

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**  
**Кафедра ТОР**

**ОТЧЕТ**

**по лабораторной работе №2**

**Дисциплина Основы метрологии и радиоизмерений**

**Тема:**

**«ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ЭЛЕКТРОННЫМИ  
ВОЛЬТМЕТРАМИ»**

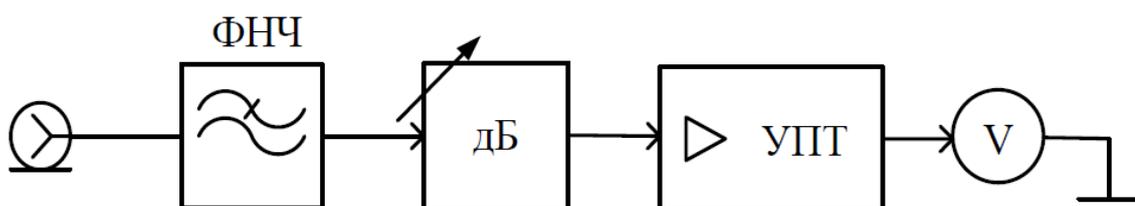
<b>Студенты гр.1111</b>	_____	<b>Шмелева Ю.Е.</b>
	_____	<b>Эсаулова А.И.</b>
	_____	<b>Удинцев Е.А.</b>
	_____	<b>Лукин К.С.</b>
<b>Преподаватель:</b>	_____	<b>Семенихин И.Н.</b>

**Санкт-Петербург**

**2023**

**Цель работы:** изучение методов измерения постоянных и переменных напряжений различной формы, принципов работы измерительных преобразователей аналоговых и цифровых вольтметров.

Вольтметр – измерительный прибор, позволяющий измерить напряжение. Если это напряжение – постоянная величина, то вольтметры называют «вольтметры постоянного тока» (группа В2 по ГОСТ). Для измерения постоянного напряжения применяют электромеханические приборы магнитоэлектрического типа с добавочным резистором. Чувствительность этих приборов и их входное сопротивление часто недостаточны, поэтому для улучшения их параметров используют усилители постоянного тока (УПТ). Такие приборы называют «электронными вольтметрами», их входное сопротивление может достигать десятков МОм. Рабочий диапазон таких вольтметров может начинаться от долей микровольт, верхняя граница определяется электрической прочностью входных блоков и переключателя диапазонов. Для повышения помехоустойчивости вольтметров постоянного тока на входе предусматривают сглаживающий фильтр низких частот (ФНЧ).



Для измерения напряжения сигналов сложной формы применяют вольтметры «переменного тока» (группа В3). В них используют преобразователи формы сигнала - детекторы. Они позволяют из сигнала сложной формы на входе получить постоянное напряжение, функционально связанное с параметрами этого сигнала.

## Обработка результатов

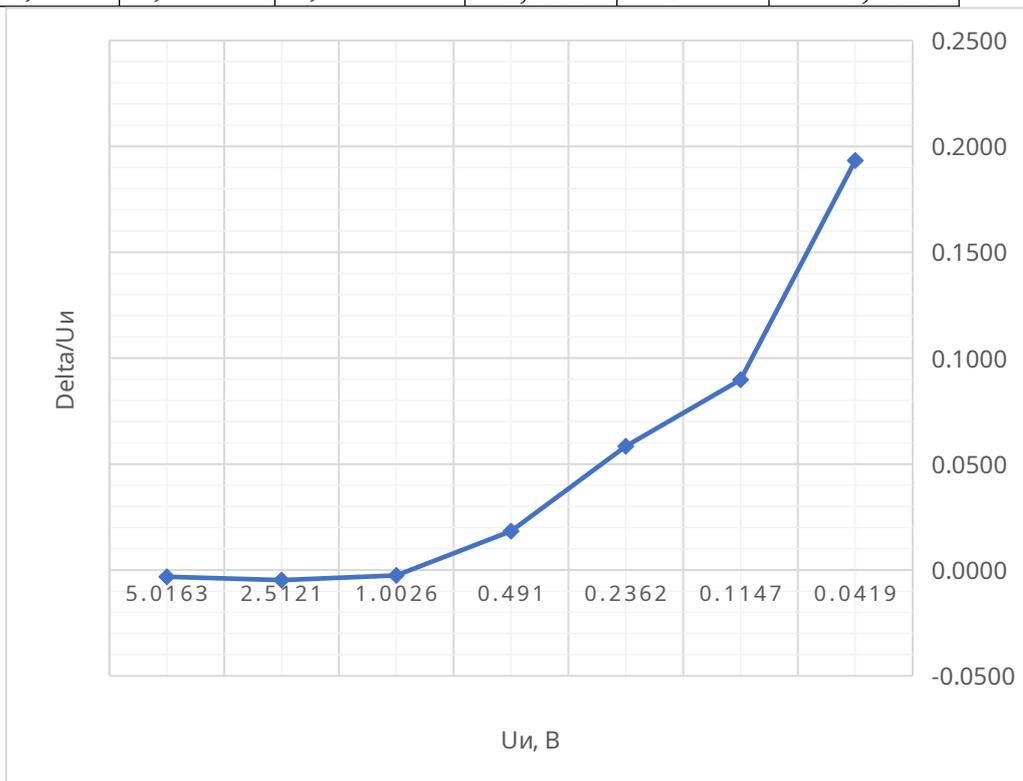
1.1) Рассчитать погрешность установки на генераторе

$$\Delta = U_{\text{ycm}} - U_u = 5 - 5,0163 = -0,0163$$

1.2) Построить зависимость относительной погрешности установки от измеряемого значения

$$\frac{\Delta}{U_u} = \frac{-0,0163}{5,0163} = -0,0032 \text{ B}$$

$V_{pp}, B$	$U_{\text{ycm}}, B$	$U_u, B$	$\Delta, B$	$U_{\text{ocц}}, B$	$\frac{\Delta}{U_u}$
10	5,00	5,0163	-0,0163	5,08	-0,0032
5	2,50	2,5121	-0,0121	2,51	-0,0048
2	1,00	1,0026	-0,0026	1,01	-0,0026
1	0,50	0,491	0,0090	0,492	0,0183
0,5	0,25	0,2362	0,0138	0,236	0,0584
0,25	0,13	0,1147	0,0103	0,117	0,0898
0,1	0,05	0,0419	0,0081	0,0435	0,1933



2.1) Рассчитать амплитуды на выходе преобразователя пикового напряжения

$$U_{\text{вых}} = U_m \left( 1 - \frac{T}{2\tau_p} \right)$$

$$T = \frac{1}{f} = 1$$

$$U_m = 1 \text{ B}$$

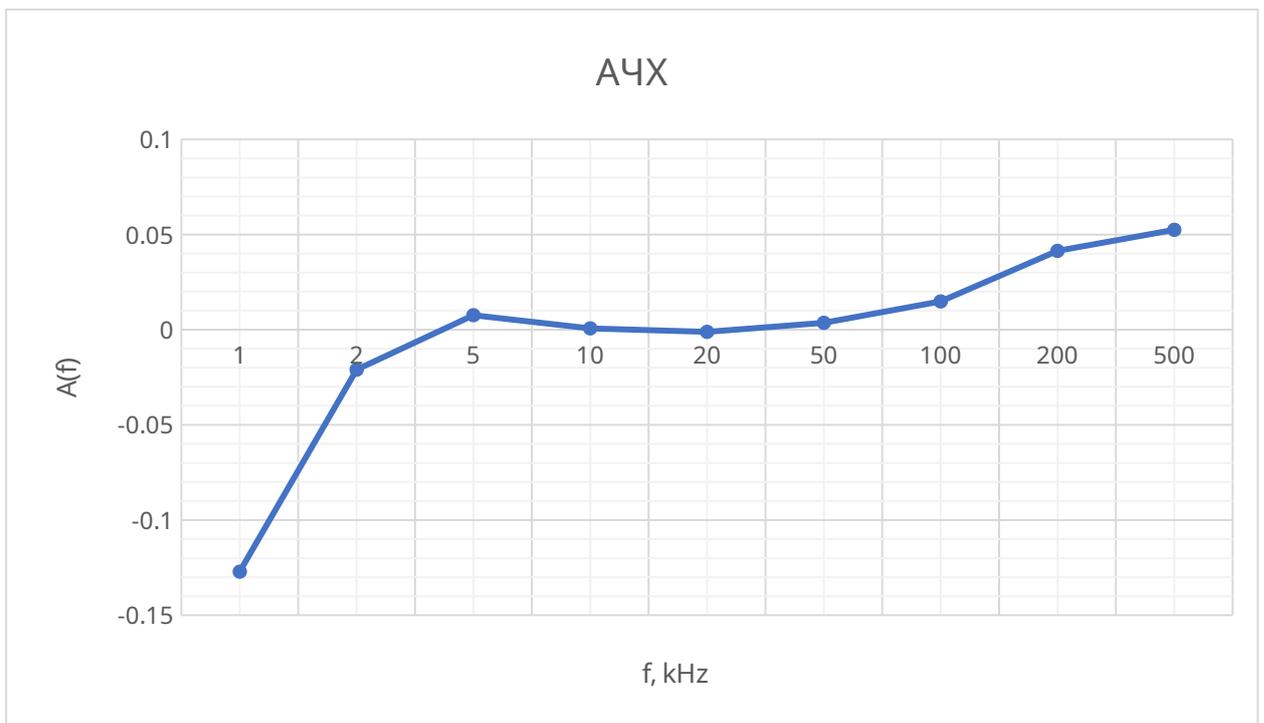
$$U_{\text{вых}} = 1 \left( 1 - \frac{1}{2} \right) = 0,5 \text{ В}$$

f, kHz	1	2	5	10	20	50	100	200	500
$U_{\text{ск}}$	0,6772	0,6790	0,6795	0,6797	0,6791	0,6778	0,6743	0,6644	0,6617
$U_{\text{св}}$	0,6124	0,6140	0,6142	0,6141	0,6135	0,6113	0,6068	0,5966	0,5813
$U_{\text{пик}}$	0,6700	0,7871	0,8843	0,9484	0,9775	0,9817	0,9615	0,9067	0,8852
$U_{\text{пик}}, \text{pac}$	0,5	0,75	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999

2.2) Построить график амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)

$$A(f) = \lg \frac{U_{\text{пик}} \text{ расч}}{U_{\text{пик}}} = \lg \frac{0,5}{0,67} = -0,127$$

АЧХ	-0,127	-0,0210	0,0076	0,001	-0,001	0,004	0,015	0,041	0,052
-----	--------	---------	--------	-------	--------	-------	-------	-------	-------



2.3) Через  $k_a=1,41$  и  $k_\phi=1,11$  вычислить  $U_{\text{ск}}, U_{\text{св}}, U_m$

Измеренные значения:

$U_m, \text{В}$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$U_{\text{ск}}, \text{В}$	17,71	32,55	64,45	96,87	129,3	169,99
$U_{\text{св}}, \text{В}$	15,98	28,23	56,09	84,94	114,0	150,65
$U_{\text{пик}}, \text{В}$	25,25	44,18	86,53	113,46	174,9	231,69

Расчетные значения:

$$U_{ск} = \frac{U_m}{k_a} = \frac{0,05}{1,41} = 0,035 \text{ В}$$

$$U_{св} = \frac{U_{ск}}{k_{\phi}} = \frac{0,035}{1,11} = 0,032 \text{ В}$$

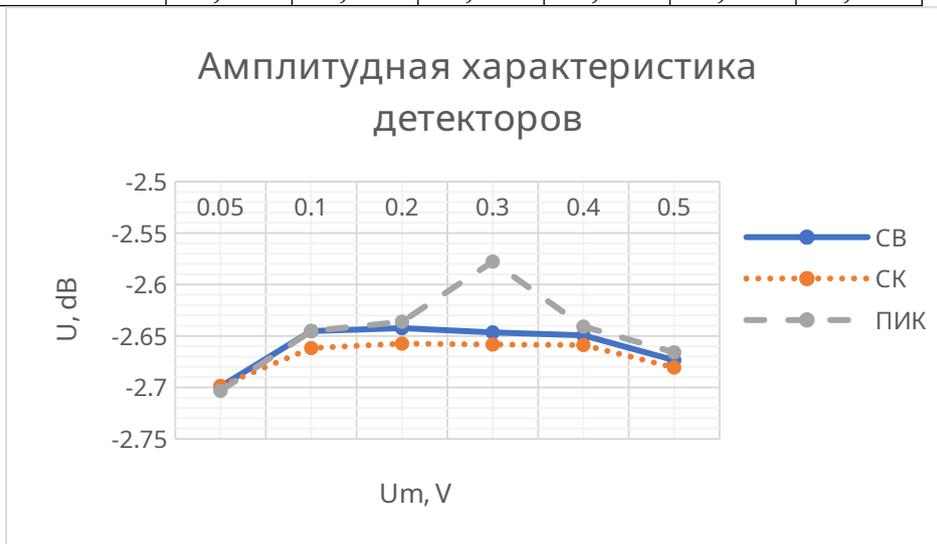
$$U_{пик} = U_m = 0,05 \text{ В}$$

U <sub>ск</sub> , В	0,035	0,071	0,142	0,213	0,284	0,355
U <sub>св</sub> , В	0,032	0,064	0,128	0,192	0,256	0,319
U <sub>пик</sub> , В	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

2.4) Построить графики амплитудных характеристик

$$АЧХ = \lg\left(\frac{U_{рас}}{U_{изм}}\right) = \lg\left(\frac{0,05}{25,25}\right) = -2,70$$

АЧХ пик	-	-	-	-	-	-
	2,703	-2,645	-2,636	-2,578	-2,64	-2,666
АЧХ ск	-	-	-	-	-	-
	2,698	-2,662	-2,657	-2,658	2,659	-2,681
АЧХ св	-	-	-	-	-	-
	2,699	-2,645	-2,642	-2,647	2,649	-2,674



3) Рассчитать коэффициенты  $k_a, k_{\phi}$

$$k_a = \frac{U_{пик}}{U_{ск}} = \frac{0,9909}{0,6776} = 1,462$$

$$k_{\phi} = \frac{U_{ск}}{U_{св}} = \frac{0,6776}{0,6108} = 1,109$$

	$k_a$	$k_a$ теор	$k_{\phi}$	$k_{\phi}$ теор
Синус	1,462	1,41	1,10	1,11
Меандр	1,089	1	1,00	1

			3	
Треугольни к	1,832	1,733	1,15 3	1,155
Пила	1,858	1,733	1,14 8	1,155
Импульс	2,996	2,83	1,46 0	2,83

Вычисленные коэффициенты в основном совпадают с теоретическими.

- 4.1) Определить установленное на генераторе среднеквадратическое значение напряжения  $U_{ск}$

$$U_{ск, рас} = \frac{U_m}{k_a} = \frac{\frac{V_{pp}}{2}}{k_a} = 0,355 \text{ В}$$

- 4.2) Вычислить погрешность измерения и предел абсолютной погрешности напряжения.

$$\Delta = U_y - U_u = 0,357 - 0,3365 = 0,018 \text{ В}$$

*Предел – 5В*

$$\text{Абсолютная погрешность} = 0,005 * 0,3365 + 50 * 0,0001 = 0,0020 \text{ В}$$

	$U_{ск}, \text{ В}$	$U_{ск, рас}, \text{ В}$	$k_a$	$\Delta, \text{ В}$	Погрешность, В
Синус	0,336 5	0,355	1,41	0,018	0,0020
Меандр	0,116 2	0,125	1	0,009	0,0010
Треугольник	0,086 5	0,087	1,733	0,00055	0,0009
Пила	0,105 4	0,115	1,733	0,010	0,0023
Шум	0,052 8	0,289	1,733	0,236	0,0005

**Вывод:** в ходе лабораторной работы были проведены измерения: постоянных напряжений, параметров гармонического синусоидального напряжения, параметров периодических несинусоидальных напряжений, среднеквадратических напряжений. Были исследованы: показания преобразователей в режимах открытого и закрытого входов, влияние постоянной заряда на показания преобразователя пикового значения напряжения. По экспериментальным данным определены коэффициенты

амплитуды и формы для каждой формы напряжения, которые примерно равны теоретическим коэффициентам.