

УДК 519.6:621.317.7:621.383.52(045)

И.В. Антонишен, А.И. Кох, В.И. Туев, М.В. Южанин

Применение модифицированной функции гиперболического тангенса для аппроксимации вольт-амперных характеристик светоизлучающих диодов

Предложено аналитическое выражение, позволяющее аппроксимировать вольт-амперные характеристики светоизлучающих диодов в области допустимых значений прямых и обратных напряжений. Погрешность аппроксимации в области рабочих токов не превышает 15%.

Ключевые слова: вольт-амперные характеристики, светоизлучающие диоды, аппроксимация.

Задача нелинейного моделирования светоизлучающих диодов. Для целей схемотехнического проектирования светотехнических устройств на твердотельных элементах необходимо иметь нелинейные модели светоизлучающих диодов (СИД), позволяющие проводить анализ функционирования устройства в статическом режиме (на постоянном токе).



Рис. 1. Вольт-амперная характеристика светоизлучающего диода

Постановка задачи. Широко используемые для аппроксимации вольт-амперных характеристик (ВАХ) СИД экспоненциальные функции [1, 2] имеют количественное и качественное (рис. 1) расхождение экспериментальных и расчетных данных в области обратных напряжений, что ограничивает возможности их использования при моделировании СИД в системах автоматизированного проектирования.

В работах [3–5] для аппроксимации ВАХ полевых транзисторов применена функция гиперболического тангенса, позволяющая описывать характеристики в областях прямых и инверсных напряжений.

В настоящей работе поставлена задача определения аналитического выражения, позволяющего аппроксимировать ВАХ СИД во всей области допустимых прямых и обратных напряжений.

Аналитическая аппроксимация ВАХ СИД. В основу предложенного выражения положено известное разложение функции гиперболического тангенса в виде отношения суммы и разности экспонент [7]. Модификация исходного выражения состоит в использовании числителя, умноженного на приложенное напряжение. Полученный при этом функционал, пригодный для описания зависимости тока светодиода I от приложенного напряжения U имеет вид

$$I(U) = U(A_1 e^{B_1 U} + A_2 e^{-B_2 U}), \quad (1)$$

где A_1, A_2, B_1, B_2 — числовые коэффициенты.

Экспоненциальные составляющие $e^{B_1 U}$ и $e^{-B_2 U}$ в (1) характеризуют ВАХ СИД при прямом и инверсном включении соответственно.

Коэффициенты B_1 и B_2 определяют угол наклона характеристик при положительном и отрицательном смещении соответственно.

Численные значения коэффициентов A_1, A_2, B_1, B_2 определяются по экспериментально измеренным вольт-амперным характеристикам и подбираются по критерию минимума среднеквадратичного отклонения расчетных и экспериментальных данных.

Численные значения коэффициентов аппроксимации для четырех типов СИД с различными значениями рассеиваемой мощности P приведены в таблице. Значения погрешности аппроксимации S не превышают приведенных в таблице значений в области рабочих токов, указанных в столбце «Условие», где $I_{\text{ном}}$ — справочное значение номинального тока СИД.

**Численные значения коэффициентов аппроксимации ВАХ
некоторых типов светоизлучающих диодов**

Тип светодиода	P , Вт	A_1	A_2	B_1	B_2	Условие	S , %
FYL 3004URC	0,06	$1,8 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-5}$	7,86	1	$0,075 \cdot I_{\text{НОМ}} < I_{\text{СИД}} < I_{\text{НОМ}}$	11,5
KUWH 760s	0,1	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	1,9	0,2	$0,14 \cdot I_{\text{НОМ}} < I_{\text{СИД}} < I_{\text{НОМ}}$	14,5
KPWH 080-1	1	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	1,9	2	$0,285 \cdot I_{\text{НОМ}} < I_{\text{СИД}} < 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$	14,7
KP2WH 080-2	2	$3,25 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	1,1	2	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} < I_{\text{СИД}} < 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$	13,9

На рис. 2–5 приведены экспериментальные (точки) и рассчитанные в соответствии с (2) и данными таблицы (сплошные линии) ВАХ СИД. Экспериментальные данные взяты из [7–10] соответственно.

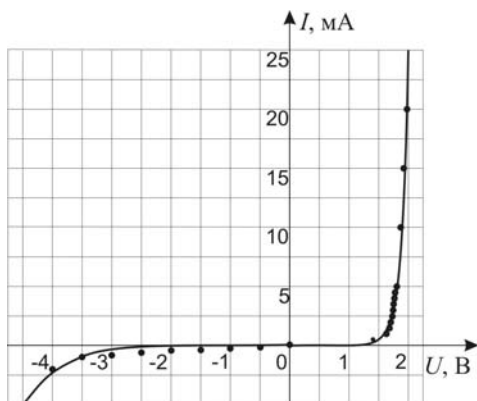


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика светодиода типа FYL3004URC

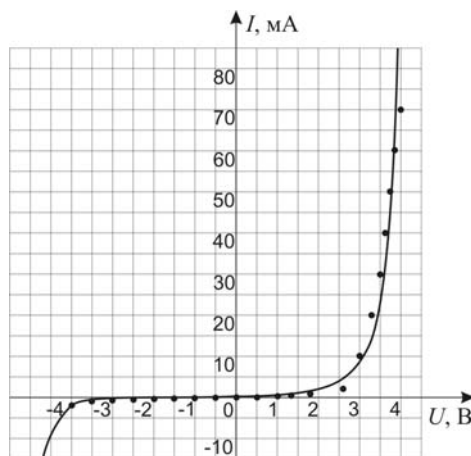


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика светодиода типа KUWH-760s-120

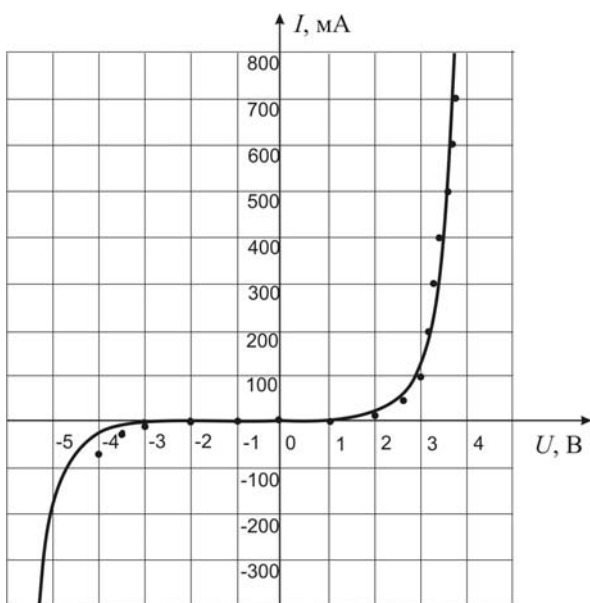


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика светодиода типа KPWH-080-1-120

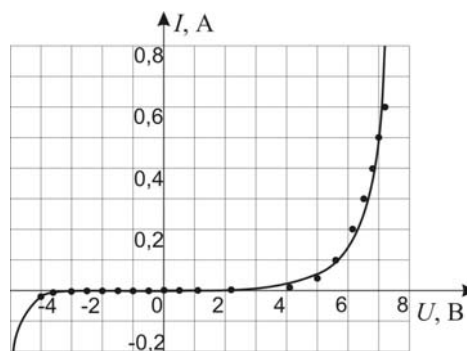


Рис. 5. Вольт-амперная характеристика светодиода типа KP2WH-080-2-120

Заключение. Предложено аналитическое выражение с использованием модифицированной функции гиперболического тангенса, позволяющее аппроксимировать вольт-амперные характеристики светоизлучающих диодов во всей области допустимых прямых и обратных напряжений. Погрешность аппроксимации не превышает 15 % в диапазоне рабочих токов светодиодов.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в порядке реализации Постановления № 218 Правительства РФ.

Литература

1. Титце У. Полупроводниковая схемотехника: справочное руководство / У. Титце, К. Шенк; пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
 2. Шуберт Ф. Светодиоды / пер. с англ.; под ред. А.Э. Юновича. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.
 3. Туев В.И. Применение модифицированной функции гиперболического тангенса для аппроксимации вольт-амперных характеристик полевых транзисторов / В.И. Туев, М.В. Южанин // Изв. Том. политех. ун-та. – 2009. – №4. – С. 135–138.
 4. Южанин М.В. Аппроксимация вольт-амперных характеристик полевых транзисторов / М.В. Южанин, В.И. Туев // Научная сессия ТУСУР – 2008: матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф.: в 5 т. – Томск: В-Спектр, 2008. – Т. 2. – С. 295–297.
 5. Бачурин В.В. Схемотехника устройств на мощных полевых транзисторах: справочник / В.В. Бачурин, В.Я. Ваксенбург, В.П. Дьяконов. – М.: Радио и связь, 1994. – 280 с.
 6. Бронштейн И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1962. – 609 с.
 7. Datasheet FYL-3004SURC1L [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://foryard.com>, свободный (дата обращения: 24.05.2011).
 8. Datasheet KUWH-760S-120 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bright-leds.ru>, свободный (дата обращения: 18.05.2011).
 9. Datasheet KPWH-080-1-120 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bright-leds.ru>, свободный (дата обращения: 18.05.2011).
 10. Datasheet KP2WH-080-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bright-leds.ru>, свободный (дата обращения: 18.05.2011).
-

Антонишен Игорь Владимирович

Аспирант каф. радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга ТУСУРа
Эл. почта: antonishen@pochta.ru

Кох Александр Иванович

Инженер НИИ светодиодных технологий ТУСУРа
Эл. почта: sanek546@mail.ru

Туев Василий Иванович

Д-р техн. наук, зав. каф. радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга ТУСУРа
Тел.: (3822) 90-01-46
Эл. почта: tvj_retem@main.tusur.ru

Южанин Максим Владимирович

Инженер каф. радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга ТУСУРа
Эл. почта: mxm@ms.tusur.ru

Antonishen I.V., Koh A.I., Tuev V.I., Yuzhanin M.V.

Application of the modified function of a hyperbolic tangent for approximation LED's I-V characteristics

The analytical expression, allowing to approximate LED's $I-V$ characteristics in the field of admissible values of direct and return voltages is offered. The error of approximation in the field of working currents doesn't exceed 15%.

Keywords: least squares method, base station, coverage area, $I-V$ characteristics, LED, approximation.