

Министерство образования республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники

УДК 621.372.542.3

Гузак
Игорь Станиславович

Синтез лестничных трансформирующих фильтров высших порядков
диапазона умеренно высоких частот

АВТОРЕФЕРАТ

Магистерской диссертации на соискание степени
магистра технических наук
по специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы и
устройства радионавигации, радиолокации и телевидения»

Научный руководитель
Курочкин Александр Евдокимович
кандидат технических наук, доцент

Минск, 2021

ВВЕДЕНИЕ

В современной аппаратуре радиотехники и связи электрические фильтры играют важную роль, определяя в значительной степени ее параметры: помехозащищенность, избирательность, быстродействие, устойчивость связи при жестких условиях эксплуатации, вес, габариты, динамический диапазон и т.д. Такие средства радиосвязи используют различные типы фильтров: LC-фильтры, пьезоэлектрические, ПАВ-фильтры, электромеханические и др. Наиболее широкое применение находят LC-фильтры. Такие фильтры находят применение в качестве входных цепей, преселекторов, фильтров ПЧ и т.п. При этом, требования, предъявляемые к современным средствам связи, приводят к необходимости реализовывать все более жесткие электрические и эксплуатационные параметры устройств частотной селекции.

Вместе с этим развивалось другое направление цепей – согласующие цепи. Проблема согласования сопротивлений привлекла к себе внимание в 1920 годах, когда начали расти рабочие частоты. С ростом рабочей частоты увеличивались потери мощности сигнала из-за отраженного сигнала.

Согласующие цепи и фильтры можно считать частотно-избирательными цепями. При этом при проектировании используются разные методики, с акцентом на разные параметры цепи. В определенных ситуациях необходимо использовать частотно-избирательную цепь в качестве как фильтра, так и согласующей цепи. Такие фильтры называются трансформирующими. При этом комплексный подход к проектированию (синтезу) таких фильтров освещен мало, особенно при необходимости использования высоких порядков фильтра.

Несмотря на то, что теоретические вопросы синтеза LC-фильтров достаточно полно рассмотрены в работах отечественных и зарубежных ученых, ряд вопросов с синтезом фильтров с трансформацией, особенно высоких порядков, остаются не полностью исследованными.

Магистерская диссертация посвящена изучению методов синтеза лестничных трансформирующих цепей и их реализации на сосредоточенных элементах.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В связи с совершенствованием технологий изготовления элементной базы, миниатюризации устройств и загруженности частотного ресурса, к радиотехническим устройствам предъявляются все более жесткие требования. В частности, возникает проблема согласования таких устройств в широкой полосе с повышенными селективными свойствами. Поэтому актуальной задачей является исследование методов синтеза, усовершенствование старых и разработка новых принципов построения и методов расчета лестничных трансформирующих фильтров.

Цель работы. Анализ существующих подходов, методов расчета, схемотехнических решений и разработка новых для построения лестничных трансформирующих фильтров на сосредоточенных элементах.

Объект исследования. Согласующие цепи. Трансформирующие фильтры высших порядков.

Предмет исследования. Коэффициент передачи, коэффициент отражения.

Научная новизна работы. Проведен анализ узкополосных и широкополосных согласующих цепей и их синтез. На базе лестничных трансформирующих фильтров высших порядков проведен анализ современной элементной базы (сосредоточенных элементов) на определение предельной точности реализации синтезированных лестничных трансформирующих фильтров высшего порядка. А также даны рекомендации по применению элементарной базы (сосредоточенных элементов) для реализации лестничных трансформирующих фильтров высших порядков с приемлемыми характеристиками.

Структура и объем работы

Работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 68 страниц. Библиографический список включает 36 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрены общие сведения о фильтрах, согласующих цепях. Обозначены проблемы синтеза LC-фильтров.

В **первом разделе** проведен анализ теоретического базиса по согласующим устройствам и сформировано направление дальнейших исследований.

Во **втором разделе** изучены узкополосные трансформирующие (согласующие) цепи, в частности L, T и π типов. Сформирована методика расчета таких цепей через добротность цепи. Исследованы и применены к узкополосным трансформирующим (согласующим) цепям подходы к уменьшению влияния реактивного сопротивления. Также по сформированной методике были построены согласующие цепи и проанализированы их характеристики.

В **третьем разделе** исследована возможность соединения узкополосных согласующих цепей для расширения полосы, а также получено основное выражение для построения методики синтеза широкополосных согласующих цепей с каскадным соединением L-образных цепей. Для улучшения характеристик синтезированных согласующих цепей была применена параметрическая оптимизация. На основе полученных знаний был произведен синтез согласующей цепи 10-го порядка методикой, предложенной в данной разделе.

В **четвертом разделе** был проведен анализ предельной точности реализации лестничных трансформирующих фильтров высших порядков. Изучено влияние погрешностей при переходе от вычисленных значений элементов к реальным элементам, находящимся в производстве на сегодняшний день. Рассмотрен вариант замены одного элемента на другие элементы, сумма которых стремится к вычисленному значению. В конце проведен анализ Монте-Карло, с целью определения влияния допусков элементов на характеристики фильтров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы внимание уделялось изучению свойств и особенностей согласования цепей в широкой полосе. Были изучены актуальные методы синтеза согласующих цепей. Основываясь на базовых элементах согласующих цепей была предложена методика синтеза широкополосной согласующей (трансформирующей) цепи в виде каскадного соединения базовых согласующих L-образных цепей.

Для проверки метода в программном обеспечении NI AWR DE была проведена симуляция согласующих цепей с малым количеством каскадов. В качестве нагрузки использовалась антенна, параметры которой получены экспериментально. В ходе симуляции выявился недостаточный уровень коэффициента отражения и его равномерность в рабочей полосе. Для дальнейшего улучшения характеристик согласующие цепи были подвергнуты параметрической оптимизации, средствами NI AWR DE. Благодаря

оптимизации удалось получить более качественную характеристику коэффициента отражения, а также обеспечить лучшую равномерность рабочей полосы.

В четвертом разделе был проведен анализ предельной точности реализации лестничных трансформирующих фильтров высших порядков. Изучено влияние погрешностей при переходе от вычисленных значений элементов к реальным элементам, находящимся в производстве на сегодняшний день. Рассмотрен вариант замены одного элемента на другие элементы, сумма которых стремится к вычисленному значению. В конце проведен анализ Монте-Карло, с целью определения влияния допусков элементов на характеристики фильтров. В конце проведена оценка элементной базы, предельной точности реализации лестничных трансформирующих фильтров высших порядков и даны рекомендации для учета их при синтезе фильтров.

Список собственных публикаций

Гузак И.С. Анализ методов синтеза лестничных согласующих цепей / И.С. Гузак // Материалы работы 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск: БГУИР, 2020

Юркин Ю.Т., Гузак И.С. Методы синтеза согласующих цепей / Ю.Т. Юркин, И.С. Гузак // Материалы работы 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск: БГУИР, 2020