

Лабораторная работа № 1 ДО

ПРОХОЖДЕНИЕ СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ РС-ЦЕПИ

3. Подготовка

Группа А-12-20

Студент Тимофеева Карина

Лабораторная работа № 1 ДО

Прохождение сигналов через РС-цепи

3. Подготовка к работе

3.1. Для схемы с интегрирующей конденсатори (рис. 1.1) с параметрами элементов, заданными в соответствии с вариантами:

• записать выражение для амплитудно-частотной $H(f)$ и временной $u_{\text{вых}}(t)$ характеристик;

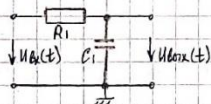
• нарисовать графики данных зависимостей и по ним определить

f_0 - верхнюю граничную частоту,

$t_{\text{Ф}}$ - длительность фронта выходного сигнала.

Частотная характеристика НЧФ

Рассчитать параметры схемы.

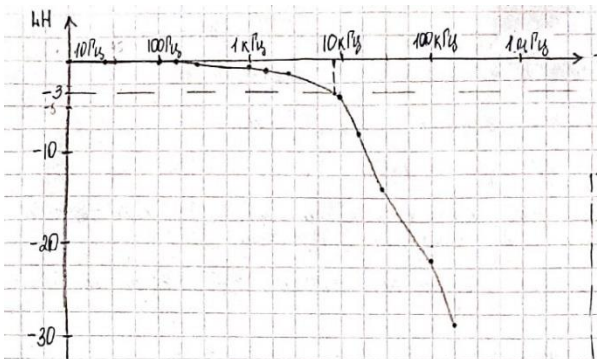
 $M = 12, N = 22, K = 20$ $R_1 = (1 + 0,035M + 0,025N + 0,0125K) = (1 + 0,035 \cdot 12 + 0,025 \cdot 22 + 0,0125 \cdot 20) = 2,22 \text{ кОм}$ $C_1 = 5 + 0,06M + 0,07N + 0,08K = 5 + 0,06 \cdot 12 + 0,07 \cdot 22 + 0,08 \cdot 20 = 8,86 \text{ нФ}$  $R_1 = 2,22 \text{ кОм}$ $C_1 = 8,86 \text{ нФ}$ $\tau_1 = R_1 C_1 = 2,22 \cdot 10^3 \cdot 8,86 \cdot 10^{-9} = 19,67 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 19,67 \text{ мкс}$ $f_0 = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 19,67 \cdot 10^{-6}} = 8095 \cdot \text{Гц} = 8,095 \text{ кГц}$

$$H = \frac{u_{\text{вых}}(f)}{u_{\text{вх}}(f)} = \frac{1}{R_1 + j\omega C_1} = \frac{1}{1 + j\omega C_1 R_1} = \left| \omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{RC} \right| =$$

$$= \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_0)^2}} e^{j(-\frac{\omega}{\omega_0})}$$

$$H(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_0)^2}} \Rightarrow H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_0)^2}}$$

$f, \text{кГц}$	0,04	0,1	0,2	0,4	1,0	2,0	4,0	10	20	40	100	200
H	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
$\angle H, \text{град}$	-0,0004	-0,0009	-0,0018	-0,0036	-0,0072	-0,0144	-0,0288	-0,0576	-0,1152	-0,2304	-0,4608	-0,9216



$$|H| = 20 \lg(H); -3 = 20 \lg(H)$$

$$H = 0,708$$

$$H(f) = \frac{1}{\sqrt{1+(f/f_0)^2}} \Rightarrow$$

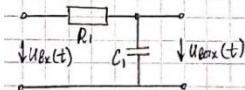
$$0,708 = \frac{1}{\sqrt{1+(f/8,08)^2}} \Rightarrow$$

$$f = 8,08 \text{ (кГц)}$$

Верхняя граничная частота $f_0 = 8,08 \text{ кГц}$

Временная характеристика RC-цепи с интегрирующей конденсатором.

$$U_m = 2 + 0,31 \text{ МВ} + 0,27 \text{ НВ} + 0,23 \text{ КВ} = 2 + 0,31 \cdot 10^6 + 0,27 \cdot 10^3 + 0,23 \cdot 10^3 = 16,26 \text{ В}$$



$$R_1 = 2,22 \text{ кОм}$$

$$C_1 = 8,86 \text{ нФ}$$

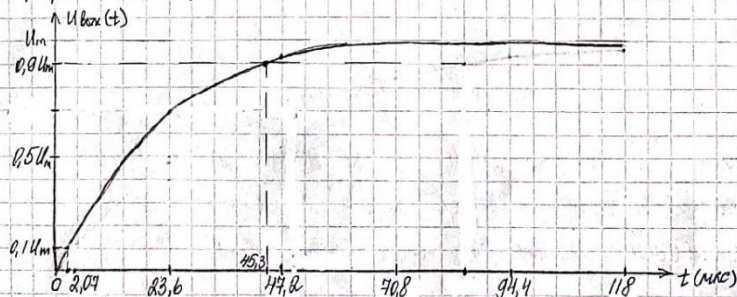
$$\tau_1 = 19,67 \text{ мкс}$$

$$U_{\text{вых}}(t) = U_{\text{вых}}(\infty) - (U_{\text{вых}}(\infty) - U_{\text{вых}}(0)) e^{-\frac{t}{\tau}} = U_m - U_m e^{-\frac{t}{\tau}} =$$

$$= 16,26 - 16,26 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

t/τ_1	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0
$t, \text{ мкс}$	0	5,9	11,8	17,7	23,6	29,5	35,4	41,3	47,2	53,1	59
$U_{\text{вых}}(t)$	0	4,21	7,34	9,65	11,4	12,6	13,6	14,3	14,8	15,2	15,5

График на интервале $6\tau_1 = 118 \text{ мкс}$



Длительность фронта входного импульса $t_p = 145,3 - 2,07 = 143,23 \text{ (мкс)}$

$$t_p = t_2 - t_1$$

3.2. Для схем с разделимыми конденсаторами (рис. 1.2) с параметрами элементов, заданными в соответствии с вариантами:

• записать выражения для амплитудно-частотной $H(f)$ и временной $u_{вых}(t)$ хар-к;

• построить графики данных зависимостей и по ним определить:

f_H — нижнюю граничную частоту,

δ_H — относ. сдвиг фазы при заданной длительности импульса.

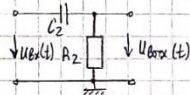
Частотная характеристика ВЧФ

Рассчитаем параметры схем.

$$M=12, N=22, K=20.$$

$$R_2 = 100 + 0,7M + 0,3N + 0,6K = 127 \text{ Ом}.$$

$$C_2 = 5 + 0,13M + 0,17N + 0,11K = 12,5 \text{ нФ} = 12500 \text{ пФ}.$$



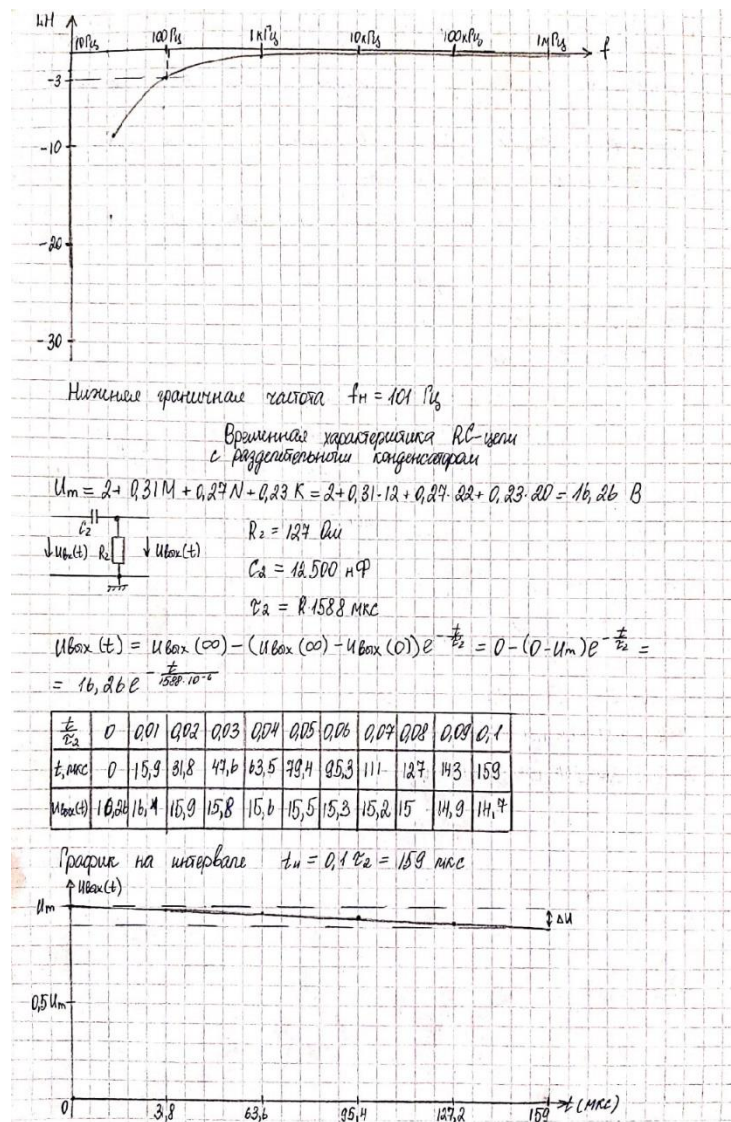
$$\tau_2 = R_2 C_2 = 127 \cdot 12500 \cdot 10^{-9} = 1588 \cdot 10^{-9} \text{ с} = 1588 \text{ нс}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} = 100,3 \text{ Гц} = 0,1003 \cdot 10^3 \text{ Гц}$$

$$H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (f_H/f)^2}} = \frac{u_{вых}(f)}{u_{вх}(f)}$$

$$|H| = \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_H}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_H)^2}} e^{j(\frac{\pi}{2} - \frac{\omega}{\omega_H})} \Rightarrow H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (f_H/f)^2}}$$

$f, \text{ Гц}$	0,04	0,1	0,2	0,4	1,0	2,0	4,0	10	20	40	100	200
H	0,374	0,706	0,894	0,97	0,995	0,998	0,999	1	1	1	1	1
$\omega_H, \text{ рад/с}$	8,63	3,02	0,973	0,245	0,0425	0,013	0,003	0	0	0	0	0



Спад плоской вершины $\Delta U = 16,26 - 14,7 = 1,56 \text{ (В)}$

Относительный спад плоской вершины: $S_H = \frac{\Delta U}{U_m} \cdot 100\% =$

$$= \frac{1,56}{16,26} \cdot 100\% = 0,09594 \cdot 100\% = 9,59\%$$

4. Рабочее задание

Исследование характеристик низкочастотного RC-фильтра

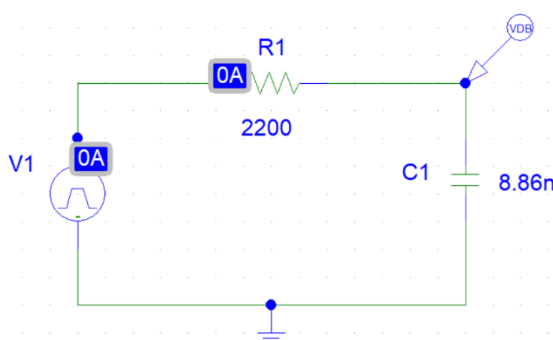
4.2. Исследование частотных характеристик НЧ-фильтра.

$$M = 12, N = 22, K = 20.$$

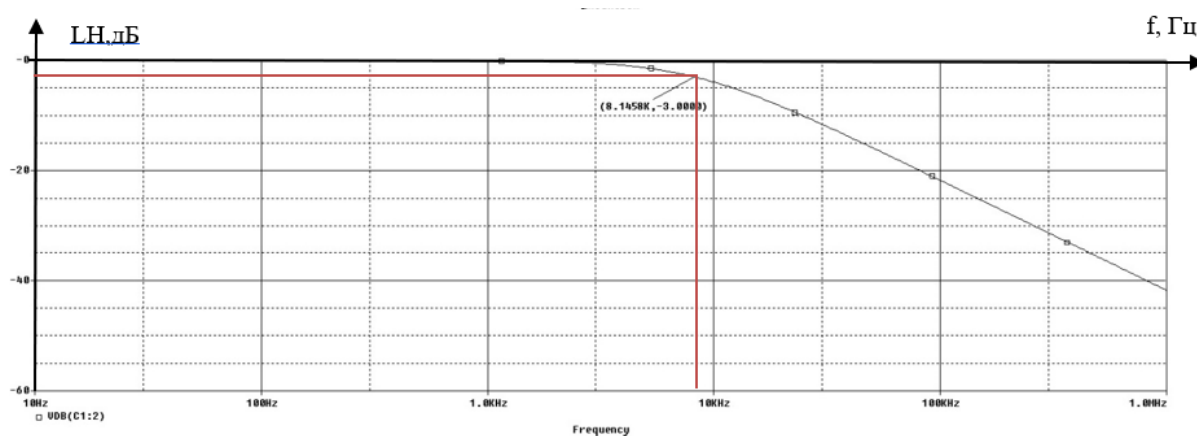
$$R_1 = 1 + 0,035 \cdot M + 0,025 \cdot N + 0,0125 \cdot K = 1 + 0,035 \cdot 12 + 0,025 \cdot 22 + 0,0125 \cdot 20 = 2,22 \text{ кОм},$$

$$C_1 = 5 + 0,06 \cdot M + 0,07 \cdot N + 0,08 \cdot K = 5 + 0,06 \cdot 12 + 0,07 \cdot 22 + 0,08 \cdot 20 = 8,86 \text{ нФ},$$

Рабочая схема НЧ-фильтра



АЧХ НЧ-фильтра



$$f_B = 8.1458 \text{ кГц}$$

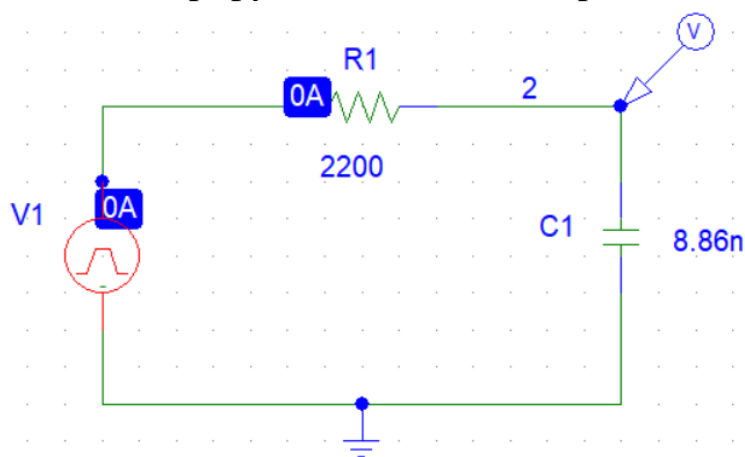
$$t_\Phi = 0.35 / f_B = 0.35 / 8145.9 = 42.97 \text{ мкс}$$

4.3. Исследование временных характеристик НЧ-фильтра.

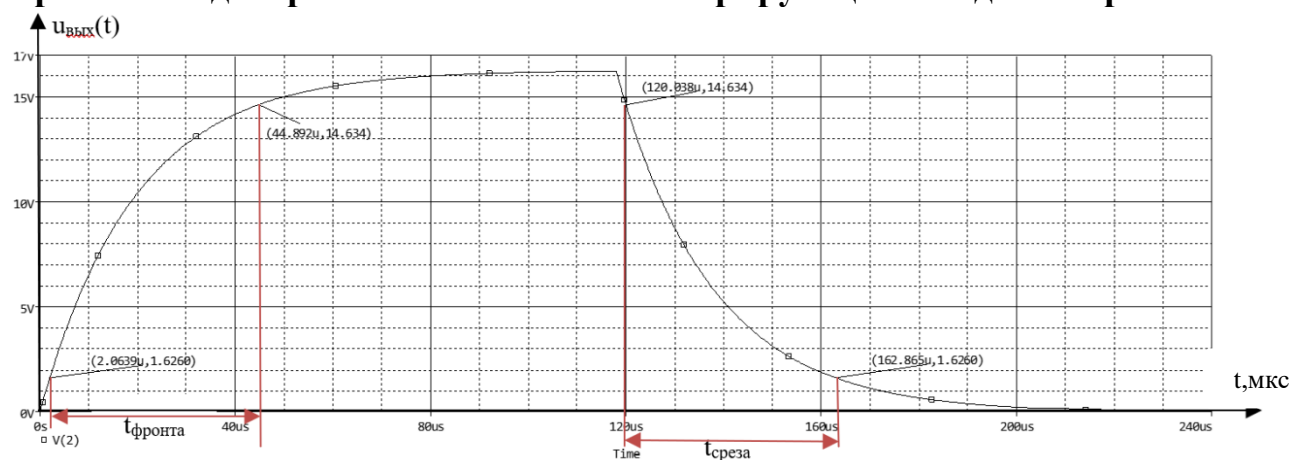
Максимальное значение входного и выходного сигнала:

$$U_m = 2 + 0,31 \cdot M + 0,27 \cdot N + 0,23 \cdot K = 2 + 0,31 \cdot 12 + 0,27 \cdot 22 + 0,23 \cdot 20 = 16,26 \text{ В}.$$

Рабочая RC-схема с интегрирующим конденсатором $t_H = 118$ мкс.



Временные диаграммы RC-схемы с интегрирующим конденсатором



Определение фронта и среза автоматическими измерениями:

Goal Function Value

×

Goal Function Value

×



Risetime(V(2)) = 4.2425e-005



Falltime(V(2)) = 4.2828e-005

OK

OK

Таблица 1.1

Параметр	t_{ϕ} , мкс	t_c , мкс
Теоретический расчет	43.23	43.23
Эксперимент (с помощью курсоров)	42.83	42.83
Эксперимент (автоматическое измерение)	42.43	42.83

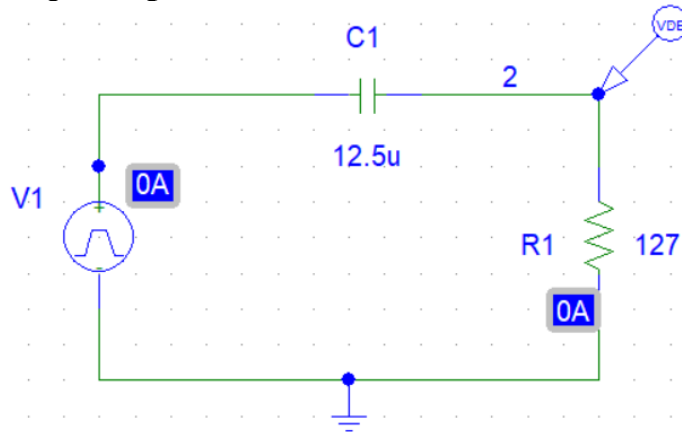
Исследование характеристик высокочастотного RC-фильтра

4.5. Исследование частотных характеристик ВЧ-фильтра.

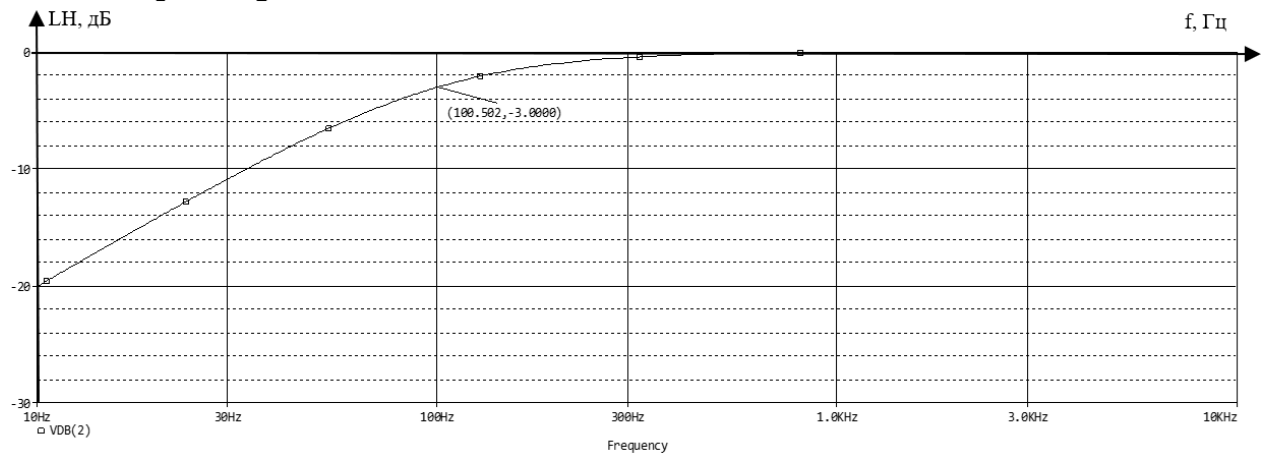
$$R_2 = 100 + 0,7 \cdot M + 0,3 \cdot N + 0,6 \cdot K = 100 + 0,7 \cdot 12 + 0,3 \cdot 22 + 0,6 \cdot 20 = 127 \text{ Ом} = 0,127 \text{ кОм},$$

$$C_2 = 5 + 0,13 \cdot M + 0,17 \cdot N + 0,11 \cdot K = 5 + 0,13 \cdot 12 + 0,17 \cdot 22 + 0,11 \cdot 20 = 12,5 \text{ мкФ} = 12500 \text{ нФ}.$$

Рабочая схема ВЧ-фильтра



АЧХ ВЧ-фильтра

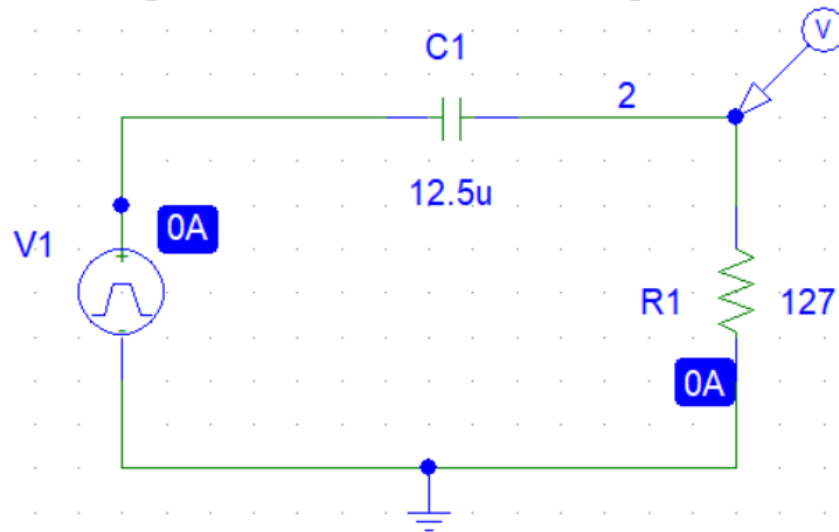


4.6. Исследование временных характеристик ВЧ-фильтра.

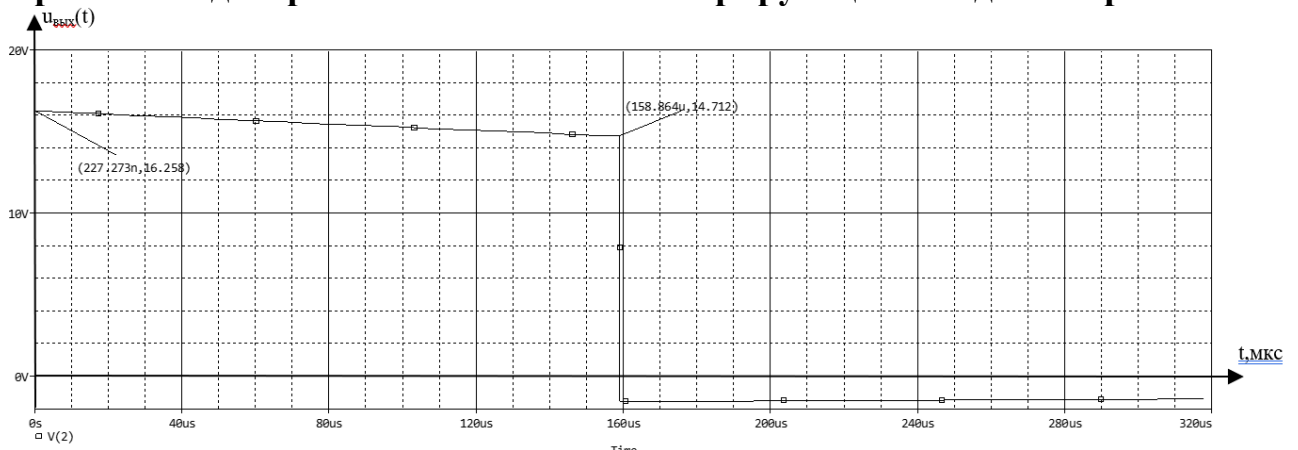
Максимальное значение входного и выходного сигнала:

$$U_m = 2 + 0,31 \cdot M + 0,27 \cdot N + 0,23 \cdot K = 2 + 0,31 \cdot 12 + 0,27 \cdot 22 + 0,23 \cdot 20 = 16,26 \text{ В.}$$

Рабочая RC-схема с разделительным конденсатором $t_{\text{и}} = 159 \text{ мкс.}$



Временные диаграммы RC-схемы с интегрирующим конденсатором



Расчет по формулам связи:

$$t_{\phi} = 0.35/f_{\text{в}} = 0.35/8146 = 0.00004297 = 42,97 \text{ (мкс)}$$

$$f_{\text{в}} = 0.35/t_{\phi} = 0.35/(42,97 \cdot 10^{-6}) = 8,145 \text{ (Гц)}$$

$$\delta u = 2\pi \cdot f_{\text{н}} \cdot t_{\text{и}} \cdot 100\% = 2\pi \cdot 100,5 \cdot 159 \cdot 10^{-6} \cdot 100\% = 10 \%$$

$$f_{\text{н}} = \delta u / (2\pi \cdot t_{\text{и}}) = 10 / (2\pi \cdot 159 \cdot 10^{-6}) = 0,00999 \text{ (Гц)} = 9,99$$

Таблица 1.2

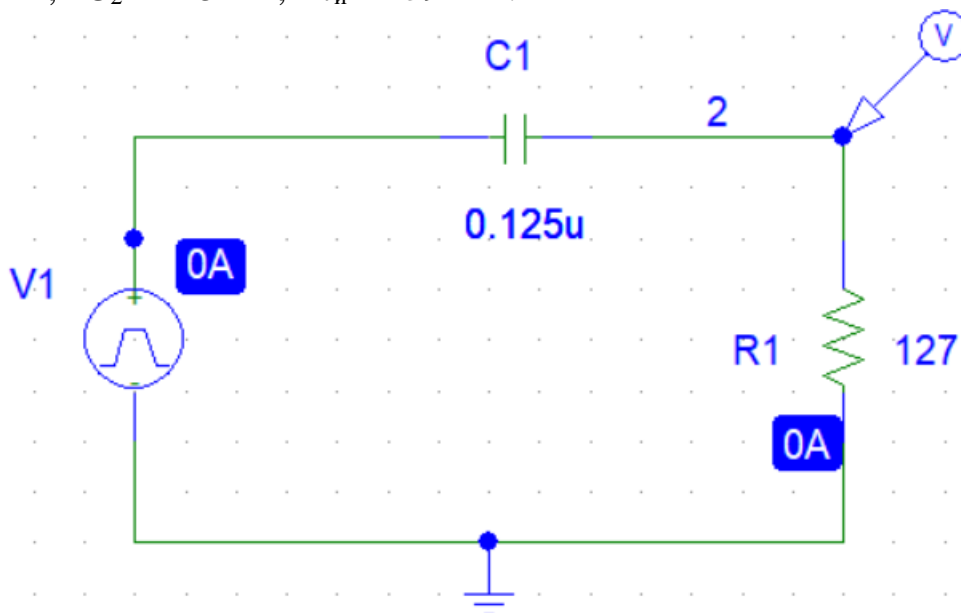
Схема	RC-цепь с интегрирующим конденсатором		RC-цепь с разделительным конденсатором	
Параметр	$f_{\text{в}}$, кГц	t_{ϕ} , мкс	$f_{\text{н}}$, кГц	δu , %
Теоретический расчет	8,095	43,23	0,1003	9,59

Эксперимент	8,146	42,97	0,1005	9,51
Расчет по формулам связи	8,145	42,97	0,1001	10

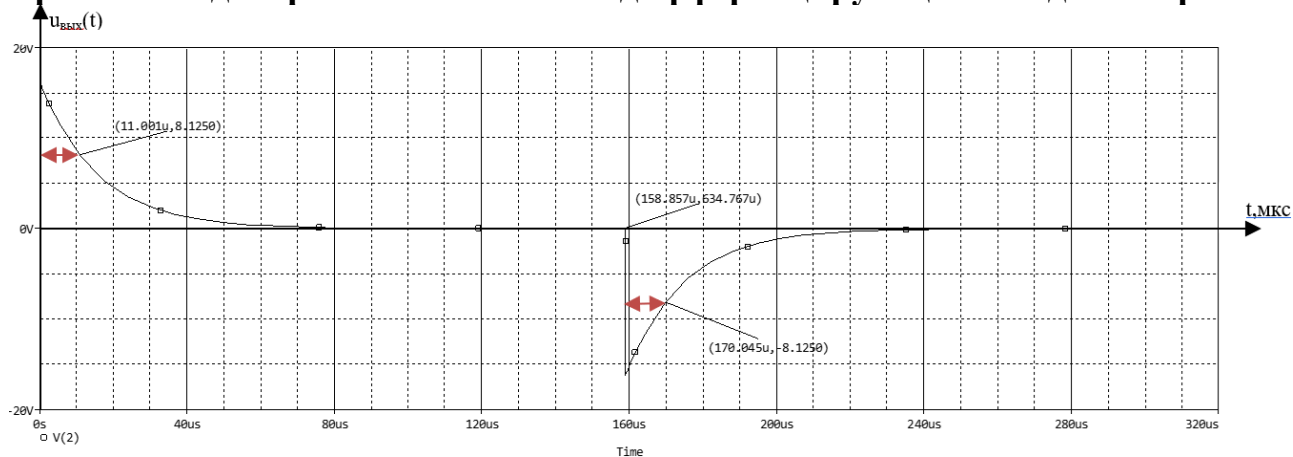
4.7. RC-схема с дифференцирующим конденсатором.

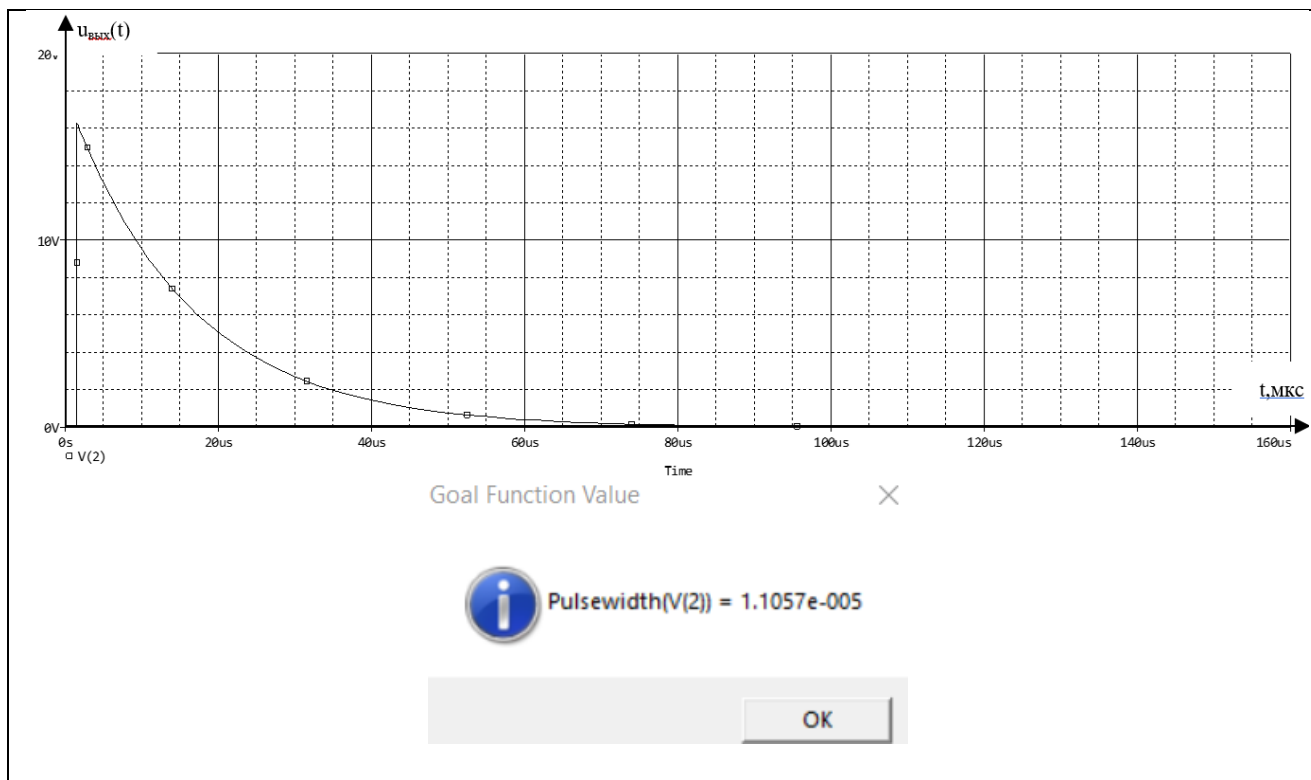
Рабочая RC-схема с дифференцирующим конденсатором

$R_2 = 127 \text{ Ом}$, $C_2 = 125 \text{ нФ}$, $t_{и} = 159 \text{ мкс}$.



Временные диаграммы RC-схемы с дифференцирующим конденсатором





Теоретический расчет

$$t_{\text{н вых}+} = 0.7 \cdot \tau_1 = 0.7 \cdot R_2 \cdot C_2 = 0.7 \cdot 127 \cdot 125 \cdot 10^{-9} = 11,11 \text{ мкс}$$

$$t_{\text{н вых}-} = 0.7 \cdot \tau_2 = 0.7 \cdot R_2 \cdot C_2 = 0.7 \cdot 127 \cdot 125 \cdot 10^{-9} = 11,11 \text{ мкс}$$

Таблица 1.3

Параметр	$t_{\text{н вых}+}$, МКС	$t_{\text{н вых}-}$, МКС
Теоретический расчет	11,11	11,11
Эксперимент (с помощью курсоров)	11	11,19
Эксперимент (автоматическое измерение)	11,06	