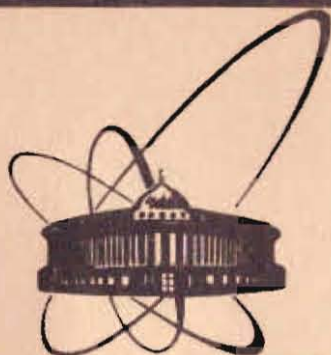


85-798



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-85-798

Г.Р.Алимов, Б.Г.Ирханов, Н.М.Лустов, Б.Ю.Семенов

**ПРЕЦИЗИОННЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ
С МОСТОВОЙ СХЕМОЙ ФОРМИРОВАНИЯ ТОКА
ОПОРНОГО ЭЛЕМЕНТА**

1985

Общая нестабильность источника опорного напряжения /ИОН/, выполненного на стабилитроне, складывается из трех составляющих: температурной ΔV_T , временной ΔV_t и обусловленной изменением тока стабилитрона ΔV_I :

$$\Delta V_{\Sigma} = \Delta V_T + \Delta V_t + \Delta V_I.$$

Первые две составляющие - параметры самого стабилитрона, последняя же зависит от характеристик других элементов схемы и ее конфигурации.

Величина температурного коэффициента напряжения для прецизионных стабилитронов составляет $\pm 0,05 \dots \pm 0,09$ мВ/К⁻¹. Этот коэффициент определяет минимальное значение температурной нестабильности выходного напряжения ИОН, выполненного без термостатирования стабилитрона, и поэтому может служить критерием для выбора конфигурации схемы и типа ее элементов.

На рис.1 изображены четыре схемы ИОН: а, б - простейшие одно- и двухкаскадные, в - описанная в [2] с использованием операционного усилителя /ОУ/ и г - предлагаемая, с ОУ и мостовой схемой формирования тока опорного стабилитрона. В таблице приведены выражения и численные значения составляющих нестабильности выходного напряжения для этих схем. Численные значения подсчитаны для случая использования в схемах стабилитрона типа КС191Р¹, операционного усилителя типа 140УД8³, резисторов /R, R1, R2/ типа С2-13 и С2-29⁴. Вывод приведенных в таблице выражений дается в приложении.

Из рис.1 и таблицы видно, что предлагаемая схема имеет существенно меньшую нестабильность выходного напряжения, чем остальные рассматриваемые, ее суммарная нестабильность оказывается зависимой только от температурной и временной нестабильности используемого стабилитрона. Заметим также, что предлагаемая схема содержит меньшее количество прецизионных элементов, чем схема, изображенная на рис.1в.

Принципиальная электрическая схема прецизионного стабилизатора напряжения /ПСН/ с мостовой схемой формирования тока опорного элемента изображена на рис.2. VT1 служит усилителем тока. Выходной каскад выполнен в виде повторителя напряжения с использованием операционного усилителя на D2 и составного повторителя на транзисторах VT2, VT3. Напряжение на выходе стабилизатора регулируется в пределах от 0 до 9 вольт.

Таблица 1

Составляющие нестабильности опорного напряжения для схем, изображенных на рис.1

Составляющая нестабильности опорного напряжения	Схема (рис.1)			
	а	б	в	г
За счет температурного дрейфа напряжения стабилизации стабилитрона, мВ/К	$TKU = \pm 0,05$			
За счет температурного дрейфа сопротивления токозадающего резистора, мВ/К	$\mu \cdot I \cdot TKC(R) = 150 \cdot TKC(R) = \pm 0,015$			
За счет изменения на 1% напряжения питания, мВ	± 3	$\pm 0,3$	-	-
За счет температурного дрейфа напряжения смещения операционного усилителя, мВ/К	-	-	$TKU_{см} = \pm 0,05$	$\frac{\mu}{R} \cdot TKU_{см} = 0,015 \cdot TKU_{см} = \pm 0,00075$
За счет температурного дрейфа коэффициента передачи делителя $R1, R2$, мВ/К	-	-	$U_{ст} \frac{2R1}{R2} \cdot TKC(R1, R2) = \pm 1$	-

Примечание: I - 10 мА - ток стабилитрона; r - дифференциальное сопротивление стабилитрона; TKC - температурный коэффициент сопротивления резисторов $R, R1, R2$; $TKU_{см}$ - температурный коэффициент напряжения смещения операционного усилителя.

Испытания показали, что температурная нестабильность описываемого ПСН менее $5 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ в интервале от 20°C до 40°C , т.е. значительно меньше справочного значения подобного параметра для используемых стабилитронов.

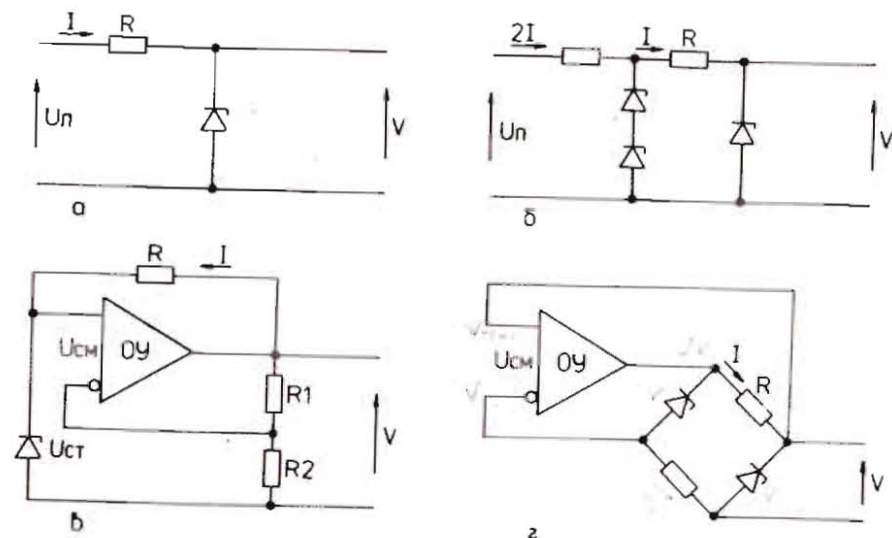


Рис.1. Способы формирования тока стабилитрона. V - выходное /опорное/ напряжение; U_n - напряжение питания; R - токозадающий резистор опорного стабилитрона; I - ток опорного стабилитрона; $U_{см}$ - напряжение смещения операционного усилителя; $R1, R2$ - резисторы делителя выходного напряжения.

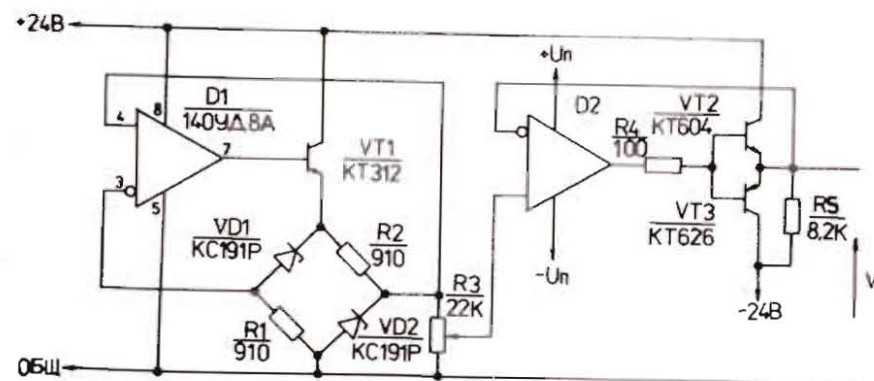


Рис.2. Принципиальная электрическая схема прецизионного стабилизатора напряжения.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Нестабильность опорного напряжения, связанная с температурным дрейфом сопротивления токозадающего резистора R /рис.1а, б, в, г/.

Напряжение на стабилитроне может быть представлено в виде суммы двух составляющих

$$U_{ст} = U + Ir = U + \frac{U_R}{R} \cdot r, \quad \text{П1}$$

где U - часть напряжения стабилитрона, не зависящая от тока через него; I - ток через стабилитрон; r - динамическое сопротивление стабилитрона; U_R - напряжение на резисторе R.

Дифференцируя П1, получим

$$\frac{\partial U_{ст}(R)}{\partial T} = \frac{U_R}{R} \cdot r \cdot \frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial T},$$

где $\frac{U_R}{R} = I$ - ток стабилитрона; $\frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial T} = \text{TKC}$ - температурный коэффициент сопротивления резистора R.

Следовательно,

$$\frac{\partial U_{ст}(R)}{\partial T} = Ir \cdot \text{TKC}(R) = 150 \text{TKC}(R) \text{ [мВ/К]}.$$

2. Составляющая нестабильности опорного напряжения, связанная с температурным дрейфом напряжения смещения ОУ.

Для схемы на рис.1в, имеем

$$V = U_{ст} \left(\frac{R2}{R1} + 1 \right) + U_{см}.$$

$$\frac{\partial V(U_{см})}{\partial T} = \frac{\partial U_{см}}{\partial T} = \text{TKU}_{см},$$

где $\text{TKU}_{см}$ - температурный коэффициент напряжения смещения ОУ.

Для схемы на рис.1г можно записать

$$\Delta V(U_{см}) = \frac{r}{R} U_{см},$$

где $\Delta V(U_{см})$ - составляющая выходного опорного напряжения, связанная с напряжением U_{см}.

$$\frac{\partial \Delta V(U_{см})}{\partial T} = \frac{r}{R} \frac{\partial U_{см}}{\partial T} = \frac{r}{R} \text{TKU}_{см}.$$

3. Составляющая нестабильности опорного напряжения за счет температурного дрейфа сопротивлений R1, R2 выходного делителя /рис.1в/

$$V = U_{ст} \left(\frac{R1}{R2} + 1 \right) + U_{см}.$$

$$\frac{\partial V(R1/R2)}{\partial T} = U_{ст} \frac{\partial (R1/R2)}{\partial T} = U_{ст} \left[\frac{R1}{(R2)^2} \frac{\partial R2}{\partial T} + \frac{R1}{R2} \cdot \frac{1}{R1} \frac{\partial R1}{\partial T} \right] -$$

$$= U_{ст} \frac{R1}{R2} \{ \text{TKC}(R1) + \text{TKC}(R2) \},$$

где $\text{TKC}/R1/$ и $\text{TKC}/R2/$ - температурный коэффициент сопротивлений резисторов R1, R2 соответственно.

В наиболее неблагоприятном случае и при равных ТКС резисторов получим

$$\frac{\partial V(R1/R2)}{\partial T} = U_{ст} \cdot 2 \frac{R1}{R2} \cdot \text{TKC}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник /под ред. Н.Н. Горюнова/. Энергоатомиздат, М., 1984.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники, "Мир", М., 1984, т.1, с.317.
3. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы. Справочное пособие /под ред. С.В. Якубовского/. "Радио и связь", М., 1985.
4. Резисторы. Справочник /под ред. И.И. Четверткова/. Энергоиздат, М., 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 ноября 1985 года.