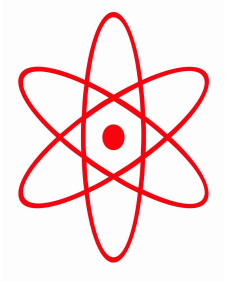
НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



ФОЭЛ-10

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРА ЛИНЕЙНО ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ НАПРЯЖЕНИЯ.

Тула, 2010 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.
ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРА ЛИНЕЙНО ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ НАПРЯЖЕНИЯ.

Цель работы: исследовать теоретические принципы построения схемы ГЛИН, экспериментально определить параметры импульсов линейно изменяющейся формы.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.

Генераторы линейно – изменяющегося напряжения называют иногда генераторами развёртки, хотя этот термин не отражает их гораздо более широкого применения. Из области разверток заимствованы названия двух основных частей пилообразного импульса: прямой ход (главный, почти линейный участок $t_{пр}$) и обратный ход (сравнительно короткий участок $t_{обр}$, форма которого обычно несущественна).

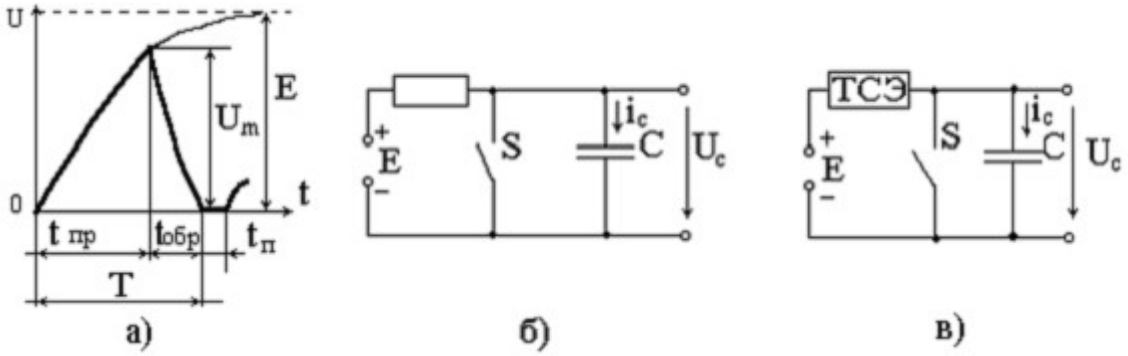


Рис. 1 Форма пилообразного импульса положительной полярности.

Под генераторами линейно-изменяющегося напряжения обычно понимают устройства, которые формируют импульс или последовательность импульсов, имеющих форму неравностороннего прямоугольника. При этом такая последовательность может не иметь паузу $t_п$ между импульсами или иметь ее. Для того, чтобы подчеркнуть специфику генераторов данного класса, принято линейно-изменяющуюся часть импульса называть прямым ходом импульса $t_{пр}$ (или рабочим ходом, стадией), короткую часть импульса – обратным ходом t_0 импульса (или стадией восстановления), последняя соответствует возвращению генератора линейно-изменяющегося напряжения в исходное состояние.

Если во время прямого хода импульса напряжение возрастает по абсолютному значению, формирующее его устройство называют генератором линейно-растущего напряжения (ГЛРН), если спадает – генератором линейно-падающего напряжения (ГЛПН). В большинстве применений требования к линейности изменения напряжения отсутствуют. Амплитуда импульсов линейно изменяющегося напряжения (ЛИН) U_m определяется разностью напряжений в начале и в конце прямого хода импульса: $U_m = |U(0)-U(t_{пр})|$.

По режиму работы ГЛИН подразделяются на ждущие с внешним запуском, определяющим длительность паузы или длительность прямого хода импульса(т. е. формирователи импульсов ЛИН), автоколебательные (в том числе синхронизированные) и ждущие с самовозбуждением, вырабатывающие импульс ЛИН заданной длительности в ответ на импульс запуска, длительность которого не определяет длительность и другие параметры ГЛИН.

Основные параметры пилообразного напряжения. Пилообразное напряжение, наиболее часто используемое в практических схемах (рис. 2) , характеризуется следующими параметрами: $t_{раб}$ — длительность рабочего хода пилообразного напряжения, в течение которого напряжение $u(t)$ изменяется почти по линейному закону; $t_{обр}$ — длительность обратного хода пилообразного напряжения, в течение которого напряжение $u(t)$ возвращается к исходной величине; T — период повторения; U_m — амплитуда (либо $k_{ср}=U_m/t_{раб}$ — средняя скорость пилообразного напряжения в течение $t_{раб}$); ξ — коэффициент использования напряжения источника питания $\xi=U_m/E$; ε — коэффициент нелинейности.

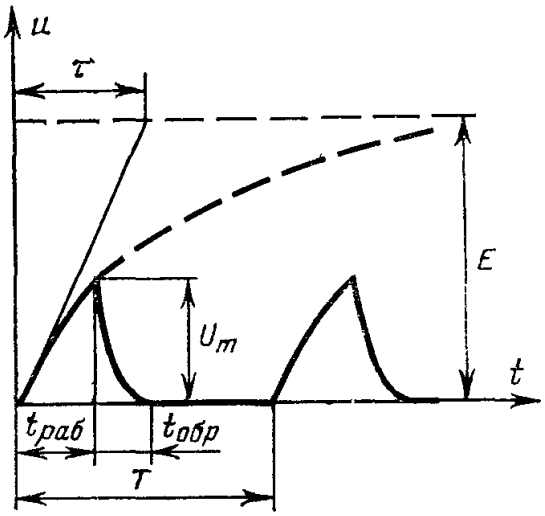


Рис. 2 Временна́я диаграмма пилообразного напряжения.

К форме напряжения в течение обратного хода не предъявляют каких-либо требований. К длительности $t_{обр}$ обычно предъявляют требование: $t_{обр} \ll t_{раб}$. К форме напряжения в течение рабочего хода предъявляют жесткие требования: напряжение должно изменяться почти по линейному закону. Отклонение от этого закона определяется коэффициентом нелинейности ε. Он характеризует относительное изменение скорости напряжения ($k=du/dt$) в течение рабочего хода:

$$\varepsilon = \frac{k|_{t=0} - k|_{t=t_{раб}}}{k|_{t=0}}. \qquad (1.1)$$

$$\varepsilon = \frac{\left.\frac{du_C}{dt}\right|_{t=0} - \left.\frac{du_C}{dt}\right|_{t=\tau_{пх}}}{\left.\frac{du_C}{dt}\right|_{t=0}} = 1 - \frac{\left.\frac{du_C}{dt}\right|_{t=\tau_{пх}}}{\left.\frac{du_C}{dt}\right|_{t=0}},$$

где $k|_{t=0}$ и $k|_{t=t_{РАБ}}$ соответственно скорость изменения напряжения в

начале и в конце рабочего хода, $\tau_{ПХ}=t_{РАБ}$.

К высоколинейным и высокочастотным относят ГЛИН с ε<1% (измерительная техника), к ГЛИН средней линейности относят ГЛИН с ε=1-10% (телевидение) и к ГЛИН с низкой линейностью - все остальные.

Время восстановления $t_П$ определяется временем возврата схемы ГЛИН в исходное состояние, т. е. временем окончания в схеме всех переходных процессов.

Параметром, характеризующим схему генератора импульсов, является коэффициент использования напряжения источника питания E, под которым понимают отношение:

$$\xi=U_m/E \qquad (1.2)$$

Простейший принцип получения пилообразного напряжения основан на процессе заряда или разряда конденсатора C через резистор R (рис.1, б). Если ключ S разомкнут, то конденсатор заряжается от источника постоянного напряжения E. При этом напряжение на конденсаторе U_c (выходе схемы), стремясь к асимптотическому уровню E (см. рис.1.1,а), изменяется по экспоненциальному закону:

$$U_c=E(1-e^{-t/RC}) \qquad (1.3)$$

Замыкание ключа S приводит к быстрому разряду конденсатора. Скорость разряда конденсатора зависит от сопротивления ключа в замкнутом состоянии. Затем процесс повторяется. Прямой ход пилообразного напряжения в этой схеме формируется при разомкнутом ключе, а обратный при – замкнутом. Таким образом, для реализации этого принципа генератор должен содержать зарядное или разрядное устройство, интегрирующий конденсатор или ключ.

Взяв производные du_c/dt выражения (1.3) при t = 0 и $t = t_{пр}$ и подставив их в формулу (1.1), для коэффициента нелинейности получаем:

$$\varepsilon = 1-e^{-tпр/RC} \qquad (1.4)$$

Так как при $t = t_{пр}$, $u_c = U_m$, то, согласно равенству (1.3),

$$U_m = E\,(1-e^{-tпр/RC}),$$

или, с учетом выражения (1.2),

$$\varepsilon=U_m/E=\xi \qquad (1.5)$$

Следовательно, высокую степень линейности пилообразного напряжения (малое ε) можно получить при условии $E >> U_m$. Это приводит к плохому использованию напряжения источника питания. Например, при U_m = 10В и ε=1% E = 1000В.

Известно, что напряжение на конденсаторе U_c связано с протекающим через него током i_c соотношением:

$$U_c = \frac{1}{C}\int_0^1 i_C\,dt$$

Если $i_c = I = \text{const}$, то $U_C = \frac{I\,t}{C} = k\,t$ изменяется во времени по линейному закону. Следовательно, для получения пилообразных напряжений, изменяющихся с отклонениями от линейного закона, которые во много раз меньше, чем аналогичные отклонения в схеме (рис.1, б), необходимо, чтобы зарядный ток конденсатора был постоянен. Для этих целей применяют токостабилизирующие элементы (ТСЭ), ток которых не зависит от приложенного напряжения. Схема получения пилообразного напряжения с зарядным ТСЭ показана на рис.1.1, в.

Реально не существует элементов или двухполюсников, которые обеспечивали бы идеальную зависимость U_c=kt. Однако, если использовать в качестве ТСЭ коллекторно-эмиттерную цепь транзистора, коллекторный ток которого на рабочем участке характеристики почти не зависит от коллекторного напряжения, то напряжение на конденсаторе с определенной степенью приближения можно считать линейно изменяющимся.

Одним из способов стабилизации тока заряда или разряда конденсатора является применение в схеме генератора обратных связей.

На основе проведенного анализа принципов построения генераторов выбрана структурная схема генератора в ждущем режиме, управляемый отдельным входным напряжением (импульсами). Такого рода выбор обусловлен, возможностью такого генератора достаточно просто регулировать длительность рабочего хода и частоты следования выходных импульсов путем изменения параметров управляющего сигнала не затрагивая схему самого формирователя ЛИН.

Согласно принципам построения генераторов пилообразного напряжения структурная схема должна состоять из следующих элементов:

1) Токостабилизирующий элемент (ТСЭ), обеспечивающий постоянный во времени ток заряда конденсатора С.

2) Конденсатор С, на котором формируется линейно изменяющиеся напряжение.

3) Ключевое устройство (КУ), с помощью которого осуществляется переключение формирования прямого и обратного хода выходного напряжения.

4) Формирователь импульсов (ФИ), обеспечивающий импульсные сигналы управления ключевым устройством (задающий длительность рабочего хода и частоту следования выходных импульсов пилообразного напряжения).

5) Эмиттерный повторитель, согласующий большое сопротивление

нагрузки ОУ с малым сопротивлением нагрузки генератора.

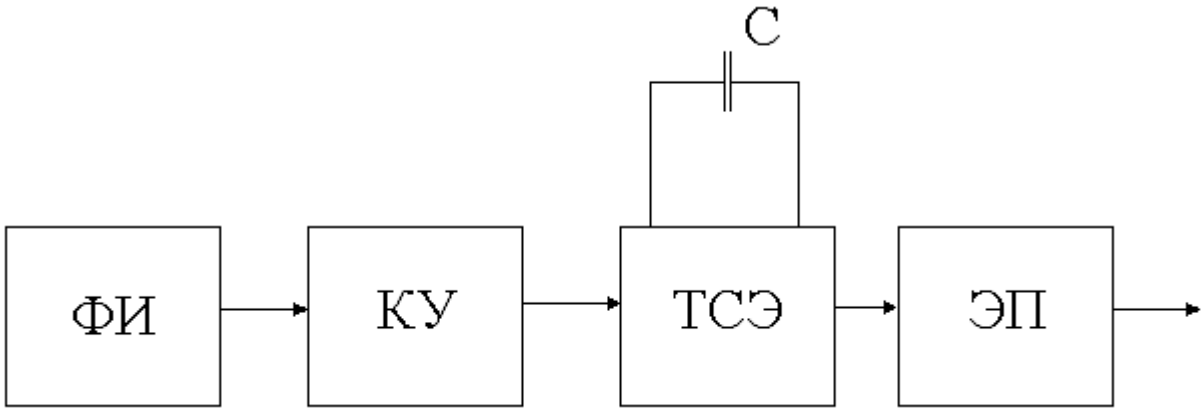


Рис. 2. Форма пилообразного импульса положительной полярности.

Принципы построения схемы ГЛИН (ГПН — Генератора Пилообразного Напряжения).

Применяются две схемы построения ГЛИН: с п а р а л л е л ь н ы м (рис. 3, *а*) и п о с л е д о в а т е л ь н ы м (рис. 3, *б*) включением коммутирующего элемента. *В обеих схемах коммутирующий элемент разомкнут в рабочей стадии и замкнут в стадии восстановления.* В первой схеме конденсатор в рабочей стадии з а р я ж а е т с я от источника E, и напряжение на нем изменяется от значения U_1 до U_2; в стадии же восстановления конденсатор быстро разряжается до напряжения U_1. Во второй схеме в рабочей стадии конденсатор р а з р я ж а е т с я через разрядную цепь, а в стадии восстановления он заряжается через коммутирующий элемент.

В качестве коммутирующего элемента ГЛИН используется электронная лампа или полупроводниковый (иногда газоразрядный) прибор. Коммутирующий прибор работает в *ключевом режиме;* он либо входит в состав релаксационного генератора (и поэтому периодически отпирается и запирается), либо же управляется внешними импульсами.

Возможны два режима работы коммутирующего прибора, управляемого внешними импульсами. В одном режиме коммутирующий прибор при отсутствии управляющего импульса з а п е р т, а при его воздействии (в стадии восстановления) он отпирается. В другом режиме, наоборот, при отсутствии управляющего импульса коммутирующий прибор о т п е р т, а при его воздействии (в рабочей стадии) он запирается. Первый режим будем называть *режимом отпирания коммутирующего прибора*, а другой режим — *режимом запирания коммутирующего прибора.*

Схема ГПН на ключевом каскаде и временные диаграммы входного и выходного напряжений показаны на рис. 4

До прихода входного импульса транзистор открыт и насыщен. Рабочая точка находится на линии критического режима (точка M на рис. 5). Напряжение на коллекторе $u_К$, на конденсаторе C и на выходе схемы равно $U_{К\,нас}$ и близко к нулю (рис. 4).

Входной импульс положительной полярности длительностью $t_{и.вх}$, равной длительности рабочего хода пилообразного напряжения $t_{раб}$, закрывает транзистор. Конденсатор C начинает заряжаться от источника $E_К$ через сопротивление резистора $R_К$ с постоянной времени $\tau=R_КC$. Напряжение на конденсаторе, изменяясь по экспоненциальному закону, стремится к величине $E_К$:

$$u_C = u_{вых} = -E_К\,(1 - e^{-t/\tau}).$$

При $t=t_{раб}$ напряжение на выходе достигает наибольшего по абсолютной величине значения

$$U_m = E_К\,(1 - e^{-t_{раб}/\tau}).$$

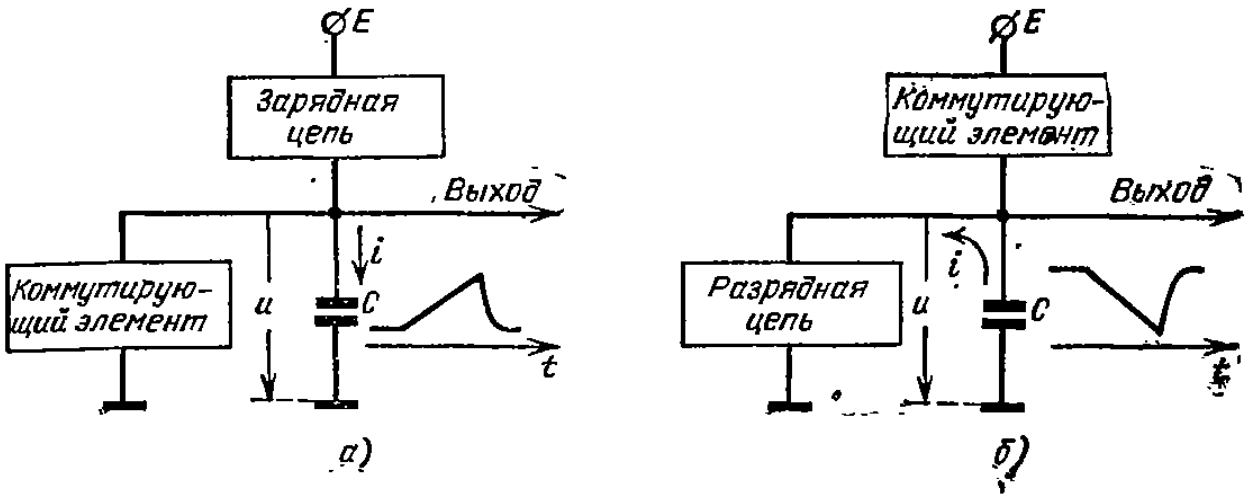


Рис. 3. Схемы построения ГЛИН.

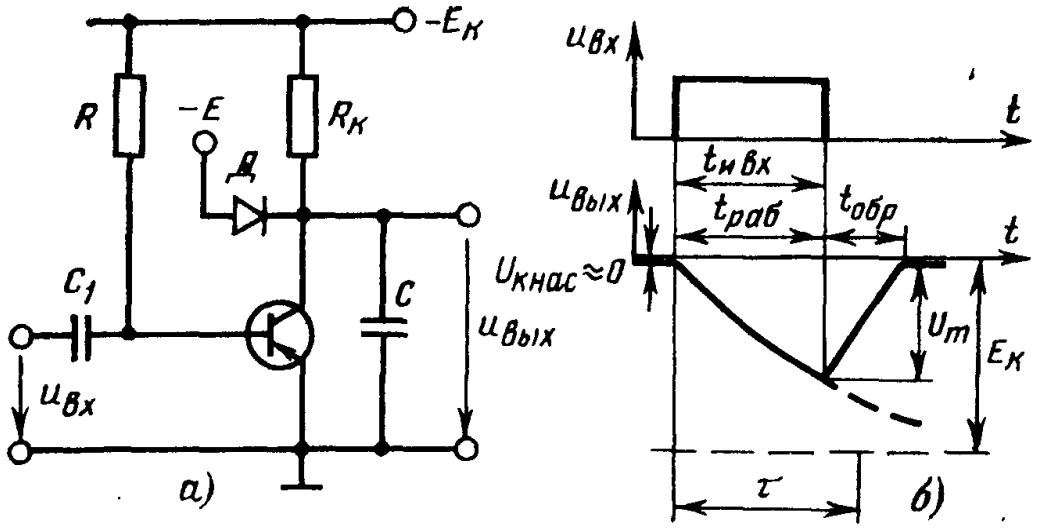


Рис. 4 Простейший ГПН на ключевом каскаде.
а — схема; *б* — временные диаграммы.

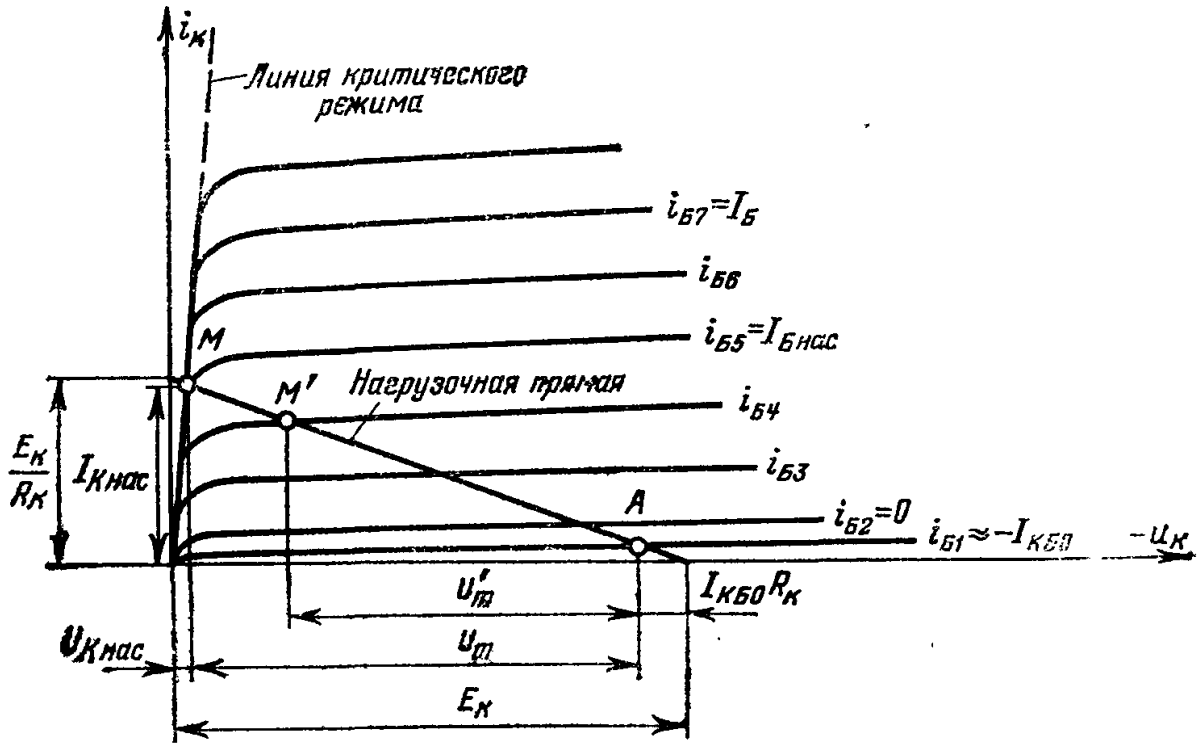


Рис. 5 Семейство выходных статических характеристик и линия нагрузки.

Рассмотрим формулу (1.1) для определения коэффициента нелинейности.

Чаще всего в течение рабочего хода используется начальный участок экспоненты

$$u = E\,(1 - e^{-t/\tau}). \tag{1.6}$$

Дифференцируя (1.6) и подставляя найденное значение при $t = 0$ и при $t = t_{раб}$ в (1.1), получаем $\varepsilon = 1 - e^{-t_{раб}/\tau}$. Так как при использовании начального участка экспоненты $t_{раб}/\tau \ll 1$, то $e^{-t_{раб}/\tau} \approx \approx 1 - t_{раб}/\tau$ и

$$\varepsilon \approx t_{раб}/\tau. \tag{1.7}$$

Так как $t_{раб}/\tau \ll 1$, то

$$U_m = E_к \frac{t_{раб}}{\tau}. \tag{1.8}$$

Коэффициент нелинейности ε, определяемый формулой (1.7), в соответствии с (1.8) равен $\varepsilon = t_{раб}/\tau = U_m/E_к$. Так как $U_m/E_к$ — коэффициент использования напряжения ξ, то в простейшем ГПН на ключевом каскаде $\varepsilon = \xi$.

Стремление улучшить линейность рабочего хода пилообразного напряжения (это достигается уменьшением ε) приводит к необходимости уменьшения коэффициента использования коллекторного напряжения ξ, что является недостатком схемы. Так, для достижения $\varepsilon = 10\%$ (сравнительно плохая линейность) при $U_m = 10$ В приходится выбирать $E_к = 100$ В. Максимальное напряжение на коллекторе достигает лишь величины U_m, и необходимо, чтобы $U_m < U_{КЭ\,проб}$. Значение же $E_к$ может значительно превышать максимально допустимое между коллектором и эмиттером.

Во избежание превышения напряжением на коллекторе максимально допустимой величины при случайном увеличении длительности входного импульса $t_{и.вх}$ включается диод $Д$ (рис. 4). С его помощью потенциал коллектора фиксируется на нижнем уровне $-E$. Напряжение источника питания E выбирается так, чтобы

$$U_{КЭ\,проб} > E > U_m.$$

После прекращения действия входного импульса рабочий ход пилообразного напряжения заканчивается, а конденсатор C разряжается через открывшийся транзистор. Время разряда определяет длительность обратного хода пилообразного напряжения.

Кроме отмеченного выше, недостаток простейшего ГПН на ключевом каскаде в малой величине отношения $t_{раб}/t_{обр}$. Последнее объясняется тем, что для получения хорошей линейности пилообразного напряжения необходимо выполнение условия

$$t_{раб} \ll \tau = R_к C.$$

Повысить отношение $t_{раб}/t_{обр}$ можно применением схемы по рис. 6. В этой схеме включена дополнительная цепочка $R_1Д_1$. Диод $Д_1$ в течение рабочего хода закрыт, и ток заряда конденсатора протекает через резистор R_1, сопротивление которого выбирается много меньше высокого обратного сопротивления диода $Д_1$ (обычно кремниевого). В этом случае шунтирующим действием диода $Д_1$ в течение рабочего хода можно пренебречь, и поэтому конденсатор C заряжается с постоянной времени $\tau=(R_к+R_1)C$.

Разряд конденсатора C осуществляется током транзистора, протекающим через диод $Д_1$. Если выбрать $R_1 \gg R_к$, то можно при неизменной постоянной времени заряда конденсатора C за счет уменьшения емкости конденсатора значительно уменьшить постоянную времени разряда, что приведет к уменьшению длительности обратного хода $t_{обр}$. При этом отношение $t_{раб}/t_{обр}$ значительно повысится.

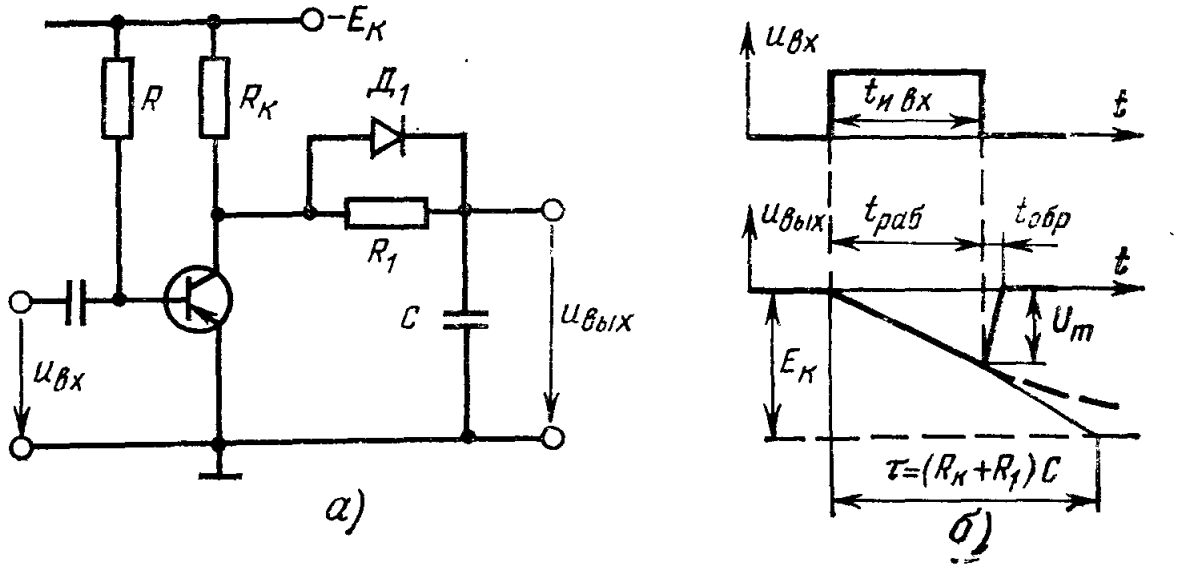


Рис. 6. ГПН с большой постоянной времени заряда конденсатора.
а — схема; *б* — временные диаграммы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.
Приборы и оборудование.

Принципиальная электрическая схема генератора линейно изменяющегося напряжения, используемого в данной модификации учебной установки изображена на рис. 7.

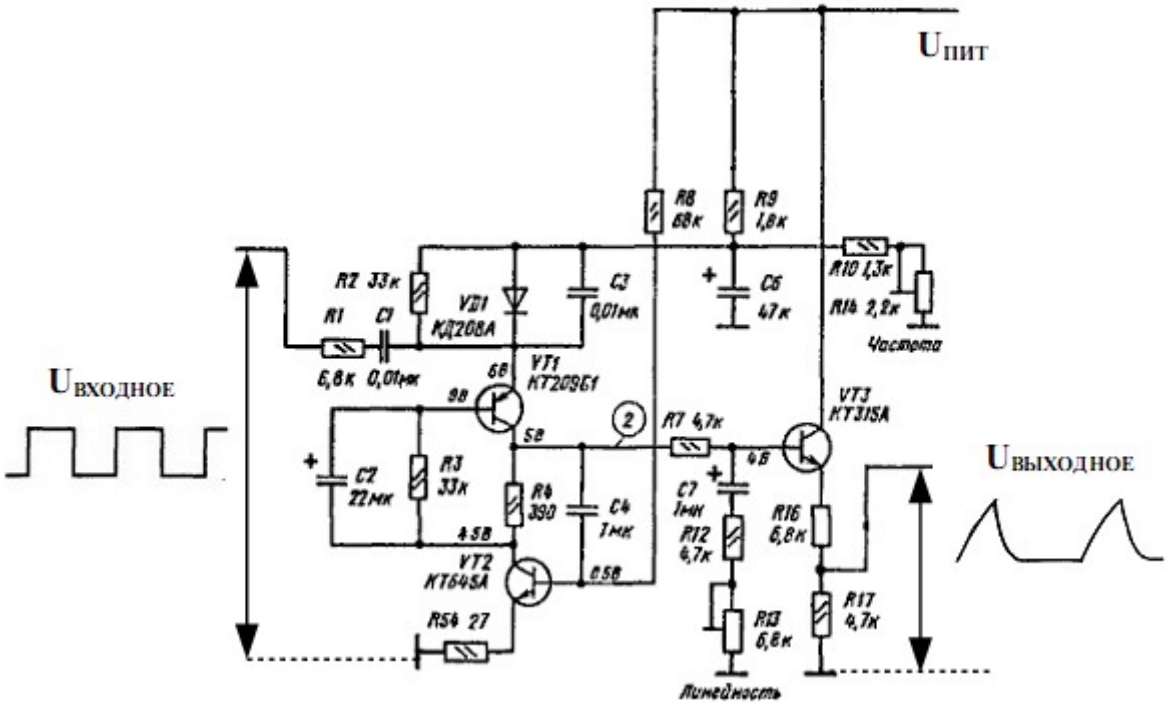


Рис. 7. Принципиальная электрическая схема ГЛИН для изучения на лабораторной установке ФОЭЛ-10.

ГЛИН, собранный по данной схеме используется в модуле кадровой развертки МК-1-1 в телевизорах 3УСЦТ.

Задающий генератор в модуле МК-1-1 выполнен на разнополярных транзисторах с последовательным питанием по схеме генератора линейно изменяющегося напряжения. При включении телевизора оба транзистора открываются, и генератор представляет собой двухкаскадный усилитель, выход которого соединен со входом через цепи С2, R3 и С4, R4. При этом возникает лавинообразный процесс и оба транзистора переходят в режим насыщения.

Через открытые транзисторы происходит зарядка конденсаторов С2 и С4 от источника напряжения 5 — 12 В. После окончания зарядки транзистор VT1 закрывается по базе положительным напряжением на конденсаторе С2, а транзистор VT2 переходит в усилительный режим. Промежуток времени пока транзисторы находятся в режиме насыщения соответствует времени обратного хода. Пилообразное напряжение прямого хода кадровой развертки формируется за счет разрядки конденсатора С4 по цепи: верхний вывод конденсатора С4, резистор R4, коллекторный и эмиттерный переход транзистора VT2, корпус, источник питания, резистор R8, нижний вывод конденсатора С4.

Конденсатор С2 разряжается через резистор R3 до момента открывания транзистора VT1. После этого процесс повторяется — происходит формирование обратного хода кадровой развертки. Частота кадров регулируется с помощью переменного резистора R14, который изменяет напряжение иа конденсаторе С6. Это напряжение подается иа эмнттер транзистора VT1 и определяет величину зарядки конденсатора С6.

Синхронизация генератора осуществляется импульсами положительной полярности. Они поступают через цепь Rl, С1. Транзистор открывается, и задающий генератор переходит в режим формирования обратного хода.

С конденсатора С4 через резистор R7 пилообразное напряжение поступает на базу эмиттерного повторителя, собранного на транзисторе VT3. Цепь С7, R12, R13, подсоединенная к базе VT3, предназначена для регулировки линейности по кадрам.

Пилообразное напряжение снимается с части нагрузки эмиттерной цепи транзистора VT3 — переменного резистора R17.

Схема учебной установки ФОЭЛ-10 приведена на рис. 8.

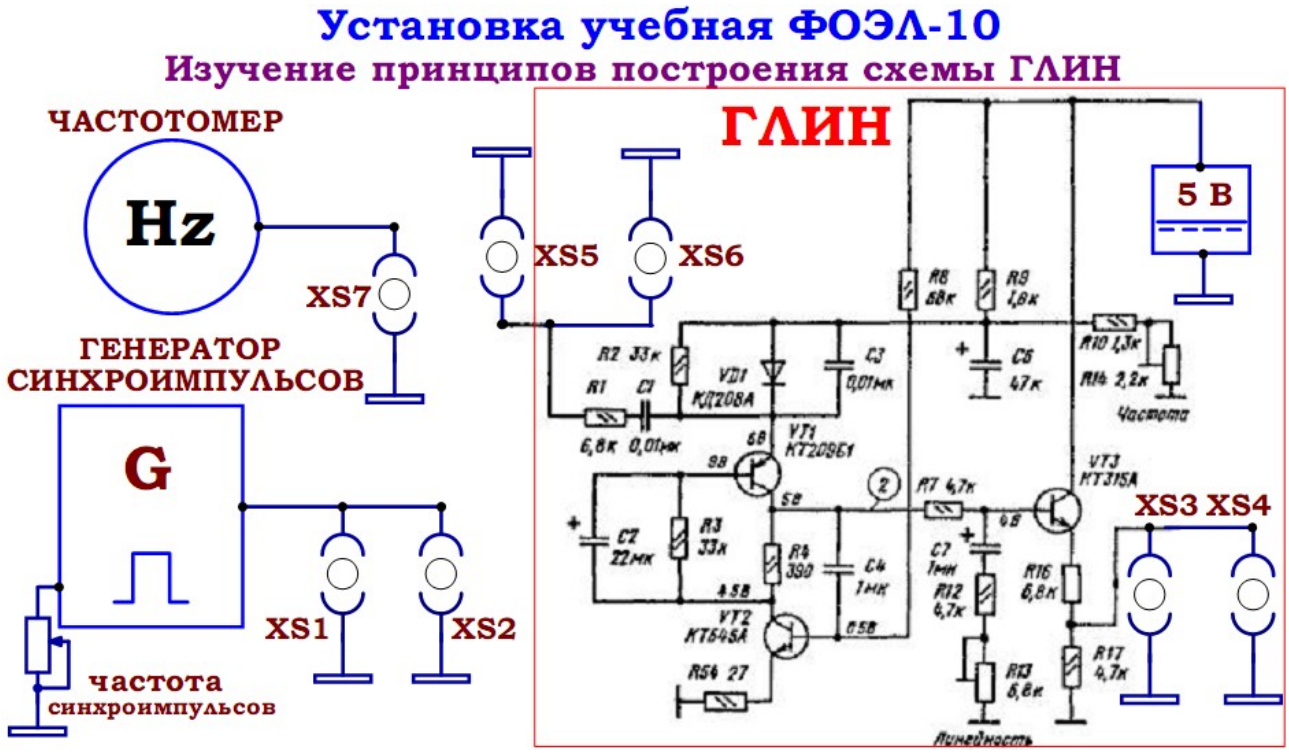


Рис. 8. Принципиальная электрическая блок-схема установки ФОЭЛ-10 для изучения работы ГЛИН.

На передней панели учебной установки расположен комбинированный измерительный прибор, позволяющий измерять частоту прямоугольных синхроимпульсов и частоту импульсов ГЛИН и омметр, измеряющий значения сопротивлений резисторов R2=R13 «ЛИНЕЙНОСТЬ» и R=R14 «ЧАСТОТА ГЛИН». Ручки «ЧАСТОТА СИ», «ЛИНЕЙНОСТЬ» и «ЧАСТОТА ГЛИН» позволяют изменять соответственно частоту прямоугольных синхроимпульсов,

подаваемых на вход схемы ГЛИН, линейность ГЛИН и частоту импульсов ГЛИН. Для измерения частоты предполагается использование электронного осциллографа либо встроенного частотомера, подключая вход частотомера либо вход Y осциллографа к соответствующим контактам схемы.

Порядок выполнения.

1. Перед включением установки в сеть необходимо убедиться в целостности сетевых и соединительных проводов. Все соединительные провода и контрольные точки использовать следует только по назначению, запрещается замыкать выходы контрольных точек.
2. Включить установку и электронный осциллограф в сеть ~220 В с помощью прилагаемого силового сетевого кабеля евро-стандарта. Поставить переключатель сеть на панели учебного модуля и электронного осциллографа в положение «ВКЛ», при этом должны загореться сигнальные индикатор «СЕТЬ».
3. Установить ручку «AC – GND – DC» осциллографа в положение «DC» для просмотра прямоугольных синхроимпульсов, вырабатываемых ГЕНЕРАТОРОМ СИНХРОИМПУЛЬСОВ.
4. Подключить измерительный провод типа «тюльпан — BNC» к клемме XS1 либо XS2 (соединены параллельно) учебной установки и к входу Y электронного осциллографа.
5. Вращением ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV (ВОЛЬТ/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ) и ручек POSITION осей X и Y на электронном осциллографе добиться визуально наиболее удобного изображения сигнала. Для дополнительной синхронизации можно использовать ручку LEVEL. Ручка «Y-LINE-EXT» метода синхронизации должна находится в положении Y (внутренняя синхронизация). При этом следует учитывать, что оси X (время) и Y (амплитуда) откалиброваны правильно (т. е. подписи у ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV верны) только при повернутых до упора ручках плавной регулировки VOLT VAR. и TIME VAR.
6. Определите диапазон частот генератора СИ. Для этого следует устанавливать ручку «ЧАСТОТА СИ» в крайнее левое (наименьшая частота) и крайнее правое положение (максимальная частота), вращая ручку соответственно против и по часовой стрелке.
7. Зарисовать сигнал с экрана осциллографа на миллиметровую бумагу по клеткам, определить амплитуду сигнала (размах) и частоты для крайних положений ручки регулировки «ЧАСТОТА СИ».
8. Подключить к свободной клемме выхода генератора синхроимпульсов (XS1 либо XS2) встроенный частотомер соединительным проводом типа «тюльпан — тюльпан». Подать сигнал на вход частотомера — клемма XS7. Сравнить показания частотомера с измеренными значениями согласно электронному осциллографу.
9. Установить ручку «AC – GND – DC» осциллографа в положение «AC» (постоянная составляющая отключена, включенным последовательно встроенным конденсатором в осциллографе). Понаблюдать как конденсатор, встроенный в электронный осциллограф при данном положение переключателя AC – GND – DC», влияет на форму

прямоугольных импульсов в разном диапазоне частот.

10. Установить ручки «ЛИНЕЙНОСТЬ» и «ЧАСТОТА ГЛИН» в среднее положение и подать на вход Y осциллографа сигнал с выхода схемы ГЛИН (клеммы XS3 либо XS4). При этом генератор СИ должен быть отключен от входа ГЛИН — в этом случае ГЛИН работает в автоколебательном режиме. Вращением ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV (ВОЛЬТ/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ) и ручек POSITION осей X и Y на электронном осциллографе добиться визуально наиболее удобного изображения сигнала. Для дополнительной синхронизации можно использовать ручку LEVEL. Ручка «Y-LINE-EXT» метода синхронизации должна находится в положении Y (внутренняя синхронизация). При этом следует учитывать, что оси X (время) и Y (амплитуда) откалиброваны правильно (т. е. подписи у ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV верны) только при повернутых до упора ручках плавной регулировки VOLT VAR. и TIME VAR.

Рис. 9. Форма импульсов с выхода схемы ГЛИН, получаемые на учебной установке ФОЭЛ-10.

11. Зарисовать сигнал с экрана осциллографа (сигнал должен выглядеть аналогично рис. 9) на миллиметровую бумагу по клеткам, определить амплитуду сигнала (размах) и частоту линейно изменяющегося сигнала.
12. По формуле (1.1) оценить коэффициент нелинейности ГЛИН, по формуле $\xi=U_m/E$ оценить коэффициент использования напряжения источника питания E, для расчетов принять напряжение питания схемы E=5 В.
13. Вращая ручку «ЧАСТОТА ГЛИН», определить диапазон частот генератора (крайнее левое и крайнее правое положение ручки).
14. Подключить вход XS7 частотомера к свободной клемме выхода ГЛИН (XS3 либо XS4) перемычкой типа «тюльпан — тюльпан» и сравнить показания частотомера с измеренными значениями согласно электронному осциллографу.
15. Вращая ручку «ЧАСТОТА ГЛИН» при среднем положении ручки «ЛИНЕЙНОСТЬ», снять зависимость амплитуды (размаха Uвых рис. 9) ГЛИН в зависимости от частоты Uвых=Uвых(ν). Амплитуду сигнала определять по показаниям электронного осциллографа, частоту ν можно определять как по показаниям осциллографа так и по показаниям встроенного частотомера. Также снять зависимость частоты от значения частото-задающего резистора R=R14 по показаниям встроенного омметра и частотомера (либо осциллографа) ν=ν (R). Оценить коэффициент использования напряжения источника питания ξ по формуле (1.2) при различных частотах ГЛИН.
16. Вращая ручку «ЛИНЕЙНОСТЬ» понаблюдать за изменением формы

сигнала с выхода схемы. Рассчитайте коэффициенты нелинейности ε по формуле (1.1) для двух крайних и четырех — пяти средних положений ручки «ЛИНЕЙНОСТЬ». Построить график зависимости коэффициента нелинейности от значения резистора R2=R13 ε= ε(R2). Для каждого положения ручки «ЛИНЕЙНОСТЬ» зарисовать сигналы с экрана осциллографа по клеткам на миллиметровую бумагу.

17. Соединить перемычкой выход генератора синхроимпульсов со входом ГЛИН (XS1 или XS2 с клеммой XS5 либо XS6). При этом ГЛИН переходит в режим внешней синхронизации. Вход Y осциллографа должен быть по прежнему подключен к выходу ГЛИН (клеммы XS3 либо XS4)
18. Вращая ручку «ЧАСТОТА СИ», убедиться что частота ГЛИН «привязывается» к частоте прямоугольных синхроимпульсов, при этом схема перестает реагировать на вращение частото-задающего резистора R=R14 «ЧАСТОТА ГЛИН».
19. Вращая ручку «ЧАСТОТА СИ» по показаниям электронного осциллографа либо частотомера определить диапазон частот генератора синхроимпульсов и импульсов с выхода ГЛИН при котором схема ГЛИН сохраняет способность синхронизации от внешнего генератора, т. е. с выхода схемы ГЛИН идут «чистые» линейные импульсы рис. 9 без паразитных составляющих рис. 10. Оценить коэффициент использования напряжения источника питания ξ по формуле (1.2) при различных частотах.

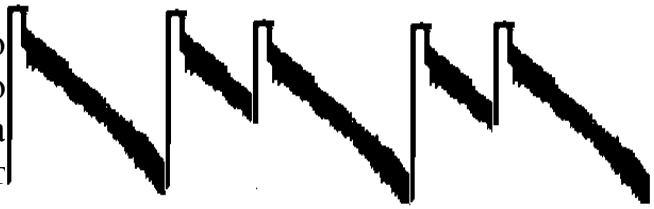


Рис. 10. Форма импульсов с выхода схемы ГЛИН при срыве синхронизации.

20. По окончании работы отключить электронный осциллограф и учебную установку от сети, поставить все сетевые переключатели в положение «ВЫКЛ».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что называют генераторами линейно – изменяющегося напряжения?
2. Как подразделяются ГЛИН по режимам работы?
3. Что понимают под коэффициентом нелинейности ε?
4. Что называют коэффициентом использования напряжения источника питания ξ?
5. Объясните принцип работы простейшей схемы генератора пилообразного напряжения по схеме рис. 6.
6. Объясните назначение каждого элемента схемы ГЛИН рис. 7, исследуемого в данной работе.
7. Каким образом элементы схемы влияют на коэффициент нелинейности напряжения ε и коэффициент использования напряжения источника питания ξ?
8. Перечислите основные параметры линейно — изменяющегося напряжения.
9. Для каких целей необходимо получение линейно изменяющегося напряжения?
10. Что такое автоколебательный режим и режим внешней синхронизации?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Импульсные устройства ЭВМ, приборов и систем: Учеб. для техникумов.-М.: Энергоатомиздат, 1991.-248 с.
2. Аналоговые интегральные схемы: Справочник/А.Л. Булычев, В.И. Галкин, В.А. Прохоренко.-2-е изд., перераб. и доп.-Мн.: Беларусь, 1994.-382 с.
3. В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 111/В80 Сост. И.Н. Алексеева.-М.: Патриот, 1991.-80 с.
4. Электроника: Учеб. пособие.- Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2001.- 448 с.
5. Бондарь В А “Генератор линейно – изменяющегося напряжения ”, 1988г.
6. Ю.Н. Ерофеев. Импульсные устройства. – М.: «Высш. Школа», 1989. – 527 с.

ДЛЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ
НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»