

УДК 520.272.5

ППГ-ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ - БАЛАНСИР В
РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИХ ПРИЕМНИКАХ

В. Р. Амирханян*, Д. В. Мусина*

Исследован СВЧ-переключатель с ферритовым материалом, имеющим прямоугольную петлю гистерезиса. Показана возможность использования его в качестве балансира в модуляционном радиоастрономическом приемнике. Предложена простая схема управления.

A microwave ferrite switch with the rectangular loop of hysteresis is studied. The possibility to use it as a balancer in modulating radiometer is shown. A simple control scheme is suggested.

Появление в отечественной радиоастрономии ферритовых СВЧ-переключателей с прямоугольной петлей гистерезиса (Афанасьев, Берлин, 1985; Афанасьев и др., 1985) потребовало исследования как самих переключателей, так и схем управления. Изящна идея переключателя: это обычный Y-циркулятор, управление которым осуществляет не внешнее магнитное поле, а остаточная намагниченность самого ферритового вкладыша. Необходимое для намагничивания поле создается токовой петлей, охватывающей феррит. Изменяя полярность импульса тока, проходящего по петле, можно изменять направление вектора остаточной намагниченности и, следовательно, направление циркуляции электромагнитных волн в переключателе. Основные достоинства ППГ-переключателей - малое время переключения (мкс) и низкое энергопотребление (мкВт). Современные переключатели сантиметрового диапазона имеют потери открытого канала около 0.1 дБ, что позволяет использовать их во входных устройствах модуляционных радиоастрономических приемников. Чувствительность приемников достигает сотых и даже тысячных долей Кельвина, чем определяются высокие требования к стабильности входных устройств. Малые колебания потерь на входе радиометра (dL , дБ) связаны с температурой разбаланса выражением

$$dT = 0.23 \cdot T \cdot dL,$$

где T - физическая температура входного устройства. Если в качестве оценки dT взять флуктуационную чувствительность радиометра, скажем 0.01 К, то величина dL должна быть не больше $1.4 \cdot 10^{-4}$ дБ.

Мы провели исследования нескольких режимов работы переключателя с ППГ. Сравнительно простыми средствами удалось достичь требуемой стабильности его

*Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга.

параметров и значительно упростить конструкцию входной части радиометра.

Во-первых, нами была снята зависимость потерь переключателя от амплитуды управляющих импульсов. Оказалось, что при токе $I = 1 - 1.2$ ампера потери открытого плеча достигают минимума 0.1 дБ (рис 1).

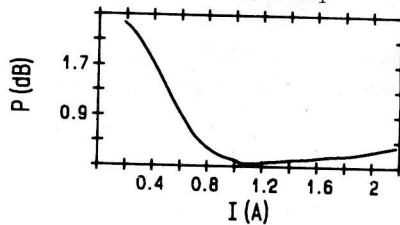
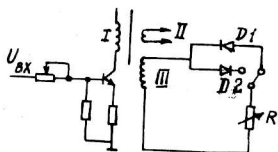


Рис. 1. Зависимость потерь ШПГ-переключателя от амплитуды импульса тока.



Этот экспериментальный факт имеет важное следствие: работа в минимуме потерь позволяет на порядок снизить требования к стабильности управляющих импульсов тока dI . Оценка dI из рис. 1 около 20 мА, что вполне достижимо.

Рис. 2. Схема управления ШПГ-переключателем.

После ряда экспериментов была собрана простая и надежная схема управления переключателем (рис. 2). Меандр с частотой переключения подается на базу мощного транзистора, в коллектор которого включен импульсный трансформатор. В момент перепада тока в первичной обмотке во вторичной обмотке трансформатора, которая подключена к токовой петле переключателя, возбуждается короткий ($2 - 5$ мкс) импульс тока. Полярность импульса определяется направлением перепада тока в первичной обмотке. Переключатель со схемой управления был включен в состав штатного 4-см радиометра лаборатории ГАИШа на РАТАН-600, собранного на базе промышленного блока параметрических усилителей. Анализ суточных временных рядов реальных наблюдений, проведенных с этим радиометром на антенной системе Южный сектор РАТАН-600 + Плоский отражатель, показал, что стабильность потерь переключателя на масштабе десятков минут не хуже 10^{-4} дБ, а чувствительность всей системы $dT = 0.009 - 0.011$ К при $\tau = 1$ с.

Было заманчиво передать переключателю еще одну функцию, а именно функцию компенсатора, т.е. устройства, выравнивающего шумовые температуры входных каналов радиометра (балансировка), что позволит значительно упростить конструкцию и уменьшить потери входной части радиометра. Фактически это означает найти способ регулирования потерь открытого плеча переключателя в пределах нескольких сотых дБ и их фиксации с точностью 10^{-4} дБ. Обратимся к рис. 3.

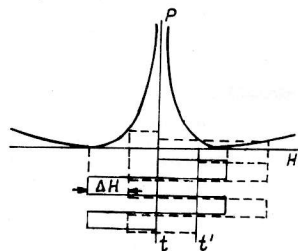


Рис. 3. Режим работы ШПГ-переключателя с дополнительным внешним магнитным полем.

Здесь изображена зависимость потерь I и II плеча переключателя от амплитуды и направления остаточного магнитного поля феррита. Переменное магнитное поле перемещает минимум потерь из одного плеча в другое. Представим, что мы добавили постоянное магнитное поле величиной ΔH . Тогда суммарное поле сместится на эту же величину, что вызовет изменение потерь в обоих плечах переключателя. Важно, что разность потерь не останется постоянной, так как кривая потерь несимметрична относительно минимума. Следовательно, изменится и разность шумовых температур в каналах радиометра.

В эксперименте дополнительное магнитное поле создавала внешняя обмотка, подковообразный сердечник которой охватывал переключатель. Исследование зависимости изменения потерь переключателя от величины и полярности тока обмотки проведено в радиометрическом режиме и демонстрируется на рис. 4.

Как видно, требуемый диапазон регулировки достигается легко. К достоинствам этого способа балансировки можно отнести исключительную простоту и стабильность. Основной недостаток — выделение тепла в обмотке, что исключает его использование в крио-радиометрах. Кроме того, внешняя обмотка — это дополнительный элемент конструкции, затрудняющий компоновку многоствольной аппаратуры.

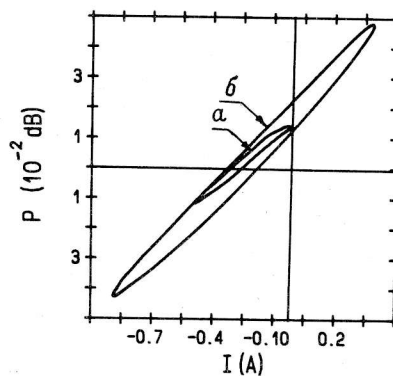


Рис. 4. Разность потерь в плечах ППГ-переключателя как функция тока внешней обмотки.

Идея второго способа балансировки очевидна. Как видно из рис. 1, для изменения потерь в одном плече переключателя достаточно изменить амплитуду соответствующего импульса тока. Для этого на сердечник импульсного трансформатора (рис. 2) была добавлена третья обмотка (30 витков) с регулируемой нагрузкой R. В зависимости от направления включения диода (D1, D2) изменения нагрузки влияют на амплитуду либо положительных, либо отрицательных управляющих импульсов на выходе обмотки II. Как показали наблюдения, работа по этому принципу не уступала по стабильности первому варианту. Схема проста, не выделяет тепла и позволяет передать процесс балансировки ЭВМ, управляющей наблюдениями.

В заключение авторы хотят поблагодарить Берлина А.Б. и Ипатову А. В. за экземпляр ППГ-переключателя, предоставленный в наше распоряжение.

ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьев Г. М., Берлин А. Б.: 1985, XVIII Всесоюзная конференция "Радиоастрономическая аппаратура", с. 210-211.
- Афанасьев Г. М., Берлин А. Б., Гольнев В. Я., Ипатов А. В., Нижельский Н. А., Тимофеева Г. М.: 1985, XVIII Всесоюзная конференция "Радиоастрономическая аппаратура", с. 204-205.

Поступила в редакцию
5 мая 1989 г.