

ление резистора R_3 из условия $R_3 \gg R_2$. Принимаем $R_3 = 500$ кОм.

Из формулы (12.37) или (12.38) определяем сопротивление резистора $R_4 = R_3 U_{\text{вых0}} / E_{\text{огр}} = 500 \cdot 2 / 10 = 100$ кОм.

ГЛАВА 13

СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

§ 13.1. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ

При проектировании источников питания для радиоэлектронной аппаратуры предъявляются высокие требования к стабильности выходного напряжения.

Простейшими стабилизаторами напряжения являются схемы, использующие нелинейные элементы, вольт-амперная характеристика которых содержит участок, где напряжение почти не зависит от тока. Такую вольт-амперную характеристику имеет стабилитрон, работающий при обратном напряжении в области пробоя (рис. 13.1, б).

Схема простейшего стабилизатора напряжения, называемого параметрическим, приведена на рис. 13.1, а. В этой схеме стабильность выходного напряжения определяется в основном параметрами стабилитрона. Колебания входного напряжения или тока нагрузки приводят к изменению тока через стабилитрон, однако напряжение на стабилитроне, подключенном параллельно нагрузке, изменяется незначительно.

Действительно, входное напряжение распределяется между балластным резистором R_6 и стабилитроном (рис. 13.1, б):

$$U_{\text{вх}} = U_{R_6} + U_{\text{ст}} \quad (13.1)$$

где $U_{R_6} = (I_{\text{ст}} + I_{\text{н}}) R_6$ — падение напряжения на балластном резисторе R_6 от протекания токов стабилитрона $I_{\text{ст}}$ и нагрузки $I_{\text{н}}$.

Так как напряжение на стабилитроне $U_{\text{ст}}$ в соответствии с вольт-амперной характеристикой почти не зависит от тока стабилитрона в пределах участка от $I_{\text{стmin}}$ до $I_{\text{стmax}}$, то приращение входного напряжения $\Delta U_{\text{вх}}$ равно приращению напряжения ΔU_{R_6} на резисторе R_6 .

Так как ток нагрузки $I_{\text{н}} = U_{\text{н}} / R_{\text{н}} = U_{\text{ст}} / R_{\text{н}}$ остается при этом неизменным, то

$$\Delta U_{\text{вх}} = \Delta U_{R_6} = \Delta I_{\text{ст}} R_6 \quad (13.2)$$

т. е. при изменении входного напряжения на значение $\Delta U_{\text{вх}}$ ток стабилитрона изменяется на значение $\Delta U_{\text{вх}} / R_6$.

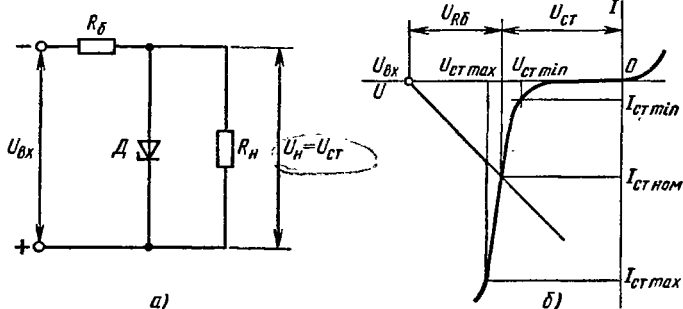


Рис. 13.1

Предположим, что нагрузка изменилась, например уменьшилось сопротивление резистора R_n , что привело к увеличению тока нагрузки. Так как при неизменном входном напряжении должно сохраняться постоянство входного тока ($I_{вх} = I_{ст} + I_n = \text{const}$), то увеличение тока I_n влечет за собой уменьшение на такое же значение тока стабилитрона.

Основными параметрами стабилизаторов напряжения являются:

коэффициент полезного действия, равный отношению мощности, выделяемой в нагрузку, к входной мощности, т. е.

$$\eta = \frac{P_n}{P_{вх}} = \frac{U_n I_n}{U_{вх} I_{вх}}; \quad (13.3)$$

коэффициент стабилизации, определяемый как отношение относительного приращения напряжения на входе стабилизатора $\Delta U_{вх}/U_{вх}$ к относительному приращению напряжения на выходе $\Delta U_n/U_n$ при постоянной нагрузке:

$$K_{ст} = \frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх}} : \frac{\Delta U_n}{U_n} \Big|_{R_n = \text{const}}; \quad (13.4)$$

выходное сопротивление, равное отношению приращения напряжения на выходе стабилизатора ΔU_n к приращению тока нагрузки ΔI_n :

$$R_{вых} = \frac{\Delta U_n}{\Delta I_n} \Big|_{U_{вх} = \text{const}}. \quad (13.5)$$

При питании усилителей выходное сопротивление стабилизатора создает паразитные обратные связи через источник, приводящие к изменению параметров усилителей и даже к самовозбуждению усилителей. Поэтому выходное сопротивление стабилизатора желательно снижать.

Выходное сопротивление параметрического стабилизатора (рис. 13.1, а) определяется дифференциальным сопротивлением стабилизатора R_d на рабочем участке вольт-амперной характеристики:

$$R_{\text{вых}} = R_d = \frac{\Delta U_{\text{ст}}}{\Delta I_{\text{ст}}} = \frac{U_{\text{ст max}} - U_{\text{ст min}}}{I_{\text{ст max}} - I_{\text{ст min}}}, \quad (13.6)$$

поскольку выходным напряжением стабилизатора является напряжение на стабилитроне ($U_H = U_{\text{ст}}$), а изменение тока в нагрузке равно изменению тока через стабилитрон ($\Delta I_H = \Delta I_{\text{ст}}$).

Записав $\Delta U_{\text{ст}} = \Delta I_{\text{ст}} R_d$ и учтя выражение (13.2), найдем в соответствии с формулой (13.4) коэффициент стабилизации параметрического стабилизатора:

$$K_{\text{ст}} = \frac{\Delta I_{\text{ст}} R_6}{U_{\text{вх}}} : \frac{\Delta I_{\text{ст}} R_d}{U_H} = \frac{U_H}{U_{\text{вх}}} \frac{R_6}{R_d}. \quad (13.7)$$

Из формулы (13.7) следует, что с ростом сопротивления R_6 увеличивается коэффициент стабилизации. Однако при заданных параметрах $U_{\text{вх}}$, U_H , $I_{\text{ст. ном}}$, I_H сопротивление R_6 однозначно определяется из выражения

$$R_6 = \frac{U_{\text{вх}} - U_H}{I_H + I_{\text{ст. ном}}}, \quad (13.8)$$

где $I_{\text{ст. ном}} = \frac{I_{\text{ст max}} - I_{\text{ст min}}}{2}$ — номинальный ток стабилитрона (рис. 13.1, б).

Увеличить сопротивление R_6 можно лишь повысив напряжение $U_{\text{вх}}$, а это, в свою очередь, приводит к уменьшению величины $K_{\text{ст}}$. Поэтому коэффициент стабилизации параметрических стабилизаторов напряжения не превышает 50. Для повышения величины $K_{\text{ст}}$ можно применять каскадное включение стабилитронов.

Параметрические стабилизаторы напряжения просты и надежны, однако обладают существенными недостатками, главными из которых являются невозможность регулировки выходного напряжения и малое значение коэффициента стабилизации, особенно при больших токах нагрузки ($I_H > I_{\text{ст. ном}}$).

§ 13.2. КОМПЕНСАЦИОННЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ

Высокое качество стабилизации напряжения можно получить при использовании компенсационных стабилизаторов, представляющих собой автоматические регуляторы, в которых фактическое выходное напряжение сравнивается с эталонным (опорным) напряжением. Возникающий при этом сигнал рассогласования усиливается и воздействует на регулирующий элемент