

Лабораторная работа № 2

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 ВЗ-38 и В7-16, генератор ГЗ-112/1, осциллограф С1-96 (С 1-98), универсальный лабораторный стенд по информационно - измерительной технике, два коаксиальных разветвителя.

1 Предварительная подготовка к работе

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

[1] - с. 63-6,123-138; [2] - с. 199,207-210; [3] - с. 25-30, 75-86; [4] - 39-40,107-108, [5]-с. 176-212.

2 Содержание лабораторной работы

2.1 Определить входное сопротивление $R_{вх}$ вольтметра ВЗ-38 и его зависимость от частоты.

2.2 Произвести измерение напряжения синусоидальной и несинусоидальной форм и определить коэффициенты формы и амплитуды.

3 Методические указания к работе

3.1 Измерение $R_{вх}$ вольтметра ВЗ-38 осуществляется по схеме, изображенной на рис.2.1 в следующей последовательности.

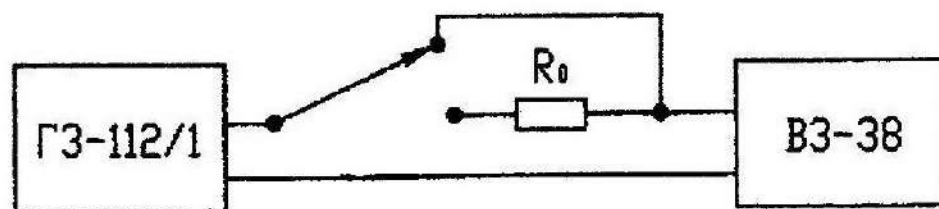


Рис. 2.1. Схема для измерения входного сопротивления вольтметра

Установить на генераторе частоту 15кГц и выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ таким, чтобы вольтметр указывал напряжение $U_1 = 0,1\text{В}$ (на пределе 0,1В).

Не изменяя $U_{\text{вых}}$ генератора, подключить внешнее сопротивление $R_0 = 1\text{МОм}$ и снять показания вольтметра U_2 .

Входное сопротивление $R_{\text{вх}}$ определяется по формуле:

$$R_{\text{вх}} = U_2 R_0 / (U_1 - U_2) \text{ МОм.}$$

Так как измерение $R_{\text{вх}}$ вольтметра проводится косвенным методом, то возникает погрешность измерения, относительное значение которой может быть найдено по формуле:

$$\delta_{R_{\text{вх}}} = \frac{1}{R_{\text{вх}}} \sqrt{\left(\frac{\partial R_{\text{вх}}}{\partial U_1} \Delta U_1\right)^2 + \left(\frac{\partial R_{\text{вх}}}{\partial U_2} \Delta U_2\right)^2 + \left(\frac{\partial R_{\text{вх}}}{\partial R_0} \Delta R_0\right)^2} \cdot 100\%,$$

где $\Delta U_1, \Delta U_2$ - абсолютные погрешности вольтметра ВЗ-38, определяемые по значению его приведенной погрешности γ_U на данном поддиапазоне измерения U_{max} и как $\Delta U = \gamma_U \cdot U_{\text{max}} / 100$; а $\Delta R = \gamma_{R_0} \cdot R_0 / 100$, где γ_{R_0} - относительная погрешность изготовления резистора R_0 ($\gamma_{R_0} = 1\%$, $R_0 = 1\text{МОм}$).

3.2 Для измерения коэффициентов формы и амплитуды можно воспользоваться встроенными в установку преобразователями переменного напряжения в постоянное и вольтметрами постоянного тока. Чтобы собрать вольтметр действующего значения (или среднего выпрямленного, или амплитудного значений) сигнала следует выход соответствующего преобразователя соединить с входом вольтметра постоянного тока; вход преобразователя при этом становится входом вольтметра действующего значения (или иного). Составленный таким образом вольтметр обладает следующими характеристиками: пределы допускаемой приведенной (к пределу измерения 20 В) основной погрешности измерения $\gamma = \pm 1\%$, в диапазоне входных напряжений $\pm 7\text{В}$, в диапазоне частот от 20 Гц до 50 кГц.

Для измерения коэффициента формы (или амплитуды) собрать схему, изображённую на рис.2.2, используя универсальный лабораторный стенд.

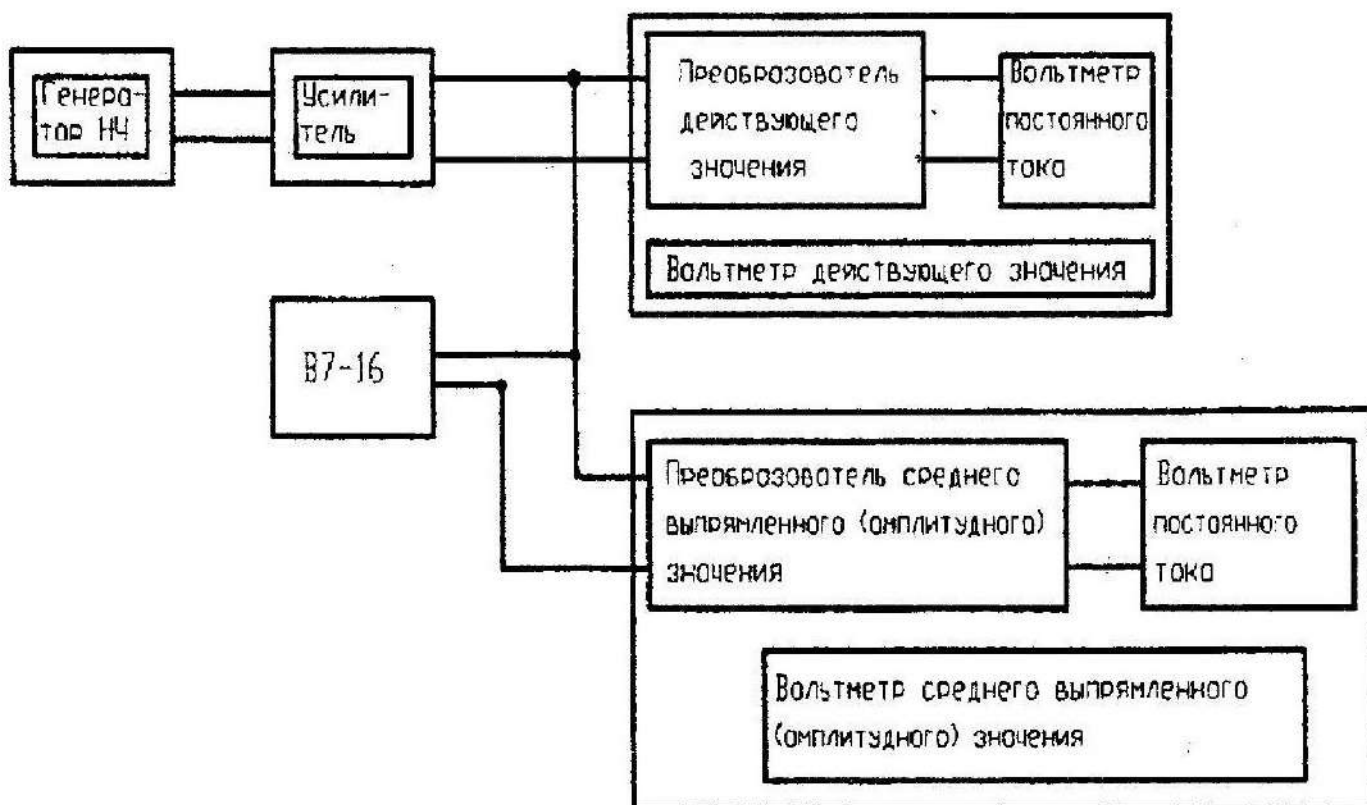


Рис. 2.2. Схема структурная для измерения коэффициентов амплитуды

Коэффициенты формы K_ϕ и амплитуды K_a определяются отношениями:

$K_\phi = U_{\text{д.з.}} / U_{\text{с.в.з.}}$, $K_a = U_{\text{А.з.}} / U_{\text{д.з.}}$, где $U_{\text{д.з.}}$, $U_{\text{с.в.з.}}$, $U_{\text{А.з.}}$ - показания (соответственно) вольтметров действующего значения, среднего выпрямленного и амплитудного значений. Для идеальной синусоиды значения коэффициентов равны $K_a = 1.41$; $K_\phi = 1.11$.

4 Экспериментальная часть

4.1 Определить зависимость входного сопротивления вольтметра ВЗ-38 от частоты, для чего собрать схему согласно рис.2.1.

4.1.1 Измерить вольтметром ВЗ-38 напряжение генератора ГЗ-109 на частотах 10^2 , 10^3 , 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. 2.1 и отобразить графически.

Таблица 2.1. Результаты измерения входного сопротивления

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

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

$$\gamma_{R_{\text{вх}}} = \pm \frac{1}{R_{\text{вх}}} \sqrt{\left(\frac{\partial R_{\text{вх}}}{\partial U_1} \Delta U_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial R_{\text{вх}}}{\partial R_0} \Delta R_0 \right)^2 + \left(\frac{\partial R_{\text{вх}}}{\partial U_2} \Delta U_2 \right)^2},$$

где ΔU_1 , ΔU_2 - абсолютные погрешности вольтметра ВЗ-38, определяемые по значению его приведенной погрешности γ_U на данном поддиапазоне измерения U_{max} ($\Delta U = \gamma_U U_{\text{max}} / 100$; $\Delta R_0 = \gamma_{R_0} R_0 / 100$; γ_{R_0} - относительная погрешность изготовления резистора R_0 ($\gamma_{R_0} = 1\%$; $R_0 = 1 \text{ МОм}$); $R_{\text{вх}}$ - расчетное значение входного сопротивления на заданной частоте (табл.2.1).

Результаты вычислений $R_{\text{вх}}$, γ , $R_{\text{вх}}$ отобразить графически в виде функции от частоты f .

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

4.2.1 Подсоединить вольтметры ВЗ-38 и В7-16 к выходным клеммам генератора ГЗ-112 и установить напряжение, указанное преподавателем. Изменяя частоту генератора в диапазоне $10^3 + 10^6$ Гц и поддерживая выходное напряжение генератора U_0 постоянным, при помощи вольтметра В7-16 произвести измерения напряжения U_1 вольтметром ВЗ-38, результаты которых занести в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Зависимость показаний вольтметра от частоты

$f, \text{Гц}$	1000	10000	50000	100000
$U_f, \text{В}$				
$\Delta U = U_f - U_0, \text{В}$				
$\delta_f = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot 10^2 \%$				

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

4.3 Измерить коэффициенты формы и амплитуды синусоидального и несинусоидального напряжений, для чего собрать схему согласно рис.2.3.

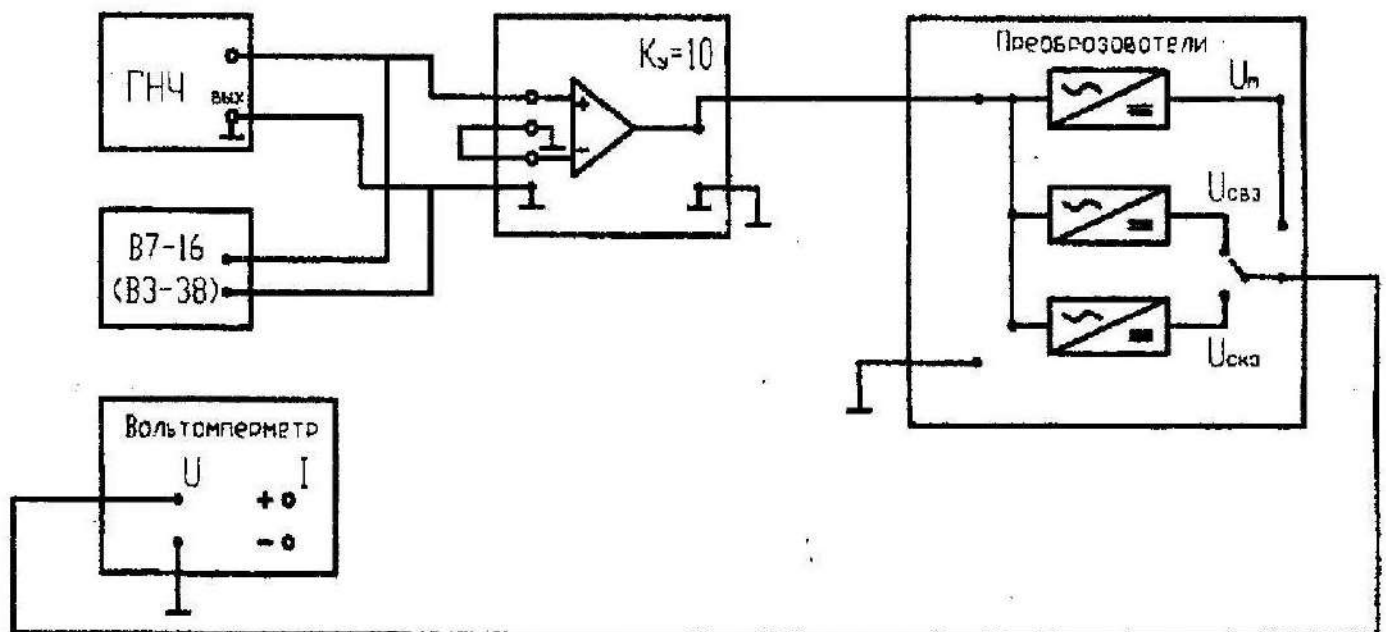
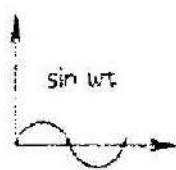
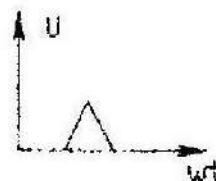
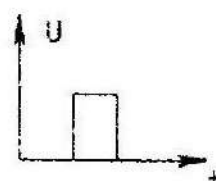


Рис. 2.3. Схема для измерения коэффициентов формы и амплитуды

4.3.1 Установить с помощью переключателя коэффициент усиления усилителя 10.

4.3.2 Устанавливая последовательно значения выходного напряжения встроенного генератора 0.1, 0.5, 0.6 В по эталонному прибору В7-16 или В3-38, меняя частоту выходного сигнала в диапазоне частот 100 Гц - 100 кГц, провести измерения для синусоидальной, треугольной и прямоугольной формы сигнала. Результаты измерений занести в табл. 2.3.

Таблица 2.3. Зависимость показаний приборов от частоты и формы сигнала

Форма сигнала	f, кГц	U _{изм.} , В, U _{срв.} , В								K _ф	K _а
		0,1 В		0,5 В		0,6 В		K _ф	K _а		
		U _{изм.} , В	δU, %	U _{срв.} , В	δU, %	U _{срв.} , В	δU, %				
	0,1	U _{свз}									
		U _{свз}									
		U _и									
	10	U _{свз}						*	*		
		U _{свз}									
		U _и									
	50	U _{свз}									
		U _{свз}									
		U _и									
	0,1	U _{свз}									
		U _{свз}									
		U _и									
	10	U _{свз}						*	*		
		U _{свз}									
		U _и									
	50	U _{свз}									
		U _{свз}									
		U _и									
	0,1	U _{свз}									
		U _{свз}									
		U _и									
	10	U _{свз}						*	*		
		U _{свз}									
		U _и									
	50	U _{свз}									
		U _{свз}									
		U _и									

4.3.3 Определение погрешностей измерения синусоидального напряжения с помощью собранных вольтметров действующего, средневыпрямленного и амплитудного значений проводится по формулам:

- для действующего значения $\delta U_{\delta} = \frac{U_{изм.\delta} - U_{\delta}}{U_{\delta}} 100$, где U_{δ} - действующее значение напряжения на входе преобразователя, измеренное образцовым прибором В7-16(В3-38), а $U_{изм.}$ - выходное напряжение преобразователя, измеренное вольтамперметром стенда;

- для средневыпрямленного значения $\delta U_{свз} = \frac{U_{изм.свз} - U_{свз}}{U_{свз}} 100$,

где $U_{свз} = U_{\partial} / k_{\phi} = U_{\partial} / 1.11$;

- для амплитудного значения $U_A = 1.41 \cdot U_{\partial}$.

4.3.4 Определение погрешностей измерения несинусоидальных напряжений с помощью универсального стенда проводится по тем же формулам, что в п. 4.3.3, с тем отличием, что значения коэффициентов принимаются равными для прямоугольных импульсов $K_a = K_{\phi} = 1$, а для треугольных $K_{\phi} = 1,155$, а $K_a = 1,733$. **Внимание!** При смене формы выходных сигналов генератора требуется регулировка уровня выходного сигнала.

4.3.5 Значения коэффициентов K_a , K_{ϕ} , найденные экспериментально, занести в графы, помеченные*. Расчет проводить по формулам:

$$k_A = U_{изм.А} / U_{изм.д}, k_{\phi} = U_{изм.д} / U_{изм.СВЗ}.$$

5 Требования к отчету

Отчет должен содержать:

1. Краткое задание.
2. Спецификацию используемых средств измерения.
3. Схемы включения средств измерения и объекта.
4. Результаты измерений, примеры расчетов и графики.
5. Выводы по проделанной работе.

6 Контрольные вопросы

1. Метрологические характеристики применяемой в работе измерительной аппаратуры (диапазон измерения, частотный диапазон, $R_{вх}$, класс точности и др.).
2. Принцип действия цифрового вольтметра (В7 - 16) – времяимпульсного преобразования.
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 чем сущность погрешности квантования, погрешности воспроизведения уровня квантования, погрешности датирования отсчетов в цифровых вольтметрах?
6. Правила обозначения классов точности измерительных приборов.
7. Правила нормирования класса точности вольтметров для трех 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 ВЗ - 38 с помощью эквивалентной схемы его входной цепи.

9. Выведите формулу для расчета $R_{\text{вх}}(f)$.

10. Факторы, определяющие погрешности электронного вольтметра ВЗ - 38.

11. Правила пользования логарифмической шкалой вольтметра ВЗ - 38.

12. Чем определяются динамический и частотный диапазоны вольтметра ВЗ - 38?

13. Как по результатам обработки экспериментальных данных определить аддитивную и мультипликативную составляющие поверяемых вольтметров и определить их класс точности?

14. Функциональные схемы электронных вольтметров переменного тока.

15. Назовите причины, вызывающие погрешности амплитудных вольтметров, вольтметров среднего и действующего значений.

16. Чему равно напряжение, измеренное ЭВ, если он указывает 12дБ?

17. Показание ЭВ равно 15 В. Выразите это напряжение в логарифмических единицах (ДБ).

18. Что такое коэффициент амплитуды K_a и коэффициент формы K_f ? Каково их влияние на результаты измерений напряжения несинусоидальной формы?

Список литературы

1. Кукуш, В. Д. Электрорадиоизмерения: учеб. пособие для вузов / В.Д. Кукуш. - М.: Радио и связь, 1985.
2. Курзенков, Г.Д. Основы метрологии в авиаприборостроении / Г.Д. Курзенков. - М.: Изд-во МАИ, 1990.
3. Кушнир, Ф.В. Электрорадиоизмерения: учеб. пособие для вузов / Ф.В. Кушнир. - Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд., 1983. - 320с.
4. Алиев, Т.М. Измерительная техника: учеб. пособие для вузов / Т.М. Алиев. - М.: Высш. шк., 1991.
5. Метрология и радиоизмерения: учебник для вузов / В.И. Нефёдов, В.И. Ханин, В.К. Бирюков [и др.]; под ред. проф. В.И. Нефёдова. - М.: Высш. шк., 2003. - 526с.
6. Милливольтметр ВЗ - 38. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
7. Универсальный цифровой вольтметр В7-16. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.