

Einhaltung der Netzanschlussregeln am Beispiel von WEA mit DFIM

Prof. Dr.-Ing. I. Erlich

Universität Duisburg-Essen

Dr.-Ing. A. Dittrich

IDS AG Zürich

Dr.-Ing. W. Winter

E.ON Netz GmbH Bayreuth





Inhalt

➤ Netzanschlussregeln

Fault-Ride-Through

Spannungsstützung

Systemautomatik

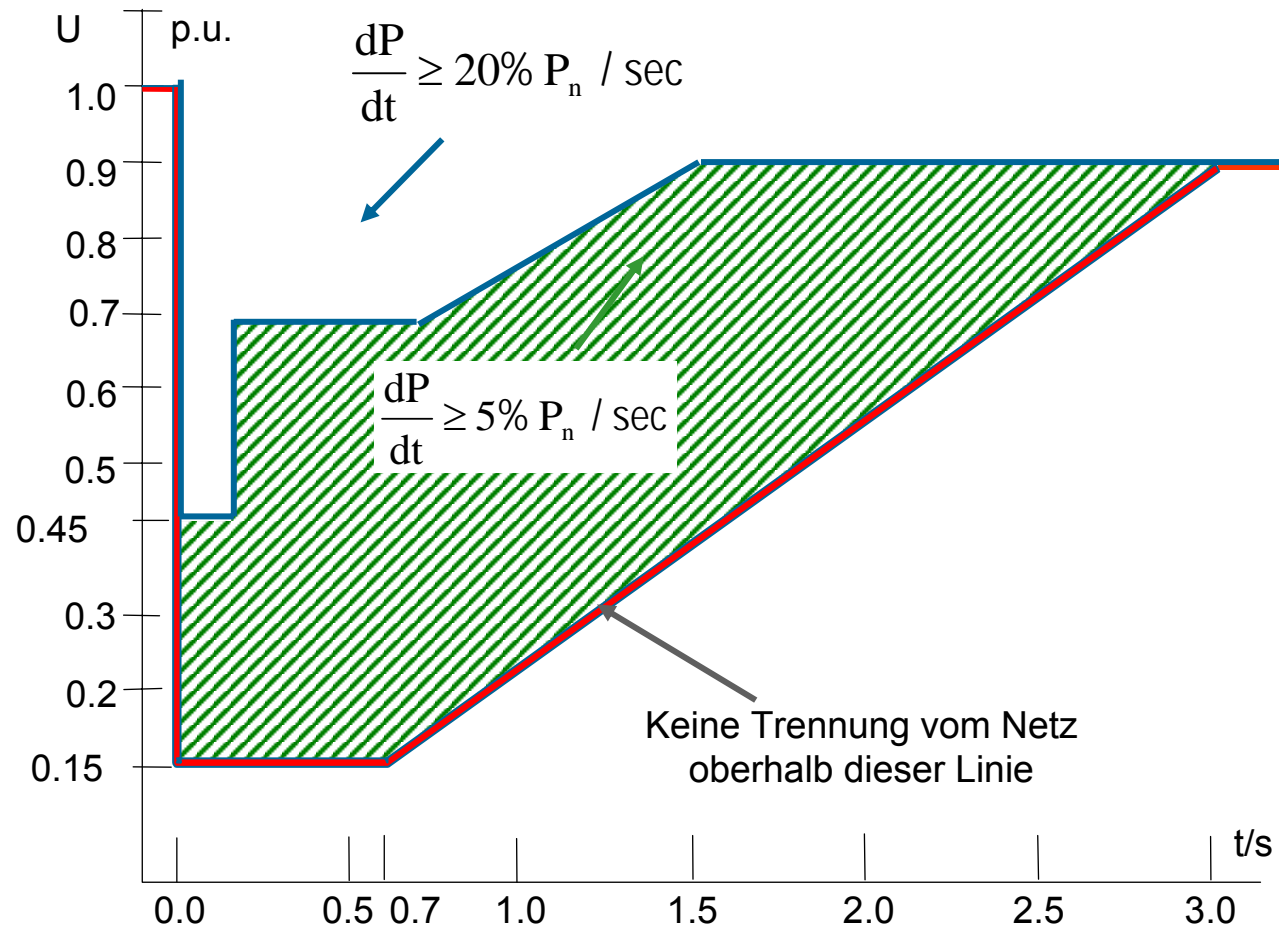
➤ Erfüllung der Netzanschlussregeln bei

DFIM-WEA

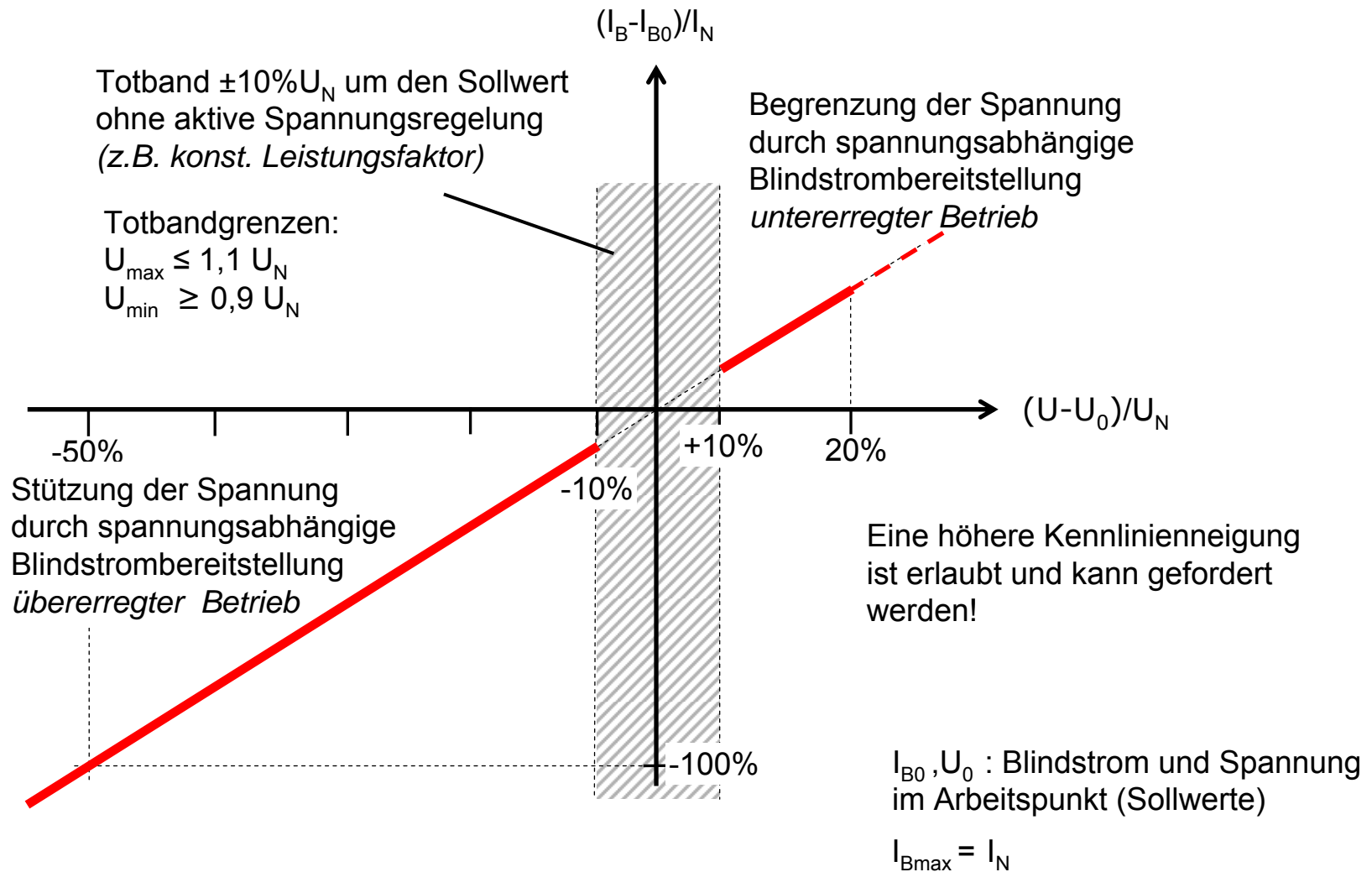
Fault-Ride-Through

Spannungsstützung

FRT-Anforderungen

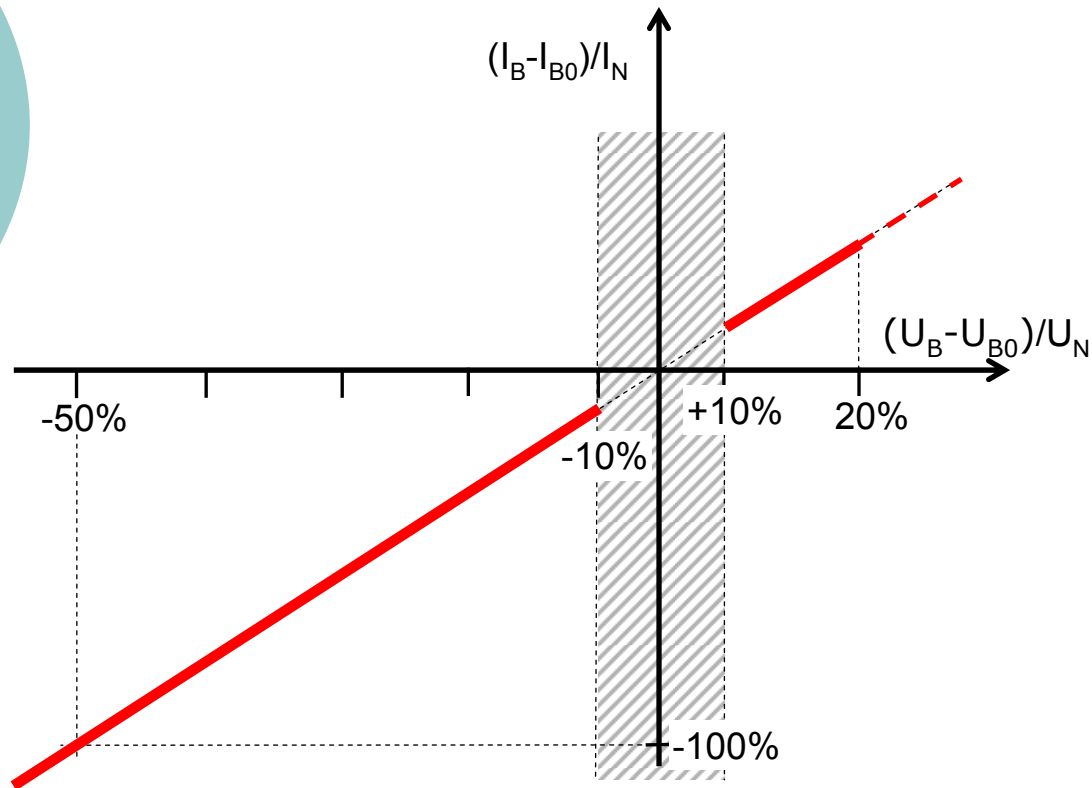


Spannungsstützung - Spannungsregelung



Spannungsstützung – Spannungsregelung

Fortsetzung



Blindstromstatik :
 $k = \Delta I_B / \Delta U_B \geq 2.0 \text{ p.u.}$

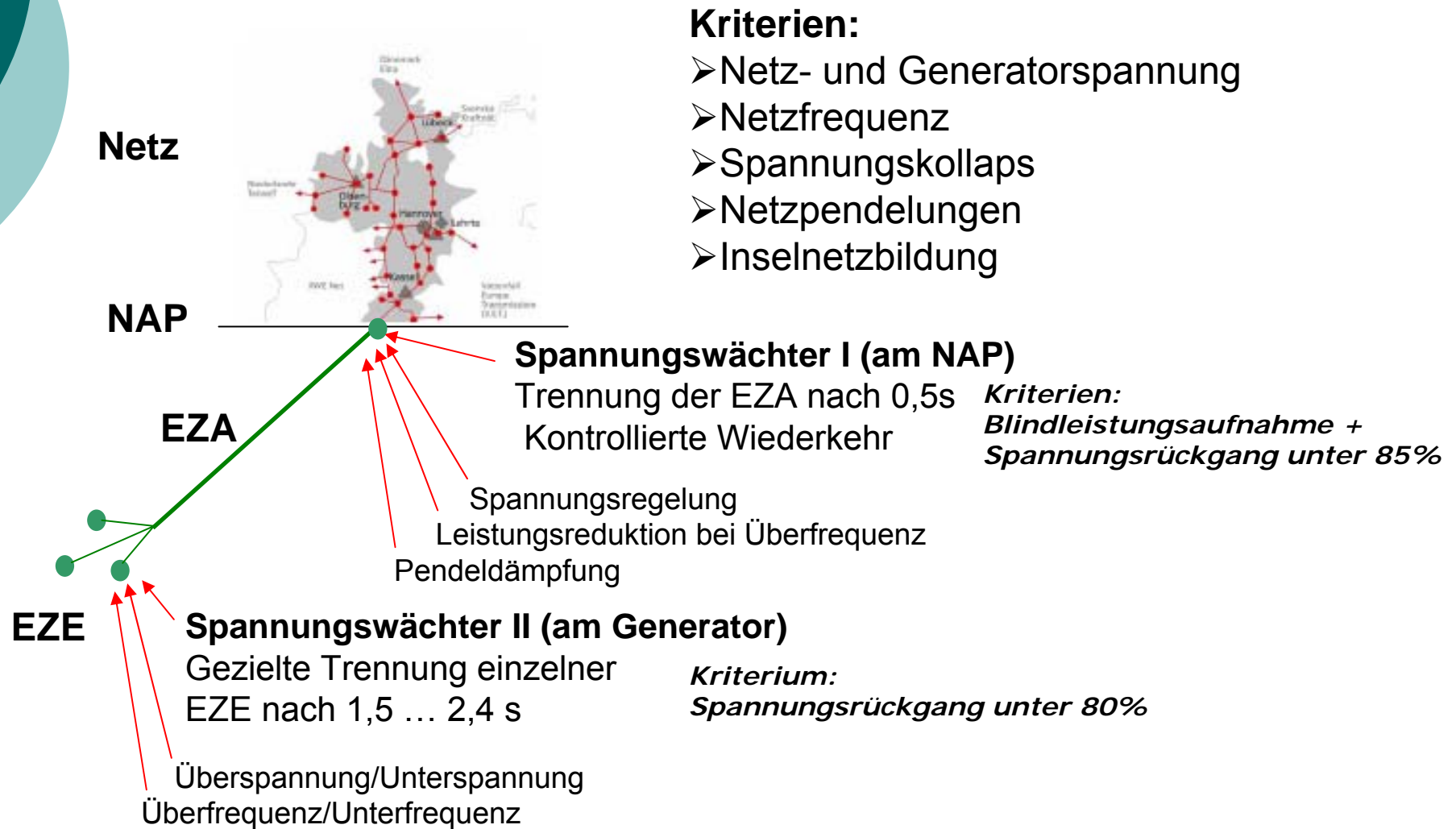
Anregelzeit < 20 ms

Übergang auf die Spannungsstützung nach Abklingen transients Ausgleichsvorgänge spätestens nach 300 ms

Aufrechterhaltung der Spannungsstützung gemäß Charakteristik nach Rückkehr ins Spannungstotband über weitere 500 ms

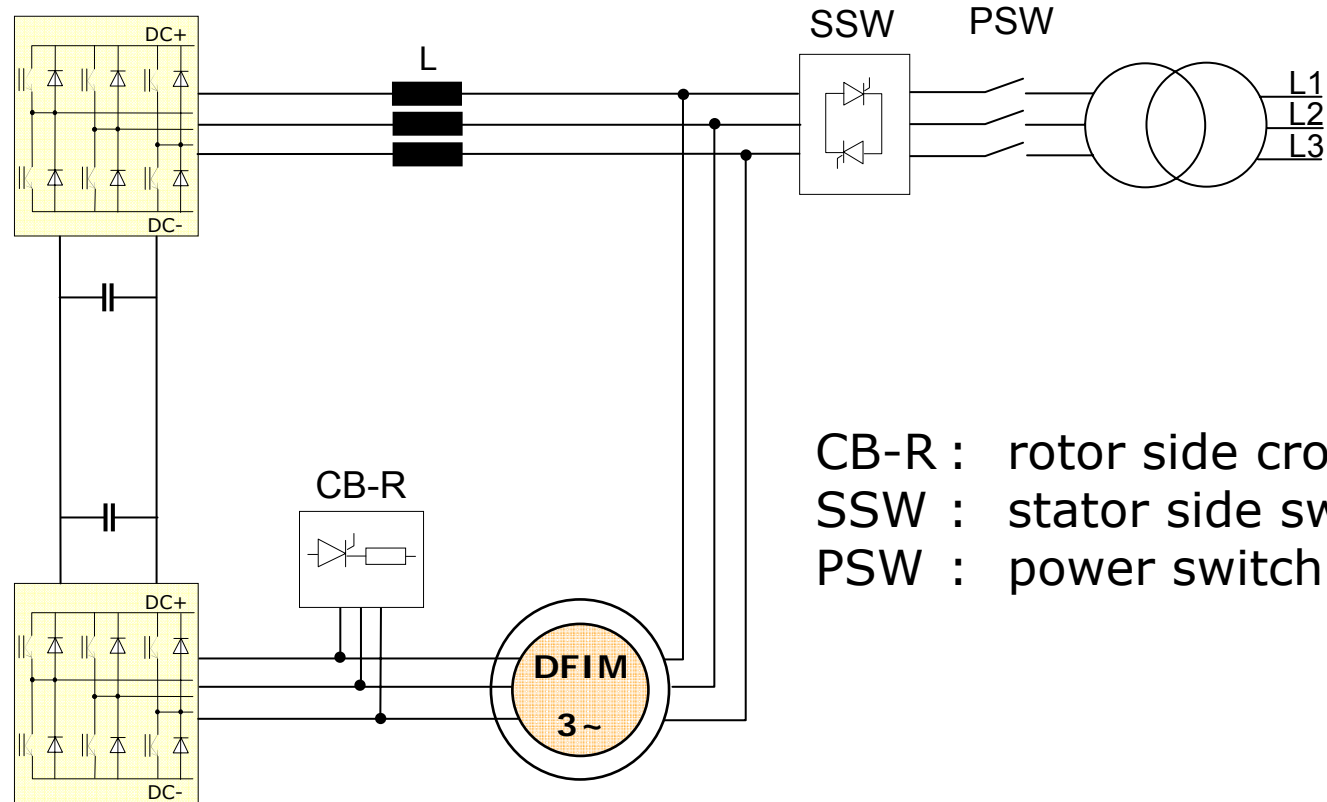
Auch eine kontinuierliche Spannungsregelung ohne Totband und mit höherer Statik kann verlangt werden!

Systemübergreifende Automaten



Übliche Struktur einer WEA mit DFIM

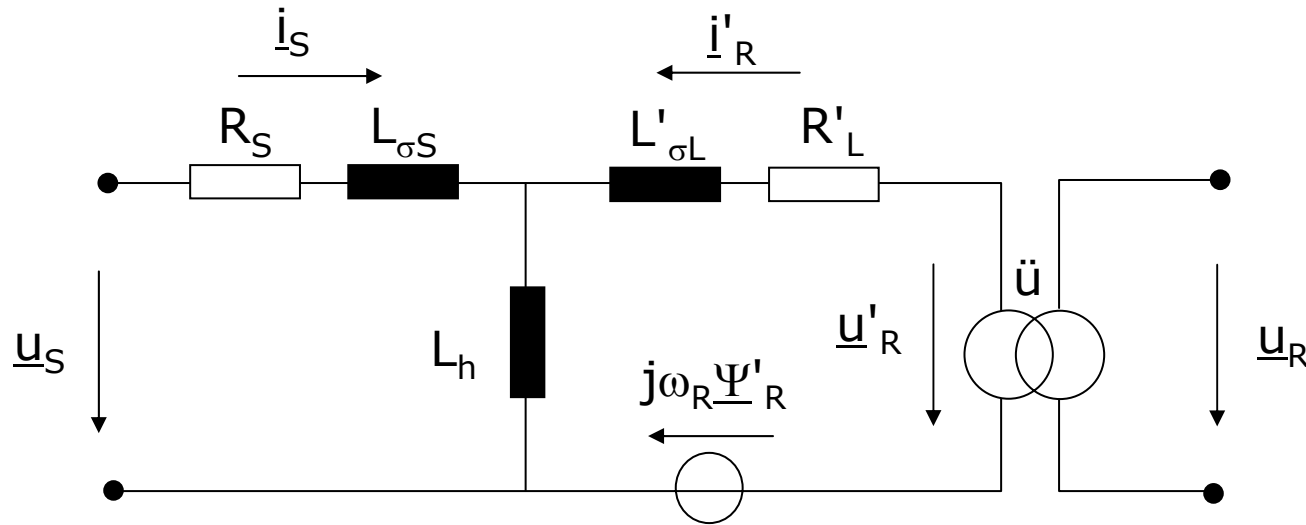
Front end converter



CB-R : rotor side crow-bar
SSW : stator side switch
PSW : power switch

Rotor side converter

Begrenzte Stellmöglichkeit der DFIM

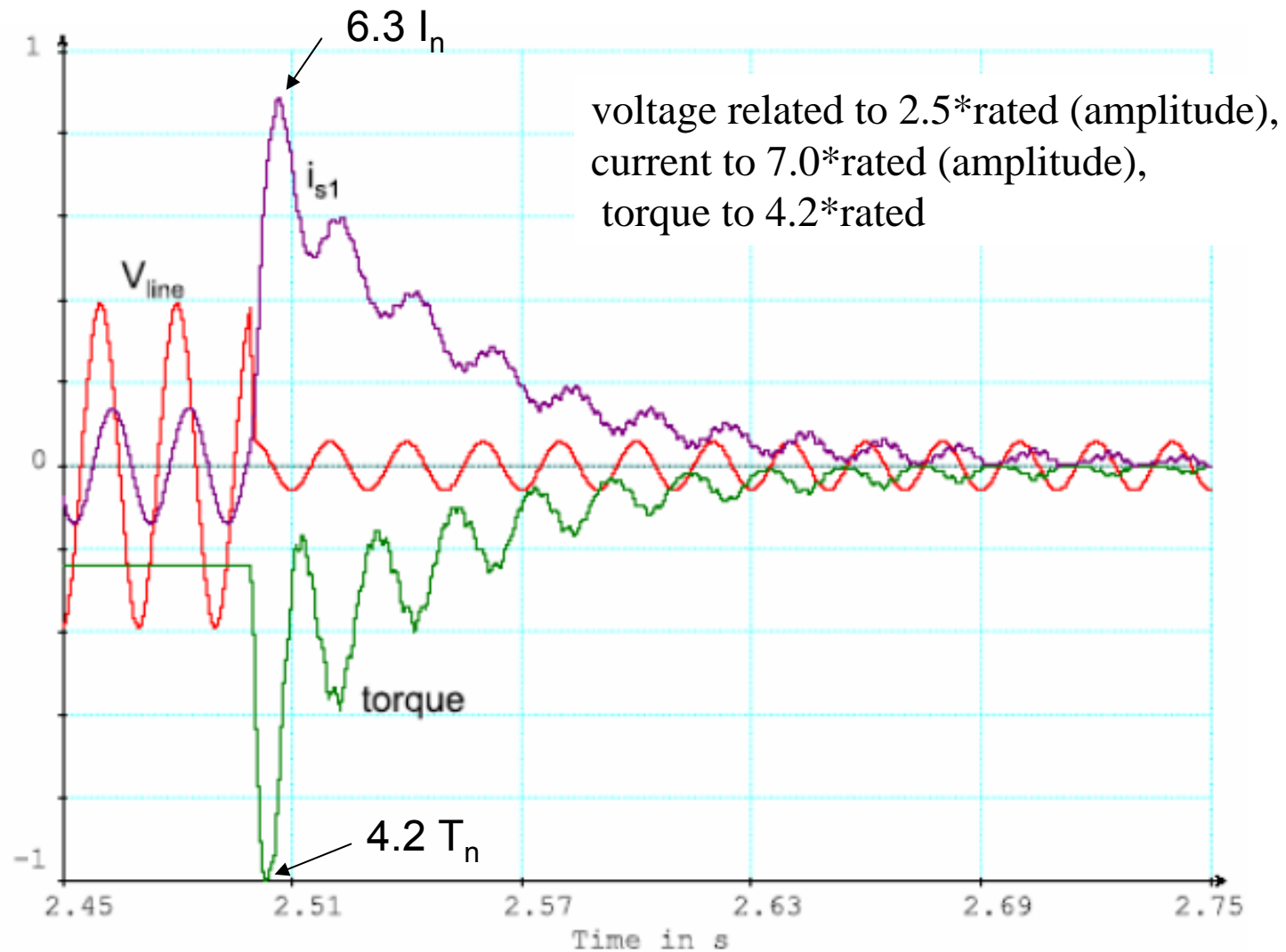


$$\underline{u}_S - \underline{u}_R - j\omega_R \underline{\psi}'_R = R_S \underline{i}_S + L_{\sigma S} \frac{d\underline{i}_S}{dt} - R'_L \underline{i}'_R - L_{\sigma R} \frac{d\underline{i}'_R}{dt}$$

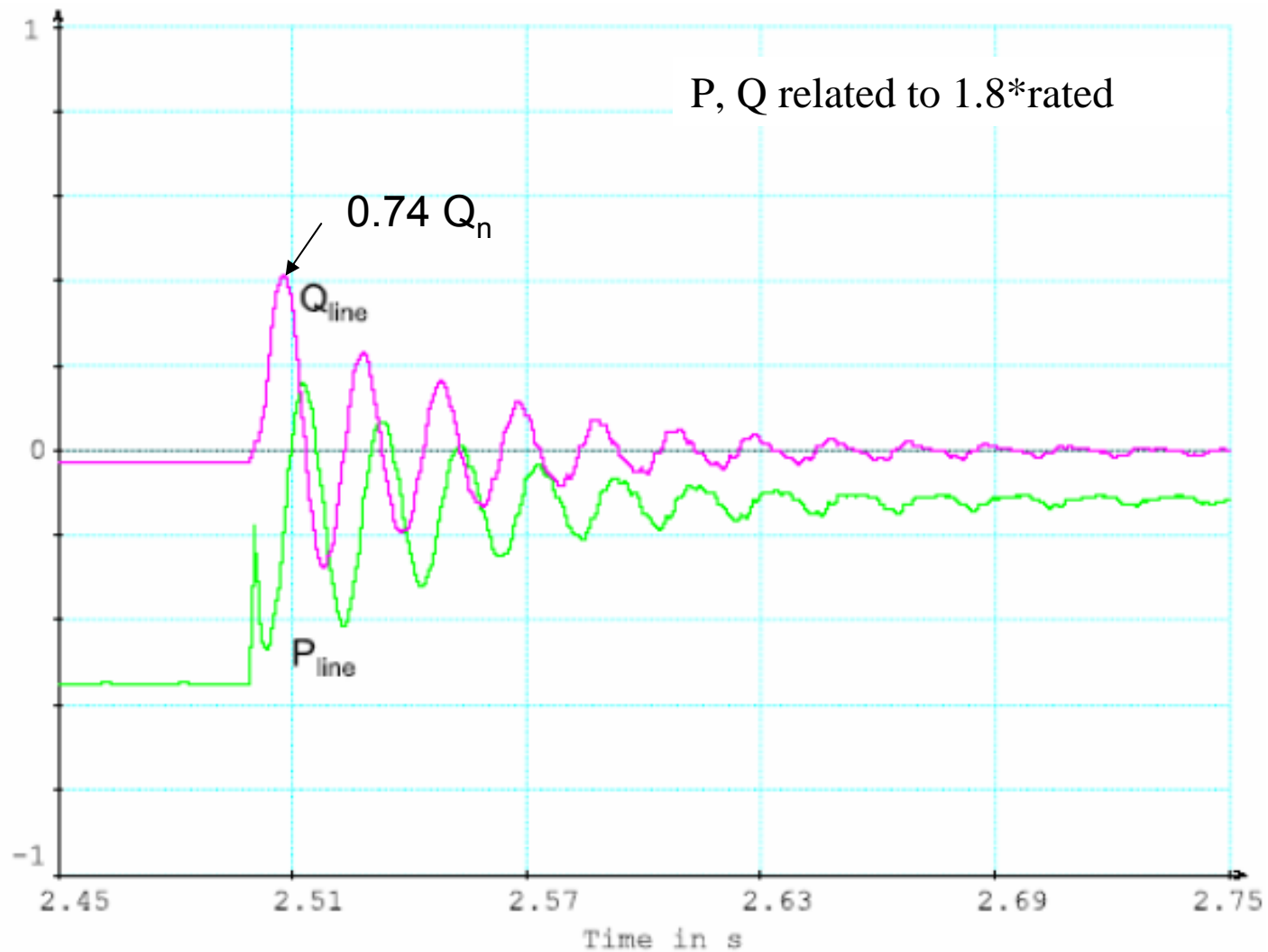
angenommen: $\underline{u}_S = \underline{u}_R$, $\ddot{u} = 1/3$

→ $\underline{u}'_R = 1/3 \underline{u}_S$ → mit der Rotorspannung kann man nur begrenzt Spannungseinbrüche auf der Ständerseite kompensieren

Spannungseinbruch auf 15% U_n

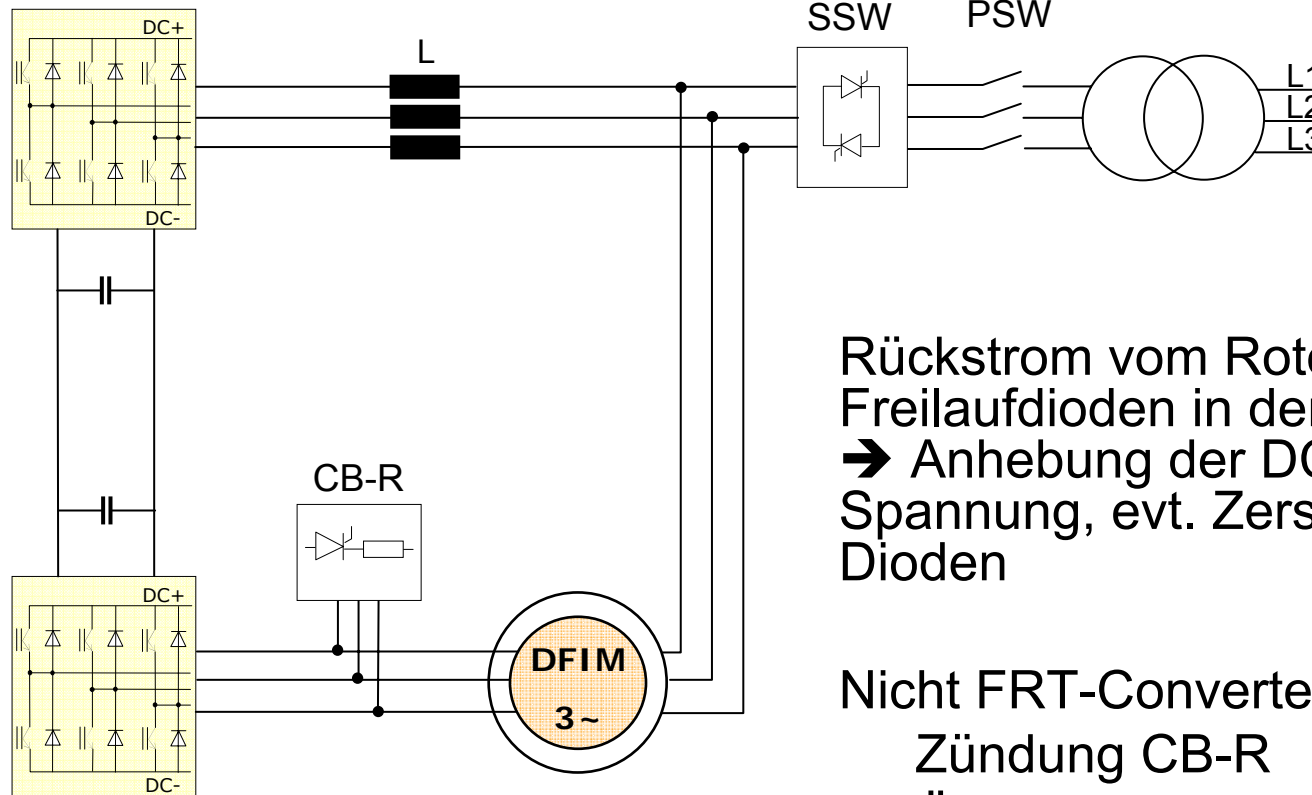


Spannungseinbruch auf 15% U_n



Auswirkungen von netzseitigen Spannungseinbrüchen

Front end converter



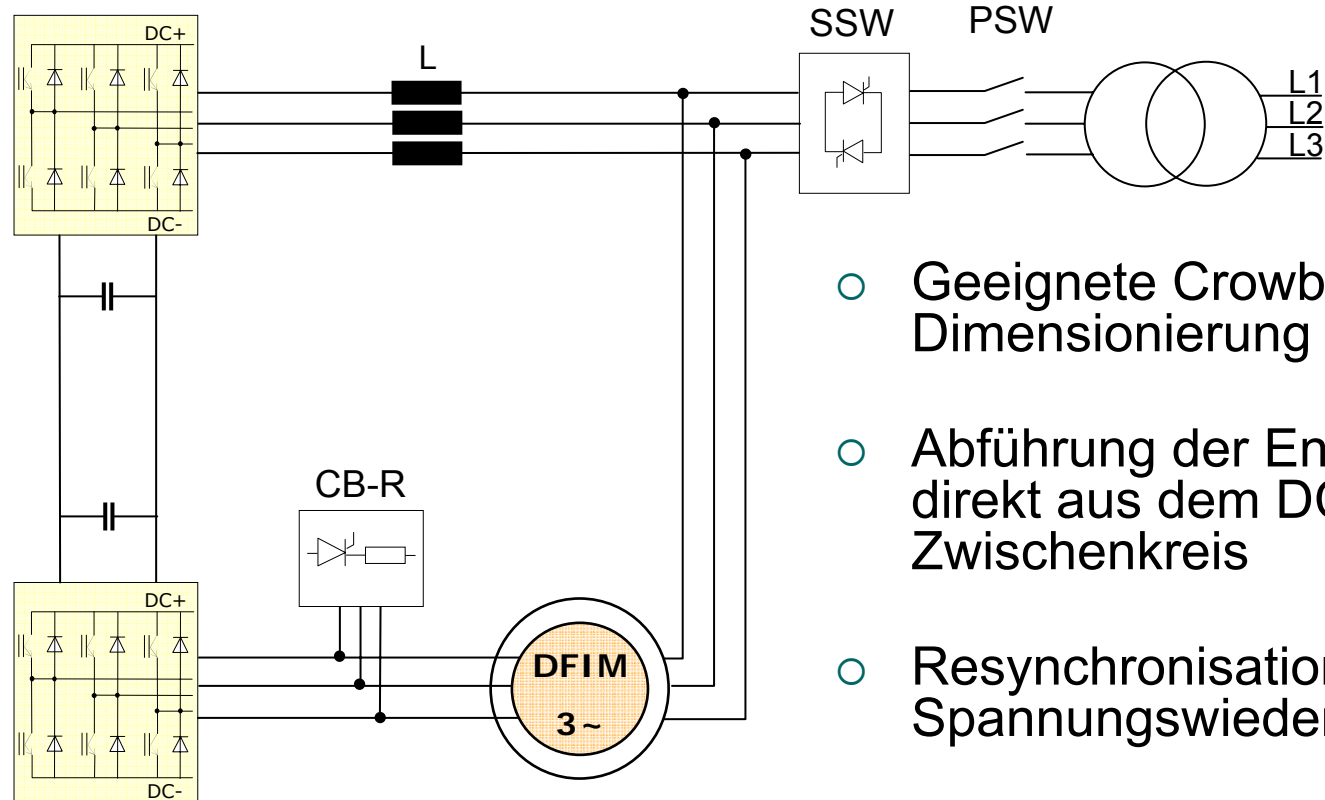
Rotor side converter

Rückstrom vom Rotor über die Freilaufdioden in den DC-Kreis
→ Anhebung der DC-Spannung, evt. Zerstörung der Dioden

Nicht FRT-Converter:
Zündung CB-R
Öffnen von SSW
→ Trennung vom Netz

Rotorseitige FRT-Maßnahmen

Front end converter



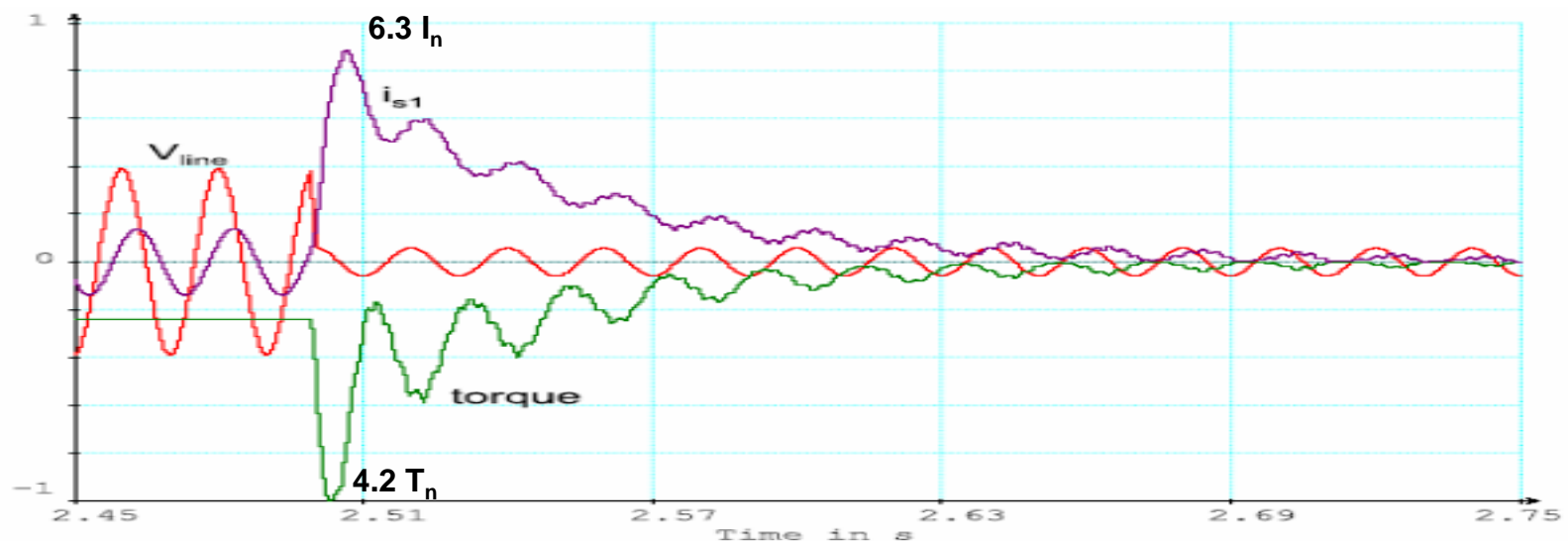
Rotor side converter

- Geeignete Crowbar-Dimensionierung
- Abführung der Energie direkt aus dem DC-Zwischenkreis
- Resynchronisation nach Spannungswiederkehr

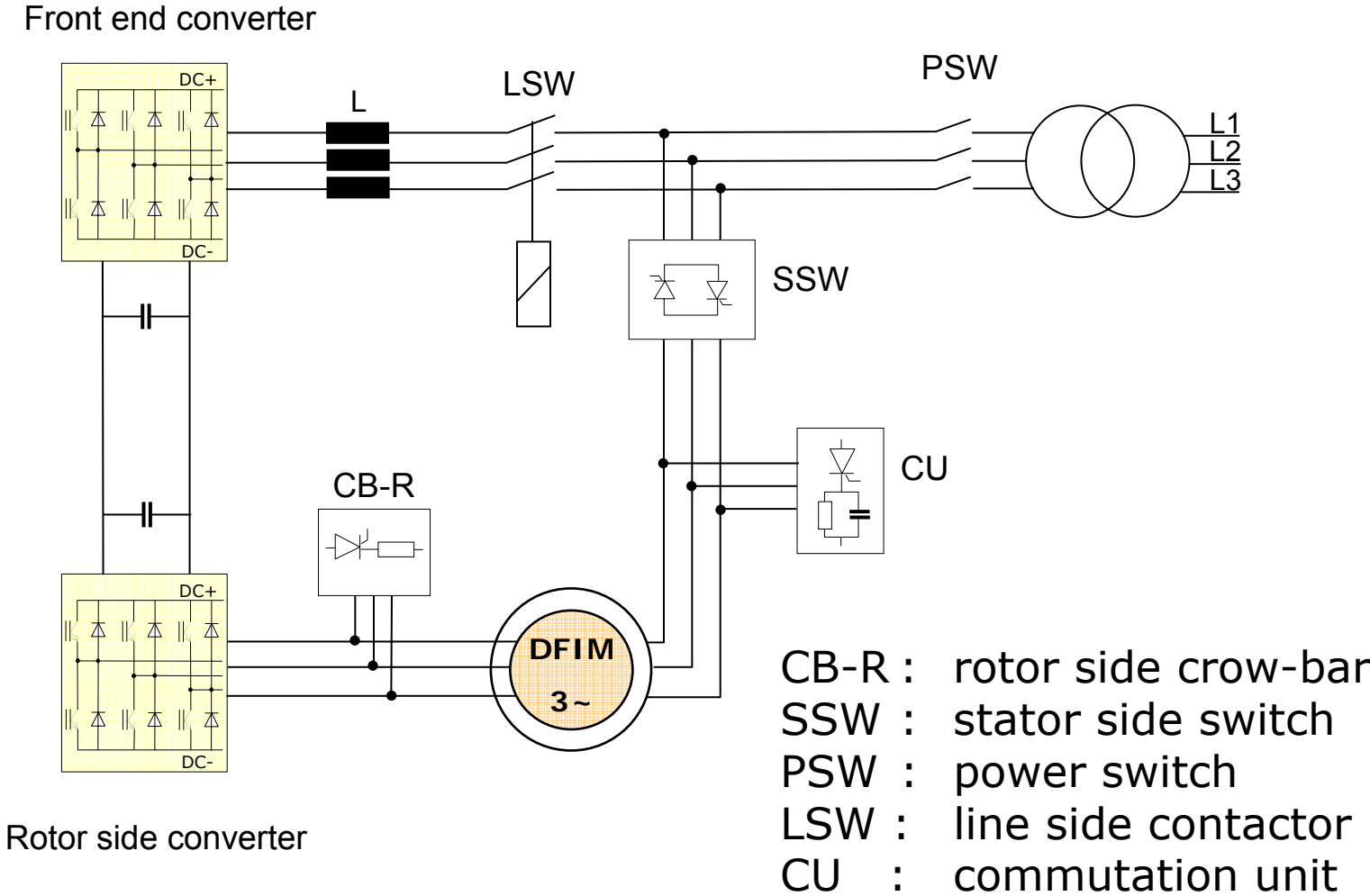
Rotorseitige FRT-Maßnahmen

Nachteile:

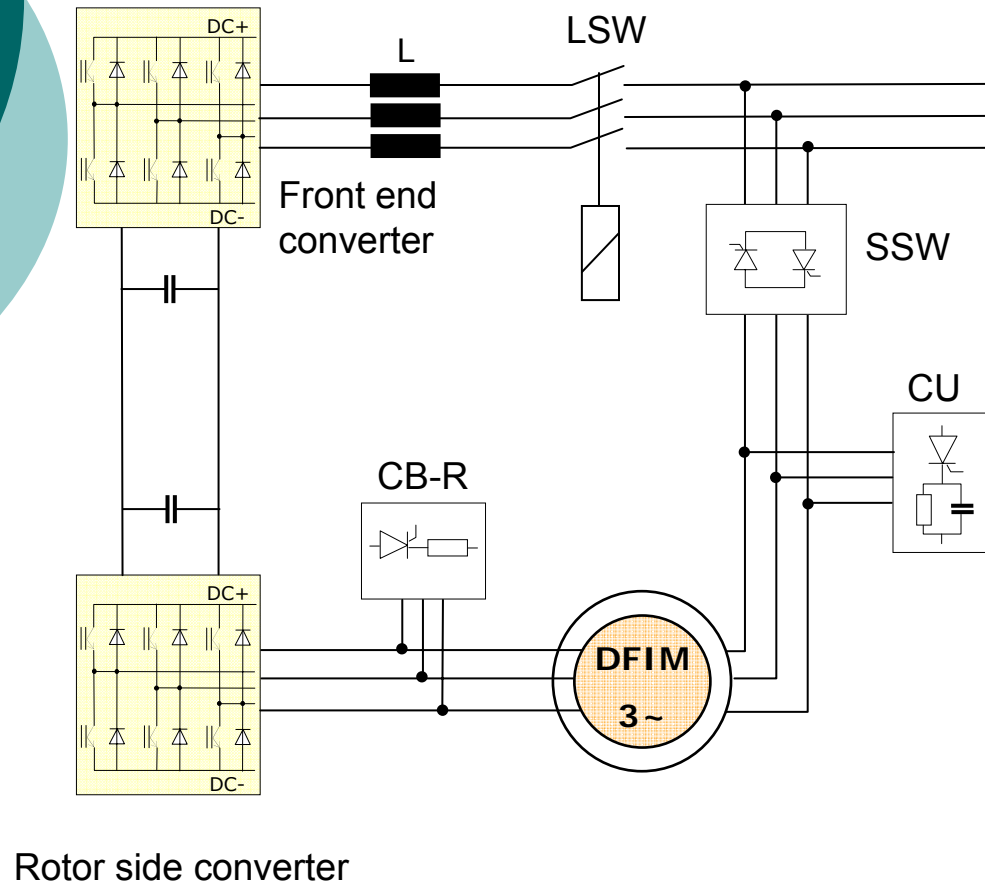
- Stark oszillierende Wirk- und Blindleistung auf der Netzseite
- Durch die Oszillationen und die Drehmomentenspitze wird das mechanische System stark beansprucht
- Der Kurzschlussstromverlauf unterscheidet sich nicht wesentlich von dem ohne FRT-Maßnahmen
- Während der Rotor über die Crowbar kurzgeschlossen ist, bezieht die Maschine aus dem Netz Blindleistung – keine Spannungsstützung



Statorseitige FRT-Maßnahmen

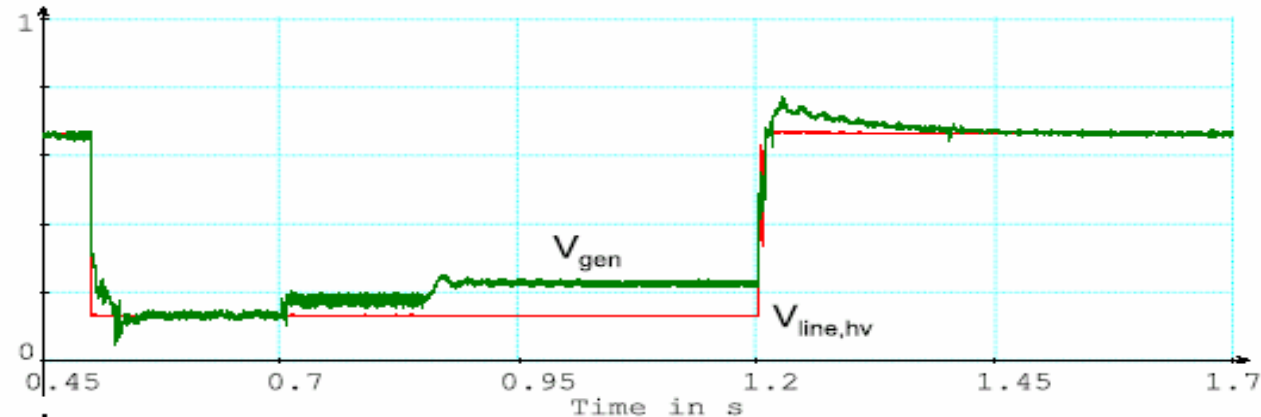


Statorseitige FRT-Strategie

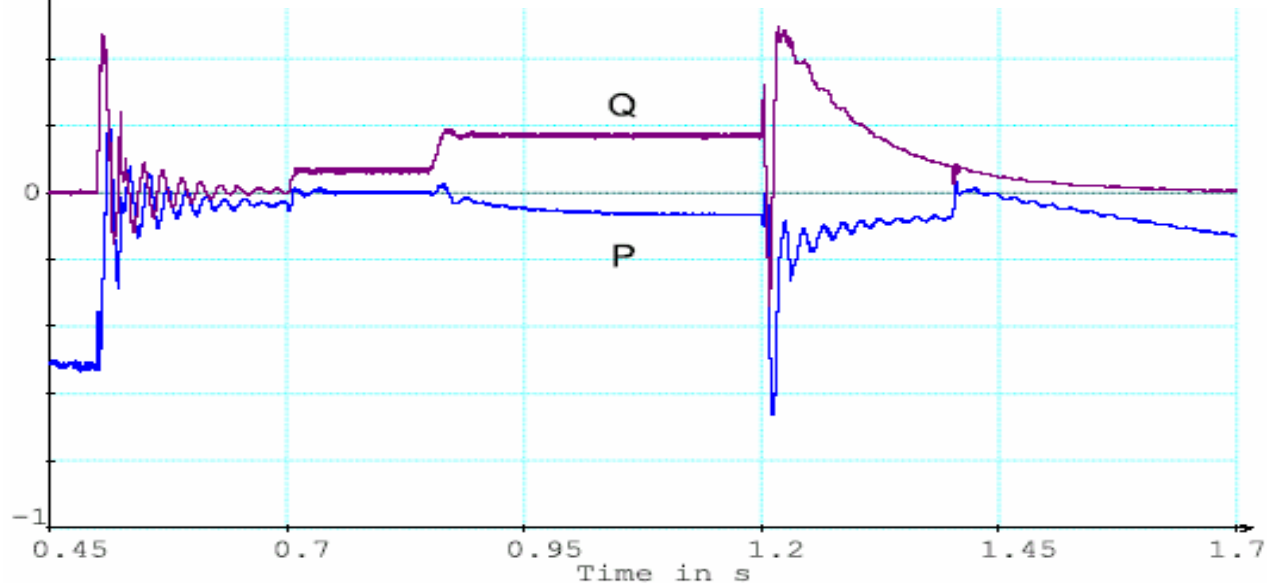


- SSW schließt und CU wird gezündet.
- IGBT Zündsignale auf der Rotorseite werden gesperrt
- Forcierte Entmagnetisierung der Maschine durch die Gegenspannungen auf der Statorseite (CU) und Rotorseite (DC link).
- Rotorseitiger Inverter wird neu gestartet und erregt den Generator zu der anliegenden Netzspannung für Resynchronisation
- SSW wird gezündet und der Generator mit dem Netz verbunden. Die Leistung wird hochgefahren entsprechend dem maximalen Rotorstrom.
- Während der Unterbrechung speist der netzseitige Konverter maximalen Blindstrom ins Netz.

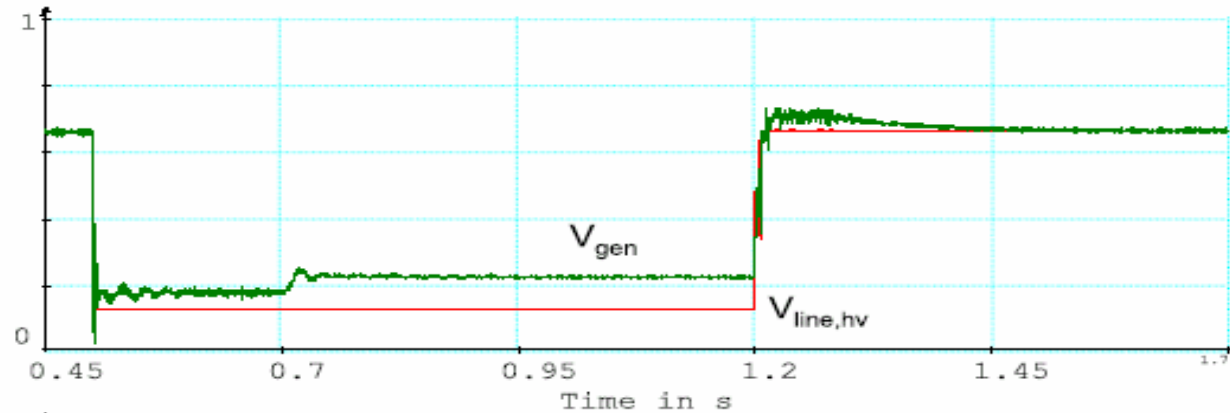
FRT mit rotorseitigen Maßnahmen



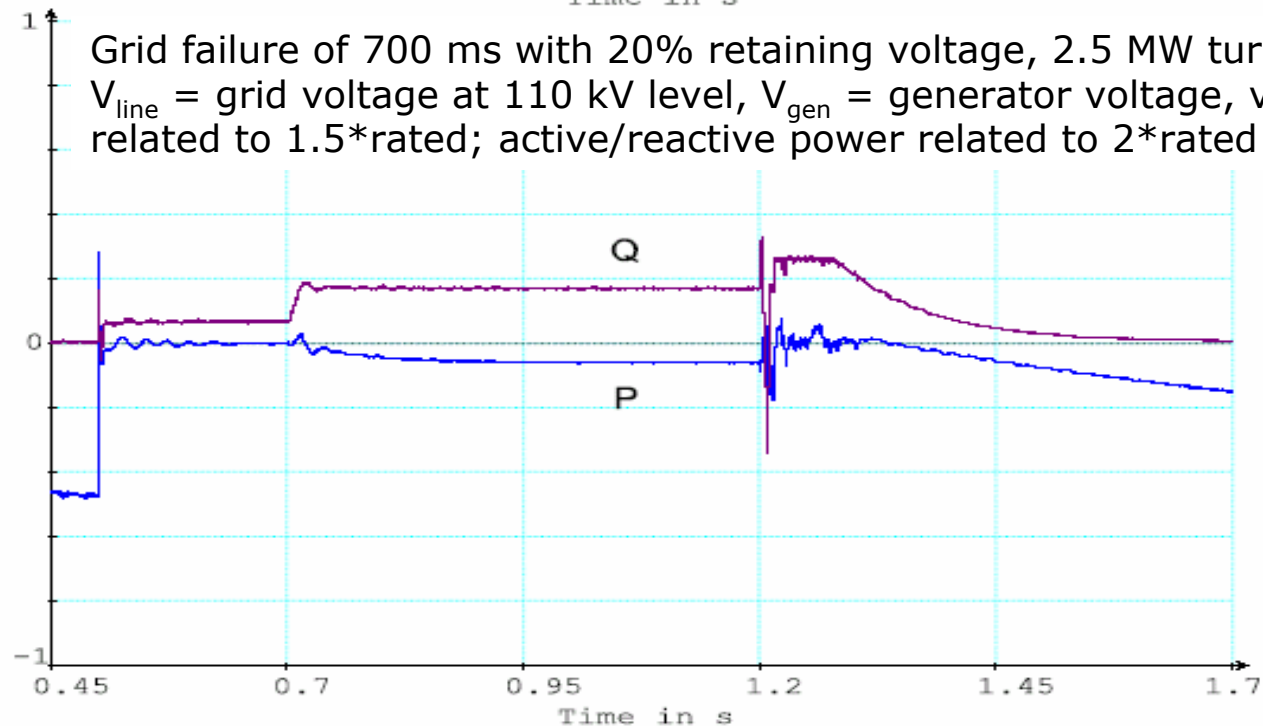
Grid failure of 700 ms with 20% retaining voltage, 2.5 MW turbine;
 V_{line} = grid voltage at 110 kV level, V_{gen} = generator voltage, voltages related to 1.5*rated; active/reactive power related to 2*rated



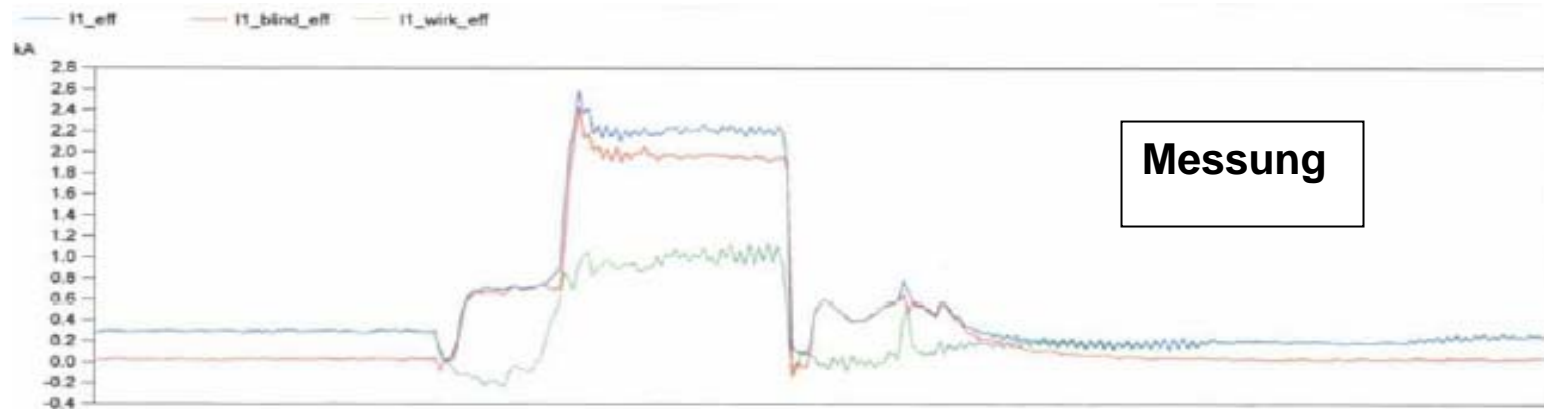
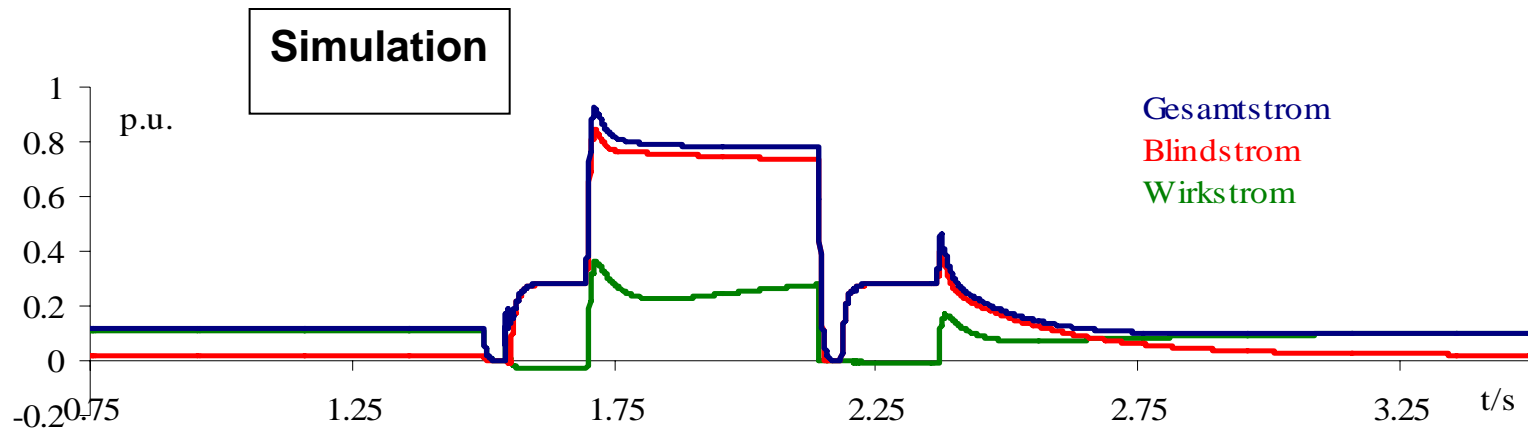
FRT mit statorseitigen Maßnahmen



Grid failure of 700 ms with 20% retaining voltage, 2.5 MW turbine;
 V_{line} = grid voltage at 110 kV level, V_{gen} = generator voltage, voltages related to 1.5*rated; active/reactive power related to 2*rated



FRT mit kurzzeitiger Unterbrechung

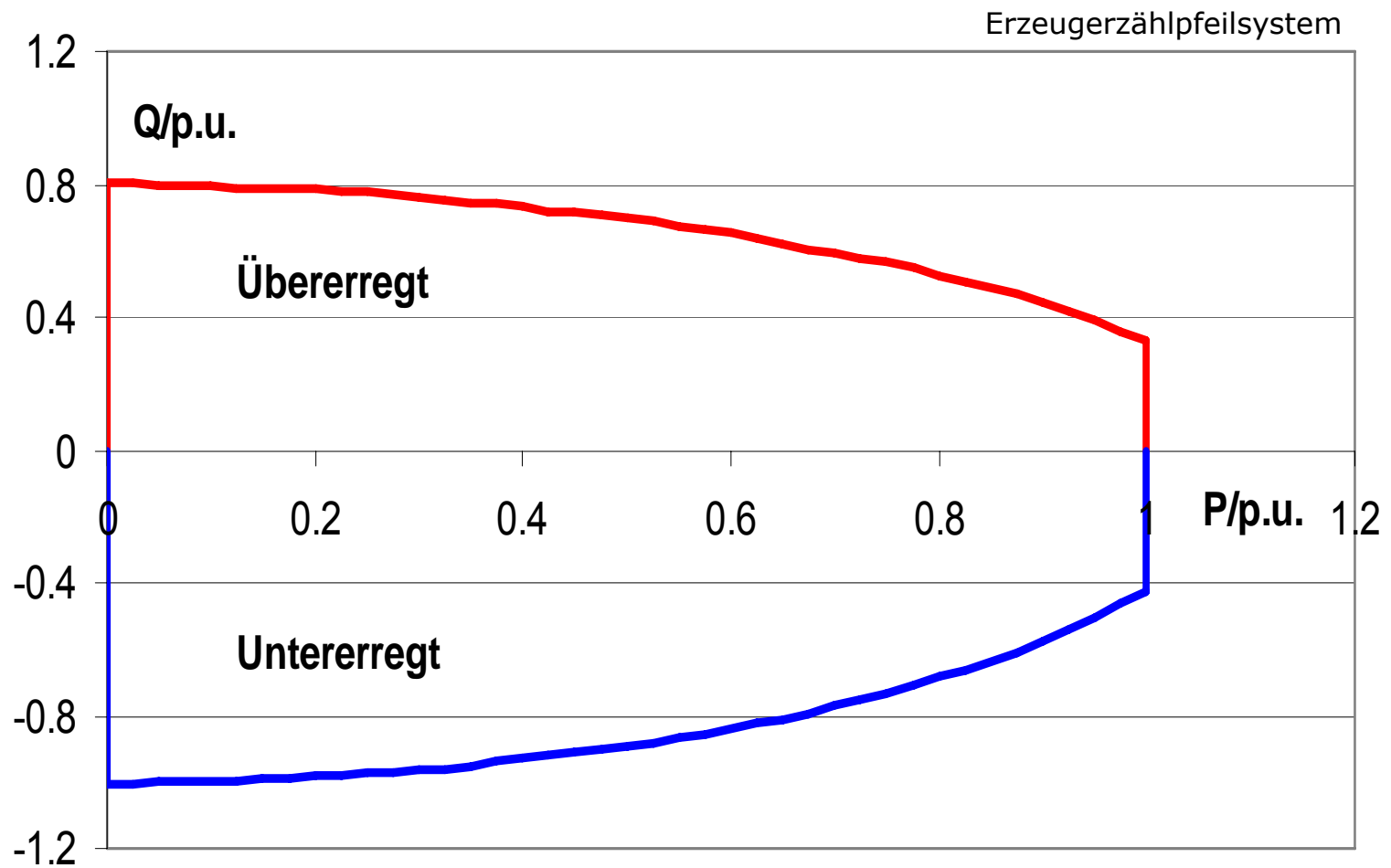




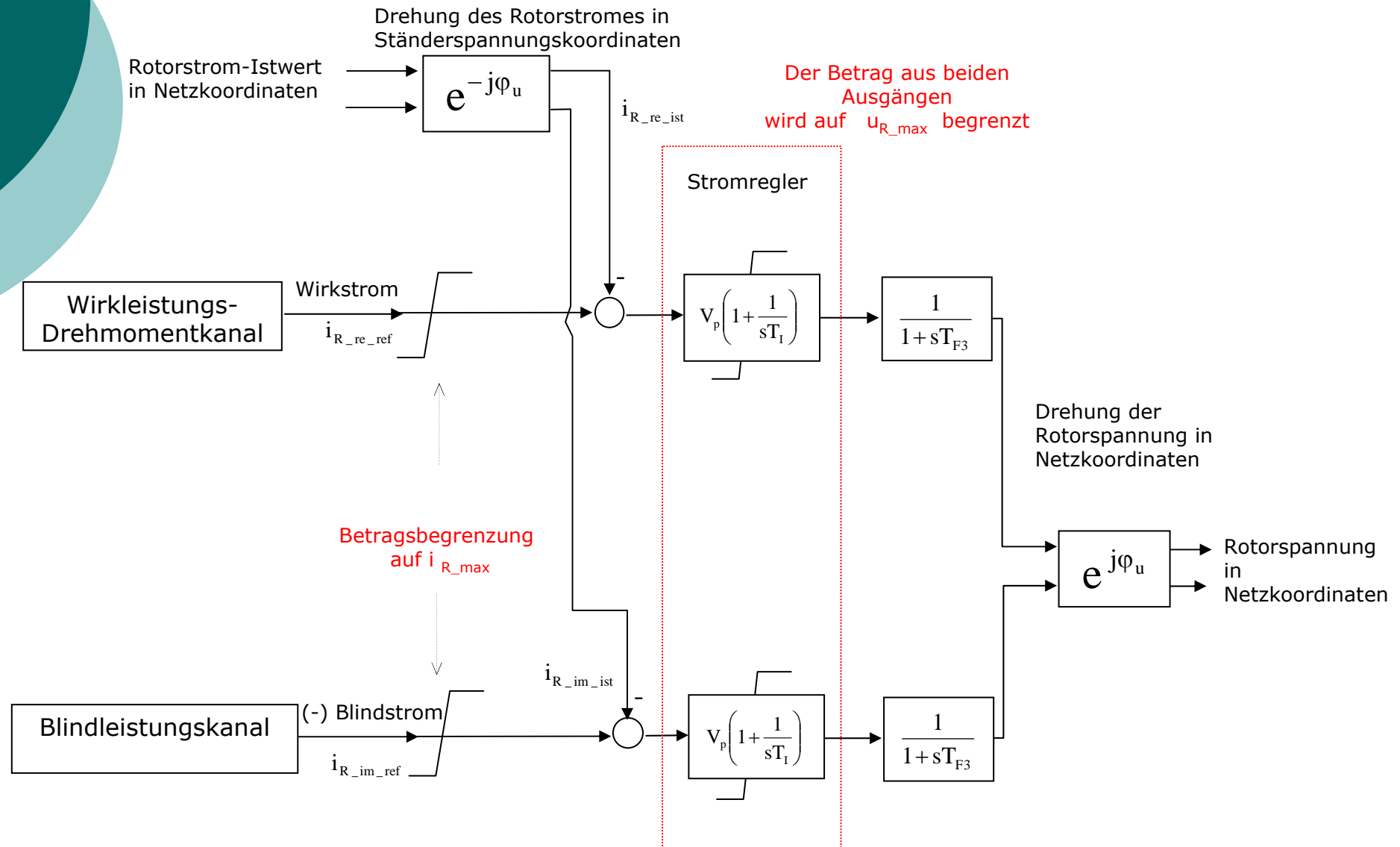
Vergleich von rotor- und statorseitigem FRT

Kriterien	Rotorseitiger Ansatz	Statorseitiger Ansatz
Stoßstrom	3 ... 5	< 2.5
Max. Drehmoment	3 ... 4	< 2.5
Stützung der Netzspannung nach	> 100 ms	< 20 ms
Blindleistungsverbrauch während des Fehlers	ja	nein
DC-Komponente im KS-Stromverlauf	ja	nein

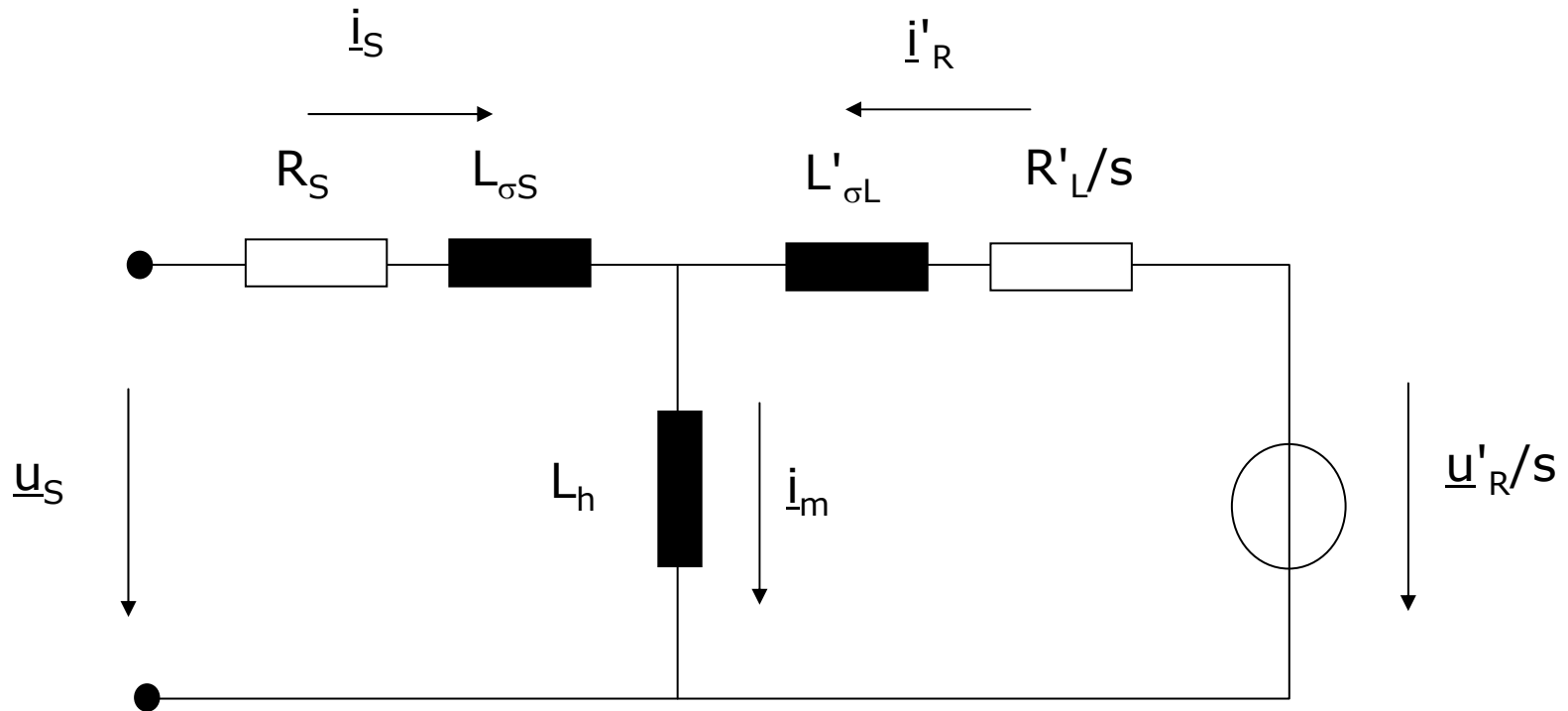
PQ-Diagramm einer DFIM



Regelung der DFIM



Magnetisierungsbedarf einer DFIM

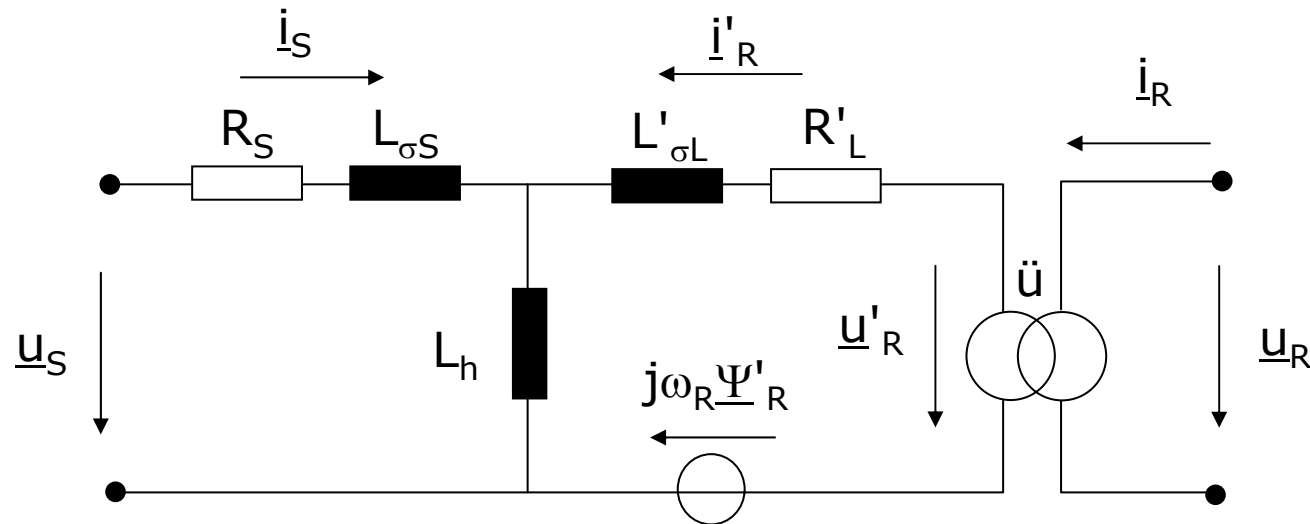


angenommen $L_h = X_h = 4.0$ p.u. und $U_h = 1.0$

$$\rightarrow Q_m = \frac{U_h^2}{X_h} = \frac{1^2}{4} = 0.25 \text{ p.u.}$$

Wo soll die Blindleistung erzeugt werden?

Alternativen: netzseitiger oder rotorseitiger Umrichter



angenommen: $\ddot{u}=1/3$ und $i_R=1/3$ p.u. $\rightarrow i'_R=1.0$ p.u.

Schlussfolgerung: mit dem rotorseitigen Umrichter erzeugte Blindstrom bewirkt eine mit dem Faktor \ddot{u} höhere Blindleistung auf der Statorseite

Danke für ihre Aufmerksamkeit!

