

Kapitel 7

Regelung einer Drehstrombrückenschaltung als Netzstromrichter („Active Front End“)

Elektrotechnisches Institut – Elektrische Antriebe und Leistungselektronik

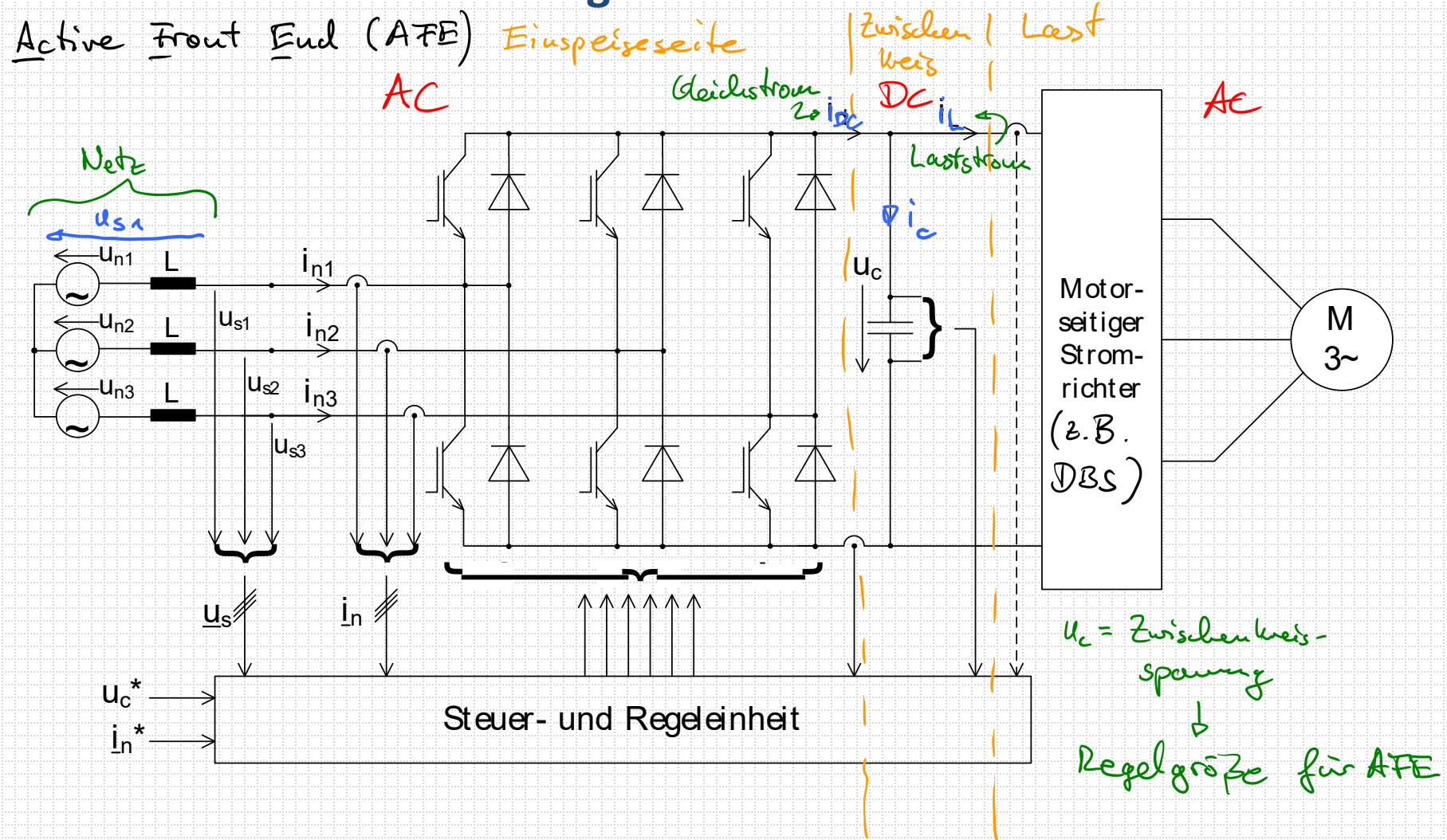
Vorlesung

Regelung Leistungselektronischer Systeme

Sommersemester 2022

Dr.-Ing. Andreas Liske

Drehstrombrückenschaltung als Netzstromrichter

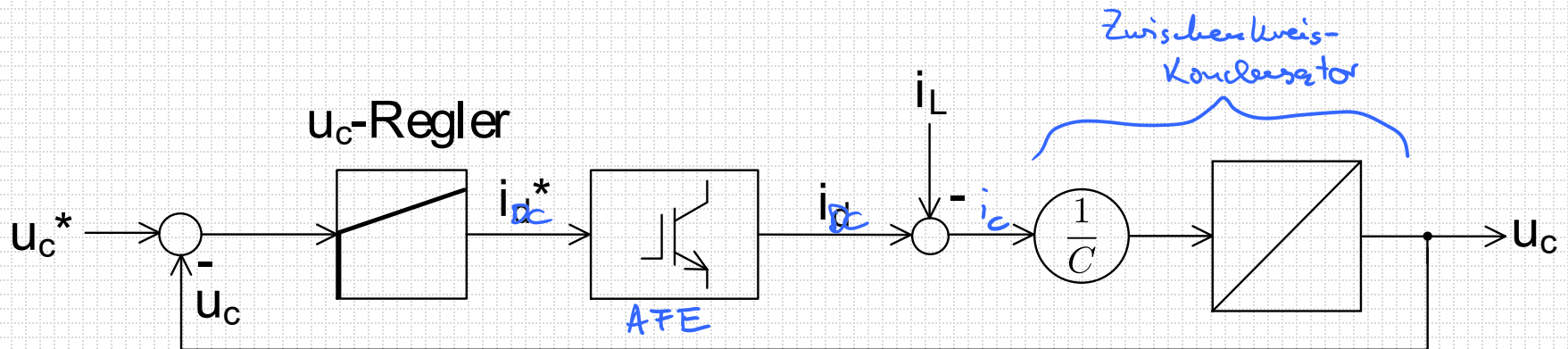


Prinzipschaltbild der selbstgeführten Drehstrombrückenschaltung als Netzstromrichter mit Mess- und Steuersignalen

Regelung der Spannung des Zwischenkreiskondensators

$$i_c = i_{dc} - i_L$$

$$u_c = \frac{1}{C} \int i_c dt$$



Regelungstechnisches Strukturbild der Kondensatorspannungsregelung mit dem Gleichstrom i_d als Stellgröße

Leistungsbilanz:

für Stationarität: $u_c = \text{konst.}$

$$p_{in}(t) \stackrel{!}{=} p_{out}(t)$$

$$i_{DC} \cdot u_c = i_2 \cdot u_c$$

$$u_c \cdot i_{DC} = \frac{3}{2} \operatorname{Re} \{ \underbrace{u_n^*}_{\text{Netzseitige}} \cdot \underbrace{i_n}_{\text{DC-seitige}} \}$$

nicht "Sollwert",
sondern konj. komplex

Leistung des AFE

Wahl der Bezugsachse: Richtung von $\underline{u}_n$

$$\Rightarrow u_c \cdot i_{DC} = \frac{3}{2} \hat{u}_n \cdot \operatorname{Re} \{ i_n \}$$

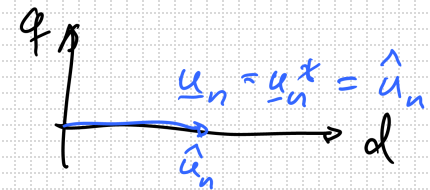
$\rightarrow$ liegt in Richtung von $\underline{u}_n$

$$\Rightarrow \operatorname{Re} \{ i_n \} = i_w = \text{Wirkstrom} = \underline{i_d}$$

$$\Rightarrow i_f = \text{Blindstrom}$$

$$u_c \cdot i_{DC} = \frac{3}{2} \hat{u}_n \cdot i_w$$

$$i_{DC} = \frac{3}{2} \frac{\hat{u}_n}{u_c} \cdot i_w$$

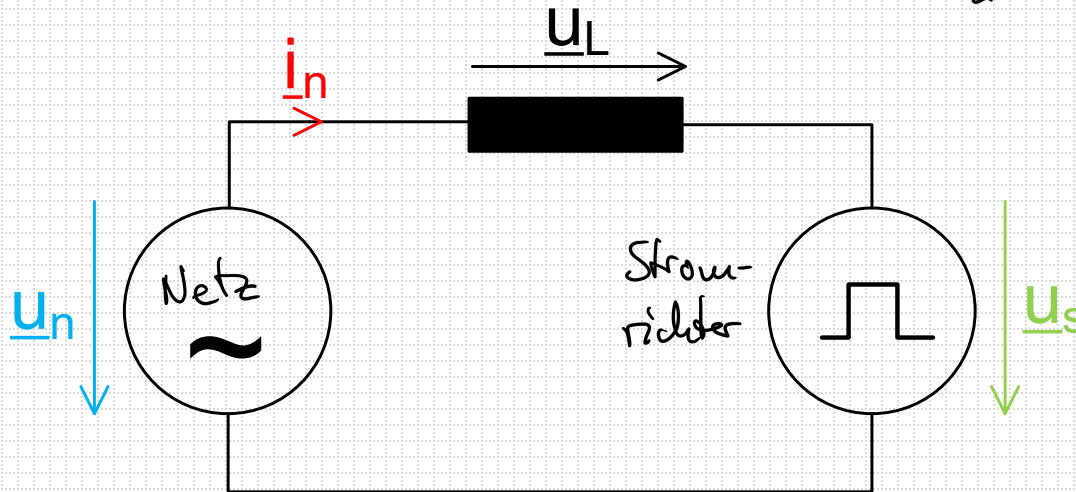


Wirkstrom
= Wirkstr.

Netzseitiges Ersatzschaltbild

$$\underline{u}_n = \underline{u}_L + \underline{u}_S$$

$$\underline{u}_L = L \cdot \frac{di_n}{dt}$$



Ströme und Spannungen der Eingangsstufe in Raumzeigerdarstellung

Abhängigkeit des Netzstroms von der Stromrichterspannung

$$\omega = \text{konstant}$$

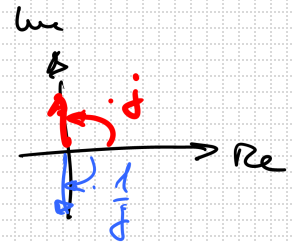
$$\underline{i}_n = \hat{i}_n \cdot e^{j(\omega t - \varphi)}$$

$$\frac{d\underline{i}_n}{dt} = \hat{i}_n \cdot j\omega \cdot \underline{e^{j(\omega t - \varphi)}} = j\omega \cdot \underline{i}_n$$

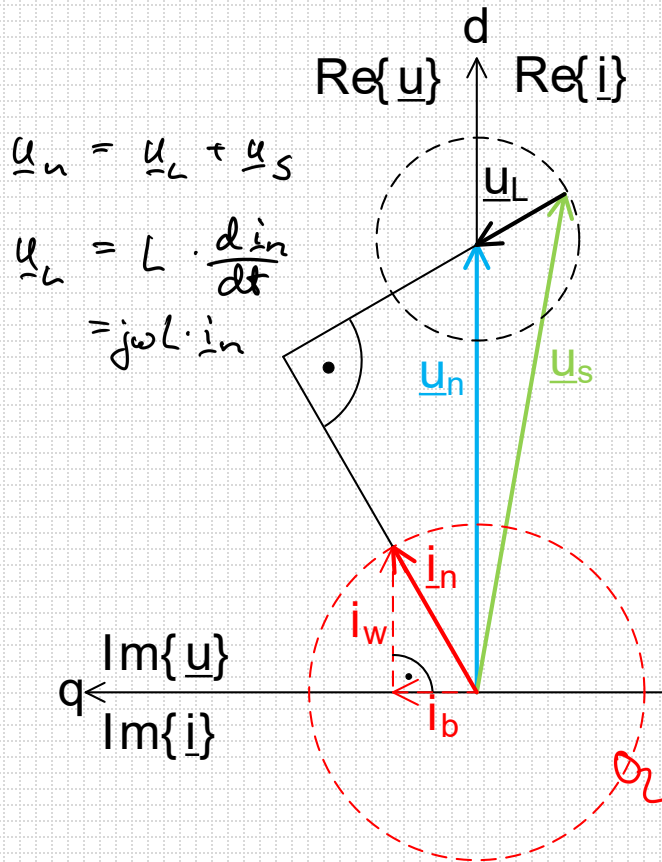
$$\underline{u}_L = L \cdot \frac{d\underline{i}_n}{dt} = j\omega L \cdot \underline{i}_n$$

$$\underline{i}_n = \underbrace{\frac{1}{j\omega L}}_{\approx \text{const.}} \cdot \underline{u}_L \quad \Rightarrow \quad |\underline{i}_n| \sim |\underline{u}_L|$$
$$\hat{i}_n \sim \hat{u}_L$$

$$j = e^{j\frac{\pi}{2}}$$
$$\frac{1}{j} = e^{-j\frac{\pi}{2}}$$



Abhängigkeit des Netzstroms von der Stromrichterspannung



Was wollen wir eigentlich?

1. $i_w \hat{=} i_d \rightarrow$ für Leistungsbilanz
2. $i_b \hat{=} i_z \rightarrow$ für Regelung des Blindleistungs

→ Raumzeiger (als "Zeigerdiagramm" mit komplexen Effektivwerten wie bei SM)

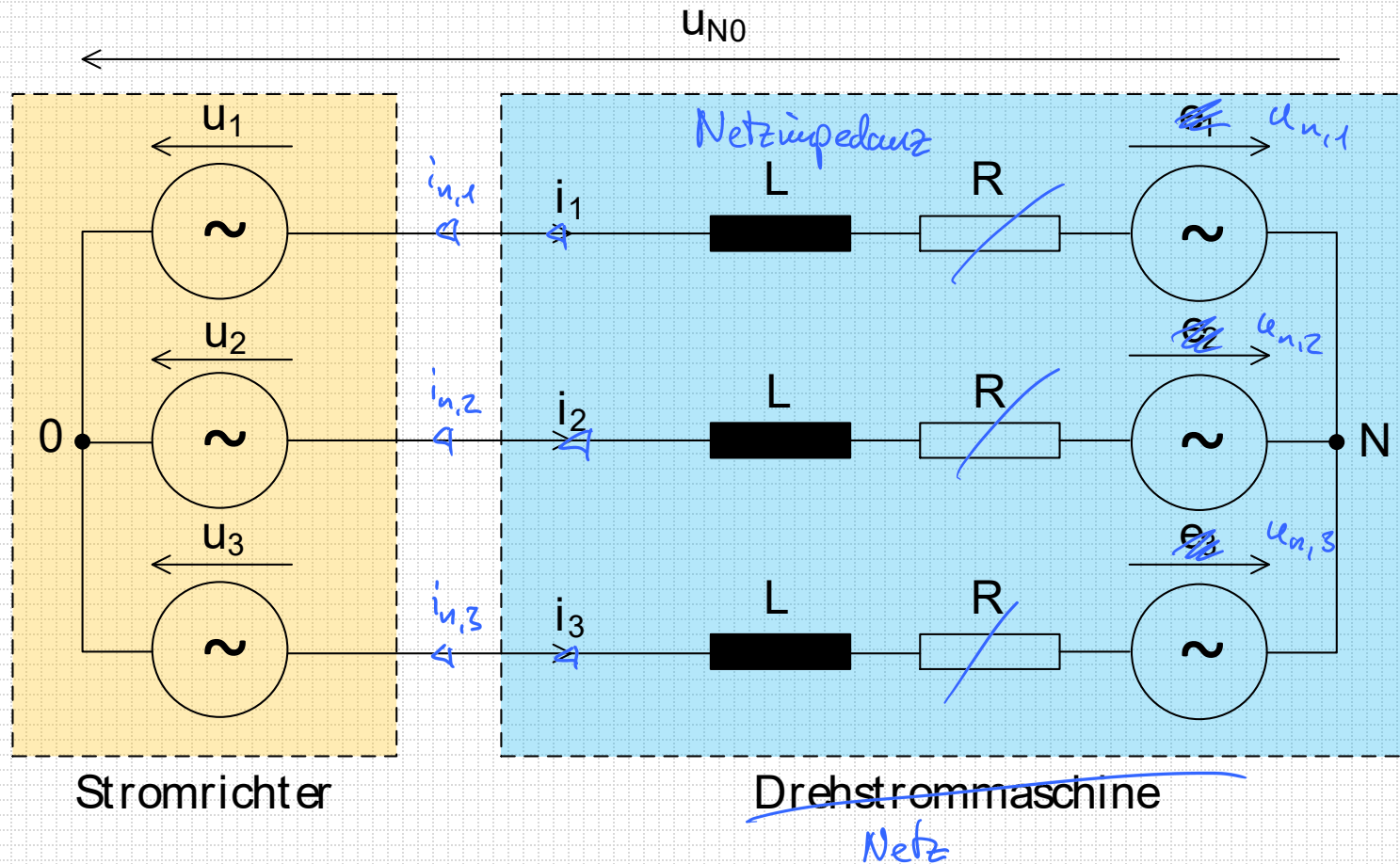
Stellgröße : $\underline{u}_s \Rightarrow \underline{u}_L \Rightarrow \underline{i}_n$

$$\left. \begin{array}{l} i_w \stackrel{\wedge}{=} i_d \\ i_b \stackrel{\wedge}{=} i_g \end{array} \right\} \text{ über } |u_L| \text{ und } \arg(u_L)$$

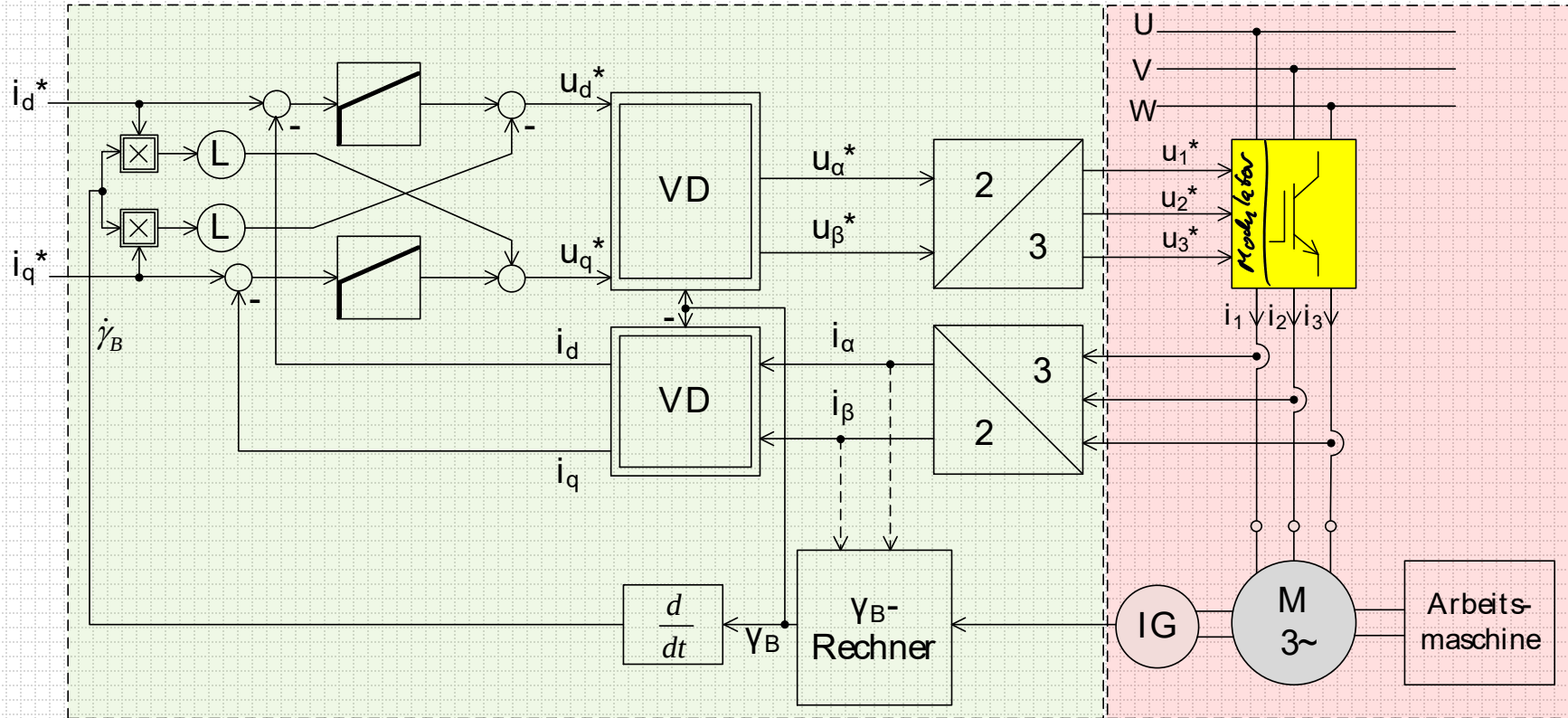
$$|\dot{i}_n| = \sqrt{i_w^2 + i_b^2}$$

Ströme und Spannungen der Eingangsstufe aus Abb. 58 und 59 in Raumzeigerdarstellung im quasistationären Zustand (für $\underline{u}_s$ ist der Mittelwert einer Pulsperiode dargestellt).

Ersatzschaltbild der Stromregelstrecke

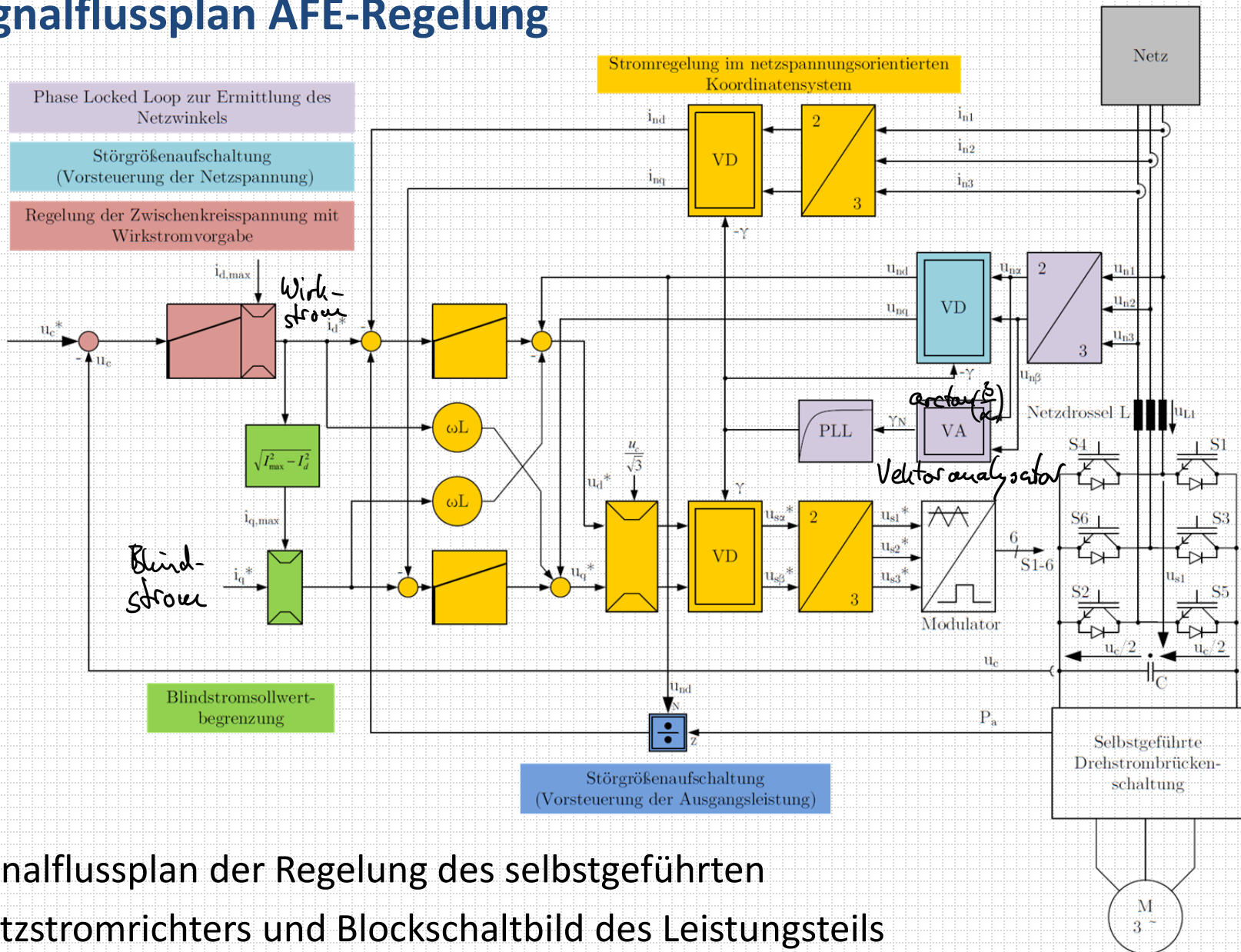


Vergleich mit Regelschema einer Drehstrommaschine



Signalflussplan der Stromregelung im mit γ_B rotierendem Koordinaten-system und Prinzipschaltbild des Leistungskreises eines Drehstrom-antriebs (IG : Impulsgeber)

Signalflussplan AFE-Regelung



Signalflussplan der Regelung des selbstgeführten Netzstromrichters und Blockschaltbild des Leistungsteils

PLL

Phase Locked Loop $\hat{=}$ Phasenregelkreis



sehr langsam ($1 \dots 10 \text{ Hz} \ll f_{\text{Netz}}$)

