

Федеральное агентство связи  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(СибГУТИ)

*Кафедра вычислительных систем*

Лабораторная работа №3  
«Исследование переходных процессов»

Вариант 3

Выполнили студентки группы ИП-916:

Адова А.С.

Александрова А.С.

Проверил преподаватель:

Парначева Тамара Ивановна

Новосибирск  
2020

# Лабораторная работа №3

## Исследование переходных процессов

### 1. Цель работы

Экспериментальная проверка влияния пассивных реактивных элементов на параметры переменного напряжения прямоугольной формы. Приобретение навыков расчёта RC цепей в режимах интегрирования и дифференцирования.

### 2. Экспериментальная часть

#### 2.1 Исследование интегрирующей RC цепи.

$R_1 = 1 \text{ кОм}$        $C_1 = 1 \text{ мкФ}$   
 $R_2 = 6,8 \text{ кОм}$      $C_2 = 0,1 \text{ мкФ}$   
 $R_3 = 10 \text{ кОм}$       $C_3 = 8,2 \text{ мкФ}$

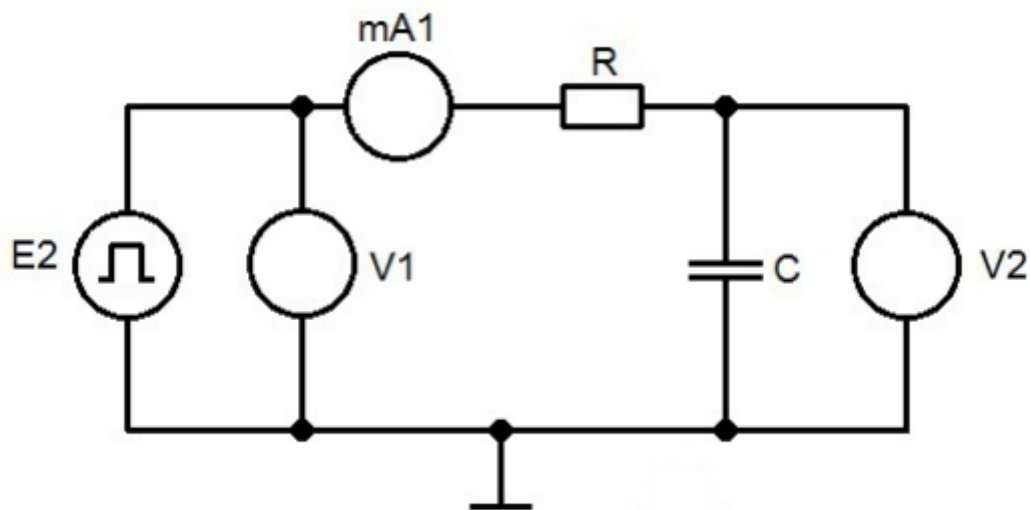


Рис. 1. Интегрирующая RC-цепь



Рисунок 1:  $\tau = 0,111 \text{ мс}$

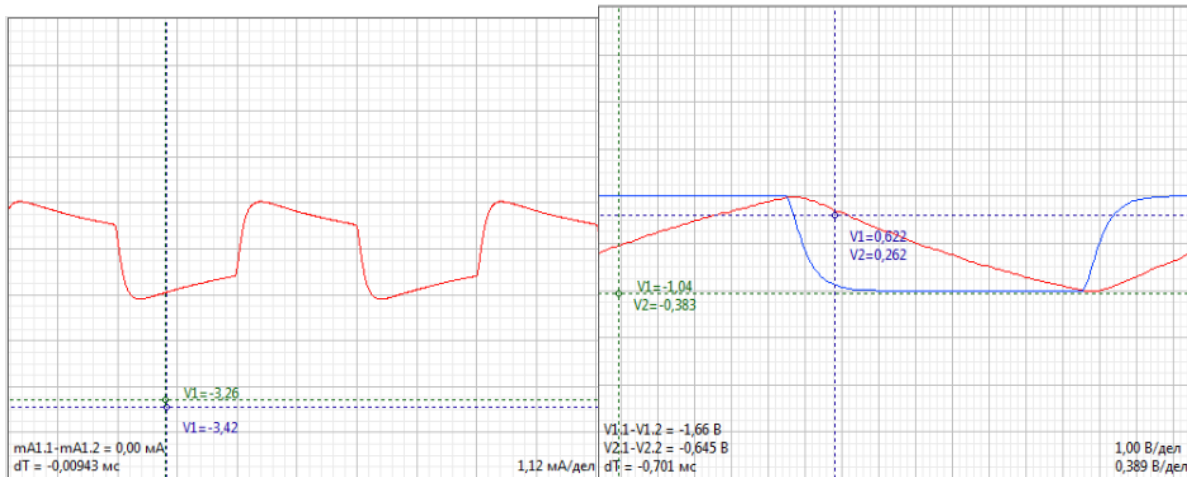


Рисунок 2:  $mA R1, C1$

Рисунок 3:  $V1 V2 R1, C1$

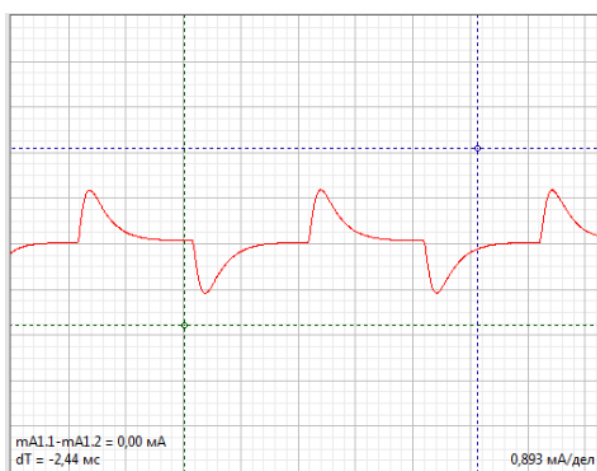


Рисунок 4:  $mA R1, C2$

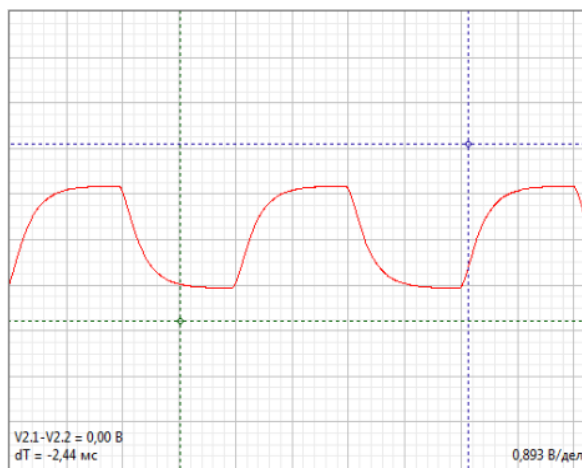


Рисунок 5:  $V2 R1, C2$

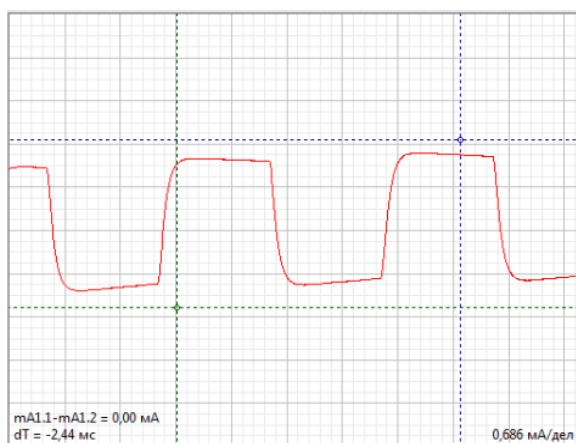


Рисунок 6:  $mA1 R1, C3$

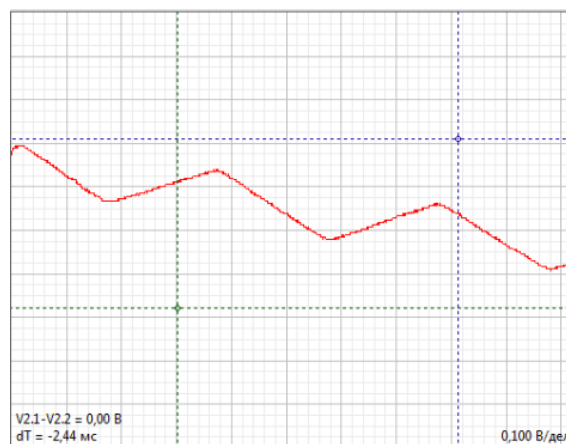


Рисунок 7:  $V2 R1, C3$

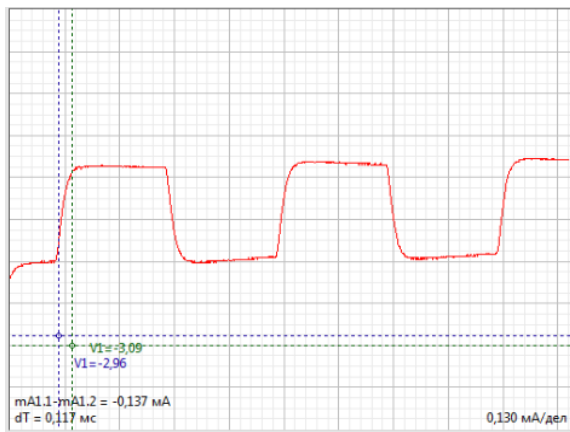


Рисунок 8: mA1 R2,C1

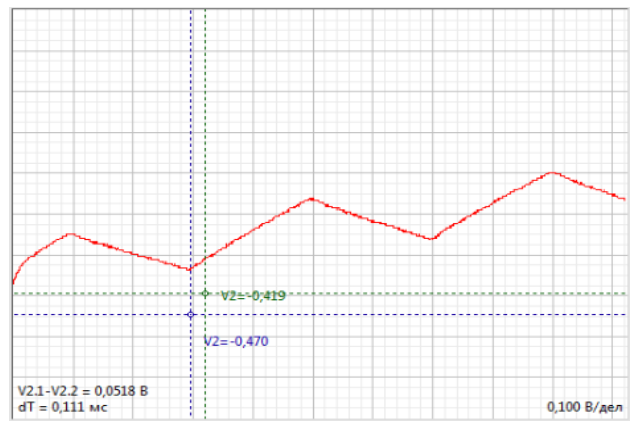


Рисунок 9: V2 R2,C1

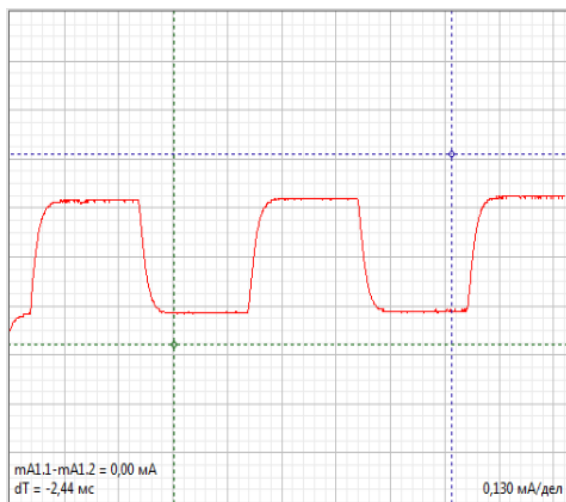


Рисунок 10: mA1 R2,C3

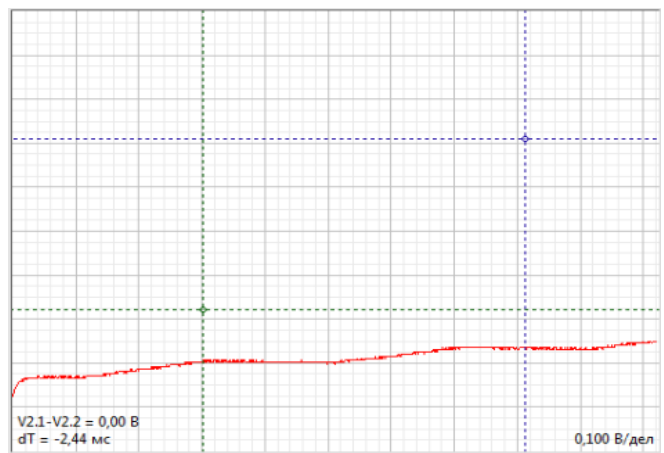


Рисунок 11: V2 R2,C3

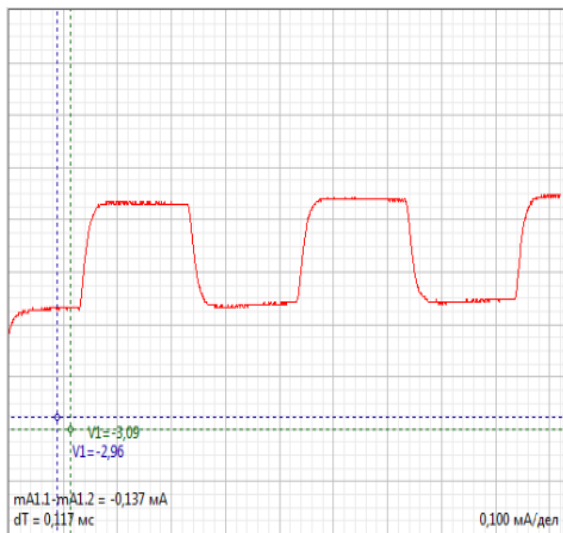


Рисунок 12:  $mA1 R3, C1$

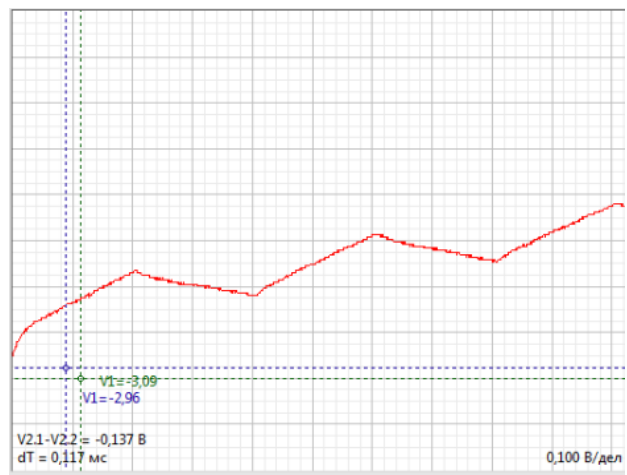


Рисунок 13:  $V2 R3, C1$

## 2.2 Исследование дифференцирующей RC цепи

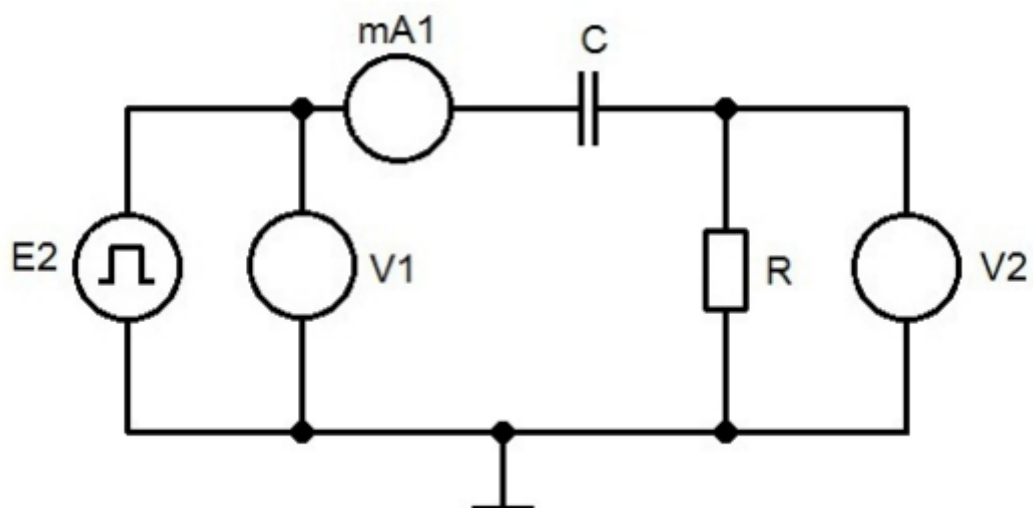


Рис. 2. Дифференцирующая RC-цепь

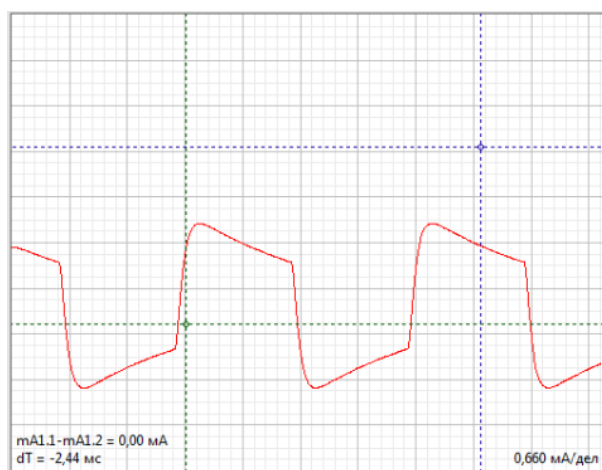


Рисунок 15: mA1 R1,C1



Рисунок 14: V1 R1,C1

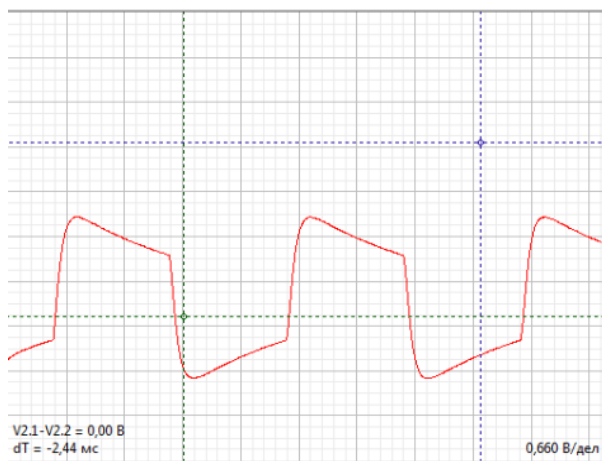


Рисунок 16: V2 R1,C1



Рисунок 17:  $\tau = 0,111$  мс

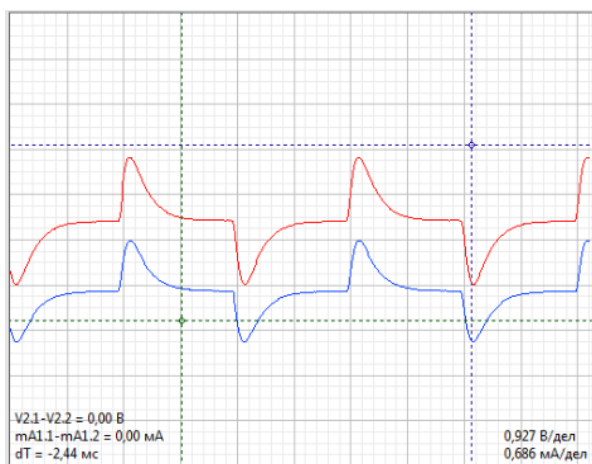


Рисунок 19: mA1 V2 R1,C2

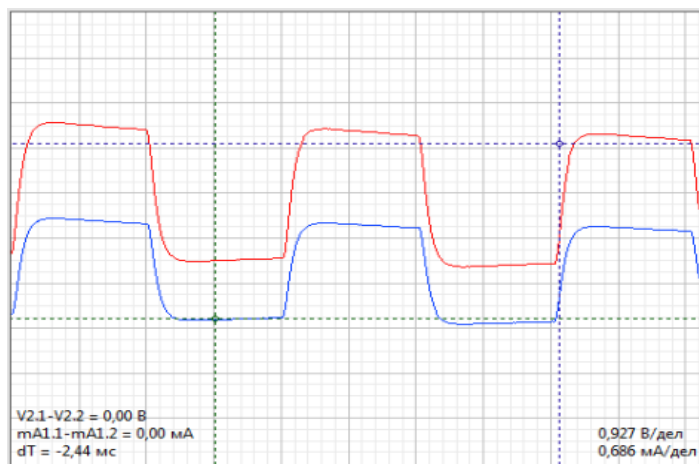


Рисунок 18: mA1 V2 R1,C3

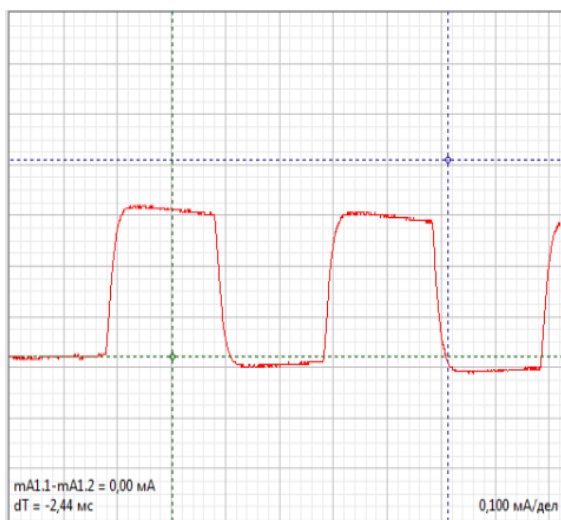


Рисунок 20: mA1 R2,C1



Рисунок 21: V2 R2,C1



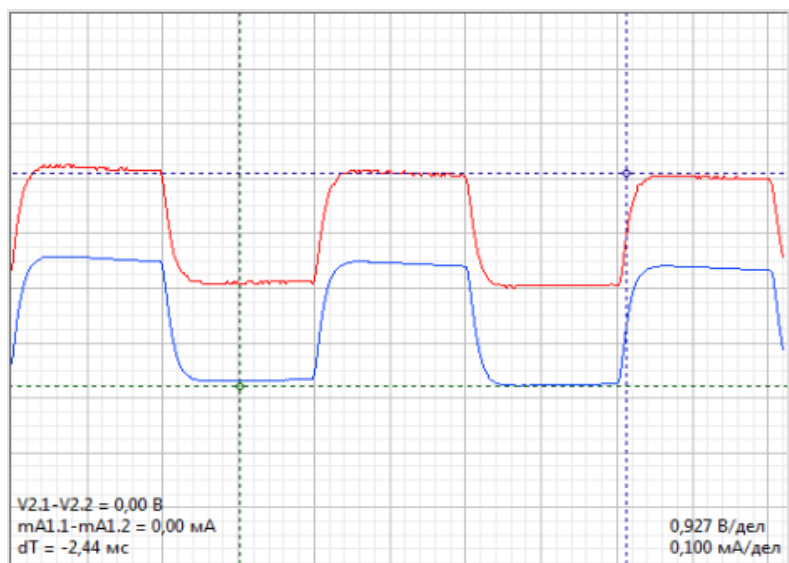


Рисунок 22: *mA1 V2 R3, C1*

### 3. Контрольные вопросы

#### 1. Понятие переходных процессов.

Переходным процессом называется процесс перехода от одного режима работы ЭЦ к другому, возникающий в результате коммутации в цепи.

Коммутацией называется процесс замыкания или размыкания рубильников, выключателей, в результате которого происходит изменение параметров цепи, её конфигурации, подключение или отключение источников. Будем считать, что коммутация производится мгновенно в момент  $t=0$ .

Изучение переходных процессов даёт возможность установить, как деформируются по форме и амплитуде сигналы при прохождении их через усилители, фильтры и другие устройства, позволяет выявить возможные превышения напряжения и токов на отдельных участках цепи, которые могут в десятки раз превышать их установившиеся значения.

#### 2. Законы коммутации.

Первый закон. В начальный момент времени после коммутации ток в индуктивности остаётся таким же, каким он был непосредственно перед коммутацией, а затем плавно изменяется.

$$i_L(-0) = i_L(0) = i_L(+0) \quad (6.1)$$

Невозможность скачкообразного изменения тока следует из того, что в противном случае на индуктивности появилось бы бесконечно большое напряжение  $u_L = L \frac{di}{dt} = \infty$ , что лишено физического смысла.

Второй закон. В начальный момент времени после коммутации напряжение на ёмкости остаётся таким же, каким было до коммутации, а затем плавно изменяется.

$$u_C(-0) = u_C(0) = u_C(+0) \quad (6.2)$$

Невозможность скачкообразного изменения напряжения на ёмкости следует из того, что в противном случае через ёмкость проходил бы бесконечно большой ток  $i_C = C \frac{du_C}{dt} = \infty$ , что также лишено физического смысла.

#### 3. Методы расчета переходных процессов.

Расчет переходных процессов классическим методом сводится к решению системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, составленных на основании законов Кирхгофа для мгновенных значений токов и напряжений. Эта система приводится к неоднородному дифференциальному уравнению n-го порядка, общее решение которого

$$y(t) = y_{\text{частн.}}(t) + y_{\text{общ.}}(t),$$

Где  $y_{\text{частн.}}(t)$  - частное решение неоднородного дифференциального уравнения

$y_{\text{общ.}}(t)$  - общее решение однородного уравнения.

Здесь под  $y(t)$  понимается любой искомый ток или напряжение. Частное решение неоднородного уравнения определяется видом функции, стоящей в правой части уравнения, и поэтому называется вынужденной составляющей  $y_{\text{вын.}}(t)$ . Для цепей с постоянными или периодическими напряжениями (токами) источников энергии вынужденное решение совпадает с установившимися значениями искомых функций. Общее решение однородного уравнения описывает электромагнитный процесс, происходящий в схеме без воздействия внешних источников, и называется свободной составляющей  $y_{\text{св.}}(t)$ . Из теории дифференциальных уравнений известно, что решение однородного уравнения ищется в виде:

$$y_{\text{вын.}}(t) = \sum_{s=1}^n A_s l^{(p_s, t)}$$

Где  $A_s$  - постоянные интегрирования, определяемые из начальных условий;

$p_s$  - корни характеристического уравнения.

Основными составляющими расчета  $y(t)$  являются: определение начальных условий, вынужденной составляющей, корней характеристического уравнения, постоянных интегрирования. Более подробно остановимся на определении начальных условий и корней характеристического уравнения.

4. Физические процессы, происходящие в интегрирующей цепи при воздействии на нее прямоугольных импульсов напряжения.

В этой цепи постоянная времени RC должна быть значительно больше длительности импульса  $t_{\text{и}}$ , который на нее воздействует.

Напряжения заряда и разряда описываются соответственно выражениями:

$$U_{(c(z))} = U_a \left( 1 - e^{\left( \frac{-t}{RC} \right)} \right)$$

$$U_{(c(p))} = U_a e^{\left( \frac{-t}{RC} \right)}$$

В то же время  $U_{\text{вх}}(t) = U_r(t) + U_c(t)$

Поскольку постоянная времени  $RC$  проходной цепи большая, в цепи заряда будет протекать малый ток, конденсатор за время действия импульса зарядится до небольшого напряжения.

Так как  $t_u \ll RC$ , заряд-разряд конденсатора протекает практически на линейном участке, и напряжение  $U_c$  (рис 2.5) также является линейно изменяющимся. Из рис. 2.5 видно, что сигнал на резисторе  $U_r$  имеет завал вершины в пределах действия входного импульса, поскольку  $U_r(t) = U_{вх}(t) - U_c(t)$

После прекращения действия входного импульса конденсатор разряжается на резистор и на нем формируется импульс отрицательной полярности. Чем больше будет постоянная времени  $RC$ , тем меньше будет завал вершины импульса напряжения, выделяющегося на резисторе во время действия входного импульса и амплитуда импульса отрицательной полярности, формирующийся на резисторе за счет разряда конденсатора после окончания входного импульса.

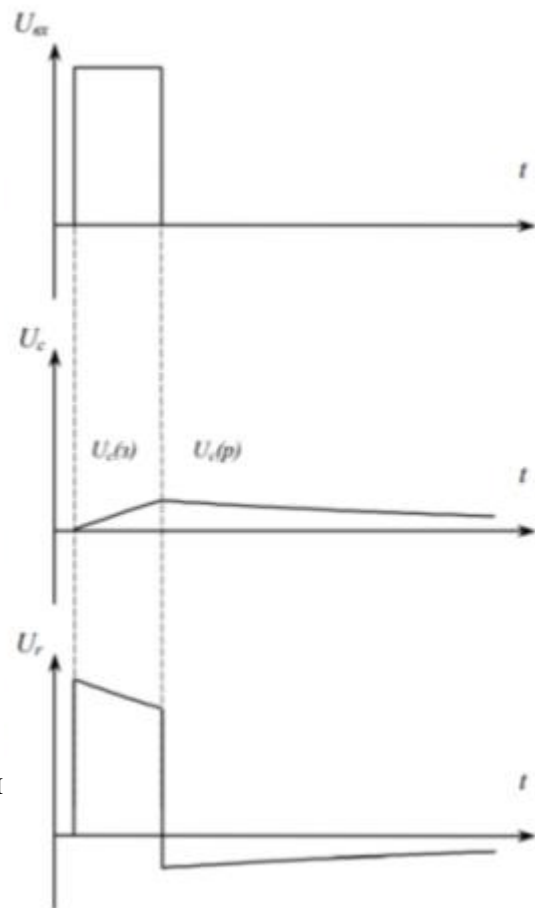


Рис.2.5

## 5. Условие интегрирования пассивных интегрирующих цепей $RC$ и $RL$ .

Для корректного выполнения цепью интегрирующих функций должно выполняться условие:  $\tau \gg T_u$

Где  $T_u$  - длительность входного импульса.

При соблюдении этого условия, выходное напряжение:  $u_2 = \frac{1}{\tau} \rho u_1 dt$

## 6. Физические процессы, происходящие в дифференцирующей цепи при воздействии на нее прямоугольных импульсов напряжения.

Напряжение на конденсаторе не может изменяться скачкообразно, в момент поступления на вход цепи положительного импульса с амплитудой  $U_m$  на резисторе  $R$  напряжение будет равно  $U_m$ . Затем начнется быстрый заряд конденсатора ( $\tau \ll T_u$ ), в ходе которого напряжение на конденсаторе будет возрастать по экспоненциальному закону. Напряжение на выходе цепи, равное разности напряжений  $U_m$  и  $U_c$ :  $U_{вых} = U_{вх} - U_c = U_m - U_c$  будет убывать с той же скоростью. Из-за малой величины постоянной времени  $\tau$  напряжение на выходе становится практически равным нулю задолго до окончания импульса, т.к. за время  $t = t_u$  конденсатор успевает почти зарядиться.

С момента окончания действия входного импульса в цепи действует только одно напряжение  $U_c$ , и согласно закону Кирхгофа, выходное напряжение можно найти из равенства:  $u = U_{вх} + U_c$ , т.е. выходное напряжение должно повторять  $U_c$ . Поэтому в момент времени  $t_u$  на входе цепи появляется напряжение  $U_m$  с отрицательной

полярностью. Этот отрицательный перепад напряжения быстро спадает до нуля, т.к. конденсатор быстро разряжается.

Таким образом, каждый входной импульс прямоугольной формы преобразуется рассматриваемой цепью в пару остroконечных кратковременных импульсов разной полярности. Поэтому такая цепь является обостряющей.

#### 7. Условия дифференцирования и разделительной цепи.

Разделительные цепи предназначены для разделения постоянной и переменной составляющей. Условие дифференцирования:  $\tau \gg t_u$ ;  $\tau \ll t_n$  обеспечивает вариант разделительной цепочки.

Главное условие при разделении сигнала есть то, что площади, выраженные положительным и отрицательным импульсом должны быть равны ( $S_1=S_2$ )

#### 8. Практическое применение дифференцирующих и интегрирующих цепей.

Интегрирующие и дифференцирующие цепи находят применение в электротехнике, системах автоматического управления, при аналого-цифровом преобразовании и генерации периодических колебаний.

РС цепи используются везде, где надо выделить постоянную составляющую, переменную составляющую, выделить фронт сигнала, узнать задержку и т.д. Дифференцирующие цепи удобно использовать для выделения фронта и среза импульсных сигналов.