

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Севастопольский национальный технический университет
Кафедра радиотехники и телекоммуникаций

Методические указания к выполнению
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №2
«ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА»
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РАДИОИЗМЕРЕНИЯ»
для студентов ДФО и ЗФО специальности – Радиотехника

Севастополь 2011

УДК 621.317.08(075.8)

Методические указания к выполнению лабораторного практикума по дисциплине «Радиоизмерения» для студентов ДФО и ЗФО направления Радиотехника/Сост. И.Л. Ветров, — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. — 9 с.

Целью указаний является оказание помощи студентам в выполнении лабораторных работ. Излагаются основные теоретические сведения. Приводится описание лабораторных установок, программ и методик измерений, требования к содержанию отчет по лабораторным работам.

Указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения направления «Радиотехника».

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры радиотехники и телекоммуникаций.

Протокол № _____ от _____ 2011г.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний к выполнению лабораторного практикума по дисциплине «Радиоизмерения»

Рецензент: канд. техн. наук, доцент Зиборов С.Р.

Ответственный за выпуск: доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций Гимпилевич Ю.Б.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа «Исследование измерительного генератора»	3
1.1. Цель работы	3
1.2. Теоретические сведения	3
1.2.1. Основные параметры измерительных генераторов	3
1.2.2. Генераторы высокочастотных гармонических колебаний	4
1.3. Порядок выполнения лабораторной работы.....	6
1.3.1. Описание лабораторной установки	6
1.3.2. Исследование АЧХ и погрешности установки частоты генератора.....	7
1.3.3. Исследование погрешности установки выходного напряжения генератора	8
1.4. Содержание отчета.....	8
1.5. Контрольные вопросы	8

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА»

1.1. Цель работы

Целью работы является изучение принципов построения высокочастотных генераторов и исследование характеристик высокочастотного генератора Г4-102.

1.2. Теоретические сведения

1.2.1. Основные параметры измерительных генераторов

Измерительным генератором называют прибор, создающий электрические сигналы с известными параметрами: частотой, напряжением (мощностью) и формой. Основное назначение измерительных генераторов — имитация сигналов, поступающих на вход исследуемого устройства в реальных рабочих условиях. По форме выходных сигналов генераторы делят на генераторы гармонических сигналов, генераторы импульсов и генераторы шумовых сигналов.

Измерительные генераторы сигналов разных видов в совокупности перекрывают диапазон частот от тысячных долей герца до сотен гигагерц. Частоту их выходного напряжения можно изменять плавно или дискретно ручным или автоматическим способом. К измерительным генераторам гармонических сигналов относят также синтезаторы частоты, частоту выходного сигнала которых можно устанавливать с высокой точностью дискретно в десятичной системе счисления.

В зависимости от частоты выходного сигнала генераторы разделяют на низкочастотные (20 Гц...200 кГц), высокочастотные (100 кГц...30 МГц), сверхвысокочастотные (частота более 30 МГц).

Диапазон генерируемых частот характеризуют минимальной $f_{\text{мин}}$ и максимальной $f_{\text{макс}}$ частотами сигнала. Коэффициент перекрытия по частоте определяют как $\eta = f_{\text{макс}} / f_{\text{мин}}$. Коэффициент перекрытия по частоте зависит от конструкции генератора и примененной колебательной системы. Так у низкочастотных генераторов η достигает 10^3 и даже более, у высокочастотных генераторов с плавной перестройкой частоты значение η обычно не превышает нескольких сотен, у сверхвысокочастотных генераторов η всего 1,1 ... 1,3. Синтезаторы частоты, управляемые цифровым кодом, способны обеспечить $\eta > 10^6$.

На низких и высоких частотах колебательные системы генераторов сигналов выполняют виде RC - или LC -цепей с сосредоточенными параметрами. На сверхвысоких частотах в качестве колебательных систем применяются отрезки коаксиальных линий или объемные резонаторы, т. е. линии с распределенными параметрами.

Колебания температуры, напряжения питания или сопротивления нагрузки генератора вызывают изменения параметров колебательных систем и нестабильность частоты сигнала.

Нестабильность частоты указывают в виде абсолютного Δf или относительного $\delta f = \Delta f / f$ изменения частоты генератора в течение некоторого времени.

Примеры.

1) Относительная нестабильность частоты после пятиминутного прогрева составляет $\delta f = 0,01$ за 1 час. Это означает, что частота f за час работы генератора может измениться на величину, не превышающую $\Delta f = \pm f \delta f$.

2) На частоте 1000 Гц после 20 минутного прогрева генератора абсолютное изменение частоты:

— в течение первого часа работы не превышает ± 5 Гц;

— за последующие 6 часов работы не превышает ± 12 Гц;

3) Колебания напряжения питающей сети на $\pm 10\%$ вызывают изменение частоты не более 1 Гц.

Погрешность установки частоты генератора характеризует отличие действительного значения частоты выходного напряжения генератора от показания частотной шкалы.

Погрешность установки частоты выражают как в абсолютных единицах $\Delta f_{\text{ш}}$, так и в относительных единицах $\delta_{f_{\text{ш}}}$. Данный параметр генератора зависит от точности градуировки шкалы и качества механизмов шкальных устройств. Диапазон рабочих частот широкополосных генераторов сигналов разбивают на поддиапазоны с небольшим коэффициентом перекрытия по частоте, обычно $\eta = 2 \dots 10$. Разбиение диапазона частот генератора на поддиапазоны уменьшает влияние неточности градуировки шкалы и позволяет применять простые механизмы шкальных устройств.

Абсолютную погрешность установки частоты генератора обычно выражают в виде $\Delta f_{\text{ш}} = \pm (af_{\text{ш}} + \Delta_{\text{мин}})$, где $f_{\text{ш}}$ — показание шкалы частот генератора; a — коэффициент влияния $f_{\text{ш}}$ на погрешность установки частоты генератора; $\Delta_{\text{мин}}$ — минимальная абсолютная погрешность установки частоты генератора.

Относительную погрешность установки частоты генератора определяют как $\delta_{f_{\text{ш}}} = \Delta f_{\text{ш}} / f_{\text{ш}}$. На низких и высоких частотах $\delta_{f_{\text{ш}}}$ около (1 ... 2) %, а на сверхвысоких частотах она составляет (0,1 ... 1,5) %. Некоторые модели промышленных генераторов снабжены встроенными цифровыми частотомерами, позволяющими существенно уменьшить погрешность установки частоты генератора.

Диапазон изменения выходного напряжения генераторов может достигать 100 дБ и более. Его обеспечивают при помощи регулируемых плавных и ступенчатых аттенуаторов, ослабляющих выходной сигнал генератора в известное число раз.

Относительная погрешность установки выходного напряжения генератора сигналов характеризует отклонение показания шкалы напряжения $U_{\text{ш}}$ от действительного значения выходного напряжения $U_{\text{вых}}$. Она может быть выражена в процентах или в децибелах:

$$\delta_U = \frac{U_{\text{ш}} - U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых}}} 100 \%; \quad \delta_{U, \text{дБ}} = 20 \log \left(\frac{U_{\text{ш}}}{U_{\text{вых}}} \right).$$

Как правило, выходное напряжение генератора зависит от частоты. Относительную неравномерность $U_{\text{вых}}$ в полосе рабочих частот от $f_{\text{мин}}$ до $f_{\text{макс}}$ определяют как

$$\delta_{Uf} = \frac{|U_{\text{вых}} - U_0|_{\text{макс}}}{U_0} = \frac{\Delta U_M}{U_0},$$

где ΔU_M — модуль максимального отклонения $U_{\text{вых}}$ от напряжения U_0 , установленного на некоторой частоте f_0 (смотри рис. 1.1).

Значение этого параметра часто указывают в децибелах:

$$\delta_{Uf, \text{дБ}} = 20 \log \left(\frac{U_0 + \Delta U_M}{U_0} \right).$$

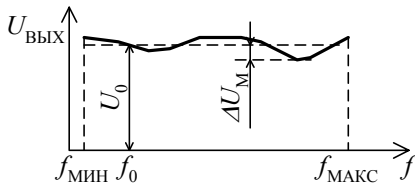


Рис. 1.1 — К определению неравномерности АЧХ генератора

Например, при работе на согласованную нагрузку (обычно это активное сопротивление 50 или 75 Ом) неравномерность выходного напряжения генератора ВЧ относительно уровня выходного напряжения на частоте $f_0 = 100$ кГц не более $\pm 0,5$ дБ. Это означает, что при перестройке частоты от $f_{\text{мин}}$ до $f_{\text{макс}}$ выходное напряжение может изменяться приблизительно на $\pm 5,6$ % относительно значения выходного напряжения генератора, установленного на частоте $f_0 = 100$ кГц.

Уровень гармонических составляющих в выходном сигнале характеризуют отношением $l_i = U_{mi} / U_{m1}$ амплитуд высших гармоник U_{mi} ($i=2, 3, \dots$) к амплитуде первой гармоники U_{m1} . Обычно уровень гармонических составляющих указывают в децибелах, т. е. $l_{i, \text{дБ}} = 20 \lg(U_i / U_1)$. Например, уровень второй гармоники не более $l_{2, \text{дБ}} = -30$ дБ, а уровень третьей гармоники не более $l_{3, \text{дБ}} = -50$ дБ. Следовательно, амплитуда первой гармоники больше амплитуды второй гармоники в $U_{m1} / U_{m2} = 10^{-\frac{l_2}{20}} = 31,6$ раз и больше амплитуды третьей гармоники в $U_{m1} / U_{m3} = 10^{-\frac{l_3}{20}} = 316$ раз.

В некоторых случаях отклонение формы выходного напряжения генератора от гармонической характеризуют коэффициентом гармоник K_{Γ} , равным отношению действующего значения напряжения высших гармоник $U_{\text{вг}}$ к действующему значению напряжения первой гармоники U_1 :

$$K_{\Gamma} = \frac{U_{\text{вг}}}{U_1} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1}.$$

Характерные значения K_{Γ} следующие:

— для генераторов общего применения $K_{\Gamma} = (0,3 \% \dots 2) \%$,

— для высококачественных генераторов $K_{\Gamma} = (0,015 \dots 0,05) \%$.

Выходной сигнал генератора может содержать негармонические составляющие, которые появляются в самих приборах. Они обусловлены работой блока питания, встроенными генераторами модулирующих колебаний, встроенными частотомерами и другими устройствами

Уровень негармонических составляющих выходного напряжения генераторов нормируют в децибелах. Например, в диапазоне частот ниже 100 кГц негармонические составляющие не превышают -54 дБ (меньше максимального значения выходного сигнала приблизительно в 500 раз).

Низкочастотные и высокочастотные генераторы снабжены, как правило, коаксиальным выходным разъемом. Такие же разъемы применяют и в сверхвысокочастотных генераторах на частотах до 10 ГГц. Генераторы сигналов более высоких частот обычно имеют выход в виде прямоугольного волновода.

Выходное сопротивление измерительных генераторов НЧ обычно находятся в пределах от единиц до сотен Ом. Выходное сопротивление некоторых промышленных генераторов НЧ можно дискретно изменять специальным переключателем в зависимости от сопротивления подключенной нагрузки. Выходное сопротивление генератора ВЧ или генератора СВЧ обычно равно 50 Ом или 75 Ом. Выходное сопротивление генератора с волноводным выходом определяется сечением волновода и рабочим типом волны (E или H).

1.2.2. Генераторы высокочастотных гармонических колебаний

Высокочастотные генераторы сигналов генерируют гармонические напряжения в диапазоне частот от 100 кГц

до 30 МГц, т. е. перекрывают диапазоны длинных, средних и коротких волн. Обычно в них предусмотрена возможность амплитудной модуляции выходного напряжения. Такие генераторы используют для контроля и регулировки радиоаппаратуры, а также для измерения частотных, амплитудных характеристик различных устройств. Типичным представителем высокочастотных генераторов сигналов является генератор Г4-102 [9]. Он вырабатывает гармонические электрические сигналы в диапазоне частот от 100 кГц до 50 МГц, поделенном на 8 частотных поддиапазонов. Упрощенная структурная схема Г4-102 показана на рис. 1.2.

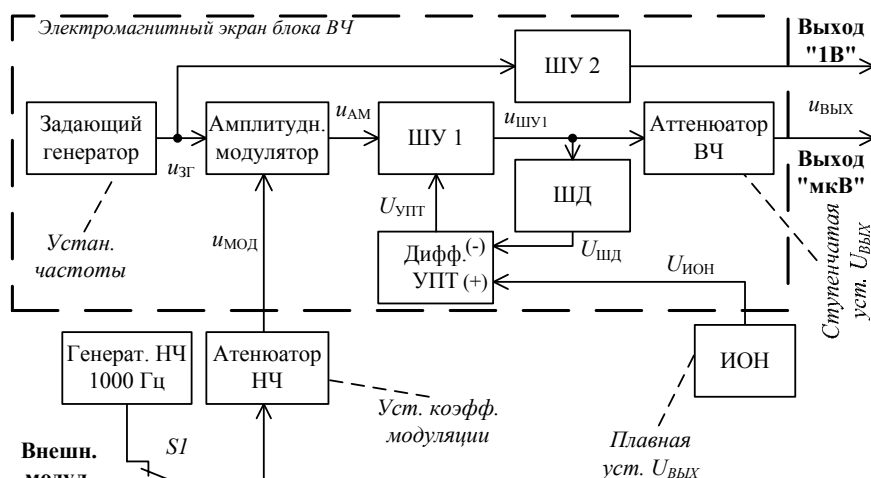


Рис. 1.2 — Упрощенная структурная схема генератора Г4-102

Генератор позволяет изменять выходное напряжение в диапазоне 120 дБ и осуществлять его амплитудную модуляцию сигналами встроенного генератора гармонических колебаний низкой частоты (1000 Гц) или внешним сигналом, подаваемым на специальный вход.

В Г4-102 имеются два канала: основной и дополнительный. Основной канал включает задающий генератор, амплитудный модулятор, основной широкополосный усилитель ШУ1, аттенуатор ВЧ, широкополосный детектор ШД, источник опорного напряжения ИОН, дифференциальный УПТ. Дополнительный канал образован широкополосным усилителем ШУ2.

Задающий генератор определяет

частоту, стабильность частоты и спектральный состав выходных колебаний. Каждому из частотных поддиапазонов Г4-102 соответствует своя коммутируемая колебательная система, обеспечивающая коэффициент перекрытия по частоте $\eta \approx 2$. Она выполнена в виде высококачественного колебательного контура с сосредоточенными параметрами.

Упрощенная схема задающего генератора показана на рис. 1.3.

Задающий генератор выполнен по схеме «емкостная трехточка». Сложный колебательный контур образован катушкой индуктивности $L1$ и конденсаторами $C1, C2, C3, C5$. Гармоническое выходное напряжение $u_{ЗГ} = U_{ЗГ} \sin 2\pi f_{Г} t$, с амплитудой $U_{ЗГ}$ и частотой $f_{Г}$, снимают с емкостного делителя напряжения $C1, C2$, являющегося частью колебательного контура. Съем напряжения $u_{ЗГ}$ непосредственно с колебательного контура позволяет получить выходные колебания, форма которых близка к гармонической. Колебательный контур, обладающий свойством частотной селекции, подавляет высшие гармоники частоты $f_{Г}$, поэтому коэффициент гармоник выходного напряжения $u_{ЗГ}$ достаточно малый.

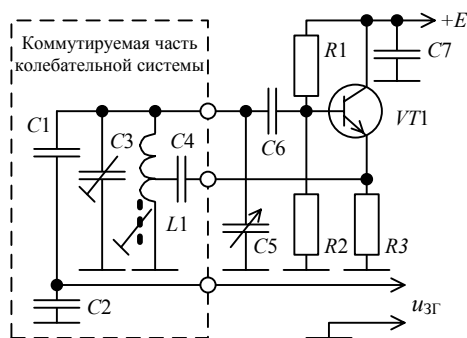


Рис. 1.3 — Упрощенная схема задающего генератора

Перестройку резонансной частоты колебательного контура $f_{Г}$ производят конденсатором переменной емкости $C5$. Цепь положительной обратной связи, необходимая для возникновения автоколебаний, реализована с помощью конденсатора $C4$. Конденсатор $C3$ служит для подстройки требуемого значения верхней частоты поддиапазона. Подстройку требуемого значения нижней частоты поддиапазона осуществляют изменением индуктивности катушки $L1$ с помощью сердечника.

Амплитудный модулятор представляет собой широкополосный каскад, коэффициент передачи которого $k_{АМ} = k_0(1 + k_1 u_{МОД})$ изменяется под воздействием низкочастотного модулирующего напряжения $u_{МОД}$, где k_0 — начальный коэффициент передачи амплитудного модулятора при $u_{МОД} = 0$; k_1 — коэффициент, характеризующий чувствительность $k_{АМ}$ к напряжению $u_{МОД}$.

Изменение $k_{АМ}$ под воздействием напряжения $u_{МОД}$ приводит к изменению амплитуды выходного напряжения модулятора

$$U_{АМ} = k_{АМ} U_{ЗГ} = U_{ЗГ} k_0 (1 + k_1 u_{МОД})$$

по закону модулирующего напряжения.

Источниками модулирующего напряжения служат встроенный генератор звуковой частоты 1000 Гц или внешний источник модулирующего сигнала, подключаемый к соответствующему входу генератора. Выбор источника модулирующего напряжения производится с помощью переключателя $S1$ (рис. 1.2).

Установку требуемого коэффициента модуляции производят регулировкой амплитуды модулирующего напряжения $u_{НЧ}$ аттенуатором НЧ.

При плавной перестройке частоты в пределах частотного поддиапазона или при переходе с одного частотного поддиапазона на другой амплитуда выходного напряжения задающего генератора $U_{зг}$ и амплитуда выходного напряжения модулятора U_{AM} значительно изменяются. Это нежелательное явление, так как измерительный генератор должен сохранять установленный уровень выходного напряжения во всем диапазоне рабочих частот. Для уменьшения зависимости выходного напряжения от частоты в Г4-102 предусмотрена цепь стабилизации уровня выходного напряжения. Она образована широкополосным усилителем ШУ1, широкополосным детектором ШД, источником опорного напряжения ИОН и дифференциальным УПТ.

Напряжение u_{AM} от амплитудного модулятора поступает на сигнальный вход широкополосного усилителя, который усиливает его в $k_{ШУ1}$ раз. Выходное напряжение широкополосного усилителя с амплитудой $U_{ШУ1} = k_{ШУ1}U_{AM}$ преобразуется широкополосным детектором ВЧ в пропорциональное постоянное напряжение

$$U_{ШД} = k_{ШД}U_{ШУ1}, \quad (1.1)$$

где $k_{ШД}$ — коэффициент преобразования широкополосного детектора, который остается практически постоянным во всем диапазоне частот Г4-102.

Напряжение $U_{ШД}$ поступает на инвертирующий вход дифференциального УПТ, а на неинвертирующий вход подается напряжение $U_{ИОН}$ от источника опорного напряжения. Разность напряжений $U_{ИОН} - U_{ШД}$ усиливается дифференциальным УПТ в $K_0 \gg 1$ раз. Выходное напряжение УПТ

$$U_{УПТ} = K_0(U_{ИОН} - U_{ШД}) \quad (1.2)$$

поступает на управляющий вход ШУ1, предназначенный для регулировки его коэффициента усиления. Если $U_{ИОН} < U_{ШД}$, то отрицательное напряжение $U_{УПТ}$ уменьшает коэффициент усиления ШУ1. Если $U_{ИОН} > U_{ШД}$, то положительное напряжение $U_{УПТ}$ увеличивает коэффициент усиления ШУ1.

Соотношение (1.2) с учетом (1.1) можно представить в виде

$$U_{ИОН} - k_{ШД}U_{ШУ1} - \frac{U_{УПТ}}{K_0} = 0.$$

Поскольку коэффициент усиления K_0 дифференциального УПТ достигает нескольких тысяч, то последним слагаемым пренебрегаем и получаем приближенное выражение

$$U_{ШУ1} = U_{ИОН} / k_{ШД}, \quad (1.3)$$

которое показывает, что выходное напряжение $U_{ШУ1}$ пропорционально опорному напряжению $U_{ИОН}$ и практически не зависит от напряжения на входе ШУ1. Если при перестройке частоты выходное напряжение на входе ШУ1 изменяется, то цепь стабилизации изменяет коэффициент усиления ШУ1 и обеспечивает выполнение равенства (1.3). Это обеспечивает слабую зависимость выходного напряжения Г4-102 от частоты.

Следовательно, при постоянном $U_{ИОН}$ напряжение $U_{ШУ1}$ тоже постоянное, а изменение $U_{ИОН}$ вызывает пропорциональное изменение напряжения $U_{ШУ1}$ и выходное напряжение всего генератора. Именно этот способ применен в генераторе Г4-102 для плавной регулировки выходного напряжения от 0 до 10 дБ. Расширение пределов регулировки выходного напряжения до 100 дБ производится ступенчато с помощью широкополосного аттенюатора ВЧ.

Вспомогательный канал образован широкополосным усилителем ШУ2, усиливающим немодулированный сигнал задающего генератора. Данный сигнал обычно используют для контроля частоты Г4-102 с помощью внешнего частотомера.

1.3. Порядок выполнения лабораторной работы

1.3.1. Описание лабораторной установки

Схема лабораторной установки показана на рис. 1.4. Она состоит из генератора Г4-102, нагруженного на согласованную нагрузку 50 Ом, высокочастотного вольтметра и цифрового частотомера.

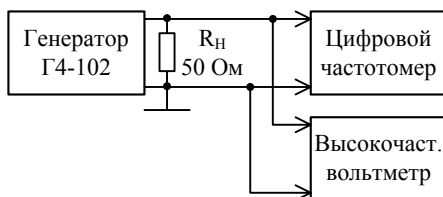


Рис. 1.4 — Схема лабораторной установки

В данной лабораторной работе исследуется измерительный генератор Г4-102, вырабатывающий гармонические колебания в частотном диапазоне от 100 кГц до 50 МГц.

Изменение выходного напряжения генератора Г4-102 осуществляют ручками ступенчатой и плавной регулировки. Отсчет выходного напряжения генератора $U_{ш}$, выраженного в микровольтах, производят с помощью соответствующих шкал $U_{ш} = k_1 k_2$, где k_1 — множитель, установленный по шкале плавного регулятора опорного напряжения, k_2 — множитель, установленный по шкале аттенюатора ВЧ.

Оба органа регулировки имеют цифровые отметки красного и черного цветов. Если ступенчатый регулятор установлен на отметку черного цвета, то на плавном регуляторе необходимо пользоваться шкалой черного цвета.

Таким образом, если ступенчатый переключатель ВЧ установлен на отметку 10^4 красного цвета и при этом плавный регулятор установлен на отметку 3,0 красной шкалы, то $U_{\text{ш}} = 3 \cdot 10^4 \text{ мкВ} = 30 \text{ мВ}$. Правильность отсчета выходного напряжения гарантируется при работе генератора на согласованную нагрузку 50 Ом, входящую в состав лабораторной установки.

Цифровой частотомер ЧЗ-34 позволяет с высокой точностью измерять частоту генератора, необходимую для определения погрешности установки частоты генератора.

Высокочастотный вольтметр предназначен для измерения среднеквадратического значения гармонического напряжения от 3 мВ до 3 вольт в частотном диапазоне от 10 кГц до 1000 МГц.

1.3.2. Исследование АЧХ и погрешности установки частоты генератора

1.3.2.1. Органами регулировки частоты настройте генератор сигналов на частоту $f_0 = 100 \text{ кГц}$.

1.3.2.2. Установите на выходе генератора напряжение $U_{\text{вых}} = U_0 = 50 \text{ мВ}$, используя для измерения напряжения высокочастотный вольтметр.

Примечание. При выполнении остальных пунктов раздела. 1.3.2 положение органов регулировки выходного напряжения генератора должно оставаться неизменным.

1.3.2.3. Устанавливая по шкале генератора Г4-102 частоты $f_{\text{ш}i}$, указанные в таблице 1.1, произведите измерение высокочастотным вольтметром выходного напряжения генератора $U_{\text{вых}i}$ и определите с помощью цифрового частотомера действительную частоту генератора $f_{\text{д}i}$. Полученные значения занесите в таблицу 1.1.

1.3.2.4. Для каждой частоты $f_{\text{ш}i}$, рассчитайте относительное отклонение δ_{U_i} выходного напряжения генератора сигналов $U_{\text{вых}i}$ от U_0 по следующей формуле

$$\delta_{U_i} = \frac{|U_{\text{вых}i} - U_0|}{U_0} 100 \% .$$

Результаты расчетов занесите в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 — Результаты измерения и расчетов по п. 1.3.2.

Частотный поддиапазон	$f_{\text{ш}i}$, МГц	$f_{\text{д}i}$, МГц	$U_{\text{вых}i}$, мВ	δ_{U_i} , %	$\delta_{f_{\text{ш}i}}$, %
1	0,1				
	0,12				
	0,15				
2	0,18				
	0,24				
	0,29				
3	0,35				
	0,48				
	0,6				
4	0,75				
	1,0				
	1,4				
5	1,7				
	2,5				
	3,2				
6	4				
	6				
	8				
7	10				
	13				
	17				

1.3.2.5. Для каждой частоты $f_{\text{ш}i}$ рассчитайте относительную погрешность установки частоты генератора по следующей формуле

$$\delta_{f_{\text{ш}i}} = \frac{f_{\text{ш}i} - f_{\text{д}i}}{f_{\text{ш}i}} 100 \% .$$

Результаты расчетов занесите в таблицу 1.1.

1.3.2.6. По результатам проведенных исследований:

- а) постройте в полулогарифмическом масштабе графики зависимостей δ_{U_i} и $\delta_{f_{ш_i}}$ от частоты $f_{ш_i}$;
- б) рассчитайте относительную неравномерность $\delta_{Uf, дБ}$ выходного напряжения генератора в полосе рабочих частот.

1.3.3. Исследование погрешности установки выходного напряжения генератора

1.3.3.1. Установите частоту генератора 100 кГц.

1.3.3.2. Установите ступенчатый переключатель множителя аттенюатора ВЧ на отметку $k_2 = 10^5$ красного цвета.

1.3.3.3. Изменяя положение регулятора опорного напряжения (плавного регулятора выходного напряжения) проведите измерение выходного напряжения генератора $U_{ВЫХ}$, соответствующего цифровым отметкам k_1 красной (белой) шкалы.

Результаты измерений занесите в таблицу 1.2.

1.3.3.4. Рассчитайте относительную погрешность установки уровня выходного напряжения генератора регулятором опорного напряжения

$$\delta_U = \frac{U_{Ш} - U_{ВЫХ}}{U_{ВЫХ}} 100 \%,$$

где $U_{Ш} = k_1 k_2 \cdot 1 \text{ мВ}$ — напряжение, установленное по шкале генератора.

Результаты расчетов занесите в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 — Результаты измерения и расчетов по п.1.3.3

k_1	$U_{ВЫХ}$, мВ	$U_{Ш}$, мВ	δ_U , %
1,5			
2,0			
2,5			
...			
5,0			

1.3.3.5. Постройте график зависимости δ_U от установленного выходного напряжения генератора.

1.4. Содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- структурную схему генератора Г4-102;
- структурную схему измерительной установки;
- расчетные формулы и таблицы результатов;
- графики полученных зависимостей;
- выводы по результатам работы.

1.5. Контрольные вопросы

1. Для каких целей применяют измерительные генераторы?
2. Назовите основные параметры измерительных генераторов.
3. Покажите на схеме генератора (рис. 1.2) узлы, проверка которых произведена в лабораторной работе.
4. Каким образом в генераторе осуществляется амплитудная модуляция выходного напряжения?
5. Какие внешние факторы влияют на стабильность частоты и уровень выходного напряжения?
6. Какие узлы генератора влияют на коэффициент гармоник выходного напряжения генератора?
7. Какие узлы генератора определяют стабильность частоты выходного напряжения?
8. Какие узлы генератора влияют на погрешность установки выходного напряжения?
9. Какие узлы генератора влияют на погрешность установки частоты генератора?
10. Какими факторами обусловлена зависимость выходного напряжения генератора от частоты?
11. Как работает цепь стабилизации выходного напряжения генератора?
12. Для какой цели диапазон рабочих частот широкополосных генераторов разбивают на поддиапазоны?

Литература по теме лабораторной работы: [2, с. 146 — 163], [3, с. 369 — 379].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения/В.Д. Кукуш. — М.: Радио и связь, 1985.— 368 с.
2. Кушнир Ф.В. Измерения в технике связи / Ф.В. Кушнир, В.Г. Савенко, С.М. Верник. — М.: Высш. шк., 1976. — 432 с.
3. Мирский Г.Я. Электронные измерения / Г.Я. Мирский. — М.: Радио и связь, 1986 — 440 с.
4. Основы метрологии и электрические измерения. Учебник для вузов / Б.Я. Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин и др.; Под ред. Е.М. Душина. — 6 изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат, 1987. — 480 с.
5. Измерения в электронике: Справочник / В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских и др.; Под ред. В.А. Кузнецова. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 512 с.
6. Нефедов В.И. Метрология и радиоизмерения / В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюков. — М.: Высш. шк., 2006. — 526 с.
7. Дворяшин Б. В. Основы метрологии и радиоизмерения. Учебное пособие для вузов / Б. В. Дворяшин. — М.: Радио и связь, 1993. — 320 с.
8. Измеритель L , C , R универсальный Е7-11. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / НИИРИТ. — Каунас: НИИРИТ, 1980. — 97 с.