

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АНАЛОГА ЛЯМБДА-ДИОДА НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

КУРАШКИН С.Ф.

кандидат технических наук, доцент,

ПОПОВА И.А.

кандидат технических наук, доцент,

ПОПРЯДУХИН В.С.

кандидат технических наук, доцент,

РЕЧИНА О.Н.

ассистент

*кафедра электротехники и электромеханики имени профессора В.В. Овчарова
Таврический государственный агротехнологический университет
г. Мелитополь, Украина*

В ряде электронных устройств [1] находит применение аналог лямбда-диода, собранный на комплементарной паре полевых транзисторов с управляемым $p-n$ переходом (рис. 1). Однако, наряду с преимуществами такого схемного решения – простотой и экономичностью, ему присущи и недостатки – ограниченный выбор полевых транзисторов, необходимость индивидуального подбора транзисторов комплементарной пары, чувствительность полевых транзисторов к статическому электричеству. Указанных недостатков лишен аналог лямбда-диода, выполненный на биполярных транзисторах.

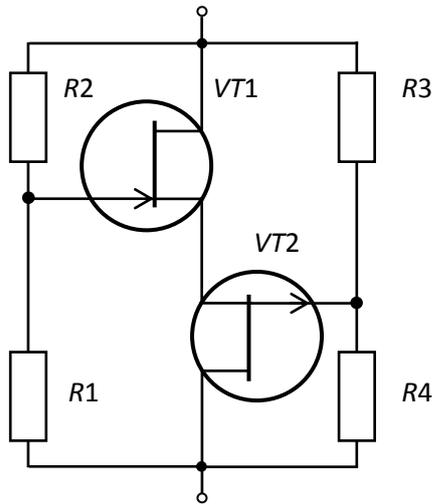


Рис. 1. Схема аналога лямбда-диода на полевых транзисторах

Задавшись целью получения практических рекомендаций по применению биполярных транзисторов в составе аналога лямбда-диода, с помощью программы моделирования Multisim 14.0, была исследованная схема, приведенная в [2].

Схема аналога лямбда-диода (рис. 2) питается от источника напряжения постоянного тока E_k . Если

$$E_k \leq U_{zn},$$

1)

то транзистор $VT1$ заперт, а $VT2$ – открыт (здесь U_{zn} – опорное напряжение стабилитрона VD). Ток покоя I_{b2} течет от $+E_k$ через резистор $R3$ и эмиттерный $p-n$ переход транзистора $VT2$. Этот режим соответствует участку AB вольтамперной характеристики (ВАХ) аналога лямбда-диода, изображенной на рис. 3. Как только напряжение E_k превысит величину U_{zn} , откроется стабилитрон VD и через транзистор $VT1$ потечет ток базы I_{b1} . При дальнейшем росте E_k уменьшается падение напряжение между коллектором и эмиттером транзистора $VT1$ пока не закроется транзистор $VT2$ (участок BC на рис. 3).

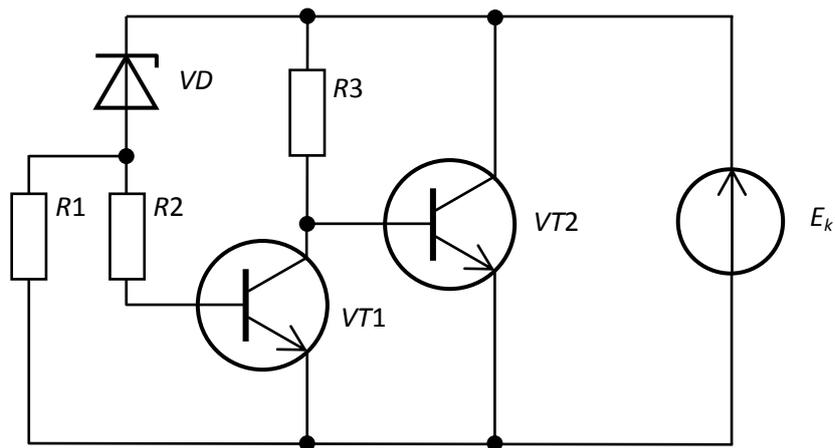


Рис. 2 – Принципиальная электрическая схема аналога лямбда-диода

Экспериментальное исследование проводилось с транзисторами типа BD139 ($VT1$, $VT2$). Для выбора стабилитрона VD необходимо, чтобы обеспечивалось условие

$$U_{zn} < U_{be.max},$$

2)

где $U_{be.max}$ – допустимое напряжение эмиттерного перехода транзистора $VT1$, В; поскольку для BD139 $U_{be.max} = 5$ В, принимается стабилитрон 1N4728А, у которого $U_{zn} = 3,3$ В.

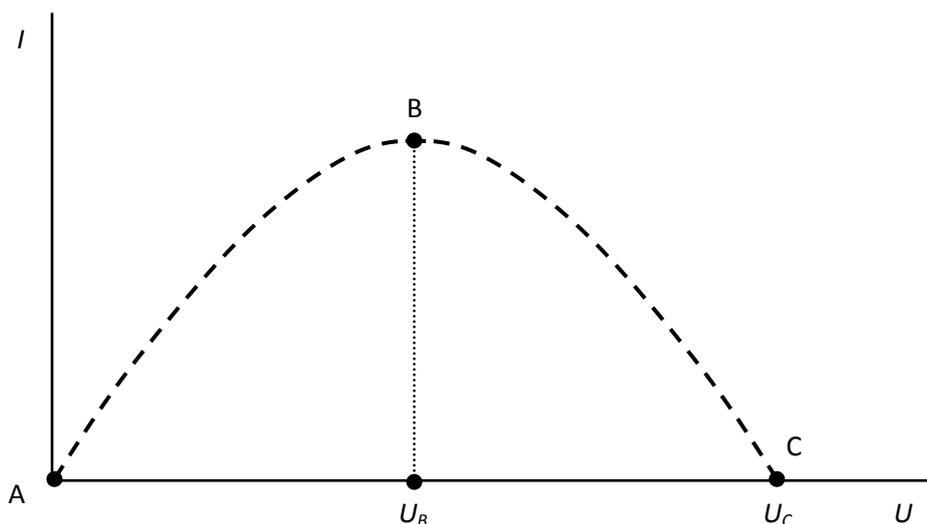


Рис. 3 – Вольтамперная характеристика аналога лямбда-диода

В [2] определено значение предельного тока

$$I_{k2.\max} = \frac{h_{21e2}}{R3} U_{zn}, \quad (3)$$

где h_{21e2} – коэффициент усиления по току транзистора $VT2$; типовое значение $h_{21e2} \geq 30$.

Таким образом, критерием выбора величины сопротивления резистора $R3$ является максимальный ток коллектора транзистора $VT2$ ($I_{k2.\max} = 1,5 \text{ A}$)

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

Закрывание аналога лямбда-диода происходит при токе базы транзистора $VT2$ равном нулю (точка С, рис. 2), что отвечает условию

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

где h_{21e1} – коэффициент усиления по току транзистора $VT1$; $h_{21e1} = h_{21e2}$.

Таким образом, сопротивления резистора $R2$

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

Напряжение отсечки U_{OFF} аналога лямбда-диода, при котором $I_{k2} = 0$, определена в [2] на уровне $2U_{zn}$, что дает возможность определить величину напряжения питания E_k при выборе транзисторов $VT1$, $VT2$:

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

где $U_{ke.\max}$ – предельно допустимое напряжение U_{ke} транзисторов $VT1$ и $VT2$, В.

В случае использования BD139 и 1N4728A это условие выполняется.

Сопротивление резистора $R1$ определяет ток стабилитрона VD , который не должен превышать допустимого значения $I_{zn.\max}$ [3]:

$$R1 = \frac{E_{cp} - U_{zn}}{I_{zn.\max} / 2 + I_{b1}}, \quad (8)$$

где E_{cp} – усредненное значение напряжения, которое прикладывается с момента открытия стабилитрона VD , В;

I_{b1} – ток базы транзистора $VT1$, мА;

$I_{zn.max}$ – максимальный ток стабилитрона VD , мА; $I_{zn.max} = 76$ мА;

$$I_{b1} = \frac{U_{zn}}{R2}. \quad (9)$$

Поскольку стабилитрон открывается при напряжении U_{zn} , а напряжение отсечки аналога лямбда-диода равно $2U_{zn}$, то $E_{cp} = 1,5U_{zn}$.

Для рассматриваемой модели расчетные параметры резисторов имеют следующие значения: $R1 = 39$ Ом; $R2 = 2$ кОм; $R3 = 130$ Ом.

Практический интерес представляет влияние сопротивлений резисторов $R2, R3$ на вид ВАХ аналога лямбда-диода – изменяется ее ширина и амплитуда (рис. 4).

Таким образом, критериями определения параметров аналога лямбда-диода являются коэффициент усиления по току h_{21e} транзисторов $VT1$ и $VT2$, предельно допустимое напряжение эмиттерного перехода $U_{ke.max}$ и ток коллектора $I_{k2.max}$ транзистора $VT2$, максимальный ток $I_{zn.max}$ стабилитрона VD .

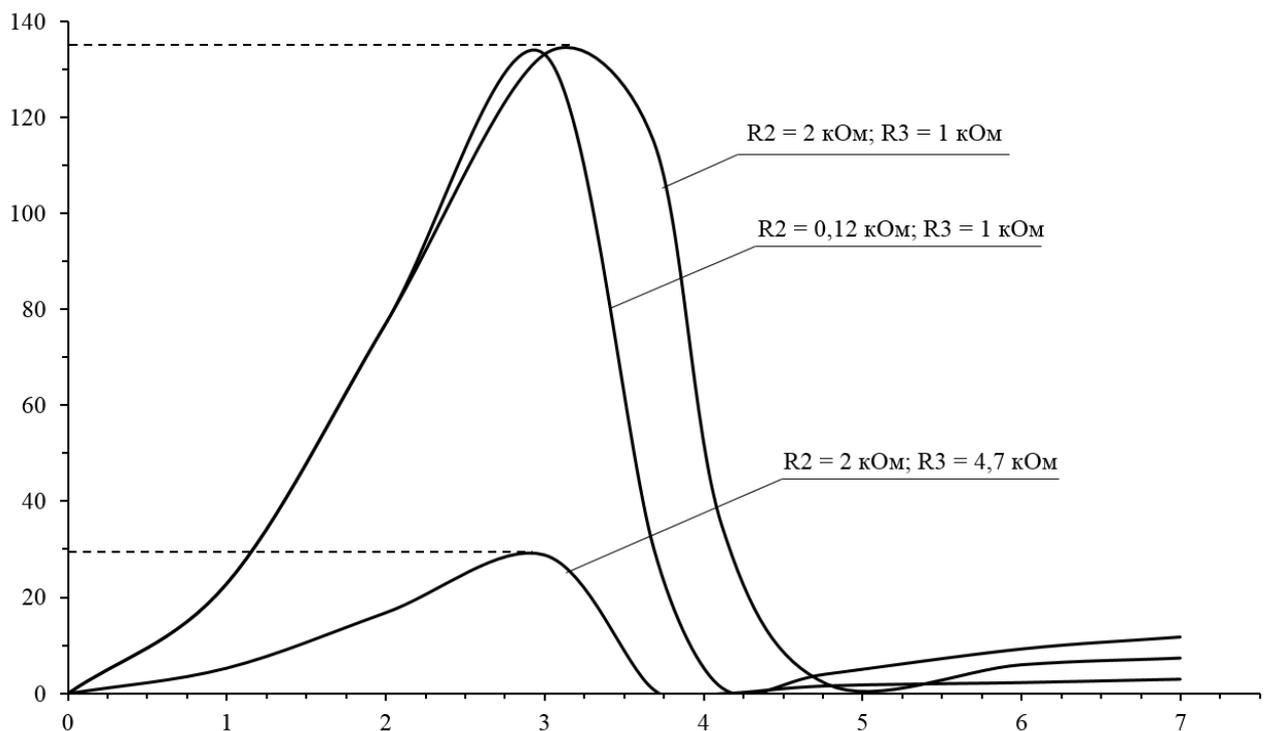


Рис. 4 – Влияние параметров аналога лямбда-диода на ее ВАХ

При изменении сопротивлений резисторов R_2 , R_3 изменяется ширина ВАХ аналога лямбда-диода, что может быть использовано при проектировании различных устройств, где вместо него может быть применен первичный преобразователь, сопротивление которого зависит от какой-либо физической величины, например, температуры или деформации и пр. Также сопротивление резистора R_3 влияет на величину тока, потребляемого аналогом.

Использованная литература:

1. *Нечаев И.* Лямбда-диод и его возможности // Радио, – 1984. – № 2. – С. 54.
2. *Попова І.О.* Обґрунтування параметрів аналога лямбда-діода на біполярних транзисторах / *І.О. Попова І.О., А.Я. Чураков* // 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.