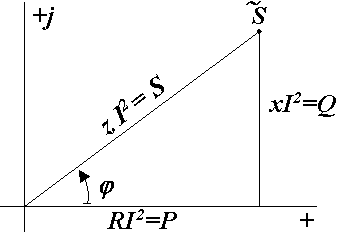
**Мощность в цепи синусоидального тока**

**2.18. Энергия и мощность в цепи синусоидального тока**   
    Пусть на некотором участке цепи, напряжение на зажимах которого равно ***u***, током ***i*** за время ***dt*** переносится электрический заряд ***dq = idt***. Затрачиваемая источником энергия равна при этом***dw = udq = uidt***, а развиваемая мощность   
***p = dw/dt = ui***. Эта величина называется мгновенной мощностью и *определяет скорость и направление движения энергии* на рассматриваемом участке. Если энергия поступает в цепь и накапливается в ней, функция ***w(t)***возрастает, и мгновенная мощность положительна как производная возрастающей функции. Напряжение ***u*** и ток ***i*** в эти моменты времени имеют одинаковые знаки. Процесс накопления энергии в цепи наблюдается, например, при заряде конденсатора. В те моменты времени, когда***u*** и ***i*** имеют разные знаки, мгновенная мощность отрицательна, функция ***w(t)***, определяющая энергию, поступающую в цепь, убывает, так как только убывающая функция имеет отрицательную производную. Убыль энергии в электрической цепи означает возврат ее источнику. Такая ситуация возникает при разряде конденсатора.  
    Энергия, поступающая в цепь, может не возвращаться к источнику, а необратимо преобразовываться в тепло или механическую работу. Количество этой энергии определяется законом Джоуля–Ленца и за время, равное периоду синусоидального тока, равно  
Image5314.  
    Эта величина, отнесенная ко времени ***Т***, определяет среднее значение мгновенной мощности за период и называется активной мощностью  
Image5315.                                           (2.35)  
*Физически активная мощность представляет собой энергию, выделяющуюся в виде тепла или механической работы в единицу времени.*  
    Пусть ток и напряжение на входе произвольного пассивного двухполюсника описываются выражениями  
Image5316, Image5317.                                           (2.36)  
    Подставляя их в (2.35) и интегрируя, получаем  
Image5318.  
    Используя соотношения между сторонами в треугольниках напряжений и токов, сопротивлений и проводимостей, можно написать цепочку формул для вычисления активной мощности:  
Image5319.  
    Рассмотрим теперь энергетические процессы, происходящие в отдельно взятых элементах.  
    В активном сопротивлении напряжение и ток совпадают по фазе (***ф*** ***=***0); в любой момент времени их знаки одинаковы, мгновенная мощность положительна, т.е. в него постоянно поступает энергия электрического тока, преобразуясь в тепловую или механическую. Активная мощность равна:  
***P = UI = I2R = U2G***.  
    В реактивных элементах угол сдвига фаз по величине равен 90° . В индуктивности, при отстающем токе, он положителен, в емкости, при опережающем токе, – отрицателен. Подставляя ***ф*** ***= +-***90° в выражение напряжения на входе цепи (2.36), получим ***u = Um sin (омега.bmp t +-***90° ***) =+- Um cos омега.bmp t***. При таком напряжении мгновенная мощность колеблется с двойной частотой, изменяясь по синусоидальному закону  
***р = +-U I sin***2омега.bmp***t***,  
т.е. дважды за полпериода меняет знак. Подстановка этого выражения в (2.35) приводит к результату: ***P =***0. Равенство нулю активной мощности означает, что в реактивных элементах не происходит необратимого преобразования электромагнитной энергии в тепловую и механическую.   
    Можно показать, что в индуктивности в течение первой четверти периода, при возрастании тока от нуля до ***Im***, в магнитном поле индуктивности накапливается энергия Image5320. В течение следующей четверти периода, когда ток уменьшается до нуля, эта энергия из магнитного поля возвращается во внешнюю цепь.  
    В емкости – аналогично: в течение одной четверти периода, когда напряжение на обкладках конденсатора возрастает от нуля до ***Um***, конденсатор заряжается, в его электрическом поле накапливается энергия: Image5321. В следующую четверть периода конденсатор разряжается, его напряжение уменьшается до нуля, и накопленная в электрическом поле энергия возвращается в цепь. Энергию, которой электрическое поле конденсатора и магнитное поле катушки обмениваются с цепью, будем называть энергией обмена.  
    Для энергии магнитного поля ***WM***и электрического поля ***WЭ***можно записать следующие формулы:  
Image5322,  
Image5323.  
    Величины Image5324и Image5325имеющие размерность мощности, называются соответственно реактивной мощностью индуктивности и реактивной мощностью емкости. К работе, совершаемой переменным током, они отношения не имеют, а являются величинами, пропорциональными энергии магнитного и электрического полей: Image5326, Image5327.  
    В цепи, содержащей одновременно и индуктивность и емкость, колебания энергии происходят таким образом, что в те моменты времени, когда магнитное поле индуктивности накапливает энергию, электрическое поле емкости энергию отдает, и наоборот. Т.е., когда энергия магнитного поля положительна, энергия электрического поля отрицательна. Суммарная энергия электрического и магнитного полей за четверть периода равна  
Image5328,  
где Image5329.gif (891 bytes)– реактивная мощность цепи, она пропорциональна суммарной энергии электрического и магнитного полей и может быть определена через реактивные сопротивления:  
Image5330  
    При резонансе, когда Image5331, равны реактивные мощности Image5332и Image5333и энергии Image5334и Image5335, накапливаемые в магнитном и электрическом полях. В этом случае обмен энергией между индуктивностью и емкостью происходит без участия источника.  
    Для вычисления реактивной мощности можно написать цепочку формул, аналогичную (2.36):  
Image5336.  
    При анализе электрических цепей часто используется треугольник мощностей, который можно получить, умножив стороны треугольника сопротивлений на квадрат тока (рис. 2.47). Для него справедливы следующие соотношения:  
Image5337,               Image5338,                Image5339.  
    Буквой Image5340, стоящей рядом с гипотенузой треугольника, обозначается полная мощность. Ее можно вычислить по одной из следующих формул:   
Image5341  
  
Рис. 2.47. Треугольник мощностей

    Полная мощность определяется той электрической энергией, которая вырабатывается генератором и отдается в цепь. Она характеризует габариты электрических машин и аппаратов. Величина напряжения определяет уровень изоляции – ее толщину и расстояние между токоведущими частотами, а ток – поперечное сечение проводника, условия охлаждения машины.  
    При Image5342= 1 полная мощность равна наибольшему значению активной мощности, которую можно получить при заданных напряжении и токе.  
    Единицы измерения мощности, имея одну и ту же размерность, называются по-разному. Единица активной мощности – ватт (Вт), реактивной – вольт-ампер реактивный (вар), полной – вольт-ампер (ВА).  
    Комплексная мощность определяется произведением комплекса напряжения и сопряженного комплекса тока:  
Image5343.  
**Пример 2.24.** Рассчитать активную, реактивную и полную мощности цепи, если напряжение и ток на ее зажимах определяются выражениями: Image5344,                 Image5345.  
    Р е ш е н и е. Image5346= 100 В, Image5347= 0,5 А, Image5348= 36,9° , Image534950 ВА, Image535040 Вт, Image535130 вар.  
    Или Image5352В, Image5353А,   
Image5354ВА.