

Маркин В.И.

*Научный руководитель: Жиганова Е.А. к.т.н., доцент
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: radio@mivlgu.ru*

Сравнительный анализ полиэкспоненциальных аппроксимаций нелинейных характеристик

Полиэкспоненциальная аппроксимация в наибольшей степени соответствует виду законов, отражающих сущность физических процессов, происходящих в полупроводниковых приборах и микросхемах, что позволяет использовать табулированные модифицированные функции Бесселя. Полиэкспоненциальная аппроксимация представляется в виде

$$i(u) = \sum_{m=1}^M a_m e^{b_m u}, \quad (1)$$

где a_m , b_m – коэффициенты аппроксимации, подлежащие определению при решении системы алгебраических уравнений степени M .

При высокой степени нелинейности характеристики в больших пределах изменения напряжения приходится брать большое количество коэффициентов a_m и b_m . Если полиэкспоненциальная аппроксимация имеет вид

$$i(u) = \sum_{m=0}^M a_m e^{(-1)^m m u}, \quad (2)$$

то ее называют полиэкспоненциальной аппроксимацией с чередующимися знаками показателей степени (ПЭА ЧЗ).

При применении (2) возникает трудность вычисления коэффициентов аппроксимации a_m , заключающаяся в составлении и решении системы $(M+1)$ уравнений. Но эта трудность значительно упрощается при использовании прикладной программы Mathcad и представлением системы в матричной форме. Неизвестные коэффициенты a_m в (2) определяются из условия минимума среднеквадратической ошибки СКО

$$\sigma^2 = \frac{1}{K^2} \sum_{j=1}^K \left(i_j - \sum_{m=0}^M a_m e^{(-1)^m m u_j} \right)^2, \quad (3)$$

где K – число точек НХ, i_j , U_j – значения тока и напряжения в j – ой точке.

Если полиэкспоненциальная аппроксимация имеет вид

$$i(u) = \sum_{m=0}^M a_m e^{m u},$$

то ее называют полиэкспоненциальной аппроксимацией с положительными знаками показателей степени (ПЭА ПЗ).

ПЭА ПЗ отличается от ПЭА ЧЗ наличием только положительных показателей степеней экспонент. Используя матричный метод для поиска неизвестных коэффициентов в ПЭА ЧЗ необходимо рассчитать $3K$ элементов матрицы, а для ПЭА ПЗ – $(2K+1)$. Поэтому вычисление коэффициентов для ПЭА ПЗ менее трудоемкое, чем для ПЭА ЧЗ. Для сравнительного анализа аппроксимаций вида (1) и (2) был взят биполярный транзистор КТ 920Б, проходная характеристика которого имеет большую крутизну. Значения СКО приведены в таблице 1, а графическая зависимость от числа точек аппроксимации – на рис. 1.

Таблица 1

Число точек	ПЭА ЧЗ	ПЭА ПЗ
7	$2,732 \cdot 10^{-3}$	$1,674 \cdot 10^{-5}$
8	$7,423 \cdot 10^{-4}$	$1,227 \cdot 10^{-5}$
9	$4,329 \cdot 10^{-4}$	$8,56 \cdot 10^{-6}$
10	$1,57 \cdot 10^{-5}$	$4,93 \cdot 10^{-6}$

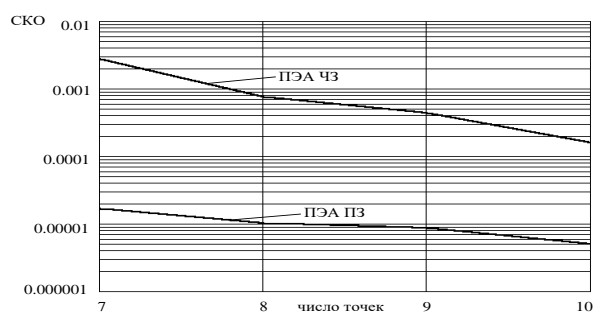


Рис. 1