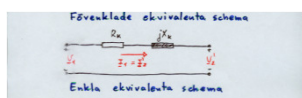


Idag:
 Transformator-avslutning
 Långa ledningar
 Asynkronmaskin – **AM**

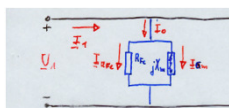
Några rep-frågor:

Vilket driftsfall är följande transformator modell giltig för?



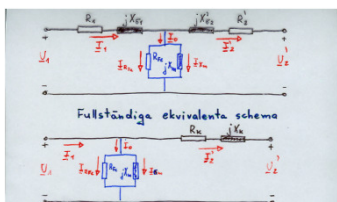
Några rep-frågor:

Hur ser modellen vid öppen krets prov?

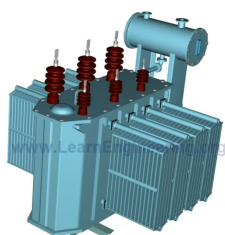


Några rep-frågor:

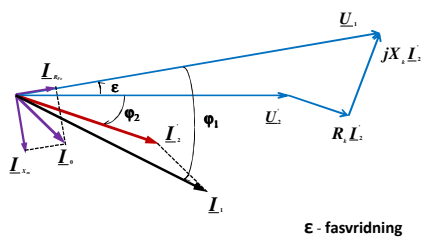
Vilka antaganden ligger bakom nedanliggande förenkling?

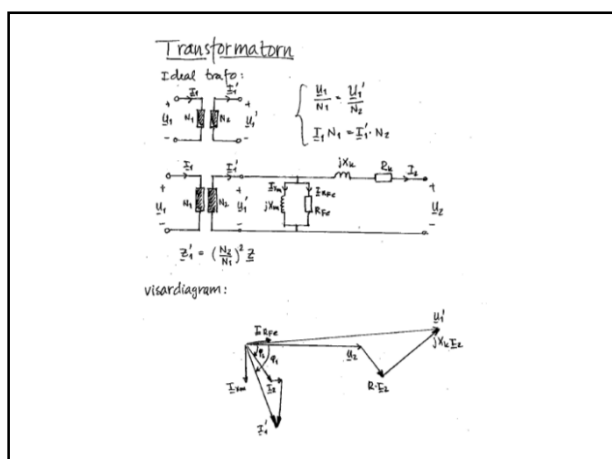


Transformatorns funktionsprincip



Visardiagram – förenklat ekvivalent schema för enfastransformatorn (induktiv last)





Förluster och verkningsgrad

$$P_1 = P_2 + P_{\text{förl}} \quad P_{\text{förl}} = P_0 + P_{\text{Cu}}$$

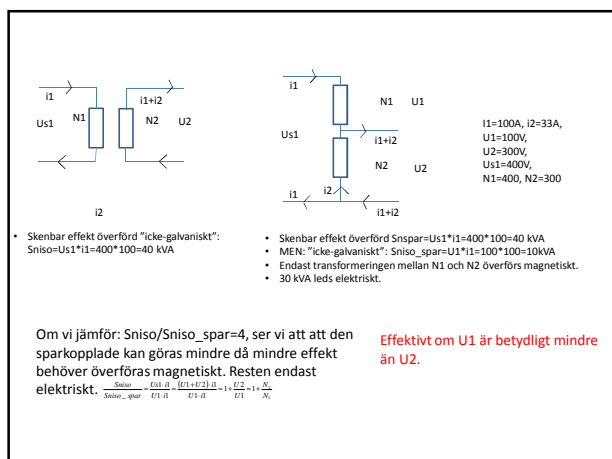
$$\eta = \frac{P_2 - P_{\text{förl}}}{P_1} \cdot 100 \%$$

Tomgångsprov utförs från lågspänningssidan av trafo med märkspänning

$$U_0 = U_n \quad P_0 \quad I_0 \quad \Rightarrow \quad R_{Fe} \quad X_m$$

Kortslutningsprov utförs från uppspänningssidan av trafo med märkström

$$I_k = I_n \quad P_k \quad U_k \quad \Rightarrow \quad R_k \quad X_k$$



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.

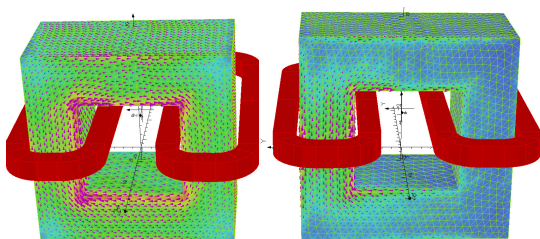
Förhållandet: $z_k = \frac{Z_k}{Z_{bas}} \cdot 100\%$ kallas för **relativa kortslutningsimpedansen**

på motsvarande sätt definieras:

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

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

Med massivt järn ökar förlusterna!



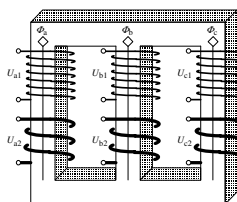
Riktning flöde:



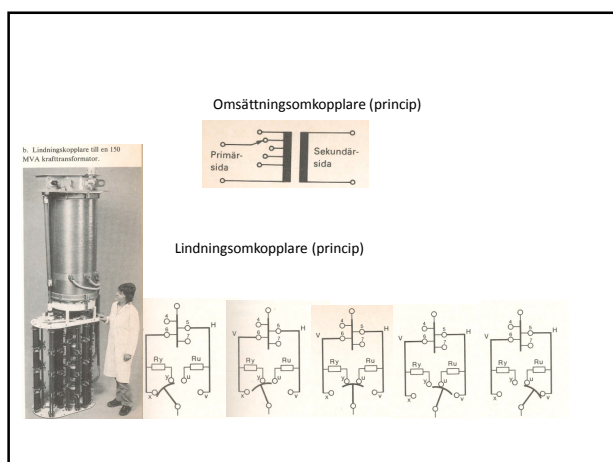
Laminering minskar kärnförluster!

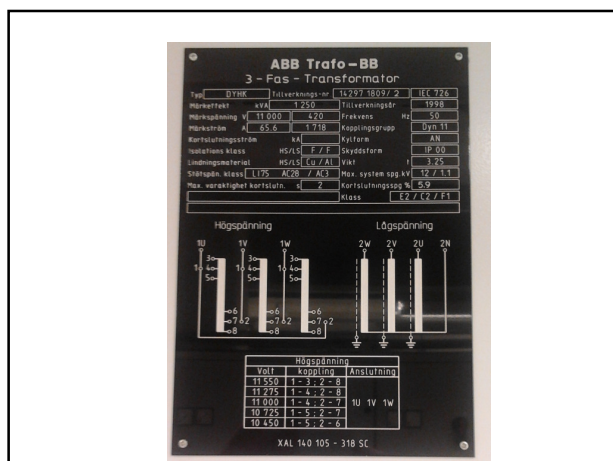
Trefastransformator

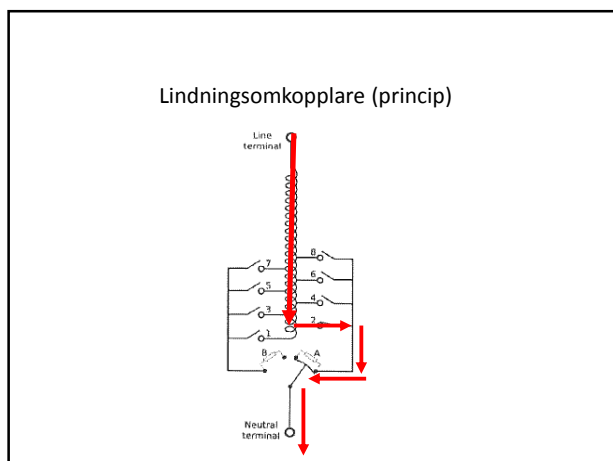
Y/y
YN/yn
Δ/y-noll
Δ/Δ
D/d

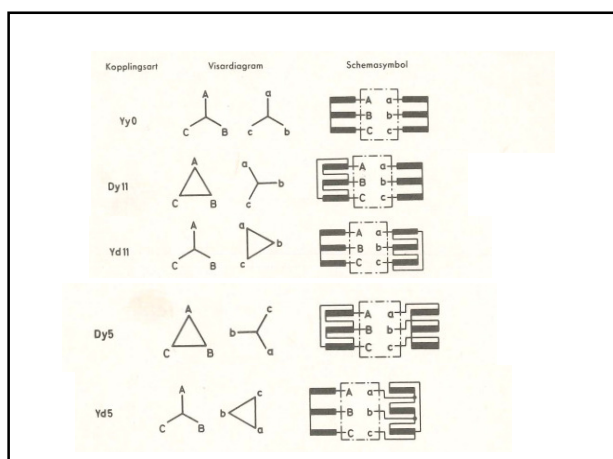


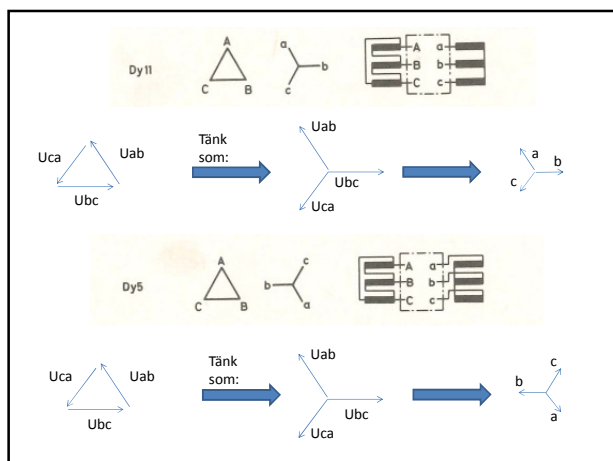
En principskiss av en trefastransformator.











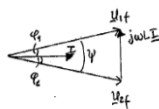
Effektöverföring på långa ledningar *induktiva ledningar (R_l – försummas)*

Det krävs:

ψ – för att överföra P
amplitudskillnad – för att överföra Q

$$P = 3 \frac{U_l U_{lf}}{X_l} \sin \psi$$

Vanligt specialfall: $|U_{1f}| = |U_{2f}|$



$$\varphi_1 = \frac{\psi}{2} = -\varphi_2$$

φ_2 negativ, ty den ligger efter I_1 i fas.

$$\bullet \cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 \Rightarrow P_2 = P_1$$

(uttagen aktiv effekt = införd aktiv effekt, naturligtvis)
eftersom det inte finns någon resistans.
Aktiv effekt överförs från U_{1f} till U_{2f}

$$\bullet \sin \varphi_1 = -\sin \varphi_2 \Rightarrow Q_2 = -Q_1 \quad Q_1 > 0$$

Ett annat specialfall: Antag $\psi = 0$



$$\varphi_1 = 90^\circ = \varphi_2 \Rightarrow$$

ingen aktiv effekt
överförs!

$$\bullet \cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = 0 \Rightarrow P_1 = P_2 = 0$$

$$\bullet \sin \varphi_1 = \sin \varphi_2 = 1 \Rightarrow Q_1 > 0, Q_2 > 0 \Rightarrow$$

ledningen överför reaktiv effekt.

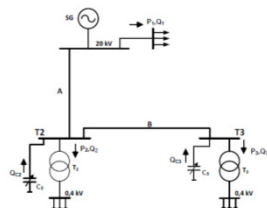
ÖVERFÖRING PÅ INDUKTIV LEDNING:

Aktiv effekt fås då $\psi \neq 0$

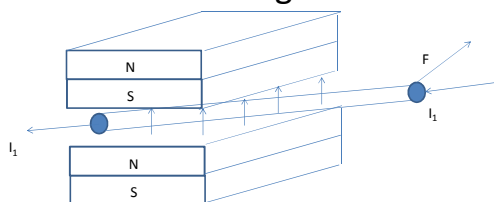
Reaktiv effekt fås då $|U_{1f}| \neq |U_{2f}|$

2. Det finns tre samhällen som försörjs med elenergi från ett litet kraftverk via en 20 kV luftledning (se enkylschema nedan). I varje samhälle finns en 20 kV till 0.4 kV transformatorstation. Ledningarna har försumbar serieresistans och shuntkapacitans, deras reaktans är: $X_A = 20 \Omega/\text{fas}$ och $X_B = 10 \Omega/\text{fas}$. Anta att alla stationernas spänningar hålls på 20 kV.

- Överföringsvinkeln för ledning A är 5° och den aktiva effekten som tas i transformatorstation T2 är $P_2 = 1\,200 \text{ kW}$. Hur stor är överföringsvinkeln för ledning B och hur stor aktiv effekt P_3 tas då ut av transformatorstation T3? (2p)
- Beräkna strömmen i ledningen A. (1p)
- Det upptas en reaktiv effekt på $Q_2 = 600 \text{ kVAr}$ av T2 och $Q_3 = 200 \text{ kVAr}$ av T3. Hur mycket reaktiv effekt producerar kondensatorbatterierna C2 och C3? (2p)



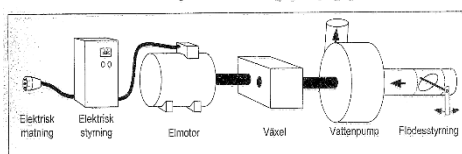
Ledare i magnetfält



En ledare som genomflyts av en ström i ett magnetfält kommer att utsättas av en kraft vinkelrät mot de andra.

- Låt oss placera lindningarna i det som ska rotera så får vi en roterande rörelse. Här använder vi en trefasmatning!

Ett drivsystems uppbyggnad



Mål att ge mekanisk effekt

Mekanisk drivlina

Elmotorn kopplar ihop mekaniskt och elektriskt system

Kraftelektronik eller enkel matningsutrustning

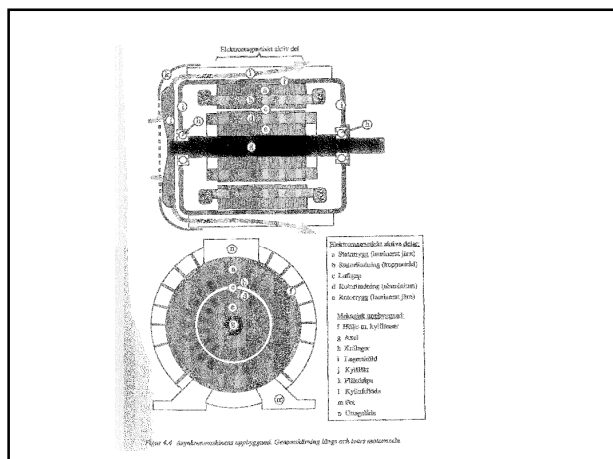
Elnätet påverkar drivsystemet och vice versa!

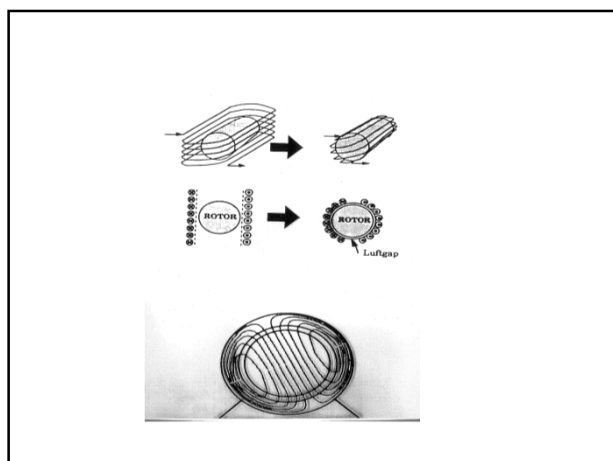
Alla delar i systemet påverkar varandra

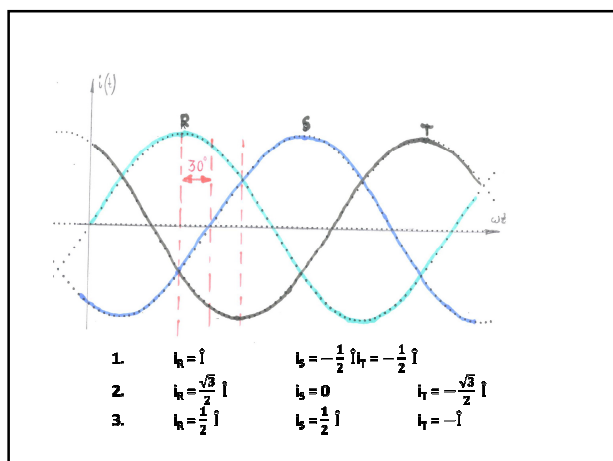
Funktionen hos en Asynkronmaskin

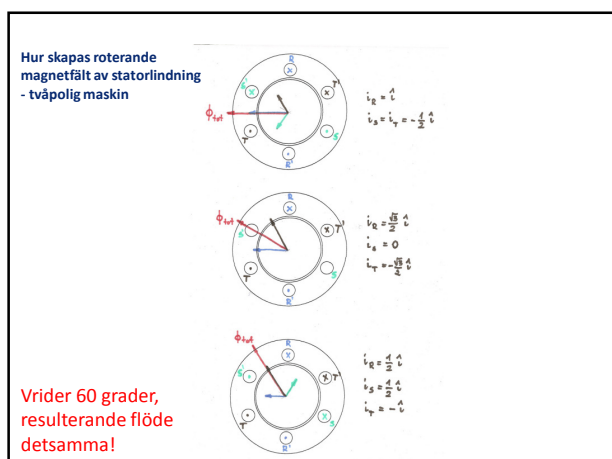


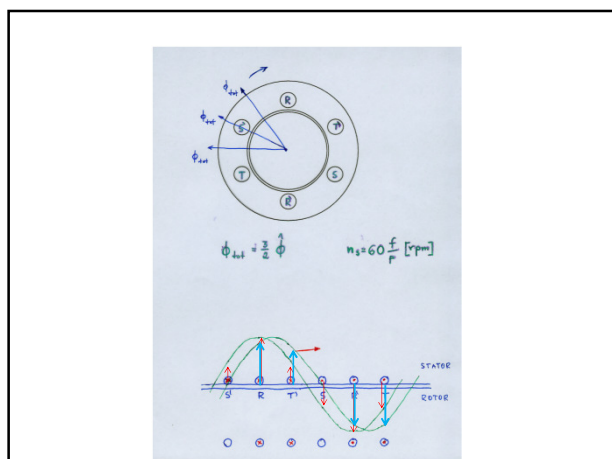
Special Thanks
Sajith K V
www.LearnEngineering.org

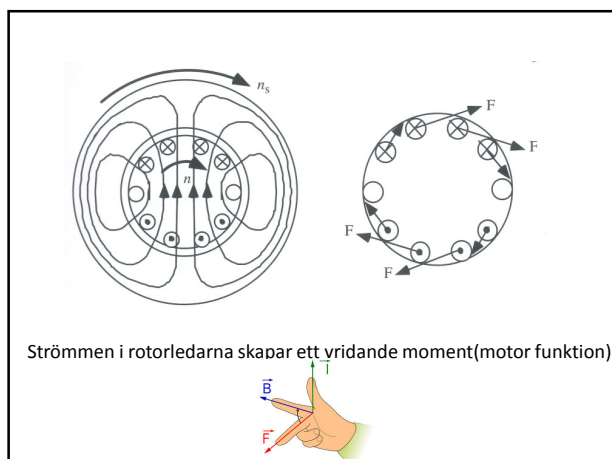


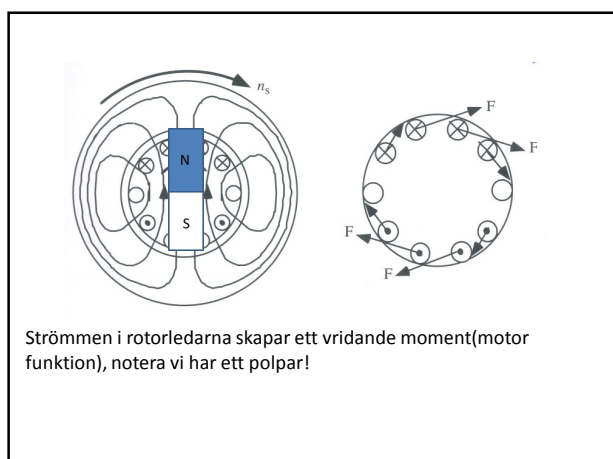


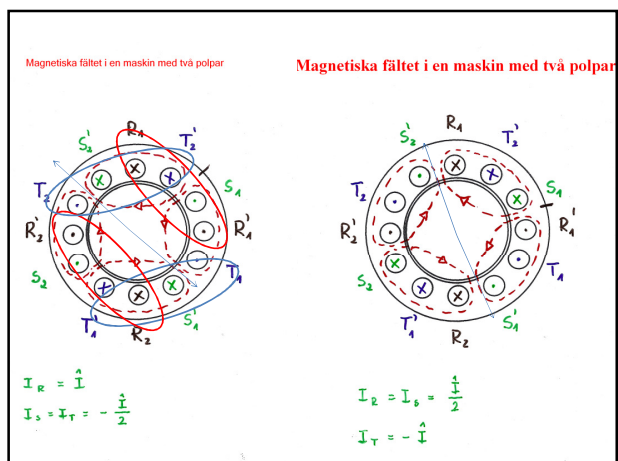


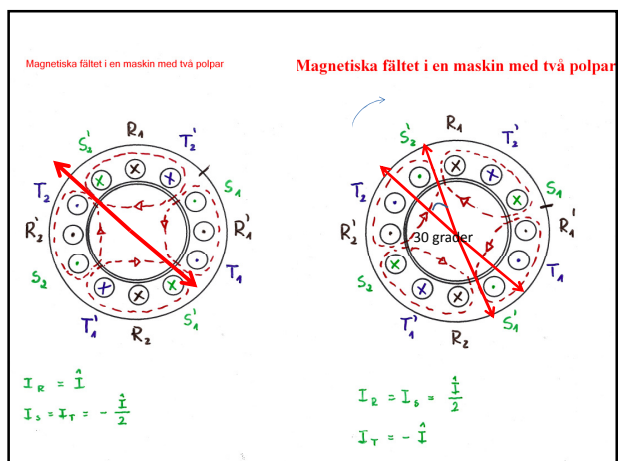


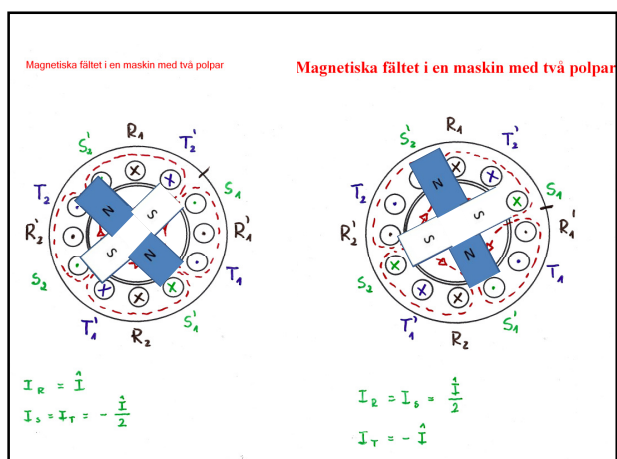










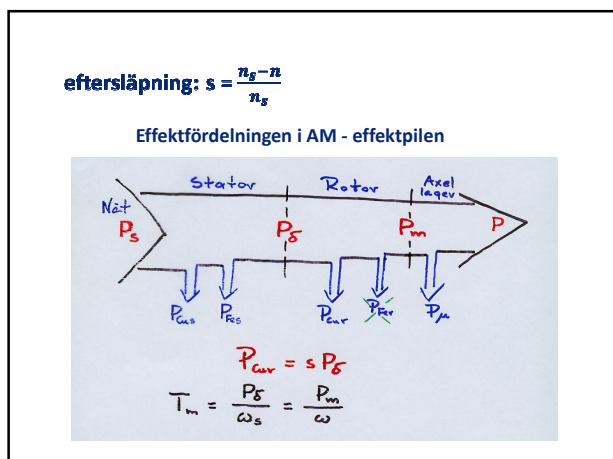


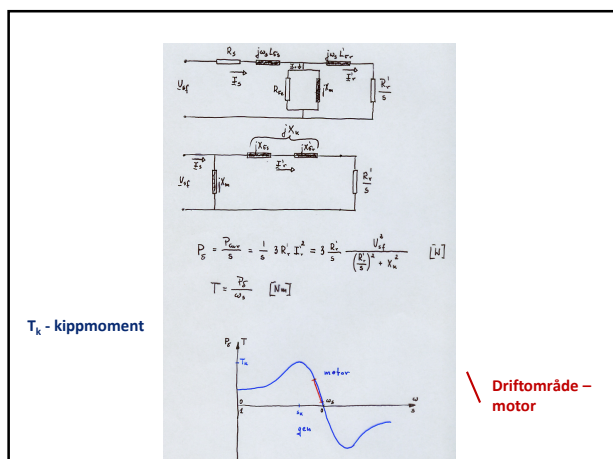
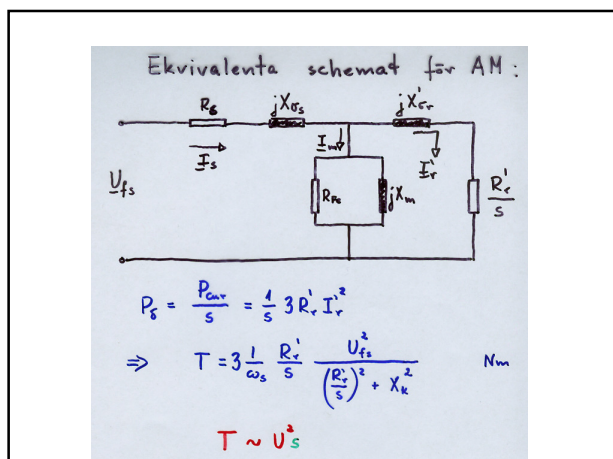
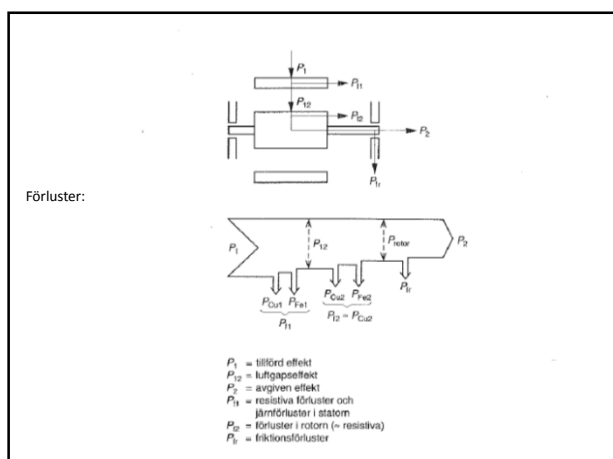
CHALMERS

Tre stycken i tiden jämnt förskjutna magn.flöden alstrade av i rummet tre stycken jämnt förskjutna lindningar skapar ett resulterande magnetflöde – en flödesvåg med fast amplitud – som med konstant hastighet vandrar fram längs luftgapet. Mao en flödesvåg som roterar med ett varvtal beroende av flödets frekvens och antalet polpar.

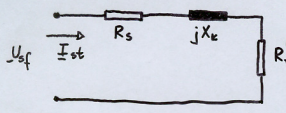
$$n_s = \frac{f}{p} \text{ r/s}$$

Rotationsriktning följer fasföljden – R S T





Vid start av AM gäller:
 $s = 1$



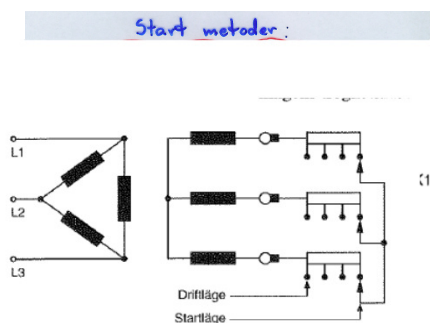
$$T_{st} = 3 \frac{1}{\omega_s} R'_r \frac{U_{sf}^2}{(R_s + R'_r)^2 + X_k^2} \quad Nm$$

$T_k \rightarrow$ oberoende av R'_r

Start metoder:

1. Direkt start: $I_s = (4 \div 8) I_n$
 utformning av rotorspår (strömförträngningsfenom.)
 (R'_r)
2. Med yttre rotorresistanser: (R'_r)
 $\rightarrow$ släpning av 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. Start med frekvensomriktare $I_{start} \approx I_n$

Start metoder:

1. Direkt start: $I_s = (4 \div 8) I_n$
utformning av rotorspår (strömförträngningseffekt)
(R_r')
2. Med yttre rotorresistanser: (R_r')
→ släpningad 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 $I_{start} \approx I_n$

Växelspänningsreglering av AM:

$n = (1-s) \frac{f}{p}$

1. Rotorresistanser:
 $R_r' \uparrow \Rightarrow P_{rot} \uparrow \checkmark$

2. U_s : $U_s \uparrow \Rightarrow P_{rot} \uparrow \checkmark$

P: polenkoppling - $l_{st} \uparrow$; $h_{st} \uparrow$

f: $h_{st} \uparrow$

$\frac{U}{f} = \text{konstant}$

$U = \text{konstant}$

50 Hz

fältförsvängning

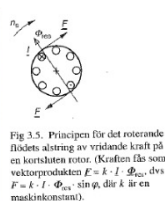
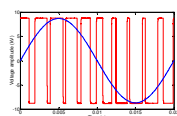


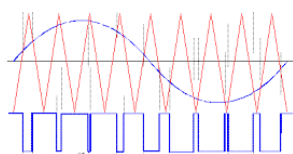
Fig 3.5. Principen för det roterande fältets alstring av vridande kraft på en kortsluten rotor. (Kraften fås som vektorprodukten $E = k \cdot l \cdot \Phi_{rot}$, dvs $F = k \cdot l \cdot \Phi_{rot} \cdot \sin \varphi$, där k är en maskinkonstant).

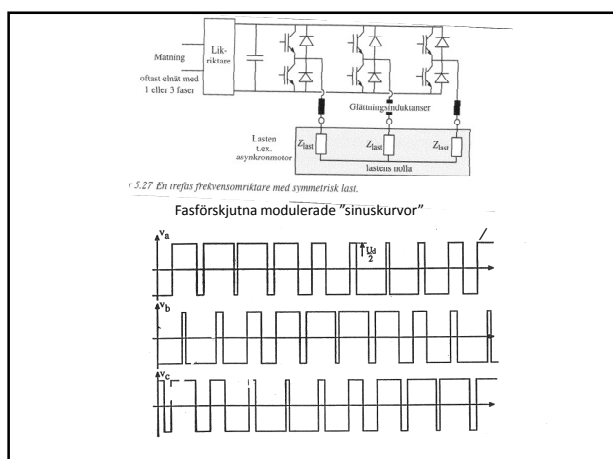
$$\Phi \approx \frac{E}{\omega} \approx \frac{U}{f}$$

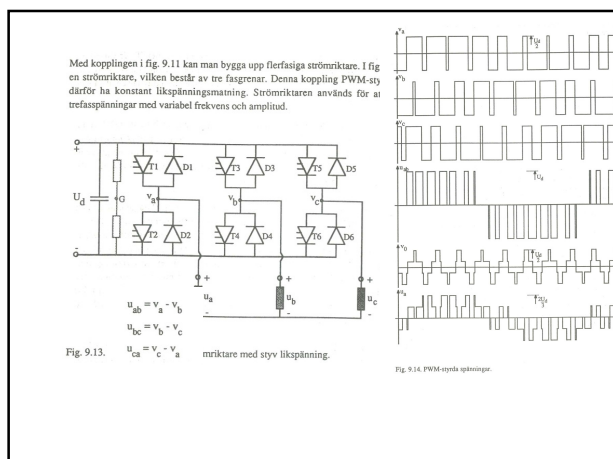
Syntetiserad spänning (sinusspänning)

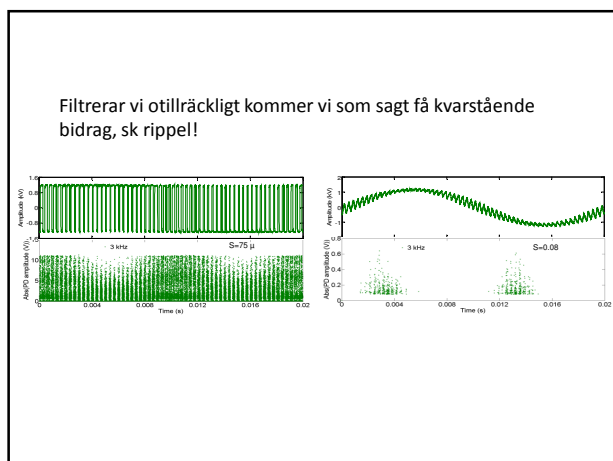


Vi jämför med en referensnivå:









3. En trefas asynkronmaskin (AM) är märkt: $U_n = 400 \text{ V}$, $P_n = 5 \text{ kW}$, $n_n = 960 \text{ rpm}$
- a) Hur många poler och vilket märkmoment har asynkronmaskinen? (1p)
- Vid tomgång drar motorn en tomgångsström på $7.75 \angle -88.90^\circ \text{ A}$, och vid start blir startströmmen $64.8 \angle -61.6^\circ \text{ A}$. I båda fallen är fasspänningen använd som referens.
- b) Rita det ekvivalenta schemat för AM som gäller vid tomgång och det ekvivalenta schemat som gäller vid start. (2p)
- c) Bestäm parametervärdena i det ekvivalenta schemat för resistanserna [Ω/fas] och induktanserna [H/fas]. I schemat är magnetiseringsinduktansen 20 gånger större än statorns läckinduktans. Vidare kan R_{fe} försummas. Andra förenklande antaganden kan göras om det behövs, men det krävs att detta då motiveras i beräkningarna. (3p)
- d) Startströmmen som beräknas med hjälp av det ekvivalenta schemat är lägre än startströmmen som blir vid direktkoppling mot nätet, vad beror denna skillnad på? (2p)
- Asynkronmaskinen kopplas nu till en last vars moment varierar med kvadraten på varvtalet. Vid 1000 rpm behöver lasten ett moment på 42 Nm.
- e) Vad blir eftersläpningen med denna last? (3p)

En trefas asynkronmaskin har följande parametrar i det ekvivalenta schemat:

$R_s = 1,0 \Omega/\text{fas}$ $X_{m0} = 3,0 \Omega/\text{fas}$ $X_{m1} = 30,0 \Omega/\text{fas}$
 $R_r = 1,6 \Omega/\text{fas}$ $X_{r0} = 3,0 \Omega/\text{fas}$ vid 50 Hz

Maskinen matas från 400 V, 50 Hz trefasnät. Maskinens verkningsgrad anges till 90 % vid märkdrift och märkvarvtalet till 950 rpm.

- a) Bestäm maskinens tomgångsström och dess effektfaktor vid tomgång (ta hänsyn till statorresistansen).
- b) Bestäm maskinens startström och startmoment vid direktstart. Gör lämpliga approximationer!
- c) Om startströmmen sänks med hjälp av en mjukstartare till 50 % av vad den blir vid direktstart mot elnätet, hur stort blir då startmomentet i förhållande till vad det är vid direktstart?
- d) Beräkna fasströmmen som motorn drar från nätet vid märkvarvtalet 950 rpm. Vad är maskinens märkeffekt? Gör lämpliga approximationer!
- $T \cdot \cos \varphi$?

P och Q

