

Колледж НТИ

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Карякин Андрей Виссарионович
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ
Дата подписания: 16.01.2025 10:27:12
Уникальный программный ключ:
2e905c9a64921ebc9b6e02a1d355ea14517858874

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Новоуральский технологический институт—
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НТИ НИЯУ МИФИ)

Цикловая методическая комиссия общетехнических дисциплин энергетики и
электроники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ОП.08 ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

для студентов колледжа НТИ НИЯУ МИФИ,
обучающихся по программе среднего профессионального образования

специальность 11.02.16

«Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств»

очная форма обучения

на базе основного общего образования

квалификация

специалист по электронным приборам и устройствам

Новоуральск 2021

ОДОБРЕНО:

на заседании цикловой методической
комиссии общетехнических
дисциплин, энергетики и электроники

Протокол № 03 от 08.11.2021

Председатель ЦМК ОТДЭиЭ

 _____ А.Н.Стародубцева

Разработана на основе
Федерального государственного
образовательного стандарта,
утвержден Приказом Министерства
образования и науки Российской
Федерации от 04.10.2021 № 691,
зарегистрирован Министерством
юстиции России 12.11.2021 №
65793, с учетом основной
образовательной программы, в
соответствии с действующим
учебным планом,
компетентностной моделью
выпускника по специальности по
специальности 11.02.16 Монтаж,
техническое обслуживание и
ремонт электронных приборов и
устройств.

Методические указания для выполнения практических работ по
учебной дисциплине ОП.08 «Электрорадиоизмерения» по
специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт
электронных приборов и устройств – Новоуральск: Изд-во колледжа НТИ
НИЯУ МИФИ, 2021. – 28с.

Разработчик: Горлова С.А., преподаватель цикловой методической
комиссии естественнонаучных и социально-гуманитарных
дисциплин

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ОП 08 «ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ»	4
2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	5
Лабораторная работа № 1	7
Изучение технического описания и органов управления генераторов низкой и высокой частоты	7
Лабораторная работа №2	10
Изучение технического описания и органов настройки и регулировки импульсного генератора.....	10
Лабораторная работа № 3	14
Измерение напряжения и тока в электрических цепях электромеханические вольтметром и амперметром. Измерение напряжения и тока в электрических цепях комбинированным прибором (мультиметром)	14
Лабораторная работа № 4	17
Измерение мощности в цепи с включенной нагрузкой	17
Лабораторная работа № 5	21
Изучение техники осциллографических измерений. Измерение напряжения (амплитуды электрического сигнала) с помощью осциллографа.....	21
Лабораторная работа № 6	23
Измерение сдвига фаз двух электрических гармонических сигналов двухлучевым осциллографом.....	23
3 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ	26

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ОП 08 «ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ»

Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы: дисциплина входит в общепрофессиональный цикл, имеет связь с дисциплинами ОП.02 Электротехника, ОП.11 Метрология, сертификация и стандартизация, является дисциплиной, закладывающей базу для последующего изучения профессиональных модулей ПМ.01. Выполнение сборки, монтажа и демонтажа электронных приборов и устройств, ПМ.02 Проведение технического обслуживания и ремонта электронных приборов и устройств.

Цели и планируемые результаты освоения дисциплины:

Код ПК, ОК	Умения	Знания
ПК 1.1, 2.1, 2.3. ОК.01 – 05, ОК.07, ОК.09,	<ul style="list-style-type: none">– пользоваться контрольно-испытательной и измерительной аппаратурой;– измерять с заданной точностью различные электрические и радиотехнические величины.	<ul style="list-style-type: none">– принципы действия основных электроизмерительных приборов и устройств;– основные методы измерения электрических и радиотехнических величин;– методику определения погрешности измерений и влияние измерительных приборов на точность измерений.

Содержание учебной дисциплины ориентировано на подготовку студентов к освоению профессиональных модулей основной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности СПО 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств овладению профессиональными (ПК) компетенциями:

ПК 1.1 Осуществлять сборку, монтаж и демонтаж электронных приборов и устройств в соответствии с требованиями технической документации

ПК 2.1. Производить диагностику работоспособности электронных приборов и устройств средней сложности

ПК 2.3. Выполнять техническое обслуживание электронных приборов и устройств в соответствии с регламентом и правилами эксплуатации

В процессе освоения дисциплины у студентов должны быть сформированы общие компетенции (ОК):

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем в часах
Объем учебной дисциплины	50
Самостоятельная работа	14
Суммарная учебная нагрузка во взаимодействии с преподавателем	36
в том числе	
теоретическое обучение	24
лабораторные работы	12
практические работы	
Промежуточная аттестация: Зачет	2

2.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	Название работы	Объем часов
1	Лабораторная работа №1 «Изучение технического описания и органов управления генераторов низкой и высокой частоты»	2
2	Лабораторная работа №2 «Изучение технического описания и органов настройки и регулировки импульсного генератора»	2
3	Лабораторная работа №3 «Измерение напряжения и тока в электрических цепях электромеханические вольтметром и амперметром. Измерение напряжения и тока в электрических цепях комбинированным прибором (мультиметром)»	2
4	Лабораторная работа №4 «Измерение мощности в цепи с включённой нагрузкой (выполняется на ЭВМ с применением программы Multisim)»	2
5	Лабораторная работа №.5 «Изучение техники осциллографических измерений. Измерение напряжения (амплитуды электрического сигнала) с помощью осциллографа»	2
6	Лабораторная работа №10 «Измерение сдвига фаз двух электрических гармонических сигналов двухлучевым осциллографом»	2
ИТОГО		12

Лабораторная работа № 1

Изучение технического описания и органов управления генераторов низкой и высокой частоты

Цель работы: изучить назначение и устройство генератора специальных сигналов, научиться его настраивать и использовать при измерении параметров высокочастотных и низкочастотных сигналов.

Оборудование: высокочастотный генератор с нагрузкой, низкочастотный генератор, милливольтметр, частотомер.

Краткие теоретические сведения Генераторы высоких частот (ГВЧ) 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. 8. Если на лицевой панели прибора форма сигналов не указана; то это всегда синусоидальный сигнал и АМ-сигнал.

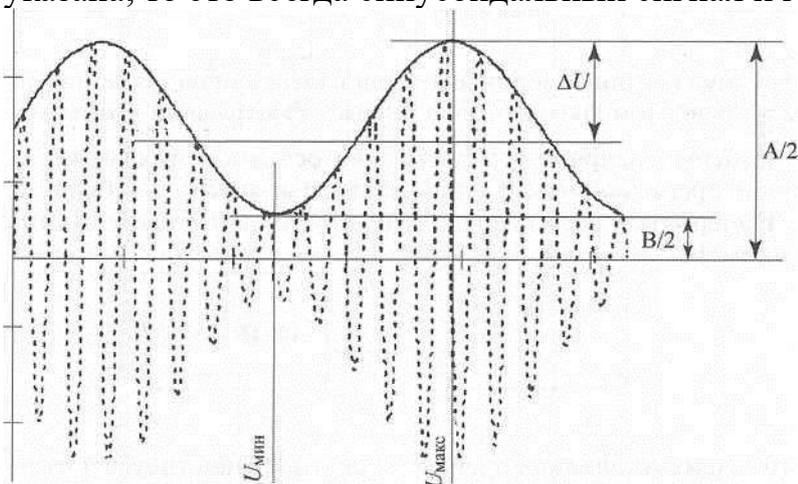


Рис. 8. Форма амплитудно-моделированного сигнала на выходе ГВЧ

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.

Порядок выполнения

Изучите устройство, принцип действия и назначение функциональных узлов генератора высокочастотных сигналов.

Изучите расположение органов управления и их назначение на лицевой панели генератора.

Начертите схему и соедините приборы в соответствии с рисунком 9.

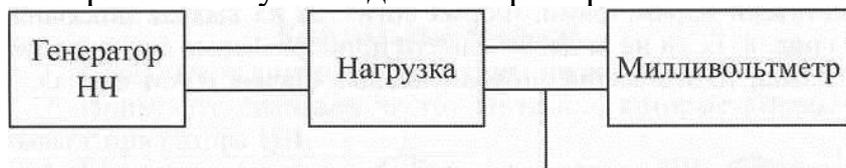


Рис. 9. Схема соединения приборов при измерении напряжения сигнала на основном выходе « μV » в режиме непрерывной генерации

Измерьте напряжения сигнала на основном выходе « μV » в режиме непрерывной генерации и результаты занесите в таблицу 1.

Начертите схему и соедините приборы в соответствии с рисунком 10.

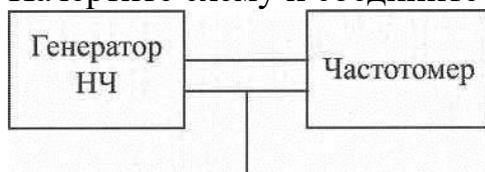


Рис. 10. Схема соединения приборов при измерении несущей частоты сигнала на основном выходе « μV »

Измерьте несущую частоту сигнала на основном выходе « μV » и результаты занести в таблицу 2.

Выключите все приборы.

Рассчитайте погрешности измерений и занесите их в таблицу 1.

Сделайте выводы по работе.

Таблица 1 Результаты измерений несущей частоты сигнала на основном выходе « μV ».

№	Положение ручки регулирования генератора		Частота на генераторе, МГц	Частота по частотомеру, МГц	Относительная Действительная погрешность, $\gamma = \frac{f_1 - f_2}{f_1} 100\%$
	Плавная регулировка	Дискретная регулировка			
			15		
			28		
			50		
			40		
			60		

Содержание отчета

Номер, тема и цель занятия.

Схема соединения приборов при измерении напряжения сигнала на основном выходе « μV » в режиме непрерывной генерации, результаты измерений и расчетов (табл. 1).

Схема соединения приборов при измерении несущей частоты сигнала на основном выходе « μV », результаты измерений и расчетов (табл. 1).

Выводы по работе.

Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Начертите общую структурную схему генератора ВЧ и укажите назначение основных элементов.

Назовите органы управления расположенные на лицевой панели генератора ВЧ и укажите их назначение

Перечислите диапазоны частоты и напряжения у широко распространенных генераторов ВЧ и НЧ.

Приведите пример сигналов, вырабатываемых генератором ВЧ.

Лабораторная работа №2

Изучение технического описания и органов настройки и регулировки импульсного генератора

Цель работы: изучить назначение и устройство генератора импульсных сигналов, научиться его настраивать и использовать при измерении параметров импульсных сигналов.

Оборудование: генератор импульсных сигналов, осциллограф, частотомер.

Краткие теоретические сведения

Генераторы импульсов являются источниками одиночных или периодических видеоимпульсных сигналов, параметры которых известны с заданной точностью.

Основная форма сигнала — прямоугольная.

В зависимости от выходной последовательности основных импульсов выделяют следующие виды генераторов:

- одинарных импульсов;
- парных импульсов;
- кодовых пакетов;
- кодовых комбинаций;
- псевдослучайных последовательностей импульсов с программным и ручным управлением параметрами.

По числу каналов генераторы подразделяются на одноканальные и многоканальные.

Основными параметрами прямоугольных импульсов являются:

а) параметры импульсов и их последовательностей:

- длительность импульса;
- амплитуда импульса;
- частота (или период) повторения импульсов (у генераторов одинарных импульсов) или пар импульсов (у генераторов парных импульсов);
- временной сдвиг основного импульса относительно синхроимпульса;
- временной сдвиг второго импульса пары относительно синхроимпульса (режим формирования парных импульсов);

б) параметры искажений основных импульсов:

- длительность фронта и среза импульса;
- выброс на вершине и в паузе;
- неравномерность вершины импульса.

Порядок выполнения

Изучите устройство, принцип действия и назначение функциональных узлов генератора импульсных сигналов.

Изучите расположение органов управления и их назначение на лицевой панели генератора.

Начертите схему и соедините приборы в соответствии с рисунком 11.

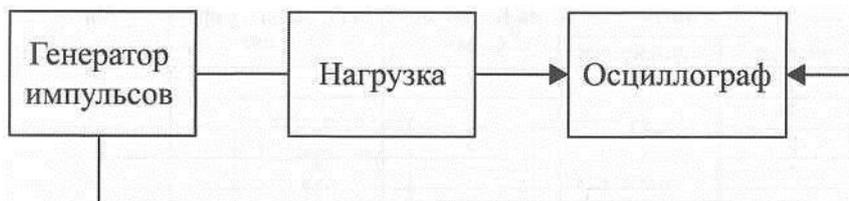


Рис. 11. Схема соединения приборов при измерении амплитудного значения напряжения

Измерьте амплитудное значение напряжения и результаты занести в таблицу 2.

Таблица 2 Результаты измерения амплитудного значения напряжения

Выход	Положение регуляторов на генераторе		Амплитуда напряжения на генераторе $U_{m1}, В$	Амплитуда напряжения на осциллографе $U_{m2}, В$
	плавная	ступенчатая		
1:10	20	x0,03		
	40			
	60			
1:1	20	x0,3		
	30			
	20	x0,1		
	50			
	40	x0,3		
	60			
	30	x0,1		
	40			
	50			

Установите на генераторе частоту повторения импульсов 10 кГц, амплитуду — 15 В, полярность — положительную.

Поочередно подавая от генератора импульсы разной длительности, измерьте длительность импульса на осциллографе и результаты занесите в таблицу 2.

Таблица 3

Результаты измерения длительности импульса

Положение регуляторов длительности импульса на генераторе		Длительность импульса на генераторе $t_{И1}, МКС$	Длительность импульса на осциллографе $t_{И2}, МКС$	Скважность q
плавная	ступенчатая			
1	X1	1		
3		3		
5		5		
7		7		
10	X10	10		

Рассчитайте скважность импульсов:

$$q = \frac{T}{t_{им}}$$

где T — период импульса, с;

$t_{им}$ — длительность импульса на генераторе, с.

Измерьте временной сдвиг сигнала, с этой целью:

Установите на генераторе временной сдвиг равным нулю, амплитуду выходного сигнала — 3 В, длительность импульса — 1,0 мкс.

Получите на экране устойчивое изображение одного импульса и зарисуйте полученную осциллограмму.

Поочередно устанавливая различные значения временного сдвига, измерьте его и занесите данные в таблицу 4.

Начертите изображение одного импульса полученного на осциллографе при измерении временного сдвига (масштаб произвольный).

Начертите схему и соедините приборы в соответствии с рисунком 12.

Таблица 4 Результаты измерения временного сдвига

Положение регуляторов временного сдвига на генераторе		Временной сдвиг на генераторе	Временной сдвиг на осциллографе
плавная	ступенчатая		
10	X1	31, МКС10	t , МКС
2	X10	20	
3		30	
4		40	
5		50	
6		60	
7		70	
8		80	

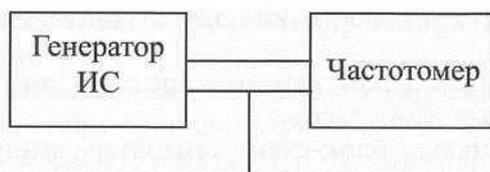


Рис. 12. Схема измерения частоты повторения импульсов

10. Подайте от генератора сигнал положительной полярности с нулевым временным сдвигом, амплитудой 2 В и длительностью импульса 1,0 мкс, измерьте частоту повторения импульсов и занесите результаты в таблицу 5.

Таблица 5 Результаты измерения частоты повторения импульсов

Положение регуляторов частоты повторения импульсов на генераторе		Частота повторения импульсов на генераторе f_1 , кГц	Частота повторения импульсов на частотомере f_2 , кГц
плавная	ступенчатая		
10	x10	0,1	
4	x102	0,4	
9		0,9	
3	x103	3,0	
6		6,0	
1	x104	10,0	
2		20,0	
5		50,0	
10		100,0	

Содержание отчета

Номер, тема и цель занятия.

Схема соединения приборов и результаты измерения амплитудного значения напряжения (табл. 2).

Результаты измерения длительности импульса (табл. 3).

Изображение одного импульса полученного на осциллографе при измерении временного сдвига (масштаб произвольный).

Результаты измерения временного сдвига (табл. 4).

Схема соединения приборов и результаты измерения частоты повторения импульсов

(табл. 5).

Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Объясните, для каких целей применяется генератор импульсов.

Поясните, какой формы и сколько сигналов вырабатывает генератор импульсов.

Представьте блок-схему генератора импульсов с назначением блоков.

Лабораторная работа № 3

Измерение напряжения и тока в электрических цепях электромеханические вольтметром и амперметром. Измерение напряжения и тока в электрических цепях комбинированным прибором (мультиметром)

Цель работы: ознакомиться с методами измерения напряжения, тока и мощности и научиться измерять эти величины аналоговыми измерительными приборами.

Оборудование: аналоговые измерительные приборы, реостат, магазин сопротивлений, соединительные провода, источник ЭДС, ключ, реохорд, источник сигналов.

Краткие теоретические сведения

Измерение тока и напряжения осуществляется в цепях постоянного, переменного тока широкого диапазона частот и в импульсных цепях. В цепях постоянного тока наиболее высокая точность измерений, в цепях переменного тока она понижается с повышением частоты.

Измерение напряжения выполняют методами непосредственной оценки и сравнения.

Измерение тока возможно прямое (методом непосредственной оценки аналоговыми и цифровыми амперметрами) и косвенное. При этом напряжение измеряется на резисторе с известным сопротивлением.

Измерение напряжения и тока

При использовании метода непосредственной оценки вольтметр подключают параллельно тому участку цепи, на котором необходимо измерить напряжение.

Нулевой метод измерения заключается в уравнивании, достигаемом при подключении к прибору сравнения либо двух электрически не связанных между собой, но противоположных по знаку напряжений или ЭДС, либо двух отдельно регулируемых токов.

При прямом измерении постоянного тока амперметр включается в цепь последовательно. Измерение постоянного тока можно выполнить амперметром и вольтметром с любой системой измерительного механизма.

Кроме прямого измерения токов амперметрами возможно косвенное измерение токов с помощью резисторов с известным сопротивлением R_0 , включаемых в разрыв цепи, и высокочувствительных измерителей напряжения. Измеряемый ток определяется:

$$I_x = U_0 / R_0,$$

где U_0 - падение напряжения на резисторе R_0 , измеренное вольтметром или компенсатором постоянного тока.

Измерение переменного напряжения и тока можно выполнять вольтметрами и амперметрами, с одинаковой системой измерительного механизма, работающими на частоте 50 Гц.

Когда объект измерения мощный, то измерения выполняют электромагнитными и электродинамическими вольтметрами и амперметрами. С увеличением частоты точность измерения переменного тока электромагнитными и

электродинамическими амперметрами падает. Приборы специального исполнения имеют расширенный диапазон частот (примерно до 8—10 кГц) и используются для измерения токов в мощных цепях.

В маломощных цепях повышенной и высокой частоты ток измеряют выпрямительными, термоэлектрическими, электронными цифровыми амперметрами, аналоговыми и цифровыми электронными вольтметрами на резисторе с известным сопротивлением.

Измерение электрической мощности

Мощность в электрических цепях измеряют прямым и косвенным способами. При прямом измерении используют ваттметры, при косвенном — амперметры и вольтметры.

На переменном токе измеряют как активную, так и реактивную мощность. В трехфазных цепях мощность можно измерить методом одного, двух и трех ваттметров.

Порядок выполнения

Ознакомьтесь со способами измерения напряжения, тока и мощности.

Запишите краткую характеристику представленных измерительных приборов в таблицу 6.

Таблица 6 Характеристика измерительных приборов

Наименование прибора и его назначение в схеме	Заводской номер	Система и тип прибора	Класс точности	Пределы измерения и цена деления	Сопротивление прибора
1	2	3	4	5	6

Начертите схему измерения прямым и компенсационным методами напряжения или тока (схема и измеряемая величина задается преподавателем).

Соберите схему и измерьте величины тока или напряжения (измеряемая величина задается преподавателем) прямым и косвенным методами. Результаты занесите в таблицу 7.

Таблица 7 Результаты измерений и расчетов тока и напряжения

Измеряемая величина	Действительное значение	Измеренное значение		Погрешность измерения	
		прямое	Косвенное	абсолютная	Относительная, %
1	2	3	4	5	6

Начертите схему для измерения активной мощности в трехфазной цепи.

Соберите схему и измерьте активную мощность при симметричной активной нагрузке ($\cos\varphi = 1$) тремя способами, указанными в таблице 6, результаты измерений занесите в данную таблицу. Сравните полученные значения.

Соберите схему и измерьте активную мощности при симметричной реактивной нагрузке ($\cos\varphi \neq 1$) двумя способами, указанными в табл. 8, результаты измерений занесите в данную таблицу. Сравните полученные значения.

Таблица 8 Результаты измерений и расчетов

Способ измерения	Показания приборов					Расчет P, Вт
	U, В	I, А	P_A , Вт	P_B , Вт	P_C , Вт	
1	2	3	4	5	6	7
симметричная активная нагрузка ($\cos\varphi = 1$)						
Вольтметр и амперметр						
Три однофазных ваттметра						
Двухэлементный ваттметр						
Симметричная реактивная нагрузка ($\cos\varphi \neq 1$)						
Два однофазных ваттметра						
Двухэлементный ваттметр						

Сравните результаты, полученные при выполнении пп. 4 и 5 и сделать выводы.

Содержание отчета

Номер, тема и цель занятия.

Схема измерения прямым и компенсационным методами напряжения (тока).

Таблица 7 с результатами измерений и расчетов.

Схема измерения активной мощности в трехфазной цепи.

Таблица 8 с результатами измерений и расчетов.

Выводы по полученным результатам.

Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Укажите, приборы какой системы используются для измерения малых напряжений.

Поясните, почему для измерения больших напряжений нельзя использовать вольтметры любой системы.

Поясните, как расширить предел измерения амперметров и вольтметров.

Опишите способы измерения мощности в однофазной цепи.

Перечислите и поясните способы измерения полной мощности в трехфазной цепи.

Опишите способы измерения реактивной мощности в трехфазной цепи.

Лабораторная работа № 4
Измерение мощности в цепи с включенной нагрузкой
(выполняется на ЭВМ с применением программы Multisim)

Цель работы: ознакомиться с методикой измерения мощности высокой частоты с включенной нагрузкой и научиться измерять мощность высокочастотных сигналов.

Оборудование: амперметры, вольтметры, ваттметры различных марок, источник ЭДС, источник сигналов, соединительные провода.

Краткие теоретические сведения

В диапазоне СВЧ измеряют поглощаемую нагрузкой мощность или мощность, проходящую к нагрузке. В соответствии с этим существуют ваттметры поглощаемой и проходящей мощности. Поглощаемую мощность измеряют тогда,

когда надо определить мощность, отдаваемую источником в согласованную нагрузку. В этом случае реальная нагрузка обычно заменяется эквивалентной, то есть нагрузкой генератора Γ является сам ваттметр W , измеряющий поглощаемую им же мощность (рис. 4, а). Проходящая мощность измеряется в линии передачи энергии (рис. 4, б) при определении мощности, рассеиваемой в произвольной нагрузке Z_H .

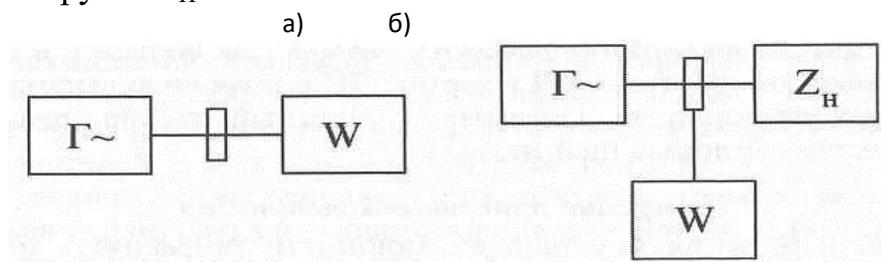


Рис. 4. Включение ваттметров при измерении: а — поглощаемой мощности; б — проходящей мощности

При измерении мощности на высоких и сверхвысоких частотах определяющую роль играет согласование полных сопротивлений в тракте передачи энергии.

Мощность на высоких частотах ($f < 100$ МГц) определяют косвенным методом путем измерения тока или напряжения на соответствующих резисторах с известными сопротивлениями. В диапазоне СВЧ электромагнитную энергию преобразуют в другой вид энергии, более удобный для измерения. Наибольшее применение находит преобразование электромагнитной энергии в тепловую, на базе которого разработаны методы: калориметрический, терморезисторный (болومترический и термисторный) и термоэлектрический. Находят применение пондеромоторный метод, основанный на механическом действии электромагнитного поля, и метод, основанный на эффекте Холла в полупроводнике.

Измерение поглощаемой мощности

Метод амперметра-вольтметра. При измерении мощности источников энергии (генераторов, радиопередатчиков, усилителей) обычно используют эквивалент согласованной нагрузки R_H и один прибор — амперметр или вольтметр.

Калориметрический метод относится к наиболее точным измерениям высокочастотной мощности больших и средних значений практически на любой частоте. Он основан на преобразовании электромагнитной энергии в тепловую.

Метод терморезистора основан на измерении сопротивления болметра, или термистора, изменяющегося под влиянием мощности СВЧ, поэтому его часто называют болومترическим или термисторным методом.

Сущность термоэлектрического метода заключается в преобразовании энергии СВЧ в термоЭДС с помощью высокочастотных термопар, включаемых в приемный преобразователь в качестве поглощающей нагрузки. Измерение проходящей мощности

Для измерения проходящей мощности применяют методы ответвления, поглощающей стенки волновода, зондовый, пондеромоторный и метод, основанный на эффекте Холла в полупроводнике.

Метод ответвления реализуется с помощью любых ваттметров поглощаемой мощности в совокупности с направленными ответвителями.

Метод поглощающей стенки реализуется в конструкции, состоящей из отрезка волновода, часть боковой стенки которого заменена поглощающей платиновой пленкой.

Зондовый метод основан на измерении напряженности электромагнитного поля (обычно его электрической составляющей) в нескольких точках линии передачи и определении проходящей мощности по известным соотношениям. Напряженность поля измеряется зондами, представляющими собой миниатюрные преобразователи с элементами связи.

Пондермоторный метод обеспечивает высокую точность (погрешность меньше 1 %), однако ваттметры малонадежны и неудобны в работе. Метод используется преимущественно в метрологических исследованиях.

Прямое перемножение при измерении мощности можно также получить, используя полупроводниковые преобразователи Холла.

Измерение весьма малой мощности

В радиотехнической практике иногда возникает необходимость измерения таких малых значений мощности СВЧ, на которые не рассчитаны рассмотренные выше методы и ваттметры, например мощности собственного шума высокочувствительных радиоприемников и антеннофидерных устройств систем космической связи или шумов внеземного происхождения, являющихся основной информацией в радиоастрономии. Если измеряемая мощность больше 10^{12} Вт, то измерение выполняют с помощью выпускаемых для этой цели измерителей помех или измерительных приемников с соответствующими диапазоном частот и чувствительностью. Если уровень измеряемой мощности ниже уровня собственных шумов измерительного устройства, то применяют модуляционный метод измерения в сочетании с методами сравнения и накопления.

Порядок выполнения

Запишите краткую характеристику представленных измерительных приборов в таблицу 9.

Ознакомьтесь со способами подключения ваттметров при измерении мощности высокой частоты. Начертите схемы подключения ваттметров при измерении поглощающей и проходящей мощности высокой частоты.

Таблица 9 Характеристика измерительных приборов

Наименование прибора и его назначение в схеме	Заводской номер	Система и тип прибора	Класс точности	Пределы измерения и цена деления	Сопротивление прибора
1	2	3	4	5	6

Изучите методы измерения поглощаемой мощности высокочастотных сигналов. Ознакомьтесь с особенностями измерения проходящей мощности высокочастотных сигналов.

Соберите схему и измерьте мощность при разных частотах методом, указанным преподавателем. Результаты измерений занесите в таблицу 10.

Таблица 10 Результаты измерений мощности СВЧ

Метод измерения мощности	Значение частоты сигнала, ГГц	Значение мощности, мВт	Среднее значение мощности, мВт
1	2	3	4

6. Рассчитайте среднее значение измеренной мощности, результат занесите в таблицу 10.

Содержание отчета

Номер, тема и цель работы.

Описание используемых приборов (табл. 9).

Схемы подключения ваттметров при измерении поглощающей и проходящей мощности высокой частоты.

Перечень методов измерения поглощаемой мощности. 5. Перечень методов измерения проходящей мощности

Схема и результаты измерений мощности (табл. 10).

Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Перечислите особенности измерения мощности электромагнитных колебаний в диапазоне СВЧ.

Укажите особенности конструкции ваттметра поглощающей мощности для диапазона СВЧ.

Приведите пример ваттметра поглощающей мощности.

Поясните, в чем заключается терморезисторный метод измерения электрической мощности в СВЧ-диапазоне.

Поясните, в чем заключается метод измерения электрической мощности с помощью термопар.

Опишите, на чем основан калориметрический метод измерения мощности.

Лабораторная работа № 5

Изучение техники осциллографических измерений. Измерение напряжения (амплитуды электрического сигнала) с помощью осциллографа

Цель: изучить устройство и принцип действия цифрового осциллографа, получить практические навыки работы с цифровым осциллографом.

Оборудование: цифровой осциллограф, источник сигнала, генератор, соединительные провода.

Краткие теоретические сведения

Цифровые осциллографы предназначены для исследования формы электрических сигналов путем визуального наблюдения на жидкокристаллическом индикаторе и измерения их амплитудных и временных параметров.

Функциональная схема цифрового осциллографа (рис. 13) содержит ряд узлов, характерных для компьютера. Это прежде всего микропроцессор, цифровые схемы управления и память. Управление этими узлами и микропроцессором (МП)

осуществляется с помощью программного обеспечения, хранящегося в постоянном запоминающем устройстве, которое входит в микропроцессор.



Рис. 13. Функциональная схема цифрового осциллографа

В цифровом осциллографе сигнал с выхода аналогового блока подается на аналогоцифровой преобразователь (АЦП), квантуется им, преобразуется в поток данных и запоминается в специальном 3D-блоке памяти (цифровом фосфоре) в виде страниц с оцифрованными осциллограммами. В многоканальных осциллографах встроено до четырех аналоговых блоков и АЦП. Эти предварительные операции именуются сбором данных. Полученные данные обрабатываются, формируются записи и кадры осциллограмм, которые отображаются на экране жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) дисплея.

Важным параметром цифрового осциллографа является скорость или частота обновления осциллограмм на экране. Для повышения скорости обновления осциллограмм сбор данных производится параллельно с выводом изображения осциллограммы на экран ЖКИ, при этом используется быстродействующая память микропроцессора (МП) большого объема на каждый канал.

Программное обеспечение цифрового осциллографа может выполнять множество функций, не свойственных светолучевому осциллографу, например, усреднение сигнала с целью его очистки от шумов, быстрое преобразование Фурье для получения спектрограмм сигнала и т. д.

Запуск и синхронизация развертки может осуществляться как с помощью исследуемого сигнала, преобразованного усилителем вертикального отклонения при внутренней синхронизации, так и с помощью внешнего сигнала при внешней синхронизации. При этом схема синхронизации вырабатывает импульсы постоянного значения независимо от амплитуды и формы исследуемого сигнала.

Порядок выполнения

Ознакомьтесь с устройством и принципом действия цифрового осциллографа, расположением органов управления, их назначением.

Зарисуйте лицевую панель цифрового осциллографа и укажите назначение органов управления.

Приведите осциллограф в рабочее состояние.

Выполните калибровку коэффициента отклонения и длительности развертки (по указанию преподавателя).

Подключите осциллограф к генератору и выберите источник синхронизации.

Установите требуемые коэффициенты отклонения и длительности развертки и выберите режим развертки.

Измерьте частоту, амплитуду и длительность сигнала поданного с генератора на осциллограф. Результаты измерений запишите в таблицу 11.

Таблица 11 **Результаты измерения параметров сигнала**

Параметры	Генератор
1	2
Частота сигнала f , Гц	
Амплитуда сигнала, В	
Длительность сигнала, с	
Период сигнала T , с	

Рассчитайте период полученного сигнала, результат занесите в таблицу 11. Запишите осциллограмму сигнала на USB-носитель или сфотографируйте ее. Сделайте сравнительный анализ работы аналоговых и цифровых осциллографов и оформите результаты в виде схемы.

Содержание отчета

Номер, тема и цель занятия.

Структурная схема цифрового осциллографа с назначением основных блоков.

Рисунок лицевой панели цифрового осциллографа с назначением органов управления.

Результаты измерений и записи сигналов.

Схема сравнительного анализа аналоговых и цифровых осциллографов.

Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Укажите назначение цифровых осциллографов.

Перечислите основные функциональные элементы цифрового осциллографа.

Опишите процесс преобразования результатов измерения в цифровом осциллографе.

Поясните процесс получения изображения на экране цифрового осциллографа.

Лабораторная работа № 6

Измерение сдвига фаз двух электрических гармонических сигналов двухлучевым осциллографом

Цель работы: изучить методы измерения фазового сдвига, получить практический опыт работы с электрорадиоизмерительными приборами.

Оборудование: осциллограф, генератор сигналов, фазометр, частотомер.

Краткие теоретические сведения

В настоящее время используется большое количество различных методов измерения угла сдвига фаз между двумя переменными напряжениями синусоидальной или импульсной формы. Исследуемыми напряжениями обычно являются входное и выходное напряжения какого-либо испытываемого устройства.

Измерение сдвига фаз необходимо при определении фазовых искажений, имеющих в том или ином устройстве, например в усилителях, трансформаторах, фильтрах, и используется при настройке и испытании различных импульсных схем и т. д.

Основным элементом многих измерительных схем фазового сдвига является фазовращатель, дающий возможность изменить на определенную величину угол сдвига фаз между своим входным и выходным напряжением.

Существует много способов поворота фазы фазовращателем, а именно: при помощи фазосдвигающих цепочек RC, мостовых схем, гониометра, искусственной линии и т. д.

Основным требованием, предъявляемым к фазовращателям, является неизменность величины выходного напряжения фазовращателя во всем диапазоне изменения фазового сдвига.

Кроме того, фазовращатель должен изменять фазу в пределах как можно более широких.

Обычно фазовращатели выполняются на фиксированную частоту или же на узкий диапазон частот, так как очень трудно сконструировать фазовращатель, у которого сдвиг фаз не зависит от частоты в широком частотном диапазоне.

Фазовый сдвиг можно измерить осциллографическим методом (метод осциллограммы и метод эллипса), методом наложения и с помощью фазометра.

Порядок выполнения

Изучите методы измерения фазового сдвига.

Ознакомьтесь с основными методологическими характеристиками представленного фазометра и заполните таблицу 12. Зарисуйте лицевую панель фазометра, запишите назначение всех элементов.

Таблица 12 Основные метрологические характеристики фазометра

Характеристика	Значение
1	2
Диапазон рабочих частот, Гц	
Пределы измерения фазового сдвига φ , град.	
Диапазон входных напряжений, В	
Основная абсолютная погрешность измерения $\Delta\varphi$,	
Дополнительная погрешность за счет нелинейных искажений измеряемого сигнала $\Delta\varphi$, град.	
Входное сопротивление, Ом	
Входная емкость, пФ	

Изучите порядок проведения измерения с помощью фазометра.

Измерьте фазовый сдвиг фазометром на разных частотах, заданных преподавателем и результаты занесите в таблицу 13.

Таблица 13

Результаты измерения фазового сдвига фазометром

Частота f ,	Φ , град.	$\Delta\phi$, град.	Результат измерения,
1	2	3	4

Измерьте фазовый сдвиг осциллографом на разных частотах (значения частот те же, что и в п. 4) и результат занесите в таблицу 14.

Таблица 14 Результаты измерения фазового сдвига осциллографическим методом

Частота f , кГц	2 Ухили a1	2 Ууили a2	$\phi(\sin)$, град.	$\Delta\phi$ (sin), град.	Результат измерения, град.б
1	2	3	4	5	град.б

Постройте график зависимости фазового сдвига от частоты по результатам измерений табл. 12 и 13.

Сделайте выводы по полученным результатам.

Содержание отчета

Номер, тема и цель занятия.

Основные метрологические характеристики фазометра (табл. 14).

Рисунок лицевой панели фазометра с назначением элементов.

Схема измерения фазового сдвига фазометром и результаты измерений (табл. 13).

Рисунок изображения полученного на экране осциллографа при измерении фазового сдвига и результаты измерений (табл. 14).

Графики зависимости фазового сдвига от частоты по результатам измерений.

Выводы по выполненной работе.

Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Перечислите методы и приборы, используемые для измерения фазового сдвига.

Приведите структурную схему фазометра с назначением элементов.

Опишите порядок измерения фазового сдвига с помощью осциллографа.

Опишите порядок измерения фазового сдвига косвенным методом.

Сравните, какой метод измерения фазового сдвига более точный.

3 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

3.1. Основные электронные и печатные издания

1. Булгаков О.М. Теоретические основы, методы и техника электрорадиоизмерений : учебное пособие / Булгаков О.М., Четкин О.В.. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 158 с. — ISBN 978-5-4486-0117-0. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/70282.html> (дата обращения: 15.12.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/70282>

2. Булгаков, О. М. Электрорадиоизмерения : учебное пособие для СПО / О. М. Булгаков, О. В. Четкин. — Саратов : Профобразование, 2022. — 151 с. — ISBN 978-5-4488-1443-3. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/116620.html>

3. Волегов, А. С. Метрология и измерительная техника: электронные средства измерений электрических величин : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. С. Волегов, Д. С. Незнахин, Е. А. Степанова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 103 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10717-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456821>

4. Волегов, А. С. Метрология и измерительная техника: электронные средства измерений электрических величин : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. С. Волегов, Д. С. Незнахин, Е. А. Степанова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 103 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10717-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456821>

5. Данилин, А. А. Измерения в радиоэлектронике / А. А. Данилин, Н. С. Лавренко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 408 с. — ISBN 978-5-507-45731-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/282365> .

6. Ким, К. К. Средства электрических измерений и их поверка : учебное пособие для СПО / К. К. Ким, Г. Н. Анисимов, А. И. Чураков. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 316 с. — ISBN 978-5-8114-6981-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153944>

7. Латышенко, К. П. Метрология и измерительная техника. Лабораторный практикум : учебное пособие для среднего профессионального образования / К. П. Латышенко, С. А. Гарелина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва

: Издательство Юрайт, 2020. — 186 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07352-2. — URL : <https://urait.ru/bcode/452421>

8. Латышенко, К. П. Метрология и измерительная техника. Лабораторный практикум : учебное пособие для среднего профессионального образования / К. П. Латышенко, С. А. Гарелина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 186 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07352-2. — URL : <https://urait.ru/bcode/452421>

9. Угольников, А. В. Электрические измерения : практикум для СПО / А. В. Угольников. — Саратов : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 140 с. — ISBN 978-5-4488-0266-9, 978-5-4497-0025-4. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/82687>

