**21.10.2020 Учебная группа: 2ТО**

**Преподаватель Черномордик Анна Евгеньевна**

**ОП.02 Электротехника и электроника**

Тема 2.6 Работа и мощность тока. Баланс мощностей. Тепловое действие тока. Закон Джоуля-Ленца.

.

**Лекция № 15**

**Цель занятия:** Усвоить основные понятия.

**Задачи занятия:** уметь применять полученные знания для решения ситуационные задач.

**Задание студентам:**

1.Записать в тетрадь и выучить конспект лекции.

2. Решить задачи.

3. Фотографию конспекта и решенные задачи прислать на электронный адрес **kabinet1218@gmail.com** в срок **до 08.00 22.10.2020** **г., работы присланные позже указанной даты и времени не рассматриваются, в журнал выставляется оценка «2».**

План:

1. Работа и мощность тока.

2. Баланс мощностей

3. Тепловое действие тока.

4. Закон Джоуля-Ленца.

Литература:

Основные источники:

1. И. А. Данилов, П.М. Иванов. Общая электротехника с основами электроники, Высшая школа, 1989.

2. Общая электротехника с основами электроники. Учебник для техникумов В.А.. Гаврилюк, Б.С. Гершунский, А.В. Ковальчук, ЮА. Куницкий - Киев: Высшая школа. Главное издательство, 1980.

3. Т.Ф. Березкина Задачник по общей электротехнике с основами электроники - М.: Высшая школа, 1983.

Дополнительные источники:

1. И. Федотов, Основы электроники, Москва, «Высшая школа», 1990.

2. Общая электротехника с основами электроники, Усс Л.В., Красько А.С., Климович Г.С., 1990.

**Вопрос № 1 Работа и мощность тока**

Электрический ток, проходя по проводникам, совершает вполне определенную работу, при этом источник тока затрачивает электрическую энергию, которая превращается в какой-либо другой вид энергии - тепловую, механическую и другую.

Работа, совершаемая электрическим полем при перемещении положительного заряда *Q* вдоль неразветвленного участка электрической цепи, не содержащего источников электрической энергии, равна произведению этого заряда на напряжение *U* между концами участка: ***А* = *Q\*U****.* При равномерном движении заряда в течение времени *t,* т.е. при постоянном токе, заряд ***Q=I\*t***и работа ***А=U\*I\*t***

Для оценки энергетических условий важно знать, сколь быстро совершается работа, т.е. определить мощность ***Р = U\*I****.*

Т.е. **работа электрического тока в цепи и затраченная при этом электрическая энергия определяются произведением напряжения на зажимах цепи на величину проходящего в ней тока и на время прохождения этого тока в цепи.**

За единицу работы и, следовательно, электрической энергии принят **джоуль**, который представляет собой работу, совершаемую электрическим током в 1 А при напряжении в 1 В в течении 1 сек. Работу в 1 джоуль принято называть также ватт-секундой.

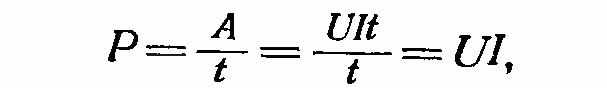
**Таким образом, работа тока – это энергия, которая выделяется при прохождении тока по проводнику. Работа электрического тока равна произведению напряжения, тока и времени. Работа электрического тока измеряется в Вт· сек, кВт· час, (kW · h )**

**А = U · I  · t , [Вт · сек ].**

**1 кВт · ч = 3600000 Вт · сек**

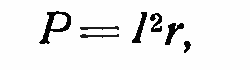
**Мощностью электрического тока называется его работа, совершаемая в одну секунду.**

Обозначив мощность электрического тока через Р, получим



Т.е. мощность, развиваемая электрическим током в цепи, равна произведению напряжения на величину тока, протекающего в цепи.

Заменив в полученной формуле U на Ir, получим



т.е. **мощность, развиваемая током в цепи, равна произведению тока в квадрате на сопротивление цепи**.

Величина, характеризующая скорость, с которой механическая или другая энергия преобразуется в источнике в электрическую, называется **мощностью генератора**:

**Pг = A / t = E\*I\*t / t = E\*I**

Величина, характеризующая скорость, с которой происходит преобразование электрической энергии во внешних участках цепи в другие виды энергии, называется **мощностью потребителя:**

**P1 = A1 / t = U\*I\*t / t = U\*I**

Мощность, характеризующая непроизводительный расход электрической энергии, например на тепловые потери внутри генератора, называется **мощностью потерь**:

**Po = (A - A1) / t = Uo\*I\*t / t = Uo\*I**

По закону сохранения энергии мощность генератора равна сумме мощностей; потребителей и потерь:

**Pг = P1 + Po**

За единицу измерения мощности принят ватт (обозначение Вт), т. е. 1 Вт = Дж/с = В-А

**Ватт - это мощность электрического тока в один ампер при напряжении в один вольт**.

Единица измерения мощности находится из формулы

**P = A / t = дж/сек.**

Для измерения мощности на практике применяется прибор прямого отсчета — ваттметр. Он имеет две измерительные цепи (и две обмотки) — цепь тока, включаемую последовательно с объектом измерения (как амперметр), и цепь напряжения, включаемую параллельно этому объекту (как вольтметр). При постоянном токе мощность часто определяется на основании показаний амперметра и вольтметра, но при переменном токе ваттметр необходим.

Мощность в электрических цепях может быть найдена и при помощи других формул:

***P* = *UI* = *I*2*R* = *U*2*G*.**

Электрический ток развивает мощность в один ватт, если он ежесекундно совершает работу, равную одному джоулю.

Более крупными единицами мощности являются гектоватт 1 гВт = 100 Вт и киловатт - 1 кВт = 103 Вт.

*Примечание*. При включении в бытовую электрическую сеть напряжением 220В электрического прибора мощностью в 1 кВт в цепи протекает ток около 4,5 А.

**Таким образом, мощность – это работа (энергия), совершенная (выделенная) за единицу времени:   P = А/t**

**Электрическая мощность равна произведению напряжения на силу тока. P = U · I , [Вт, W ], (Ватт)**

**Вопрос № 2 Баланс мощностей**

При протекании тока по сопротивлению в нем выделяется тепло. На основании **закона сохранения энергии**: количество теплоты, выделяющейся в единицу времени в сопротивлении схемы, должно равняться энергии, доставляемой за тоже время источниками питания.

Или другими словами:

Для любой электрической цепи **сумма мощностей *Ри*, развиваемая источниками электрической энергии, равна сумме мощностей *Рп*, расходуемых в приемниках энергии:**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где- алгебраическая сумма; слагаемое положительно, если направления действия ЭДС *Еk* и соответствующего тока *Ik* совпадают, в противном случае слагаемое отрицательно;

- алгебраическая сумма; положительны те слагаемые, для которых напряжение на источнике тока *Uk* и его ток *Jл*  совпадают по направлению (*Uk* определяется расчетом цепи внешней по отношению к зажимам источника тока);

– арифметическая сумма всех сопротивлений на квадрат токов, по ним протекающим.

При учете внутренних сопротивлений *Rвн*источников *Ри* уменьшается на мощность потерь **.**

**b**

**Uab**

J

**a**

*Рисунок 1 – Схема цепи с источником тока*

**Таким образом, в любой электрической цепи должен соблюдаться энергетический баланс - баланс мощностей: алгебраическая сумма мощностей всех источников энергии (в частности, источников тока и источников ЭДС) равна арифметической сумме мощностей всех приемников энергии (в частности, резистивных элементов):**

***Рист = Рпотр + ΔΡ***

**где ΔΡ - потери мощности**

**Если источников и потребителей несколько, тогда формула баланса мощностей будет иметь вид**

***ΣРист = ΣРпотр + ΔΡ***

***Пример****:* Для схемы рисунка 2 по законам Кирхгофа определить токи во всех ветвях и составить баланс мощностей.

Дано: *E1=15 В, Е2 =70 В, Е3 =5 В*

Внутренние сопротивления источников ЭДС: *r10=r20=1 Ом; r30=2 Ом*

Сопротивления в схеме: *R1=5 Ом, R2=4 Ом, R3=8 Ом, R4=2,5 Ом, R5=15 Ом*

E2

E3

I1

I5

R3

I4

I2

I3

R4

R5

R1

**b**

E1

I4’

r10

r20

r30

I

II

III

**f**

**c**

**a**

**d**

R2

Рисунок 2 – Схема исходной электрической цепи

Решение: в схеме 5 ветвей: **bfa, ab, adc, bc, ac** . Число узлов равно трем: **а, b, с**.

**1.** Число независимых уравнений, составляемых по 1-му закону Кирхгофа равно *Nузлов -1= У=3-1=2*.

**2.** Число независимых уравнений, составляемых по 2-му закону Кирхгофа равно *Nветвей –У –Nс источниками тока= 5-2-0=3.*

**3**. Общее число уравнений (система уравнений) будет состоять из *3+2=5* уравнений.

**4.** Выбираем положительные направления токов и обозначаем их на схеме стрелками.

**5**. Выбираем направление обхода 3-х контуров (см.п.2 – три уравнения по 2-му закону Кирхгофа).

**6.** Составляем уравнения по 1-му закону Кирхгофа (в п.2 мы подсчитали, что их количество должно равняться 2):

для узла а: ; для узла в:  .

**7**. По 2-му закону Кирхгофа составляем три уравнения для контуров. При этом учитываем внутренние сопротивления реальных источников ЭДС:

контур I: 

контур II: 

контур III: .

8. Подставляем числовые значения в уравнения, получаем систему уравнений:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Решая систему, получим: 

Ток *I4* в действительности направлен в другую сторону. Обозначим его *I4′* – это полученное в результате расчета реальное направление тока.

При проверке баланса мощностей имеем в виду, что если истинное направление тока I совпадает с направлением ЭДС, то ЭДС является источником энергии, если не совпадает, то ЭДС – потребитель энергии.

Все сопротивления, как внешние, так и внутренние *Rвн* источников являются потребителями.

Баланс мощностей для нашей схемы:

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

подставляем числовые значения:

*15\*5+7\*8-5\*1=52\*6+82\*5+12\*10+62\*2,5+22\*15*

Получаем 630 Вт=630 Вт. Таким образом, баланс мощностей для данной схемы соблюдается.

**Вопрос № 3 Тепловое действие тока**

[Электрический ток](http://volt220.ru/index.php/bases/index.php?option=com_content&view=article&catid=23:concepts-electrical&id=90:current-carrying-capacity), проходя через любой проводник, сообщает ему некоторое количество энергии. В результате этого проводник нагревается. Передача энергии происходит на молекулярном уровне, т. е., электроны взаимодействуют с атомами или ионами проводника и отдают часть своей энергии.

В результате этого, ионы и атомы проводника начинают двигаться быстрей, соответственно можно сказать, что внутренняя энергия увеличивается и переходит в тепловую энергию.

Данное явление подтверждается различными опытами, которые говорят о том, что вся работа, которую совершает ток, переходит во внутреннюю энергию проводника, она в свою очередь увеличивается. После этого уже проводник начинает отдавать её окружающим телам в виде тепла. Здесь уже в дело вступает процесс теплопередачи, но сам проводник нагревается.

Этот процесс рассчитывается по формуле:

**А=U·I·t**

А – это работа тока, которую он совершает, протекая через проводник.

Можно также высчитать количество теплоты, выделяемое при этом, ведь это значение равно работе тока. Правда, это касается, лишь неподвижных металлических проводников, однако, такие проводники встречаются чаще всего. Таким образом, количество теплоты, также будет высчитываться по той же форме:

Q=U·I·t.

*История открытия явления*

В своё время свойства проводника, через который протекает электрический тока, изучали многие учёные. Особенно среди них были заметны англичанин Джеймс Джоуль и русский учёный Эмилий Христианович Ленц. Каждый из них проводил свои собственные опыты, а вывод они смогли сделать независимо друг от друга.

На основе своих исследований, они смогли вывести закон, который позволяет дать количественную оценку выделяемого тепла в результате воздействия электрического тока на проводник. Данный закон получил название «Закон Джоуля-Ленца». Джеймс Джоуль установил его в 1842 году, а примерно через год Эмиль Ленц пришёл к тому же выводу, при этом их исследования и проводимые опыты никак не были связаны друг с другом.

*Применение свойств теплового действия тока*

Исследования теплового воздействия тока и открытия закона Джоуля-Ленца позволили сделать вывод, подтолкнувший развитие электротехники и расширить возможности применения электричества. Простейшим примером применения данных свойства является простая лампочка накаливания.

Устройство её заключается в том, что в ней применяется обычная нить накаливания, сделанная из вольфрамовой проволоки. Этот металл был выбран не случайно: тугоплавкий, он имеет довольно высокое удельное сопротивление. Электрический ток проходит через эту проволоку и нагревает её, т. е. передаёт ей свою энергию.

Энергия проводника начинает переходить в тепловую энергию, а спираль разогревается до такой температуры, что начинает светиться. Главным недостатком такой конструкции, конечно, является то, что происходят большие потери энергии, ведь только небольшая часть энергии преобразуется в свет, а остальная уходит в тепло.

Для этого вводится такое понятие в технике, как КПД, показывающее эффективность работы и преобразования электрической энергии. Такие понятия как КПД и тепловое воздействие тока применяются повсеместно, так как существует огромное количество приборов основанных подобном принципе. Это в первую очередь касается нагревательных приборов: кипятильников, обогревателей, электроплит и т. д.

Как правило, в конструкциях перечисленных приборах присутствует некая металлическая спираль, которая и производит нагревание. В приборах для нагревания воды она изолирована, в них устанавливается баланс между потребляемой из сети энергией (в виде электрического тока) и тепловым обменом с окружающей средой.

В связи с этим, перед учёными стоит нелёгкая задача по снижению потерь энергии, главной целью является поиск наиболее оптимальной и эффективной схемы. В данном случае тепловое воздействие тока является даже нежелательным, так как именно оно и ведёт к потерям энергии. Самым простым вариантом является повышение напряжения при передаче энергии. В результате снижается сила тока, но это приводит к снижению безопасности линий электропередач.

Другое направление исследований – это выбор проводов, ведь от свойств проводника зависят и тепловые потери и прочие показатели. С другой стороны, различные нагревательные приборы требуют большого выделения энергии на определённом участке. Для этих целей изготавливают спирали из специальных сплавов.

Для повышения защиты и безопасности электрических цепей применяются специальные предохранители. В случае чрезмерного повышения тока сечение проводника в предохранителе не выдерживает, и он плавится, размыкая цепь, защищая, таким образом, её от токовых перегрузок.

Количество тепла измеряется в калориях *(кал)*. Одной калорией называется такое количество тепла, которое необходимо для нагрева 1 г воды на 10 С. *1 ккал* равна 1000 кал.

**Вопрос № 4 Закон Джоуля-Ленца**

Нагревание проводов током служило предметом исследований русского академика Э.Х. Ленца и английского ученого Д.П. Джоуль, которые независимо друг от друга изучая тепловое действие электрического тока, одновременно в 1844 году опытным путем установили зависимость между количеством тепла, выделяемого током в проводнике, величиной этого тока и сопротивлением проводника.

Эта зависимость, называемая законом Джоуля-Ленца, состоит в том, что **количество тепла, выделенного электрическим током в проводнике, прямо пропорционально квадрату тока, сопротивлению проводника и времени, в течении которого проходит ток по проводнику.**

Закон Джоуля-Ленца математически выражается следующей формулой:

*Q=0,24I2rt,*

где *Q* - количество тепла, *кал*

*I* - величина электрического тока, *А*

*r* - сопротивление проводника, *Ом*

*0,24* - коэффициент, показывающий количество тепла в малых калориях, выделенного в одну секунду в проводнике с сопротивлением в 1 Ом при ток в 1 А, этот коэффициент называется **тепловым эквивалентом электроэнергии**

*t* - время, в секундах

Из формулы закона Джоуля-Ленца видно, что проводник нагревается тем больше, чем больше ток в цепи и чем больше сопротивление проводника. Поэтому через тонкие проводники, сопротивление которых велико, нельзя пропускать ток большой величины, т.к. он может сильно нагреть проводник, в результате чего сгорит его изоляция, или даже перегорит проводник.

Чтобы избежать этого, в практике установлены допустимые нагрузки, т.к. допустимые **плотности тока**.

**Плотность тока в проводнике определяется величиной тока в амперах, приходящейся на 1 квадратный миллиметр площади поперечного сечения проводника.**

В некоторых случаях при определении количества тепла, выделяемого электрическим током, удобнее пользоваться не сопротивлением проводника (потребителя), которое подчас бывает неизвестно, а напряжением U (в вольтах), подводимым к нему или теряемым на нем. Тогда формула закона Джоуля-Ленца, приведенная выше, может быть преобразована следующим образом:

*Q=0,24\*I\*\*t*

произведя сокращения получим

*Q=0,24\*I\*U\*t*

*Применение закона Джоуля-Ленца в жизни*

Открытие закона Джоуля-Ленца имело огромные последствия для практического применения электрического тока. Уже в 19 веке стало возможным создать более точные измерительные приборы, основанные на сокращении проволочной спирали при её нагреве протекающим током определённой величины — первые стрелочные вольтметры и амперметры. Появились первые прототипы электрических обогревателей, тостеров, плавильных печей – использовался проводник с высоким удельным сопротивлением, что позволяло получить довольно высокую температуру.

Были изобретены плавкие предохранители, биметаллические прерыватели цепи (аналоги современных тепловых реле защиты), основанные на разнице нагрева проводников с разным удельным сопротивлением. Ну и, конечно же, обнаружив что при определённой силе тока проводник с высоким удельным сопротивлением способен нагреться докрасна, данный эффект использовали в качестве источника света. Появились первые лампочки.

Проводник (угольная палочка, бамбуковая нить, платиновая проволока и т.д.) помещали в стеклянную  колбу, откачивали воздух для замедления процесса окисления и получали  незатухаемый, чистый и стабильный источник света – электрическую лампочку.

Таки образом, можно сказать что на законе Джоуля-Ленца держится чуть ли не вся электрика и электротехника. Открыв этот закон, появилась возможность уже заранее предсказать  некоторые будущие проблемы в освоении электричества. Например, из-за нагрева проводника передача электрического тока на большое расстояние сопровождается потерями этого тока на тепло. Соответственно, чтобы компенсировать эти потери  нужно занизить передаваемый ток, компенсируя это высоким напряжением. А уже на оконечном потребителе, понижать напряжение и получать более высокий ток.

Закон Джоуля-Ленца неотступно следует из одной эпохи технологического развития  в другую. Даже сегодня мы постоянно наблюдаем его в быту – закон проявляется всюду, и не всегда люди ему рады. Сильно греющийся процессор персонального компьютера, пропадание света из-за обгоревшей скрутки  «медь-алюминий»,выбитая вставка-предохранитель, выгоревшая из-за высокой нагрузки электропроводка – всё это тот самый закон Джоуля-Ленца.

**Задачи для самостоятельного рассмотрения**

**Задача 1**. Определить, какое количество тепла будет выделено, электрическим паяльником, включенным в течение 1 часа, если он потребляет ток 10 А при напряжении 12 В.

**Задача 2**. Электрическая лампа с сопротивлением R=800 Ом включена на напряжение U=220 В. Определить мощность лампы.

**Задача 3**. Определить количество тепла, выделенного в приборе в течение 1 часа при сопротивлении прибора R=88 Ом и напряжении на его зажимах U=220 В.