**Лекция № 4 Работа и мощность в цепях постоянного тока**

При прохождении тока по проводникам он может преобразоваться в механическую, тепловую, химическую и другие виды энергии, при этом ток может совершать работу. Для измерения мощности тока применяют формулы:



Мощность постоянного тока в первой формуле находится как произведение напряжения на ток. Мощность измеряется в *Ватт*ах (вольт-ампер тепловой).

Если известно сопротивление потребителя и ток, который идет по нему, можно найти мощность по второй формуле.

Если известно падение напряжения на нагрузке и номиналы резистора мощность потребителя можно найти по третьей формуле.

Из выше приведенных формул можно найти работу, совершаемую током. Известно, что работа равна произведению мощности на время, в течение которого ток идет по потребителю:



где *А -* работа тока (*Дж*);

*Р -* мощность потребителя (*Вт*);

время, в течение которого ток совершает работу (сек).

При мощности потребителя в 1 *Вт* за 1 секунду совершается работа током в I джоуль.

Но в реальной жизни приходится иметь дело со значительно большими мощностями, а, следовательно, и работа, например, кипятильника за 1 час может быть выражена огромным шестизначным числом. Поэтому на производстве работу, совершаемую током, считают не в джоулях, а в киловатт-часах.

Найдем соотношение между киловатт-часом и джоулем.

1*киловатт* = 1000 *ватт*; 1*час* = 3600*секунд*. Значит 

Это означает, что если кипятильник имеет мощность 1 киловатт, то за один час он совершит работу равную 1 киловатт-часу, т.е. 3 600 000 джоулей.

Счетчики электрической энергии считают работу в киловатт-часах.

Формулы для расчета работы, совершаемой током, приводятся ниже;



Работа тока может быть не обязательно механической, например, в двигателе постоянного тока, но она может быть и тепловой энергией, которая вычисляется по тем же формулам.

Мощность потребителя можно вычислить и по показаниям счетчика. Для этого фиксируем работу, которую покажет счетчик за определенное время. Отсюда мощность тока равна отношению работы, которую покажет счетчик, ко времени, в течение которого этот счетчик работал:



Для определения мощности потребителя надо работу в киловатт-часах, показанную счетчиком перевести в джоули, время перевести в секунды и разделить работу на время. Полученная мощность будет в ваттах.

Раздел 2 **Электрические цепи однофазного синусоидального тока**

**2.1 Синусоидальный ток, основные характеризующие его величины**



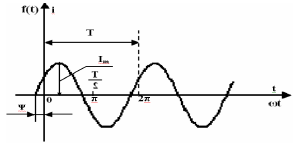


Рис. 1



,

где ω – угловая частота,

- аргумент синуса, называемый фазой ,

Ѱ – начальная фаза.

Если начало синусоиды лежит слева от начала отсчета, то фаза – положительна, если справа – отрицательна.

Для определения любой синусоидально изменяющейся функции нужно иметь три величины, определяемые тремя вещественными числами: **амплитуду, частоту или период и фазовый угол**.

Пример: i = 20sin(314t + 45o)



**2.2 Действующие и средние значения синусоидально изменяющегося напряжения или тока**

Действующее значение тока I или напряжения U есть среднеквадратичное значение функции за период:

**,**

**Аналогично:**

****

Сопоставим тепловое действие синусоидального тока с тепловым действием постоянного тока Iпост, текущего то же время по тому же сопротивлению:

,

количество теплоты, выделяемое за один период синусоидального тока.

,

теплота, выделенная за тоже время постоянным током.

Приравняем Q1 и Q2:

,

Откуда



Т.о., действующее значение синусоидального тока I численно равно значению такого постоянного тока, который за время, равное периоду синусоидального тока, выделяет такое же количество теплоты, что и синусоидальный ток.

Среднее значение синусоидального тока:



Большая часть приборов, используемых для измерения периодических токов и напряжений показывает действующее значение этих величин.

Аналогично:

.

Коэффициент амплитуды:

,

Коэффициент формы:



**2.3 Элементы электрической цепи синусоидального тока**

*Индуктивный элемент:*

,

Где L – индуктивность,Ѱ – потокосцепление, i – ток в индуктивности.





Напряжение на индуктивности:

,

Если L = const, то

,



*Емкостный элемент*



Ток через емкость:

,

при С = const

,



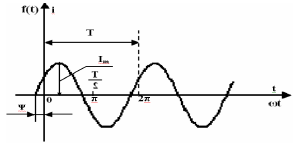
[C] = Ф = K/B

**2.3 Представление синусоидальных функций в виде вращающихся векторов и комплексными числами**

Известно несколько способов представления синусоидально изменяющихся величин: 1) в виде тригонометрических функций:



2) в виде графиков изменений во времени:



3) вращающихся векторов;

4) в виде комплексных чисел.

**Представление синусоидальных величин вращающимися векторами**

Изобразим с помощью вращающегося вектора синусоидальную ЭДС e = Emsin(ωt + Ѱ):



Рис. 2

Пусть имеем ЭДС e = e1 + e2 = E1msin(ωt +Ѱ1) + E2msin(ωt +Ѱ2) = Emsin(ωt +Ѱ)



Рис.3

Вращающийся вектор отличается от вектора физической величины тем, что не указывает направления в пространстве.

***Векторная диаграмма*** – совокупность векторов, изображающих синусоидальные функции одинаковой частоты, построенные с соблюдением правильного их взаимного расположения (изображаются, как правило, действующие значения ЭДС, токов и напряжений).

***Представление синусоидальных величин комплексными числами***

Метод, основанный на символическом изображении действительных синусоидальных функций времени комплексными числами, называют символическим или **комплексным методом.**

Формула Эйлера: 



Рис. 4



Если вместо функции взять функцию Imeja, то

Imeja = Imcos a + jImsin a

Примем, что , тогда

,

Где

,

.

Таким образом, синусоидально изменяющийся ток можно представить как мнимую часть комплексного числа:



или как проекцию вращающегося вектора



на ось +j.

Комплексное число



есть символическое изображение действительного синусоидального тока

.

Оно, так же как и величина I определяется частотой ω, амплитудой Im и начальной фазой Ѱ.

Комплексное число



является постоянной величиной, не зависящей от времени, и называется комплексной амплитудой тока. Т.е.



Комплексная амплитуда изображает ток i на комплексной плоскости для момента времени t = 0.

**Пример**. Ток i = 8sin(ωt + 450) А.

Записать выражение для комплексной амплитуды тока.

Решение. В данном случае Im  = 8 A, Ѱ = 450. Отсюда



**Пример**. Комплексная амплитуда тока

.

Записать выражение для мгновенного значения тока.

Решение.



Комплексные действующие значения:



**Комплексное сопротивление. Закон Ома в комплексной форме для цепей синусоидального тока**

****

Рис. 5

Комплексное входное сопротивление:



Отсюда получаем уравнение закона Ома для комплексных амплитуд или закон Ома в комплексной форме записи.

 или





Подставляя значения



И

,

Получим:



Отношение действующих значений напряжения U и тока I называется полным входным сопротивлением и обозначается



Угол



представляет собой сдвиг фаз между напряжением и током. Таким образом,



Комплексное сопротивление, как и всякое комплексное число, может быть представлено в алгебраической форме:



Где



есть вещественная часть комплексного сопротивления, называемая активной составляющей входного сопротивления.



есть коэффициент при мнимой части комплексного сопротивления, называемый реактивной составляющей входного сопротивления.

Полное сопротивление

.

В зависимости от того, какова конкретная схема цепи, может оказаться, что входное сопротивление является вещественным числом

,

при Хвх = 0, или мнимым

,

при

Rвх = 0.

***Таким образом, символический метод позволяет связать переменное напряжение и ток соотношениями, подобными тем, которыми пользуются при расчете цепей постоянного тока.***

***Комплексная проводимость. Треугольник сопротивлений и треугольник проводимостей***

Как было показано выше, отношение комплексного напряжения к комплексному току представляет собой комплексное сопротивление цепи:



где R, X и Z – активное, реактивное и полное сопротивление цепи.

Комплексна проводимость – это отношение комплексного тока к комплексному напряжению :

 (7)

где g, b и y – активная, реактивная и полная проводимости цепи. Комплексную проводимость измеряют в (Ом-1) или в сименсах (См).

Очевидно, имеет место связь: или (R + jX) (g –jb) = 1.

Направления векторов, соответствующих комплексам и , являются зеркальным изображением друг относительно друга на оси вещественных чисел, так как аргументы комплексов  и равны и противоположны по знаку.

Выведем связь между величинами g, b и R, X

(8)

Из формулы (8) следует:

 (9)  
Если X положительно, то и b положительно, при X отрицательном и b также отрицательно.

При использовании комплексной проводимости закон Ома записывается так:

 или  (10)

где  – активная составляющая тока,  - реактивная составляющая тока,  – напряжение на участке цепи, сопротивление которого равно  .

Учитывая, что , , Z можно представить как гипотенузу прямоугольного треугольника – треугольника сопротивлений, с катетами *R* и *X* (рис. 2, a). При этом 



**Рис. 2**

Аналогичным образом модуль комплексной проводимости  также можно представить гипотенузой прямоугольного треугольника – треугольника проводимостей, катетами которого являются активная *g* и реактивная *b* проводимости (рис. 2, *б*). При этом

