

ГУАП  
КАФЕДРА №23

ОТЧЁТ ЗАЩИЩЁН С ОЦЕНКОЙ:

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

доцент

Балышева О.Л.

КУРСОВАЯ РАБОТА

по курсу: РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ  
СТУДЕНТКА ГР. №2212

Пистунова Е.С.

Санкт-Петербург 2024

### Вариант задания:

Аналитическое выражение и параметры сигнала

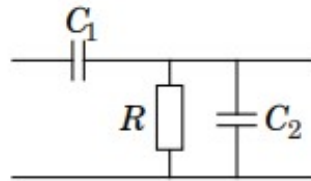
$$s(t) = Et/t_{\text{И}} \text{ при } 0 < t < t_{\text{И}} \text{ и}$$

$$s(t) = E \text{ при } t_{\text{И}} < t < 2t_{\text{И}}$$

$$s(t) = 0 \text{ при других } t.$$

$$E = 2\text{В}, t_{\text{И}} = 2 \text{ мкс}, T = 15 \text{ мкс}$$

Схема



$$R = 5 \text{ кОм}; C_1 = 2 \text{ нФ};$$

$$C_2 = 0,2C_1$$

#### Задание 1. Аналитическое выражение S(t)

1. Исходные константы для расчётов:

$$E := 2 \quad t_{\text{И}} := 2 \cdot 10^{-6} \quad T := 15 \cdot 10^{-6}$$

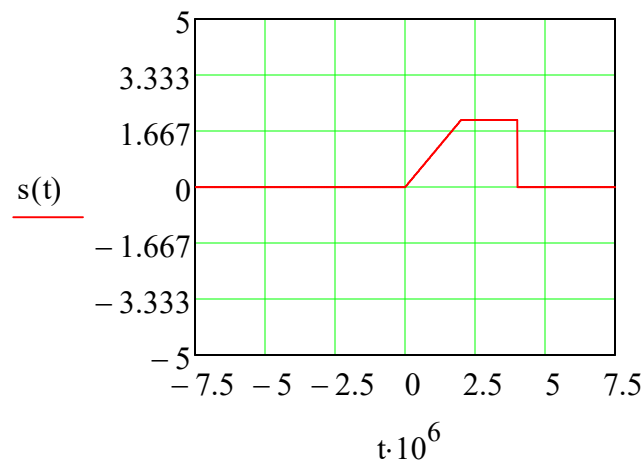
2. Построение графика исходной функции

$$t := \frac{-T}{2}, \frac{-T}{2} + \frac{t_{\text{И}}}{100} \dots \frac{T}{2}$$

Задана функция

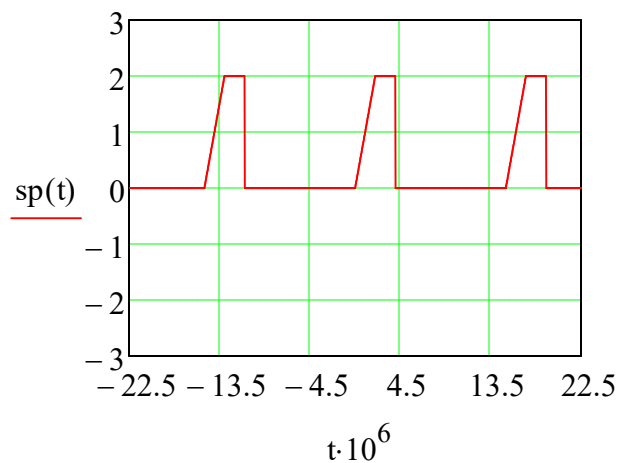
$$s(t) := \begin{cases} \frac{E \cdot t}{t_{\text{И}}} & \text{if } 0 < t < t_{\text{И}} \\ E & \text{if } t_{\text{И}} < t < 2t_{\text{И}} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

График исходной функции



Образование периодического импульсного сигнала:

$$t := -1.5T, \left(-1.5T + \frac{t_{\text{ш}}}{100}\right) .. 1.5 \cdot T \quad \text{sp}(t) := \sum_{k=-2}^2 s(t - k \cdot T)$$



**Задание 2. Определение переодического сигнала и постороение его графика.**

Расчёт амплитудного фазового спектра импульсного переодического нечетного сигнала:

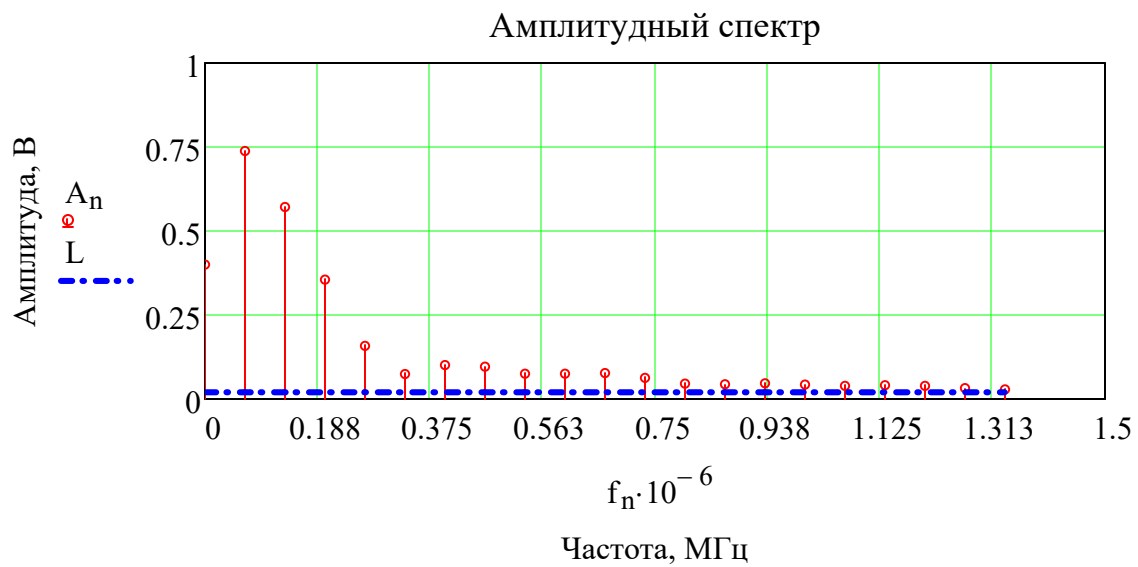
$$n := 0 \dots 20 \quad f_n := \frac{n}{T} \quad A_{k_n} := \frac{2}{T} \cdot \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} s(t) \cdot \exp(-2i \cdot \pi \cdot f_n \cdot t) dt$$

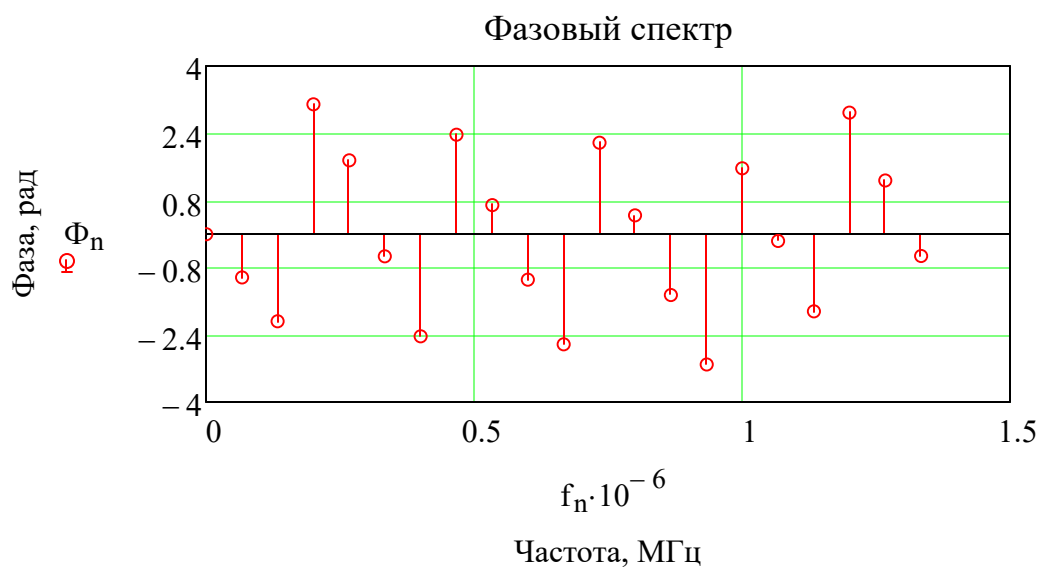
$$A_n := |A_{k_n}|$$

$$\Phi_n := \text{if}(A_n \neq 0, \arg(A_{k_n}), 0)$$

$$A_0 := 0.5 \cdot |A_{k_0}|$$

$$L := 0.05 \cdot A_0$$





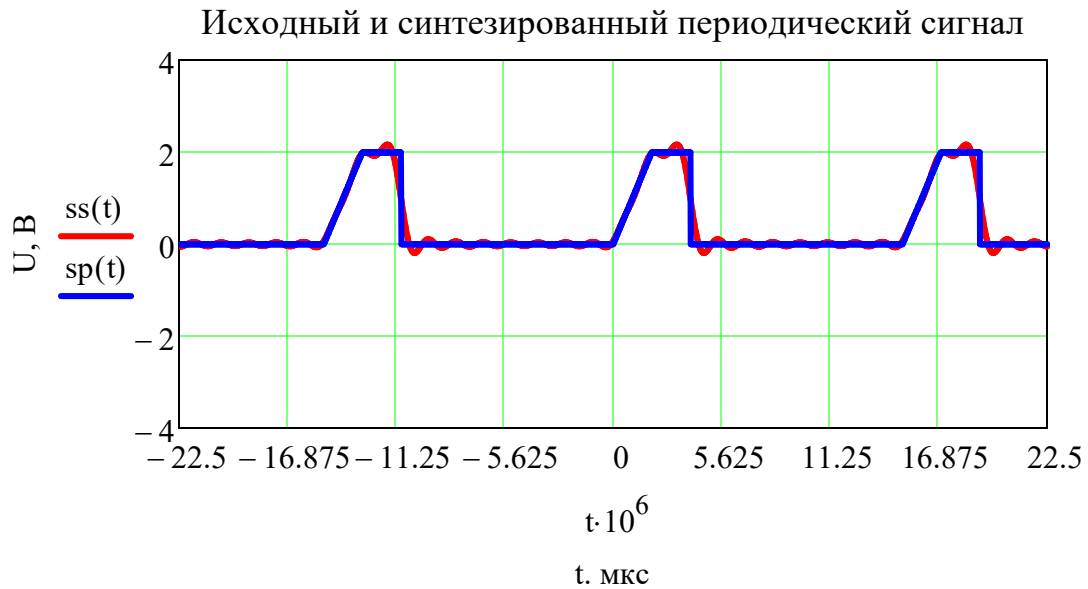
**Задание 3. Синтез периодического сигнала по эффективной части его спектра.**

**Построение на одном графике исходный и синтезированный сигнал. Определение погрешности синтеза.**

Синтез переодического сигнала по активной ширине:

$N_a := 10$

$$ss(t) := A_0 + \sum_{n=1}^{N_a} (A_n \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot t + \Phi_n))$$



Погрешность синтеза:

$$\epsilon_1 := \frac{1}{T} \cdot \int_{-0.5 \cdot T}^{0.5 \cdot T} (sp(t) - ss(t))^2 dt = 0.019$$

Погрешность можно уменьшить, увеличив количество гармоник.

Пример: возьмём 20 гармоник.

$$\underline{ss}(t) := A_0 + \sum_{n=1}^{20} (A_n \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot t + \Phi_n))$$



$$\varepsilon_2 := \frac{1}{T} \cdot \int_{-0.5 \cdot T}^{0.5 \cdot T} (\text{sp}(t) - \text{ss}(t))^2 dt = 9.863 \times 10^{-3}$$

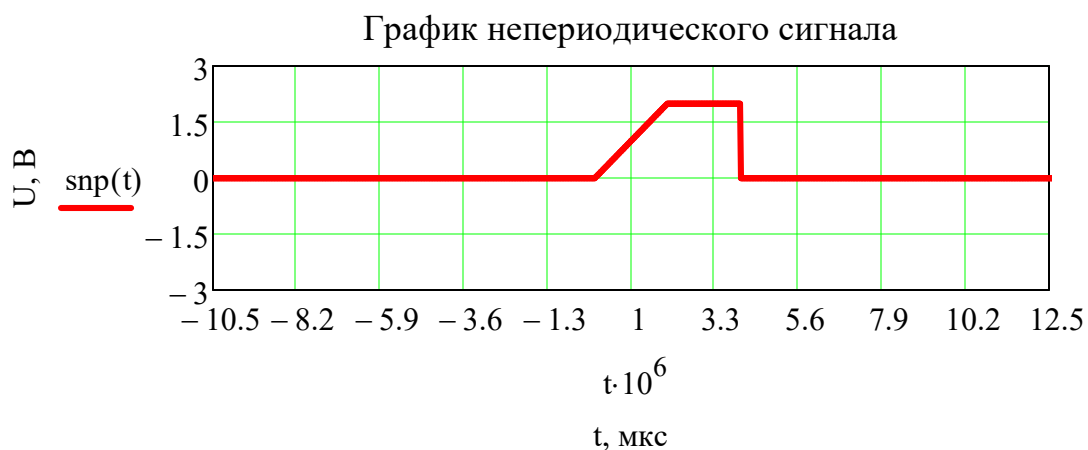
$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = 1.938$$

Погрешность для 10 гармоник в 2 раза больше погрешности для 20 гармоник

**Задание 4. Образование непериодического сигнала из функции  $s(t)$ . Сравнение спектров периодического и непериодического сигналов (по форме огибающей спектральной функции, по ширине эффективной части, по размерности).**

Образование непериодического сигнала из функции  $s(t)$ :

$$\text{snp}(t) := \begin{cases} s(t) & \text{if } \frac{-T}{2} < t < \frac{T}{2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



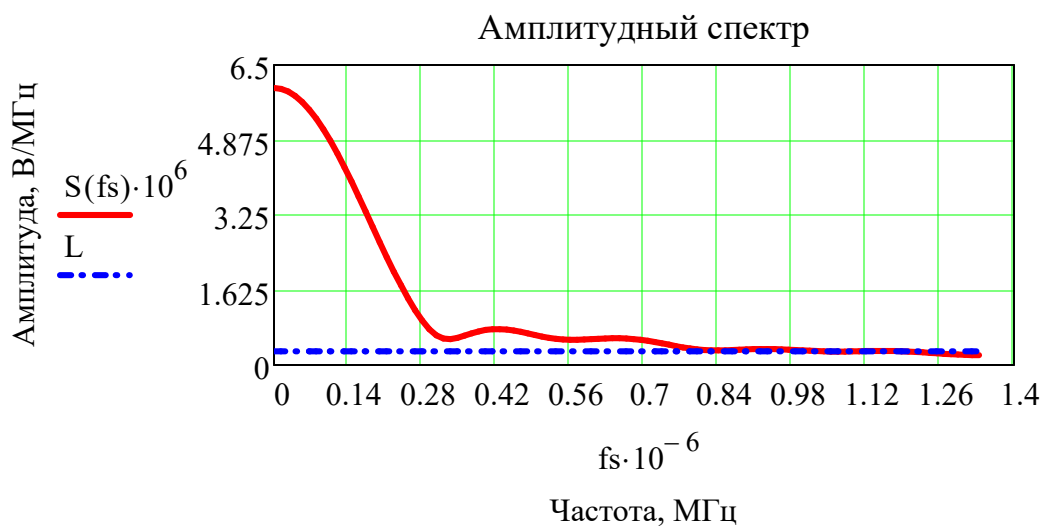
Расчёт спектра непериодического сигнала:

$$f_{Na} := \frac{Na}{T} \quad Fm := 2 \cdot f_{Na} \quad df := 0.01 \cdot Fm = 1.333 \times 10^4$$

$$Sk(fs) := \int_{-0.5 \cdot T}^{0.5 \cdot T} s(t) \cdot \exp(-2i \cdot \pi \cdot fs \cdot t) dt \quad fs := 0, df .. Fm$$

$$S(fs) := |Sk(fs)|$$

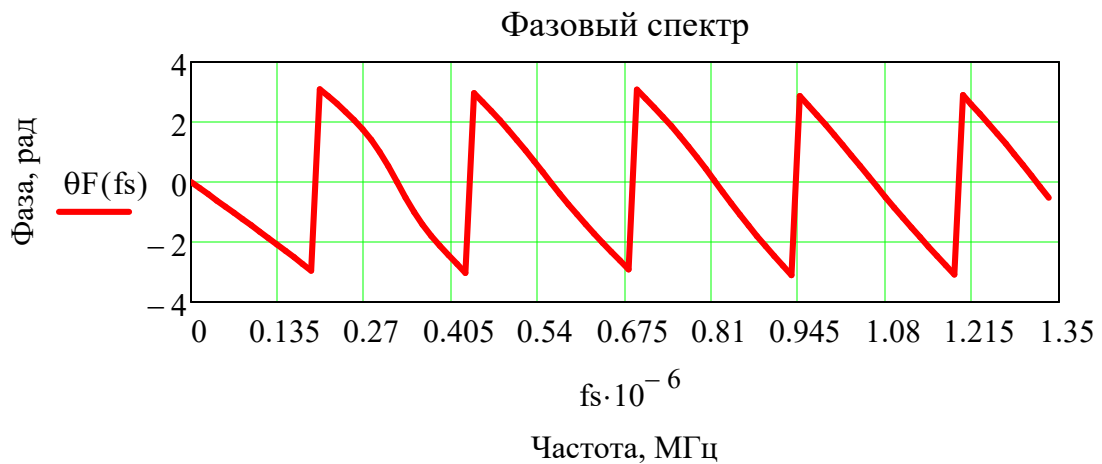
$$L := 0.05 \cdot 6$$





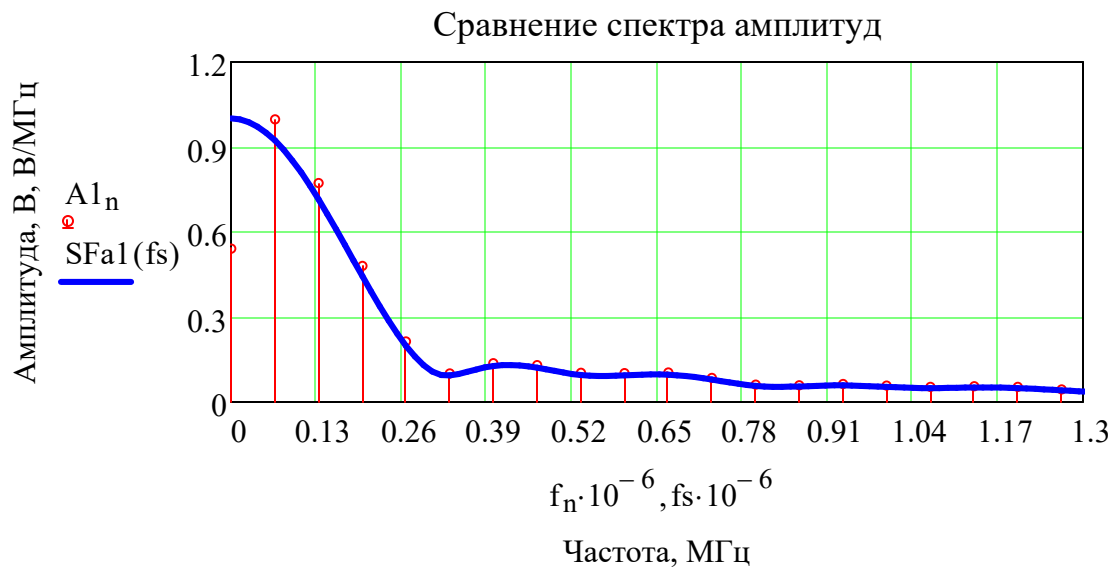
Активная ширина спектра (по уровню 5%) составляет 1.3 МГц

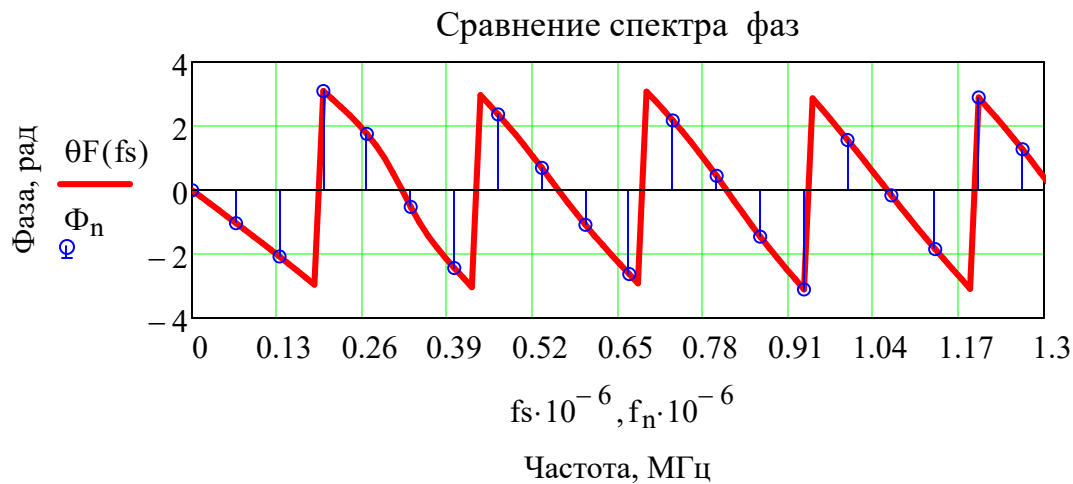
$$\theta F(fs) := \text{if}(S(fs) \neq 0, \arg(Sk(fs)), 0)$$



**Сравнение периодического и непериодического сигнала:**

$$SFa1(fs) := \frac{S(fs)}{6 \cdot 10^{-6}} \quad A1_n := \frac{A_n}{0.74}$$

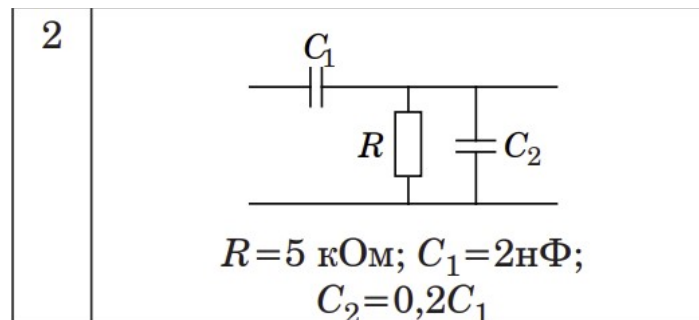




Амплитудный спектр непериодического сигнала совпадает по форме огибающей с периодическим. Активная ширина также совпадает и составляет 1.3 МГц. Непериодический и периодический амплитудный спектр имеют разную размерность.

Фазовый спектр непериодического сигнала совпадает по форме огибающей с периодическим, спектры имеют одинаковую размерность.

5. Определить амплитудно-частотную, фазочастотную характеристики цепи. Построить графики характеристик, выбрав удобные масштабы координат. Найти ширину полосы пропускания цепи и активную длительность импульсной характеристики. Сравнить частотные диапазоны полосы пропускания цепи и активной части спектра сигнала.



$$R := 5 \cdot 10^3$$

$$C := 2 \cdot 10^{-9}$$

$$C_2 := 0.2 \cdot C$$

$$f1 := \frac{20}{T} \quad f := \frac{f1}{500}, \frac{f1}{100} .. f1$$

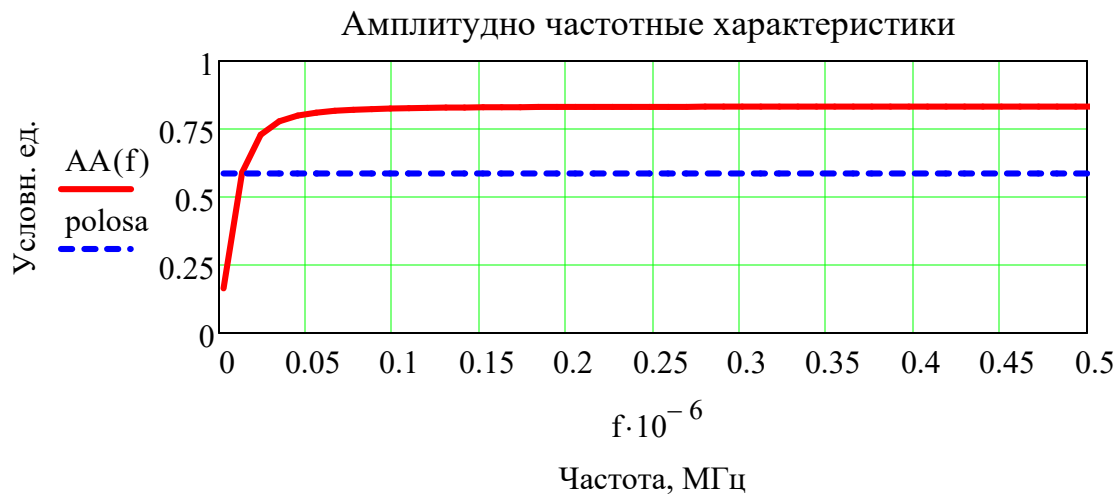
$$Z1(f) := \frac{1}{i \cdot 2 \cdot \pi \cdot C \cdot f}$$

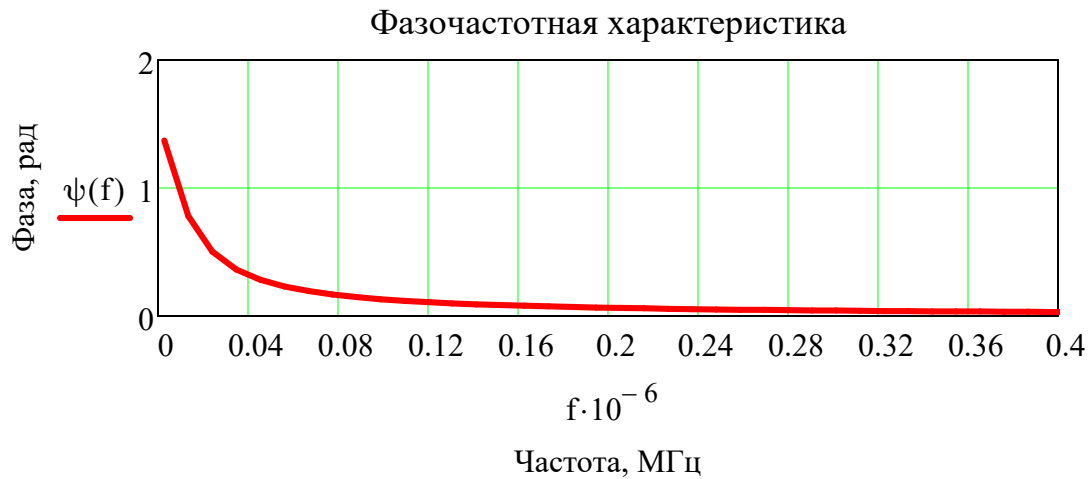
$$Z2(f) := \frac{1}{(i \cdot 2 \cdot \pi \cdot C2 \cdot f) + \frac{1}{R}}$$

$$AA(f) := |K(f)| \quad \text{K(f)} := \frac{Z2(f)}{Z1(f) + Z2(f)}$$

$$polosa := 0.83 \cdot 0.707 = 0.587$$

$$\psi(f) := \text{if}(K(f) \neq 0, \arg(K(f)), 0)$$





Ширина полосы пропускания по уровню 0.83 составляет от 13 КГц до бесконечности.

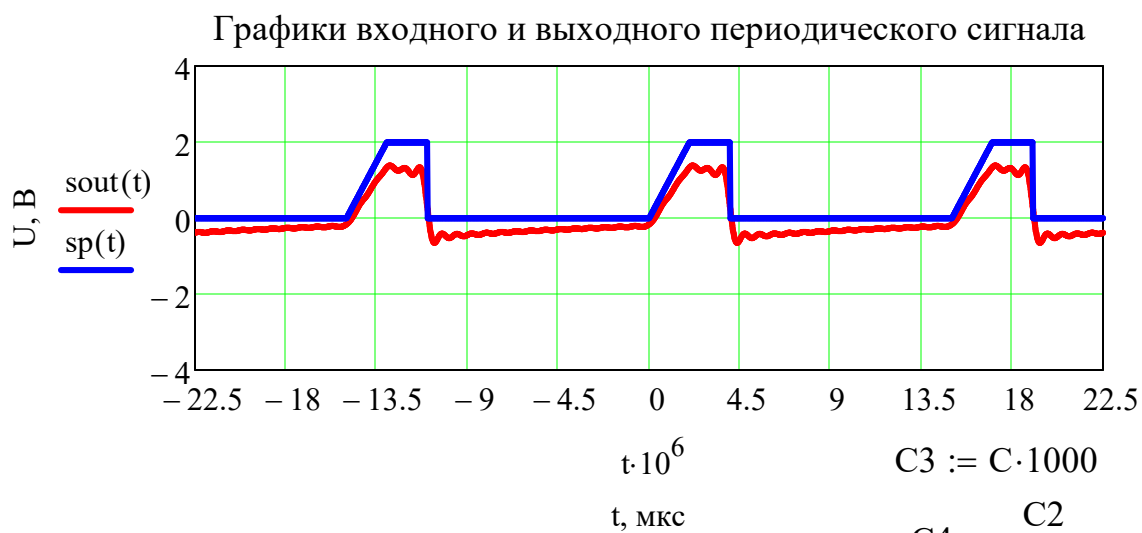
Активная часть спектра попадает в частотный диапазон полосы пропускания.

6. Используя спектральный метод анализа, вычислить напряжение на выходе цепи при условии, что входное напряжение является периодическим сигналом (п. 2 задания). Сравнить сигналы на входе и выходе цепи и сделать выводы о причинах искажений.

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

Синтезированный сигнал в соответствии с активной шириной спектра (на выходе цепи)

$$s_{out}(t) := \sum_{n=1}^{20} \left( A_n |K(n \cdot f)| \cdot \cos(n \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \Phi_n + \arg(K(n \cdot f))) \right)$$



$$C3 := C \cdot 1000$$

$$R2 := R \quad C4 := \frac{C2}{1000}$$

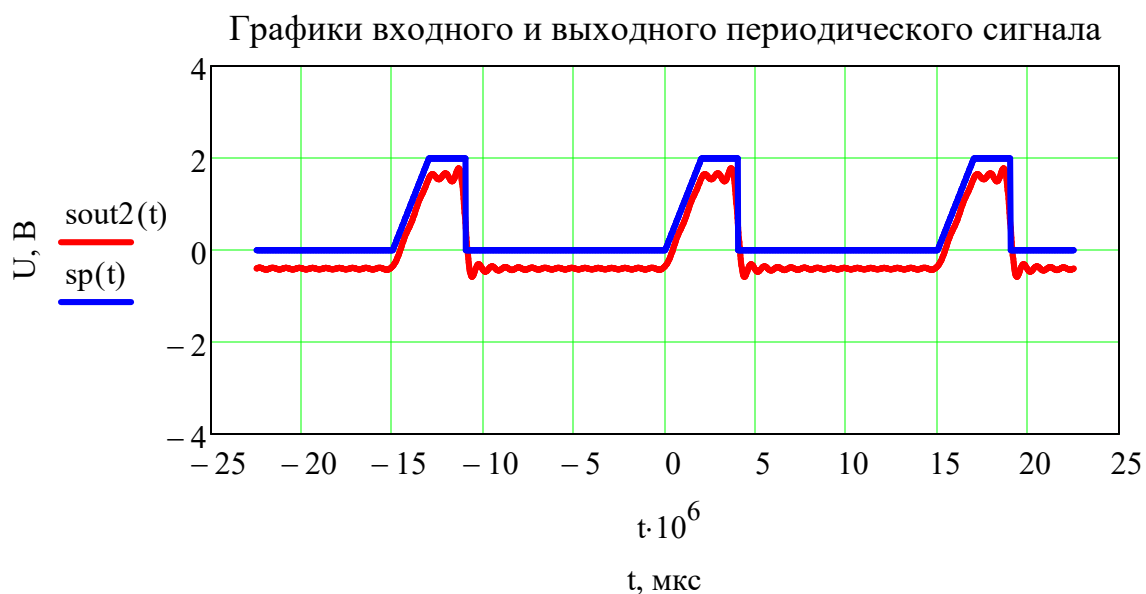
$$Z3(f) := \frac{1}{i \cdot 2 \cdot \pi \cdot C3 \cdot f}$$

$$Z4(f) := \frac{1}{(i \cdot 2 \cdot \pi \cdot C4 \cdot f) + \frac{1}{R2}}$$

$$K2(f) := \frac{Z4(f)}{Z3(f) + Z4(f)}$$

$$AA2(f) := |K2(f)|$$

$$sout2(t) := \sum_{n=1}^{20} \left( A_n |K2(n \cdot f)| \cdot \cos(n \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \Phi_n + \arg(K2(n \cdot f))) \right)$$



$n1 := 1..20$

	0
0	0.802+0.159i
1	0.825+0.082i
2	0.83+0.055i
3	0.831+0.041i
4	0.832+0.033i
5	0.832+0.028i
6	0.833+0.024i
7	0.833+0.021i
8	0.833+0.018i
9	0.833+0.017i
10	0.833+0.015i
11	0.833+0.014i
12	0.833+0.013i
13	0.833+0.012i
14	0.833+0.011i
15	...

Вывод

	0
0	$1+2.387i \cdot 10^{-4}$
1	$1+1.194i \cdot 10^{-4}$
2	$1+7.958i \cdot 10^{-5}$
3	$1+5.968i \cdot 10^{-5}$
4	$1+4.775i \cdot 10^{-5}$
5	$1+3.979i \cdot 10^{-5}$
6	$1+3.41i \cdot 10^{-5}$
7	$1+2.984i \cdot 10^{-5}$
8	$1+2.653i \cdot 10^{-5}$
9	$1+2.387i \cdot 10^{-5}$
10	$1+2.17i \cdot 10^{-5}$
11	$1+1.989i \cdot 10^{-5}$
12	$1+1.836i \cdot 10^{-5}$
13	$1+1.705i \cdot 10^{-5}$
14	$1+1.592i \cdot 10^{-5}$
15	...

Постоянная составляющая есть у входного сигнала, однако, отсутствует у выходного. Это объясняется тем, что на входе цепи установлен

конденсатор. Искажение выходного сигнала можно уменьшить путём увеличения ёмкости конденсатора  $C_1$  и уменьшением ёмкости конденсатора  $C_2$ , увеличив тем самым коэффициент передачи цепи на всём диапазоне частот.



























