

Соосный коаксиально-волноводный переход миллиметрового диапазона

И.Д. Павлов^{1,2}, И.О. Прокаев^{1,2}

¹АО «Центральное конструкторское бюро автоматики»

²Омский государственный технический университет

Аннотация: в работе рассмотрен соосный коаксиально-волноводный переход миллиметрового диапазона. Указанный переход выполнен с применением микрополоскового трансформатора волновых сопротивлений. Исследовано влияние диэлектрической платы, введенной в зазор П – образного волновода, на уровень КСВН. Получен наилучший вариант коаксиально-волноводного перехода, характеризуемый максимальным значением КСВН равным 1,51. Применением радиопоглощающего материала удалось снизить максимальное значение КСВН до 1,42.

Ключевые слова: соосный коаксиально-волноводный переход, микрополосковый трансформатор

1. Введение

Рупорные излучатели широко применяются в антенных измерениях. Поскольку генераторы сигналов часто комплектуются коаксиальными выходами, то для подключения к ним рупорных антенн необходимы коаксиально-волноводные переходы (КВП). По способу компоновки КВП можно разделить на соосные [1]-[3] и ортогональные [4]-[7]. Разработка, исследование и улучшение КВП представляют интерес, поскольку позволяют улучшить согласование рупорных антенн с подключаемой коаксиальной линией. Отдельный интерес представляют соосные КВП, поскольку они могут применяться совместно с коаксиальными переходами вращения, что позволяет, к примеру, автоматизировать процесс изменения поляризации поля, излучаемого рупорной антенной. Рассматриваемый в настоящей работе КВП должен осуществлять переход от коаксиального разъема тип 1 (в российской классификации) к волноводному входу рупорной антенны сечением 11 на 5,5 мм в полосе частот с коэффициентом перекрытия 2,2. В указанной полосе КСВН не должен быть более 1,5.

Цель настоящей работы состоит в том, чтобы разработать соосный КВП и исследовать влияние некоторых его составных элементов на уровень согласования.

2. Разработка конструкции и результаты моделирования

Описанные в литературе [1]-[3] соосные КВП организованы путем перехода центрального проводника коаксиальной линии в один из гребней волновода. В [1] и [2] центральный проводник, существенно не изменяя формы, заходит во внутренний объем волновода и закрепляется в одном из его гребней. Достижение требуемого уровня согласования осуществляется путем подбора размеров полости в задней части КВП. Например, в [2] использована обратная полость ложной формы, с ее помощью достигнут уровень согласования, характеризующийся КСВН, не превышающим 1,3 в полосе с перекрытием 2,2. К сожалению, из-за упомянутой обратной полости сложной формы такой вариант КВП труден в изготовлении.

В [3] коаксиальный волновод линейно изменяет свое сечение с окружности на прямоугольник, после чего центральный проводник плавно переходит в гребень волновода. Полоса рабочих частот указанного КВП разбита на три диапазона, в двух из трех обозначенных диапазонов максимальное значение КСВН превышает 1,5. По

этой причине предложенный в [3] конструктив не подходит под вышеобозначенные требования. Авторами предложен еще один вариант соосного КВП: он совмещает в себе два типа переходов – от коаксиальной линии к микрополосковой и от микрополосковой к П – образному волноводу. Общий вид указанного перехода представлен на рисунке 1.

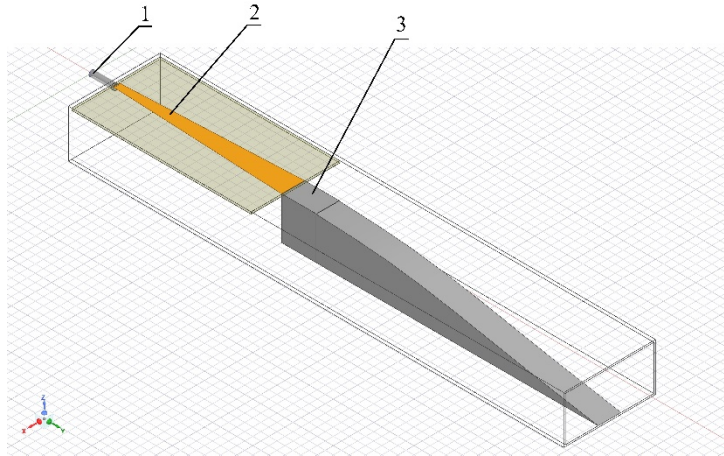


Рисунок 1. Общий вид предлагаемого авторами КВП. 1- коаксиальный вход; 2 – микрополосковый участок; 3 – ребро П – образного волновода.

В данном случае микрополосковый участок выполнен таким образом, что его волновое сопротивление в месте присоединения коаксиальной линии соответствует ее волновому сопротивлению, а в месте контакта с ребром П – образного волновода близко к волновому сопротивлению волновода. Фактически это означает, что микрополосковый участок является широкополосным трансформатором. Конструктивно это выражается в плавном изменении ширины проводящей дорожки вдоль всей платы.

Для предложенного варианта КВП в среде электродинамического моделирования HFSS была получена частотная зависимость КСВН. Указанная зависимость приведена на рисунке 2. Здесь стоит отметить, что в процессе электродинамического моделирования КВП был нагружен рупорной антенной, что позволяет приблизить полученные результаты к практическим.

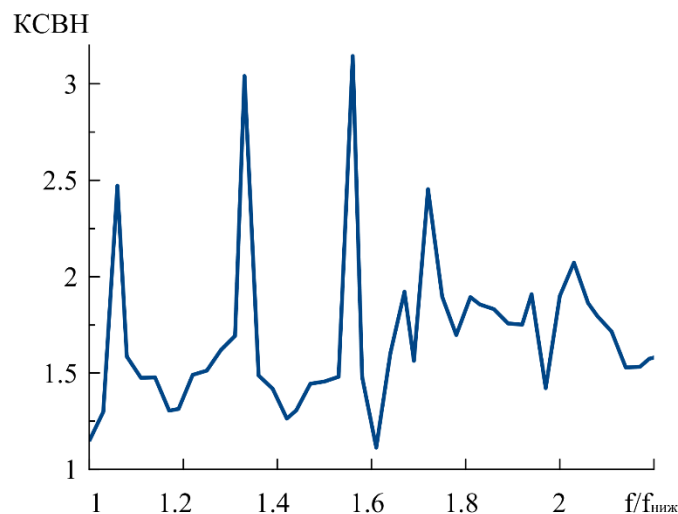


Рисунок 2. Частотная зависимость КСВН предложенного КВП.

По приведенной на рисунке 2 зависимости можно видеть, что максимальное

значение КСВН составляет 3,1, что не соответствует требуемому уровню.

Для улучшения степени согласования авторами было предложено несколько продлить плату трансформатора, таким образом, чтобы в зазор между широкой стенкой и ребром П – образного волновода заходил только диэлектрик, без металлизации. Суть предложенного решения состоит в том, чтобы разнести в пространстве соединение проводящей дорожки трансформатора с ребром волновода и границу раздела сред диэлектрик платы – воздух. Это позволит снизить отражение от области перехода и улучшить согласование КВП. На рисунке 3 приведен общий вид варианта КВП с продленным диэлектриком платы трансформатора.

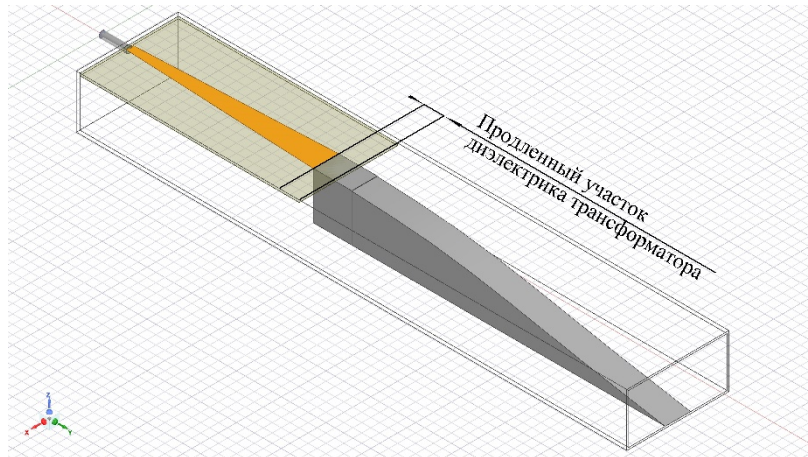


Рисунок 3. Общий вид варианта КВП с продленным диэлектриком платы трансформатора.

Длина выступающей диэлектрической части была подобрана путем моделирования различных вариантов в HFSS.

На рисунке 4 приведены три частотных зависимости КСВН, обозначенные номерами 1,2 и 3. Первая зависимость соответствует исходному варианту КВП, вторая зависимость соответствует случаю, при котором выступающая диэлектрическая часть имеет оптимальную длину. Третья зависимость соответствует случаю, при котором длина выступающей диэлектрической части больше оптимальной.

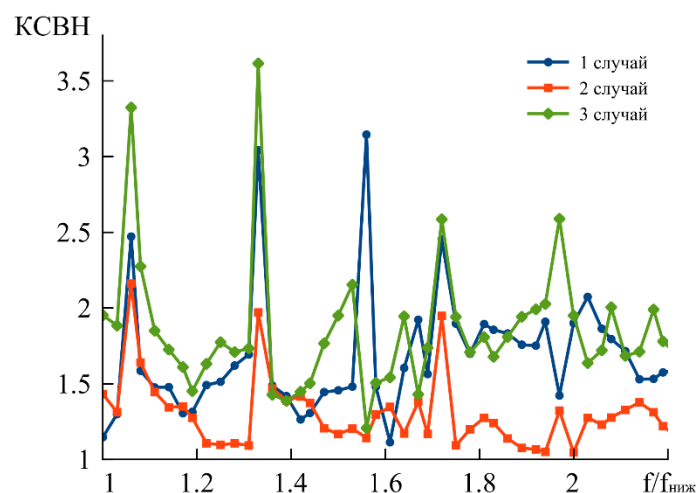


Рисунок 4. Частотные зависимости КСВН для трех различных длин выступающей диэлектрической части трансформатора.

Сравнивая зависимости, приведенные на рисунке 4, можно видеть, что применение диэлектрической выступающей части оптимальной длины позволяет

снизить уровень КСВН, особенно в пиковых областях. Вместе с тем зависимость под номером 2 не соответствует требованию, предъявляемому к максимальному значению КСВН.

Для того, чтобы исправить это, был использован настроечный штырек, погружаемый во внутренний объем волновода. Путем моделирования различных вариантов размещения и глубины погружения было подобрано положение настроечного штырька, соответствующее наилучшему уровню КСВН. Полученная частотная зависимость КСВН приведена на рисунке 5.

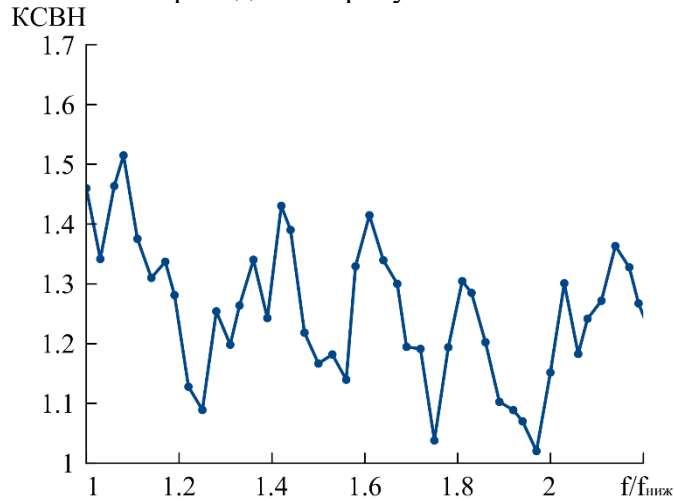


Рисунок 5. Частотная зависимость КСВН перехода с настроечным штырьком.

По приведенной на рисунке 5 зависимости можно видеть, что применение настроечного штырька позволило достичь уровня КСВН, соответствующего требуемому практически во всем диапазоне за исключением одной точки. В указанной точке значение КСВН составляет 1,51. Полученное значение близко к требуемому, но не соответствует ему. Для того, чтобы это исправить, возможно применение радиопоглощающего материала (РПМ). Вариант с применением РПМ также был промоделирован в HFSS. Указанным материалом закрывались торцевая часть ребра волновода и часть обратной стенки. Частотная зависимость КСВН, полученная для такого случая, представлена на рисунке 6.

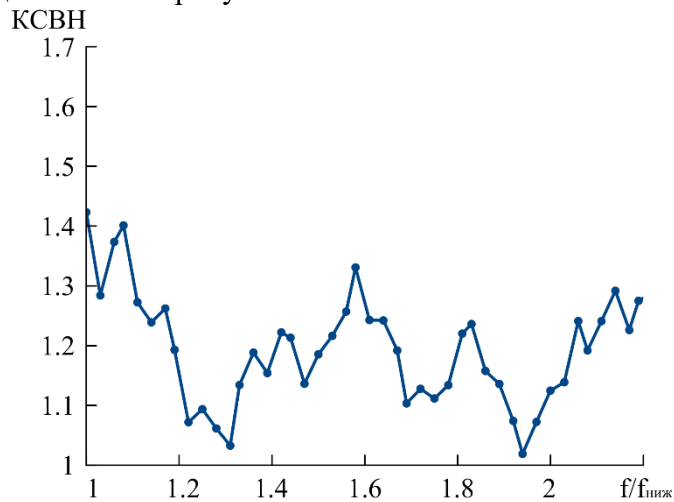


Рисунок 6. Частотная зависимость КСВН для варианта КВП с использованием РПМ.

Максимальный уровень КСВН на приведенном рисунке составляет 1,42, что

соответствует требуемому.

3. Заключение

В результате проведенных работ была предложена конструкция соосного КВП. Электродинамическое моделирование показало, что КСВН, характеризующий предложенную конструкцию, соответствует предъявляемому требованию. Исключением является одна частотная точка, в которой значение КСВН составляет 1,51 при требуемом не более 1,5. Введение в конструкцию КВП радиопоглощающего материала позволяет снизить максимальное значение КСВН до 1,42. Но применение РПМ может привести к уменьшению коэффициента усиления рупорной антенны, совместно с которой планируется применение рассматриваемого КВП. Кроме того, можно отметить, что предложенный авторами вариант конструкции КВП ранее не описан.

Список литературы

1. Григорьев А.Д., Ребров А.Н., Уланова Т.А. Разработка коаксиально-волноводных переходов 8 – мм диапазона длин волн //Известия высших учебных заведений России радиоэлектроника. – 2012. - №4. – С. 102-107.
2. Yang Zhou, En Li, Gao-Feng, Tao Yang, Lin-sheng Liu. Design of millimeter wave wideband transition from double-ridge waveguide to coaxial line // Journal of infrared, millimeter and terahertz wave. – 2011 – vol. 1. – p. 26-33.
3. Кузнецова Д.А., Самбуров Н.В. Коаксиально-волноводный переход на Н – волновод //Вопросы радиоэлектроники – 2012. - №3. – С. 61-70.
4. Shoukry I. Shams, Ahmed A. Kishk. Wideband Coaxial to Ridge Gap Waveguide Transition //IEEE Transaction on microwave theory and techniques. – 2016 – vol. 64. - p. 4117 - 4125.
5. Nie Rui-xing, Li En, Guo Gao-feng, Wang Yi. Simulation and design of 18-40GHz ridge waveguide to coaxial transition //IEEE International conference on microwave technology and computational electromagnetics. – 2011 – 22-25 may. Beijing, China. – p. 183-185.
6. Ao Liao, Qingyuan Wang, Baoxin Wang, Zheyu Wang. Broad-band transition from a coaxial-line to a rectangular waveguide with reduced-height // International conference on microwave and millimeter wave technology. – 2008 – 21-24 april. Nanjing, China.
7. Комаров В.В., Корчагин А.И., Мещанов В.П. Повышение электрической прочности коаксиально волноводных переходов //Радиотехника и электроника. – 2021. - №2. - С. 141-144.