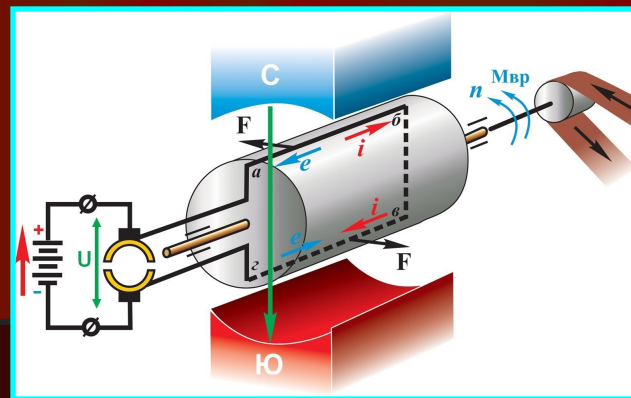


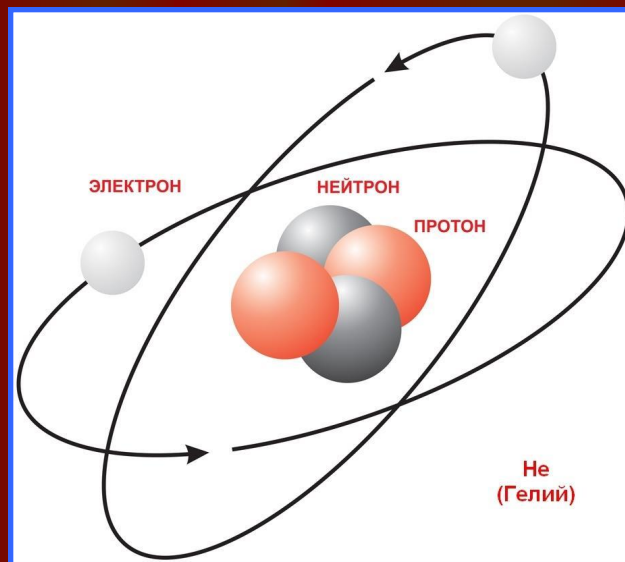
# ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Альбом иллюстраций для подготовки и сдачи экзамена по профессии  
«Машинист электропоезда».

*Составители: Кулецкий А.Н., Парсаев А.А., Хамидулин П.Х. V.01-20*

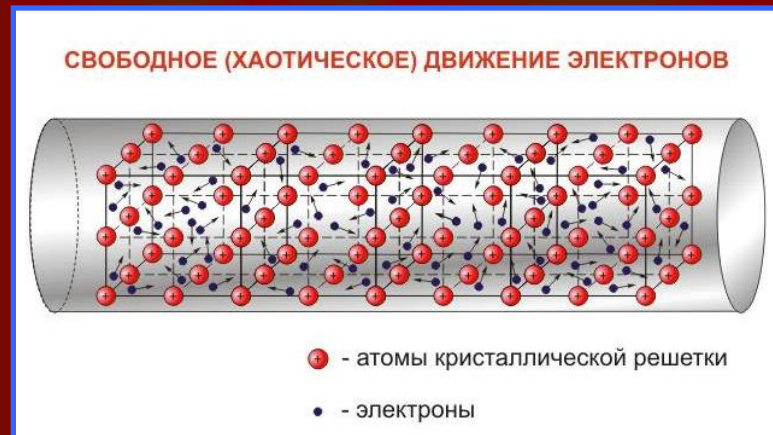


# Природа электричества.



- В природе все вещества состоят из молекул. Молекула, в свою очередь, состоит из атомов, атом – из ядра, а ядро - из положительных протонов и не имеющих заряда нейтронов.
- Вокруг ядра на орбитах вращаются электроны. Ядро имеет положительный заряд, а электроны – отрицательный: Атом в целом электрически нейтрален, но при воздействии на него (например, при нагревании) он приобретает дополнительную энергию, в результате чего разрывается связь между ядром и наиболее удалённым электроном.
- Этот электрон уходит со своей орбиты и весь атом становится положительно заряженным ионом.
- Процесс превращения нейтральных атомов в электрически заряженные частицы называется ионизацией.
- Ионизация может возникнуть только при сообщении атому определенного количества энергии в виде тепла, путем бомбардировки его какими-либо частицами, при воздействии внешнего магнитного поля и т.д.

# Природа электричества.



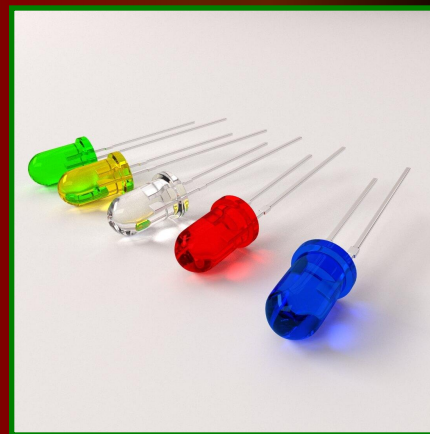
- Оторвавшийся электрон либо начинает хаотическое движение (так называемый свободный электрон), либо присоединяется к другому атому, превращая его в отрицательно заряженный ион.
- Если в каком-то теле накопятся электроны или положительные или отрицательные ионы, то говорят, что в теле накопилось электричество.
- Такое тело становится электрически заряженным и приобретает электрические свойства.
- В природе существуют вещества, имеющие или не имеющие свободные электроны.
- В зависимости от этого они делятся на проводники, полупроводники и диэлектрики.
- Проводники делятся на 2 класса:
  - 1 класс - металлы и сплавы – прохождение по ним тока связано с движением свободных электронов, вследствие чего их именуют проводниками с электронной проводимостью.
  - 2 класс - водные растворы кислот, солей и щелочей – прохождение тока связано с движением электрически заряженных частей молекул – положительных или отрицательных ионов, т.е. электролиты обладают ионной проводимостью.
- Полупроводники пропускают ток только в одном направлении.
- Диэлектрики не имеют свободных электронов, поэтому они не проводят электрический ток.
- Имеются вещества со смешанной проводимостью, в которых ток переносится электронами и ионами. К ним относятся пары и газы в ионизированном состоянии.

# Диод.



- Диод - это слово произошло от греческих корней «di» — два, и «odos» — путь и вошло в оборот в 1919 году.
- Диод - это устройство, пропускающее ток только в одном направлении. Он имеет два вывода:
- анод - к нему подводится «плюс» источника тока
- катод - к нему подводится «минус».
- В электрических схемах вагонов диоды применяются с целью исключить влияние (путём обратной связи) вагонных проводов между собой и на поездные провода.
- Если напряжение обратной полярности достигнет критической для данного диода величины, то произойдёт его пробой, то есть, диод перестанет выполнять свои функции и будет работать, как обыкновенный проводник, что немедленно отразится на работе смежных цепей.
- Именно поэтому на самые ответственные участки устанавливают два диода подряд (БРД).

# Светодиод.



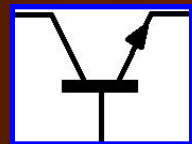
- Этот прибор, как и диод, проводит электрический ток только в одном направлении, а также является источником света.
- Имеет два вывода:
- анод - («плюс»)
- катод - («минус»).
- Светодиоды пришли на смену сигнальным лампам накаливания и имеют по сравнению с ними несколько весьма существенных преимуществ:
- малое энергопотребление
- хорошую светоотдачу
- небольшие размеры
- длительный срок службы
- В кабине машиниста установлены более тридцати сигнальных светодиодов.



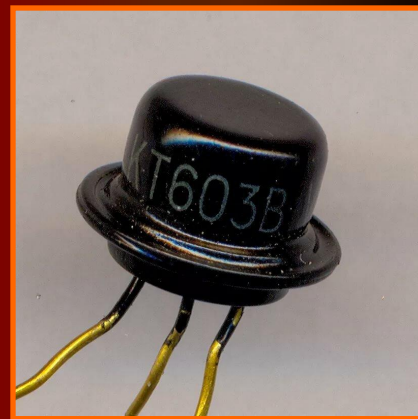
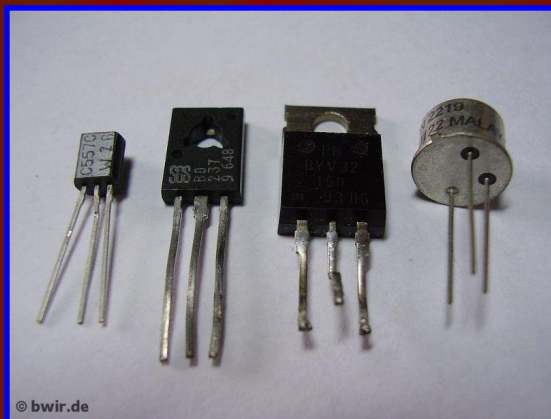
# Тиристор.



- Тиристор - это управляемый диод.
- Он имеет три вывода:
- анод («плюс»)
- катод («минус»)
- управляющий электрод
- При подаче положительного потенциала на управляющий электрод, тиристор открывается и пропускает ток в направлении «анод - катод».
- При изменении полярности в цепи или при снятии потенциала с анода тиристор закрывается.
- Тиристоры применяются на вагонах всех типов, которые эксплуатируются в настоящее время на метрополитене.
- Устанавливаются, как в силовой цепи, так и в цепях управления.

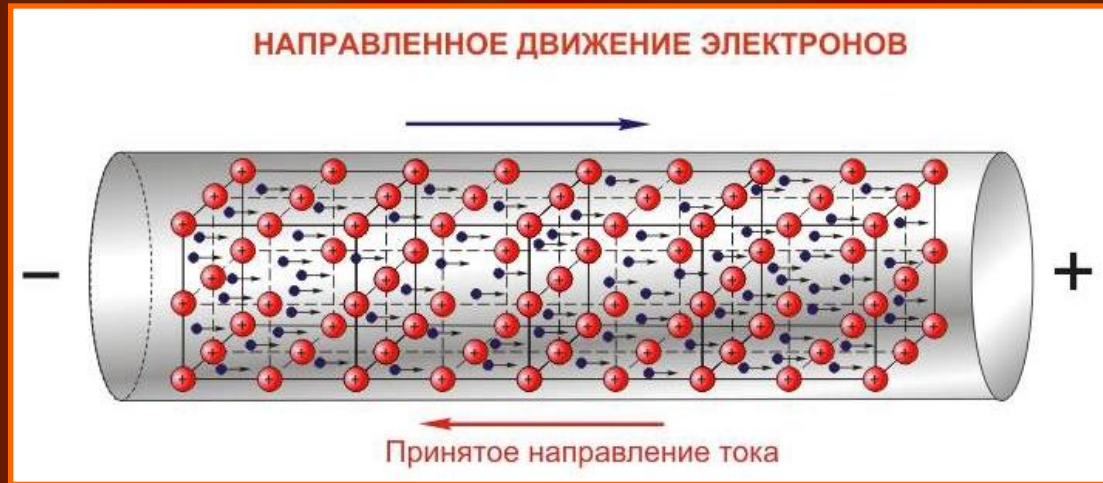


# Транзистор.



- Транзистор также можно назвать управляемым диодом.
- Он имеет три вывода:
- коллектор («плюс»)
- эмиттер («минус»)
- база (управляющий электрод)
- Транзисторы обычно используются для усиления электрического сигнала, но в наших схемах с помощью тиристоров включаются электромагнитные контакторы КМ, например линейного контактора, зарядного контактора, БВ.

# Электрический ток.



- Электрическое поле обладает определенным запасом энергии, т.е. оно способно совершить работу. Эта энергия может быть реализована, если внести в него какой-либо заряд. Под действием сил поля этот заряд будет перемещаться по направлению силовых линий, совершая определенную работу.
- В веществе, помещенном в электрическое поле, под действием сил поля возникает процесс движения элементарных носителей электричества – электронов или ионов.
- Если к концам проводника подсоединить источник электродвижущей силы – ЭДС (например, батарею), то движение свободных электронов в проводнике станет упорядоченным, то есть, по проводнику потечёт электрический ток, это упорядоченное движение электронов называется электрически током.
- Свойство вещества проводить электрический ток под действием электрического поля называется электропроводностью.

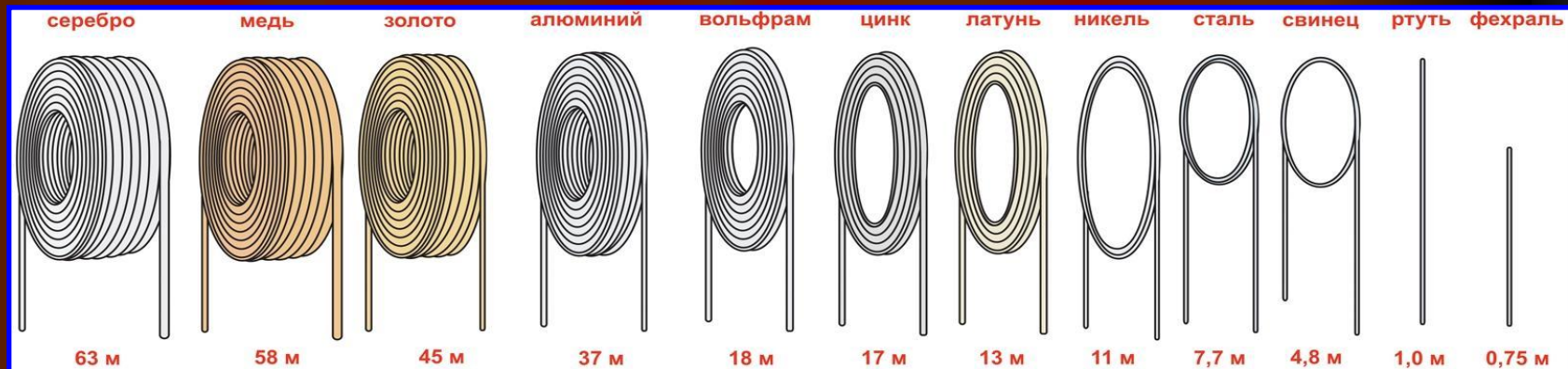


# Основные понятия.

$$I = \frac{U}{R}$$

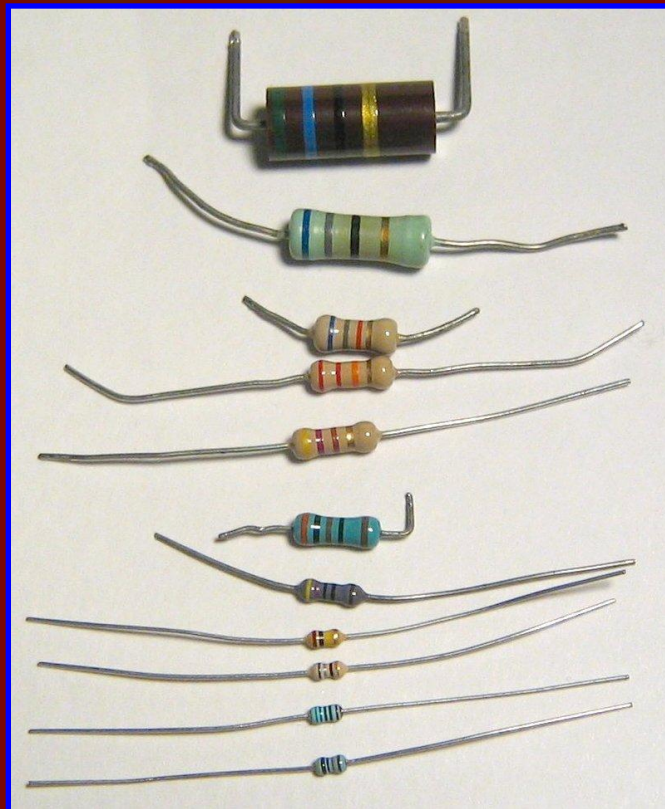
- Электрическим напряжением называется разность потенциалов между двумя полюсами источника тока при замкнутой электрической цепи, либо между двумя точками проводника. Напряжение измеряется в вольтах (В), обозначается U.
- Разность потенциалов на зажимах источника электрической энергии при незамкнутой цепи называется ЭДС источника. Единица измерения ЭДС - Вольт (В), обозначение – E.
- Силой тока ( I ) называется количество электричества, проходящее через поперечное сечение проводника за 1 секунду. Единица измерения силы тока - Ампер (А).

# Электрическое сопротивление.



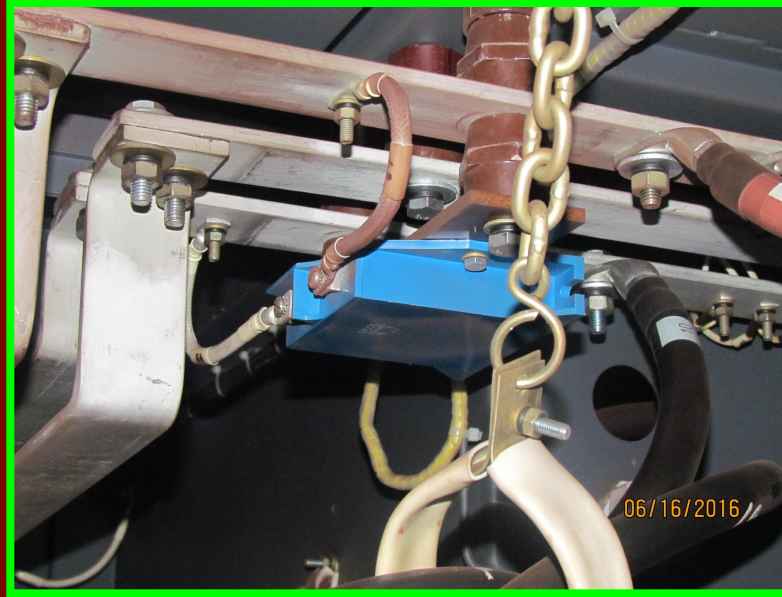
- При движении свободных электронов в проводнике они на своём пути сталкиваются с атомами, отдавая при этом часть своей энергии.
- Эта энергия переходит в тепловую и нагревает проводник, что сопровождается потерей электроэнергии в цепи.
- Каждый материал имеет свои свойства проводить электричество.
- О способности вещества проводить электрический ток можно судить по их удельному электрическому сопротивлению ( $\rho$ ) за эту величину принимают сопротивление образца длиной 1 см и поперечным сечением 1 кв.см. и измеряется в Ом  $\times$  см.
- Чем хуже проводимость (т.е., больше сопротивление движению электронов), тем больше потери и нагрев проводника. Медь, сталь и алюминий имеют низкое сопротивление току, а нихром и фехраль – высокое.
- Чистые металлы всегда проводят электрический ток лучше, чем их сплавы.
- Это объясняется тем, что атомы элементов, составляющих примеси вклиниваются в кристаллическую решетку металла и нарушают ее правильную структуру.
- В технике кроме металлических проводников применяют так же и неметаллические, например – уголь, из которого изготовляют щетки электродвигателей, электроды и т.д.
- Поэтому в электрических цепях подвижного состава метрополитена используют медные провода и кабели, а для ограничения силы тока применяют сопротивления из фехраля. Обозначение –  $R$  единица измерения – Ом

# Резистор.



- Резистор (англ. Резистор (англ. **resistor**, от лат. Резистор (англ. **resistor**, от лат. **resisto** — сопротивляюсь) — пассивный элемент электрических цепей Резистор (англ. **resistor**, от лат. **resisto** — сопротивляюсь) — пассивный элемент электрических цепей, обладающий определённым или переменным значением электрического сопротивления, предназначенный для линейного преобразования СИЛЫ предназначенный для линейного преобразования силы ТОКА

# Варистор.

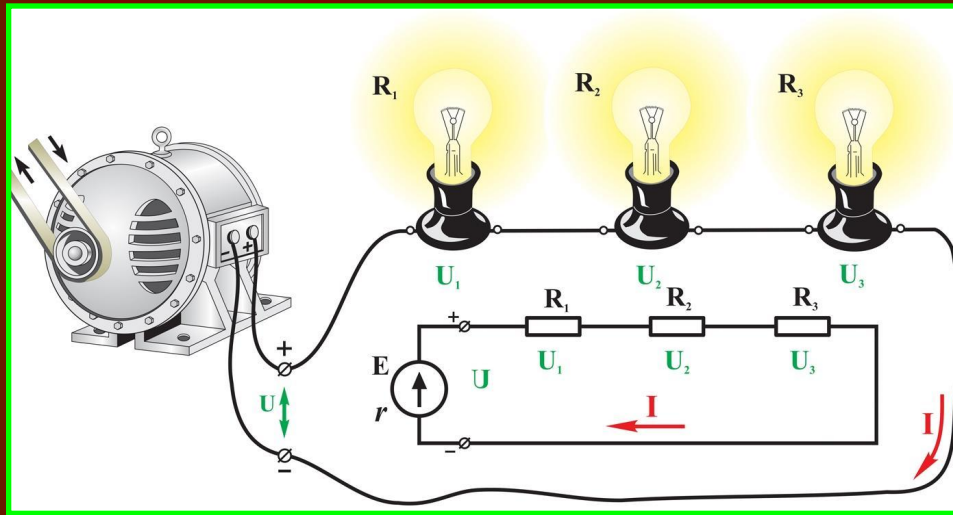


- Варистор (лат. vari(able) - переменный (resi)stor — резистор) — полупроводниковый Варистор (лат. vari(able) - переменный (resi)stor — резистор) — полупроводниковый резистор Варистор (лат. vari(able) - переменный (resi)stor — резистор) — полупроводниковый резистор, электрическое сопротивление Варистор (лат. vari(able) - переменный (resi)stor — резистор) — полупроводниковый резистор, электрическое сопротивление (проводимость Варистор (лат. vari(able) - переменный (resi)stor — резистор) — полупроводниковый резистор, электрическое сопротивление (проводимость) которого нелинейно зависит от приложенного напряжения Варистор (лат. vari(able) - переменный (resi)stor — резистор) — полупроводниковый резистор, электрическое сопротивление (проводимость) которого нелинейно зависит от



# Типы электрических соединений.

## Последовательное соединение.

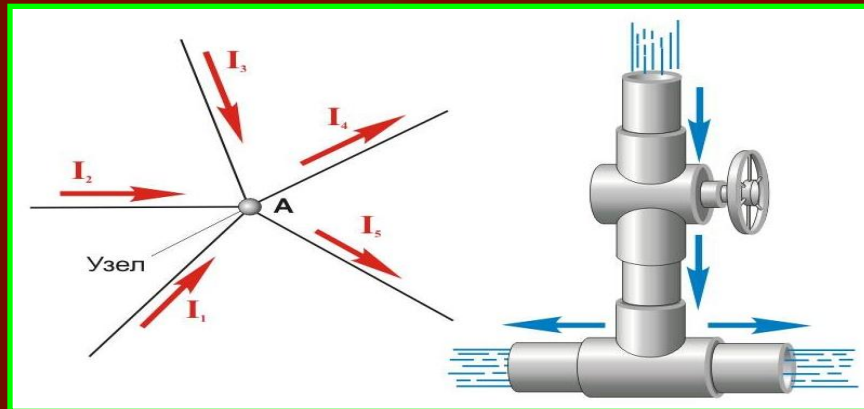


- При этом все аппараты и приборы соединяются в единую непрерывную цепь, как лампы в ёлочной гирлянде.
- Если в такой гирлянде (с последовательным соединением) перегорит хотя бы одна лампа, то погаснет вся гирлянда.
- В последовательной цепи сила тока на всех её участках одинакова :  $I_1 = I_2 = I_3$  , общее сопротивление всей цепи будет равно сумме всех сопротивлений:  $R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3$  , а общее напряжение всей цепи будет равно сумме падений напряжения на каждом её участке:  $U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3$ .
- Для расчёта последовательной цепи применяют Закон Ома для неразветвлённой цепи.
- Сила тока в неразветвлённой цепи прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению цепи:
- $I = U/R$ , где  $U$  - напряжение,  $R$  – сопротивление.



# Типы электрических соединений.

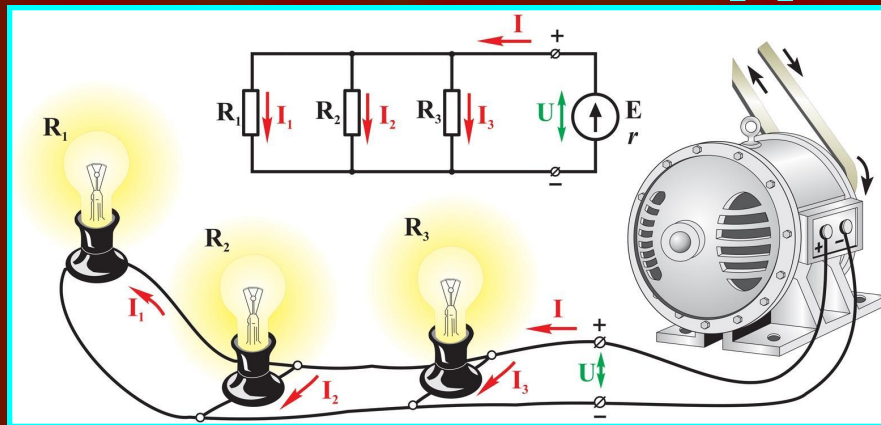
## Параллельное соединение.



- Для изучения свойств электрических цепей с параллельным соединением необходимо вспомнить Первый Закон Кирхгофа: если к одной точке (узлу) подвести несколько проводников и несколько вывести, то...
- Сумма токов, подходящих к узлу, будет равна сумме токов, выходящих из узла:  $I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$ .
- Этот закон можно проиллюстрировать при помощи рисунков, расположенных ниже:
- В вертикальную трубу поступает вода, в тройнике она разделяется и далее течёт в обе стороны по горизонтальной трубе. Очевидно, что количество воды, протекающей по вертикальной трубе будет равно сумме количества воды, вытекающей из тройника в обоих направлениях, причём правый и левый потоки будут распределяться в зависимости от диаметра каждой трубы.
- Для электрических цепей это значит, что токи, выходящие из узла (то есть, в параллельных цепях), будут распределяться в зависимости от сопротивления каждой цепи, а значит, при одинаковом сопротивлении параллельных цепей токи между ними будут разделяться поровну.
- А все потребители будут находиться под одинаковым напряжением.

# Типы электрических соединений.

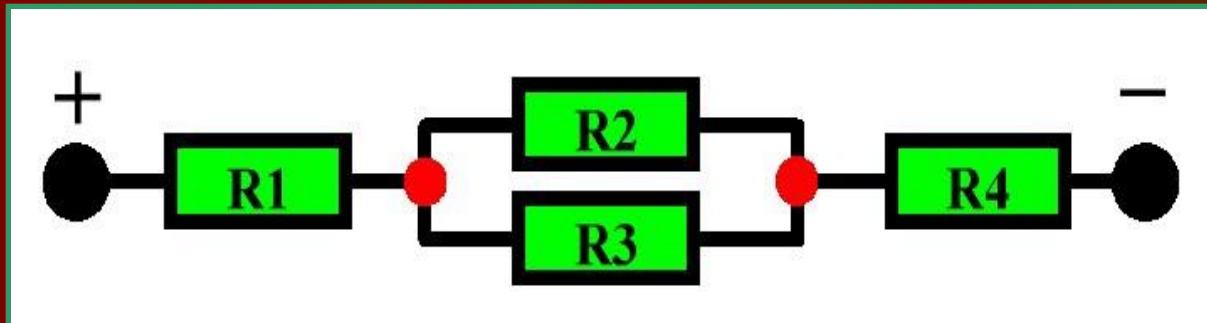
## Параллельное соединение.



- При параллельном соединении две и более электрических цепей имеют общее начало и общий конец.
- Каждая электрическая цепь проводит ток в большей или меньшей степени. Способность цепи проводить электрический ток называется проводимостью.
- Очевидно, что чем меньше сопротивление цепи, тем лучше её проводимость и наоборот. Из этого следует, что проводимость – это величина, обратная сопротивлению.
- $g$  = Единица измерения – Сименс (Сим).
- Если мы имеем 3 параллельные цепи, то, применив 1й Закон Кирхгофа, мы получим, что проводимость общего участка будет равна сумме проводимостей каждой цепи :  $g_{общ} = g_1 + g_2 + g_3$ .
- Учитывая, что  $g = 1/R$ , получается, что  $1/R_{общ} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$
- При этом :
- $U_1 = U_2 = U_3$  то есть, напряжение в каждой цепи одинаково и равно напряжению на клеммах всей цепи, а  $I_{общ} = I_1 + I_2 + I_3$  то есть, сила тока во всей цепи равна сумме токов в каждой цепи.
- Чтобы рассчитать общее сопротивление для двух параллельных цепей можно воспользоваться формулой:  $R_{общ} = R_1 \times R_2 / R_1 + R_2$ , где  $R_1$  и  $R_2$  - сопротивления параллельных цепей.
- Пример: рассчитаем общее сопротивление двух параллельных цепей , где  $R_1 = 2 \text{ Ома}$ , а  $R_2 = 8 \text{ Ом}$  :
- $R_{общ} = 1,6 \text{ Ом}$ .
- Таким образом, общее сопротивление двух параллельных цепей уменьшилось.
- Исходя из этого, можно сделать вывод, что общее сопротивление параллельных цепей всегда будет меньше меньшего из сопротивлений и, если из нескольких параллельных цепей убрать хотя бы одну, то общее сопротивление увеличится (так как уменьшится общая проводимость)!

# Типы электрических соединений.

## Смешанное соединение.



- Это сочетание последовательных и параллельных цепей, то есть, цепь то разветвляется, то сходится в одну. Общее сопротивление такой цепи определяется, как сумма сопротивлений всех разветвлённых и неразветвлённых участков, рассчитанных отдельно, например, для цепи, изображённой на рисунке:

$$R_{\text{общ}} = R1 + (R2 \times R3 / R2 + R3) + R4$$

# Типы соединений источников ЭДС.

## Последовательное соединение.



- При последовательном соединении источников ЭДС постоянного тока, отрицательный полюс первого источника, соединяют с положительным полюсом второго источника, отрицательный полюс второго с положительным третьего и т.д.
- Нагрузку (потребитель) подсоединяют к положительному полюсу первого и отрицательному полюсу последнего источника.
- При последовательном соединении источников ЭДС их ЭДС складывают и общая ЭДС равна сумме ЭДС отдельных источников.

# Типы соединений источников ЭДС. Параллельное соединение.



- При параллельном соединении все положительные полюсы источников ЭДС соединяются вместе и образуют единый положительный полюс, а все отрицательные так же соединяются вместе и образуют единый отрицательный полюс.
- При этом все источники будут находиться под одинаковым напряжением  $U$ , а общий ток  $I$  будет равен сумме токов, отдаваемых отдельными источниками.



# Типы соединений источников ЭДС. Смешанное соединение.



- В тех случаях, когда отдельный источник ЭДС не обеспечивает возможности получения необходимого тока и напряжения применяют одновременно последовательное и параллельное соединение источников ЭДС.
- Такой способ соединения называют смешанным соединением.



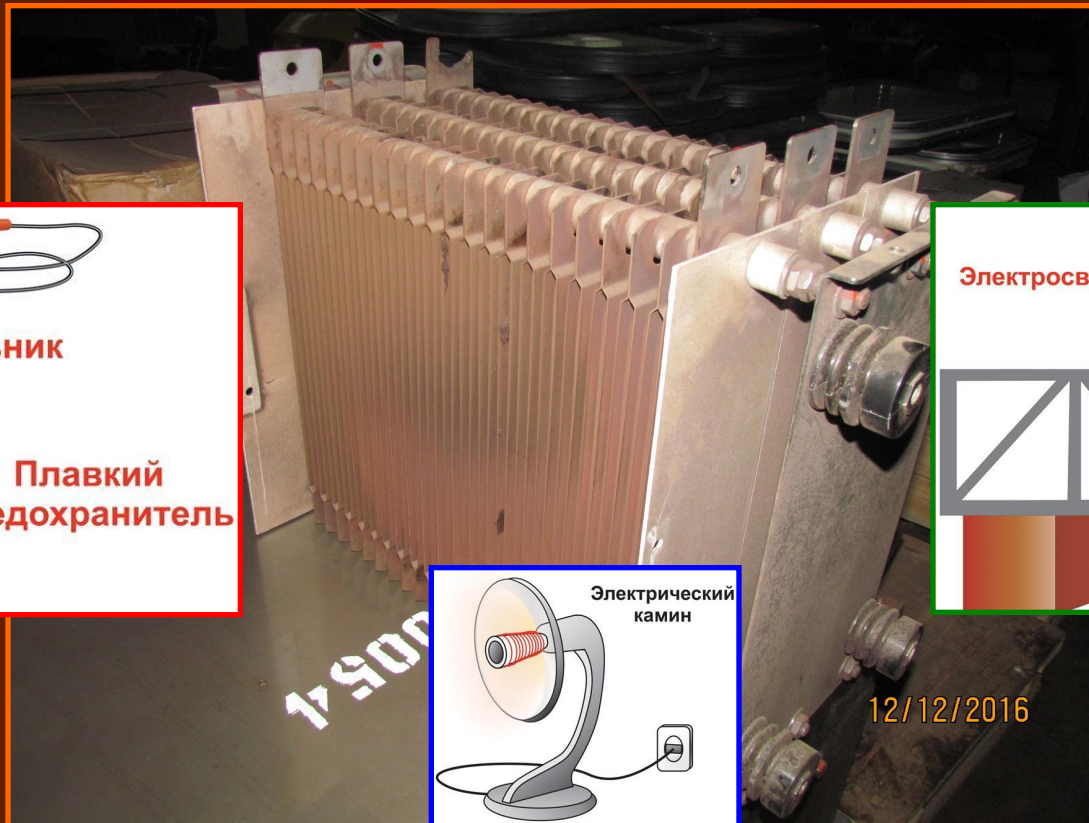
# Электромагнитная совместимость.



- Электромагнитная совместимость (ЭМС) технических средств — способность технических средств одновременно функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных электромагнитных помех и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам.
- В реальных условиях в месте расположения электрооборудования действует большое число различного рода излучений, учёт которых возможен при помощи методов теории вероятностей и математической статистики.
- Обеспечение нормальной работы совместно работающих технических средств является целью ЭМС как научной проблемы.
- Предметом же изучения можно считать выявление закономерностей мешающего взаимодействия совместно работающих технических средств, на базе которых формируются рекомендации для достижения цели.



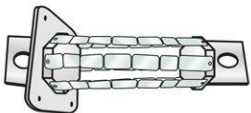
# Тепловое действие тока.



Электрический паяльник



Плавкий предохранитель



Электрический камин

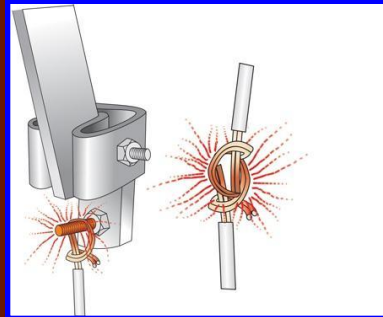


Электросварка

12/12/2016

- Как известно, все проводники обладают сопротивлением движению тока, при этом происходит нагрев проводника.
- Это явление имеет как положительные, так и отрицательные стороны.
- Например, тепловое действие тока широко используется в быту и на производстве в электронагревательных приборах, при электросварке и т.д.

# Нагрев при переходном сопротивлении.



- При неплотном электрическом контакте и плохом соединении проводников электрическое сопротивление в местах их соединения (т.н. переходное сопротивление электрического контакта) сильно возрастает и здесь происходит усиленное выделение тепла.
- В результате место неплотного соединения проводников будет представлять собой опасность в пожарном отношении, а значительный нагрев может привести к полному выгоранию плохо соединенных проводов.
- Тепловое действие тока может также привести и к нежелательным последствиям, например, при неплотном соединении проводов между собой (соединение методом скручивания без использования клеммников).
- При этом вследствие неплотного контакта значительно уменьшается площадь соприкосновения соединяемых поверхностей, из-за чего между ними резко возрастают плотность тока и переходное сопротивление.

**Всё это приводит к сильному нагреву в месте неплотного соединения, разрушению или даже возгоранию изоляции и, как следствие**

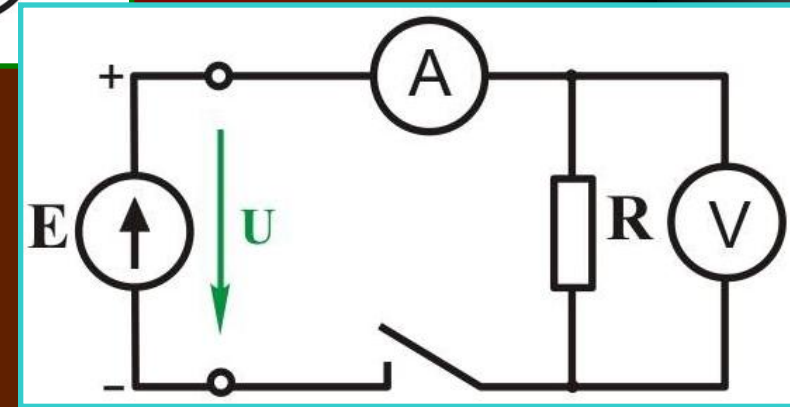
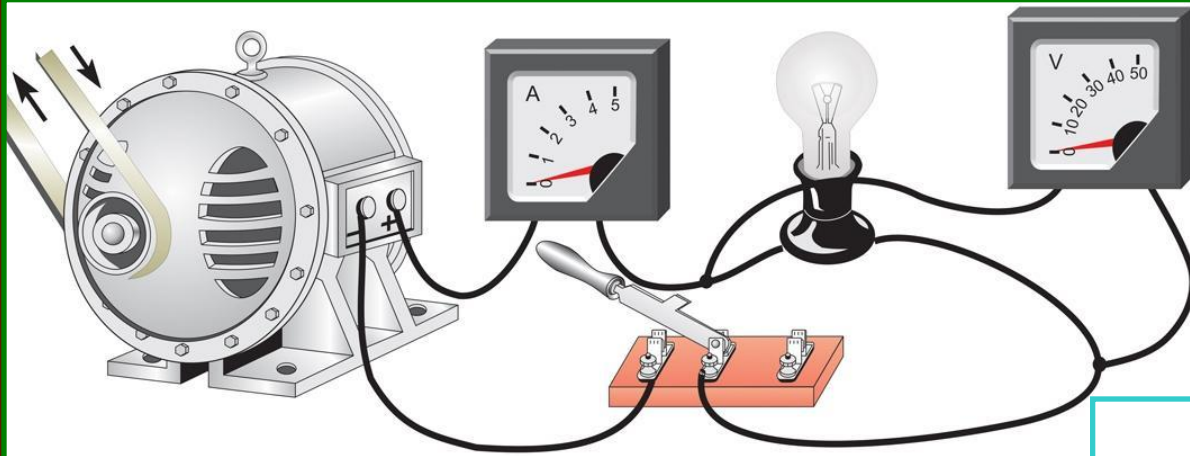
**- к короткому замыканию и возгоранию!**

- Большое количество электроприборов с повышенной мощностью, включённых через «тройники» в одну розетку, также может привести к возгоранию, так как все эти приборы подключаются параллельно и, согласно Первому закону Кирхгофа, в «тройнике» токи от каждой цепи будут суммироваться и могут превысить максимально допустимую величину для данной цепи, что приведёт к срабатыванию автомата защиты, а при неплотном контакте «тройника» с розеткой могут наступить более тяжёлые последствия, описанные



# Режимы работы электрических цепей.

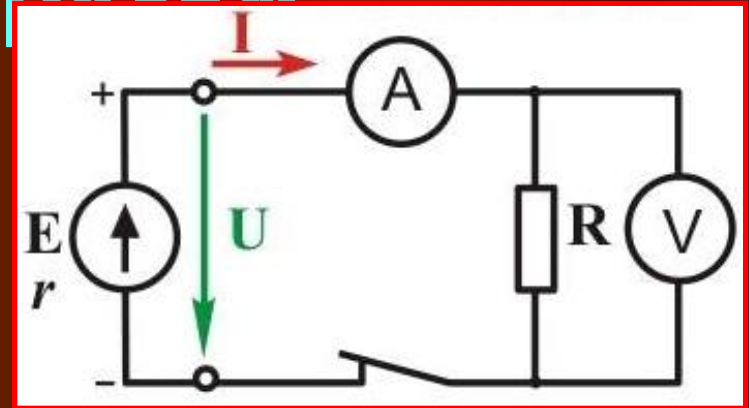
## Режим холостого хода.



- Если цепь с генератором разомкнута, то ток в цепи не проходит, то есть, сила тока будет равна нулю

# Режимы работы электрических цепей.

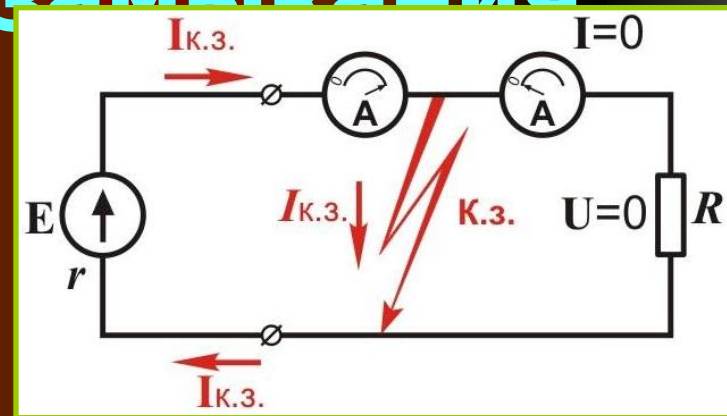
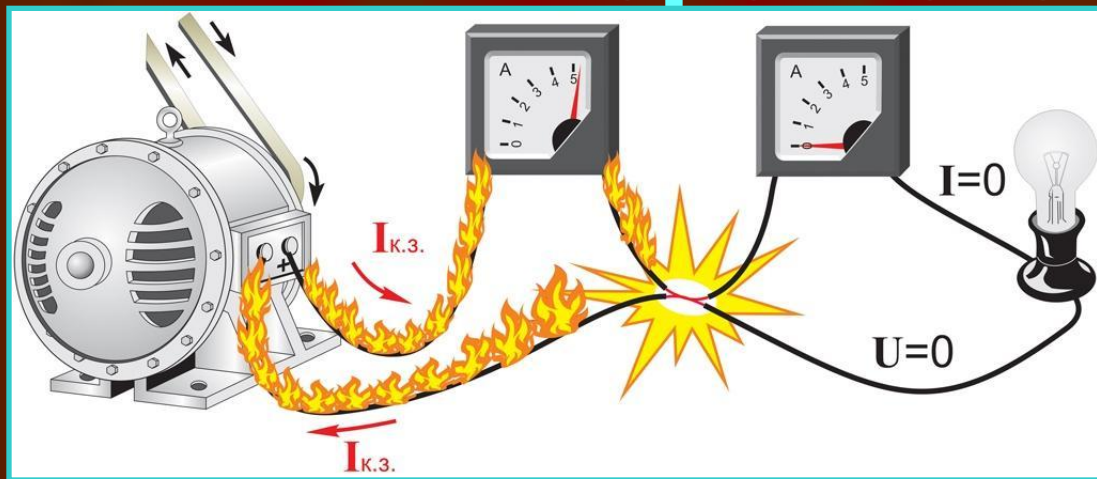
## Режим нагрузки



- Если цепь замкнута, то по ней проходит ток, зависящий от величины сопротивлений, включённых в данную цепь.
- Каждый источник ЭДС (генератор, батарея) обладает своим собственным (внутренним) сопротивлением  $R_{вн}$ . Например, - электродвигатель, работающий в генераторном режиме.
- Ведь ток, отдаваемый генератором, сначала проходит по его собственным обмоткам (якоря и возбуждения), которые также имеют своё сопротивление, то есть, происходит падение напряжения внутри самого генератора.
- Именно поэтому напряжение на зажимах генератора всегда чуть меньше его ЭДС.
- Закон Ома для всей цепи: сила тока в замкнутой цепи прямо пропорциональна ЭДС источника и обратно пропорциональна сопротивлению всей цепи.

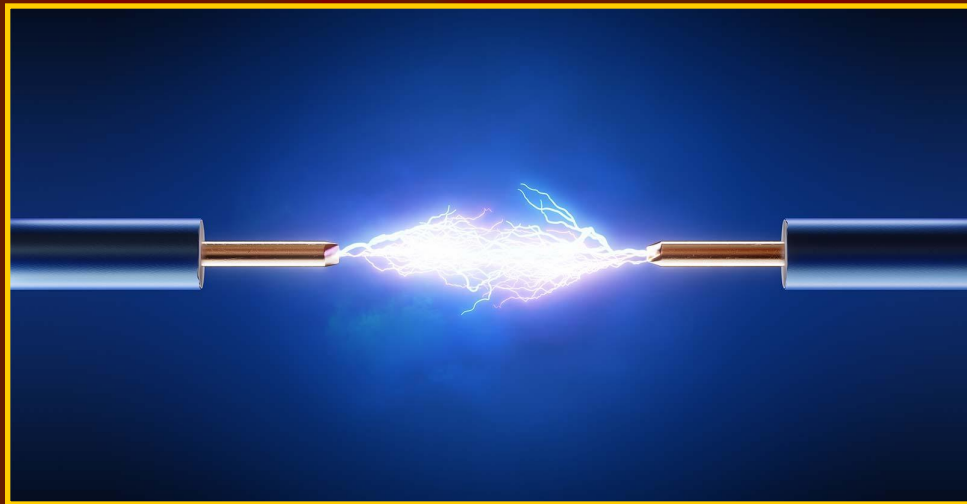
# Режимы работы электрических цепей.

## Режим короткого замыкания



- Если полюса генератора замкнуть проводником с малым сопротивлением, то при  $R_{вн} = 0,1 \text{ Ом}$  и  $U = 220 \text{ В}$  по цепи пройдет недопустимо большой ток, что приведет к выходу генератора из строя:  $I = 220 : 0,1 = 2200 \text{ А}$ .
- Коротким замыканием называют такой режим работы источника электрической энергии, при котором его зажимы замкнуты проводником, сопротивление которого можно считать равным нулю.
- Короткое замыкание является аварийным режимом т.к. возникающий при этом большой ток может привести в негодность как сам источник, так и включенные в цепь приборы, аппараты и провода.
- Лишь для некоторых специальных типов генераторов, например, сварочных, короткое замыкание не представляет опасности и является нормальным, рабочим режимом.

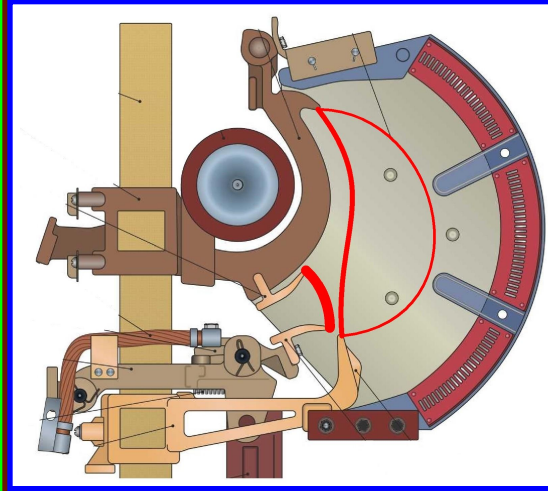
# «Неполное» короткое замыкание. Явление электрической дуги.



- При снятии питания с катушки например, линейного контактора начинают размыкаться его главные (силовые) контакты. При этом происходит процесс, обратный «притиранию», что в какой-то момент значительно уменьшает площадь соприкосновения контактов.
- К тому же в момент начала их расхождения контактов сила их нажатия друг на друга падает до нуля. Всё это вызывает значительное увеличение переходного сопротивления между контактами и, следовательно, их сильный нагрев.
- В результате нагревается и ионизируется окружающий воздух, который становится проводником тока, поэтому при расхождении контактов между ними возникает электрическая дуга, которая затем перекидывается на дугогасительные рога.
- Возникшая дуга дополнительно ионизирует окружающий воздух, увеличивая его проводимость, а это, в свою очередь, приводит к ещё большему увеличению дуги. Иными словами, происходит лавинообразный процесс, при котором дуга постоянно усиливается.
- Если возникшую дугу быстро не погасить, то это может привести к разрушению контактора, «перекидыванию» дуги на пальцы блокировочных контактов, а значит, к попаданию высокого напряжения в цепи управления поезда



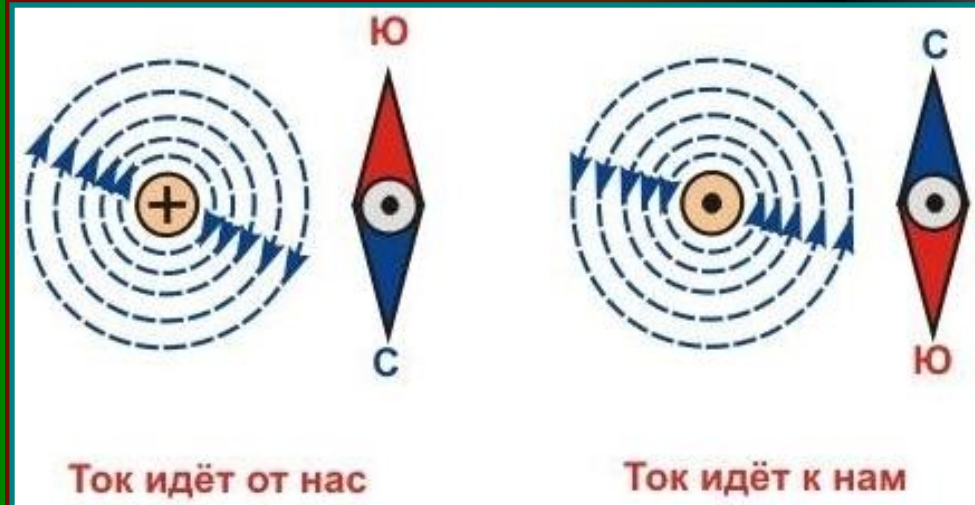
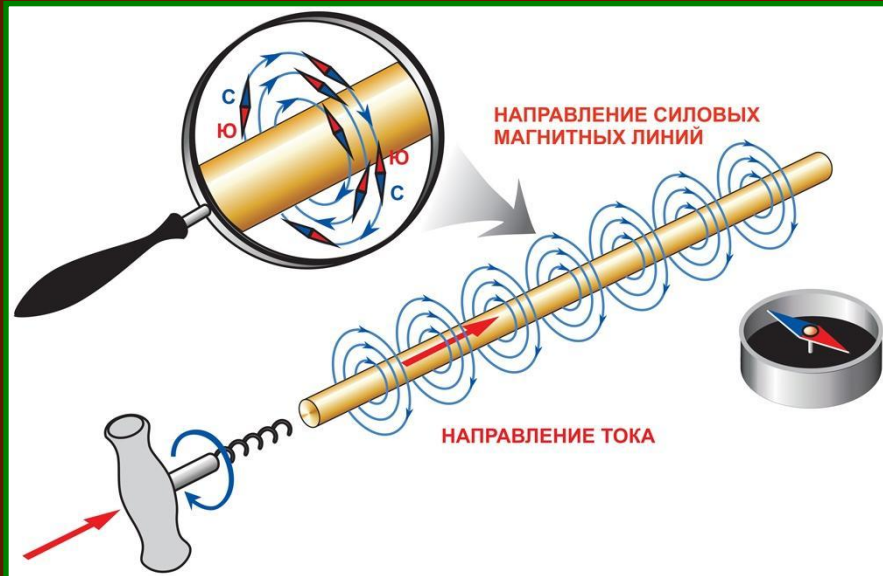
# Способы гашения электрической дуги.



Существуют несколько способов погасить возникшую дугу:

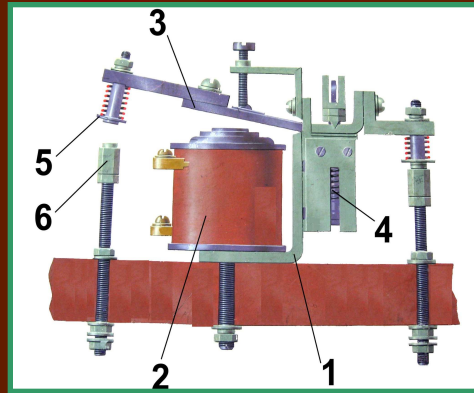
- Размыкание контактов в масле (для плавких предохранителей – в песке).
- Растягивание дуги с одновременным её охлаждением (деионизация дуги).
- Выдувание дуги сжатым воздухом или газом (деионизация дуги).
- Так называемое, «магнитное дутьё» - этот способ используется для дугогашения в контакторах вагонов метрополитена.
- При этом способе дугогашения возникшая между контактами дуга перекидывается на верхний и нижний дугогасительные рога, тем самым удлиняется, становится тоньше и попадает в магнитное поле дугогасительной катушки.
- Так как дуга - это проводник с током, то вокруг неё также образуется магнитное поле. В результате взаимодействия магнитных полей дуги и катушки возникает выталкивающая сила, направление которой определяется по правилу левой руки.
- При этом дуга выталкивается в дугогасительную камеру, дополнительно растягиваясь, и затем разрывается «гребёнкой» камеры.

# Магнетизм.



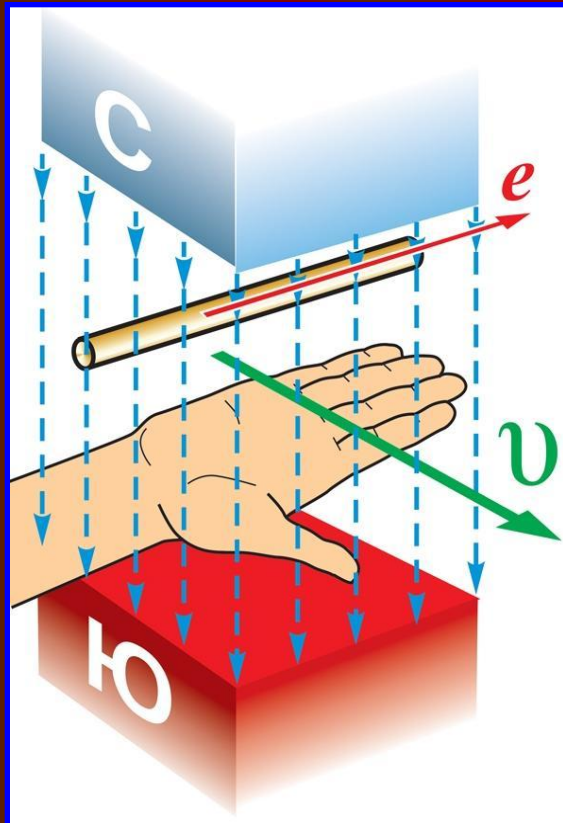
- Если по проводнику протекает электрический ток, то вокруг него возникает магнитное поле.
- Магнитное и электрическое поля неразрывны и образуют совместно единое электромагнитное поле.
- Всякое изменение электрического поля приводит к появлению магнитного поля и наоборот, всякое изменение магнитного поля сопровождается изменением электрического поля.
- В прямолинейном проводнике силовые линии магнитного поля имеют форму замкнутых колец.
- Направление магнитных силовых линий можно определить по Правилу буравчика:
- Если буравчик ввинчивать по направлению тока, то направление вращения его рукоятки укажет направление вектора магнитных силовых линий.

# Группы веществ по магнитным свойствам.



- Все вещества, твердые, жидкие, газообразные являются магнитными, т.к. в магнитном поле они приобретают новые свойства. В зависимости от этих свойств, эти вещества можно разделить на три группы:
- - ферромагнитные (ферромагнетики) – железо, кобальт, никель и их сплавы, обладают хорошей магнитной проницаемостью, притягиваются к магнитам и хорошо намагничиваются;
- - парамагнитные (парамагнетики) – алюминий, олово, хром, платина, вольфрам, растворы солей железа, намагничиваются очень слабо, к магнитам притягиваются в сотни раз слабее ферромагнитных;
- - диамагнитные (диамагнетики) – медь, серебро, золото, свинец, большая часть газов – намагничиваются так же слабо, как и парамагнитные, а к магнитам не притягиваются, а наоборот отталкиваются.

# Электромагнитная индукция.



Если в магнитное поле поместить проводник и перемещать его так, чтобы он пересекал силовые линии внешнего магнитного поля, то в проводнике возникнет электродвижущая сила, называемая ЭДС индукции.

**ЭДС индукции возникнет в проводнике даже в том случае, если сам проводник останется неподвижным, а перемещаться будет магнитное поле, пересекая проводник своими силовыми линиями.**

**Если проводник, в котором наводится ЭДС индукции, замкнуть на какую-либо внешнюю цепь, то под действием этой ЭДС по цепи потечёт электрический ток, называемый индукционным током. Явление возникновения ЭДС в проводнике при пересечении его силовыми линиями магнитного поля называется электромагнитной индукцией. Иными словами: электромагнитная индукция - это процесс превращения механической энергии в электрическую.**

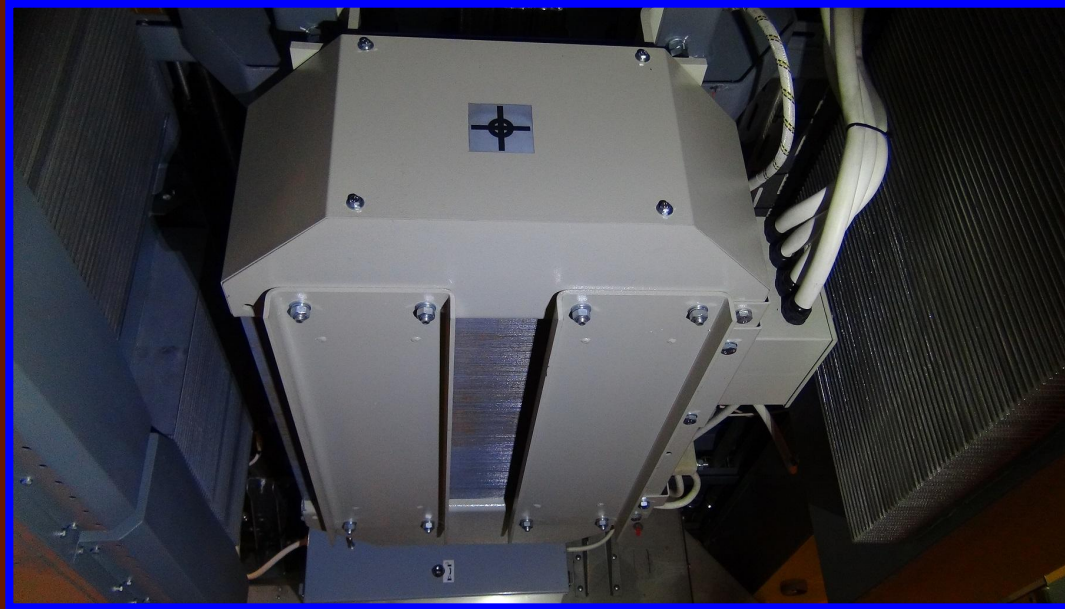
**Её направление определяется по Правилу правой руки.**

**Применительно к двигателю оно выглядит так:**

**Если ладонь правой руки расположить так, чтобы в неё входили силовые линии магнитного поля от обмоток возбуждения, а отогнутый большой палец направить по направлению вращения якоря, то 4 вытянутых пальца укажут направление противо-ЭДС ( ЭДС индукции).**

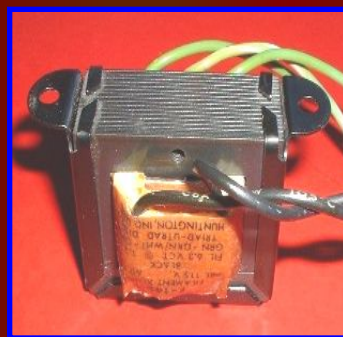
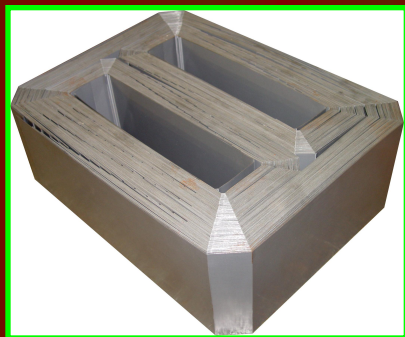


# Самоиндукция.



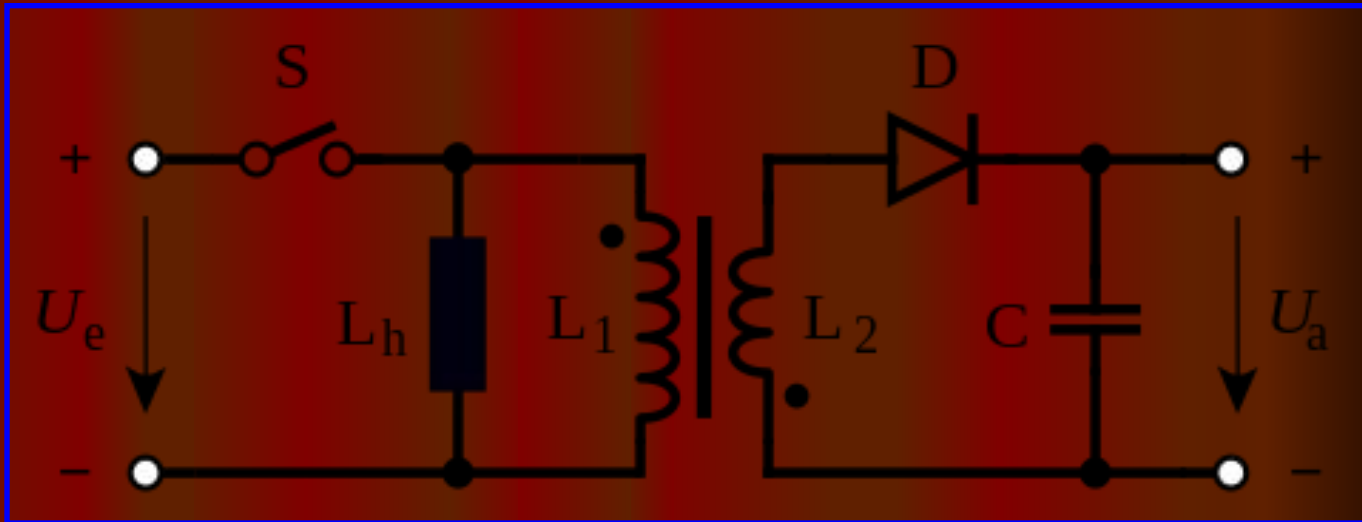
- Изменяющийся по величине ток всегда создаёт изменяющееся магнитное поле, которое, в свою очередь, всегда индуцирует ЭДС.
- При всяком изменении тока в катушке (или вообще в проводнике) в ней самой индуцируется ЭДС самоиндукции, она зависит от скорости изменения тока.
- Чем больше скорость изменения тока, тем больше ЭДС самоиндукции.
- Величина ЭДС самоиндукции зависит также от числа витков катушки и её размеров.
- Чем больше диаметр катушки и число её витков, тем больше ЭДС самоиндукции. Эта зависимость имеет большое значение в электротехнике.
- Направление ЭДС самоиндукции определяет Закон Ленца: ЭДС самоиндукции имеет всегда такое направление, при котором она препятствует изменению вызвавшего её тока и стремится поддержать его величину на постоянном уровне.
- Иначе говоря, убывание тока в катушке влечёт за собой появление ЭДС самоиндукции, направленной по направлению тока, т. е. препятствующей его убыванию.
- И, наоборот, - при возрастании тока в катушке возникает ЭДС самоиндукции, направленная против тока, т. е. препятствующая его возрастанию.
- Если ток в катушке не изменяется, то никакой ЭДС самоиндукции не возникает.
- Явление самоиндукции особенно резко проявляется в цепи, содержащей в себе катушку со стальным сердечником, так как сталь значительно увеличивает магнитный поток катушки, а следовательно, и величину ЭДС самоиндукции.

# Вихревые (блуждающие) токи.



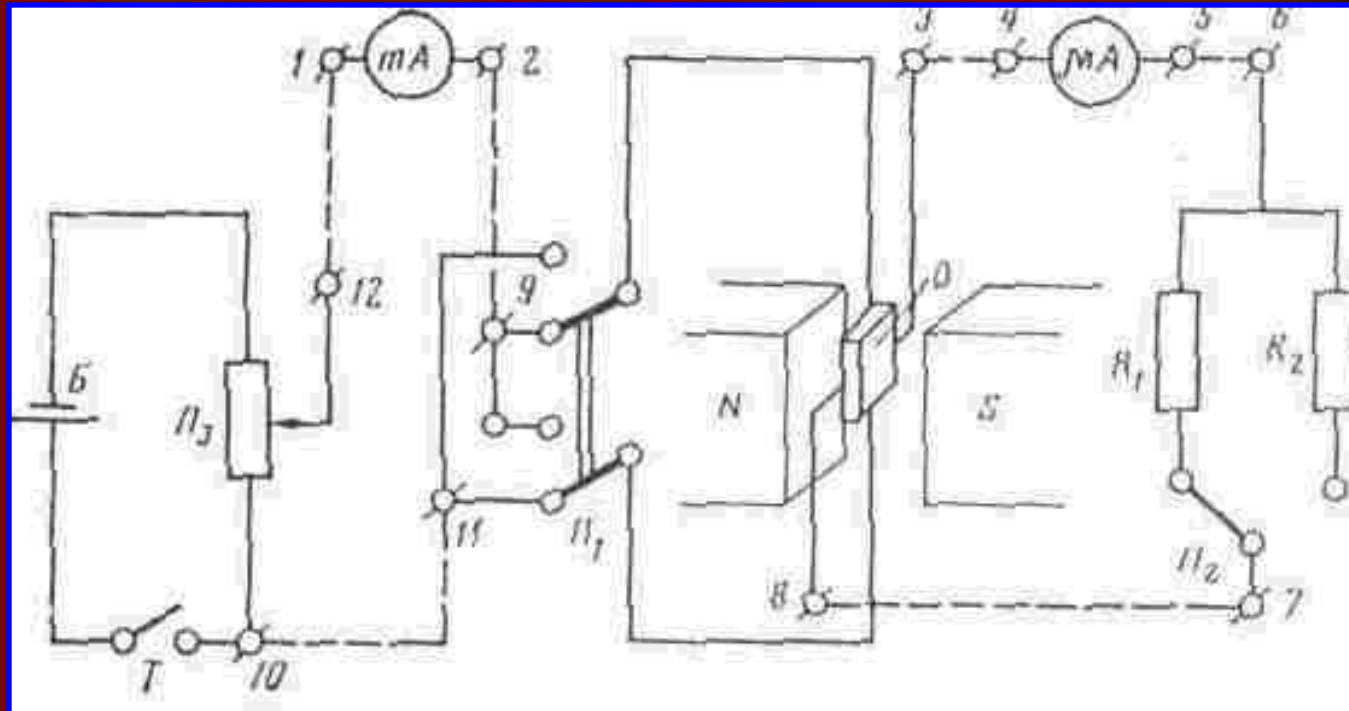
- При колебаниях напряжения в контактной сети изменяется магнитный поток в катушках подключённых электроаппаратов. Но изменяющийся магнитный поток способен индуцировать ЭДС самоиндукции не только в витках катушки, но и в массивных металлических проводниках.
- Пронизывая толщу массивного проводника, магнитный поток индуцирует в нем ЭДС, создающую индукционные токи. Эти, так называемые вихревые токи, распространяются по массивному проводнику и накоротко замыкаются в нем, вызывая перегрев и разрушение изоляции, что может привести к выходу аппарата из строя.
- Сердечники катушек, якорей электродвигателей, трансформаторов, магнитопроводы различных электрических машин и аппаратов представляют собой как раз те массивные проводники, которые нагреваются возникающими в них индукционными токами.
- Явление это крайне нежелательно, поэтому для уменьшения величины индукционных токов части электрических машин и сердечники якорей и обмоток возбуждения электродвигателей делают не цельнолитыми, а состоящими из тонких пластин, изолированных друг от друга бумагой или слоем изоляционного лака.
- Благодаря этому преграждается путь для распространения вихревых токов по телу проводника. Вихревые токи также способны вызвать электрическую коррозию, то есть, разрушение структуры металла .

# Гальваническая развязка



- Гальваническая развязка (ГР) — передача энергии или сигнала между электрическими цепями без электрического контакта между ними.
- Гальванические развязки используются для передачи сигналов, для бесконтактного управления и для защиты оборудования и людей от поражения электрическим током.
- Без использования развязки предельный ток, протекающий между цепями, ограничен только электрическими сопротивлениями, которые обычно относительно малы.
- В результате возможно протекание выравнивающих токов и других токов, способных повреждать компоненты цепи или поражать людей, прикасающихся к оборудованию, имеющему электрический контакт с цепью.
- Прибор, обеспечивающий развязку, искусственно ограничивает передачу энергии из одной цепи в другую.
- В качестве такого прибора может использоваться, например - разделительный трансформатор. В этом случае цепи оказываются электрически разделёнными, но между ними возможна передача энергии или сигналов.

# Эффект Холла.

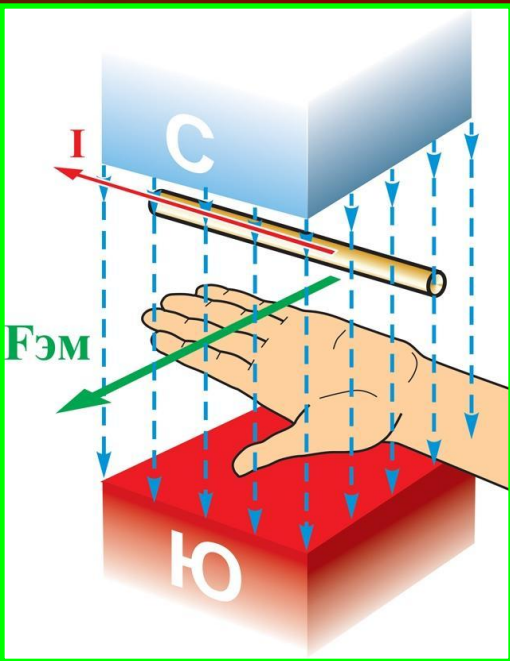


- **Эффект Холла** — явление возникновения поперечной разности потенциалов (называемой также Холловским напряжением) при помещении проводника с постоянным током в магнитное поле.
- Открыт Эдвином Гербертом Холлом в 1879 году в тонких пластинках золота.
- В простейшем рассмотрении эффект Холла выглядит следующим образом: Пусть через металлический брус в слабом магнитном поле  $B$  течёт электрический ток под действием напряжённости  $E$ . Магнитное поле будет отклонять носители заряда (для определённости электроны) от их движения вдоль или против электрического поля к одной из граней бруса. При этом критерием малости будет служить условие, что при этом электрон не начнёт двигаться по спирали.
- Таким образом, сила Лоренца приведёт к накоплению отрицательного заряда возле одной грани бруса и положительного возле противоположной.



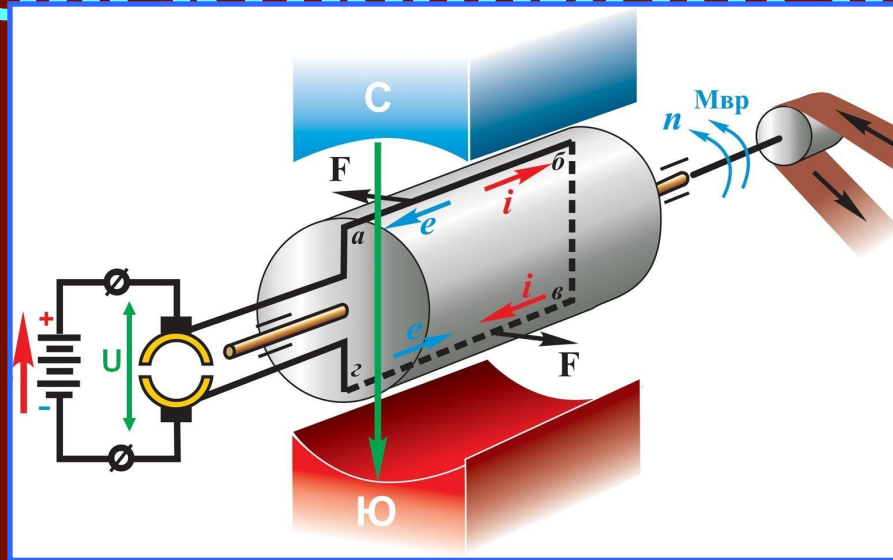
# Принцип работы электродвигателя

- Вокруг любого проводника с током образуется магнитное поле. Если проводник с током поместить внутрь другого магнитного поля, то в результате взаимодействия двух магнитных полей образуется выталкивающая сила  $F$ , направление которой определяется по Правилу левой руки :



- Если левую руку расположить так, чтобы магнитные силовые линии входили в ладонь, а 4 пальца указывали направление тока в проводнике, то отогнутый большой палец укажет направление действия выталкивающей силы.

# Принцип работы электродвигателя



- Если рамку, сделанную из проводника, закрепить на оси и подключить её к источнику ЭДС, то по проводнику начнёт протекать ток, создавая вокруг него магнитное поле. Взаимодействие магнитного поля, созданного полюсами, с магнитным полем вокруг проводника приведёт к возникновению выталкивающей силы.
- При этом рамка и ось будут вращаться рывками каждые пол-оборота. Если же на оси закрепить несколько подобных рамок (по окружности) и обеспечить подачу на них питания строго в момент нахождения рамки под полюсами, то вращение оси будет непрерывным. Таким образом, если данную ось (вал) соединить через карданную муфту с редуктором колёсной пары, то она начнёт вращаться, приводя в движение вагон.