

УДК 621.316.929 (088.8)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АНАЛОГУ ЛЯМБДА-ДІОДА НА БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРАХ

Курашкін С.Ф., інженер,

Попова І.О., к.т.н,

Чураков А.Я., к.т.н.

Таврійська державна агротехнічна академія Міністерства агропромислової політики України

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – Робота присвячена дослідженню аналога лямбда-діода з метою визначення параметрів, що впливають на вид його вольт-амперних характеристик.

Ключові слова – аналог лямбда діода.

Постановка проблеми. В ряді електронних пристроїв [1] знаходить використання аналога лямбда-діода, що виконується на двох польових транзисторах з керованим каналом. Проте, поряд з перевагами такого схемного рішення (простота, економічність) йому притаманні й недоліки – обмежений вибір польових транзисторів, необхідність індивідуального підбору комплементарної пари, можливість виходу з ладу польових транзисторів від статичного потенціалу.

Аналіз останніх досліджень. Вказаних недоліків позбавлена схема аналогу лямбда-діода, що виконана на біполярних транзисторах [2].

Формулювання цілей статті. Задавшись метою отримання практичних рекомендацій з використання біполярних транзисторів в ролі аналога лямбда-діода, за допомогою прикладної програми моделювання електричних та електронних схем Electronics Workbench V5.12, була досліджена схема [2].

Основна частина. Принцип дії схеми (рис. 1) полягає в наступному. Живлення схеми відбувається від джерела E_k . Якщо

$$E_k \leq U_{cm}, \quad (1)$$

транзистор VT1 знаходиться в зачиненому стані, а VT2 – у відкритому (тут U_{cm} – напруга стабілізації стабілітрона VD). Струм тече від $+E_k$ через резистор R3, емітерний перехід транзистора VT2. Цей режим відповідає ділянці AB вольт-амперної характеристики (ВАХ) аналога (рис. 2). Як тільки напруга E_k перевищить U_{cm} , відкривається стабілітрон VD і транзистор VT1, через який тече струм бази I_{b1} . При подальшому зростанні E_k транзистор VT1 відкривається більше, аж до закриття транзистора VT2 (ділянка BC на рис. 2).

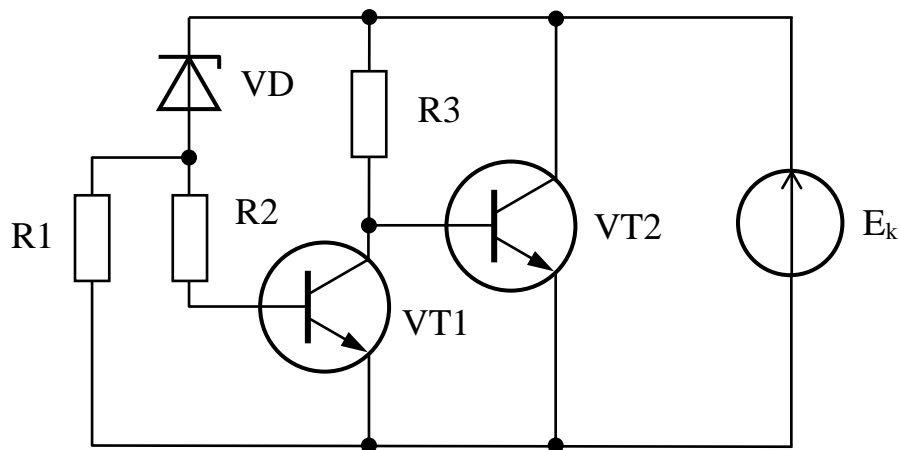


Рис. 1

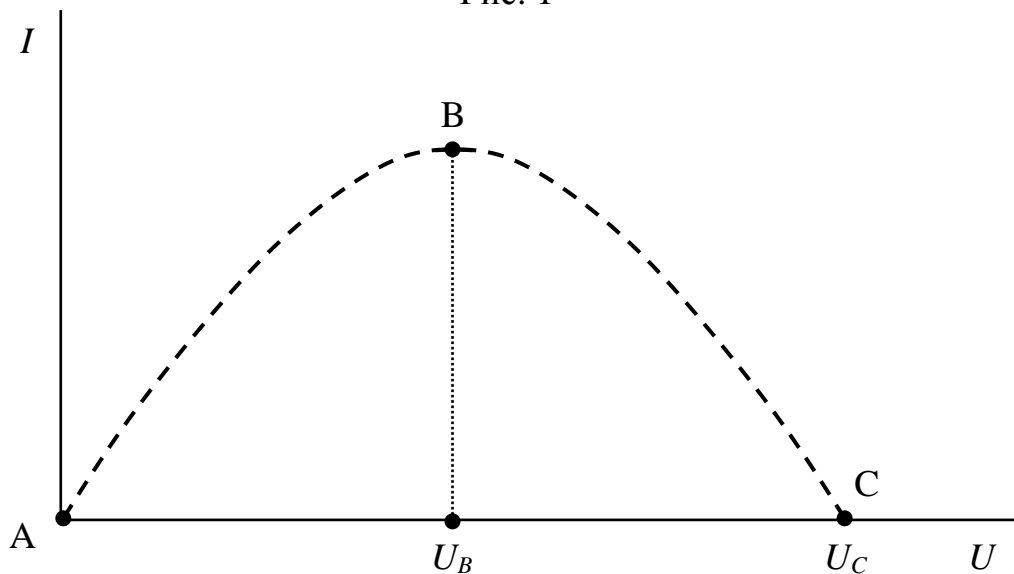


Рис. 2

Виходячи з доступності, дослідження проводилися із транзисторами типу КТ815Г (VT1, VT2). Для вибору стабілітрона VD необхідно, щоб забезпечувалася умова:

$$U_{zn} < U_{be.max}, \quad (2)$$

де $U_{be.max}$ – припустима напруга емітерного переходу транзистора VT1, В; через те, що для КТ815Г $U_{be.max} = 5$ В [4], приймається стабілітрон КС133А, для якого $U_{zn} = 3,3$ В.

В [2] визначене значення пікового струму:

$$I_B = \frac{h_{21e2}}{R3} U_{cm}, \quad (3)$$

де h_{21e2} – коефіцієнт підсилення за струмом транзистора VT2; приймається $h_{21e2} \geq 30$ [4].

Таким чином, під час вибору величини опору резистора R3 критерієм був максимальний струм колектора транзистора VT2 ($I_{k2.max} = 1,5$ А):

$$R3 = \frac{h_{21e2}}{I_{k2.max}} U_{zn}. \quad (4)$$

Аналог лямбда-діоду запирається при струмі бази транзистора VT2 рівному нулю (крапка С), що відповідає умові [2]:

$$\frac{R2}{R3} = \frac{h_{21e1}}{2}, \quad (5)$$

де h_{21e1} – коефіцієнт підсилення транзистора VT1; $h_{21e1} = h_{21e2}$.

Таким чином, опір резистора R2:

$$R2 = \frac{h_{21e1}}{2} R3. \quad (6)$$

Оскільки напруга відсічки U_{omc} аналога, при якому $I_{k2} = 0$, визначена в [2] на рівні $2U_{zn}$, варто задатися умовою для вибору транзисторів VT1, VT2 за напругою живлення E_k :

$$2U_{zn} \leq E_k \leq U_{ke.max}, \quad (7)$$

де $U_{ke.max}$ – припустима напруга колекторного переходу транзисторів VT1 і VT2, В.

У випадку застосування КТ815Г и КС133А ця умова виконується.

Опір резистора R1 визначає струм стабілітрона VD, що повинен знаходитися в межах

$$I_{zn.min} \leq I_{zn} \leq I_{zn.max}, \quad (8)$$

де $I_{zn.min}$, $I_{zn.max}$ – мінімальний і максимальний струм стабілітрона відповідно, мА; $I_{zn.min} = 3$ мА, $I_{zn.max} = 81$ мА [4].

Опір резистора R1 (кОм) визначається за формулою [3]:

$$R1 = \frac{E_{cp} - U_{zn}}{I_{cp.zn} + I_{b1}}, \quad (9)$$

де E_{cp} – усереднене значення напруги, що прикладається з моменту відкриття стабілітрона VD, В; через те, що стабілітрон відкривається при напрузі U_{zn} , а максимальна напруга аналога дорівнює $2U_{zn}$, маємо $E_{cp} = 1,5U_{zn}$;

I_{b1} – струм бази транзистора VT1, мА.

$I_{cp.zn}$ – середній струм стабілітрона, мА.

$$I_{b1} = \frac{U_{zn}}{R2}; \quad (10)$$

$$I_{cp.zn} = 0,5 \cdot (I_{zn.min} + I_{zn.max}). \quad (11)$$

Результати розрахунку параметрів схеми аналога лямбда-діода:

R1 = 38 Ом (приймається 39 Ом);

R2 = 2 кОм;

R3 (66 Ом (приймається 1 кОм).

Практичний інтерес представляє вплив опорів резисторів R2, R3 при напрузі живлення $E_k = \text{const}$ на вид вольт-амперної характеристики аналога лямбда-діоду. Як видно з рис. 3 зі зміною опорів змінюється ширина ВАХ аналога.

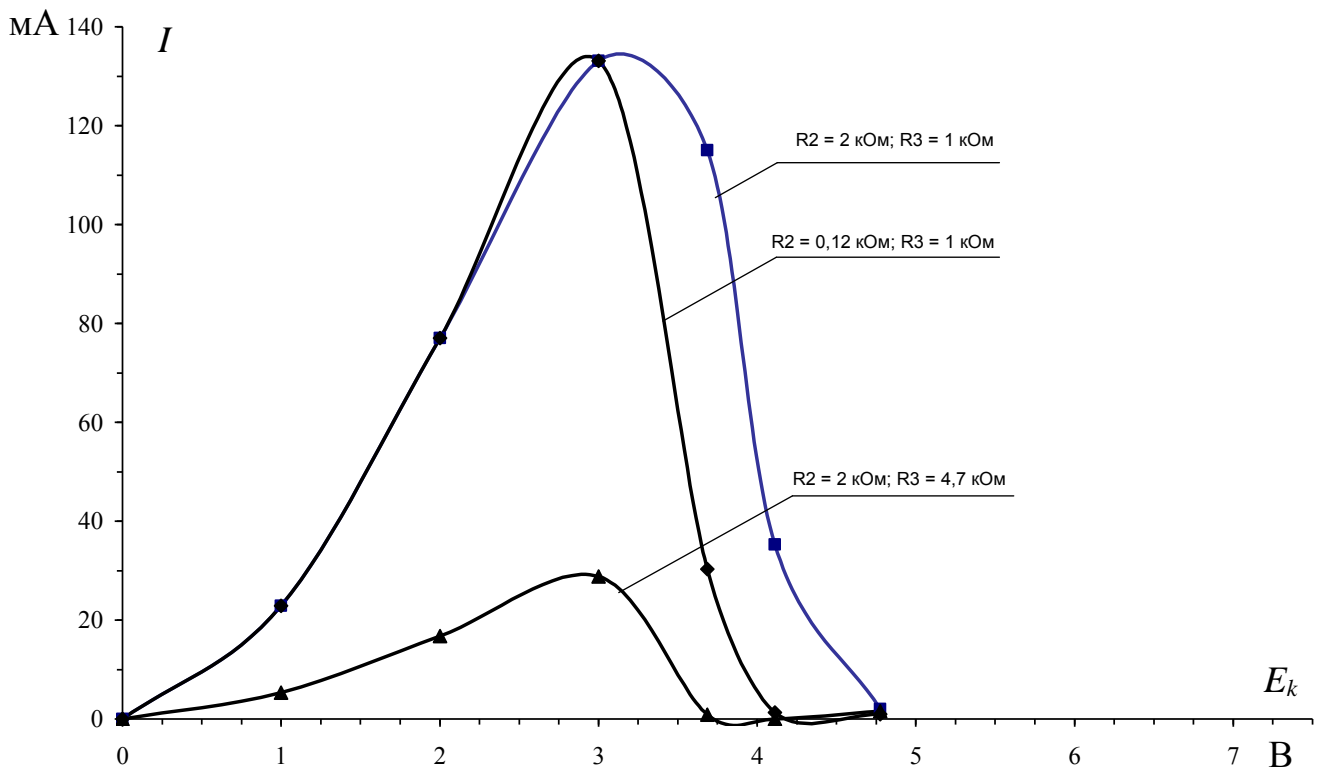


Рис. 3

Висновки. Таким чином, критеріями визначення параметрів аналогу лямбда-діоду є коефіцієнт підсилення за струмом біполярних транзисторів VT1 і VT2, припустима напруга емітерного переходу і максимальний струм колектора транзистора VT2, максимальний струм стабілітрона VD. Під час зміни опорного резистора R2 змінюється ширина ВАХ аналогу лямбда-діода – ця властивість може бути використана під час розробки різних пристроїв, у яких замість зазначеного резистора може бути використаний первинний перетворювач, вихідний параметр якого – опір (наприклад, терморезистор).

Література

1. Нечаев И. Лямбда-диод и его возможности // Радио, – 1984. – № 2. – С. 54.
2. Попова І.О., Чураков А.Я. Обґрунтування параметрів аналога лямбда-діода на біполярних транзисторах // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 5. – Мелітополь: ТДАТА, 2002. – С.11-18.
3. Расчет электронных схем. Примеры и задачи. / Г.И. Изъюрова, Г.В. Королев, В.А. Терехов и др. – М.: Высшая школа, 1987. – 335 с.

4. *Лавриненко В.Ю.* Справочник по полупроводниковым приборам. – К.: Техніка, 1980 – 459 с.
5. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение. – М.: Солон-Р, 2001. – 736 с.

LAMBDA DIODE BASED ON BIPOLAR TRANSISTORS EXPERIMENTAL RESEARCH

S. Kurashkin, I. Popova, A. Churakov

Summary

Work is dedicated to Lambda Diode circuit based on bipolar transistors experimental research. Goal is to determine circuit parameters influence upon its voltage-current feature.