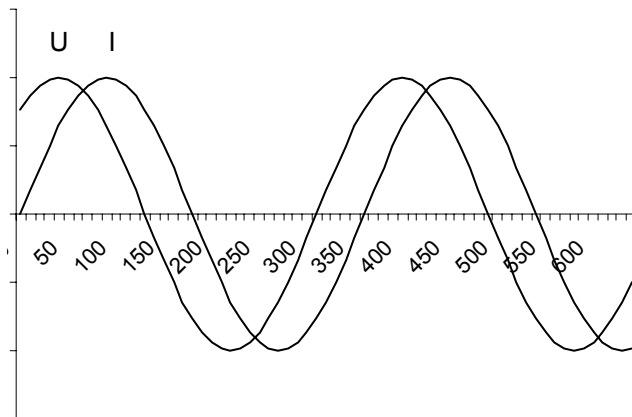


VÄXELSTRÖMSEFFEKTER (3-FAS)

Allmänt

När en elektrisk belastning ansluts till växelspänning utvecklas alltid en aktiv effekt (P). Det är den aktiva effekten som utför ”nyttigt” arbete som t ex. värmeutveckling i ett element, roterande rörelse på en elmotor etc.

Om belastningen är induktiv (även ibland kapacitiv) är ström och spänning fasförskjutna och då kommer ytterligare en annan effekt att utvecklas, reaktiv effekt (Q).



Ström och spänning fasförskjutna

Tillsammans bidrar de 2 effekterna, aktiv (P) och reaktiv (Q) till en tredje effekt, som kallas skenbar effekt (S). Det är den skenbara effekten som bidrar till belastningens totala ström.

Elmotorer och transformatorer är induktiva belastningar eftersom de har induktanser i form av spolar.

Resistiv belastning

Om belastningen är ”rent” resistiv utvecklas endast aktiv effekt (P). En resistiv belastning är ur energiekonomisk synpunkt en bra belastning. All effekt som utvecklas i belastningen tas till vara i form av värme, rörelse etc. För en glödlampa utvecklas värme (~5%) och ljus (~95%), för ett värmeelement utvecklas värme (100%).

☀ ~ 5%

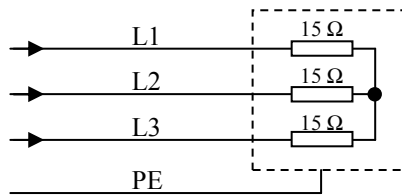


☼ ~ 95%

När man utför beräkningar på en resistiv belastning som är ansluten till växelström kan man tillämpa samma formler som för likström.

Exempel:

En resistiv 3-fas belastning har resistansen 15Ω på varje belastningsdel. Den ansluts till systemspänningen 400VAC. Vad blir den totala effektutvecklingen?



Om vi betraktar belastningen som 3 enskilda 1-fas belastningen kan vi utföra beräkningarna på dessa och sedan addera de 3 deleffekterna.

Varje belastningsdel får spänningen $400/\sqrt{3}=230V$

Effekten $P=U \cdot I$. Eftersom vi inte känner strömmen I utan resistansen R kan vi byta ut I mot U/R (från ohm's lag). Vi får då $P=U^2/R$.
 $P=230^2 \cdot 15=3527W$. Den totala 3-faseffekten blir då $3527 \cdot 3=10580W$.

Den totala strömmen (strömmen i varje fas) blir enligt effektformlen ($P=U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi$)
 $I=P/(U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi)$, $I=10580/(400 \cdot \sqrt{3} \cdot 1)$, $I=15,3A$

$\cos\phi$ sätter vi till 1,0 eftersom belastningen är resistiv, då finns ingen fasförskjutning mellan ström och spänning.

Belastning med fasförskjutning (induktiv)

Om belastningen är induktiv är ström och spänning fasförskjutna.

Då uppstår de två effekterna, aktiv (P) resp. reaktiv (Q) effekt. Dessa två effekter bildar tillsammans, med 90° vinkel den skenbara effekten (S).

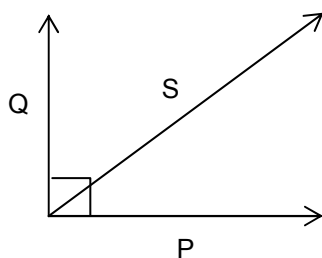


Elmotor är induktiv

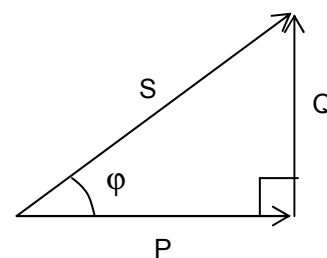
Den aktiva effekten uppstår i den resistiva delen av belastningen.

Den reaktiva effekten uppstår i den induktiva (induktansen) delen av belastningen.

De tre effekterna kan ritas i ett visardiagram.



Om man parallellförflyttar Q får man den sk effekttriangeln vilken kan vara lättare att studera när man utför beräkningar.



Enligt ellära bidrar sinus för fasförskjutningen till den induktiva reaktansen.

På samma sätt bidrar även sinus till den reaktiva effekten.

Reaktiv effekt är, normalt sett, en icke önskvärd effekt. Denna effekt är en storhet som "matas" tillbaka till det matande elnätet. Har abonnenter stora reaktiva effekter (t ex många motorer), brukar dessa abonnenter få betala en extra energikostnad för den reaktiva effekten. Man mäter denna effekt med sk kVAR-mätare ('kilovarmätare').

De olika effekterna:

Aktiv effekt P	W (kW, MW, GW ..) Watt
Reaktiv effekt Q	Var (kVAr, MVar, TVAr) .. Voltamperereaktiv
Skenbar effekt S	VA (KVA, MVA, GVA, TVA ..) Voltampere

För att ange att en belastning är fasförskjuten brukar man ange dess $\cos\phi$ på märkskylten. $\cos\phi$ kallas också för ”effektfaktor”. Den har inget att göra med verkningsgraden η .

Beräkningsexempel:

Belastning

3 fas

400V

22kW

η 0,8

$\cos\phi$ 0,8



Beräkna aktiv, reaktiv och skenbar effekt och strömmen.

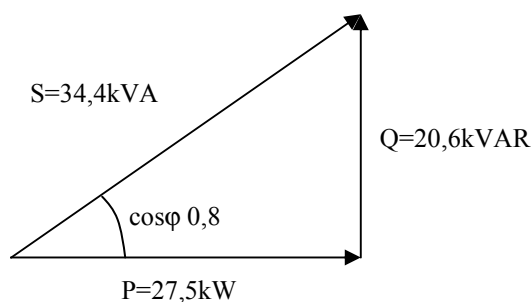
$$P_1 \frac{P_2}{\eta} = \frac{22 \cdot 10^3}{0,8} = \underline{\underline{27,5 \cdot 10^3 W}} \quad I = \frac{P_1}{400 \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi} = \frac{27,5 \cdot 10^3}{400 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,8} = \underline{\underline{49,6 A}}$$

Den reaktiva och skenbara effekten kan beräknas på olika sätt.

$$S = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \quad S = 400 \cdot 49,6 \cdot \sqrt{3} = \underline{\underline{34,4 kVA}}$$

$$S = \frac{P}{\cos\phi} \quad S = \frac{27,5 \cdot 10^3}{0,8} = \underline{\underline{34,4 kVA}}$$

$$Q = S \cdot \sin\phi \quad Q = 34,4 \cdot 10^3 \cdot 0,6 = \underline{\underline{20,6 kVAR}}$$

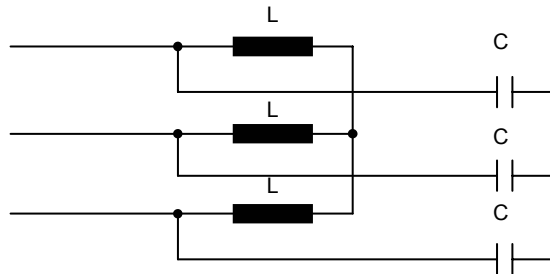


Faskompensering

För att reducera den reaktiva effekten Q kan man faskompensera. Genom att ansluta ett kondensatorbatteri parallellt med den induktiva belastningen kommer, sett från matningspunkten, den totala strömmen att bli lägre.

Beräkningsexempel (tidigare):

Belastning
3 fas
400V
22kW
 η 0,8
 $\cos\phi$ 0,8



Beräkna aktiv, reaktiv och skenbar effekt och strömmen om man ansluter ett kondensatorbatteri på 15kVAR till belastningen.

$$P_1 \frac{P_2}{\eta} = \frac{22 \cdot 10^3}{0,8} = 27,5 \cdot 10^3 W$$

Den totala reaktiva effekten.

$$Q_{tot} = Q_L - Q_C \quad Q_{tot} = 20,6 - 15,0 = \underline{\underline{5,6kVAR}}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad S = \sqrt{(27,5 \cdot 10^3)^2 + (5,6 \cdot 10^3)^2} = \underline{\underline{28,1kVA}}$$

Den nya strömmen blir.

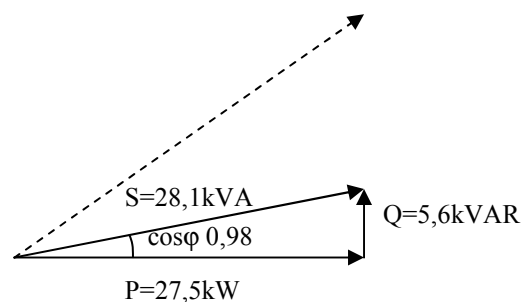
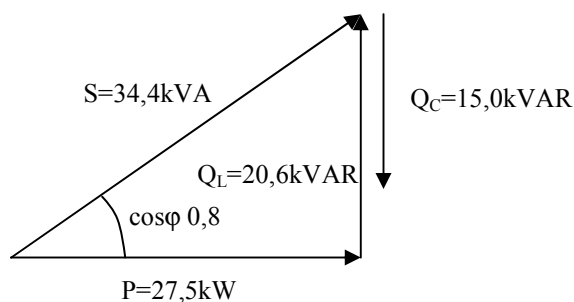
$$I = \frac{S}{400 \cdot \sqrt{3}} = \frac{28,1 \cdot 10^3}{400 \cdot \sqrt{3}} = \underline{\underline{40,6A}}$$

Man kan alltså få ner strömmen (i detta fall ca 10A genom att faskompensera).

Den nya effektfaktorn blir $\cos\phi = \frac{P}{S} = \frac{27,5 \cdot 10^3}{28,1 \cdot 10^3} = 0,98$ Belastningen kan nästan anses vara

resistiv, vilket är bra ur energiekonomisk syn.

Den aktiva effekten P påverkas inte av faskompensering. Fördelarna med faskompensering är att den totala energiförbrukningen sjunker och därmed energikostnaden.



Flera belastningar

När flera belastningar ansluts till ett nät kommer dessa att bidra till en total ström. Denna ström avgörs av den totala skenbara effekten (S). Eftersom belastningarna ofta har olika effektfaktor ($\cos\varphi$) kan man inte addera de enskilda skenbara effekterna. Man får istället addera de aktiva effekterna (P) och reaktiva effekterna (Q) var för sig och därefter beräkna den totala skenbara effekten (S) och slutligen den totala strömmen.

Exempel:

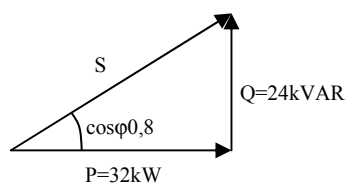
Belastning 1 (3 fas)
400VAC
32kW
 $\cos\varphi$ 0,8

$$Q = S \cdot \sin\varphi$$

$$\cos\varphi 0,8 = 36,9^\circ = \sin\varphi 0,6$$

$$S = \frac{P}{\cos\varphi}$$

$$Q = \frac{32 \cdot 10^3}{0,8} \cdot 0,6 = 24 \text{ kVAR}$$



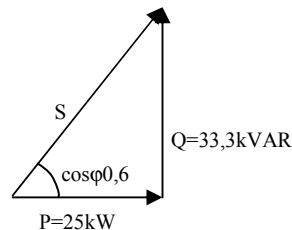
Belastning 2 (3 fas)
400VAC
25kW
 $\cos\varphi$ 0,6

$$Q = S \cdot \sin\varphi$$

$$\cos\varphi 0,6 = 53,1^\circ = \sin\varphi 0,8$$

$$S = \frac{P}{\cos\varphi}$$

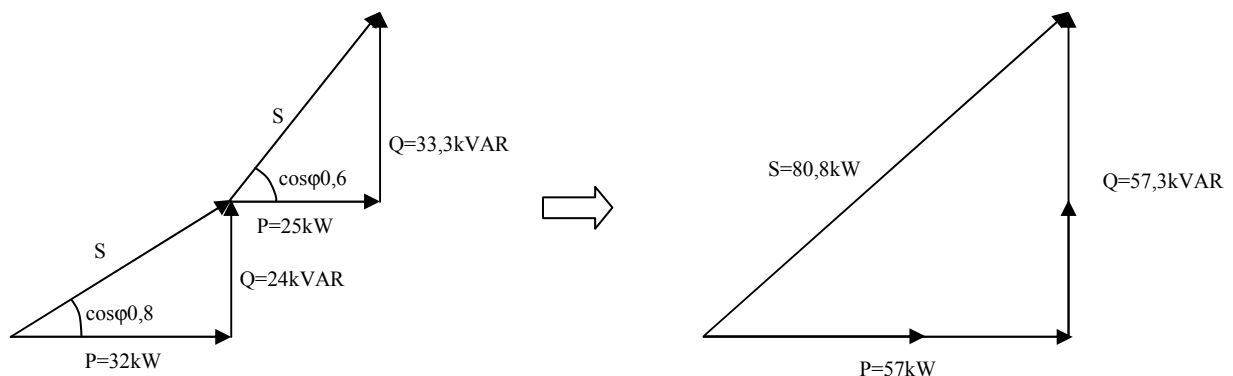
$$Q = \frac{25 \cdot 10^3}{0,6} \cdot 0,8 = 33,3 \text{ kVAR}$$



Nu adderar man de aktiva resp. de reaktiva effekterna.

$$P_{tot} = (32 + 25) \cdot 10^3 = \underline{\underline{57 \text{ kW}}}$$

$$Q_{tot} = (24 + 33,3) \cdot 10^3 = \underline{\underline{57,3 \text{ kVAR}}}$$



Den totala skenbara effekten kan nu beräknas enligt. $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

$$S = \sqrt{(57 \cdot 10^3)^2 + (57,3 \cdot 10^3)^2} = \underline{\underline{80,8 \text{ kVA}}}$$

Totala strömmen blir således.

$$I = \frac{S}{U \cdot \sqrt{3}} \quad I = \frac{80,8 \cdot 10^3}{400 \cdot \sqrt{3}} = \underline{\underline{117 \text{ A}}}$$