

Топольский Дмитрий  
Валерианович

Топольская Ирина Геннадьевна

кафедра «Теоретические основы  
электротехники»

ауд. 448/36, 446/36, 269/ГУК

[topolsk@topolskiidv@susu.ru](mailto:topolsk@topolskiidv.susu.ru)

[topolskaiaig@susu.ru](mailto:topolskaiaig@susu.ru)



# ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Электротехника: Учеб. для неэлектротехн. спец. вузов / Х. Э. Зайдель и др.; Под ред. В. Г. Герасимова. - М. : Высшая школа , 1985. - 480 с.
2. Касаткин, А. С. Электротехника: учебник для неэлектротехн. специальностей вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. - М. : Академия , 2008. - 538 с.

Дополнительная литература:

1. Сборник задач по основам электротехники: учеб. пособие для вузов по техническим специальностям / А. Н. Белянин и др.; под ред. Ю. А. Бычкова и др. - СПб. и др.: Лань, 2011. - 388 с.
2. В. Г. Герасимова Сборник задач по электротехнике и основам электроники : Учеб. пособие для неэлектротехн. спец. вузов / Под ред. В. Г. Герасимова. - М.: Высшая школа, 1987. - 286 с.
3. Дубовицкий, Г. П. Основы электроники: Учеб. пособие / Г. П. Дубовицкий, В. П. Кормухов, В. И. Смолин; Под ред. Г. П. Дубовицкого. — Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. — 85 с.
4. Коголь, И. М. Электротехника [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям / И. М. Коголь, Г. П. Дубовицкий. — Челябинск, 2009.



# Введение в электротехнику



Электротехника является областью науки и техники, которая занимается изучением электротехнических и магнитных явлений и их техническим использованием в практических целях.

Интенсивное использование электрической энергии связано со следующими ее особенностями:

- возможностью достаточно простого и экономичного преобразования в другие виды энергии (механическую, тепловую, лучистую и т.д.);
- возможность централизованного и экономичного получения на различных электростанциях;
- простой передачи с помощью линий электропередачи с малыми потерями на большие расстояния к потребителям.



# Введение в электротехнику



Высокая рентабельность и конкурентоспособность современных предприятий базируется на полной механизации и автоматизации производственных процессов. Решение этих задач требует создания автоматизированных систем управления на основе современной электротехнической и электронной аппаратуры и электрооборудования.

Во всех отраслях производства с помощью электротехнической аппаратуры осуществляется управление производственными механизмами, автоматизация их работы, контроль за ведением производственного процесса, обеспечение безопасности обслуживания и т.д.

Следовательно, функции электро-технических устройств машин настолько значительны по сравнению с их механической частью, что именно они во многом определяют такие важные показатели, как производительность, качество и надежность создаваемой продукции.

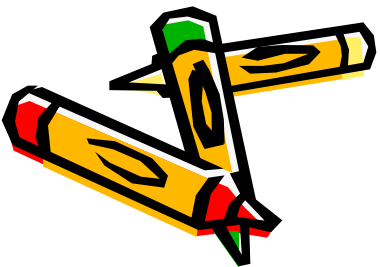


# Введение в электротехнику



В курсе изучения дисциплины осуществляется анализ явлений, происходящих в электрических и магнитных цепях. Изучаются вопросы связанные с установившимися и переходными процессами, с расчетами цепей постоянного, переменного тока, с устройством и принципом действия трансформаторов, электромагнитных устройств, электрических машин постоянного и переменного тока, информационных электрических машин.

Знание перечисленного материала дает возможность будущим специалистам свободно разбираться в устройстве и принципе действия разнообразной электротехнической аппаратуры, электрических машин и оборудования и грамотно использовать их в практической деятельности.



# Основные понятия в электротехнике

- Электрический ток - направленное движение электрических зарядов.

Различают два вида тока: постоянный и переменный.

$$I = \frac{Q}{t} = [A = \frac{\text{Кл}}{\text{с}}]$$

$$i = \frac{dq}{dt}$$

- Напряжение - скалярная величина, равная линейному интегралу от напряженности электрического поля.

$$U = \int_a^b \vec{E} * d\vec{l} = \varphi_a - \varphi_b$$



- Работа и мощность.

$$A = Q * U \quad Q = It \quad A = IUt$$

$$P = \frac{A}{t} = \frac{UI t}{t} = UI = [\text{Вт}]$$



• Электротехническое устройство - совокупность взаимосвязанных электротехнических изделий, находящихся в конструктивном и функциональном единстве, предназначенная для выполнения определенной функции

по производству или преобразованию, передаче, распределению или потреблению электрической энергии.



# Основные понятия и определения для электрической цепи



Источники

Приемники

Соединительные провода

Коммутационная аппаратура

Измерительные приборы

Узел - место в электрической цепи (точка), где сходятся три и более ветвей.

Ветвь - участок цепи, по которому протекает один и тот же ток.

Контур - замкнутый путь, при прохождении которого ни одна ветвь и ни один узел не повторяются.

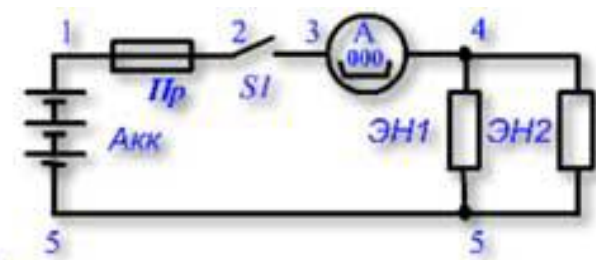




# Состав электрической цепи



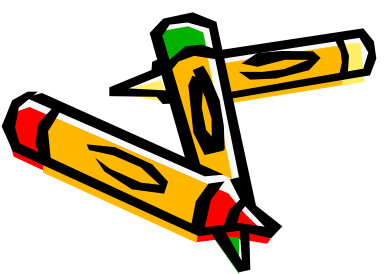
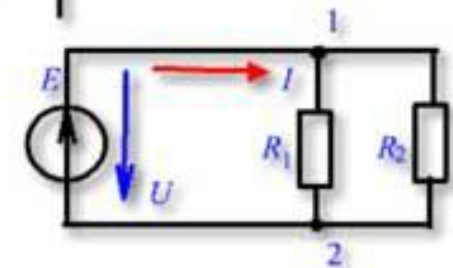
а) принципиальная схема



б) монтажная схема



в) схема замещения электрической цепи



# Классификация электрических цепей

Выбор метода расчёта электрической цепи определяется топологией схемы цепи и характером входящих в неё активных (источников энергии) и пассивных элементов (приёмников энергии).

По **топологическим особенностям** электрические цепи подразделяют:

- на **простые** (одноконтурные; двухузловые) и **сложные** (многоконтурные; многоузловые; планарные (плоскостные) и объёмные);
- **двухполюсные**, имеющие два внешних вывода (двухполюсники) и **многополюсные**, содержащие более двух внешних выводов (четырёхполюсники; многополюсники).

По **энергетическим свойствам и функциональной зависимости** между напряжением и током в каждом элементе электрической цепи различают:

- **пассивные** и **активные** цепи;
- **линейные**, **параметрические** и **нелинейные** цепи. Элемент электрической цепи, параметры которого (сопротивление и др.) не зависят от тока в нём, называют **линейным**, например электропечь.

**Нелинейный** элемент, например лампа накаливания, имеет сопротивление, величина которого увеличивается при повышении напряжения, а следовательно и тока, подводимого к лампочке.

Следовательно, в **линейной** электрической цепи все элементы — линейные, а **нелинейной** называют электрическую цепь, содержащую хотя бы один нелинейный элемент;



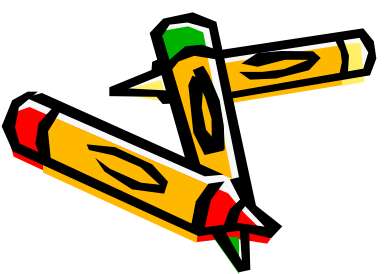
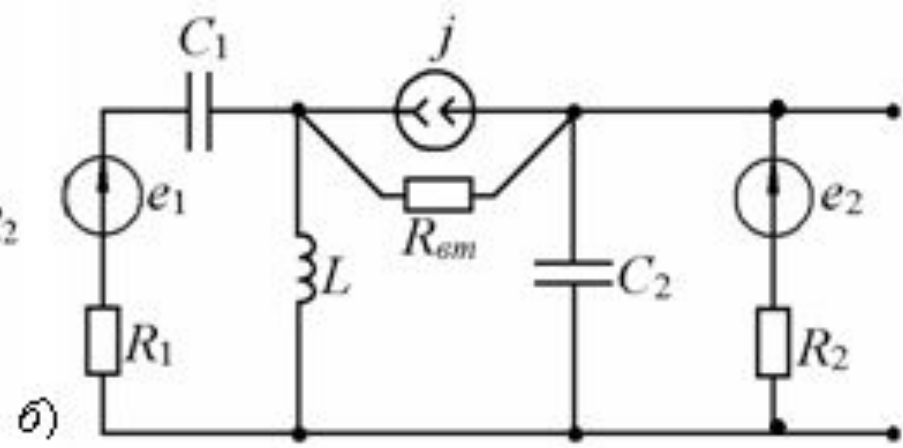
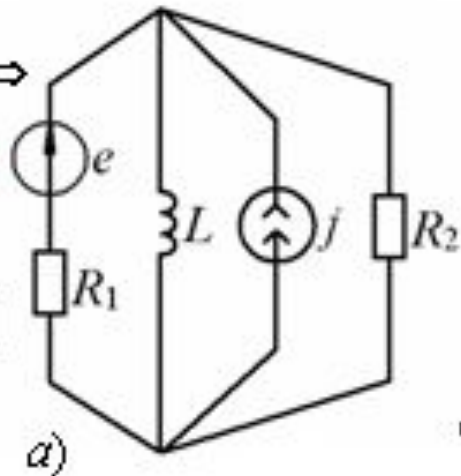
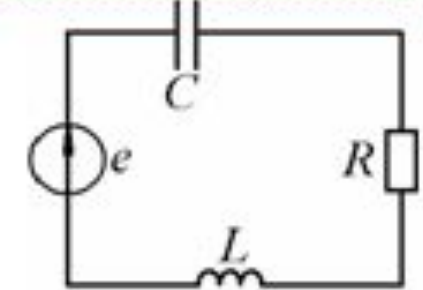


По **характеру изменения** ЭДС  $E$  и тока  $J$  источников энергии электрические цепи разделяют на следующие виды:

- цепи **постоянного** тока;
- цепи **синусоидального** тока (в т. ч. однофазные; трёхфазные; многофазные);
- цепи **несинусоидального** (периодического или непериодического) тока;
- цепи с различным характером изменения ЭДС  $E$  и тока  $J$  источников энергии.

Схемы цепей:

двухузловая ⇒  
одноконтурная ⇓

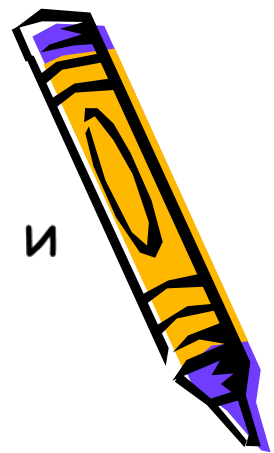


# Методы расчета электрических цепей с использованием основных законов цепей постоянного тока

1. Метод преобразования путем определения эквивалентного сопротивления
2. Составление системы линейных алгебраических уравнений
3. Метод узловых потенциалов
4. Метод эквивалентного генератора



# Закон Ома для участка цепи

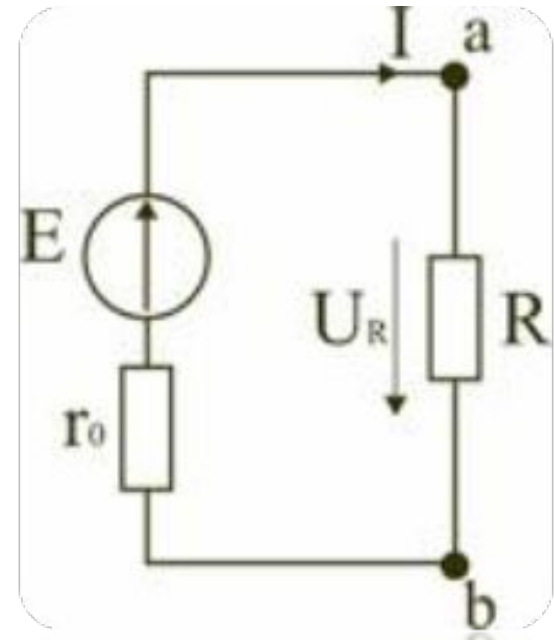


• Соотношение между током  $I$ , напряжением  $U_R$  и сопротивлением  $R$  участка  $ab$  электрической цепи выражается законом Ома:

$$I_R = \frac{U_R}{R} \text{ или } U_R = RI.$$

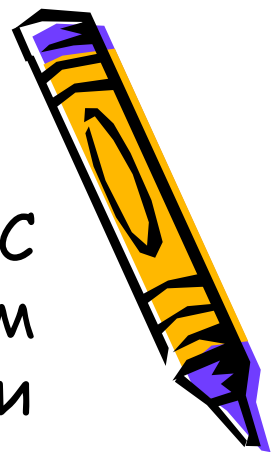
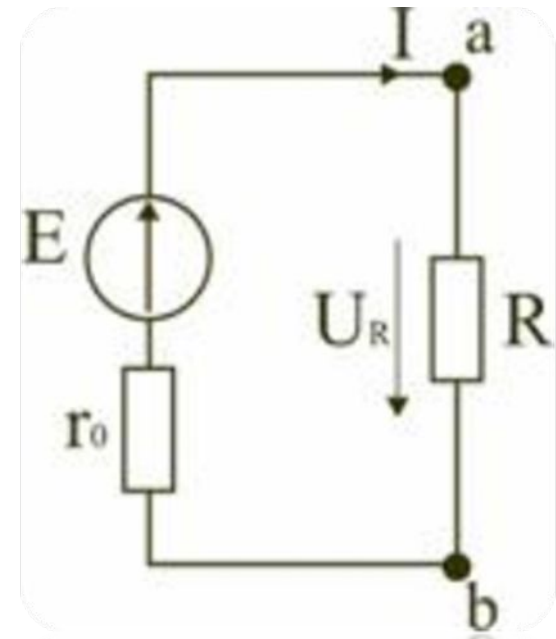
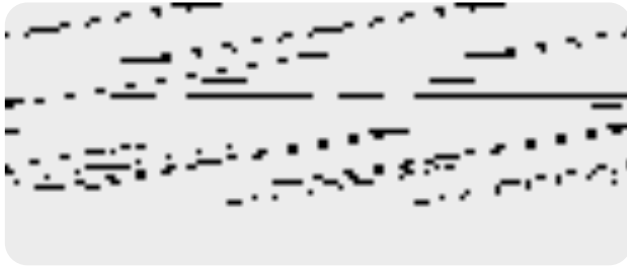
В этом случае

$U_R$  - называют напряжением или падением напряжения на резисторе  $R$ ,  
 $I_R$  - током в резисторе  $R$ .

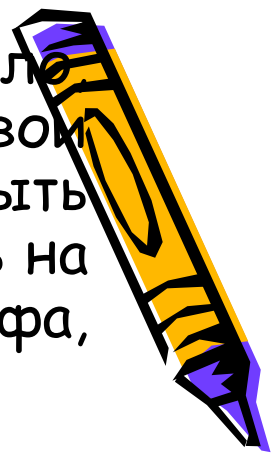


# Закон Ома для всей цепи

Этот закон определяет зависимость между ЭДС  $E$  источника питания с внутренним сопротивлением  $r_0$ , током  $I$  электрической цепи и общим эквивалентным сопротивлением  $R_{\Sigma} = r_0 + R$  всей цепи:

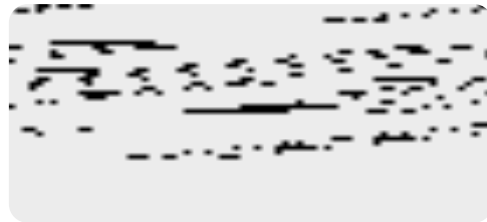


Сложная электрическая цепь содержит, как правило, несколько ветвей, в которые могут быть включены свои источники питания и режим ее работы не может быть описан только законом Ома. Но это можно выполнить на основании первого и второго законов Кирхгофа, являющихся следствием закона сохранения энергии.



## Первый закон Кирхгофа

В любом узле электрической цепи алгебраическая сумма токов равна нулю



где  $m$  - число ветвей подключенных к узлу.

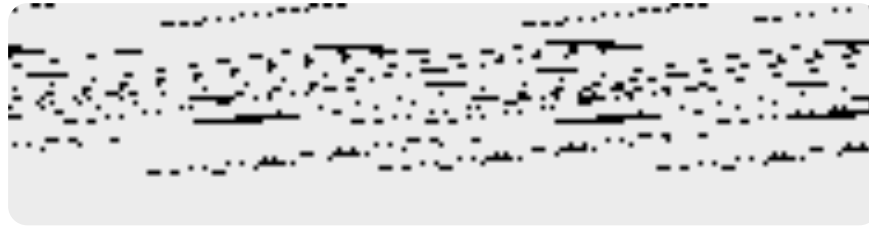


Правило: При записи уравнений по первому закону Кирхгофа токи, направленные к узлу, берут со знаком «плюс», а токи, направленные от узла - со знаком «минус».



## Второй закон Кирхгофа

В любом замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений на всех его участках



где  $n$  - число источников ЭДС в контуре;

$m$  - число элементов с сопротивлением  $R_k$  в контуре;

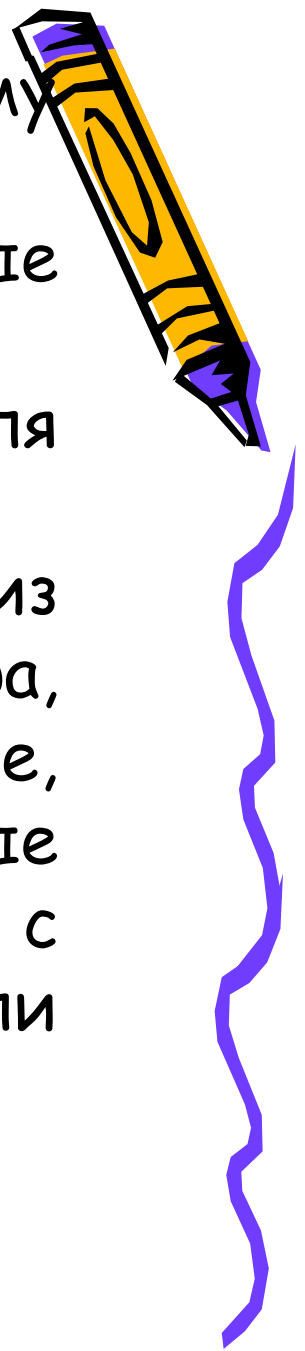
$U_k = R_k I_k$  - напряжение или падение напряжения на  $k$ -м элементе контура.





Правило: При записи уравнений по второму закону Кирхгофа необходимо:

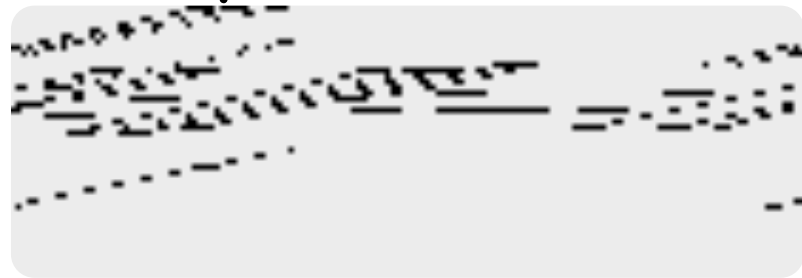
- 1) задать условные положительные направления ЭДС, токов и напряжений;
- 2) выбрать направление обхода контура, для которого записывается уравнение;
- 3) записать уравнение, пользуясь одной из формулировок второго закона Кирхгофа, причем слагаемые, входящие в уравнение, берут со знаком «плюс», если их условные положительные направления совпадают с обходом контура, и со знаком «минус», если они противоположны.



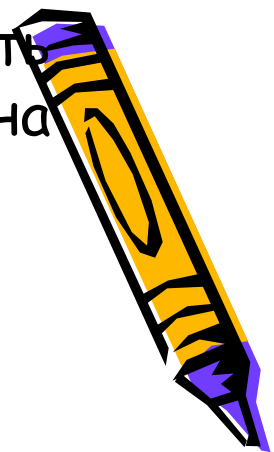
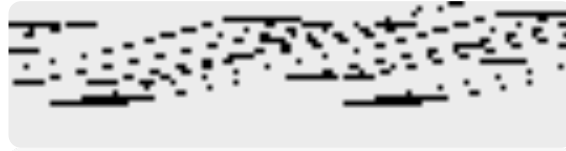
В действующей цепи электрическая энергия источника питания преобразуется в другие виды энергии. На участке цепи с сопротивлением  $R$  в течение времени  $t$  при токе  $I$  расходуется электрическая энергия

$$A = I^2 R t.$$

Скорость преобразования электрической энергии в другие виды представляет электрическую мощность



Из закона сохранения энергии следует, что мощность источников питания в любой момент времени равна сумме мощностей, расходуемой на всех участках цепи.



Это соотношение называют уравнением  
баланса мощностей.

Правило: При составлении уравнения баланса мощностей следует учесть, что если действительные направления ЭДС и тока источника совпадают, то источник ЭДС работает в режиме источника питания, и произведение  $E \cdot I$  подставляют в уравнение баланса мощностей со знаком плюс. Если не совпадают, то источник ЭДС работает в режиме потребителя электрической энергии, и произведение  $E \cdot I$  подставляют в уравнение со знаком минус.



# Способы соединения потребителей в электрической цепи

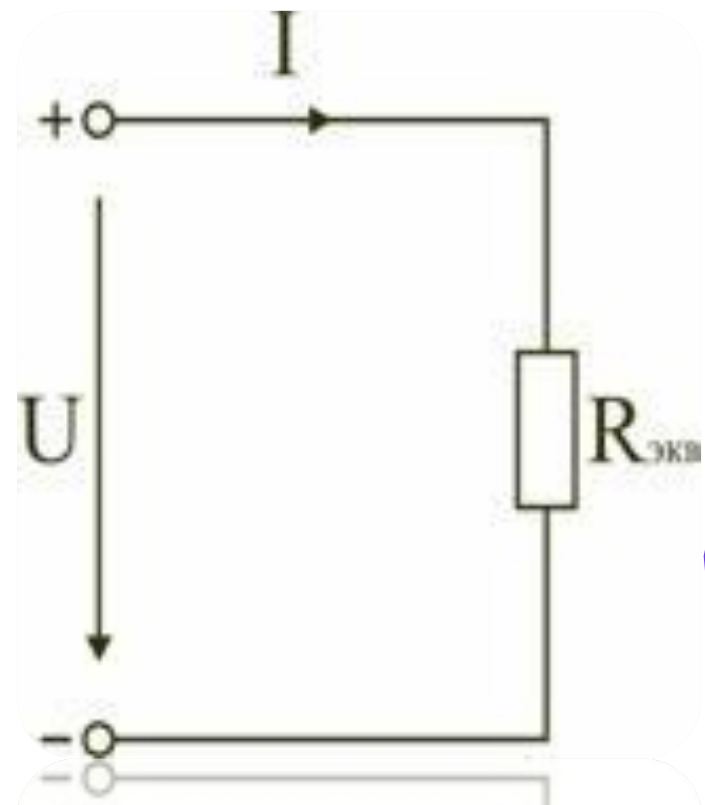
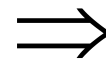
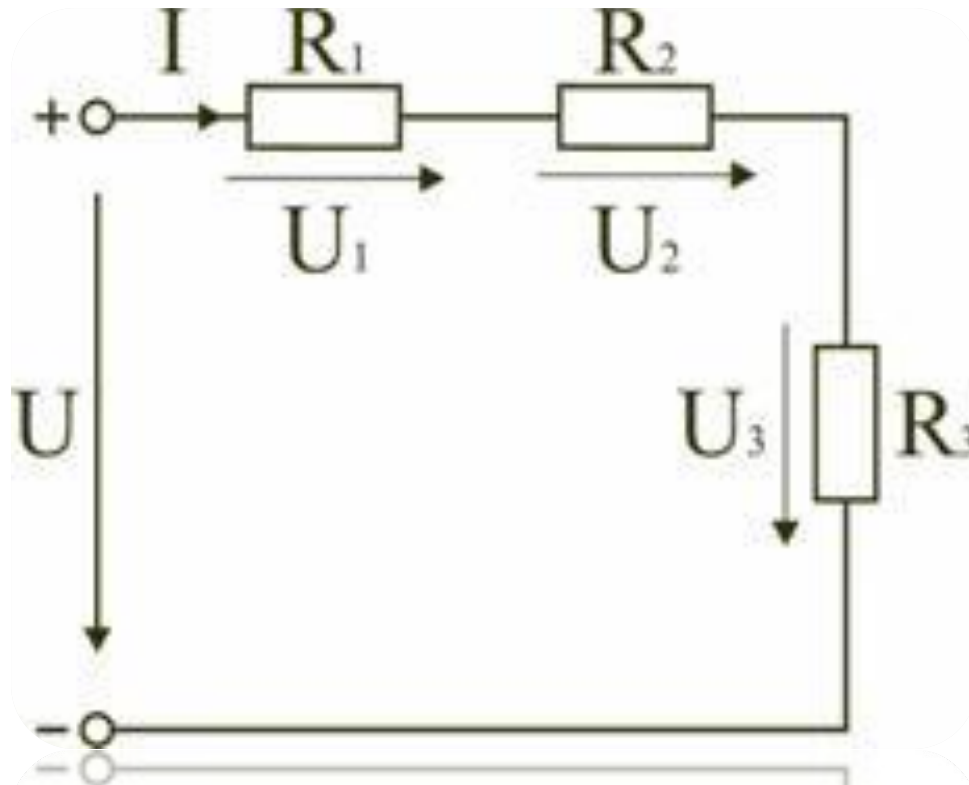


Сопротивления в электрических цепях могут быть соединены последовательно, параллельно, по смешанной схеме и по схемам «звезда», «треугольник».

Расчет сложной схемы упрощается, если сопротивления в этой схеме заменяются одним эквивалентным сопротивлением  $R_{\text{ЭКВ}'}$ , и вся схема представляется в виде схемы, где  $R = R_{\text{ЭКВ}'}$ , а расчет токов и напряжений производится с помощью законов Ома и Кирхгофа.



# Электрическая цепь с последовательным соединением элементов





Последовательным называют такое соединение элементов цепи, при котором во всех включенных в цепь элементах возникает один и тот же ток  $I$ .

На основании второго закона Кирхгофа общее напряжение  $U$  всей цепи равно сумме напряжений на отдельных участках замкнутого контура:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_m$$
$$IR_{\text{экв}} = IR_1 + IR_2 + IR_3 + \dots + IR_m$$

откуда следует

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_m$$

Таким образом, при последовательном соединении элементов цепи общее эквивалентное сопротивление цепи равно арифметической сумме сопротивлений отдельных участков. Следовательно, цепь с любым числом последовательно включенных сопротивлений можно заменить простой цепью с одним эквивалентным сопротивлением  $R_{\text{экв}}$ .

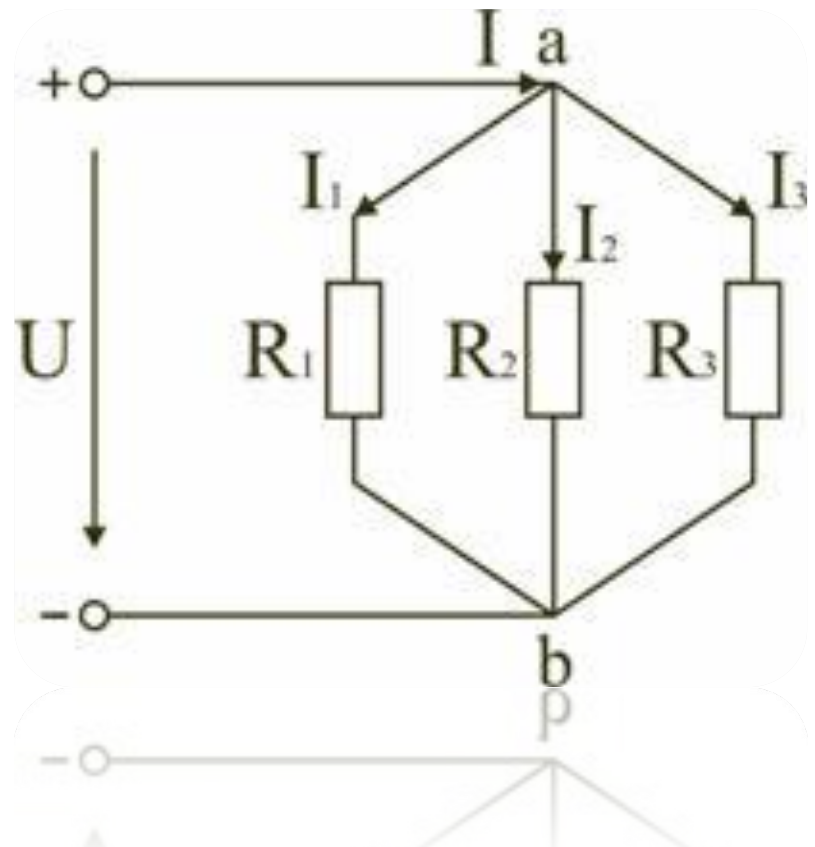


Недостаток последовательного включения элементов заключается в том, что при выходе из строя хотя бы одного элемента, прекращается работа всех остальных элементов цепи.



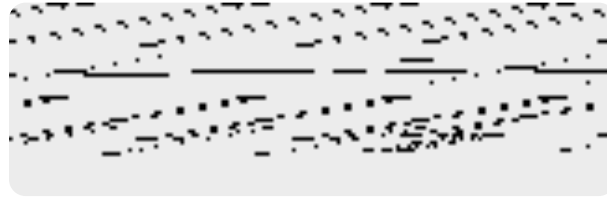
# Параллельное соединение элементов электрической цепи

Параллельным называют такое соединение, при котором все включенные в цепь потребители электрической энергии, находятся под одним и тем же напряжением.

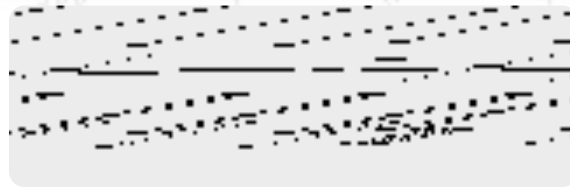


На основании первого закона Кирхгофа можно записать, что ток  $I$ , втекающий в узел, равен алгебраической сумме токов отдельных ветвей:

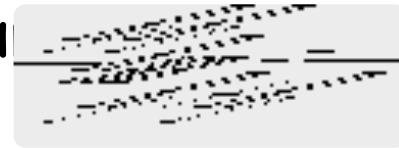
$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n, \text{ т.е.}$$



откуда следует, что



В том случае, когда параллельно включены два сопротивления  $R_1$  и  $R_2$ , они заменяются одним эквивалентным сопротивлением

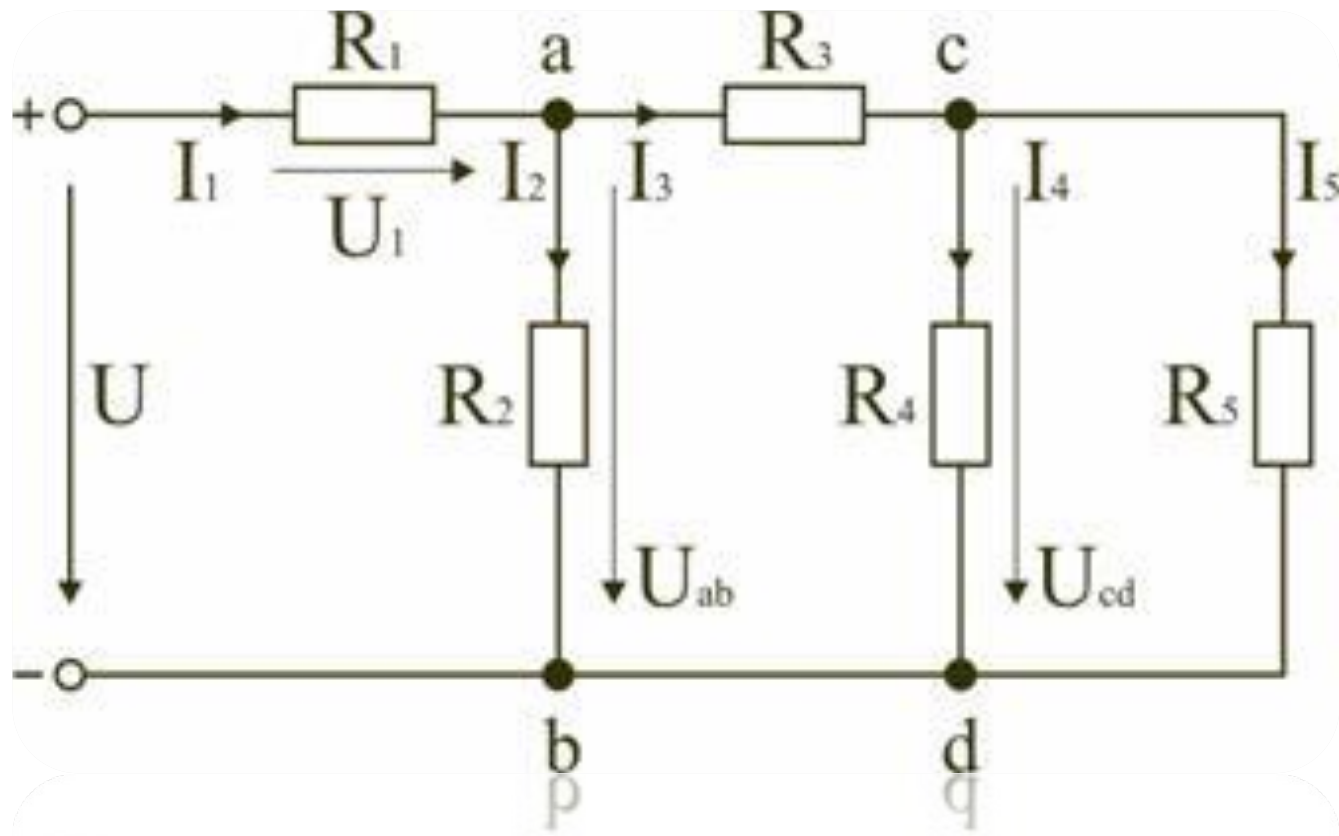
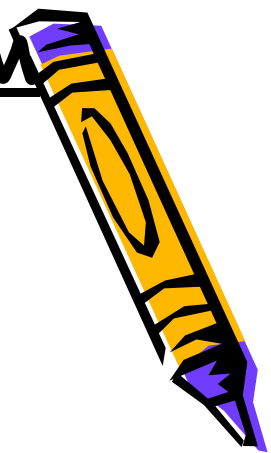


Из соотношения, следует, что эквивалентная проводимость цепи равна арифметической сумме проводимостей отдельных ветвей:

$$g_{\text{экв}} = g_1 + g_2 + g_3.$$



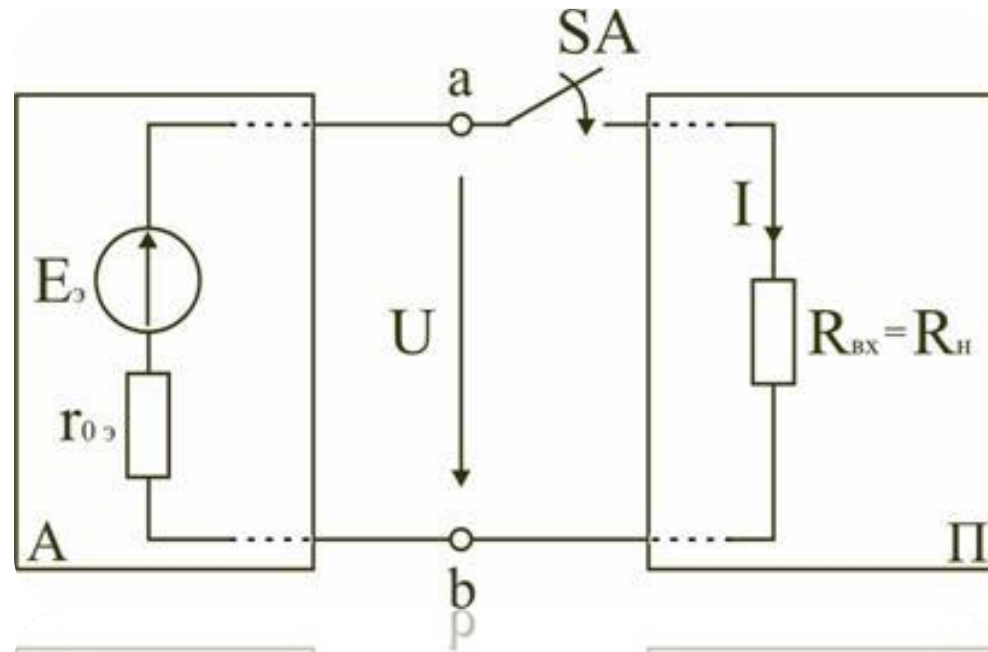

# Электрическая цепь со смешанным соединением элементов



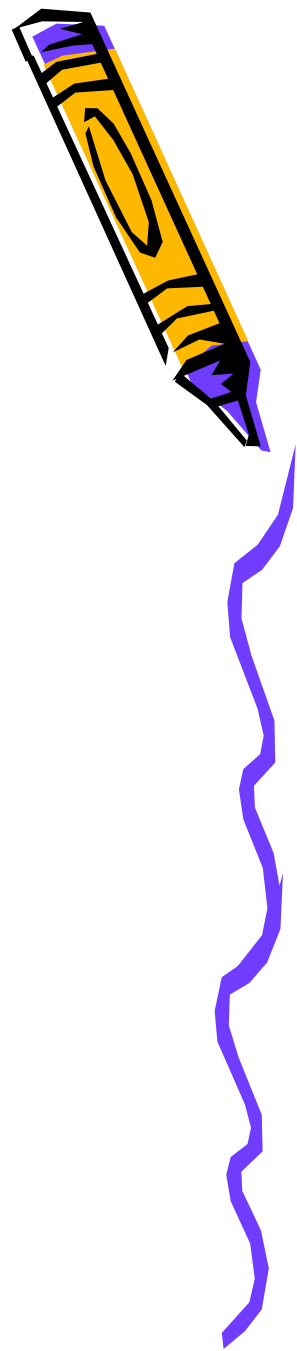
# Режимы работы электрической цепи

При подключении к источнику питания различного количества потребителей или изменения их параметров будут изменяться величины напряжений, токов и мощностей в электрической цепи, от значений которых зависит режим работы цепи и ее элементов.

Реальная электрическая цепь может быть представлена в виде активного и пассивного двухполюсников.



# Режимы работы электрической цепи



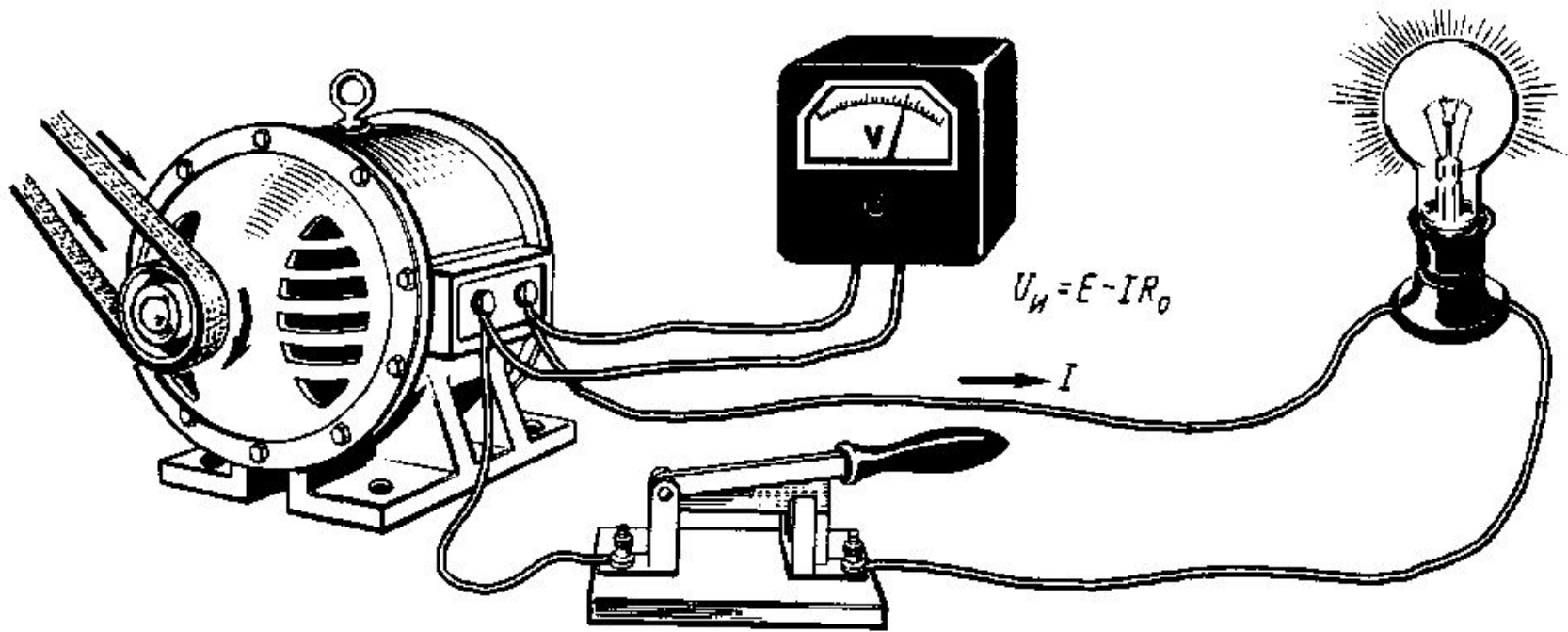
- Номинальный
- Согласованный
- Режим холостого хода
- Режим короткого замыкания



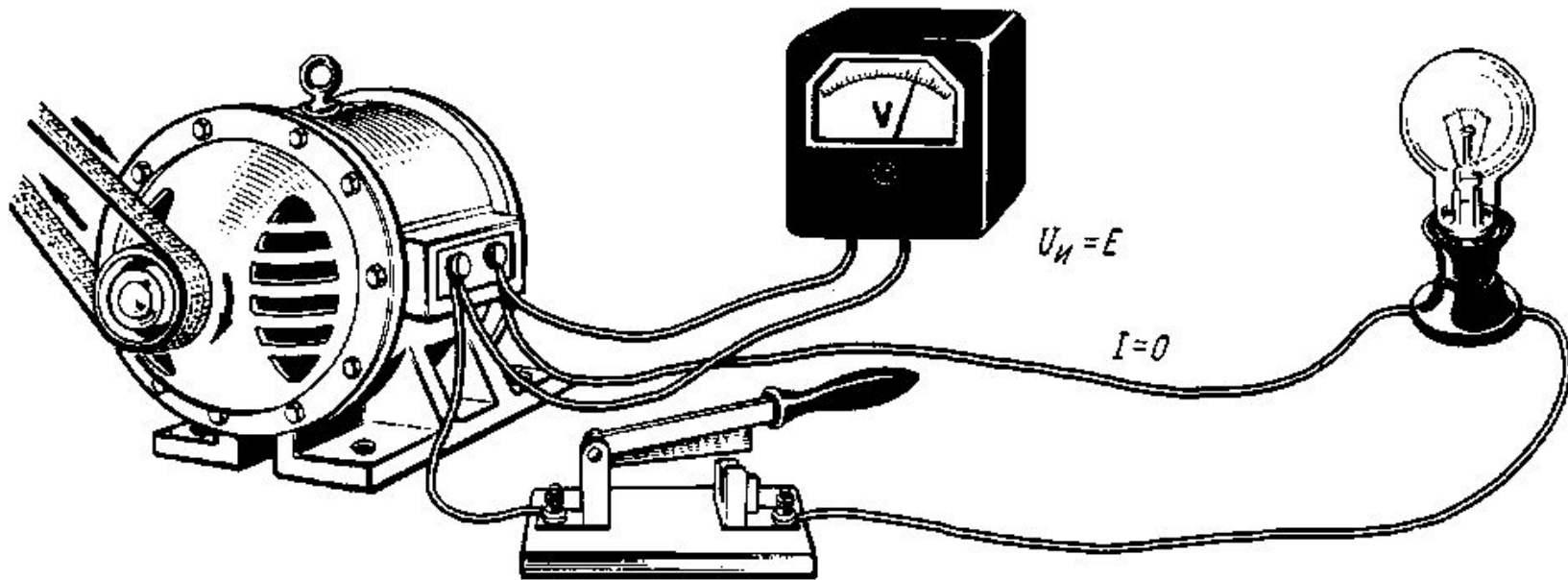


Название режима работы	Определение режима работы	Сущность режима работы	Дополнительная информация
Номинальный режим работы	Это такой режим работы электрической цепи, при котором электрические параметры устройства (сила тока, напряжение, мощность) совпадают с параметрами, установленными заводом - изготовителем.	$I_{\text{ном}}, U_{\text{ном}}, P_{\text{ном}}$	 $U = E - I r$
Режим холостого хода	Это такой режим работы электрической цепи, при котором в ней отсутствует нагрузка	$R \rightarrow \infty, I \rightarrow 0$	 $U_{\text{хх}} = E$
Режим короткого замыкания	Это такой режим работы, при котором замкнут накоротко какой - либо участок электрической цепи, вследствие чего падение напряжения на нем $U = 0$ .	$R \rightarrow 0, I \rightarrow \infty$	 $U = 0$
Согласованный режим работы	Это такой режим работы электрической цепи, при котором внутреннее сопротивление источника $r$ равно внешнему сопротивлению потребителя $R$ , при этом на потребителе выделяется максимальная мощность.	$r = R$	$\eta = 50\%$

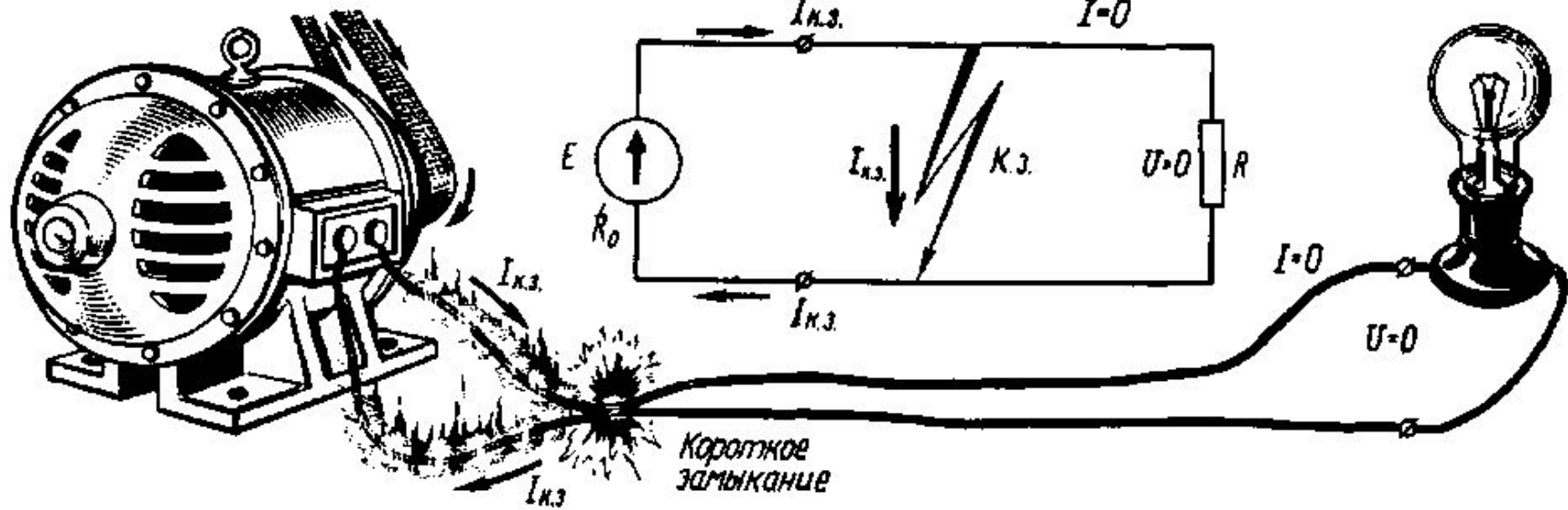
# Номинальный режим



# Режим холостого хода



# Режим короткого замыкания



# Возможные причины короткого замыкания в электрических установках

