

Понятие потенциала или разности потенциалов  $U$  позволяет определить работу, совершаемую электрическим полем при перемещении элементарного электрического заряда  $dq$ , как  $dA = Udq$ . В то же время, электрический ток равен  $i = dq/dt$ . Отсюда  $dA = ui dt$ , следовательно, скорость совершения работы, т.е. мощность в данный момент времени или **мгновенная мощность** равна

$$p = \frac{dA}{dt} = ui$$

Рассмотрим выражение мгновенной мощности для цепей, содержащих резистивный элемент, идеальную катушку индуктивности и конденсатор. В общем случае выразим мгновенные значения тока и напряжения на входе такой цепи:

$$u = U_m \sin \omega t \text{ и } i = I_m \sin(\omega t - \varphi) \text{ тогда}$$

$$p = U_m I_m \sin \omega t \sin(\omega t - \varphi), \text{ заменяя } \sin \alpha \sin \beta = \frac{1}{2}[(\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta))], \text{ получим}$$

$$p = UI[\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)] \quad (9.1)$$

Из выражения 8.1 следует, что за период мощность имеет как положительные значения, когда энергия поступает в цепь, так и отрицательные значения, когда энергия, запасенная в магнитном и электрическом полях, возвращается обратно.

Из рис(9.1,в) следует, что большую часть периода мощность потребляется нагрузкой ( $p > 0$ ), но существуют также интервалы времени, когда энергия запасенная в магнитных и электрических полях нагрузки возвращается в источник. Участки с положительным значением  $p$  независимо от характера реактивной составляющей нагрузки всегда больше участков с отрицательным значением, поэтому средняя мощность  $P$  положительна. Это означает, что в электрической цепи **преобладает процесс преобразования электрической энергии в тепло или механическую работу**.

Как мы уже отмечали средняя мощность за период

$$P_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T p dt \text{ подставив выражение (9.1) получим}$$

$$P_{cp} = UI \cos \varphi \quad (9.2).$$

Эта мощность является активной мощностью, а  $\cos \varphi$  называется коэффициентом мощности. Из этого выражения следует, что средняя мощность в цепи переменного тока зависит не только от действующих значений тока  $I$  и напряжения  $U$ , но и от разности фаз  $\varphi$  между ними. Максимальная мощность соответствует нулевому сдвигу фаз и равна произведению  $UI$ . При сдвиге фаз между током и напряжением в  $\pm 90^\circ$  средняя мощность равна нулю.

Максимальные значения напряжения и тока любой электрической машины определяются ее конструкцией, а максимальная мощность, которую они могут развивать - произведением этих величин. Если электрическая цепь построена нерационально, т.е. сдвиг фаз  $\varphi$  имеет значительную величину, то источник электрической энергии и нагрузка не могут работать на полную мощность. Поэтому в любой системе источник-нагрузка существует т.н.

"**проблема  $\cos \varphi$** ", которая заключается в требовании возможного приближения  $\cos \varphi$  к единице

Выражение 9.1. можно переписать:

$$p = UI \cos \varphi (1 - \cos 2\omega t) + UI \sin \varphi \sin 2\omega t = p_a + p_p \quad (9.3)$$

Мощность  $p_a$  является переменной активной мощностью, изменяющейся с двойной частотой от нуля до удвоенного среднего значения (рис.8.1,а), а мощность  $p_p$  - переменной реактивной мощностью, изменяющейся с двойной частотой от  $-UI \sin \varphi$  до  $+UI \sin \varphi$  (рис.9.1,б,г).

Переменная мощность, идущая на увеличение магнитного или электрического полей или поступающая обратно в сеть, называется *реактивной мощностью*. Ее амплитуда

$$Q = UI \sin \varphi \quad (9.4)$$

Реактивная мощность выражается в (вар)- вольт-ампер реактивный. Так как в тот момент, когда мгновенная мощность на индуктивности положительна, на емкости она отрицательна. Договоримся рассматривать момент времени, когда реактивная мощность положительна на индуктивности.

Мощность, изменяющаяся с двойной частотой и имеющая амплитуду

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (9.5)$$

называется полной мощностью и выражается в вольт-амперах (ва).

Мощность цепи в символическом виде.

Если  $\dot{I} = Ie^{j\psi_i}$ , а  $\dot{U} = Ue^{j\psi_u}$ , то для того чтобы получить при перемножении разность фаз, необходимо взять сопряженный комплекс тока, т.е. повернутый на  $180^\circ$ . Таким образом имеем

$$\dot{S} = \dot{U} \cdot \hat{I} = Ue^{j\psi_u} \cdot Ie^{-j\psi_i} = UIe^{j(\psi_u - \psi_i)} = UIe^{j\varphi} \quad (9.6)$$

Представим комплексную мощность в тригонометрической форме

$$\dot{S} = UI \cos \varphi + jUI \sin \varphi, \quad (9.7)$$

т.е. вещественная часть выражает активную мощность, а мнимая реактивную.

**Пример:** Определить активную, реактивную и полную мощности, если:

а)  $u=141\sin(314t+30^\circ)$  В,  $i=7,07\sin(314t+60^\circ)$  А;

б)  $U=200$  В,  $I=10$  А,  $\varphi=30^\circ$  (индуктивный);

в)  $\dot{U} = (20 + j30^\circ)$  В,  $\dot{I} = (3 - j4)$  А;

Решение:

$$а) \dot{U} = \frac{141}{\sqrt{2}} e^{j30^\circ}, \hat{I} = \frac{7,07}{\sqrt{2}} e^{-j60^\circ}. \dot{S} = 100 \cdot 5 e^{-j30^\circ}$$

Соответственно  $S=500$  ВА,  $P = 500 \cos(-30^\circ) = 433$  Вт,  $Q = 500 \sin(-30^\circ) = -250$  ВАР.

б)  $\dot{S} = 2000e^{j30^\circ}$  соответственно

$$S = 2000 \text{ ВА} \quad P = 2000 \cos(30^\circ) = 1732 \text{ Вт} \quad Q = 2000 \sin(30^\circ) = 1000 \text{ Вт}$$

в)  $\dot{U} = 20 + j30 = 36e^{j56^\circ}$   $\dot{I} = 3 - j4 = 5e^{-j53^\circ}$   $\dot{S} = 36e^{j56^\circ} 5e^{-j53^\circ} = 180,3e^{j109^\circ}$  соответственно

$$S = 180,3 \text{ ВА}, \quad P = 180,3 \cdot \cos(109^\circ) = -60 \text{ Вт}, \quad Q = 180,3 \cdot \sin(109^\circ) = 170 \text{ ВАР}$$

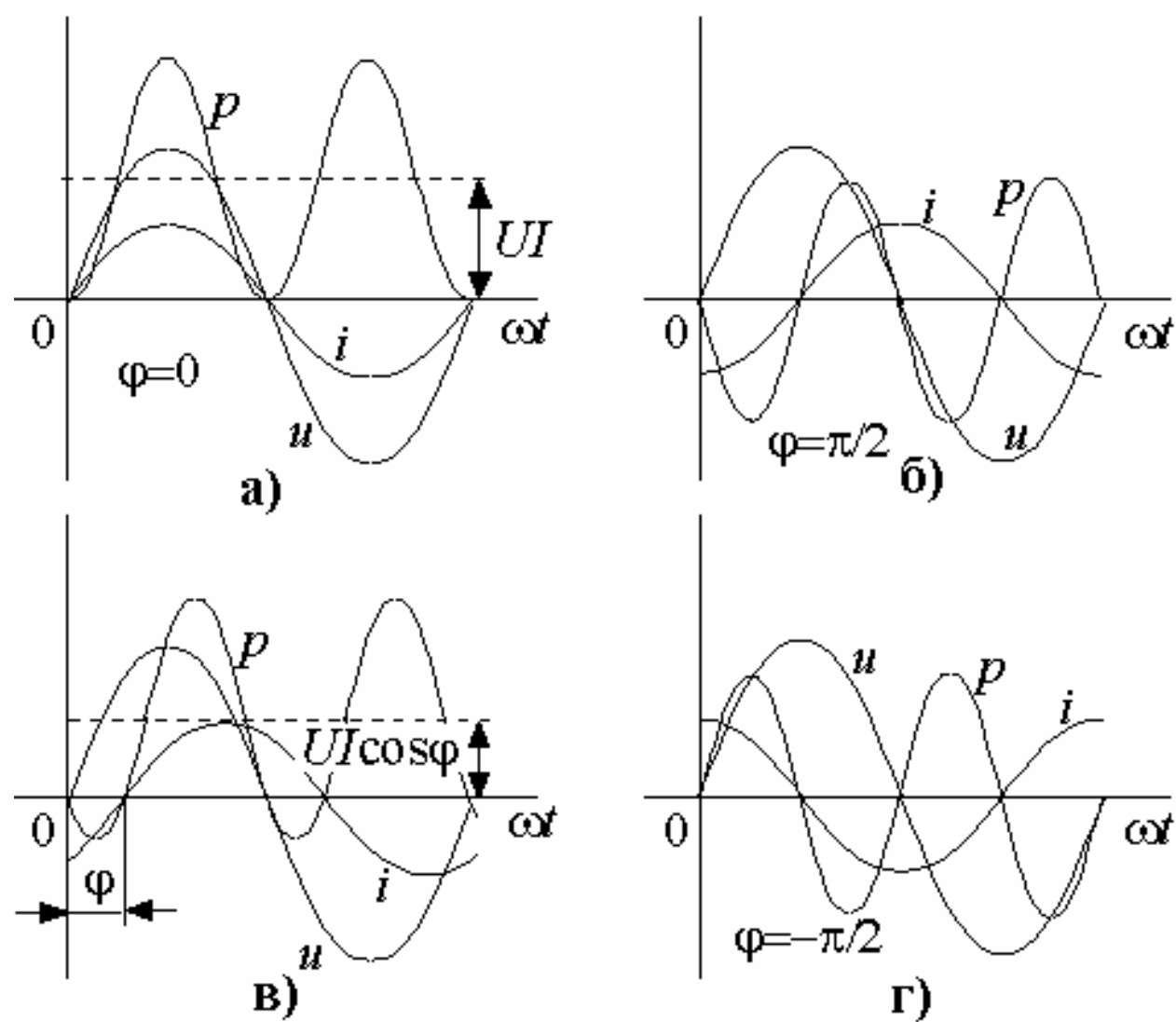


Рис.8.1.