

**Федеральное агентство по образованию
Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА**

А.А. Башев

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

**Кафедра “Теоретическая и общая
электротехника”**

**Для студентов электротехнических
специальностей всех форм обучения**

Тема 5

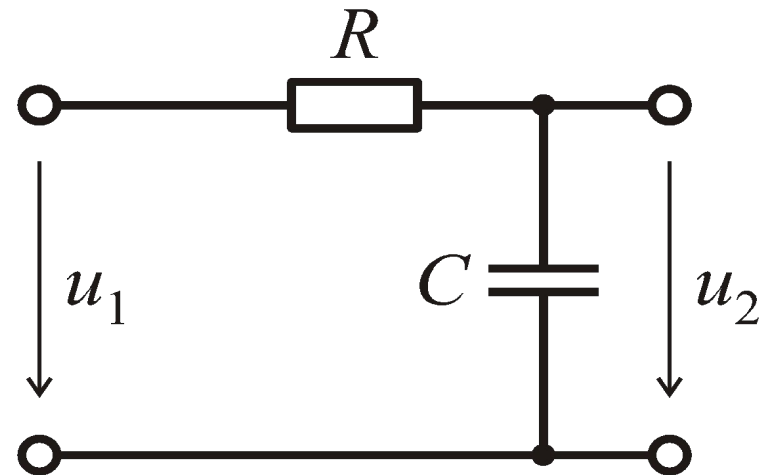
***ИНТЕГРИРУЮЩИЕ И
ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ***

Интегрирующие и дифференцирующие цепи

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

Интегрирующими называют цепи, напряжение на выходе которых пропорционально интегралу входного напряжения.

Простейшая
интегрирующая
цепь



Интегрирующие и дифференцирующие цепи

Ток в цепи

$$i = C \frac{du_c}{dt} = \frac{u_1 - u_2}{R}$$

Выходное напряжение

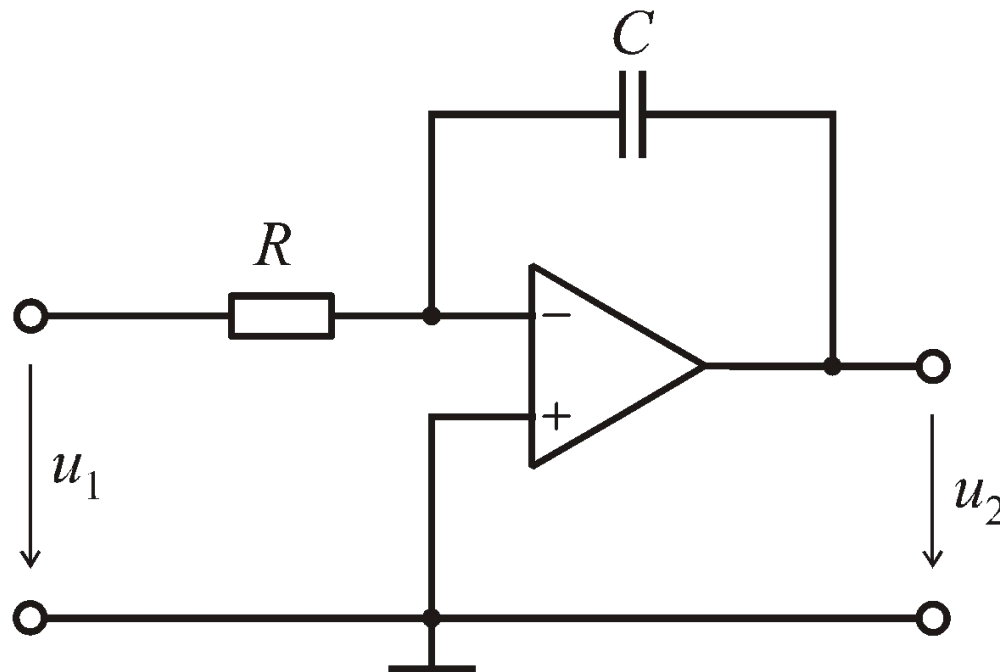
$$u_2(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

При выполнении условия $u_2 \ll u_1$ за u_1 ~~за u_1~~
большого значения постоянной времени $\tau = RC$

$$u_2(t) \approx \frac{1}{RC} \int_0^t u_1(t) dt$$

Интегрирующие и дифференцирующие цепи

Инвертирующий интегратор на операционном усилителе

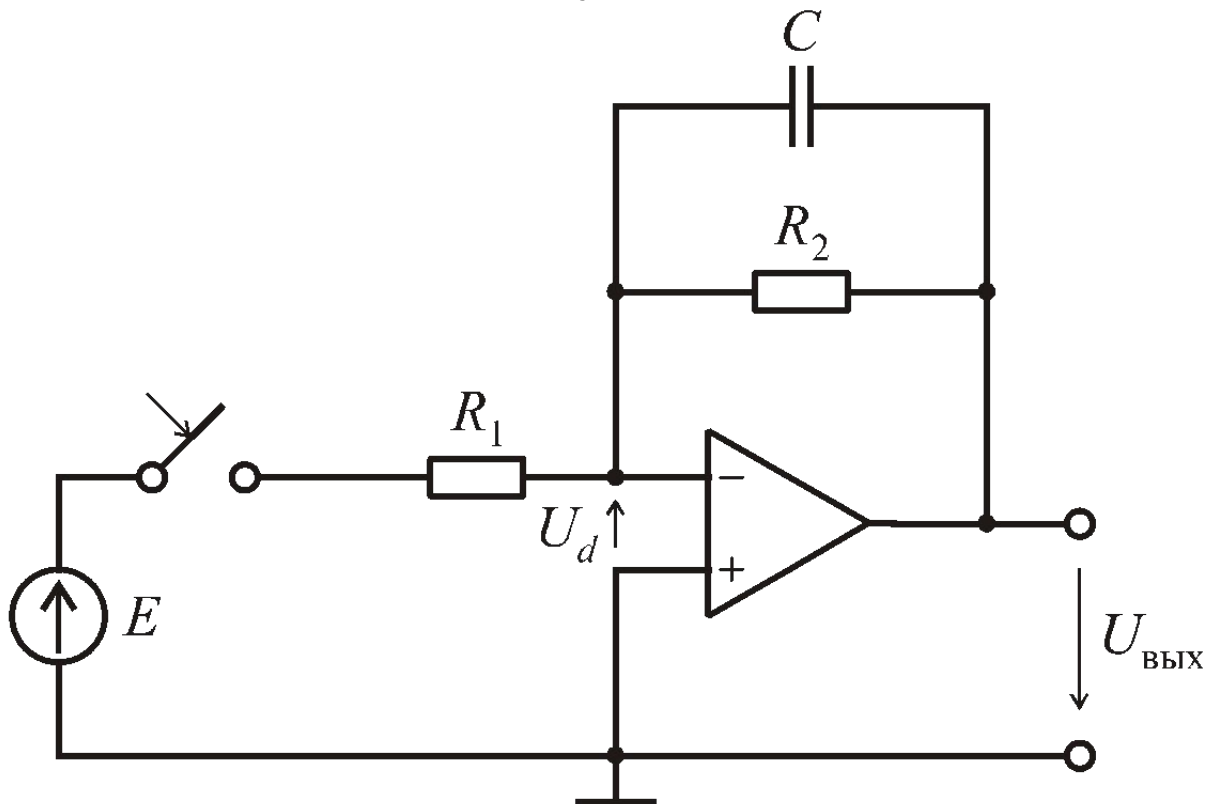


Выходное напряжение

$$u_2(t) = -\frac{1}{RC} \int u_1 dt$$

Интегрирующие и дифференцирующие цепи

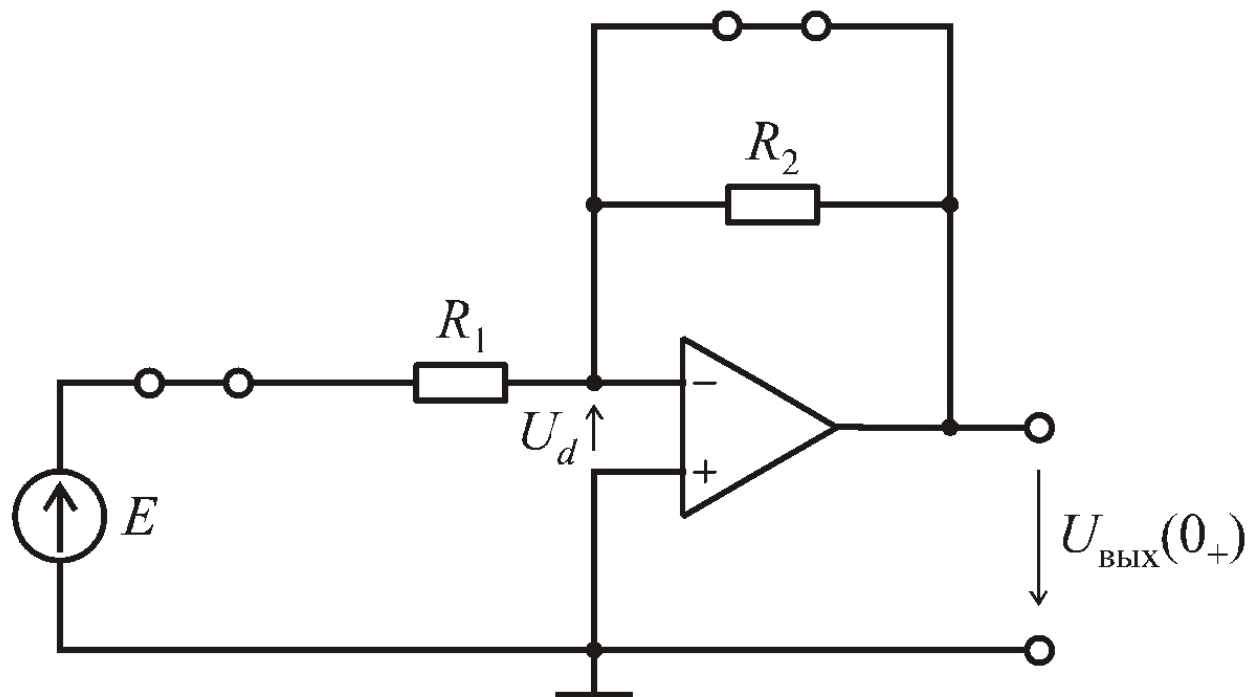
Пример. Анализ демпфированного интегратора.
Рассчитать напряжение на выходе схемы, показанной на рис, при включении на входе источника постоянного напряжения. Операционный усилитель идеальный.



Интегрирующие и дифференцирующие цепи

Решение. Поскольку сначала ключ был разомкнут, начальные условия в цепи нулевые: $u_C(0) = 0$

Схема замещения для момента времени $t = 0_+$



Интегрирующие и дифференцирующие цепи

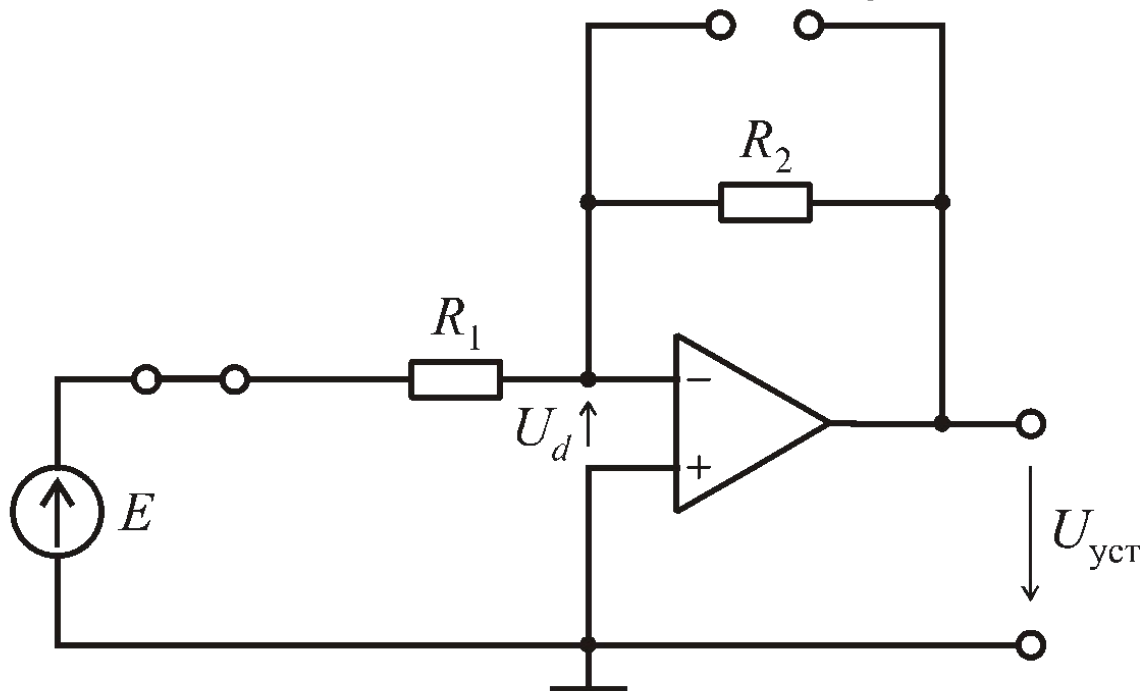
Из уравнения по второму закону Кирхгофа для контура, включающего вход ОУ, емкостный элемент и выход схемы:

$$u_d + u_{\text{ВЫХ}}(0_+) = 0$$

Поскольку $u_d = 0$ $u_{\text{ВЫХ}}(0_+) = 0$

Интегрирующие и дифференцирующие цепи

Эквивалентная схема для момента времени $t \rightarrow \infty$



Рассматриваемая схема представляет инвертирующий усилитель, напряжение на выходе которого

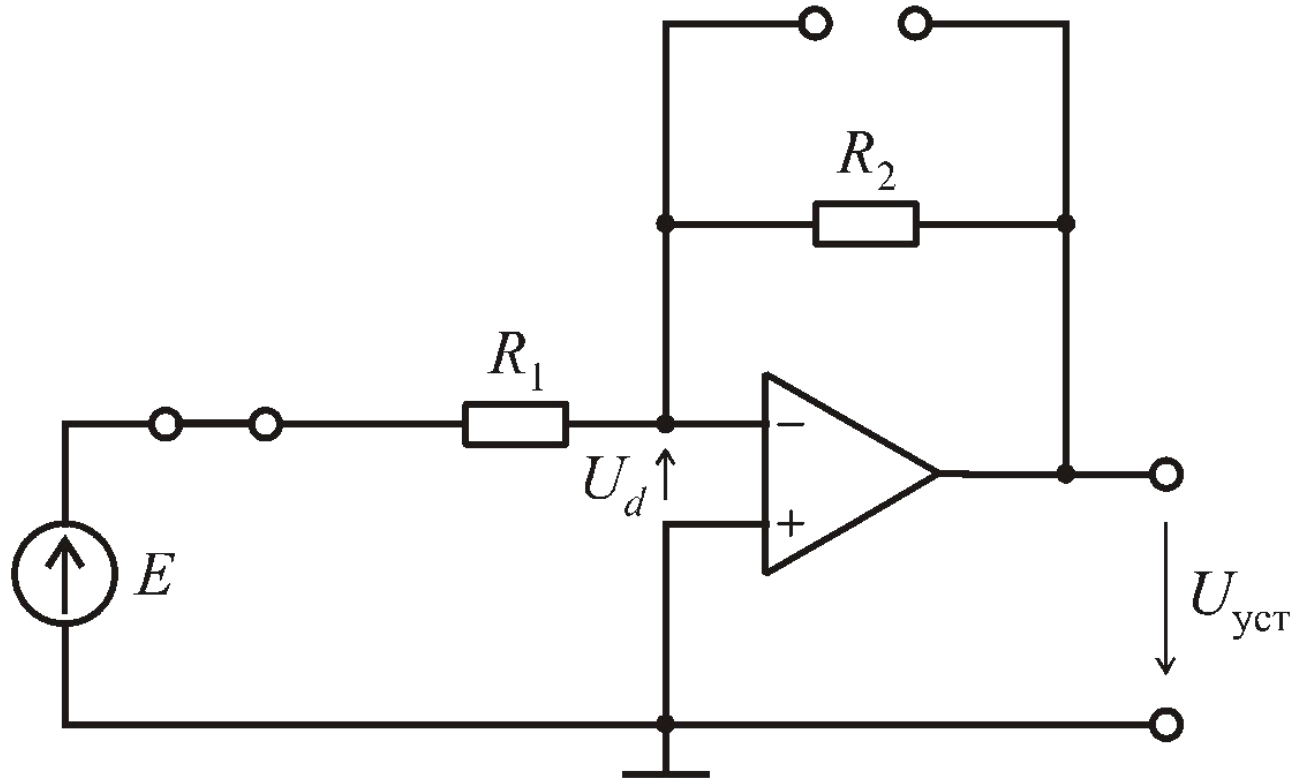
$$u_{\text{ВЫХ}} = -\frac{R_2}{R_1} E$$

Интегрирующие и дифференцирующие цепи

Входное сопротивление резистивной части цепи относительно зажимов, к которым подключен емкостный элемент найдем как отношение напряжения холостого хода к току короткого замыкания:

$$R_{\text{ВХ}} = U_{\text{ХХ}} / I_{\text{КЗ}}.$$

Интегрирующие и дифференцирующие цепи



$$U_{xx} = ER_2 / R_1,$$

Интегрирующие и дифференцирующие цепи

Ток короткого замыкания $I_{\text{КЗ}} = E / R_1$.

Таким образом, $R_{\text{ВХ}} = R_2$

Постоянная времени цепи $\tau = R_{\text{ВХ}} C = R_2 C$.

Итак, напряжение на выходе интегратора

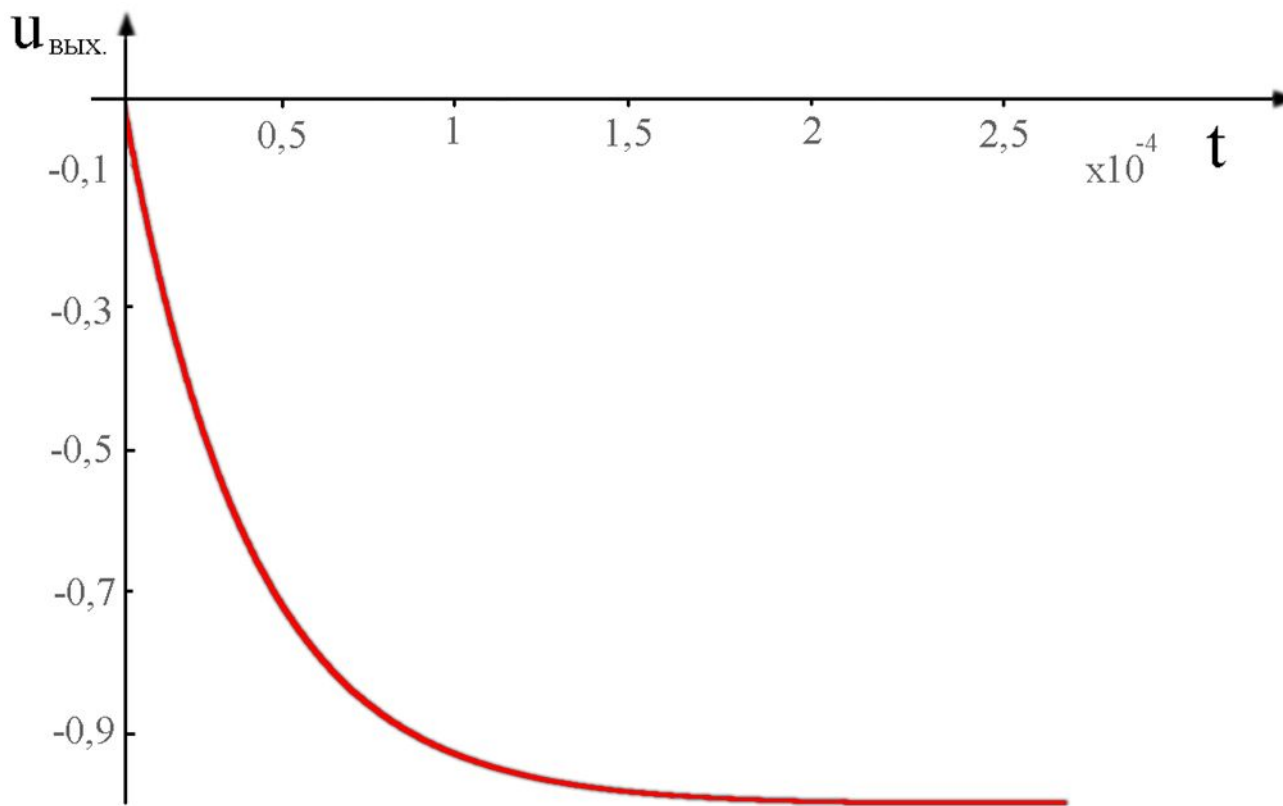
изменяется по закону

$$u_{\text{ВЫХ}}(t) = \frac{R_2}{R_1} E e^{-t/\tau} - \frac{R_2}{R_1} E$$

Интегрирующие и дифференцирующие цепи

График $u_{\text{ВЫХ}}$ для случая, когда

$$C = 0,1 \text{ мкФ} \quad R_1 = R_2 = 1 \text{ кОм} \quad E = 1 \text{ В}$$



Рекомендуемая литература

- 1. Алтунин Б.Ю., Панкова Н.Г. Теоретические основы электротехники:** Комплекс учебно - методических материалов: Часть 1 / Б.Ю. Алтунин, Н.Г. Панкова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород, 2007.-130 с.
- 2. Алтунин Б.Ю., Кралин А.А. Электротехника и электроника:** комплекс учебно-методических материалов: Ч.1/ Б.Ю. Алтунин, А.А. Кралин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород, 2007.-98 с.
- 3. Алтунин Б.Ю., Кралин А.А. Электротехника и электроника:** комплекс учебно-методических материалов: Ч.2/ Б.Ю. Алтунин, А.А. Кралин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород, 2008.-98 с
- 4. Касаткин, А.С. Электротехника** /А.С. Касаткин, М.В. Немцов.-М.: Энергоатомиздат, 2000.
- 5. Справочное пособие по основам электротехники и электроники** /под. ред. А.В. Нетушила.-М.: Энергоатомиздат, 1995.
- 6. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники.**-3-е изд., перераб. И доп.-М.: Радио и связь, 1990.-512 с.: ил.
- 7. Новожилов, О. П. Электротехника и электроника:** учебник / О. П. Новожилов. – М.: Гардарики, 2008. – 653 с.

Тема 5 Закончена

Благодарю за внимание