

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА**

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ
ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ**

САМАРА 2001

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Методические указания к лабораторной работе

Составитель *В.М. Гречишников*

УДК 621.317.

Методы и средства измерения переменных напряжений:
Методические указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Сост.
В.М. Гречишников. Самара, 2001. 8 с.

Даны необходимые сведения по выполнению работы, указан порядок проведения эксперимента, обработки результатов, а также сформулированы контрольные вопросы для отчёта по лабораторной работе.

Рекомендуются для студентов, обучающихся по специальностям 2007, 2015, 1310 по дисциплинам "Метрология и радиоизмерения", "Электрические измерения". Подготовлены на кафедре "Электротехника".

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва.

Рецензент д-р техн. наук, проф. *Семкин Н. Д.*

Лабораторная работа

Измерение переменных напряжений

Ц е л ь р а б о т ы – ознакомление с методами и средствами измерения переменных напряжений, изучение принципов действия и метрологических характеристик измерителей переменных напряжений, приобретение практических навыков в работе с ними.

Аппаратура: вольтметры ВЗ-38 и В7-16, генератор ГЗ-109, осциллограф С1-96 (С1-98)

Предварительная подготовка к работе

Изучить материал по литературе и техническим описаниям измеряемых приборов и ответить на контрольные вопросы.

[1] - с.63-66, 123-138; [2] - с.199, 207-210; [3] – с. 25-30, 75-86; [4] - 39-40, 107-108

Порядок выполнения работы

1. Определить зависимость входного сопротивления вольтметра ВЗ-38 от частоты:

1.1. Собрать схему рис. 1.

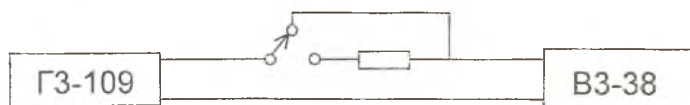


Рис. 1

1.2. Измерить вольтметром ВЗ-38 напряжение генератора ГЗ-109 на частотах: 100, 1000, 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 Гц без сопротивления R_0 и с последовательно включенным сопротивлением R_0 , значение которого будет указано преподавателем.

Данные измерений и вычислений занести в табл. 1 и отобразить графически.

Таблица 1

f, Гц	10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷
U ₁ , В							
U ₂ , В							
$R_{\text{вх}} = \frac{U_2 R_0}{U_1 - U_2}$							

1.3 Для каждого значения частоты рассчитать относительную погрешность измерения входного сопротивления вольтметра ВЗ-38 $\gamma_{\text{РВХ}}$ по формуле вычисления погрешностей косвенных измерений:

$$\gamma_{\text{РВХ}} \pm \frac{1}{R_{\text{ВХ}}} \sqrt{\left(\frac{dR_{\text{ВХ}}}{dU_1} \Delta U_1 \right)^2 + \left(\frac{dR_{\text{ВХ}}}{dR_0} \Delta R_0 \right)^2 + \left(\frac{dR_{\text{ВХ}}}{dU_2} \Delta U_2 \right)^2}, \quad (1)$$

где ΔU_1 , ΔU_2 – абсолютные погрешности вольтметра ВЗ-38, определяемые по значению его приведённой погрешности γ_u на данном поддиапазоне измерения U_{max} ($\Delta U = \gamma_u \cdot U_{\text{max}}$), $\Delta R_0 = \gamma_{R_0} R_0$, γ_{R_0} – относительная погрешность изготовления резистора R_0 ($\gamma_{R_0} = 1\%$; $R_0 = 56$ кОм), $R_{\text{вх}}$ – расчётное значение входного сопротивления на заданной частоте (табл. 1)

1.4 Результаты вычислений по формуле (1) отобразить графически в виде функции $R_{\text{вх}} = F(f)$

2. Определить зависимость показаний вольтметра ВЗ-38 от частоты измеряемого напряжения:

2.1. Подсоединить вольтметры ВЗ-38 и В7-16 к выходным клеммам генератора ГЗ-109 и установить напряжение, указанное преподавателем. Изменяя частоту генератора в диапазоне $20 - 10^5$ Гц и поддерживая выходное напряжение генератора постоянным, при помощи вольтметра В7-16 произвести измерения напряжения вольтметром ВЗ-38, результаты которых занести в табл. 2.

Таблица 2

f, Гц	100	1000	10 ⁴	10 ⁵
U, В				
$\Delta U = U_1 - U_0$, В				
$\delta_f = \frac{\Delta U}{U_0} 10^{20}\%$				

2.2. Определить относительную погрешность и построить график зависимости $\delta_f = F(f)$ этой погрешности от частоты.

3. Произвести поверочные испытания вольтметра ВЗ-38 и осциллографа С1-96 (С1-98).

Для этого собрать схему на рис. 2.

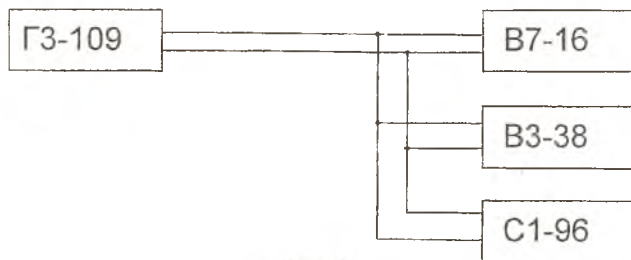


Рис. 2

3.1 Установить частоту выходного напряжения генератора ГЗ-109 равной 10 кГц.

3.2 Изменяя амплитуду выходного напряжения генератора в диапазоне 0-15 В с шагом 0.5 В произвести измерение напряжения генератора цифровым вольтметром В7-16 ("образцовым прибором") и поверяемыми приборами ВЗ-38 и С1-96. Результаты измерений свести в табл. 3

Таблица 3

U, В, В7-16	0	0.5	1	1.5	13.5	14	14.5	15
U, В, ВЗ-38								
U, В, С1-96								

3.3 Пользуясь методом наименьших квадратов, выполнить аппроксимацию функции преобразования приборов ВЗ-38 и С1-96 по уравнениям прямой

$$U_{\text{п}} = KU_{\text{эт}} + U_0,$$

где $U_{\text{п}}$ – показания "поверяемого" вольтметра, $U_{\text{эт}}$ – показания "образцового" вольтметра.

Параметры аппроксимирующих прямых вычислить по формулам

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^n U_{\text{п}i} U_{\text{эт}i} - \sum_{i=1}^n U_{\text{п}i} \sum_{i=1}^n U_{\text{эт}i}}{n \sum_{i=1}^n U_{\text{п}i}^2 - \left(\sum_{i=1}^n U_{\text{п}i} \right)^2};$$

$$U_0 = \frac{\sum_{i=1}^n U_{\pi_i}^2}{(n-2)} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n U_{\pi_i} \right)^2}{n(n-2)} - \frac{\left(n \sum_{i=1}^n U_{\text{эт}i} U_{\pi_i} - \sum_{i=1}^n U_{\text{эт}i} \sum_{i=1}^n U_{\pi_i} \right)^2}{\left[n \sum_{i=1}^n U_{\text{эт}i}^2 - \left(\sum_{i=1}^n U_{\text{эт}i} \right)^2 \right] (n-2)n},$$

где n - число точек контроля ($n=30$)

3.4 Вычислить среднеквадратическое отклонение экспериментальных точек относительно аппроксимирующих прямых по формуле

$$\sigma_0 = \frac{\sum_{i=1}^n U_{\text{эт}i}^2 \sum_{i=1}^n U_{\pi_i} - \sum_{i=1}^n U_{\text{эт}i} \sum_{i=1}^n U_{\text{эт}i} U_{\pi_i}}{n \sum_{i=1}^n U_{\text{эт}i}^2 - \left(\sum_{i=1}^n U_{\text{эт}i} \right)^2}.$$

3.5 Вычислить результирующие погрешности ΔU поверяемых приборов с учетом аддитивной U_0 и мультипликативной составляющих:

$$\Delta U = \pm (U_0 + \gamma_s U_{\text{эт}}), \quad \gamma_s = \frac{K_n - K_{\text{эт}}}{K_{\text{эт}}}, \text{ где } K_{\text{эт}} = 1.$$

3.6 Определить классы точности поверяемых приборов по формуле

$$\delta = \frac{\Delta U}{U_{\text{эт}}} * 100\% = \pm \left[C + d \left(\left| \frac{U_k}{U} \right| - 1 \right) \right] \%,$$

где δ – пределы допускаемой относительной погрешности в %;

$C = \gamma_s + d$; $d = \frac{U_0}{|U_k|}$, где U_k – верхний предел измерения на

данном поддиапазоне, C и d – положительные числа, выбираемые из стандартного ряда: $1 \cdot 10^n$; $1.5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2.5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$ ($n=1, 0, -1, -2$ и т.д.)

Результаты расчетов сравнить с паспортными характеристиками поверяемых приборов.

3.7 Оценить классы точности поверяемых приборов для случаев:

- 1) при $U_0=0, \gamma_s \neq 0$; 2) при $\gamma_s=0, U_0 \neq 0$

Контрольные вопросы

1. Метрологические характеристики применяемой в работе измерительной аппаратуры (диапазоны измерения, частотный диапазон, $R_{вх}$, класс точности и др.).
2. Принцип действия цифрового вольтметра время - импульсного преобразования (В7-16).
3. Факторы, определяющие порог чувствительности применяемого вольтметра В7-16.
4. Каким образом и для чего осуществляется калибровка и установка нуля в цифровом вольтметре В7-16?
5. В чём сущность погрешности квантования, погрешности воспроизведения уровня квантования, погрешности датирования отсчётов в цифровых вольтметрах?
6. Правила обозначения классов точности измерительных приборов.
7. Правила нормирования класса точности вольтметров для трёх случаев: 1 – при наличии только аддитивной составляющей, 2 – при наличии только мультипликативной составляющей, 3 – при наличии аддитивной и мультипликативной составляющих.
8. Объясните частотные свойства вольтметра В3-38 с помощью эквивалентной схемы его входной цепи.
9. Выведите формулу для расчёта зависимости $R_{вх}(f)$
10. Факторы, определяющие погрешности электронного вольтметра В3-38.
11. Правила пользования логарифмической шкалой вольтметра В3-38.
12. Чем определяется динамический и частотный диапазоны вольтметра В3-38?
13. Структурная схема, принцип действия и технические характеристики генератора ГЗ-109?
14. В чём отличие режима работы генератора ГЗ-109 в режимах «АГТ» и «нагрузка Ω »?
15. Как по результатам обработки экспериментальных данных определить аддитивную и мультипликативную составляющие поверяемых вольтметров и определить их класс точности?
16. На каких принципах строятся эталоны единицы электрического напряжения?
17. Функциональные схемы электронных вольтметров переменного тока.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к отчету

1. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1985.
2. Курзенков Г.Д. Основы метрологии в авиаприборостроении. – М.: Изд-во МАИ, 1990.
3. Кушнир Ф.Ф. Электрорадиоизмерения: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. отд-ние, 1983.
4. Алиев Т.М., Тер-хачатуров. Измерительная техника: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1991.

Учебное издание

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ
ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ**

Методические указания к лабораторной работе

Составитель *Гречишников Владимир Михайлович*

Редактор Т. К. К р е т и н и н а
Компьютерная верстка О. А. А н а н ь е в

Лицензия № 020301 от 30 декабря 1996 г.

Подписано в печать 27.11.2001. Формат 60×84 1/16.

Бумага газетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,46. Усл. кр-отт. 0,5. Уч.-изд. л. 0,5.

Тираж 100 экз. Заказ *118* . Арт. С-4(Д4)/2001.

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П. Королёва.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.