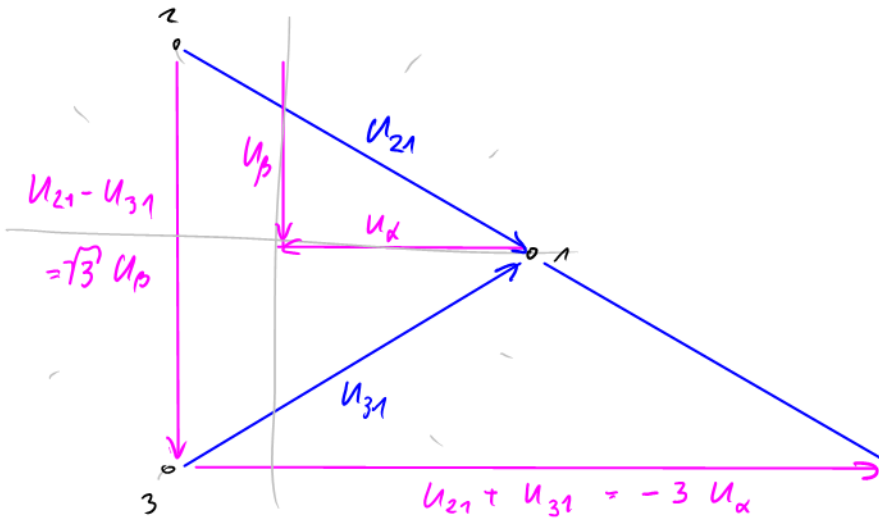
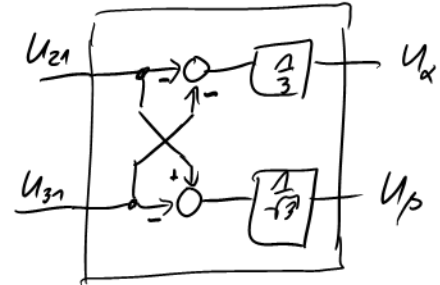


bei Messung der verketteten Leiterspannungen und $\sum u = 0$

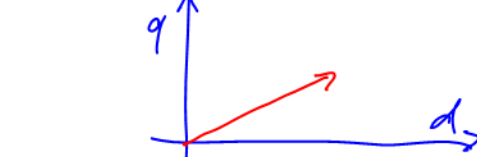


$$U_\alpha = -\frac{1}{3}(U_{21} + U_{31})$$

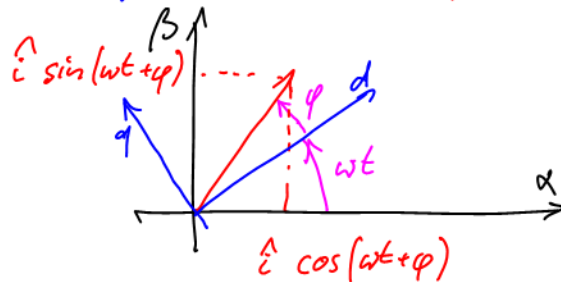
$$U_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}}(U_{21} - U_{31})$$



Drehtransformation: Zeiger $\underline{\hat{e}}_{dq}$



weiter gedrehter Zeiger $\underline{\hat{e}}_{\alpha,\beta}$



Additionstheoreme: $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

gepulsener Zeiger

$$\underline{\hat{e}} = (\hat{e} \cos \omega t, \hat{e} \sin \omega t) \quad \alpha = \omega t \quad \beta = \varphi$$

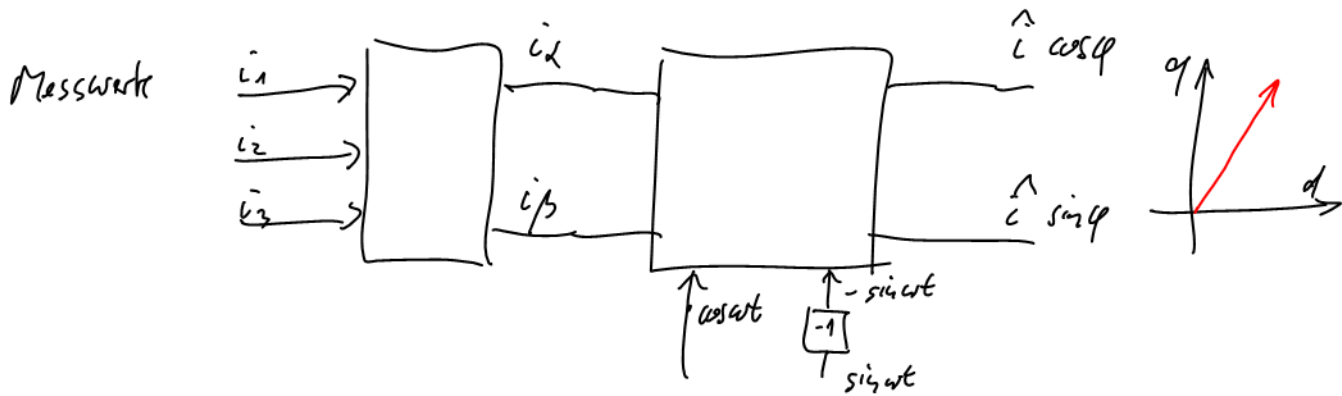
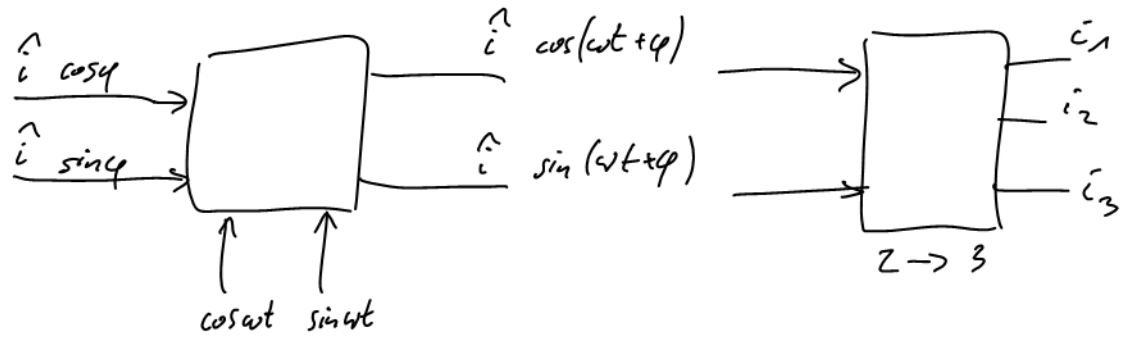
$$\begin{pmatrix} \hat{e} \cos(\omega t + \varphi) \\ \hat{e} \sin(\omega t + \varphi) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \omega t & -\sin \omega t \\ \sin \omega t & \cos \omega t \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{e} \cos \varphi \\ \hat{e} \sin \varphi \end{pmatrix}$$

Drehmatrix

bzw. Koordinatentransformation

Drehungsumkehr:

$$\begin{matrix} \cos \varphi \\ \sin \varphi \end{matrix} \begin{matrix} \cos(-\varphi) \\ \sin(-\varphi) \end{matrix}$$

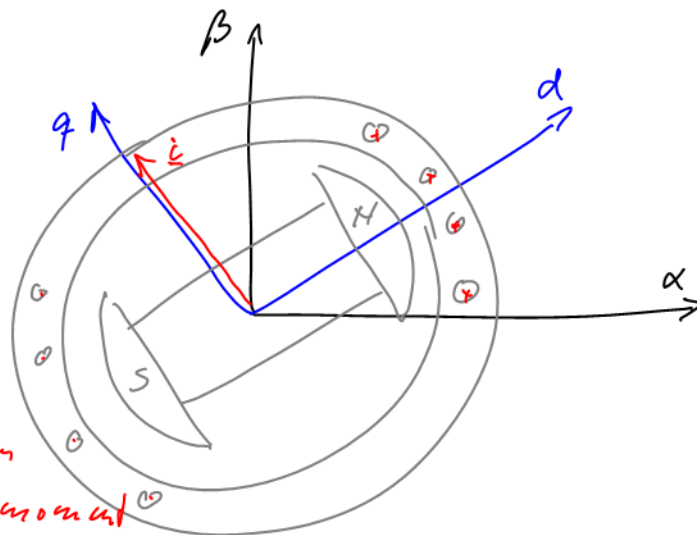


koordinatensysteme

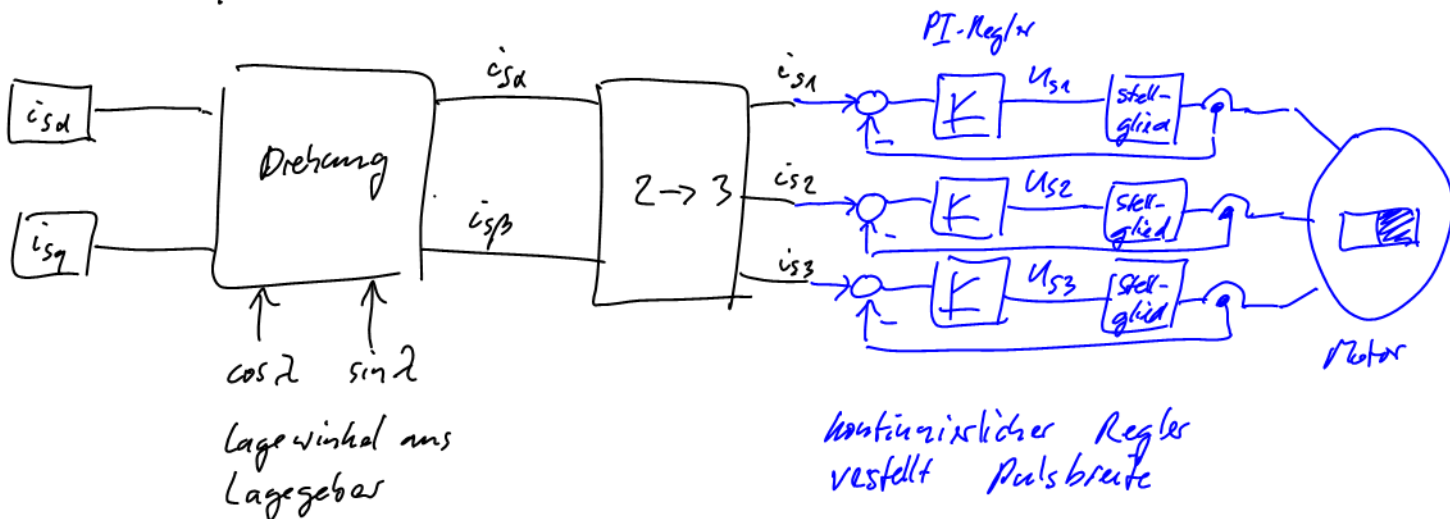
$$\hat{i} = (0, \hat{i}_q)$$

$$\hat{i} = \begin{pmatrix} 0 \\ \hat{i}_q \end{pmatrix}$$

reiner Querstrom
maximales Drehmoment



Gesamtsystem:



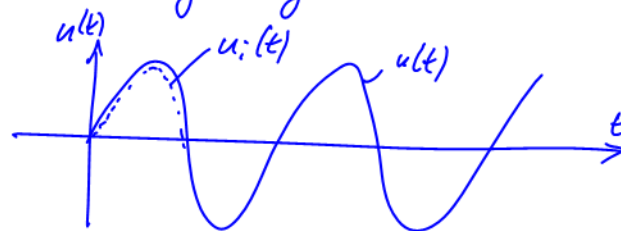
Justage des Lagesensors: in Stillstand

nur Strom i_d vorgeben

Läufer bewegt sich solange, bis das Drehmoment null ist
die Lage, die ausgegeben wird, ist die d-Richtung

entsprechend: Strom i_q
Lage ist dann q Richtung (Winkel $\varphi = 90^\circ$)

Problem bei der Regelung:

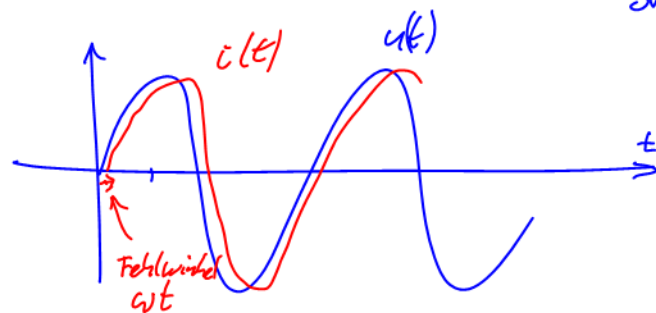
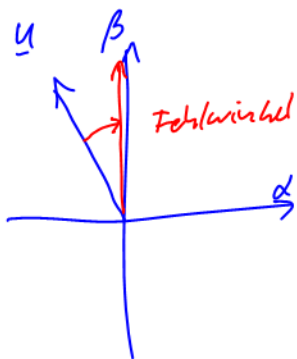


der Regler muss die induzierte Spannung ausgeben
zusätzlich $I \cdot R$ und $L \frac{di}{dt}$ um den Strom fließen zu lassen

Solange Motor langsam im Verhältnis zur
Drehfrequenz kein Problem.

sonst: Modellbildung, Spannung vorsteuern.

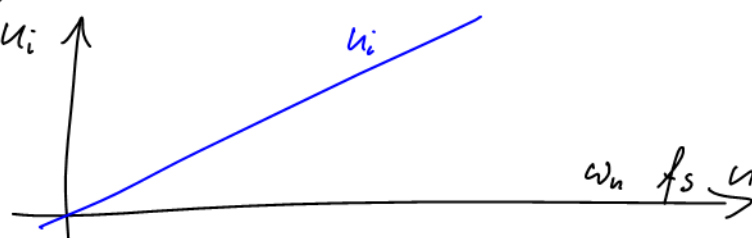
hat den Vorteil: Läuft ohne Regelung
Strom sehr langsam und ungenau



Spannung in Querrichtung
Strom in Querrichtung

Für die Messung der Höhe der Querspannung U_i

Leerlaufversuch: U_i



ohne Stromregelung:

U_i vorgeben wenn Höhe nicht genau stimmt: Vorwiderstände
mechanisch belasten
dann i messen (muss ein Querstrom sein)

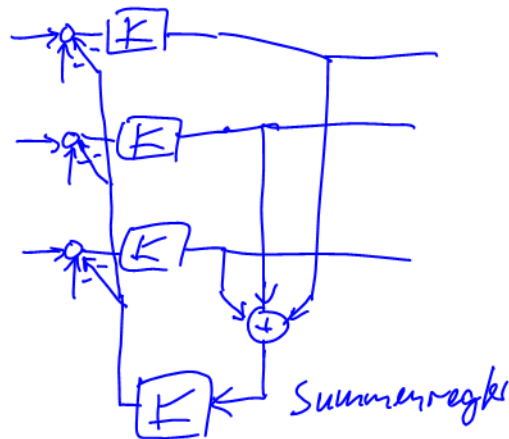
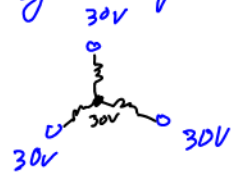
f_s Ständerfrequenz
 n Drehzahl pro Minute (mech)
 $\omega_n = \frac{2\pi n}{60} \cdot p$ (elektrisch)
↑ Polpaarzahl

Wenn die Stromregelung funktioniert:
 Antrieb beschleunigt von selbst
 Drehzahlregelung überlagern

Problem mit 3 Stromreglern:

wenn alle Regler 30V Gleichspannung ausgeben

An der Maschine liegen 0V



Ein bessere Lösung:

wenn alle Transformatorströme stimmen

i_a, i_b regeln Messwerte Rücktransformieren

i_{sd}, i_{sq} regeln Messwerte Rücktransformieren

Faktor zwischen Drehzahl und induzierter Spannung:

$$P_{\text{elektr.}} = \underbrace{U_i}_{\text{Quasi-}} \underbrace{I_A}_{\text{Richtung}} = M \underbrace{\omega_h}_{\substack{\uparrow \\ \text{elektr.} \\ \text{Polpaarzahl} \\ \text{enthalten}}} = P_{\text{mech}}$$

$$M = \frac{P_{\text{mech}}}{\omega} = \frac{P_{\text{el}}}{\omega} = \frac{U_i I_A}{\omega} = \underbrace{\frac{U_i}{\omega}}_{\psi_h} I_A$$

$$U_i = \psi_h \omega \quad (\text{Fluss } \psi)$$

kann man i_p ermitteln?

$$\psi = L_h i_p$$

Wenn man den Fluss ψ zu null macht müsste man in Ständer genau $-i_p$ einspeisen.

konventionell: Kurzschlussversuch

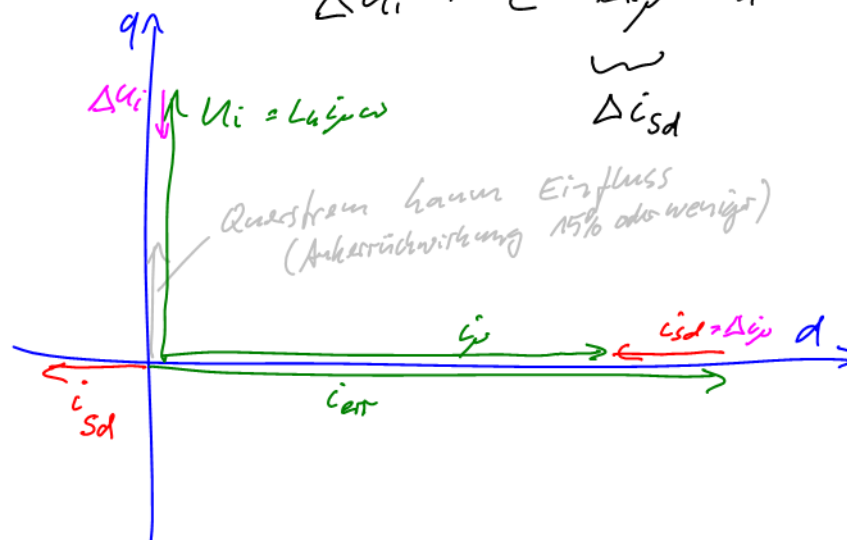
Ständerspannung null, Strom im Ständer messen
(Verluste abzeichnen)

Mit elektronischer Steuerung:

Ständerstrom entgegengesetzt zur d-Richtung einspeisen
beobachten, wie der Fluss ψ kleiner wird

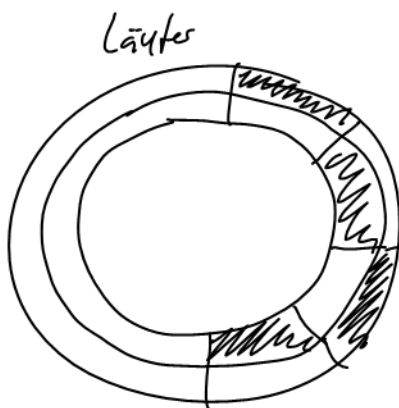
Messung von $U_i = L \underbrace{\dot{i}_p}_{\psi} \cdot \omega_n$

$$\Delta U_i = L \underbrace{\Delta i_p}_{\Delta i_{sd}} \omega_n$$



der i_p ist bei Peruananderregung wesentlich größer, als der Querstrom. Der Querstrom beeinflusst kaum den Fluss ψ .

Die Induktivität L nur mit kleinen Abweichungen messen!



aufgeklebte
Magnete

μ_r der Magnete
ist 1

