

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕМИНИМАЛЬНО-ФАЗОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ШИРОКОПОЛОСНОГО СОГЛАСОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Янцевич М. А., Дубовик И. А.

Кафедра автоматики, радиолокации и приёмо-передающих устройств, Военная академия Республика Беларусь

Минск, Республика Беларусь

E-mail: yantsevich.mikhail@mail.ru

Показан аналитический подход к разрешению ограничений на согласование сопротивлений, с помощью рационального использования параметров коэффициента отражения.

В настоящее время во всем мире наблюдается быстрое развитие радиоэлектронных систем: систем сотовой и радиорелейной связи, радионавигации и радиолокации, телевидения, быстродействующих систем передачи данных, радиоизмерительных комплексов и т.д. При проектировании радиоэлектронных устройств, входящих в состав этих систем (таких как усилители, преобразователи и умножители частоты, активные фильтры, антенные устройства и др.), важное значение имеет решение задач широкополосного согласования, а также коррекции формы частотной характеристики радиоэлектронных устройств. Суть этой задачи в общем случае состоит в согласовании комплексных импедансов генератора и нагрузки для максимизации передаваемой мощности в заданном диапазоне частот. Для решения указанной задачи используются реактивные согласующие цепи (СЦ). Классические методы широкополосного согласования, основанные на аналитической теории Фано-Юлы, предполагают решение задачи синтеза согласующих цепей в два этапа – сначала аппроксимация частотных характеристик синтезируемой цепи, затем – реализация. Метод изложенный в [1][2], обладает потенциалом для реализации СЦ применительно к сложным комплексным нагрузкам. Данный подход разрешает ограничения на согласования нагрузки путём изменения параметров аппроксимирующей функции. Используемая функция Баттерворта в [1] имеет единственный варьируемый параметр – коэффициент уровня передачи (рисунок 1).

Главной характеристикой СЦ, определяющей передачу мощности, является коэффициент передачи по мощности $K(\omega)$. Кроме него, цепь характеризуется также коэффициентом отражения. Существенное влияние на результат синтеза СЦ оказывает представление коэффициента отражения минимально и неминимально-фазовой функцией. Последняя обладает значительным

преимуществом и имеет вид [1]:

$$\rho(s) = \pm \frac{(\delta^n + \sum_{i=1}^n (-1)^i b_i s^i)}{a_0 + \sum_{i=1}^n a_i s^i} \quad (1)$$

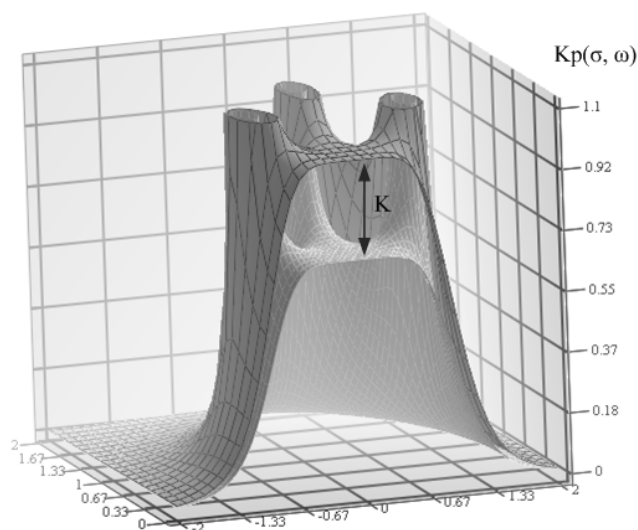


Рис. 1 – Сечение поверхности функции передачи Баттерворта

Коэффициент уровня передачи имеет вид:

$$K = 1 - \delta^{2n} \quad (2)$$

где $\delta \in [0,1]$ в соответствии с [1];

Однако указанный параметр можно изменять в пределах $(-1;1)$, что в значительной мере повышает возможности согласования комплексных нагрузок. При этом выполняется ещё одно важное условие - сохранение вида частотной характеристики. Таким образом изменения диапазона варьируемого параметра коэффициента отражения раскрывает потенциал аппроксимирующей функции в задачах согласования.

Для подтверждения теоретических доводов, необходимо решить практическую задачу. Анализ возможностей согласования с использованием неминимально-фазового коэффициента отражения с изменением параметра δ в диапазоне $(-1;1)$, продемонстрируем на низкочастотной RCL нагрузке, схема которой представлена на рисунке 2. В качестве функции передачи выберем функцию Баттерворта 3-го порядка. Нормированные параметры нагрузки соответственно равны: $R_H=1$; $C_H=1$; $L_H=5$

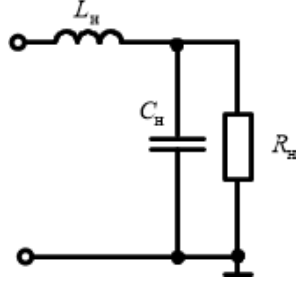


Рис. 2 – Схема низкочастотной RCL - нагрузки

В общем, задачи синтеза СЦ в соответствии с [1] сводится к решению системы уравнений (3). Последняя, включает в себя уравнения: определяющие вид частотной характеристики, ограничения на пределы согласования, а также условие принадлежности функции к классу ограниченно-вещественных функций.

$$\begin{cases} a_0 = 1; \\ 2a_2 - a_1^2 = 0; \\ a_2^2 - 2a_1a_3 = 0; \\ a_3 = b_3 = 1; \\ 2\delta^3b_2 - b_1^2 = 0; \\ b_2^2 - 2b_1b_3 = 0; \\ a_3 + b_3 - CR(a_2 - b_2) = 0; \\ \frac{R(a_2 - b_2)}{a_1 + b_1 - CR(a_0 - \delta)} - L \geq 0; \\ a_1a_2 - a_3 \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

Далее используя систему z-параметров [1] получаем функцию выходного сопротивления:

$$Z_{\text{вых}}(s) = \frac{1.601}{0.399 + 0.399s}; \quad (4)$$

Ниже представлены результаты синтеза схемы СЦ, а также вид частотной характеристики СЦ с нагрузкой.

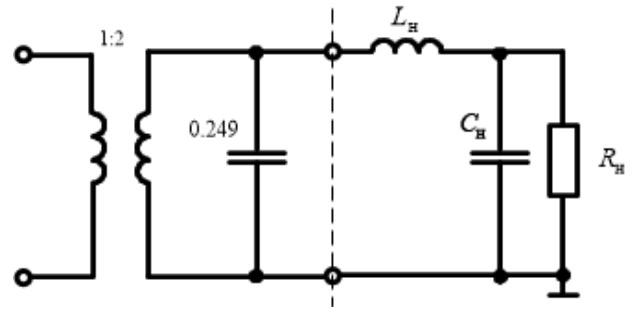


Рис. 3 – Схема ШСУ с нагрузкой

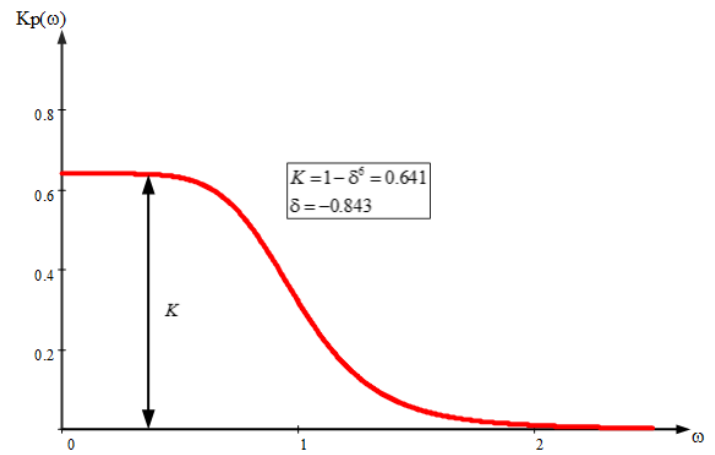


Рис. 4 – Частотная характеристика передачи мощности

Диапазон значений $\delta \in (0,1)$ накладывает более жёсткие ограничения на параметры нагрузки. Для рассматриваемой нагрузки с использованием неминимально-фазового коэффициента отражения где $\delta \in [0,1)$, максимальное значения параметра $L_H=2$. Параметр $\delta \in [-1,0)$ позволяет значительно расширить диапазон значений принимаемых параметрами нагрузки. В приведённом примере значения параметра L можно увеличить в 2.5 раза. Полученный результат имеет значение как теоретическое так и практическое значение в синтезе СЦ.