

№ 3586

621.38

Ф 505

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания

**НОВОСИБИРСК
2008**

Министерство образования и науки Российской Федерации

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

621.38

Ф 505

№ 3586

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания к расчетно-графической работе № 2
по теме «Расчет стабилизатора напряжения»

НОВОСИБИРСК
2008

УДК 621.38:53(07)
Ф 505

Составители:

А.М. Погорельский, О.Ю. Рубцова, В.В. Христофоров

Рецензент доц. *Б.Б. Кольцов*

Работа подготовлена на кафедре общей физики

© Новосибирский государственный
технический университет, 2008

Параметрические стабилизаторы напряжения

Действие параметрических стабилизаторов основано на использовании нелинейности вольт-амперной характеристики некоторых элементов. Дестабилизирующий фактор (изменение напряжения сети или сопротивления нагрузки) действует непосредственно на параметр нелинейного элемента, что значительно ослабляет воздействие этого фактора на выходное напряжение. В современных параметрических стабилизаторах обычно используются полупроводниковые стабилитроны, вольт-амперная характеристика которых имеет вид, приведенный на рис. 1.

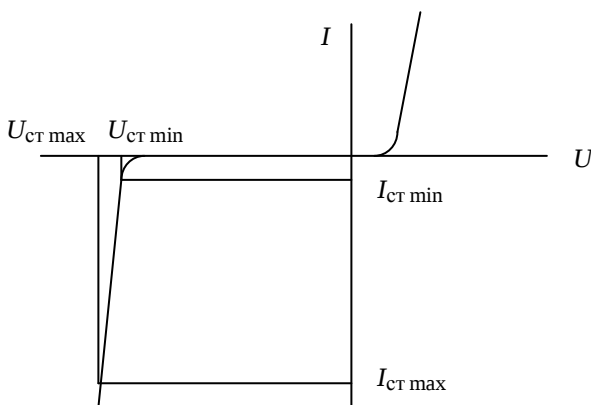


Рис. 1

Отличительной особенностью стабилитронов является наличие на вольт-амперных характеристиках областей, где наблюдается значительное изменение тока через прибор при малом изменении напряжения на нем. При обратном напряжении это область лавинного или туннельного пробоя, а в прямом направлении – прямая ветвь стабилитрона, аналогичная прямой ветви полупроводникового диода. Схема включения стабилитронов приведена на рис. 2.

При повышении напряжения источника или при уменьшении тока нагрузки ток через стабилитрон резко увеличивается, в результате чего возрастает падение напряжения на ограничивающем резисторе R . При понижении напряжения питания или сопротивления нагрузки падает ток через стабилитрон. В обоих случаях выходное напряжение, равное напряжению стабилизации, изменяется незначительно.

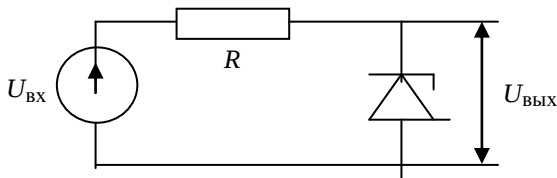


Рис. 2

Основным параметром стабилизатора является коэффициент стабилизации:

$$K = \frac{\Delta U_{\text{ВХ}} / U_{\text{ВХ}}}{\Delta U_{\text{ВЫХ}} / U_{\text{ВЫХ}}} = \left[\frac{(n_{\text{СТ}} - 1) U_{\text{ВЫХ}}}{(I_{\text{СТ}} + I_{\text{Н}}) R_{\text{Д}}} + 1 \right] \frac{1}{n_{\text{СТ}}} = (R / R_{\text{Д}} + 1) \frac{1}{n_{\text{СТ}}}, \quad (1)$$

где $n_{\text{СТ}} = U_{\text{ВХ}} / U_{\text{ВЫХ}}$; $I_{\text{СТ}}$ – ток через стабилитрон; R – ограничивающее сопротивление; $R_{\text{Д}} = \frac{U_{\text{СТ max}} - U_{\text{СТ min}}}{I_{\text{СТ max}} - I_{\text{СТ min}}}$ – динамическое сопротивление стабилитрона.

Ток нагрузки $I_{\text{Н}}$ не должен превышать максимально допустимое значение тока стабилитрона.

Для расчета стабилизатора должны быть заданы:

$U_{\text{ВХ}}$ – напряжение источника;

$\Delta U_{\text{ВХ}}$ – пределы изменения входного напряжения;

$U_{\text{ВЫХ}}$ – выходное напряжение;

$\Delta U_{\text{ВЫХ}}$ – пределы изменения выходного напряжения;

$I_{\text{Н}}$ – ток нагрузки;

$\Delta I_{\text{Н}}$ – пределы изменения тока нагрузки.

Порядок расчета стабилизатора.

Выбирают тип стабилитрона и ток, проходящий через стабилитрон, $I_{\text{СТ}}$. Тип стабилитрона определяют по напряжению стабилизации $U_{\text{СТ}}$, которое должно лежать в допустимых пределах выходного напряжения. Для увеличения выходного стабилизированного напряжения включают последовательно несколько стабилитронов (параллельно стабилитроны включать нельзя). Если последовательно включены стабилитроны разных типов, то значения $I_{\text{СТ max}}$ и $I_{\text{СТ min}}$ должны лежать в пределах, допустимых для любого из включенных стабилитронов.

В этом случае в вышеприведенных формулах $U_{\text{ст}}$ представляет собой сумму напряжений стабилизации всех последовательно включенных стабилитронов, а $R_{\text{д}}$ – сумму динамических сопротивлений всех стабилитронов.

Ток через стабилитрон выбирают предварительно:

$$I_{\text{ст}} = \frac{I_{\text{ст max}} + I_{\text{ст min}}}{2}.$$

Определяют сопротивление ограничивающего резистора:

$$R = \frac{U_{\text{ст}}(n_{\text{ст}} - 1)}{I_{\text{ст}} + I_{\text{н}}}. \quad (2)$$

Из табл. П1 *Приложения* выбирают близкий по номиналу резистор. Мощность, выделяемая на резисторе

$$P_R = (U_{\text{вх}} + \Delta U_{\text{вх}} - U_{\text{вых}})(I_{\text{ст}} + I_{\text{н}}), \quad (3)$$

не должна превышать номинальную.

Максимальный ток через стабилитрон:

$$I_{\text{ст max}} = I_{\text{ст}} + \left(\frac{\Delta U_{\text{вх}}}{R} + \Delta I_{\text{н}} \right). \quad (4)$$

Минимальный ток через стабилитрон:

$$I_{\text{ст min}} = I_{\text{ст}} - \left(\frac{\Delta U_{\text{вх}}}{R} + \Delta I_{\text{н}} \right). \quad (5)$$

Из табл. П2 *Приложения* выбирают тип стабилитрона.

Значения $I_{\text{ст max}}$ и $I_{\text{ст min}}$ должны лежать в пределах, допустимых для выбранного стабилитрона.

Для повышения коэффициента стабилизации ток через стабилитрон выбирают минимально возможным.

При фиксированном токе повышение температуры стабилитрона приводит к повышению напряжения пробоя стабилитрона (температурный коэффициент напряжения (ТКН) положителен – $\text{ТКН} > 0$) и понижается прямое напряжение (ТКН < 0). Для температурной компенсации напряжения стабилизации используются диоды, включенные в прямом направлении последовательно с основным стабилитроном.

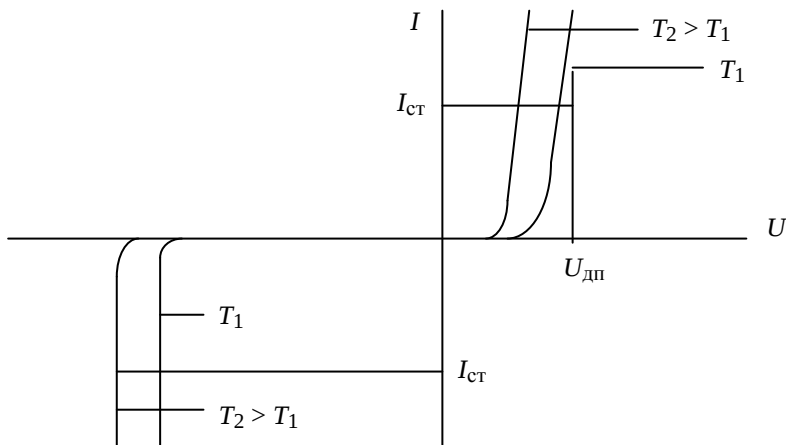


Рис. 3

При этом абсолютное значение суммарного ТКН диодов и абсолютное значение ТКН стабилитрона должны быть примерно равны (рис. 3).

У кремниевых диодов, включенных в прямом направлении, $\text{ТКН}_\text{д} \approx -1,5 \cdot 10^{-3} \text{ В/К}$. Стабилитрон и термокомпенсирующие диоды должны находиться в одинаковых температурных условиях.

Изменение напряжения стабилитрона в заданном диапазоне температур ΔT :

$$\Delta U_{\text{ст}} = \text{ТКН} \cdot \Delta T, \quad (6)$$

где ΔT – наибольшее отклонение температуры от 20°C .

Если $U_{\text{вых}} = U_{\text{ст}} + \Delta U_{\text{ст}}$ находится в заданных пределах, расчет закончен. Если же $U_{\text{вых}}$ выходит за допусковую зону, то следует использовать либо другие стабилитроны, либо включить компенсирующие диоды и повторить расчет.

Число компенсирующих диодов

$$n_\text{д} = \frac{\Delta U_{\text{ст}}}{\Delta T \cdot \text{ТКН}_\text{д}}. \quad (7)$$

Из табл. ПЗ *Приложения* выбирают тип диода.

Выходное напряжение

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{ст}} + n_{\text{д}} U_{\text{дп}}. \quad (8)$$

Общее динамическое сопротивление

$$R_{\text{д общ}} = R_{\text{д}} + n_{\text{д}} R_{\text{дп}}. \quad (9)$$

В этих формулах $\Delta U_{\text{ст}}$ – изменение напряжения стабилитрона; $\text{ТКН}_{\text{д}}$ – температурный коэффициент напряжения компенсирующих диодов; $R_{\text{дп}}$ – динамическое сопротивление компенсирующего диода в прямом направлении; $U_{\text{дп}}$ – падение напряжения на диоде.

Коэффициент стабилизации определяется по формуле (1) с учетом (8) и (9).

Варианты заданий

№ вари- анта	$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$\Delta U_{\text{вх}}, \text{В}$	$U_{\text{вых}}, \text{В}$	$\Delta U_{\text{вых}}, \text{В}$	$I_{\text{н}}, \text{мА}$	$\Delta I_{\text{н}}, \text{мА}$	$t, ^\circ\text{C}$
1	20	± 3	10	$\pm 0,5$	50	10	-20 ± 50
2	10	± 1	5	$\pm 0,5$	20	15	0 ± 70
3	15	± 1	9	$\pm 0,5$	70	20	-10 ± 60
4	20	± 2	5	$\pm 0,5$	30	10	-20 ± 50
5	12	± 1	6	$\pm 0,5$	100	10	-30 ± 50
6	9	± 1	5	$\pm 0,5$	90	10	-10 ± 70
7	10	± 1	7	$\pm 0,5$	60	15	-20 ± 70
8	14	± 3	7	$\pm 0,5$	20	15	0 ± 70
9	10	± 1	6,3	$\pm 0,5$	80	10	-20 ± 60
10	16	± 1	12	$\pm 0,5$	15	15	-10 ± 60
11	8	± 1	5	$\pm 0,5$	20	15	-20 ± 70
12	18	± 3	10	$\pm 0,5$	50	10	-20 ± 50
13	20	± 3	12	$\pm 0,5$	50	10	-20 ± 40
14	17	± 3	10	$\pm 0,5$	10	10	-20 ± 50
15	20	± 3	10	$\pm 0,5$	20	30	-20 ± 50
16	20	± 4	10	$\pm 0,5$	20	20	-20 ± 50
17	15	± 2	10	$\pm 0,5$	30	10	-20 ± 50
18	12	± 1	8	$\pm 0,5$	50	10	-20 ± 50
19	20	± 3	10	$\pm 0,5$	30	30	-20 ± 50
20	30	± 4	20	$\pm 0,5$	50	10	-20 ± 50

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗИСТОРОВ, СТАБИЛИЗАТОРОВ, ДИОДОВ

Основные параметры резисторов

Номинальная мощность – наибольшая мощность, которую может рассеивать резистор в заданных условиях в течение гарантированного срока службы при сохранении параметров в установленных пределах. Устанавливается следующий ряд: 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10 Вт.

Номинальное сопротивление – электрическое сопротивление, которое является исходным для отсчета отклонения от этого значения.

Номинальные значения сопротивлений для ряда с допуском 20 % приведены в таблице.

Т а б л и ц а П1

Стандартный ряд резисторов

100	130	180	240	330	430	560	750
110	150	200	270	360	470	620	820
120	160	220	300	390	510	680	910

Для перехода на другие декады эти числа нужно умножить на 10^n , где n – целое положительное или отрицательное число.

Т а б л и ц а П2

Основные параметры стабилитронов

Тип стабилитрона	$U_{ст}, В,$ при $t = 20^\circ C$	ТКН, мВ/К	$I_{ст min}, мА$	$I_{ст max}, мА$	$R_d, Ом$
КС133А	3,3	3,6	3	81	65
КС139А	3,9	3,9	3	70	60
КС147А	4,7	4,3	3	58	56
КС156А	5,6	2,8	3	55	46
КС168А	6,8	3,4	3	45	28
КС433А	3,3	3,3	3	229	25
КС439А	3,9	3,9	3	212	25
КС447А	4,7	3,8	3	190	18
КС456А	5,6	2,8	3	167	10
КС468А	6,8	4,4	3	142	5

Основные параметры диодов

Тип диода	$\Delta U_{\text{дп}}, \text{В}$	$R_{\text{дп}}, \text{Ом}$	$\text{ТКН}_{\text{д}}, \text{мВ/К}$	$I_{\text{д max}}, \text{мА}$
КД102	0,8	7	1,2	100
КД103	0,6	8	1,0	100
КД104	0,9	4	2,0	10

Содержание

Параметрические стабилизаторы напряжения	3
Варианты заданий	7
<i>Приложение.</i> Основные параметры резисторов, стабилизаторов, диодов	8

Для заметок

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания

Редактор *Т.П. Петроченко*
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Компьютерная верстка *С.И. Ткачева*

Подписано в печать 11.01.2009. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 200 экз.
Уч.-изд. л. 0,69. Печ. л. 0,75. Изд. № 273. Заказ № . Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20