КОЛЛЕДЖ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Московского технического университета связи и информатики

ИЗМЕРЕНИЯ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ

Программа, методические указания по изучению предмета
и контрольные задания для студентов-заочников
специальностей
2004 – «Сети связи и системы коммутации»
2005 – «Многоканальные телекоммуникационные системы»
2006 – «Радиосвязь, радиовещание и телевидение»

КТИ БИБЛИОТЕКА
ИРБИС 30027811

Москва 2001

КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК
СРОК ВОЗВРАТА

КНИГА ДОЛЖНА БЫТЬ ВОЗВРАЩЕНА НЕ ПОЗЖЕ УКАЗАННОГО ЗДЕСЬ СРОКА

Колич. пред. выдач	Суворов

КОЛЛЕДЖ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Московского технического университета связи и информатики

ИЗМЕРЕНИЯ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ

Программа, методические указания по изучению предмета
и контрольные задания для студентов-заочников
специальностей
2004 – «Сети связи и системы коммутации»
2005 – «Многоканальные телекоммуникационные системы»
2006 – «Радиосвязь, радиовещание и телевидение»

6/Н 4761

Москва 2001

КОЛЛЕДЖ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
И ИНФОРМАТИКИ
БИБЛИОТЕКА

Программа предмета составлена преподавателем КТ МТУСИ Моисеевым Ю.Г. Доработана в соответствии с рекомендациями опорной методической комиссии преподавателем Ростовского колледжа связи Руденко В.И. ,утверждена начальником УКУЗ МС РФ Беловой В.А.

Методические указания по изучению предмета и контрольные работы для студентов – заочников составлены Моисеевым Ю.Г. и отрецензированы на кафедре метрологии МТУСИ.

Утверждены зам .директора КТ МТУСИ Лесняк Г.П. 15.04.01.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Где бы ни приходилось работать специалисту связи, ему приходится проводить измерения: в трактах и в аппаратуре, эксплуатационные, контрольные и для определения неисправности, с использованием простейших приборов - пробников - и с помощью сложнейших измерительных комплексов.

Большой частотный диапазон, разнообразие форм и методов проведения измерений обуславливает разнообразие измерительных приборов, с которыми приходится иметь дело технику от учебных лабораторий до реальной эксплуатации систем связи.

Экспериментатор должен правильно выбрать средство измерения для решения поставленной задачи, пользуясь справочной литературой и техническими описаниями приборов, определить возможности различных измерительных приборов.

Цель изучаемого предмета - выработать правильный подход к проведению и оформлению результатов измерений в соответствии с повышающимися требованиями по метрологическому обеспечению отрасли связи.

Курс "Измерения в технике связи" тесно связан с другими предметами учебного плана. Такие предметы, как "Теория электрических цепей", "Теория передачи сигналов" и "Электронные приборы и усилители" являются базой для изучения основных физических процессов, лежащих в основе принципов действия измерительных приборов.

Как бы не изменялось название предмета, а он назывался и "Основы измерительной техники", и "Электрорадиоизмерение", и "Измерения в технике проводной связи" - всё это "Измерения", а как писал Б.С. Якоби "Ни одной точной науки, ни одной прикладной науки, ни одного опыта без измерений".

Существование специальных предметов, определяющих квалификацию специалиста, невозможно без использования измерительных приборов для анализа функционирования систем и устройств связи.

В результате изучения предмета у обучаемого должны быть сформированы определенные знания, умения и навыки.

Необходимо знать:

I. Принцип действия основных электроизмерительных приборов и устройств; основные методы измерений и примеры их реализации.

2. Функциональные схемы измерительных приборов, а в отдельных случаях упрощенные принципиальные или эквивалентные.

3. Классификацию измерительных приборов, особенности их применения.

Уметь:

I. Пользоваться основными измерительными приборами.

2. Оформить результаты измерения, оценить погрешность измерения.

3. Выбрать по справочнику необходимый измерительный прибор в соответствии с задачей эксперимента.

4. Разобраться с принципом действия и требованиями по эксплуатации незнакомого измерительного прибора по его инструкции.

Иметь навыки:

использования наиболее часто встречающихся измерительных приборов (тестер, генератор, вольтметр (измеритель уровня), осциллограф, измерительный мост и др.), что достигается выполнением значительного количества лабораторных работ.

Методические указания по самостоятельному изучению предмета

Примерное количество часов, отводимое на изучение предмета и его распределение по темам,приведено в учебно-методической карте предмета.

Обратите на нее особое внимание. Она подскажет, что и как надо сделать с разделом предмета, поможет Вашей самостоятельной работе. Обязательно ведите конспект - это основа Ваших знаний, Ваш помощник на экзамене.

Минимум материала, который Вам необходимо занести в конспект, рекомендован в каждом разделе методических указаний.

Методические указания по каждому разделу начинаются с программы. Рекомендации помогут Вам найти материал в учебниках, обратят Ваше внимание на наиболее важные или сложные для условия темы.

В значительной мере Вашей работе над предметом поможет "Рабочая тетрадь". Она сократит время на конспектирование, систематизирует Вашу самостоятельную работу. Воспользуйтесь этой дополнительной методической помощью.

2 - 203

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ПРЕДМЕТА

Разделы и темы	Количество часов		Вид самостоятельной деятельности	Учебная литература	
	аудиторных	самостоятельной работы		индекс	страницы
I	2	3	4	5	6
ВВЕДЕНИЕ					
РАЗДЕЛ I Общие сведения о метрологии		0,5	Прочитайте методические рекомендации к разделу I		
Тема I.I Основные определения и термины		0,5	Прочитайте учебники	I 2	25-29 7-II
Тема I.2 Физические величины и их единицы	I обз.	I	Повторите решение задач, приведенных в методических указаниях	МУ	
Тема I.3 Средства измерений и их характеристики		I	Запишите в конспект положения, рекомендованные в МУ		
Тема I.4 Погрешности и математическая обработка результатов измерений		I	Решите задачи № I.I; I.2; I.3 ДКР № I	МУ	
РАЗДЕЛ 2 Принципы построения цифровых измерительных приборов	I обз.	3	Прочитайте по учебнику Ответьте на вопросы I-4; 6-9 устно, на вопросы 5 и I0-письменно в конспекте	I I	49-70 70
Тема 2.I Особенности преобразования информации и основ-					

Продолжение карты

I	2	3	4	5	6
ные узлы цифровых измерительных приборов	I пр.				
РАЗДЕЛ 3 Измерение напряжения, тока, мощности		2	Прочитайте	I	70-92
	2 обз.	2	Занесите в конспект материал, рекомендованный в методических указаниях		
Тема 3.I Принципы построения аналоговых вольтметров и амперметров	4 пр.	2	Разберитесь в задачах, приведенных в МУ с решениями		
Тема 3.2 Цифровые вольтметры и аналого-цифровые преобразователи напряжение-код		I	Решите задачу № I.4 ДКР (в конспекте)	МУ	
Тема 3.3 Широкополосные и избирательные измерители уровней					
Тема 3.4 Методы измерения мощности					
РАЗДЕЛ 4 Генераторы измерительных сигналов		I	Прочитайте учебники	I 2	II7-I2I 25-28
Тема 4.I Классификация и основные параметры генераторов измерительных сигналов	I обз.	I	Повторите по учебнику ТПС условия генерации, запишите их в конспект Занесите в конспект материал, рекомендованный в методических указаниях		
Тема 4.2 Особенности измерительных генераторов широкого диапазона частот		0,5	Решите задачу № I.5 ДКР № I	МУ	

Перенесите задачи № I.I-I.5 ДКР № I в отдельную тетрадь и немедленно вышлите ее на проверку.

Продолжение карты

I	2	3	4	5	6
РАЗДЕЛ 5 Электронный осциллограф	2 обз.	3	Прочитайте учебники	I	I44-I49 I55-I56 I6I-I63
Тема 5.I Классификация и основные параметры электронных осциллографов	4 лаб. пр.	0,5	Разберите задачи № 47 и 49	2 2	5I-6I 62
Тема 5.2 Виды разверток и их применение		I	Занесите в конспект положения, рекомендованные в МУ		
		I	Устно ответьте на контрольные вопросы № I-5 и письменно на № 6 и № 7		
		2		МУ	
РАЗДЕЛ 6 Измерение информационных параметров электрических сигналов	I обз.	2	Прочитайте	I 2	225-236 75-80
		I	Проработайте материал по измерению фазы	I	237-240
Тема 6.I Измерение частоты и временных интервалов	4 лаб. пр.	I	Прочитайте о методах измерения параметров модуляции	I	245-252
Тема 6.2 Измерение фазового сдвига		I	Занесите в конспект основные положения, определенные в МУ		
Тема 6.3 Измерение параметров сигналов с амплитудной и угловой модуляцией		I	Решите задачи № 2.I № 2.2 ДКР № 2	МУ	

Продолжение карты

I	2	3	4	5	6
Тема 6.4 Анализ частотного спектра сигналов		0,5	Устно ответьте на контрольные вопросы № I-I3	I	255
РАЗДЕЛ 7 Измерение параметров и компонентов цепей		I	Прочитайте по учебнику	I	I89-2I8
	I обз.	I	Занесите в конспект материал в соответствии с МУ	2	64-73
Тема 7.I Прямые измерения параметров компонентов и цепей	2 лаб. пр.	I	Решите задачу № 2.3 ДКР № 2	МУ	
Тема 7.2 Косвенные измерения параметров компонентов и цепей		0,5	Ответьте на контрольные вопросы		
Тема 7.3 Измерение сопротивления заземлений					
РАЗДЕЛ 8 Измерение основных параметров четырехполюсников		2	Прочитайте	2 I 2	I02-II0 2I8-220 II0-II4
	I обз.				
	3 лаб. пр.	0,5	Занесите в конспект положения, рекомендованные в МУ		
		2	Решите задачу № 2.6 ДКР № 2 (спец.2305 и 2306)	МУ	
РАЗДЕЛ 9 Измерение параметров, характеризующих нелинейные искажения		0,5	Работа с учебником	I 2	249-256 I22-I3I
	0,5 обз.				
	2 лаб. пр.	I	Решите задачу № 2.4 ДКР № 2	МУ	

Окончание карты

I	2	3	4	5	6
РАЗДЕЛ I0 Измерение цепей связи с распределенными параметрами	I обз.	2	Работа с учебником	2	83-85
				2	89-93
				2	9I-93
	2 лаб. пр.		для студентов спец. 2305, 2306	2	88-I02
			для студентов спец. 2307	I	2II-2I8
		2	Решите задачи № 2.5 и 2.6 ДКР № 2	МУ	

Перенесите в отдельную тетрадь задачи № 2.I-2.6 ДКР № 2 и вышлите на проверку.

РАЗДЕЛ II Автоматизация измерений	2 пр.	2	Прочитайте учебник	I	265-276
РАЗДЕЛ I2 Основы стандартизации	0,5 обз.	-	Вопрос будет рассмотрен на аудиторных занятиях		
Итого:	36	46			

В числе 36 аудиторных занятий 24 отводится на выполнение лабораторно-практических занятий.

СОДЕРЖАНИЕ ПРЕДМЕТА

РАЗДЕЛ I ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТРОЛОГИИ

Тема I.I Основные определения и термины

Метрология как наука об измерениях. Измерение, физическая величина. Средства измерений. Классификация измерений: прямые, косвенные, совокупные и совместные. Характеристики измерений: принцип измерений, метод измерений, погрешность, точность, правильность и достоверность измерений.

Основными характеристиками измерительного прибора являются: уравнение преобразования - функциональная зависимость между выходным сигналом Y и входным $XY = f(X)$; чувствительность - способность прибора реагировать на изменение входного сигнала $S = \Delta Y / \Delta X$; цена деления шкалы - количество единиц измеряемой величины, соответствующее перемещению указателя на одно деление или на I мм шкалы $C = A/d = I/S$; порог чувствительности ΔX_{min} - изменение входного сигнала, вызывающее наименьшее изменение выходного сигнала измерительного прибора, которое может быть обнаружено; диапазон измерения - область значений измеряемого сигнала, для которой нормированы допустимые погрешности. Показание - значение измеряемой величины, определяемое по отсчетному устройству прибора и выраженное в единицах этой величины.

Вариация показаний - наибольшая возможная разность между отдельными показаниями прибора, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой величины при неизменных внешних условиях.

А б с о л ю т н а я п о г р е ш н о с т ь измерения - разность между показаниями прибора A_i и действительным значением измеряемой величины $A\Delta = A_i - A$.

О т н о с и т е л ь н а я п о г р е ш н о с т ь - отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины, выраженное в процентах:

$$\delta\,\% = \frac{\Delta}{A} \cdot 100 \approx \frac{\Delta}{A_i} \cdot 100 .$$

П р и в е д е н н а я п о г р е ш н о с т ь - отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению A_N, по отношению к которому рассчитывается погрешность. Нормирующим значением может быть: конечное значение шкалы, арифметическое значение суммы конечных значений диапазона измерений (если нуль прибора на середине шкалы прибора), длина шкалы (если она неравномерна).

К л а с с т о ч н о с т и - максимальная приведенная погрешность, нормирующим значением которой является предел шкалы A_K:

$$\text{п.д } K = \frac{\Delta max}{A_K} \cdot 100,$$

где Δmax - наибольшая абсолютная погрешность прибора.

П о г р е ш н о с т ь р я д а и з м е р е н и й

Если проведено измерений одной и той же величины при неизменных внешних условиях, то наиболее достоверным значением является:

$$A_{cp} = \frac{A_1 + A_2 + \ldots + A_n}{n},$$

где A_1 ; A_2 ; ... A_n - результаты отдельных измерений величины A ; n - число измерений.

Отклонение результата каждого измерения от среднего значения :

$$A_i - A_{cp} = \Delta i ,$$

где Δi - остаточная погрешность.

$\sum_{i=1}^{n} \Delta i$ - сумма остаточных погрешностей равна нулю.

Точность ряда измерений определяется совокупностью всех факторов, влияющих на измерение, и характеризуется величиной среднеквадратичного отклонения результатов измерения от наиболее достоверного значения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \ldots + \Delta_i^2 + \ldots + \Delta_n^2}{n \cdot (n-1)}} .$$

А результат запишется в виде $A = Acp \pm \sigma$

Погрешности косвенных измерений. Вычисление погрешностей косвенных измерений проводится на основе дифференцирования уравнения преобразования. Основные формулы определения погрешностей для простейших функциональных зависимостей приведены в табл.I.

Таблица I

	Погрешность	
	абсолютная	относительная
cX	$\pm c\Delta X$	$\Delta X / X$
$X \pm Z$	$\pm\sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Z)^2}$	$\pm \frac{\sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Z)^2}}{X \pm Z}$
XZ	$\pm\sqrt{X^2(\Delta Z)^2 + Z^2(\Delta X)^2}$	$\pm \sqrt{\left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Z}{Z}\right)^2}$
X/Z	$\pm\sqrt{\frac{Z^2(\Delta X)^2 + X^2(\Delta Z)^2}{Z^4}}$	$\pm \sqrt{\left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Z}{Z}\right)^2}$
X^n	$\pm nX^{n-1}\Delta X$	$\pm n\frac{\Delta X}{X}$
$\sin X$	$\pm \cos X \Delta X$	$\pm ctg X \Delta X$
$\cos X$	$\sin X \Delta X$	$\pm tg X \Delta X$
$tg X$	$\pm \frac{\Delta X}{\cos^2 X}$	$\pm \frac{2\Delta X}{\sin 2X}$

Тема I.2 Физические величины и их единицы

Основные, производные, относительные и логарифмические единицы, применяемые в электросвязи. Кратные и дольные единицы. Абсолютные, относительные и измерительные уровни сигнала. Связь между уровнями. Номинальные значения оконечных нагрузок и измерительных частот.

Таблица 2

Величина	Единица	Обозначение		Выражение через другие единицы
		русское	международное	
I	2	3	4	5
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	Дж	J	Н м

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5
Мощность	ватт	Вт	W	Дж/с
Количество электричества	кулон	Кл	C	А с
Электрическое напряжение, разность потенциалов, ЭДС	вольт	В	V	Вт/А
Напряженность электрического поля	вольт на метр	В/м	V/m	-
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω	В/А
Емкость	фарада	Ф	F	Кл/В
Магнитный поток	вебер	Вб	Wb	В с
Индуктивность и взаимная индуктивность	генри	Гн	H	Вб/А
Магнитная индукция	тесла	Тл	T	Вб/м^2
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	А/м	A/m	-
Активная мощность электрической цепи переменного тока	ватт	Вт	P	В А
Реактивная мощность электрической цепи переменного тока	вар	Вар	Q	В А
Электрическая проводимость	сименс	Сим	Y	А/В

У р о в е н ь - логарифмическая мера электрической мощности или напряжения. Это логарифм отношения мощности (напряжения) в данной точке цепи по отношению к мощности (напряжению) в точке, принятой за исходную, дБ :

$$L_M = 10 \lg \frac{P_x}{P_0} ,$$

где L_M - уровень мощности в децибелах;
P_x - мощность в какой-либо точке;
P_0 - мощность в точке, принятой за исходную.

Аналогично по напряжению:

$$L_H = 20 \lg \frac{U_x}{U_0}$$

А б с о л ю т н ы м у р о в н е м называется уровень, когда за исходный принят P_0 = I мВт; v_0 = 0,775 В.

Уровни по мощности и напряжению связаны друг с другом.

Уровни совпадают, т.е. $L_м = L_н$ на сопротивлении $|Z|$ = 600 Ом; при $|Z| > 600$ Ом $L_м < L_н$, а при $|Z| < 600$ Ом $L_м > L_н$.

В общем виде:

$$L_м = L_н - 10 \lg \frac{|Z|}{600} .$$

Уровни передач измеряются вольтметром, отградуированным в децибелах - указателем уровня.

Для определения затухания, вносимого узлом, линией, или усиления усилителя необходимо измерить уровни передачи на их входе и выходе. Разница соответствующих уровней характеризует затухание или усиление.

$$A_м = L_{м1} - L_{м2} \quad \text{или} \quad A = 10(\lg P_1 - \lg P_2) .$$

Соответственно по напряжению:

$$A = 20(\lg v_1 - \lg v_2) = L_{н1} - L_{н2} .$$

Значения абсолютных уровней, выраженных в децибелах, могут быть переведены в значения мощностей или напряжений:

$$P = I \cdot I0^{0,I L_м};$$

$$v = 0,775 \cdot I0^{0,05 L_н} .$$

Но величины затухания, выраженные в децибелах, могут быть переведены лишь в отношение величин:

$$P_1/P_2 = I0^{0,I A_м} ;$$

$$v_1/v_2 = I0^{0,05 A_н} .$$

Примеры

I.Определите абсолютный уровень по напряжению в точке, где величина напряжения

v_1 = 0,775 В; v_2 = I В; v_3 = I мВ; v_4 = 220 В.

Решение: $L_H = 20 \lg \frac{U_x}{0,775}$.

Ответы: $L_1 = 0$; $L_2 = 2,2$ дБ; $L_3 = -57,8$ дБ; $L_4 = 49,1$ дБ.

2. Определите абсолютный уровень по мощности и по напряжению для мощности в I мВт, выделяющейся на резисторе $R_1 =$ $= 600$ Ом; $R_2 = 135$ Ом; $R_3 = 1400$ Ом.

Решение: $L_M = 0$ дБ для всех трех случаев, так как $P_0 = 1$ мВт

$$L_H = L_M + 10 \lg \frac{Z}{600}.$$

Ответы: $L_{H1} = 0$ дБ; $L_{H2} = -6,4$ дБ; $L_{H3} = 3,7$ дБ.

3. Вольтметр имеет шкалы с пределами измерений I,5 В; 3 В; I5 В; I50 В. Выразите эти пределы в абсолютных уровнях по напряжению.

Решение: $L_H = 20 \lg \frac{U}{0,755}$.

Ответы: 5,7 дБ; II,8 дБ; 25,7 дБ; 45,7 дБ.

4. Напряжение сети 220 В при подаче к одному потребителю (а) упало на 5%, а к другому (б) - на I5%. Каково затухание в цепях? Чему равна разность напряжений $U_a - U_б$; разность уровней по напряжению потребителей ($L_a - L_б$)? Как изменятся эти величины, если напряжение сети I27 В?

Решение: а) $\frac{220 \cdot 5}{100} = 11$ В; $U_a = 220 - 11 = 209$ В;

$$L_a = 20 \lg \frac{209}{220} = 0,45 \text{ дБ};$$

б) аналогично для точки б.

Ответ: $L_a = 0,45$ дБ; $L_б = 1,4$ дБ; $U_a - U_б = 22$ В;

$L_a - L_б = -0,95$ дБ.

При I27 В величины затухания и уровней не изменятся, а $U_a - U_б = 12,7$ В.

5.

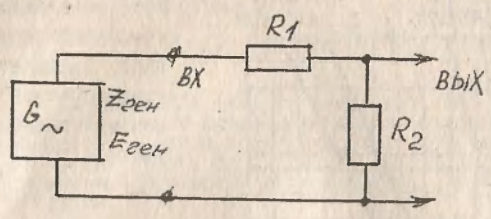


Рис.I

Дано: $E_{ген}$ = 3,I В;

$Z_{ген}$ = 600 Ом ;

$R_1 = R_2$ = 300 Ом .

Определите уровень по мощности и напряжению на входе и выходе схемы.

Решение. Входное сопротивление схемы $Z_{вх} = R_1 + R_2$ = = 600 Ом, т.е. генератор согласован с нагрузкой.

$$U_{вх} = \frac{I}{2} E = I,55 \text{ В.}$$

Так как $R_1 = R_2$, то $U_{вых}$ = I,55/2 = 0,775 В.

$L_{н\,вых} = 20 \lg \frac{0,775}{0,775} = 0$ дБ, $L_м = L_н - 10 \lg \frac{300}{600} = 0 -$ $- 10 \lg 0,5 = -3$ дБ;

$L_{н\,вх} = 20 \lg \frac{I,55}{0,775} = 6$ дБ. Так как Z = 600 Ом, то $L_{м\,вх} =$ $= L_{н\,вх} = 6$ дБ.

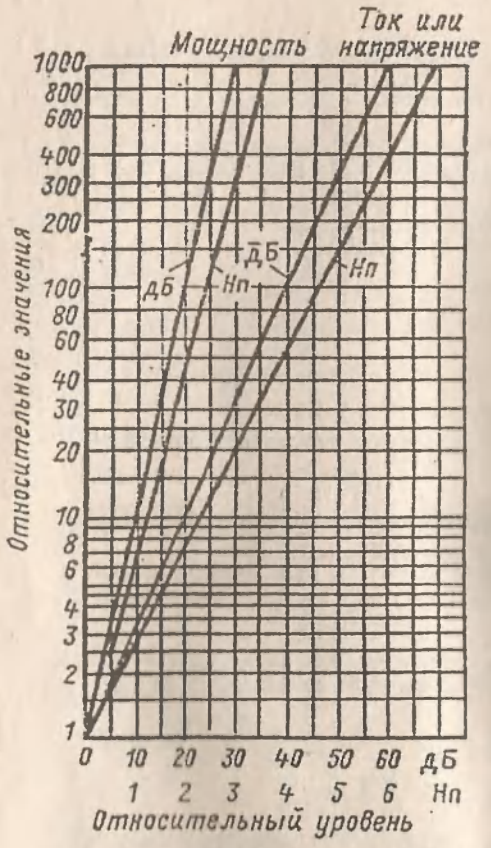


Рис.2

Перевод значений из $Н_П$ в дБ

В технике связи до настоящего времени часто пользуются логарифмической относительной величиной - непер.

$$L_м = \frac{I}{2} \ln \frac{P_1}{P_0} \ (Нп)$$

$$L_н = \ln \frac{U_1}{U_0} \ (Нп)$$

I дБ = 0,II5I Нп

I Нп = 8,686 дБ

Взаимный перевод значений Нп ⟷ дБ можно осуществить по графику рис.I и шкале, приведенной на рис.3

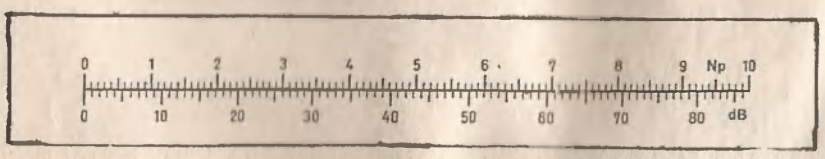


Рис. 3

Тема I.3 Средства измерений и их характеристики

[I, § 2.6, с. 25-29; 2, с. I3-I4]

Классификация средств измерений. Метрологические характеристики: пределы измерений, цена деления, погрешность средства измерений, вариация показания, входное и выходное сопротивления; динамические характеристики. Чувствительность и разрешающая способность. Класс точности.

Тема I.4 Погрешность и математическая обработка результатов измерений

[I, § 2.2, с. I5-23; 2, с. I4-I6]

Классификация погрешностей: методические, инструментальные, субъективные. Погрешности меры, преобразования, сравнения, фиксации результата. Основные и дополнительные, статические и динамические погрешности. Систематические и случайные погрешности. Обработка результатов измерений.

В результате изучения раздела студент должен знать: единицы измерения, применяемые в электросвязи; множители и приставки для образования кратких и дольных единиц физических величин; методы измерений; классификацию погрешностей измерения; основные характеристики измерительных приборов (определение, физическая сущность).

Должен уметь: определять абсолютную и относительную погрешности измерения, используя знания о классе точности примененного прибора; определять цену деления индикатора; рассчитать среднее арифметическое значение результата и дисперсию.

Должен иметь навыки: чтения условных обозначений на шкалах приборов, практического использования понятий: класс точности прибора, чувствительность, погрешность измерений.

Занесите в конспект

I. Таблицу десятичных кратных и дольных единиц.

2. Определение прямого, косвенного и совокупного измерения.

3. Определение абсолютной, относительной погрешности и класса точности прибора.

4. Определение абсолютного и относительного уровня по мощности и напряжению. Формулы перевода абсолютных уровней в децибелах в значения мощностей или напряжений.

РАЗДЕЛ 2 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Тема 2.I Особенности преобразования информации и основные узлы цифровых измерительных приборов

Преобразование информации в цифровых устройствах. Системы счисления и коды. Методы аналого-цифрового преобразования. Основные элементы цифровых измерительных приборов.

Тема изучается на аудиторных занятиях. Материал достаточно подробно изложен в [I, с. 49-70].

В результате изучения раздела студент должен знать: принцип преобразования информации в цифровых измерительных приборах, обобщенную структурную схему ЦИП, назначение отсчетного устройства, дешифратора, счетчика.

Должен уметь: записать десятичное число в двоичном коде, различать типы цифровых индикаторов, пояснить различия методов преобразования непрерывных величин в код.

РАЗДЕЛ 3 ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ, ТОКА, МОЩНОСТИ

Тема 3.I Принципы построения аналоговых вольтметров и амперметров

Назначение, классификация, требования. Магнитоэлектрический измерительный механизм - основа аналоговых электроизмерительных и электронных приборов. Конструкция, принцип действия, электрические

параметры. Расширение пределов измерения тока и напряжения. Схемы многопредельных вольтметров и амперметров магнитоэлектрической системы. Электронные вольтметры средневыпрямленных, среднеквадратических и амплитудных значений. Схемы, принцип действия, назначение элементов, электрические параметры, области применения. Влияние частоты и формы сигнала на показания вольтметров. Промышленные образцы: Ц4352, В3-38, В3-42, В3-52 и др.

Материал изложен в [I, с. 70-92; 2, с. 34-40] .

Аналоговый измерительный прибор состоит из следующих основных устройств:

входного устройства, обеспечивающего получение входных величин, необходимых для дальнейшего преобразования (это делитель, аттенюатор);

измерительного преобразователя (делителя, детектора, формирователя и т.п.);

измерительного механизма (чаще всего магнитоэлектрической системы);

отсчетного устройства (шкалы).

Роль входного сопротивления измерительного прибора (вольтметра рассмотрена в [I , с. 7I] . Внимательно изучите этот материал. Решите задачу I.5 ДКР.

Одним из важных практических аспектов использования вольтметров является их градуировка. Градуировка сводится к установлению зависимости отклонений индикаторного прибора от напряжения, подводимого к его входу.

Важным является то, что градуировка вольтметров переменного тока (групп В3 и В7) осуществляется в среднеквадратичных значениях синусоидального напряжения независимо от схемы используемого в приборе детектора.

Пример. Рассмотрим случай измерения вольтметрами с различным типом детектора гармонического (синусоидального) напряжения.

Синусоидальное напряжение, В, $u = 14 \sin \omega t$ подается на вольтметры средневыпрямленного значения с одно- и двухполупериодным выпрямителем, амплитудный, среднеквадратический.

Все вольтметры должны показывать среднеквадратическое (действующее) значение синусоидального напряжения, В:

$$A = U = U_m/\sqrt{2} \approx U_m/1{,}41 = 10\ B,$$

где A - показания прибора.

Однако получение этого значения происходит по-разному.

Вольтметр средневыпрямленных значений см. [I, рис. 5.16 или 2, рис. 4.6] с двухполупериодным выпрямителем реагирует на средневыпрямленное значение:

В нашем случае это: $U_{св} = 2U_m/\pi$.

Для того чтобы прибор показывал среднеквадратическое значение измеряемого синусоидального напряжения, при градуировке вводится коэффициент формы, равный I,II. Тогда показания прибора будут, В,

$$A = U_{св} \cdot K_ф = \frac{2 \cdot 14}{3,14} \cdot 1,11 = 10$$

В вольтметре с однополупериодным линейным детектором [I, рис. 5.14] $U_{св} = U_m/\pi$, т.е. вдвое меньше, но коэффициент формы $K_{ф1}$ = 2,22 - вдвое больше, а потому показания прибора, В:

$$A = U_{св} \cdot K_{ф1} = (U_m/\pi) \cdot 2,22 = 10 .$$

Амплитудный вольтметр, имеющий пиковый детектор [I, рис. 5.24] реагирует на амплитуду измеряемого сигнала U_m . Для того чтобы показания были равны среднеквадратическому значению, при градуировке вводится коэффициент амплитуды $K_a = \sqrt{2}$.

Тогда показания вольтметра, В: $A = U_m/K_a = 14/1,41 = 10$.

Вольтметр среднеквадратических значений реагирует на среднеквадратическое значение сигнала, градуируется также в среднеквадратических значениях сигнала. Его показания: $A = U = 10$ В .

При измерении напряжений несинусоидальной формы алгоритм получения отсчета для каждого типа вольтметра остается тем же, т.е. вольтметры в зависимости от типа детектора реагируют на то или иное значение измеряемого сигнала, а отсчет на шкале получается с учетом заложенного в них коэффициента градуировки. Очевидно, что в этом случае лишь показания квадратических

вольтметров будут соответствовать среднеквадратическому значению измеряемого несинусоидального сигнала.

Рассмотрим это на нескольких конкретных примерах.

Примеры

I. Вольтметр ВК7-9 при измерении им синусоидального напряжения показал $A = 20$ В. Чему равна амплитуда сигнала?

Решение. Вольтметр ВК7-9 имеет пиковый детектор, а градуирован в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения (см. пример данного параграфа). Поэтому

$$U_m = A \cdot \sqrt{2}$$

Ответ: $U_m = 28{,}2$ В.

2. Вольтметрами типов В3-I3, ВК7-9 и М-45 измерено напряжение, В, вида $u = (10 + 7\sin\omega t)$. Определите показания приборов.

Ответ: 4,9; 4.9, I0 В.

3. Вольтметр с линейным однополупериодным детектором с открытым входом (типа ТТ-3) и вольтметр с пиковым детектором с закрытым входом подключены к цепи с напряжением, В, $u = (10 + 10\sin\omega t)$. Определите их показания.

Ответ: 22,2; 7,07 В.

Тема 3.2 Цифровые вольтметры и аналого-цифровые преобразователи напряжение-код

Обобщенная структурная схема. Вольтметры с время-импульсным, частотно-импульсным и кодо-импульсным преобразованием. Особенности применения, достоинства и недостатки. Промышленные образцы: В7-20, В7-37, В3-63 и др.

Тема 3.3 Широкополосные и избирательные измерители уровней

Назначение и области применения. Структурные схемы, электрические параметры, правила отсчета уровней, правила измерения "в разрез" и "в параллель". Промышленные образцы: ИУ-НЧ, ИУ-2,I, ИУ-25 и др.

Измеритель уровня - вольтметр, шкала которого проградуирована в логарифмических единицах (децибелах, раньше в неперах). Важным отличием указателя уровня является наличие не только высокоомного, но и низкоомного входа 75, 135, 600 Ом, что позволяет использовать его в качестве образцового нагрузочного сопротивления линии или четырехполюсника и одновременно измерить на нем уровень.

Градуировка измерителя уровня производится, как правило, в абсолютных уровнях по напряжению (см. методические указания по теме I.2).

В результате изучения раздела необходимо знать:
различие в существующих системах вольтметров, их основные параметры, градуировку;

уметь определять U_0 ; $U_{св}$; U значения сигнала, пользоваться промышленными образцами вольтметров и указателей уровня.

Занесите в конспект

I. Схемы вольтметров:
   электронного вольтметра постоянного напряжения;
   вольтметра средневыпрямленного значения;
   амплитудного значения;
   среднеквадратического значения.

2. Запишите коэффициенты градуировки вольтметров.

3. Разберите решение примеров, приведенных в методических указаниях. Аналогичные задачи могут быть на экзамене!

4. Решите задачи I÷4 Вашего домашнего задания №4

Тема 3.4 Методы измерения мощности

Классификация и требования. Ваттметры. Особенности измерения мощности на постоянном токе, на переменном токе низкой и высокой частоты. Измерение мощности на СВЧ. Промышленные образцы: М3-2I, М3-28 и др.

Диапазон частот, в котором приходится измерять мощность, чрезвычайно широк. При оценке экономичности радиоаппаратуры обычно интересуются потреблением энергии от сети переменного

тока (50 Гц) или от источников постоянного тока. Верхняя граница частотного диапазона определяется частотой излучения лазера.

Методы и приборы, используемые для измерения мощности, существенно зависят от частотного диапазона и величины мощности. В случае переменных токов наибольший интерес обычно представляет средняя (активная) мощность, определяемая выражением:

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T uidt = \frac{1}{T}\int_0^T Pdt,$$

где u и i - мгновенные значения напряжения и тока, t - время, T - период колебаний. Произведение $P = ui$ называется мгновенной мощностью. В случае синусоидальных колебаний это выражение принимает вид:

$$P = I^2R \quad ; \qquad P = UI\cos\varphi,$$

где U и I - среднеквадратические (действующие, эффективные) значения напряжения и тока; φ - сдвиг фаз между U и I.

РАЗДЕЛ 4 ГЕНЕРАТОРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Тема 4.I Классификация и основные параметры генераторов измерительных сигналов

Назначение, классификация, требования. Обобщенная структурная схема измерительного генератора. Задающие генераторы гармонических колебаний, импульсов, сплошного спектра. Схемы, принцип действия, область применения. Общие сведения о генераторах с кварцевой стабилизацией частоты. Генераторы качающейся частоты.

Тема 4.2 Особенности измерительных генераторов широкого диапазона частот

Особенности построения генераторов НЧ, ВЧ, СВЧ и оптического диапазона. Элементы регулировки парамет-

ров выходного сигнала. Промышленные образцы: Г3-104, Г3-122, Г4-176, ОГ4-181 и др.

Материал базируется на изученных в курсе ТПС принципах генерирования синусоидальных колебаний (генераторы типа RC, LC) Важно вспомнить основные условия возникновения генерации (баланс фаз и баланс амплитуд). Простейшие схемы автогенераторов (см.заготовки в рабочей тетради и [I , с.117-121; 2 , с. 25-28]).

Занесите в конспект

1. Таблицу классификации генераторов.
2. Принципиальные схемы RC и LC задающих генераторов.
3. Функциональную схему генератора на биениях.
4. Решите задачу № 1.5 ДКР № 1.
5. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются генераторы измерительных сигналов?
2. Поясните назначение каждого блока измерительного генератора.
3. Каково назначение генератора шума?
4. Поясните спектральный состав колебаний, генерируемых различными измерительными генераторами.

РАЗДЕЛ 5 ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Тема 5.1 Классификация и основные параметры электронных осциллографов

Назначение, классификация, особенности применения. Структурная схема универсального осциллографа, назначение узлов, органы управления. Принцип получения изображения на экране. Измерение амплитудных и временных параметров электрических сигналов. Промышленные образцы электронных осциллографов.

Тема 5.2 Виды разверток и их применение

[I, с. I44-I49, I55, I56, I6I-I63; 2, с. 5I-55, 58-6I]

Линейная непрерывная и ждущая развертка. Принцип формирования пилообразного напряжения. Понятие о синхронизации развертки. Синусоидальная и круговая развертки. Применение различных видов разверток.

Обратите внимание на задачи 47-49 [2].

Занесите в конспект

I. Упрощенную функциональную схему осциллографа.

2. Схему простейшего генератора развертки (рис. 3.5 и 3.7 [I]).

3. Запишите способы повышения линейности развертки.

4. Нарисуйте схему для получения круговой развертки.

5. Устно ответьте на контрольные вопросы I-5 и письменно в рабочей тетради на вопросы 6 и 7.

Контрольные вопросы

I. Перечислите требования, предъявляемые к генератору непрерывной развертки осциллографа.

2. Объясните назначение и область применения ждущей развертки.

3. Объясните назначение линии задержки в канале вертикального отклонения осциллографа.

4. Как получить на экране осциллографа круговую развертку?

Как превратить круговую развертку в спиральную? Чем определяется время одного оборота луча ЭЛТ по окружности?

5. Каковы особенности скоростного осциллографа?

6. На вход осциллографа подаются импульсы длительностью 0,2 мкс. Коэффициент развертки 0,I мкс/см, рабочая длина горизонтальной части экрана 6 см. Определите положение импульса на экране, если линия задержки в канале У имеет $\tau_{зад}$ = 0,2 мкс.

7. С помощью осциллографа измеряется амплитуда синусоидального напряжения с частотой I МГц. Размер осциллограммы по вертикали 50 мм при коэффициенте отклонения канала У, равном 5мм/В.

Погрешность калибратора амплитуды осциллографа ± 3 %, верхняя граничная частота канала У равна I МГц. Определите амплитуду колебаний, абсолютную и относительную погрешность измерения.

Решите задачи № 2.1 и 2.2 ДКР

При решении задачи 2.2 обратите внимание на правило сложения напряжений, имеющих фазовый сдвиг (векторное), а также на то, каким параметром напряжения определяется отклонение луча на экране осциллографа и в каких значениях синусоидального сигнала отградуирован вольтметр (см. тему 3.I и [I], с.I55).

РАЗДЕЛ 6 ИЗМЕРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Тема 6.I Измерение частоты и временных интервалов

Классификация методов измерения частоты, особенности измерения низких и высоких частот, понятия об эталонах частоты и времени. Электронно-счетные частотомеры. Измерение частоты, периода, временных интервалов. Промышленные образцы частотомеров: Ч3-38, Ч3-50, Ч3-65 и др.

Тема 6.2 Измерение фазового сдвига

Измерение фазового сдвига с помощью логометра, осциллографом, электронным фазометром. Цифровые фазометры. Промышленные образцы фазометров: Ф2-I6, Ф2-34 и др.

Тема 6.3 Измерение параметров сигналов с амплитудной и угловой модуляцией

Определение коэффициента АМ с помощью осциллографа и методом двойного детектирования. Фазовый детектор. Промышленные образцы измерителей: С2-II, СК3-45 и др.

Тема 6.4 Анализ частотного спектра сигналов

Параллельный и последовательный анализ спектра, особенность и техническая реализация. Промышленные образцы анализаторов спектра: С4-27, С4-45, СК4-57 и др.

В результате изучения раздела необходимо знать: основные информационные параметры электрических сигналов, их математические описания. Физический смысл частоты, фазы, спектра сигнала. Методы измерения частоты, фазы, коэффициента глубины амплитудной модуляции, девиации, частотного спектра.

Студенты должны уметь по функциональной схеме приборов пояснить принцип действия, указать вид сигналов (временные диаграммы) в различных точках функциональной схемы.

Иметь навыки работы с измерительными приборами, измерять частоту, фазу, параметры модулированных сигналов.

Измерения частоты

Измерение основной физической величины - времени и ее производной - частоты лежит в основе большинства измерительных задач, решаемых обществом в процессе научной и производственной деятельности.

В современной радиотехнике приходится иметь дело с чрезвычайно широким спектром частот: от долей герц до сотен гигагерц, от инфранизких до сверхвысоких.

Измерение частоты - одна из важнейших задач измерительной техники. Наличие высокоточных эталонов определяет возможность измерения частоты с погрешностью порядка $\pm 5 \cdot 10^{-10}$, что значительно точнее других радиотехнических измерений.

Параметр периодического сигнала, характеризующий наименьший интервал времени, через который повторяются его мгновенные значения, называют периодом - Т. Величина, обратная периоду, называется частотой периодического сигнала $f = 1/T$. Основной единицей измерения частоты является герц (1 Гц = = 1/1с), производные единицы: килогерц - 10^3 Гц. Мегагерц - 10^6 Гц. Гигагерц - 10^9 Гц.

Основные методы измерений и погрешности результатов измерений приведены в табл.3.

Таблица 3

Метод измерений	Диапазон частот, кГц	Погрешность измерений
Мостовой	0,02 - 50	$(0,5 - 1)\cdot 10^{-2}$ Гц
Сравнения	0,01 - 1000	1 % ± 0,02 Гц
Перезарядка конденсатора	0,01 - 500	$(1 - 2)\cdot 10^{-2}$ Гц
Резонансный	$20 - 30\cdot 10^{4}$	$10^{-3} - 10^{-5}$ Гц
С использованием цифровых приборов	$0,001 - 1\cdot 10^{7}$	$5\cdot 10^{-6} - 5\cdot 10^{-7}$ Гц

Мостовой метод в настоящее время применяется редко. Широкое распространение при измерении частоты получил метод сравнения. Это обусловлено возможностью использования метода сравнивания практически в любом диапазоне частот, простотой выполнения и достаточно высокой точностью результатов. Метод сравнения включает в себя: осциллографический, метод нулевых биений, метод акустических биений.

Метод нулевых биений используется в диапазоне $100-4\cdot 10^{7}$ кГц, акустических биений - в диапазоне до 10 кГц.

К осциллографическим методам, кроме измерения по фигурам Лиссажу, относятся также методы яркостной модуляции, круговой развертки и сравнения периода сигнала с периодом линейной развертки осциллографа. Таким образом, осциллографический метод измерения частоты можно применять при линейной, синусоидальной и круговой развертках.

Для измерения неизвестной частоты методом сравнения необходимо иметь образцовую частоту и индикатор, с помощью которого можно определить равенство неизвестной и образцовой частот или их отношение.

При линейной развертке в качестве образцовой частоты используется частота генератора развертки данного осциллографа. Напряжение неизвестной частоты подают на вход канала вертикального отклонения луча (Y), а частоту генератора развертки (при выведенной ручке напряжения синхронизации) изменяют

до тех пор, пока на экране не получится изображение одного периода измеряемого сигнала. Измеряемая частота при этом будет равна установленной частоте развертки генератора. На экране осциллографа можно получить изображение нескольких периодов измеряемого сигнала, при этом измеряемая частота больше частоты развертки в n раз, где n - число периодов.

При синусоидальной развертке напряжение неизвестной частоты подается на вход канала вертикального отклонения (Y), а напряжение образцовой частоты - на вход канала горизонтального отклонения. Источником образцовой частоты в данном случае является имеющийся в распоряжении измерителя генератор, который для получения точных результатов измерения должен обладать достаточно малой погрешностью и высокой стабильностью частоты. Генератор развертки осциллографа при этом должен быть отключен.

На экране получится фигура Лиссажу. Основное правило Лиссажу:

$$\boxed{f_x \cdot n_x = f_y \cdot n_y} \quad ,$$

где f_x и f_y - частоты сигналов, поданные на входы X и Y соответственно, а n_x и n_y - максимальное число пересечений осей координат с фигурой Лиссажу см. [I , с. 228 или 2 , с. 59].

Занесите в конспект

I.Составьте таблицу методов измерения частоты.

2.Составьте функциональную схему осциллографического метода измерения частоты по фигурам Лиссажу.

3.Зарисуйте схему цифрового частотомера и цифрового измерителя периода.

4.Составьте краткий перечень методов измерения фазового сдвига.

5.Составьте схему измерения коэффициента глубины амплитудной модуляции с помощью осциллографа. Зарисуйте схему измерителя коэффициента модуляции.

Устно ответьте на контрольные вопросы I-I3 [I , с. 255].

Решите задач 2.2 и 2.3 ДКР.

РАЗДЕЛ 7 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМПОНЕНТОВ И ЦЕПЕЙ

Тема 7.I Прямые измерения параметров компонентов и цепей

Назначение, классификация, требования. Омметры последовательной и параллельной схемы. Электронный омметр. Метод сравнения. Схемы, принцип работы, технические характеристики, область применения. Правила техники безопасности при работе с мегаомметром. Мосты постоянного и переменного тока: схемы, условие и признак равновесия, порядок работы, технические характеристики, область применения. Цифровые методы измерения параметров компонентов и цепей. Промышленные образцы приборов: Ц4352, Е6-20, ПКI-5, Е7-II и др.

Тема 7.2 Косвенные измерения параметров компонентов и цепей

Измерение активного сопротивления, индуктивности, взаимной индуктивности, электрической емкости, добротности методом вольтметра-амперметра и резонансным методом. Промышленные образцы приборов: Е4-7, Е4-II, Е7-5, Е9-4 и др.

В результате изучения раздела студенты должны знать: принцип действия измерительного моста, омметра и куметра, физический смысл измеряемых величин;

уметь: измерять величину сопротивления заземления, пользоваться омметром, мостом, куметром.

Принцип действия омметра поясняет схема, приведенная на рис.4. При коротком замыкании клемм А и Б реостатом устанавливают в цепи такой ток, чтобы стрелка индикаторного прибора отклонилась на всю шкалу. Это - нуль омметра. При присоединении к клеммам АБ измеряемого сопротивления R_x, установленный ранее ток уменьшится, и стрелка прибора займет положение, отличное от первоначального. Ток, проходящий в этом случае через индикатор, определяется выражением:

$$I = \frac{E}{R_{доб} + r_{вн} + R_x} = \frac{E}{R_{ом} + R_x},$$

где $R_{ом} = R_{доб} + r_{вн}$.

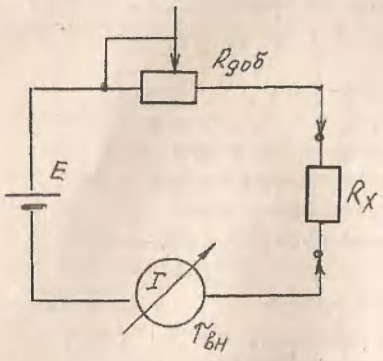


Рис.4

Если обозначить относительную величину отклонения стрелки индикатора $\alpha = I/I_K$, а отношение измеряемого сопротивления к величине внутреннего сопротивления омметра через A = $A = R_X/R_{ом}$, то выражение

$$\alpha = \frac{1}{1+A}$$

определит уравнение шкалы омметра. Из приведенного выражения видно, что при бесконечно большом сопротивлении R_X (разрыв цепи) $A \to \infty$, $\alpha = 0$ ток равен нулю, и стрелка прибора не отклоняется. Это положение стрелки на шкале отмечается знаком ∞. То что на шкале рассматриваемого омметра имеются отметки 0 и ∞, вовсе не обозначает, что прибор можно использовать для измерения любого сопротивления. Шкала прибора по краям сильно сжата, и реально используется лишь ее средняя часть. Середина шкалы омметра соответствует его входному сопротивлению (при $R_x = R_{ом}$; α = 0,5). Это сопротивление и определяет порядок сопротивлений, измеряемых прибором. Обычно R_X в пределах от 0,01 $R_{ом}$ до 100 $R_{ом}$. Если заданы верхний и нижний пределы измерения сопротивления по данной шкале омметра, то его внутреннее сопротивление можно определить, исходя из формулы:

$$R_{ом} = \sqrt{R_{верх} \cdot R_{низк}} \quad .$$

Погрешность измерения сопротивления омметром:

$$\delta_{R_x} = \frac{\Delta A}{A} = \pm \frac{(1+A)}{A} \cdot K \quad ,$$

где K - класс точности индикаторного прибора.

Материал темы 7.I подробно изложен в [I , § 9.2-9.4, с. I90-200]. Можно воспользоваться также [2 , с. 64-68].

При изучении темы 7.2 см. [I , § 9.5, с.20I, 202;204-206].

Решите задачу 2.4 ДКР.

Занесите в конспект

I. Упрощенную схему и уравнение шкалы омметра.
2. Эквивалентную схему катушки, конденсатора.
3. Уравнение баланса четырехплечного моста.
4. Функциональную схему куметра.

Контрольные вопросы

I. Напишите уравнение для вращающего момента логометра.

2. Чём определяется систематическая погрешность метода вольтметра-амперметра, как ее уменьшить?

3. Напишите основное уравнение баланса моста.

4. Приведите методы измерения добротности контура.

5. Почему с помощью куметра или генераторными методами измеряется не истинное значение параметров L ; C ; Q , а их действующее значение?

РАЗДЕЛ 8 ИЗМЕРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

Тема 8.I Измерение затухания и усиления четырехполюсников

[2 , с. I02-II0]

Определения. Измерение рабочего затухания и усиления методом сравнения и методом разности уровней с использованием известного и эквивалентного генератора. Схемы, вывод расчетных формул, порядок измерения.

Тема 8.2 Измерение амплитудно-частотных, фазо-частотных и переходных характеристик четырехполюсников

[I, с. 2I8 - 220; 2, с. II0 - II4]

Структурная схема измерителя АЧХ и ФЧХ с осциллографическим индикатором, назначение узлов, принцип работы. Промышленные образцы измерителей: XI-48, XI-53, XI-54 и др. Понятие об измерении переходных характеристик четырехполюсников.

В результате изучения раздела студент должен знать: основные параметры, характеризующие четырехполюсник, номенклатуру приборов для их измерения.

Должен уметь объяснить принцип действия, схемы приборов для измерения параметров передачи четырехполюсников.

Должен иметь навыки работы с приборами для измерения затухания и усиления, для измерения АЧХ, ФЧХ и ПХ четырехполюсников.

Занесите в конспект

I. Определение рабочего затухания (усиления).

2.Структурную схему измерителя АЧХ.

3. Опишите назначение узлов АЧХ.

РАЗДЕЛ 9 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ НЕЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ И ПОМЕХИ

Тема 9.I Измерение параметров, характеризующих нелинейные искажения

Основные понятия и определения. Измерение амплитудной характеристики четырехполюсника. Измерение коэффициента нелинейных искажений методом анализа напряжений и методом устранения гармоники с основной частотой. Схемы и порядок измерения. Структурная схема измерителя нелинейных искажений, принцип работы, назначение узлов. Промышленные образцы: С4-48, СК4-56, С6-7, С6-I2 и др.

Тема 9.2 Измерение псофометрического напряжения помех

Понятие псофометрического и невзвешенного напряжения помех. Псофометр. Структурная схема, назначение узлов, принцип работы. Промышленные образцы: ИШ-НЧ, П323-ИШ и др.

Тема 9.3 Измерение параметров взаимного влияния

[I , с.249-255; 2, с. I22-I3I]

Определение параметров взаимного влияния. Измерение переходного затухания и защищенности методом разности уровней и методом сравнения. Электрические нормы. Панорамный измеритель характеристик взаимного влияния. Структурная схема, назначение узлов, принцип работы. Промышленные образцы: ИПЗ-5, ВИЗ-600 и др.

Решите задачу № 2.5 ДКР.

В результате изучения раздела студенты должны знать: определение и физический смысл параметров, характеризующих нелинейные искажения и помехи, номенклатуру приборов для их измерения.

Должны уметь пояснить принцип действия приборов и схем для измерения нелинейных искажений, помех, переходного затухания и защищенности.

Должны иметь навыки работы с измерителем нелинейных искажений, псофометром, измерителем переходного затухания.

РАЗДЕЛ I0 ИЗМЕРЕНИЕ ЦЕПЕЙ СВЯЗИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Тема I0.I Измерение параметров цепей связи постоянным током

[2, с. 83-85]

Измерение омической асимметрии, электрического сопротивления шлейфа, электрического сопротивления изоляции, рабочей емкости кабельных и воздушных цепей. Схемы измерения, вывод расчетных формул, порядок измерения, расчет ожидаемых значений.

Тема I0.2 Обработка результатов измерения цепей связи постоянным током

[2, с. 89-93]

Необходимость обработки результатов измерений, порядок обработки. Сравнение результатов расчета с электрическими нормами.

Тема I0.3 Виды повреждений цепей связи

[2, с. 9I-93]

Классификация повреждений. Определение характера повреждения по результатам испытания цепей. Выбор методов измерений для определения расстояния до места повреждения.

Тема I0.4 Основные методы определения расстояния до мест повреждений цепей связи

Мостовые и компенсационные методы измерений для определения расстояния до места понижения сопротивления изоляции и до места обрыва. Схемы измерений, вывод расчетных формул, порядок измерений. Правила безопасности при определении мест повреждений.

Тема I0.5 Импульсный метод измерения цепей

[2, с. 88-I02]

Принцип импульсного метода для определения характера и расстояния до места повреждения цепей. Структурная схема измерителя неоднородностей, назначение узлов. Особенности применения импульсного метода на цепях связи. Промышленные образцы измерителей неоднородностей линий: Р5-I0, Р5-I3 и др. Правила безопасности при работе на линии.

Решите задачу 2.6А(для спец. 2004 и 2005).

Для студентов специальности 2006 (РС) см. [I, § 9.7 с. 2II-2I8].

Ответьте на контрольные вопросы № I-8 на с. 2I8 [I].

Решите задачу 2.6Б ДКР.

В результате изучения раздела студенты должны знать: параметры, характеризующие линии передач, методы их измерения, функциональную схему кабельного прибора, импульсного прибора (для специальностей 2004 и 2005). Устройство и назначение измерительной линии СВЧ (2006).

Должны уметь объяснить физический смысл параметров линий передач, анализировать методы измерений.

Должны иметь навыки работы с измерительными приборами, уметь подготовить их к работе, выбрать необходимый прибор по его характеристикам.

РАЗДЕЛ II АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ
[I, с. 265-276]

Тема II.I Основные направления автоматизации измерений

Понятие о частичной и полной автоматизации измерений. Режим непрерывного контроля. Создание измерительно-информационных систем и измерительно-вычислительных комплексов. Понятие о средствах сопряжения приборов и устройств.

Тема II.2 Микропроцессоры и микроЭВМ в измерительных приборах и системах

Функции микропроцессоров и микроЭВМ в цифровых измерительных приборах. Принципы построения измерительных приборов с применением микропроцессоров и микроЭВМ. Промышленные образцы: В7-39, Ч3-65, С9-27, XI-53 и др.

В результате изучения раздела студенты должны иметь понятия о направлениях автоматизации измерений, различать средства измерений с частичной и полной автоматизацией, знать основные функции микропроцессоров и микроЭВМ в измерительных приборах и системах.

РАЗДЕЛ I2 ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Тема I2.I Основные понятия и определения

Стандартизация, стандарт, технические условия. Цели стандартизации. Государственные и отраслевые стандарты. Стандарты союзных республик и предприятий. Основные принципы стандартизации. Системы стандартов.

Тема I2.2 Органы и службы метрологии и стандартизации

Государственные, ведомственные и международные метрологические организации. Понятие о государственной системе стандартизации, государственной системе обеспечения единства измерений. Структура органов и служб метрологии и стандартизации.

В результате изучения раздела студенты должны знать структуру метрологической службы отрасли связи, категории стандартов и систему их классификации.

Вопросы темы будут рассмотрены на аудиторных занятиях.

Контрольная работа №1

Задача 1.1

1. Выберите из изображенных на рисунках к задаче № 1 измерительных приборов прибор Вашего варианта. Опишите принцип действия, его особенности, область применения. Приведите уравнение шкалы. Расшифруйте условные обозначения, указанные на шкале прибора.

2. Указанным прибором проведено измерение трех значений напряжения, тока или мощности (данные приведены в таблице 1.1 по вариантам). Определите величину погрешности этих измерений, сделайте выводы, какое из измерений проведено с большей точностью. Почему?

3. Этим же прибором проведено десятикратное измерение одного и того же значения измеряемой величины (данные приведены в таблице 1.2 по вариантам). Зачем проводят такие измерения? Чем определяется разница в результатах измерений? Определите наиболее достоверное значение результата измерения и величину случайной погрешности. Запишите результат измерения, проведя необходимые округления.

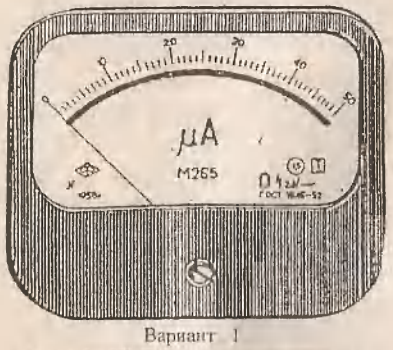
Таблица 1.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Измеренные Значения	10 30 50 мкА	100 300 500 В	200 300 450 В	10 20 30 кВ	0,4 0,8 1,0 А	100 200 250 В	100 250 500 мА	10 30 45 мА	2 4 7 Вт	100 250 500 мВ

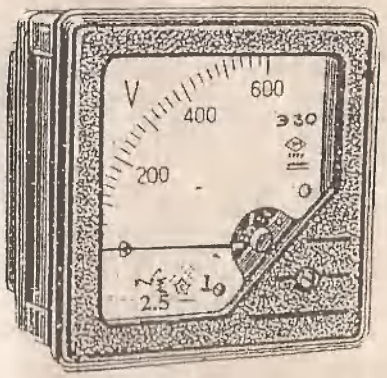
Таблица 1.2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Измеренные значения и их наименование	41	300	405	20,0	0,65	155	200	30	4,1	220
	40	310	405	21,5	0,60	150	210	25	4,2	210
	39	320	410	21,0	0,70	145	220	35	4,0	200
	42	280	400	20,0	0,68	150	180	33	4,1	210
	38	290	380	19,5	0,67	145	190	32	4,0	220
	40	300	390	19,0	0,70	140	200	28	3,9	190
	41	280	380	20,5	0,60	150	190	30	3,9	200
	42	310	400	21,0	0,65	160	210	29	4,0	195
	40	300	395	19,5	0,70	155	200	32	4,1	200
	38	310	390	21,0	0,70	160	210	31	4,0	195
	мкА	В	В	кВ	А	В	мА	мА	Вт	мВ

Рисунки к задаче № 1.1

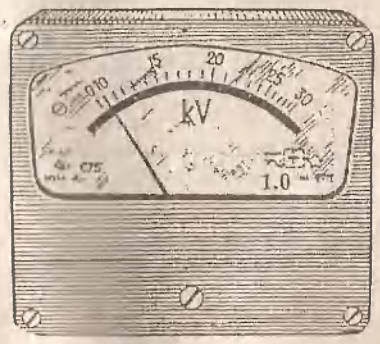


Вариант 1

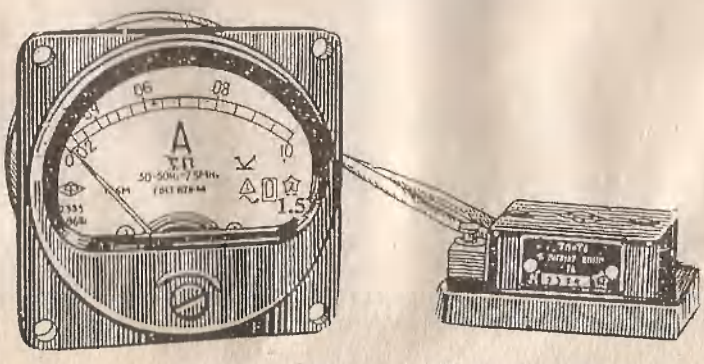


Вариант 2

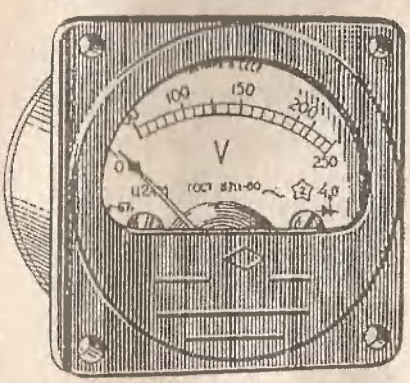
Вариант 3



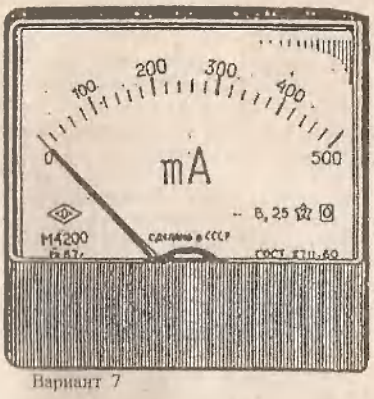
Вариант 4



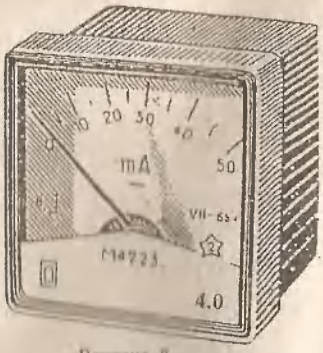
Вариант 5



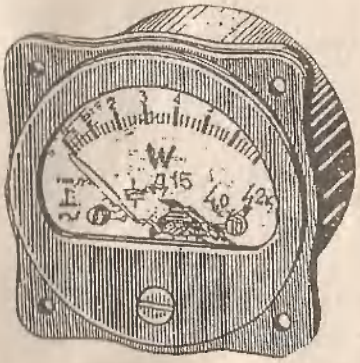
Вариант 6



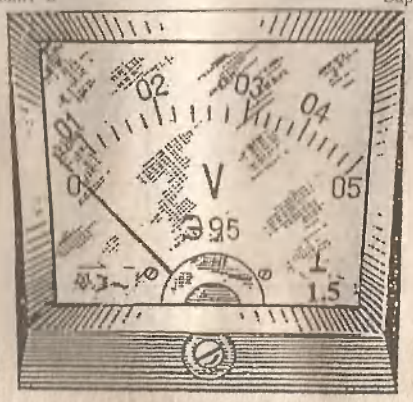
Вариант 7



Вариант 8



Вариант 9

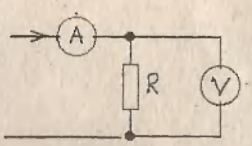


Вариант 10

Задача 1.2

Мощность или величина сопротивления (в зависимости от варианта) измеряется косвенным методом по показанию измерительных приборов : вольтметра и амперметра. Данные показаний и параметры измерительных приборов приведены в таблице 1.2 (по вариантам), где :

Uк – конечное значение шкалы вольтметра,
U –показание вольтметра ,
Kv-класс точности вольтметра,
Iк –конечное значение шкалы амперметра,
I – показание амперметра,
K_I –класс точности амперметра,
R – величина резистора ,
P – выделяемая мощность



Определите неизвестный параметр и погрешность этого косвенного измерения.

Таблица 1.2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Uк (В)	50	50	75	100	10	3	3	25	25	100
U (В)	40	25	40	50	5	2	1,5	20	20	50
Kv	1,5	1,5	1,0	1,0	1,5	2,5	1,5	1,0	1,5	1,5
Iк (мА)	1	1	100	100	50	0,5	100	250	125	50
I (мА)	0,5	0,5	75	50	10	0,2	70	100	125	25
K_I	1,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,5
R (Ом)	?	-	?	?	?	-	?	-	?	?
P (Вт)	-	?	-	-	-	?	-	?	-	-

Задача 1.3

Напряжение в указанных точках цепи (1 ,2 ,3) измеряется вольтметром с внутренним сопротивлением Rv.

Рассчитайте (по закону Ома для участка цепи) напряжение в указанных точках (данные для расчета приведены в таблице по вариантам).

Определите показание вольтметра в этих точках .

Рассчитайте величину систематической абсолютной и относительной погрешности измерения (класс точности вольтметра не учитывать).

Результаты вычислений сведите в таблицу.

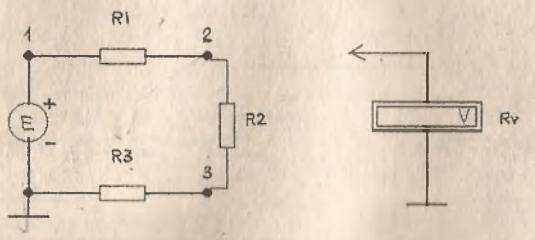


Таблица и рисунок к задаче № 1.3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1 кОм	10	30	20	10	12	50	15	40	40	15
R2 кОм	10	30	40	20	24	50	30	40	20	30
R3 кОм	10	60	20	30	36	50	15	20	10	20
E В	12	12	24	15	12	6	30	10	12	10
Rv кОм	10	20	60	20	30	100	30	50	25	25

Задача 1.4 не надо.

Назовите тип и определите показания трех вольтметров ,указанных в Вашем варианте (рис к задаче 1.4), и магнитоэлектрического вольтметра при измерении двух сигналов а и б , форма и параметры которых приведены в таблице 1.4.

Рисунки к задаче 1.4

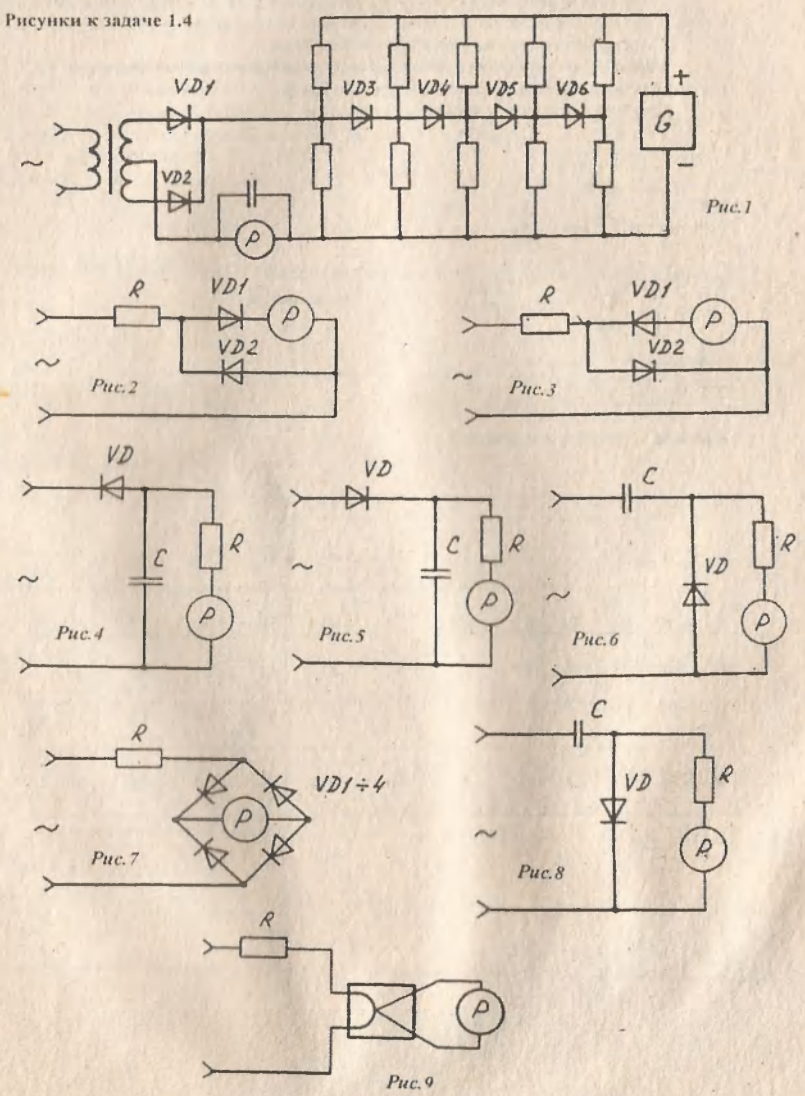
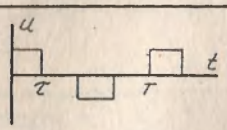
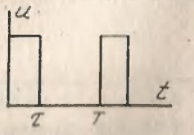
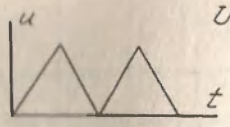
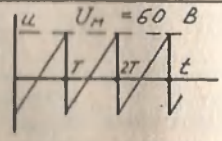
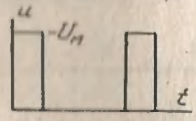
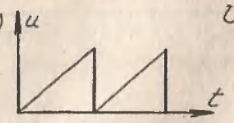
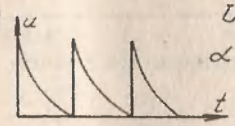
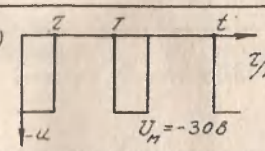
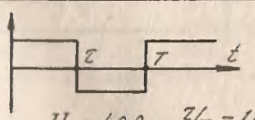
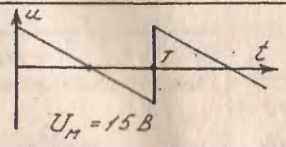


Рис.1 Рис.2 Рис.3 Рис.4 Рис.5 Рис.6 Рис.7 Рис.8 Рис.9

Таблица 1.4

Вариант	Измеряемые напряжения, В	Схемы вольтметра
I	2	3
I	а) $u(t) = 20 + 10\sin\omega t$ б)  $U_м = 40$ $\tau = 10$ мс $T = 40$ мс	Рис. 1, 2, 8 и магнитоэлектрической системы
2	а) $u(t) = 20\sin\omega t + 20\cos\omega t$ б)  $U_м = 30$ $\tau = 10$ мс $T = 30$ мс	Рис. 2, 5, 9 и магнитоэлектрической системы
3	а) $u(t) = 15 - 5\cos\omega t$ б)  $U_м = 15$	Рис. 1, 5, 6 и магнитоэлектрической системы
4	а) $u(t) = 20 - 20\cos\omega t$ б)  $U_м = 60$ В	Рис. 7, 8, 9 и магнитоэлектрической системы
5	а) $u(t) = 4\sin\omega t + 3\cos\omega t$ б)  $U_м = 20$ $\tau/T = 1/4$	Рис. 3, 8, 1 и магнитоэлектрической системы

Продолжение таблицы 1.4 Не надо.

I	2	3
6	а) $u(t) = 12 + 4\sin\omega t + 3\cos\omega t$ б)  $U_м = 18$	Рис. 1, 2, 5 и магнитоэлектрической системы
7	а) $u(t) = 20 + 20\cos\omega t$ б)  $U_м = 10$ $\alpha = \tau/T = 0{,}5$	Рис. 2, 5, 9 и магнитоэлектрической системы
8	а) $u(t) = 15 - 15\sin\omega t$ б)  $\tau/T = 1/3$ $U_м = -30$ В	Рис. 3, 5, 9 и магнитоэлектрической системы
9	а) $u(t) = 10\sin\omega t + 10\cos\omega t$ б)  $U_м = 40$ В. $\tau/T = 1/2$	Рис. 2, 6, 9 и магнитоэлектрической системы
10	а) $u(t) = 15 - 10\sin(\omega t + 45°)$ б)  $U_м = 15$ В	Рис. 1, 3, 9 и магнитоэлектрической системы

Задача № 1.5

1. Мощность величиной в 1 мВт выделяется на резисторах *R1, R2 ,R3 и R4* (величины указаны в таблице 1.5 для Вашего варианта). **Определите абсолютный уровень по напряжению на этих резисторах.** $L_н$

2. Указанные резисторы *R1 –R4* соединяются последовательно, и через них протекает ток **1 мА . Определите напряжение и уровень по напряжению на каждом из резисторов.**

3. Выходная нагрузка усилителя *Zн* .На ней выделяется мощность *Pн*. **Какой уровень по напряжению** надо подать на вход усилителя, если его входное сопротивление *Rвх* , а его усиление (по мощности) *Км*(дБ) ?

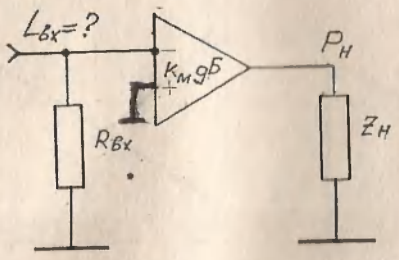


Таблица 1.5

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1 Ом	100	135	50	140	75	80	5	10	40	90
R2 Ом	600	600	300	500	25	130	160	50	150	40
R3 Ом	1500	1200	650	1000	600	570	1100	1200	1300	2000
R4 Ом	3000	2500	1600	2000	1200	1000	400	540	4000	710
Pн Вт	0,5	1,0	1,5	1,0	0,1	0,4	0,75	2,0	0,6	0,1
~~Zн~~ Rвх Ом	4	20	12	15	20	15	10	8	100	1000
Км, дБ	15	20	25	40	30	15	24	30	20	16

Контрольная работа № 2

Задача № 2 . 1

Приведите упрощенную функциональную схему электронного осциллографа. Объясните принцип получения изображения на экране осциллографа. Нарисуйте получающуюся на экране осциллографа осциллограмму **за один период развертки** для четырех случаев Вашего варианта.

Вид развертывающего напряжения **Ux**, подаваемого на горизонтально отклоняющие пластины, приведен на рисунках А, Б, В, Г, а его параметры и значение синусоидального напряжения, подаваемого на вертикальный вход **fy**, приведены в таблице 2.1 (по вариантам).

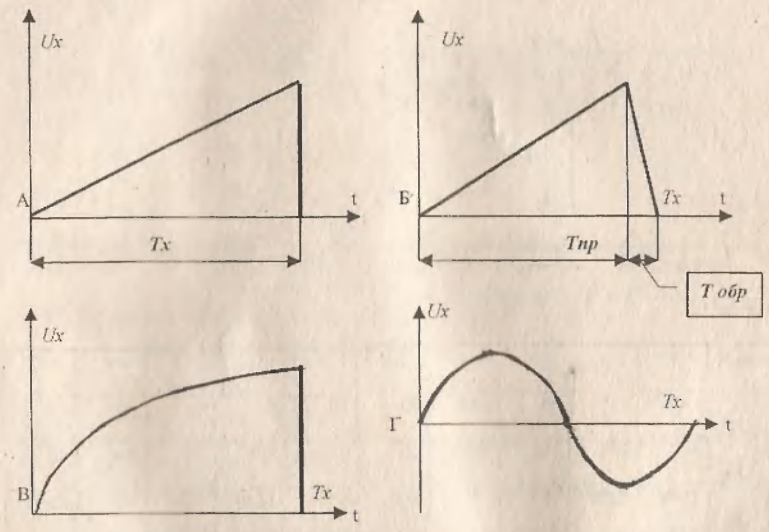
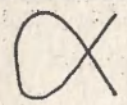
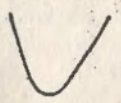
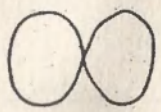
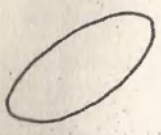
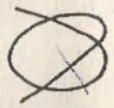
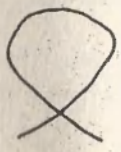
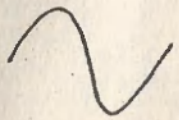
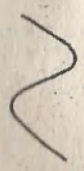
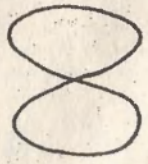


Таблица к задаче 2.1

значение параметров	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тх (мс)	1	1	1	1	0,5	0,5	1	2	2	1,5
Тпр (мс)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,4	0,4	0,75	1,5	1,75	1,25
Т обр (мс)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,1	0,1	0,25	0,5	0,25	0,25
fy (кГц)	1	2	3	4	1	2	4	2	4	4

Задача № 2.2

На экране осциллографа получена фигура Лиссажу,приведенная в таблице для Вашего варианта. Известно ,что $f_y = 1$ кГц Определите f_x и время, за которое луч описывает эту фигуру на экране.

Вариант	Фигура Лиссажу	Вариант	Фигура Лиссажу
I		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		I0	

Задача № 2.3

Нарисуйте схему для получения круговой развертки на экране осциллографа. Рассчитайте элементы RC цепочки и определите действующее значение напряжения генератора, которое к ней надо подвести, чтобы получить круг диаметром 4 см (данные приведены в таблице 2.3 по вариантам). Нарисуйте осциллограмму , получающуюся на экране , если на вход « Z « подать синусоидальное напряжение частотой 10 к Гц.

Таблица 2.3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота круговой развертки кГц	1	5	10	2,5	2	1	2	2,5	5	10
Чувствительность (мм/В) по вертикали	5	1	2	3	1,5	4	1,5	2,5	5	0,5
По горизонтали (мм/В)	1	0,5,	1	0,5	0,5	1	0,5	1,5	1,5	0,4

Задача № 2.4

Нарисуйте упрощенную функциональную схему цифрового частотомера, кратко поясните принцип его действия. Определите максимальную систематическую погрешность измерения двух частот (по Вашему варианту ,в таблице), если время измерения To=1 с, а основная погрешность кварцевого генератора $\delta = \pm 10^{-7}$.Что можно рекомендовать для уменьшения погрешности измерения ? [1, с. 233-235; 2, с. 77, 78]

Таблица 2.4

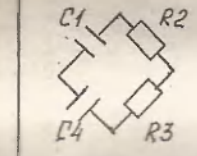
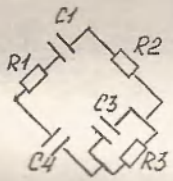
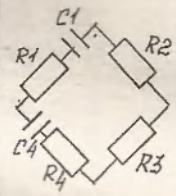
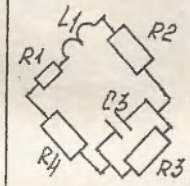
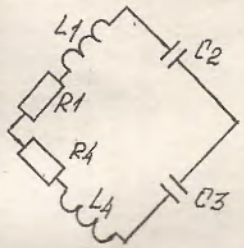
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F1 (Гц)	5	10	15	10	20	30	6	15	30	25
F2 (МГц)	5	10	15	20	10	15	20	10	25	10

Задача № 2.5

Мостовая схема для определения величины комплексного сопротивления Z приведена на в таблице 2.5 в соответствии с Вашим вариантом. **Составьте уравнение баланса моста, определите неизвестные элементы**

перечертить

Таблица 2.5

Условие к задаче 2.4	Варианты									
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
Схема моста										
Известные элементы: R Ом; C пф; L мГ	R_2=I00 R_3=500 C_4=I800	R_2=800 R_3=I200 C_1=2500	R_1=I50 R_2=450 C_1=2500 C_4=450	R_2=I80 R_3=3600 C_3=2I00 C_4=5I0	R_2=I50 R_3=450 R_4=50 C_4=I500	R_1=200 R_2=40 R_3=400 C_1=2000	R_2=3400 R_3=425 R_4=I000 C_3=I00	R_1=8000 R_2=6800 R_4=500 L_1=8,5	R_1=I400 C_2=4I00 C_3=200 L_4=32	R_1=700 C_2=2I0 C_3=4200 L_1=48
Требуется определить	C_1	C_4	R_3; C_3	C_1; R_1	R_1; C_1	R_4; C_4	R_1; L_1	R_3; C_3	R_1; L_1	R_4; L_4

Внимание! Задача 2.6 А решается студентами специальности 2004 и 2005, а задача 2.6 Б студентами специальности 2006.

Задача № 2.6 А

В а р и а н т ы I – 5. Для определения расстояния до места повреждения изоляции одного из проводов симметричной цепи протяженностью I км был применен метод Варлея. По схеме, приведенной на рис. 4, было проведено два измерения при положении переключателя S на контактах Ш и А.

Приведите электрическую принципиальную схему измерения, напишите уравнения при равновесии рассматриваемой схемы для I-го и 2-го измерений. Рассчитайте расстояние до места повреждения ℓ_x, если при измерении были получены результаты, приведенные в табл. 2.6, где R_o – значение образцового магазина сопротивлений при I-ом измерении в момент равновесия моста (переключатель в положении "Ш"); R_o' – значение образцового магазина сопротивлений при 2-ом измерении в момент равновесия моста (переключатель в положении "А").

Отношение балансных плеч в схеме R_1/R_2 = I.

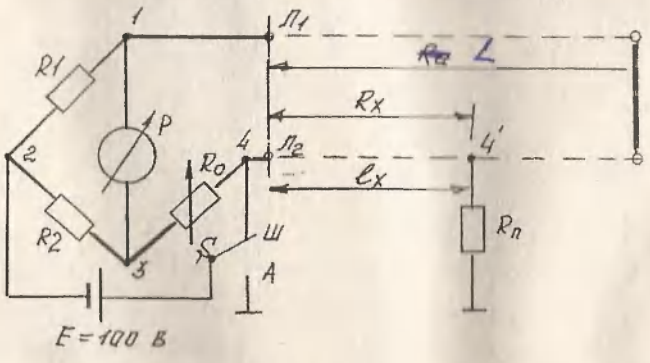


Рис. 2.6

В а р и а н т ы 6 – I0. Для определения расстояния до места повреждения изоляции одного из проводов симметричной цепи протяженностью ℓ км был применен метод Муррея.

Приведите электрическую принципиальную схему измерения, напишите уравнения при равновесии схемы.

Рассчитайте расстояние до места повреждения ℓ_x , если при измерении были получены результаты, приведенные в табл. 2.6

Таблица 2.6

Параметр	Вариант									
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
R_o, Ом	400	600	200	200	300	–	–	–	–	–
R'_o, Ом	50	I50	40	I00	I50	–	–	–	–	–
r_a, Ом	–	–	–	–	–	990	990	990	990	990
$r_б$, Ом	–	–	–	–	–	60	70	80	I00	90
$r_{доб}$, Ом	–	–	–	–	–	I0	20	50	20	30
$R_{шл}$, Ом	–	–	–	–	–	400	500	800	600	600
ℓ, км	7	I0	I2	20	I0	I2	I0	20	I5	I5

Методические указания

Методы определения расстояния до места повреждения изоляции изложены в [2 , с. 88-91] .

Записав уравнения равновесия и получив таким образом систему двух уравнений с неизвестными $R_ш$ и R_x , следует ее решить относительно этих неизвестных.

Для определения расстояния ℓ_x до места повреждения воспользуйтесь пропорциональностью сопротивления провода его длине $R_x / R_ш = \ell_x / 2\ell$.

Для вариантов 6 – I0 электрическая принципиальная схема для определения расстояния до места повреждения изоляции методом Муррея приведена в [2, с. 89] .

Из уравнения равновесия определите величину сопротивления провода до места повреждения r_x . Далее, используя пропорциональность сопротивления провода его длине, выведите формулу для определения расстояния до места повреждения.

Рассчитайте это расстояние.

Задача 2.6 Б
для специальности 2007 РС

Измерение полного сопротивления нагрузки проводилось с помощью измерительной линии. Опишите методику проведения таких измерений.

Определите с помощью круговой диаграммы сопротивление нагрузки, если известны:

показания индикатора измерительной линии в пучности (максимуме) A_{max} и в узле (минимуме) A_{min} ;

расстояние от нагрузки до ближайшего минимума напряженности электрического поля S ;

длина волны $\lambda_в$ или расстояние между двумя соседними узлами в измерительной линии ℓ ;

волновое сопротивление линии ρ .

Данные к задаче приведены в табл. 2.6 Б

Таблица 2.6 Б

Параметр	Значения параметров для вариантов									
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
A_{max}	I40	I20	I20	I00	240	I30	I40	I00	I20	50
A_{min}	40	60	30	I5	I0	70	70	20	40	I5
S, мм	I20	I90	85	30	I2	I40	I5	50	60	5
ℓ, мм	300	350	2I0	300	200	–	–	–	–	–
$\lambda_в$, мм	–	–	–	–	–	300	30	I50	200	30
ρ Ом	50	75	50	75	75	600	I35	600	75	50

ЛИТЕРАТУРА

1. Хромой Б.П., Моисеев Ю.Г. Электрорадиоизмерения. – М.: Радио и связь, 1985.

2. Шумилин Н.П. Измерения в технике проводной связи. – М.: Связь, 1980.

3. Яловицкий М.П. Электрические измерения на линиях связи. – М.: Радио и связь, 1984.