

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

С.Н. Охулков

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

**Кафедра “Теоретическая и общая
электротехника”**

**Для студентов электротехнических
специальностей всех форм обучения**

Автозаводская высшая школа управления и технологий

Очная и заочная форма обучения

- Автомобили и автомобильное хозяйство
- Автомобиле- и тракторостроение
- Технология машиностроения

г. Нижний Новгород, ул. Лескова, 68, т. (831) 256-02-10

Тема 2

**ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ,
ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ И МЕТОДЫ
РАСЧЕТА
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ**

Закон Ома для участка цепи (ветви с сопротивлением R или проводимостью G)

**Ток в электрической цепи
прямопропорционален приложенному напряжению
и обратнопропорционален ее сопротивлению**

*Эту закономерность можно выразить
следующими формулами:*

$$I = U/R$$

$$U = RI$$

$$R = U/I$$

$$I = UG$$

$$U = I/G$$

$$G = I/U$$

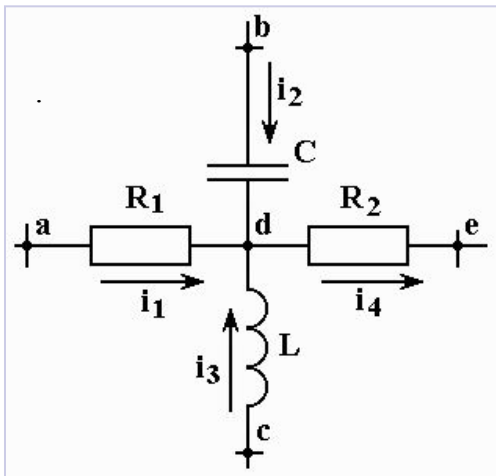
Первый закон Кирхгофа

Алгебраическая сумма токов в узле равна нулю:

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0$$

Ток, втекающий в узел, полагают положительным, а вытекающий – отрицательным

Для узла на схеме



$$i_1 + i_2 + i_3 - i_4 = 0$$

Другая формулировка первого закона Кирхгофа:

*сумма втекающих в узел токов равна
сумме вытекающих токов,*

то есть

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_4$$

Второй закон Кирхгофа

Контур – любой замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям.
Для контура выполняется второй закон Кирхгофа:

*Алгебраическая сумма ЭДС в ветвях контура
равна алгебраической сумме падений напряжений на элементах контура с
учетом выбранного направления обхода:*

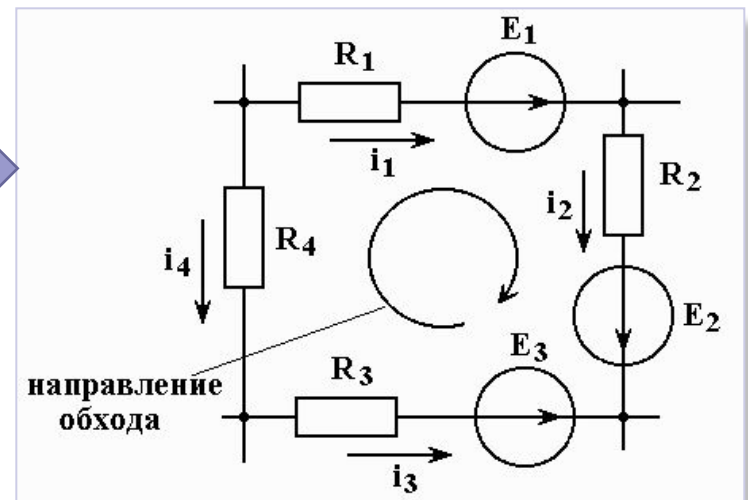
$$\sum_{i=1}^m e_i = \sum_{i=1}^k u_i$$

где m – количество источников ЭДС в ветвях контура;
 k – количество элементов в ветвях контура.

Для контура, приведенного справа,
уравнение, составленное по второму закону
Кирхгофа, имеет следующий вид:

$$E_1 + E_2 - E_3 = I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4$$

Используя законы Ома и Кирхгофа можно
рассчитать любую электрическую цепь



Первый и второй законы Кирхгофа позволяют составить **топологические уравнения цепи.**

Эти уравнения определяются только соединением элементов и не зависят от того, какие элементы включены в схему.

В общем случае электрическая схема имеет P узлов и M контуров. В результате образуется система уравнений, которая содержит P уравнений типа (1) и M уравнений типа (2).

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0 \quad (1)$$

Однако из P уравнений типа (1) независимы только $P-1$ уравнений, так как каждый ток входит в систему два раза с противоположными знаками.

Таким образом, полученная система уравнений типа (1) дает $P-1$ независимых уравнений с Q неизвестными токами.

$$\sum_{i=1}^m e_i = \sum_{i=1}^k u_i \quad (2)$$

Остальные $N = Q - (P-1)$ уравнений получаются на основе соотношения (2).

Соответствующие этим уравнениям узлы и контуры называются **независимыми.**

Независимый контур –

это контур, в состав которого входит хотя бы одна ветвь, не принадлежащая другим контурам

В развернутом виде уравнение (2) представляет собой **интегро-дифференциальное уравнение**:

$$\sum_{i=1}^m e_i = \sum_{i=1}^m \left(r_i i_i + L_i \frac{di_i}{dt} + \frac{1}{C_i} \int C_i dt \right),$$

где m – число ветвей в контуре.

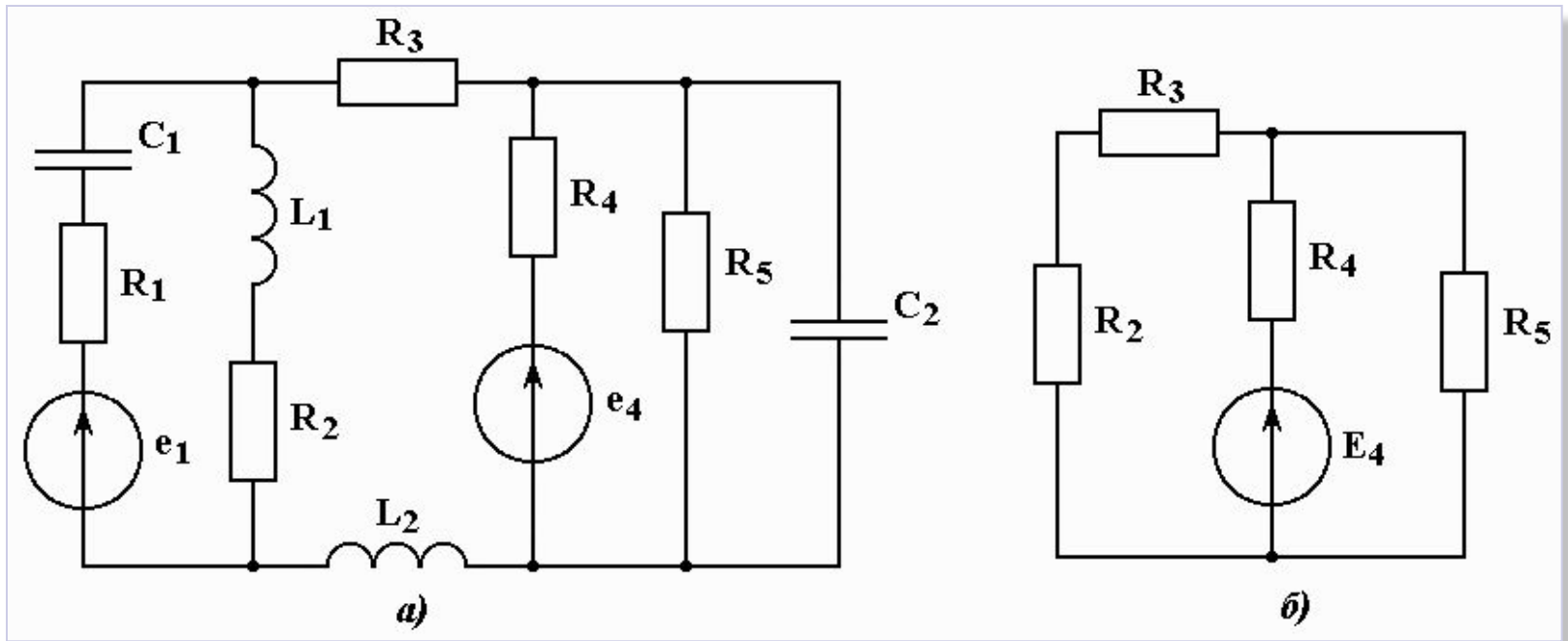
То есть ветвь I в общем случае может содержать **активное сопротивление, индуктивность и емкость**.

Итак, при прямом использовании законов Кирхгофа задача расчета электрической цепи сводится к составлению и решению системы интегро-дифференциальных уравнений, где в качестве неизвестных фигурируют токи в ветвях; при этом число уравнений (и неизвестных) равно числу ветвей в цепи.

В цепях постоянного тока ($i = I = \text{const}$) интегро-дифференциальное уравнение превращается в алгебраическое, так как индуктивность представляет собой для постоянного тока короткое замыкание, а емкость – разрыв цепи.

$$\sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n r_i I_i$$

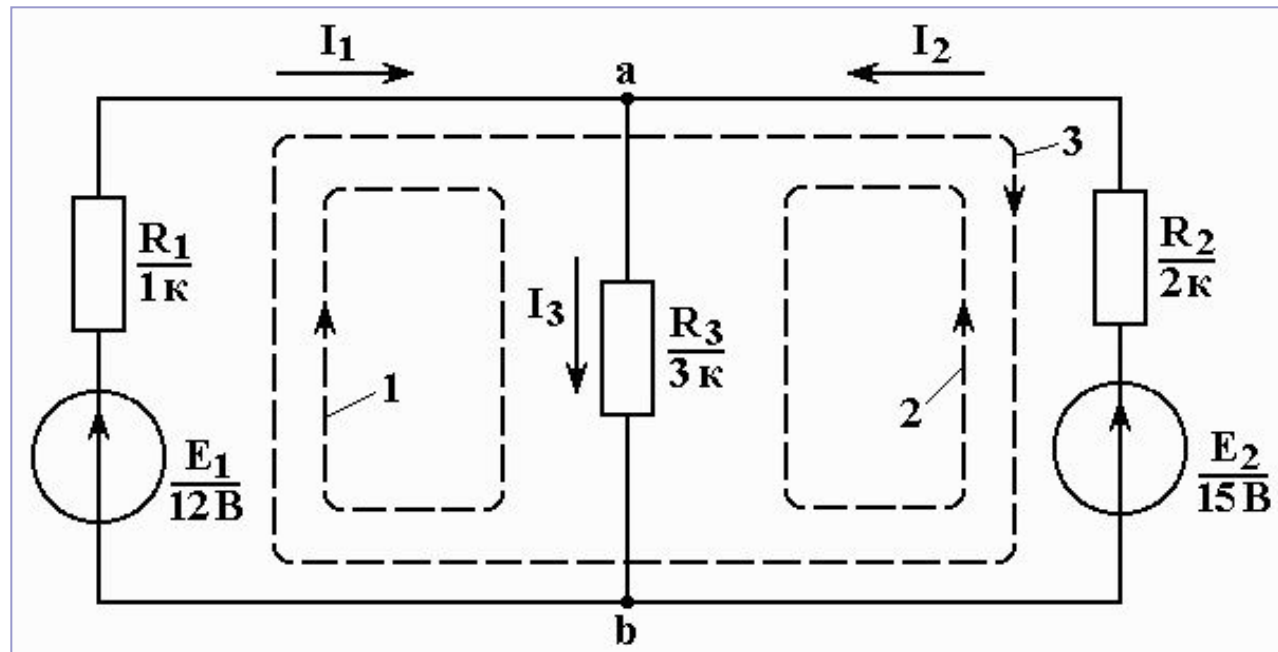
Например, электрическая цепь с источниками постоянного напряжения E_i (а) преобразуется в цепь постоянного тока (б):



Использование законов Ома и Кирхгофа для расчета цепей постоянного тока

Пример прямого использования законов Кирхгофа

В качестве примера рассмотрим расчет цепи, схема замещения которой показана ниже и которая содержит $P = 2$ узла и $Q = 3$ ветви, то есть $N = Q - (P - 1) = 3 - 2 + 1 = 2$ независимых контура (1 и 2, или 1 и 3, или 2 и 3).



Использование законов Ома и Кирхгофа для расчета цепей постоянного тока

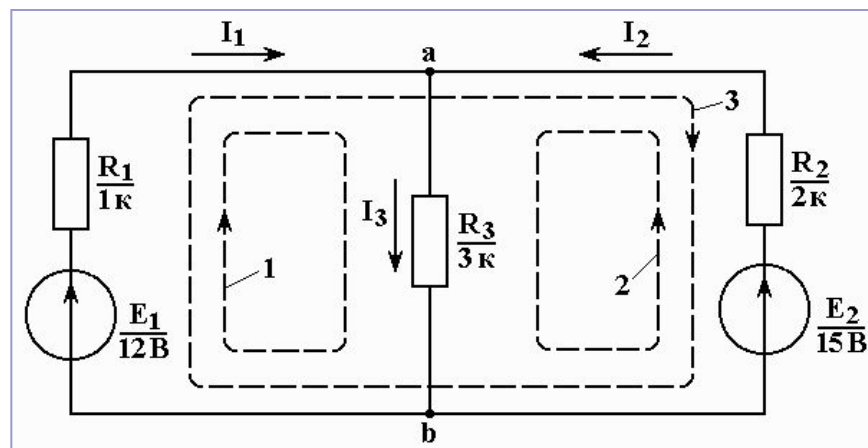
По первому закону Кирхгофа можно составить только одно ($P-1 = 2-1 = 1$) независимое уравнение, например, для узла а:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

По второму закону Кирхгофа – только два ($N = 2$) независимых уравнения, например, для контуров 1 и 2:

$$I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1$$

$$I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_2$$



Чтобы определить токи ветвей I_1 , I_2 , I_3 , необходимо решить систему этих трех уравнений с тремя неизвестными токами:

$$\left. \begin{aligned} I_1 + I_2 - I_3 &= 0 \\ I_1 R_1 + I_3 R_3 &= E_1 \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 &= E_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} I_1 + I_2 - I_3 &= 0 \\ I_1 + 3I_3 &= 12 \\ 2I_2 + 3I_3 &= 15 \end{aligned} \right\}$$

Решив эту систему уравнений, найдем токи $I_1 = 1,36$ мА; $I_2 = 2,19$ мА; $I_3 = 3,55$ мА.

Определяем потенциал узла а: $U_a = I_3 R_3 = 3,55 \cdot 3 = 10,65$ В

Проверяем выполнение первого закона Кирхгофа для узла а:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 1,36 + 2,19 - 3,55 = 0 \quad \text{— первый закон Кирхгофа выполняется.}$$

Проверяем выполнение второго закона Кирхгофа для контура 3:

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2$$

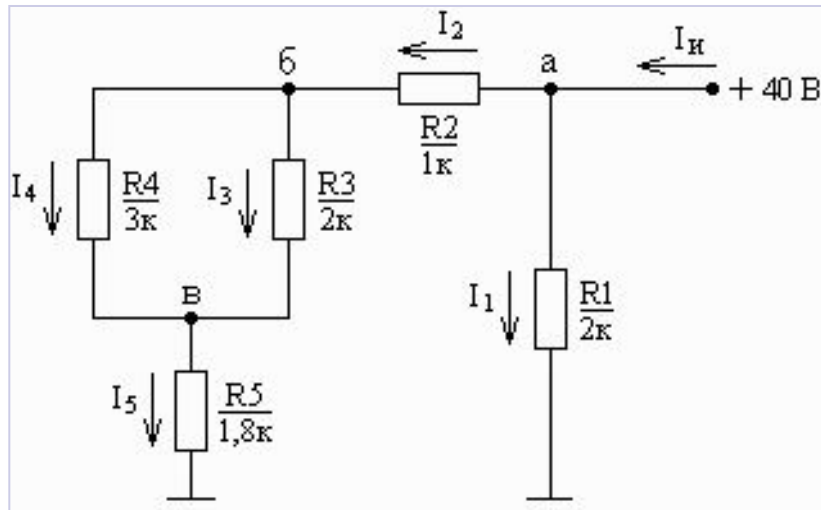
$$12 - 15 = 1,36 - 4,38$$

$$-3 \approx -3,02$$

— второй закон Кирхгофа выполняется.

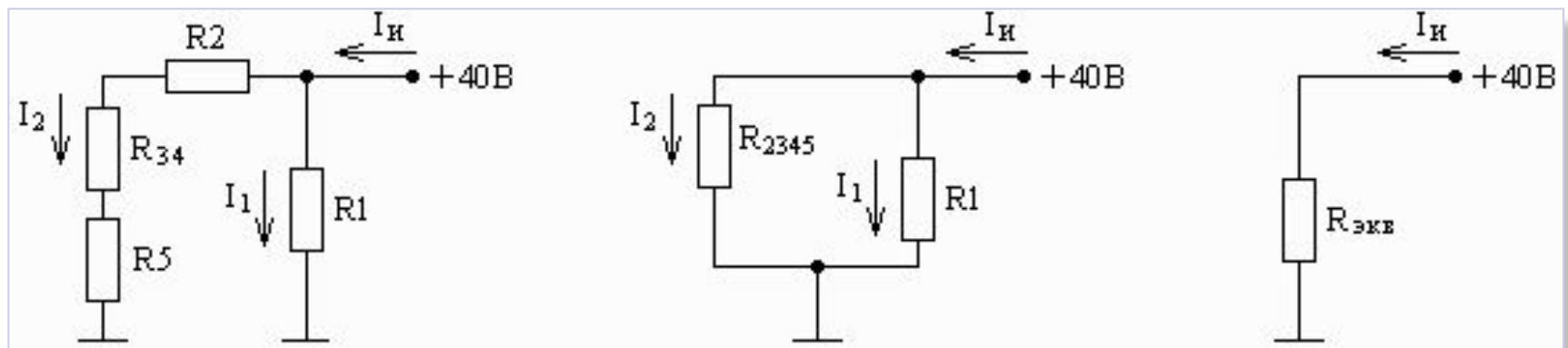
Использование законов Ома и Кирхгофа для расчета цепей постоянного тока

Пример использования метода свертки



Электрическая цепь постоянного тока

Процесс свертки электрической цепи
(устранение устранимых узлов и
объединение объединяемых ветвей)



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 2 Закончена

Благодарю за внимание