

Частотно-поляризационный селектор облучателя С-диапазона

Представлен принцип работы частотно-поляризационного селектора, входящего в состав разработанного облучателя круговой поляризации, который может быть использован в антенной технике спутниковой связи в С-диапазоне частот. Рассмотрены способы поляризационной и частотной селекции сигналов в облучателе, основанные на различных схемах построения частотно-поляризационных селекторов.

Ключевые слова: частотно-поляризационный селектор, ортомодовый селектор, облучатель, частотный диапазон С.

В современных облучающих системах зеркальных антенн спутниковой связи большое распространение получили селективные устройства, позволяющие выполнять как частотную, так и поляризационную селекцию принимаемых и передаваемых сигналов. Одним из основных требований при разработке таких устройств является их применение в широкой полосе частот при малых массогабаритных показателях. Также данные частотно-поляризационные устройства должны обеспечивать селекцию сигналов с ортогональной поляризацией в нескольких частотных диапазонах без необходимости создания дополнительного облучателя под конкретный диапазон частот [1].

Существует несколько способов поляризационной и частотной селекции сигналов в облучателе без необходимости использования дополнительного облучателя под конкретный диапазон частот. Согласно одному из них, разделение частот приема и передачи [2] обеспечивается с помощью двукратного использования ортомодового селектора, представляющего собой крестовой разветвитель. Для пояснения принципа работы данного частотно-поляризационного селектора обратимся к схеме, представленной на рис. 1. Принятый сигнал с рупора 1 попадает в ортомодовый селектор 2, который необходим для разделения двух ортогональных мод низкочастотного сигнала, а также для селекции высокочастотного сигнала. К выходу данного крестового разветвителя через согласующий трансформатор подключается поляризатор 6 для выделения высокочастотных сигналов с круговыми правой и левой поляризациями. Для восстановления сигнала в низкочастотном диапазоне ортомодовый селектор соединяется со вторым однотипным ортомодовым селектором 4 посредством четырех равнодлинных п-образных волноводов 3. Между первым ортомодовым селектором и волноводными секциями устанавливаются фильтры нижних частот 5, необходимые для подавления низкочастотного спектра сигнала. Второй ортомодовый селектор 4 проектируется, как и первый 2, но с закороченным высокочастотным выходом или же используется идентичная конструкция селектора 2, но с установленной на высокочастотный выход нагрузкой. К волноводу круглого сечения большего диаметра селектора 4 для выделения низкочастотных сигналов с круговыми правой и левой поляризациями через согласующий трансформатор подключается поляризатор 7. Использование такого типа построения частотно-поляризационного селектора позволяет обеспечить прием и передачу сигналов в

широком диапазоне частот с сигналами различных поляризаций [3]. Минусом данного селектора является его сравнительно большой продольный габарит, что может оказать влияние на его использование в составе антенны спутниковой связи [4].

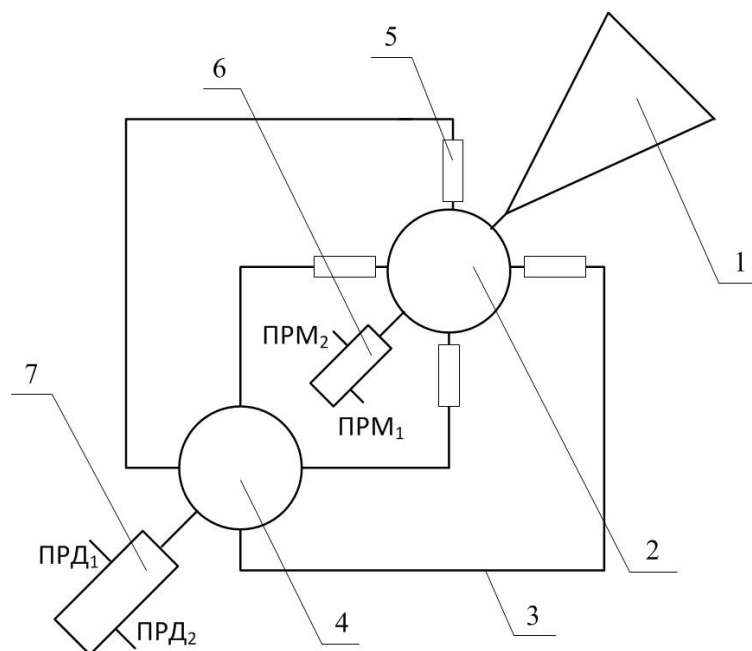


Рис.1. Блок-схема облучателя с двумя ортомодовыми селекторами.

Согласно второму способу (рис.2), разделение частот приема и передачи обеспечивается ортомодовым селектором и последующим объединением выходов ортомодового селектора двойными Т-мостами. Согласно данной схеме видно, что принятый сигнал с рупора 1 проходит через ортомодовый селектор, выполненный в виде крестового разветвителя 3, который разделяет две ортогональные моды низкочастотного сигнала, возбужденные в волноводе круглого сечения [5]. Диаметр данного волновода был определен исходя из расчета распространения основной волны H_{11} в нижнем диапазоне частот. В четырех взаимно-перпендикулярных плечах ортомодового селектора присоединяются режекторные фильтры 2 для подавления низкочастотного рабочего диапазона. На прямом выходе селектора устанавливается режекторный фильтр круглого сечения 4 для подавления высокочастотного сигнала, далее он подключается к септум-поляризатору 5, таким образом обеспечивается возможность передачи сигнала с круговой поляризацией в низкочастотном диапазоне. Режекторные фильтры 2, расположенные вдоль одной оси, попарно соединяются с двумя выходами двойных Т-мостов 6 и 8. На один из двух оставшихся ортогональных выходов каждого Т-моста устанавливаются нагрузки, а другой подключается к третьему двойному Т-мосту 7. За счет введения неоднородностей в последний двойной Т-мост можно добиться разности фаз 90° между двумя сигналами двух ортогональных мод, тем самым получив на приемных выходах сигнал высокочастотного рабочего диапазона с круговой поляризацией.

В рамках создания перспективных телекоммуникационных спутников АО «ИСС» совместно с ПАО «Радиофизика» был разработан частотно-поляризационный селектор для облучателя зеркальной антенны для приема/передачи сигналов с круговой поляризацией в С-диапазоне частот. Селектор, входящий в состав данного облучателя, построен по вышеизложенному второму способу построения частотно-поляризационного селектора. Несомненным плюсом данного селектора является компактность объединения двойных Т-

мостов, что в свою очередь влияет на уменьшение массы и габаритов устройства, что является несомненным преимуществом его использования в области спутниковой связи.

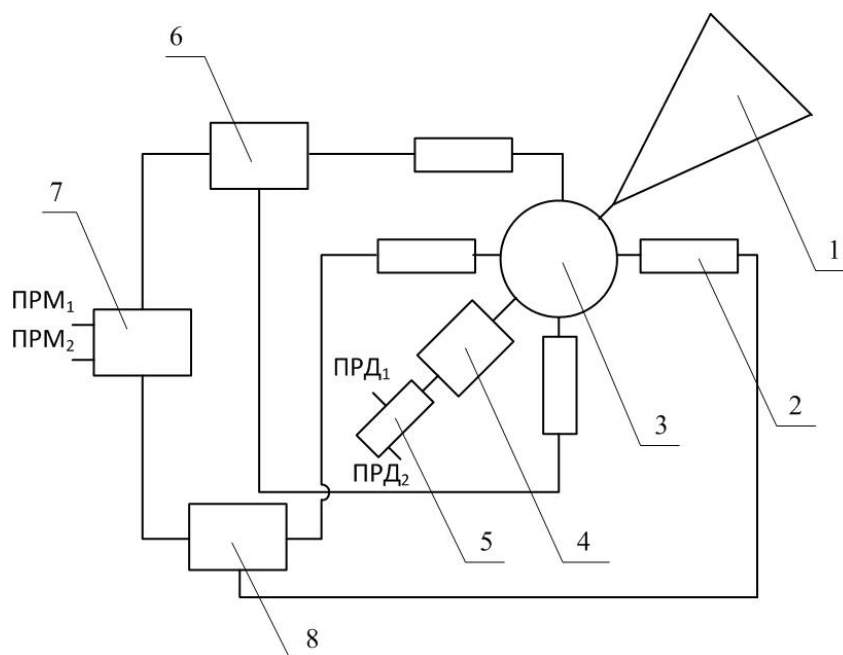


Рис.2. Блок-схема облучателя с использованием двойных Т-мостов

Измеренные значения КСВН облучателя приведены на рис. 3. Из рисунка видно, что КСВН в диапазоне рабочих частот составил не более 1.25. Измеренные значения коэффициента эллиптичности (КЭ) в диапазоне рабочих частот составили не менее 0.95. Для настройки радиотехнических характеристик облучателя использовались различные настроечные элементы в области ортомодового селектора, в ортогональных фильтрах в области крестового разветвления, а также в двойных Т-мостах. Также для настройки КЭ в высокочастотном тракте селектора в одно из плечей двойного Т-моста вводились специальные настроечные винты для обеспечения фазового сдвига 90° .

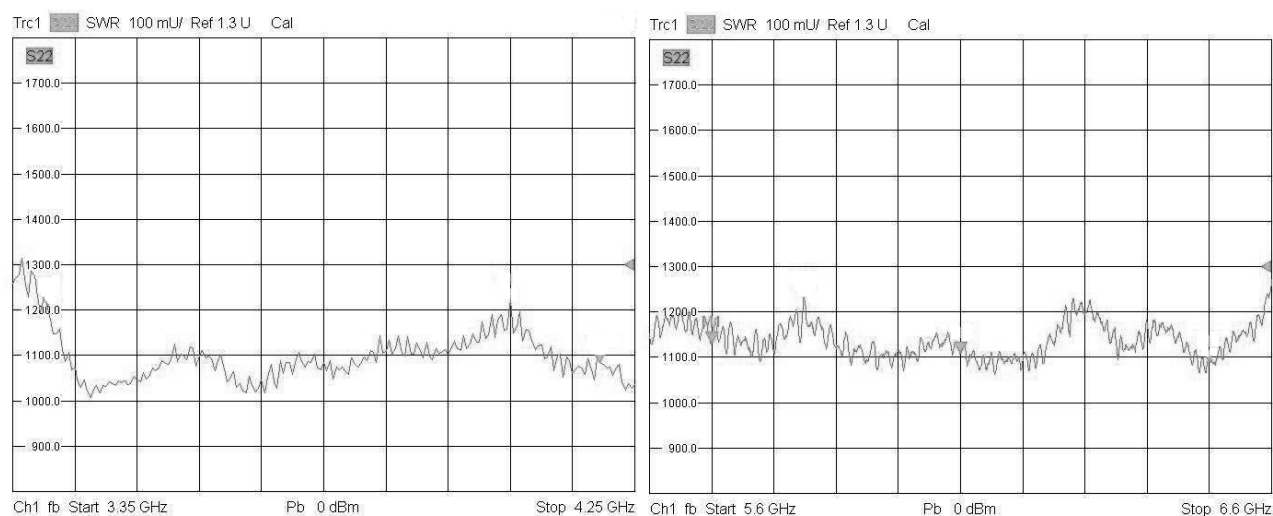


Рис.3. Измеренный КСВН облучателя в рабочих диапазонах частот

Таким образом, разработанный облучатель позволяет обеспечить прием и передачу сигналов с круговой поляризацией в С-диапазоне частот в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к облучателям зеркальных антенн спутниковой связи по значениям КЭ и КСВН. Данный облучатель, разработанный по схеме с использованием двойных Т-мостов, обладает малыми массогабаритными показателями за счет компактного объединения двойных Т-мостов, что в свою очередь также имеет важное значение для антенн спутниковой связи. Для выполнения требований по значениям КСВН и КЭ в разработанный облучатель были введены различные настроечные элементы, которые позволяют нивелировать погрешности при его изготовлении.

Библиографический список

1. Компактный облучатель Ka/Q-диапазона круговой поляризации / Ю. В. Крылова, Данилова И.Ю., Выгонского Ю.Г. и др. // Научные технологии. 2015. Вып. 3(16). С. 52–55.
2. Крылов Ю. В., Тайгин В. Б. Проектирование облучателя в Ka/Q-диапазоне на основе «восстанавливающей» схемы // Вестник СибГАУ. 2015. Вып. 2(16). С. 417–422.
3. Крылов Ю. В. Частотно-поляризационная селекция сигналов в рупорных облучающих системах зеркальных антенн // Исследования наукограда. 2015. № 2. С. 5-9.
4. Gordon M. Coutts. Wideband diagonal quadruple-ridge orthomode transducer for circular polarization detection // IEEE Transactions on antennas and propagation, june 2011. Vol. 59, no. 6.
5. Ignacio Izquierdo Martinez, Jorge A. Ruiz Cruz. Design of wideband orthomode transducers based on the turnstile junction for satellite communications // Universidad Autynoma de Madrid, Noviembre de 2008.