

ОГРАНИЧЕНИЯ, НАКЛАДЫВАЕМЫЕ НА МАТЕМАТИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТОЙСТВ

Чжо Туха, магистрант

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,

Бойкачев Л.Б. – канд. техн. наук, доцент каф. ИСиТ

The limitations that must be considered when mathematically modeling radio devices based on their input and transmission characteristics are presented.

Как правило, характеристики многих сложных процессов и явлений получают экспериментально, гораздо реже удается найти их из теоретического анализа. Для изучения процессов, необходимо, прежде всего, отобразить характеристики в математической форме, пригодной для расчетов [1]. Простым и весьма точным способом может явиться представление характеристики в виде таблицы. Этот способ удобен для анализа процессов с помощью ЭВМ, аргумент и функция образуют в запоминающем устройстве двумерный массив чисел. В ряде случаев характеристики реальных процессов и явлений имеют сложный вид и представляются в виде графиков.

Очень часто непосредственное применение экспериментальных данных в форме таблиц или графиков оказывается неудобным, и данные стремятся описать с помощью достаточно простых аналитических соотношений, хотя бы качественно отражающих характер рассматриваемых зависимостей [2]. В данном случае необходимо решить задачу аппроксимации, т. е. заменить сложную функцию (построенную по экспериментальным данным) приближенными аналитическими выражениями.

Таким образом, если исследование должно проводиться не численными, а аналитическими методами, то требуется подобрать такую аппроксимирующую функцию, которая, будучи довольно простой, отражала бы все важнейшие особенности экспериментально снятой характеристики с достаточной степенью точности [1].

Общая задача аппроксимации включает в себя две самостоятельные задачи [7,9]:

- 1) выбор класса подходящей аппроксимирующей функции;
- 2) определение значений, входящих в аппроксимирующую функцию постоянных коэффициентов (определение коэффициентов аппроксимации).

Выбор класса аппроксимирующей функции. Решая эту задачу, необходимо соблюдать требования, в значительной степени противоречивые [3]:

- 1) простота функции (в смысле математических операций и реализации на ЭВМ);
- 2) достаточная точность (ошибка аппроксимации должна быть одного порядка с разбросом параметров характеристик отдельных реализаций в ансамбле реализаций);
- 3) наглядность, позволяющая судить об изменении коэффициентов аппроксимации при изменении характеристик процесса;
- 4) ясность понимания процессов в явлении и выявление свойств и характеристик, представляющих интерес в конкретном случае.

Таким образом, функцию, аппроксимирующую какую-либо характеристику, выбирают либо исходя из физических представлений об изучаемом процессе, либо чисто формально, основываясь на внешнем сходстве характеристики с графическим изображением той или иной функции [9]. К аппроксимирующей функции предъявляются противоречивые требования: обеспечивая хорошее качество приближения, она должна быть относительно простой и удобной для дальнейшего использования [2].

В радиотехнике для аппроксимации характеристик наиболее часто используют следующие функции [2—5]:

- 1) степенной полином (степенная или полиномиальная аппроксимация);
- 2) экспоненциальный полином (частным случаем которого является показательная или экспоненциальная аппроксимация);
- 3) кусочно-линейная функция (аппроксимация);
- 4) кусочно-нелинейная функция (аппроксимация);
- 5) степенная функция;
- 6) трансцендентные функции (гиперболический тангенс и синус, функция Гаусса, тригонометрические функции и др.).

Ограничения на вид функции:

Как правило, входные (сопротивление $Z(\omega)$ и проводимость $Y(\omega)$) и передаточные (функции передачи по напряжению и току) функции радиотехнических устройств (РТУ) являются

комплексными, что накладывает особые ограничения на их математическое представление и аппроксимацию:

1. Любая подобная функции РТУ являются дробно-рациональными функциями вида:

$$F(s) = \frac{P(s)}{Q(s)} = \frac{m_1 + n_1}{m_2 + n_2}. \quad (1)$$

где

$s = i\omega$ - комплексная переменная;

$m_1 = a_0 + a_2s^2 + \dots + a_{2n}s^{2n}$ - четная часть числителя функции $F(s)$;

$m_2 = b_0 + b_2s^2 + \dots + b_{2m}s^{2m}$ - четная часть знаменателя функции $F(s)$;

$n_1 = a_1s + \dots + a_{(2n+1)}s^{(2n+1)}$ - нечетная часть числителя функции $F(s)$;

$n_2 = b_1s + \dots + b_{(2m+1)}s^{(2m+1)}$ - нечетная часть знаменателя функции $F(s)$.

И должна иметь целые степени при s , вещественные коэффициенты (но не обязательно положительные).

2. Если функция $F(s)$ должна обладать свойствами входного сопротивления $Z(s)$ или проводимости $Y(s)$, то такая функция относится к классу так называемых *положительных вещественных функций* (ПВФ), которые удовлетворяют следующим дополнительным условиям:

а) $Z(s)$ или $Y(s)$ вещественна при вещественных s ;

б) $\operatorname{Re}[Z(s)] \geq 0$ или $\operatorname{Re}[Y(s)] \geq 0$ при $s \geq 0$.

3. Кроме того, в полиномах $P(s)$ и $Q(s)$ никакие степени не могут быть пропущены между высшей и низшей степенями s , а их высшие степени так же, как и низшие степени, не могут отличаться более чем на 1.

4. Также, необходимо учитывать, что положительные вещественные функции всегда представляют собой отношение двух полиномов Гурвица, т. е. их нули и полюсы расположены в левой полуплоскости комплексной переменной s . Кроме того, если ПВФ имеет полюсы или нули на мнимой оси (включая $s = 0$ и $s = \infty$), то эти полюсы и нули являются вещественными и положительными.

Таким образом, сформированные аналитические математические модели РТУ позволяют точно оценить характер изменения входных и передаточных характеристик РТУ за счет получения аналитического представления процесса влияния различных факторов на характеристики РТУ.

Список использованных источников:

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы / С.И. Баскаков. — М.: Высшая школа, 2000.
2. Попов В.П. Основы теории цепей / В.П. Попов. — М.: Высшая школа, 1998.
3. Иванов М.Т. Теоретические основы радиотехники / М.Т. Иванов, А.Б. Сергиенко, В.Н. Ушаков; под ред. В.Н. Ушакова. — М.: Высшая школа, 2002.
4. Радиотехнические цепи и сигналы. Задачи и задания / под ред. Я.Н. Яковлева. — М.: ИНФРА-М; Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003.
5. Метрология и радиоизмерения / В.И. Нефедов [и др.] / под ред. В.И. Нефедова. — М.: Высшая школа, 2003.