

АНАЛИЗ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЁМНИКОВ

Гуцол Т. Д.

Подольский государственный аграрно-технический университет (г. Каменец-Подольский)

Для разработки радиометрического приёмника в миллиметровом диапазоне длин волн проведён анализ методов и схемных решений приёмников и определены необходимые технические решения для повышения их чувствительности.

Постановка проблемы. Кинетика биологических процессов происходит в миллиметровом диапазоне длин волн и для него оказываются прозрачными ороговевшие слои эпидермиса, волосной покров, возможные частицы пыли и грязи на поверхности кожи [1, 2]. Поэтому исследование радиотеплового излучения сельскохозяйственных животных целесообразно осуществлять в миллиметровом диапазоне длин волн. В связи с этим возникла необходимость проведения анализа существующих методов и аппаратуры дистанционной диагностики состояния животных.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время известны макеты и методики дистанционного исследования излучений живых биологических объектов (человека) в инфракрасном (ИК) сантиметровом и дециметровом диапазонах длин волн. В ИК диапазоне радиотепловое излучение исходит из глубины 10 мкм, и для проведения исследований необходима гладкая, чистая, сухая поверхность кожи. Радиотепловое излучение сантиметрового и дециметрового диапазонов длин волн хотя и обладает характерной глубиной затухания в биологических тканях до нескольких сантиметров и дает возможность безинерционно отслеживать температуру в глубине тела, однако из-за больших длин волн не обеспечивает необходимое пространственное разрешение при измерениях из открытого пространства.

Цель статьи. Провести анализ схемных решений радиометрических приёмников и определить необходимые технические решения для повышения их чувствительности.

Основные материалы исследования. В зависимости от схемных решений выделить можно следующие виды радиометрических приемников: компенсационные, модуляционные, компенсационно-фильтровые, аддитивно-шумовые, взаимокорреляционные [3, 4]. В работе [3] рассмотрен радиометрический приемник компенсационного типа, рис. 1.

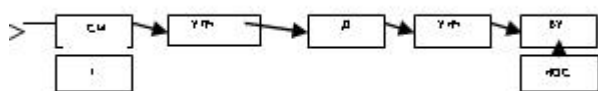


Рисунок 1 – Функциональная схема компенсационного радиометрического приемника супергетеродинного типа

Он состоит из усилителя высокой частоты (УВЧ), смесителя (СМ), гетеродина (Г), усилителя промежу-

точной частоты (УПИ), квадратичного детектора (Д), усилителя низкой частоты (УНЧ), вычитающего устройства (ВУ) и источник опорного смещения (ИОС).

Достоинствами радиометрических приемников компенсационного типа являются простота конструкции, наибольшая потенциальная чувствительность.

Однако, несмотря на указанные достоинства, эти радиометрические системы обладают флуктуациями коэффициента усиления, что снижает реальную чувствительность, а также обладают плохой защищенностью к действию внешних помех.

Схема модуляционного приемника приведена на рис. 2 [2].

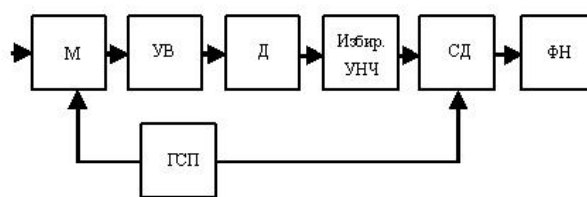


Рисунок 2 – Схема модуляционного радиоприёмника

Он состоит из модулятора (М), УВЧ, детектора (Д), избирательного УНЧ, синхронного детектора (СД), фильтра нижних частот (ФНЧ), генератора сигналов переключения (ГСП). Радиометрические приемники, построенные по этой схеме, надежны в работе, обладают меньшей флуктуацией коэффициента усиления [3].

К недостаткам следует отнести сложность конструкции по сравнению с компенсационным радиометрическим приемником; более низкую чувствительность, так как часть энергии полезного сигнала теряется при модуляции; дополнительные шумы за счет модулятора.

Схема аддитивно-шумового приемника приведена на рис. 3, где ЛТр – линейный тракт, АД – амплитудный детектор, ИО – измеритель отношения, И – интегратор, ОУ – оконечное устройство.

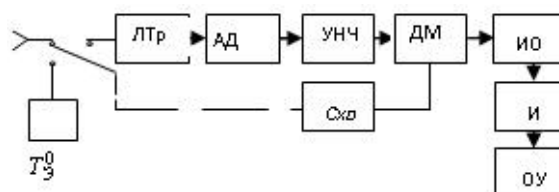


Рисунок 3 – Функциональная схема аддитивно-шумового радиометрического приемника

Таким образом, несмотря на отсутствие модулятора и высокую чувствительность, он подвержен сильному влиянию флуктуаций коэффициента усиления на выходной сигнал.

Существенным недостатком схем компенсационно-фильтрового и взаимокорреляционного типов относится реализация широкополосных линий задержки [4]. Основной технической характеристикой радиометрического приемника является флуктуационная (потенциальная) чувствительность, которая определяется выражением [4]:

$$\delta T^0 = K \frac{T_0^0 (F_0 - 1)}{\sqrt{\Delta f}} = K \frac{T_w^0}{\sqrt{\Delta f T}} \quad (1)$$

где K – постоянная, определяемая схемой радиометрического приемника;

T_0^0 – температура окружающей среды;

F – коэффициент шума;

Δf – полоса пропускания на высокой частоте;

$T_w^0 = T_0^0 (F - 1)$ – шумовая температура приемника;

$T = \frac{1}{\Delta F}$ – время интегрирования.

Чувствительность радиометрического приемника, определяемая данным выражением, это предельная (флуктуационная) чувствительность, зависящая только от естественных шумов и параметров приемника.

Причиной аномальных флуктуации является флуктуация коэффициента шума, полосы пропускания по ВЧ и коэффициента усиления (КУ) приемника.

Первые два параметра изменяются медленно, и их влияние может быть учтено при разработке результатов измерений. Влияние флуктуации КУ на выходе сигнала является основной причиной, препятствующей достижению реальной чувствительности приемника, близкой к потенциальной. Это свидетельствует о больших технических трудностях, связанных с устранением или компенсацией влияния флуктуаций КУ в высокочувствительных приемниках.

Рациональные пути повышения чувствительности радиометрических приемников состоят в следующем: разработка новых схем, совершенствование известных схем. Уменьшение уровня внутренних шумов T_w возможно за счет использования малощумящих элементов и узлов, однако это, как и расширение полосы пропускания по ВЧ, ограничено техническими и конструктивными возможностями и определяется уровнем развития элементной базы на данный период.

Все технические решения, используемые при создании радиометрических приемников, сводятся к следующим задачам: компенсации внутренних шумов, компенсации влияния нестабильности тракта усиления и преобразования на шумовую температуру приемника, исключению влияния нестабильности тракта усиления и преобразования на шумовую температуру приемника. Таким образом, можно сделать вывод, что при построении радиометрических систем в миллиметровом диапазоне следует учитывать следующие определяющие факторы:

– необходимо строить по супергетеродинной или

модуляционной схеме;

– необходимо применять различные методы устранения влияния нестабильности тракта на выходной сигнал.

В этой связи необходимо отыскать структуру приемника для измерения температуры, который, наряду со всеми достоинствами компенсационного, обладал бы чувствительностью к флуктуациям коэффициента усиления и воздействию наиболее вероятной узкополосной помехи.

Выводы. Для дистанционного измерения собственного электромагнитного излучения животных необходим радиометрический приёмник, который со всеми достоинствами компенсационного, обладал бы нечувствительностью к флуктуациям коэффициента усиления и воздействию наиболее вероятной узкополосной помехи.

Список использованных источников

1. Черенков А. Д. Применение низкоэнергетических ЭМП для управляющего воздействия на биофизические процессы в биологических объектах / А. Д. Черенков, О. Г. Аврунин // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. - 2014. – С. 62–66.
2. Cherenkov A. D. Theoretical Analysis of Electromagnetic Field Electric Tension Distribution in the Seeds of Cereals / A. D. Cherenkov, N. G. Kosulina, A. V. Sapruca // Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, November–December 2015, - RJPBCS 6 (6). – P. 1686 – 1694.
3. Skou Niels. Microwave radiometer systems: Design and analysis / Skou Niels. – Boston, London: Artech House, 2008. – 162 p.
4. Poradish F. J. Millimeter wave radiometric imaging / F. J. Poradish, T. M. Habbl // SPIE vjl. 337. - Millimeter Wave Technology, 1982.

Анотація

АНАЛІЗ СХЕМНИХ РІШЕНЬ РАДІОМЕТРИЧНИХ ПРИЙМАЧІВ

Гуцол Т. Д.

Для розробки радіометричного приймача в міліметровому діапазоні довжин хвиль проведений аналіз методів і схемних рішень приймачів і визначені необхідні технічні рішення для підвищення їх чутливості.

Abstract

ANALYSIS CIRCUITRY RADIOMETRIC RECEIVERS

T. Gutsol

To develop a radiometric receiver in the millimeter wavelength range, an analysis of the methods and circuit solutions of the receivers was made and the necessary technical solutions for increasing their sensitivity were determined.