

Исследование влияния неоднородности (емкостного характера) на амплитудно-частотную характеристику фильтра волноводного Ка диапазона при замене элементов подстройки из проводящего материала элементами подстройки из диэлектрика

Лобачёв Н.Ю.

Компания «Радиофизика»,

ул. Героев Панфиловцев, 10, Москва, 125363, Россия

e-mail: mr.NikitaYurievich@mail.ru

Аннотация

Приведено описание двух вариантов настройки фильтра волноводного Ка диапазона. Показано влияние на емкостную связь между резонаторными звеньями неоднородности в виде элементов подстройки из проводящего материала и диэлектрика. Экспериментально получены и продемонстрированы амплитудно-частотные характеристики фильтров для каждого варианта исполнения. Разработано приспособление для упрощения процедуры настройки.

Ключевые слова: волноводный полосно-пропускающий фильтр, СВЧ-фильтр Ка диапазона, настройка фильтра, использование диэлектрических элементов подстройки волноводного фильтра, приспособление для настройки фильтра, влияние неоднородности на согласование резонаторных звеньев.

Введение

В современных СВЧ-устройствах одним из ключевых элементов, обеспечивающих необходимые параметры устройства, является фильтр. Основным назначением фильтров является подавление одних частотных составляющих сложного сигнала и обеспечение передачи других [1]. Реализация фильтров с высокими качественными показателями, работающих в СВЧ-диапазоне – важная технологическая задача, которая ставится перед разработчиками радиоэлектронной аппаратуры (РА) [2]. При изготовлении фильтра центральная частота, в ряде случаев, отличается от заданной. Поэтому предусматриваются специальные регулируемые элементы. При классическом подходе, в качестве элементов подстройки используются металлические винты, выполняющие роль емкостной неоднородности [3]. Среди возможных конструктивных вариантов многозвенных волноводных фильтров широкое распространение получила реализация фильтра на стандартном прямоугольном волноводе [4].

Объектом исследования был выбран фильтр волноводный полосно-пропускающий Ka диапазона. Конструктивно фильтр состоит из волноводной трубы с двумя фланцами, внутри имеет припаянные проволоки (носят индуктивный характер), которые по существу являются резонаторными звеньями.

Данная работа посвящена исследованию влияния неоднородности (емкостного характера) на амплитудно-частотную характеристику фильтра при замене элементов подстройки из проводящего материала элементами подстройки из диэлектрика.

Настройка фильтра с использованием элементов подстройки из проводящего материала.

На рисунке 1 изображен настраиваемый фильтр. Материал волноводного фильтра и элементов подстройки (винтов и контргайк) – латунь, покрытая серебром. Для настройки дополнительно требуется отвертка и специальный гаечный ключ.

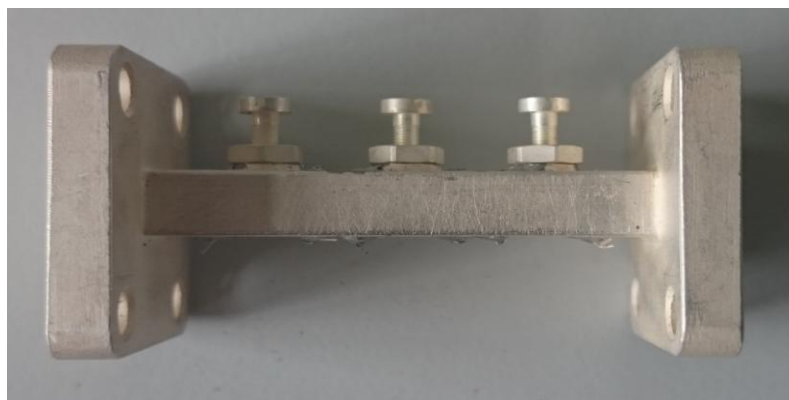


Рис.1 – волноводный фильтр с элементами подстройки в виде металлических винтов.

При настройке фильтра необходимо отметить ряд важных моментов:

1) Процедура предварительной установки подстроечных винтов эргономически сложна и трудоёмка из-за сравнительно малых габаритов устройства, работающего в заданном Ka диапазоне.

2) Наличие контргайки усложняет процесс настройки дополнительной “степенью свободы”, что приводит к двум отрицательным эффектам:

– во-первых, приходится постоянно фиксировать контргайку при закручивании винта и контроль данного процесса приводит к тому, что регулировщик постоянно отрывается от амплитудно-частотной характеристики, уделяя излишнее внимание механической составляющей.

- во-вторых, в процессе настройки выявился эффект “сдвига” по частоте, что объясняется изменением погружаемой длины подстроечного винта и, как следствие - изменением связи между звеньями резонаторов внутри волноводного фильтра при фиксации подстроечного винта.

3) Чувствительность устройства к элементам подстройки из проводящего материала настолько высока, что изменение АЧХ происходит практически мгновенно и настройка получается “грубой”, “скачкообразной”.

Настройка фильтра с использованием элементов подстройки из диэлектрика.

На рисунке 2 изображен настраиваемый фильтр. Материал фильтра волноводного – латунь, покрытая серебром, материал винтов - фторопласт. Для настройки дополнительного оборудования не требуется, однако для удобства было разработано простейшее приспособление – “фиксатор втулки”.

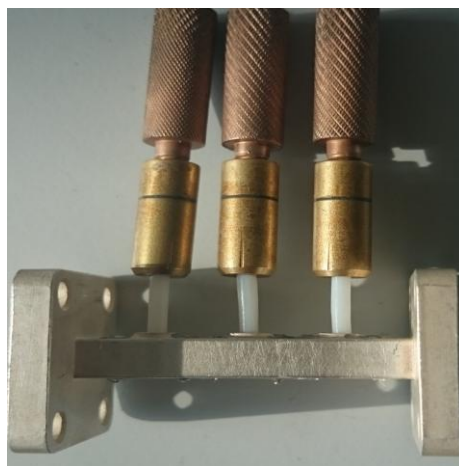


Рис.2 – волноводный фильтр с элементами подстройки в виде фторопластовых втулок.

Устройство фиксатора втулки.



Идея разработки простейшего фиксатора втулки обусловлена технологическими приемами при настройке волноводных фильтров. Основными требованиями, предъявляемыми к фиксатору, являются: технологичность при изготовлении, надежность и эргономичность (оптимальные габаритные параметры и устранение проскальзывания фиксатора в руке и фторопластовой втулки относительно фиксатора). На рисунке 3 приведена

конструкция фиксатора втулки.

Рис.3 – фиксатор втулки.

При настройке фильтра с использованием элементов подстройки из диэлектрика значительно сокращается трудоёмкость. Как подготовительного этапа, так и всего процесса. Чувствительность фильтра к элементам подстройки из диэлектрика существенно ниже чувствительности к подстроечным элементам из проводящего материала. Это позволяет добиться точной и “плавной” настройки АЧХ. При данной процедуре исключается эффект “сдвига” по частоте. За счёт того, что в данной конструкции отсутствует элемент контргайка, регулировщик имеет возможность оперировать одновременной подстройкой двумя втулками. Кроме этого, он может сосредоточиться на контроле получения основных характеристик устройства, снизив трудоёмкость механических работ. В дополнение стоит

отметить, что при варианте настройки с использованием фторопластовой втулки не требуется процедура стопорения краской, необходимая при 1-м варианте настройки.

При применении фторопластовых втулок возникло опасение, что данный элемент подстройки не сможет сохранить неизменное положение, полученное в результате регулирования, при механических или температурных воздействиях. В связи с этим, были проведены соответствующие испытания, которые показали, что данная конструкция термостабильна и виброустойчива, а так же сохраняет все свои параметры неизменными даже при длительном воздействии данных дестабилизирующих факторов.

Амплитудно-частотные характеристики волноводного фильтра Ка диапазона при двух вариантах настройки.

На рисунках 4 и 5 приведены амплитудно-частотные характеристики фильтра волноводного при первом и втором варианте настройки соответственно.

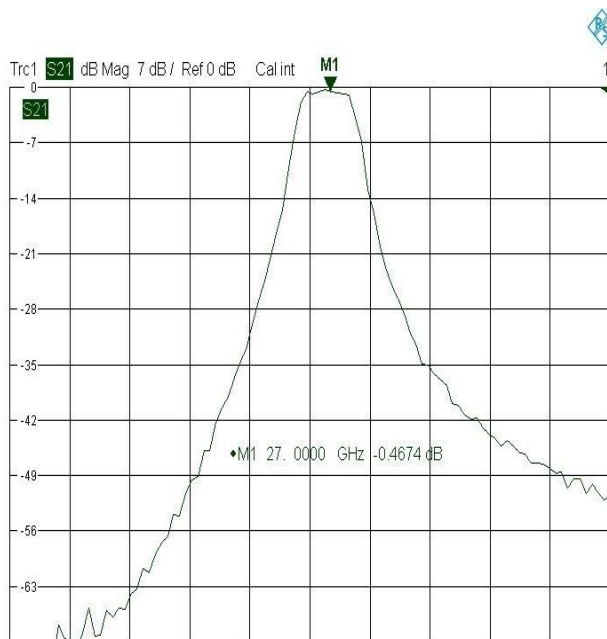


Рис.4 – АЧХ с элементами

подстройки из проводящего материала.

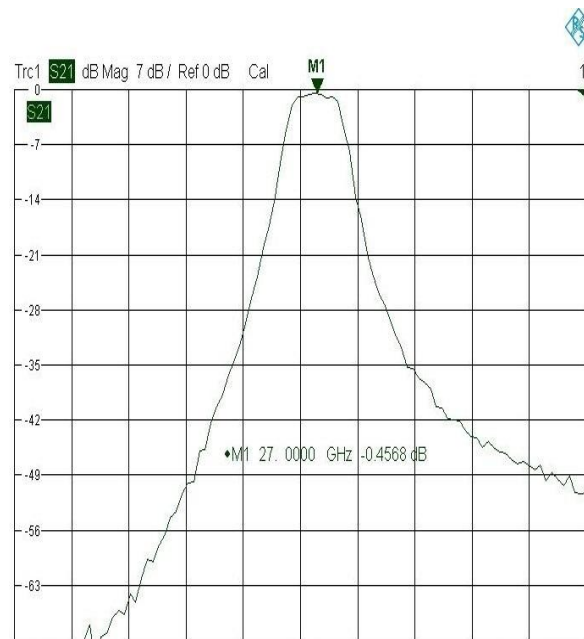


Рис.5 - АЧХ с элементами

подстройки из диэлектрика.

Данные характеристики свидетельствуют о том, что результат настройки не отличается принципиально и параметры получены идентичные.

Центральная частота	27 ГГц.
Ширина полосы пропускания	500 МГц.
Вносимые потери	0.5 дБ.
Неравномерность в полосе пропускания	0.2 дБ.

Вывод: При первом варианте настройки процесс изготовления фильтра волноводного изначально менее технологичен, так как требует изготовления нестандартных винтов, гаек и покрытия их серебром. Кроме того, трудоёмкость регулировочных операций весьма высока. Таким образом, для получения одинаковых электрических параметров полосно-пропускающего фильтра,

предложенный в данной статье инновационный вариант настройки, с элементами подстройки из диэлектрика, является, безусловно, более предпочтительным.

Библиографический список

1. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. - М.: Связь, 1971. - 900 с.
2. Белов Л.А. Преобразователи частоты, современные ВЧ-компоненты // Электроника: наука, технология, бизнес. 2004. №2. С. 42-22.
3. Гололобов Д.В., Кирильчук В.Б. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. - Минск, БГУИР, 2005. - 311 с.
4. Андреев Д.П., Гак И.И., Цимблер И.И. Механические перестраиваемые приборы СВЧ и разделительные фильтры. - М.: Связь, 1973. - 230 с.
5. Малорацкий Л.Г., Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. - М.: Советское радио, 1972. - 232 с.
6. Фельд Я.Н. Техника сверхвысоких частот. - М.: Советское радио, 1952. - 476 с.
7. Лебедев. И.В. Техника и приборы СВЧ. - М.: Высшая школа, 1970. - 417 с.
8. Грубрин И.В, Лыгина И.Ю. Адаптивная фильтрация помех в бортовых многоканальных системах // Труды МАИ, 2013, № 69:
<http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=43335>
9. Романов А.С., Турлыков П.Ю. Исследование влияния имитирующих помех на аппаратуру потребителей навигационной информации // Труды МАИ, 2016, № 86:
<http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=66445>