

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА – ФИЛЬТРА НИЗКИХ ЧАСТОТ НА ШТЫРЕВОЙ ЗАМЕДЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

А. С. Кухаренко

Московский государственный институт электроники и математики

E-mail: alexk.05@mail.ru

The results of simulating of transformer – lowpass filter on section of comb-type slow-wave system with the help of Microwave Office (the product of AWR Design Environment company) are shown. The description of the experiment and the comparison of the results of the experiment and the simulating are considered.

Понизить резонансные частоты согласующе-трансформирующих устройств при сохранении размеров можно либо применяя в их конструкции отрезки замедляющих систем, либо используя свойства последовательно включённых отрезков тракта с существенно разными волновыми сопротивлениями. Ещё больший эффект достигается путём комбинации этих двух приёмов, так как уменьшение размеров таких согласующе-трансформирующих устройств происходит благодаря тем же физическим эффектам, что и уменьшение размеров резонаторов с квазисосредоточенными параметрами. При этом удаётся также одновременно обеспечить частотную селекцию колебаний и мод. [1]

Ранее [2] была представлена топология такого трансформатора – фильтра низких частот.

В системе проектирования Microwave Office (версия 6.53) в приложении EM Sight, являющейся продуктом компании AWR Design Environment, было смоделировано несколько вариантов конструкций трансформатора – фильтра низких частот.

Изначально была взята конструкция с пятью микрополосковыми проводниками, длина которых линейно уменьшалась. Конструкция имела размеры 6.8×3.6 мм. Подложка имела следующие параметры: $\epsilon = 3.38$; тангенс угла потерь = 0.02. В результате моделирования выяснилось, что такая конструкция имеет частоту среза, равную 21 ГГц.

Далее была взята та же конструкция, но входной сигнал подавался со смещением по фазе на 180 градусов. При этом частота среза устройства осталась равной 21 ГГц, но затухание сигнала при этом увеличилось на треть (-40 дБ против -30 у прежнего устройства).

Реально конструкции на штыревых замедляющих системах работают на частотах не выше 6 ГГц. Для того, чтобы уменьшить частоту среза нужно увеличить длину микрополосков, что и было сделано. Остальные геометрические размеры конструкции остались без изменений. Общая длина устройства составила 20.4 мм. После таких изменений частота среза изменилась и составила 5 ГГц, затухание при этом существенно не изменилось и составило -27 дБ. Однако, значительно вырос КСВН устройства, который стал равным 7, в

то время как предыдущем случае он был равным 1.8 на частотах, меньших резонансной частоты фильтра.

С целью уменьшения КСВН в конструкцию было добавлено ещё 11 штырей, длина которых линейно уменьшается. Ширина штырей осталась прежней. Таким образом, ширина всей конструкции увеличилась до 10.2 мм. КСВН этого устройства в полосе пропускания фильтра не превысила 2, что вполне удовлетворительно.

Для того, чтобы убедиться, что данные, полученные при помощи Microwave Office соответствуют реальности, было проведено экспериментальное измерение характеристик и параметров трансформатора – фильтра низких частот на штыревой замедляющей системе. Для этого была смоделирована и изготовлена конструкция на рис. 1. Трансформатор – фильтр низких частот был выполнен на стеклотекстолитовой плате с геометрическими размерами $120 \times 48 \times 2$ мм, $\epsilon = 3.38$ и тангенсом угла потерь $= 0.02$.

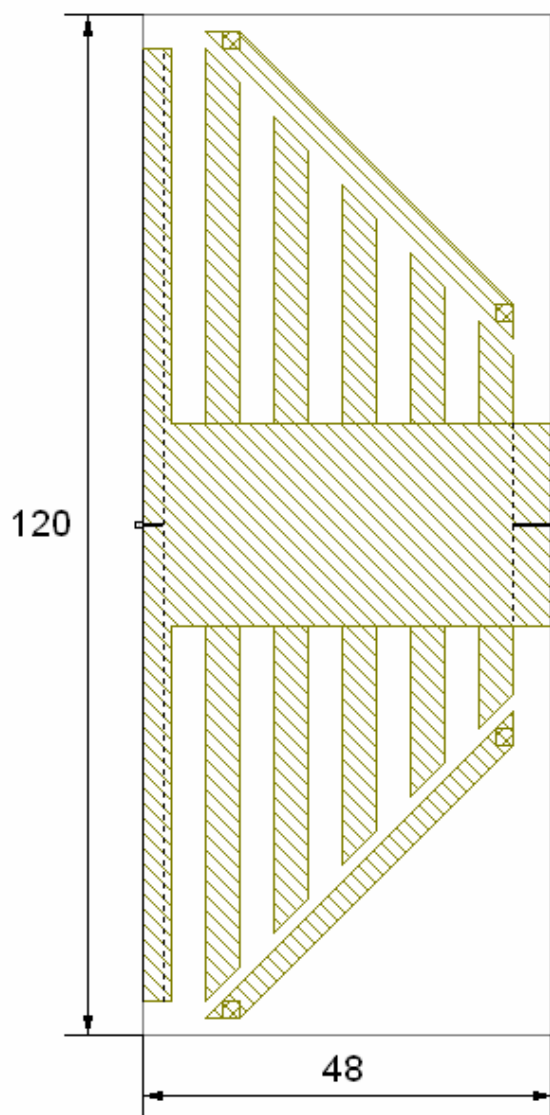


Рис. 1 Конструкция трансформатора – фильтра низких частот, на которой проводился эксперимент

Конструкция трансформатора – фильтра низких частот представляет собой следующее. На одной стороне подложки выполнены симметрично

расположенные относительно оси симметрии микрополосковые штыри. На некотором расстоянии от штырей находится планка, которая соединена с изотропным металлическим экраном, выполненным с другой стороны подложки. Длина первых штырей равна четверти замедленной длины волны. Длина последующих штырей линейно убывает. Концы штырей срезаны под углом наклона планки, равным 45° , а расстояние между ними равно их ширине.

Схема стандартной измерительной установки на основе измерителя комплексных коэффициентов передачи P4-37, работающего в поддиапазоне 1250 – 3000 МГц включает в себя генератор качающейся частоты, преобразователь частоты и измерительный блок. Макет трансформатора – фильтра низких частот включён в схему «на проход», что позволяет измерить его коэффициент передачи.

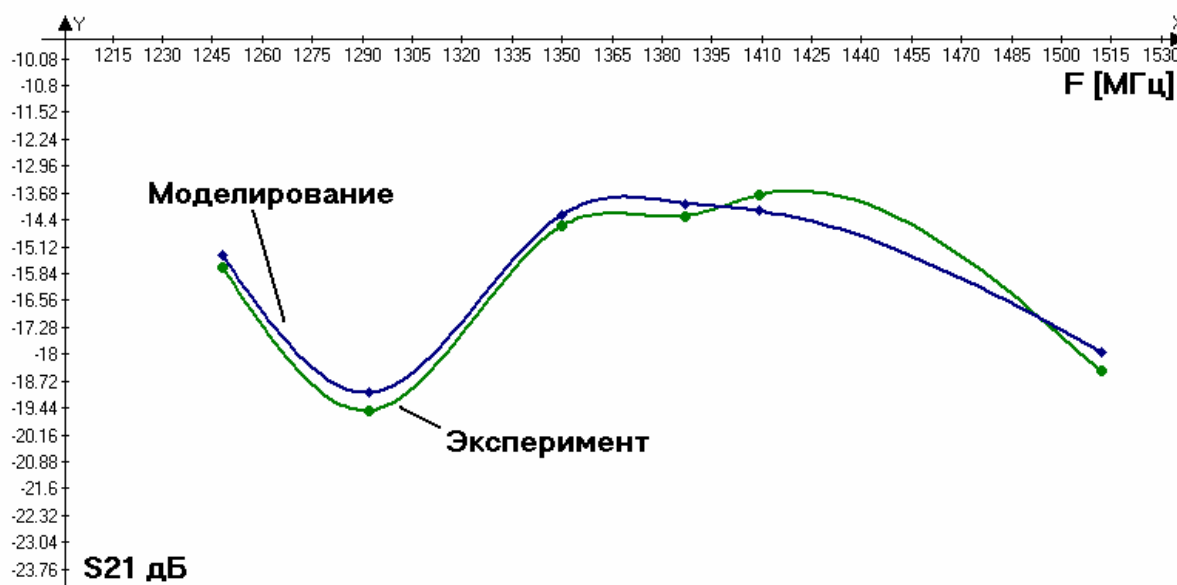


Рис. 2 Результаты компьютерного моделирования и экспериментального измерения конструкции трансформатора – фильтра низких частот

Эксперимент показал, что данные, полученные при помощи программного продукта Microwave Office отличается от реальных не более, чем на 3% (см рис. 2).

1. А. А. Елизаров, Ю. Н. Пчельников. Радиоволновые элементы технологических приборов и устройств с использованием электродинамических замедляющих систем: М. Радио и Связь. 2002.
2. Елизаров А. А., Зайтов М. Р., Кухаренко А. С., Лебедева Т. А. Микрополосковые трансформаторы-фильтры низких частот на резонансных отрезках штыревых замедляющих систем. Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2006. Саратов 2006 г. С. 2001-2005.