

РАЗРАБОТКА РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ W-ДИАПАЗОНА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ

Е.В. Алексеев, студент 4 курса кафедры КУДР

Научный руководитель А.В. Убайчин, доцент кафедры КУДР, к.т.н.,

г. Томск, ТУСУР, РКФ, каф. КУДР, egor123ea@mail.ru

**Проект ГПО КУДР-1503 Разработка системы радиометрического контроля и
диагностики**

Введение

В настоящее время одним из основных способов получения достоверной информации о составе характеристик атмосферы являются зонды. Достоинством этого метода является достоверное получение информации об основных параметрах атмосферы, таких как, влажность, температура, давление, направление и скорость ветра, и т.д. Но в связи с особенностями проведения измерений, радиозонды не позволяют осуществить непрерывные измерения параметров атмосферы.

В связи с этим, для решения приведённой выше проблемы, применяют методы дистанционного исследования параметров атмосферы (влажности, влагосодержания облаков, температурного профиля атмосферы и других параметров), например, сонары, активные и пассивные радиолокационные, и оптические системы, и т.д. Необходимость проведения исследований параметров атмосферы обусловлена широким кругом прикладных задач, предназначенных для сельского хозяйства, обеспечения безопасности полетов и т. д. [1].

На основе методов дистанционного зондирования разрабатывается радиоизмерительные системы, которые должны обладать рядом характеристик, таких как, непрерывность измерений, автономность работы и т.д. Достоверное получение сведений о составе, характеристиках и температурном профиле атмосферы позволяет делать краткосрочный прогноз погоды с достаточной точностью [1].

Среди радиоизмерительных систем для дистанционного зондирования выделяют пассивные радиолокационные системы, которые основаны на приеме собственного излучения объектов. Преимущества этих систем в эффективности работы и относительно простой схмотехнической реализации, в отличии от аналогов [6, 7]. Помимо вышеперечисленных преимуществ, радиометрические системы обладают рядом недостатков, среди которых низкая чувствительность, флуктуации собственных шумов и коэффициента усиления приемника, что затрудняет получение достаточно точной информации о параметрах атмосферы на основе проделанных измерений.

Новизна разрабатываемой радиометрической системы в применении модификации нулевого метода измерений, относительно аналогов [6, 7]. В рамках данной статьи приводится, разработанная нашим коллективом, структурная схема радиометрической системы W-диапазона длин волн, предназначенной для исследования параметров атмосферы.

Основная часть

Принцип работы модифицированных нулевых радиометрических систем основан на синхронном выполнении двух видов импульсной модуляции – амплитудной и широтной, что способствует увеличению чувствительности приемника и пространственной разрешающей способности, что впоследствии позволит получить данные, на которых будет основана достоверная информация о метеопараметрах атмосферы [4, 5].

Предложенная авторами структурная схема разрабатываемой радиометрической системы W-диапазона длин волн, предназначенная для исследования влагосодержания атмосферы, с применением модифицированного нулевого метода измерений представлена на рис. 1. В отличии от известных аналогов, описанных, например, в [6, 7], использование модификации нулевого метода измерений в радиометрических системах позволяет повысить метрологические характеристики (чувствительность, пространственная разрешающая

способность) за счет уменьшения влияния основных дестабилизирующих факторов, таких как дрейф, флуктуации собственной шумовой температуры и коэффициента усиления приемника

В состав микроволновой радиометрической системы входят: антенна (A), высокочастотные ключи (K_1, K_2), направленный ответвитель (DC), аттенуатор (Att), генератор шума (NG), усилители промежуточной частоты (IFA_1, IFA_2, IFA_3), смеситель (Mix), умножитель (Mul), гетеродин (Het), полосовые фильтры (BF_1, BF_2), квадратичный детектор (Det), усилитель низких частот (LFA), синхронный фильтр (SF), фильтр высоких частот (HPF), компаратор ($Comp$), микроконтроллер (MK), компьютер (ECM).

Принимаемый антенной шумовой сигнал проходит через направленный ответвитель, в который поступает опорный сигнал генератора шума NG , модулированный по широтно-импульсному закону t_{SHIM} (рис. 2 б) в ключе K_1 . Модуляция по амплитудно-импульсному закону t_{AIM} (рис. 2 а) выполняется при помощи ключа K_2 .

Блок промежуточной частоты приемника выполнен по супергетеродинной схеме и содержит установленный на входе смеситель Mix с гетеродинной секцией. Секция включает генератор Het на частоту 45,5 ГГц и умножитель Mul частоты на два. Исходя из этого, на смеситель поступает монохроматический гармонический сигнал с частотой 91 ГГц.

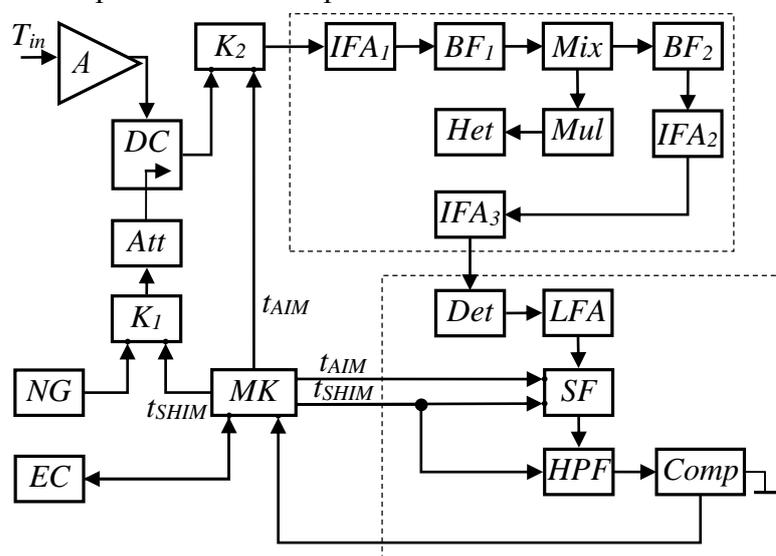


Рис. 1. Структурная схема радиометрического приемника,

t_{SHIM} – широтно-импульсная модуляция, t_{AIM} – амплитудно-импульсная модуляция

Выходной сигнал смесителя через полосовой фильтр BF_2 с рабочим диапазоном частот 2...4 ГГц поступает на два усилителя промежуточной частоты IFA_2 и IFA_3 . Исходя из этого, диапазон рабочих частот радиометрического приемника равен 93 – 95 ГГц. На выходе усилителя промежуточной частоты установлен квадратичный детектор Det , выходной сигнал которого пропорционален квадрату напряжения на входе [3]. После детектирования сигнал проходит через усилитель низких частот LFA , синхронный фильтр низких частот SF и фильтр верхних частот HPF [3]. Далее сигнал следует на микроконтроллер MK через аналоговый компаратор $Comp$, функционирующий в режиме нуля [2]. С микроконтроллера данные поступают на электронно-вычислительную машину ECM .

На рис. 2 показаны рупорная антенна, с подключенным блоком промежуточной частоты, и печатная плата квадратичного детектора.

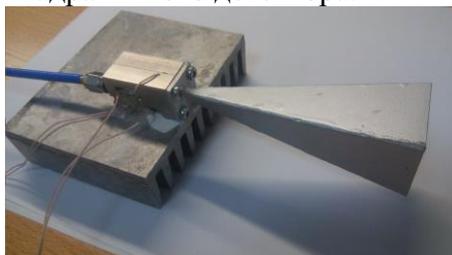


Рис. 2. Рупорная антенна и печатный узел квадратичного детектора

Управление работой разрабатываемой радиометрической системы производится по сигналам амплитудной и широтно-импульсной модуляций. Нулевому среднему значению сигнала на периоде амплитудной модуляции соответствует равенство вольт-секундных площадей импульсов отрицательной и положительной полярности.

На рис. 3 представлена осциллограмма сигналов на входе и выходе квадратичного детектора.

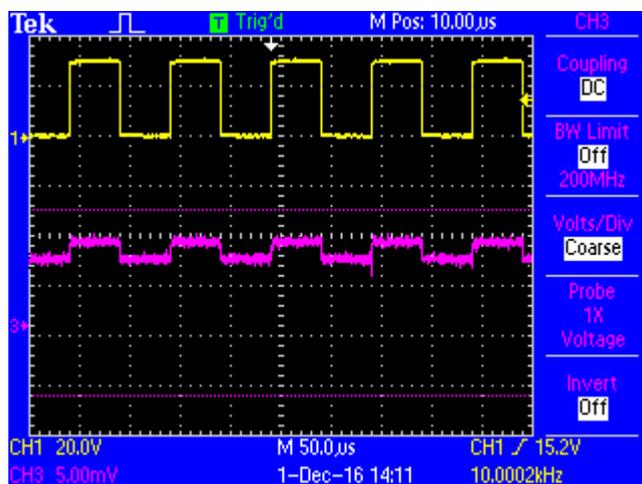


Рис. 3. Осциллограмма сигналов на входе и выходе квадратичного детектора

Заключение

В статье рассмотрена структурная схема радиометрической системы W -диапазона для дистанционного исследования параметров атмосферы. Так же, представлен печатный узел квадратичного детектора, и показана осциллограмма сигналов на входе и выходе детектора.

Использование модификации нулевого метода измерений в радиометрической системе W -диапазона длин волн позволяет, при сохранении высокой флуктуационной чувствительности, повысить динамические характеристики и обеспечить быстроедействие всей системы.

В настоящее время ведутся работы по разработке последующих низкочастотных блоков. После разработки оставшихся частей устройства, планируется серия экспериментальных исследований по оценке долговременной и температурной стабильности, чувствительности и динамике измерений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-00237мол_а.

Список использованных источников

1. Алексеев П.В. Микроволновый сканирующий радиометр интегрального влажностного зондирования атмосферы (МИВЗА) // Исследование Земли из космоса – 2003. – № 5 – 68-77 с.
2. Filatov A.V. A two-receiver microwave radiometer with high transfer characteristic linearity / Filatov A.V., Ubaichin A.V., Bombizov A.A. // Measurement Techniques. – 2013. – № 11. – 1281-1286 p.
3. Filatov A.V., Ubaichin A.V. The dynamic properties of a digital radiometer system and its operating efficiency // Measurement Techniques. - 2012. - V.54. - № 10. – 1-6 p.
4. Микроволновый четырехканальный нулевой радиометр L -диапазона / А. В. Филатов, А. В. Убайчин, Д. Е. Параев // Приборы и техника эксперимента. – 2012. – № 1. – 67-72 с.
5. Филатов А.В. Двухканальный микроволновый радиометр повышенной точности / А.В. Филатов, А.В. Убайчин, Н.О. Жуков // Радиотехника. – 2011. – № 1. – 47–55 с.
6. Camps A., Tarongi J.M. Microwave radiometer resolution optimization using variable observation times // Remote Sensing. – 2010. – V. 2. – 1826–1843 p.
7. Первушин Р.В. Спектральный анализ при поляризационных измерениях в радиотеплолокации// Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2011. – № 1. – 53-55 с.