

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации

Уральский Государственный Лесотехнический Университет

С.П. Санников, Г.Ж. Ордуянц

АНАЛОГОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

2. Исследование параметрического стабилизатора напряжения

Методические указания к лабораторным работам

Часть 2

Екатеринбург, 2022 г.

Содержание

1. Общие сведения
2. Экспериментальная часть
 - 2.1. Задание
 - 2.2. Порядок выполнения эксперимента
3. Приложения
 - 3.1. Варианты
 - 3.2. Параметры стабилитронов
4. Контрольные вопросы

1. Общие сведения

Стабилитрон представляет собой кремниевый диод, характеристика которого в открытом состоянии такая же, как у выпрямительного диода. Отличие стабилитрона заключается в относительно низком напряжении пробоя при обратном напряжении. Когда это напряжение превышено, ток обратного направления возрастает (пробой Зенера). В выпрямительных диодах такой режим является аварийным, а стабилитроны нормально работают при обратном токе, не превышающем максимально допустимого значения.

Наличие почти горизонтального участка на вольт-амперной характеристике стабилитрона делает его пригодным для стабилизации постоянного напряжения на нагрузке. Для этого нагрузку включают параллельно стабилитрону. Чтобы избежать перегрузки, последовательно со стабилитроном включают балластный резистор. Величина его вычисляется следующим образом:

$$R_{\text{бал}} = (U_{\text{раб.}} - U_{\text{ст.}}) / (I_{\text{ст.}} + I_{\text{нагр.}}),$$

где $U_{\text{раб.}}$ — приложенное рабочее напряжение,
 $U_{\text{ст.}}$ — напряжение стабилизации стабилитрона испытываемого типа,

$I_{\text{ст.}}$ — допустимый ток стабилизации,

$I_{\text{нагр.}}$ — ток в резисторе нагрузки $R_{\text{н}}$, включенном параллельно стабилитрону.

2. Экспериментальная часть

Цель работы: Изучить основные конструкции однофазных и трёхфазных выпрямителей (одно-, двухполупериодной и многополупериодной), их достоинства и недостатки. Научиться проектировать сглаживающие фильтры для выпрямителей. Научиться снимать основные характеристики выпрямителей – нагрузочную прямую и зависимость коэффициента пульсаций от тока нагрузки.

Работу выполнить в виртуальном симуляторе (MultiSim или ему подобном).

2.1. Задание

1. Получить у преподавателя тип стабилитрона (приложение 1), а также значения частоты входного напряжения и требуемые величины выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ и максимального выходного тока I_{max} (по справочным данным стабилитрона). Примечание: тип стабилитрона подобрать по данным отечественного (приложение 1), указанного в варианте (приложение 2): напряжение стабилизации $U_{\text{ст ном}}$, ток стабилизации $I_{\text{ст max}}$, внутреннее (дифференциальное) сопротивление стабилитрона (для максимального тока $I_{\text{ст max}}$).

2. Снять с помощью осциллографа вольт-амперную характеристику и определить напряжение стабилизации $U_{\text{ст}}$ стабилитрона. Исследовать зависимость выходного напряжения и тока стабилитрона от входного напряжения в цепи параметрического стабилизатора напряжения.

2.2. Порядок выполнения эксперимента

1. Соберите цепь согласно принципиальной схеме (рис. 1) для снятия характеристики стабилитрона. Подайте на вход синусоидальное напряжение от генератора напряжения синусоидальной (специальной) формы частотой от 50 Гц до величины указанной по варианту (например, 0,05...10 кГц). Максимальную амплитуду питания $U_{\text{пит.}}$ увеличить на 50%.

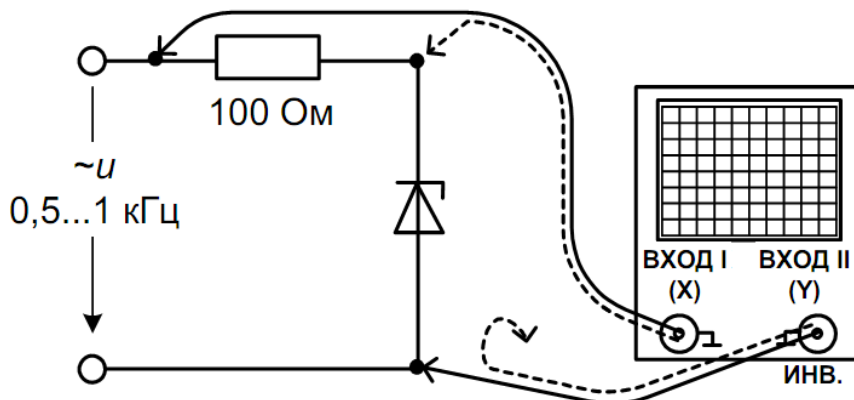


Рис. 1. Схема параметрического стабилизатора для эксперимента осциллографом

2. Включите и настройте осциллограф в режиме X-Y. Включите инвертирование вертикального входа (см. **Help для работы с MultiSim**).
3. Перенесите изображение с экрана осциллографа (скрин) в Отчет.
4. Определите по осциллограмме напряжение стабилизации, напряжение на стабилитроне при прямом токе, дифференциальное сопротивление в середине диапазона стабилизации. Сравните их с данными по справочнику (datasheet).
5. Соберите цепь параметрического стабилизатора согласно

принципиальной схеме рис. 2, сначала без сопротивления нагрузки (**по варианту**). Определите напряжение питания по току стабилизации (амперметр включить в цепь стабилитрона). Подключите виртуальный вольтметр и амперметр, согласно схеме, и снять параметры параметрического стабилизатора. Примечание: лучше использовать два DC вольтметра.

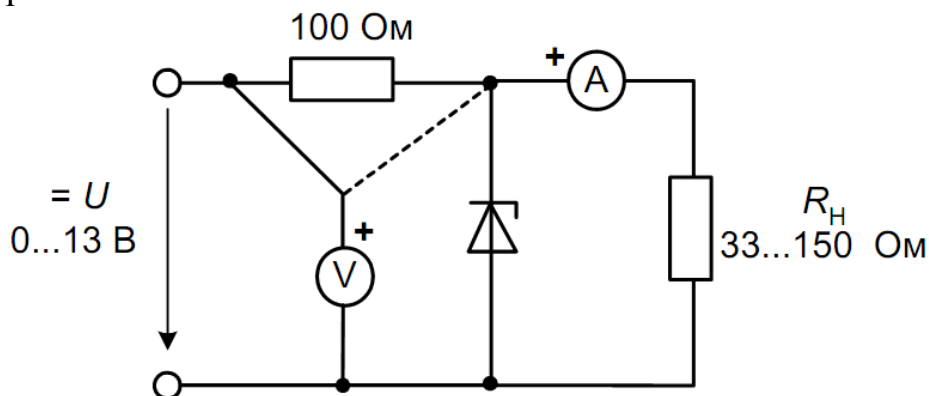


Рис. 2. Схема параметрического стабилизатора для эксперимента вольтметром и амперметром

6. Включите источник DC напряжения и, изменяя постоянное напряжение на входе стабилизатора от 0 до максимального значения по варианту (шаг изменения выбрать не менее 8 точек от максимального значения). Снимите зависимость выходного напряжения ($U_{\text{вых}}$, В) от входного ($U_{\text{вх}}$, В) на холостом ходу и под нагрузкой. Результаты записывайте в табл. 1 (см. пример).

Таблица 1
(как пример)

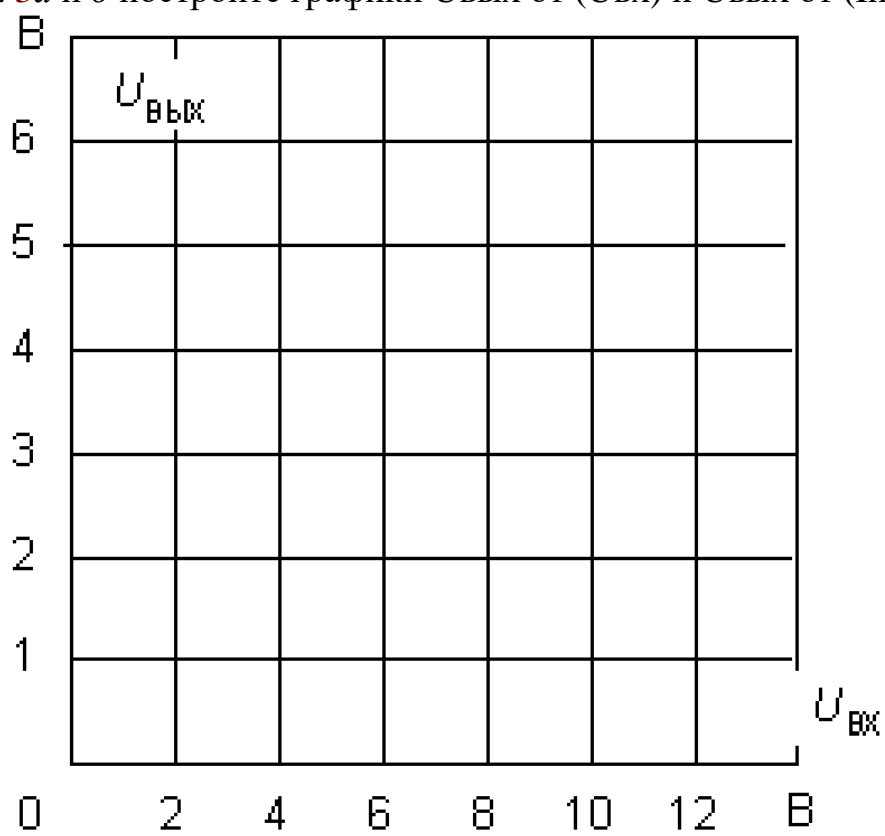
$U_{\text{вх}}$, В	0	2	4	6	8	10	12	и т.д.
$U_{\text{вых}}$, В								

7. Установите максимальное напряжение на входе ($U_{\text{пит}} = U_{\text{вх}}$). Включая различные сопротивление нагрузки $R_{\text{н}}$ от значения по варианту на величину $\pm 50\%$, и занести в таблицу табл. 2 (шаг выбрать самому). Снимите зависимость выходного напряжения стабилизатора от тока нагрузки.

Таблица 2
(как пример)

$R_{\text{н}}$, Ом	∞	150	100	47+22	47+10	47	33+10	33	и т.д.
$I_{\text{н}}$, мА	0 (х.х.)								
$U_{\text{вых}}$, В									

На рис. 3а и б постройте графики $U_{\text{вых}}$ от $(U_{\text{вх}})$ и $U_{\text{вых}}$ от $(I_{\text{н}})$.



а)

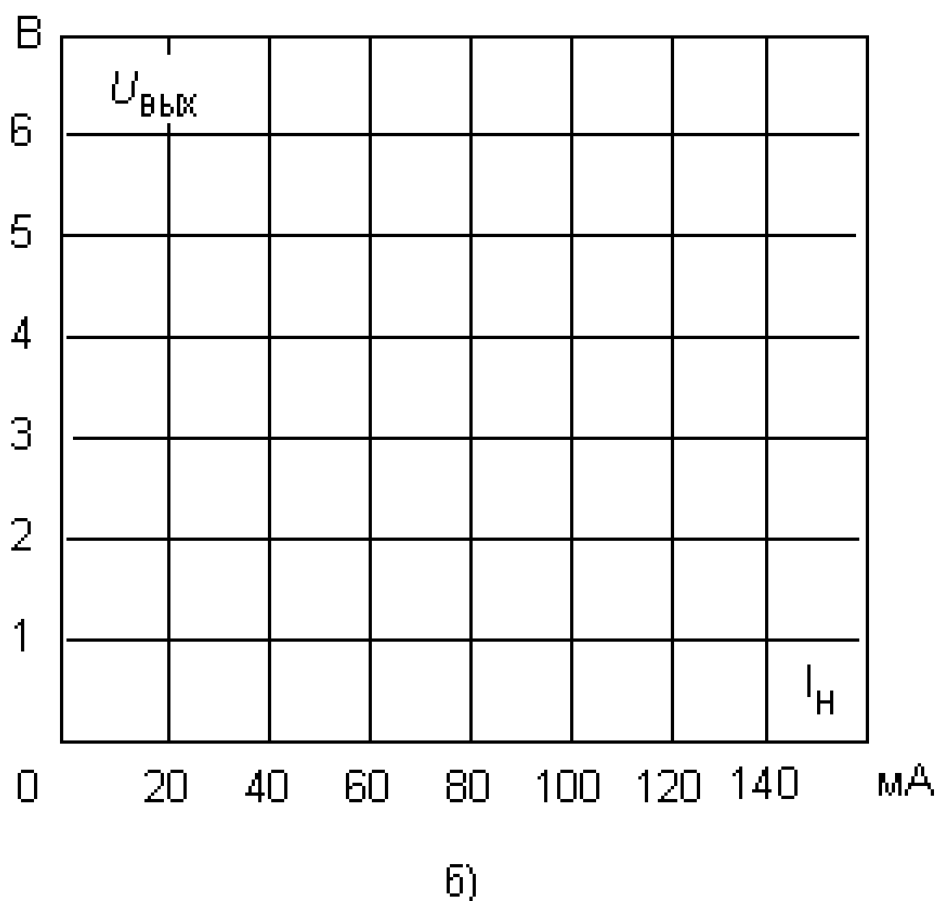


Рис. 3. Заготовки для построения результатов эксперимента

8. На графиках укажите минимально допустимое входное напряжение, максимально допустимый ток нагрузки и определите коэффициенты стабилизации по напряжению и по току, приняв $U_{вх.ном} = 8 \text{ В}$ и $I_{н.ном} = 80 \text{ мА}$ (как пример).

$$K_{ст U} = \frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх ном}} : \frac{\Delta U_{вых}}{U_{вых ном}} = \frac{\delta U_{вх}}{\delta U_{вых}} = \dots\dots\dots$$

$$K_{ст I} = \frac{\Delta I_{н}}{I_{н ном}} : \frac{\Delta U_{вых}}{U_{вых ном}} = \frac{\delta I_{н}}{\delta U_{вых}} \dots\dots\dots$$

3. Приложения

Приложение 1

Варианты заданий лабораторной работы

Вариант	Компонент	Зарубежный	Отечественный	$U_{пит.}, \text{В}$	$R_{нагр.}$	Частота, Гц	
1.	Стабилитрон	1N5518B	КС133А	13	150 Ом	1000	
2.	Стабилитрон	1N4622	КС139А	10	130 Ом	5000	
3.	Стабилитрон	1N4624	КС147А	12	180 Ом	60	
4.	Стабилитрон	1N721А	КС156А	10	150 Ом	50	
5.	Стабилитрон	1N4655	КС456А	18	100 Ом	4000	
6.	Стабилитрон	1N4099	КС168А	12	240 Ом	2000	

7.	Стабилитрон	BZX84C7V5	КС175А	8	450 Ом	4000	
8.	Стабилитрон	653C9	Д808	12	360 Ом	1000	
9.	Стабилитрон	1S333	Д814А	11	270 Ом	100	
10.	Стабилитрон	1N764	Д809	12	390 Ом	2000	
11.	Стабилитрон	185Z4	Д814Б	12	340 Ом	3000	
12.	Стабилитрон	1094Z4	Д814В	12	360 Ом	5000	
13.	Стабилитрон	1095Z4	2С516А	13	420 Ом	100	
14.	Стабилитрон	BZY83C11	Д811	13	530 Ом	100	
15.	Стабилитрон	1S2110	Д814Г	14	560 Ом	100	
16.	Стабилитрон	1N766	Д813	13	630 Ом	5000	
17.	Стабилитрон	1N4912	Д814Д	15	610 Ом	4000	
18.	Стабилитрон	1N4040В	Д817В	100	1,5кОм	3000	
19.	Стабилитрон	1N4042	Д817Г	120	2,2кОм	1000	
20.	Стабилитрон	—	Д810	11	330 Ом	100	
21.	Стабилитрон	1S473	Д811	15	680 Ом	200	
22.	Стабилитрон	1S473	Д814Г	18	620 Ом	1000	
23.	Стабилитрон	1075Z4	Д808	22	680 Ом	400	
24.	Стабилитрон	1S193	Д814А	27	680 Ом	5000	
25.	Стабилитрон	AZ7,5	КС175А	11	590 Ом	1000	
26.	Стабилитрон	1N710	КС168А	24	540 Ом	2000	
27.	Стабилитрон	1N4734	КС456А	10	56 Ом	1000	
28.	Стабилитрон	1N752А	КС156А	8	120 Ом	1000	
29.	Стабилитрон	1N674	КС147А	8	130 Ом	1000	
30.	Стабилитрон	1N4686	КС139А	12	160 Ом	1500	
31.	Стабилитрон	1S2033	КС133А	16	200Ом	150	
32.	Стабилитрон	—	Д810	12	410 Ом	100	
33.	Стабилитрон		Д814Д	15	610 Ом	300	
34.	Стабилитрон	1N766	Д813	14,5	720 Ом	250	
35.	Стабилитрон	1N4040В	Д817В	130	2,2кОм	150	
36.	Стабилитрон	1N4042	Д817Г	150	3,1кОм	100	
37.	Стабилитрон	1N4655	КС456А	30	180 Ом	250	
38.	Стабилитрон	02BZ2.2	—	2,3	440	300	
39.	Стабилитрон	1N4728А	—	4	13	250	
40.	Стабилитрон	1N4729А	—	4	35	150	
41.	Стабилитрон	1N4730А	—	4,5	18	100	
42.	Стабилитрон	1N4731А	—	5	51	250	
43.	Стабилитрон	1N4732А	—	5,5	32	200	
44.	Стабилитрон	1N4733А	—	6	34	1000	
45.	Стабилитрон	1N4734А	—	6	82	400	
46.	Стабилитрон	1N4735А	—	7	45	100	
47.	Стабилитрон	1N4736А	—	7,5	56	300	

Приложение 2

Параметры стабилитронов и их аналоги

Аналог	Тип прибора	$U_{ст\ ном}, В$ при ($I_{ст\ ном}, мА$)	$P_{max}, мВт$	Значения параметров при $T = 25^{\circ}C$, $I_{ст\ ном}$					Предельные значения параметров при $T = 25^{\circ}C$		$T_{к\ max}, ^{\circ}C$
				$U_{ст\ min}, В$	$U_{ст\ max}, В$	$r_{ст}, Ом$	$r_{ст}, Ом$ при $I_{ст\ min}$	$a_{ст}, 10^{-2} \%/^{\circ}C$	$I_{ст\ min}, мА$	$I_{ст\ max}, мА$	
1N5518B 1N5518C 1N5518D 1S2033	КС133А	3,3 (10)	300	2,97	3,63	65	180	-11	3	81	125

1S2033A											
1N4622 1N4686	КC139A	3,9 (10)	300	3,51	4,29	60	180	-10	3	70	125
1N4624 1N4688 1N674	КC147A	4,7 (10)	300	4,23	5,17	56	160	-9...+1	3	58	125
1N721A 1N752A	КC156A	5,6 (10)	300	5,04	6,16	46	160	-5...+5	3	55	125
1N4655 1N4734 1N4734A	КC456A	5,6 (36)	1000	5,04	6,16	7	145	5	3	167	125
1N4099 1N710 1N710A	КC168A	6,8 (10)	300	6,12	7,48	7	180	-6...+6	3	45	125
9607 BZX84C7V5 BZX84C7V8 AZ7,5	КC175A	7,5 (5)	150	6,82	8,21	16		-4...+4	3	18	100
1075Z4 653C7 653C9	Д808	8,0 (5)	280	7,0	8,5	6	12	7	3	33	125
1S333 1S334 1N764-1 AZ4 1S193	Д814A	8,0 (5)	340	7,0	8,5	6	12	7	3	40	125
1N764 1N764A	Д809	9,0 (5)	280	8,0	9,5	10	18	8	3	29	125
185Z4	Д814Б	9,0 (5)	340	8,0	9,5	10	18	8	3	36	125
—	Д810	10,0 (5)	280	9,0	10,5	12	25	9	3	26	125
1094Z4	Д814В	9,75 (5)	340	9,0	10,5	12	25	9	3	32	125
1095Z4	2C516A	9,7 (5)	340	9,0	10,5	12	25	9	3	32	125
BZY83C11 1S473 1S760 BZX59C11 BZX69C11	Д811	11,0 (5)	280	10,0	12,0	15	30	9,5	3	23	125
1S2110 1S2110A 1S336 1S473 1N715A 1S196	Д814Г	11,0 (5)	340	10,0	12,0	15	30	9,5	3	29	125
1N766 1N766A	Д813	13,0 (5)	280	11,5	14,0	18	35	9,5	3	20	125
1N4912 1N4912A	Д814Д	13,0 (5)	340	11,5	14,0	18	35	9,5	3	24	125

1N4040B	Д817В	82,0 (50)	5000	74,0	90,0	45	300	14	5	60	130
1N4042 1N4042A 1N4042B	Д817Г	100,0 (50)	5000	90,0	110,0	50	300	14	5	50	130
02BZ2.2	—	2,1	400	2	2,2					5	
1N4728A	—	3,3	1000	3,1	3,5	10			76	276	
1N4729A	—	3,6	1000	2,42	3,78	10			1	111	
1N4730A	—	3,9	1000	3,7	4,1	9			64	234	
1N4731A	—	4,3	1000	4,1	4,5	9			1	93	
1N4732A	—	4,7	1000	4,46	4,9	8			1	85	
1N4733A	—	5,1	1000	4,8	5,3	7			49	178	
1N4734A	—	5,6	1000	5,32	5,88	5			1	71	
1N4735A	—	6,2	1000	5,89	6,51	2			41	146	
1N4736A	—	6,8	1000	6,46	7,14	3,5			37	133	

4. Контрольные вопросы

1. Как изменяется вольт-амперная характеристика стабилитрона при увеличении частоты и почему?
2. Напряжение питания параметрического стабилизатора напряжения 10 В, напряжение стабилизации стабилитрона 5,6 В, ток стабилизации изменяется от 3 до 160 мА, сопротивление нагрузки – 100 Ом. Определите величину балластного сопротивления, если ток через стабилитрон в нормальном режиме был равен 80 мА.