

КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ ПО ТОКУ СОСТАВНОГО БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИММЕТРИЕЙ

Б. И. ГРИГОРЬЕВ

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: a.a.rassadina@gmail.com

На примере транзисторных модулей из приборов с разными типами проводимости (составные транзисторы с дополнительной симметрией) подтверждена универсальность существующей модели расчета зависимости коэффициента усиления по току от значения тока коллектора.

Ключевые слова: составной биполярный транзистор, транзисторный модуль, коэффициент усиления по току, ток коллектора, входной транзистор, выходной транзистор

Составные транзисторы с дополнительной симметрией (СТДС) — разновидности элементарных пар — строятся по схемам, приведенным на рис. 1 [1, 2], где T_1 — входные транзисторы, а T_2 — выходные. В приведенных вариантах СТДС ток коллектора входного транзистора $I_{k1} = I_{\beta 1} \beta_1$; ток базы $I_{\beta 2} = I_{k1}$ и ток коллектора выходного транзистора $I_{k2} = I_{\beta 2} \beta_2$; ток коллектора СТДС $I_k = I_{\beta 2} = I_{k1} + I_{k2} = I_{\beta 1} \beta_1 (1 + \beta_2)$, β_1 и β_2 — коэффициенты усиления по току транзисторов T_1 и T_2 соответственно. При этом $I_{k2} / I_{k1} = \beta_2 \gg 1$, следовательно, СТДС работает в условиях, при которых в базе T_2 реализуется высокий, а в базе T_1 — низкий уровень инжекции, и для расчета электрических параметров этих транзисторных модулей целесообразно использовать модель, предложенную в работе [3]. Из приведенных выражений следует, что коэффициент усиления по току СТДС

$$\beta = \beta_1 (1 + \beta_2). \quad (1)$$

Как показано в работе [3], передаточная характеристика входного транзистора описывается выражением

$$I_{k1} = z I_{\beta 1} \{ [(I_{\beta 1} - m)^2 + 2z r I_{\beta 1}]^{1/2} - (I_{\beta 1} - m) \}^{-1}, \quad (2)$$

а выходного уравнением

$$I_{k2} = 2(y I_{\beta 2} - I_{n2}) \{ 1 + [1 + 4I_{n2} I_{k02}^{-2} (y I_{\beta 2} - I_{n2})]^{1/2} \}^{-1}, \quad (3)$$

где $z = 2(\tau_{\beta \min} / \tau_{\beta \max 1}) I_{n1}$, $m = (\theta_{\beta 1} + k \tau_{\beta \min}) \tau_{\beta \max 1}^{-1} I_{n1}$, $r = k + (\theta_{\beta 1} / \tau_{\beta \max 1})$ и $y = 2b(b+1)^{-1} (\tau_{\beta \max 2} / \theta_{\beta 2})$; $\tau_{\beta \min}$, $\tau_{\beta \max 1}$, I_{n1} , $\theta_{\beta 1}$, k и $\tau_{\beta \max 2}$, I_{n2} , $\theta_{\beta 2}$ — общепринятые параметры транзисторов [3], $b = 2,7$; I_{k02} — значение тока коллектора, соответствующее максимальному значению коэффициента усиления по току β_0 на зависимости β от I_k выходного транзистора [4].

Согласно модели работы [3], расчет зависимости β от I_k СТДС выполняется в следующей последовательности:

1) задаем первое (начальное) значение тока $I_{\delta 1}$, по выражению (2) определяем соответствующее ему значение тока коллектора входного транзистора T_1 , после чего находим значения $\beta_1 = I_{k1} / I_{\delta 1}$ и $I_{\delta 2} = I_{k1}$;

2) по выражению (3) определяем значение тока коллектора I_{k2} выходного транзистора, после чего — $\beta_2 = I_{k2} / I_{\delta 2}$;

3) определяем значение тока коллектора СТДС $I_k = I_{k1} + I_{k2}$ и по формуле (1) — значение β , соответствующее заданному значению тока базы $I_{\delta 1}$;

4) задаем второе значение тока $I_{\delta 1}$ и согласно шагам 1—3 находим соответствующее уже этому току базы значение β и т.д., в результате получаем искомую зависимость $\beta(I_k)$ при работе СТДС в режимах усиления.

Объектами исследований служили СТДС, представляющий собой комбинацию входного $p-n-p$ -транзистора 2Т842А и выходного $n-p-n$ -биполярного транзистора 2Т841 (рис. 1, а), а также комплементарная пара КТ 828 (T_1)—2Т842А (T_2), показанная на рис. 1, б. Расчет зависимостей $\beta(I_k)$ в этих составных транзисторах проводился по уравнениям (1)—(3) в представленной выше последовательности. Параметры, принятые при расчетах, определены по методам, рассмотренным в работах [3, 4]. Измерения проведены импульсным методом на низкой частоте при $U_{кэ} = 5$ В.

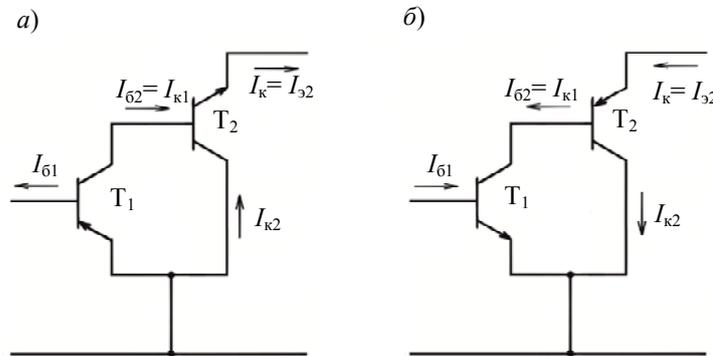


Рис. 1

При расчетах зависимости $\beta(I_k)$ составного транзистора 2Т842А (T_1)—2Т841 (T_2) приняты следующие параметры входного и выходного транзисторов: T_1 — $\tau_{\text{бmax}1} = 6$ мкс, $\tau_{\text{бmin}} = 2,45$ мкс, $I_{H1} = 0,85$ А, $\theta_{\delta 1} = 0,2$ мкс и $k = 0$; T_2 — $\tau_{\text{бmax}2} = 10,5$ мкс, $\theta_{\delta 2} = 0,043$ мкс, $I_{H2} = 4,75$ А, $I_{k02} = 1$ А. Зависимости коэффициента усиления по току от тока коллектора этого СТДС приведены на рис. 2, а. Видно, что расчетная (сплошная кривая) и экспериментальная (точки) зависимости удовлетворительно согласуются во всем рабочем диапазоне изменения тока коллектора не только качественно, но и количественно с погрешностью не выше 20 %. На рис. 2, б приведены зависимости коэффициентов усиления по току от тока коллектора входного и выходного транзисторов, достаточно полно объясняющие зависимость $\beta(I_k)$ этого СТДС.

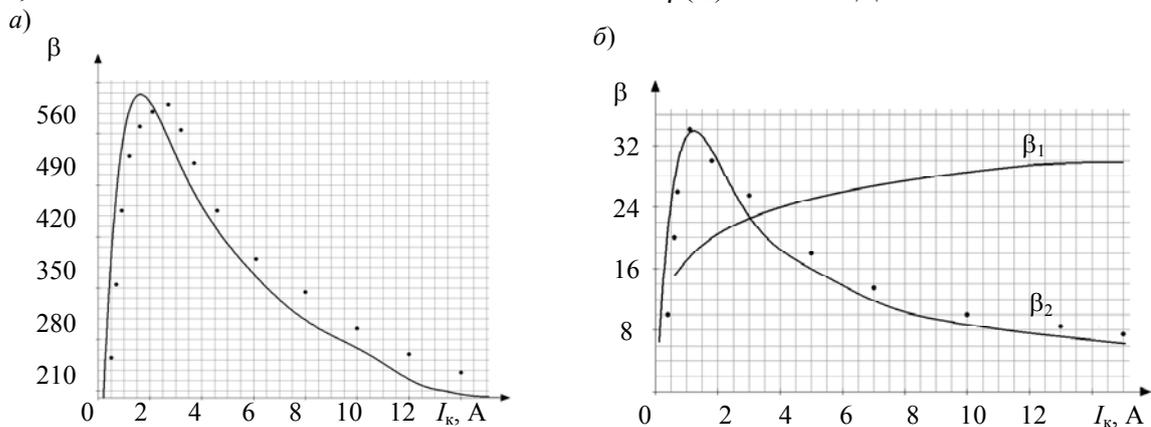


Рис. 2

Отметим, что в составных транзисторах с дополнительной симметрией КТ 828 (T_1) — 2Т842А (T_2) использовались те же транзисторы, что и в комплементарной паре работы [3], потому зависимости β_1 и β_2 от I_K оказались такими же, как и на рис. 3, б этой работы, а зависимость $\beta(I_K)$ проходит чуть ниже, чем на рис. 3, а.

Проанализировав результаты проведенных исследований, можно утверждать, что модель расчета зависимости $\beta(I_K)$, предложенная в [3], пригодна для любого транзисторного модуля на основе пары биполярных транзисторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Опадчий Ю. Ф., Глудкин О. П., Гуров А. И.* Аналоговая и цифровая электроника. М.: Горячая линия—Телеком, 2002. 768 с.
2. *Ногин В. Н.* Аналоговые электронные устройства. М.: Радио и связь, 1992. 300 с.
3. *Григорьев Б. И.* Стационарные режимы усиления биполярных транзисторных модулей // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 4. С. 294—299.
4. *Григорьев Б. И.* Стационарные режимы усиления биполярных транзисторов // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 5. С. 372—379.

Сведения об авторе

Борис Иванович Григорьев — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО, кафедра сенсорики;
E-mail: a.a.rassadina@gmail.com

Рекомендована кафедрой
сенсорики

Поступила в редакцию
11.12.15 г.

Ссылка для цитирования: *Григорьев Б. И.* Коэффициент усиления по току составного биполярного транзистора с дополнительной симметрией // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 4. С. 328—330.

CURRENT GAIN FOR A COMPOSITE BIPOLAR TRANSISTOR WITH ADDITIONAL SYMMETRY

B. I. Grigor'ev

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia
E-mail: a.a.rassadina@gmail.com

Using transistor modules from devices with different types of conductivity (composite-based transistors with additional symmetry) as the examples, general applicability of the existing model for calculation of the ratio of the current gain to collector current is confirmed.

Keywords: composite bipolar transistor, transistor module, current gain, collector current, input transistor, output transistor

Data on author

Boris I. Grigor'ev — PhD, Associate Professor, ITMO University, Department of Sensing Equipment; E-mail: a.a.rassadina@gmail.com

For citation: *Grigor'ev B. I.* Current gain for a composite bipolar transistor with additional symmetry // Izv. vuzov. Priborostroenie. 2016. Vol. 59, N 4. P. 328—330 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-4-328-330