

РАДИОМЕТР НА ВОЛНУ 31 см ДЛЯ РАДИОТЕЛЕСКОПА РАТАН-600

С. И. Абанеев, А. Б. Берлин, Ю. Д. Гудзь, И. М. Ловкова

Разработан и эксплуатируется в штатном режиме на РАТАН-600 радиометр для наблюдений в континууме на волне 31 см, выполненный на транзисторных усилителях. Измеряются параметры Стокса: либо I , либо U , Q . Для канала измерения I применена однолучевая схема с шумовым пилот-сигналом и модуляцией коэффициента усиления. В радиометре нет отдельного модулятора, коэффициент усиления модулируется изменением питания одного из усилителей. Рабочая полоса радиометра 900—1020 МГц, эквивалентная шумовая температура 90 К. Эквивалентная шумовая температура входного усилителя 55 К. Для измерения поляризации использован модуляционный режим. Описаны другие особенности схемы радиометра.

A radiometer with FET amplifiers for continuum observations at 31 cm wavelength has been developed and is in daily routine use at RATAN-600 radiotelescope. The Stokes parameters either I or U , Q can be measured. A single-beam mode of operation with a noise pilot-signal and gain modulation is used for total intensity observations. There is no an individual modulator in the radiometer, the gain is modulated by the changing of the power supply voltage of the amplifier. The bandwidth of the radiometer is 120 MHz, the system noise temperature is 90 K, the noise temperature of the front-end FET amplifier is 55 K. A modulation method has been used for the polarization measurements. Other features of the radiometer design are described.

Радиометр предназначен для приема радиоизлучения в сплошном спектре. Высокочастотная часть радиометра построена по схеме прямого усиления на трех транзисторных усилителях ($У1$, $У2$, $У3$). Суммарный коэффициент усиления по высокой частоте равен 56 дБ. Первый усилитель разработан специально, выполнен на полевых транзисторах и имеет коэффициент усиления 24 дБ и эквивалентную температуру 55 К (при физической температуре 300 К). Радиометр используется в двух режимах: либо в режиме регистрации интенсивности принимаемого излучения (параметр Стокса I), либо в режиме измерения поляризации (параметры Стокса U , Q).

В первом режиме радиометр включается для однолучевого приема по схеме с шумовым пилот-сигналом и модуляцией коэффициента усиления [1]. В отличие от ранее реализованного по такой схеме [2] радиометра в описываемом радиометре не используется отдельный модулятор. Коэффициент усиления изменяется за счет периодического уменьшения напряжения питания второго транзисторного усилителя. В качестве генераторов калибровки и пилот-сигнала использованы серийные генераторы шума (ГШ) на лавинно-пролетных диодах в коаксиальном исполнении. Сигналы калибровки и пилот-сигнала вводятся в основной коаксиальный тракт через направленные ответвители (НО) с переходным ослаблением 33 дБ и направленностью 24 дБ. Генератор калибровки (ГШ1) включается по желанию наблюдателя вручную или от ЭВМ и работает при этом в режиме непрерывного излучения. Генератор пилот-сигнала (ГШ2) включен постоянно в режиме стопроцентной модуляции меандром. Полупериоду включения пилот-сигнала соответствует синхронное подавление на фиксированную величину (42 дБ) коэффициента усиления второго усилителя. Для реализации квазиулевого метода приема перед наблюдением производится подстройка уровня пилот-сигнала таким образом, чтобы уровень сигнала на выходе в отсутствие источника радиоизлучения был равен нулю (или, иначе, уровни шумов на детекторе в полупериоды «сигнал» и «пилот-сигнал» были одинаковы). Изменение мощности генератора шума пилот-сигнала достигается изменением

тока ГШ2 вокруг некоторого среднего значения, причем в диапазоне регулирования ток может принимать любое из 256 дискретных значений. Схема устройства управления (УУ) разработана на основе описанной в [3]. Наблюдатель может либо использовать весь диапазон перестройки мощности ГШ2 (грубая балансировка), либо изменять мощность дискретными (единичными) шагами (точная балансировка).

Детектор изготовлен на диоде 2А 201А. Фильтр (Ф) на встречных стержнях определяет полосу радиометра (900—1020 МГц). Отметим, что полоса усиливаемых частот использованных транзисторных усилителей значительно шире полосы фильтра. Полоса частот определяется параметрами поляризационного тракта [4].

Ориентация вектора E принимаемого излучения может быть выбрана наблюдателем произвольно, так как на входе имеется вращающееся сочленение (ВС).

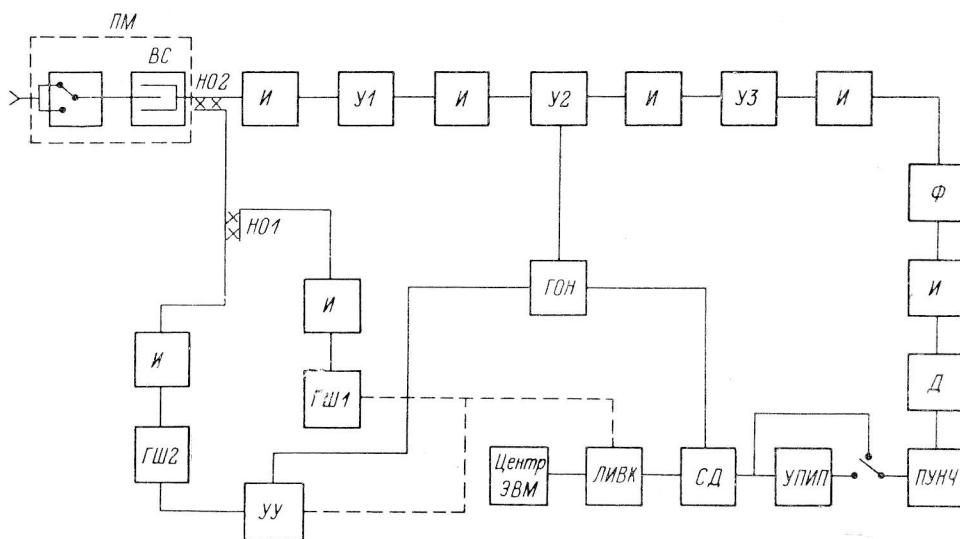


Рис. 1. Блок-схема радиометра на волну 31 см в режиме регистрации интенсивности излучения.

Потери во входном фидерном тракте равны 0.35 дБ. Эффективная шумовая температура радиометра равна 90 К. Подробно входной тракт и рупор на круглом волноводе (Р) описаны в [4].

Блок-схема радиометра в режиме регистрации параметра I приведена на рис. 1. Кроме упомянутых выше элементов на рисунке обозначены: И — коаксиальные ферритовые изоляторы с прямыми потерями не более 0.2 дБ и изоляцией не менее 30 дБ; ГОН — генератор опорного напряжения; Д — детектор; СД — синхронный детектор; ЛИВК — локальный измерительно-вычислительный комплекс; ЦЭВМ — центральная ЭВМ.

Для защиты от действия импульсных помех (большинство которых — помехи от автотранспорта) на выходе радиометра установлено устройство подавления импульсных помех (УПИП) [5]. Решение об использовании УПИП принимает наблюдатель. Для обеспечения нормальной работы УПИП разработан специальный предварительный усилитель низкой частоты (ПУНЧ) с коэффициентом усиления 200 в полосе 10 Гц—1 МГц и с динамическим диапазоном 66 дБ. С блоком УПИП радиометр может эффективно эксплуатироваться в наблюдениях практически круглые сутки (а не только в ночные часы, свободные от движения автотранспорта). Защита от помех неэффективна только при перегрузке тракта усиления по высокой частоте и некоторых специальных, но довольно редких, видах помех.

Годичный опыт эксплуатации радиометра убедил нас в правильности выбора однолучевой схемы с пилот-сигналом для радиометра в континууме в дециметровом диапазоне. В сравнении со стандартной модуляционной схемой в данной конструкции исключен модулятор (элемент с потерями) во входном тракте,

а опорный рупор или охлаждаемый эквивалент заменены простым генератором шума. Несложным термостатированием (± 0.5 с) и стандартной стабилизацией питающих напряжений (коэффициент стабилизации не менее 1000) реализована удовлетворительная стабильность коэффициента усиления радиометра на уровне 2—3 %/сут. Влияние флуктуаций радиоизлучения атмосферы на выбранной волне и при указанной шумовой температуре радиометра пренебрежимо мало, поэтому однолучевой прием вполне допустим. В свою очередь, это дает возможность исследовать источники без ограничения на их угловые размеры. С точки зрения помехозащиты, имеющей большое значение на данной длине волны, однорупорный прием имеет преимущества перед двухрупорным.

По каналу интенсивности (для средних углов над горизонтом) практически получена чувствительность (29 ± 3) мК. Значительный вклад в температуру

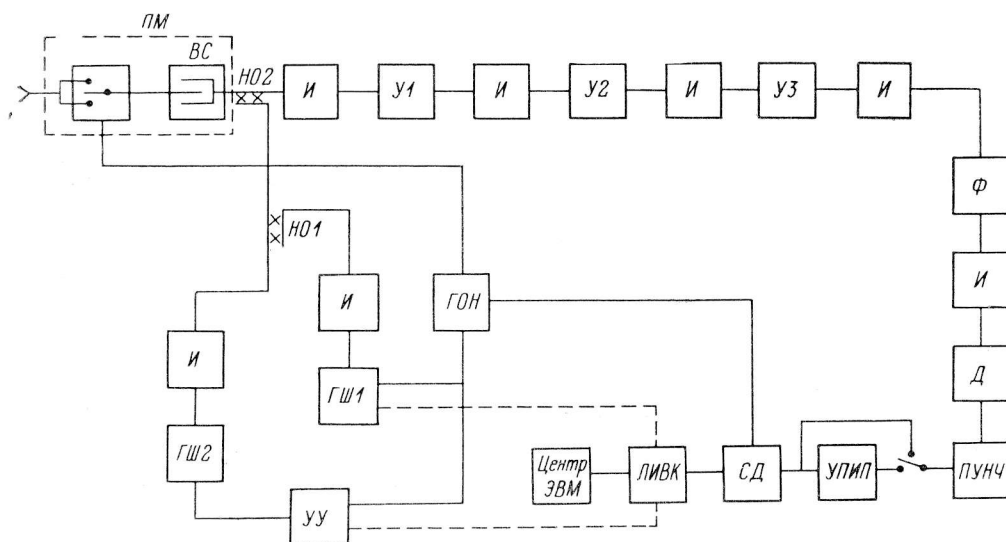


Рис. 2. Блок-схема радиометра на волну 31 см в режиме измерения поляризации.

системы вносит антенна. После проведения планируемой оптимизации антенной системы (улучшение экранировки в перископической системе) можно ожидать заметного улучшения чувствительности.

В режиме измерения параметров Стокса U и Q радиометр работает в модуляционном режиме. Специально разработанный поляризационный тракт подробно описан в [4] и содержит поляризационный модулятор (переключатель) (ПМ) с соответствующей схемой управления. Усилитель $У2$ работает теперь в нормальном режиме с полным напряжением питания (полным усилением). Генератор калибровки ГШ1 должен быть модулирован частотой модуляции (иначе он не будет регистрироваться на выходе, так как сигнал его вводится в тракт после поляризационного модулятора). Генератор ГШ2 используется для компенсации паразитного поляризационного сигнала, обусловленного характеристиками антенны [6]. Мощность компенсирующего сигнала регулируется таким же, как и в первом режиме, устройством управления (УУ). Регулируется в данном случае скважность модулирующего ГШ2 напряжения. Передний фронт импульса модуляции ГШ2 при этом фиксирован и привязан к фронту управляющего напряжения поляризационного модулятора.

Литература

1. Е с е п к и н а Н. А., К о р о л ь к о в Д. В., П а р и й с к и й Ю. Н. Радиотелескопы и радиометры. М.: Наука, 1973. С. 285—292.
2. К р и о - р а д и о м е т р на волну 7.6 см и опыт его эксплуатации на радиотелескопе РАТАН-600 / А. Б. Берлин, Л. Г. Гасанов, В. Я. Гольнев и др. // XIV Всесоюзная радиоастрономическая конференция: Тез. докл. Ереван, 1982. С. 110—111.
3. К о п ы л о в С. Сенсорный регулятор // Радио. 1933. № 7. С. 22—23.

4. Радиотелескопы для поляризационных измерений галактического радиоизлучения в диапазоне 30 см / В. И. Абрамов, В. В. Беликович, И. Ф. Белов и др. Препринт НИРФИ. 1986. № 217.
5. Влияние импульсных помех на СВЧ радиометре и методы их ослабления / А. Б. Берлин, А. А. Горбачев, В. И. Данилов и др. // XVII Всесоюзная радиоастрономическая конференция: Тез. докл. Ереван, 1985. С. 326—327.
6. Поляризационные исследования на РАТАН-600 в дециметровом диапазоне волн / В. И. Абрамов, В. В. Беликович, И. Ф. Белов и др. // XVIII Всесоюзная радиоастрономическая конференция: Тез. докл. Иркутск, 1986. С. 61—62.

Поступила в редакцию
28 апреля 1987 г.
