МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РФ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА

ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Кафедра теоретической радиотехники

А.А. Илюхин

РАДИОИЗМЕРЕНИЯ

ПОСОБИЕ

к выполнению лабораторных работ № 1, 2, 3, 4, 5

для студентов специальности 201300

всех форм обучения

Москва – 2003

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов специальности 201300 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 24.12.02г.. и методического совета ФАСК 4.02.03. г

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Измерение напряжений

1. Цель работы.

1.1. Овладеть методами измерения напряжений в цепях электронных схем.

1.2. Получить навыки работы с электронными аналоговым и цифровым вольтметрами.

1.3. Научиться оценивать погрешности результатов измерений.

2. Подготовка к работе.

2.1. Усвоить теоретический материал «Измерение напряжения и силы тока» по [1] и «Измерение напряжений» по [2,3].

2.2. Вывести формулу для расчета входного сопротивления вольтметра при измерении двух напряжений: без последовательно включенного резистора и с последовательно включенным резистором.

2.3. Вывести формулу для расчета случайной составляющей относительной погрешности косвенного измерения входного сопротивления вольтметра, используя формулу, полученную в п.2.2.

2.4. Рассчитать коэффициенты амплитуды и формы последовательности прямоугольных видеоимпульсов с амплитудой U_m=1В, длительностью импульсов τ_u=0,25 мс и периодом следования Т=1мс, с положительной полярностью.

Определить показания следующих вольтметров при подаче на их вход названного выше сигнала:

- вольтметр среднеквадратических значений синусоидального напряжения (детектор пиковый с открытым входом);
- вольтметр среднеквадратических значений синусоидального напряжения (детектор пиковый с закрытым входом);
- вольтметр среднеквадратических значений синусоидального напряжения (детектор средневыпрямленных значений с открытым входом);
- вольтметр среднеквадратических значений синусоидального напряжения (детектор средневыпрямленных значений с закрытым входом);

■ вольтметр среднеквадратических значений напряжения произвольной формы.

2.5. Изучить принцип действия, назначение основных органов управления, основные технические характеристики и правила эксплуатации, используя электронные версии технических описаний следующих приборов:

■ микровольтметр среднеквадратических значений напряжения произвольной формы В3-57;

■ прибор комбинированный цифровой Щ4313, в состав которого входит электронный вольтметр среднеквадратических значений синусоидального напряжения (детектор средневыпрямленных значений с закрытым входом).

2.6. Ознакомиться с составом лабораторной установки, заданием на лабораторную работу и усвоить порядок ее выполнения.

3. Контрольно-измерительная аппаратура.

3.1. Микровольтметр В3-57.

3.2. Прибор комбинированный цифровой Щ4313.

3.3. Генератор низкочастотный Г3-109.

3.4. Генератор импульсов Г5-63.

3.5. Генератор высокочастотный Г4-102.

3.6. Осциллограф универсальный С1-65.

3.7. Блок резисторов.

4. Порядок выполнения лабораторной работы.

4.1. Измерение входного сопротивления микровольтметра В3-57 и вольтметра прибора Щ4313.

4.1.1. Установить, пользуясь органами управления генератора Г3-109, следующие параметры выходного напряжения: U=0,9 В, F=20 Гц. Установить предел измерений на микровольтметре В3-57, равный 1В. Подключить микровольтметр к генератору, произвести отсчет измеряемого напряжения U_1. Включить между выходом генератора и входом вольтметра (последовательно) резистор, сопротивление которого наиболее близко к паспортному значению входного сопротивления микровольтметра. Произвести отсчет измеряемого напряжения U_2.

Рассчитать входное сопротивление микровольтметра, используя формулу, полученную при подготовке к лабораторной работе.

Результаты измерений и расчетов свести в табл.1.

Таблица 1

Тип вольтметра	Показания вольтметра, В		Сопротивление резистора блока, Мом	Входное сопротивление вольтметра, Мом	
	U_1	U_2		паспортное	измеренное
В3-57					
Щ4313					

4.1.2. Измерение входного сопротивления вольтметра прибора Щ4313 произвести при следующих параметрах выходного напряжения генератора Г3-109: F=45 Гц, U=4В, установив предел измерений, равный 5 В, по методике, изложенной в п.4.1.1. Результаты измерений и расчетов свести в табл. 1.

4.1.3. Рассчитать случайную составляющую относительной погрешности косвенного измерения входного сопротивления микровольтметра В3-57 и вольтметра прибора Щ4313, используя данные п.4.1.1, 4.1.2. и формулу, полученную при подготовке к лабораторной работе при условии, что среднеквадратические отклонения случайной составляющей относительной погрешности измерения напряжений U_1 и U_2 равны $\delta_{U_1} = \delta_{U_2}$=0,02, а среднеквадратическое отклонение случайной составляющей относительной погрешности измерения сопротивления резисторов составляет δ_R=0,05. Считать приведенные выше погрешности некоррелированными.

4.2. Исследование влияния частоты сигнала на показания микровольтметра В3-57 и вольтметра прибора Щ4313.

4.2.1. Подключить ко входу микровольтметра В3-57 генератор Г4-102. Установить предел измерения напряжения на В3-57, равный 1В. Органами управления выходного напряжения Г4-102 добиться показания В3-57 на частоте 100 кГц, равного 0,8 В. Изменяя частоту генератора Г4-102 в диапазоне от 0,1 МГц до 10 МГц, произвести отсчеты напряжений по шкале микровольтметра В3-57. Результаты измерений свести в табл. 2.

Таблица 2

В3-57	f, МГц	
	U, В	
Щ4313	f, МГц	
	U, В	

По результатам табл. 2 построить зависимости U(f).

4.2.2. Аналогичные измерения произвести вольтметром прибора Щ4313 на пределе измерения напряжения, равном 5 В, в диапазоне частот от 0,1 МГц до 0,5 МГц. Результаты измерений свести в табл.2.

4.3. Исследование зависимости показаний электронных вольтметров от формы измеряемого напряжения.

4.3.1. Подключить к входам микровольтметра В3-57 и осциллографа С1-65 генератор импульсов Г5-63, на выходе которого получить последовательность прямоугольных видеоимпульсов с параметрами: амплитуда 1В, длительность импульсов 0,25 мс, период следования 1 мс, полярность положительная, подкорректировать параметры последовательности импульсов, используя осциллограф. Установить предел измерения напряжения на В3-57 равным 1 В. Результат измерения занести в табл. 3.

Таблица 3

	Тип вольтметра	Тип детектора	Показания вольтметра
В3-57	среднеквадратических значений	среднеквадратических значений	
Щ4313	среднеквадратических значений синусоидального напряжения	средневыпрямленных значений с закрытым входом	

4.3.2. Аналогичное измерение произвести вольтметром прибора Щ4313, установив предел измерения напряжения равным 0,5 В. Результат измерения занести в табл.3. Сравнить показания вольтметров (табл.3) с результатами расчетов (п.2.4).

4.4. Поверка стрелочного микровольтметра В3-57 по цифровому Щ4313 методом сличения.

Подключить оба вольтметра к генератору Г3-109. Настроить генератор на частоту 1 кГц. Установить предел измерения напряжения у В3-57 и Щ4313 соответственно 3 В и 5 В. Поверку провести в точке 2 В на установленном пределе стрелочного микровольтметра В3-57. Для этого плавно изменять выходное напряжение генератора со стороны меньших значений от 1 В до получения 2 В по стрелочному микровольтметру («ход вверх»). Измерить это напряжение прибором Щ4313. Проделать эти операции 10 раз.

Аналогично получить данные для «хода вниз», начиная со значения 3 В до 2 В. Результаты свести в табл.4.

Таблица 4

Показания вольтметров			Погрешность единичных измерений		Среднее значение погрешности измерений		Оценка систематич. погрешности поверяемого вольтметра	Оценка среднекв. отклонения случайной погрешности поверяемого вольтметра	Оценка вариа-ции
Поверяемого, В	Образцового, В		$\Delta_{вв}$, В	$\Delta_{вн}$,	$\overline{\Delta}_{вв}$, В	$\overline{\Delta}_{вн}$, В	$\hat{\Delta}_{с}$, В	$\hat{\sigma}_{\Delta}$, В	$\hat{B}$, В
	ход вверх	ход вниз	ход вверх	ход вниз	ход вверх	ход вниз			

Рассчитать оценки погрешностей поверяемого микровольтметра В3-57:

■ оценка систематической погрешности определяется по формуле:

$$\hat{\Delta}_{\text{C}} = \frac{1}{2}(\overline{\Delta}_{\text{ВВ}} + \overline{\Delta}_{\text{ВН}}),$$

где

$$\begin{cases} \overline{\Delta}_{\text{ВВ}} = \dfrac{1}{n}\sum\limits_{\text{i}=1}^{n} \Delta_{\text{ВВ}_{\text{i}}} \\ \overline{\Delta}_{\text{ВН}} = \dfrac{1}{n}\sum\limits_{\text{i}=1}^{n} \Delta_{\text{ВНi}} \end{cases}, \qquad \text{n=10;}$$

- оценка среднеквадратического отклонения случайной погрешности определяется по формуле:

$$\hat{\sigma}_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum\limits_{i=1}^{n}(\Delta_{\text{ВВi}} - \overline{\Delta}_{\text{ВВ}})^2 + \sum\limits_{\text{i}=1}^{n}(\Delta_{\text{ВНi}} - \overline{\Delta}_{\text{ВН}})^2}{2n-1}};$$

- оценка вариации определяется по формуле:

$$\hat{\text{B}} = \left|\overline{\Delta}_{\text{ВВ}} - \overline{\Delta}_{\text{ВН}}\right|.$$

5. Содержание отчета.

5.1. Результаты расчетов, проведенных при подготовке к работе.

5.2. Таблицы с результатами измерений и расчетов, проведенных по ним.

5.3. Анализ результатов эксперимента и выводы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метрология и электро/радиоизмерения в телекоммуникационных системах. Под ред. проф. В.И.Нефедова. – М.: Высшая школа, 2001.
2. Мирский Г.Я. Радиоэлектронные измерения. - М: Энергия, 1975.
3. Мирский Г.Я. Электронные измерения. - М: Радио и связь, 1986.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Поверка генератора высокой частоты

1. Цель работы.

1.1. Изучение принципа действия измерительного генератора высокой частоты.

1.2. Приобретение практических навыков работы с генераторами типа Г4-102 и поверки прибора по ряду параметров.

2. Подготовка к работе.

2.1. Усвоить теоретический материал «Измерительные генераторы» по [1] и «Измерительные генераторы высоких частот» по [2,3].

2.2. Рассчитать амплитуду напряжения выходного сигнала генератора высокой частоты на нагрузке 30 Ом, если выходное сопротивление генератора 50 Ом, а показание внутреннего отсчетного устройства соответствует 1 мВ (действующее значение).

2.3. Изучить принцип действия, структурную схему, технические характеристики и назначение основных органов управления исследуемого генератора, используя электронную версию технического описания.

2.4. Ознакомиться с составом лабораторной установки, заданием на лабораторную работу и усвоить порядок ее выполнения.

3. Контрольно-измерительная аппаратура.

3.1. Генератор высокочастотный Г4-102.

3.2. Электронный частотомер Ч3-38.

3.3. Осциллограф универсальный С1-65.

3.4. Анализатор спектра С4-25.

3.5. Милливольтметр В3-56.

4. Порядок выполнения лабораторной работы.

4.1. Измерение значений граничных частот поддиапазонов и определение запаса по частоте на краях поддиапазонов.

Подключить к выходу «μV» генератора Г4-102 через 50-омную нагрузку частотомер Ч3-38. Измерение граничных частот и запаса по частоте произвести в 1-6 поддиапазонах генератора. Результаты измерений свести в табл.5.

Таблица 5

Поддиапазон	Значение граничных частот, МГц		Величина запаса по частоте, МГц		Величина запаса по частоте, %		Паспортное значение запаса по частоте, %
	f_{min}	f_{max}					

4.2. Измерение основной погрешности установки частоты.

Схема соединений приборов такая же, как в п.4.1.

Измерения проводить в 1-6 поддиапазонах не менее, чем на трех частотах каждого поддиапазона. Результаты измерений свести в табл.6.

Таблица 6

Поддиа-пазон	Значение частот $f_{ном}$, МГц			Значение частот $f_{изм}$, МГц			Погрешность $\delta_f = \frac{f_{ном} - f_{изм}}{f_{изм}} 100\%$			Паспортное значение погрешности δ_f, %
	$f_{1ном}$	$f_{2ном}$	$f_{3ном}$	$f_{1изм}$	$f_{2изм}$	$f_{3изм}$	δ_{f1}	δ_{f2}	δ_{f3}	

4.3. Измерение погрешности установки опорного напряжения.

Подключить к выходу «μV» генератора Г4-102 через 50-омную нагрузку милливольтметр В3-56, установить аттенюатор генератора в положение, соответствующее выходному напряжению $U_{ном}=5\times10^5$ мкВ. Измерение погрешности установки опорного напряжения произвести не менее, чем в 3 точках одного из поддиапазонов. Результаты свести в табл.7.

Таблица 7

Частота, МГц	Измеренное напряжение $U_{изм}$, В	Погрешность $\delta_u = 20\lg\frac{U_{ном}}{U_{изм}}$, дБ	Паспортное значение погрешности δ_u, дБ

4.4. Измерение коэффициента гармоник выходного сигнала.

Подключить к выходу «μV» генератора Г4-102 через 50-омную нагрузку анализатор спектра С4-25. С помощью ручек спектроанализатора «ОТСЧЕТ АМПЛИТУД ДБ» измерить амплитуды второй, третьей и четвертой гармоник относительно первой гармоники не менее, чем на трех частотах диапазона. Результаты измерений свести в табл.8.

Таблица 8

Частота, МГц	Измеренные значения относительных амплитуд гармоник, дБ			Измеренные значения коэффициентов гармоник, дБ			Паспортное значение коэффициента гармоник $К_f$, дБ
	$U_{m2\ отн}$	$U_{m3\ отн}$	$U_{m4\ отн}$	$К_{f2}$	$К_{f3}$	$К_{f4}$	

4.5. Определение основной погрешности установленного коэффициента глубины амплитудной модуляции.

Подключить к выходу «μV» генератора Г4-102 осциллограф С1-65, с помощью которого измерять коэффициент глубины модуляции не менее, чем на трех частотах диапазона генератора и не менее, чем на пяти значениях глубины модуляции, включая точки 10, 80. Результаты свести в табл.9.

Таблица 9

Частота, МГц	Измеренные значения коэффициента глубины амплитудной модуляции, $M_{изм}$, %	Погрешность коэффициента глубины амплитудной модуляции $\Delta M = M_{ном} - M_{изм}$, %	Паспортное значение погрешности коэффициента глубины амплитудной модуляции ΔM, %

5. Содержание отчета.

5.1. Расчеты, проведенные при подготовке к работе.

5.2. Таблицы с данными измерений и расчетов.

5.3. Анализ результатов эксперимента и расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метрология и электро/радиоизмерения в телекоммуникационных системах. /Под ред проф. В.И.Нефедова. – М.: Высшая школа, 2001.
2. Мирский Г.Я. Радиоэлектронные измерения. - М.: Энергия, 1975.
3. Мирский Г.Я. Электронные измерения. - М.: Радио и связь, 1986.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Исследование формы напряжения сигналов электронно-лучевым осциллографом.

1. Цель работы.

1.1. Изучение принципа действия электронно-лучевого осциллографа.

1.2. Приобретение практических навыков работы с осциллографами типа С1-65.

2. Подготовка к работе.

2.1. Усвоить теоретический материал «Исследование формы и параметров сигнала» по [1] и «Исследование формы напряжения» по [2,3].

2.2. Нарисовать осциллограмму колебания, если на вход осциллографа подается синусоидальный сигнал с частотой 125 кГц, а длительность прямого хода развертки 20 мкс.

2.3. Определить относительную погрешность воспроизведения амплитуды импульсов на экране осциллографа, если он имеет входное сопротивление 1 Мом, а генератор импульсов, подключаемый к осциллографу, имеет выходное сопротивление 50 кОм.

2.4. Изучить принцип действия, назначение органов управления, основные технические характеристики и инструкцию по эксплуатации электронно-лучевого осциллографа С1-65, используя электронную версия технического описания.

2.5. Ознакомиться с составом лабораторной установки, заданием на лабораторную работу и усвоить порядок ее выполнения.

3. Контрольно-измерительная аппаратура.

3.1. Электронно-лучевой осциллограф С1-65.

3.2. Генератор низкочастотный Г3-33.

3.3. Генератор импульсов Г5-54.

4. Порядок выполнения лабораторной работы.

4.1. Калибровка осциллографа.

Включить осциллограф в сеть и провести все необходимые операции согласно инструкции по эксплуатации.

4.2. Наблюдение на экране осциллографа кривой напряжения низкочастотного синусоидального сигнала, измерение амплитуды и периода этого сигнала.

Подключить к выходу генератора Г3-33 вход канала Y осциллограф ⊖ .

Получить на выходе генератора синусоидальное напряжение с параметрами U=1 В, F =1 кГц, пользуясь отсчетными устройствами генератора. Получить на экране устойчивое изображение одного периода исследуемого напряжения при внутренней синхронизации. Измерить амплитуду и период этого напряжения в делениях масштабной сетки на экране ЭЛТ. Зарисовать в масштабе полученное изображение (по осям отложить деления масштабной сетки), указав значения коэффициентов развертки и отклонения, при которых получено изображение. Рассчитать и сравнить измеренные параметры сигнала с установленными на генераторе.

Не меняя параметров сигнала генератора, получить устойчивое изображение двух, а затем пяти периодов синусоидального напряжения. Зарисовать осциллограммы, указав коэффициенты развертки и отклонения, при которых они получены. Сделать заключение о влиянии коэффициента развертки на вид осциллограммы.

4.3. Наблюдение на экране осциллографа импульсных сигналов, измерение их параметров.

Подключить вход канала Y осциллографа к выходу основных импульсов генератора Г5-54. Выставить на генераторе Г5-54 следующие параметры импульсной последовательности: амплитуда 2 В, длительность импульсов 50 мкс, частота повторения 10 кГц, полярность положительная. Проделать те же опыты, что и в п.4.2.

Уменьшить длительность импульсов до 1 мкс, остальные параметры оставить прежними. Получить устойчивое изображение в режиме внутренней синхронизации. Изменяя коэффициент развертки, добиться того, чтобы ширина изображения импульса составляла примерно половину длины масштабной сетки экрана. Измерить длительности импульса (на уровне 0,5 U_m), фронта и среза, амплитуду. Зарисовать осциллограмму.

Перейти к режиму внешней синхронизации. Для этого соединить гнездо ВНЕШ.ВХОД X внешней синхронизации осциллографа с выходом синхронизирующих

импульсов генератора Г5-54. Установить на генераторе временной сдвиг между основным и синхронизирующим импульсами, равный 1мкс. Получить устойчивое изображение импульса. Зарисовать осциллограмму и сравнить ее с осциллограммой импульса, полученной в режиме внутренней синхронизации. Измерить временной интервал от момента начала развертки до начала импульса и сравнить с временным сдвигом, установленным на генераторе Г5-54.

5. Содержание отчета.

5.1. Расчеты, проведенные при подготовке к работе.

5.2. Осциллограммы и результаты измерений.

5.3. Анализ результатов эксперимента и выводы по работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метрология и электро/радиоизмерения в телекоммуникационных системах. Под ред. проф. В.И.Нефедова. – М.: Высшая школа, 2001.

2. Мирский Г.Я. Радиоэлектронные измерения. - М.: Энергия, 1975.

3. Мирский Г.Я. Электронные измерения. - М.: Радио и связь, 1986.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Измерение частоты и интервалов времени

1. Цель работы

1.1. Овладеть основными методами измерения частоты и интервалов времени.

1.2. Получить навыки работы с частотно-измерительной литературой.

1.3. Научиться оценивать погрешности результатов измерений.

2. Подготовка к работе

2.1. Усвоить теоретический материал «Измерение частоты и интервалов времени» по [1] и «Измерение интервалов времени и фазовых сдвигов», «Измерение частоты» по [2].

2.2. Изучить принцип действия, назначение основных органов управления, основные технические характеристики электронно-счетного частотомера Ч3-38, ознакомится с инструкцией по эксплуатации, используя электронную версию технического описания частотомера.

2.3. Усвоить программу и порядок выполнения лабораторной работы.

3. Контрольно-измерительная аппаратура.

3.1 Генераторы низкочастотные Г3-104 и Г3-56/1.

3.2. Частотомер электронно-счетный Ч3-38.

3.3. Осциллограф С1-48.

4. Порядок выполнения работы.

4.1. Измерить частоту выходного напряжения измерительного генератора Г3-56/1 методом интерференционных фигур, установив частоту генератора Г3-56/1 равной 0,6 кГц.

В качестве образцового использовать генератор Г3-104, на котором установить частоту 0,6 кГц.

Схема соединений приборов представлена на рис. 1.

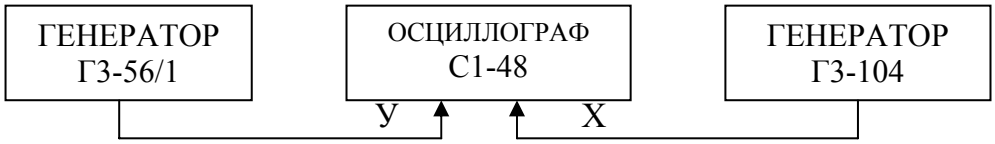

Рис.1. Схема соединений приборов при измерении частоты методом интерференционных фигур

Перестраивая частоту генератора Г3-56/1 около первоначально установленного значения частоты, добиться почти неподвижной фигуры Лиссажу на экране осциллографа. Определить количество точек пересечения полученной фигуры с горизонтальной и вертикальной осями координатной сетки осциллографа. Рассчитать значение частоты выходного напряжения генератора Г3-56/1.

Проделать аналогичные операции на следующих частотах генератора Г3-56/1: 0,3; 0,2; 0,4; 1,2; 1,8; 0,9 кГц.

Результаты наблюдений и расчетов занести в табл.10.

Таблица 10

Частота образцового генератора Г3-104 $f_{обр.}$, кГц.	Вид осциллограммы	Частота, измеренная с использованием осциллограммы $f_{изм.}$, кГц.

4.2. Измерить частоту выходного напряжения измерительного генератора Г3-56/1 методом дискретного счета, используя частотомер Ч3-38 и установив частоты генератора Г3-56/1: 1,5; 5; 50; 150 кГц; напряжение генератора 1 В.

Время измерения на частотомере установить равным 1 с.

Результаты измерений занести в табл. 11.

4.3. Измерить частоту выходного напряжения измерительного генератора Г3-56/1 методом дискретного счета, используя частотомер Ч3-38 в режиме «Отношение частот $F_Б$/ $F_А$» и установив частоты генератора Г3-56/1: 3, 5, 6, 10, 15, 20 кГц.

Таблица 11

Частота , установленная по отсчетному устройству измерительного генератора Г3-56/1 f_y, кГц	Частота, измеренная частотоме-ром $f_{изм.}$, кГц	Абсолютная погрешность градуировки шкалы отсчетного устройства измерительного генератора Г3-56/1 $\Delta=\left\|f_y - f_{изм.}\right\|$, кГц	Относительная погрешность градуировки шкалы $\delta = \frac{\Delta}{f_{изм.}} \cdot 100,\%$

В качестве образцовой использовать частоту генератора Г3-104 $f_{обр.}$=30 кГц, которую вначале необходимо проконтролировать частотомером. Выходное напряжение генераторов установить равным 1 В, время измерения на частотомере установить равным 0,1 с.

Результат измерений и расчетов свести в табл. 12.

Таблица 12

Частота , устанавливаемая по отчетному устройству измерительного генератора Г3-56/1 f_y, кГц.	Расчетное отношение частот $n = \frac{f_{обр.}}{f_y}$	Измеренное отношение частот $n_{изм.} = \frac{f_{обр}}{f_{изм.}}$	Относительная погрешность градуировки шкалы измерительного генератора Г3-56/1 $\delta = \left\|\frac{n_{изм}}{n} - 1\right\| 100,\%$	Измеренное значение частоты $f_{изм.} = \frac{n}{n_{изм.}} \cdot f_y$, кГц.

4.4. Измерить частоту выходного напряжения измерительного генератора Г3-56/1 косвенным методом с использованием прямого измерения периода с помощью осциллографа, установив частоты: 1, 5, 10, 40 кГц; напряжение генератора 1 В.

Коэффициент развертки осциллографа устанавливать таким, чтобы осциллограмма одного колебания напряжения генератора занимала большую часть экрана осциллографа.

Результаты измерений расчетов свести в табл. 13.

Таблица 13

Частота измерительного генератора Г3-56/1, измеренная с помощью частотомера $f^{ч}_{изм.}$, кГц.	Период колебаний измерительного генератора Г3-56/1, измеренный осциллографом $T^{0}_{изм.}$, мс.	Частота измерительного генератора Г3-56/1, рассчитанная по периоду $f^{0}_{изм.} = \frac{1}{T^{0}_{изм.}}$, кГц.	Относительная погрешность измерения частоты с использованием осциллографа $\delta = \frac{\left\lvert f^{ч}_{изм.} - f^{0}_{изм.} \right\rvert}{f^{ч}_{изм.}} \cdot 100\%$

4.5. Измерить период колебаний выходного напряжения измерительного генератора Г3-56/1 методом дискретного счета, используя частотомер Ч3-38 и установив частоты генератора: 1 и 5 кГц; напряжение генератора 1 В, для трех случаев:

- метки времени – 10 мкс;
  множитель периода – 1;
- метки времени – 1 мкс;
  множитель периода – 1,
- метки времени – 1 мкс,
  множитель периода – 10.

Результаты измерений свести в табл. 14.

Таблица 14

Частота, установленная по отсчетному устройству генератора Г3-56/1 f_y, кГц.	Период колебаний генератора Г3-56/1, рассчитанный по установленной частоте T_y, мс.	Период колебаний генератора, измеренный частотомером $T_{изм.}$, мс.		
		1 сл.	2 сл.	3 сл.

4.6. Установить частоту измерительного генератора Г3-56/1 2 кГц, напряжение – 1 В. Измерить ее частотомером 20 раз при времени измерения 1 сек. Повторить опыт при времени измерения 10 сек. Не меняя настройки измерительного генератора, замерить частотомером период колебаний генератора Г3-56/1 при цене меток времени 0,1 мкс и множителе периода 10^4 (записать показания частотомера полностью). По периоду колебаний рассчитать частоту и принять ее значение за действительное. Вычислить наибольшую абсолютную погрешность дискретности при каждом значении временных «ворот», а также относительные погрешности дискретности измерения частоты.

Результаты измерений и расчетов свести в табл. 15.

5. Содержание отчета

5.1. Схема соединений измерительных приборов.

5.2. Таблицы с данными измерений и расчетов.

5.3. Анализ результатов эксперимента и расчетов, выводы.

Таблица 15

Прямые измерения частоты				Результат прямого измерения периода T_{∂}, мкс	Дейст-вительное значение частоты $f_{\partial} = \frac{1}{T_{\partial}}$, кГц.	Относительная погрешность дискретности			
Показания частотомера $f, кГц.$		Наибольшая абсолютная погрешность дискретности Δ, кГц.				Наибольшая $\delta = \frac{\Delta}{f_{\partial}} 100,$ %		При усреднении результатов измерений $\delta = \frac{f_{ср.} - f_{\partial.}}{f_{\partial.}} \cdot 100\%$	
1 сек	10 сек	1 сек	10 сек			1 сек.	10 сек	1 сек.	10 сек

.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метрология и электро/радиоизмерения в телекоммуникационных системах. Под ред. проф. В.И. Нефедова.-М.: Высшая школа, 2001.

2. Мирский Г.Я. Радиоэлектронные измерения.-М.: Энергия, 1975.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Изучение методов измерения полных сопротивлений, емкостей и индуктивностей.

1. Цель работы.

1.1.Овладеть основными методами измерения полных сопротивлений, емкостей и индуктивностей.

1.2.Получить навыки работы с приборами, предназначенными для измерения полных сопротивлений, емкостей и индуктивностей.

1.3.Научиться оценивать погрешности результатов измерений.

2. Подготовка к работе.

2.1.Усвоить теоретический материал «Измерение параметров цепей с сосредоточенными и распределенными постоянными» по [1], «Измерение параметров компонентов схем с сосредоточенными постоянными» по [2], «Измерение параметров компонентов цепей с сосредоточенными постоянными и характеристик СВЧ трактов» по [3].

2.2.Изучить принцип действия, назначение основных органов управления и основные технические характеристики приборов, используемых в лабораторной работе, используя электронные версии их технических описаний.

2.3.Усвоить порядок выполнения лабораторной работы

3. Контрольно-измерительная аппаратура.

3.1.Цифровой комбинированный прибор Щ 4313.

3.2.Измеритель индуктивности и емкости высокочастотный Е 7-9.

3.3.Измеритель полных сопротивлений ВМ 507.

4. Порядок выполнения лабораторной работы.

4.1.Измерить с помощью прибора Щ 4313 сопротивление постоянному току всех резисторов в лабораторном блоке. Определить отклонения сопротивлений указанных резисторов от номинала. Результаты измерений свести в табл. 16.

Таблица 16

Номинал резистора R, Ом	Измеренное значение $R_{изм.}$, Ом	Абсолютное отклонение $\Delta = \lvert R - R_{изм.} \rvert$, Ом	Относительное отклонение $\delta = \frac{\Delta}{R.изм}$,%	Примечание
51				
620				
5100				
100000				

Отклонение сопротивлений от номинала не должно превышать 5%. В графе «Примечание» сделать пометки, соответствующие пригодности рассматриваемых резисторов.

4.2. Измерить с помощью прибора Е7-9 индуктивность катушек. Определить отклонение от номинала. Измерить те же индуктивности прибором ВМ 507. Определить погрешность измерения индуктивности катушек прибором ВМ 507 методом сравнения. В качестве образцового использовать прибор Е7-9.

4.2.1. Измерение индуктивности катушек с помощью прибора Е7-9 осуществляется следующим образом:

- замкнуть клеммы Lx;
- установить переключатель С1 и отсчетные устройства конденсаторов С2 и С3 на нуль;
- поставить переключатель МНОЖИТЕЛЬ К в положение 0,1;
- добиться ручкой НАЧ.УСТ. нулевых биений (нулевым биениям соответствует момент погасания светового индикатора);
- снять закорачивающую пластину и к клеммам Lx подключить измеряемую индуктивность. Добиться нулевых биений вращением ручек отсчетных устройств конденсаторов С2 (грубая настройка) и С3 (точная настройка) по часовой стрелке. Измеряемая величина индуктивности Lx в мкГн определяется по формуле:

$$L_x = K * (C2 + C3),$$

где К – множитель поддиапазонов (0,01; 0,1; 1; 10; 100).

4.2.2. Измерение индуктивности катушек с помощью прибора ВМ 507 осуществляется следующим образом:

- откалибровать прибор (нажать на кнопку ГРАД. 1 кОм выбрать предел 3 кОм, установить частоту 1 кГц, ручкой ГРАДУИРОВАНИЕ Z установить значение Z=1 кОм, ручкой ноль φ установить значение φ=0, отжать кнопку ГРАД. 1 кОм);
- подключить к клеммам X, У измеряемую индуктивность;
- пользуясь таблицей, приведенной на лицевой панели прибора, выбрать подходящий предел измерения индуктивности из трех нижних строк, переключателем и ручкой ЧАСТОТА установить частоту, соответствующую выбранной строке, в соответствии с выбранным пределом измерения индуктивности переключателями Ω, кΩ установить диапазон Z, указанный в верхней строке таблицы, при этом во второй сверху строке указывается используемая при измерении шкала индикатора Z, причем предел этой шкалы равен выбранному пределу измерения индуктивности.

Результаты свести в табл. 17.

Таблица 17

Номинал индуктивности L, мкГн	Измеренное значение индуктивности прибором Е7-9 Lизм.1, мкГн	Относительное отклонение индуктивности от номинала $\delta = \frac{\lvert L - L.изм.1 \rvert}{L.изм1}$, %	Измеренное значение индуктивности прибором ВМ 507 $L.изм.2$, мкГн	Относительная погрешность измерения $\delta = \frac{\lvert L.изм.1 - L.изм.2 \rvert}{L.изм.1}$, %
8				
10				
15				

4.3. Измерить с помощью Е7-9 емкость конденсаторов. Определить отклонение от номинала. Измерить емкость этих конденсаторов приборов ВМ 507. Определить погрешность измерения емкости конденсаторов прибором ВМ 507 методом сравнения. В качестве образцового прибора использовать прибор Е7-9.

4.3.1. Измерение емкости конденсаторов с помощью прибора Е7-9 осуществляется следующим образом:

- включить кнопку ИЗМЕР.С;

- установить на нуль отсчетные устройства конденсаторов С2 и С3 и переключатель С1;
- настроиться ручкой НАЧ.УСТ. на нулевые биения по световому индикатору (при разомкнутых клеммах C_x);
- подключить измеряемую емкость к клеммам C_x и произвести вторичную настройку на нулевые биения, пользуясь переключателем С1 и отсчетными устройствами конденсаторов С2 и С3. Измеряемая емкость C_x в пФ определяется по формуле:

$$Cx = C1 + C2 + C3.$$

4.3.2. Измерение емкости конденсаторов с помощью прибора ВМ 507 осуществляется по методике, приведенной в п.4.2.2.

Результаты свести в табл. 18.

Таблица 18

Номинал емкости конденсатора С, пФ	Измеренное значение емкости прибором Е7-9 $Сизм.1$, пФ	Относительное отклонение емкости от номинала $\delta = \frac{\lvert C - Сизм.1 \rvert}{Сизм.1}$, %	Измеренное значение емкости прибором ВМ 507 Сизм.2, пФ	Относительная погрешность измерения $\delta = \frac{\lvert Сизм.1 - Сизм.2 \rvert}{Сизм.1}$, %
390				
1600				
2000				

4.4. Измерить с помощью прибора ВМ 507 модуль Z и аргумент φ полного сопротивления резистора R=3 МОм на частотах 50, 100, 200, 300, 400 кГц. Измерить сопротивление постоянному току этого резистора с помощью прибора Щ4313. Измерение модуля и аргумента полного сопротивления резистора R=3 Мом на указанных частотах осуществляется следующим образом:

- подключить резистор к клеммам X, У;
- с помощью переключателя и ручки ЧАСТОТА установить необходимое значение частоты;
- переключателями Ω, кΩ установить предел измерения сопротивления, равный 3000 кОм;
- при измерении модуля полного сопротивления использовать третью сверху шкалу индикатора Z;
- отчет аргумента полного сопротивления производить по индикатору φ.

Результаты свести в табл. 19.

Таблица 19

Номинал резистора R, МОм	Измеренное сопротивление постоянному току Rизм., МОм	Модуль и аргумент полного сопротивления резистора					
3		f, кГц	50	100	200	300	400
		Z, МОм					
		φ, град					

4.5. Измерить с помощью прибора ВМ 507 модуль Z и аргумент φ полного сопротивления катушки индуктивности L=8 мкГн на частотах 50, 100, 150, 200 кГц. Измерение модуля и аргумента полного сопротивления катушки индуктивности на указанных частотах осуществляется следующим образом:

- подключить катушку к клеммам X, У;
- с помощью переключателя и ручки ЧАСТОТА установить необходимое значение частоты; переключателями Ω, кΩ установить предел измерения сопротивления, равный 10 Ом;
- при измерении модуля полного сопротивления использовать верхнюю шкалу индикатора Z;
- отсчет аргумента полного сопротивления производить по индикатору φ.

Результаты свести в таблицу 20.

Таблица 20

f, кГц	50	100	150	200
Z, Ом				
φ, град.				

5. Содержание отчета.

5.1. Таблицы с данными измерений и расчетов.

5.2. Анализ результатов измерений и расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метрология и электро/радиоизмерения в телекоммуникационных системах. Под ред. проф. В.И. Нефедова. – М. : Высшая школа, 2001.

2. Мирский Г.Я. Радио электронные измерения. – М.: Энергия 1975.

3. Мирский Г.Я. Электронные измерение. - М : Радио и связь, 1986.