

Практическое занятие №9-11

Анализ изменения сигналов при прохождении простейших цепей

Цель практической работы: Освоить практическое использование опций прямого и обратного быстрого преобразования Фурье (БПФ) пакета Excel.

Пример практического решения:

Условие задачи: Пусть $C=50\text{пф}$, $R=100\text{ Ом}$. Входной сигнал равен сумме двух синусоид: синусоида частотой 3 МГц, интервал дискретизации 1мкс и синусоида частотой 100кГц, интервал дискретизации 1мкс, число дискретов 256. Напряжение на входе $U_1=220\text{В}$. Рассчитать напряжение выходного сигнала U_2 и коэффициент передачи. Построить графики синусоид до и после преобразования.

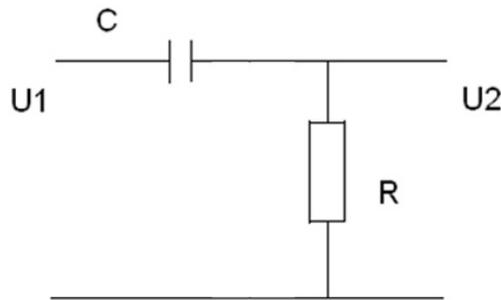


Рис. 1 Схема замещения C/R делителя

Решим данную задачу, используя аналитические преобразования.

Дано:

$$C = \frac{50}{10^{12}} = 5 \cdot 10^{-11} \text{ Фарад}$$

$$R = 100 \text{ Ом}$$

$$f_1 = 3 \cdot 10^6 \text{ Гц}$$

$$f_2 = 100 \cdot 10^3 \text{ Гц}$$

$$U_1 = 220 \text{ В}$$

Решение:

$$\omega_1 = 2\pi \cdot f_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^6 = 18,84 \cdot 10^6 \text{ рад/с}$$

$$\omega_2 = 2\pi \cdot f_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 10^3 = 0,628 \cdot 10^6 \text{ рад/с}$$

Омическое сопротивление при ω_1 и ω_2 .

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega_1 \cdot C} = \frac{1}{18,84 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-11}} = 1061,57 \text{ Ом}$$

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega_2 \cdot C} = \frac{1}{0,628 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-11}} = 31847,13 \text{ Ом}$$

Полное сопротивление:

$$z_1 = R - j \cdot X_{C1} = 100 - 1061,57j, \text{ Ом}$$

$$z_2 = R - j \cdot X_{C2} = 100 - 31847,13j, \text{ Ом}$$

$$I_1 = \frac{U_1}{z_1} = \frac{220}{100 - 1061,57j} = 0,0194 + 0,2054j, \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{U_1}{z_2} = \frac{220}{100 - 31847,13j} = 0,00002 + 0,0069j, \text{ А}$$

Падение напряжение на резистивном элементе:

$$\Delta U_1 = R \cdot I_1 = 100(0,0194 + 0,2054j) = 1,94 + 20,54j = 20,63 \text{ В}$$

$$\Delta U_2 = R \cdot I_2 = 100(0,00002 + 0,0069j) = 0,002 + 0,69j = 0,69 \text{ В}$$

Выходное напряжение:

$$U_{1\text{ВЫХ}} = U_1 - \Delta U_1 = 220 - 20,63 = 199,37 \text{ В}$$

$$U_{2\text{ВЫХ}} = U_1 - \Delta U_2 = 220 - 0,69 = 219,31 \text{ В}$$

Коэффициент передачи — отношение приращения некоторой физической величины на выходе некоторой системы к вызвавшему это приращение приращению на входе этой системы: Величину на входе системы часто называют возмущающим воздействием или просто возмущением, а выходную величину — откликом системы.

$$K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}$$

$$K_1 = \frac{U_{1\text{ВЫХ}}}{U_1} = \frac{199,37}{220} = 0,906$$

$$K_2 = \frac{U_{2\text{ВЫХ}}}{U_1} = \frac{219,31}{220} = 0,997$$

Для того чтобы построить график, в Excel создадим столбцы времени и частоты.

По формуле $=220*\text{КОРЕНЬ}(2)*(\text{SIN}(\$E\$1*A2)+\text{SIN}(\$E\$2*A2))$ построим столбец значений входного напряжения.

По формуле $=201,24*\text{КОРЕНЬ}(2)*(\text{SIN}(\$E\$1*A3)+219,37*\text{КОРЕНЬ}(2)*\text{SIN}(\$E\$2*A3))$ построим столбец значений выходного напряжения.

B2		fx =220*КОРЕНЬ(2)*(SIN(\$E\$1*A2)+SIN(\$E\$2*A2))				
	A	B	C	D	E	
1	t,c	Входной сигнал	Выходной сигнал	w1	18840000	
2	0	0	0	w2	628000	
3	0,000001	179,8226071	179,5280854			
4	0,000002	289,8921878	289,5218905			
5	0,000003	287,0729907	286,9809289			
6	0,000004	171,3068853	171,8472279			
7	0,000005	-14,36435251	-12,97245611			
8	0,000006	-200,2233186	-197,9794026			
9	0,000007	-316,4804558	-313,6029644			
10	0,000008	-319,9050615	-316,7480506			
11	0,000009	-210,3216594	-207,2397599			
12	0,00001	-30,67685595	-27,89002716			
13	0,000011	149,3488283	151,8391461			
14	0,000012	259,930566	262,3419043			
15	0,000013	257,7438966	260,4296433			
16	0,000014	142,4970805	145,8115144			
17	0,000015	-42,95747194	-38,79449744			
18	0,000016	-228,9752199	-223,9623062			
19	0,000017	-345,6951633	-340,0500457			
20	0,000018	-349,6981143	-343,7747307			
21	0,000019	-240,5749937	-234,7285893			
22	0,00002	-61,08283008	-55,53457292			
23	0,000021	119,1710665	124,4182983			
24	0,000022	230,2907741	235,4532972			
25	0,000023	228,7635596	234,1941384			
26	0,000024	114,0640753	120,1170976			
27	0,000025	-71,1450718	-64,24904724			
28	0,000026	-257,2929127	-249,5515512			
29	0,000027	-374,4477161	-366,0780382			
30	0,000028	-379,0022516	-370,3580696			

C2		=199,37 *КОРЕНЬ(2)*(SIN(\$E\$1*A2))+219,31 *КОРЕНЬ(2)*(SIN(\$E\$2*A2))						
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	t,c	Входной сигнал	Выходной сигнал	w1	18840000			
2	0	0	0	w2	628000			
3	0,000001	179,8226071	179,5280854					
4	0,000002	289,8921878	289,5218905					
5	0,000003	287,0729907	286,9809289					
6	0,000004	171,3068853	171,8472279					
7	0,000005	-14,36435251	-12,97245611					
8	0,000006	-200,2233186	-197,9794026					
9	0,000007	-316,4804558	-313,6029644					
10	0,000008	-319,9050615	-316,7480506					
11	0,000009	-210,3216594	-207,2397599					
12	0,00001	-30,67685595	-27,89002716					
13	0,000011	149,3488283	151,8391461					
14	0,000012	259,930566	262,3419043					
15	0,000013	257,7438966	260,4296433					
16	0,000014	142,4970805	145,8115144					
17	0,000015	-42,95747194	-38,79449744					
18	0,000016	-228,9752199	-223,9623062					
19	0,000017	-345,6951633	-340,0500457					
20	0,000018	-349,6981143	-343,7747307					
21	0,000019	-240,5749937	-234,7285893					
22	0,00002	-61,08283008	-55,53457292					
23	0,000021	119,1710665	124,4182983					
24	0,000022	230,2907741	235,4532972					
25	0,000023	228,7635596	234,1941384					
26	0,000024	114,0640753	120,1170976					
27	0,000025	-71,1450718	-64,24904724					
28	0,000026	-257,2929127	-249,5515512					
29	0,000027	-374,4477161	-366,0780382					
30	0,000028	-379,0022516	-370,3580696					

По полученным данным построим графики входного и выходного сигналов.

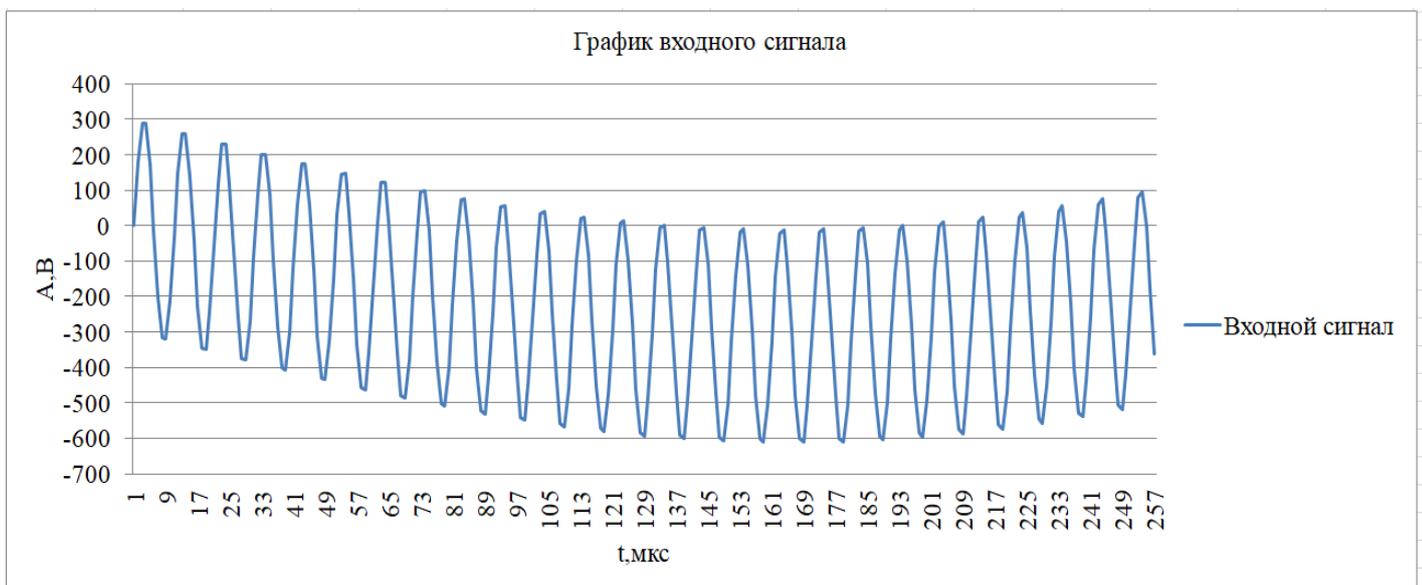


График входного сигнала: $y = 220\sqrt{2}(\sin(18,84 \cdot 10^6 t)) + 220\sqrt{2}(\sin(0,628 \cdot 10^6 t))$

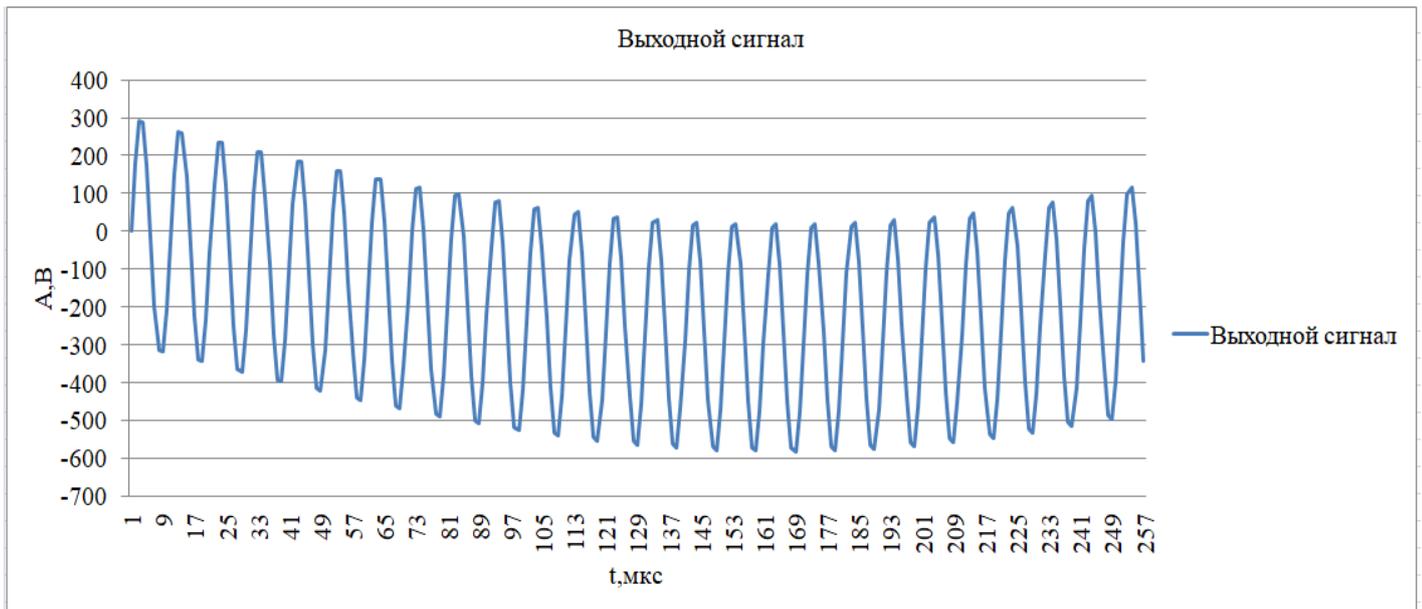


График выходного сигнала: $y = 199,37 \sqrt{2} (\sin(18,84 \cdot 10^6 t)) + 219,31 \sqrt{2} (\sin(0,628 \cdot 10^6 t))$