

Практическая работа №2. Дифференцирующие и интегрирующие цепи

Цель работы – привить практические навыки в оценке влияния дифференцирующих и интегрирующих цепей на импульсные сигналы, используемые в радионавигационных приборах.

Задание

1. *Рассчитать параметры* напряжения на выходе дифференцирующей цепи при воздействии на ее вход прямоугольных импульсов с заданными характеристиками.

2. *В графической форме изобразить:*

- схему дифференцирующей цепи с указанием номиналов элементов (R, C);
- входной и выходной сигналы в координатах напряжение-время в удобном масштабе.

3. *Рассчитать параметры* напряжения на выходе интегрирующей цепи при воздействии на ее вход последовательности прямоугольных импульсов с заданными характеристиками.

4. *В графической форме изобразить:*

- схему интегрирующей цепи с указанием номиналов элементов (R, C);
- входной и выходной сигналы в координатах напряжение-время в удобном масштабе.

Исходные данные для выполнения задания выбираются из таблиц 1 и 2 в соответствии с номером варианта.

Основные теоретические соотношения

1. Дифференцирующей называется электрическая цепь, напряжение на выходе которой пропорционально первой производной по времени от входного напряжения:

$$U_{\text{вых}} = a \frac{dU_{\text{вх}}}{dt}, \quad (1)$$

где a - коэффициент пропорциональности.

Обычно в качестве дифференцирующей используют RC -цепочку, вид которой показан на рис.1. При условии, что активное сопротивление R во много раз меньше емкостного сопротивления $1/\omega c$, будет иметь место соотношение:

$$U_{\text{вых}} \approx RC \frac{dU_{\text{вх}}}{dt}, \quad (2)$$

т.е. при воздействии на цепь изменяющегося во времени напряжения выходное напряжение будет примерно пропорционально скорости изменения входного напряжения, т.е. крутизне фронта входного импульса (рис.2).

Точность дифференцирования тем больше, чем меньше постоянная времени RC дифференцирующей цепи по сравнению с длительностью импульса на входе.

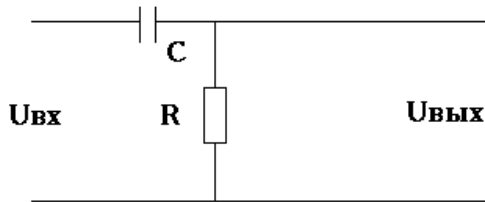


Рис. 1. Схема дифференцирующей цепи

Если на вход дифференцирующей цепи подать импульс напряжения прямоугольной формы (рис.3), то в момент t , ток заряда конденсатора скачком достигнет максимального значения, а напряжение на конденсаторе будет равно нулю. При этом $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}$. Далее конденсатор C заряжается по экспоненциальному закону, и по мере его заряда напряжение на выходе будет убывать по закону, определяемому выражением:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (3)$$

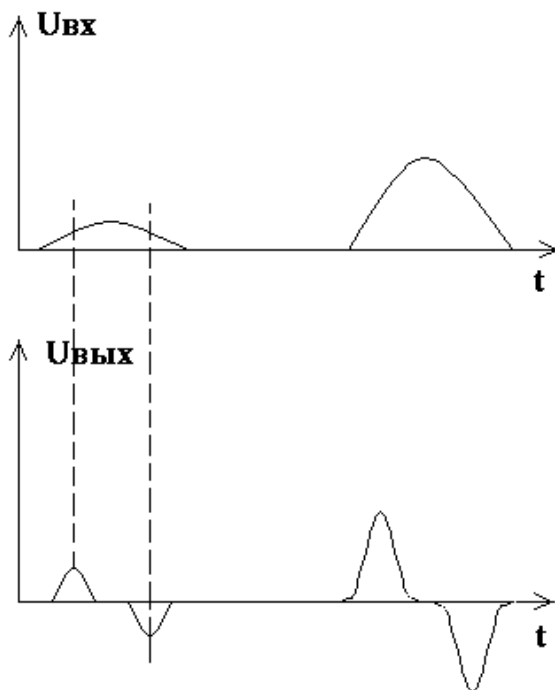


Рис. 2. Входной и выходной сигналы в дифференцирующей цепи

В момент времени t_2 , когда $U_{вх}$ скачком достигнет нуля, начинается разряд конденсатора. Поскольку направление тока разряда противоположно направлению тока заряда, выходное напряжение имеет при этом знак, обратный знаку $U_{вх}$. По мере разряда конденсатора выходное напряжение уменьшается по экспоненциальному закону, стремясь к нулю.

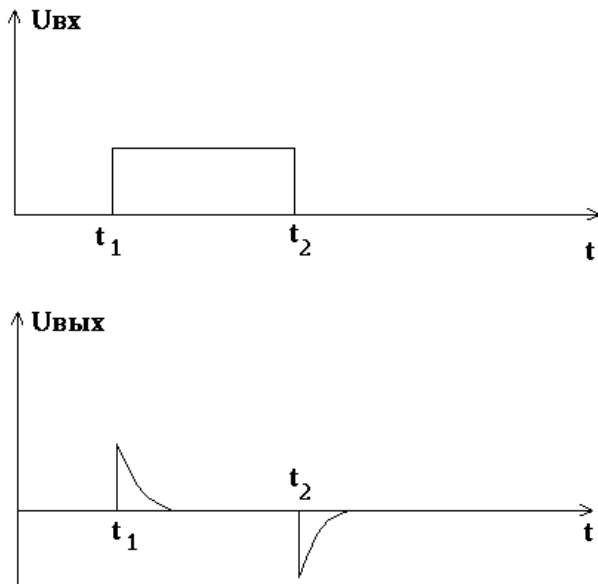


Рис. 3. Входной и выходной сигналы в дифференцирующей цепи

Форма импульса и величина напряжения на выходе дифференцирующей цепи определяется постоянной времени $\tau = RC$. Если τ мала по сравнению с длительностью импульса на входе цепи, то на выходе получаются два остrokонечных импульса. При увеличении τ форма выходного импульса все меньше отличается от формы входного (рис.4).

Зависимость выходного сигнала дифференцирующей цепи от характера фронта входных импульсов используется в радиолокации для борьбы с помехами от дождя, тумана и других объемно - распределенных объектов, которые формируют отраженные сигналы с медленно меняющимися во времени фронтами по сравнению с отражениями от судов и навигационных ориентиров. При включении цепи малой постоянной времени импульс помехи, подвергаясь дифференцированию, даст на выходе цепи положительный и отрицательный импульсы, соответствующие переднему и заднему фронтам импульса помехи. В промежутке между остrokонечными импульсами отсутствует напряжение

помехи, поэтому сигнал от цели, наложенный на помеху, различается на экране, а фон от помехи исчезает.

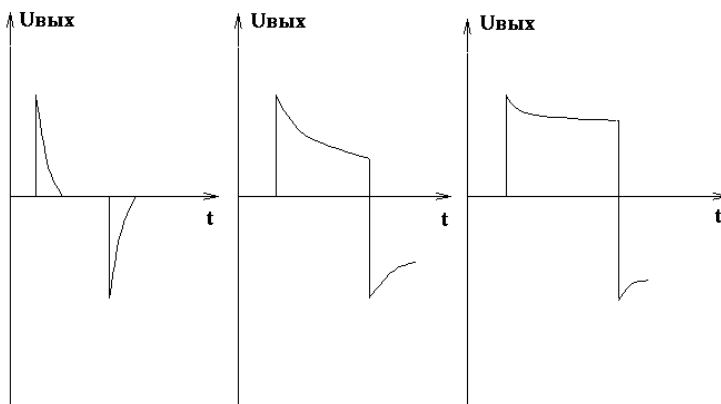


Рис. 4. Изменение формы выходного импульса в зависимости от величины RC

2. Интегрирующей называется электрическая цепь, напряжение на выходе которой пропорционально интегралу от входного напряжения:

$$U_{\text{вых}} = b \cdot \int U_{\text{вх}} \cdot dt, \quad (4)$$

где b - коэффициент пропорциональности.

В качестве интегрирующей используется RC - цепочка (рис.5), в которой активное сопротивление R очень большое по сравнению с емкостным сопротивлением $1/\omega$ с.

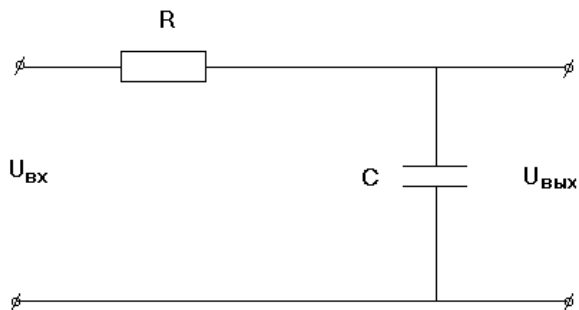


Рис. 5. Схема дифференцирующей цепи

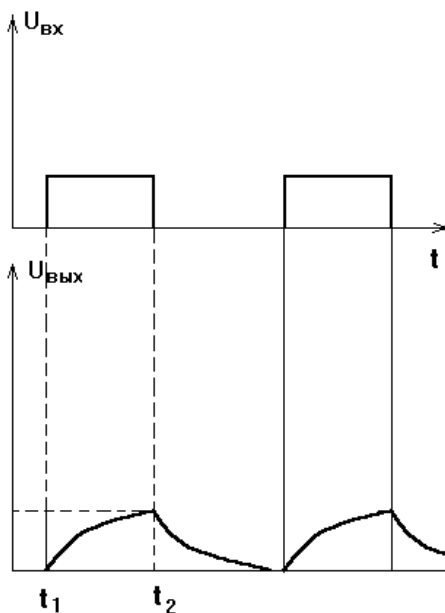


Рис. 6. Входной и выходной сигнал в дифференцирующей цепи

В этом случае будет иметь место соотношение:

$$U_{\text{вых}} \approx \frac{1}{\tau} \cdot \int U_{\text{вх}} \cdot dt. \quad (5)$$

При подаче на вход интегрирующей цепи импульса напряжения прямоугольной формы (рис.6) в момент времени t_1 напряжение на конденсаторе будет равно нулю, после чего он начнет заряжаться, и напряжение на нем, а следовательно, и на выходе цепи будет меняться по закону:

$$U_{C1} = U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right).$$

В момент t_2 напряжение на входе скачком достигнет нуля и конденсатор начинает разряжаться по экспоненциальному закону:

$$U_{C2} = U_{\text{вых}} = U_2 \cdot e^{-\frac{t}{RC}},$$

где U_2 - напряжение, до которого успел зарядиться конденсатор к моменту времени t_2 .

Очевидно, что форма выходных импульсов зависит от соотношений между постоянной времени τ и длительностью времени на входе. При τ большей по сравнению с длительностью импульсов форма выходных импульсов близка к форме входных.

Интегрирующие цепи используются для преобразования импульсов малой длительности в импульсы большей длительности, а также для формирования напряжения пилообразной формы.

Пример оформления работы

Вариант № 61

Дифференцирующая цепь

$$U_{\text{вх}} = 5,5 \text{ В}$$

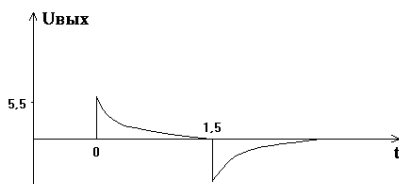
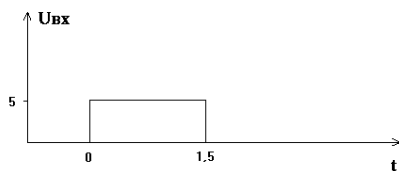
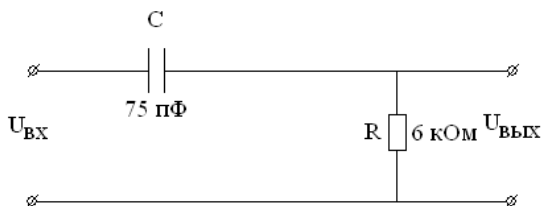
$$R = 5,6 \text{ кОм}$$

$$C = 75 \text{ пФ}$$

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}.$$

$$\tau = RC = 5,6 \cdot 10^3 \cdot 75 \cdot 10^{-12} = 0,42 \text{ мкс}$$

t, мкс	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
$U_{\text{вых}}$, В	5,5	2,7	1,3	0,6	0,3	0,15



Интегрирующая цепь:

$$U_{\text{вх}} = 5 \text{ В}$$

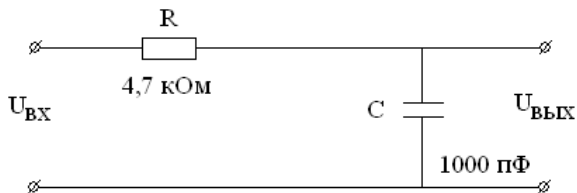
$$\tau_u = 4 \text{ мкс}$$

$$T_n = 15 \text{ мкс}$$

$$C = 1000 \text{ пФ}$$

$$U_{C1} = U_{\text{вх}} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

$$\tau = RC = 4,7 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9} = 4,7 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

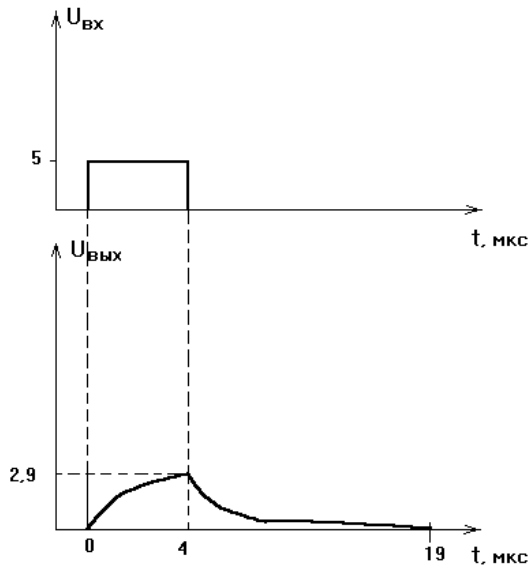


T, мкс	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	1,7	2,0	2,5	3,0	4,0
$U_{\text{вых}},$ В	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	1,5	1,7	2,1	2,4	2,9

Выходное напряжение в момент окончания входного импульса равно 2,9 В.

$$U_{C2} = U_{\text{вых}} = U_3 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad U_3 = 2,9 \text{ В}$$

t, мкс	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	15
$U_{C2},$ В	2,3	1,9	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1



Методические указания

1. Перед началом выполнения задания изучить рекомендованную литературу.
2. Уяснить физический смысл предстоящей работы, нарисовать исследуемую схему, выбрать исходные данные и записать основные соотношения, связывающие входной и выходной сигналы через параметры цепи.
3. Выполнить расчеты, отразив их сначала в табличной форме, а затем нарисовать в удобном масштабе эюры входного и выходного сигнала в соответствии с выполненными расчетами. Эюры $U_{вх}$ и $U_{вых}$ строить одну под другой, в одном масштабе.
4. Ответить на поставленные вопросы.
5. Предъявить отчет преподавателю не позднее двух недель после получения задания.

Литература:

1. Основная: Судовая радиоэлектроника и радионавигационные приборы: Учебник для ВИМУ/ А.М. Байрашевский и др. М.:Транспорт, 1989, с.67-68.
2. Дополнительная: М.М. Айзинов, А.М. Байрашевский. Радиотехника и радионавигационные приборы. М.:Транспорт, 1975, с.51-55.

Исходные данные для расчета дифференцирующей цепи.

Вариант	$U_{вх}$, В	$\tau_{и}$, мкс	R , кОм	C , пФ
1	5,0	1,5	6,8	68
2	6,0	2,0	7,1	72
3	6,5	2,0	7,5	80
4	6,5	2,0	8,0	85
5	5,5	2,5	5,2	55
6	4,5	0,1	8,2	220
7	7,0	0,2	7,5	200
8	7,5	0,3	1,2	75
9	8,0	0,4	1,0	82
10	5,0	0,5	3,0	75
11	4,5	0,5	3,3	68
12	4,0	0,7	4,7	100
13	3,5	0,8	5,6	120
14	3,0	0,9	6,8	150
15	2,5	1,0	7,5	68

16	2,0	1,1	1,2	68
17	2,5	1,2	3,3	100
18	1,5	1,3	1,2	120
19	2,0	1,4	5,6	150
20	2,5	1,5	6,8	160
21	3,0	1,6	7,5	180
22	3,5	1,7	8,2	200
23	4,0	1,8	8,2	220
24	4,5	1,9	7,5	220
25	2,0	2,0	6,8	68
26	5,0	0,2	6,8	75
27	5,5	2,1	1,0	68
28	6,0	2,0	8,2	82
29	6,5	1,9	7,5	100

Исходные данные для расчета интегрирующей цепи

Вариант	$U_{ax}, В$	$\tau_{и}, мкс$	$T_n, мкс$	R, кОм	C, пФ
1	9	1,7	24	3,3	1000
2	9	1,6	26	4,7	2000
3	8	1,6	28	5,6	4000
4	8	1,5	30	8,2	8000
5	2	1,1	47	5,6	1000
6	1	1,1	45	5,6	1500
7	1	1,2	43	4,7	2000
8	2	1,2	41	7,5	2500
9	2	1,3	39	7,5	3000
10	3	1,3	37	8,2	900
11	3	1,4	35	8,2	800
12	4	1,4	22	10,0	700
13	4	1,5	20	8,2	680

14	5	1,5	18	7,5	750
15	5	1,6	16	7,5	1000
16	6	1,6	14	8,2	820
17	6	1,7	12	8,2	1200
18	7	1,7	28	4,7	1500
19	7	1,8	30	4,7	1500
20	6	1,8	32	5,6	1600
21	8	1,9	34	5,6	1600
22	9	1,9	36	3,0	1800
23	9	2,0	18	3,3	1800
24	8	2,0	20	3,3	2000
25	8	2,1	22	4,7	2000
26	7	2,1	24	4,7	2200
27	7	2,2	26	5,6	680
28	6	2,2	28	5,6	680
29	6	2,4	30	6,8	750

Контрольные вопросы

1. Что называется дифференцирующей цепью?
2. Как изменится форма импульса на выходе при изменении амплитуды входного сигнала?
3. Как будет изменяться выходной сигнал при изменении R и C?
4. Как будет изменяться выходной сигнал при увеличении длительности входного импульса?
5. Как будет изменяться амплитуда сигнала на выходе дифференцирующей цепи при изменении крутизны переднего фронта входного импульса?
6. Что называется интегрирующей цепью?
7. Как изменится характер выходного сигнала при:

- увеличении частоты следования входного импульсов;
- уменьшении длительности входных импульсов;
- изменении R и C ?