

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ТРАКТ ПОЛЯРИМЕТРА СРАВНЕНИЯ НА ВОЛНУ 31 см РАДИОТЕЛЕСКОПА РАТАН-600

В. И. Абрамов, В. В. Беликович, И. Ф. Белов

Приводится описание входного тракта поляриметра сравнения на волну 31 см, входящего в состав высокочувствительного радиометрического комплекса РАТАН-600. Основой тракта является переключатель линейных поляризаций (ПЛП), запитываемый через вращающееся сочленение и нагруженный облучателем с четвертьволновой канавкой. В ПЛП предусмотрены меры для повышения чистоты линейных поляризаций и подавления «паразитной» волны E_{01} . Усредненные в 12%-ной полосе частот коэффициенты эллиптичности каналов составляют 0.35% и 0.84%, прямые потери 0.35 дБ, разность потерь каналов 3%, КСВН ≤ 1.26 , ширина диаграммы направленности (ДН) по уровню -10 дБ равна 120° , смещение оси ДН в E -плоскости $\leq 0.15^\circ$, наклон фазовой ДН $\leq 0.6\%$.

The comparison polarimeter input channel for 31 cm wavelength of the RATAN-600 high-sensitive radiometrical complex is described. The base of the channel is the selector of linear polarization (SLP) feeding through the rotating joint and loaded with a feed with a quarter-wave groove. Measures for increasing the purity of linear polarization and for suppressing the «parasitic» E_{01} wave are provided in SLP. The channel ellipticity averaged in the 12% frequency band are 0.35% and 0.84%, the direct losses are 0.35 dB, the difference of the channel losses is 3%, SWR ≤ 1.26 , the directional diagram (DD) width on the level -10 dB = 120° , the shift of the DD axis in E plane $\leq 0.15^\circ$, the phase DD inclination $\leq 0.6\%$.

Для проведения поляризационных исследований космического радиоизлучения с помощью радиотелескопа РАТАН-600 на волне 31 см в НИРФИ разработан поляризационный тракт с первичным облучателем. При работе со штатным радиометром радиотелескопа [1] он позволяет измерять параметры Стокса I , Q , U .

Выбор конструкции тракта определялся альтернативными требованиями реализации достаточно малых размеров и высокой «чистоты» ортогональных линейных поляризаций в апертуре облучателя [2, 3]. Последнее связано с наличием в антенне переменного профиля большой по величине инструментальной круговой поляризации [4, 5]. С целью обеспечения разумного компромисса между указанными требованиями была выбрана конструкция, основанная на схеме переключателя линейных поляризаций, описанного в работе [6].

Общий вид тракта с облучателем представлен на рис. 1. Тракт включает в себя переключатель линейных поляризаций 1 (рис. 1, б), высокочастотное коаксиальное вращающееся сочленение 2 и рупорный облучатель 3 с четвертьволновой канавкой. Переключатель линейных поляризаций 1 содержит двухканальный $p-i-n$ -переключатель 4 и ортогональный коаксиально-волноводный переход 5. Ортогональный переход представляет собой закороченный отрезок круглого одномодового волновода 6 с двумя взаимно перпендикулярными вибраторами 7, расположенными примерно в одной плоскости на расстоянии $\lambda/4$ от закорачивающей стенки 8 волновода. Каждый вибратор включен между $\lambda/4$ -короткозамкнутым шлейфом 9, являющимся симметрирующим устройством вибратора, и согласующим двухступенчатым $\lambda/4$ -трансформатором 10–11, соединенным с одним из выходов $p-i-n$ -переключателя 4.

Уменьшение влияния емкостной связи между вибраторами на «чистоту» линейных поляризаций достигалось за счет симметрии нагрузок на концах вибратора кроссполяризованной компоненты. При этом распределение «паразитного» тока по вибратору, обусловленного емкостной связью, носит антисимметричный характер и приводит к возбуждению волн только высших типов и прежде всего

волны E_{01} . Симметрия нагрузок обеспечивалась выбором длин закороченных отрезков линий 9 и 10, 11 [6]. Подавление же волны E_{01} достигалось как за счет размеров волновода 6 (~ 9 дБ), так и за счет сильного (> 20 дБ) ее затухания в тонком стеклянном стержне 13 с поглощающим покрытием, установленном вдоль оси волновода [7].

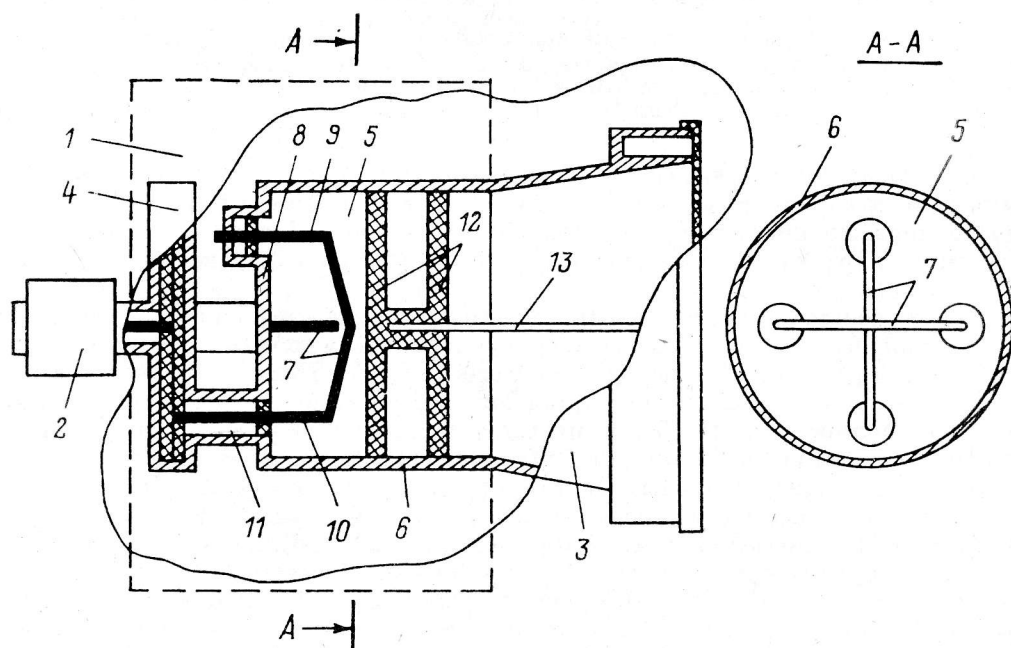
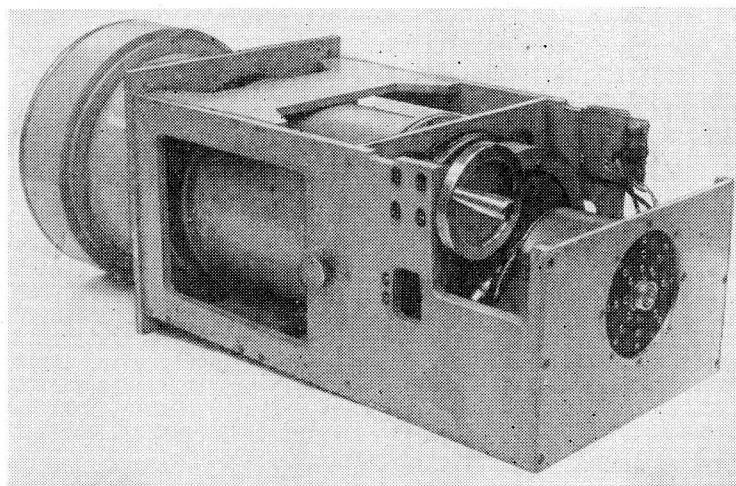


Рис. 1. Поляризационный тракт с облучателем.

Необходимая широкополосность согласования волноводно-коаксиального перехода была реализована с помощью трансформатора из двух диэлектрических дисков 12, расположенных в волноводе. В рабочей полосе частот 900—1020 МГц КСВН ≤ 1.3 , а развязка выходов не менее 30 дБ.

Двухканальный переключатель представляет собой тройниковый делитель мощности с параллельным включением р—i—n-диодов (2А 517А) в симметричную полосковую линию в центре двух полуволновых отрезков с высоким (100 Ом) волновым сопротивлением [8]. Для увеличения развязки в схеме подключения

диодов реализован последовательный резонанс. Требуемая полоса согласования переключателя с 50-омной линией достигалась с помощью полуволнового 40-омного разомкнутого шлейфа, включенного на входе. Конструкция переключателя обеспечивает соосное соединение рупора 3 и вращающегося сочленения 2.

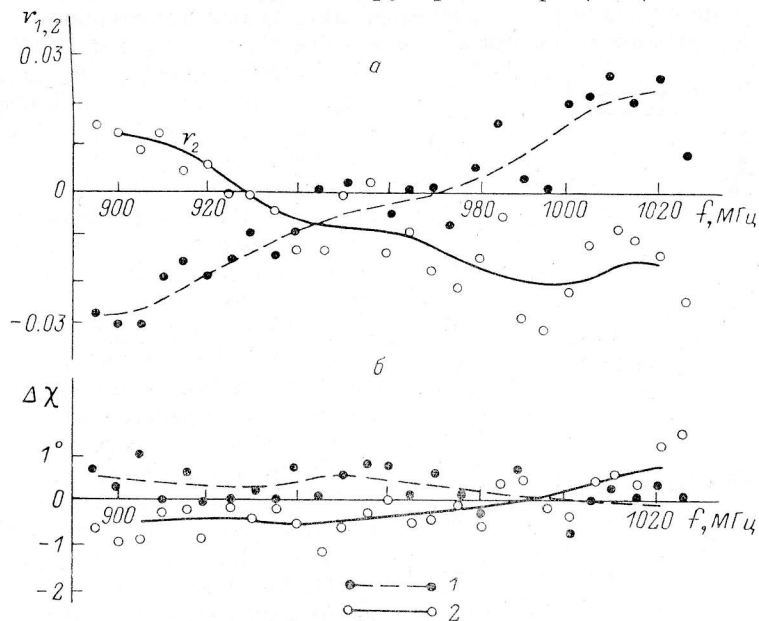


Рис. 2. Частотные зависимости.

а — коэффициентов эллиптичности поляризационных эллипсов; б — азимутальных углов поляризационных эллипсов; 1 — канал 1; 2 — канал 2.

КСВН переключателя на краях рабочей полосы частот не превышает 1.15. Развязка каналов 34 дБ в центре и 31 дБ на краях диапазона, потери ~ 0.15 дБ.

Основные характеристики тракта с облучателем приведены на рис. 2—4.

На рис. 2 показаны частотные зависимости коэффициентов эллиптичности r_1 , r_2 и отклонения азимутальных углов $\Delta\chi$ поляризационных эллипсов от 0

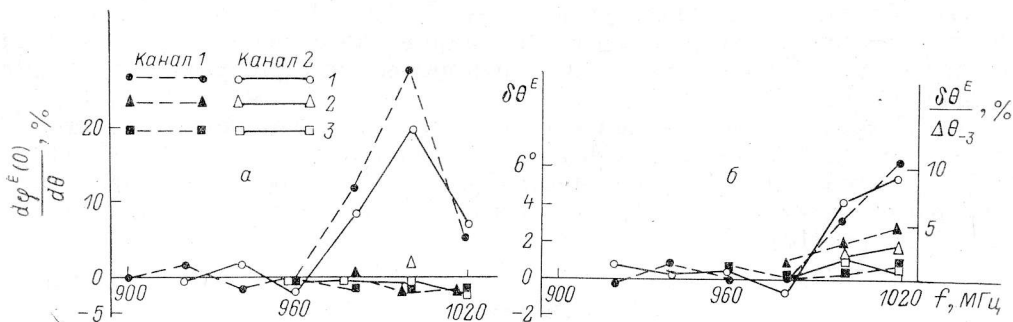


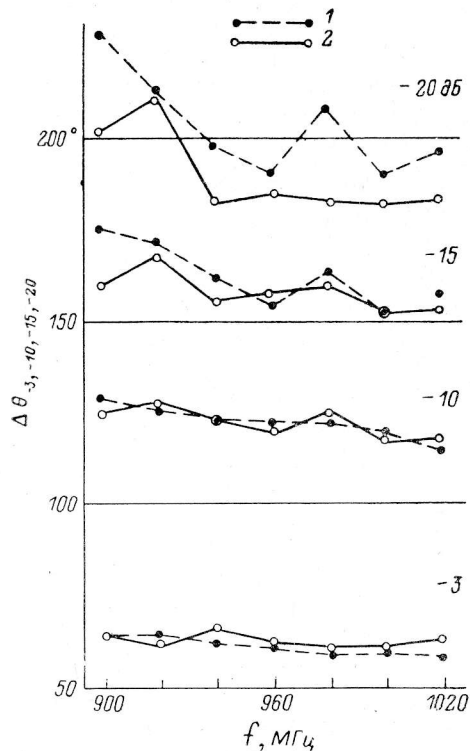
Рис. 3. Частотная зависимость наклона фазовой ДН $d\varphi^E/d\theta$ (а) и смещения амплитудной ДН $\delta\theta^E/\Delta\theta_{-3}$ (б) облучателя.

1 — без поглощающего стержня; 2 — стержень $\phi 2$, $R=200$, $R=2$ кОм; 3 — стержень $\phi 4$, $R=300$, $R=2$ кОм.

или 90° . Измерение параметров эллипсов поляризации излучения тракта на оси облучателя проводилось амплифазометрическим методом с помощью вспомогательного линейно поляризованного излучателя. Фазовые характеристики р—i—п-переключателя регулировались из условия минимума усредненных в полосе частот величин r_1 и r_2 . В полосе частот 900—1020 МГц коэффициенты эллиптичности оказались равными: $r_1 = -0.35\%$, $r_2 = -0.84\%$. При этом расчетные коэффициенты трансформации в поляримере круговой поляризации в линейную (т. е. элементы M_{24} , M_{34} матрицы Мюллера поляриметра [9]) составляют:

$M_{24} = M_{34} = r_1 - r_2 = 0.5\%$, а связанные с ними составляющие инструментальной линейной поляризации радиотелескопа РАТАН-600 не превышают 0.2%.

Рис. 3 иллюстрирует эффективность подавления «паразитной» волны E_{01} с помощью поглощающего стержня, помещенного вдоль оси облучателя [7]. При отсутствии стержня наклон фазовой диаграммы направленности на ее оси $d\varphi^E/d\theta$ (0) и относительное смещение максимума диаграммы $\delta\theta^E/\Delta\theta_{-3}$ облучателя в E -плоскости, обусловленные соответственно синфазной и квадратурной частями волны E_{01} [3], достигают заметных величин в верхней части рабочего диапазона, где волна E_{01} близка к критической. Использование же поглощающей стержня ($\phi = 4$ мм, длина 300 мм, сопротивление 2 кОм) позволило снизить уровень волны E_{01} более чем на 20 дБ (при этом затухание волны H_{11} не более 0.05 дБ) без дополнительного увеличения длины одноименного отрезка волновода. В результате по оценкам составляющие инструментальной поляризации радиотелескопа, связанные с синфазной (с) и квадратурной (s) частями волны E_{01} не превышают следующей величины: $M_{21}^c, M_{31}^c, M_{21}^s, M_{31}^s \leq 0.15\%$.



На рис. 4 представлены частотные зависимости горизонтальных сечений диа-

Рис. 4. Частотная зависимость ширины горизонтальных сечений ДН облучателя на разных уровнях при $\alpha_0 = 0^\circ$.

1 — канал 1 (E -плоскость); 2 — канал 2 (H -плоскость).

граммы облучателя на разных уровнях ($-3, -10, -15, -20$ дБ). Облучатель обладает осесимметричной диаграммой, ширина которой по уровню -10 дБ составляет $\Delta\theta_{-10} = 120^\circ$, его фазовый центр находится перед раскрывом на расстоянии 14 мм.

КСВН тракта с облучателем в рабочей полосе частот не превышает 1.26, прямые потери 0.35 дБ, разность потерь каналов 3%.

В настоящее время разработанный тракт входит в состав штатной аппаратуры радиотелескопов РАТАН-600 [1] и РТ-10 радиоастрономической станции «Ст. Пустынь» [10].

Литература

1. Радиометр РАТАН-600 на волну 31 см по схеме с пилот сигналом / С. И. Абанеев, Ю. Д. Гудзь, И. М. Ловкова, Е. Е. Спангенберг // XVII Всесоюз. конф. «Радиоастрономическая аппаратура». Тез. докл. Ереван, 1985. С. 190.
2. Абрамов В. И., Корольков Д. В. К выбору поляриметра для измерения линейной поляризации радиоизлучения с радиотелескопом РАТАН-600 // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1985. 19. С. 88—92.
3. Абрамов В. И. О некоторых особенностях поляризационных характеристик антенны переменного профиля при неидеальном облучателе. Горький, 1984. 29 с. (Препр. / Науч.-исслед. радиопиз. ин-т; № 182).
4. Кузнецова Г. В., Соболева Н. С. О поляризационных измерениях на антенне с отражателем переменного профиля // Изв. ГАО. 1964. № 172. С. 122—127.
5. Есепкина Н. А. и др. Поляризационные характеристики радиотелескопа РАТАН-600 // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1979. 11. С. 182—196.
6. Абрамов В. И., Белов И. Ф. Излучатель с переключением линейной поляризации (А. с. СССР № 1023982). Оpubл. в Б. И. 1984. № 20. С. 210.

7. Метрикин А. А. Подавление паразитной волны E_{01} в волноводах круглого сечения // Тр. НИИР. 1963. № 1. С. 7—21.
8. Кираксян Р. М., Мосоян К. С. Переключатель на р—i—n-диодах для волны 13 см // XI Всесоюз. радиоастрон. конф. по аппаратуре, антеннам и методам. Тез. докл. Ереван, 1978. С. 12—14.
9. Абрамов В. И. О поляризационных характеристиках корреляционного (балансного) поляриметра // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1985. 20. С. 139—148.
10. Строков А. Ю., Формозов Б. С. Поляриметр 30 см диапазона // XVII Всесоюз. конф. «Радиоастрономическая аппаратура». Тез. докл. Ереван, 1985. С. 276—277.

Поступила в редакцию 27 июня 1986 г.
