Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации

Ордена Трудового Красного Знамени

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ

Кафедра «Теории электрических цепей»

Электротехника

Лабораторная работа № 24

«Исследование спектров периодических негармонических сигналов»

Выполнил:

студент группы БВТ2306

Кесслер Алексей Сергеевич

Проверила:

____

Москва 2024

Цель работы: С помощью машинного эксперимента изучить спектральный состав периодических негармонических сигналов.

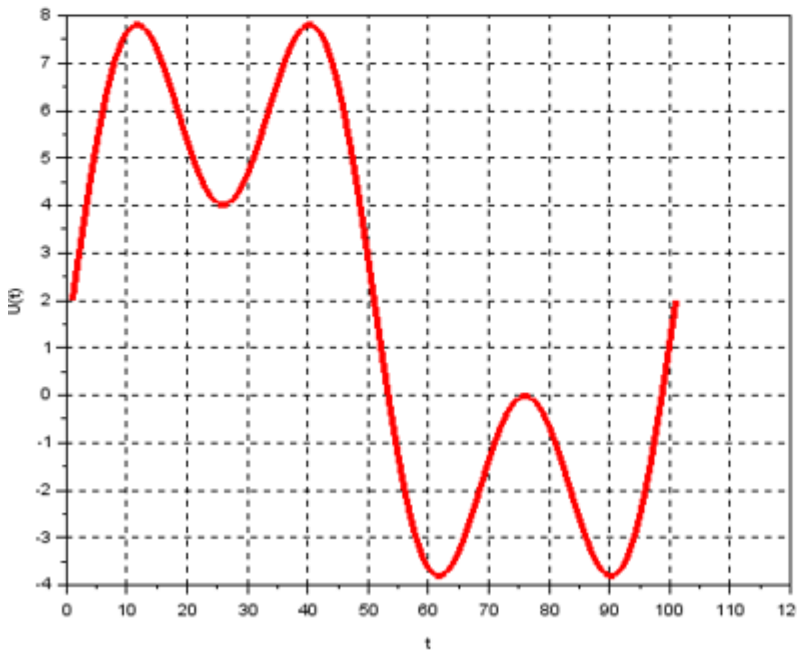
Предварительный расчет:

Построить кривую на отрезке времени 0≤t≤1 мкс, мгновенное значение которой определяется выражением:

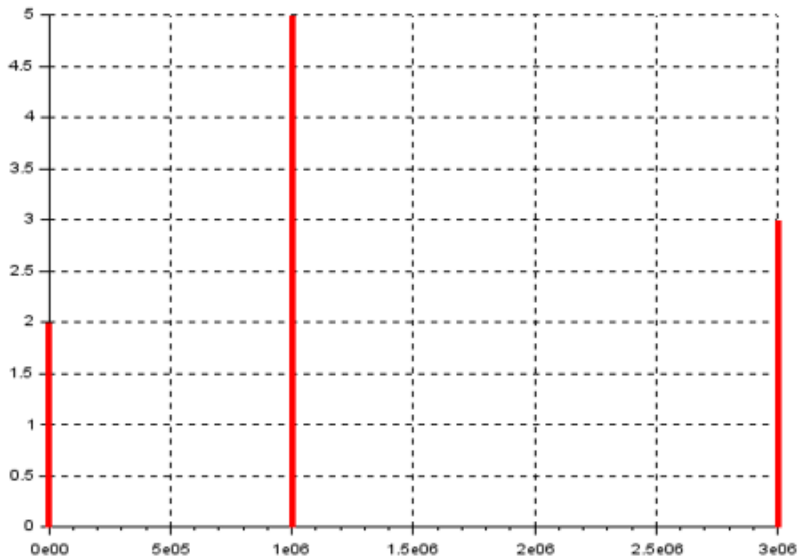
$$u(t) = 2 + 5\sin(2\pi f_1\, t) + 3\sin(3*2\pi f_1\, t),\ \ f_1 = 1\text{МГц}$$

f1=10^6;

Построить кривую на отрезке 0 ≤t ≤1 мкс



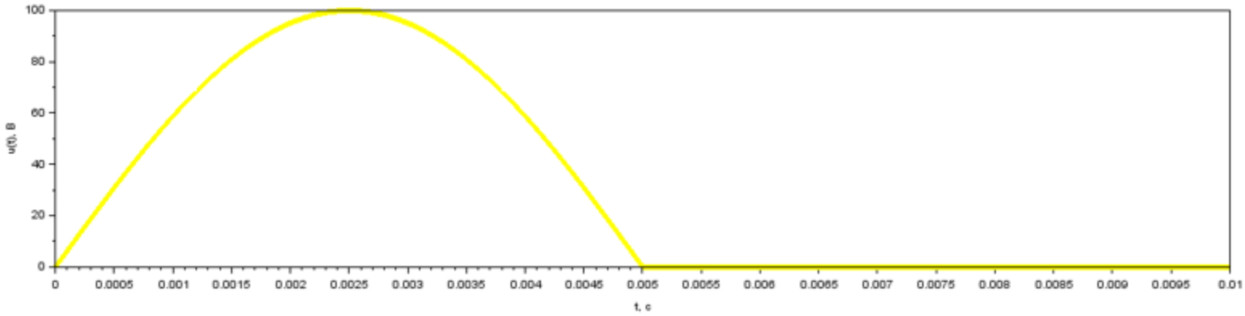
Построить амплитудный дискретный спектр этого сигнала.



Нарисовать в масштабе спектр однополупериодного сигнала

$$U_m = 100B, f = \frac{1}{T} = 100Гц$$

Однополупериодный сигнал



Амплитудный дискретный спектр

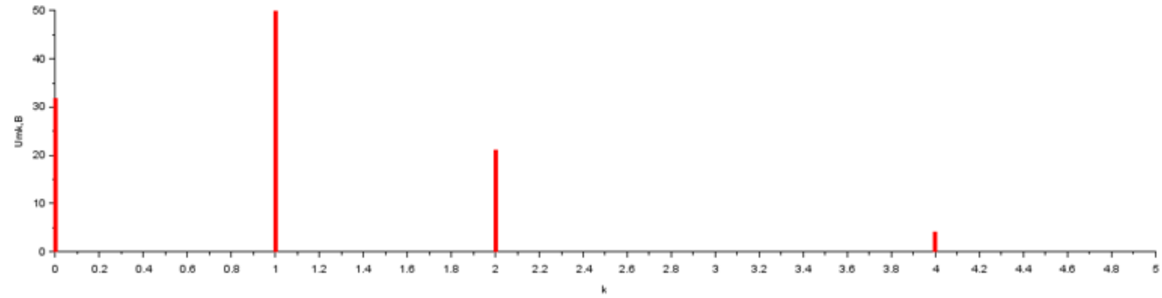
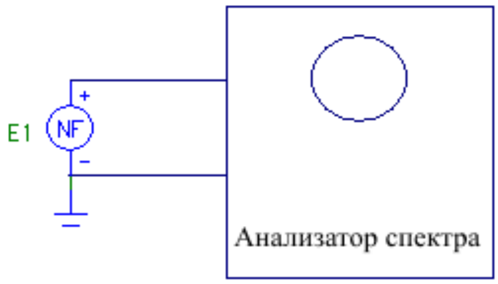
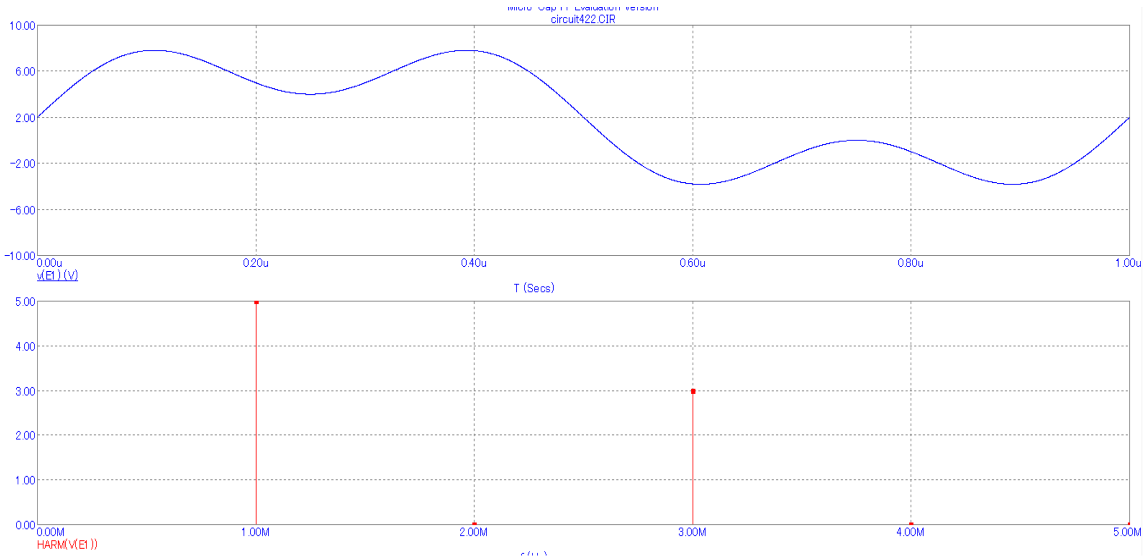


Схема эксперимента:

Негармонический переодический сигнал 2+5.0*sin(2*PI*1E6*t) +1.0*sin(3*2*PI*1E6*t)



Зависимость мгновенного напряжения генератора на отрезке времени и его дискретный амплитудный спектр:



Та же зависимость при изменении амплитуды 3 гармоники на 1 В

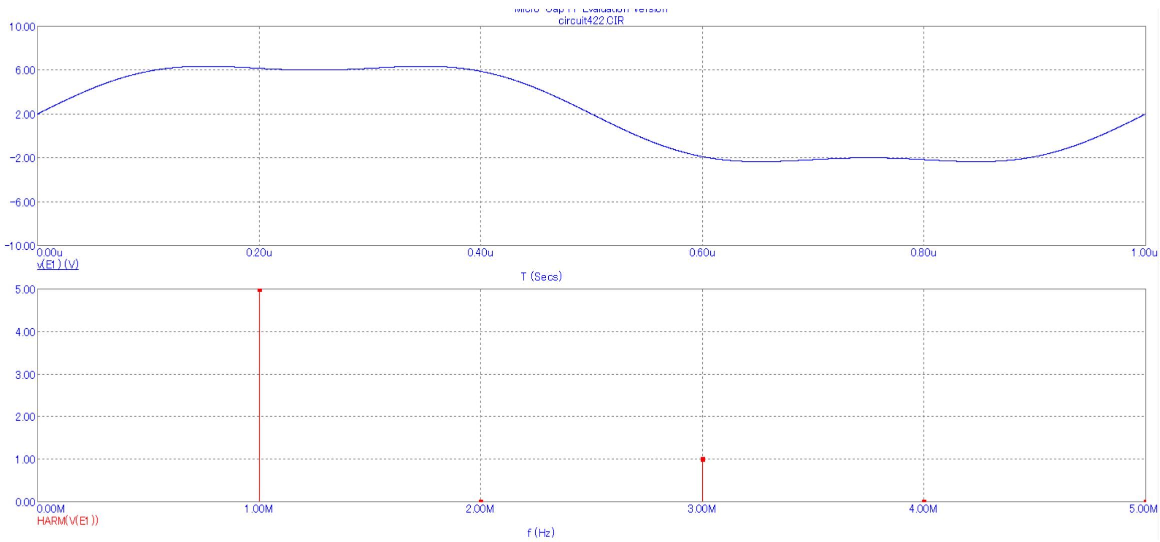
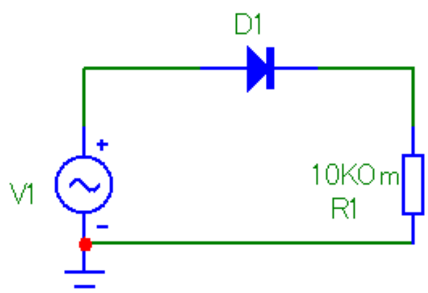
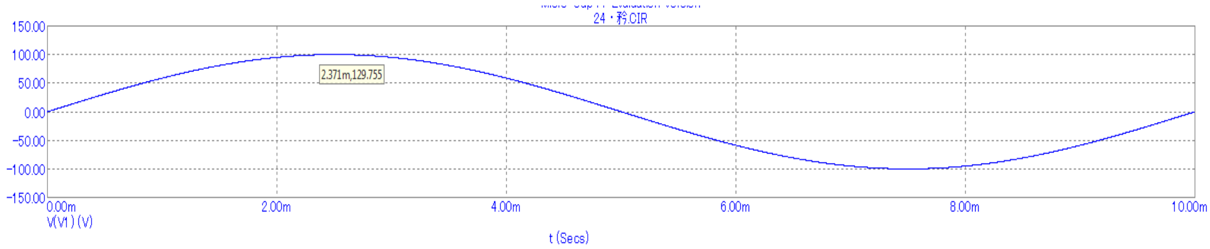


Схема эксперимента:

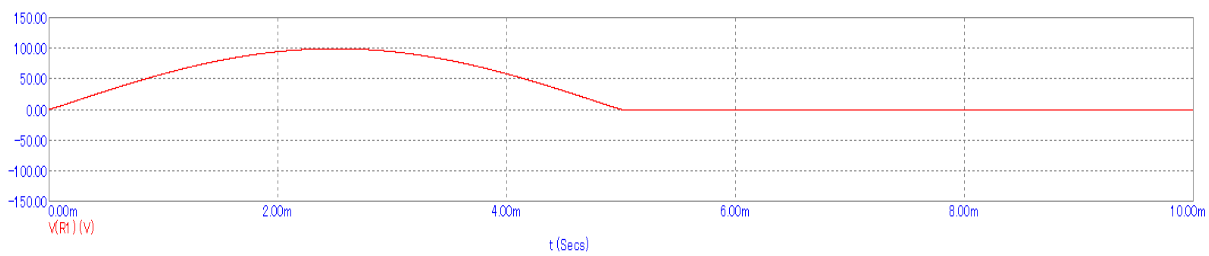
Простейшая выпрямительная схема состоящая из источника синусоидального напряжения Sine Source с амплитудой 100 В и частотой 100 Гц, полупроводникового диода и резистора 10 кОм.



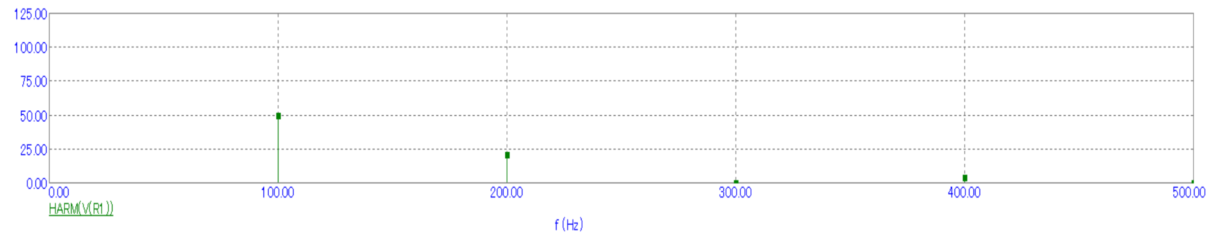
Зависимость мгновенного напряжения генератора от времени



Зависимость мгновенного напряжения на резисторе от времени



Дискретный спектр напряжения на резисторе



Вывод:

Результаты предварительных расчетов совпадают с данными из Micro-Cap. Изменение амплитуды третьей гармоники на единицу изменяет форму напряжения и спектральный импульс. Любой сигнал можно представить как сумму гармоник с определёнными амплитудами и фазами.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое спектр напряжения?

Спект напряжения – совокупность гармонических составляющих на напряжения, на которые раскладывается сигнал.

2. Почему анализируемые напряжения имеют дискретный спектр?

Потому что они представлены в виде ряда с ограниченным числом гармоник.

3. Запишите ряд Фурье и назовите его составляющие.

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_k \cos k\omega_1 t + b_k \sin k\omega_1 t\right) \ ,$$

где

$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t)dt$ - постоянная составляющая

$$a_k = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\cos k\omega_1 t dt$$

$b_k = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\sin k\omega_1 t dt$, k=1,2,3…

a_k, b_k- гармоники с частотами кратными частоте ω_1

$\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$- основная частота (частота первой гармонической составляющей)

t_0-произвольный момент времени (обычно $t_0 = 0$)

T- период функции

k- номер коэффициента разложения (номер гармонической составляющей)

$\omega_k = k\omega_1$-частоты высших гармонических составляющих (k=2,3,4…)

Или в тригонометрической форме:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} c_k \cos(k\omega_1 t + \psi_k)$$

где

$c_k = \sqrt{a^2{}_k + b^2{}_k}$ –спектр амплитуд

$\psi_k = \mathrm{arctg}(\frac{b_k}{a_k})$- спектр фаз

Формула ряда Фурье в комплексной форме

$$f(t) = \frac{1}{2}\sum_{k=-\infty}^{\infty} \underline{A}_k e^{jkt}$$

где $\underline{A}_k$-комплексная амплитуда k-й гармоники

$$\underline{A}_k = a_k - jb_k = A_k e^{-j\varphi_k}$$

$A_k = \sqrt{a^2{}_k + b^2{}_k}$ – амплитуда k-й гармоники

$\varphi_k = \mathrm{arctg}(\frac{b_k}{a_k})$- начальная фаза k-й гармоники

4. Что представляет собой равенство Парсеваля?

Равенство Парсеваля широко используется в теории цепей и сигналов при выборе полосы пропускания канала связи, обеспечивающей наилучшее использование энергии сигнала.

$$P_C = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} s^2(t)dt = \sum_{k=0}^{\infty} P_\eta C^2(k)$$

$P_\eta = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} \eta^2(t,k)dt$ - мощность элементарных функций $\eta(t,k)$ по которым определен спектр сигнала. Мощность гармонических функций равна ½.

Равенство Парсеваля показывает, что активная мощность периодического негармонического сигнала равна сумме мощностей всех составляющих его обобщенного спектра.