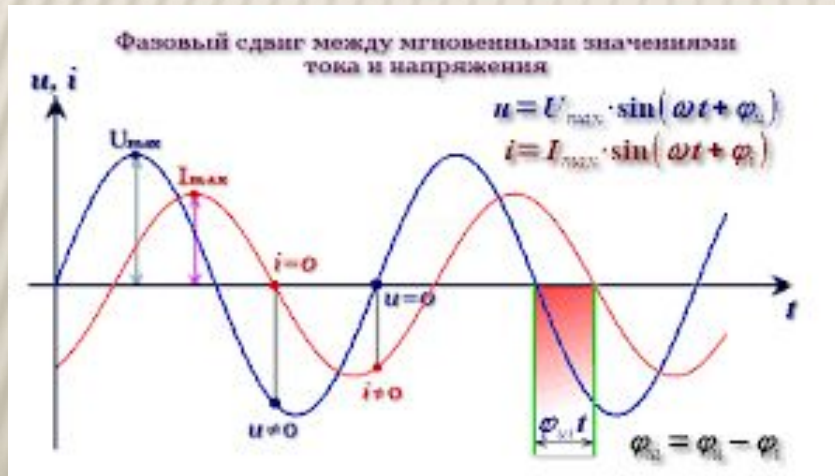


ЦЕПЬ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА С R, L, C



И

Преподаватель НКСЭ
Кривоносова Н.В.

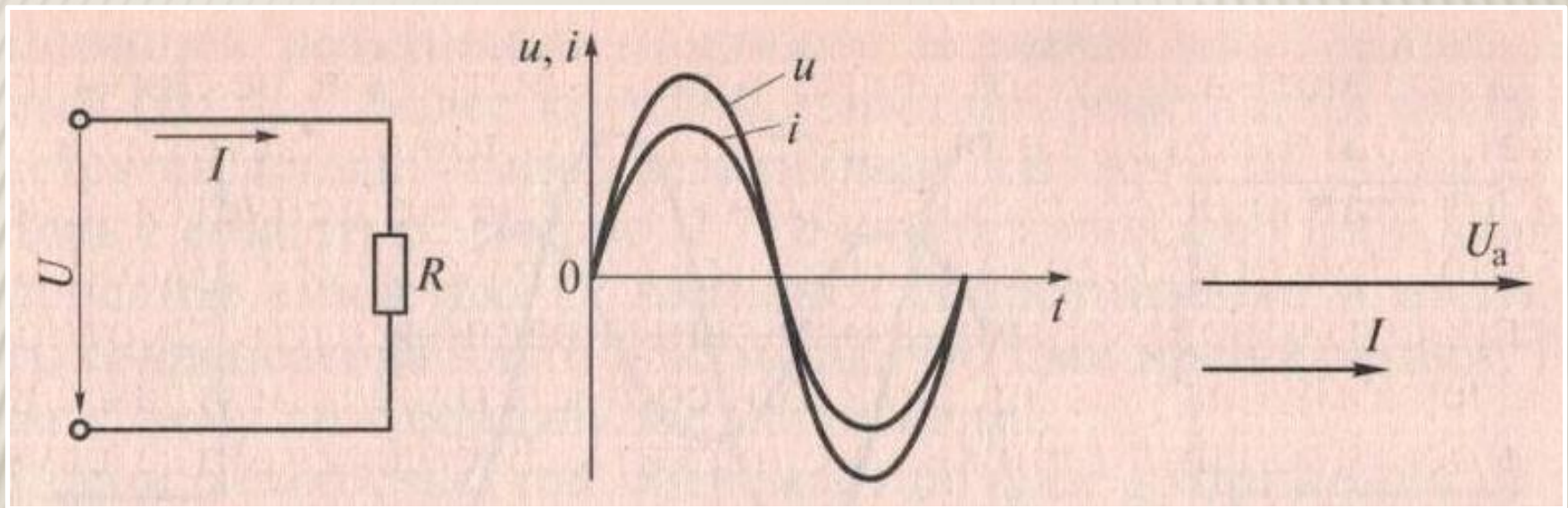
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

- **Активными** элементами электрической цепи называют элементы, имеющие активное сопротивление R , в которых электрическая энергия преобразуется в теплоту

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

- ▣ **Реактивными** элементами электрической цепи называют элементы **L** (индуктивность) и **C** (емкость), в которых электрическая энергия периодически накапливается в магнитном и электрическом полях, а затем возвращается к источнику

ЦЕПЬ С АКТИВНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ R



В цепи с активным сопротивлением R ток I и напряжение U совпадают по фазе,
 $\varphi = 0$

ЦЕПЬ С АКТИВНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ R

$$I = U_a / R$$

$$P = I U_a = I^2 R = U_a^2 / R$$

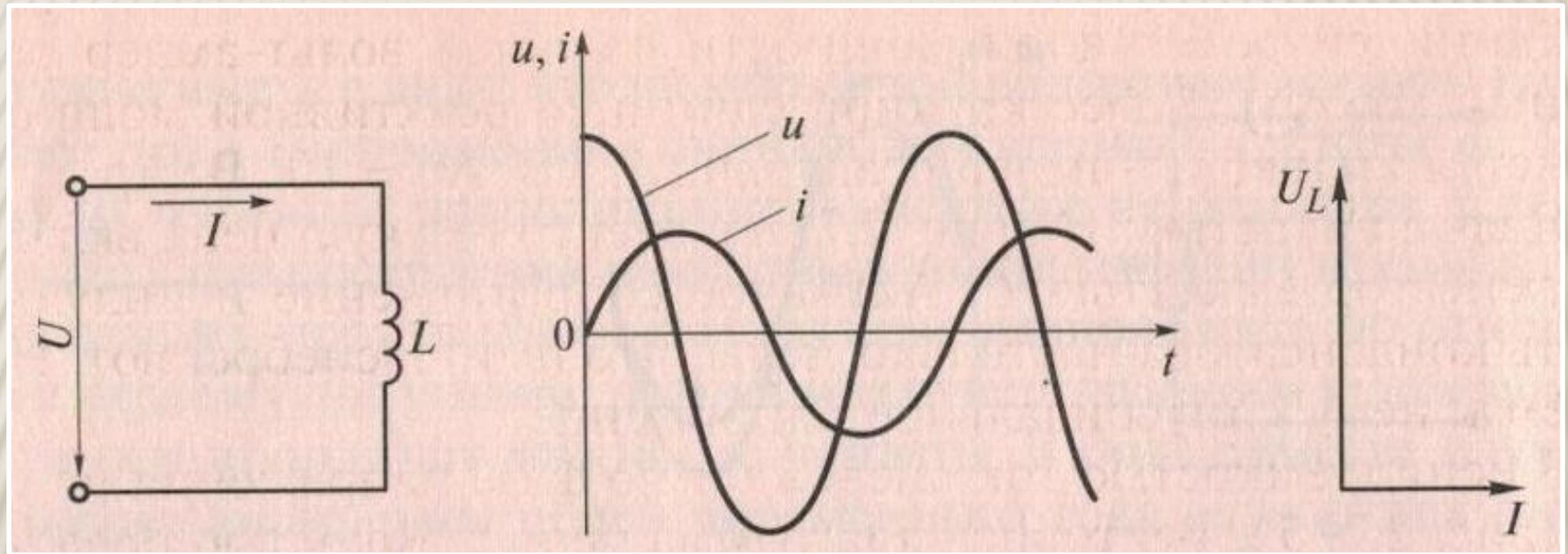
I – сила тока [А]

U_a – напряжение на активном
сопротивлении [В]

R – активное сопротивление [Ом]

P – активная мощность [Вт]

ЦЕПЬ С ИНДУКТИВНОСТЬЮ L



В цепи с индуктивностью L ток I отстает от напряжения U по фазе на угол $\varphi = 90^\circ$ (идеальная катушка индуктивности)

ЦЕПЬ С ИНДУКТИВНОСТЬЮ L

$$I = U_L / X_L$$

$$Q_L = I U_L = I^2 X_L = U_L^2 / X_L$$

I – сила тока [А]

U_L – напряжение на индуктивности [В]

X_L – реактивное индуктивное
сопротивление [Ом]

Q_L – реактивная индуктивная
мощность [вар]

ЦЕПЬ С ИНДУКТИВНОСТЬЮ L

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

X_L – реактивное индуктивное сопротивление [Ом]

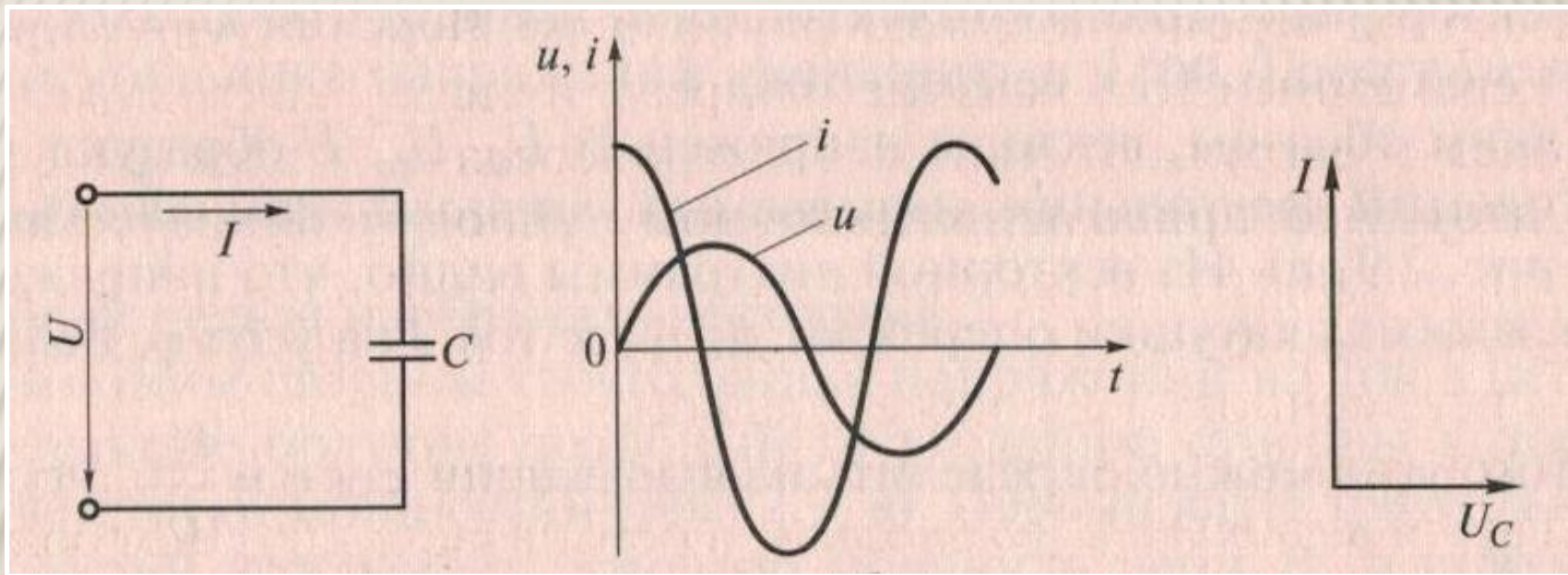
L – индуктивность [Гн]

$\omega = 2\pi f$ - угловая частота [рад/с]

f - циклическая частота [Гц]

Промышленная частота $f = 50$ Гц,
что соответствует $\omega = 314$ рад/с

ЦЕПЬ С ЕМКОСТЬЮ C



В цепи с емкостью C ток I опережает напряжение U по фазе на угол $\varphi = 90^\circ$

ЦЕПЬ С ЕМКОСТЬЮ С

$$I = U_c / X_c$$

$$Q_c = I U_c = I^2 X_c = U_c^2 / X_c$$

I – сила тока [А]

U_c – напряжение на емкости [В]

X_c – реактивное емкостное
сопротивление [Ом]

Q_c – реактивная емкостная мощность
[вар]

ЦЕПЬ С ЕМКОСТЬЮ C

$$X_c = 1/(\omega C) = 1/(2\pi f C)$$

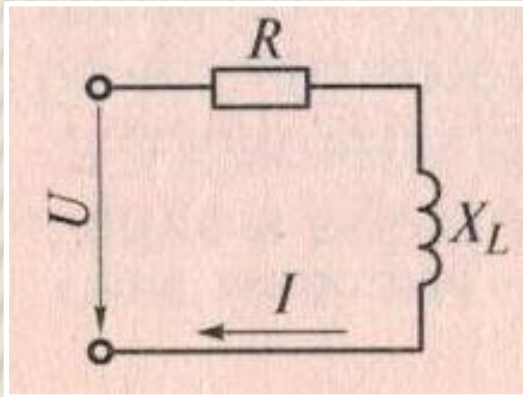
X_c – реактивное емкостное
сопротивление [Ом]

C – емкость [Ф]

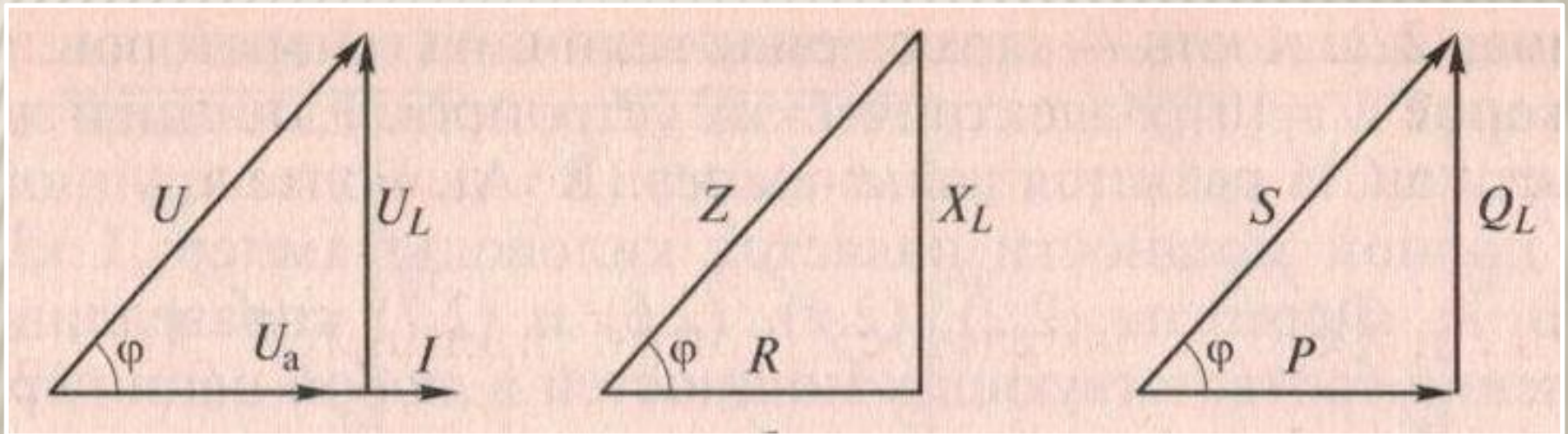
$\omega = 2\pi f$ - угловая частота [рад/с]

f - циклическая частота [Гц]

ЦЕПЬ С R И L ЭЛЕМЕНТАМИ



Реальная катушка индуктивности имеет два параметра: активное сопротивление R и индуктивность L



Z – полное сопротивление цепи [Ом]

S – полная мощность цепи [ВА]

ЦЕПЬ С R И L ЭЛЕМЕНТАМИ

Напряжение , приложенное к цепи, U [В]:

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_L^2}$$

Полная мощность цепи, S [ВА]:

$$S = \sqrt{P^2 + QL^2}$$

Полное сопротивление цепи, Z [Ом]:

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

ЦЕПЬ С R И L ЭЛЕМЕНТАМИ

Ток в цепи, I [А]:

$$I = U_a / R = U_L / X_L = U / Z$$

Полная мощность в цепи, S [ВА]:

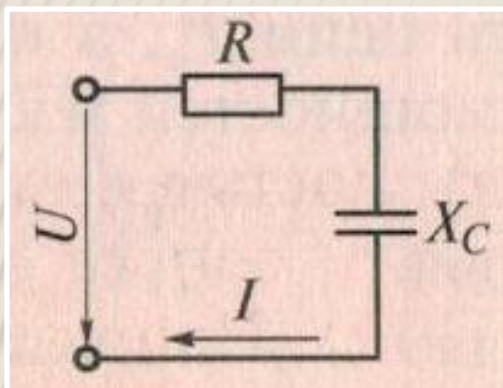
$$S = UI = I^2 Z = U^2 / Z$$

Из треугольника мощностей:

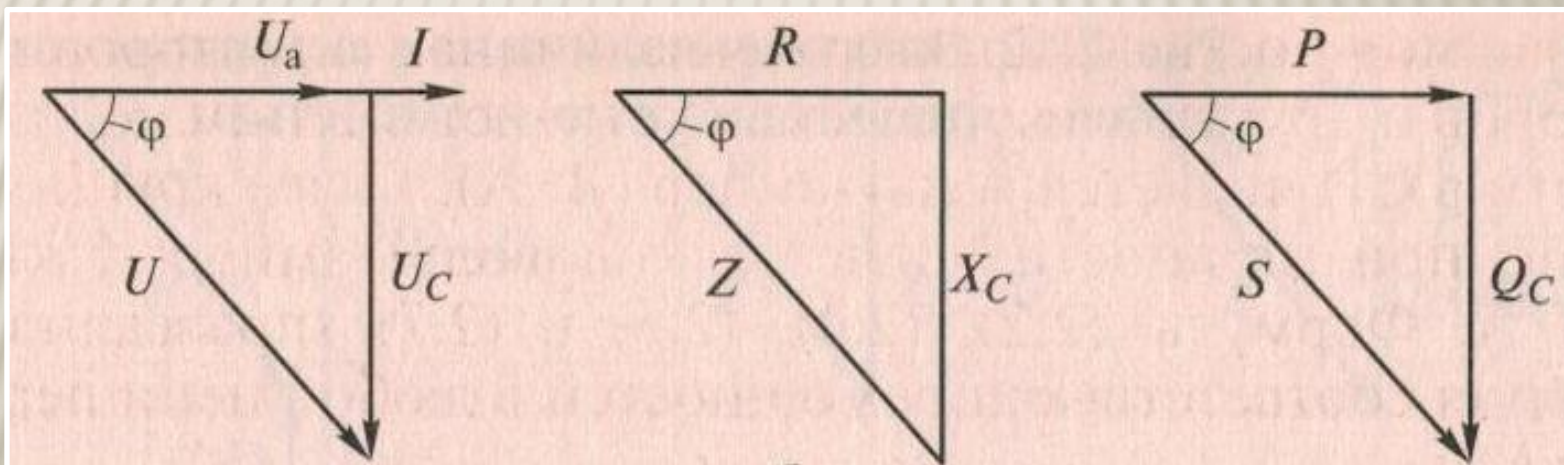
$$P = S \cos \varphi = UI \cos \varphi$$

$$Q_L = S \sin \varphi = UI \sin \varphi$$

ЦЕПЬ С R И C ЭЛЕМЕНТАМИ



Последовательно включены активное сопротивление R и емкость C



Z – полное сопротивление цепи [Ом]
 S – полная мощность цепи [ВА]

ЦЕПЬ С R И C ЭЛЕМЕНТАМИ

Напряжение, приложенное к цепи, **U** [В]:

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_c^2}$$

Полная мощность цепи, **S** [ВА]:

$$S = \sqrt{P^2 + Q_c^2}$$

Полное сопротивление цепи, **Z** [Ом]:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

ЦЕПЬ С R И C ЭЛЕМЕНТАМИ

Ток в цепи, I [А]:

$$I = U_a / R = U_c / X_c = U / Z$$

Полная мощность в цепи, S [ВА]:

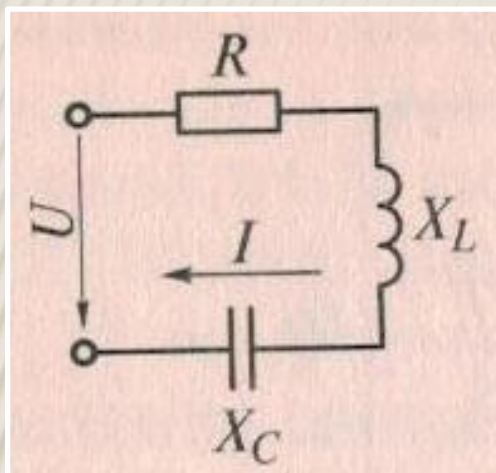
$$S = UI = IZ = U/Z$$

Из треугольника мощностей:

$$P = S \cos \varphi = UI \cos \varphi$$

$$Q_c = S \sin \varphi = UI \sin \varphi$$

ЦЕПЬ С R , L И C ЭЛЕМЕНТАМИ



Последовательно включены активное сопротивление R , индуктивность L и емкость C

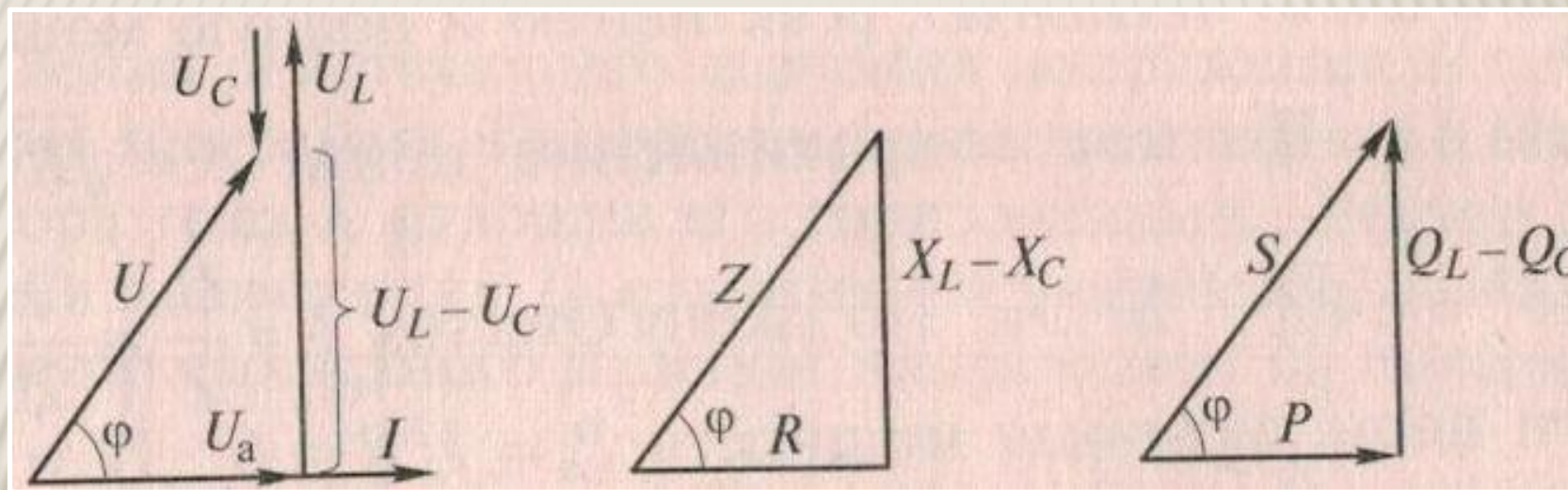
Действующие значения напряжений, на участках цепи, [В]:

$$U_a = I R$$

$$U_c = I X_c$$

$$U_L = I X_L$$

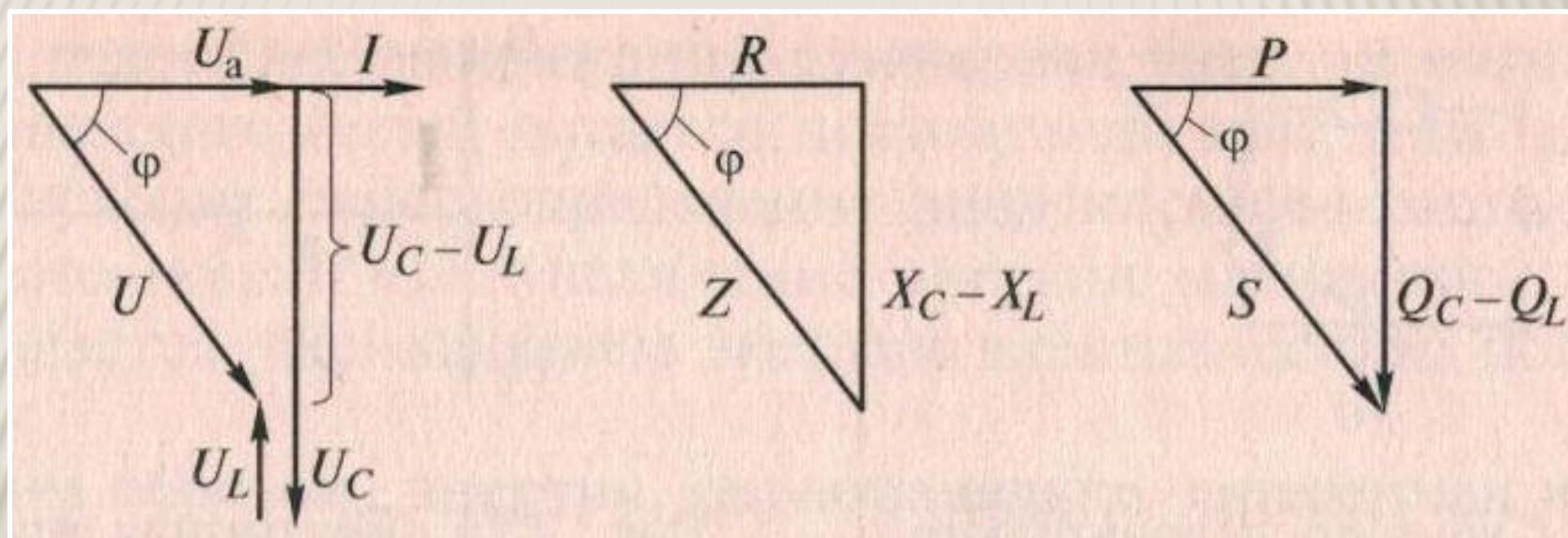
ЦЕПЬ С R, L И C ЭЛЕМЕНТАМИ



Цепь имеет активно-индуктивный характер $X_L > X_C$, $U_L > U_C$

Напряжение U опережает ток I по фазе на угол φ

ЦЕПЬ С R , L И C ЭЛЕМЕНТАМИ



Цепь имеет активно-емкостной характер $X_L < X_C$, $U_L < U_C$

Напряжение U отстает по фазе от тока I на угол φ

ЦЕПЬ С R, L И C ЭЛЕМЕНТАМИ

Ток в цепи, I [А]:

$$I = U_a / R = U_c / X_c = U_L / X_L = U / Z$$

Из треугольника напряжений:

$$U = \sqrt{U_a^2 + (U_L - U_c)^2}$$

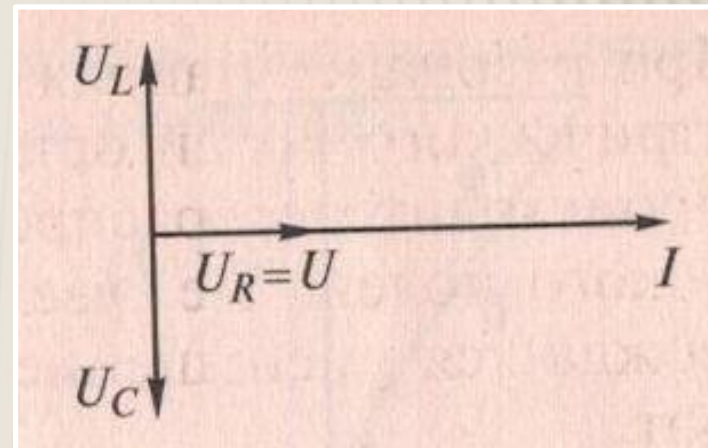
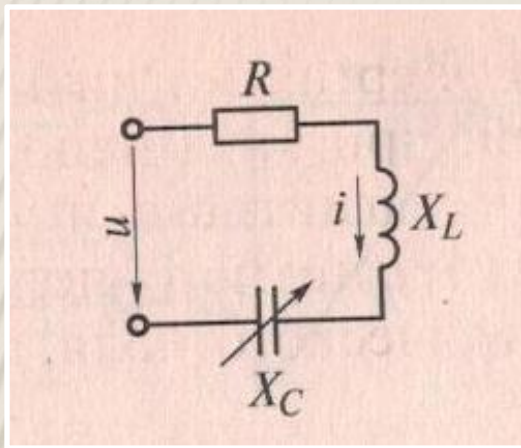
Из треугольника мощностей:

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_c)^2}$$

Из треугольника сопротивлений:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$$

РЕЗОНАНС НАПРЯЖЕНИЙ



При резонансе напряжений индуктивное X_L и емкостное X_C сопротивления взаимно компенсируются, в результате этого реактивное сопротивление и реактивная мощность цепи равны нулю.

$$X_L - X_C = 0, \quad U_L - U_C = 0, \quad Q_L - Q_C = 0, \quad S = P$$

РЕЗОНАНС НАПРЯЖЕНИЙ

При резонансе напряжений

$$X_L = X_C, \quad \omega L = 1/(\omega C),$$

откуда угловая частота

при резонансе

$$\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$$

Резонансная частота

$$f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$$

РЕЗОНАНС НАПРЯЖЕНИЙ

Признаки резонанса напряжений:

- Сопротивление $Z = R$ минимальное и чисто активное;
- Ток в цепи совпадает по фазе с напряжением источника и достигает максимального значения;
- Напряжение на индуктивной катушке равно напряжению на конденсаторе и каждое в отдельности может во много раз превышать напряжение на зажимах цепи.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ РЕСУРСЫ

- <http://model.exponenta.ru/>
- <http://www.treugoma.ru/>
- <http://www.hardtech.ru/>
- <http://electroandi.ru/>
- <http://www.ngpedia.ru/>

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ
