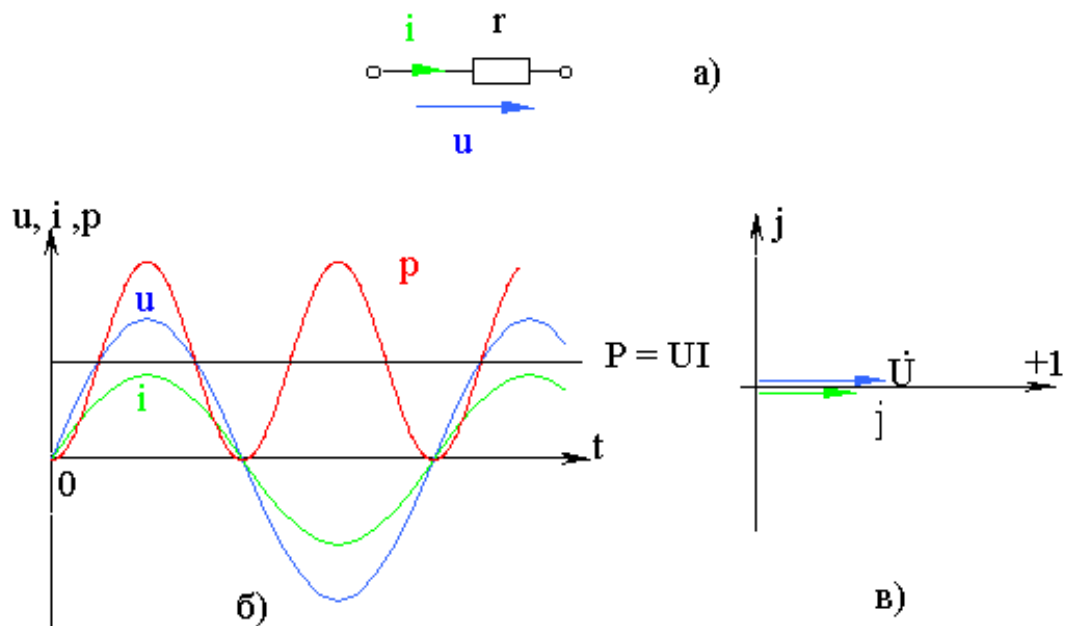


## Резистивный элемент в цепи синусоидального тока.

Резистивный элемент характеризуется активным сопротивлением  $r$ , которое является его параметром. Этот элемент в электрических цепях отражает наличие необратимых процессов преобразования электрической энергии в другие виды энергии, например поглощение электрической энергии в проводнике и переход ее в тепловую энергию, которая рассеивается в окружающее пространство. Резистивный элемент в схемах замещения может учитывать также потери энергии в магнитном сердечнике катушки.

Активное сопротивление любого проводника больше его омического сопротивления, т. е. сопротивления этого проводника постоянному току, так как плотность переменного тока из-за поверхностного эффекта неравномерна по сечению проводника. В результате поверхностного эффекта происходит вытеснение тока к поверхности и сопротивление проводника возрастает, а следовательно, растут и потери энергии на нагрев проводника.



Сопротивление с принятыми положительными направлениями тока и напряжения (а); временные диаграммы  $u$ ,  $i$   $p$  (б); векторная диаграмма тока и напряжения (в).

Рис.5.1.

Обратимся к рисунку 5.1 на котором через резистор  $r$  протекает ток  $i$ .

С целью упрощения уравнений примем начальную фазу тока равную нулю.

$$i = I_m \sin \omega t$$

Согласно закону Ома:

$$u = r \cdot i = r \cdot I_m \sin \omega t = U_m \sin \omega t \quad (5.1)$$

где  $U_m = r \cdot I_m$ , откуда

$I_m = \frac{U_m}{r}$  или разделив правую и левую часть на  $\sqrt{2}$  получим закон Ома для действующих значений тока и напряжения:

$$I = \frac{U}{r} \quad (5.2)$$

Представим синусоидальный ток в комплексной форме:  $\dot{I} = I_m e^{j0}$ , тогда

$$\dot{U} = r \cdot \dot{I} = r I_m e^{j0} = U_m e^{j0} \quad (5.3)$$

где  $U_m = r \cdot I_m$ .

Из выражений 5.1 и 5.3 следует, что в цепи синусоидального тока с активным сопротивлением ток и напряжение совпадают по фазе, т.е.  $\psi_I = \psi_U$ . Это наглядно видно из рисунка 5.1 в.

Мгновенная мощность электрической цепи с активным сопротивлением равна произведению мгновенных значений напряжения и тока:

$$p = i \cdot u = I_m \cdot U_m \sin^2 \omega t = \frac{I_m \cdot U_m}{2} (1 - \cos 2\omega t) = I \cdot U (1 - \cos 2\omega t) \quad (5.4)$$

Колебания мгновенной мощности происходят относительно уровня, равного произведению  $UI$ .

Причем, т.к.

$$|\cos 2\omega t| \leq 1$$

то скобка

$$(1 - \cos 2\omega t)$$

может приобретать положительные значения (иногда нулевые), но никогда – отрицательные. Поэтому всегда

$$p \geq 0$$

Так как мгновенная мощность никогда не приобретает отрицательных значений, то это означает только одно: энергия источнику нагрузкой обратно не возвращается. Следовательно, резистивному элементу соответствует только **необратимый процесс передачи электрической энергии от источника в нагрузку и преобразования ее в другой вид энергии** (тепловую, механическую, химическую и т.д.).

Средняя мощность за период равна:

$$P_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T p dt, \text{ подставив } p \text{ из 5.4 получим}$$

$$P_{cp} = U \cdot I \quad (5.5)$$

учитывая 5.2 получим:

$$P_{cp} = U \cdot I = I^2 \cdot r \quad (5.6)$$

Выражение (5.6) показывает, что средняя мощность в электрической цепи равна активной мощности  $P$ , которая преобразуется в активном сопротивлении  $r$  в тепловую энергию.

Временные диаграммы тока, напряжения и мгновенной мощности приведены на рис. 5.1. Мгновенная мощность изменяется с двойной частотой. Ток и напряжение совпадают по фазе.