

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ
И ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

УДК 621.396.621 : 523.164

ДВУХЧАСТОТНЫЙ РАДИОМЕТР ДИАПАЗОНА 1,35 см

В. А. Рассадовский, Н. К. Горячев

Развитие метода определения влагосодержания атмосферы по ее радионизлучению в линии поглощения водяного пара, центрированной к длине волны 1,35 см, требует создания радиометров, обеспечивающих необходимую точность измерения радионизлучения по контуру линии. Одно из ограничений в достижении точности измерений обусловлено тем, что информация о влагосодержании атмосферы содержится лишь в малой части (2 ÷ 10%) измеряемого сигнала. Широко применяемый в радиоастрономии метод квазиулевого приема приводит к появлению дополнительной погрешности, обусловленной флуктуациями охлаждаемой опорной нагрузки, либо генератора сигнала подшумливания [1]. В данной работе предлагается радиометр, реализующий квазиулевой метод приема, при котором в качестве опорного сигнала используется радионизлучение самой атмосферы на склоне линии поглощения водяного пара [2]

Радиометр представляет собой двухчастотный приемник, имеющий два режима работы: режим раздельного приема по двум каналам, центрированным к частотам 22,23 ГГц и 20,73 ГГц и режим измерения разности мощностей сигналов в указанных каналах

В режиме раздельного приема входной сигнал от антенны через направленный ответвитель, служащий для введения в тракт калиброванного шумового сигнала от генератора шума, поступает на амплитудно-частотный модулятор, содержащий циркуляторы 1, 2, амплитудные модуляторы 1, 2 и полосовые фильтры, настроенные на центральную частоту 22,23 ГГц с полосой 500 МГц.

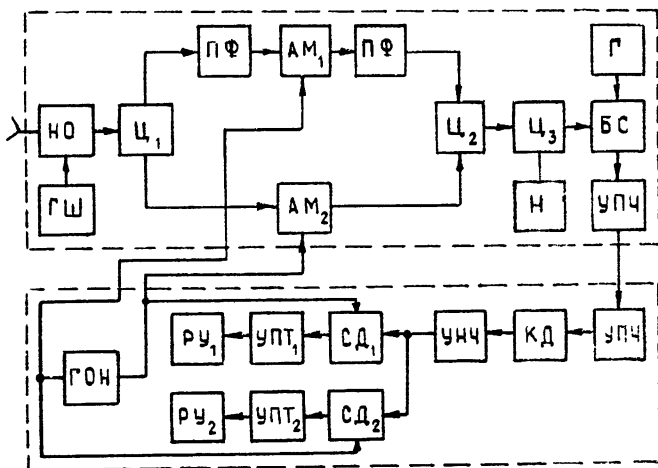


Рис. 1. Блок-схема радиометра

НО—направленный ответвитель, ГШ—генератор шума, Ц—циркулятор, ПФ—полосовой фильтр, АМ—рп-модулятор, Н—нагрузка, Г—гетеродин, БС—смеситель, УПЧ—усилитель промежуточной частоты, СД—квадратичный детектор, УНЧ—усилитель низкой частоты, КД—квадратичный детектор, УПТ—усилитель постоянного тока, РУ—регистрирующее устройство, ГОН—генератор опорного напряжения.

Полоса зашпирания фильтров включает в себя частоты $20,73 \text{ ГГц} \pm 0,25 \text{ ГГц}$. Благодаря этому сигналы обоих спектральных каналов после циркулятора 1 поступают на левый (по схеме рис. 1) фильтр, через который на модулятор 1 проходит только сигнал канала $22,23 \text{ ГГц}$; сигнал же канала $20,73 \text{ ГГц}$ отражается к циркулятору 1 и проходит на модулятор 2. После модулятора 2 сигнал канала $20,73 \text{ ГГц}$ через циркулятор 2 проходит к правому фильтру, отражается от него и через циркуляторы 2, 3 поступает на балансный смеситель. Сигнал канала $22,23 \text{ ГГц}$ через модулятор 1, фильтр и циркуляторы 2, 3 также поступает на смеситель.

Частота гетеродина ($21,48 \text{ ГГц}$) и центральная частота усилителя промежуточной частоты ($0,75 \text{ ГГц}$) подобраны так, что каналы $22,23 \text{ ГГц}$ и $20,73 \text{ ГГц}$ образуют прямой и зеркальный каналы супергетеродинного приемника. После преобразования к промежуточной частоте эти каналы были бы неотличимы и не могли бы быть разделены далее. Однако за счет амплитудной модуляции модуляторами 1 и 2 с некротными частотами модуляции эти каналы приобретают признак, по которому они после усиления общим УПЧ, квадратичного детектирования и усиления по низкой частоте могут быть разделены с помощью двух синхронных детекторов 1 и 2, на которые поданы соответствующие опорные напряжения.

Режим измерения разности мощностей сигналов в обоих каналах отличается тем, что в этом случае на модуляторы 1, 2 подается управляющее напряжение одной частоты, но со сдвигом по фазе на π радиан. То же напряжение подается на один из синхронных детекторов (второй при этом отключается), где и выделяется напряжение, пропорциональное разности мощностей сигналов двух каналов.

Предложенная схема радиометра отличается, таким образом, двумя преимуществами. Во-первых, она позволяет реализовать двухчастотный раздельный прием минимальным количеством средств с тем важным достоинством, что каждый канал имеет один и тот же тракт усиления и преобразования. Во-вторых, она позволяет непосредственно измерять разность сигналов в двух каналах. Как показано в [2], разностные измерения позволяют в 3—4 раза повысить точность определения влагосодержания атмосферы по измерениям радионезлучения атмосферы.

Конструктивно радиометр выполнен в виде двух блоков, соединяемых между собой гибкими кабелями. Блок СВЧ собран на волноводах стандартного сечения $11 \times 5,5 \text{ мм}^2$. Калибровка производится по сигналу полупроводникового генератора шума, поступающему в тракт через направленный ответвитель, причем в режиме измерения разности сигналов необходимый калибровочный сигнал получается за счет частотной зависимости переходного ослабления направленного ответвителя. Циркуляторы применены широкополосные, типа ФЦВ1-15, обеспечивающие пропускание обоих каналов с потерями $0,15 \text{ дБ}$. В качестве амплитудных модуляторов применены широкополосные рип-аттенюаторы. Полосно-пропускающие фильтры трехзвенные, на индуктивных диафрагмах, обеспечивают подавление в полосе канала $20,73 \text{ ГГц}$ не менее 40 дБ при потерях в полосе канала $22,23 \text{ ГГц}$ не более $0,3 \text{ дБ}$. В качестве входного малошумящего приемного элемента используется балансный преобразователь частоты ортомодного типа [3] на диодах АА-121А. Необходимое подавление шумов НЧ радиометра обеспечивается тремя серийными транзисторными усилителями с полосой частот $0,5\text{—}1 \text{ ГГц}$, два из которых размещены в блоке СВЧ. Стандартный блок НЧ [4] дополнен вторым генератором опорного напряжения и вторым синхронным детектором. В целях повышения стабильности работы радиометра мощность полупроводникового гетеродина активно стабилизирована рип-аттенюатором, управляемым сигналом детектора схемы АРМ, а весь блок СВЧ термостабилизирован с точностью $0,2\text{К}$. Перед настройкой радиометра проводится выравнивание плеч амплитудно-частотного модулятора по потерям в каждом канале. Затем радиометр включается в режим независимого приема, ко входу подключается охлаждаемая азотная нагрузка и радиометр настраивается по стандартной методике. Более тщательное согласование каналов по потерям производится подстройкой смесителя по нулевому выходу в режиме приема разности сигналов.

С 1980 г разработанный радиометр успешно применяется для исследований собственного радионезлучения атмосферы с поверхности Земли и с бортов самолета и научно-исследовательского судна. Практически реализованная чувствительность составила $0,15\text{К}$ при постоянной времени 1 с , уход коэффициента усиления — не более $1,5\%$ за 8 ч работы.

Авторы выражают благодарность Н. Н. Семьянскому за помощь в изготовлении радиометра.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гсепкина И. А., Корольков Д. В., Парныйский Ю. Н. Радиотелескопы и радиометры — М.: Наука, 1973, с. 321.
- 2 Рассадковский В. А. — Изв вузов — Радиофизика, 1979, 22, № 9, с. 1077.
- 3 Немлихер Ю. А., Никулин Л. Н., Струков И. А. — Радиотехника, 1977, № 6, с. 83.
- 4 Зборовский В. С., Самойлов Р. А., Морозов О. К., Федянец Б. К., Хрулев В. В. — ПТЭ, 1979, № 4, с. 284.