

- 5) правильный ответ не приведен.
4. Каков диапазон регулирования $U_{\text{вых}}$ в генераторе ГЗ-109?
- 1) правильный ответ не приведен;
 - 2) 15 мВ...3 В;
 - 3) 3 мВ...15 В;
 - 4) 5 мВ...30 В;
 - 5) 15 мВ...15 В.
5. Какое напряжение показывает индикатор генератора ГЗ-109?
- 1) амплитудное;
 - 2) средневыпрямленное;
 - 3) постоянное;
 - 4) среднеквадратичное;
 - 5) правильный ответ не приведен.

Лабораторная работа 4.

Подготовка и проверка работы высокочастотного генератора

Цель работы — изучение органов управления высокочастотного генератора; измерение параметров выходного сигнала; наблюдение формы выходного сигнала в режиме непрерывной генерации и в режиме амплитудной модуляции.

Краткие теоретические сведения. Высокочастотные генераторы являются источником синусоидального и не менее одного модулированного по какому-либо параметру сигналов (амплитудно-модулированный — АМ-сигнал, частотно-модулированный — ЧМ-сигнал) с известными параметрами. Форма сигналов на выходе показана на рис. 2.14. Если на лицевой панели прибора форма сигналов не указана, то это всегда синусоидальный сигнал и АМ-сигнал.

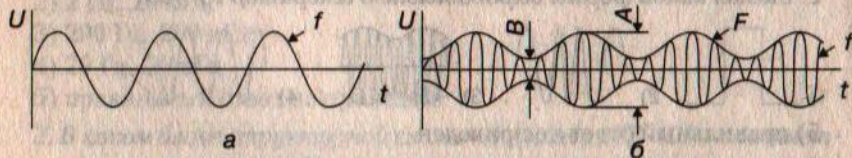


Рис. 2.14. Форма сигналов на выходе ГВЧ: синусоидального (а), амплитудно-модулированного (б)

Рассмотрим параметры, характеризующие приведенные сигналы: f — несущую (модулированную) высокую частоту; F — модулирующую низкую частоту; M — коэффициент амплитудной модуляции:

$$M = \frac{A-B}{A+B} \cdot 100\%.$$

Высокочастотные генераторы охватывают высокие частоты в диапазоне 200 кГц ... 30 МГц, сверхвысокие частоты с $f > 30$ МГц и могут иметь расширение диапазона в сторону частот менее 200 кГц.

Такие генераторы применяются для всестороннего исследования высокочастотных трактов теле- и радиоприемных устройств, для питания схем напряжением высоких и сверхвысоких частот и т.д. Рассмотрим структурную схему ГВЧ (рис. 2.15).



Рис. 2.15. Структурная схема ГВЧ

Задающий генератор 1 определяет значение несущей частоты f и форму сигнала. В качестве задающего используется генератор типа LC, колебательная система которого представляет собой параллельный контур, состоящий из катушки индуктивности и конденсатора. Частота колебаний контура

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (2.3)$$

Частотный диапазон генератора поделен на участки (поддиапазоны), количество которых может достигать восьми. Каждому поддиапазону соответствует конкретная катушка индуктивности, а плавная установка частоты в границах поддиапазона осуществляется с помощью конденсатора переменной емкости.

Прибор имеет два выхода: микровольтовый « μV » и одновольтовый «1V».

С выхода задающего генератора 1 напряжение поступает на два канала: основной и вспомогательный.

Основной канал содержит усилитель-модулятор и высокочастотный аттенуатор (основной выход « μV »). С этого выхода снимается немодулированное синусоидальное или модулированное регулируемое высокочастотное колебание, калиброванное по напряжению. Генератор работает с согласующей нагрузкой 50 Ом, поставляемой с прибором. Как и в низкочастотных генераторах, индикатор показывает среднеквадратичное значение синусоидального напряжения.

Вспомогательный канал содержит усилитель и выход «1 V». С этого выхода снимается неконтролируемое, немодулированное (т.е. синусоидальное), нерегулируемое высокочастотное напряжение значением 1...2 В с согласующей нагрузкой.

«Вход АМ» предназначен для подключения внешнего модулирующего генератора при положении тумблера «Внеш.» или внутреннего модулирующего генератора 2 при положении тумблера «Внутр.». Обычно модулирующая частота имеет фиксированное значение: 400 или 1 000 Гц (если на лицевой панели частота не указана, то она составляет 1 000 Гц).

Особенностью сверхвысокочастотных генераторов (ГСВЧ) является наличие в качестве усилительных элементов специальных СВЧ-приборов: клистронов, ЛОВ-ламп обратной волны, лавинно-пролетных диодов, диодов Ганна, магнитронов, а также колебательных систем на объемном резонаторе или четвертьволновом отрезке волновода или на отрезке коаксиальной линии. На калиброванном выходе мощность не превышает нескольких микроватт, а на некалиброванном — несколько ватт. ГСВЧ могут являться источником синусоидального и импульсно-модулированного сигнала (ИМ-сигнала).

Необходимые приборы: высокочастотный генератор Г4-102А с нагрузкой 50 Ом; милливольтметр ВЗ-38; частотомер ЧЗ-38.

Изображение лицевых панелей милливольтметра ВЗ-38, высокочастотного генератора Г4-102А и частотомера ЧЗ-38 приведены в Приложении 2 (рис. П1, ПЗ и П6 соответственно).

Порядок выполнения работы:

- измерить напряжение сигнала на основном выходе « μV » в режиме непрерывной генерации;

- измерить несущую частоту сигнала на выходе « μV »;
 - письменно сформулировать выводы по результатам работы.
- Измерение напряжения сигнала на основном выходе « μV » в режиме непрерывной генерации.** Подготовить генератор Г4-102А к работе, для чего выполнить следующие операции:

- тумблер «Сеть» установить в верхнее положение;
- тумблер включения выходного напряжения по основному выходу « μV » установить в верхнее положение;
- переключатель «Глубина модуляции» установить в положение «0»;
- ручку плавной установки уровня модуляции установить в крайнее левое положение;
- частоту 0,1 МГц установить нажатием клавиши «1» и ручкой плавного регулирования частоты «МНz» установить визир в положение «0,1».

Подготовить милливольтметр ВЗ-38 к работе, для чего произвести следующие действия:

- в выключенном приборе проверить установку стрелки индикатора на «0»; при необходимости отрегулировать нулевое показание индикатора механическим корректором, расположенным под индикатором в центре;
- переключатель пределов измерения установить в положение «1 V»;
- тумблер «Сеть» установить в верхнее положение и дать прибору прогреться в течение 15 мин.

Соединить приборы в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.16.

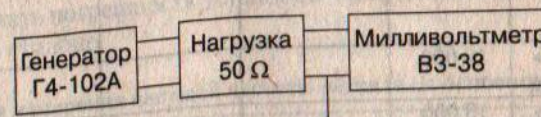


Рис. 2.16. Схема соединения приборов при измерении напряжения сигнала на основном выходе « μV » в режиме непрерывной генерации

Ручки регулирования выходного напряжения генератора Г4-102А и переключатель пределов милливольтметра ВЗ-38 установить в соответствии с указанными в табл. 2.10 положениями.

Провести измерение напряжения вольтметром.

Результаты занести в ту же таблицу. Рассчитать погрешность установки напряжения на генераторе.

Таблица 2.10

Результаты измерения напряжения сигнала на основном выходе «μV» в режиме непрерывной генерации

Положение ручек регулирования $U_{\text{вых}} (\mu\text{V})$ генератора		Напряжение U_1 на генераторе, В	Пределы шкалы милливольтметра mV, V	Напряжение U_2 на милливольтметре, мкВ	Действительная относительная погрешность	
При плавном регулировании	Множитель				измеренная $\gamma_d = -20 \lg \frac{U_2}{U_1}$, дБ	паспортная γ_d , дБ
«1,5»*	« $\times 10^2$ »*	150				
черная	черная					
«2»	« $\times 10^2$ »	200				
красная	красная					
«4»	« $\times 10^2$ »	400				
красная	красная					
«0,5»	« $\times 10^3$ »	500				
черная	черная					
«1,5»	« $\times 10^3$ »	1 500				
черная	черная					
«1,5»	« $\times 10^4$ »	15 000				
красная	красная					
«3»	« $\times 10^4$ »	30 000				
красная	красная					
«1»	« $\times 10^4$ »	10 000				
черная	черная					
«1,3»	« $\times 10^4$ »	13 000				
черная	черная					
«5»	« $\times 10^5$ »	500 000				
красная	красная					

*На рисунке ПЗ Приложения 2 черные цифры показаны жирным шрифтом, красные — светлым шрифтом.

Измерение несущей частоты сигнала на основном выходе «μV». Подготовить генератор Г4-102А к работе, как описано ранее.

Подготовить частотомер ЧЗ-38 к работе, для чего произвести следующие действия:

- ручку «Уровень» установить в среднее положение;
- переключатель «Род работы» установить в положение «Контроль»;
- тумблер «Сеть» переключить в верхнее положение;
- переключатель «Метки времени» установить в положение «0,1 μs»;
- переключатель «Время счета, ms, множитель» установить в положение «1»; при этом на цифровом табло должно установиться показание «00010000»;
- переключатель «Род работы» установить в положение «Частота»;
- ручку «Время инд.» перевести в удобное для отсчета положение;
- тумблер «Память/суммир.» перевести в положение «Суммир.».

Соединить приборы в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.17.

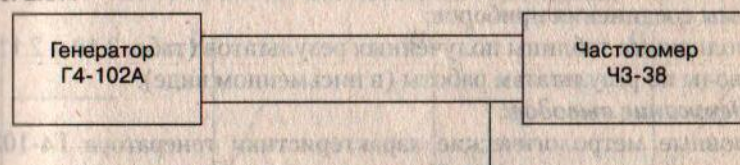


Рис. 2.17. Схема соединения приборов при измерении несущей частоты сигнала на основном выходе «μV»

Подать от генератора напряжение 0,5 В.

Поочередно устанавливая на генераторе частоты в соответствии с табл. 2.11, измерить их частотомером. Результаты записать в ту же таблицу.

Рассчитать погрешность установки частоты сигнала и записать ее в последнем столбце.

Таблица 2.11

Результаты измерения несущей частоты сигнала на основном выходе «μV»

Положение ручки регулирования $F_{\text{вых}} \text{ генератора}$		Установленная на частотомере частота F_1 , МГц	Измеренная частотомером частота F_2 , МГц	Относительная действительная погрешность установки частоты $\gamma_d = \frac{ F_1 - F_2 }{F_1} \cdot 100\%$
при плавном регулировании	при дискретном регулировании			
«0,15»	«1»	0,15		
«0,28»	«2»	0,28		
«0,5»	«3»	0,5		

Окончание

Положение ручки регулирования $F_{\text{вых}}$ генератора		Установленная на частотомере частота F_1 , МГц	Измеренная частотометром частота F_2 , МГц	Относительная действительная погрешность установки частоты $\gamma_d = \frac{ F_1 - F_2 }{F_1} \cdot 100\%$
при плавном регулировании	при дискретном регулировании			
«1,0»	«4»	1,0		
«2,4»	«5»	2,4		
«6,6»	«6»	6,6		
«14»	«7»	14		
«50»	«8»	50		

Содержание отчета:

- название лабораторной работы;
- перечень использованных приборов;
- схемы соединения приборов;
- заполненные таблицы полученных результатов (табл. 2.10 и 2.11);
- выводы по результатам работы (в письменном виде).

Содержание выводов:

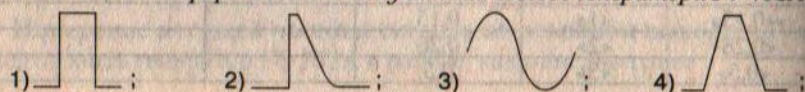
- основные метрологические характеристики генератора Г4-102А (диапазон регулирования $U_{\text{вых}}$ на выходе « μV », диапазон регулирования несущей частоты, значение модулирующей частоты, форма сигнала на выходах, диапазон регулирования M);
- соответствие (или несоответствие) измеренной погрешности установки выходного напряжения паспортному значению.

Контрольные вопросы

1. Какой вид модуляции используется в генераторе Г4-102А?
2. Задающий генератор какого типа применяется в генераторе Г4-102А для получения несущей и модулирующей частот?
3. В каких режимах может работать генератор Г4-102А? Какую форму будет иметь сигнал на выходе в этих режимах?
4. Какими сигналами осуществляется модуляция?

Тесты для защиты лабораторной работы 4**Вариант 1**

1. Сигнал какой формы можно получить на выходе генератора Г4-102А?



5) правильный ответ не приведен.

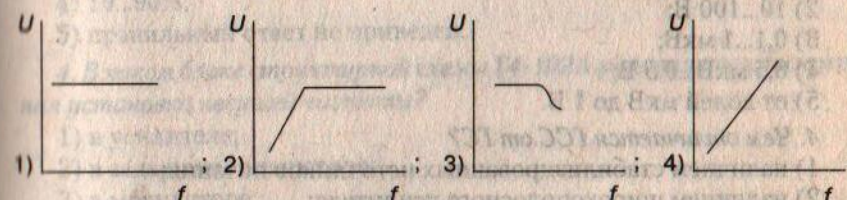
2. Аттenuатор какого типа используется в генераторе Г4-102А?

- 1) индуктивный;
- 2) емкостный;
- 3) поперечный;
- 4) правильный ответ не приведен;
- 5) резистивный.

3. К какой группе и подгруппе приборов относятся ГВЧ?

- 1) группа 4, подгруппа Г;
- 2) группа Г, подгруппа 4;
- 3) группа Г, подгруппа 3;
- 4) группа Г, подгруппа 5;
- 5) правильный ответ не приведен.

4. Какой вид имеет амплитудно-частотная характеристика генератора Г4-102А в области нижних частот диапазона?



5) правильный ответ не приведен.

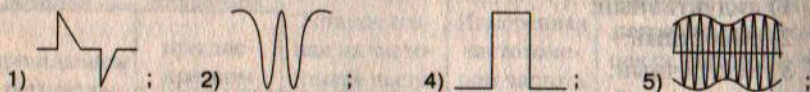
5. Кнопка «1» генератора Г4-102А нажата, визир установлен на «0,15». Определить форму и параметры сигнала на основном выходе « μV ».

- 1) $f = 400 \text{ Гц}, F_0 = 0$;
- 2) $f = 150 \text{ кГц}, F_0 = 1000 \text{ Гц}$;
- 3) $f = 0,15 \text{ МГц}, F_0 = 400 \text{ Гц}$;
- 4) $f = 0,15 \text{ МГц}, F_0 = 1 \text{ кГц}$;

5) правильный ответ не приведен.

Вариант 2

1. Сигнал какой формы можно получить на выходе генератора Г4-102А?



3) правильный ответ не приведен.

2. Чему равна модулирующая частота генератора Г4-102А?

- 1) 1 кГц;
- 2) 150 кГц;
- 3) 100 Гц;
- 4) 35 МГц;
- 5) правильный ответ не приведен.

3. Каков диапазон установки выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ на генераторе Г4-102А?

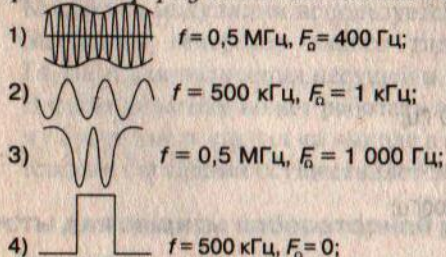
- 1) 0,1...1 В;
- 2) 10...100 В;
- 3) 0,1...1 мкВ;
- 4) 0,5 мкВ...0,5 В;
- 5) от долей мкВ до 1 В.

4. Чем отличается ГСС от ГС?

- 1) наличием стабилизированных источников питания;
- 2) наличием широкополосного усилителя;
- 3) наличием модулятора;
- 4) наличием калиброванного выхода ($U_{\text{вых}}$, f , F_0 , M);
- 5) правильный ответ не приведен.

5. Кнопка «3» генератора ГЧ-102А нажата, визир установлен на «0,5».

Определить форму выходного сигнала и его параметры на выходе «1V».



5) правильный ответ не приведен.

Вариант 3

1. Задающий генератор какого типа используется в Г4-102А для работы «f»?

- 1) LC;
- 2) RL;
- 3) правильный ответ не приведен;
- 4) на биениях;
- 5) RC.

2. Каков диапазон регулирования несущей частоты генератора Г4-102А?

- 1) 0...400 кГц;
- 2) 0...1 000 Гц;
- 3) правильный ответ не приведен;
- 4) 400 Гц;
- 5) 0,1...50 МГц.

3. Каков диапазон регулирования M генератора Г4-102А?

- 1) 10...100%;
- 2) 0...90%;
- 3) 0...100%;
- 4) 10...90%;
- 5) правильный ответ не приведен.

4. В каком блоке структурной схемы Г4-102А выполняется дискретная установка несущей частоты?

- 1) в усилителе;
- 2) в задающем генераторе;
- 3) в модуляторе;
- 4) в аттенюаторе;
- 5) правильный ответ не приведен.

5. Как можно изменить несущую частоту в генераторе Г4-102А?

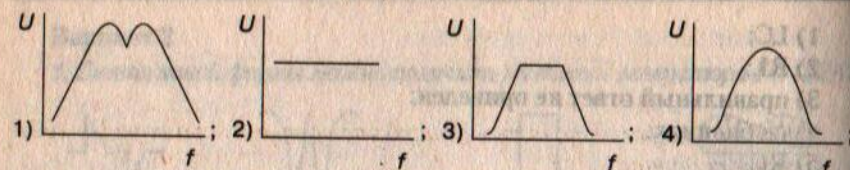
- 1) изменением M ;
- 2) изменением активного сопротивления контура;
- 3) изменением коэффициента деления аттенюатора;
- 4) изменением напряжения питания;
- 5) изменением емкости конденсатора контура.

Вариант 4

1. В каком блоке структурной схемы генератора Г4-102А дискретно регулируется выходное напряжение $U_{\text{вых}}$?

- 1) в задающем генераторе;
- 2) в модуляторе;
- 3) в усилителе;
- 4) в аттенюаторе;
- 5) правильный ответ не приведен.

2. Какой вид имеет частотная характеристика генератора Г4-102А?



5) правильный ответ не приведен.

3. В каком блоке структурной схемы генератора Г4-102А задается форма синусоидального сигнала?

- 1) в задающем генераторе;
- 2) в аттенуаторе;
- 3) в модуляторе;
- 4) в усилителе;
- 5) правильный ответ не приведен.

4. Какой из приведенных генераторов может служить источником АМ-сигнала?

- 1) Б5-8;
- 2) Г5-54;
- 3) Г3-109;
- 4) правильный ответ не приведен;
- 5) Г4-102А.

5. Кнопка «8» генератора Г4-102А нажата; визир установлен на «30». Определить форму выходного сигнала и его параметры на основном выходе «μV».

1) $f = 1 \text{ МГц}, F_0 = 30 \text{ МГц};$

2) $f = 1 \text{ МГц}, F_0 = 3,0 \text{ МГц};$

3) $f = 30 \text{ МГц}, F_0 = 1 \text{ кГц};$

4) $f = 3,0 \text{ МГц}, F_0 = 400 \text{ Гц};$

5) правильный ответ не приведен.

Вариант 5

1. Какой из перечисленных приборов может служить источником синусоидального сигнала высокой частоты?

- 1) Г3-109;
- 2) Г4-106;

3) Г5-63;

4) Б5-7;

5) правильный ответ не приведен.

2. Как можно регулировать несущую частоту в генераторе Г4-102А в границах поддиапазона?

- 1) изменением R и C ;
- 2) изменением C ;
- 3) изменением $U_{\text{пит}}$;
- 4) изменением R и L ;
- 5) правильный ответ не приведен.

3. Какова функция аттенуатора в генераторе ГВЧ?

- 1) усиление сигнала по частоте;
- 2) получение нужной формы $U_{\text{вых}}$;
- 3) регулирование $U_{\text{вых}}$;
- 4) регулирование M ;
- 5) правильный ответ не приведен.

4. В каком блоке структурной схемы генератора Г4-102А осуществляется плавное регулирование $U_{\text{вых}}$?

- 1) в задающем генераторе;
- 2) в усилителе;
- 3) в аттенуаторе;
- 4) в модуляторе;
- 5) правильный ответ не приведен.

5. Указать значение модулирующей частоты генератора Г4-102А?

- 1) 400 Гц;
- 2) 50 МГц;
- 3) 0 Гц;
- 4) 1 кГц;
- 5) правильный ответ не приведен.

Вариант 6

1. По какой формуле определяется модулирующая частота генератора Г4-102А?

- 1) $F = \frac{1}{2\pi RC};$
- 2) $F = \frac{1}{2\pi LC};$
- 3) $F = f_1 - f_2;$
- 4) $F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}};$

5) правильный ответ не приведен.

2. Каково назначение усилителя в генераторе Г4-102А?

- 1) увеличение сигнала по U ;
- 2) увеличение несущей частоты f ;
- 3) увеличение модулирующей частоты F_{Ω} ;
- 5) правильный ответ не приведен;
- 4) увеличение коэффициента модуляции M .

3. Что такое амплитудная модуляция?

- 1) $f = \text{const}$, $F_{\Omega} = \text{var}$, $U = \text{const}$;
- 2) $f = \text{var}$, $F_{\Omega} = \text{const}$, $U = \text{const}$;
- 3) $f = \text{const}$, $F_{\Omega} = \text{const}$, $U = \text{var}$;
- 4) $f = \text{const}$, $F_{\Omega} = \text{var}$, $U = \text{var}$;
- 5) правильный ответ не приведен.

4. По какой формуле определяется модулирующая частота генератора Г4-102А?

- 1) $F = \frac{1}{2\pi LC}$;
- 2) $F = \frac{1}{2\pi RC}$;
- 3) $F = f_1 - f_2$;
- 4) $F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$;

5) правильный ответ не приведен.

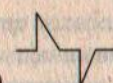
5. Кнопка «4» генератора Г4-102А нажата; визир установлен на «0,8», сигнал снимается с выхода «1V». Определить параметры и форму сигнала на выходе.

- 1)  $f = 800 \text{ кГц}$, $F_{\Omega} = 0,4 \text{ кГц}$, $U_{\text{вых}} = 1 \text{ В}$;
- 2)  $f = 0,8 \text{ МГц}$, $F_{\Omega} = 1 \text{ кГц}$, $U_{\text{вых}} = 1000 \text{ мВ}$;
- 3)  $f = 8 \text{ МГц}$, $F_{\Omega} = 1000 \text{ Гц}$, $U_{\text{вых}} = 1 \text{ В}$;
- 4)  $f = 0,8 \text{ кГц}$, $F_{\Omega} = 400 \text{ Гц}$, $U_{\text{вых}} = 0,5 \text{ В}$;

5) правильный ответ не приведен.

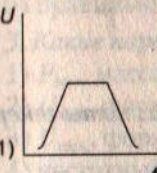
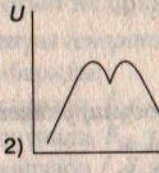
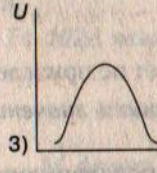
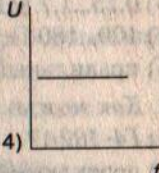
Вариант 7

1. Сигнал какой формы можно получить на выходе ГВЧ?

- 1)  ;
- 2)  ;
- 3)  ;
- 4)  ;

5) правильный ответ не приведен.

2. Какой вид имеет амплитудно-частотная характеристика генератора Г4-102А в области верхних частот?

- 1)  ;
- 2)  ;
- 3)  ;
- 4)  ;

5) правильный ответ не приведен.

3. Что такое частотная модуляция?

- 1) $U_m = \text{var}$, $f = \text{const}$, $F_{\Omega} = \text{var}$;
- 2) $U_m = \text{const}$, $f = \text{const}$, $F_{\Omega} = \text{var}$;
- 3) $U_m = \text{var}$, $f = \text{const}$, $F_{\Omega} = \text{const}$;
- 4) $U_m = \text{const}$, $f = \text{var}$, $F_{\Omega} = \text{const}$;
- 5) правильный ответ не приведен.

4. Исходя из частотного диапазона Г4-102А указать тип используемого в нем аттенюатора.

- 1) индуктивный;
- 2) емкостный;
- 3) резистивный;
- 4) поперечный;
- 5) правильный ответ не приведен.

5. В каком блоке структурной схемы Г4-102А выполняется плавное регулирование частоты?

- 1) в модуляторе;
- 2) в усилителе;
- 3) в генераторе несущей частоты;
- 4) в генераторе модулирующей частоты;
- 5) правильный ответ не приведен.

Вариант 8

1. До какой максимальной частоты в генераторе используются резистивные аттенюаторы?

- 1) до 400 кГц;
- 2) до 1000 МГц;
- 3) до 1 МГц;

- 4) до 100 МГц;
- 5) правильный ответ не приведен.

2. В каких границах может изменяться несущая частота генератора при нажатой кнопке «1»?

- 1) 0,1...0,18 МГц;
- 2) 20...50 МГц;
- 3) 0,75...1,7 МГц;
- 4) 100...180 Гц;
- 5) правильный ответ не приведен.

3. Как можно изменить значение модулирующей частоты генератора Г4-102А?

- 1) переключением поддиапазонов 1–8;
- 2) нельзя изменить;
- 3) переключением с выхода « μV » на выход «1V»;
- 4) изменением глубины модуляции;
- 5) правильный ответ не приведен.

4. Как обеспечивается перекрытие всего диапазона частот генератора Г4-102А?

- 1) набором сменных конденсаторов и потенциометром;
- 2) набором сменных катушек и конденсатором переменной емкости;
- 3) набором сменных резисторов и конденсатором переменной емкости;
- 4) набором сменных конденсаторов и катушкой переменной индуктивности;
- 5) правильный ответ не приведен.

5. Каково назначение модулирующего генератора в Г4-102А?

- 1) усиление сигнала на частоте;
- 2) генерация сигнала несущей частоты;
- 3) генерация сигнала модулирующей частоты;
- 4) ослабление сигнала по напряжению;
- 5) правильный ответ не приведен.

Вариант 9

1. В каких границах можно изменять несущую частоту на Г4-102А при нажатой кнопке «2»?

- 1) 0...9 МГц;
- 2) 1...8 МГц;
- 3) 0,1...50 МГц;
- 4) 1,5...5 МГц;
- 5) 0,18...0,35 МГц.

2. Какой параметр колебательной системы генератора Г4-102А изменяется при перемещении визира по шкале панорамного окна?

- 1) емкость конденсатора;
- 2) сопротивление резистора;
- 3) индуктивность катушки;
- 4) добротность;
- 5) правильный ответ не приведен.

3. Какие параметры генератора Г4-102А являются основными?

- 1) $P_{\text{вых}}$, масса, габариты;
- 2) $U_{\text{вых}}$, форма сигнала, f ;
- 3) $U_{\text{вых}}$, форма сигнала, F_{Ω} , γ_{Ω} ;
- 4) частотный диапазон f , F , γ_{Ω} ; $U_{\text{вых}}$, M , форма сигнала;
- 5) правильный ответ не приведен.

4. В каких границах можно изменять глубину модуляции, когда переключатель «Глубина мод., %» находится в положении «40»?

- 1) 0...40 %;
- 2) 30...40 %;
- 3) 40...50 %;
- 4) 10...40 %;
- 5) правильный ответ не приведен.

5. Какие параметры АМ-сигнала являются переменными (var), какие постоянными (const)?

- 1) $U_{\text{вых}} = \text{const}$, $f = \text{const}$, $F_{\Omega} = \text{var}$;
- 2) $U_{\text{вых}} = \text{var}$, $f = \text{var}$, $F_{\Omega} = \text{const}$;
- 3) $U_{\text{вых}} = \text{var}$, $f = \text{const}$, $F_{\Omega} = \text{const}$;
- 4) $U_{\text{вых}} = \text{var}$, $f = \text{var}$, $F_{\Omega} = \text{const}$;
- 5) правильный ответ не приведен.

Вариант 10

1. В каких границах можно изменять несущую частоту генератора Г4-102А при нажатой кнопке «5»?

- 1) 0,1...50 МГц;
- 2) 20...50 МГц;
- 3) 0,1...4 МГц;
- 4) 1,7...20 МГц;
- 5) 1,7...4 МГц.

2. Какой тип индикатора используется в генераторе Г4-102А?

- 1) цифровой;
- 2) электромагнитной системы;
- 3) магнитоэлектрической системы;

- 4) выпрямительной системы;
- 5) вольтметр типа У-Д.
3. В каком блоке структурной схемы Г4-102А выполняется изменение глубины модуляции?
 - 1) в генераторе несущей частоты;
 - 2) в аттенуаторе;
 - 3) в генераторе модулирующей частоты;
 - 4) в усилителе-модуляторе;
 - 5) правильный ответ не приведен.
4. Как можно изменить значение несущей частоты генератора?
 - 1) переключателем «Глубина мод., %»;
 - 2) тумблером « $\mu V-1V$ »;
 - 3) изменением множителя « μV »;
 - 4) правильный ответ не приведен;
 - 5) нажатием кнопок 1-8.
5. Если на лицевой панели генератора не указано значение модулирующей частоты, то чему она равна?
 - 1) 0,1...50 МГц;
 - 2) 0,5 кГц...0,5 МГц;
 - 3) 10...90 МГц;
 - 4) 400 Гц;
 - 5) 1 кГц.

Лабораторная работа 5. Подготовка и проверка работы генератора импульсов

Цель работы — изучение генератора импульсов (импульсного генератора) и его органов управления; измерение параметров выходного сигнала.

Краткие теоретические сведения. Импульсные генераторы применяются при настройке и регулировании импульсных схем, используемых в телевидении и связи, в ЭВМ, радиолокации и т.д. Широко используются генераторы, обеспечивающие получение напряжений прямоугольной формы.

Импульсные генераторы являются источником двух сигналов (импульсов): основного и дополнительного (синхроимпульса — СИ). Параметры основных сигналов регулируются в широких пределах (рис. 2.18). К основным параметрам этих выходных сигналов импульсного генератора относятся U_m — амплитудное значение напряжения; t_n — длительность

импульса; t_s — временной сдвиг (время задержки) основных импульсов по отношению к СИ; T — период повторения (следования) импульсов.

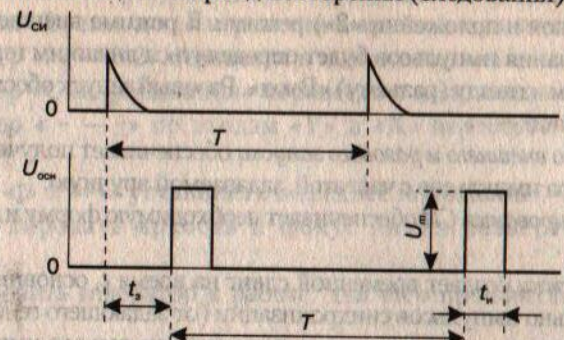


Рис. 2.18. Основные параметры выходных сигналов импульсного генератора

К косвенным (вторичным) параметрам основного сигнала относятся q — скважность, которая должна быть ≥ 2 : $q = \frac{T}{t_n} = \frac{1}{F \cdot t_n}$; F — частота повторения импульсов: $F = \frac{1}{T}$.

Структурная схема импульсного генератора показана на рис. 2.19.

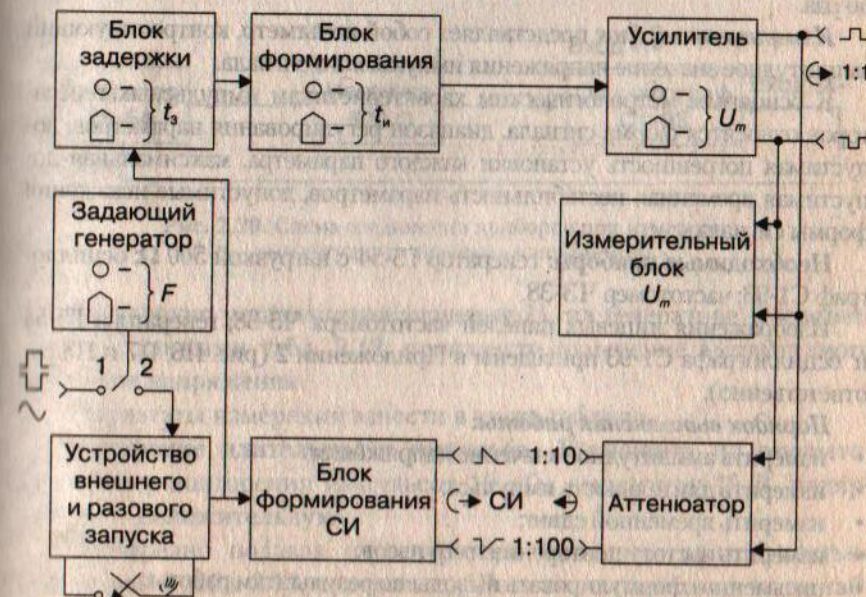


Рис. 2.19. Структурная схема импульсного генератора

3. Какое название имеют кнопки «Занул» и «Занул» мигульского генератора?
- 5) правильный ответ не приведен.
4) 0,1...0,3 кГц;
3) 1...3 кГц;

- 1) задержка сигналов;
2) правильный ответ не приведен;
3) усиление t_n сигнала;
4) усиление сигнала по f ;
5) включение внутреннего задерживающего генератора.
4. Сигнал какой формы можно получить на выходе «Синхронизатора» генератора ГС-54?



5. Какие параметры синхронизированных в генераторе ГС-54 можно регулировать?
- 1) полярность;
2) f , U_m , полярность;
3) U_m ;
4) t_n ;
5) t_d .

Вариант 10

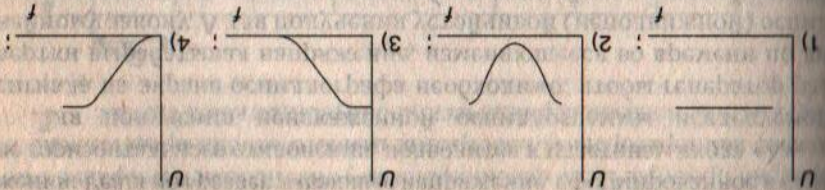
1. В каком блоке строгущей схемы генератора ГС-54 выполняется мигульское регулирование длительности импульса?

- 1) в блоке задержки;
2) в аттенуаторе;
3) в усилителе;
4) правильный ответ не приведен;
5) в блоке формирования.

2. Определить диапазон регулировки длительности импульсов на генераторе ГС-54.

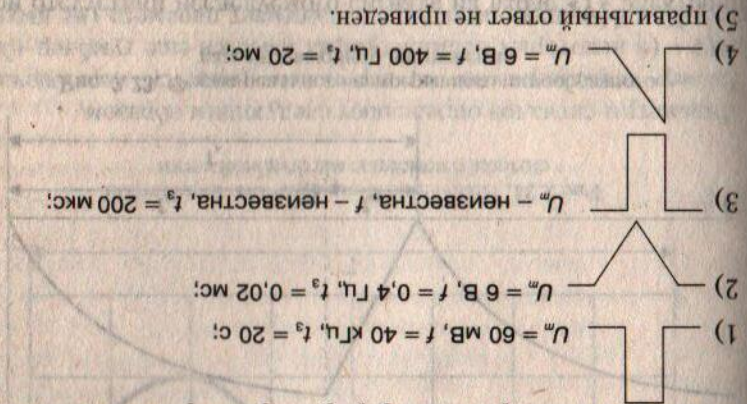
- 1) 1 мкс...1 мс;
2) 0,1...1000 мкс;
3) 0...1000 мкс;
4) правильный ответ не приведен;
5) не регулируется.

3. Как выглядит амплитудно-частотная характеристика мигульского генератора в области частот частотного диапазона?



- 5) правильный ответ не приведен.
4. Каково назначение блока задержки в генераторе ГС-54?
- 1) усиление сигнала по U_m ;
2) формирование сигнала;
3) ослабление сигнала по U_m ;
4) измерение длительности сигнала;
5) обеспечение временного сдвига основных импульсов.

5. Ручка «Ампл.» генератора ГС-54 установлена в положение «20», сигнал снимается с входа «1:10», ручка мигульского регулировщика «Временной осциллограммы» установлена в положение «20», ручка дискретного регулировщика «Временной осциллограммы» установлена в положение « $\times 10^2$ ». Определить форму и параметры выходного сигнала.



- 5) правильный ответ не приведен.

Лабораторная работа 6.

Исследование гармонических сигналов

с помощью электронного осциллографа

Цель работы — изучение электронного осциллографа; получение осциллограмм исследуемого сигнала и измерение его параметров.

4) выпрямительной системы;

5) вольтметр типа У-Д.

3. В каком блоке структурной схемы Г4-102А выполняется изменение глубины модуляции?

1) в генераторе несущей частоты;

2) в аттенюаторе;

3) в генераторе модулирующей частоты;

4) в усилителе-модуляторе;

5) правильный ответ не приведен.

4. Как можно изменить значение несущей частоты генератора?

1) переключателем «Глубина мод. %»;

2) тумблером « $\mu V-1V$ »;

3) изменением множителя « μV »;

4) правильный ответ не приведен;

5) нажатием кнопок 1-8.

5. Если на лицевой панели генератора не указано значение модулирующей частоты, то чему она равна?

1) 0,1...50 МГц;

2) 0,5 кГц...0,5 МГц;

3) 10...90 МГц;

4) 400 Гц;

5) 1 кГц.

Лабораторная работа 5. Подготовка и проверка работы генератора импульсов

Цель работы — изучение генератора импульсов (импульсного генератора) и его органов управления; измерение параметров выходного сигнала.

Краткие теоретические сведения. Импульсные генераторы применяются при настройке и регулировании импульсных схем, используемых в телевидении и связи, в ЭВМ, радиолокации и т.д. Широко используются генераторы, обеспечивающие получение напряжений прямоугольной формы.

Импульсные генераторы являются источником двух сигналов (импульсов): основного и дополнительного (синхроимпульса — СИ). Параметры основных сигналов регулируются в широких пределах (рис. 2.18). К основным параметрам этих выходных сигналов импульсного генератора относятся U_m — амплитудное значение напряжения; t_n — длительность

импульса; t_3 — временной сдвиг (время задержки) основных импульсов по отношению к СИ; T — период повторения (следования) импульсов.

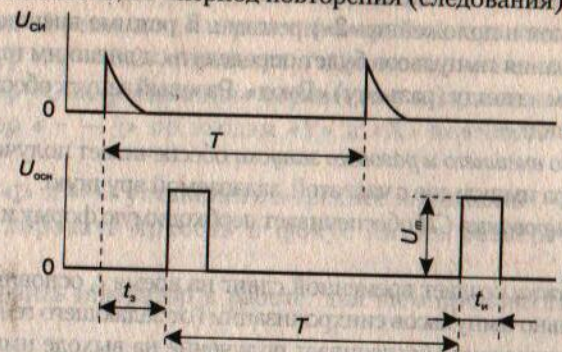


Рис. 2.18. Основные параметры выходных сигналов импульсного генератора

К косвенным (вторичным) параметрам основного сигнала относятся q — скважность, которая должна быть ≥ 2 : $q = \frac{T}{t_n} = \frac{1}{F \cdot t_n}$; F — частота повторения импульсов: $F = \frac{1}{T}$.

Структурная схема импульсного генератора показана на рис. 2.19.

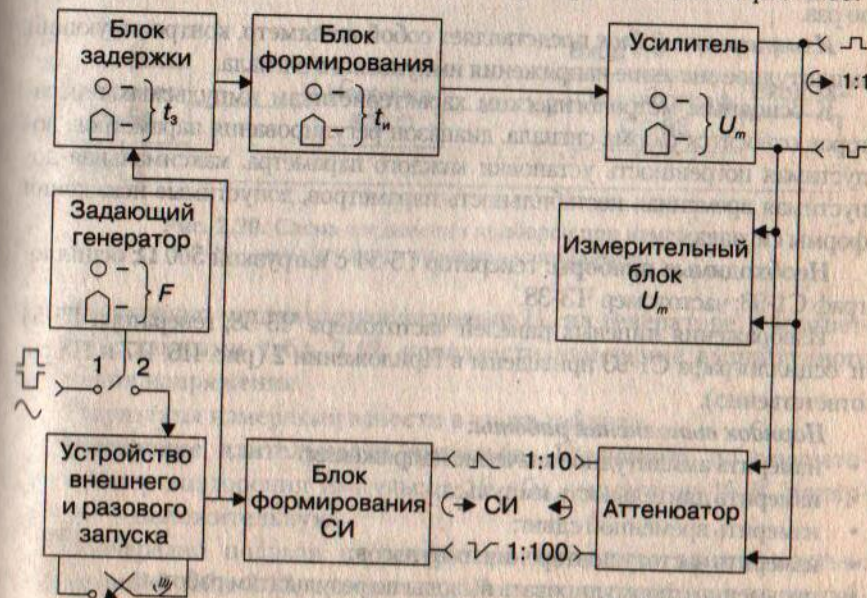


Рис. 2.19. Структурная схема импульсного генератора

Задающий генератор вырабатывает короткие импульсы с частотой F и может работать в автоколебательном (ключ в положении «1») или в ждущем (ключ в положении «2») режиме. В режиме внешнего запуска частота следования импульсов будет определяться внешним генератором, подключенным к гнезду (разъему) «Вход». Разовый запуск обеспечивается нажатием кнопки « $\curvearrowright$ ».

Устройство внешнего и разового запуска обеспечивает получение на выходе генератора импульсов с частотой, задаваемой вручную.

Блок формирования СИ обеспечивает необходимую форму и амплитуду СИ.

Блок задержки создает временной сдвиг на время t_d основных импульсов относительно импульсов синхронизации (от задающего генератора).

Блок формирования обеспечивает получение на выходе импульсов необходимой формы и длительности.

Выходной усилитель увеличивает амплитуду импульсов, позволяет изменять их полярность и осуществляет согласование по сопротивлению с нагрузкой. Для согласования в комплекте с генератором прилагается нагрузка 500 Ом.

Аттенюатор уменьшает амплитуду импульсов в фиксированное число раз.

Измерительный блок представляет собой вольтметр, контролирующий амплитудное значение напряжения импульсного сигнала.

К основным метрологическим характеристикам импульсных генераторов относятся форма сигнала, диапазон регулирования параметров, допустимая погрешность установки каждого параметра, максимальная допустимая временная нестабильность параметров, допустимые искажения формы сигнала.

Необходимые приборы: генератор Г5-54 с нагрузкой 500 Ом; осциллограф С1-93; частотомер ЧЗ-38.

Изображения лицевых панелей частотомера ЧЗ-38, генератора Г5-54 и осциллографа С1-93 приведены в Приложении 2 (рис. П6, П7 и П8 соответственно).

Порядок выполнения работы:

- измерить амплитудное значение напряжения;
- измерить длительность импульса;
- измерить временной сдвиг;
- измерить частоту повторения импульсов;
- письменно сформулировать выводы по результатам работы.

Измерение амплитудного значения напряжения. Подготовить осциллограф к работе, для чего произвести следующие действия:

- нажать кнопку «Сеть» на осциллографе;
- ручки плавного регулирования по вертикали «V/дел.» и по горизонтали «Время/дел.» перевести в крайнее правое положение;
- тумблер « $\times 1 - \times 0,2$ » перевести в положение « $\times 1$ »;
- тумблер «Синхронизация» перевести в положение «Внеш. 1:1»;
- тумблер « $\sim - \square$ » по входам «Y» и «X» перевести в положение « $\square$ »;
- ручки « $\updownarrow$ » и « $\leftrightarrow$ » установить в среднее положение;
- отрегулировать яркость и фокус линии развертки осциллографа.

Подготовить генератор к работе, для чего произвести следующие действия:

- нажать верхнюю кнопку «Запуск»;
- тумблер «Синхроимпульсы» перевести в положение « $\square$ »;
- на генераторе установить частоту повторения 10 кГц и длительность импульсов 10 мкс;
- тумблер «Сеть» перевести в верхнее положение.

Соединить приборы в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.20.

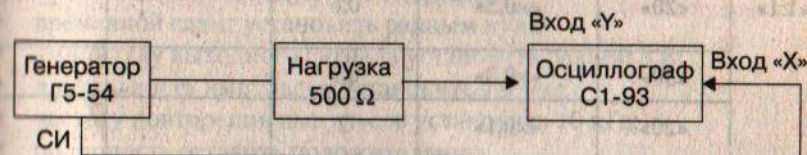


Рис. 2.20. Схема соединения приборов при измерении амплитудного значения напряжения

Поочередно устанавливая значения U_m на генераторе в соответствии с данными табл. 2.12, произвести измерение амплитудного значения напряжения.

Результаты измерения занести в ту же таблицу.

Измерение длительности импульса. Установить на генераторе частоту повторения импульсов 10 кГц, амплитуду 15 В, полярность — положительную.

Поочередно подавая от генератора импульсы длительностью, указанной в табл. 2.13, измерить $t_{п2}$. Результаты занести в ту же таблицу. Рассчитать скважность q . Зарисовать форму сигнала с экрана осциллографа.

Поочередно устанавливая значения временного сдвига, указанные в табл. 2.14, произведите его измерения. Результаты измерений занести в ту же таблицу.

Результаты измерения временного сдвига

Положение органов регулирования временного сдвига на генераторе	Временной сдвиг t_1 , установленный на генераторе, мкс	Временной сдвиг t_2 , измеренный осциллографом	Положение органов регулирования		
			при плавном регулировании	при дискретном регулировании	
«10»	■ «1»	10	«10» □	«10» □	«10»
«2»	«10» □	20	«10» □	«10» □	«2»
«3»	«10» □	30	«10» □	«10» □	«3»
«4»	■ «10»	40	■ «10»	■ «10»	«4»
«5»	■ «10»	50	■ «10»	■ «10»	«5»
«6»	■ «10»	60	■ «10»	■ «10»	«6»
«7»	■ «10»	70	■ «10»	■ «10»	«7»
«8»	■ «10»	80	■ «10»	■ «10»	«8»

Измерение частоты повторения импульсов. Подготовить частотмер ЧЗ-38 к работе, для чего выполнить следующие действия:

- тумблер «Сеть» привести в верхнее положение;
- переключатель «Род работы» установить в положение «Кон-троль»;
- переключатель «Время счета, ms, множитель» установить в положение «1»;
- ручку «Время индикации» установить в удобное для отсчета положение;
- переключатель «Метки времени» установить в положение «0,1»;
- тумблер «Память/суммир.» перевести в положение по выбору оператора. На цифровом табло должно быть показание «00010000»;
- переключатель «Род работы» установить в положение «Частота»;
- переключатель «Время счета, ms, множитель» установить в положение «10»;
- ручку «Уровень» перевести в правое положение, соответствующее измерению частоты импульсного сигнала положительной полярности;

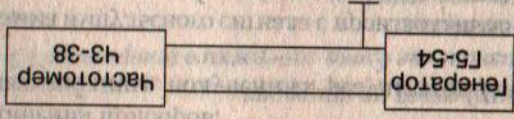


Рис. 2.22. Схема соединения приборов при измерении частоты повторения импульсов

Подать от генератора сигнал положительной полярности с параметрами $U_m = 2 \text{ В}$, $t_n = 1,0 \text{ мкс}$, $t_z = 0$. Поочередно устанавливая на генераторе частоты, указанные в табл. 2.15, измерить их. Результаты измерений записать в ту же таблицу. Если измеряемая частота $f < 200 \text{ Гц}$, то переключатель «Время счета, ms, множитель» на частотомере установить в положение «10», если $f > 200 \text{ Гц}$, то в положение «10».

Результаты измерения частоты повторения импульсов

Положение органов регулирования частоты повторения импульсов на генераторе	Частота повторения импульсов f_1 , установленная на генераторе, кГц	Частота повторения импульсов f_2 , измеренная частотомером, кГц	Положение органов регулирования		
			при плавном регулировании	при дискретном регулировании	
«10»	■ «10»	0,1	«10» ■	«10» ■	«10»
«4»	■ «10»	0,4	■ «10»	■ «10»	«4»
«9»	■ «10»	0,9	■ «10»	■ «10»	«9»
«3»	■ «10»	3,0	■ «10»	■ «10»	«3»
«6»	■ «10»	6,0	■ «10»	■ «10»	«6»
«1»	□ «10»	10,0	□ «10»	□ «10»	«1»
«2»	□ «10»	20,0	□ «10»	□ «10»	«2»
«5»	■ «10»	50,0	■ «10»	■ «10»	«5»
«10»	■ «10»	100,0	■ «10»	■ «10»	«10»

Содержание отчета:

- название лабораторной работы;
- перечень использованных приборов;
- схема соединения приборов;
- заполненные таблицы, полученных результатов (табл. 2.12, 2.13, 2.14);
- осциллограмма импульсного сигнала с произвольными параметрами;
- выводы по результатам работы (в письменном виде).

Содержание выводов:

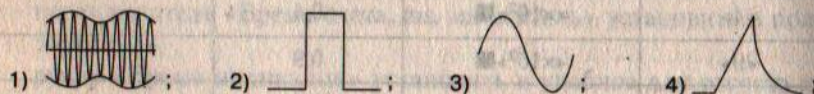
- основные метрологические характеристики генератора Г5-54 и диапазон их регулирования: амплитуда импульсов выходного напряжения U_m ; длительность импульсов t_n ; временной сдвиг t_d ; частота повторения импульсов F ; форма сигнала на основном и дополнительном выходах.

Контрольные вопросы

1. Сигнал какой формы можно получить на выходах генератора Г5-54?
2. В чем состоит отличие основных импульсов от синхроимпульсов?
3. Какой тип индикатора использован в генераторе?
4. Какую полярность и форму имеют основные импульсы на выходе генератора Г5-54?
5. Поясните назначение входа $R_{вх} \geq 1 \text{ k}\Omega$, $C_{вх} \leq 50 \text{ pF}$, $U_{вх} \leq 20 \text{ V}$.

Тесты для защиты лабораторной работы 5**Вариант 1**

1. Сигнал какой формы можно получить на основном выходе «1:1» генератора Г5-54?



5) правильный ответ не приведен.

2. В каком блоке структурной схемы генератора импульсов выполняется дискретная установка параметра U_m ?

- 1) в усилителе;
- 2) в аттенюаторе;
- 3) в генераторе;
- 4) в блоке задержки;
- 5) правильный ответ не приведен.

3. На выходе какого прибора можно получить импульсный сигнал?

- 1) Г4-102;
 - 2) С1-68;
 - 3) Г3-109;
 - 4) Г5-42;
 - 5) правильный ответ не приведен.
4. Каково назначение блока задержки в генераторе Г5-54?

- 1) деление сигнала;
- 2) формирование сигнала;
- 3) преобразование синусоидального сигнала в прямоугольные импульсы;
- 4) задержка основных импульсов;
- 5) правильный ответ не приведен.

5. Какими параметрами характеризуется сигнал, снимаемый на выходе «1:1» генератора Г5-54?

- 1) k_r , M , f ;
- 2) f , F_{Ω} , U_m ;
- 3) f , t_n , t_d , U_m , форма сигнала;
- 4) $P_{\text{вых}}$, F_{Ω} , f , t_n ;
- 5) правильный ответ не приведен.

Вариант 2

1. Сигнал какой формы можно получить с разъема «Синхроимпульсы» генератора Г5-54?

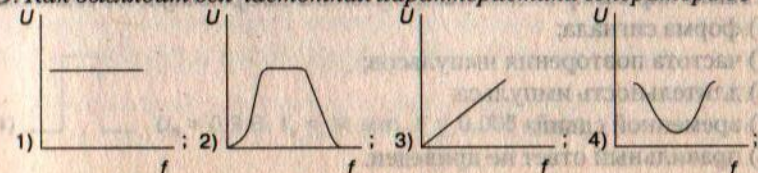


5) правильный ответ не приведен.

2. По каким параметрам выбирается импульсный генератор?

- 1) форма сигнала, F , U_m ;
- 2) форма сигнала, γ_d , F , $P_{\text{вых}}$;
- 3) $P_{\text{вых}}$, U_m , k_r ;
- 4) форма сигнала, F , t_n , t_d , $U_{\text{вых}}$;
- 5) правильный ответ не приведен.

3. Как выглядит вся частотная характеристика генератора Г5-54?

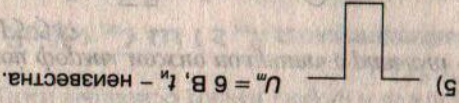
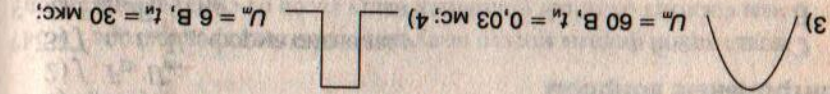
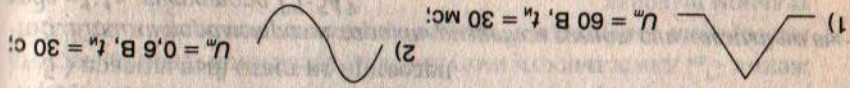


5) правильный ответ не приведен.

4. Какие функции выполняет задающий генератор в приборе ГС-54?

- 1) задает нужную длительность импульсов;
- 2) вырабатывает сигнал нужной формы и частоты;
- 3) осциллирует сигнал в нужное число раз по напряжению;
- 4) формирует сигнал и задерживает его во времени;
- 5) правильный ответ не приведен.

5. Ручка «Ампл.» генератора ГС-54 установлена в положение «60», кнопка «Множитель ампл.» — в положение « $\times 0,1$ », сигнал считывается с выхода «1:1». Определить возможную форму и параметры выходного сигнала.



Вариант 3

1. В каких границах возможно регулирование U_m в генераторе ГС-54?

- 1) 0...75 В;
- 2) 0,03...1 В;
- 3) 6 мВ...100 В;
- 4) 0...60 В;
- 5) 20...75 В.

2. Какие параметры основных импульсов и синхронизирующего одинаковы?

- 1) форма сигнала;
- 2) частота повторения импульсов;
- 3) длительность импульса;
- 4) временной сдвиг;
- 5) правильный ответ не приведен.

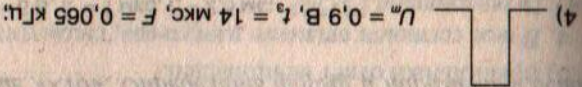
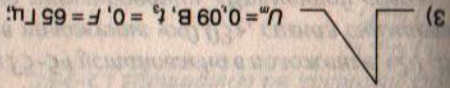
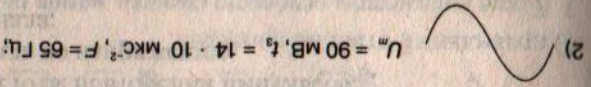
3. В чем состоит отличие импульсов, считаемых с выхода «1:1» и «Синхронизировать» генератора ГС-54?

- 1) в частоте повторения импульсов;
- 2) в форме сигнала и t_n ;
- 3) в форме сигнала и частоте повторения импульсов;
- 4) правильный ответ не приведен;
- 5) в форме сигнала, U_m , t_n .

4. Каково назначение блока формирования в импульсном генераторе?

- 1) задержка основных импульсов по отношению к синхронизирующему сигналу;
- 2) усиление сигнала;
- 3) получение сигнала нужной формы;
- 4) преобразование сигнала по форме и регулирование t_n ;
- 5) правильный ответ не приведен.

5. Ручка «Ампл.» генератора ГС-54 установлена в положение «30», кнопка «Множитель ампл.» — в положение « $\times 0,03$ », сигнал считывается с выхода «1:10», ручка главного регулирующая «Временной сдвиг» — в положение «1,4 пс», кнопка дискретного регулирования «Временной сдвиг» — в положение « $\times 0,1$ ». Определить форму и параметры выходного сигнала.



5) правильный ответ не приведен.

Вариант 4

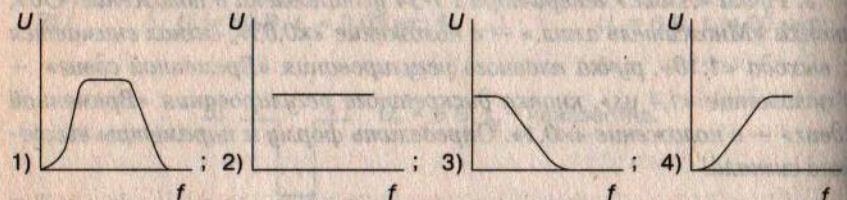
1. Сигнал какой формы можно получить с основных выходов «1:1», «1:10», «1:100» импульсного генератора?



2. В каком режиме работает генератор Г5-54, если внутренний задающий генератор включен?

- 1) в непрерывном;
- 2) в ждущем;
- 3) во внешнем;
- 4) правильный ответ не приведен;
- 5) во внутреннем.

3. Как выглядит АЧХ импульсного генератора в области высоких частот рабочего диапазона?

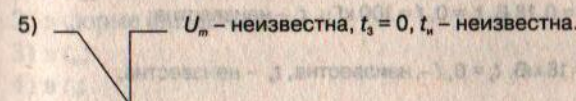
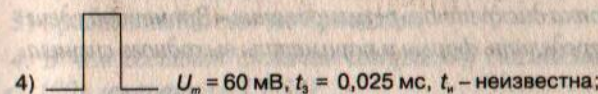
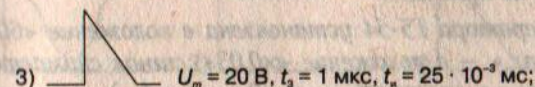
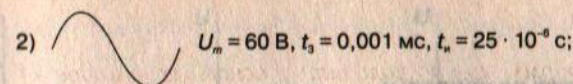
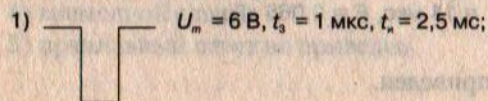


5) правильный ответ не приведен.

4. Каково назначение аттенюатора в генераторе Г5-54?

- 1) усиление сигнала;
- 2) изменение частоты повторения импульсов;
- 3) деление сигнала по напряжению;
- 4) задержка сигнала;
- 5) правильный ответ не приведен.

5. Ручка «Ампл.» генератора Г5-54 установлена в положение «20 В», кнопка «Множитель ампл.» — в положение « $\times 0,03$ », сигнал снимается с выхода «1:10», ручка плавного регулирования «Временной сдвиг» — в положение « $2,5\mu\text{s}$ », кнопка дискретного регулирования «Временной сдвиг» — в положение « $\times 10$ ». Определить форму и параметры основного сигнала.

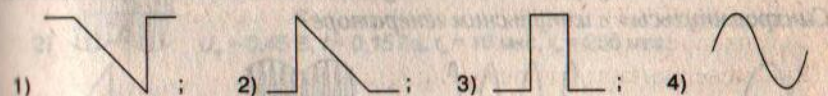


Вариант 5

1. Определить диапазон регулирования длительности основных импульсов на генераторе Г5-54.

- 1) 0,1...10 мкс;
- 2) не регулируется;
- 3) 0...100 мкс;
- 4) правильный ответ не приведен;
- 5) 0,1...1 000 мкс.

2. Сигнал какой формы можно получить на выходе «1:10» генератора Г5-54?



5) правильный ответ не приведен.

3. Какие параметры основного сигнала могут регулироваться в широких пределах на генераторе Г5-54?

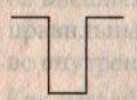
- 1) U_m, t_n ;
- 2) t_3, F ;
- 3) F, U_m, t_3, t_n ;
- 4) f, F_{Ω}, M ;
- 5) правильный ответ не приведен.

4. В чем состоит отличие импульсов, снимаемых с выходов «1:10» и «1:1» генератора Г5-54?

- 1) в U_m ;
- 2) в форме сигнала;

- 3) в $t_{\text{н}}$;
 4) в $t_{\text{з}}$;
 5) правильный ответ не приведен.

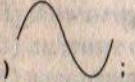
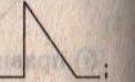
5. Ручка «Ампл.» генератора Г5-54 установлена в положение «60», кнопка «Множитель ампл.» — в положение « $\times 0,03$ », сигнал снимается с выхода «1:10», ручка плавного регулирования «Временной сдвиг» — в положение «10 μs », кнопка дискретного регулирования «Временной сдвиг» — в положение «0». Определить форму и параметры выходного сигнала.

- 1)  $U_m = 0,18 \text{ В}, t_{\text{з}} = 0, f = 100 \text{ кГц}, t_{\text{н}} - \text{неизвестна};$
 2)  $U_m = 18 \text{ мВ}, t_{\text{з}} = 0, f - \text{неизвестна}, t_{\text{н}} - \text{неизвестна};$
 3)  $U_m = 0,6 \text{ В}, t_{\text{з}}, t_{\text{н}} - \text{неизвестны}, f = 10^5 \text{ Гц};$
 4)  $U_m = 60 \text{ В}, t_{\text{з}} = 0, f = 100 \text{ кГц}, t_{\text{н}} - \text{неизвестна};$

5) правильный ответ не приведен.

Вариант 6

1. Сигнал какой формы можно получить с дополнительного выхода «Синхроимпульсы» в импульсном генераторе?

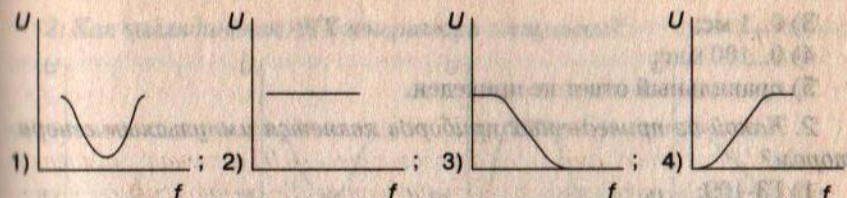
- 1)  ; 2)  ; 3)  ; 4)  ;

5) правильный ответ не приведен.

2. Какие параметры синхроимпульсов можно изменять в генераторе Г5-54?

- 1) U_m, F , форму сигнала;
 2) $f, t_{\text{з}}$;
 3) $t_{\text{н}}$;
 4) $t_{\text{з}}$;
 5) правильный ответ не приведен.

3. Как выглядит АЧХ импульсного генератора Г5-54 в области низких частот рабочего диапазона?

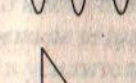


5) правильный ответ не приведен.

4. В чем состоит отличие импульсов, снимаемых с выходов «1:1» и «1:100» генератора Г5-54?

- 1) в U_m ;
 2) в форме сигнала;
 3) в $t_{\text{н}}$;
 4) в $t_{\text{з}}$;
 5) в f .

5. Ручка «Ампл.» генератора Г5-54 установлена в положение «45», кнопка «Множитель ампл.» — в положение « $\times 0,03$ », сигнал снимается с выхода «1:1», ручка плавного регулирования «Временной сдвиг» — в положение «10 μs », кнопка дискретного регулирования «Временной сдвиг» — в положение «1». Определить форму и параметры выходного сигнала.

- 1)  $U_m = 1,35 \text{ В}, t_{\text{з}} = 10 \text{ мкс};$
 2)  $U_m = 0,45 \text{ В}, f = 0,15 \text{ Гц}, t_{\text{з}} = 10 \text{ мкс}, t_{\text{н}} = 200 \text{ мкс};$
 3)  $U_m = 45 \text{ В}, f = 1500 \text{ Гц}, t_{\text{з}} = 200 \text{ мкс}, t_{\text{н}} = 10 \text{ мкс};$
 4)  $U_m = 0,3 \text{ В}, t_{\text{з}} = 10 \text{ с}, f = 15 \text{ Гц}, t_{\text{н}} - \text{неизвестна};$

5) правильный ответ не приведен.

Вариант 7

1. В каком диапазоне осуществляется регулирование временного сдвига в генераторе Г5-54?

- 1) 0,1...1000 мкс;
 2) 0,1...10 мкс;

- 3) 0...1 мс;
- 4) 0...100 мкс;
- 5) правильный ответ не приведен.

2. Какой из приведенных приборов является импульсным генератором?

- 1) ГЗ-109;
- 2) Г5-42;
- 3) Г4-102;
- 4) Г6-26;
- 5) правильный ответ не приведен.

3. В чем состоит отличие сигналов, снимаемых с разъемов «1:1», и синхроимпульсов генератора Г5-54?

- 1) в F ;
- 2) в $t_{\text{и}}$;
- 3) в модулирующей частоте;
- 4) в форме сигнала, $t_{\text{з}}$, $U_{\text{м}}$, $t_{\text{и}}$;
- 5) правильный ответ не приведен.

4. Каково назначение усилителя в генераторе Г5-54?

- 1) усиление частоты;
- 2) усиление сигнала по амплитуде;
- 3) задержка сигнала;
- 4) формирование сигнала;
- 5) деление сигнала по частоте.

5. Какие параметры синхроимпульсов в генераторе Г5-54 можно регулировать?

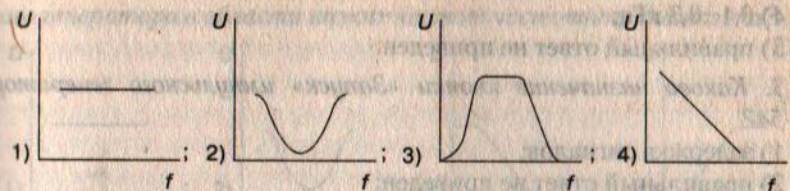
- 1) частоту модуляции;
- 2) временной сдвиг;
- 3) длительность импульсов;
- 4) амплитуду, полярность, частоту следования импульсов;
- 5) правильный ответ не приведен.

Вариант 8

1. В каком диапазоне возможно регулирование частоты повторения основных импульсов в генераторе Г5-54?

- 1) не регулируется;
- 2) 0...0,1 МГц;
- 3) 0,1...100 кГц;
- 4) 0,01...100 кГц;
- 5) правильный ответ не приведен.

2. Как выглядит вся АЧХ генератора импульсов?



- 1) ; 2) ; 3) ; 4) ;
- 5) правильный ответ не приведен.

3. Каково назначение задающего генератора в Г5-54?

- 1) задержка сигнала;
- 2) обеспечение сигнала заданной формы и частоты;
- 3) формирование сигнала;
- 4) деление сигнала;
- 5) усиление сигнала по $U_{\text{м}}$.

4. С выхода какого прибора можно получить импульсный сигнал?

- 1) Г5-48;
- 2) ГЗ-36А;
- 3) Г4-118;
- 4) Б5-8;
- 5) правильный ответ не приведен.

5. В чем состоит отличие импульсов, снимаемых с разъемов «1:10» и «1:100» генератора Г5-54?

- 1) в амплитуде;
- 2) в длительности импульса;
- 3) в форме сигнала;
- 4) в частоте повторения импульсов;
- 5) правильный ответ не приведен.

Вариант 9

1. В каком блоке структурной схемы генератора Г5-54 выполняется дискретное регулирование длительности импульса?

- 1) в усилителе;
- 2) блоке формирования;
- 3) блоке задержки;
- 4) аттенюаторе;
- 5) генераторе.

2. В каком диапазоне можно регулировать частоту при нажатой черной кнопке « $\times 10^{-2}$ »?

- 1) 300...1000 Гц;
- 2) 3...10 Гц;

Complex Object

1. Write the sentences using the complex object

1. The Smiths want _____ (we, visit) them next month.
2. Do you want _____ (she, post) the letter for you?
3. What does the teacher expect _____ (his pupils, do) during the lesson?
4. When do you expect _____ (they, arrive) ?
5. The man wouldn't like _____ (his son, become) a dentist.
6. Alice didn't expect _____ (the exams, start) in April.
7. Don't make _____ (I, repeat that again).
8. The teacher let _____ (the class, go) home early.
9. She wanted _____ (her husband, borrow) some money to buy a car.
10. I know _____ (he, be) a very experienced driver.
11. Nobody noticed _____ (we, leave) the room.
12. Tim didn't want _____ (Richard, be invite) to the party.
13. She made _____ (her daughter, do the chores).
14. What made _____ (you, believe) him?
15. Let _____ (Mary, explain) you everything.

2. Make up the sentences.

1. her/ to/ the text/ the teacher/ wanted/ translate/ pupils.
2. recommend/ for my holidays/ you/ me/ where/ to go/ would?
3. her pupils/ the lessons/ doesn't/ the teacher/ miss/ want/ to.
4. always/ me/ my parents/ study/ encourage/ hard/ to/ at school.
5. invited/ for a few days/ Jane's/ to/ with them/ her/ stay/ friends.

3. Rephrase the following sentences as in the example.

Example: He must wash the car. I want him to wash the car.

1. You mustn't be late for work. I don't want _____.
2. Clair must tidy her bedroom. I want _____.
3. She mustn't go to the disco. I don't want _____.
4. They must go to the school tomorrow. I want _____.
5. Gary mustn't make so much noise. I don't want _____.
6. You mustn't make a mess. I don't want _____.
7. He must mend his bike. I want _____.

4. Translate into English.

1. Вероятно, он станет популярным певцом.
2. Маловероятно, что мы забудем этот вечер.

3. Маловероятно, что они примут решение сразу.
4. Несомненно, вы победите.
5. Родителям, конечно, понравится наше представление.
6. Учителя, конечно, помогут ученикам подготовиться к экзаменам.
7. Сообщают, что гуманитарный груз был доставлен вовремя.
8. Он, похоже, не слышал эту новость.

Задание для самостоятельной работы

Группа,	Ф.И.О. преподавателя	Название предмета	Задание
КСК-2-96	Тышлангов М.В.	Операционные системы и среды	Подготовить конспекты на тему «Ресурсы процесса», «Виды памяти».
КСК-2-96	Комарчук Е.В.	Элементы высшей математики	Конспект, оформление отчета по практической работе №4: «Векторы и операции над векторами. Скалярное и векторное произведения векторов», учебник стр.277 №38, №68, стр.339 №36, №37.
КСК-2-96	Комарчук Е.В.	Теория вероятностей	Конспект, оформление отчета по практическим работам №4 и №5, учебник стр.267 №54, №55.
КСК-2-96	Дорошенко Е.В.	Основы алгоритмизации и программирования	4.11 – лаб.раб. №4
			5.11 – конспект лекции «Подпрограммы»
КСК-2-96	Дорошенко Е.В.	Дискорд/КСК 2/текстовые каналы /общее	
КСК-2-96	Луговой А.А.	ТСО ЦМИ	Конспект лекции по текстовым редакторам. Доклад на тему функции и возможности текстового процессора Word.

Задание:

Законспектировать,

формулы выучить,

решить задачи

Краткие теоретические положения
Коэффициент усиления по напряжению:

$$K_U = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}},$$

где $U_{\text{вых}}$, $U_{\text{вх}}$ — напряжения на выходе и входе усилителя.

Коэффициент усиления по напряжению, выраженный в децибелах,

$$K_U = 20 \lg K.$$

$$\log_a b = x \Leftrightarrow a^x = b.$$

$$\log_2 8 = 3, \text{ так как } 2^3 = 8;$$

$$\log_7 49 = 2, \text{ так как } 7^2 = 49;$$

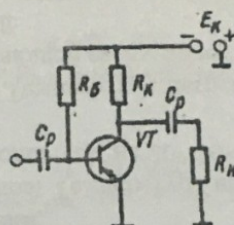
$$\log_5 \frac{1}{5} = -1, \text{ так как } 5^{-1} = \frac{1}{5};$$

$$\log_3 \sqrt{3} = \frac{1}{2}, \text{ так как } 3^{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}.$$

Коэффициент усиления многокаскадного усилителя:

$$K = K_1 K_2 \dots K_n$$

или $K_{\text{дБ}} = K_{1\text{дБ}} + K_{2\text{дБ}} + \dots + K_{n\text{дБ}},$



где $K_{\text{дБ}}$, $K_{1\text{дБ}}$, ..., $K_{n\text{дБ}}$ — коэффициенты усиления отдельных каскадов.

Коэффициент частотных искажений усилительного каскада:

$$M = K_0 / K,$$

где K_0 — коэффициент усиления на средних частотах; K — коэффициент усиления на какой-либо частоте рабочего диапазона.

Коэффициент частотных искажений, выраженный в децибелах:

$$M_{\text{дБ}} = 20 \lg M.$$

Коэффициент частотных искажений многокаскадного усилителя

$$M_{\text{общ}} = M_1 M_2 \dots M_n$$

или $M_{\text{общ дБ}} = M_{1\text{дБ}} + M_{2\text{дБ}} + \dots + M_{n\text{дБ}}.$

Коэффициент усиления транзисторного каскада на средних частотах (рис. 5.2):

$$K_0 = h_{21} \approx R_{\text{н}} / R_{\text{вх}},$$

где h_{21} — статический коэффициент усиления тока базы в схеме с общим эмиттером; $R_{\text{н}}$ — сопротивление коллекторной нагрузки, Ом; $R_{\text{вх}}$ — входное сопротивление транзистора, Ом.

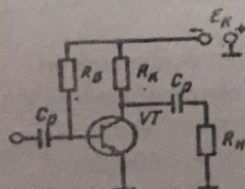


Рис. 5.2. Транзисторный каскад усиления на средних частотах

Напряжение смещения в транзисторном каскаде при использовании схемы эмиттерной температурной стабилизации (рис. 5.3):

где $I_{\text{дел}} = E_K / (R_1 + R_2)$ – постоянный ток делителя в цепи базы транзистора; $I_{\text{эо}}$ – постоянная составляющая тока эмиттера, А.

$$U = I_{\text{дел}} R_2 - I_{\text{эо}} R_3$$

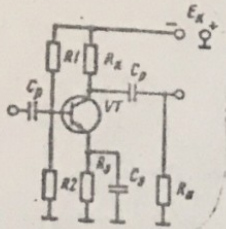


Рис. 5.3. Транзисторный каскад усиления с эмиттерной температурной стабилизацией

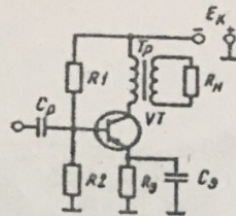


Рис. 5.4. Усилитель мощности

Емкость блокировочного конденсатора в цепи катода (эмиттера):

$$C > 10 / (2f_n \pi R),$$

где f – нижняя частота спектра усиливаемых колебаний, Гц; R – сопротивление резистора в цепи катода (эмиттера), Ом.

Электрический КПД усилителя:

$$\eta = P_{\text{вых}} / P_0,$$

где $P_{\text{вых}}$ – выходная мощность усилителя; P_0 – мощность, расходуемая источником коллекторного (анодного) питания.

Мощность, выделяемая в нагрузке:

$$P_n = \eta_T P_{\text{вых}},$$

где η_T – КПД выходного трансформатора; $P_{\text{вых}}$ – мощность, отдаваемая транзистором.

Задачи

№1

Коэффициент усиления усилительно-го каскада $K = 50$. Переведите это значение в децибелы.

№2

Известно, что усиление по напряжению трехкаскадного усилителя равно 1000. Определить усиление второго каскада, если усиление первого каскада составляет 25 дБ, а третьего –10 дБ.

№3

Коэффициенты усиления отдельных каскадов усилителя составляют 20, 30 и 10. Определить общий коэффициент усиления усилителя. Перевести полученный результат в децибелы.

№4

Напряжение на входе усилителя $U_{\text{вх}} = 20$ мВ. Определить мощность на выходе усилителя, если его сопротивление нагрузки $R_n = 25$ Ом, а коэффициент усиления по напряжению $K_0 = 25$.

Лекция 8

УСИЛИТЕЛИ

План

1. Классификация и основные параметры усилителей.
2. Обратные связи в усилителях.
3. Влияние обратных связей на характеристики усилителей.
4. Выводы.

1. Классификация и основные параметры усилителей

В ходе предыдущих лекций мы познакомились с простейшими усилителями на биполярных и полевых транзисторах. Теперь мы рассмотрим усилительные устройства более подробно.

Усилителем называют устройство, предназначенное для усиления мощности электрических сигналов.

Усилители классифицируют по следующим признакам.

1. По диапазону усиливаемых частот – усилители низких частот (УНЧ), усилители постоянного тока (УПТ), усилители высоких частот (УВЧ), избирательные усилители.
2. По функциональному назначению – усилители напряжения, тока, мощности.
3. По характеру усиливаемого сигнала – усилители непрерывных и импульсных сигналов.

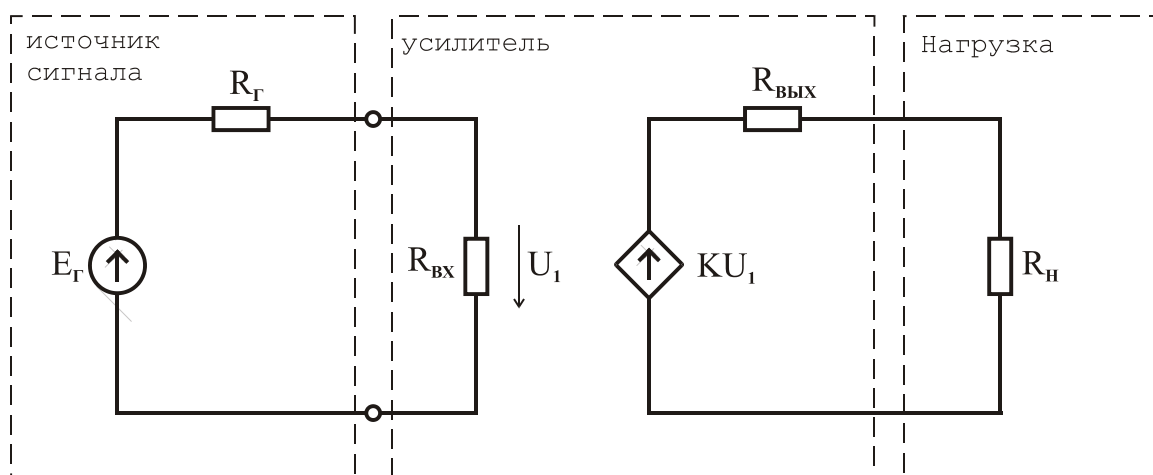


Рис. 17.1

Структурная схема усилительного устройства показана на рис. 17.1. На входе действует источник сигнала E_r с внутренним сопротивлением R_r . Источ-

ником может служить выход другого усилителя, микрофон или датчик. К выходу усилителя подключена нагрузка R_n . Собственно усилитель представлен схемой замещения, включающей источник напряжения, управляемый напряжением (ИНУН) с коэффициентом усиления K , и резисторы $R_{вх}$ и $R_{вых}$, учитывающие конечное входное и ненулевое выходное сопротивления усилителя.

Параметры усилителей. Основным количественным параметром усилителя является его коэффициент усиления (коэффициент передачи). Различают коэффициенты усиления напряжения K_U , тока K_I или мощности K_P :

$$K_U = \frac{\dot{U}_{\text{вых}}}{\dot{U}_{\text{вх}}}; \quad K_I = \frac{\dot{I}_{\text{вых}}}{\dot{I}_{\text{вх}}}; \quad K_P = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} = K_U K_I.$$

Если коэффициент передачи напряжения равен единице, усилитель называют *повторителем напряжения*. Примером может служить эмиттерный повторитель. Если коэффициент передачи тока $K_I = 1$, усилитель называют повторителем тока. Однако во всех случаях мощность сигнала на выходе усилителя больше мощности входного сигнала. Иными словами, коэффициент передачи мощности любого усилителя всегда больше единицы.

Из-за наличия в усилителе реактивных элементов (индуктивностей и емкостей), а также зависимости параметров активных элементов от частоты коэффициент передачи реального усилителя является комплексной функцией частоты:

$$K = K(\omega)e^{j\varphi(\omega)}.$$

Зависимость модуля коэффициента усиления от частоты называют *амплитудно-частотной характеристикой* (АЧХ), а зависимость аргумента – *фазочастотной характеристикой* (ФЧХ).

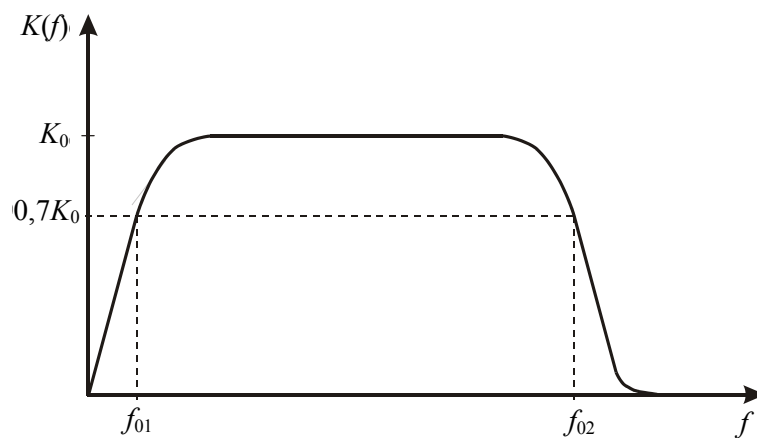


Рис. 17.2

Примерный вид амплитудно-частотной характеристики усилителя показан на рис. 17.2. Полоса пропускания, в которой коэффициент усиления приблизительно одинаков и равен K_0 , ограничена частотами среза ω_{01} и ω_{02} . На частотах среза коэффициент усиления напряжения или тока составляет $K_0/\sqrt{2} \approx 0,707K_0$, а коэффициент усиления мощности равен $0.5K_0$.

Коэффициент усиления удобно измерять в логарифмических единицах – децибелах: $K_U(\text{дБ}) = 20\lg K_U$, $K_I(\text{дБ}) = 20\lg K_I$, $K_P(\text{дБ}) = 10\lg K_P$. Если АЧХ усилителя построена в логарифмическом масштабе, ее называют *логарифмической амплитудно-частотной характеристикой* (ЛАЧХ или ЛАХ).

Другой важной характеристикой усилителя является его *передаточная (амплитудная) характеристика* – зависимость амплитуды входного сигнала от амплитуды выходного. Передаточная характеристика определяется при подаче на вход усилителя гармонического сигнала с частотой, лежащей в полосе пропускания усилителя. Пример передаточной характеристики показан на рис. 17.3.

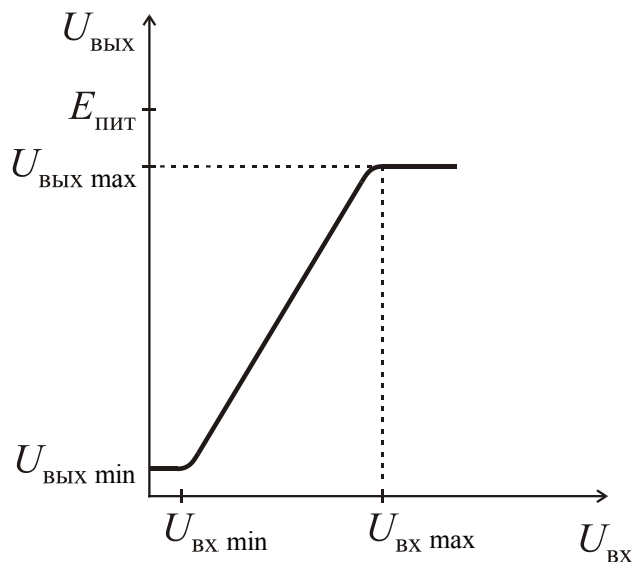


Рис. 17.3

Минимальное входное напряжение $U_{\text{вх min}}$ ограничено уровнем собственных шумов усилителя, на фоне которых можно выделить полезный сигнал. Отношение максимального входного напряжения к минимальному называют динамическим диапазоном:

$$D = \frac{U_{\text{вх max}}}{U_{\text{вх min}}}.$$

Важными количественными показателями усилителя являются его входное и выходное сопротивления. В общем случае входное и выходное сопротивления усилителя – величины комплексные и зависят от частоты.

Многокаскадные усилители. Для получения необходимого усиления используют усилители, образованные последовательным соединением нескольких звеньев или каскадов. Обычно число каскадов равно двум-трем. Первый каскад служит для предварительного усиления слабых сигналов, поступающих на вход устройства. Для этого используют усилители напряжения. Выходной каскад служит для передачи в нагрузку сигнала необходимой мощности.

Коэффициент усиления многокаскадного усилителя равен произведению коэффициентов передачи отдельных каскадов:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3.$$

Если используется логарифмический масштаб, результирующий коэффициент усиления равен сумме логарифмических коэффициентов отдельных каскадов:

$$K(\text{дБ}) = K_1(\text{дБ}) + K_2(\text{дБ}) + K_3(\text{дБ}).$$

Коэффициент полезного действия усилителя представляет отношение мощности, отдаваемой в нагрузку, к мощности, потребляемой от источника питания:

$$\eta = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{ист}}}.$$

КПД имеет особое значение для выходных каскадов усилителей, поскольку они потребляют большую часть мощности источника питания.

В настоящее время промышленность выпускает большое количество многокаскадных усилителей в виде интегральных микросхем. Такой усилитель представляет законченный функциональный блок, имеющий заданные параметры. Микросхемы усилителей имеют обычно дополнительные внешние выводы для подключения регулирующих и корректирующих цепей.

2. Обратные связи в усилителях

Обратной связью называют процесс передачи сигнала из выходной цепи во входную. Цепь, обеспечивающую эту передачу, называют *цепью обратной связи*. Петля, или *контур обратной связи*, состоит из прямого пути, образуемого активным элементом, и обратного пути, образуемого цепью обратной связи. Как правило, цепь обратной связи представляет пассивный делитель напряжения.

Рассмотрим активную цепь, показанную на рис. 17.4. Треугольником обозначен дифференциальный усилитель с коэффициентом усиления K . Цепью обратной связи является делитель напряжения, образованный резисторами R_1 , R_2 .

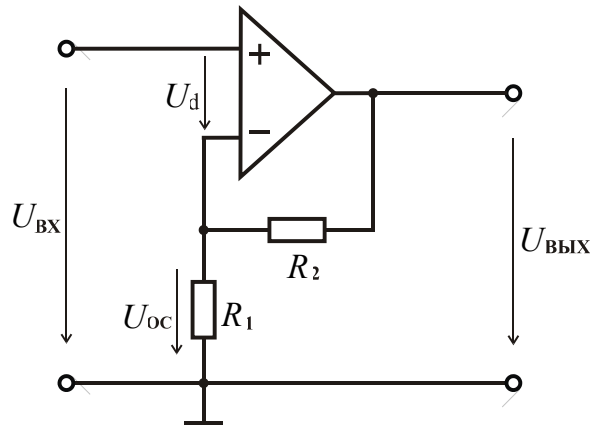


Рис. 17.4

Примем, что входное сопротивление усилителя бесконечно, а выходное равно нулю. Выходное напряжение усилителя пропорционально напряжению на его входе:

$$U_{\text{ВЫХ}} = K U_d. \quad (17.1)$$

Напряжение обратной связи

$$U_{\text{oc}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{\text{ВЫХ}} = \beta U_{\text{ВЫХ}}. \quad (17.2)$$

Здесь $\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ – коэффициент передачи цепи обратной связи. Напряжение на входе усилителя

$$U_d = U_{\text{ВХ}} - U_{\text{oc}}. \quad (17.3)$$

Поскольку напряжение обратной связи вычитается из входного, такую обратную связь называют *отрицательной*. Из (17.1)–(17.3) получим:

$$U_d = \frac{1}{1 + \beta K} U_{\text{ВХ}}; \quad (17.4)$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{K}{1 + \beta K} U_{\text{ВХ}}.$$

Коэффициент передачи усилителя, охваченного обратной связью,

$$K_{\text{oc}} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{K}{1 + \beta K}. \quad (17.5)$$

Формула (17.5) является основным соотношением для усилителя, охваченного обратной связью. Произведение βK называют *коэффициентом петлевого усиления*, а величину $1 + \beta K$ – *глубиной обратной связи*. Если $\beta K \gg 1$, обратную связь называют *глубокой*. В этом случае

$$U_d \approx 0,$$

$$K_{\text{oc}} \approx \frac{K}{\beta K} = \frac{1}{\beta}.$$

Таким образом, если усиление в петле обратной связи велико, то общий коэффициент передачи практически не зависит от свойств усилителя и определяется коэффициентом передачи цепи обратной связи. Существенное уменьшение влияния нестабильных параметров активных элементов на функцию передачи всей цепи является важнейшим преимуществом применения отрицательной обратной связи.

Пример 17.1. Коэффициент передачи усилителя в схеме на рис. 17.4 $K = 1000$, входное сопротивление бесконечно велико, а выходное – равно нулю. Сопротивление резистора R_1 в цепи обратной связи равно 1 кОм.

Требуется:

1. Определить сопротивление R_2 , при котором коэффициент усиления схемы $K_{\text{oc}} = 10$.

2. Рассчитать напряжения $U_{\text{вых}}$, U_d , U_{oc} , если входное напряжение $U_{\text{вх}} = 1 \text{ В}$.

3. Рассчитать, как изменится K_{oc} , если коэффициент передачи усилителя увеличится на 20 %.

Решение. 1. Из формулы (17.5) получим, что

$$\beta = \frac{K - K_{\text{oc}}}{K K_{\text{oc}}} = \frac{1000 - 10}{1000 \cdot 10} = 0.099.$$

Поскольку коэффициент обратной связи $\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$, сопротивление резистора $R_2 = \frac{R_1(1 - \beta)}{\beta} = \frac{1(1 - 0.099)}{0.099} = 9.1 \text{ кОм}$.

2. Дифференциальное напряжение на входе усилителя

$$U_d = \frac{1}{1 + \beta K} U_{\text{вх}} = \frac{1}{1 + 0.099 \cdot 1000} 1 = 0.01 \text{ В.}$$

Выходное напряжение

$$U_{\text{вых}} = K U_d = 1000 \cdot 0.01 = 10 \text{ В.}$$

Напряжение обратной связи

$$U_{\text{ос}} = \beta U_{\text{вых}} = 0.099 \cdot 10 = 0.99 \text{ В.}$$

3. В соответствии с (17.5) при изменении коэффициента передачи усилителя коэффициент усиления всей схемы

$$K_{\text{ос}} = 10.017.$$

Таким образом, коэффициент усиления схемы на рис. 17.4 изменился менее чем на 0.2 % при изменении коэффициента передачи усилителя на 20 %.

Рассмотренный пример показывает, что отрицательная обратная связь подавляет влияние изменений параметров усилителя на характеристики всей цепи и тем самым стабилизирует ее работу. Для количественной оценки этого эффекта используют понятие чувствительности коэффициента передачи $K_{\text{ос}}$ к вариациям коэффициента усиления K :

$$S_K^H = \frac{dK_{\text{ос}} / K_{\text{ос}}}{dK / K}.$$

Из (17.5) следует, что чувствительность схемы на рис. 17.4 к изменениям коэффициента усиления

$$S_K^H = \frac{1}{1 + \beta K}.$$

Таким образом, чем больше глубина обратной связи, тем меньше влияет нестабильность коэффициента усиления K на коэффициент передачи всей схемы.

Классификация обратных связей. Существуют четыре вида обратных связей. Различают обратные связи по напряжению (сигнал обратной связи

пропорционален выходному напряжению) и по току (сигнал обратной связи пропорционален выходному току). В зависимости от способа подключения цепи обратной связи к входу усилителя различают последовательную и параллельную обратные связи.

Таким образом, можно выделить четыре вида обратных связей: последовательную ОС по напряжению (рис. 17.5, *а*) и току (рис. 17.5, *б*). Параллельная обратная связь по напряжению и по току показана на рис. 17.5, *в*, *г* соответственно. На рис. 17.5 H_{oc} – коэффициент передачи цепи обратной связи.

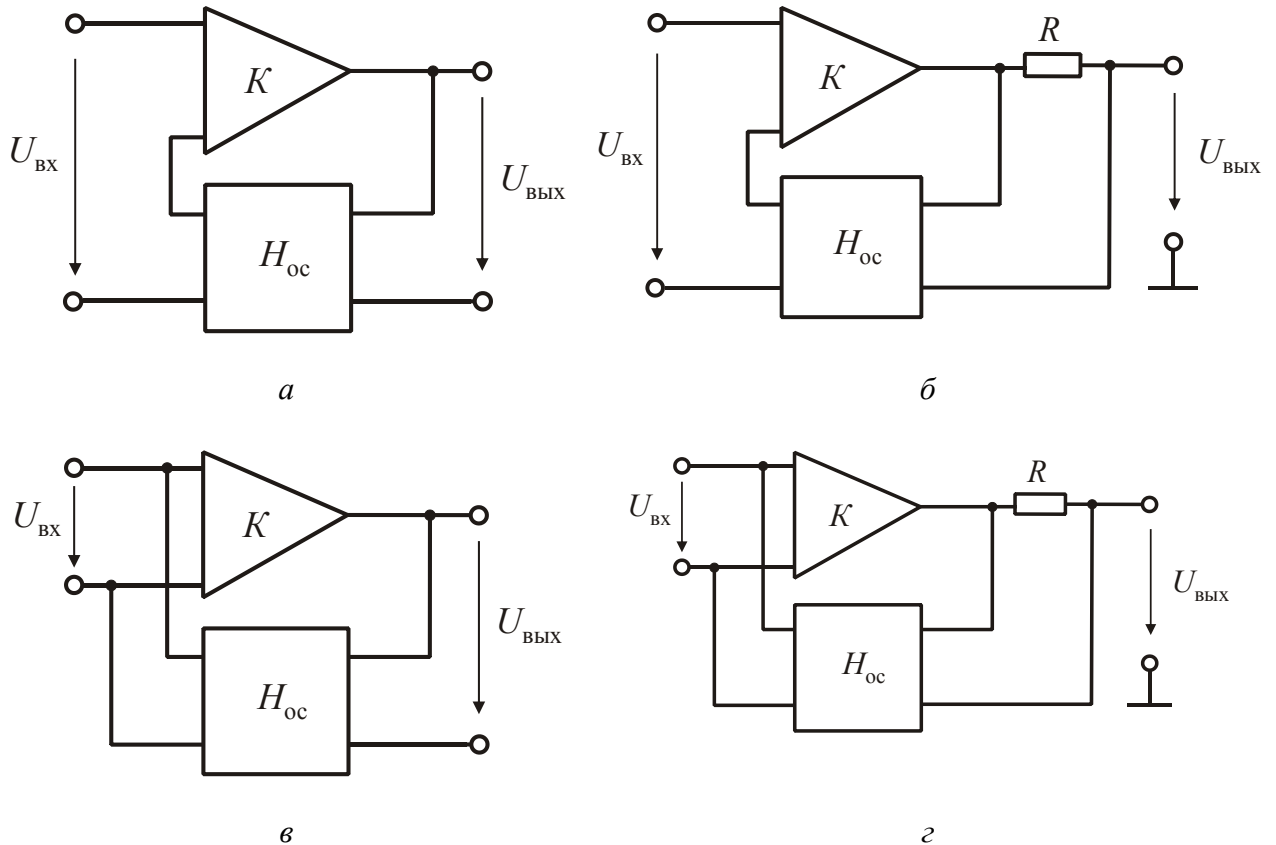


Рис. 17.5

Примером последовательной обратной связи по току является схема с общим эмиттером, рассмотренная в параграфе 10.9. В схеме на рис. 17.4 используется последовательная обратная связь по напряжению.

3. Влияние обратных связей на характеристики усилителей

Применение отрицательной обратной связи уменьшает нелинейные искажения сигнала, возникающие в усилителе. Повышается стабильность коэффициента усиления, расширяется диапазон рабочих частот. Кроме того, использование ООС приводит к изменению входного и выходного сопротивлений усилителя.

Рассмотрим влияние обратной связи на примере ООС по напряжению. В цепи, показанной на рис. 17.6, источником входного сигнала является источник напряжения E . Для упрощения выкладок цепь обратной связи представлена источником напряжения, управляемым напряжением (ИНУН). Такая идеализация предполагает, что выходное сопротивление усилителя много меньше входного сопротивления цепи обратной связи, а входное сопротивление усилителя значительно больше выходного сопротивления цепи обратной связи.

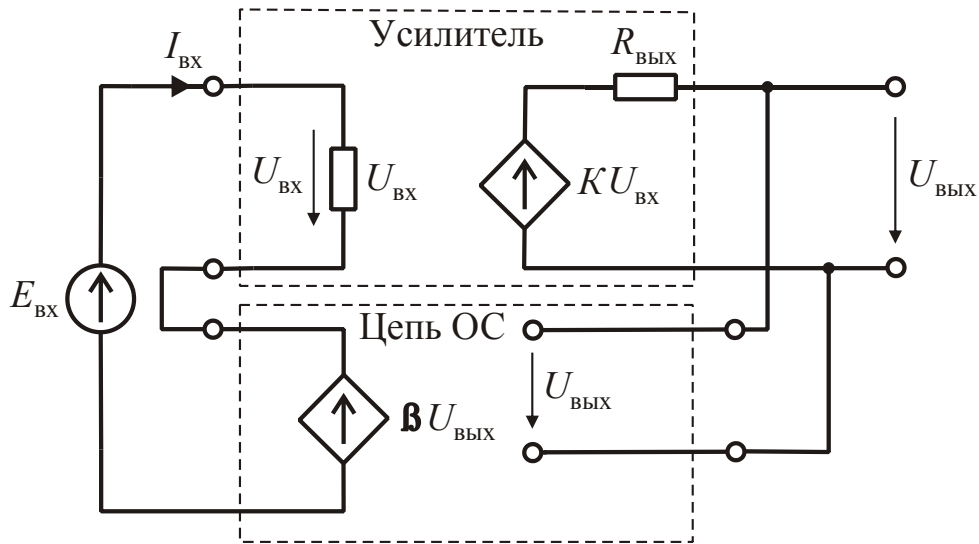


Рис. 17.6

Входное и выходное сопротивления усилителя с ООС. Введение отрицательной обратной связи изменяет не только коэффициент передачи, но и входное и выходное сопротивления усилителя.

Напряжение на входе усилителя

$$U_{\text{ВХ}} = \frac{E}{1 + \beta K}.$$

В соответствии с законом Ома входной ток

$$I_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{R_{\text{ВХ}}} = \frac{E}{(1 + \beta K) R_{\text{ВХ}}}.$$

Входное сопротивление

$$R_{\text{ВХ ОС}} = \frac{E}{I_{\text{ВХ}}} = (1 + \beta K) R_{\text{ВХ}}. \quad (17.6)$$

Выходное сопротивление найдем как отношение напряжения холостого хода к току короткого замыкания на выходе схемы. Напряжение холостого хода определяется выражением

$$U_{xx} = U_{\text{вых}} = \frac{KE}{(1 + \beta K)}.$$

При коротком замыкании выхода обратная связь не действует, так как выходное напряжение равно нулю. Поэтому ток короткого замыкания

$$I_{\text{кз}} = \frac{KE}{R_{\text{вых}}}.$$

Выходное сопротивление

$$R_{\text{вых ос}} = \frac{U_{xx}}{I_{\text{кз}}} = \frac{R_{\text{вых}}}{(1 + \beta K)}. \quad (17.7)$$

Проведенный анализ является приближенным, так как мы не учитывали влияние входного и выходного сопротивлений цепи обратной связи. Однако он позволяет сделать вывод: последовательная ООС увеличивает входное и уменьшает выходное сопротивления усилителя напряжения примерно в βK раз.

Аналогичным образом можно показать, что параллельная отрицательная обратная связь уменьшает входное сопротивление, а отрицательная обратная связь по току увеличивает выходное сопротивление усилителя. Следовательно, выбирая соответствующий вид ООС, мы можем целенаправленно изменять величины входного и выходного сопротивлений усилителей.

Влияние ООС на полосу пропускания усилителя. Предположим, что коэффициент передачи усилителя определяется выражением

$$K(\omega) = \frac{K_0}{1 + j\omega/\omega_0}. \quad (17.8)$$

Здесь K_0 – коэффициент усиления на постоянном токе, при $\omega = 0$; ω_0 – частота среза АЧХ усилителя.

В соответствии с (17.5) коэффициент передачи усилителя, охваченного отрицательной обратной связью,

$$K_{\text{ос}}(\omega) = \frac{K(\omega)}{1 + \beta K(\omega)}.$$

Подставим в последнее выражение формулу (17.8). После несложных преобразований получим

$$K_{oc}(\omega) = \frac{\frac{K_0}{1 + \beta K_0}}{1 + \frac{j\omega}{\omega_0(1 + \beta K_0)}}.$$

Итак, коэффициент усиления уменьшился в βK_0 раз, а частота среза увеличилась во столько же раз. Таким образом, введение отрицательной обратной связи расширяет полосу пропускания усилителя. Заметим, что ширина полосы пропускания увеличивается во столько же раз, во сколько раз уменьшается коэффициент усиления в полосе пропускания. Поэтому произведение коэффициента усиления на полосу пропускания остается неизменным.

4. Выводы

1. Усилителем называют устройство, предназначенное для усиления мощности электрических сигналов.
2. Усилители классифицируют по диапазону усиливаемых частот, функциональному назначению, характеру сигнала.
3. Основным количественным параметром усилителя является его коэффициент усиления (коэффициент передачи). Различают коэффициенты усиления напряжения K_U , тока K_I или мощности K_P .
4. Из-за наличия в усилителе реактивных элементов (индуктивностей и емкостей), а также зависимости параметров активных элементов от частоты коэффициент передачи реального усилителя является функцией частоты.
5. Обратной связью называют процесс передачи сигнала из выходной цепи во входную. Цепь, обеспечивающую эту передачу, называют цепью обратной связи. Контур обратной связи состоит из прямого пути, образуемого активным элементом, и обратного пути, образуемого цепью обратной связи.
6. Отрицательная обратная связь стабилизирует работу цепи, уменьшает искажения сигнала, вызванные нелинейностью характеристик усилителя. Повышается стабильность коэффициента усиления, расширяется диапазон рабочих частот. Кроме того, использование ООС приводит к изменению входного и выходного сопротивлений усилителя.