Тема

ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИЕ
И
ИНТЕГРИРУЮЩИЕ ЦЕПИ

План темы

1. Примеры одной и той же цепи в разном начертании
2. Последовательное, параллельное, смешанное соединения.
3. Соединения «звездой» и «треугольником».
4. Топологические элементы цепей.
5. Законы Кирхгофа.
6. Уравнения электрического равновесия.
4. Контрольные вопросы.

Подготовил Аширалиев Азизбек ДИ 14 19

Дифференцирующие цепи – это цепи, выходное напряжение u_2 которых пропорционально *производной* входного напряжения u_1 :

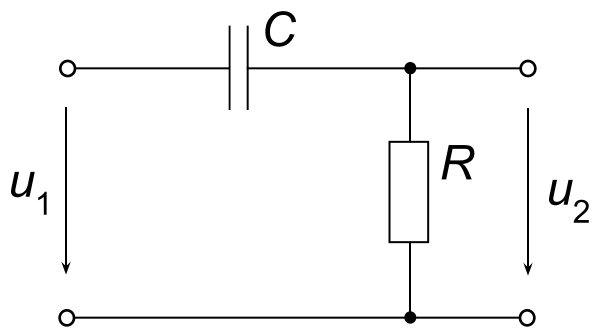
$$u_2 = \alpha_1 \frac{du_1}{dt},$$ где α_1 - некоторое действительное число

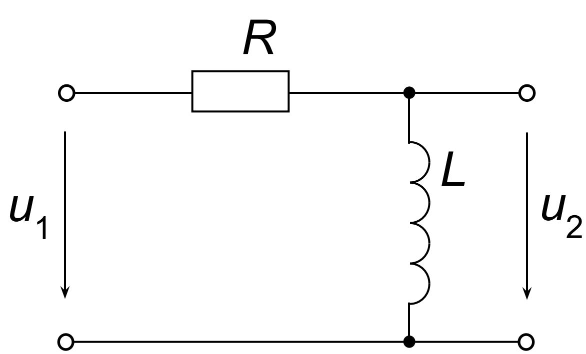
Интегрирующие цепи – это цепи, выходное напряжение u_2 которых пропорционально *интегралу* входного напряжения u_1:

$$u_2 = \alpha_2 \int u_1 dt,$$ где α_2 - некоторое действительное число

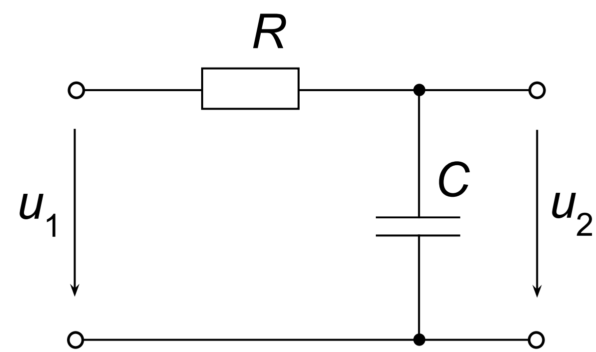
Схемы дифференцирующих и интегрирующих цепей

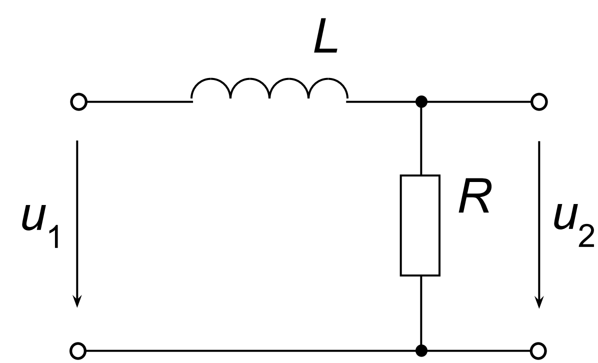
Дифференцирующие цепи



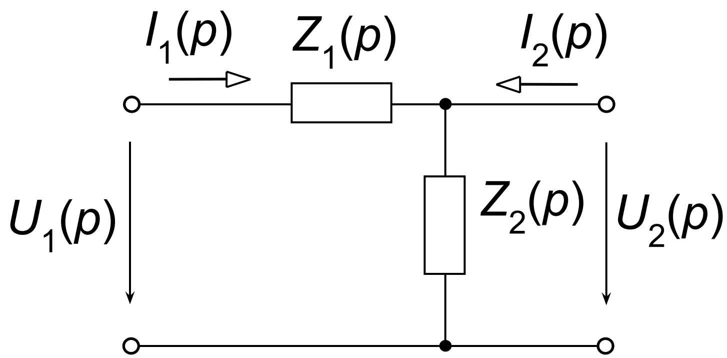


Интегрирующие цепи





Обобщенная операторная схема дифференцирующих и интегрирующих цепей



$Z_1(p)$ и $Z_2(p)$ – операторные сопротивления

$U_1(p)$ и $U_2(p)$ – операторные входное и выходное напряжения

$I_1(p)$ и $I_2(p)$ – операторные входной и выходной токи

Значок $\doteqdot$ означает – можно поставить в соответствие

$U(p) \doteqdot u$ – операторное изображение напряжения u

$I(p) \doteqdot i$ – операторное изображение тока i

напоминание

В соответствие с теоремой дифференцирования

$$U_2(p) = \alpha_1 p U_1(p)$$

$$K_{21}(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = \frac{\alpha_1 p U_1(p)}{U_1(p)} = \alpha_1 p$$

$$K_{21}(p) = \alpha_1 p$$

Аналогично, операторный коэффициент передачи по напряжению интегрирующей цепи пропорционален p^{-1}

$$K_{21}(p) = \frac{\alpha_2}{p}$$

α_2 - некоторый постоянный коэффициент

Полагая $I_2(p) = 0$

$$K_{21}(p) = \frac{Z_2(p)}{Z_1(p) + Z_2(p)} = \frac{1}{1 + \dfrac{Z_1(p)}{Z_2(p)}}$$

$$\left| 1 + \frac{Z_1(p)}{Z_2(p)} \right| >> 1$$

Отсюда следует, что напряжение u_2 на выходе простейших дифференцирующих и интегрирующих цепей много меньше входного u_1. Увеличение u_2 ведёт к усложнению схем, например к применению операционных усилителей.

$$\frac{Z_2(p)}{Z_1(p)} = \alpha_1 p$$

Для дифференцирующей цепи постоянная времени должна быть много меньше длительности дифференцируемого сигнала.

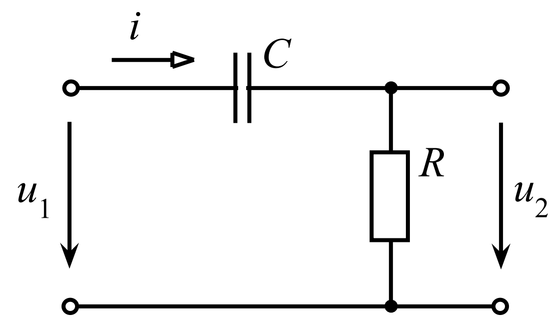
$$\frac{Z_2(p)}{Z_1(p)} = \frac{\alpha_2}{p}$$

Для интегрирующей цепи постоянная времени должна быть много больше длительности интервала интегрирования.

$\tau_C = RC$ - постоянная времени цепи RC.

$\tau_L = \dfrac{L}{R}$ - постоянная времени цепи RL.

Дифференцирующая цепь RC



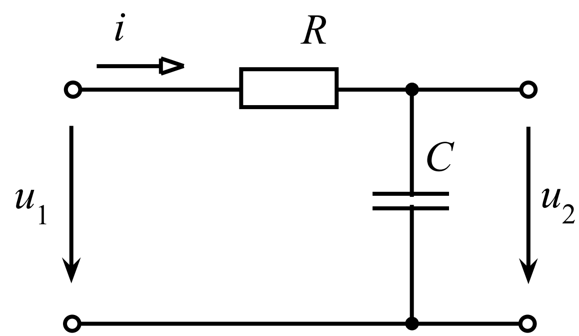
$$u_1 = u_C + u_R \qquad u_1 \approx u_C \qquad i = C\frac{du_C}{dt} \approx C\frac{du_1}{dt}$$

$$u_R = R \cdot i \qquad u_R = u_2 = Ri \approx RC\frac{du_1}{dt} = \tau\frac{du_1}{dt}$$

$$u_2 \approx \tau\frac{du_1}{dt}$$

$\tau_C = RC$ - постоянная времени цепи RC.

Интегрирующая цепь RC



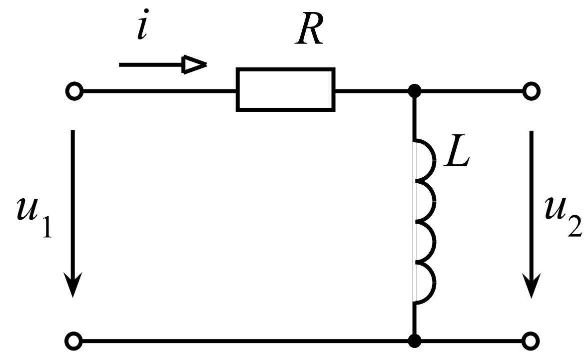
$$u_1 = u_R + u_C \qquad u_1 \approx u_R \qquad u_C = \frac{1}{C}\int i\,dt \qquad i = \frac{u_R}{R} \approx \frac{u_1}{R}$$

$$u_C = u_2 = \frac{1}{C}\int i\,dt \approx \frac{1}{C}\int \frac{u_1}{R}dt = \frac{1}{RC}\int u_1 dt = \frac{1}{\tau}\int u_1 dt$$

$$u_2 \approx \frac{1}{RC}\int u_1 dt = \frac{1}{\tau}\int u_1 dt$$

$\tau_C = RC$ - постоянная времени цепи RC.

Дифференцирующая цепь RL



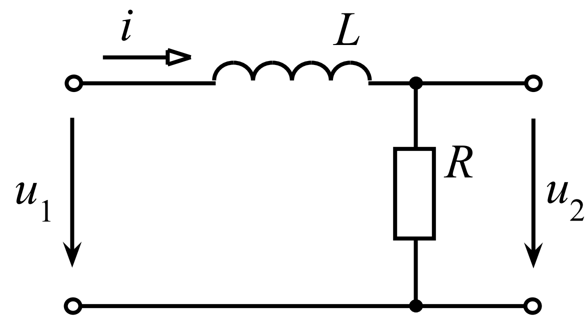
$$u_1 = u_R + u_L \qquad u_1 \approx u_R \qquad u_L = L\frac{di}{dt} \qquad i = \frac{u_R}{R}$$

$$u_L = u_2 = L\frac{di}{dt} = L\frac{d(\frac{u_R}{R})}{dt} = \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} \approx \frac{L}{R}\frac{du_1}{dt} = \tau\frac{du_1}{dt}$$

$$u_2 \approx \tau\frac{du_1}{dt}$$

$\tau_L = \dfrac{L}{R}$ - постоянная времени цепи RL.

Интегрирующая цепь RL



$$u_1 = u_L + u_R \qquad u_1 \approx u_L \qquad i = \frac{1}{L}\int u_L dt \approx \frac{1}{L}\int u_1 dt$$

$$u_R = u_2 = R \cdot i \approx R\frac{1}{L}\int u_1 dt = \frac{R}{L}\int u_1 dt = \frac{1}{\tau}\int u_1 dt$$

$$u_2 \approx \frac{R}{L}\int u_1 dt = \frac{1}{\tau}\int u_1 dt$$

$\tau_L = \dfrac{L}{R}$ - постоянная времени цепи RL.