

11.15. Какие изменения следует произвести в схеме ждущего мультивибратора (рис. 11.10), чтобы сформировать на выходе положительный перепад напряжения?

Ответ: для формирования положительных импульсов на выходе схемы следует изменить полярность включения диодов D_1, D_2 и осуществить запуск схемы коротким положительным импульсом.

ГЛАВА 12

ГЕНЕРАТОРЫ ПИЛООБРАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

§ 12.1. ПРИНЦИП ПОЛУЧЕНИЯ ПИЛООБРАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Напряжение пилообразной формы (рис. 12.1) характеризуется двумя промежутками времени: временем рабочего хода $t_{\text{раб}}$, в течение которого напряжение изменяется по линейному закону, и временем обратного хода $t_{\text{обр}}$, в течение которого напряжение возвращается к исходному значению. Закон изменения напряжения за время обратного хода обычно несуществен, однако необходимо выполнение условия $t_{\text{раб}} \gg t_{\text{обр}}$.

Различают положительное и отрицательное, а также нарастающее и спадающее пилообразные напряжения. На рис. 12.1 приведены положительное нарастающее пилообразное напряжение (а), положительное спадающее (б), отрицательное спадающее (в) и отрицательное нарастающее напряжение (г).

Для получения пилообразного напряжения в схеме генератора необходимо обеспечить в течение времени $t_{\text{раб}}$ заряд или разряд некоторого конденсатора большой емкости постоянным током. Действительно, если $I_C = \text{const}$, то напряжение на конденсаторе

$$U_C = \int_{t_1}^{t_2} (I_C/C) dt = (I_C/C)(t_2 - t_1), \quad (12.1)$$

т. е. для получения идеальной линейности напряжения на конденса-

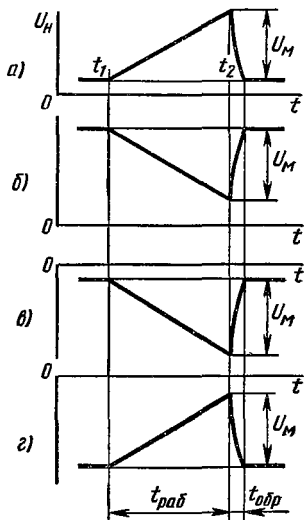


Рис. 12.1

торе U_C ток заряда должен быть постоянным. Напряжение U_C для большинства генераторов является выходным или передается на выход через повторитель.

Требование постоянства тока I_C вытекает также из выражения для скорости заряда (разряда) конденсатора постоянным током:

$$dU_C/dt = I_C/C. \quad (12.2)$$

Чтобы оценить степень линейности напряжения за время рабочего хода $t_{\text{раб}}$, вводят коэффициент нелинейности

$$K_{\text{н}} = \frac{(dU_C/dt)_{t=t_1} - (dU_C/dt)_{t=t_2}}{(dU_C/dt)_{t=t_1}}. \quad (12.3)$$

Подставляя (12.2) в формулу (12.3), получаем

$$K_{\text{н}} = \frac{I_C(t_1) - I_C(t_2)}{I_C(t_1)}. \quad (12.4)$$

Схема простейшего генератора линейно возрастающего напряжения и временные диаграммы входного и выходного напряжений схемы приведены на рис. 12.2, а, б.

В исходном состоянии транзистор находится в режиме насыщения. Пренебрегая остаточным напряжением $U_{\text{кн}}$ насыщенного транзистора, следует принять, что $U_C(0) \approx 0$. В момент времени t_1 транзистор под действием входного импульса запирается. Если не учитывать время переходных процессов в транзисторе, то можно считать, что ток через конденсатор в момент времени t_1 скачком возрастает до значения

$$I_C(t_1) \approx E_K/R_K. \quad (12.5)$$

По мере заряда конденсатора напряжение u_C возрастает по экспоненциальному закону с постоянной времени $\tau_3 = R_K C$, стремясь к значению $E_K - I_{\text{КБ0}}R_K$:

$$u_C(t) = (E_K - I_{\text{КБ0}}R_K)(1 - e^{-t/\tau_3}) \approx E_K(1 - e^{-t/\tau_3}). \quad (12.6)$$

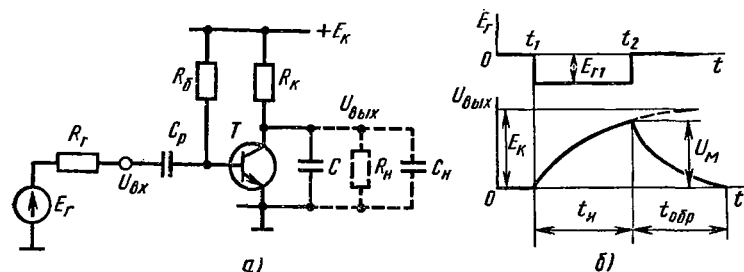


Рис. 12.2

Ток I_C уменьшается с той же постоянной времени:

$$I_C(t) = (E_K/R_K) e^{-\frac{t}{\tau_3}}. \quad (12.7)$$

В момент времени t_2 , когда транзистор снова открывается, ток через конденсатор

$$I_C(t_2) = (E_K/R_K) e^{-\frac{t_H}{\tau_3}}. \quad (12.8)$$

Формула (12.4) с учетом выражений (12.5) и (12.8) приобретает вид

$$K_H = U_M/E_K = 1 - e^{-\frac{t_H}{\tau_3}}, \quad (12.9)$$

где $U_M = E_K(1 - e^{-\frac{t_H}{\tau_3}})$ — амплитуда выходного напряжения. При $t_H \ll \tau_3$ разложим экспоненту e^{-t_H/τ_3} в степенной ряд и ограничимся первыми двумя членами. Тогда формула (12.9) будет иметь вид

$$K_H = \frac{t_H}{\tau_3} = \frac{t_H}{R_K C}. \quad (12.10)$$

После момента времени t_2 транзистор открывается и под действием базового тока $I_B \approx E_K/R_B$ ток коллектора изменяется по экспоненциальному закону с постоянной времени разряда конденсатора

$$\tau_p = (R_K \parallel R_{\text{вых.э}}) C \gg \tau_\beta,$$

где $R_{\text{вых.э}}$ — выходное сопротивление транзистора, включенного по схеме ОЭ.

Время обратного хода, определяемое с момента времени t_2 до момента времени, когда транзистор входит в режим насыщения, определяется формулой [15]

$$t_{\text{обр}} = \frac{CU_M}{\beta I_B - I_C(t_2)} = \frac{CU_M}{\beta I_B - I_{KH}} = \frac{t_H}{\beta \frac{R_K}{R_B} - 1}. \quad (12.11)$$

Вводя в формулу (12.11) величину степени насыщения транзистора S , получим

$$t_{\text{обр}} = \frac{t_H}{S - 1}. \quad (12.12)$$

Таким образом, для уменьшения времени обратного хода следует увеличивать степень насыщения транзистора. Однако

при этом выходное напряжение генератора задерживается относительно момента подачи входного сигнала на время $t_{рас}$ обусловленное рассасыванием носителей в базе.

§12.2. УЛУЧШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРОВ ПИЛООБРАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Если требуется получить коэффициент $K_H < 10\%$, используют токостабилизирующие нелинейные элементы в цепи заряда или разряда выходного конденсатора. Таким элементом является, например, транзистор, включенный по схеме ОБ. При заданном токе эмиттера $I_3 = \text{const}$ дифференциальное сопротивление коллекторного перехода транзистора $r_k = \Delta U_{кб}/\Delta I_k$ составляет 10^6 Ом и более. Таким образом, при изменении приложенного к транзистору напряжения $U_{кб} \approx U_{кэ}$ ток через транзистор практически постоянен.

Схема генератора падающего напряжения с транзисторным стабилизатором тока в цепи разряда конденсатора и временные диаграммы входного и выходного напряжений приведены на рис. 12.3, а, б. В исходном состоянии коммутирующий транзистор T_1 открыт и насыщен. Условие насыщения транзистора T_1 имеет вид $R_6 < R_k\beta$ или

$$R_6 = R_k\beta_{\min}/S. \quad (12.13)$$

В коллекторной цепи токостабилизирующего транзистора T_2 , находящегося в активном режиме, протекает ток

$$I_{k2} = \alpha_2 I_{э2} \approx E_3/R_3.$$

Так как транзисторы T_1 и T_2 соединены последовательно, то и через транзистор T_1 протекает ток

$$I_k = I_{k1} = I_{k2}.$$

Таким образом, в исходном состоянии схемы конденсатор C

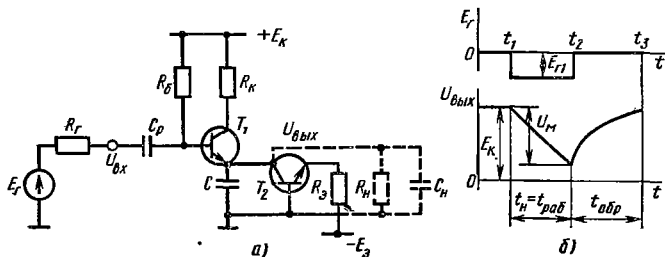


Рис. 12.3