

УДК 621.396.67

Поляризатор для систем спутниковой связи с поляризационным уплотнением

Корчемкин Ю. Б., Кочетков О. С.*

ОАО «Радиофизика», ул. Героев Панфиловцев, 10, Москва, 125363, Россия

**e-mail: kiranos@mail.ru*

Аннотация

Представлена модель широкополосного поляризатора для систем спутниковой связи с поляризационным уплотнением, в которой реализованы уменьшение частотной зависимости дифференциального фазового сдвига и уменьшение возбуждения волн высших типов, показаны результаты расчетов и измерений.

Ключевые слова: широкополосный поляризатор, системы спутниковой связи, волновод круглого сечения, диэлектрическая пластина, результаты моделирования и измерений

В современных системах спутниковой связи все большее число спутников, например «Ямал-200» и «Express AM3», используют поляризационное уплотнение в широкой полосе частот С-диапазона [1]. Антенны земных станций таких систем должны в диапазонах приема 3,4 – 4,2 ГГц и передачи 5,75 – 6,55 ГГц иметь уровень кроссполяризационной развязки волн круговой поляризации не менее 30 дБ. Поляризаторы антенн этих систем должны обеспечивать не только 90-градусный дифференциальный фазовый сдвиг с отклонением не более 2-3 градусов, но и отсутствие высших типов волн, появление которых приводит к ухудшению поляризационных характеристик. В статье представлены результаты разработки поляризатора с диэлектрической пластиной на круглом волноводе диаметром 54 мм.

Выбор размеров элементов поляризатора проводился путем моделирования с помощью компьютерной программы, основанной на решении уравнений Максвелла методом сеток.

Для создания дифференциального фазового сдвига поляризатора используется диэлектрическая пластина толщиной 3 мм из полистирола. Как показано в статье [2], наибольшая широкополосность поляризаторов на круглых волноводах с тонкой

диэлектрической пластиной (толщиной 3 мм, относительная диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 2,6$) достигается при диаметре волновода 59-60 мм. При этом в диапазоне 5,75 – 6,55 ГГц кроме основной волны H_{11} могут распространяться высшие типы волн: E_{01} , H_{21} и E_{11} . Если поляризатор и другие элементы облучателя антенны симметричны относительно двух ортогональных плоскостей, проходящих через ось облучателя, то волны E_{01} и H_{21} в нем не возбуждаются. Чтобы в круглом волноводе не распространялась волна E_{11} его диаметр необходимо уменьшить, например до 54 мм (критическая частота для волны E_{11} при этом равна 6,78 ГГц). Однако в отрезке волновода данного диаметра, содержащем

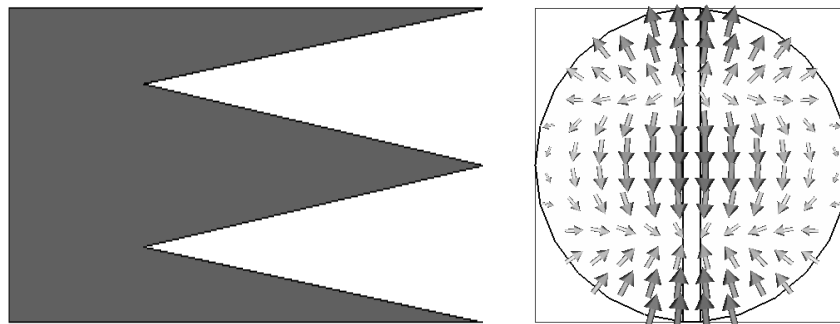


Рисунок 1 – Форма согласующих концов пластины и структура электрического поля волны E_{11}

диэлектрическую пластину, возбуждение волны E_{11} возможно. Для уменьшения уровня возбуждения волны высшего типа E_{11} в области волновода с диэлектрической пластиной применяется специальная пилообразная форма согласующих концов пластины: расположение вершин зубьев примерно соответствует расположению максимумов напряженности электрического поля волны E_{11} в поперечном сечении волновода (рисунок 1) [3]. Результаты расчета уровня возбуждения волны E_{11} в поляризаторе для двух форм согласующих концов пластины: «ласточкин хвост» и вышеописанной пилообразной, представлены на рисунке 2. Согласно результатам расчета использование вышеописанной пилообразной формы согласующих концов пластины позволяет уменьшить уровень возбуждения волны E_{11} на 20 дБ. Для уменьшения отклонения дифференциального фазового сдвига в широкой полосе частот при рассматриваемом диаметре волновода 54 мм в стенках волновода выполнены два глубоких диаметрально противоположных паза, служащих также для фиксации пластины в волноводе. Модель поляризатора представлена на рисунке 3. Поляризатор состоит из волновода круглого сечения 1, пазов прямоугольной формы 2 в стенке волновода, диэлектрической пластины 3 $\varepsilon = 2.6$ с плавными согласующими переходами 4 пилообразной формы. Размеры пластины и паза рассчитаны, исходя из требований к согласованию и уровню кроссполяризации развязки.

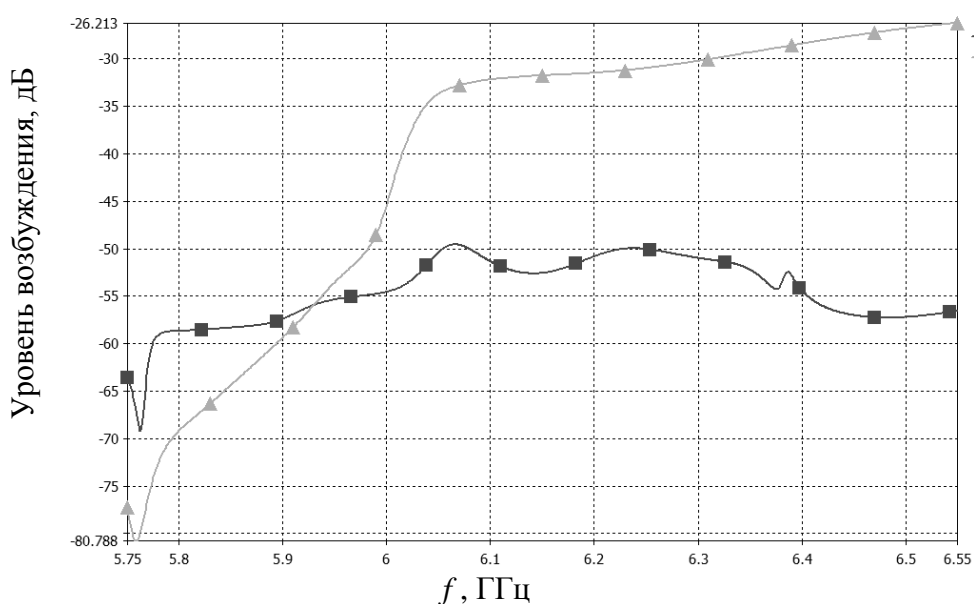


Рисунок 2 – Уровень возбуждения волны E_{11} ; линия с треугольниками соответствует форме «ласточкин хвост», линия с квадратами соответствует описанной пилообразной форме

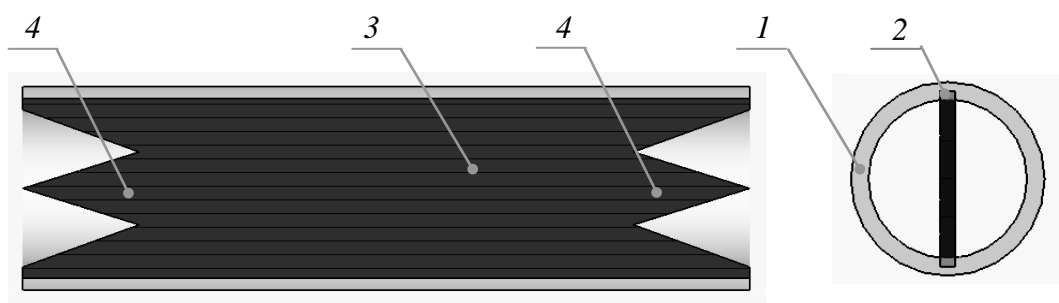


Рисунок 3 – Модель поляризатора

Результаты расчета и измерения кроссполяризационной развязки (для $\varepsilon = 2.55$ и $\varepsilon = 2.6$) и КСВн (параллельная и перпендикулярная пластине линейные поляризации) в диапазоне частот 3,4 - 4,2 ГГц, представлены на рисунке 4. По результатам расчета уровень кроссполяризационной развязки не менее 35 дБ. Минимальное значение измеренной кроссполяризационной развязки, 25,2 дБ обусловлено разбросом значения относительной диэлектрической проницаемости полистирола, что подтверждается расчетом для $\varepsilon = 2.55$ (отличие измеренного и расчетного значений не более 4 %). Отличие расчетных и измеренных характеристик КСВн находится в пределах ошибки измерения.

На рисунке 5 приведены результаты расчета и измерения дифференциального фазового сдвига $\Delta\varphi$ для $\varepsilon = 2.55$ (отличие измеренного и расчетного значений не более 7 %) и КСВн (параллельная и перпендикулярная пластине линейные поляризации) в диапазоне частот 5,75 - 6,55 ГГц.

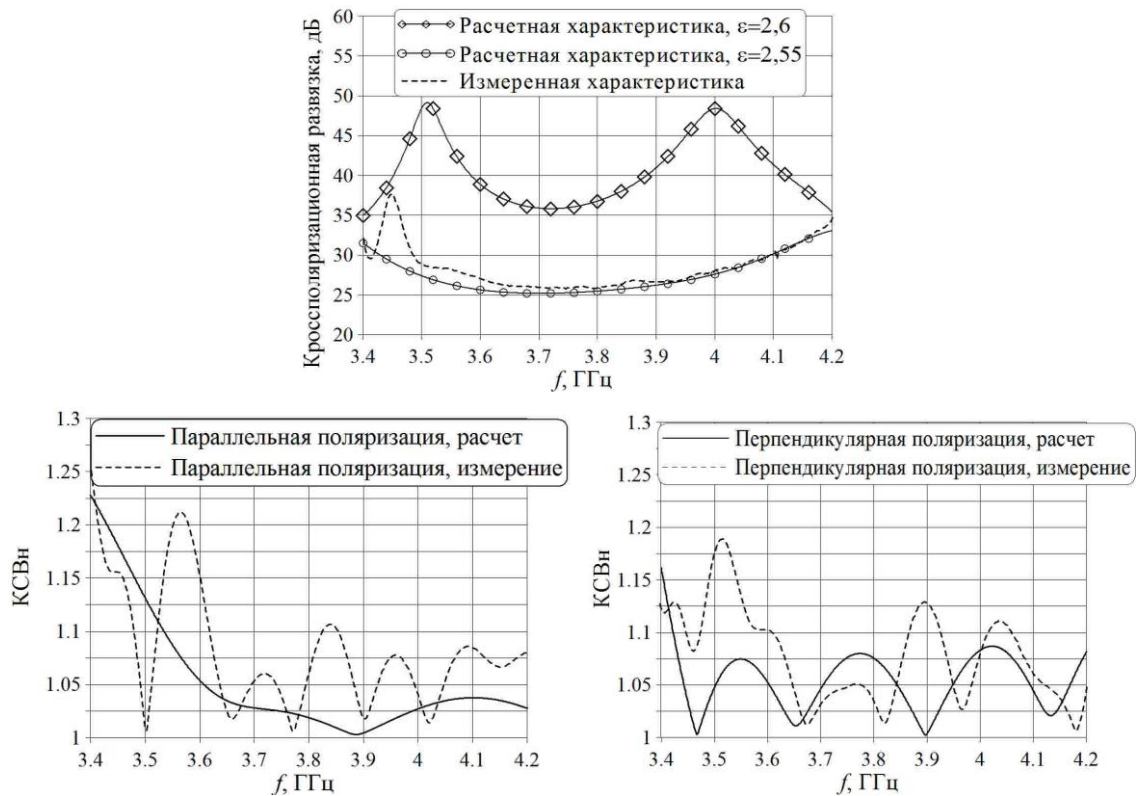


Рисунок 4 – Результаты расчета и измерения кроссполяризационной развязки (для $\varepsilon = 2.55$ и $\varepsilon = 2.6$) и КСВн (параллельная и перпендикулярная пластине поляризации) в диапазоне частот 3,4 - 4,2 ГГц

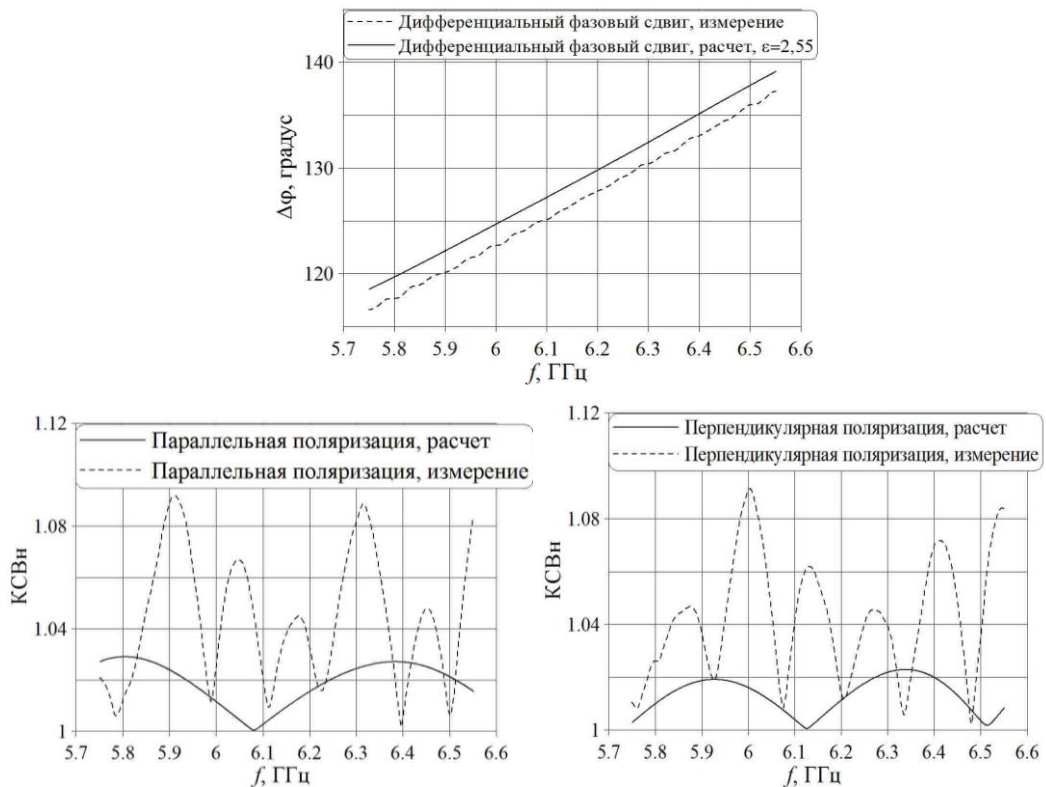


Рисунок 5 – Результаты расчета и измерения дифференциального фазового сдвига $\Delta\varphi$ и КСВн (параллельная и перпендикулярная пластине поляризации) в диапазоне частот 5,75 - 6,55 ГГц

По результатам расчета поляризатор обеспечивает уровень кроссполяризационной развязки не менее 35 дБ (дифференциальный фазовый сдвиг $90 \pm 1,9$ градуса) и КСВн не более 1,23 в полосе частот 3,4 - 4,2 ГГц. В полосе частот 5,75 - 6,55 ГГц КСВн не более 1,04, а значение дифференциального фазового сдвига находится в пределах 120 – 150 градусов. При использовании поляризатора в составе двухдиапазонного облучателя дифференциальный фазовый сдвиг в полосе частот 5,75 - 6,55 уменьшается до 90 градусов с помощью дополнительного корректора.

Библиографический список

1. <http://www.intersputnik.ru/satellites>
2. Корчемкин Ю.Б., Кочетков О.С.; Широкополосный поляризатор с высоким коэффициентом эллиптичности на круглом волноводе; «Радиолокация и связь» (журнал в журнале «Радиосистемы»); 2010, выпуск 156; стр. 41 – 43

3. Патент на полезную модель – Поляризатор для двухдиапазонных антенн; №122528; РФ, заявка №2012132714/08, подача 01 августа 2012г., опубликовано 27 ноября 2012г.; бюл. №33