

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П. Королева

ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Методические указания
к лабораторной работе

Куйбышев 1990

Составители: В.М. Гречишников, М.А. Федоров
УДК 621.317

Измерение переменных напряжений: Метод. указания/ Куй-
бышев. авиац. ин-т; Сост. В.М. Гречишников, М.А. Федоров.
Куйбышев, 1990. 8 с.

Указания являются руководством к выполнению лабораторной работы при изучении курса "Электрорадиоизмерения". Содержат описание лабораторной работы, требования к ее выполнению и оформлению, перечень рекомендуемой литературы. В работе рассматриваются методы и средства измерения переменных напряжений, принципы действия и основные характеристики вольтметров переменного тока с целью приобретения практических навыков в работе с ними.

Указания предназначены для студентов специальностей 0701, 0705, 0646. Подготовлены на кафедре электротехники.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С.П. Королева

Рецензент Б.К. Брюханов

Ц е л ь р а б о т ы - ознакомиться с методами и средствами измерения переменных напряжений, изучить принципы действия и основные характеристики вольтметров переменного тока, приобрести практические навыки в работе с ними.

Используемая аппаратура:

вольтметры ВЗ-38, ВЗ-48, В7-16;

генератор Г4-117;

набор сопротивлений: 1 кОм, 10 кОм, 20 кОм, 200 кОм, 500 кОм;

осциллограф СИ-68;

генератор Г5-54.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

1. Изучить материал по литературе, предложенной в рекомендательном библиографическом списке [1-4].

2. Нарисовать функциональные схемы: вольтметра для измерения средневыврямленного значения напряжения, вольтметра для измерения среднеквадратичного значения напряжения, цифрового вольтметра на время-импульсном методе измерения напряжения.

3. Ответить на вопросы:

- 1/ Какой характер должен иметь рабочий участок вольтамперной характеристики детектора для устранения влияния формы измеряемого напряжения на точность градуировки индикатора в действующих значениях?
- 2/ На каких частотах производятся измерения переменных напряжений вольтметрами ВЗ-38, ВЗ-48, В7-16?
- 3/ Чем обусловлена погрешность измерения детекторными приборами тока различной формой кривой?
- 4/ Какие формулы используются для оценки точности?
- 5/ Как работает вольтметр для измерения пиковых значений напряжений?
- 6/ Каковы технические характеристики прибора СИ-68?

7/ Как получить с генератора Г4-И17 необходимое напряжение?

ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться со схемой вольтметра ВЗ-38, определить назначение отдельных элементов схемы.
2. Снять данные и построить график амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) вольтметра ВЗ-38. Определить номинальную область частот при заданном уровне частотной погрешности.
3. Снять данные и построить график амплитудной характеристики (АХ) вольтметра ВЗ-38. Определить относительную амплитудную погрешность, построить график.
4. Определить составляющие входного сопротивления вольтметра ВЗ-38. Экспериментально определить значения относительного изменения напряжения U_1 и U_2 при значениях $R = 200$ кОм и $R = 20$ кОм. Сравнить полученные значения с расчетными.
5. Снять данные и построить графики АХ вольтметра ВЗ-38 при измерении несинусоидальных напряжений. Сравнить полученные данные.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Определение входного сопротивления вольтметра

1. Схема замещения входной цепи вольтметра изображена на рис. 1.

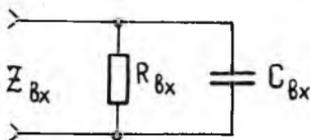


Рис. 1

Входное сопротивление $Z_{вх}$ равно

$$Z_{вх} = \frac{R_{вх}}{1 + j\omega R_{вх} C_{вх}} \quad (1)$$

На частоте 200 Гц $\frac{1}{\omega C_{вх}} \gg R_{вх}$, следовательно $Z_{вх} \approx R_{вх}$.
 На частоте 200 кГц $R_{вх} \gg \frac{1}{\omega C_{вх}}$, следовательно $Z_{вх} \approx \frac{1}{\omega C_{вх}}$.

Измерение входного сопротивления вольтметра производится по схеме, представленной на рис. 2.

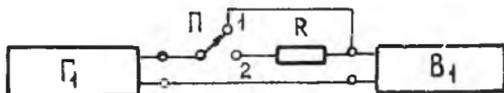


Рис. 2

При положении 1 ключа Π напряжение с генератора Г4-117 подается непосредственно на вольтметр ВЗ-38, с которого снимается показание U_1 , при положении 2 ключа Π - U_2 .

Активная составляющая $R_{вх}$ определяется при $R = 200$ кОм и $f = 200$ Гц по формуле

$$R_{вх} = \frac{U_2}{U_1 - U_2} R, \quad (2)$$

где U_1 и U_2 - показания вольтметра ВЗ-38 соответственно при положениях 1 и 2 ключа Π .

Входная емкость $C_{вх}$ определяется при $R = 20$ кОм и $f = 100$ кГц по формуле

$$C_{вх} = \frac{1}{\omega R} \sqrt{\left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 - 1}. \quad (3)$$

2. Определить зависимость входного сопротивления вольтметра ВЗ-38 при изменении частоты $R_{вх} = F(f)$.

Собрать схему (рис. 2) и измерить напряжение генератора Г4-117 на частотах: 100, 1000, 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 Гц; при $R = 20$ кОм и $R = 200$ кОм (или значениях сопротивления, указанных преподавателем). Напряжение на выходе генератора необходимо поддерживать постоянным по вольтметру ВЗ-48.

Данные измерений и вычислений занести в табл. I.

Т а б л и ц а I

$f, \text{Гц}$	$R = 20 \text{ кОм}$			$R = 200 \text{ кОм}$		
	U_1	U_2	$R_{вх}$	U_1	U_2	$R_{вх}$
10						
10^2						
10^3						
10^4						
10^5						
10^6						
10^7						

По данным табл. I построить график $R_{BX} = f(f)$.

3. Определить влияние входного сопротивления вольтметра на результат измерения.

Пусть требуется при помощи вольтметра с входным сопротивлением R_{BX} измерить напряжение U_1 на сопротивлении Z (рис. 3),

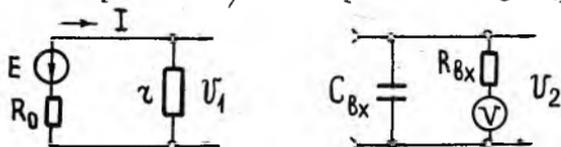


Рис. 3

которое питается от источника с напряжением E и внутренним сопротивлением R_0 .

При подключении вольтметра в результате шунтирования Z сопротивлением R_{BX} вольтметра напряжение станет равным U_2 . Если внутреннее сопротивление R_0 источника близко к нулю, напряжение на вольтметре будет равно напряжению источника $E = U_1$ независимо от входного сопротивления вольтметра. Если сопротивление $R_0 \gg 1$, то можно считать, что при подключении вольтметра ток I , потребляемый от источника, остается неизменным, т.е.

$$I = \frac{U_1}{Z} = \frac{U_2}{Z} + \frac{U_2}{R_{BX}} \quad (4)$$

Относительная величина изменения напряжения δ найдется так:

$$\delta = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \approx \frac{U_1 - U_2}{U_2} = \frac{Z}{R_{BX}} = Z \sqrt{\frac{1}{R_{BX}^2} + (\omega C_{BX})^2} \quad (5)$$

При низких частотах, когда $\frac{1}{R_{BX}} \gg \omega C_{BX}$,

$$\delta_H = \frac{Z}{R_{BX}} \quad (6)$$

При высоких частотах $\omega C_{BX} \gg \frac{1}{R_{BX}}$, поэтому

$$\delta_B = Z \omega C_{BX} \quad (7)$$

Зная величины Z , R_{BX} , C_{BX} и ω , вычислить δ_H и δ_B . Экспериментальное определение δ_H и δ_B производится по схеме (рис. 4) для значений $Z = 1$ кОм и $Z = 10$ кОм.

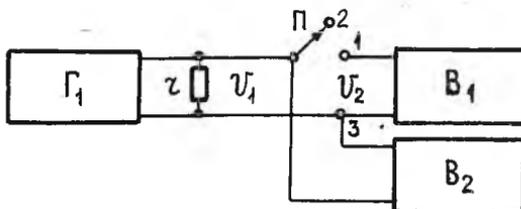


Рис. 4

Устанавливается частота генератора Г4-ИИ7 $f_H = 200$ Гц и измеряется напряжение на сопротивлении z_1 (z_2) сначала вольтметром ВЗ-48 (U_1), затем с помощью исследуемого вольтметра ВЗ-38 (U_2).

Аналогично измеряется U_1 и U_2 при частоте генератора Г4-ИИ7 $f = 200$ кГц.

Расчетные значения δ_H и δ_B определяются по формулам (6) и (7). Экспериментальные значения δ_H и δ_B - по формуле (4).

Результаты измерений сводятся в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

$z,$ ОМ	$f = 200$ Гц				$f = 200$ кГц			
	U_1	U_2	δ_H		U_1	U_2	δ_B	
			расч.	эксп.			расч.	эксп.
z_1								
z_2								

Определение АЧХ вольтметра ВЗ-38

Измерения проводятся по схеме (рис. 5).

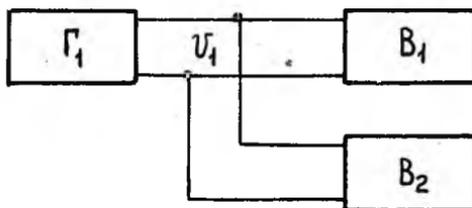


Рис. 5

Напряжение от генератора Г4-ИИ7 подается одновременно на вход вольтметра ВЗ-38 и образцового - ВЗ-48. Изменяя частоту генератора

Г4-И17 в пределах от 100 до 10 Гц при постоянной величине входного напряжения U_1 , которое измеряется образцовым вольтметром ВЗ-48, снимаем значения напряжения U_2 с вольтметра ВЗ-38.

Данные измерения занести в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

$f, \text{Гц}$	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7
$U_1, \text{В}$							
$U_2, \text{В}$							
$\Delta U, \text{В}$							
$\delta_f, \%$							

По данным табл. 3 построить график $\delta_f = F(f)$.

Определить номинальную область частот при заданном уровне частотной погрешности.

Определение АХ вольтметра ВЗ-38

Амплитудная характеристика $U_2 = F(U_1)$ снимается по схеме (рис.5) при $f = 1 \text{ кГц}$, $U_1 = 0 \div 1 \text{ В}$. Амплитудная характеристика снимается в 5...7 точках. Результаты измерений сводятся в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

$U_1, \text{В}$						
$U_2, \text{В}$						
$\Delta U, \text{В}$						
$\delta_U, \%$						

По полученным данным построить график относительной погрешности $\delta_U = F(U_1)$.

Измерение амплитуды пульсаций постоянного напряжения осциллографом С1-68

1. Подключить к источнику ВСА-0,5 осциллограф С1-68 с закрытым входом, для чего соединительный кабель подать на вход "У" осциллографа емкостью 40 пф.

2. Измерить амплитуду пульсаций.

3. Переключить вход осциллографа на "открытый".

4. Измерить амплитуду пульсаций.

5. Сравнить показания пп.2 и 4. Дать объяснения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОТЧЕТА

1. Каковы назначение и принцип действия генератора Г4-117?
2. Объясните структурную схему и назначение ее элементов генератора Г4-117.
3. По каким блок-схемам выполняются вольтметры переменного тока? Объясните их преимущества и недостатки.
4. Объясните работу вольтметра ВЗ-38 по его структурной схеме.
5. Объясните работу вольтметра ВЗ-48 по его структурной схеме.
6. Каковы назначение и принцип действия осциллографа С1-68?
7. Как измерить амплитуду синусоидального напряжения с помощью осциллографа С1-68?
8. Что такое открытый и закрытый вход осциллографа С1-68?

Рекомендательный библиографический список

1. Атамалин Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. М.: Высш.шк., 1982. 223 с.
2. Кушнир Ф.В., Савенко В.Г. Электрорадиоизмерения. Л.: Энергия, 1977. 480 с.
3. Справочник по радиоизмерительным приборам /Под ред. В.С.Насонова. М.: Сов.радио, 1977 - ... Т.1. 1977. 230 с.; Т.2.1978. 272 с.; Т. 3. 1979. 423 с.
4. Шляндин В.М. Цифровые измерительные устройства. М.: Энергия, 1981. 560 с.

ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Составители: Г р е ч и ш н и к о в Владимир Михайлович
Ф е д о р о в Михаил Андреевич

Редактор Н.Д.Ч а й н и к о в а
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор Н.Д.Ч а й н и к о в а

Подписано в печать 1.10.90. Формат 60x84 1/16.
Бумага оберточная белая. Печать офсетная.
Усл.п.л. 0,5. Усл.кр.-отт. 0,6. Уч.-изд.л. 0,4.
Тираж 500 экз. Заказ № 5482. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443086, Куйбышев, Московское шоссе, 34.

Обл. тип. им.В.П.Мяги Куйбышевского полиграфического
объединения. 443099, Куйбышев, ул.Венцека,60.