

01 Jan 1999

## Reproduction of Spectrum Envelope of Microwave Wideband Noise and Detection a Narrowband Signal in It

Marina Koledintseva  
*Missouri University of Science and Technology*

Alexander A. Kitaytsev

V. A. Konkin

Follow this and additional works at: [https://scholarsmine.mst.edu/ele\\_comeng\\_facwork](https://scholarsmine.mst.edu/ele_comeng_facwork)



Part of the [Electrical and Computer Engineering Commons](#)

---

### Recommended Citation

M. Koledintseva et al., "Reproduction of Spectrum Envelope of Microwave Wideband Noise and Detection a Narrowband Signal in It," *Proceedings of the 9th International Crimean Microwave Conference, 1999. Microwave & Telecommunication Technology. 1999 [In Russian with English abstracts]*, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Jan 1999.

The definitive version is available at <https://doi.org/10.1109/CRMICO.1999.815267>

This Article - Conference proceedings is brought to you for free and open access by Scholars' Mine. It has been accepted for inclusion in Electrical and Computer Engineering Faculty Research & Creative Works by an authorized administrator of Scholars' Mine. This work is protected by U. S. Copyright Law. Unauthorized use including reproduction for redistribution requires the permission of the copyright holder. For more information, please contact [scholarsmine@mst.edu](mailto:scholarsmine@mst.edu).

# ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ОГИБАЮЩЕЙ СПЕКТРА СВЧ ШИРОКОПОЛОСНОГО ШУМА И ВЫЯВЛЕНИЕ В НЕМ УЗКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

Китайцев А.А., Колединцева М.Ю., Конкин В.А.

Московский энергетический институт (Технический университет)

Красноказарменная ул., 14, Москва – 111250, Россия

тел.: 095- 362-79-58, e-mail: koled @orc.ru

**Аннотация** – Описан способ адекватного воспроизведения огибающей спектра интенсивного широкополосного шумового сигнала СВЧ, измерения его энергетических параметров и выявления узкополосных сигналов с неизвестной частотой и мощностью на его фоне. Этот способ основан на применении безгетеродинного гиромагнитного преобразователя, работающего в режимах резонансного детектирования и кроссумножения. Представлен принцип действия двухканального измерителя спектральной плотности мощности (ИСПМ), реализующего указанные функции.

## I. Введение

Адекватное воспроизведение огибающей спектра широкополосного (несколько октав) СВЧ шумового сигнала является актуальной проблемой при разработке, тестировании и эксплуатации мощных активных приборов СВЧ (генераторов, усилителей мощности, активных смесителей).

При исследовании спектров СВЧ излучений требуется аппаратура, которая сочетает функции:

- (1) панорамного воспроизведения огибающей спектра;
- (2) измерения энергетических параметров излучений (спектральной плотности мощности, интегральной мощности в заданной полосе частот; ширины спектра по определенному уровню; центральной частоты спектра);
- (3) выявления и идентификации узкополосных ("гармонических") сигналов, присутствующих в СВЧ тракте на фоне шума.

Традиционные способы (с применением гетеродинных анализаторов спектра или измерительных приемников, многоканальных анализаторов спектра или измерителей мощности с высокочастотными фильтрами на входе каждого канала) не позволяют одновременно выполнять все указанные функции без дорогостоящих дополнительных мер, связанных с процессорной обработкой результатов измерений, идентификацией каналов преобразования (в гетеродинном случае), трудоемкой калибровкой измерительного СВЧ тракта при существенном рассогласовании, вносимом исследуемым источником излучения. Серьезные проблемы, связанные с ограниченностью линейного динамического диапазона детекторов, возникают при необходимости измерения энергетических параметров шума в присутствии мощной помехи.

Применение частотно-селективных СВЧ гиромагнитных преобразователей (ГП) в измерительной аппаратуре, с нашей точки зрения, является надежным, относительно простым конструктивно и не требующим больших материальных затрат способом решения указанных задач.

В ОПЛФ МЭИ еще в 70-е годы был разработан измеритель спектральной плотности мощности (ИСПМ), работающий в диапазоне 1-7 ГГц. Он измерял спектральную плотность мощности (СПМ) 0.1-100 Вт/МГц с разрешающей способностью 10 МГц [1]. Прибор выпускался серийно и успешно приме-

нялся на предприятиях, разрабатывающих и использующих мощную СВЧ электронику. Прибор первого поколения визуально воспроизводил огибающую спектра как во всем указанном диапазоне ("панораме"), так и в отдельных его участках, и измерял спектральную плотность мощности на заданной частоте. В последующие годы осуществлялись исследования, позволившие расширить функциональные возможности, частотный и динамический диапазоны ИСПМ, а также улучшить ряд других его характеристик [2].

## II. Основная часть

ИСПМ состоит из гиромагнитного преобразователя (ГП) и измерительного блока (ИБ) с дисплеем. Принцип работы ГП основан на стабильных нелинейных резонансных явлениях в монокристаллических ферритовых резонаторах (ФР). Конструкция ГП описана в [1]. Его основным элементом является ФР с управляющим элементом для ВЧ модуляции резонансной частоты феррита и элементом для съема преобразованного сигнала. В диапазоне до 40 ГГц и для модуляции, и для съема используется одна и та же плоская спиральная микрокатушка. ГП работает в двух режимах: (1) резонансного детектирования (РД) – без ВЧ модуляции резонансной частоты феррита; и (2) кроссумножения (КУ) – с модуляцией.

Основным режимом ГП в составе ИСПМ является РД. Шум, воздействуя на ФР, приводит к изменению продольной составляющей намагниченности, и в элементе съема создается ЭДС с непрерывным шумовым спектром. Далее преобразованный сигнал обрабатывается ИБ, содержащем широкополосный функциональный усилитель (ФУ) с частотной характеристикой вида  $1/\omega$  для обеспечения пропорциональности преобразованного сигнала величине СПМ входного шума. Режим КУ в ИСПМ применяется для градуировки его вертикальной шкалы в единицах СПМ.

При воздействии на ФР чистого шума наличие ВЧ модуляции в управляющем элементе не сказывается на спектре наводимой ЭДС. Однако, если на входе имеется аддитивная смесь сигнал + шум, то результирующий спектр ЭДС при наличии ВЧ модуляции меняется, и в нем появляются дискретные составляющие на частотах, кратных частоте модуляции. Режим КУ "подчеркивает" гармонические составляющие в спектре шума (Рис. 1).

Важно, что стабильность частот дискретных составляющих спектра ЭДС не зависит от стабильности несущей частоты соответствующего СВЧ сигнала (из-за особенностей преобразования частоты при КУ). Поэтому для повышения отношения сигнал/шум при обнаружении такого узкополосного сигнала можно применить узкополосную фильтрацию.

На этом основан принцип действия двухканально-го ИСПМ [3]. Один канал – "измерительный" с ФУ, второй – "обнаружительный" – с узкополосным бло-

ком (УБ). При включении ВЧ модуляции одновременно подключается УБ, а при ее выключении – подключается ФУ. Дисплей ИБ отображает две “оглаживающие” входного спектра, полученные в двух режимах (РД и КУ). Сравнивая их, выявляют “гармонические” составляющие в шуме. Можно также измерить их несущие частоты и оценить интенсивность.

Эксперименты в см диапазоне волн показали возможность только за счет узкополосной фильтрации устойчиво обнаруживать в СВЧ шуме гармонический сигнал с мощностью в 1000 раз меньше интегральной мощности шума.

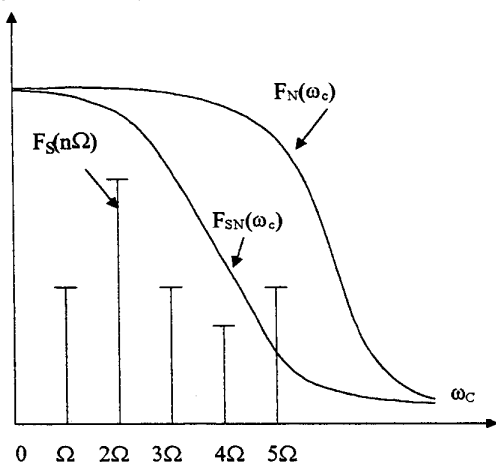


Рис.1. Составляющие спектра ЭДС при наличии смеси сигнал+шум: (1) в режиме РД: шумовые биения  $F_N(\omega_c)$ ; биения “сигнал-шум”  $F_{SN}(\omega_c)$ ; (2) в режиме КУ: те же  $F_N(\omega_c)$ ;  $F_{SN}(\omega_c)$  и дискретные “сигнальные” составляющие  $F_S(n\Omega)$ .

### III. Заключение

На основе физических особенностей преобразования СВЧ шума и узкополосных сигналов с помощью гиромангнитных преобразователей можно расширить функции частотно-селективной аппаратуры – ИСПМ: помимо измерения энергетических параметров широкополосного шума, выявлять в нем узкополосные составляющие. Существенное увеличение отношения сигнал/шум при обнаружении достигается в двухканальном ИСПМ за счет одновременного подключения узкополосного блока и включения ВЧ модуляции.

### VI. Список литературы

- [1] Балаков В.Ф. и др. Использование гиромангнитных эффектов в монокристаллах ферритов для измерения параметров электромагнитных сигналов. Труды 5 Межд. Конф. ICMF'80, Москва, Т. 3, с. 86-99
- [2] Китайцев А.А. и др. Панорамный измеритель энергетических параметров СВЧ-сигналов. Сб. науч. Трудов МЭИ N 241. М.: МЭИ. 1991, с. 40-47
- [3] Китайцев А.А., Колединцева М.Ю., Конкин В.А., Радченко В.Ф., Савченко Н.И. Способ анализа спектра широкополосного шумового сигнала СВЧ и устройство для его реализации. Патент РФ No 2088945, Бюл. N 24, 1997, 27.09.97

## REPRODUCTION OF SPECTRUM ENVELOPE OF MICROWAVE WIDEBAND NOISE AND DETECTION A NARROWBAND SIGNAL IN IT

A.A.Kitaytsev, M.Y.Koledintseva, V.A.Konkin,

Moscow Power Engineering Institute (Technical University),

Krasnokazarmennaya, 14, Moscow 111250, Russia.

e-mail: koled@orc.ru

**Abstract** - A method of adequate visual microwave wide-band intense noise envelope reproduction in wide frequency range (several octaves), power parameters measurement and detection of a narrow-band signal with unknown frequency and power against a background of noise is presented. It is based on application of non-heterodyne gyromagnetic converter, operating in two regimes: resonance detection and cross-multiplication. Operation of the two-channel measurer of spectrum power density combining the mentioned functions is discussed.

### I. Introduction

The demands to the devices for the analysis of the intense wide-band (several octaves) microwave spectra of noise are the following:

- (1) an adequate reproduction of spectrum envelope;
- (2) measuring of power parameters (spectrum power density, integral power in the certain frequency range, noise bandwidth and its central frequency);
- (3) detection and identification of narrow-band ('harmonic') components in its spectrum.

On base of a measurer of spectrum power density (MSDP) elaborated in Moscow Power Engineering Institute [1, 2] a two-channel device for these functions combination is suggested [3].

### II. Main part.

MSDP contains the gyromagnetic converter (GC) and the measuring block. Principle of its operation is based on:

- (1) stable non-linear resonance phenomena at the interaction of the ferrite resonator (FR) in the GC with mw noise and signals;
- (2) the converted signal spectrum redistribution when RF modulation of the ferrite resonance frequency is introduced, i.e. there is transfer from resonance detection (RD) to cross-multiplication (CM).

Spectrum of the converted signal + noise at RD and CM regimes differs (Fig.1). In RD regime there are "noise" and "noise & signal" continuous parts of spectrum, while at CM to these two parts the discrete "signal" spectrum is added.

The first ('measuring') channel of the device containing a wide-band functional amplifier works when the GC operates in the RD regime. The second ('signal detecting') channel contains a narrow-band amplifier tuned at one of the modulation frequency harmonics and is switched on when the GC operates in the cross-multiplication regime. The two obtained envelopes of the same spectra at two regimes are compared, and the result shows presence of a narrow-band signal in the noise.

Experiments on the elaborated device with the narrow-band amplifier tuned to the second harmonic of RF modulation show that it is possible to detect reliably the mw harmonic signal, which power is 1000 times less than that of the noise.

### III. Conclusion

Using physical peculiarities of the mw noise and signals conversion by means of the GC it is possible to provide both measuring of power parameters of wide-band intense noise and detecting narrow-band signals at the noise background. The essential increase of signal-to-noise ratio is achieved in a two-channel MSDP at simultaneous switching on narrow-band amplifier and RF modulation.