

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

КАФЕДРА № 6

ОТЧЕТ  
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

ассистент

должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

К.В. Золотухин

инициалы, фамилия

Отчет

о лабораторной работе «Исследование непрерывных сигналов с помощью  
осциллографа»

по дисциплине: Метрология



РАБОТУ ВЫПОЛНИЛИ

СТУДЕНТЫ ГР. №

2212

22.10.24

подпись, дата

 Е.С. Пистунова  
 В.Р. Быкадоров  
 Г.С. Солдатенков  
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2024

Пистунов Э.С.  
 Быкадоров В.Р.  
 Прокофьев В.Ю.  
 Солдатов Г.С.  
 Уголенко А.А.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.  
 ИССЛЕДОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНЫХ СИГНАЛОВ  
 С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА  
 Результаты исследования АЧХ и ФЧХ делителя напряжения  
 (осциллограф VoltCraft)

группа 2212

$f$ , кГц	$K_{в1}$ , В/дел	$K_{в2}$ , В/дел	$h_1$ , дел	$U_{m1}$ , В	$h_2$ , дел	$U_{m2}$ , В	$K_p$ , мкс/дел	$t_p$ , дел	$T$ , мкс	$t_\phi$ , дел	$t_\phi$ , мкс	$K_d$	$\phi$ , град
0.5					2		200	2.8		0.8			
1					2		200	1.4		0.2			
2					2		100	1.4		0.4			
5					2		20	2.6		0.5			
10					1.8		10	2.6		1.1			
20					1.4		5	2.7		1.8			
50					0.7		2	2.6		2			
100					0.4		1	2.5		2			
200					0.2		0.5	2.8		3			

Результаты исследования АЧХ и ФЧХ делителя напряжения  
 (осциллограф АКИП)

$f$ , кГц	$K_{в2}$ , В/дел	$U_{m1}$ , В	$U_{m2}$ , В	$K_p$ , мкс/дел	$T$ , мкс	$t_\phi$ , мкс	$K_d$	$\phi$ , град
0.5								
1								
2								
5								
10								
20								
50								
100								
200								

Осцилло-граф	$h_{пик}$ , дел	$K_{в2}$ , В/дел	$U_{пик}$ , В	$h_0$ , дел	$K_p$ , мкс/дел	$U_0$ , В	$t_p$ , дел	$T$ , с	$f$ , Гц
VoltCraft	3	5		1	3.2		3		50
АКИП									

$f_{ном}$ , Гц	$f_0$ , Гц	$f_x$ , Гц	$n_v$	$n_r$	$f_{зд}$ , Гц	$\Delta f$ , Гц	$\delta f$ , %
25	50						
50							
100							
150							

VoltCraft / АКИП

## 1. Цель работы.

Изучение универсального электронно-лучевого осциллографа (ЭЛО);  
получение навыков работы с ЭЛО; овладение методикой  
осциллографирования и измерение параметров непрерывных сигналов с  
помощью ЭЛО.

## 2. Выполнение лабораторной работы

Задание №1: Получение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)  
и фазочастотной характеристики делителя напряжения (ДН).

Таблица 1. АЧХ и ФЧХ делителя напряжения.

f, кГц	K <sub>B2</sub> , В/дел	h <sub>1</sub> , дел	U <sub>m1</sub> , В	h <sub>2</sub> , дел	U <sub>m2</sub> , В	K <sub>p</sub> , мкс/ дел	I <sub>t</sub> , дел	T, мкс	I <sub>φ</sub> , дел	t <sub>φ</sub> , мкс	K <sub>д</sub>	φ, град
0.5	1	3	3	2	2	200	2,8	1120	0	0	0,67	0
1	1	3	3	2	2	200	1,4	560	0,2	40	0,67	25,7
2	1	3	3	2	2	100	1,4	280	0,4	40	0,67	51,4
5	1	3	3	2	2	20	2,6	104	0,5	10	0,67	34,6
10	1	3	3	1,8	1,8	10	2,6	52	1	10	0,6	69,2
20	0,5	3	3	1,4	0,7	5	2,7	27	1,8	9	0,23	120
50	0,5	3	3	0,7	0,35	2	2,6	10,4	2	4	0,12	138,4
10	0,2	3	3	0,4	0,08	1	2,5	5	2	2	0,03	144
20	0,1	3	3	0,2	0,02	0,5	2,8	2,8	3	1,5	0,01	192,8

По результатам измерения значения амплитуд обоих сигналов  
вычисляются по расчетным формулам:

$$U_{m1} = h_1 * K_{B1}, U_{m2} = h_2 * K_{B2};$$

$$\text{Период } T = 2 * I_t * K_p;$$

$$\text{Коэффициент деления } K_d = U_{m2}/U_{m1};$$

$$\text{Фазовый сдвиг между сигналами } \varphi = 180^\circ \cdot I_\varphi / I_t = 360^\circ \cdot t_\varphi / T.$$

Примеры расчетов:

$$U_{m1} = h_1 * K_{B1} = 3 * 1 = 3 \text{ В};$$

$$U_{m2} = h_2 * K_{B2} = 2 * 1 = 2 \text{ В};$$

$$T = 2 * I_t * K_p = 2 * 2,8 * 200 = 1120 \text{ мкс};$$

$$K_d = U_{m2}/U_{m1} = 2/3 = 0,67;$$

$$\varphi = 180^\circ \cdot l\varphi/lt = (180 \cdot 0)/2,8 = 0 \text{ град.}$$

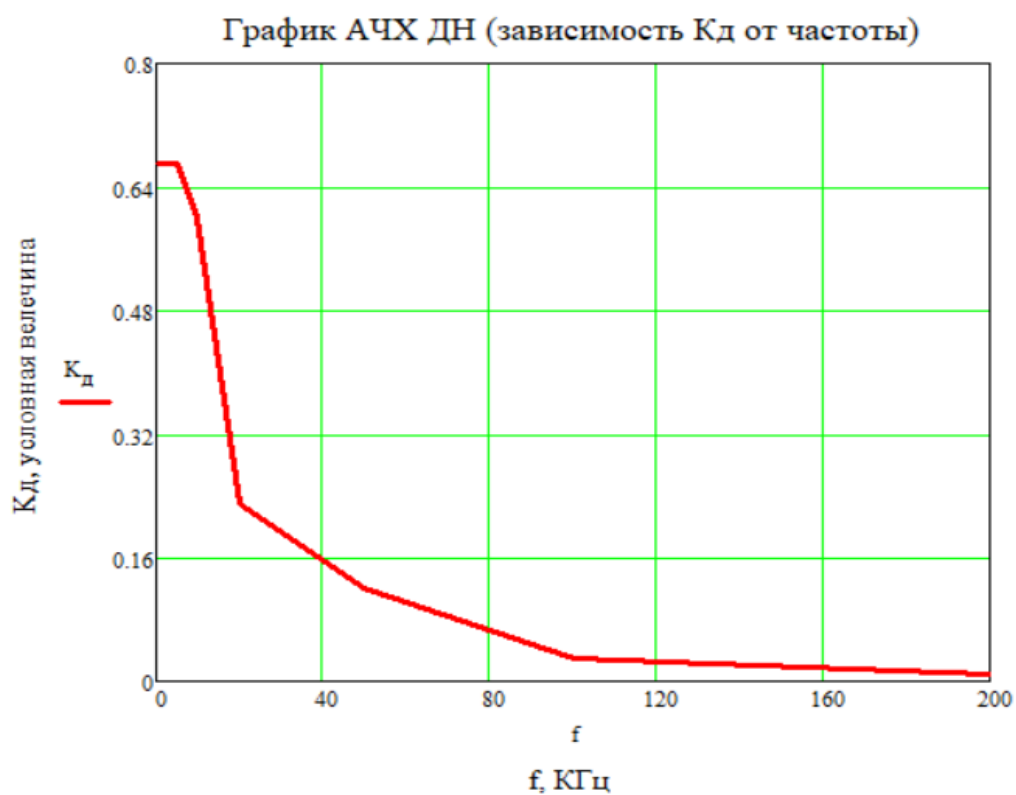


Рис. 1 - АЧХ

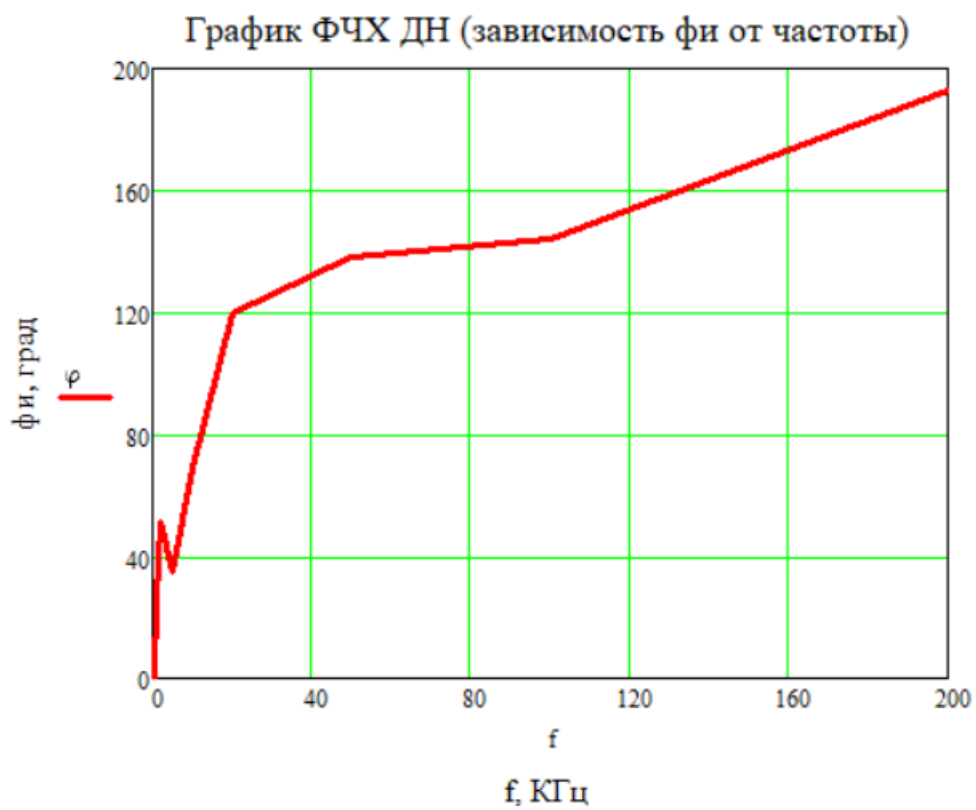


Рис. 2 - ФЧХ



Задание №2: Наблюдение формы кривой и измерение параметров напряжения на клеммах 2-3 выпрямителя.

Таблица 2. Параметры напряжения на клеммах выпрямителя.

$f_0$ , Гц	$K_B$ , В/д	$K_P$ , мкс/дел л	$h_{\text{пик}}$ , дел	$l_t$ , дел	$h_0$ , дел	$U_{\text{пик}}$ , В	$U_0$ , В	$T$ , мкс
50	5	2	3	3	1	15	5	6

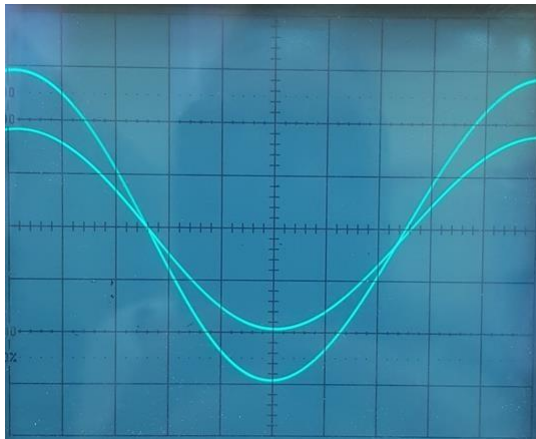


Рис.3 - Пример осциллограммы делителя напряжения

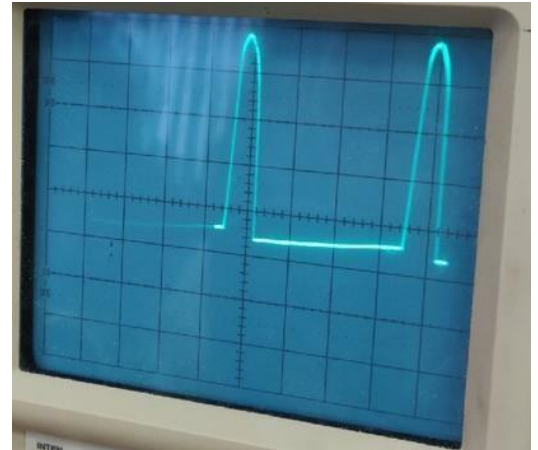


Рис.4 - Пример осциллограммы выпрямителя напряжения

Расчетные формулы:

Пиковое напряжение  $U_{\text{пик}} = h_{\text{пик}} * K_B$ , где  $h_{\text{пик}}$  – амплитуда;

Постоянная составляющая напряжения  $U_0 = h_0 * K_B$ ,  $h_0$  - постоянная составляющая сигнала;

Период  $T = l_t * K_P$ , где  $l_t$  - длительность периода;

Частота  $f = 1/T$ .

Примеры расчетов:

$$U_{\text{пик}} = h_{\text{пик}} * K_B = 3 * 5 = 15 \text{ В};$$

$$U_0 = h_0 * K_B = 1 * 5 = 5 \text{ В};$$

$$T = l_t * K_P = 3 * 2 = 6 \text{ мкс};$$

$$f = 1/T = 1/6 = 166,6 \text{ кГц}.$$

### Задание №3: Проверка градуировки генератора по частоте.

Проверка выполняется методом сравнения частоты  $f_x$  проверяемого генератора ГНЧ с образцовой частотой  $f_0 = 50$  Гц (сеть переменного тока) с помощью ЭЛО при двух видах развертки: синусоидальной (по фигурам Лиссажу).

Таблица 3. Параметры фигур Лиссажу.

$f_x$ , Гц	$f_0$ , Гц	$n_B$	$n_H$	$f_{ХД}$ , Гц	$\Delta f$ , Гц	$\delta f$ , %
25/24	50	4	2	25	1	4
50/49	50	2	2	50	1	2
100/98	50	2	4	100	2	2
150/152	50	2	6	150	2	1

$n_B$  - число пересечений фигуры Лиссажу с вертикальной линией;

$n_H$  - число пересечений с горизонтальной линией.

#### Расчетные формулы:

Действительное значение частоты генератора определяется по формуле: 1.  $f_{ХД} = f_0 * n_H / n_B$ ;

Абсолютная погрешность градуировки шкалы  $\Delta f = f_x - f_{ХД}$ ;

Относительная погрешность градуировки шкалы  $\delta f = \Delta f / f_{ХД} * 100\%$ .

#### Примеры расчетов:

$$1. f_{ХД} = f_0 * n_H / n_B = 50 * 2 / 2 = 50 \text{ Гц}$$

$$\Delta f = f_x - f_{ХД} = 152 - 150 = 2 \text{ Гц}$$

$$\delta f = \Delta f / f_{ХД} * 100\% = 2 / 150 * 100\% = 1.33\%$$

### 3. Выводы:

1. Были получены амплитудно-частотные характеристики и фазочастотные характеристики делителя напряжения. По построенным графикам была выявлена зависимость фазового сдвига от частоты (фазовый сдвиг между сигналами увеличивается при увеличении частоты сигнала), и зависимость коэффициента деления от частоты (коэффициент деления  $K_d$  уменьшается при увеличении частоты сигнала).

2. Были получены фигуры Лиссажу на экране ЭЛО.

3. Была проверена градуировка генератора по частоте. С учетом погрешности действительное значение частоты генератора  $f_{x0}$  ( $50 \pm 1$ ) Гц равно образцовой частоте  $f_0$  (50 Гц).

Таким образом нами был изучен принцип работы электронно-лучевого осциллографа и навыки работы с ЭЛО.