

F85 Likströmsmaskinen

①

Minns:

$$T = -\frac{P}{2} L_{sr} i_s i_r \sin \theta_{me}$$

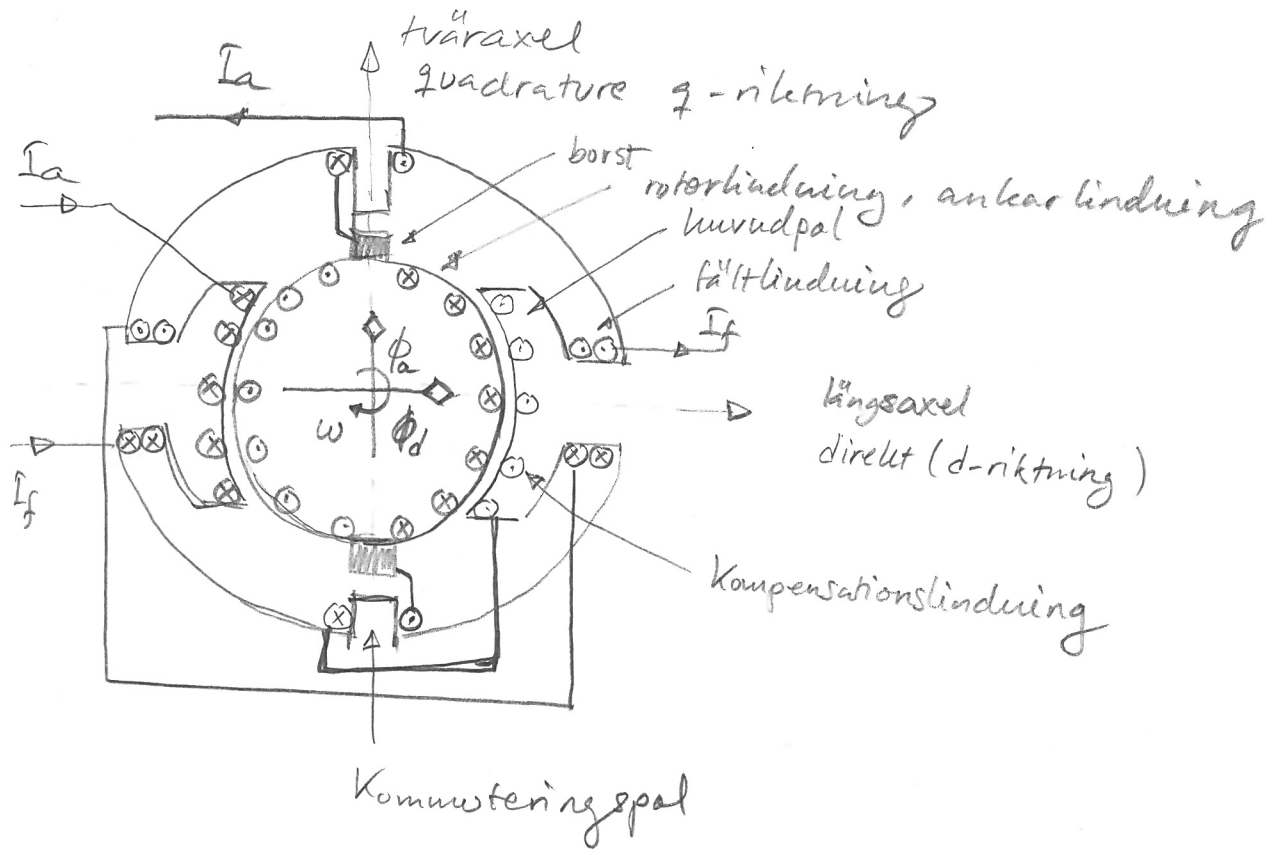
$$e_r = -L_{rs} i_s \omega_{me} \sin \theta_{me}$$

$$\omega_{me} = \frac{P}{2} \omega_m$$

Dayens föreläsning

- Konstruktion
- Magnetisk modellering
 - moment, inducerad spänning
- Elektrisk modellering
- Excitation
- Effekter och förluster
- Magnetiseringskurva

Konstruktionsprincip

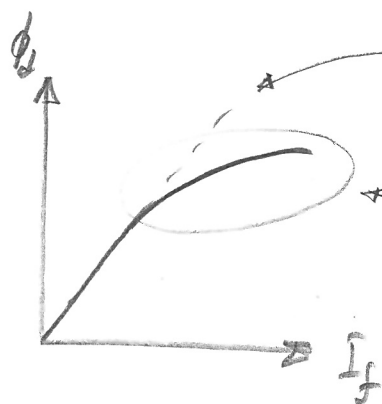


Magnetisering

3

Låt flödet per pol i direktaxelnätningen betecknas ϕ_d .

Magnetiseringskurva



Vid magn. linjär krets:

$$\phi_d = \frac{N_f I_f}{R_{tot}}$$

← magnetisk mättning

Moment

För en likströmsmotor med ankarström I_a och fältström I_f som ger flödet ϕ_d så fås momentet:

$$T = \underbrace{-\frac{P}{2} L_{sr} i_s i_f}_{= K_a \phi_d(I_f)} \underbrace{\sin \theta_{me}}_{= I_a} = 1 \quad (1)$$

där K_a är en konstruktionskonstant.

Inom det magn. linjära området, dvs då $\phi_d \propto I_f$ gäller

$$K_a \phi_d(I_f) = K_f I_f \quad (2)$$

$$(1)+(2): T = K_f I_f I_a$$

Inducerad spänning i rotorn (mot emk)

$$E_a = -L_{rs} i_s \omega_{me} \sin \theta_{me} = \left/ \begin{array}{l} \omega_{me} = \frac{P}{2} \omega_m \\ L_{rs} = L_{sr} \end{array} \right/ =$$

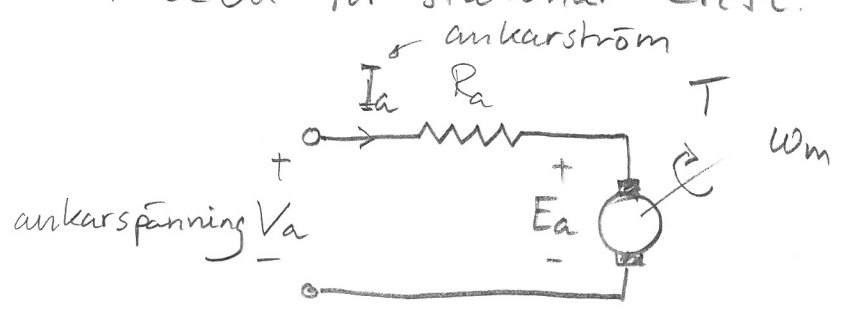
$$= \frac{-\frac{P}{2} L_{sr} i_s \omega_m \sin \theta_{me}}{K_a \Phi_d(I_f)} = K_a \Phi_d(I_f) \omega_m \quad (3)$$

För magn. linjärt område gäller

(2)+(3): $E_a = K_f I_f \omega_m$

Rotorkretsen

Modell för stationär drift.



$$V_a = I_a R_a + E_a$$

Notera

- R_a : lindningsresistans + spänningsfall över borst.
 $\sim 50-300 \text{ m}\Omega$ (max 5-10% förlusteffekt av märkeffekt)
- $V_a > 0$, $I_a > 0$ vid motordrift
 $I_a < 0$ vid generatordrift

Förlustfri effektomvandling

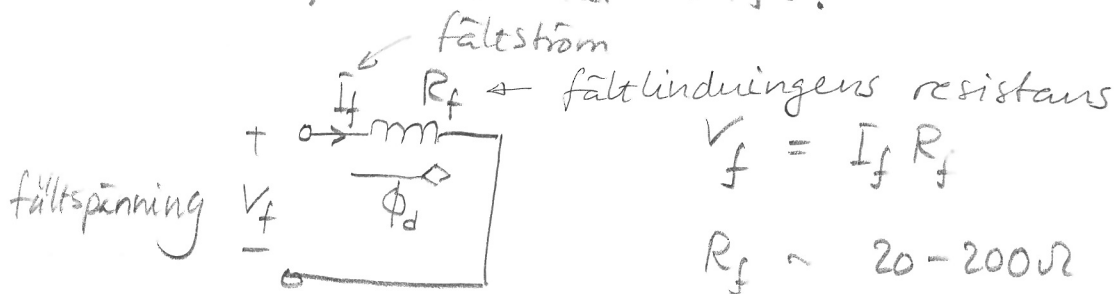
(5)

Den mekaniska effekten P_{mech} utvecklas i rotorlindningen:

$$\begin{aligned} P_{mech} &= T \cdot \omega_m \stackrel{(1)}{=} K_a \phi_d I_a \cdot \omega_m = \\ &= \underbrace{K_a \phi_d \omega_m}_{= E_a} \cdot I_a \stackrel{(3)}{=} E_a \cdot I_a = P_{elec} \end{aligned}$$

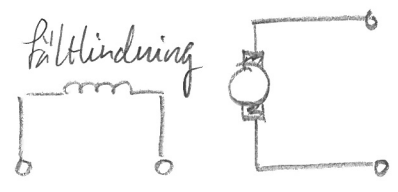
Statorkretsen (fältlindningen)

Modell för stationär drift.

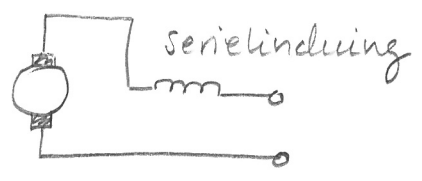


Metoder för att excitera fältet

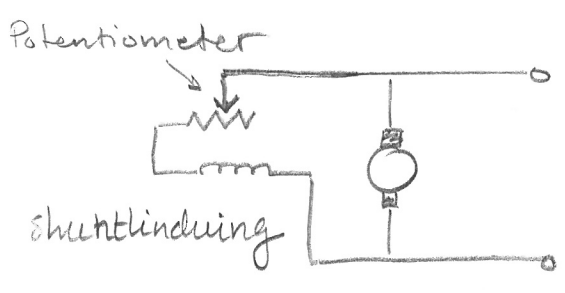
Separatmagnetiserad



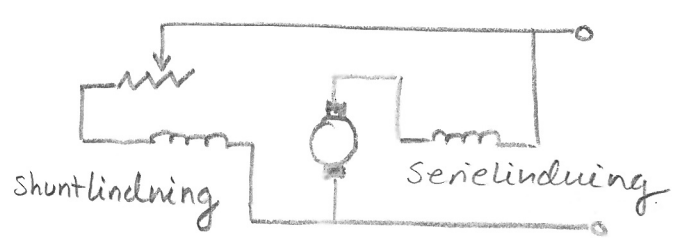
Seriemagn.



Shuntmagn. (Parallellkopplad)



Kompondmagn.



Permanentmagn.

ϕ_d konstant $\Rightarrow K_a \phi_d = K_m$ vilket är motorns momentkonstant

$$T = K_a \phi_d I_a = K_m I_a$$

$$E_a = K_a \phi_d \omega_m = K_m \omega_m$$

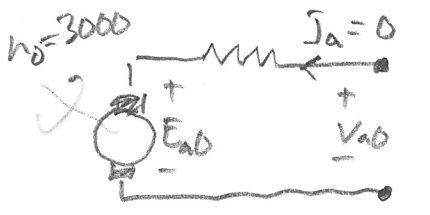
Ex 1: En 25-kW, 125-V separatmagn. dc-motor körs med
fix magn. och $R_a = 0.02 \Omega$

Tomgångsspänning vid $n_0 = 3000$ varv/min är
 $V_{a0} = 125V$

Sökt: - Ankerströmmen I_{a1} , ineffekten $P_{in,a1}$ i ankerlind.,
 $P_{elec,1}$, T_1 då $V_{a1} = 128V$ och $n_1 = n_0$.

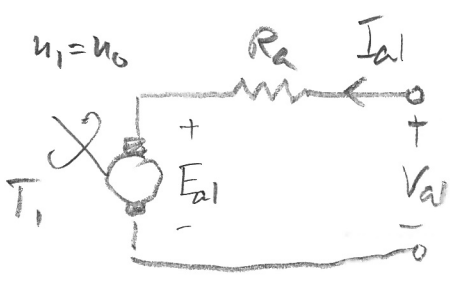
Lösning

Fall 0 Tomgång



$E_{a0} = V_{a0} = 125V$

Fall 1:



I_{a1} : $I_{a1} = \frac{V_{a1} - E_{a1}}{R_a}$

där $E_{a0} = K_a \phi_{d0} \omega_0 = \left| \frac{\phi_{d1} = \phi_{d0}}{\omega_1 = \omega_0} \right| = K_a \phi_{d0} \omega_0 = E_{a0} = 125V$

$I_{a1} = \frac{128 - 125}{2 \cdot 10^{-2}} = 150A$

$P_{in,a1} = V_{a1} \cdot I_{a1} = 128 \cdot 150 = 19.2kW$

$P_{elec,1} = E_{a1} \cdot I_{a1} = 125 \cdot 150 = 18.75kW$

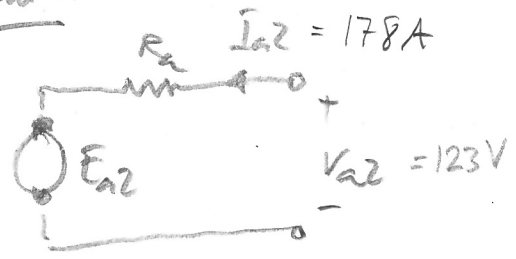
$T_1 = \frac{P_{elec,1}}{\omega_1} = \frac{P_{elec,1}}{n_1 \cdot \frac{2\pi}{60}} = \frac{18.75 \cdot 10^3}{3000 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 59.7Nm$

Ex 2 Vilket varvtal n_2 får motor då

$$V_{a2} = 123V$$

$$I_{a2} = 178A$$

Fall 2

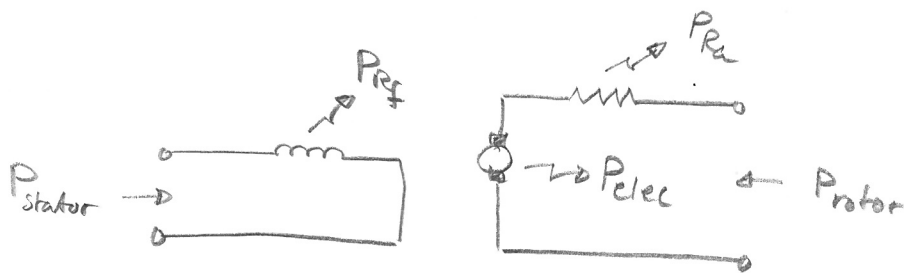


$$E_{a2} \propto \Phi \cdot n \Rightarrow \frac{E_{a2}}{E_{a0}} = \frac{n_2}{n_0} \Leftrightarrow n_2 = \frac{E_{a2}}{E_{a0}} \cdot n_0$$

$$E_{a2} = V_{a2} - I_{a2}R_a = 123 - 178 \cdot 0.02 = 119.4V$$

$$n_2 = \frac{119.4}{125} \cdot 3000 = \underline{\underline{2866 \text{ varv/min}}}$$

Effekter och förluster



$$P_{in} = P_{stator} + P_{rotor}$$

$P_{stator} \ll P_{rotor}$ och försummas ibland.

$P_{R_s} = P_{stator}$ - resistiva förluster i fältlindningen

P_{R_a} - " - ankarlindningen

$$P_{out} = P_{mech} = P_{elec} - P_{stray} - P_{rot} \quad \text{där}$$

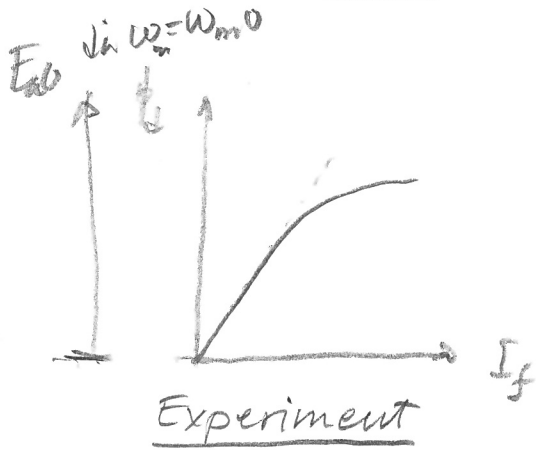
P_{stray} = tillsatsförluster orsakade av magn. distorsion och skinneffekter

antas ofta vara 1% av P_{out} .

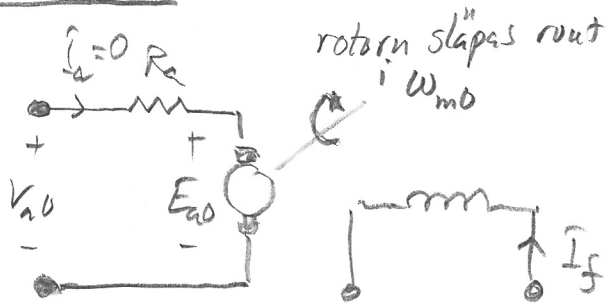
P_{rot} = rotationsförluster som beror på ω_m .

Magnetiseringskurvan

10



- ϕ_d inte direkt mätbar
- Det är däremot $E_{ad} = K_a \phi_d \omega_{mo}$
- För fix ω_{mo} så är $E_{ad} \propto \phi_d$



För olika strömmar I_f mät $V_{ad} = E_{ad}$.

Visa Fig 7.14

Rotorströmmen minskar flödet ϕ_d . Detta kallas för ankarreaktion.

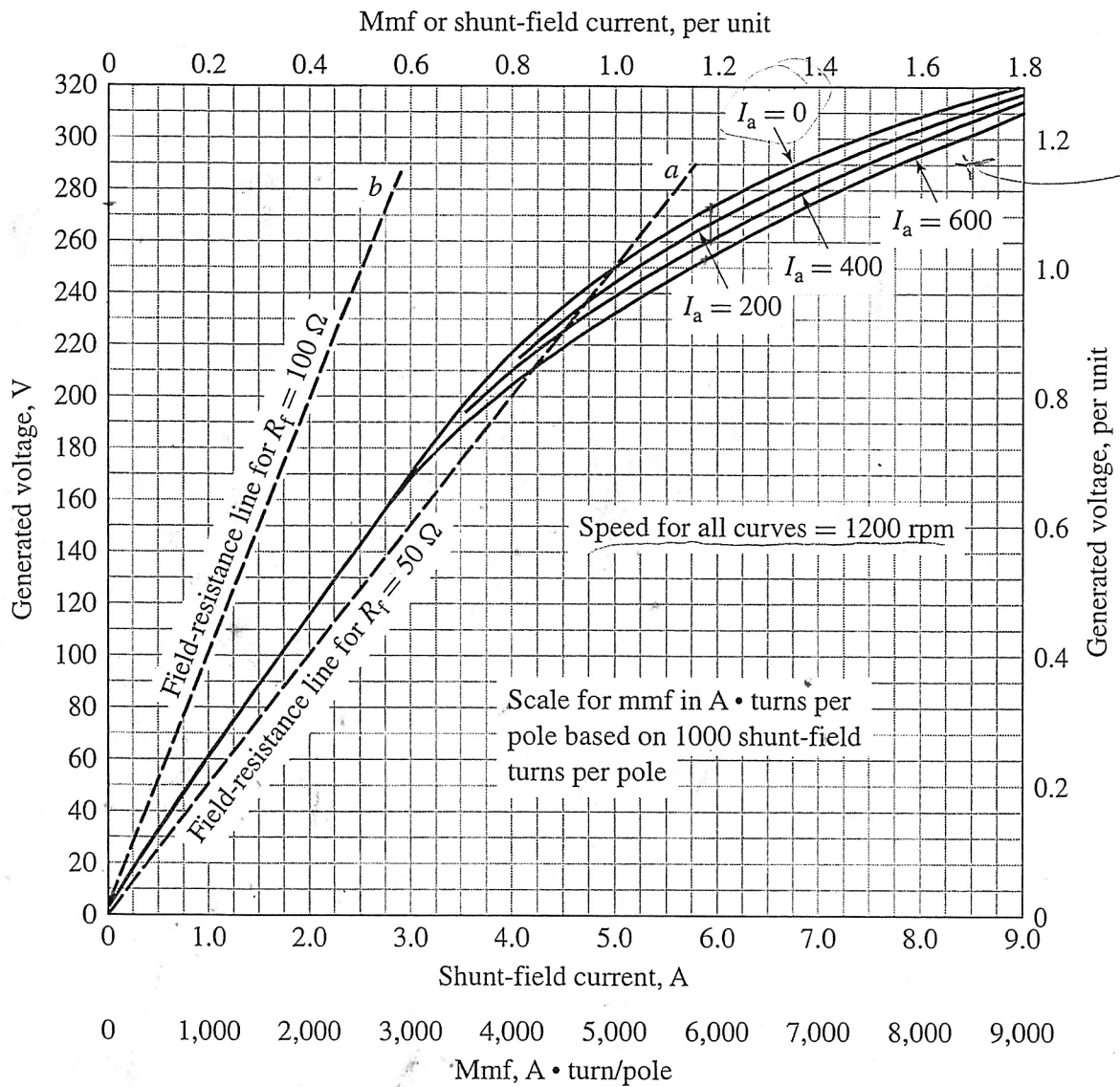
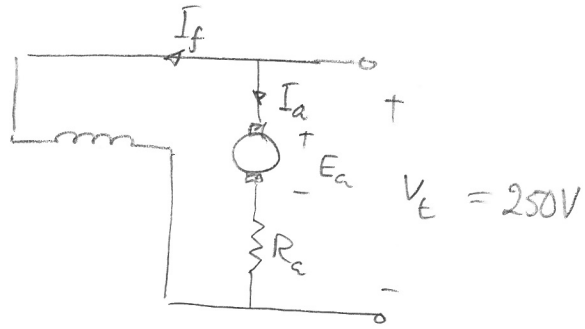


Figure 7.14 Magnetization curves for a 250-V 1200-r/min dc machine. Also shown are field-resistance lines for the discussion of self-excitation in Section 7.6.1.

Ex 2 74.6 kW 250 V shuntmotor

Givet:

- $R_a = 0.025 \Omega$
- Tomgångshastighet $n_1 = 1100$ varv/min



- Magnetiseringskurva fig 7.14 för $n_0 = 1200$ varv/min

Sökt: Hastighet n_2 då $I_{a2} = 400$ A.

Lösning: Låt $E_a(I_f, I_a, n)$ beteckna emk:n.

(4)
$$n_2 = n_0 \frac{E_a(I_{f0}, I_{a2}, n_2)}{E_a(I_{f0}, I_{a2}, n_0)}$$
 där I_{f0} är magn.strömmen
 då $V_t = 250$ V

(5) • $E_a(I_{f0}, I_{a2}, n_2) = V_t - I_{a2} R_a = 250 - 0.025 \cdot 400 = 240$ V
 • $E_a(I_{f0}, I_{a2}, n_0)$ kan läsas av ur figur 7.14 om I_{f0} är känd

• I_{f0} : För tomgångsläget gäller att

- $E_a(I_{f0}, 0, n_1) = V_t$

- $E_a(I_{f0}, 0, n_0) = \frac{n_0}{n_1} E_a(I_{f0}, 0, n_1) = \frac{n_0}{n_1} V_t = \frac{1200}{1100} \cdot 250 = 273$ V

fig 7.14 $\Rightarrow I_{f0} = 5.9$ A

(6) fig 7.14 $\Rightarrow E_a(5.9, 400, 1200) = 261$ V

(4)+(5)+(6) $\Rightarrow n_2 = 1200 \frac{240}{261} \approx 1100$ varv/min