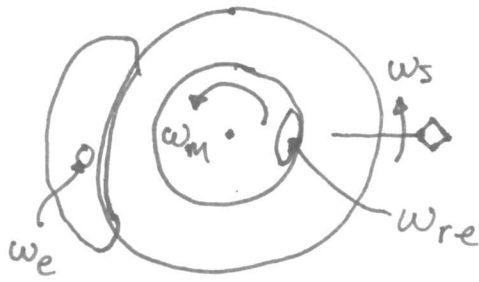


# F09 Asynkronmaskinen

①

## Vinkelhastigheter (v.h)



### Mekanisk v.h

Luftgapstödets v.h rel. statorn =  $\omega_s$

Rotorns v.h rel statorn =  $\omega_m$

Luftgapstödets v.h rel. rotorn =  $\omega_r = \omega_s - \omega_m$

### Elektrisk v.h

statorn =  $\omega_e = \frac{p}{2} \omega_s$

Rotorn =  $\omega_{re} = \frac{p}{2} \omega_r$

För motordrift gäller att  $\omega_m < \omega_s$

Def Relativ eftersläpning (slipp):

$$s = \frac{\omega_s - \omega_m}{\omega_s} = \frac{\omega_r}{\omega_s}$$

För motordrift är  $s > 0$

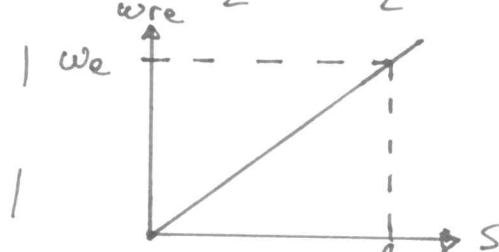
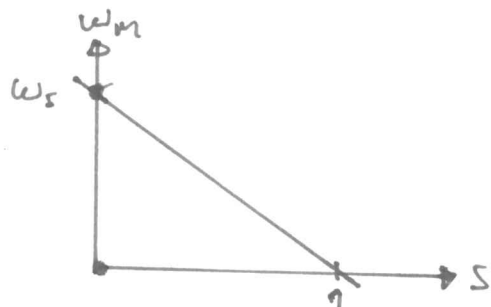
Mek. v.h uttryckta med s:

Rot. elektriska v.h:

$$\omega_m = \omega_s - \omega_r = \omega_s - s\omega_s = (1-s)\omega_s$$

$$\omega_r = \omega_s - \omega_m = \omega_s - (1-s)\omega_s = s\omega_s$$

$$\omega_{re} = \frac{p}{2} \omega_r = \frac{p}{2} \omega_s s = \omega_e s = s \omega_e$$



# Modell

2

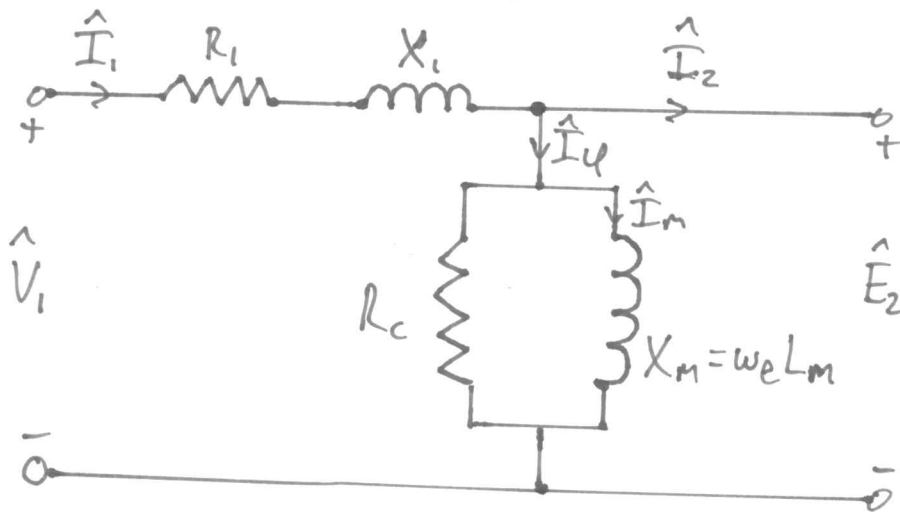
## Förutsättningar

- stationär drift.
- Symmetrisk sinusformad växelspanning.
- Modell per ekv. Y-fas.
- Relaterar statorns ström, spänning till effekt, moment och vinkelhastighet.
- Giltig både för burlindade och släpningade motorer.

## Statorn

Modelleras som primärsidan på en transformator.

Reaktanserna anges för  $\omega_e$ .



- mot-emk inducerad av det resulterande luftgapströdet

# Rotorn

Betrakta en rotor med samma antal lindningsvarv som statorn.

⇒ Ström i statorn  $\hat{I}_1$  och rotorn  $\hat{I}_2$  bidrar lika mycket till magnetiseringen, d.v.s

$$\hat{I}_y = \hat{I}_1 - \hat{I}_2$$

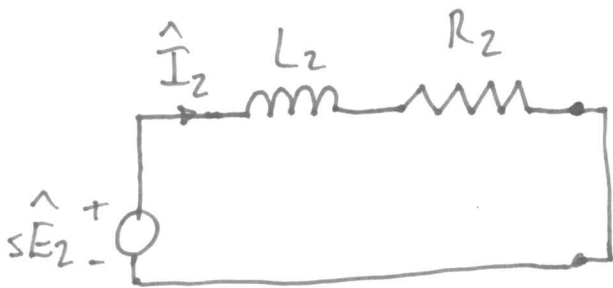
rotorströmmens ref. riktning normalt enl. generatorfallet

## Inducerad spänning i rotorn $\hat{E}_r$

•  $E \propto \omega_e N$  lindningsvarv lika i stator & rotor

$$\Rightarrow \hat{E}_r = \frac{\omega_r e}{\omega_e} \hat{E}_2 = s \hat{E}_2$$

## Krets



Låt  $X_2 = \omega_e L_2$

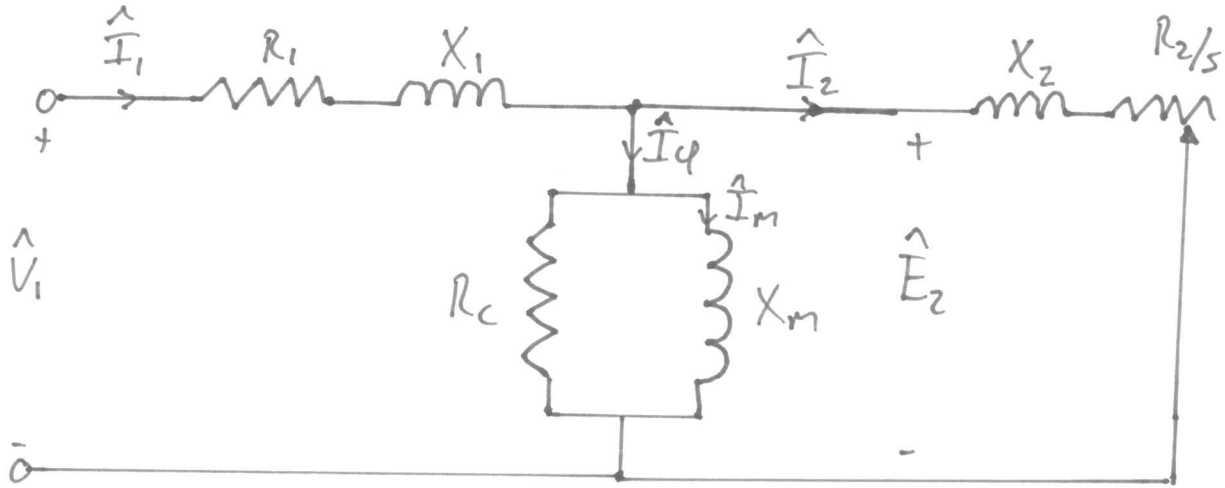
⚠ OBS! Statorns elektriska vinkelhastighet

## Kretssamband

$$\begin{aligned} s \hat{E}_2 &= \hat{I}_2 (j\omega_r L_2 + R_2) = \\ j\omega_r L_2 &= s \underbrace{\omega_e L_2}_{X_2} = s X_2 / \\ &= \hat{I}_2 (j s X_2 + R_2) \Leftrightarrow \\ \hat{E}_2 &= \hat{I}_2 (j X_2 + \frac{R_2}{s}) \end{aligned}$$

# Krets per ekvivalent Y-fas

(4)



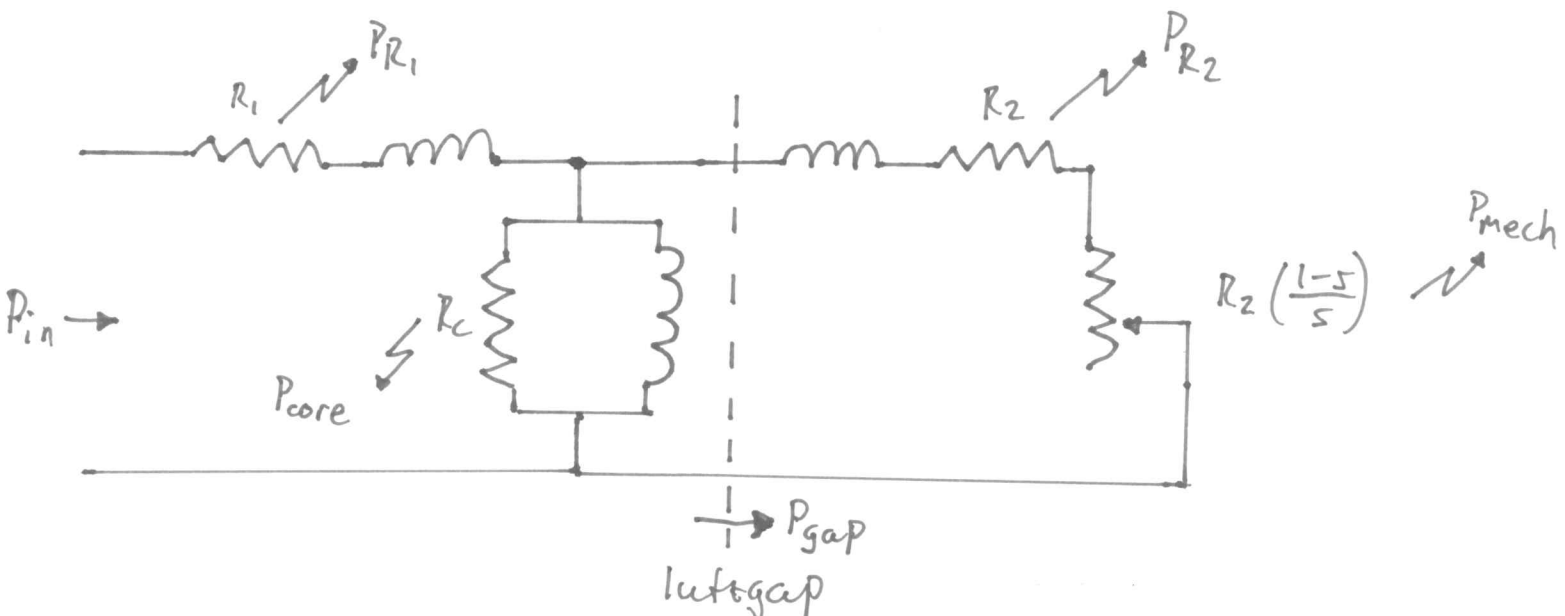
Notera: Modellen beskriver en ekvivalent krets sett från statorn, d.v.s  $\hat{I}_2, R_2, X_2$  är rotorstorheter refererade till statorsidan.

## Effekt

Den elektromekaniska effektomvandlingen sker i  $R_2/s$ .

$$P_{mech} = \underbrace{n_{ph} I_2^2 \cdot \frac{R_2}{s}}_{\text{total effekt}} - \underbrace{n_{ph} I_2^2 R_2}_{\text{resistiva förluster}} = n_{ph} I_2^2 R_2 \left( \frac{1-s}{s} \right)$$

## Effektflöden



# Parameterisering av modellen

(5)

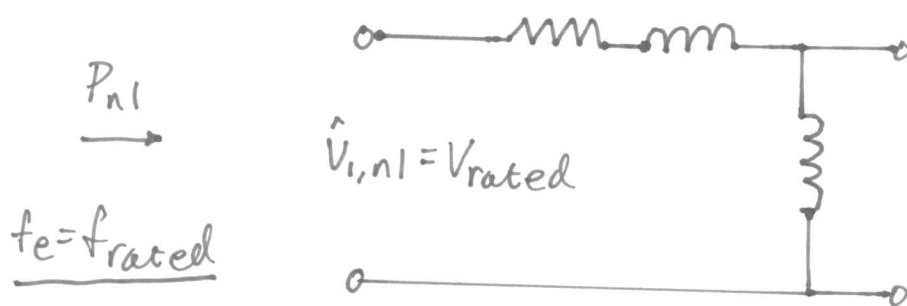
Antag att järnförluster inkl. i  $P_{rot}$ , d.v.s  $R_c$  utgår.

- $R_1$  mäts på varmkörd motor
- Återstår att bestämma:  $X_1, X_2, X_m, R_2$  och  $P_{rot}$

## Tomgångsprov

Ger info om tomgångsförluster.

### Uppställning



$$\underline{T_{shaft} = 0}$$

$$\Rightarrow s \approx 0$$

$$\Rightarrow \frac{R_2}{s} \approx \infty$$

Mätningar:  $V_{i,nl}, I_{i,nl}, P_{nl}$

Rotationsförluster (inkl järnförluster)

$$P_{rot} = P_{nl} - n_{ph} R_1 I_{i,nl}^2$$

Tomgångsreaktanser

$$X_{nl} = X_1 + X_m \quad (1)$$

$X_{nl}$  kan beräknas enligt:

$$X_{nl} = \frac{Q_{nl}}{n_{ph} I_{i,nl}}, \quad Q_{nl} = \sqrt{S_{nl}^2 - P_{nl}^2}, \quad S_{nl} = n_{ph} V_{i,nl} \cdot I_{i,nl}$$

# Prov med låst rotor

6

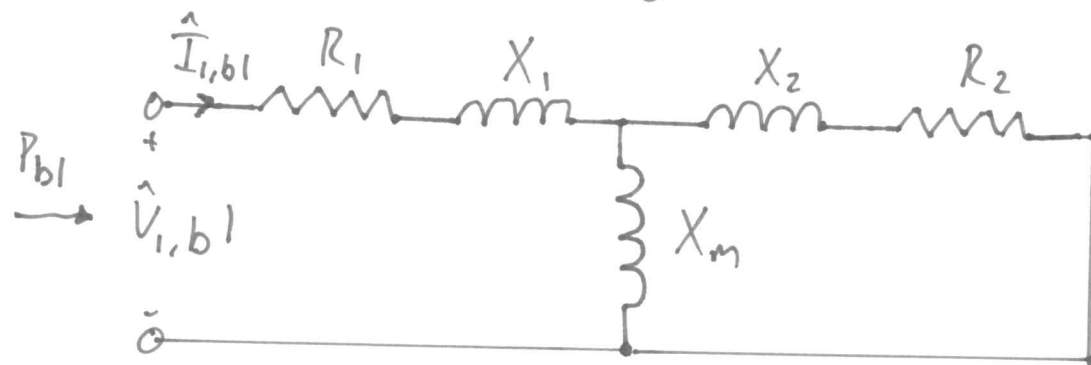
Ger info om läckreaktanserna

## Uppställning

- Låst rotor  $\Rightarrow s=1$
- Om normal drift skall analyseras, låt:

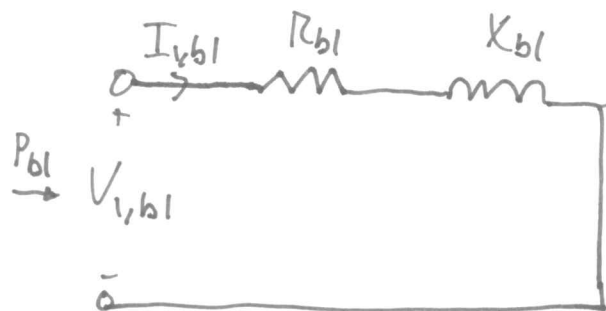
$$I_{1,b1} = \hat{I}_{rated}$$

$$f_{b1} = 0,25 \cdot f_{rated}$$



Mätningar  $V_{1,b1}$ ,  $I_{1,b1}$ ,  $P_{b1}$

Blockerad Impedans  $Z_{b1} = R_{b1} + jX_{b1}$



$$R_{b1} = \frac{P_{b1}}{n_{ph} I_{1,b1}^2}$$

$$X_{b1} = \underbrace{\left( \frac{f_{rated}}{f_c} \right)}_{OBS!} \cdot \frac{Q_{b1}}{n_{ph} I_{1,b1}^2}$$

$$Q_{b1} = \sqrt{S_{b1}^2 - P_{b1}^2}, \quad S_{b1} = n_{ph} V_{1,b1} I_{1,b1}$$

## Z<sub>bl</sub> uttryckt i modellparametrar

(7)

$$Z_{bl} = R_1 + jX_1 + jX_m // (R_2 + jX_2)$$

Om  $R_2, R_2^2 \ll X_m$  så blir

$$R_{bl} = \operatorname{Re}(Z_{bl}) = R_1 + R_2 \left( \frac{X_m}{X_2 + X_m} \right)^2 \quad (2)$$

$$X_{bl} = \operatorname{Im}(Z_{bl}) = X_1 + X_2 \cdot \frac{X_m}{X_2 + X_m} \quad (3)$$

Läckreaktansens fördelning ges enligt IEEE 112 för olika motorklasser (se tabell 6.1 i kursboken).

Om motorklassen är okänd antas oftast

$$X_1 = X_2 \quad (4)$$

### Beräkning av $X_1, X_2, X_m, R_2$

$$X_1 \text{ : (3): } X_{bl} = \left. \begin{array}{l} X_2 = X_1 \quad (4) \\ X_m = X_{nl} - X_1 \quad (1) \end{array} \right| = X_1 + X_1 \cdot \frac{X_{nl} - X_1}{X_1 + X_{nl} - X_1} = 2X_1 - \frac{X_1^2}{X_{nl}}$$

flytta till vänster sida och mult. med  $X_{nl}$

$$\Rightarrow X_1^2 - 2X_{nl}X_1 + X_{nl}X_{bl} = 0 \Leftrightarrow X_1 = X_{nl} \frac{(+)}{-} \sqrt{X_{nl}^2 - X_{nl}X_{bl}}$$

$X_{nl} = X_m + X_1 > X_1 \Rightarrow$  Välj minsta  $X_1$ !

$$(4): X_2 = X_1$$

$$(1): X_m = X_{nl} - X_1$$

$R_2$  bestäms slutligen ur (2).