

ЭКОНОМИЧНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ

В. АНДРЕЕВ, г. Тольятти Самарской обл.

СХЕМОТЕХНИКА ЭКОНОМИЧНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ

За основу при разработке экономичных стабилизаторов взят простой стабилизатор с защитой от короткого замыкания (рис. 9), уже более двух десятков лет пользующийся популярностью у радиолюбителей [13].

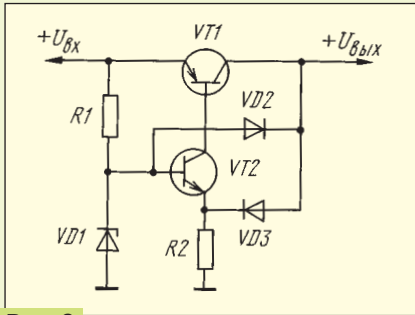


Рис. 9

Принцип его действия основан на сравнении выходного напряжения с напряжением на стабилитроне VD1. Образцовый уровень подается на базу транзистора VT2, а выходное напряжение — на эмиттер. Сигнал рассогласования усиливается транзистором VT2 и поступает на базу VT1. Элементы R1, R2, VD1, VT2 образуют стабилизатор тока, поэтому максимальный выходной ток стабилизатора ограничен. При уменьшении сопротивления нагрузки выходной ток стабилизатора возрастает до уровня ограничения ($I_{огр}$), затем происходит уменьшение выходного напряжения. Когда на выходе оно понизится до значения $U_{VD1} - U_{VD2}$ или $U_{VD1} - 0,6$ В, открывшийся диод VD2 шунтирует стабилитрон VD1.

При коротком замыкании уровень сигнала на базе транзистора VT2 будет равен падению напряжения на p-n переходе диода VD2 в прямом включении. Это уменьшает ток коллектора транзистора VT2, и, следовательно, выходной ток стабилизатора при коротком замыкании ($I_{кз}$) будет меньше тока ограничения.

Выходное напряжение стабилизатора определяется соотношением

$$U_{вых} = U_{VD1} - U_{БЭ VT2} + U_{VD3},$$

где U_{VD1} — напряжение стабилизации стабилитрона; $U_{БЭ VT2}$ — падение напряжения на переходе база-эмиттер транзистора VT2; U_{VD3} — падение напряжения на диоде VD3 в прямом включении.

Так как $U_{БЭ VT2} \approx U_{VD3} \approx 0,6$ В, то можно считать, что выходное напряжение стабилизатора равно напряжению стабилизации стабилитрона VD1.

Коэффициент стабилизации ($K_{ст}$) стабилизатора

$$K_{ст} = (\Delta U_{вх} / \Delta U_{вых}) \cdot (U_{вых} / U_{вх}),$$

где $\Delta U_{вх}$ и $\Delta U_{вых}$ — соответственно приращения напряжения на входе и выходе стабилизатора; практически равен $K_{ст}$ стабилитрона VD1.

Температурный коэффициент напряжения (ТКН) стабилизатора при-

мерно равен ТКН стабилитрона VD1, так как ТКН p-n переходов кремниевых транзисторов и диодов одинаков и имеет величину около -2 мВ/°С, а из выражения для выходного напряжения видно, что они взаимно вычитаются.

Выходное сопротивление стабилизатора

$$R_{вых} = \Delta U_{вых} / \Delta I_{н},$$

где $\Delta I_{н}$ — приращение тока нагрузки; в основном зависит от коэффициента усиления транзистора VT1 и выбранного значения ограничения выходного тока ($I_{огр}$).

Ток ограничения стабилизатора устанавливают подборкой резистора R2, сопротивление которого определяет соотношение

$$R2 \approx (U_{VD1} - U_{БЭ VT2}) / I_{огр VT2},$$

где $U_{БЭ VT2} \approx 0,6$ В; $I_{огр VT2}$ — ток эмиттера транзистора VT2, который примерно равен току базы транзистора VT1 ($I_{Б VT1}$). Ток базы транзистора VT1 связан с выходным током стабилизатора выражением $I_{Б VT1} = I_{вых} / h_{21Э VT1}$, поэтому можно записать

$$R2 \approx (U_{VD1} - 0,6 \text{ В}) h_{21Э VT1} / I_{огр}.$$

Для обеспечения минимального падения напряжения выбирают ток $I_{огр}$ не менее $(2...3)I_{н}$.

Основные характеристики стабилизатора, испытанного с разными стабилитронами, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип стабилитрона VD1	R1, кОм	R2, кОм	$U_{вых}$, В	$K_{ст}$	ТКН, мВ/°С	$\Delta U_{мин}$, В
KC119A	0,24	3,9	1,9	16	-6,0	0,27
АЛ102Б	0,3	3,0	1,9	15	-1,9	0,25
2хАЛ102А	0,56	9,1	3,8	16	-4,2	0,3
KC133A	0,33	10	3,0	7,5	-2,0	0,6
KC439A	0,43	11	3,5	8,5	-1,4	0,6
KC147A	0,47	15	4,7	10	-0,8	0,6
KC156A	0,51	20	5,7	35	+2,5	0,55
KC168A	0,82	33	7,0	50	+5,2	0,4
Д814А	0,91	39	8,3	55	+8,2	0,35
Д814Д	1,2	68	12,3	55	+17,7	0,5
Д818Д	0,91	43	8,8	40	+1,0	0,4
KC510A	1,2	47	10,4	80	+12,7	0,35

Для всех вариантов: транзистор VT1 — серии КТ3107 ($h_{21Э} = 230$); транзистор VT2 — серии КТ3102 ($h_{21Э} = 200$); диоды VD2, VD3 — КД103А; ток потребления стабилизатора (без нагрузки) равен 8...10 мА при $U_{вх} = 2U_{вых}$; $R_{вых} \approx 2,0$ Ом при $I_{н} = 20$ мА;

$I_{огр} = 60...70$ мА; $I_{кз} \approx 20$ мА; $K_{ст}$ определялся при $U_{вх} = 2U_{вых}$.

Минимальное падение напряжения $\Delta U_{мин} = U_{вх} - U_{вых}$ определяют следующим образом (рис. 10): измеряют $U_{вых}$ стабилизатора при $U_{вх} = 2U_{вых}$ и номинальном токе нагрузки (в данном случае 20 мА), затем $U_{вх}$ уменьшают до $U_{вх}$ и измеряют новое значение $U_{вых}$. Разность между этими напряжениями — важнейший параметр экономичного стабилизатора, предназначенного для работы от батарей. При более строгом подходе этот параметр нельзя называть минимальным падением напряжения; такое определение достаточно условно. Минимальное падение напряжения на стабилизаторе зависит от допустимого уменьшения выходного напряжения, которое может быть разным, в зависимости от характера нагрузки, но предложенный способ измерения $\Delta U_{мин}$ более удобен и универсален, так как позволяет сравнивать параметры различных стабилизаторов без учета требований конкретной нагрузки.

Необходимо отметить, что этот параметр сильно зависит от тока нагрузки, а также от уровня ограничения выходного тока и качества стабилитрона. При использовании стабилитронов с большим падением напряжения в области малого тока (KC133A, KC139A, KC147A, KC156A) даже при токе нагрузки менее 20 мА не удается получить $\Delta U_{мин}$ менее 0,6 В.

Из табл. 1 видно, что характеристики стабилизатора довольно посредственны, особенно при стабилизации низкого напряжения, и практически полностью зависят от параметров источника образцового напряжения (ИОН), выполненного в виде простого параметрического стабилизатора (R1VD1).

Образцовое напряжение выбрано слишком большим, оно равно выходному напряжению стабилизатора, поэтому при уменьшении $U_{вх}$ до $U_{вых}$ ток через стабилитрон резко падает, что приводит к уменьшению напряжения на стабилитроне и соответственно на выходе.

Ток стабилитрона, выбранный по обычным методикам, неоправданно велик как по сравнению с током базы транзистора VT2, так и с током нагрузки, поэтому КПД стабилизатора довольно низкий.

Для улучшения характеристик стабилизатора необходимо в первую очередь улучшить параметры ИОН, уменьшив образцовое напряжение

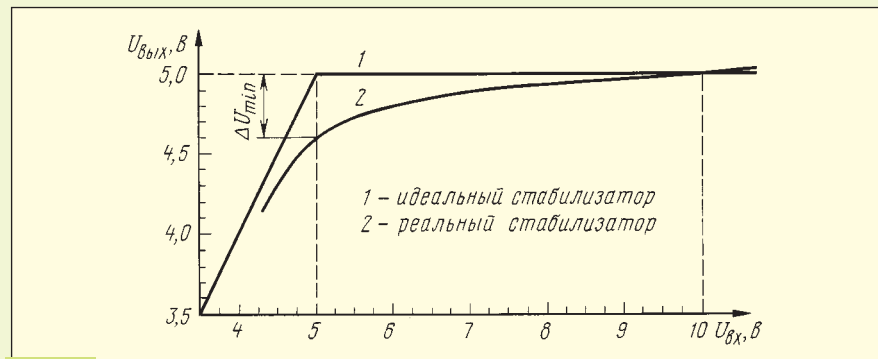


Рис. 10

Продолжение. Начало см. в «Радио», 1998, № 6