

Лекция 8

Генератор линейно изменяющегося напряжения (ГЛИН)

Цель лекции:

Изучение принципов работы генераторов линейно изменяющегося напряжения.

План лекции:

1. Формы сигналов ГЛИН.
2. Схема ГЛИН, работающего по принципу заряда конденсатора.
3. Схема генератора пилообразного напряжения со стабилизатором тока.
4. Схема ГЛИН с внешним управлением

Генератор линейного изменяющегося напряжения (ГЛИН) - импульсное устройство, в выходном напряжении которого имеется участок линейно изменяющийся во времени. Напряжение может меняться периодически. В этом случае ГЛИН называется генератором пилообразного напряжения (ГПН) или генератором напряжения треугольной формы (рис. 1, а, б).

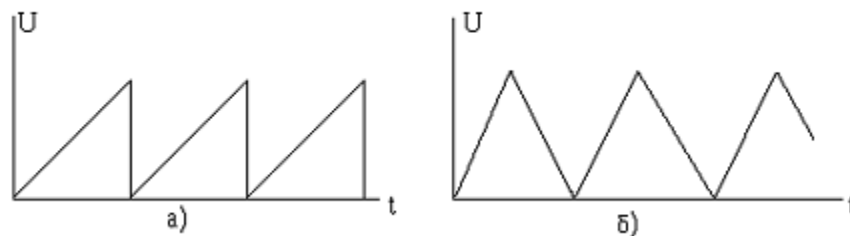


Рис. 1. Формы сигналов ГЛИН

Если напряжение меняется от минимального значения к максимальному (по абсолютной величине), то его называют линейно-нарастающим

напряжением. Если меняется от максимального значения к минимальному - линейно-падающим.

В состав ГЛИН могут входить транзисторные ключи, компараторы, усилители и т.д. Схемы ГЛИН могут работать в 3-х режимах: с внешним возбуждением, в ждущем режиме и автоколебательном режиме. Различают три способа создания ГЛИН: 1) с повторительной обратной связью - это введение некоторого компенсирующего напряжения в цепь заряда емкости; 2) со следящей обратной связью - введение напряжения компенсации, равное U_c ; 3) использование системы типа интегратора;

ГЛИН строятся на принципе заряда и разряда конденсатора. Схема простейшего ГЛИН, работающего по принципу заряда конденсатора, показана на рис. 2, а. Она состоит из времязадающего конденсатора C , резистора R_k и транзисторного ключа VT1. На вход транзисторного ключа подается последовательность прямоугольных импульсов с заданным интервалом между импульсами и длительностью (рис. 2, б). Когда на базе транзистора нулевое напряжение (промежуток времени между импульсами), транзистор закрыт и происходит заряд конденсатора через резистор R_k .

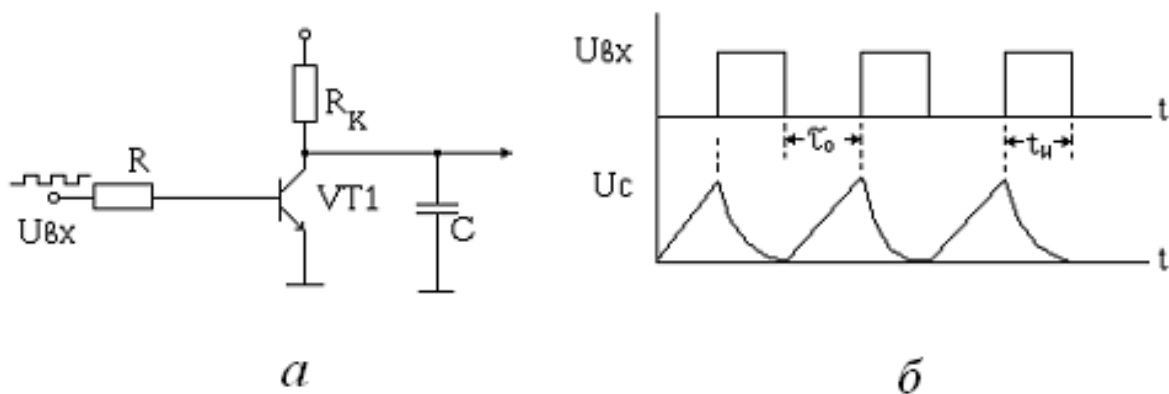


Рис. 2. Схема простейшего ГЛИН (а) и его временные диаграммы (б)

Если постоянная времени цепи $R_k C$ достаточно большая, т.е. существенно больше периода следования прямоугольных импульсов, напряжение на конденсаторе нарастает линейно. Заряд конденсатора

продолжается до поступления импульса, открывающего транзистор VT . Когда транзистор открывается, начинается процесс разряда конденсатора. Интервал времени между отпирающими импульсами должен быть достаточным для полного разряда конденсатора C .

Напряжение на конденсаторе изменяется по закону:

$$U_c = E_{\pi} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (1)$$

где $\tau = RC$ - постоянная времени цепи, состоящей из R_k и C ; t - текущее значение времени, когда $t = 0$, $U_c = E_{\pi}(1 - 1) = 0$.

Известно, что функцию e^x можно представить в виде степенного ряда

$$e^x = 1 + X + \frac{X^2}{2!} + \frac{X^3}{3!} + \dots + \frac{X^n}{n!}. \quad (2)$$

Для значений $X \ll 1$ функцию можно определить первыми двумя членами ряда

$$e^x = 1 + X, \quad (3)$$

тогда, используя это выражение для случая заряда конденсатора при $t \ll \tau$, определяем напряжение на конденсаторе

$$U_c = E_{\pi}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = E_{\pi}(1 - 1 + \frac{t}{\tau}) = \frac{E_{\pi}t}{\tau}, \quad (4)$$

где $t/\tau \ll 1$.

Очевидно, что в случае использования этого процесса в ГЛИН, $t = t_{\text{и}} =$

$t_{\text{зар}}$; $\tau = R_k C$, тогда

$$U_c = E_n \frac{t_n}{R_x C}. \quad (5)$$

Линейно изменяющееся напряжение (ЛИН) – это импульсное напряжение, которое в течение некоторого времени изменяется практически по линейному закону, а затем возвращается к исходному уровню. ЛИН характеризуется следующими основными параметрами: периодом T , длительностью рабочего хода t_p , длительностью обратного хода $t_{обр}$, амплитудой U_m , коэффициентом нелинейности ε :

$$\varepsilon = \left[\left| \frac{dU}{dt} \right|_{t=0} - \left| \frac{dU}{dt} \right|_{t=t_p} \right] / \left| \frac{dU}{dt} \right|_{t=0}, \quad (6)$$

где $\left| \frac{dU}{dt} \right|_{t=0}$ и $\left| \frac{dU}{dt} \right|_{t=t_p}$ – соответственно скорость изменения напряжения в начале и в конце рабочего хода.

Для коэффициента нелинейности следует, что чем лучше линейность пилообразного напряжения, тем меньше амплитуда напряжения ГЛИН.

2. Коэффициент использования напряжения: $\gamma = U_m / E$. Для повышения коэффициента использования напряжения питания при малых значениях коэффициента нелинейности применяются стабилизаторы постоянного тока (ГСТ).

Схема простого генератора пилообразного напряжения со стабилизатором тока в цепи разряда конденсатора показана на рис. 3, а. Заряд конденсатора осуществляется через транзистор $VT1$ и сопротивление R_k . За время заряда напряжение на конденсаторе достигает практически

напряжения источника питания. Когда приходит на базу транзисторов нулевой уровень, первый транзистор закрывается, а транзистор $VT2$ переходит в режим генератора стабильного тока (ГСТ) и через него протекает стабильный постоянный ток разряда конденсатора (рис. 3, б).

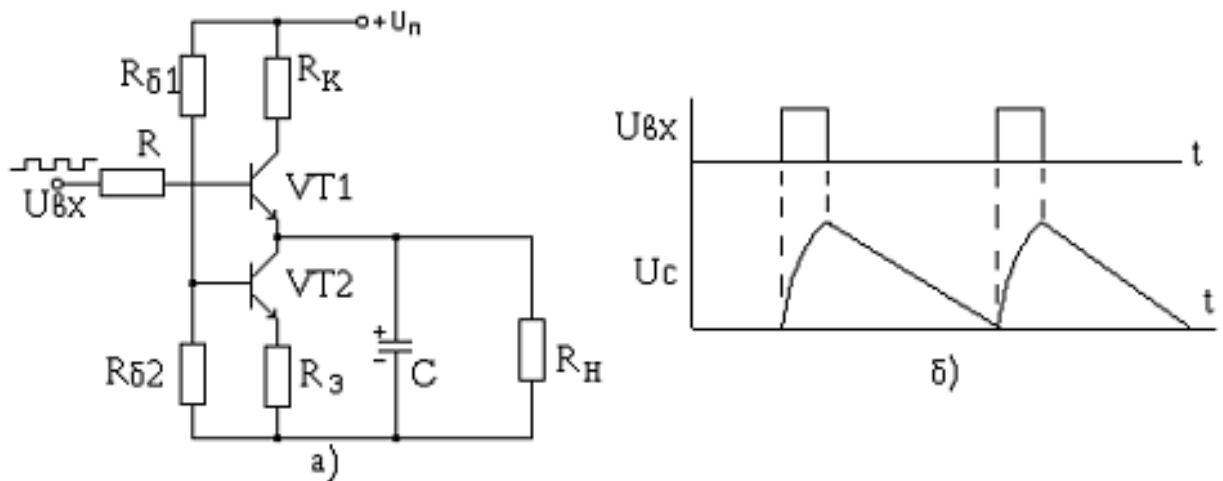


Рис. 3. Схема простого генератора пилообразного напряжения с ГСТ (а) и его временные диаграммы (б)

При определении коэффициента нелинейности импульсов этого генератора пилообразного напряжения необходимо учитывать влияние сопротивления нагрузки R_H на процесс разряда конденсатора. Ток через сопротивление нагрузки обусловлен напряжением на конденсаторе и в конце разряда он равен нулю, так как к концу разряда $U_C = 0$. С учетом высказанных соображений можно получить выражение для коэффициента использования напряжения ГЛИН с генератором стабильного тока.

$$\gamma = \frac{\left(i_{\text{раз}} + \frac{U_m}{R_H} \right) - i_{\text{раз}}}{i_{\text{раз}} + \frac{U_m}{R_H}} = \frac{\frac{U_m}{R_H}}{i_{\text{раз}} + \frac{U_m}{R_H}}. \quad (7)$$

Из полученного выражения следует, что для уменьшения γ желательно использовать высокоомные нагрузки или же уменьшать амплитуду импульса сигнала.

Рассмотрим схему ГЛИН с внешним управлением, созданного по третьему способу (рис. 4.). Схема состоит из компаратора (ОУ₁) и интегратора (ОУ₂, R_1C и R_2C). Длительность $t_{и}$ входного положительного импульса U_y определяет длительность стадии спада выходного напряжения $U_{глин}$ (рис. 5, а), длительность стадии нарастания $U_{глин}$ равна паузе $t_{п}$ между импульсами U_y .

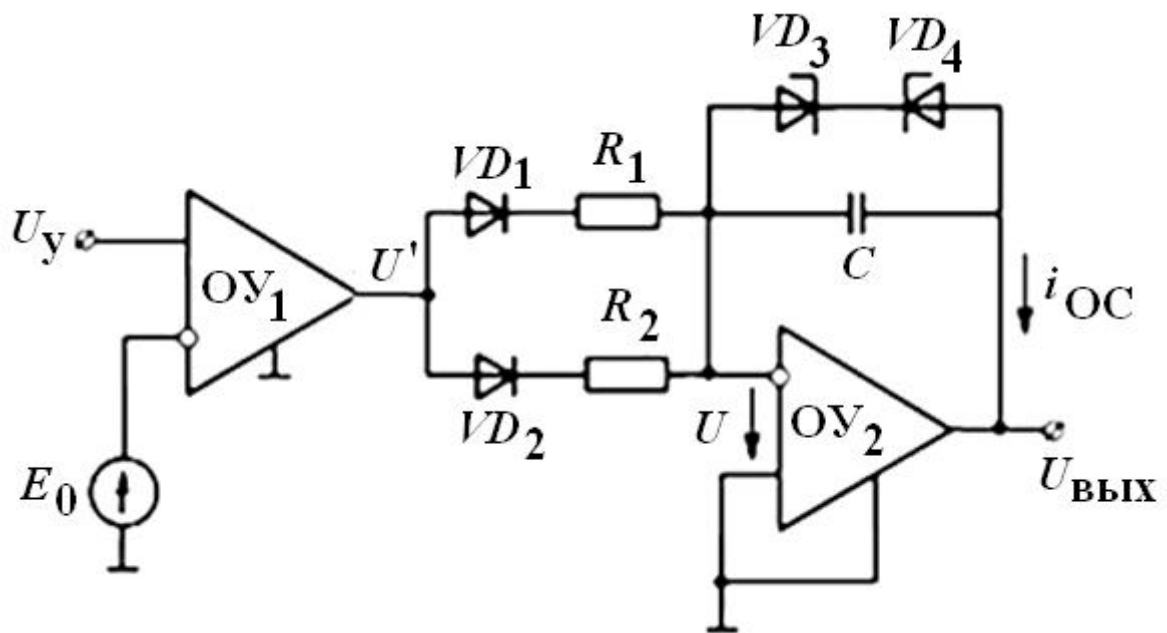


Рис. 4. Схема ГЛИН с внешним управлением

При поступлении входного напряжения, амплитуда которого $U_{ym} > 0$, компаратор переходит в состояние $U_{в. вых. max}^+$. Открывается диод VD_1 и напряжение $U_{глин}$ убывает по линейному закону. Напряжение $U_{вых}$ можно определить по формуле для интегратора, подставив R_1 вместо R . Крутизна напряжения $U_{глин}$ на интервале спада $t_1 - t_2$:

$$S_c = \frac{dU_{\text{глин}}}{dt} = -\frac{U_{\text{вых. max}}^+}{R_1 \cdot C}. \quad 8$$

При прекращении импульса U_y компаратор под действием напряжения E на инвертирующем входе переходит в состояние отрицательного насыщения $U = U_{\text{в. вых. max}}^-$. Открывается диод VD_2 , и интегратор формирует линейно нарастающее напряжение, которое можно определить по формуле, подставив $U_{\text{вх}}$ со знаком минус и $R = R_2$. Крутизна нарастания $U_{\text{глин}}$ на интервале $t_2 - t_3$:

$$S_c = \frac{dU_{\text{глин}}}{dt} = \frac{U_{\text{вых. max}}^-}{R_2 \cdot C}. \quad (9)$$

В практических схемах максимальное и минимальное значение напряжения $U_{\text{глин}}$ ограничиваются. В рассматриваемой схеме с этой целью введены стабилитроны VD_3 и VD_4 .

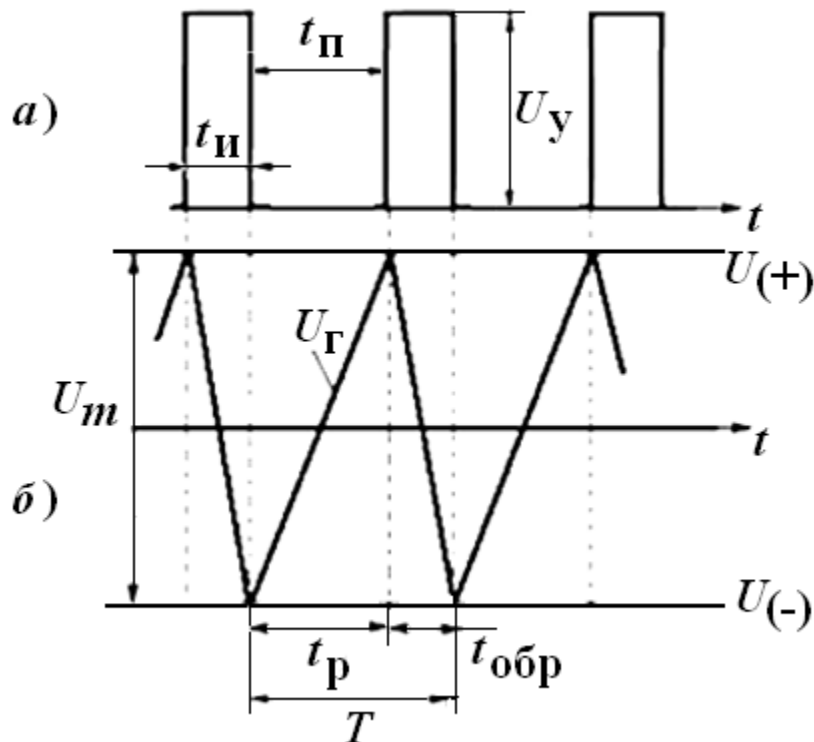


Рис. 5. Временные диаграммы ГЛИН