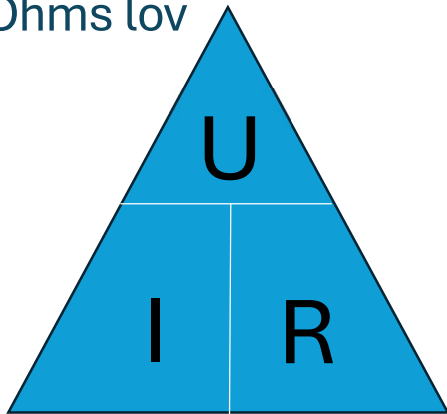




Indhold

Ohmslov	Fejl! Bogmærke er ikke defineret.
Effektlov	2
Spændingsfald	2
1 faset vekselstrøm - Serieforbindelse.....	3
1 faset vekselstrøm - Parallelforbindelse	6
Sinuskurve for strøm med fase forskydning	9
1 faset vekselstrøm - fasekompensering.....	10
3 faset vekselstrøm.....	11
Trekantsforbindelse	11
Stjerneforbindelse	12
Effekter	13
1-2 faset vekselstrøm.....	13

Ohms lov



$$U = I \cdot R$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

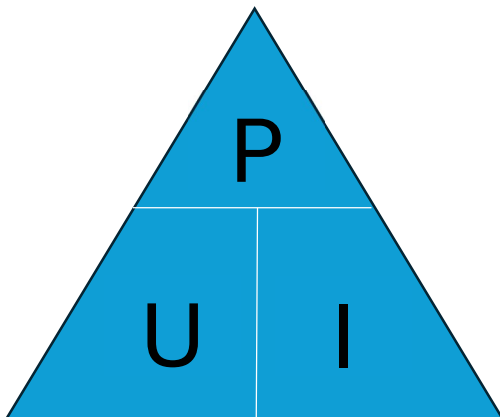
$$U = \text{spænding}(V)$$

$$I = \text{strøm}(A)$$

$$R = \text{modstand}(\Omega)$$

$$P = \text{effekt}(P)$$

Effektlov



$$P = U \cdot I$$

$$U = \frac{P}{I}$$

$$I = \frac{P}{U}$$

Spændingsfald

$Rl = \frac{\rho \cdot l}{S}$	$S = \frac{\rho \cdot l}{Rl}$	$l = \frac{S \cdot Rl}{\rho}$
$\Delta U = Rl \cdot Ib$	$Rl = \frac{\Delta U}{Ib}$	$Ib = \frac{\Delta U}{Rl}$

l = længde (hvis det er frem og tilbage skal der ganges med 2, fase + nul eller fase + fase)

S = tværsnit (kan også benævnes q)

$\rho = 0,0225$ (kobber)

1 faset vekselstrøm - Serieforbindelse

S - Samlet effekt (VA)

P - Virkeeffekt (W)

Q - Reaktiv effekt (VAR)

Z - Impedans (Ohm)

R - Resistans (Ohmsk modstand) (Ohm)

X_L - Induktiv reaktans (Ohm)

X_C - kapacitiv reaktans (Ohm)

U - Samlet spænding (V)

U_R - Ohmske spænding (V)

U_L - Induktiv spænding (V)

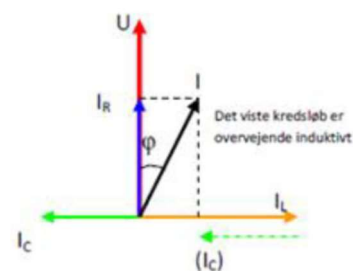
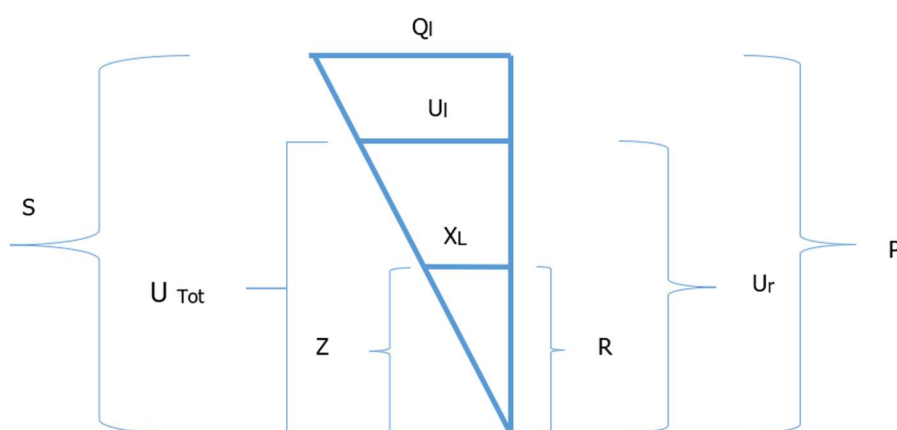
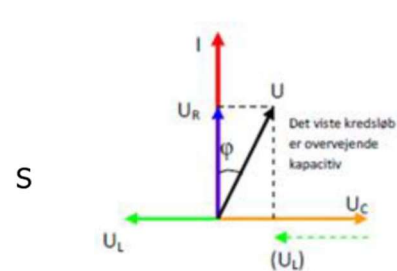
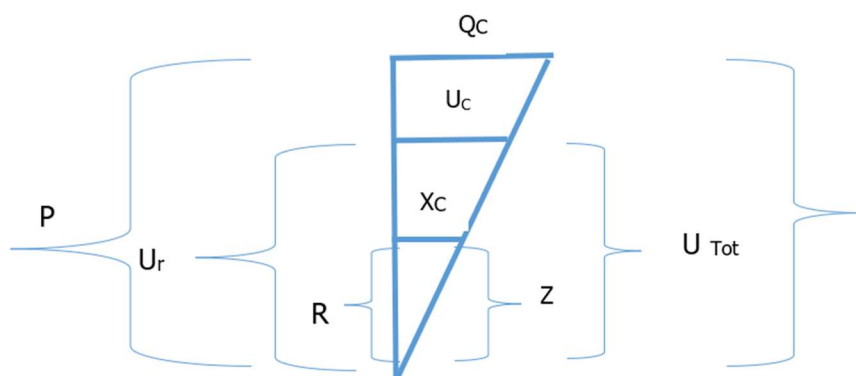
U_C - Kapacitiv spænding (V)

I - Strøm (A)

L - Selvinduktionskoefficient (Henry)

C - Kapacitans (mikro Farad)

F - Frekvens (Hz)



U	$U = I \cdot Z$	$U = \frac{S}{I}$	$U = \sqrt{S \cdot Z}$
	$U = \frac{Ul - Uc}{\sin\varphi}$	$U = \frac{Ur}{\cos\varphi}$	$U = \sqrt{(Ul - Uc)^2 + Ur^2}$
Ur	$Ur = I \cdot R$	$Ur = \frac{P}{I}$	$Ur = \sqrt{P \cdot R}$
	$Ur = \frac{Ul - Uc}{\tan\varphi}$	$Ur = U \cdot \cos\varphi$	$U = \sqrt{U^2 - (Ul - Uc)^2}$
Ul	$Ul = I \cdot XL$	$Ul = \frac{Q_l}{I}$	$Ul = \sqrt{Q \cdot XL}$
	$Ul = Ur \cdot \tan\varphi$	$U = U \cdot \sin\varphi$	$Ul = \sqrt{U^2 - Ur^2}$
Uc	$Uc = I \cdot XC$	$Uc = \frac{Q_c}{I}$	$Uc = \sqrt{Q \cdot XC}$
	$Uc = Ur \cdot \tan\varphi$	$Uc = U \cdot \sin\varphi$	$Uc = \sqrt{U^2 - Ur^2}$
S	$S = \frac{U^2}{Z}$	$S = U \cdot I$	$S = Z \cdot I^2$
	$S = \sqrt{Q^2 + P^2}$	$S = \frac{P}{\cos\varphi}$	$S = \frac{Q}{\sin\varphi}$
P	$P = \frac{Ur^2}{R}$	$P = Ur \cdot I$	$P = R \cdot I^2$
	$P = \sqrt{S^2 - Q^2}$	$P = S \cdot \cos\varphi$	$P = \frac{Q}{\tan\varphi}$
Q	$Q = \frac{(Ul - Uc)^2}{XL - XC}$	$Q = (Ul - Uc) \cdot I$	$Q = (XL - XC) \cdot I^2$
	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$	$Q = S \cdot \sin\varphi$	$Q = P \cdot \tan\varphi$
Z	$Z = \frac{S}{I^2}$	$Z = \frac{U}{I}$	$Z = \frac{U^2}{S}$
	$Z = \frac{R}{\cos\varphi}$	$Z = \frac{XL}{\sin\varphi}$	$Z = \sqrt{(XL - XC)^2 + R^2}$
R	$R = \frac{P}{I^2}$	$R = \frac{Ur}{I}$	$R = \frac{Ur^2}{P}$
	$R = Z \cdot \cos\varphi$	$R = \frac{XL}{\tan\varphi}$	$R = \sqrt{Z^2 - (XL - XC)^2}$
XL	$XL = \frac{Q_l}{I^2}$	$XL = \frac{Ul}{I}$	$XL = \frac{Ul^2}{Q_l}$
	$XL = Z \cdot \sin\varphi$	$XL = R \cdot \tan\varphi$	$XL = \sqrt{Z^2 - R^2}$
	$XL = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$		

XC	$XC = \frac{Q_c}{I^2}$	$XC = \frac{Uc}{I}$	$XC = \frac{Uc^2}{Q_c}$
	$XC = Z \cdot \sin\varphi$	$XC = R \cdot \tan\varphi$	$XC = \sqrt{Z^2 - R^2}$
	$XC = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$		
cosφ	$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$	$\cos\varphi = \frac{P}{S}$	$\cos\varphi = \frac{Ur}{U}$
sinφ	$\sin\varphi = \frac{XL - XC}{Z}$	$\sin\varphi = \frac{Q}{S}$	$\sin\varphi = \frac{Ul - Uc}{U}$
tanφ	$\tan\varphi = \frac{XL - XC}{R}$	$\tan\varphi = \frac{Q}{P}$	$\tan\varphi = \frac{Ul - Uc}{Ur}$
I	$I = \frac{P}{Ur}$	$I = \frac{Ur}{R}$	$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$
	$I = \frac{Q}{Ul}$	$I = \frac{Ul}{XL}$	$I = \sqrt{\frac{Q}{XL}}$
	$I = \frac{S}{U}$	$I = \frac{U}{Z}$	$I = \sqrt{\frac{S}{Z}}$
L/C	$L = \frac{XL}{2 \cdot \pi \cdot f}$	$C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot XC}$	

1 faset vekselstrøm - Parallelforbindelse

S - Samlet effekt (VA)

P - Virkeeffekt (W)

Q - Reaktiv effekt (VAr)

Z - Impedans (Ohm)

R - Resistans (Ohmsk modstand) (Ohm)

XL - Induktiv reaktans (Ohm)

XC - kapacitiv reaktans (Ohm)

I - Samlet strøm (A)

I_v - Virke strøm (A)

I_r - Induktiv reaktiv strøm (A)

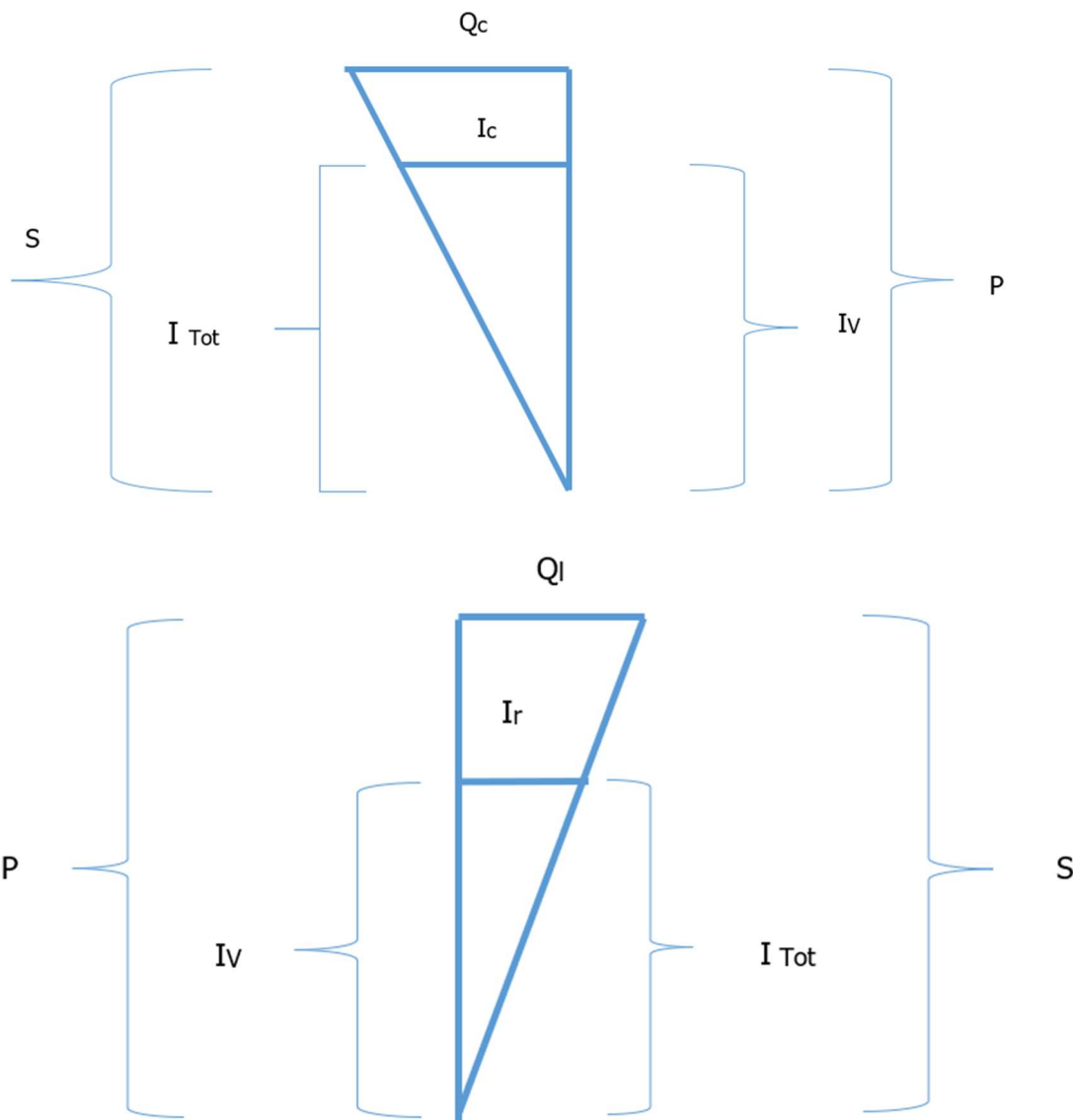
I_c - Kapacitiv reaktiv strøm (A)

U - Spænding (V)

L - Selvinduktionskoefficient (Henry)

C - Kapacitans (mikro Farad)

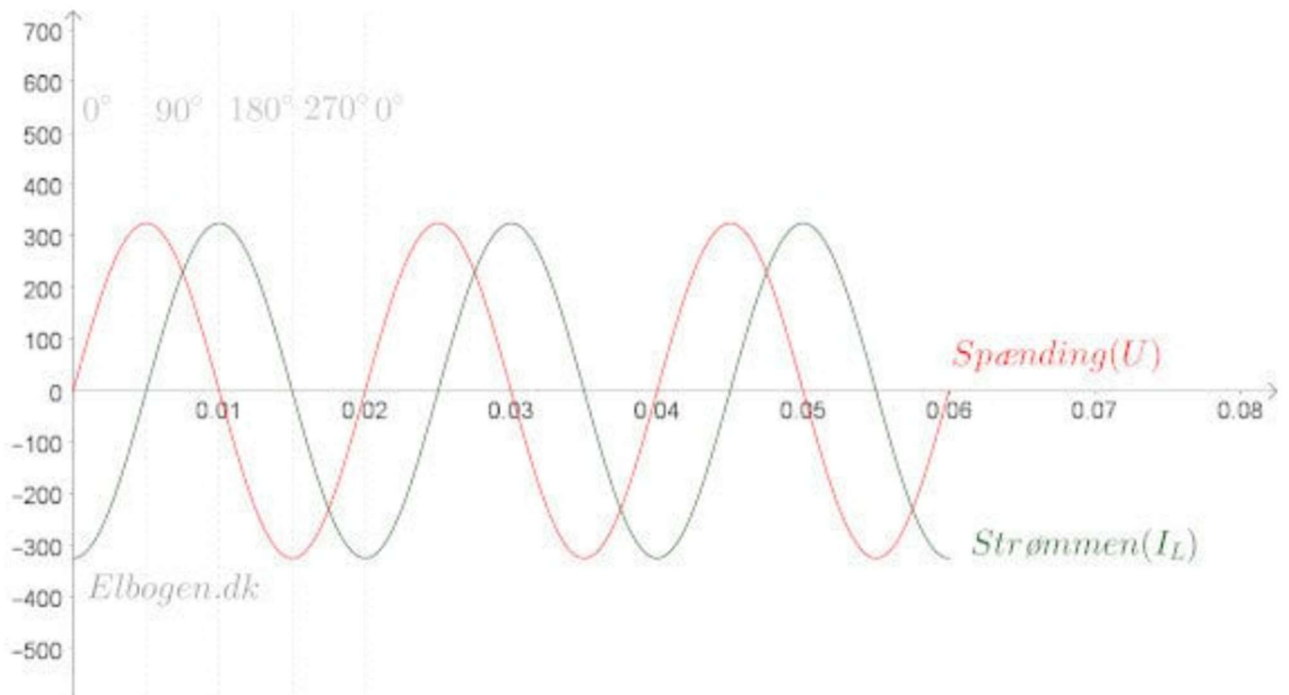
F - Frekvens (Hz)



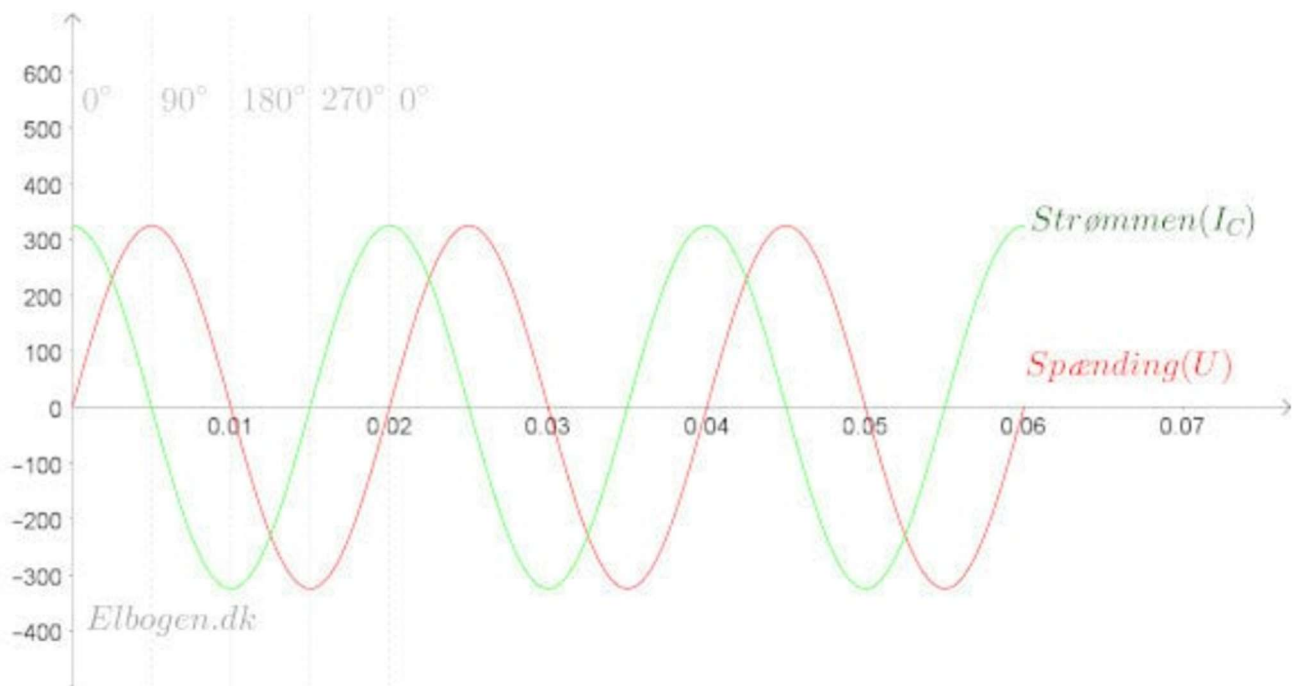
U	$U = I \cdot Z$	$U = R \cdot I_v$	$U = (X_L - X_C) \cdot (I_r - I_c)$
	$U = \frac{S}{I}$	$U = \frac{P}{I_v}$	$U = \frac{(Q_L - Q_C)}{(I_r - I_c)}$
	$U = \sqrt{S \cdot Z}$	$U = \sqrt{P \cdot R}$	$U = \sqrt{(Q_L - Q_C)^2 \cdot (I_r - I_c)^2}$
I	$I = \frac{S}{U}$	$I = \frac{U}{Z}$	$I = \sqrt{\frac{S}{Z}}$
	$I = \frac{I_v}{\cos\varphi}$	$I = \frac{I_c - I_r}{\sin\varphi}$	$I = \sqrt{I_v^2 + (I_c - I_r)^2}$
I_v	$I_v = \frac{U}{R}$	$I_v = \frac{P}{U}$	$I_v = \sqrt{\frac{P}{R}}$
	$I_v = \frac{I_r - I_c}{\tan\varphi}$	$I_v = I \cdot \cos\varphi$	$I_v = \sqrt{I^2 - (I_r - I_c)^2}$
I_r	$I_r = \frac{U}{X_L}$	$I_r = \frac{Q_L}{U}$	$I_r = \sqrt{\frac{Q_L}{X_L}}$
	$I_r = I \cdot \sin\varphi$	$I_r = I_v \cdot \sin\varphi$	$I_r = \sqrt{I^2 - I_v^2}$
I_c	$I_c = \frac{U}{X_C}$	$I_c = \frac{Q_C}{U}$	$I_c = \sqrt{\frac{Q_C}{X_C}}$
	$I_c = I \cdot \sin\varphi$	$I_c = I_v \cdot \sin\varphi$	$I_c = \sqrt{I^2 - I_v^2}$
S	$S = \frac{U^2}{Z}$	$S = U \cdot I$	$S = Z \cdot I^2$
	$S = \sqrt{Q^2 + P^2}$	$S = \frac{P}{\cos\varphi}$	$S = \frac{Q}{\sin\varphi}$
P	$P = \frac{U^2}{R}$	$P = U \cdot I_v$	$P = R \cdot I_v^2$
	$P = \sqrt{S^2 - Q^2}$	$P = S \cdot \cos\varphi$	$P = \frac{Q}{\tan\varphi}$
Q	$Q = \frac{U^2}{X_L} - \frac{U^2}{X_C}$	$Q = U \cdot (I_r - I_c)$	$Q = (X_L - X_C) \cdot (I_r - I_c)^2$
	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$	$Q = S \cdot \sin\varphi$	$Q = P \cdot \tan\varphi$
Z	$Z = \frac{S}{I^2}$	$Z = \frac{U}{I}$	$Z = \frac{U^2}{S}$
	$Z = \frac{R}{\cos\varphi}$	$Z = \frac{X_L}{\sin\varphi}$	$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}}$
R	$R = \frac{P}{I_v^2}$	$R = \frac{U}{I_v}$	$R = \frac{U^2}{P}$
	$R = \frac{Z}{\cos\varphi}$	$R = (X_L - X_C) \cdot \tan\varphi$	$R = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z^2} - \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}}$

XL	$XL = \frac{Q_l}{I r^2}$	$XL = \frac{U}{I r}$	$XL = \frac{U^2}{Q_l}$
	$XL = \frac{Z}{\sin \varphi}$	$XL = \frac{R}{\tan \varphi}$	$XL = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z^2} - \frac{1}{R^2}}}$
	$XL = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$		
XC	$XC = \frac{Q_c}{I c^2}$	$XC = \frac{U}{I c}$	$XC = \frac{U^2}{Q_c}$
	$XC = \frac{Z}{\sin \varphi}$	$XC = \frac{R}{\tan \varphi}$	$XC = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z^2} - \frac{1}{R^2}}}$
	$XC = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$		
cosφ	$\cos \varphi = \frac{1}{\frac{R}{Z}}$	$\cos \varphi = \frac{P}{S}$	$\cos \varphi = \frac{I v}{I}$
sinφ	$\sin \varphi = \frac{1}{\frac{XL - XC}{Z}}$	$\sin \varphi = \frac{Q}{S}$	$\sin \varphi = \frac{I c - I r}{I}$
tanφ	$\tan \varphi = \frac{1}{\frac{XL - XC}{R}}$	$\tan \varphi = \frac{Q}{P}$	$\tan \varphi = \frac{I c - I r}{I v}$
L/C	$L = \frac{XL}{2 \cdot \pi \cdot f}$	$C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot XC}$	

Sinuskurve for strøm med fase forskydning



Figur 5: Induktiv belastning



Figur 7: Kapacitiv belastning

1 faset vekselstrøm - fasekompensering

Fremgangsmåde er et eksempel og kan løses på andre måder:

I dette tilfælde kendes P, I og U

Først findes værdier før kompensering:

$$Iv = \frac{P}{U}$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{Iv}{I}$$

$$Ir = \sqrt{I_1^2 - Iv^2}$$

Nu fasekompenseres der:

$$\cos\varphi_2 = \text{Ny ønsket } \cos\varphi$$

$$I_2 = \frac{Iv}{\cos\varphi_2}$$

$$Ir_{komp} = \sqrt{I_2^2 - Iv^2}$$

$$Ic = Ir - Ir_{komp}$$

Nu kendes den nye samlet strøm I og strømmen som kondensatoren skal optage. Der kan nu vælges en kondensator:

$$XC = \frac{U}{Ic}$$

$$C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot XC}$$

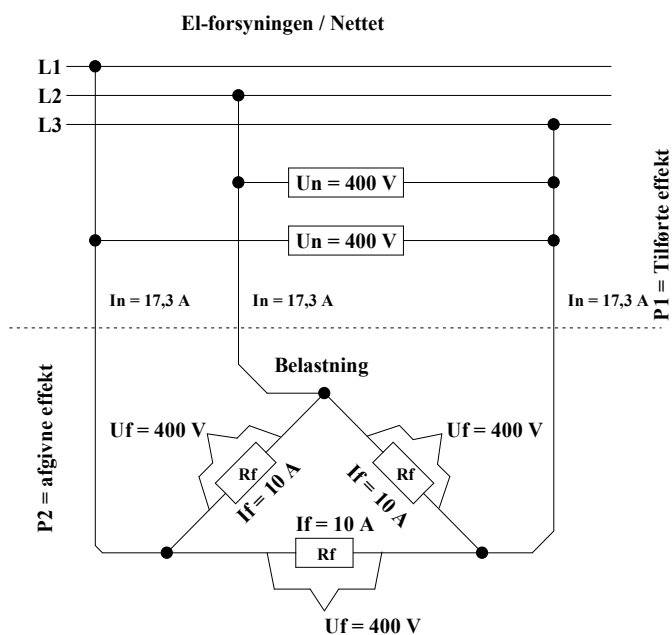
3 faset vekselstrøm

Trekantsforbindelse

$$U_n = U_f$$

$$I_n = I_f \cdot \sqrt{3}$$

$$R_f = \frac{U_f}{I_f}$$



Trekantskoblings principper:

- Strømmen er ikke den samme på belastnings siden som på nettet. Der tilsluttes på nettet en strøm **$I_n = 17,3$ A** fra forsyningen til belastningens tilslutningspunkter, princip tegningen ses som en hel brugsgenstand.
Strømmen ændrer sig på belastnings siden da det er en trekantskobling, som vist på principtegningen. Når man måler strømmen på modstanden **I_f** måles der 10 A.
Det vil dermed sige at der er en strømforskel på kvadratrod 3.

$$I_n = I_f \cdot \sqrt{3}$$

- Spændingen i en trekantkobling er den samme i hele kobling. **U_n** er spændingen på elforsyningen/nettet og **U_f** er spændingen på belastnings siden som vist principtegningen.

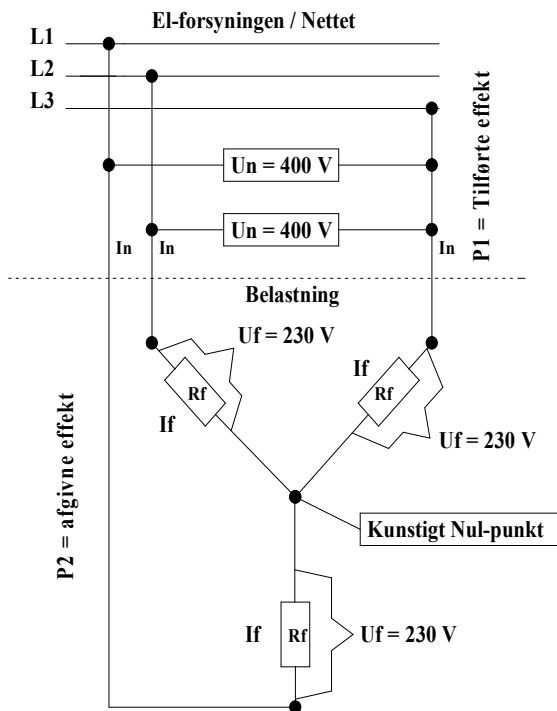
$$U_n = U_f$$

Stjerneforbindelse

$$I_n = I_f$$

$$U_n = U_f \cdot \sqrt{3}$$

$$R_f = \frac{U_f}{I_f}$$



Stjernekoblings principper:

- Spændingen er ikke den samme på belastningssiden som på nettet.
Un = 400 V fra forsyningen til belastningens tilslutningspunkter.
 Spændingen ændrer sig på belastnings siden da det er en stjernekobling, i stjernepunktet dannes der et kunstigt nulpunkt som vist på principtegningen.
 Når man måler spændingen på tilslutningspunktet og på det kunstige nulpunkt også kaldet **Uf** måles der 230 V.
 Det vil dermed sige at der er en spændingsforskel på kvadratrod 3 mindre.

$$U_n = U_f \cdot \sqrt{3}$$

- Strømmen i en stjernekobling er den samme i hele kobling. In er strømmen på elforsyningen/nettet og If er strømmen på belastnings siden som vist principtegningen.

$$I_n = I_f$$

Effekter

1-2 faset vekselstrøm

$$P = Un \cdot I_n \cdot \cos\varphi$$

$$Q = Un \cdot I_n \cdot \sin\varphi$$

$$S = Un \cdot I_n$$

3 faset vekselstrøm

$$P_1 = Un \cdot \sqrt{3} \cdot I_n \cdot \cos\varphi$$

$$Q = Un \cdot \sqrt{3} \cdot I_n \cdot \sin\varphi$$

$$S = Un \cdot \sqrt{3} \cdot I_n$$

Præfikser

<u>Præfiks</u>	Symbol	Talværdi	10-talspotens	Brøk	Benævnelse
Peta	P	1.000.000.000.000.000	10^{15}		Billiard
Tera	T	1.000.000.000.000	10^{12}		Billion
Giga	G	1.000.000.000	10^9		Milliard
Mega	M	1.000.000	10^6		Million
Kilo	k	1.000	10^3		Tusinde
Hekto	h	1.00	10^2		Hundrede
Deca	da	10	10^1		Ti
--	--	1		$\frac{1}{1}$	En
Deci	d	0,1	10^{-1}	$\frac{1}{10}$	Tiendedel
Centi	c	0,01	10^{-2}	$\frac{1}{100}$	Hundrededel
Milli	m	0,001	10^{-3}	$\frac{1}{1.000}$	Tusindedel
Micro	μ	0,000.001	10^{-6}	$\frac{1}{1.000.000}$	Milliontedel
Nano	n	0,000.000.001	10^{-9}	$\frac{1}{1.000.000.000}$	Milliardtedel