

Лабораторная работа 3.6.1

Спектральный анализ электрических сигналов. Компьютерный вариант

Работу выполнили:

Морозов Матвей

Бабушкина Татьяна

678 группа

Цель работы: изучение спектрального состава периодических электрических сигналов.

В работе используются: персональный компьютер, USB-осциллограф АКИП-4107, функциональный генератор WaveStation 2012, соединительные кабели.

Экспериментальная установка

Схема установки приведена на рис. 1.



Рис.1 Экспериментальная установка

Обработка результатов

А. Исследование спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов

1) Начальные входные данные $V_0 = 1$ В, $\tau = 100$ мкс, $f_{\text{повт}} = 1$ кГц.

При увеличении τ вдвое при неизменной частоте $f_{\text{повт}} = 1$ кГц $\delta\nu$ уменьшается вдвое.

При увеличении $f_{\text{повт}}$ вдвое при неизменной $\tau = 100$ мкс $\delta\nu$ увеличивается вдвое.

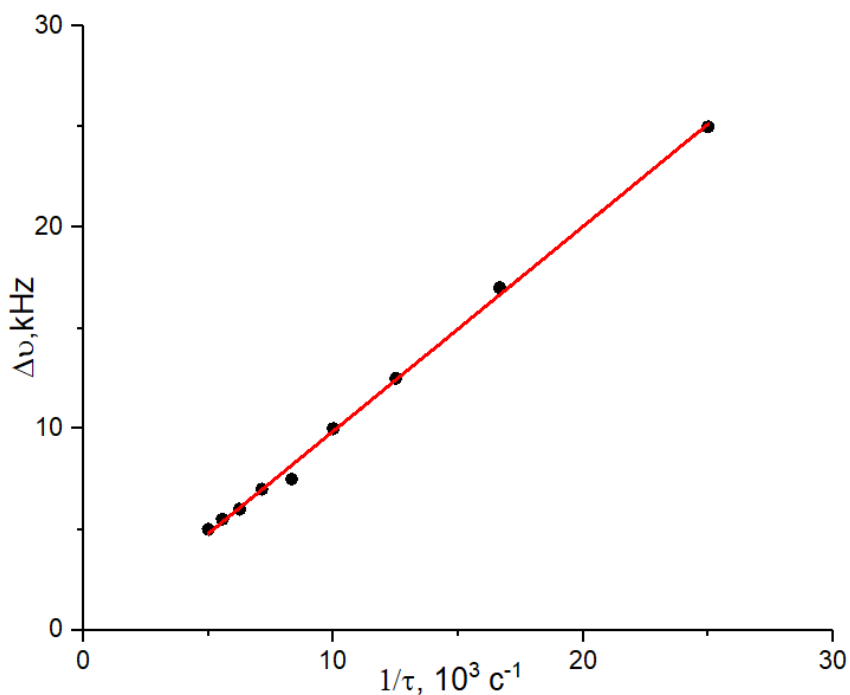
2) Проведем измерения зависимости ширины спектра от длительности импульса $\Delta\nu(\tau)$:

Таблица 1. Зависимость $\Delta\nu(\tau)$

$\tau, \text{мкс}$	40	60	80	100	120	140	160	180	200
$1/\tau, 10^3 \text{с}^{-1}$	25,0	16,7	12,5	10,0	8,3	7,1	6,3	5,6	5,0
$\Delta\nu, \text{кГц}$	25,0	17,0	12,5	10,0	7,5	7,0	6,0	5,5	5,0

Построим график зависимости $\Delta\nu(\tau)$ и по его наклону убедимся в справедливости соотношения неопределённостей.

График 1. Зависимость $\Delta\nu(\tau)$



Тангенс наклона прямой, рассчитанный при помощи МНК, равен

$$k = 1,02 \pm 0,2 \text{ Гц} \cdot \text{с}.$$

что соответствует теоретическому значению.

3) Измерим частоты и амплитуды спектральных составляющих сигнала и запишем результаты в таблицы 2 и 3.

Таблица 2. Частоты и амплитуды спектральных составляющих.

$\tau = 50 \text{ мкс.}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
част, кГц	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
А, мВ	70,26	69,32	65,75	63,05	59,28	57,72	51,44	47,99	43,29	40,78
№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
част, кГц	11,000	12,000	13,000	14,000	15,000	16,000	17,000	18,000	19,000	20,000
А, мВ	37,01	33,62	29,77	25,62	21,38	16,51	12,45	8,21	3,61	0,00

Таблица 3. Частоты и амплитуды спектральных составляющих.

$\tau = 100 \text{ мкс.}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
част, кГц	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
А, мВ	138,70	131,10	119,90	103,40	86,29	66,78	47,75	29,52	13,19	1,26

По полученным данным построим картины спектров (см. графики 2 и 3).

Б. Исследование спектра периодической последовательности цугов гармонических колебаний

4)

Канал 1: $V_0 = 1 \text{ В}$, $f_{\text{повт}} = 1 \text{ кГц}$, $\tau = 100 \text{ мкс.}$

Канал 2: $2A_{\text{сигн}} = 2 \text{ В}$, $\nu_0 = 25 \text{ кГц}$.

При увеличении длительности импульса τ вдвое $\delta\nu$ уменьшаться вдвое.

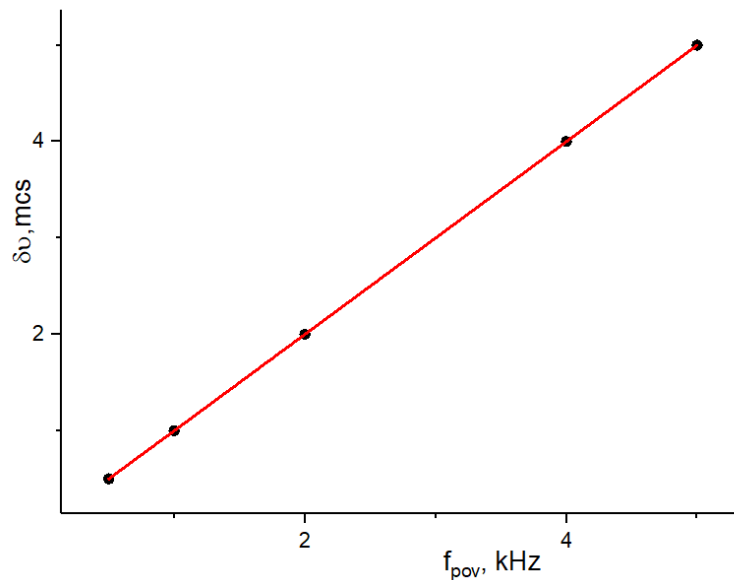
5) Установим частоту несущей $\nu_0 = 30 \text{ кГц}$, длительность импульса $\tau = 100 \text{ мкс.}$ Проведём измерения расстояния $\delta\nu$ между соседними спектральными компонентами для разных частот $f_{\text{повт}}$.

Таблица 4. Зависимость $\delta\nu(f_{\text{повт}})$

$f_{\text{повт}}, \text{кГц}$	0,5	1,0	2,0	4,0	5,0
$\delta\nu, \text{кГц}$	0,5	1,0	2,0	4,0	5,0

Построим график $\delta\nu(f_{\text{повт}})$.

График 4 Зависимость $\delta\nu(f_{\text{повт}})$



Тангенс наклона прямой $k = 1$, что соответствует теоретическому значению.

6) Установим $\tau = 100$ мкс, $f_{\text{повт}} = 1$ кГц. Определим амплитуды и частоты гармонического спектра. Проведём аналогичные измерения для $\tau = 100$ мкс и $f_{\text{повт}} = 2$ кГц. Данные занесём в таблицу 4.

Таблица 5. Частоты и амплитуды спектральных составляющих.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ν_1 , кГц	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
A_1 , мВ	1,831	1,754	1,626	1,438	1,136	0,998	0,626	0,455	0,223	0,071
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ν_2 , кГц	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
A_2 , мВ	1,928	1,677	1,513	1,271	0,890	0,734	0,502	0,346	0,121	0,034

По полученным данным построим картины спектров (см. графики 5 и 6).

7) Сравним построенные спектры:

- Прямоугольных импульсов при одинаковых $f_{\text{повт}}$ и разных τ :
 $\delta\nu$ в 2 раза больше у спектра $\tau = 50$ мкс
- Цугов при одинаковых τ и разных $f_{\text{повт}}$:
 $\delta\nu$ в 2 раза больше у спектра $f_{\text{повт}} = 2$ кГц, чем $f_{\text{повт}} = 1$ кГц
- Цугов и прямоугольных импульсов при одинаковых τ и $f_{\text{повт}}$:
спектры аналогичны, но максимум сдвинуты на ν_0 вправо.

В. Исследование спектра гармонических сигналов, модулированных по амплитуде

8)

Канал 1: смещение 1 В, $f_{\text{мод}} = 1$ кГц, $2A = 0,2$ В.

Канал 2: $2A = 1$ В, смещение 0 В, $\nu_0 = 25$ кГц

Меняя двойную амплитуду "СН1" от 0,2В до 2В измерим для каждого значения A_{max} и A_{min} амплитудных сигналов и амплитуд спектральных компонент. Рассчитаем соответствующие значения глубины модуляции по формуле:

$$m = \frac{A_{\text{max}} - A_{\text{min}}}{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}$$

Таблица 6. Амплитуды сигнала и спектра.

$2A_{\text{min}}$, мВ	$2A_{\text{max}}$, мВ	m	$a_{\text{осн}}$, кГц	$a_{\text{бок}}$, кГц	$a_{\text{осн}}/a_{\text{бок}}$
114,6	86,10	0,14	55,60	2,899	0,05
130,4	74,29	0,27	55,28	7,761	0,14
143,2	62,48	0,39	55,28	11,840	0,21
157,9	45,76	0,55	55,44	16,700	0,30
173,7	29,03	0,71	55,60	20,460	0,36
192,4	15,25	0,85	55,60	24,540	0,44
200,5	0,00	1,00	54,50	29,720	0,54

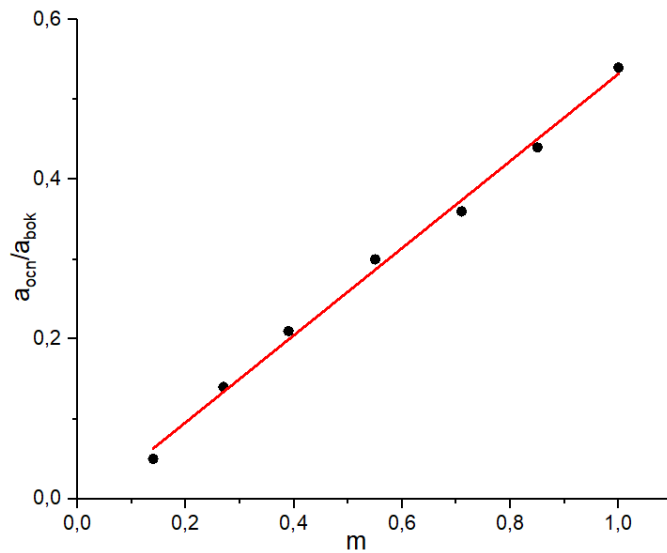
По полученным данным построим график зависимости $a_{\text{осн}}/a_{\text{бок}}$ от m .

Найдём коэффициент наклона прямой при помощи МНК.

$$k = 0,55 \pm 0,01$$

Теоретическое значение $k = 0,5$

График 7 Зависимость $a_{\text{осн}}/a_{\text{бок}}$ от m .



Вывод

- а) Экспериментально было проверено соотношение неопределённости в первых двух экспериментах. Полученные значения соответствуют ожидаемым.
- б) В третьем эксперименте была проверена зависимость амплитуд спектральных линий синусоидального сигнала, модулированного низкочастотными гармоническими колебаниями, от коэффициента модуляции.