

УДК 621.317.07

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НИЗКОГО УРОВНЯ

К.т.н. А.В. Алексахин¹, к.т.н. К.Л. Шевченко², В.В. Горкун²¹Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, Одесса;²Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина, Киев;
autom1@meta.ua

В статье рассмотрены пути повышения чувствительности дифференциальных радиометров. Проанализированы погрешности, возникающие при использовании традиционных схем радиометров. Предложена функциональная схема радиометра без использования квадратичного детектора. Описан алгоритм его работы. Показано, что при этом исключается эффект подавления полезного шумового сигнала и повышается чувствительность к разностным электромагнитным излучениям.

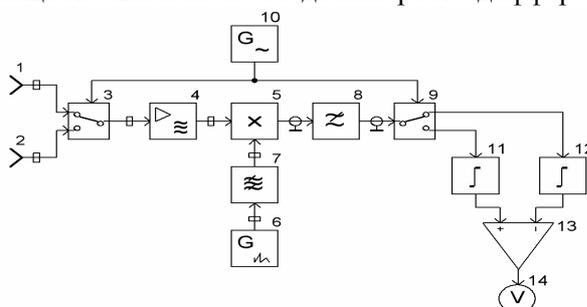
Ключевые слова: радиометр, СВЧ излучение, чувствительность.

Для измерения интенсивности слабых электромагнитных излучений (ЭМИ) СВЧ диапазона используют модуляционные радиометры (МР), способные измерять сигналы с уровнем мощности, меньшим уровня собственных шумов измерительной схемы. При измерении разности интенсивностей ЭМИ на фоне собственных шумов радиометра приходится выделять сверхслабые сигналы. Эта задача решается как радиометрами прямого усиления и детектирования, так и радиометрами с супергетеродинным преобразованием частоты принимаемых сигналов [1]. Однако для измерения разности интенсивностей двух СВЧ сигналов малых уровней чувствительность таких устройств недостаточна.

Для повышения чувствительности МР вводят положительную обратную связь по низкочастотной огибающей модулированного сигнала [2], которая выделяется амплитудным детектором из преобразованного по частоте СВЧ сигнала. Обратная связь реализуется введением в схему радиометра дополнительно двойного волноводного тройника и аттенюатора с блоком автоматического управления. Однако, из-за наличия в супергетеродинном приемнике «зеркального» канала приема эффективность положительной обратной связи невысока.

В дифференциальном МР квадратичный детектор существенно ограничивает его чувствительность. Повышение чувствительности обычно достигается увеличением полосы пропускания СВЧ тракта, либо увеличением постоянной времени интегратора на выходе детектора. Это не всегда целесообразно и возможно из-за ограниченной полосы пропускания СВЧ усилителей и увеличения времени измерения.

На рисунке показана функциональная схема бездетекторного дифференциального МР.



ЭМИ от сравниваемых объектов принимаются измерительной и опорной антеннами 1 и 2. На автоматический СВЧ переключатель 3 поступают суммарные сигналы мощностью

$$P'_C = P_X + P_{A1} \text{ и } P''_C = P_0 + P_{A2},$$

где P_X и P_0 - мощности полезных сигналов антенны 1 и 2; P_{A1} и P_{A2} - мощности их собственных

шумов.

Сигналы с антенн поочередно усиливаются СВЧ усилителем 4 и поступают на один вход перемножителя 5 СВЧ сигналов. На его второй вход через полосовой СВЧ фильтр 7 подается сигнал с генератора СВЧ шума 6. Центральную частоту фильтра 7 устанавливают равной центральной частоте в спектре усиленных сигналов антенн 1 и 2.

Суммарный вклад СВЧ шумов в общий низкочастотный шум по мощности P можно оценить из соотношения:

$$P = K_1 \sqrt{(P_C + P_A + P_Y + P_M) P_G},$$

где K_1 - коэффициент передачи по мощности преобразователя частоты на основе перемножителя 5; P_Y , P_M , - мощность собственных шумов СВЧ усилителя 4 и перемножителя СВЧ сигналов 5; P_G - мощность генератора 6 СВЧ шума.

Последовательность видеоимпульсов мощностью P поступает на вход переключателя 9. Переключатели 3 и 9 работают синхронно и синфазно. Благодаря этому один видеоимпульс воздействует на интегратор 11, другой – на интегратор 12. В процессе интегрирования подавляются переменные (шумовые) составляющие видеоимпульсов и выделяются их постоянные составляющие:

$$U_1 = K_2 S (P_X + P_{A1} + P_Y + P_M);$$

$$U_2 = K_3 S (P_0 + P_{A2} + P_Y + P_M),$$

где K_2 , K_3 - коэффициенты передачи интеграторов 11 и 12; S - крутизна преобразования СВЧ мощности в напряжение.

При использовании однотипных интеграторов 11 и 12, одинаковых измерительной и опорной антенн 1 и 2, и введении обобщенного параметра – крутизны $S_0 = K_3 K_4 S$, для усиленного разностного напряжения, измеряемого вольтметром 14, окончательно получим:

$$U_3 = S_0 (P_X - P).$$

Показания вольтметра 14 пропорциональны разности мощностей сравниваемых ЭМИ и не зависят от собственных шумов антенн 1 и 2, СВЧ усилителя 4 и перемножителя 5 СВЧ сигналов. Благодаря отсутствию квадратичного детектора исключается эффект подавления полезного шумового сигнала от сравниваемых ЭМИ помехами в виде собственных шумов СВЧ приемного тракта и преобразователя частоты. В результате повышается чувствительность к разностным ЭМИ, снижается флуктуационный порог чувствительности, который определяет минимальную обнаруживаемую разность мощностей двух независимых ЭМИ, и повышается точность измерения слабых ЭМИ.

Таким образом, предложенная бездетекторная схема дифференциального модуляционного радиометра обладает повышенной чувствительностью и точностью, что позволяет обнаруживать и измерять малые градиенты электромагнитных полей естественного и техногенного характера.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Скрипник Ю.О., Манойлов В.П., Яненко О.П. Модуляційні радіометричні пристрої та системи НВЧ-діапазону. Навч. посібник, Житомир: ЖІТІ, 2001 - С.228-233.
2. Скрипник Ю.А., Шевченко К.Л. Модуляционный радиометр.//14-я Международная Крымская конференция «СВЧ техника и телекоммуникационные технологии», 13 - 17 сентября, 2004, Севастополь. С. 747 - 750.

Aleksashin A.V., Shevchenko K.L., Gorkun V. V.

Differential measuring instrument of sperhigh-frequency electromagnetic radiations of low level

In article ways of increase of sensitivity of differential radiometers are considered. The errors arising at use of traditional schemes of radiometers are analysed. The function chart of the radiometer without use of the square detector is offered. The algorithm of its work is described. It is shown that the effect of suppression of a useful noise signal is thus excluded and sensitivity to differential electromagnetic radiations increases.

Keywords: radiometer, microwave radiation, sensitivity.