

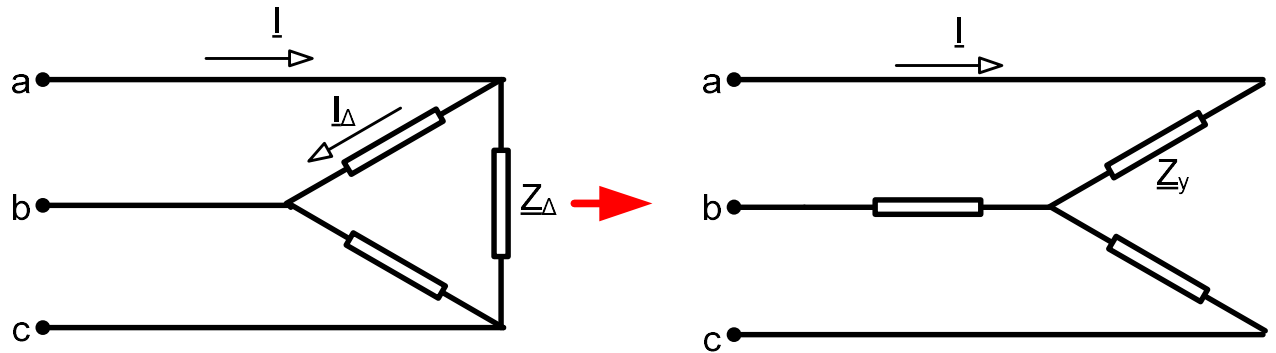
Några rep-frågor:

Ekvivalens mellan en Δ -kopplad och Y-kopplad symmetrisk trefasimpedans är hur ?

1) $\underline{Z}_{\Delta} = 3\underline{Z}_Y$

2) $\underline{Z}_{\Delta} = \frac{\underline{Z}_Y}{3}$

3) $\underline{Z}_{\Delta} = \sqrt{3}\underline{Z}_Y$



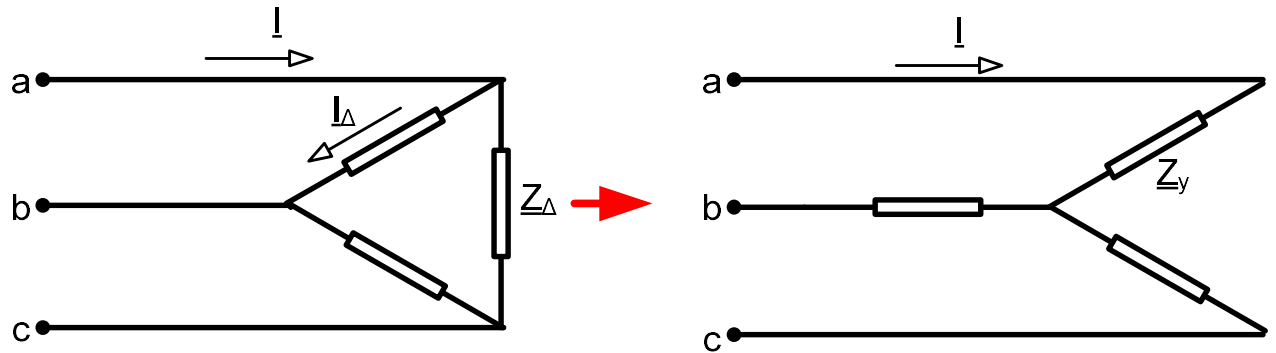
Några rep-frågor:

Ekvivalens mellan en Δ -kopplad och Y-kopplad symmetrisk ström trefasimpedans är hur ?

1) $I = \frac{I_{\Delta}}{\sqrt{3}}$

2) $I = 3 I_{\Delta}$

3) $I = \sqrt{3} I_{\Delta}$



Men en vinkel också? Hur stor?

$$I_{\Delta} = \frac{I}{\sqrt{3}} \angle 30^\circ$$

Några rep-frågor:

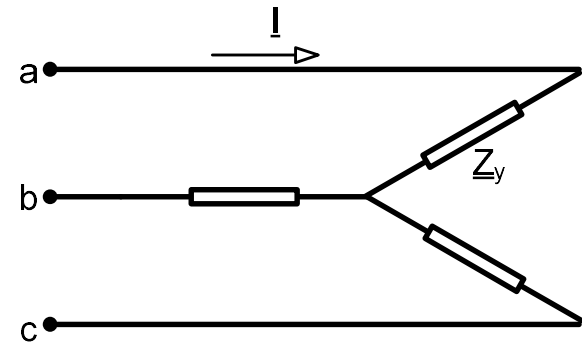
Förhållande mellan fas/fas-fas spänning?

1) $U_f = 3U \angle 30$

2) $U_f = \sqrt{3}U \angle 30$

3) $U_f = \sqrt{3}U \angle -30$

~~" $I_{total} = 3 * I_{fas}$ "~~



Som sagt minns vinklarna!

Vi pratar endast om
fasström ej fas-fas ström!

Några rep-frågor:

Vad är fel i uttrycken för 3-fas effekt?

Trefaseffekt

$$P = 3U_f I \cos \varphi = \sqrt{3}UI \cos \varphi \quad [W]$$

$$Q = 3U_f I \sin \varphi = \sqrt{3}UI \sin \varphi \quad [VAr]$$

$$\underline{S} = 3\underline{U}_f \underline{I} = \sqrt{3}UI \quad [VA]$$

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

$$\underline{S} = 3\underline{U}_f \underline{I}^* = P + jQ$$

$\cos \varphi$ - effektfaktor

Symmetriska 3-fassystem: alla laster // (utom ledningens imp.)

Beräkningar: gå över till ekv. Y-fas eller
 ΣP och ΣQ (med tecken) ej ΣS

$\Delta \Rightarrow Y$ $Z_y = \frac{Z_{\Delta}}{3}$ $I = \sqrt{3} \cdot I_{\Delta}$ men $\Sigma \underline{S}$

U – huvudspänning (data för 3-fas utrustning) U_f – fasspänning;

$$\underline{S} = 3 \underline{U}_f \underline{I}^*$$

I – fasström; I_{Δ} – ström i Δ ; $\cos \phi$ – effektfaktor

Z – impedans

R – resistans

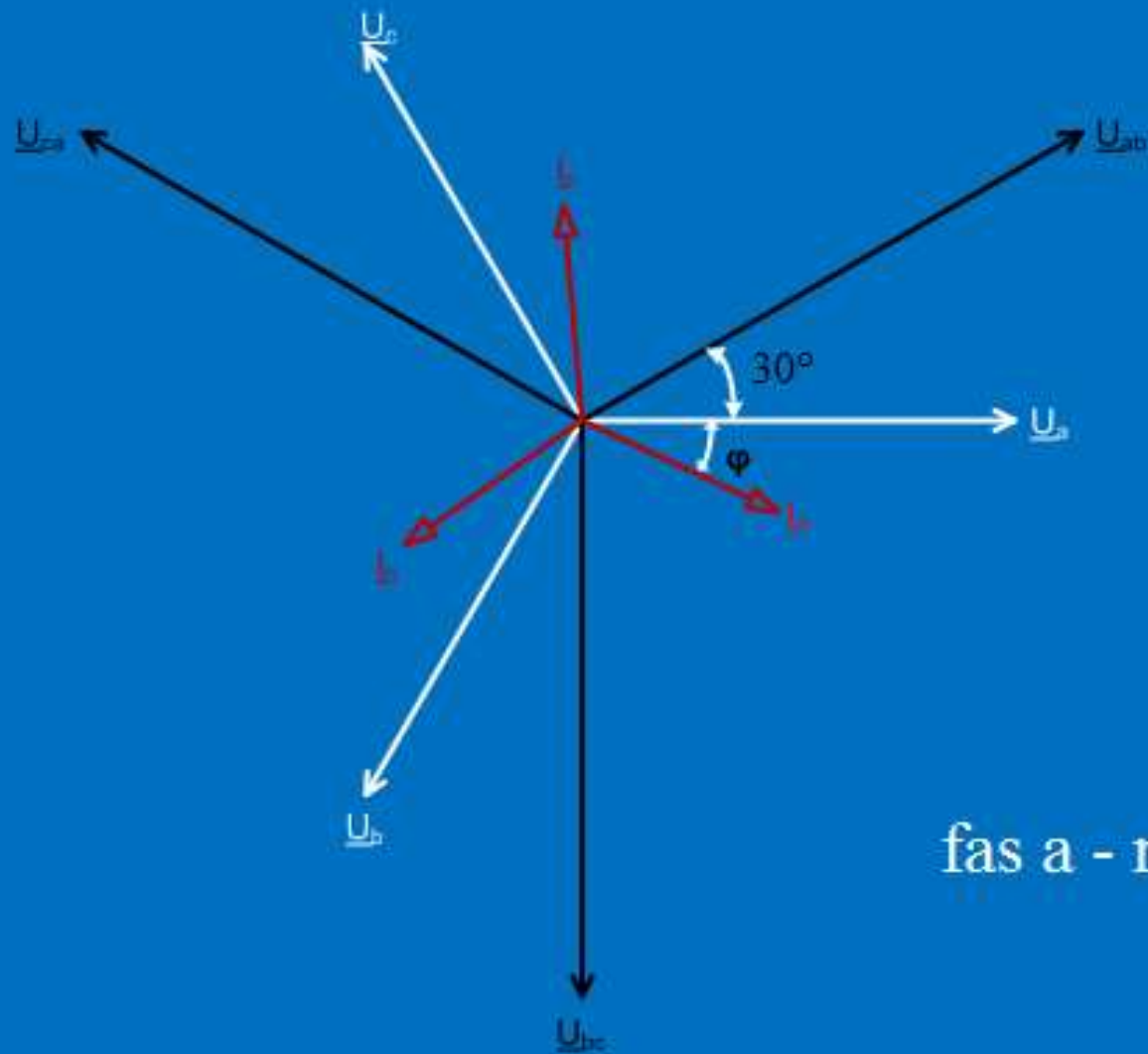
X – reaktans

$$\underline{Z} = R + jX$$

X_L eller X_C

$I_{tot} \times 3 \cdot I$

Visardiagram för ett symmetriskt trefassystem



1. Två stycken symmetriska trefasbelastningar enligt nedan är anslutna till ett symmetriskt trefasnät med spänning 400 V, 50 Hz.

Belastningarna är:

I – en Y-kopplad last med ett motstånd på $20\ \Omega$ seriekopplat med en kondensator på $100\ \mu\text{F}$ i varje fas

II – en Δ -kopplad last med en spole på 100 mH i varje gren

- a) Bestäm med hur stor ström respektive last belastar nätet samt den totala strömmen som tas ifrån nätet. Alla strömmar skall anges i komplex form. Hur stor ström flyter genom varje spole? (7p)
- b) Rita ett visardiagram över alla de tre strömmarna med nätets fasspänning som referens. (3p)
- c) Vad är det för karaktär på respektive last samt den totala lasten? (3p)
- d) Hur stor skenbar effekt förbrukar den totala lasten (anges i komplex form)? (2p)

Faskompensering:

shuntkompensering $Q_C = 3 \cdot X_c \cdot I_c^2 = 3 \frac{U_c^2}{X_c} = 3 \cdot \omega \cdot C \cdot U_c^2$

seriekompensering

beräkningar

Visardiagram:

välj referens – oftast fasspänning

Ledningar:

π – schema;

parametrar: R, L, C ;

spänningsfall;

effektförluster

beräkningar

$$U_{längsf} = R_l I \cos \varphi_2 + X_l I \sin \varphi_2$$

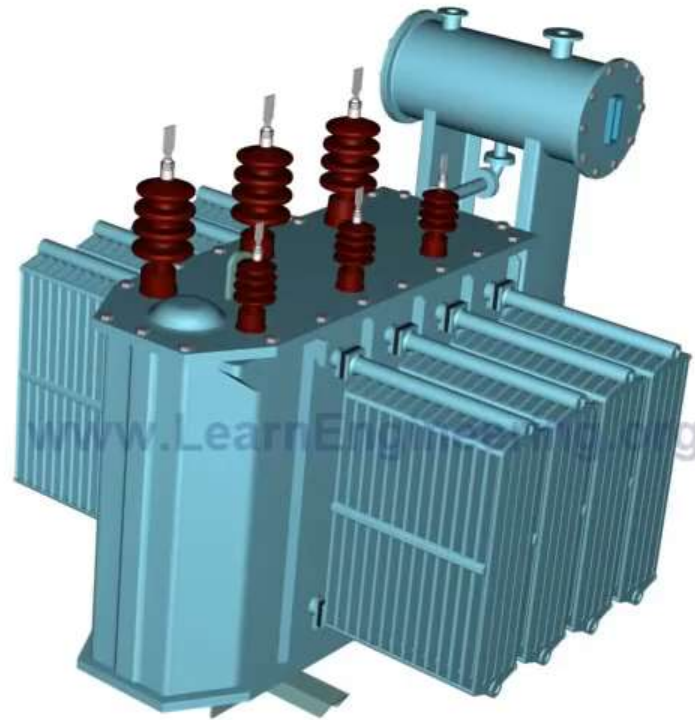
$$U_{tvärf} = X_l I \cos \varphi_2 - R_l I \sin \varphi_2$$

$$U_{längs} = \frac{R_l P_2 + X_l Q_2}{U_2}$$

$$P_{förl} = P_1 - P_2 = 3 R_l I^2 = R_l \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2}$$

2. I en industrianläggning som matas från ett 400 V, 50 Hz trefasnät finns elektriska maskiner och apparater, som sammanlagt förbrukar 140 kW vid $\cos \varphi = 0.707$. Anläggningen kompletteras med en maskin, som drivs av en asynkronmotor, som förbrukar 15 kW och 28.5 A. Dessutom inkopplas ett kondensatorbatteri med tre kondensatorer om vardera 1 mF i Δ -koppling.
- a) Beräkna strömmen i matningsledningen till anläggningen före och strömmen och resulterande effektfaktorn efter kompletteringen med asynkronmotor och kondensatorer. (8p)
- b) Beskriv vad syftet är med inkoppling av kondensatorer. (3p)

Transformatorn princip



Trafo : två separata elektriska kretsar ihopkopplade
mha en magnetisk krets - galvaniskt skilda elkretsar
ekv.schema x 3 (fullständiga, förenklade, enkla);
visardiagram

hur får man fram: R_k ; X_k och Z_k ; R_{Fe} och X_m

r_k ; x_k ; z_k

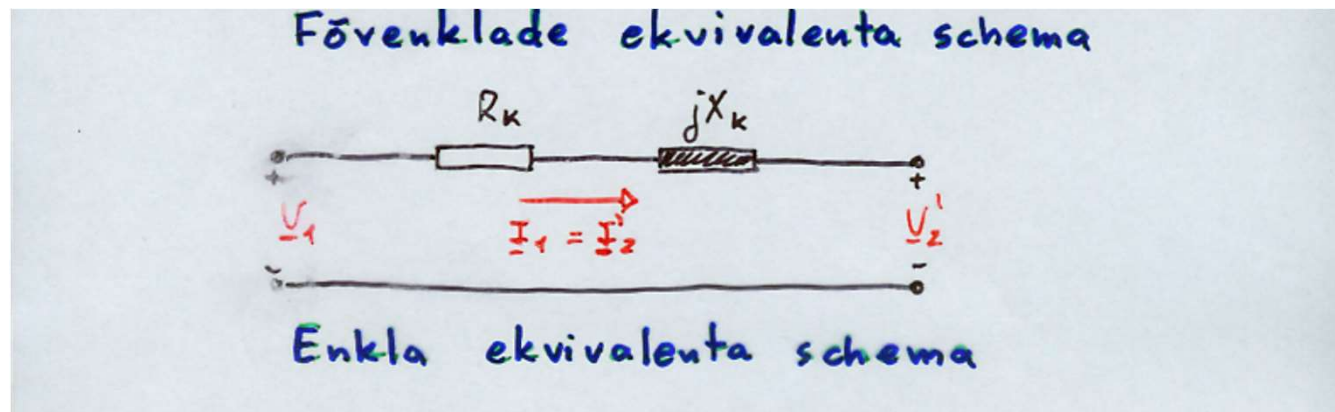
beräkningar; impedanstransformering

märkskylt

verkningsgrad $\eta = \frac{P_{ut}}{P_{in}} \cdot 100 \%$

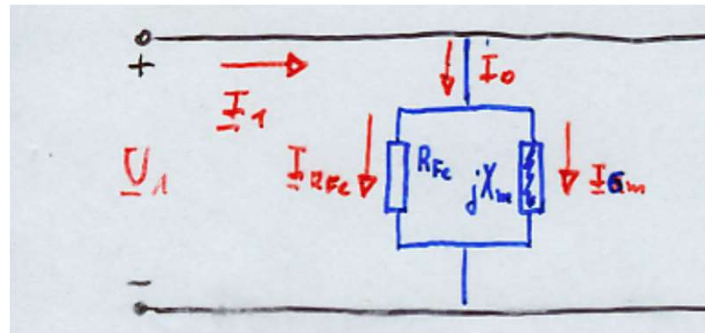
Några rep-frågor:

Vilket driftsfall är följande transformator modell giltig för?



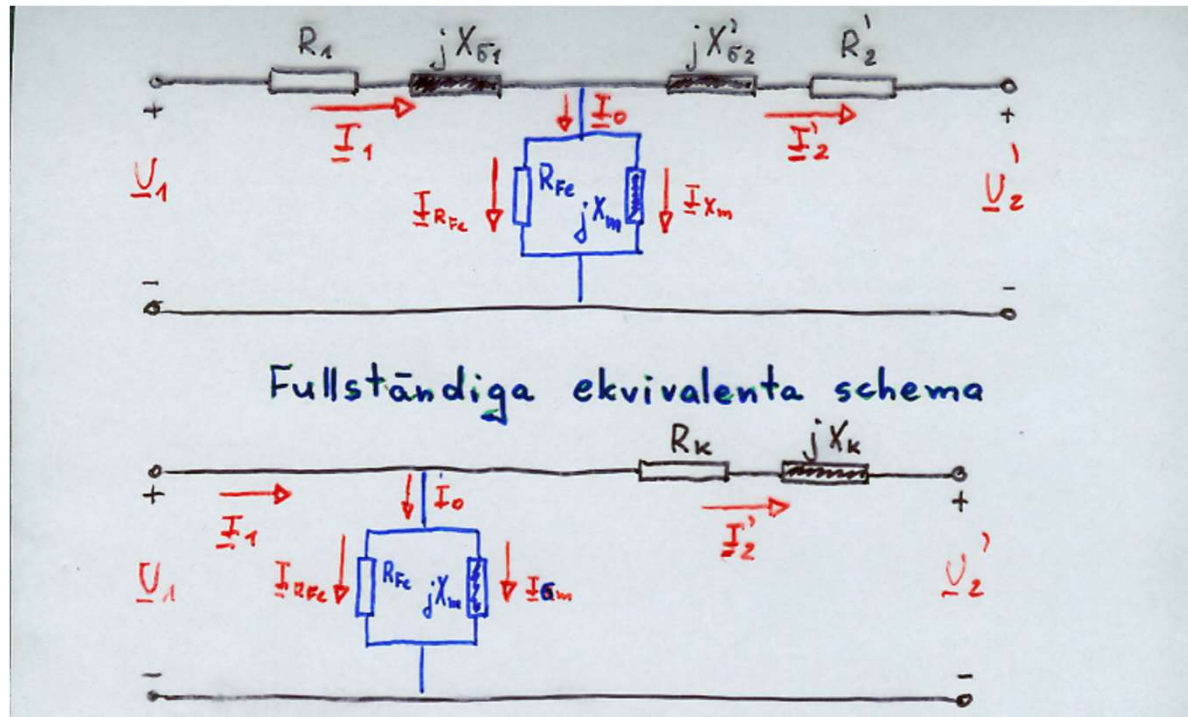
Några rep-frågor:

Hur ser modellen vid öppen krets prov?



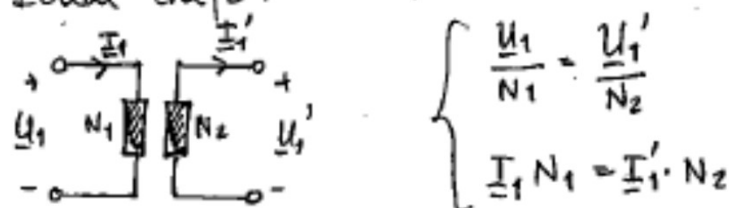
Några rep-frågor:

Vilka antaganden ligger bakom nedanliggande förenkling?

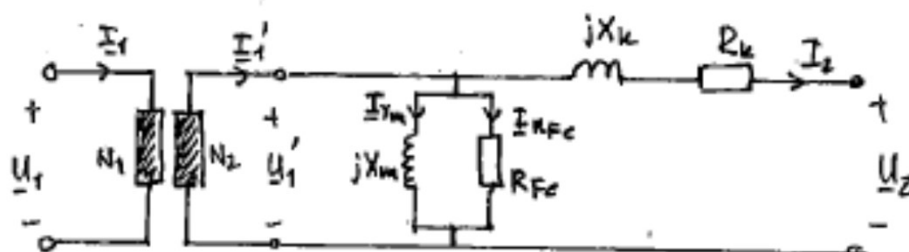


Transformator

Ideal trafo:

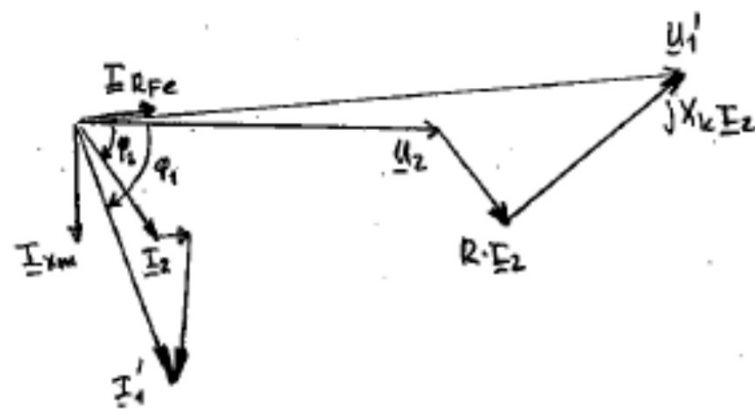


$$\begin{cases} \frac{\underline{U}_1}{N_1} = \frac{\underline{U}_1'}{N_2} \\ \underline{I}_1 N_1 = \underline{I}_1' N_2 \end{cases}$$

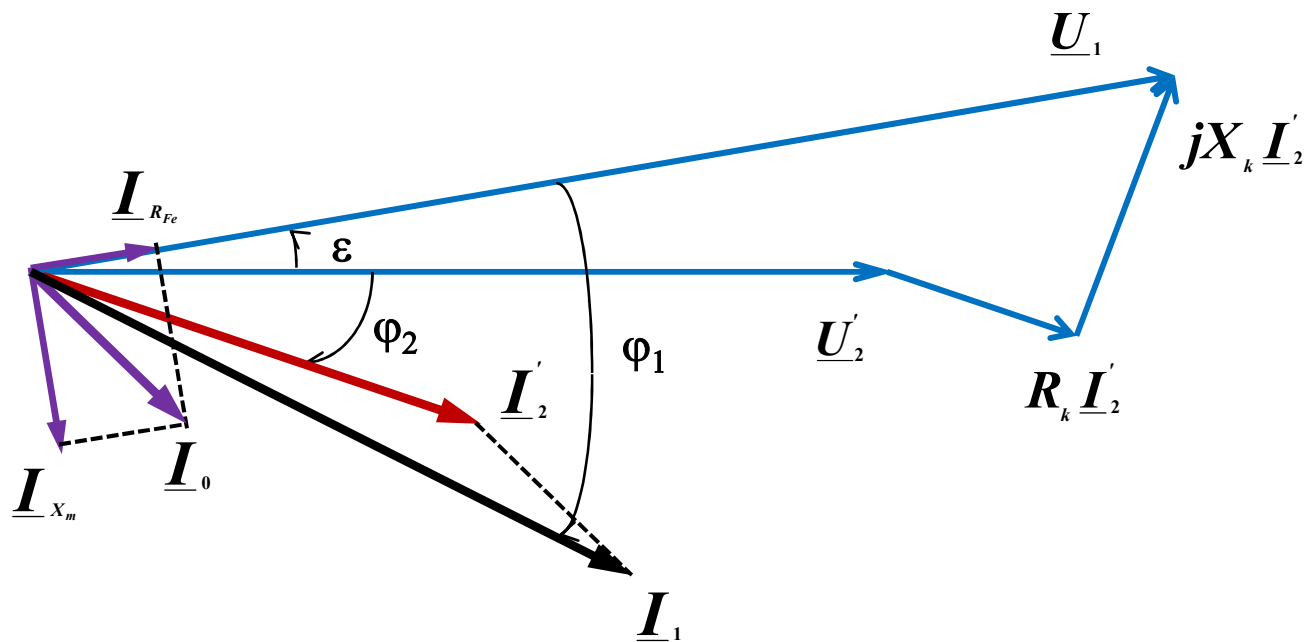


$$\underline{Z}'_1 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \underline{Z}$$

visardiagram:



Visardiagram – förenklat ekvivalenta schema för
enfastransformatorn
(induktiv last)



ε - fasvridning

Basimpedansen definieras med transformatorns märkvärden, märkspänning (U_n) och märkeffekt (S_n), enligt:

$$Z_{bas} = \frac{U_n^2}{S_n}$$

Denna kvot motsvarar den impedans en trefasbelastning har som vid märkspänning förbrukar märkström.

Förhållandet: $z_k = \frac{Z_k}{Z_{bas}} \cdot 100\%$ kallas för **relativa kortslutningsimpedansen**

på motsvarande sätt definieras:

$$r_k = \frac{R_k}{Z_{bas}} \cdot 100\% \quad \text{kortslutningsresistansen } (P_{cu})$$

$$x_k = \frac{X_k}{Z_{bas}} \cdot 100\% \quad \text{kortslutningsreaktansen}$$

3. En trefas transformator är märkt:

125 kVA, 6,6/0,4 kV, Δ/yn , $z_k = 4,7 \%$, $r_k = 1,1 \%$

Transformatorn anslutes till ett 6,6 kV - nät samt belastas sekundärt med en Y-kopplad last med impedansen $Z = 0,6 + j1,0 \ \Omega/\text{fas}$.

- a) Bestäm sekundär ström och klämspänning samt av lasten uttagen aktiv och reaktiv effekt. (7p)
- b) Kan man belasta transformatorn ytterligare? (2p)
- c) Hur stora är transformatorns belastningsförluster? (2p)
- d) Bestäm strömmen i en lindningsfas på primärsidan. (Tomgångsströmmen försummas). (2p)

Med kortslutningseffekt i felstället (eller ett tänkt felställe) menas:

$$S_k = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_k$$

där U = normal driftspänning innan kortslutningen inträffat
(huvudspänning),

I_k = kortslutningsströmmen sedan felet inträffat.

$$S_k = \sqrt{3} \cdot U \cdot \frac{U_f}{Z_k} = \frac{U^2}{Z_k}$$

Alternativ kort beräkning: $S_k = \frac{S_n}{z_k}$

Parallellkopplade apparater

Resultterande impedansen $\underline{Z}$ erhålls ur

$$\frac{1}{\underline{Z}} = \frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2} + \dots$$

$$\frac{1}{\underline{Z}_k} = \frac{\underline{S}_k}{U^2} \text{ vilket sätts in ovan och ger}$$

$$\underline{S}_k = \underline{S}_{k1} + \underline{S}_{k2} + \dots$$

där $\underline{S}_k$ är resultterande kortslutningseffekt.

Seriekopplade apparater

Resultterande impedansen $\underline{Z}$ erhålls ur

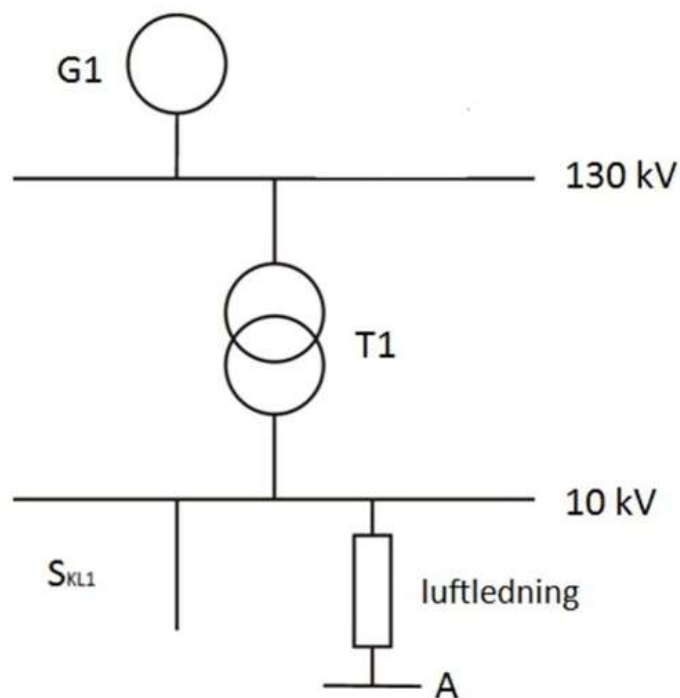
$$\underline{Z} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \dots$$

$$\underline{Z}_k = \frac{U^2}{\underline{S}_k} \text{ vilket insatt ger } \frac{U^2}{\underline{S}_k} = \frac{U^2}{\underline{S}_{k1}} + \frac{U^2}{\underline{S}_{k2}} + \dots$$

Division med U^2 ger

$$\frac{1}{\underline{S}_k} = \frac{1}{\underline{S}_{k1}} + \frac{1}{\underline{S}_{k2}} + \dots$$

4. Bestäm kortslutningsström och kortslutningseffekt vid ett fel i punkt A. Använd metoden med delkortslutningseffekter. (6p)



Följande data gäller:

Generator G1: $S_n = 50 \text{ MVA}$; $x_d = 20\%$

Transformator T1: 130/10 kV: $S_n = 100 \text{ MVA}$; $z_k = 8\%$

Linjer:

$S_{KL1} = 250 \text{ MVA}$;

Luftledning: $X = 2,5 \Omega/\text{fas}$ (tills kortslutningsstället)

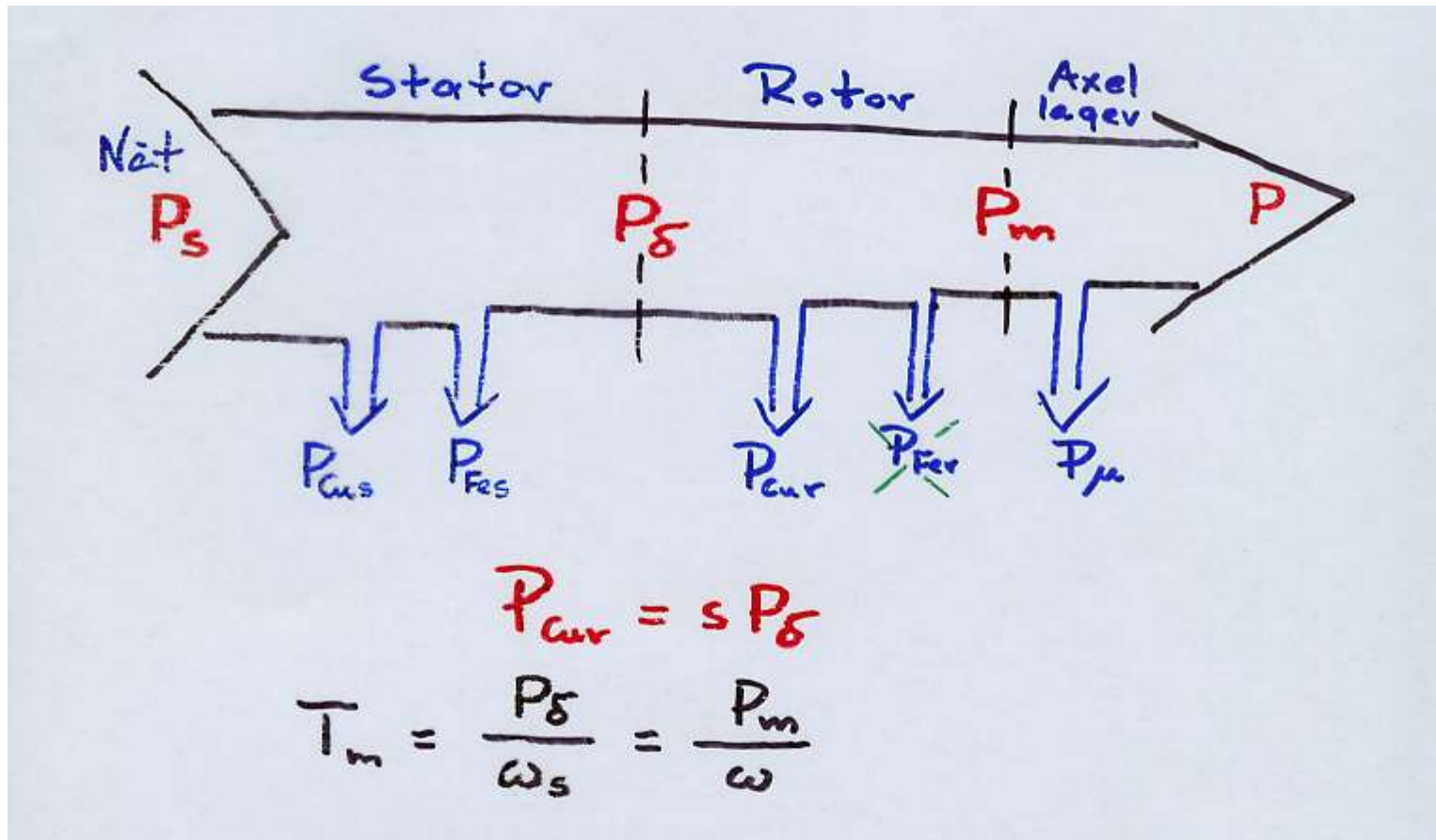
Funktionen hos en Asynkronmaskin

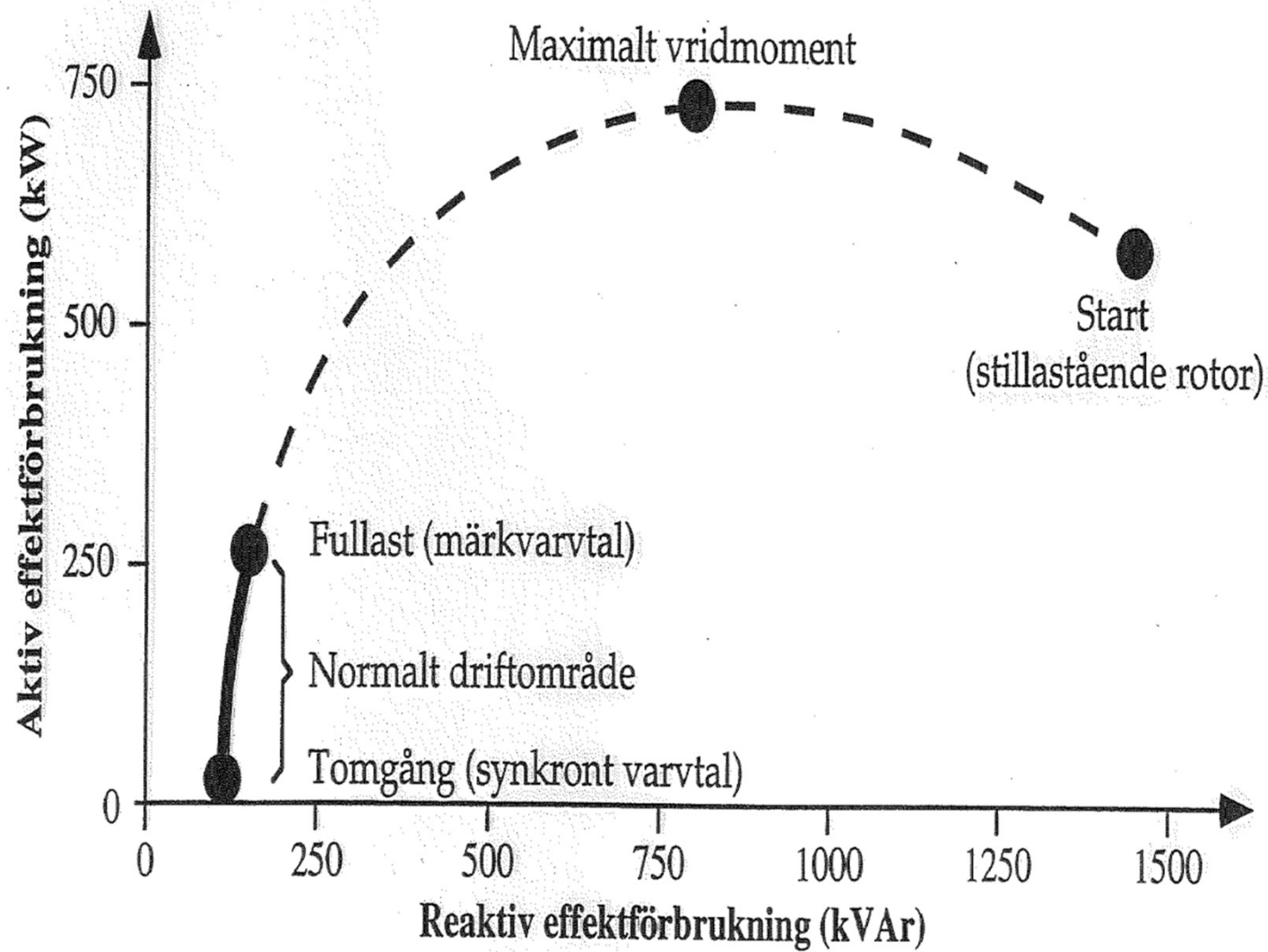


eftersläpning: $s = \frac{n_s - n}{n_s}$

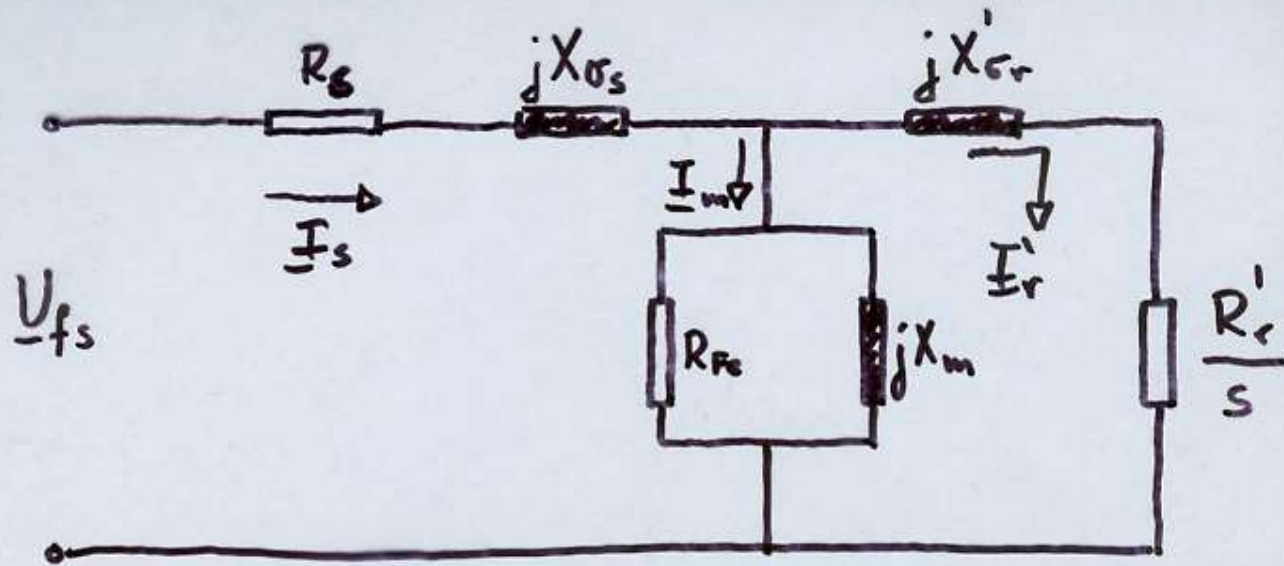
$f_r = p/2 \cdot (n_s - n) / n_s = s \cdot f$

Effektfördelningen i AM - effektpilen





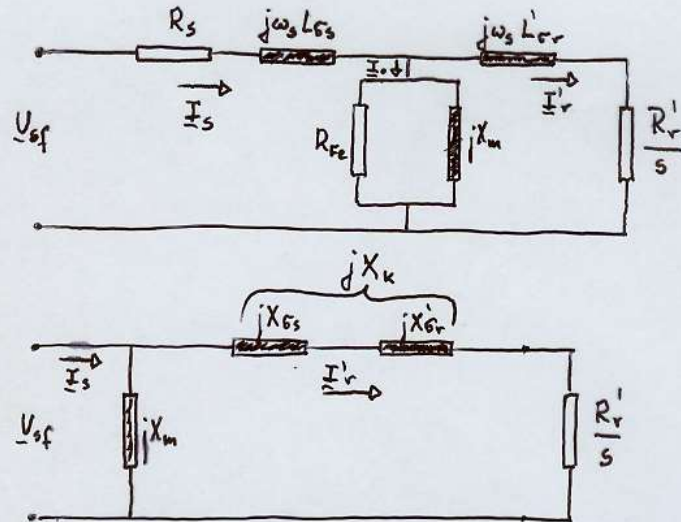
Ekvivalenta schemat för AM:



$$P_g = \frac{P_{\text{cuvr}}}{s} = \frac{1}{s} 3 R'_r I_r'^2$$

$$\Rightarrow T = 3 \frac{1}{\omega_s} \frac{R'_r}{s} \frac{U_{fs}^2}{\left(\frac{R'_r}{s}\right)^2 + X_k^2} \quad N_{\text{m}}$$

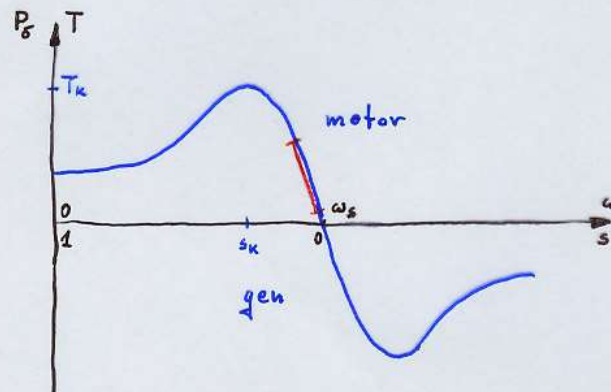
$$T \sim U_s^2$$



$$P_{\delta} = \frac{P_{aur}}{s} = \frac{1}{s} 3 R'_r I_r'^2 = 3 \frac{R'_r}{s} \frac{U_{sf}^2}{\left(\frac{R'_r}{s}\right)^2 + X_k^2} \quad [W]$$

$$T = \frac{P_{\delta}}{\omega_s} \quad [Nm]$$

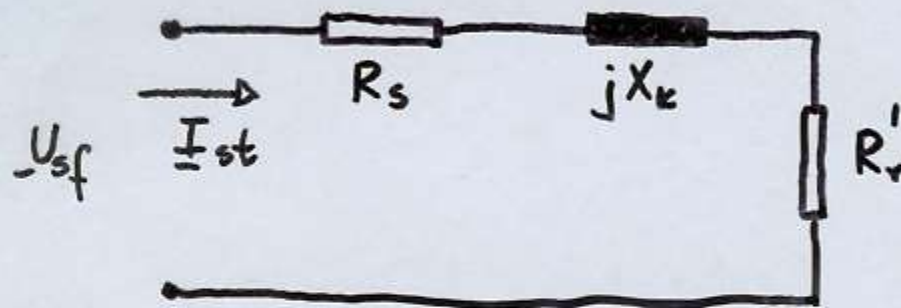
T_k - kippmoment



Driftområde –
motor

Vid start av AM gäller:

$$s = 1$$



$$T_{st} = 3 \frac{1}{\omega_s} R_v' \frac{U_{sf}^2}{(R_s + R_v')^2 + X_k^2} \quad \text{Nm}$$

$T_k \rightarrow$ oberoende av R_v'

Start metoder:

1. Direkt start: $I_s = (4 \div 8) I_n$

utformning av rotorspår (strömförträngningsfenom.)
(R_r)

2. Med yttre rotorresistorer: (R_r')

→ släpplad AM

3. Y- Δ start:

$$\frac{I_{stY}}{I_{st\Delta}} = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{T_{stY}}{T_{st\Delta}} = \frac{1}{3}$$

4. Mjukstartare (tyristorbaserad)

$$I_{st} \checkmark \quad T_{st} \checkmark \quad (T_{st} \sim I_{st}^2)$$

5. Start med frekvensomriktare $I_{start} \approx I_n$

5. En trefas 50 Hz asynkronmotor är märkt: 150 kW; 3,3 kV; 36 A; $\cos \varphi = 0,8$; 965 rpm. Vid direkt start är maskinens startström 200 A och tillförd effekt 345 kW. Statorns resistans är 1,5 Ω /fas. Gör lämpliga approximationer vid beräkningar.

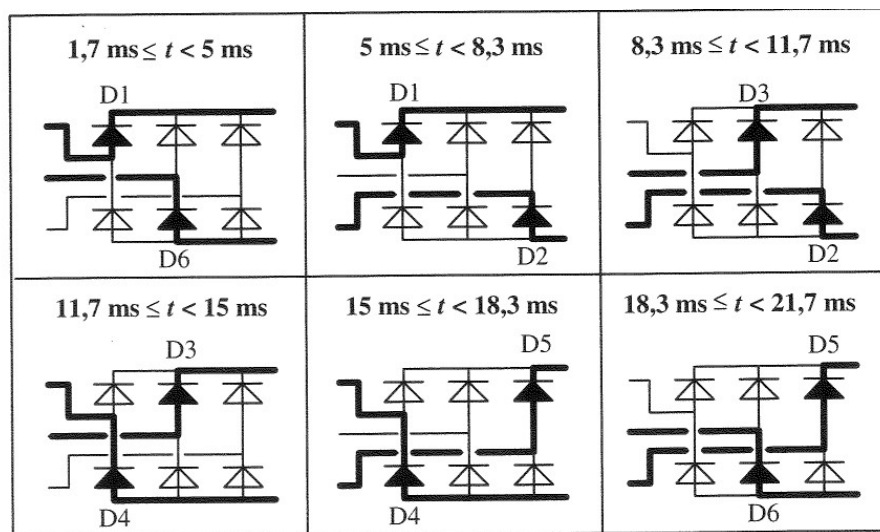
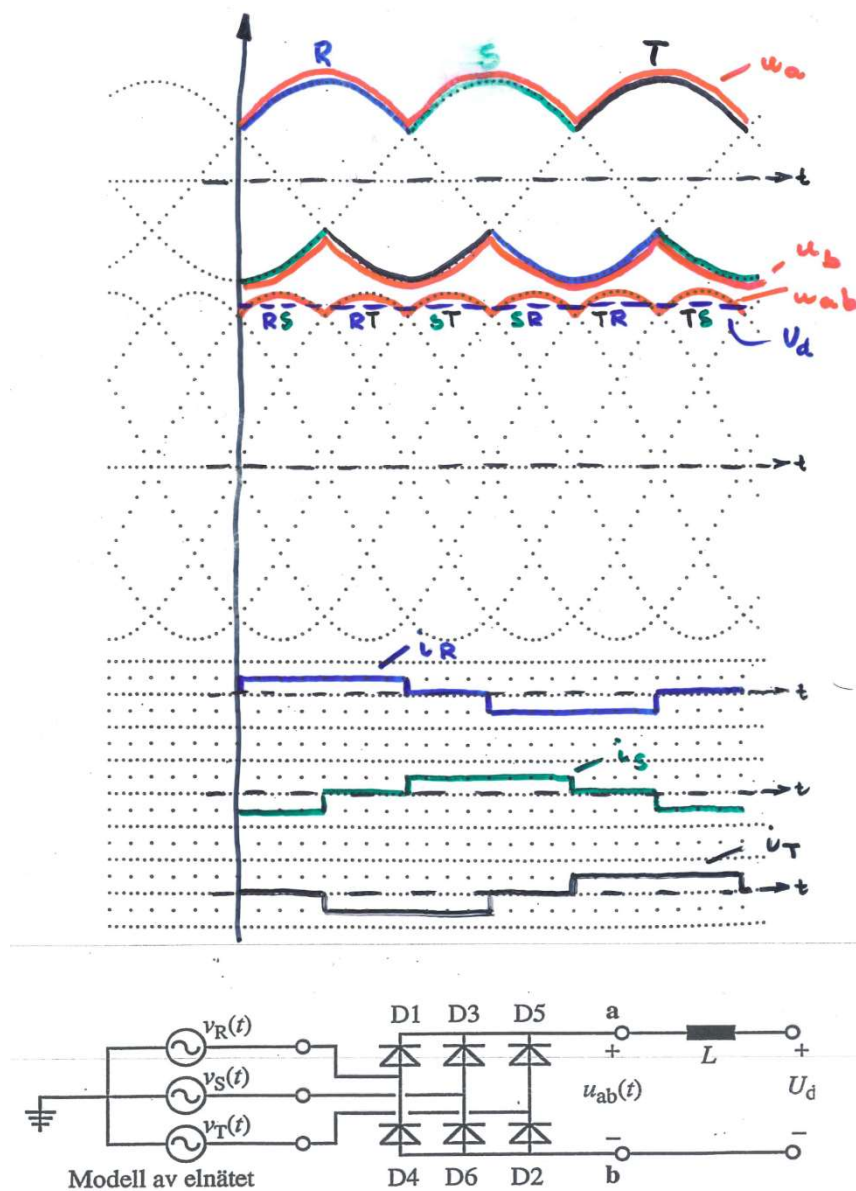
Bestäm:

- a) Startmoment (5p)
- b) Förhållandet mellan startmoment och märkmoment. (2p)
- c) Förhållandet mellan kopparförlusterna i statorn vid start och märkdrift (2p)
- d) Rita det förenklade ekvivalenta schemat för asynkronmaskinen vid start (2p)

$$U_d = \frac{3 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U \approx 1.35 \cdot U$$

$$U_d = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} U_f \approx 0.9 \cdot U_f$$

Trefaslikriktare där vi glättat



Figur 5.5 Faspotentialerna på de tre faserna på ett 400 V/50 Hz elnät samt potentialerna i punkt a och b. Dessutom visas hur strömmen går i diodlikriktaren under olika delar av perioden.

Glättningsinduktans

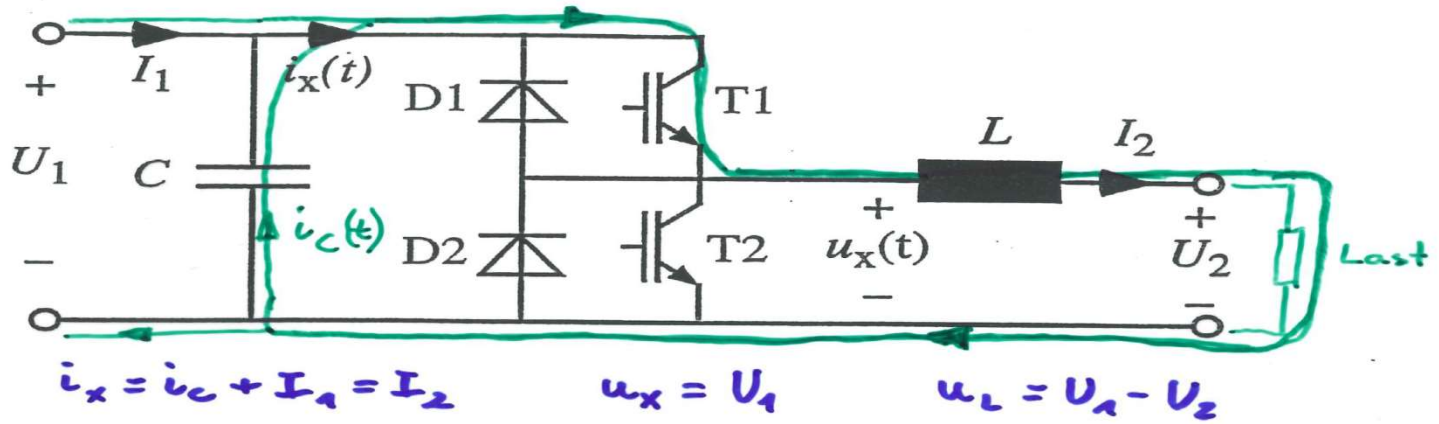
$$\frac{di_L(t)}{dt} = \frac{u_L(t)}{L}$$

Glättningskondensator

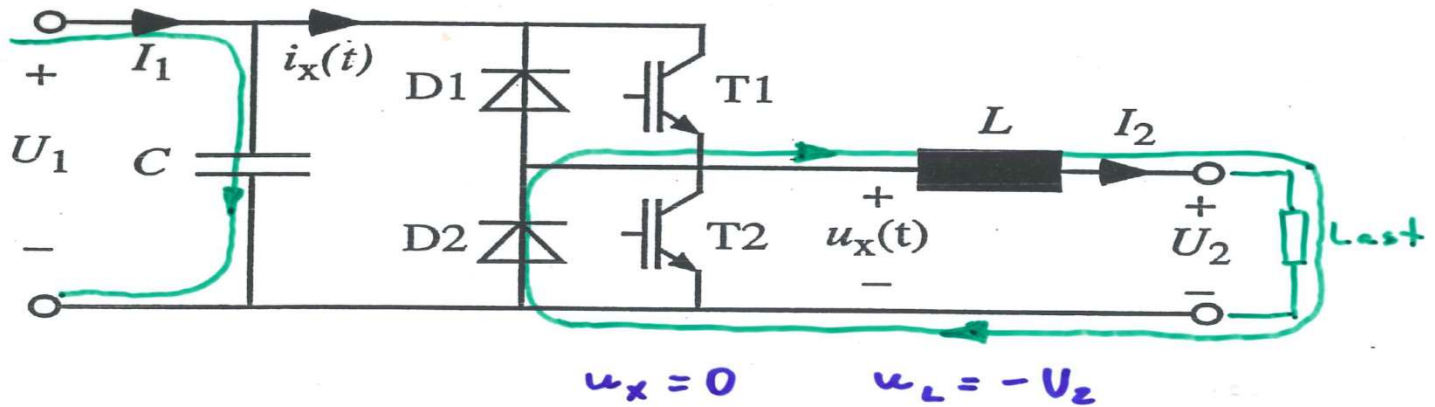
Kondensatorn är spänningsstyv komponent.
Spänningen över C kan ej ändras språngvis.

$$\frac{du_c(t)}{dt} = \frac{i_c(t)}{C}$$

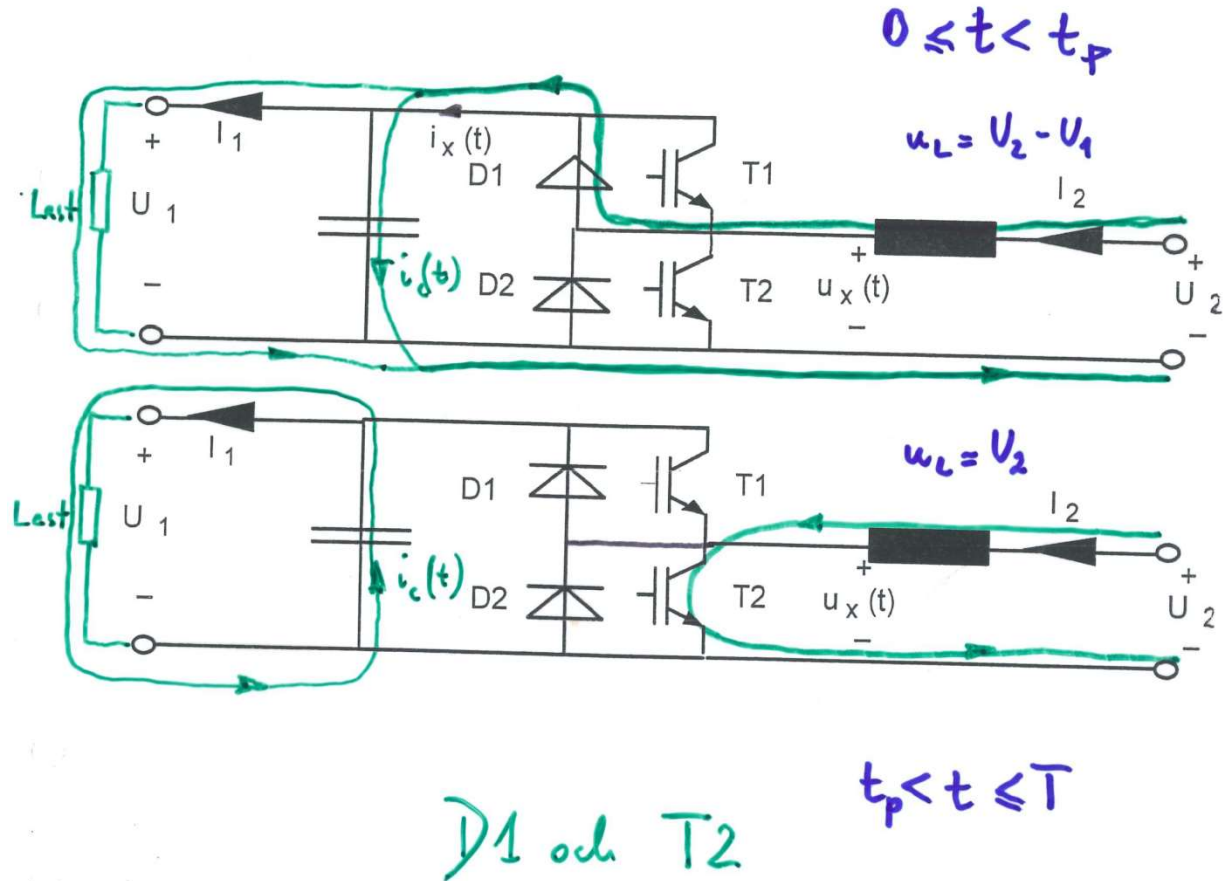
Nedspänningsomriktare

$$0 < t \leq t_p$$


T1 och D2

$$t_p < t \leq T$$


Uppspänningsomriktare



6. En LS-omriktare är ansluten till en trefasig diodlikriktare matad från 400 V trefasnät. LS-omriktaren skall ge en stabil likspänning till provning av 250 V apparater som drar $I = 10$ A. Switchfrekvensen i omriktaren är 50 kHz.

a) Rita kopplingen. (4p)

b) Hur lång tid under varje modulationsperiod leder transistorn? Rita upp hur spänningen över dioden ser ut under två modulationsperioder. Gradera axlarna på diagrammet. (4p)

c) Hur ser spänningen över induktansen i LS-omriktaren ut under två modulationsperioder? Gradera axlarna på diagrammet. (2p)

d) Vad blir strömmen genom transistorn och strömmen ifrån likriktaren? Rita in dem i ett diagram med graderade axlar. (4p)



www.LearnEngineering.org

2.2. Uppbyggnad och funktion för LM

Fältlindning ger stillastående magnetfält

$$B \approx k_f I_f$$

Ström i rotorledarna (ankarlindningen)
ger kraft på ledarna och vridmoment

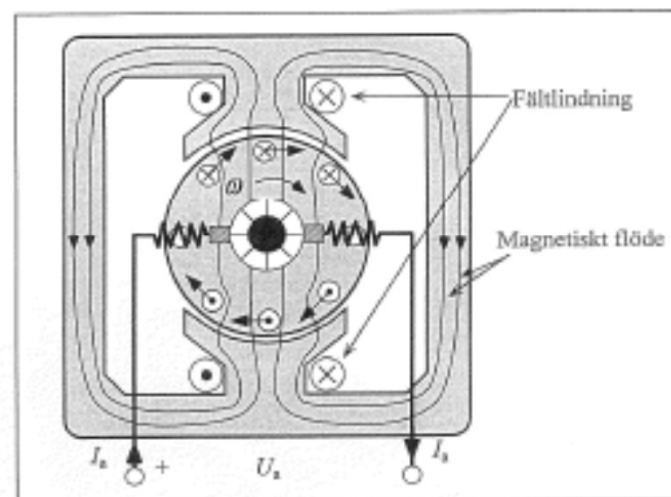
$$F = B I_a l \Rightarrow T = \sum F r$$

$$\Rightarrow T = k I_f I_a$$

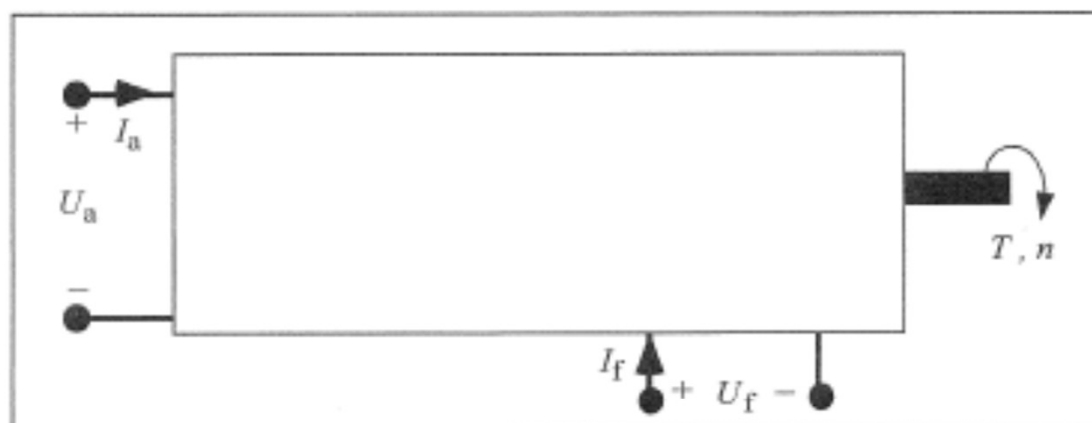
Kommutatorn ger stillastående
strömfördelningen på rotorn

Rotorledarna rör sig i magnetfältet
vilket ger inducerad ankarspänning

$$E = \sum B v l \Rightarrow E = k I_f \omega$$



2.3 Teoretisk modell för LM



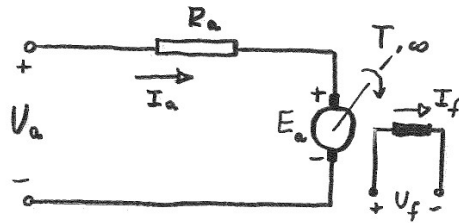
$$E_a = \Psi \omega = k I_f \omega$$

$$U_a = E_a + R_a I_a$$

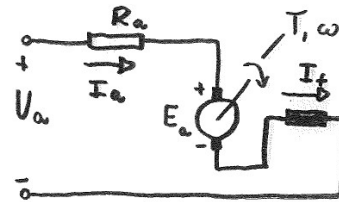
$$T_{LM} = \Psi I_a = k I_f I_a$$

Kan förklara alla LMs viktigaste egenskaper

Sep. magn.



Seriemagn.



motordrift

$$V_a = E_a + R_a I_a$$

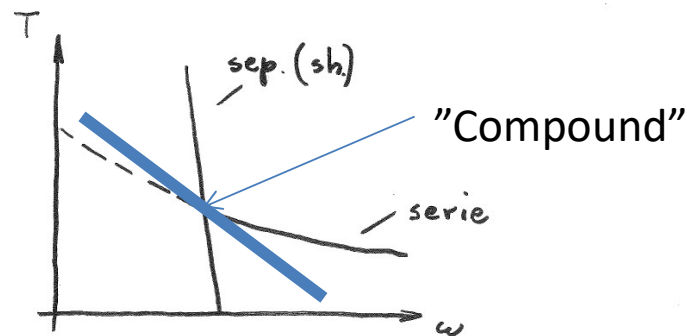
$$P_{mek} = E_a I_a$$

$$E_a = k I_f \omega$$

$$P_{mek} = \omega T$$

$$T = k I_f I_a$$

$$\text{Seriemotor: } I_f = I_a \Rightarrow T = k I_a^2$$



$$\omega = \frac{V_a - R_a I_a}{k I_f}$$

Risk för
rusning

7. Ankaret i en likströmsmotor matas från en likriktare med variabel spänning. Fältlindningen matas separat. Ankarkretsens resistans $R_a = 0,8 \, \Omega$.

a) Maskinen går vid ett tillfälle belastad med ett visst moment och roterar då med 1200 rpm vid $U_a = 240 \, \text{V}$ och $I_a = 10 \, \text{A}$. Bestäm maskinens moment.

(4p)

b) Vid oförändrad fältström, minskar man belastningsmomentet till 75 % av momentet

i a). Samtidigt sänker man ankarspänningen till 200 V. Bestäm maskinens varvtal.

(6p)