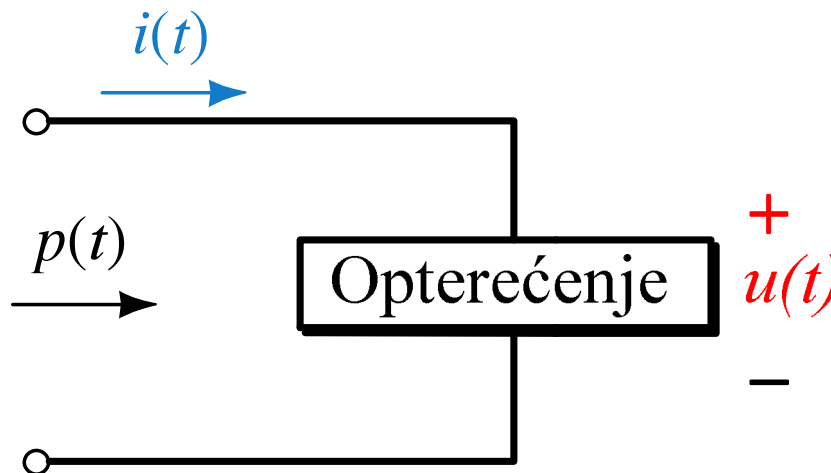


## Snage u kolima naizmjenične struje

- U naizmjeničnim kolima struje i naponi su vremenski promjenljive veličine pa će i snaga koja se isporučuje potrošaču biti vremenski promjenljiva
- Ta snaga naziva se **trenutna snaga** i označava se sa:

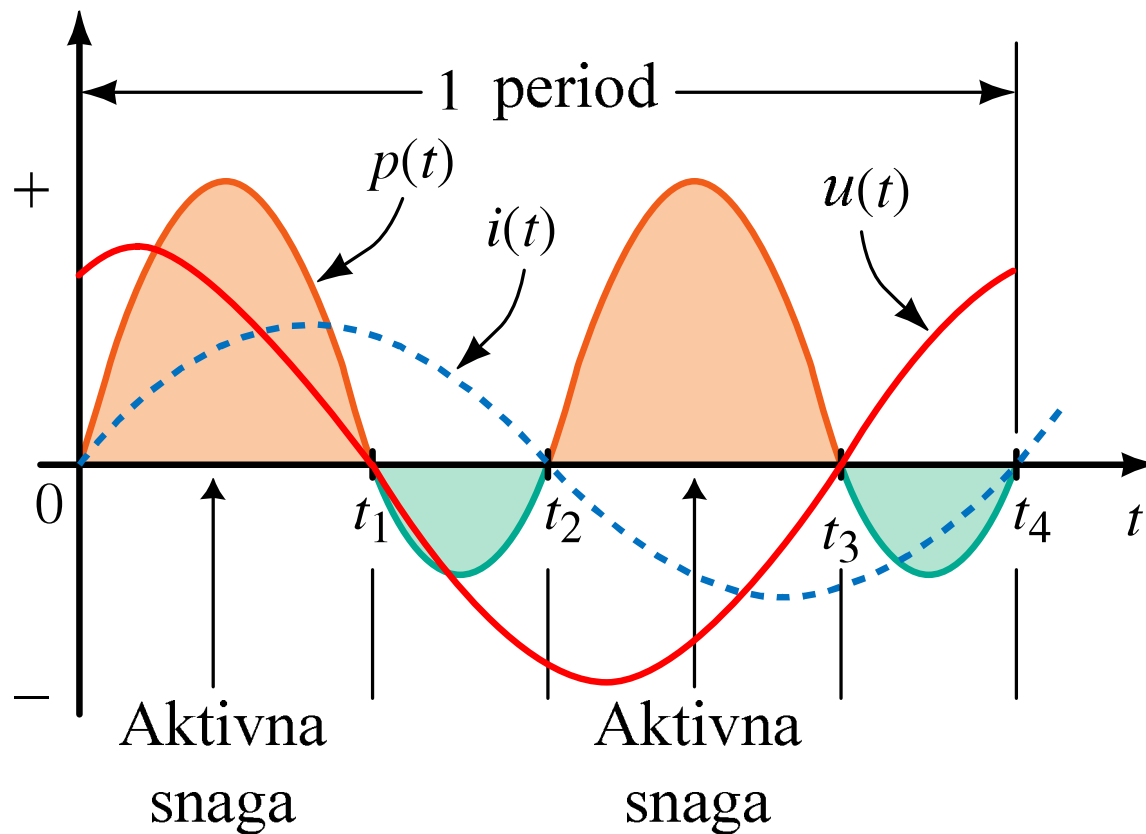
$$p(t) = u(t) \cdot i(t)$$

- U kolima naizmjenične struje postoje dvije vrste snaga:
  - **AKTIVNA** – koja se troši na otpornosti R
  - **REAKTIVNA** – koja se troši na reaktivnim elementima L i C



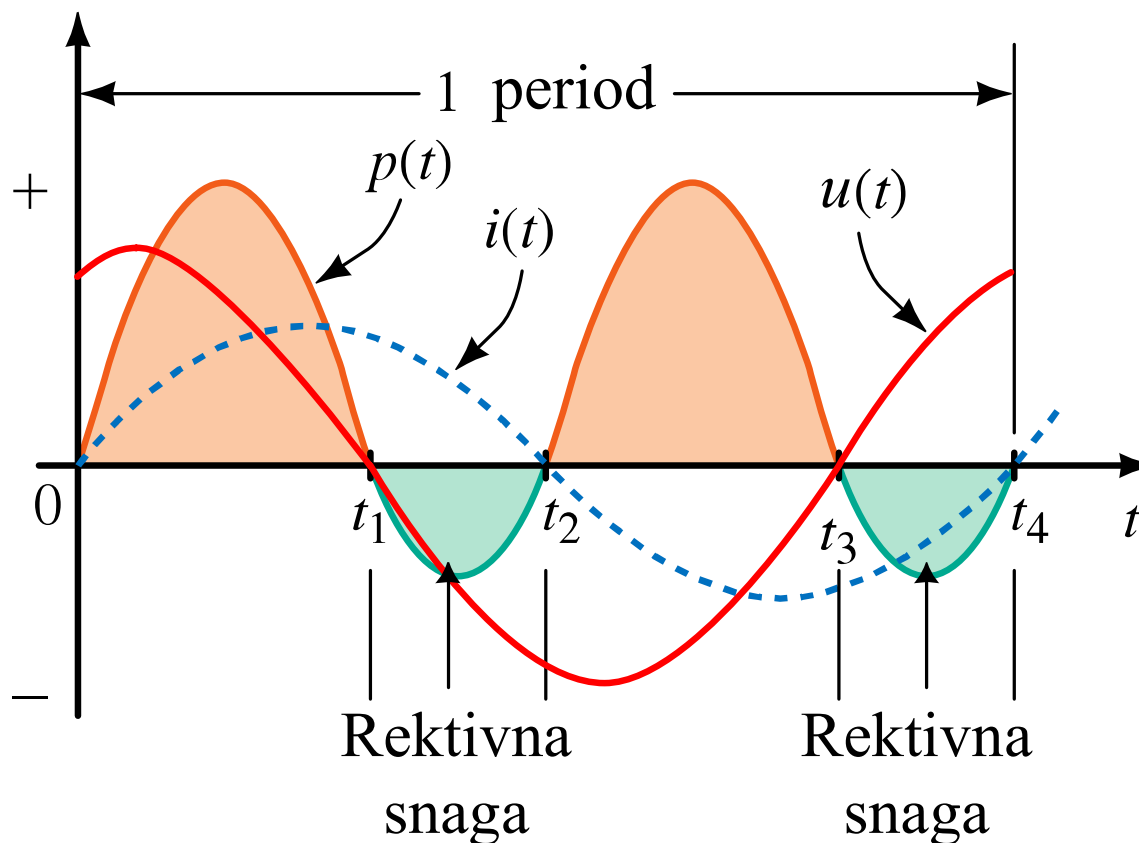
## Aktivna snaga $P$ u kolima naizmjenične struje

- Kada su i **napon**  $u(t)$  i **struja**  $i(t)$  naizmjeničnog izvora pozitivni/negativni, tada kažemo da izvor predaje snagu potrošaču.
- Srednja vrijednost te promjenljive snage naziva se **aktivna snaga** i označava se sa  $P$



## Reaktivna snaga $Q$ u kolima naizmjenične struje

- Kada je **napon**  $u(t)$  naizmjeničnog izvora pozitivan, a **struja**  $i(t)$  negativna i obrnuto, tada kažemo da potrošač predaje snagu izvoru.
- Srednja vrijednost te promjenljive snage naziva se **reaktivna snaga** i označava se sa  $Q$



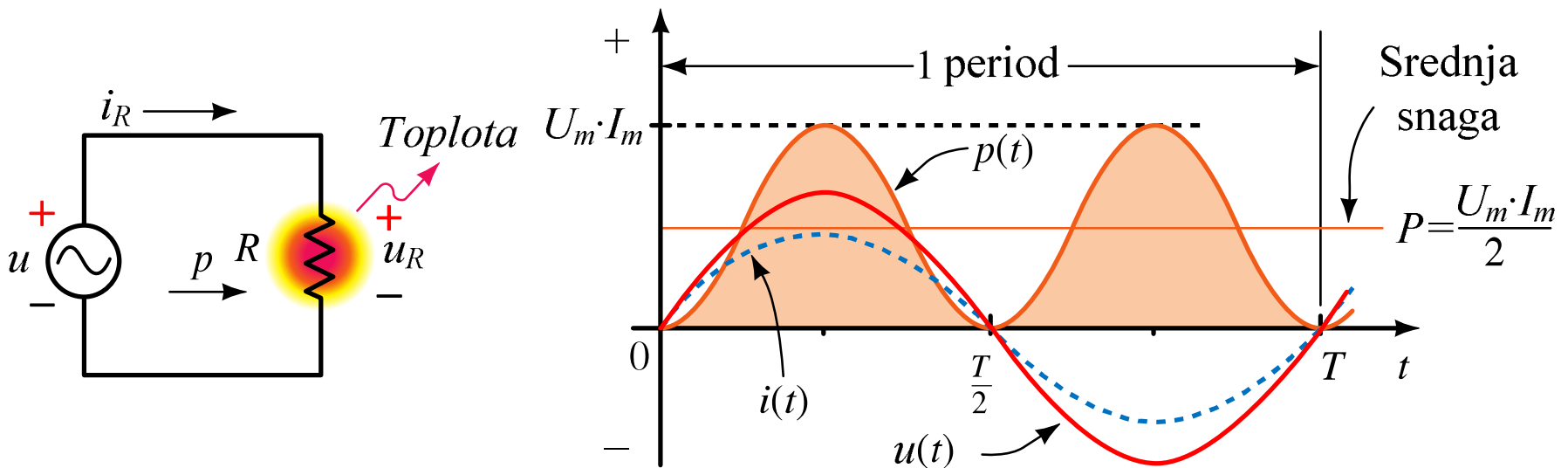
## Snaga u kolu naizmjenične struje sa otpornosti R

- U kolu naizmjenične struje sa otpornošću R struja  $i_R(t)$  i napon  $u_R(t)$  kola su u fazi tj.

$$u_R(t) = U_m \sin(\omega t); \quad i_R(t) = I_m \sin(\omega t)$$

- Trenutna vrijednost snage koja se troši na otporniku R je:

$$p(t) = u_R(t) \cdot i_R(t) = U_m \sin(\omega t) \cdot I_m \sin(\omega t) = U_m \cdot I_m \sin^2(\omega t)$$



## Snaga u kolu naizmjenične struje sa otpornošću R

- Trenutna snaga  $p(t)$  u kolu je stalno pozitivna, što znači da izvor stalno predaje snagu potrošaču
- Zaključak je: da u kolima naizmjenične struje sa otpornošću R postoji samo aktivna snaga
- Izraz za trenutnu snagu  $p(t)$  može se napisati u obliku:

$$p(t) = \frac{U_m \cdot I_m}{2} - \frac{U_m \cdot I_m}{2} \cos(2\omega t)$$

- Prvi član je konstantan i predstavlja srednju vrijednost aktivne snage i označava se sa **P**, dakle:

$$P = \frac{U_m \cdot I_m}{2} = \frac{\sqrt{2}U_R \cdot \sqrt{2}I_R}{2} \Rightarrow P = U_R \cdot I_R \quad [W - Wat]; \quad P = \frac{U_R^2}{R}; \quad P = I_R \cdot R^2$$

- Aktivna snaga **P** koja se troši na otporniku R jednaka je umnošku efektivnih vrijednosti napona na otporniku  $U_R$  i struje kroz otpornik  $I_L$

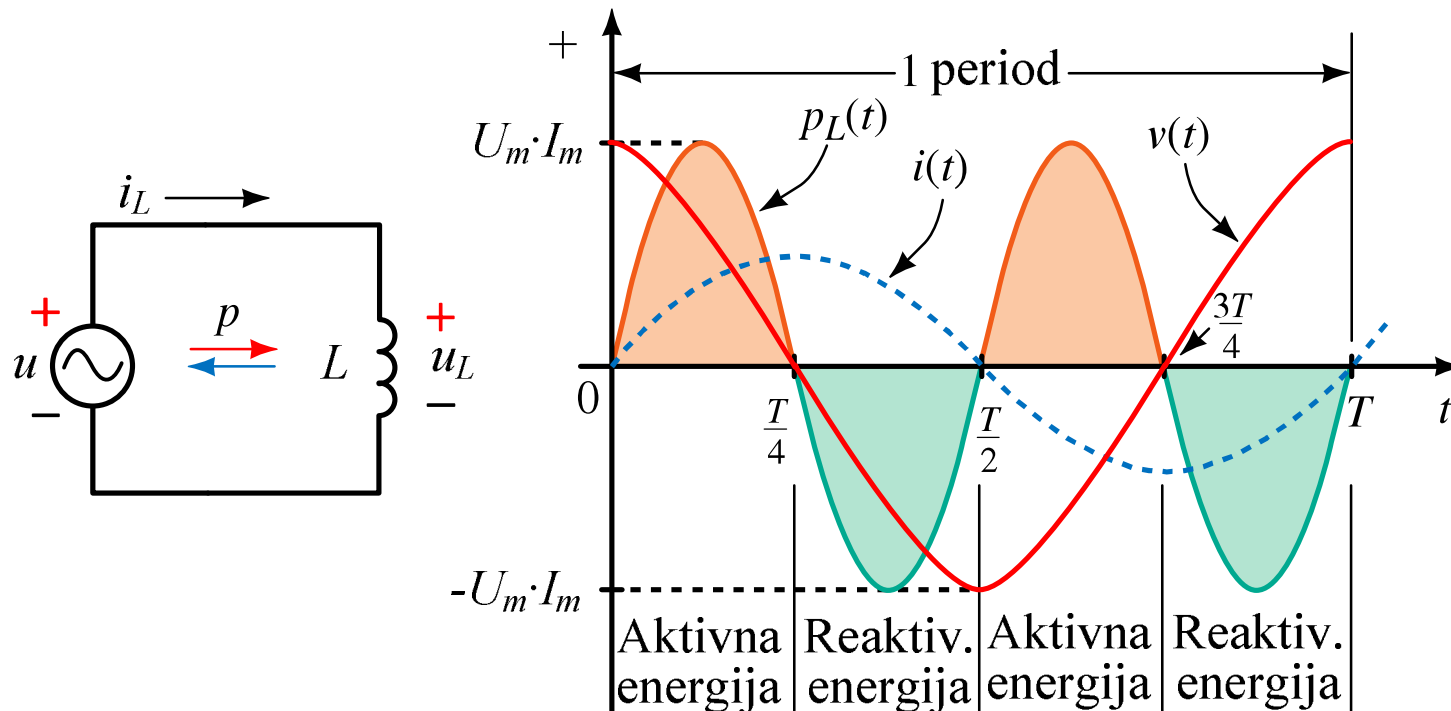
## Snaga u kolu naizmjenične struje sa zavojnicom L

- U kolu naizmjenične struje sa zavojnicom L napon  $u_L(t)$  fazno prednjači struji  $i_L(t)$  za ugao  $\theta=90^\circ$  tj.

$$i_L(t) = I_m \sin(\omega t); \quad u_L(t) = U_m \sin(\omega t + 90^\circ) = U_m \cos(\omega t)$$

- Trenutna vrijednost snage koja se troši na zavojnici L je:

$$p(t) = u_L(t) \cdot i_L(t) = U_m \cos(\omega t) \cdot I_m \sin(\omega t) = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \sin(2\omega t)$$



## Snaga u kolu naizmjenične struje sa zavojnicom L

- Trenutna snaga  $p(t)$  u kolu je  $T/4$  pozitivna, pa narednih  $T/4$  negativna itd. ....
- Zaključak je: U kolima naizmjenične struje sa zavojnicom L ne postoji aktivna snaga P tj. ona je jednala nuli  $P_L=0$
- Drugim riječima u kolu naizmjenične struje sa zavojnicom L nema gubitka snage izvora već se energija razmjenjuje između izvora i potrošača (zavojnice)
- Iz izraza za trenutnu snagu  $p(t)$  definiše se reaktivna snaga zavojnice  $Q_L$  kao:

$$Q_L = \frac{U_m \cdot I_m}{2} = \frac{\sqrt{2}U_L \cdot \sqrt{2}I_L}{2} \Rightarrow Q_L = U_L \cdot I_L \quad [VAR]; \quad Q_L = \frac{U_L^2}{X_L}; \quad Q_L = I_L \cdot X_L^2$$

- Reaktivna snaga  $Q_L$  koja se troši na zavojnici L jednaka je umnošku efektivnih vrijednosti napona na zavojnici  $U_L$  i struje kroz zavojnicu  $I_L$

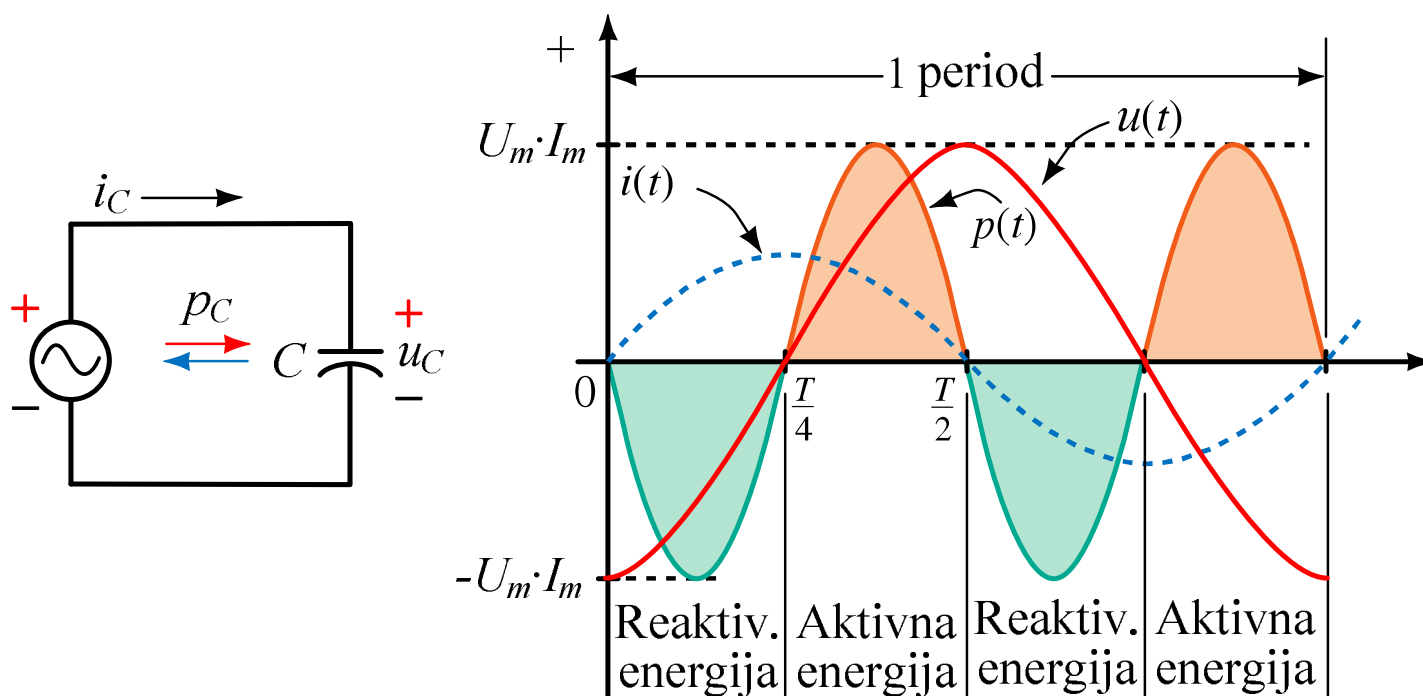
## Snaga u kolu naizmjenične struje sa kondenzatorom C

- U kolu naizmjenične struje sa kondenzatorom C napon kondenzatora  $u_C(t)$  fazno zaostaje za strujom  $i_C(t)$  za ugao  $\theta=90^\circ$  tj.

$$i_L(t) = I_m \sin(\omega t); \quad u_L(t) = U_m \sin(\omega t - 90^\circ) = -U_m \cos(\omega t)$$

- Trenutna vrijednost snage koja se troši na kondenzatoru C je:

$$p(t) = u_C(t) \cdot i_C(t) = -U_m \cos(\omega t) \cdot I_m \sin(\omega t) = -\frac{U_m \cdot I_m}{2} \sin(2\omega t)$$



## Snaga u kolu naizmjenične struje sa kondenzatorom C

- Trenutna snaga  $p(t)$  u kolu je  $T/4$  pozitivna, pa narednih  $T/4$  negativna itd. ....
- Zaključak je: U kolima naizmjenične struje sa kondenzatorom C ne postoji aktivna snaga P tj. ona je jednala nuli  $P_L=0$
- Drugim riječima u kolu naizmjenične struje sa kondenzatorom C nema gubitka snage izvora već se energija razmjenjuje između izvora i potrošača (kondenzatora)
- Iz izraza za trenutnu snagu  $p(t)$  definiše se reaktivna snaga kondenzatora  $Q_C$  kao:

$$Q_C = \frac{U_m \cdot I_m}{2} = \frac{\sqrt{2}U_c \cdot \sqrt{2}I_c}{2} \Rightarrow Q_C = U_c \cdot I_c \quad [VAR]; \quad Q_C = \frac{U_c^2}{X_c}; \quad Q_C = I_c \cdot X_c^2$$

- Reaktivna snaga  $Q_C$  koja se troši na kondenzatoru C jednaka je umnošku efektivnih vrijednosti napona na zavojnici  $U_C$  i struje kroz zavojnicu  $I_C$

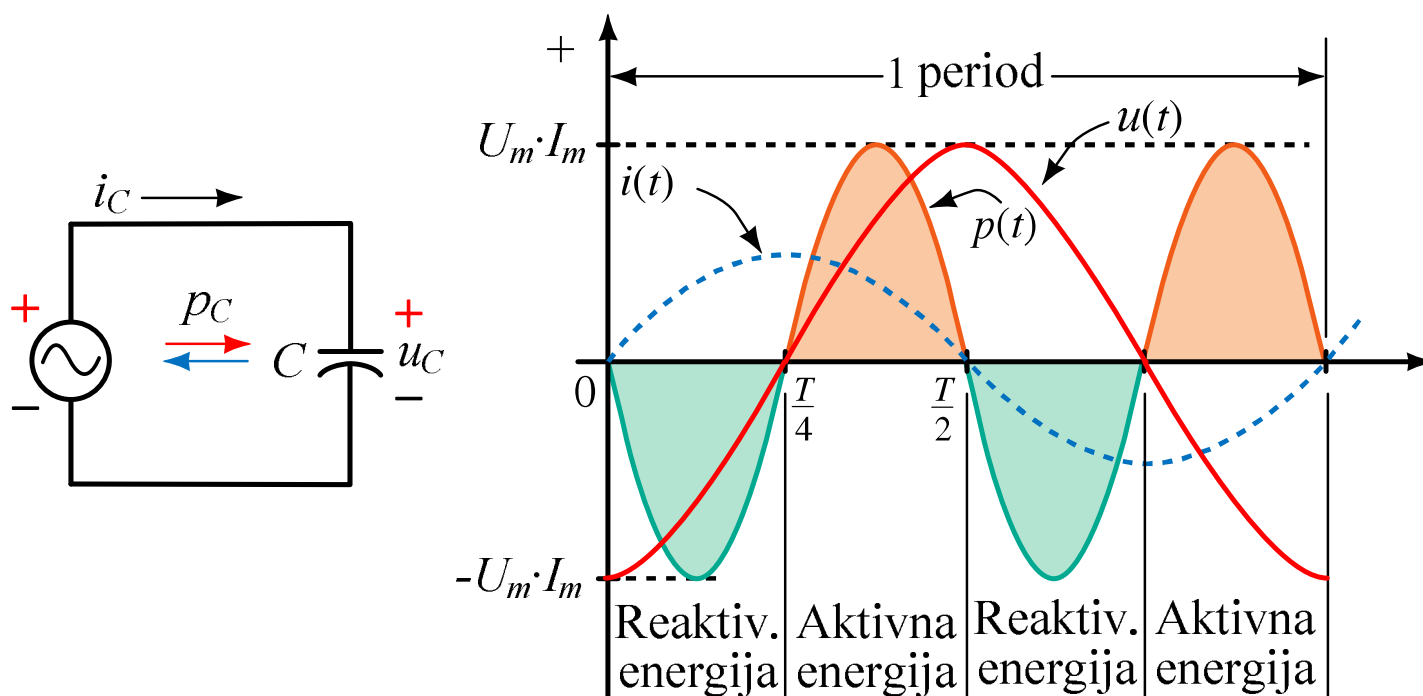
## Snaga u kolu naizmjenične struje sa kondenzatorom C

- U kolu naizmjenične struje sa kondenzatorom C napon kondenzatora  $u_C(t)$  fazno zaostaje za strujom  $i_C(t)$  za ugao  $\theta=90^\circ$  tj.

$$i_L(t) = I_m \sin(\omega t); \quad u_L(t) = U_m \sin(\omega t - 90^\circ) = -U_m \cos(\omega t)$$

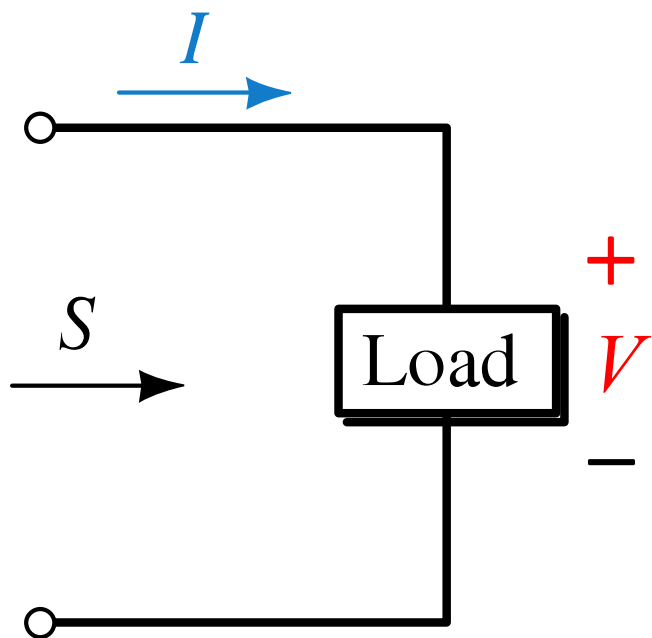
- Trenutna vrijednost snage koja se troši na kondenzatoru C je:

$$p(t) = u_C(t) \cdot i_C(t) = -U_m \cos(\omega t) \cdot I_m \sin(\omega t) = -\frac{U_m \cdot I_m}{2} \sin(2\omega t)$$



## Definicija prividne snage $S$ u naizmjeničnim kolima

- U opštem slučaju umnožak efektivnih vrijednosti napona  $U$  i struje  $I$  potrošača predstavlja prividnu snagu potrošača  $S$ , bez obzira na tip potrošača:



$$S = U \cdot I \quad [\text{VA}]$$

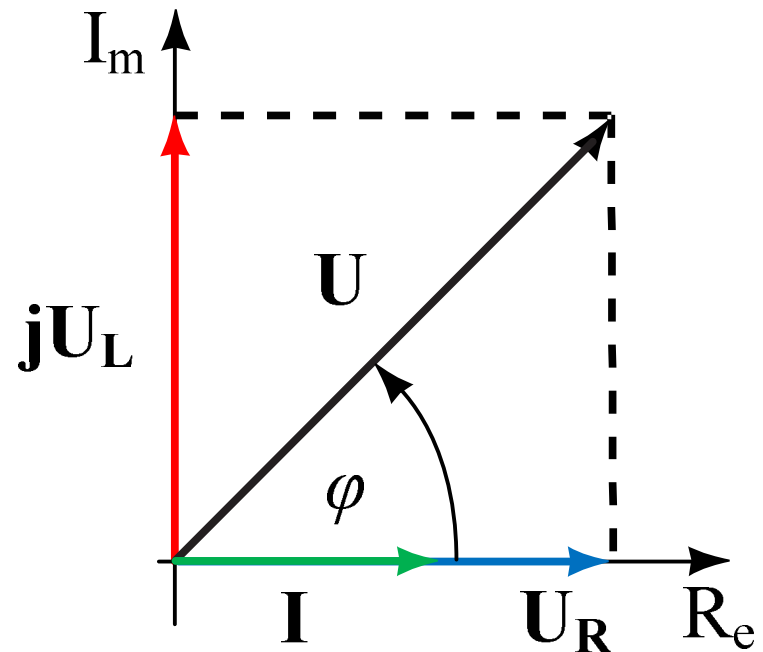
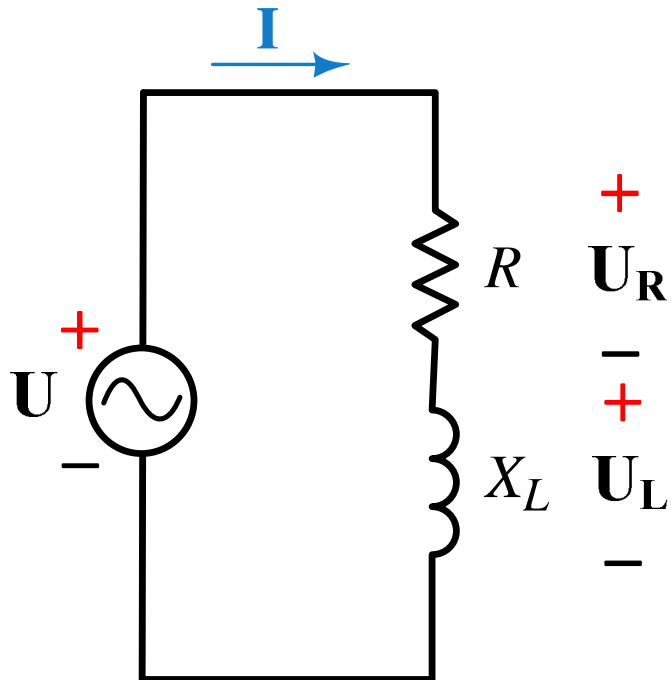
$$S = \frac{U}{Z^2} \quad [\text{VA}]$$

$$S = I \cdot Z^2 \quad [\text{VA}]$$

## Veza između P, Q i S u RL kolu

- Pretpostavimo da u RL kolu teče struja  $I = I \angle 0^\circ$
- Napon na otpniku je u fazi sa strujom  $U_R = U_R \angle 0^\circ$  a napon na zavojnice fazno prednjači struji za ugao od  $90^\circ$   $U_L = U_L \angle 90^\circ$
- Napon izvora  $U$  jednak je vektorskom zbiru napona  $U_R$  i  $U_L$

$$U = U_R + U_L = U_R \angle 0^\circ + U_L \angle 90^\circ = U \angle \theta$$



## Veza između P, Q i S u RL kolu

- Množenjem napona sa strujom dobijamo snage u kolu:

- Aktivnu snagu  $P = U_R \cdot I = U_R \angle 0^\circ \cdot I \angle 0^\circ = U_R \cdot I \angle 0^\circ \Rightarrow P = P \angle 0^\circ$

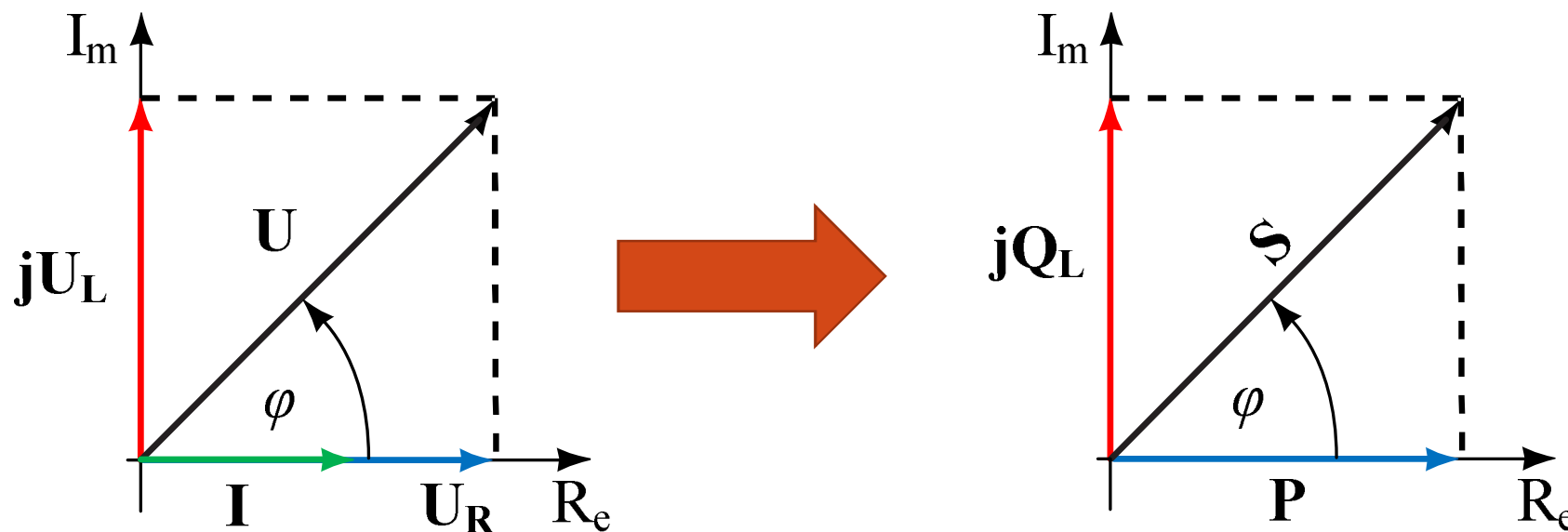
- Reaktivnu snagu  $Q_L = U_L \cdot I = U_L \angle 90^\circ \cdot I \angle 0^\circ = U_L \cdot I \angle 90^\circ \Rightarrow Q_L = Q_L \angle 90^\circ$

- Prividnu snaga izvora kao kompleksan broj:

$$S = P + jQ_L$$

$$S = S \angle \varphi; \quad S = \sqrt{P^2 + Q_L^2}; \quad \varphi = \arctg \frac{Q_L}{P}$$

$$P = S \cos \varphi; \\ Q_L = S \sin \varphi;$$



## Veza između P, Q i S u RL kolu

- Prividna snaga u kolu S može se dobiti direktnim množenje struje i napona kao  $S = U \cdot I^*$  gdje je  $I^*$  konjugovano kompleksna vrijednost struje u kolu  $I$

- Snage u kolu se mogu izraziti i preko impedansi kola:

$$P = U_R \cdot I = Z_R \cdot I \cdot I^* = R \cdot I^2 \quad (W)$$

- Aktivnu snaga

$$P = U_R \cdot I = \frac{U_R \cdot U_R^*}{Z_R} = \frac{U_R^2}{R} \quad (W)$$

- Reaktivnu snaga

$$Q_L = U_L \cdot I = Z_L \cdot I \cdot I^* = X_L \cdot I^2 \quad (VAr)$$

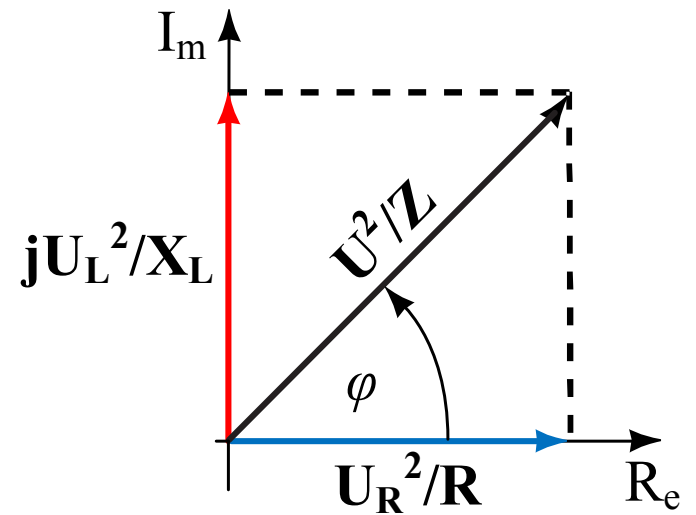
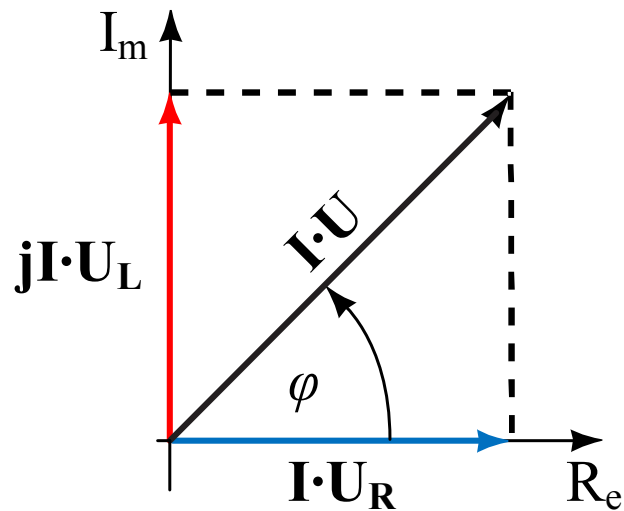
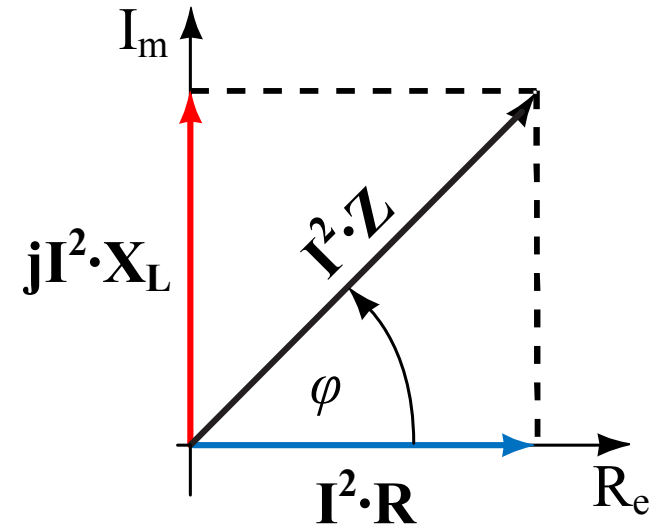
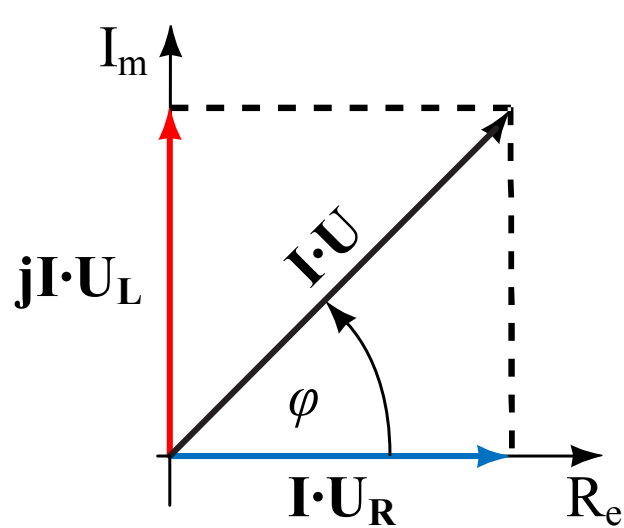
$$Q_L = U_L \cdot I = \frac{U_L \cdot U_L^*}{Z_L} = \frac{U_L^2}{X_L} \quad (VAr)$$

- Prividnu snaga

$$S = U \cdot I^* = Z \cdot I \cdot I^* = Z \cdot I^2 \quad (VA)$$

$$S = U \cdot I^* = \frac{U \cdot U^*}{Z} = \frac{U^2}{Z} \quad (VA)$$

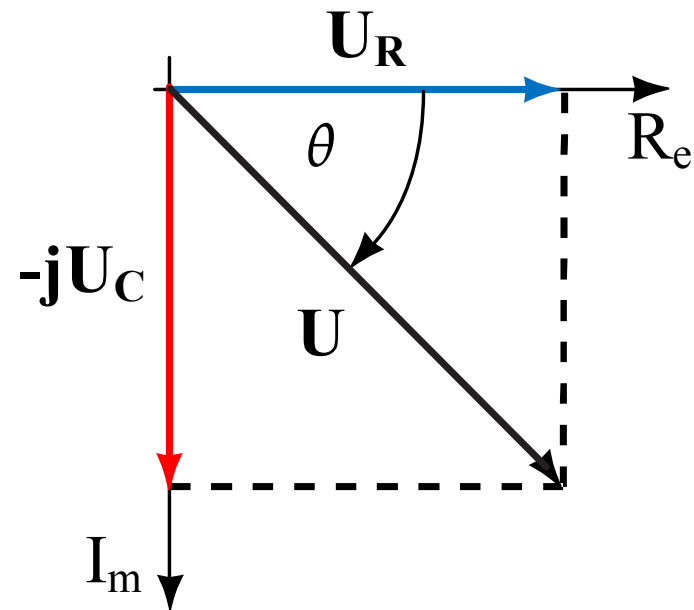
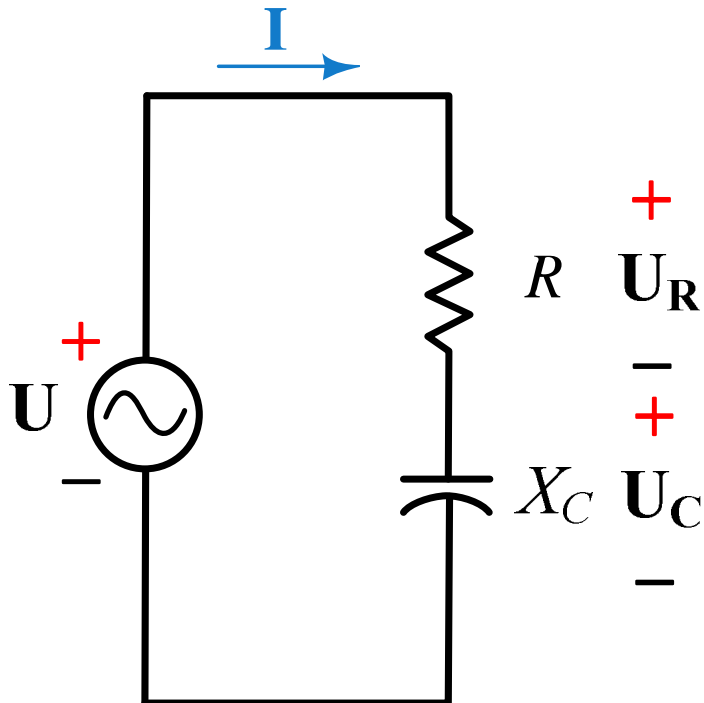
## Veza između P, Q i S u RL kolu



## Veza između P, Q i S u RC kolu

- Pretpostavimo da u RC kolu teče struja  $I = I \angle 0^\circ$
- Napon na otpniku je u fazi sa strujom  $U_R = U_R \angle 0^\circ$ , a napon kodezatora fazno zaostaje za struji za ugao od  $90^\circ$   $U_C = U_C \angle -90^\circ$
- Napon izvora  $U$  jednak je vektorskom zbiru napona  $U_R$  i  $U_L$

$$U = U_R + U_L = U_R \angle 0^\circ + U_L \angle -90^\circ = U \angle -\theta$$



## Veza između P, Q i S u RC kolu

- Množenjem napona sa strujom dobijamo snage u kolu:

- Aktivnu snagu  $P = U_R \cdot I = U_R \angle 0^\circ \cdot I \angle 0^\circ = U_R \cdot I \angle 0^\circ \Rightarrow P = P \angle 0^\circ$

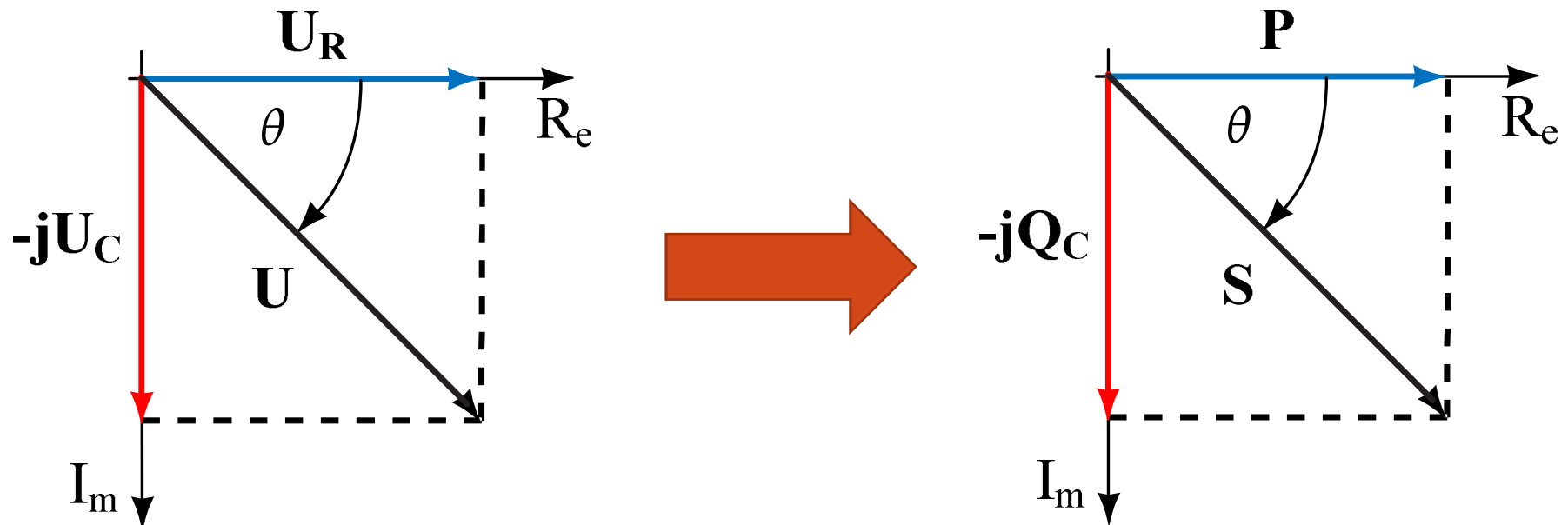
- Reaktivnu snagu  $Q_C = U_C \cdot I = U_C \angle -90^\circ \cdot I \angle 0^\circ \Rightarrow Q_C = Q_C \angle -90^\circ$

- Prividnu snaga izvora kao kompleksan broj:

$$S = P - jQ_C$$

$$S = S \angle -\varphi; \quad S = \sqrt{P^2 + Q_C^2}; \quad \varphi = -\arctg \frac{Q_C}{P}$$

$$P = S \cos \varphi; \\ Q_C = S \sin \varphi;$$



## Veza između P, Q i S u RC kolu

- Prividna snaga u kolu S može se dobiti direktnim množenje struje i napona kao  $S = U \cdot I^*$  gdje je  $I^*$  konjugovano kompleksna vrijednost struje u kolu I

- Snage u kolu se mogu izraziti i preko impedansi kola:

$$P = U_R \cdot I = Z_R \cdot I \cdot I^* = R \cdot I^2 \quad (W)$$

- Aktivnu snaga

$$P = U_R \cdot I = \frac{U_R \cdot U_R^*}{Z_R} = \frac{U_R^2}{R} \quad (W)$$

- Reaktivnu snaga

$$Q_C = U_C \cdot I = Z_C \cdot I \cdot I^* = X_C \cdot I^2 \quad (VAr)$$

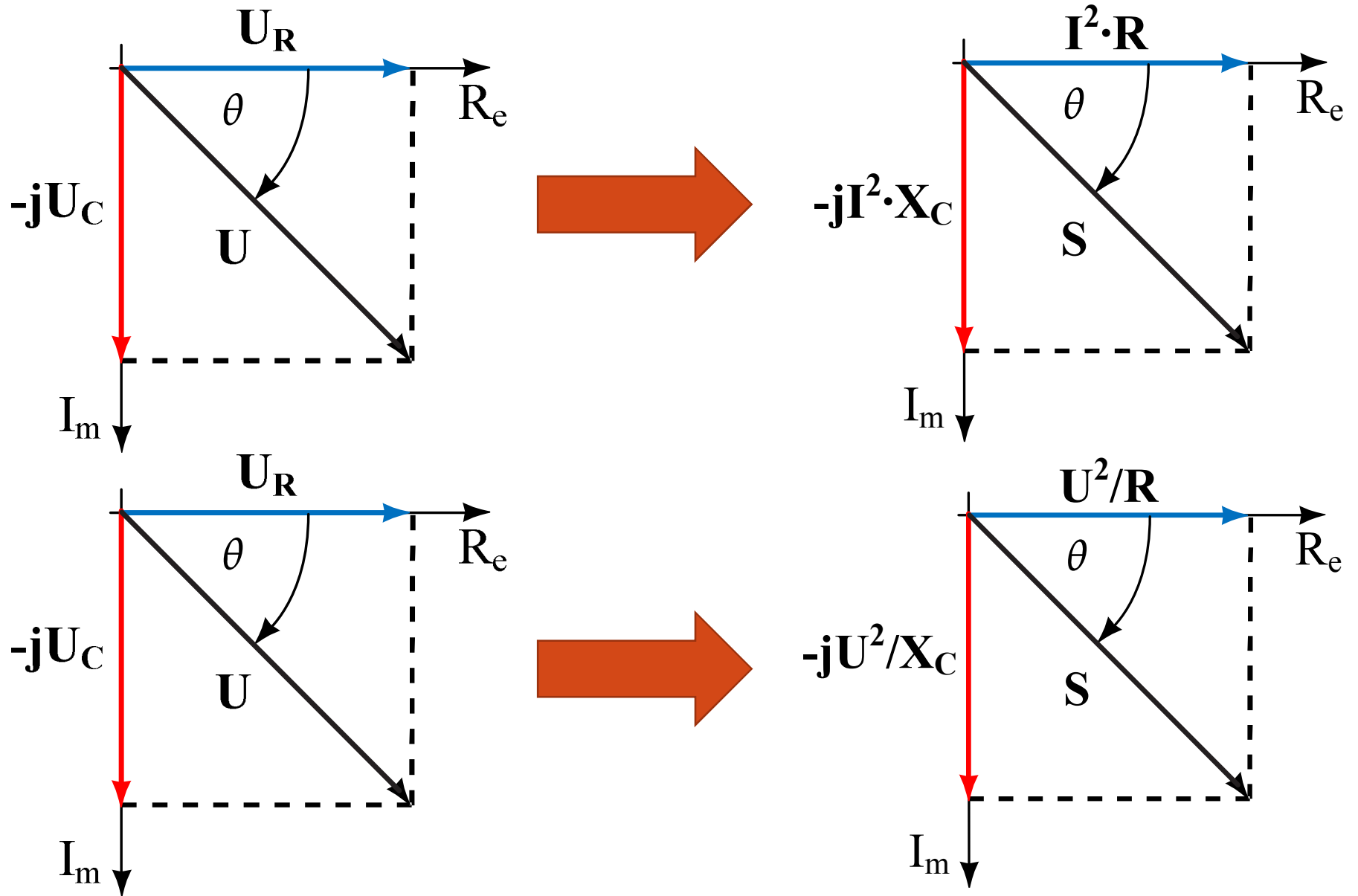
$$Q_C = U_C \cdot I = \frac{U_C \cdot U_C^*}{Z_C} = \frac{U_C^2}{X_C} \quad (VAr)$$

- Prividnu snaga

$$S = U \cdot I^* = Z \cdot I \cdot I^* = Z \cdot I^2 \quad (VA)$$

$$S = U \cdot I^* = \frac{U \cdot U^*}{Z} = \frac{U^2}{Z} \quad (VA)$$

## Veza između P, Q i S u RC kolu



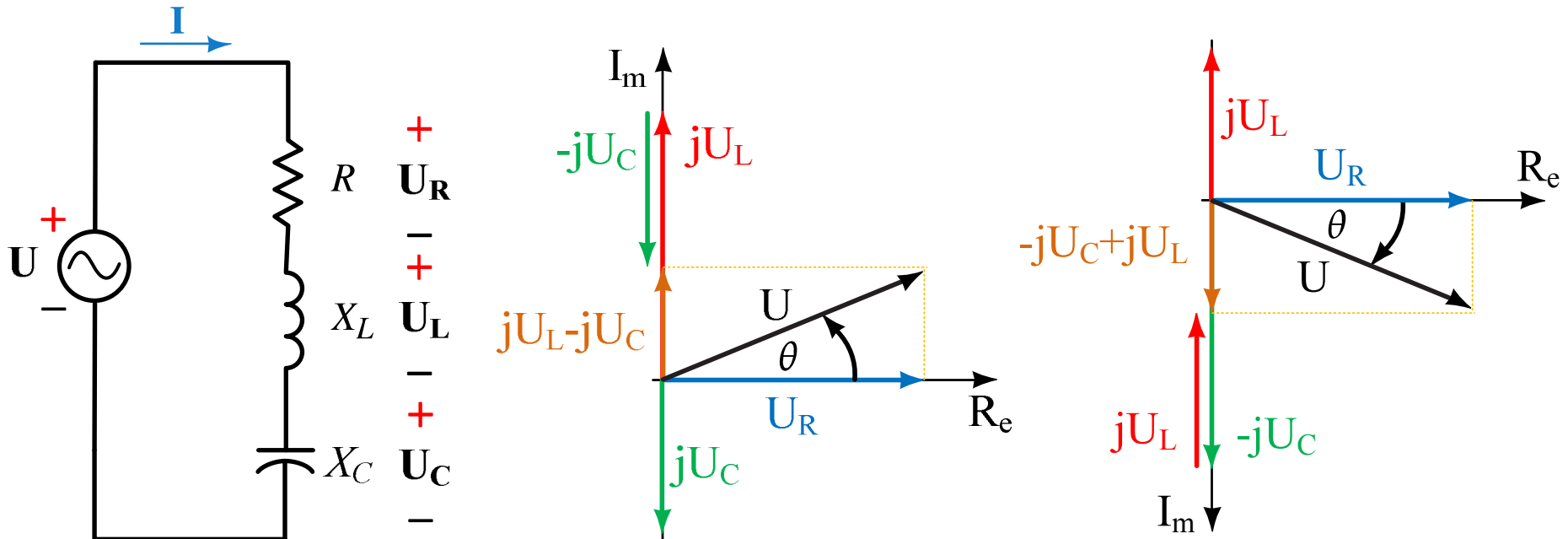
## Veza između P, Q i S u serijskom RLC kolu

- Pretpostavimo da u RLC kolu teče struja  $I = I \angle 0^\circ$
- Naponi na elementima kola u odnosu na struju  $I$  imaju sljedeće fazne stavove:

$$U_R = U_R \angle 0^\circ, \quad U_L = U_L \angle 90^\circ, \quad U_C = U_C \angle -90^\circ$$

- Napon izvora  $U$  jednak je vektorskom zbiru napona  $U_R$ ,  $U_L$  i  $U_C$

$$U = U_R + U_L + U_C = U_R \angle 0^\circ + U_L \angle 90^\circ + U_C \angle -90^\circ = U \angle \pm \theta$$



## Veza između P, Q i S u RLC kolu

- Množenjem napona sa strujom dobijamo snage u kolu:

- Aktivnu snagu  $P = U_R \cdot I = U_R \angle 0^\circ \cdot I \angle 0^\circ = U_R \cdot I \angle 0^\circ \Rightarrow P = P \angle 0^\circ$

- Reaktivnu snagu

$$Q_L = U_L \cdot I = U_L \angle 90^\circ \cdot I \angle 0^\circ = U_L \cdot I \angle 90^\circ \Rightarrow Q_L = Q_L \angle 90^\circ = jQ_L$$

$$Q_C = U_C \cdot I = U_C \angle -90^\circ \cdot I \angle 0^\circ = U_C \cdot I \angle -90^\circ \Rightarrow Q_C = Q_C \angle -90^\circ = -jQ_C$$

$$Q = jQ_L - jQ_C \Rightarrow Q = j(Q_L - Q_C)$$

- Prividnu snagu izvora kao kompleksan broj:

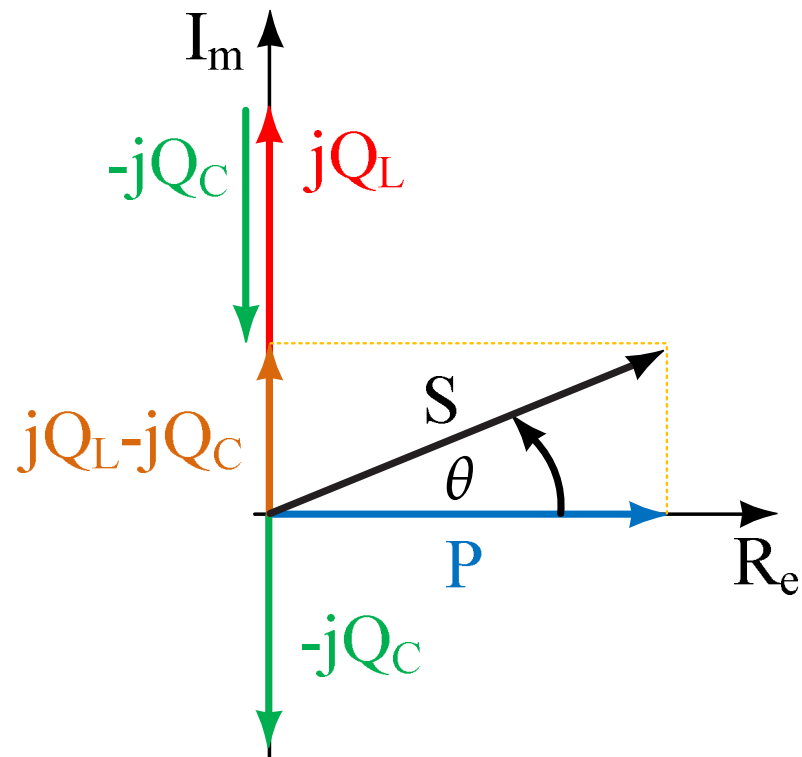
$$S = P \pm jQ$$

$$S = S \angle \pm \varphi; \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}; \quad \varphi = \arctg \frac{Q}{P}$$

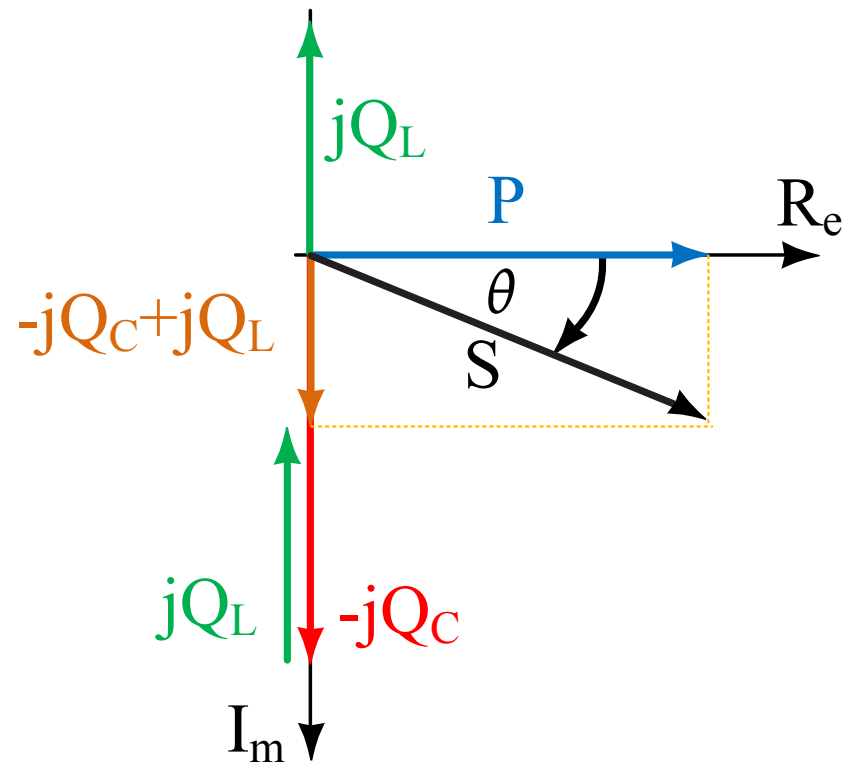
$$P = S \cos \varphi; \\ Q = S \sin \varphi;$$

## Veza između P, Q i S u RLC kolu

I slučaj  $X_L > X_C \Rightarrow \theta > 0$



II slučaj  $X_L < X_C \Rightarrow \theta < 0$



## Veza između P, Q i S u RLC kolu

- Prividna snaga u kolu S može se dobiti direktnim množenje struje i napona kao  $S = U \cdot I^*$  gdje je  $I^*$  konjugovano kompleksna vrijednost struje u kolu I

- Snage u kolu se mogu izraziti i preko impedansi kola:

$$P = U_R \cdot I = Z_R \cdot I \cdot I^* = R \cdot I^2 \quad (W)$$

- Aktivnu snaga

$$P = U_R \cdot I = \frac{U_R \cdot U_R^*}{Z_R} = \frac{U_R^2}{R} \quad (W)$$

- Reaktivnu snaga  $Q = U_Q \cdot I = (jZ_L - jZ_C) \cdot I \cdot I^* = X \cdot I^2 \quad (VAr)$

$$Q = U_Q \cdot I = \frac{U_C \cdot U_C^*}{(jZ_L - jZ_C)} = \frac{U_C^2}{X} \quad (VAr)$$

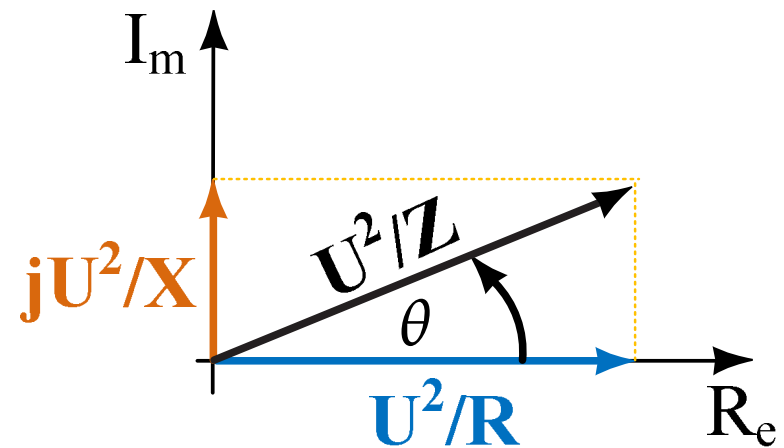
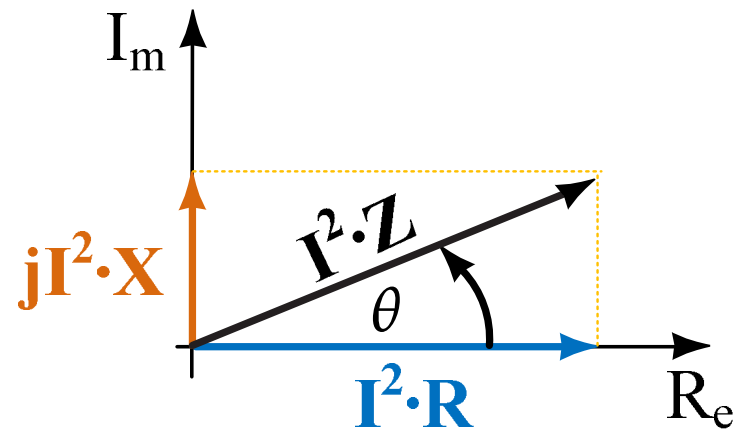
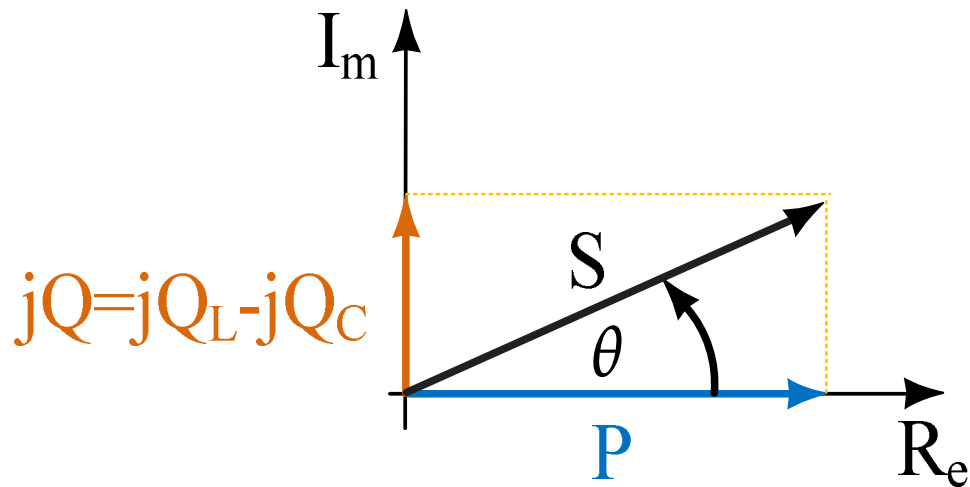
- Prividnu snaga

$$S = U \cdot I^* = Z \cdot I \cdot I^* = Z \cdot I^2 \quad (VA)$$

$$S = U \cdot I^* = \frac{U \cdot U^*}{Z} = \frac{U^2}{Z} \quad (VA)$$

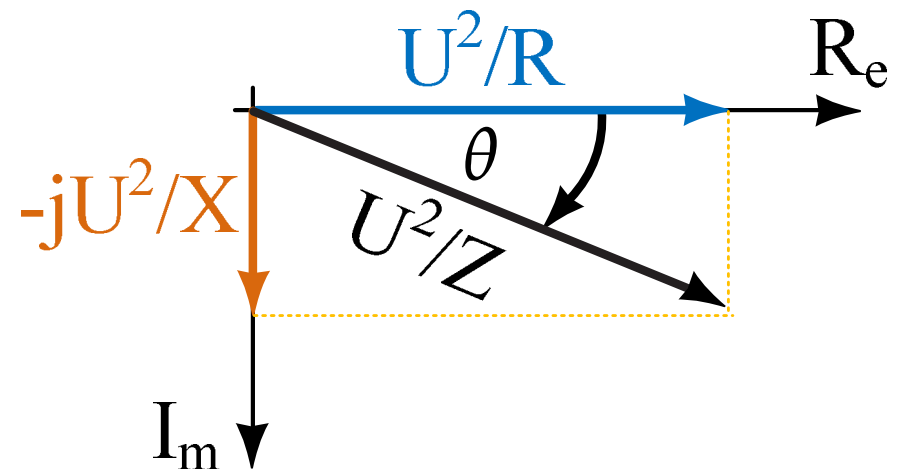
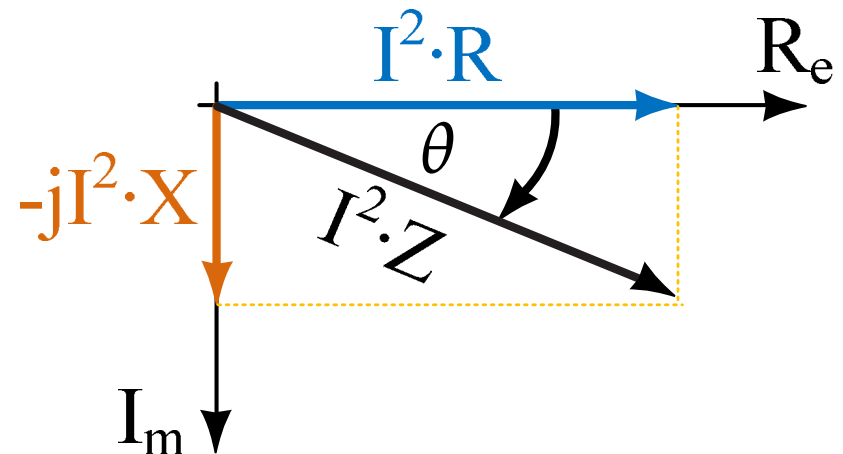
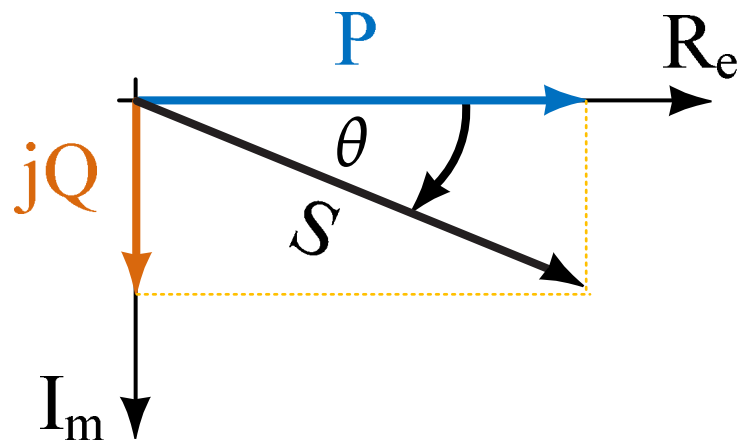
## Veza između P, Q i S u RLC kolu

I slučaj  $Q_L > Q_C \Rightarrow \theta > 0$



## Veza između P, Q i S u RLC kolu

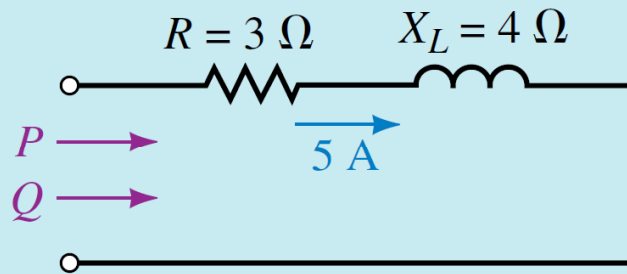
II slučaj  $Q_L < Q_C \Rightarrow \theta < 0$



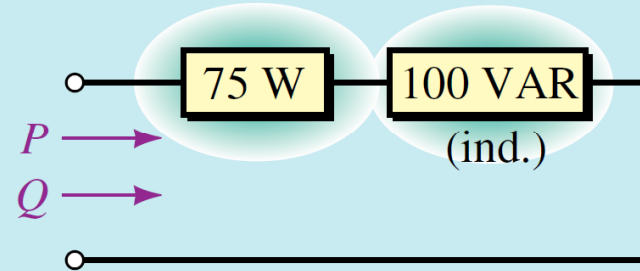
## Snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

**EXAMPLE 17-2** For the  $RL$  circuit of Figure 17-7(a),  $I = 5$  A. Determine  $P$  and  $Q$ .



(a)



(b) Symbolic representation

**FIGURE 17-7** From the terminals,  $P$  and  $Q$  are the same for both (a) and (b).

### Solution

$$P = I^2 R = (5\text{ A})^2 (3\ \Omega) = 75\text{ W}$$

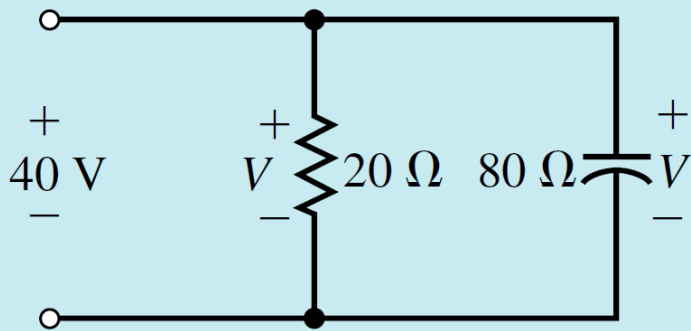
$$Q = Q_L = I^2 X_L = (5\text{ A})^2 (4\ \Omega) = 100\text{ VAR (ind.)}$$

These can be represented symbolically as in Figure 17-7(b).

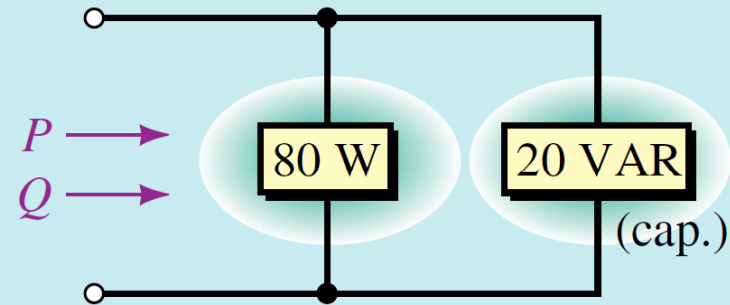
## Snage u naizmjeničnim kolima

Primjer

**EXAMPLE 17-3** For the  $RC$  circuit of Figure 17-8(a), determine  $P$  and  $Q$ .



(a)



(b)

**FIGURE 17-8** From the terminals,  $P$  and  $Q$  are the same for both (a) and (b).

**Solution**

$$P = V^2/R = (40 \text{ V})^2/(20 \Omega) = 80 \text{ W}$$

$$Q = Q_C = V^2/X_C = (40 \text{ V})^2/(80 \Omega) = 20 \text{ VAR (cap.)}$$

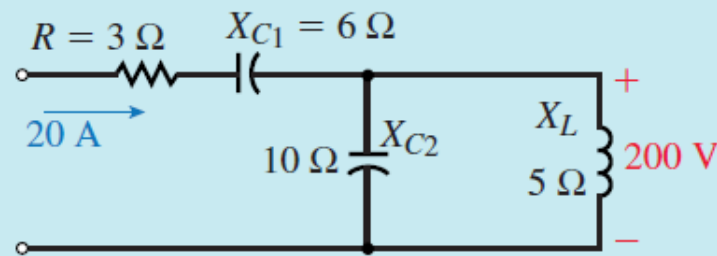
These can be represented symbolically as in Figure 17-8(b).

## Snage u naizmjeničnim kolima

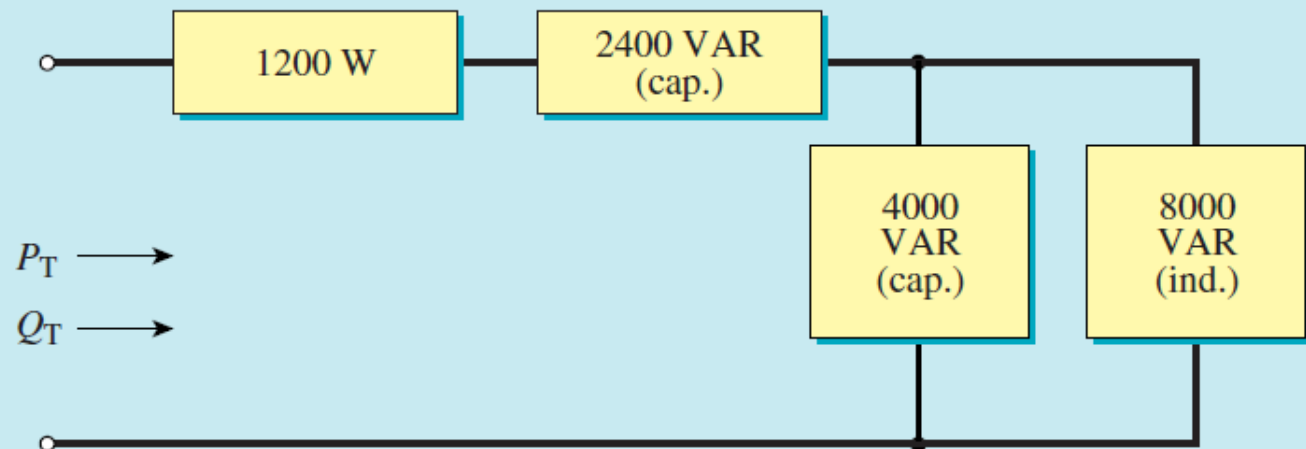
### Primjer

#### EXAMPLE 17-4

- For Figure 17-9(a), compute  $P_T$  and  $Q_T$ .
- Reduce the circuit to its simplest form.



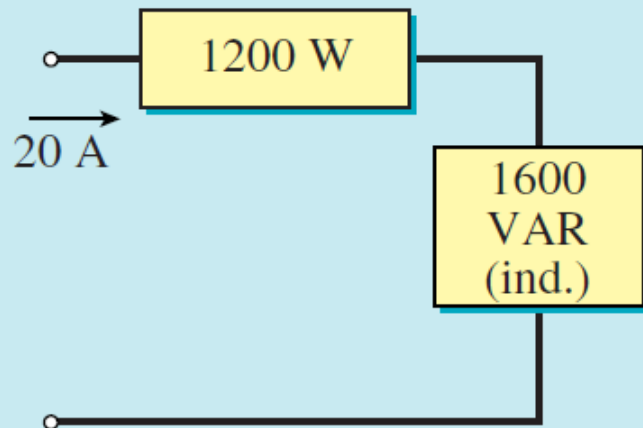
(a)



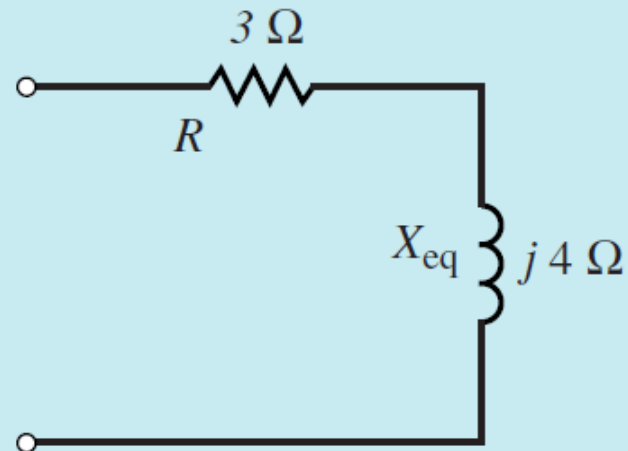
(b)

## Snage u naizmjeničnim kolima

Primjer



(c)



(d)

## Snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

#### Solution

a.  $P = I^2 R = (20 \text{ A})^2 (3 \Omega) = 1200 \text{ W}$

$$Q_{C_1} = I^2 X_{C_1} = (20 \text{ A})^2 (6 \Omega) = 2400 \text{ VAR (cap.)}$$

$$Q_{C_2} = \frac{V_2^2}{X_{C_2}} = \frac{(200 \text{ V})^2}{(10 \Omega)} = 4000 \text{ VAR (cap.)}$$

$$Q_L = \frac{V_2^2}{X_L} = \frac{(200 \text{ V})^2}{5 \Omega} = 8000 \text{ VAR (ind.)}$$

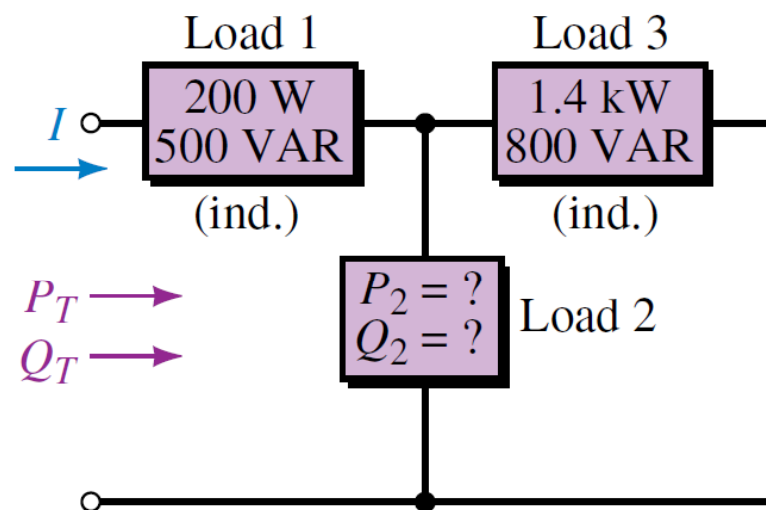
These are represented symbolically in part (b).  $P_T = 1200 \text{ W}$  and  $Q_T = -2400 \text{ VAR} - 4000 \text{ VAR} + 8000 \text{ VAR} = 1600 \text{ VAR}$ . Thus, the load is net inductive as shown in (c).

b.  $Q_T = I^2 X_{eq}$ . Thus,  $X_{eq} = Q_T / I^2 = (1600 \text{ VAR}) / (20 \text{ A})^2 = 4 \Omega$ . Circuit resistance remains unchanged. Thus, the equivalent is as shown in (d).

## Snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

For the circuit of Figure 17–10,  $P_T = 1.9 \text{ kW}$  and  $Q_T = 900 \text{ VAR (ind.)}$ . Determine  $P_2$  and  $Q_2$ .



**FIGURE 17–10**

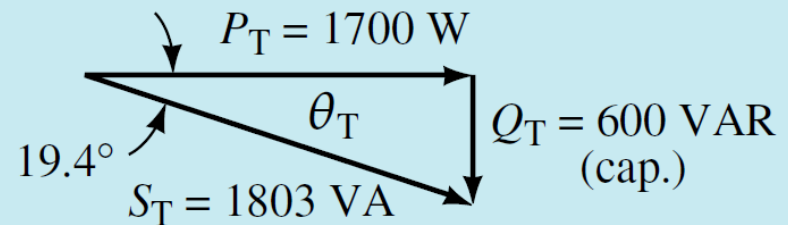
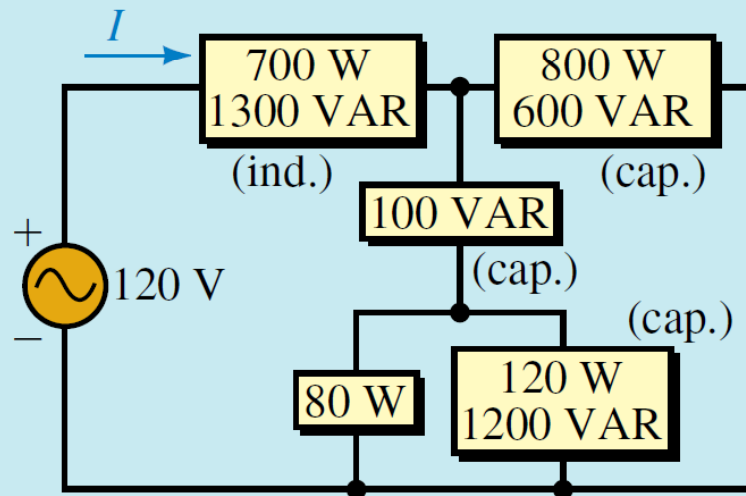
*Answer:* 300 W      400 VAR (cap.)

## Snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

**EXAMPLE 17-5** The  $P$  and  $Q$  values for a circuit are shown in Figure 17-16(a).

- Determine the power triangle.
- Determine the magnitude of the current supplied by the source.



## Snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

#### Solution

a.  $P_T = 700 + 800 + 80 + 120 = 1700 \text{ W}$

$$Q_T = 1300 - 600 - 100 - 1200 = -600 \text{ VAR} = 600 \text{ VAR (cap.)}$$

$$S_T = P_T + jQ_T = 1700 - j600 = 1803 \angle -19.4^\circ \text{ VA}$$

The power triangle is as shown. The load is net capacitive.

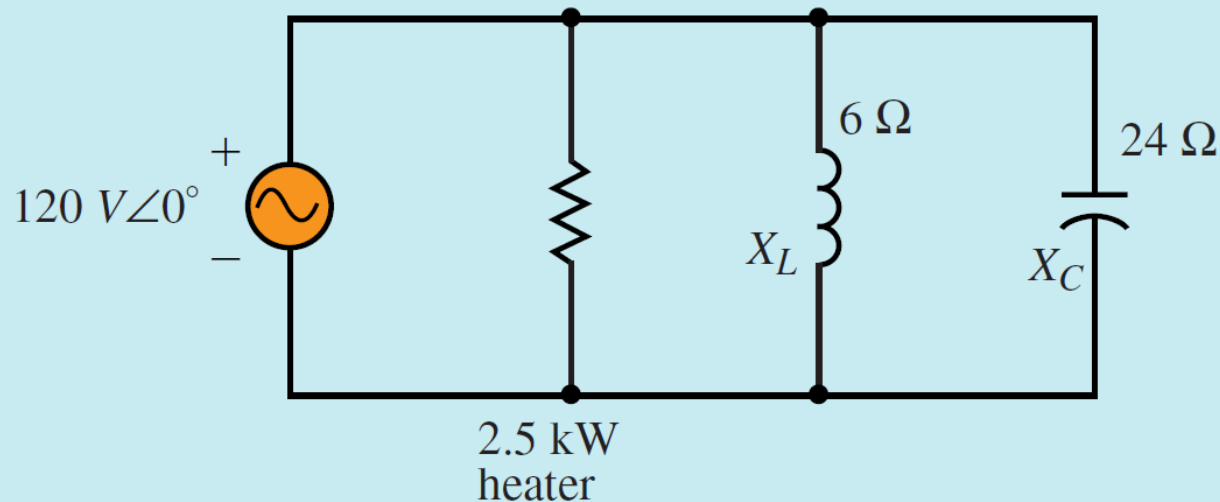
b.  $I = S_T/E = 1803 \text{ VA}/120 \text{ V} = 15.0 \text{ A}$

## Snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

**EXAMPLE 17–6** A generator supplies power to an electric heater, an inductive element, and a capacitor as in Figure 17–17(a).

- Find  $P$  and  $Q$  for each load.
- Find total active and reactive power supplied by the generator.
- Draw the power triangle for the combined loads and determine total apparent power.
- Find the current supplied by the generator.



## Snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

a. The components of power are as follows:

Heater:  $P_H = 2.5 \text{ kW}$        $Q_H = 0 \text{ VAR}$

Inductor:  $P_L = 0 \text{ W}$        $Q_L = \frac{V^2}{X_L} = \frac{(120 \text{ V})^2}{6 \Omega} = 2.4 \text{ kVAR (ind.)}$

Capacitor:  $P_C = 0 \text{ W}$        $Q_C = \frac{V^2}{X_C} = \frac{(120 \text{ V})^2}{24 \Omega} = 600 \text{ VAR (cap.)}$

b.  $P_T = 2.5 \text{ kW} + 0 \text{ W} + 0 \text{ W} = 2.5 \text{ kW}$

$$Q_T = 0 \text{ VAR} + 2.4 \text{ kVAR} - 600 \text{ VAR} = 1.8 \text{ kVAR (ind.)}$$

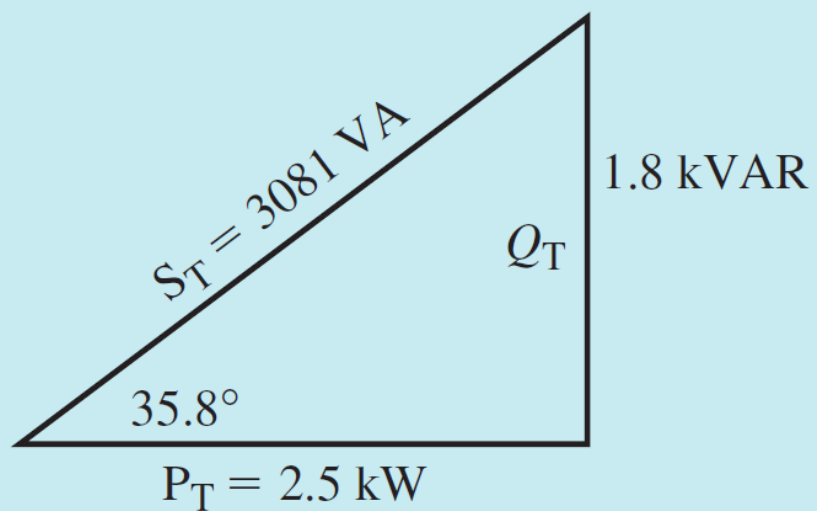
c. The power triangle is sketched as Figure 17–7(b). Both the hypotenuse and the angle can be obtained easily using rectangular to polar conversion.

$$\mathbf{S}_T = P_T + jQ_T = 2500 + j1800 = 3081 \angle 35.8^\circ. \text{ Thus, apparent power is } S_T = 3081 \text{ VA.}$$

d.  $I = \frac{S_T}{E} = \frac{3081 \text{ VA}}{120 \text{ V}} = 25.7 \text{ A}$

## Snage u naizmjeničnim kolima

Primjer



## Faktor snage u naizmjeničnim kolima

- U jednačini  $P = S \cos \varphi$  član  $\cos \varphi$  naziva se faktor snage:  $PF = \cos \varphi$

- Faktor snage predstavlja odnos između prividne i aktivne snage:  $\cos \varphi = \frac{P}{S}$

- **Faktor snage iskazuje koliko se utroši prividne snage  $S$  da bi se dobila aktivna snaga  $P$**

- Ugao faktora snage definiše se kao:  $\varphi = \arccos\left(\frac{P}{S}\right)$

- Ugao faktora snage  $\varphi$  pokazuje kolika je fazna razlika između struje i napona nekog elementa (R, L, C) u naizmjeničnom kolu
- Mogu se istaći sljedeći karakteristični slučajevi za ugao faktora snage  $\varphi$

- Otporno opterećenje R:

$$\varphi = 0^\circ \Rightarrow PF = 1$$

- Induktivno opterećenje  $X_L$ :

$$\varphi = 90^\circ \Rightarrow PF = 0$$

- Kapacitivno opterećenje  $X_C$ :

$$\varphi = -90^\circ \Rightarrow PF = 0$$

## Faktor snage u naizmjeničnim kolima

- Kod čisto otpornog opterećenja R  $\varphi=0^\circ$  pa je **PF=1**, pa kažemo da čisto otpornička kola imaju faktor snage jednak jedinici
- U tom slučaju prividna snaga **S** jednaka je aktivnoj snazi **P**, tj. **S=P**
- Kod RL kola struja **I** kasni za naponom **U** pa ova kola imaju faktor snage:  $0 < PF_{ind} < 1$
- Kod RC kola struja **I** prednjači za naponom **U** pa ova kola imaju faktor snage:  $0 < PF_{cap} < 1$
- Poželjno je da potrošač ima ima **PF $\approx$ 1** kako bi se sva snaga koju izvor daje potrošaču pretvorila u korisnu **aktivnu snagu P**

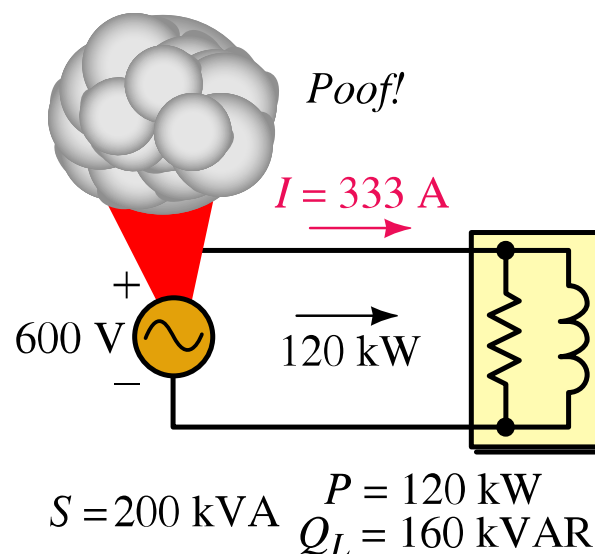
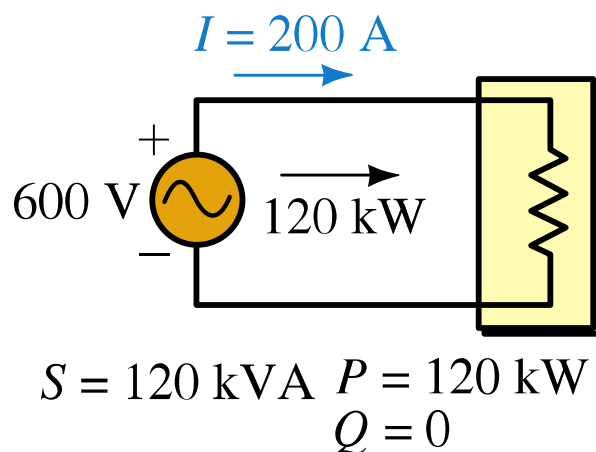
## Faktor snage u naizmjeničnim kolima

- Neka naizmjenični izvor  $U=600$  V napaja čisto aktivno opterećenje  $P=120$  kW i  $Q=0$  VAR. Kolika je struja u kolu?

$$I_R = \frac{P}{U_R} = \frac{120000}{600} = 200 \text{ A}$$

- Neka naizmjenični izvor  $U=600$  V napaja čisto aktivno  $P=120$  kW i induktivno  $Q=160$  VAR opterećenja. Kolika je struja u kolu?

$$I = \frac{S}{U} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{U} = \frac{\sqrt{120000^2 + 160000^2}}{600} = \frac{200000}{600} = 333.33 \text{ A}$$



## Faktor snage u naizmjeničnim kolima

- Postojanje induktivnog opterećenja  $Q=160$  VAR opterećenja izazvalo je nepoželjno povećanje struje izvora sa **120 A** na **333A** što može dovesti po preopterećenja izvora
- Zato se snaga električnih potrošača i instalacione opreme (generatori, provodnici i vodovi, transformatori, motori, instalacione preklopke, ...) u naizmjeničnim kolima izražava kao **privedna snaga S** u **VA** umjesto kao **aktivna snaga P** u **W**.
- Često se na natpisnim pločama ovih potročaša naznači i njihov faktor snage  **$\cos\varphi$**

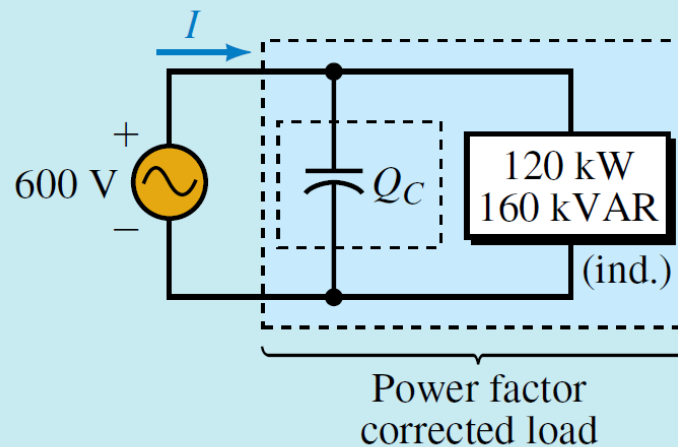
## Popravka faktor snage u naizmjeničnim kolima

- Postojanje **induktivnog otpora  $X_L$**  u RL kolima izaziva nepoželjno povećanje struje izvora, bez ikakvog povećanja stvarne snage u kolu P
- Da bi se umanjio ili totalno eliminisao povećanje struje izvora potrebno je umanjiti/eliminirati **induktivni otpor** u kolu  **$X_L$**
- Umanjenje/eliminacija se izvodi dodavanjem **kapacitivnog otpora  $X_C$**  u kolo
- Ovaj postupak umanjjenja/eliminacije induktivnog otpora u kolu naziva se **popravka faktora snage**

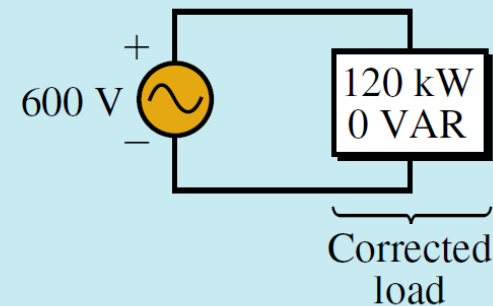
## Popravka faktor snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

**EXAMPLE 17-7** For the circuit of Figure 17-18(b), a capacitance with  $Q_C = 160$  kVAR is added in parallel with the load as in Figure 17-19(a). Determine generator current  $I$ .



(a) Let  $Q_C = 160$  kVAR



(b) Load corrected to unity power factor

**FIGURE 17-19** Power factor correction. The parallel capacitor greatly reduces source current.

**Solution**  $Q_T = 160 \text{ kVAR} - 160 \text{ kVAR} = 0$ . Therefore,  $S_T = 120 \text{ kW} + j0 \text{ kVAR}$ . Thus,  $S_T = 120 \text{ kVA}$ , and  $I = 120 \text{ kVA}/600 \text{ V} = 200 \text{ A}$ . Thus, the generator is no longer overloaded.

## Popravka faktor snage u naizmjeničnim kolima

Primjer

**EXAMPLE 17–8** An industrial client is charged a penalty if the plant power factor drops below 0.85. The equivalent plant loads are as shown in Figure 17–20. The frequency is 60 Hz.

- Determine  $P_T$  and  $Q_T$ .
- Determine what value of capacitance (in microfarads) is required to bring the power factor up to 0.85.
- Determine generator current before and after correction.

### Solution

- The components of power are as follows:

$$\text{Lights: } P = 12 \text{ kW}, \quad Q = 0 \text{ kVAR}$$

$$\text{Furnace: } P = I^2 R = (150)^2(2.4) = 54 \text{ kW}$$

$$Q = I^2 X = (150)^2(3.2) = 72 \text{ kVAR (ind.)}$$

$$\text{Motor: } \theta_m = \cos^{-1}(0.8) = 36.9^\circ. \text{ Thus, from the motor power triangle,}$$

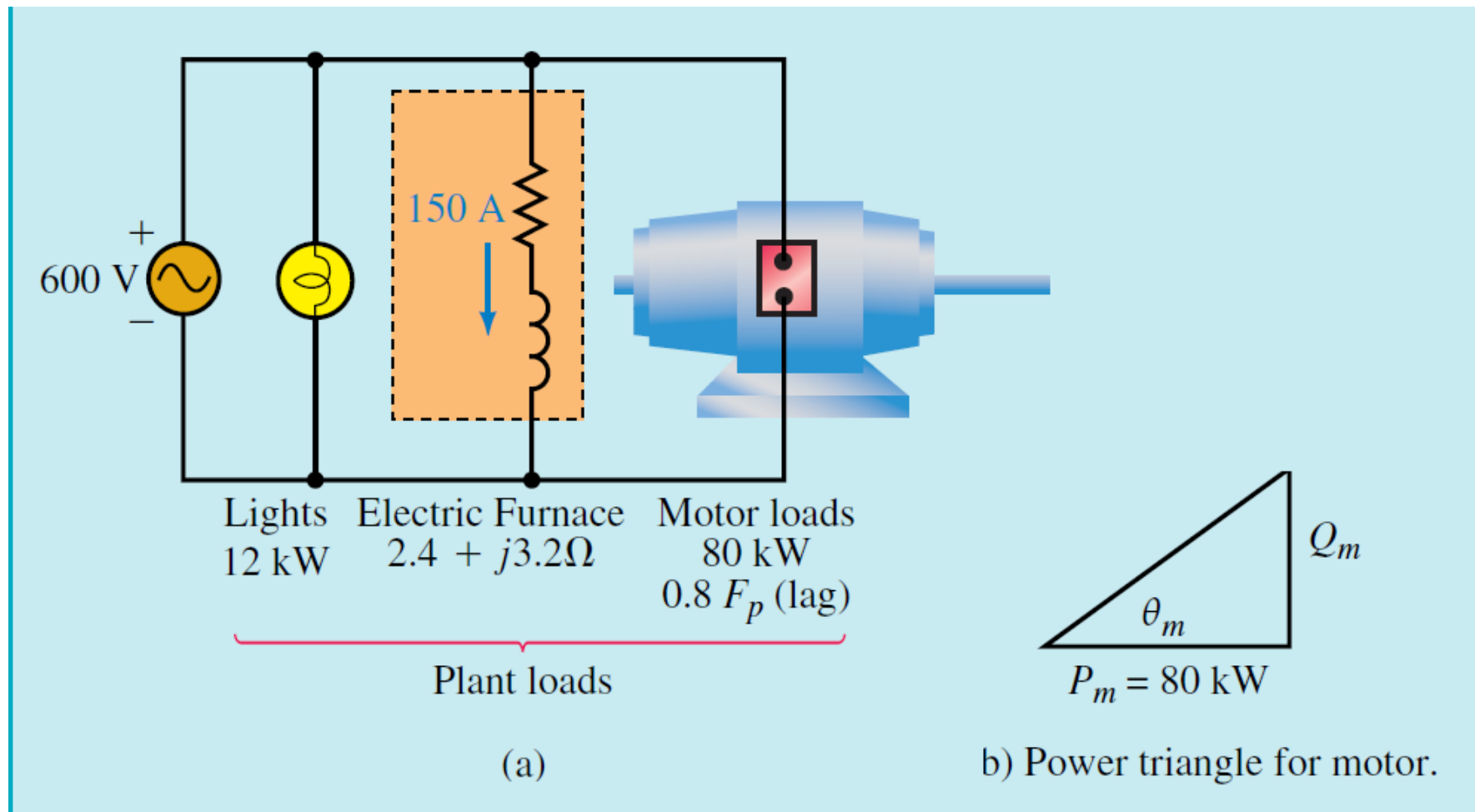
$$Q_m = P_m \tan \theta_m = 80 \tan 36.9^\circ = 60 \text{ kVAR (ind.)}$$

$$\text{Total: } P_T = 12 \text{ kW} + 54 \text{ kW} + 80 \text{ kW} = 146 \text{ kW}$$

$$Q_T = 0 + 72 \text{ kVAR} + 60 \text{ kVAR} = 132 \text{ kVAR}$$

# Popravka faktor snage u naizmjeničnim kolima

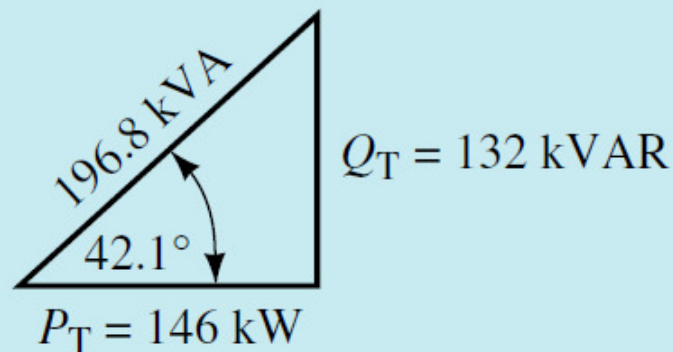
Primjer



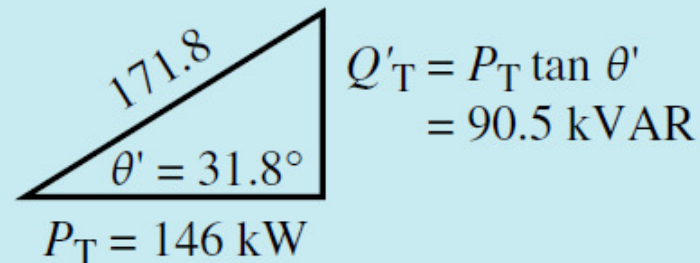
## Popravka faktor snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

- b. The power triangle for the plant is shown in Figure 17–21(a). However, we must correct the power factor to 0.85. Thus we need  $\theta' = \cos^{-1}(0.85) = 31.8^\circ$ , where  $\theta'$  is the power factor angle of the corrected load as indicated in Figure 17–21(b). The maximum reactive power that we can tolerate is thus  $Q'_T = P_T \tan \theta' = 146 \tan 31.8^\circ = 90.5 \text{ kVAR}$ .



(a) Power triangle for the plant



(b) Power triangle after correction

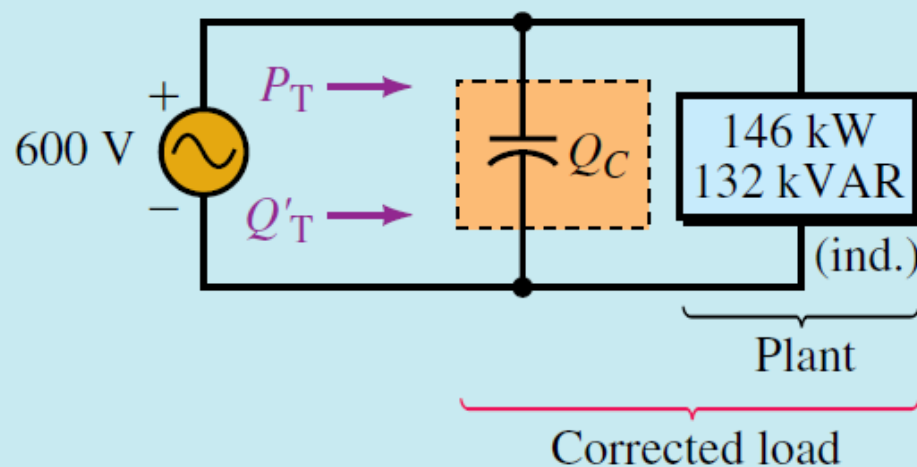
## Popravka faktor snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

Now consider Figure 17-22.  $Q'_T = Q_C + 132 \text{ kVAR}$ , where  $Q'_T = 90.5 \text{ kVAR}$ . Therefore,  $Q_C = -41.5 \text{ kVAR} = 41.5 \text{ kVAR (cap.)}$ . But  $Q_C = V^2/X_C$ . Therefore,  $X_C = V^2/Q_C = (600)^2/41.5 \text{ kVAR} = 8.67 \ \Omega$ . But  $X_C = 1/\omega C$ . Thus a capacitor of

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{(2\pi)(60)(8.67)} = 306 \ \mu\text{F}$$

will provide the required correction.



## Popravka faktor snage u naizmjeničnim kolima

### Primjer

c. For the original circuit Figure 17–21(a),  $S_T = 196.8 \text{ kVA}$ . Thus,

$$I = \frac{S_T}{E} = \frac{196.8 \text{ kVA}}{600 \text{ V}} = 328 \text{ A}$$

For the corrected circuit 17–21(b),  $S'_T = 171.8 \text{ kVA}$  and

$$I = \frac{171.8 \text{ kVA}}{600 \text{ V}} = 286 \text{ A}$$

Thus, power factor correction has dropped the current by 42 A.