

**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. Гречинников*

УДК 621.317.

**Методы и средства измерения переменных напряжений:**  
Методические указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Сост.  
*В.М. Гречинников*. 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

Цель работы – 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 В3-38 и В7-16, генератор Г3-109, 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 В3-38 от частоты:

1.1. Собрать схему рис. 1.

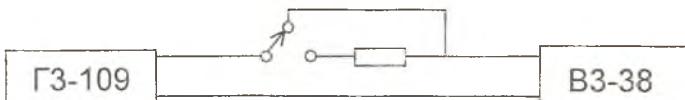


Рис. 1

1.2. Измерить вольтметром В3-38 напряжение генератора Г3-109 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

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

1.3 Для каждого значения частоты рассчитать относительную погрешность измерения входного сопротивления вольтметра В3-38  $\gamma_{R_{\text{bx}}}$  по формуле вычисления погрешностей косвенных измерений:

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

где  $\Delta U_1, \Delta U_2$  – абсолютные погрешности вольтметра В3-38, определяемые по значению его приведённой погрешности  $\gamma_u$  на данном поддиапазоне измерения  $U_{\text{max}}$  ( $\Delta U = \gamma_u * U_{\text{max}}$ ),  $\Delta R_0 = \gamma_{R_0} R_0$ ,  $\gamma_{R_0}$  – относительная погрешность изготовления резистора  $R_0$  ( $\gamma_{R_0} = 1\%$ ;  $R_0 = 56 \text{ кОм}$ ),  $R_{\text{bx}}$  – расчётное значение входного сопротивления на заданной частоте (табл. 1)

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

2. Определить зависимость показаний вольтметра В3-38 от частоты измеряемого напряжения:

2.1. Подсоединить вольтметры В3-38 и В7-16 к выходным клеммам генератора Г3-109 и установить напряжение, указанное преподавателем. Изменяя частоту генератора в диапазоне  $20 - 10^5 \text{ Гц}$  и поддерживая выходное напряжение генератора постоянным, при помощи вольтметра В7-16 произвести измерения напряжения вольтметром В3-38, результаты которых занести в табл. 2.

Таблица 2

$f, \text{Гц}$	$100$	$1000$	$10^4$	$10^5$
$U, \text{В}$				
$\Delta U = U_1 - U_0, \text{В}$				
$\delta_f = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot 10^{-2}\%$				

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

3. Произвести поверочные испытания вольтметра В3-38 и осциллографа С1-96 (С1-98).

Для этого собрать схему на рис. 2.

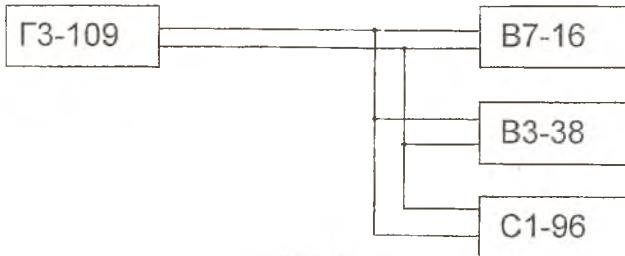


Рис. 2

3.1 Установить частоту выходного напряжения генератора Г3-109 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 В3-38 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, В3-38								
U, В, С1-96								

3.3 Пользуясь методом наименьших квадратов, выполнить аппроксимацию функции преобразования приборов В3-38 и С1-96 по уравнениям прямой

$$U_p = KU_{\text{эт}} + U_0,$$

где  $U_p$  – показания "проверяемого" вольтметра,  $U_{\text{эт}}$  – показания "образцового" вольтметра.

Параметры аппроксимирующих прямых вычислить по формулам

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

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

где  $n$  - число точек контроля ( $n=30$ )

3.4 Вычислить среднеквадратическое отклонение экспериментальных точек относительно аппроксимирующих прямых по формуле

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

3.5 Вычислить результирующие погрешности  $\Delta U$  поверяемых приборов с учетом аддитивной  $U_0$  и мультипликативной составляющей:

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

3.6 Определить классы точности поверяемых приборов по формуле

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

где  $\delta$  – 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:  $1 * 10^n; 1.5 * 10^n; 2 * 10^n; 2.5 * 10^n; 4 * 10^n; 5 * 10^n; 6 * 10^n$  ( $n=1, 0, -1, -2$  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,  $R_{bx}$ , 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  $R_{bx}(f)$ .
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 Г3-109?
14. В чём отличие режима работы генератора Г3-109 в режимах «АТГ» и «нагрузка  $\Omega$ »?
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.: Энергатомиздат, 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 Гречиников Владимир Михайлович

Редактор Т. К. Кретинина  
Компьютерная верстка О. А. Ананьев

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.

---

ИПО Самарского государственного аэрокосмического  
университета. 443001 Самара, ул. Молодогвардейская, 151.