

**ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ТРАКТ
КОРРЕЛЯЦИОННОГО ПОЛЯРИМЕТРА
САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА
ДЛЯ РАДИОТЕЛЕСКОПА РАТАН-600**

В. И. Абрамов, И. Ф. Белов, Б. Б. Тагунов

Описана практическая реализация входного волноводного тракта корреляционного поляриметра на волну 7.6 см, обладающего высокой «чистотой» круговых поляризаций и дистанционным управлением перехода от поляризационного режима к двухлучевому режиму измерения интенсивности. Основой тракта является разделитель круговых поляризаций, 90°-ный дифференциальный фазовый сдвиг в котором обеспечивается с помощью двух прямоугольных волноводов с различными дисперсионными характеристиками. В 11%-ной полосе частот погрешность фазового сдвига составляет $\pm 0.2^\circ$, развязка выходов около -35 дБ, КСВН ≈ 1.06 , потери около 0.1 дБ.

Practical use of the input waveguide channel of the correlation polarimeter for the 7.6 cm wavelength with a high «purity» of circular polarization and distance control of transition from polarization mode to the two-beam mode of intensity measurements is described. The base of the channel is the circular polarization separator in which 90° differential phase shift is provided by the two rectangular waveguides with different dispersion characteristics. The phase shift error in 11 % frequency band is $\pm 0.2^\circ$, decoupling of outputs about -35 dB, SWR ≈ 1.06 , losses — about 0.1 dB.

Корреляционный метод является наиболее перспективным для радиоастрономических поляризационных исследований и в последнее время находит все более широкое применение как в системах апертурного синтеза, так и на радиотелескопах с одиночной антенной [1—4]. Он позволяет одновременно измерять все параметры Стокса излучения, причем при работе в круговом поляризационном базисе обеспечивает по параметрам Q и U примерно вдвое большую чувствительность по сравнению с другими методами. Кроме того, входной тракт корреляционного поляриметра стабилен и не содержит диссипативных элементов (р-і-п-переключателей и т. п.). Это имеет особое значение для реализации предельной чувствительности при использовании малошумящих охлажденных усилителей.

Однако с точки зрения точности измерений применение корреляционной схемы поляриметра при наблюдениях линейной поляризации с помощью радиотелескопа РАТАН-600 целесообразно лишь при обеспечении очень высоких требований к разделителю круговых поляризаций (РКП) по «чистоте» его поляризационного базиса [5, 6]. Последнее связано с наличием в антенне переменного профиля большой по величине инструментальной круговой поляризации [7, 8]. Требования к параметрам РКП следующие:

$$\begin{array}{cccccc} 1 - |r_{1,2}| & \text{КСВН} & L & \Delta\alpha & \Delta\varphi & \Delta\alpha \\ \leq 0.25 \% & \leq 1.05 & \leq -32 \text{ дБ} & \leq 0.2 \% & \leq 0.15^\circ & \leq 0.075^\circ \end{array}$$

где $r_{1,2}$ — коэффициенты эллиптичности поляризационных эллипсов (рис. 3, ∂), КСВН и L — согласование и развязка выходов РКП; $\Delta\alpha$, $\Delta\varphi$, $\Delta\alpha$ — дифференциальные потери, фазовая погрешность и погрешность ориентации кругового поляризатора.

Эти требования были получены в [5, 6] на основе матричного описания характеристик поляриметра, исходя из условия, что элементы его матрицы Мюллера M_{21} , M_{31} (инструментальная линейная поляризация) и M_{24} , M_{34} (коэффи-

циенты трансформации круговой поляризации в линейную) вносят составляющие в инструментальную поляризацию радиотелескопа не более 0.1 %, т. е. $M_{21}, M_{31} \leq 0.1 \%$, $M_{24}, M_{34} \leq 0.25 \%$.

Схема и фотография разработанного входного тракта корреляционного поляриметра диапазона 3.7—4.2 ГГц, создаваемого для РАТАН-600, в котором

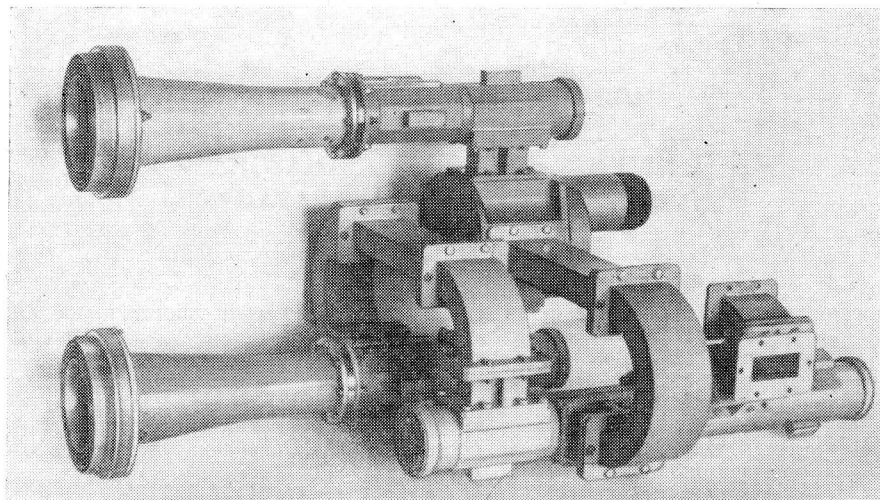
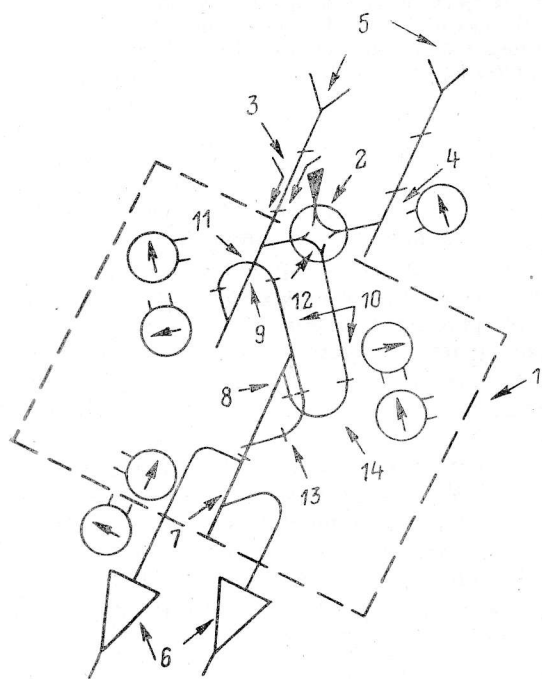


Рис. 1. Общий вид и схема входного тракта корреляционного поляриметра.



предполагается использовать охлажденные усилители ($T_{ш} \leq 10 \text{ К}$), приведены на рис. 1. На рис. 1 обозначено: 1 — РКП, 2 — крановый переключатель, 3 — сдвоенный (под углом $\pi/8$) поляризационный ответвитель (-50 — 60 дБ) для калибровочного сигнала от ГШ, 4 — поляризационный фильтр, 5 — облучатель, 6 — маломощный СВЧ-усилитель.

Тракт обеспечивает работу в режиме измерения линейной поляризации и двухлучевом режиме измерения интенсивности, коммутация которых производится с помощью дистанционно управляемого кранового переключателя, преобразующего РКП в синфазно-противофазный мост.

Основной элемент тракта — РКП (рис. 2) представляет собой совокупность кругового поляризатора 8—14 (рис. 1) с разнесенными в пространстве ортогональными каналами и разделителя линейных поляризаций 7, ориентированных друг к другу под углом $\pi/4$. Круговой поляризатор состоит из двух разделителей линейных поляризаций (РЛП) 8, 9 дифференциального фазовращателя 10 на 90° и волноводных изгибов 11—14 в E -плоскости. Поскольку РЛП включены симметрично относительно ортогональных фазосдвигаемых каналов, то фазовые характеристики определяются лишь дифференциальным фазовращателем, выполненным в виде двух отрезков 10 (гладкого и ступенчатого) волноводов, дис-

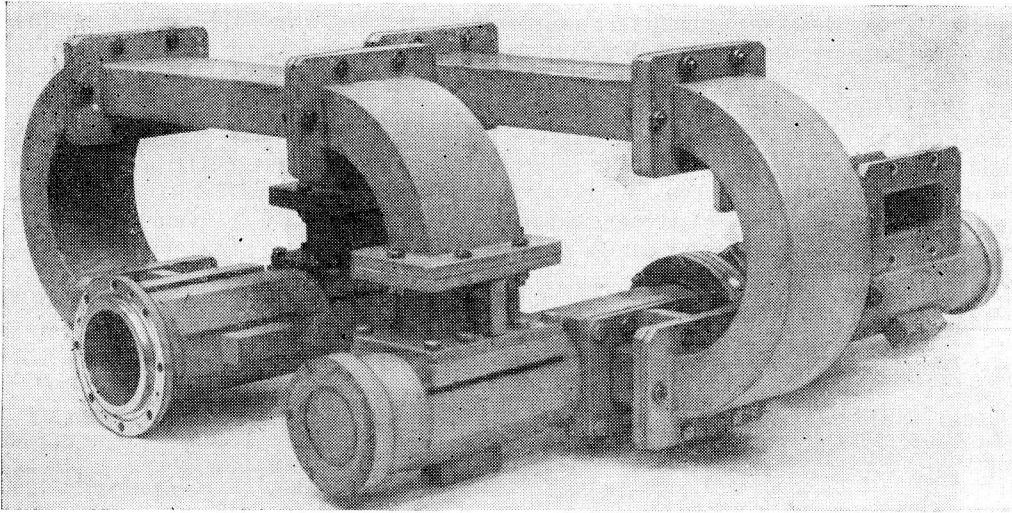


Рис. 2. Разделитель круговых поляризаций.

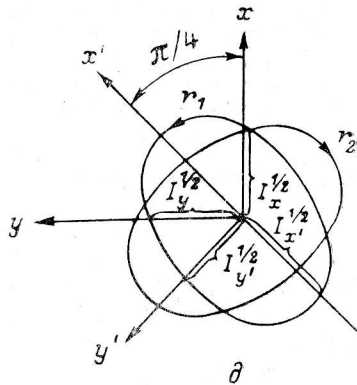
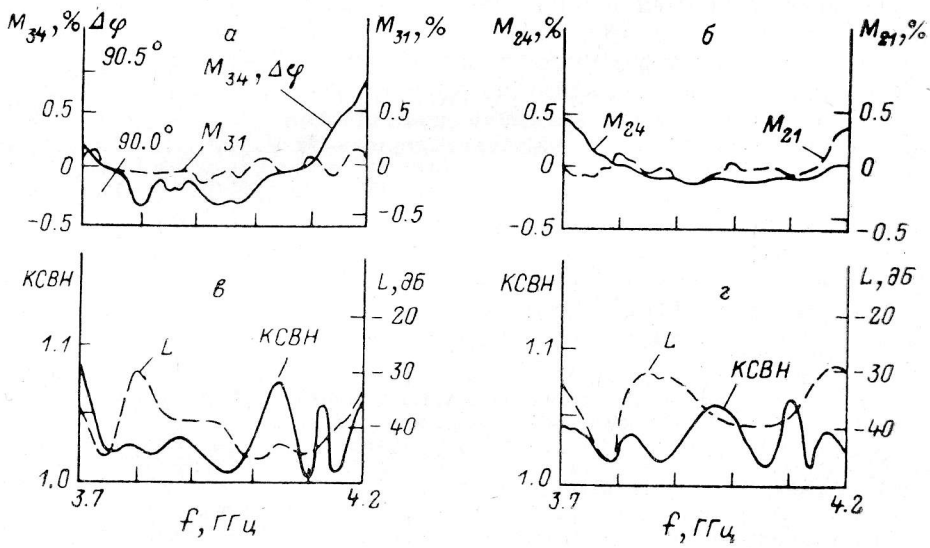


Рис. 3. Экспериментальные характеристики разделителя круговых поляризаций (а-в) и синфазно-противофазного моста (г). Поляризационные эллипсы разделителя (д).

персионные характеристики которых рассчитывались в соответствии с работой [9]. Существенными достоинствами такой конструкции РКП являются возможности независимой настройки по различным параметрам и прецизионной фазовой калибровки (с точностью $\sim 0.1^\circ$) с помощью эталонов длины в виде очень коротких (~ 0.1 мм) отрезков волновода, вводимых в дифференциальный фазовращатель.

На рис. 3 приведены экспериментальные характеристики РКП ($a-v$) и синфазно-противофазного моста (2). Величины составляющих элементов матрицы Мюллера поляриметра, обусловленные неидеальностью РКП, рассчитывались по результатам измерений параметров поляризационных эллипсов с помощью формул [6]:

$$M_{21} = \frac{1}{4} (\Delta x_r^{xy} + \Delta x_l^{xy}); \quad M_{24} = \frac{1}{4} (\Delta x_r^{xy} - \Delta x_l^{xy});$$

$$M_{31} = \frac{1}{4} (\Delta x_r^{x'y'} + \Delta x_l^{x'y'}); \quad M_{34} = \frac{1}{4} (\Delta x_r^{x'y'} - \Delta x_l^{x'y'}),$$

где

$$\Delta x^{xy} = 2 \frac{I_x - I_y}{I_x + I_y}; \quad \Delta x^{x'y'} = 2 \frac{I_{x'} - I_{y'}}{I_{x'} + I_{y'}}$$

— относительные разности интенсивностей эллипсов (рис. 3, ∂) для основных и диагональных плоскостей поляризации; индексы r и l означают правое и левое вращение.

Из рис. 3 видно, что усредненные в полосе частот 3.7–4.2 ГГц коэффициенты трансформации круговой поляризации в линейную (M_{24} , M_{34}) не превышают 0.25 %, а инструментальная линейная поляризация (M_{21} , M_{31}) — ≤ 0.1 %. Развязка выходов разделителя составляет около -35 дБ, КСВН ≈ 1.04 , прямые потери около 0.1 дБ.

Литература

1. Batchelor R. A., Brooks J. W., Cooper B. C. Eleven centimeter broad band correlation radiometer // IEEE Trans. AP-16. 1968. N 2. P. 228–234.
2. Wilson W., Hoegen K. H., Bestgen G. H105-1 I. E. polarimeter. Tech. Bericht. MPIFR, Elektronik-Abteilung. Bonn, 1974.
3. Simmard-Normandin M., Kronberg P. P., Neidhöfer J. Linear polarization measurement of extragalactic radio sources at λ 17.4 and 18.9 cm // Astron. Astrophys. Suppl. ser. 1980. 40, nr 3. P. 319–321.
4. Reich W., Brausfurth E. 2.7 GHz observations of the three old supernova remnants CTB 1, G 116.5+1.1 and G 114.3+0.3 with the Effelsberg 100-m telescope // Astron. Astrophys. 1981. 99, nr 1. P. 17–26.
5. Абрамов В. И., Корольков Д. В. К выбору поляриметра для измерения линейной поляризации радионизлучения с радиотелескопом РАТАН-600 // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1985. 19. С. 88–92.
6. Абрамов В. И. О поляризационных характеристиках корреляционного (балансного) поляриметра // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1985. 20. С. 139–149.
7. Кузнецова Г. В., Соболева Н. С. О поляризационных измерениях на антенне с отражателем переменного профиля // Изв. ГАО, 1964. № 172. С. 122–127.
8. Поляризационные характеристики радиотелескопа РАТАН-600 / Н. А. Есепкина, Н. С. Бахвалов, Б. А. Васильев и др. // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1979. 11. С. 182–196.
9. Модель А. М. Фильтры СВЧ в радиорелейных системах. М.: Связь, 1967. 852 с.

Поступила в редакцию 27 июня 1986 г.