

Practical experience of high-pass filter design using interdigital capacitors Sapozhnikov D. (Russian Federation)

Опыт проектирования широкополосного фильтра верхних частот с применением встречно-штыревых конденсаторов Сапожников Д. В. (Российская Федерация)

Сапожников Дмитрий Владимирович / Sapozhnikov Dmitry – аспирант,
кафедра радиотехнических устройств и систем диагностики, радиотехнический факультет,
Омский государственный технический университет, г. Омск

Аннотация: в данной статье приведен обзор, а также указаны некоторые особенности проектирования фильтра верхних частот, выполненного в полосковом виде с применением встречно-штыревых конденсаторов.

Abstract: the article describes features high-pass filter design using planar interdigital capacitors.

Ключевые слова: конденсаторы на встречных штырях, встречно-штыревые конденсаторы, фильтр верхних частот.

Keywords: interdigital capacitors, high-pass filter.

Фильтры верхних частот (ФВЧ) сантиметрового диапазона могут быть реализованы различными способами. Как правило, если нужно получить широкую полосу пропускания и высокую крутизну ФВЧ, фильтр проектируют с использованием дискретных элементов. Такие фильтры требуют подстройки частоты среза путем изменения параметров индуктивностей, за счет установки различных поглотителей. Это приводит к дополнительным издержкам, что влечет за собой повышение себестоимости, а также увеличение времени изготовления изделия. Решить данную проблему можно, если реализовать фильтр верхних частот в полосковом исполнении.

Существует несколько разновидностей ФВЧ, реализованных в полосковом исполнении, которые позволяют снизить издержки, но при этом имеют сравнительно узкую полосу пропускания, с коэффициентом перекрытия по частоте меньше двух раз, например: фильтры на полуволновых резонаторах и фильтры на встречных короткозамкнутых штырях. Это не позволяет использовать их в широкополосных приемниках сигналов, используемых, например, в системах радиоэлектронной борьбы (РЭБ), бортовой аппаратуры авиации. Частично решить вышеупомянутые проблемы позволяет применение фильтров, выполненных с применением планарных конденсаторов на встречных штырях (КВШ).

Данная статья является логическим продолжением цикла статей, посвященных разработке справочных данных для проектирования КВШ. Целью данной работы является определение отклонения частотных характеристик ФВЧ, выполненного на КВШ (рис. 1), взятых из статьи [1], от идеального фильтра, а также влияния замыкающих переключателей (ЗП) КВШ на характеристику фильтра.

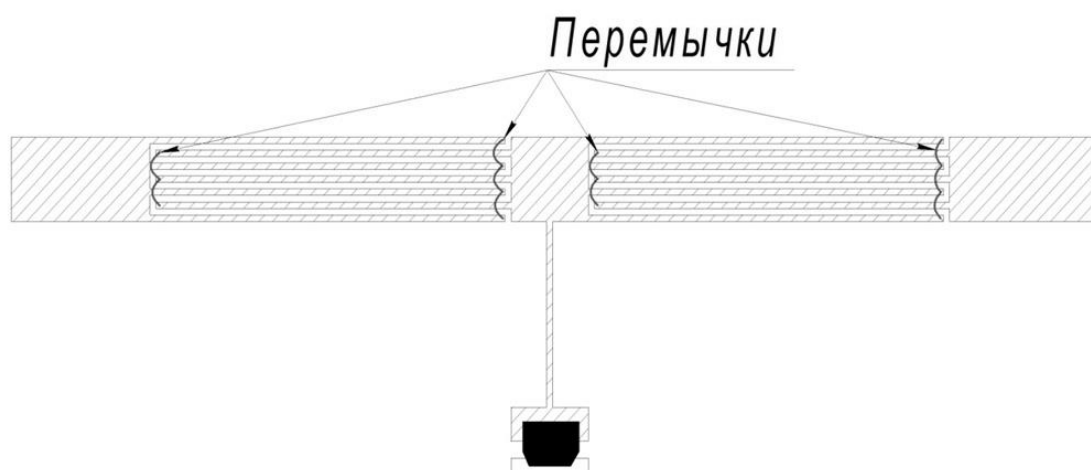


Рис. 1. Топология фильтра верхних частот

Для достижения поставленных целей в среде HFSS был проведен электромагнитный анализ планарной структуры ФВЧ с применением конденсаторов на встречных штырях (Рис. 2) с

закорачивающими перемычками и без них. В качестве ёмкостей взяты КВШ из ряда номиналов, полученного ранее [1], с длиной штыврей 2.2 мм, что соответствует емкости 0.7 пФ.

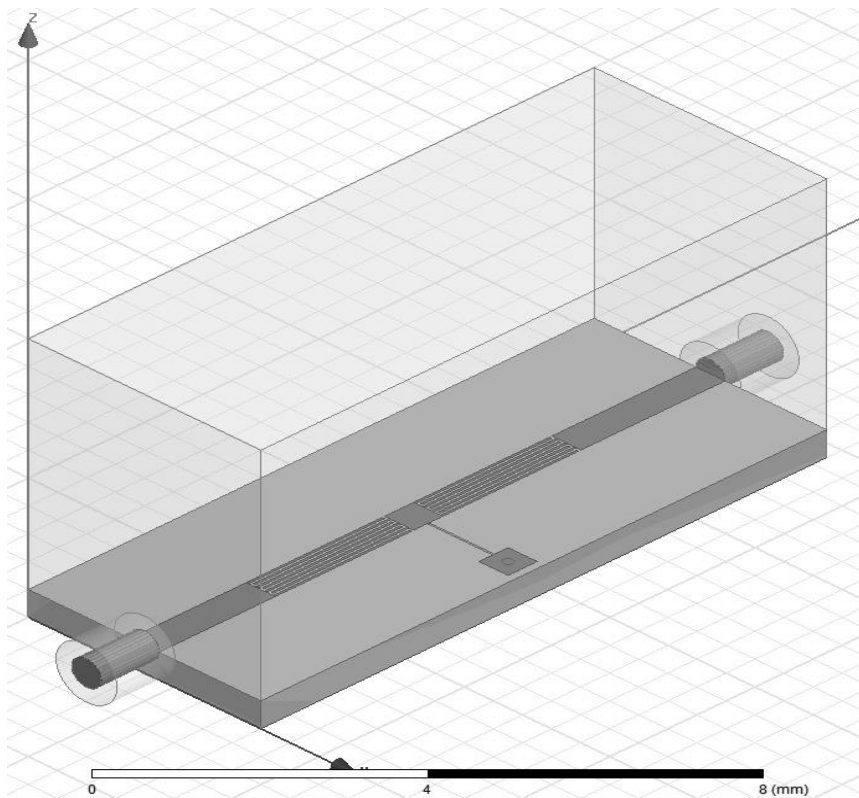


Рис. 2. Трехмерная модель фильтра для электромагнитного анализа в системе HFSS

По полученным характеристикам (Рис. 3) видно, что ЗП позволяют убрать резонансы, что дает возможность применения фильтра в более широком диапазоне частот.

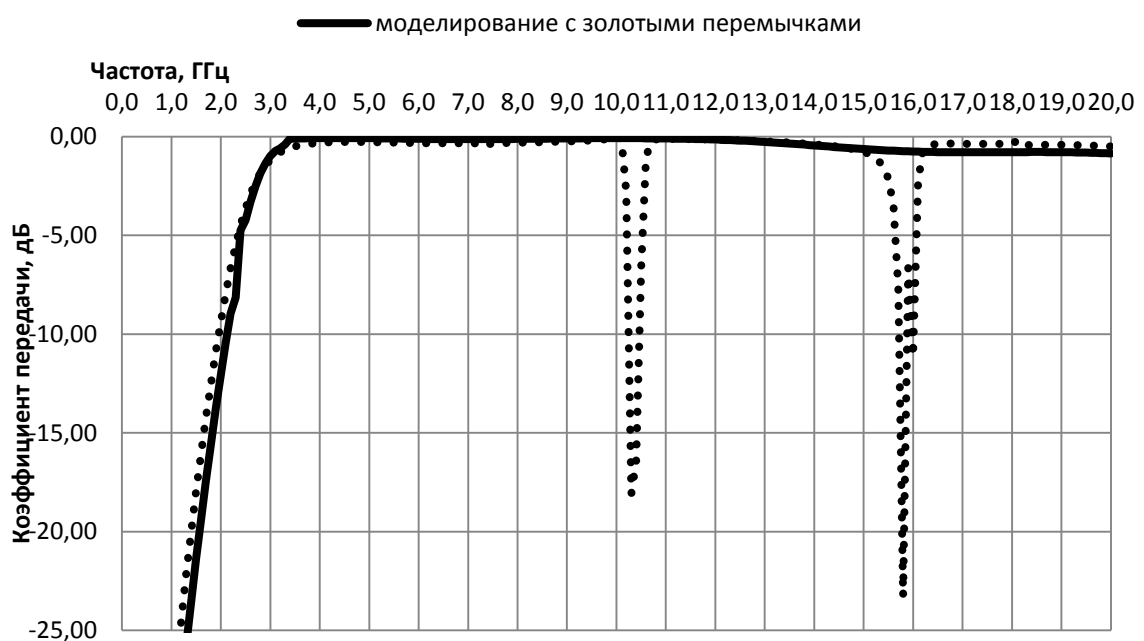


Рис. 3. S-параметры фильтра верхних частот, полученного с применением КВШ

Стоит отметить, что, полученная в результате ЕМ анализа амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) модели отличается от АЧХ идеального фильтра (Рис. 4), полученная при расчете фильтра,

выполненного на дискретных элементах. Крутизна планарного фильтра имеет более высокий порядок, а также сдвинута относительно идеальной модели вниз по частотному диапазону.

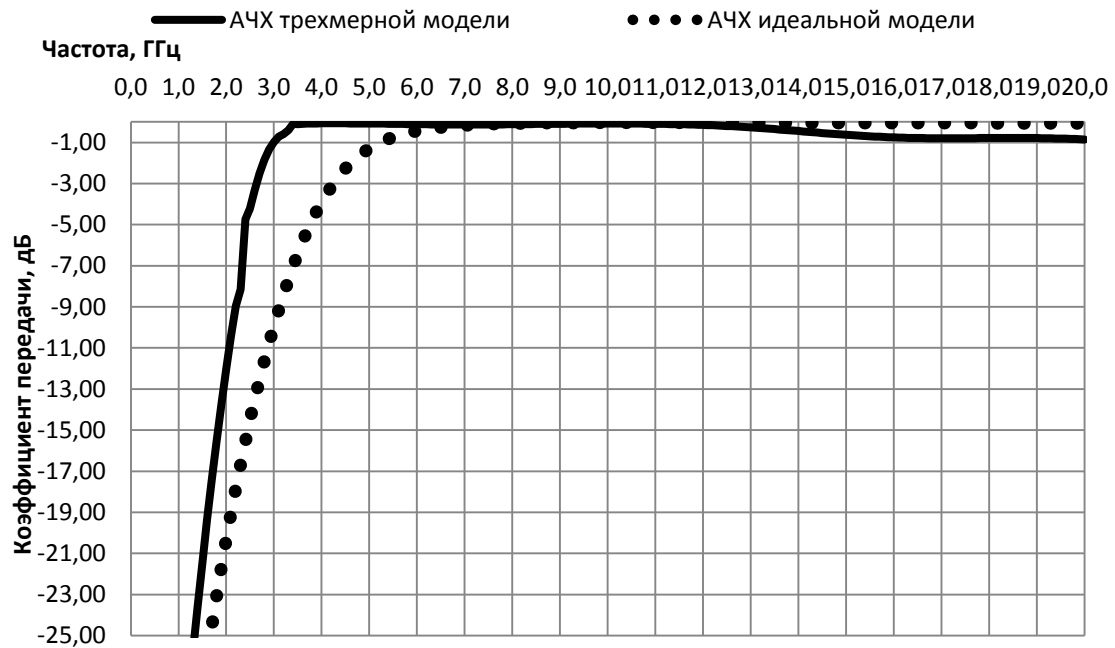


Рис. 4. Сравнение АЧХ идеального фильтра и полученной в результате ЭМ анализа

В целях проверки характеристики фильтра, полученного теоретическим путем, был собран макет (Рис. 5) на поликоровой подложке с толщиной 500 мкм.

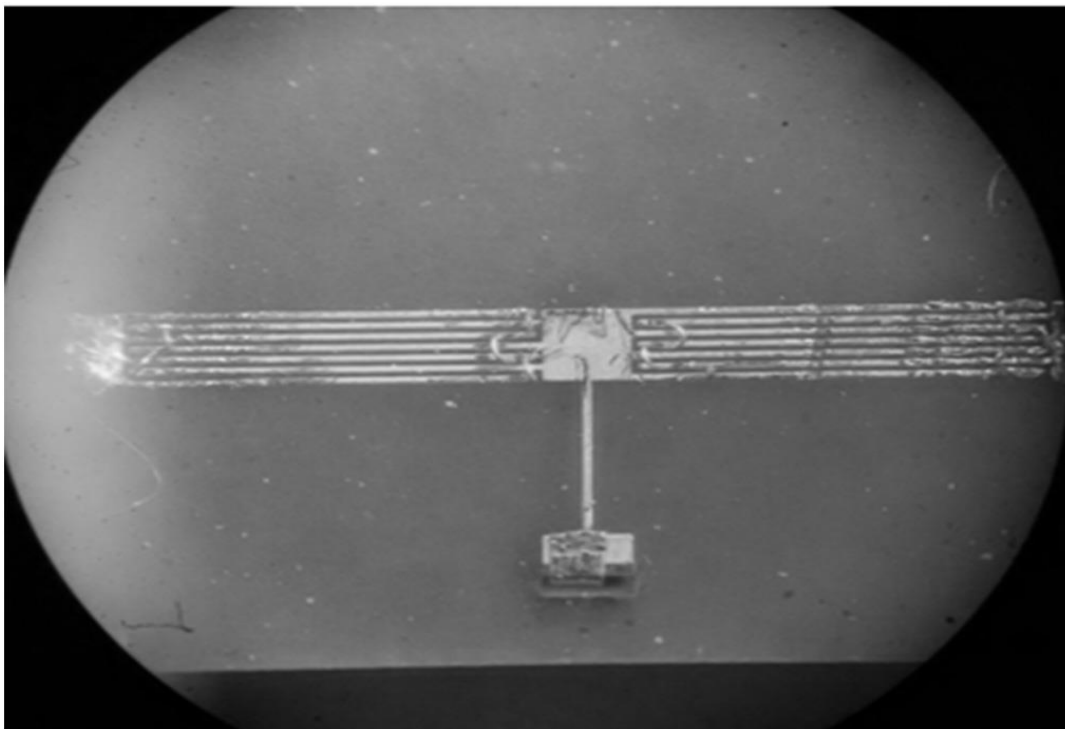


Рис. 5. Макет фильтра верхних частот

В качестве перемычек использована золотая проволока диаметром 50 мкм. Следует отметить, что результаты измерений (Рис. 6) получены при некачественной сборке макета и бракованных входных высокочастотных разъемах, поэтому на практике можно добиться более успешных результатов.

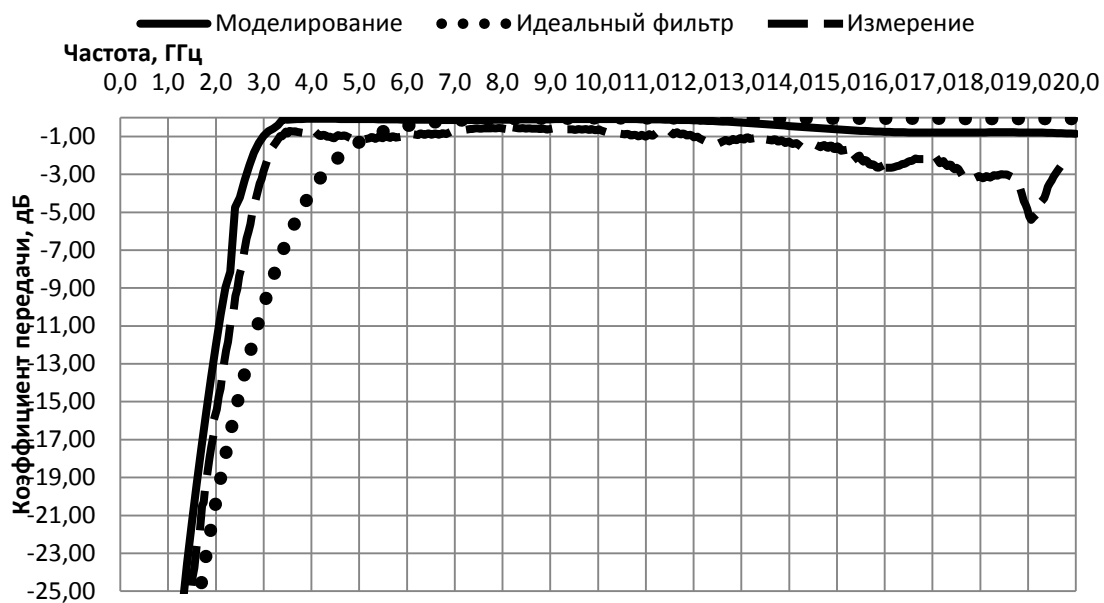


Рис. 6. Сравнение АЧХ фильтра

Отклонение частоты среза ФВЧ от идеальной модели составляет порядка 2 ГГц. При такой разнице между теоретическими и практическими данными методику расчета идеального фильтра можно считать непригодной для проектирования ФВЧ на КВШ. АЧХ фильтра может быть довольно точно рассчитана с помощью моделирования в среде HFSS, используя опцию оптимизации. Более четкие рекомендации для проектирования фильтра верхних частот с применением конденсаторов на встречных штырях еще предстоит выработать, однако уже на данном этапе можно сделать вывод о том, что получить ФВЧ с перекрытием по частоте более чем 5.1 вполне реально.

Литература

1. Сапожников Д. В. Гомзикова Т. А. Разработка справочных материалов для проектирования полосковых встречно-штыревых конденсаторов диапазона СВЧ. // Омск СВЧ 2014: всерос. конф. (Омск, 7-8 октября 2014). Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. С. 213-215.