

УПРОЩЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ СИНТЕЗА ШИРОКОПОЛОСНЫХ СОГЛАСУЮЩИХ ЦЕПЕЙ

ВЕЙ ЯН ТАН ТХАЙК

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: waiyanthanhtike90@gmail.com

Научный руководитель: Дубовик И.М. – к.т.н., доцент

Аннотация. В статье представлена программа автоматизированного синтеза широкополосных согласующих устройств, разработанная в целях упрощения процесса реализации и физического понимания этого процесса.

Введение

Разработка программ автоматизированного синтеза широкополосных согласующих цепей имеет важное значение для современных радиочастотных и микроволновых систем. В условиях растущих требований к диапазону частот и эффективности передачи сигнала, ручное проектирование согласующих цепей становится все более сложным и время затратным. Автоматизированные методы позволяют значительно ускорить процесс разработки, повышая его точность и оптимизируя параметры цепей для обеспечения максимальной производительности и минимальных потерь. Это особенно актуально для телекоммуникационных систем, где стабильная и эффективная работа на широком диапазоне частот критически важна для обеспечения качества связи и передачи данных.

Для решения обозначенной задачи, была разработана программа автоматизированного синтеза (ПАС), на основе методов синтеза, представленных в [1,2]. Разработанная ПАС предназначена для синтеза реактивных четырехполюсников, которые обеспечивают требуемый уровень коэффициента передачи мощности (КПМ) в рабочем диапазоне частот, согласуя произвольные импедансы источника сигнала и нагрузки с использованием сосредоточенных элементов [2]. Синтезированные элементы широкополосного согласующего устройства (ШСУ) приводятся к номиналам рядов E24, E48 и E96.

Основная часть

Основные возможности программы включают:

- мониторинг характеристик комплексного сопротивления нагрузки на входе и выходе с контролем уровня КПМ и фазо-частотной характеристики (ФЧХ) в рабочем диапазоне частот.
- модификацию функции вещественной составляющей импеданса путем добавления нулей передачи в нуле, бесконечности и на фиксированных частотах, что позволяет изменять структуру ШСУ;
- настройку требуемого уровня КПМ, реализуемого ШСУ;
- синтез ШСУ по различным критериям, включая уровень КПМ, линейность ФЧХ и минимальную чувствительность согласующей цепи (СЦ);
- решение задачи синтеза как в одном, так и в нескольких диапазонах частот;
- наблюдение за поведением синтезированной функции сопротивления ШСУ на комплексной плоскости;
- контроль влияния отклонений номиналов элементов синтезированной ШСУ на уровень КПМ.

Результаты синтеза ШСУ представлены в виде схемы и расчетных значений элементов, а также характеристики передачи мощности, реализуемой этой схемой. Программа также предоставляет возможность сравнивать уровень КПМ с синтезированным ШСУ и без него. Рассмотрим порядок использования ПАС.

ПАС запускается двойным щелчком по файлу Prometei.exe. На главном экране программы отображаются параметры синтеза ШСУ, характеристики и контекстное меню с дополнительными

настройками и информацией. Перед началом работы необходимо загрузить значения импеданса источника сигнала и комплексной нагрузки в виде таблицы (рисунок 1б).

Пользователю необходимо задать параметры ШСУ (количество элементов, уровень КПМ, вид вещественной части функции сопротивления СЦ), тип сопротивления ШСУ (импеданс, адмитанс), а также наличие или отсутствие трансформатора. Далее выбирается критерий синтеза и ряд номиналов, к которому будут приведены элементы ШСУ, после чего запускается расчет. Если пользователя интересует не весь диапазон частот, загруженный из таблицы, то перейдя во вкладку «Параметры оптимизации» он может выставить интересующий его диапазон (рисунок 2 а), или ряд диапазонов (рисунок 2 б).

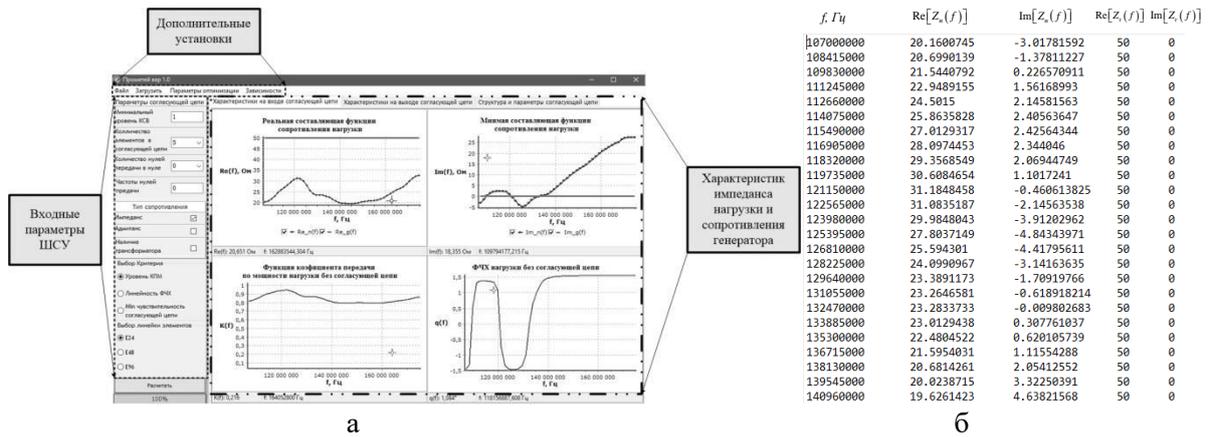


Рис. 1. Внешний вид программы «Прометей» (а) и формат текстового файла исходных данных (б)

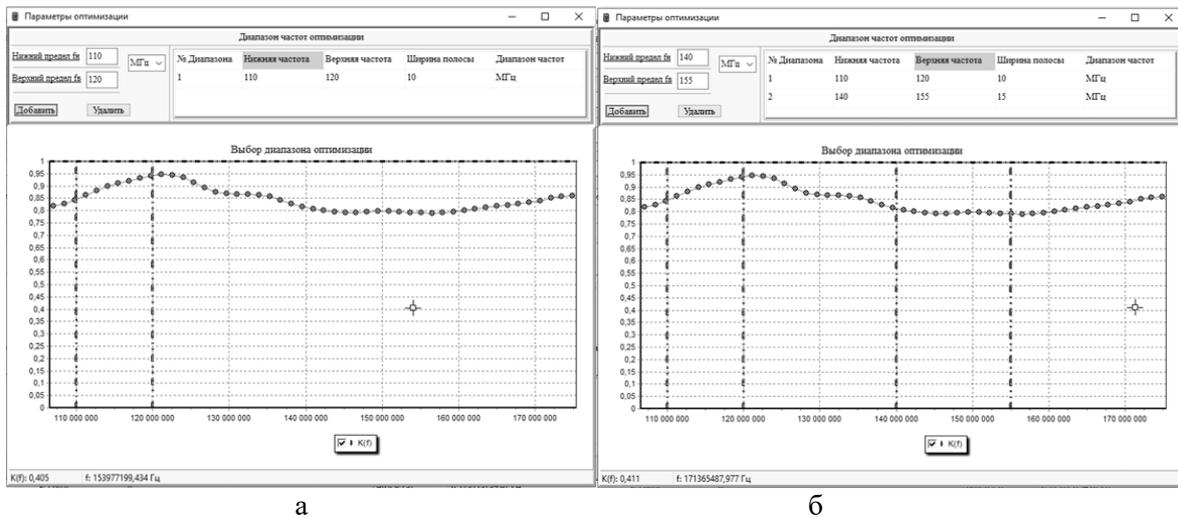


Рис. 2. Выбор диапазона частот: (а) один диапазон; (б) два диапазона

По окончании расчётов в ПАС отображаются итоговые значения реальной и мнимой составляющей импеданса нагрузки, а также функция КПМ и ФЧХ в заданном диапазоне частот (рисунок 3 а). Полученные значения элементов сопоставляются с рядом номиналов, выбранный пользователем, и отображается в виде структуры ШСУ со значениями элементов СЦ (рисунок 3 б). Дополнительно отображается зависимость функции КПМ ШСУ до этапа синтеза элементов ШСУ и после, для оценки расхождения полученных результатов.

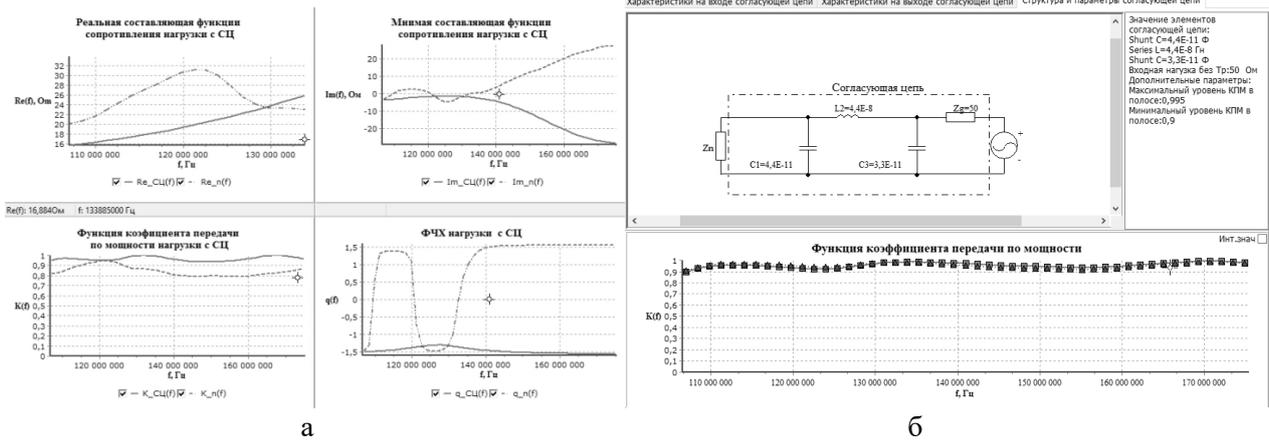


Рис. 3. Результаты математического моделирования (а) и синтеза ШСУ с элементами СЦ, приведенные под ряд номиналов (б)

Для лучшего понимания физических процессов предусмотрены дополнительные возможности: отображение синтезированной функции ШСУ на комплексной плоскости, нулей и полюсов функции сопротивления (рисунок 4 а), а также значения КСВ с синтезированным ШСУ и без него (рисунок 4 б). Пользователь может задавать дискретизацию и диапазон отображения функции сопротивления.

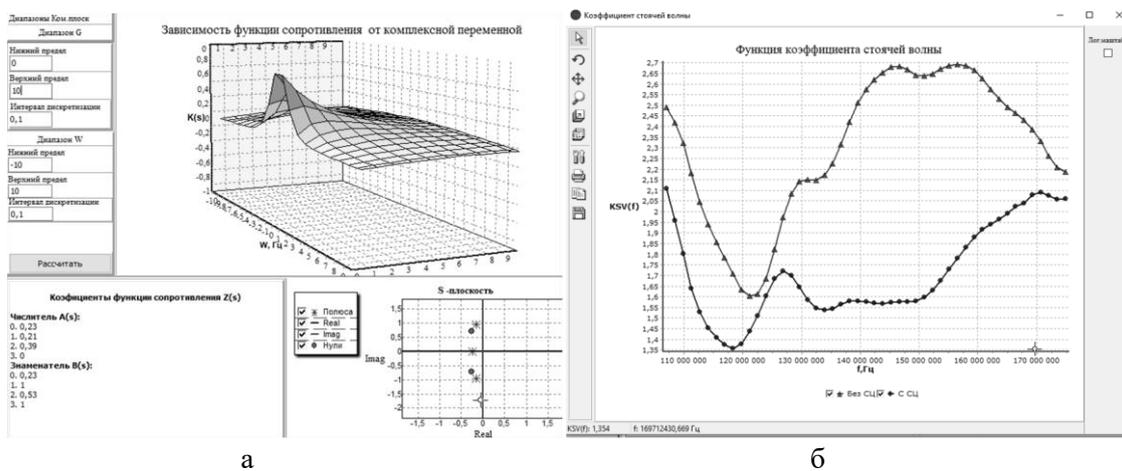


Рис. 4. Подпрограмма отображения функции сопротивления ШСУ на комплексной плоскости (а) и зависимость КСВ от частоты с синтезированным ШСУ и без его (б)

В целях учета влияния отклонения элементов ШСУ на уровень КПМ и ФЧХ в ПАС предусмотрена возможность оценки влияния как одного, так и группы элементов ШСУ в диапазоне отклонения $\pm 2-10\%$ от номинального значения (рисунок 5).

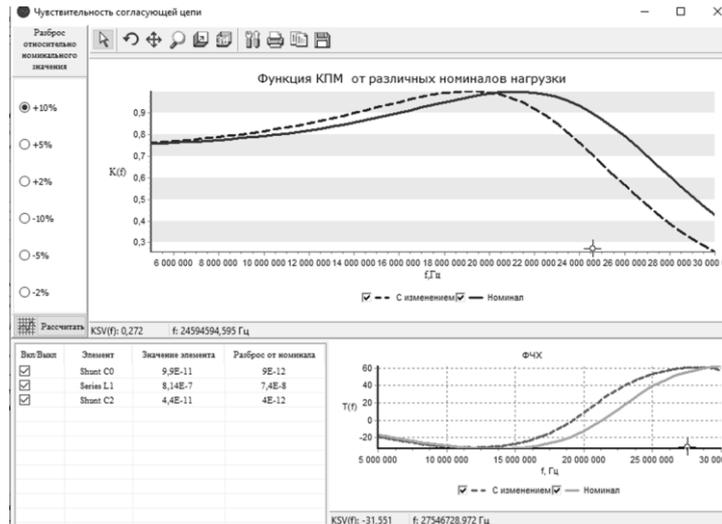


Рис.5. Окно подпрограммы для оценки влияния отклонения элементов ШСУ от номинального значения на уровень КПМ и ФЧХ

Дополнительно для оценки влияния отклонения предусмотрена функция, отображающая зависимость функции КПМ в коридоре возможных значений, границы которого определяются влиянием элементов ШСУ. Для активации данной функции необходимо нажать на галочку «*Инт.знач*» (рисунк 6).



Рис. 6. Окно подпрограммы для анализа алгоритмов распознавания

Необходимо отметить, что в тех случаях, когда невозможно получить желаемый результат, пользователю необходимо изменить входные параметры для достижения оптимального результата.

Заключение

Таким образом, представленная программа автоматизированного синтеза ШСУ позволяет синтезировать широкополосные согласующие цепи, обеспечивающие требуемый уровень передачи мощности при допустимых отклонениях импеданса нагрузки. Метод вещественных частот, используемый в программе, способствует достижению высокой точности и эффективности синтеза.

Список литературы

1. Yarman, B. S. High precision LC ladder synthesis part I: Lowpass ladder synthesis via parametric approach / B. S. Yarman, A. Kilinc // IEEE Transactions on circuits and systems. – 2013. vol. 60, № 8. P. 2074-2083
2. Дубовик, И. А. Методика синтеза согласующих устройств для широкополосных радиотехнических устройств с нестабильным импедансом нагрузки на основе метода вещественных частот / И. А. Дубовик, П. В. Бойкачев // Докл. БГУИР. – 2021. – № 19. – С. 70–78.