

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ЛИНЕЙНО ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ
НАПРЯЖЕНИЯ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Электроника и микросхемотехника»
для студентов направления подготовки
0914 «Компьютеризированные системы, автоматика и управление»
дневной и заочной форм обучения

Севастополь
2007



УДК 621.37 (075)

Исследование генератора линейно изменяющегося напряжения.

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Электроника и микросхемотехника»/ Сост.В.В. Чмут – Севастополь: Изд – во СевНТУ, 2007.- 16с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторной работы.

В методических указаниях рассматриваются принципы построения схем генераторов линейно изменяющегося напряжения и вопросы их практического исследования в лабораторных условиях.

Методические указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения направления подготовки 0914 «Компьютеризированные системы, автоматика и управление».

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры
технической кибернетики СевНТУ
(протокол №4 от 1 ноября 2006 г.)

Допущено учебно – методическим центром СевНТУ
в качестве методических указаний.

Рецензент: Семенов В.И., канд. техн. наук, доцент кафедры ТК.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы.....	4
2. Краткие теоретические сведения.....	4
3. Описание технических средств выполнения работы.....	12
4. Порядок выполнения работы.....	12
5. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы.....	13
6. Контрольные вопросы.....	14
Библиографический список.....	15

1.ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучение принципов построения, методов улучшения линейности и особенностей настройки генераторов линейно изменяющегося напряжения (ГЛИН) и исследование их в реальных условиях.

2.КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

ГЛИН применяются в различных устройствах автоматики и измерительной техники. Например, в преобразователях аналоговых величин в дискретные, для развертки луча в электронных осциллографах, в телевидении и др. Форма генерируемых импульсов показана на рисунке 1

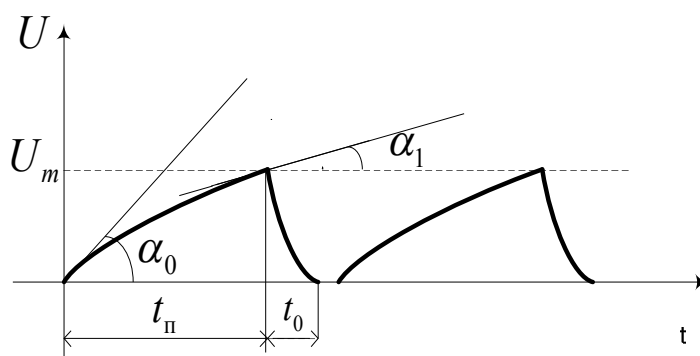


Рисунок 1 – Форма импульсов на выходе ГЛИН

На временном промежутке t_n (время прямого хода) напряжение увеличивается практически по линейному закону до амплитудного значения U_m , а за время обратного хода t_0 быстро уменьшается до исходного значения по закону в общем случае отличающемуся от линейного.

ГЛИН делят на генераторы линейно нарастающего, линейно падающего и треугольного напряжений. У первых напряжение линейно возрастает за время t_n по закону близкому к линейному, а за время t_0 уменьшается до исходного значения, у вторых на оборот.

Выходное напряжение генератора треугольного напряжения изменяется по линейному закону как при прямом, так и при обратном ходе.

ГЛИН могут работать в автоколебательном и ждущем режимах. При работе ГЛИН в ждущем режиме различают генераторы с внешним и внутренним стробом. В первом случае ГЛИН представляет собой преобразователь формы импульса – прямоугольный импульс напряжения преобразуется в них в пилообразный за счет, например, интегрирования. Внешний строб принципиально необходим для работы таких генераторов и его длительность определяет время прямого хода t_n . Генераторы с внутренним стробом вырабатывают соответствующий прямоугольный импульс за счет действия собственных внутренних связей, а для запуска требуется лишь

короткий запускающий импульс. При этом параметры выходного импульса не зависят от параметров запускающего.

Основным принципом создания линейно изменяющегося напряжения является принцип заряда (разряда) конденсатора током, неизменным в течение времени $t_{\text{п}}$.

Функциональная схема подобных генераторов показана на рисунке 2, где ЗД и РД соответственно зарядный и разрядный двухполюсники.

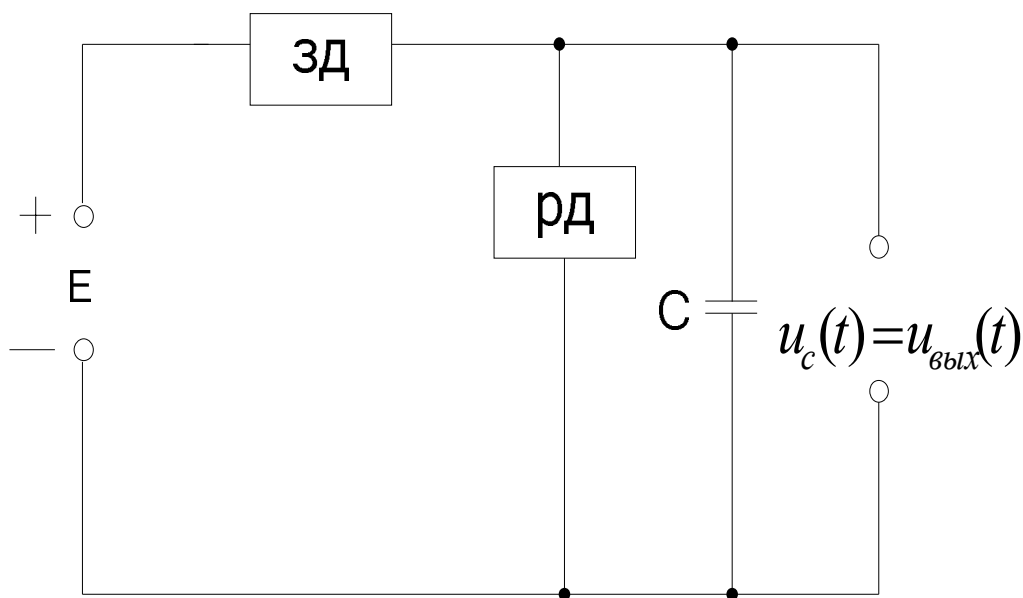


Рисунок 2 – Функциональная схема ГЛИН

Будем считать, что требуется получить линейно нарастающее напряжение. С этой целью разрядный двухполюсник РД периодически разряжает конденсатор С. В промежутках между включениями РД конденсатор заряжается через зарядный двухполюсник ЗД. Учитывая, что ток, протекающий через конденсатор с емкостью С и напряжение на нем связаны соотношением

$$i_c(t) = C \frac{du_c(t)}{dt}, \quad (1)$$

видим, что при линейно изменяющемся напряжении конденсатора, производная $\frac{du_c(t)}{dt} = \text{const}$ и следовательно ток, заряжающий конденсатор должен быть постоянным, т.е. $i_c(t) = I_0 = \text{const}$.

Различные практические схемы ГЛИН отличаются только способами стабилизации зарядного тока конденсатора. Так как в реальных случаях закон изменения напряжения $u_c(t)$ во время прямого (рабочего) хода отличается от линейного, то для оценки степени отклонения выходного сигнала от линейного вводится в рассмотрение коэффициент нелинейности

$$K_n = \frac{\left(\frac{du(t)}{dt}\right)_n - \left(\frac{du(t)}{dt}\right)_k}{\left(\frac{du(t)}{dt}\right)_n} 100\%, \quad (2)$$

где $\left(\frac{du(t)}{dt}\right)_n$ и $\left(\frac{du(t)}{dt}\right)_k$ – скорости изменения выходного напряжения в начале и в конце времени прямого хода соответственно. Учитывая геометрический смысл производной (смотри рисунок 1), выражение (2) для K_n запишем в виде

$$K_n = \frac{tg\alpha_0 - tg\alpha_1}{tg\alpha_0} 100\%. \quad (3)$$

Качество использования источника питания при работе ГЛИН оценивается коэффициентом использования

$$\gamma = \frac{U_m}{E}, \quad (4)$$

где U_m – амплитуда выходного импульса, E – напряжение источника питания.

Простейшая схема ГЛИН представлена на рисунке 3.

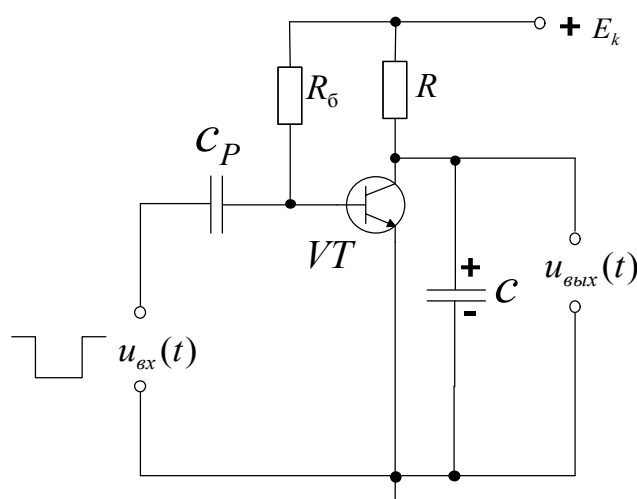


Рисунок 3 – Принципиальная схема ГЛИН с ключом на транзисторе

Схема ГЛИН (рисунок 3) включает в себя интегрирующую RC – цепь, ключевой транзистор VT с базовым резистором $R_{\bar{o}}$ и разделительный конденсатор C_p , связывающий ГЛИН с источником управляющих сигналов $u_{ex}(t)$. Схема работает в ждущем режиме.

При отсутствии входных импульсов транзистор VT насыщен, что при известном напряжении E_k обеспечивается выбором резистора $R_{\bar{o}}$, при котором

$$\frac{E_k}{R_{\bar{o}}} \approx I_{\bar{o}} \geq I_{\bar{o}H}, \quad (5)$$

где $I_{\bar{o}}$ - реальный ток базы транзистора, а $I_{\bar{o}H}$ - ток базы насыщения.

Так как $I_{\bar{o}H} \approx \frac{E_k}{\beta R}$ где β - коэффициент усиления транзистора по току, то условие (5) может быть записано в виде

$$\beta R \geq R_{\bar{o}}. \quad (6)$$

При выполнении условия (6) напряжение U_{KH} между коллектором и эмиттером насыщенного транзистора и напряжение на конденсаторе C равны, т.е. $U_c = U_{KH}$. Входной импульс, поступая через конденсатор C_p на базу транзистора VT, выводит последний из режима насыщения. Через малый интервал времени, соответствующий процессу рассасывания неосновных носителей в области базы, транзистор VT оказывается запертым и конденсатор C начинает заряжаться от источника питания E_k через резистор R в течение времени действия входного импульса с полярностью как указано на рисунке 3. При этом напряжение на конденсаторе определяется формулой.

$$u_c(t) = U_{KH} + (E_k - I_{KO} - U_{KH})(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (7)$$

где постоянная времени $\tau = RC$, I_0 - обратный ток коллекторного перехода запертого транзистора. Если пренебречь малыми значениями U_{KH} и I_{K0} , полагая их равными нулю, то соотношение (7) принимает вид

$$u_c(t) \approx E_k(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}). \quad (8)$$

Используя соотношения (2) и (8) коэффициент нелинейности можно представить в виде

$$K_n \approx \frac{U_m}{E_k} = \gamma. \quad (9)$$

После окончания действия входного импульса транзистор VT отпирается и в цепи его базы начинает протекать ток I_b , обеспечивающий его насыщение. Согласованные графики изменения напряжений показаны на рисунке 4.

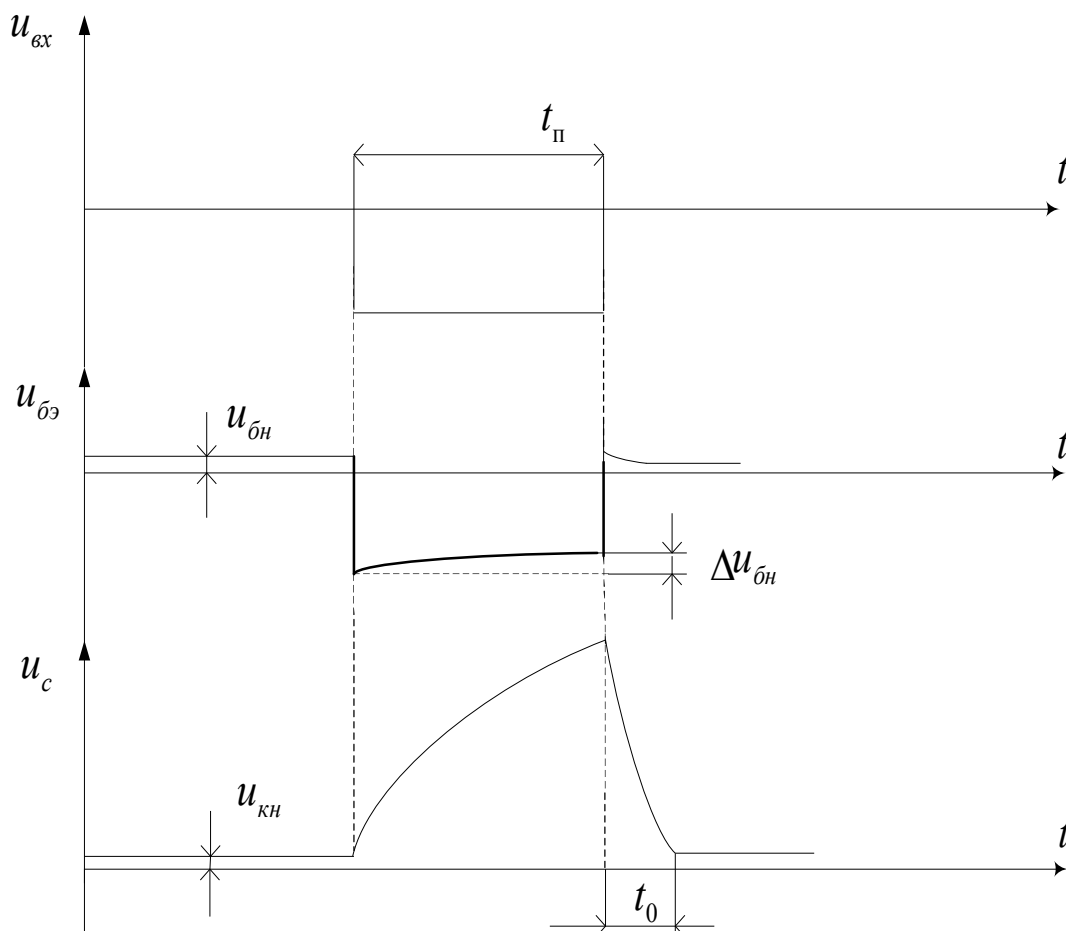


Рисунок 4 – Графики изменения напряжений в ГЛИН

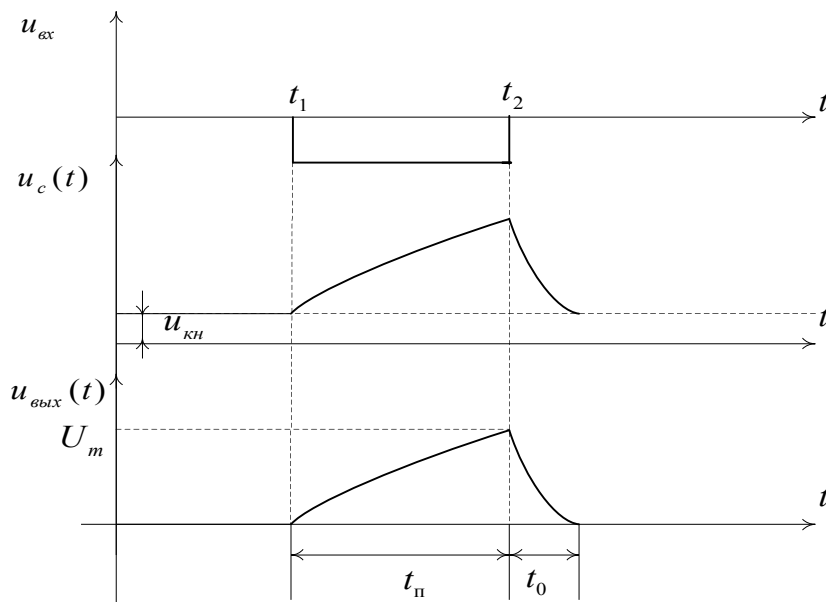
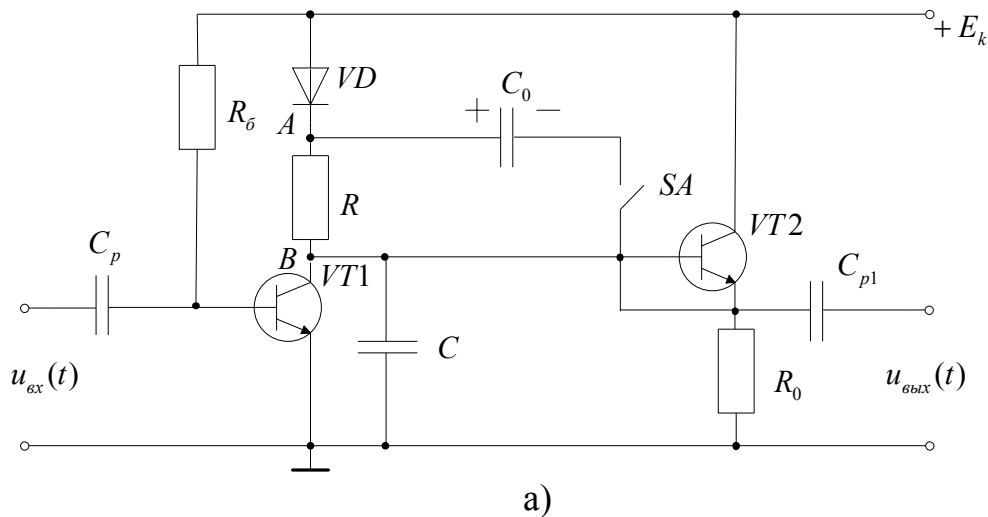
Из соотношения (9) следует, что в данной схеме при уменьшении K_n ухудшается степень использования напряжения питания, уменьшается амплитуда выходного импульса. Схеме присуща так же невысокая температурная стабильность амплитуды выходного сигнала.

Улучшение параметров выходного сигнала достигается в ГЛИН с компенсационной ЭДС [1,5].

В таких ГЛИН для стабилизации зарядного тока $i_c(t)$ последовательно с конденсатором С включается дополнительный источник, напряжение которого изменяется по тому же закону, что и на конденсаторе С, но имеет обратную полярность. Роль такого источника выполняет усилитель, который в

зависимости от схемы включения образует ГЛИН с положительной или отрицательной обратной связью.

Рассмотрим компенсационный ГЛИН с положительной обратной связью (ПОС). В этом устройстве зарядный ток $i_c(t)$ стабилизируется путем формирования дополнительной ЭДС, которая добавляется к напряжению источника питания, создавая таким образом ПОС по питанию. На рисунке 5 изображена схема такого ГЛИН и соответствующие временные диаграммы.



б)

Рисунок 5 – Принципиальная схема компенсационного ГЛИН (а) и временные диаграммы изменения напряжений (б)

В этой схеме транзистор VT1 выполняет роль ключа, коммутирующего цепь заряда – разряда конденсатора С, каскад на транзисторе VT2 является эмиттерным повторителем и выполняет роль усилителя с коэффициентом передачи по напряжению близким к единице; его низкоомный выход является таким, с которого снимается также компенсирующая $u_{\text{ком}}(t) = K u_c(t)$, и по цепи ПОС складывается с напряжением E_k , до которого заряжен конденсатор C_0 , образуя результирующее напряжение источника питания $u_{\text{ип}}(t) = E_k + u_{\text{ком}}(t)$ в процессе рабочей стадии формирования выходного импульса (после закрывания VD).

В исходном состоянии (до момента t_1) транзистор VT1 насыщен за счет требуемой величины сопротивления резистора R_6 , подключенного между $+E_k$ и базой транзистора. При этом напряжение на конденсаторе С равно напряжению на участке коллектор – эмиттер насыщенного транзистора $U_{\text{кн}} \approx 0$. Дополнительный конденсатор C_0 заряжен с указанной на рисунке 5 полярностью через диод VD и выходное сопротивление эмиттерного повторителя практически до напряжения E_k .

В момент t_1 управляющий отрицательный импульс закрывает ключ VT1 и конденсатор С начинает заряжаться через резистор R и диод VD. Возрастающее напряжение на конденсаторе $u_c(t)$ передается на выход эмиттерного повторителя, а также по цепи ПОС складывается с напряжением на конденсаторе C_0 , который заряжен до значения $\approx E_k$. В результате потенциал точки А начинает превышать E_k и диод VD закрывается, отключая источник E_k от цепи заряда конденсатора С. Далее роль источника E_k выполняет конденсатор C_0 и заряд конденсатора С происходит под действием суммарного напряжения $u_{\text{ип}}(t) = E_k + u_{\text{ком}}(t)$. При этом разность потенциалов между точками А и В равна $U_{\text{AB}} = E_k + u_{\text{ком}}(t) - u_c(t) \approx E_k$, а ток протекающий через резистор R и являющийся зарядным током конденсатора С равен $I_{\text{зар}} = E_k/R = \text{const}$.

В момент t_2 окончания входного импульса транзистор VT1 открывается, начинается разряд конденсатора С через сопротивление участка эмиттер – коллектор насыщенного транзистора VT1. В процессе этого разряда диод VD все еще остается закрытым, т.к. потенциал U_A снижается не мгновенно, а в течение времени разряда конденсатора С до низкого уровня $U_{\text{кн}}$. В этот момент потенциал U_A снижается настолько, что диод VD отпирается и начинается стадия восстановления схемы $t_{\text{вос}}$, в течение которой конденсатор C_0 подзарядается до напряжения близкого к E_k .

Схема ждет поступления следующего запускающего импульса. Главные достоинства компенсационных ГЛИН с ПОС по питанию:

- высокая линейность выходного импульса ($K_n=0,02\dots0,05$);
- значительный коэффициент использования источника γ ($K_n=0,02\dots0,05$);
- хорошая нагрузочная способность (малое выходное сопротивление).

Главный недостаток – значительное время $t_{\text{вос}}$.

3. ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы используются:

- лабораторный стенд;
- осциллограф С1-93;
- генератор прямоугольных импульсов Г5-54;
- источник питания Б5-9.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить схему лабораторного стенда, уяснить назначение элементов и переключателей.
2. Определить точки подключения источника питания, генератора запускающих импульсов и осциллографа.
3. Подключить к стенду необходимые приборы и с разрешения преподавателя включить источник питания.
4. Измерить параметры запускающих импульсов (время импульса $t_{\text{и}}$, время паузы $t_{\text{п}}$, период T , амплитуду U_m).
5. Установить на стенде выключатель SA в положение «Выключено» и исследовать ГЛИН без ПОС.
6. Измерить параметры выходного сигнала(время прямого хода $t_{\text{п}}$, время обратного хода $t_{\text{о}}$, амплитуду U_m) и результаты измерений занести в таблицу 1.
7. Зарисовать с экрана осциллографа согласованные графики изменения входного и выходного сигналов.
8. Перевести выключатель SA в положение «Включено» и исследовать работу ГЛИН с ПОС.
9. Повторить пункты 6,7 для генератора с ПОС.

Таблица 1 – Параметры импульсных сигналов

Сигнал Параметры импульсов	Входной Импульс	Выходной импульс (схема без ПОС)	Выходной импульс (схема с ПОС)
Длительность импульса $t_{и}$, мкс			
Время прямого хода $t_{п}$, мкс	—		
Время обратного хода $t_{о}$, мкс	—		
Период T , мкс			
Амплитуда U_m , В			

10. Используя соотношения (2)...(4) рассчитать коэффициенты нелинейности K_n и использования источника питания γ для обеих схем ГЛИН при $E_k = 10V$.
11. Сделать сравнительную оценку данных в таблице 1 и результатов расчета и сделать выводы о влиянии ПОС на параметры генерируемых импульсов.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Отчет должен содержать:

- титульный лист;
- цель исследования;
- перечень используемых приборов;
- принципиальную схему исследуемого лабораторного стенда;
- результаты эксперимента (табличный и графический материалы);
- результаты расчетов;
- краткие выводы по результатам эксперимента.

Отчет по лабораторной работе должен быть выполнен в соответствии с ДСТУ. На оформление студентом индивидуального отчета отводится внеаудиторное время в количестве 0,5 от числа аудиторных часов. Защита отчета производится на очередном занятии. Студент не оформивший или не защитивший отчет по предыдущей работе, к выполнению очередной работы не допускается.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Охарактеризуйте параметры генерируемых импульсов в ГЛИН.
2. Объясните принцип действия простейшего ГЛИН (рисунок 3).
3. Укажите цепи заряда и разряда конденсатора C и запишите выражения соответствующих постоянных времени.
4. Прокомментируйте графики изменения напряжений в ГЛИН (рисунок 4).
5. Объясните назначение конденсатора C_p и резистора R_b в схеме на рисунке 3.
6. Объясните назначение транзисторов $VT1$, $VT2$ и диода VD в схеме на рисунке 5,а.
7. Почему во время прямого хода выходного напряжения в схеме на рисунке 5,а диод VD закрывается?
8. На каком принципе основана линеаризация напряжения на конденсаторе C в схеме на рисунке 5, а?
9. Как изменяется коэффициент нелинейности при повышении стабильности зарядного тока конденсатора C ?
10. Как влияет значение коэффициента передачи эмиттерного повторителя на коэффициент нелинейности пилообразного напряжения?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Игумнов Д.В. Основы полупроводниковой электроники / Д.В. Игумнов, Г.П. Костюнина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 427с.
2. ДСТУ 3008 – 95. Документация. Отчеты в сфере науки и техники. Структура и правила оформления. – К.: Госстандарт Украины, 1995. – 37с.
3. Скаржепа В.А. Электроника и микросхемотехника/ В.А. Скаржепа, А.Н. Луценко. – Киев: Вища школа, 1989. – 431с.
4. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника/ В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М.: Высшая школа, 2006. – 483с.
5. Ерофеев.Ю.Н. Импульсные устройства /Ю.Н.Ерофеев. – М.: Высшая школа, 1989. – 528с.

Заказ № _____ от « _____ » _____ 200 ____ . Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ