в. и АЧХ [1, 2] или приборами типа сетевых векторных анализаторов [3]. Однако, такие приборы, во-первых, достаточно громоздки, во-вторых, требуют дополнительных настроек для согласования элементов измерительной схемы, и, наконец, в-третьих, не всегда доступны в настоящее время. Кроме того, в большинстве практических случаев нет необходимости в высокоточном определении АЧХ тестируемых элементов и создании для этого стационарных экспериментальных установок.

**Целью** данной работы является разработка компактного устройства для измерения АЧХ элементов и узлов СВЧ тракта резонаторного типа, позволяющего производить указанные измерения с достаточной для практических нужд точностью.

## II. Основная часть

Для реализации измерительного устройства использовалась типовая схема измерения амплитудно-частотных характеристик с проходным включением исследуемого объекта (рис.1). В состав измерительного устройства входят: измерительный СВЧ генератор 1 с блоком питания генератора БПГ 2, регулируемый аттенюатор 3, ферритовые вентили 4, резонаторный частотомер на основе перестраиваемого высокодобротного объемного резонатора 5, исследуемый объект ИО 6, СВЧ детектор 7, измерительный прибор ИП 8, генератор сигналов управления ГСУ 9.

Основным элементом, определяющим возможности устройства измерения АЧХ, является измерительный СВЧ генератор. В качестве измерительного генератора использовался генератор на диоде Ганна с электрической перестройкой частоты разработки НПФ "ЛЕКИС" (г. Киев). Генератор перестраивался в пределах 3,15 ГГц (34,35...37,5 ГГц). При этом зависимость  $f_r(U_{упр})$  носит сильно выраженный нелинейный характер, выходная мощность  $P_r$  также сильно меняется в пределах рабочего диапазона частот.

Естественно, такой вид зависимостей будет приводить к искажению формы отображаемой АЧХ и приводить к увеличению погрешностей измерений.

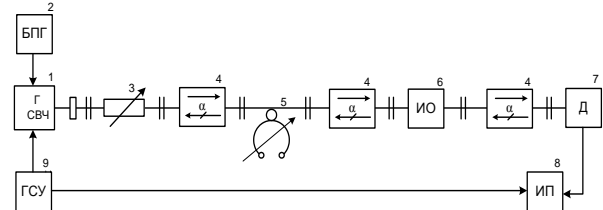


Рис.1 Структурная схема устройства  
 Fig. 1 Block diagramme of the device

Для устранения нелинейности частотной перестройки генератора было разработано устройство генерации импульсов специальной формы, который формирует сигналы управления перестроенным диодом генератора, позволяющие компенсировать нелинейность его частотной развертки.

Использование генератора импульсов специальной формы в качестве ГСУ (см. рис.1) позволило линеаризовать зависимость  $f_r(U_{упр})$  измерительного СВЧ генератора (рис.2). Зависимость мощности сигнала генератора от частоты, полученная при этом, приведена на рис.3.

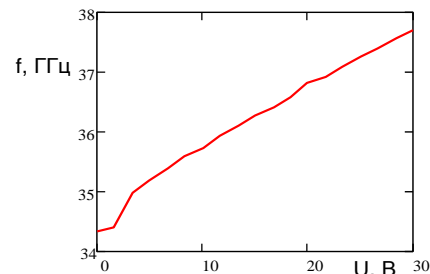


Рис.2 Зависимость  $f_r(U_{упр})$  после линеаризации  
 Fig. 2 Dependence  $f_r(U_{упр})$  after linearization

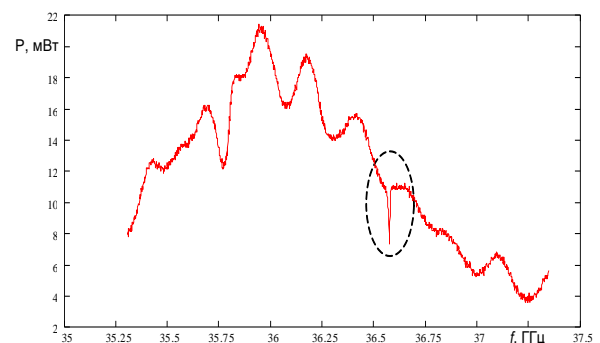


Рис.3 Зависимость  $P_e(f_r)$  с меткой от резонансного частотомера  
 Fig. 3 Dependence  $P_e(f_r)$  with a label from a resonant frequency meter

Процесс измерения АЧХ в ручном режиме осуществляется следующим образом (рис.1): с помощью ГСУ производится периодическая перестройка частоты измерительного СВЧ генератора в диапазоне его рабочих частот и одновременная синхронизация развертки ИП, в качестве которого может быть использован осциллограф. В результате на экране осциллографа формируется изображение АЧХ исследуемого объекта. Привязка АЧХ к частотной оси осуществляется с помощью перемещаемой частотной метки от перестраиваемого резонатора частотомера.

Возможности измерительного устройства существенно расширяются и погрешности измерений снижаются при использовании в качестве ИП цифрового осциллографа, сопрягаемого с компьютером (ПК).

При измерениях использовался цифровой осциллограф марки DS5152MA фирмы Rigol.

Применение в измерительной схеме цифрового осциллографа совместно с компьютером и соответствующим программным обеспечением позволяет: проводить калибровку развертки в значениях частоты; выделять и изменять масштаб отдельных участков частотной развертки; проводить нормировку отображаемой амплитудной характеристики с учетом неравномерности выходной характеристики измерительного СВЧ генератора; с использованием дополнительной обработки первичных сигналов при исследовании резонансных элементов получать информацию непосредственно о значениях резонансной частоты и добротности (при необходимости – их изменениях); сохранять результаты измерений в цифровой форме для последующей обработки и сравнения.

Для оценки возможностей разработанного устройства по визуализации АЧХ и определению добротности резонаторов были проведены сравнительные измерения характеристик нескольких резонаторов с его помощью и с помощью векторного сетевого анализатора NA 5230A фирмы Agilent.

Минимальные значения измеряемых значений добротности составляют величину порядка нескольких десятков и определяются возможностью выявления резонансных кривых на фоне собственной АЧХ измерительного тракта. Максимальные значения измеряемых добротностей составляют величину порядка нескольких тысяч и определяются возможностью фиксации метки от резонансного частотомера при проведении операции сопоставления временной шкалы развертки осциллографа с частотной шкалой.

### III. Заключение

Разработан измеритель добротностей и резонансных частот резонаторных структур 8-ми миллиметрового диапазона. В измерителе реализованы два варианта измерений: ручной – с визуальным определением искомых параметров по осциллограмме, и полуавтоматический – с оцифровкой информационного сигнала и последующей его программной обработкой и запоминанием с помощью цифрового осциллографа, сопрягаемого с компьютером.

Разработанный измеритель позволяет оперативно и эффективно производить измерения характеристик резонаторных структур с достаточной для практических нужд точностью.

## IV. Список литературы

- [1] Милованов О.С., Собенин Н.П. Техника сверхвысоких частот, М.: Атомиздат, 1980. 464 с.
- [2] Абубакиров Б.А., Гудков К.Г., Нечаев Э.В. Измерение параметров радиотехнических цепей. М.: Радио и связь, 1984. 248 с.
- [3] <http://www.home.agilent.com> – сайт фирмы Agilent.

## MICROWAVE RESONATORS PARAMETERS CONTROL DEVICE

Bondarenko I.N., Vasilev Yu.S., Zhizhiriy A.S.,  
Ishenko A.L.

*Kharkov National University of Radioelektroniks  
Kharkov, Lenin av., 14, 61166, Ukraine*

*Ph.: (057) 702-13-62, e-mail: mepu@kture.kharkov.ua*

Abstract – Results of the development of the meter for qualities and resonant frequencies resonator structures of a millimeter range are represented. In a meter two variants of measurements are realized: manual - with visual definition of required parameters under the oscillogram, and semi-automatic - with transformation of an information signal at the digital and its subsequent program processing and storing by means of the digital oscilloscope interfaced to the computer.

### I. Introduction

By working out and adjustment of measuring and experimental devices and systems of a microwave range often there is a necessity for definition of amplitude-frequency characteristics (AFC) elements which are used at their construction.

The purpose of the given work is working out of the compact device for measurement AFC of microwave resonator elements, allowing to make the specified measurements with sufficient accuracy for practical needs.

### II. Main Part

For realization of the measuring device the typical scheme of measurement of AFC with inclusion of investigated object through passage (fig. 1) was used. For compensation of nonlinearity of frequency tuning of the generator was the generator of impulses of the special form which forms management signals the tuning diode of the generator is developed.

Application in the measuring scheme of a digital oscilloscope together with the computer and the corresponding software allows: to spend development calibration in values of frequency; to allocate and change scale of separate sites of frequency scale; to spend normalization the displayed amplitude characteristic taking into account non-uniformity of the characteristic of the measuring microwave generator; to receive the information directly about values of resonant frequency and quality (if necessary - their changes); to keep results of measurements in the digital form for the subsequent processing and comparison.

The range of values of measured qualities is from several tens to several thousand. Accuracy of definition of resonant frequency is not worse than 0,01 %.

### III. Conclusion

The measuring instrument of resonators qualities and resonant frequencies of millimetric range is developed. In a measuring instrument two variants of measurements are realized: manual - with visual definition of required parameters under the oscillogram, and semi-automatic - with numbering of an information signal and its subsequent program processing and storing by means of the digital oscillograph interfaced to the computer.

The developed measuring instrument allows to make operatively and effectively measurements of characteristics of resonators structures with sufficient accuracy for practical needs.