

Neun Jahre Modellierungserfahrungen mit den technischen Anschlussregeln VDE-AR-N 41XX

Ammar Salman, Robin Grab, Franziska A. Hans, Sönke Rogalla

PV-Symposium 2024
(27.-29. Februar 2024 im Kloster Banz, Bad Staffelstein)

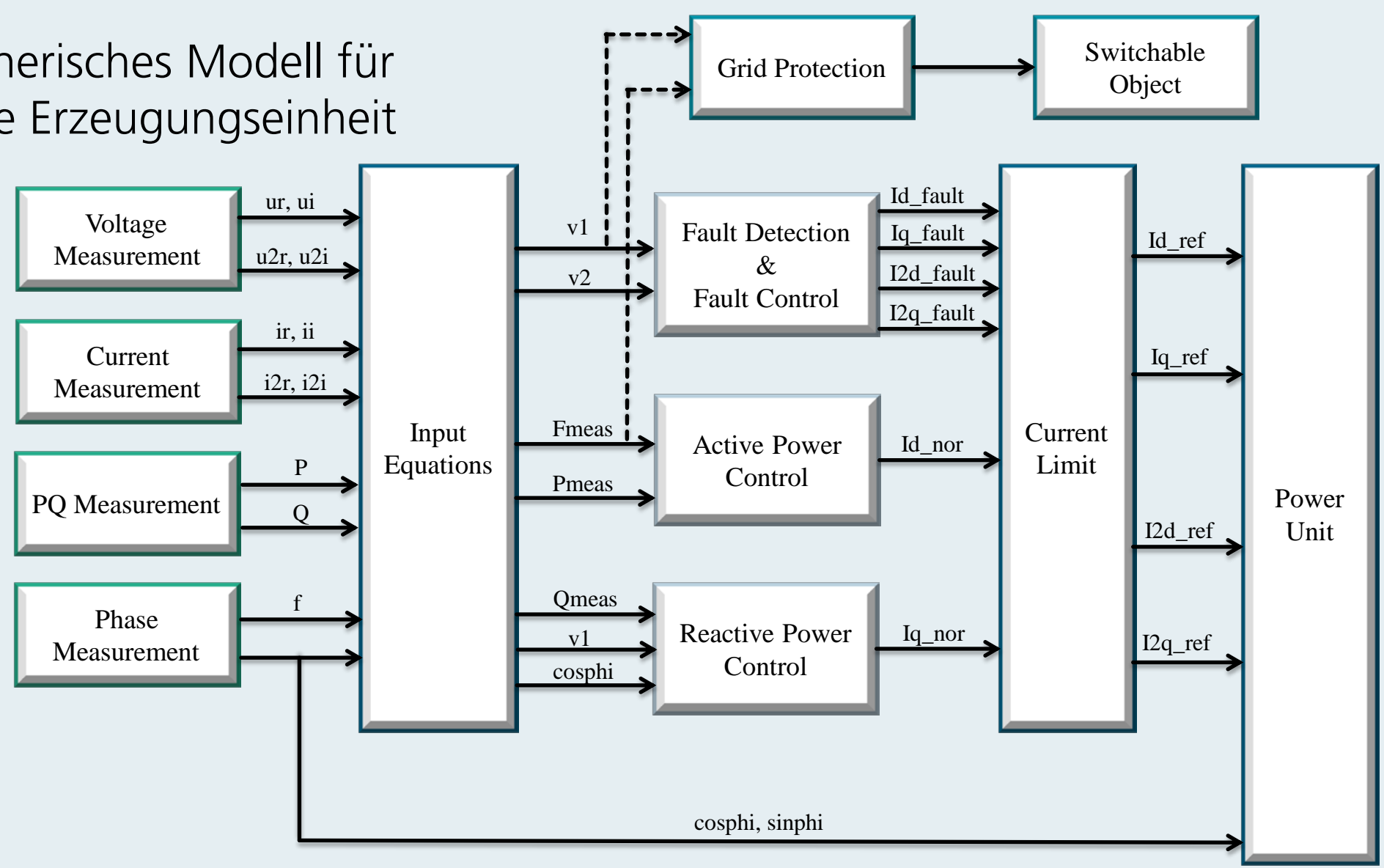
Motivation und Anwendung

- Die technischen Anschlussregeln VDE-AR-N 4110 und VDE-AR-N 4120 fordern rechnerlauffähige Simulationsmodelle der Erzeugungsanlage. Das Modell muss darauf ausgelegt sein, das Verhalten der Erzeugungseinheit für festgelegte Testfälle genau abzubilden.
- Herausforderung: Verfügbare Herstellerangaben sind meist nicht ausreichend, um das Verhalten in der notwendigen Genauigkeit nachzubilden.
- ➔ Die grobe Herstellerbeschreibung bietet einen ersten Überblick über die Funktionen und das Verhalten des Geräts.
- ➔ Signalanalyse: Die elektrischen Verhaltensweisen des Geräts können durch Messdaten weiter charakterisiert werden

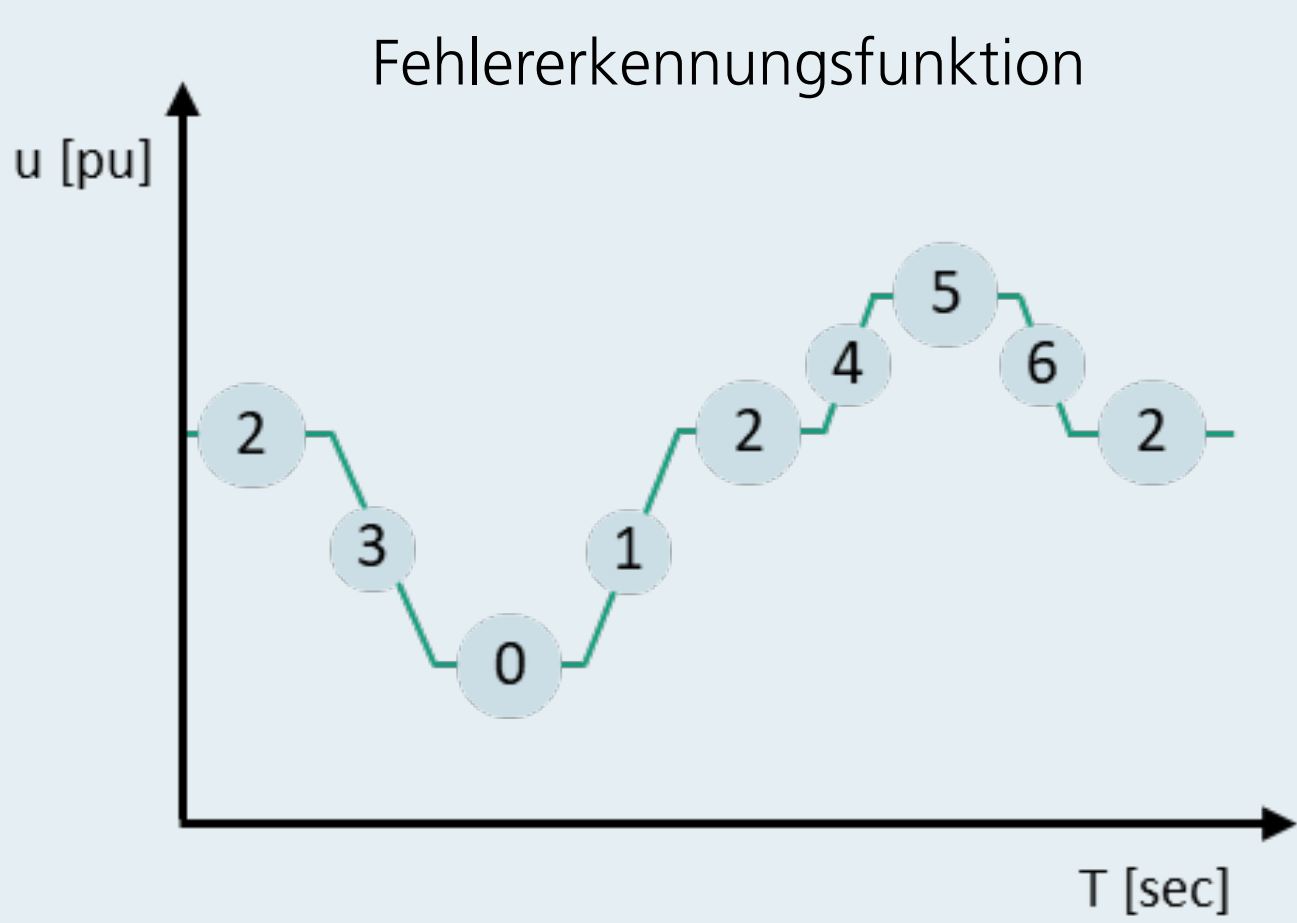
Lösungen für kritische Punkte bei der Modellierung

Anforderungen an die Modellierung nach TR4

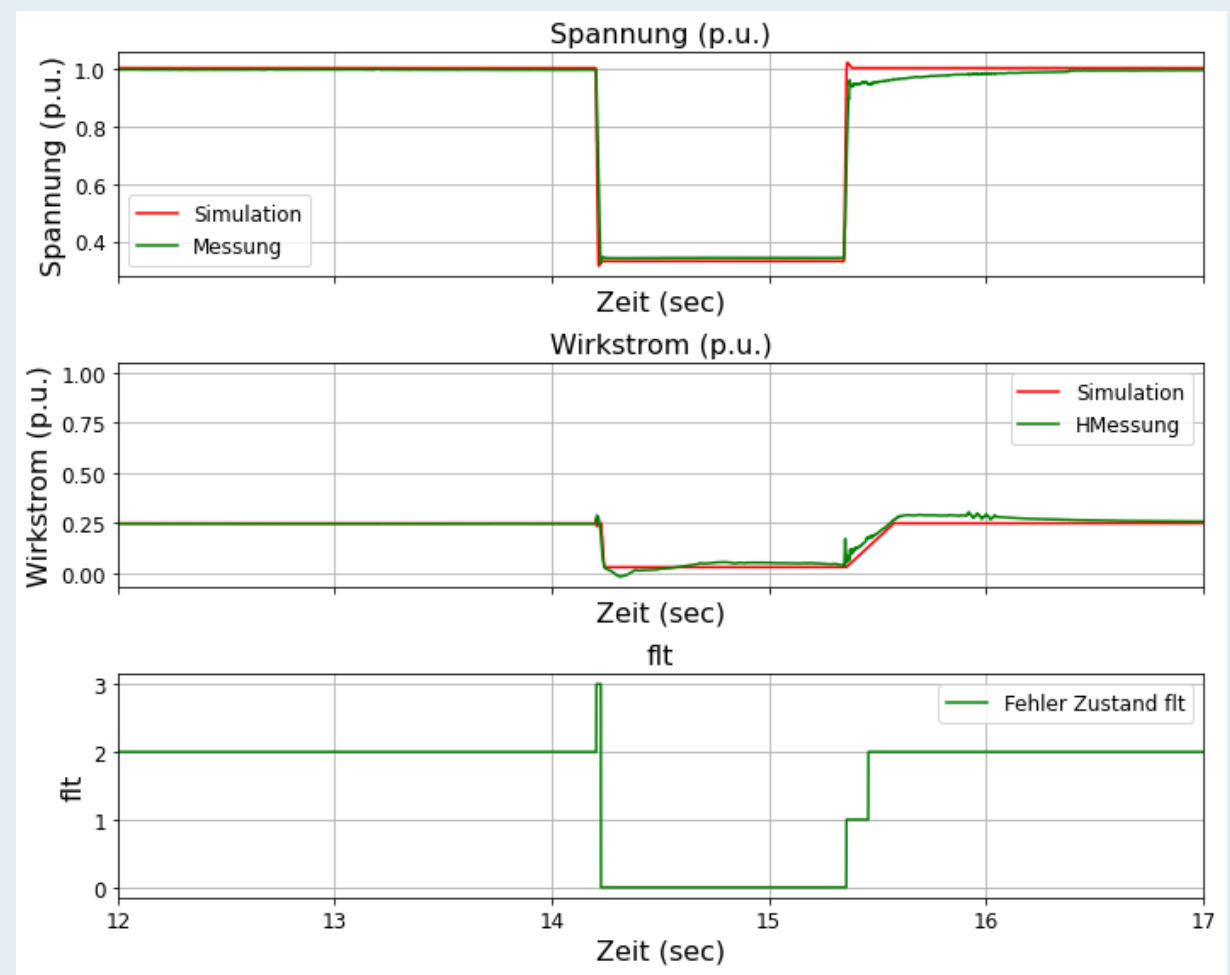
Generisches Modell für eine Erzeugungseinheit



Gradient der Wirkleistungsänderung im Fehlerfall

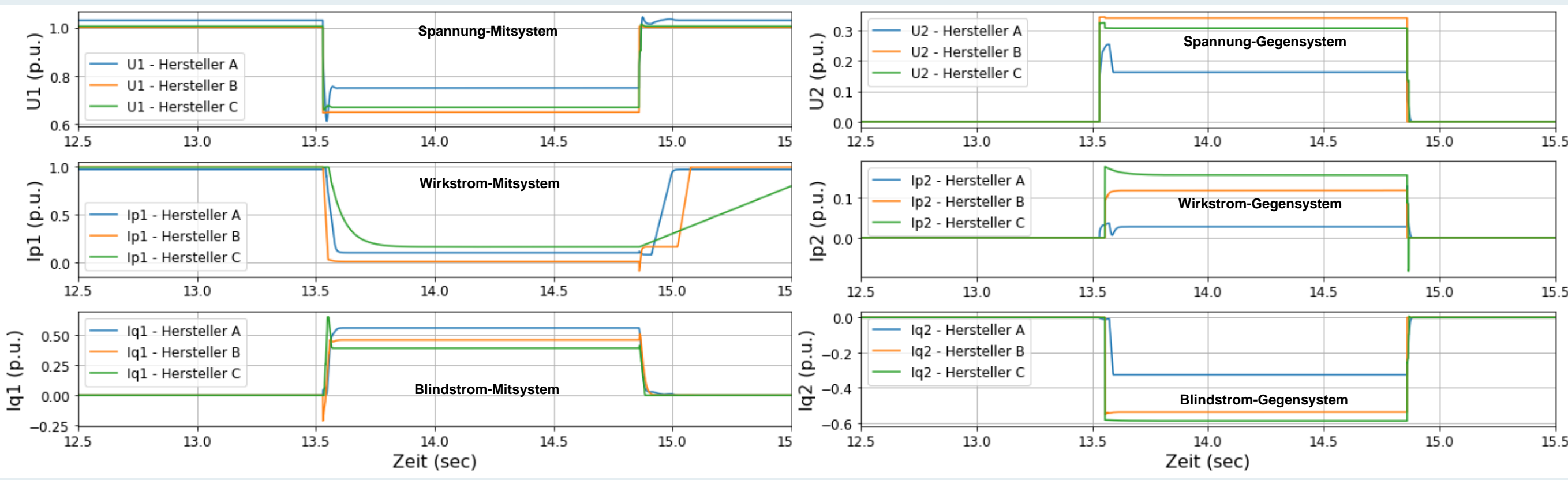


Signalverlauf aus dem Block Fehlererkennung



3PH Fehlers: Spannungseinbruch auf 25%

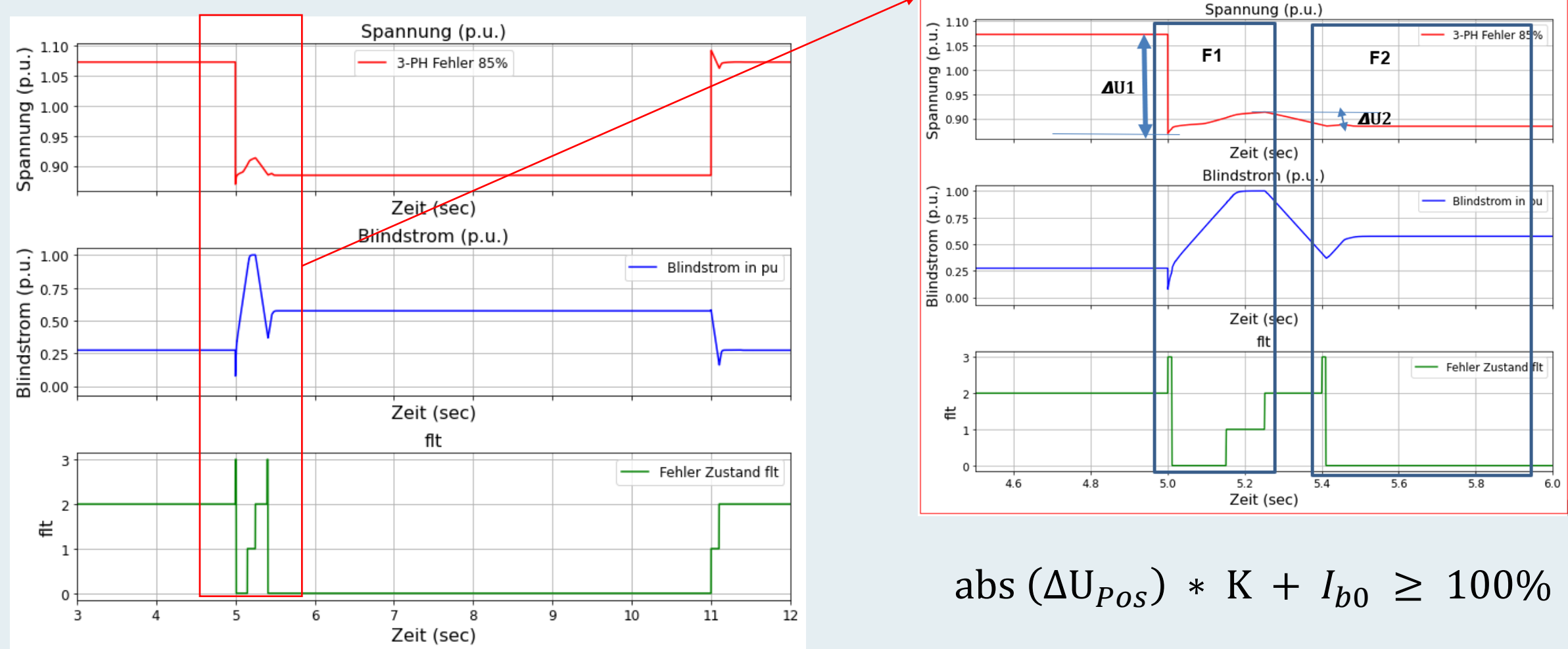
Blindstromversorgung bei asymmetrischen Netzfehlern



Wenn die Summe der Sollwerte für den Blindstrom asymmetrischen Netzfehlern größer ist als der maximale Strom, den der Umrichter liefern kann, darf der Blindstrom reduziert werden. Die ideale Vorgehensweise ist eine gleichmäßige Reduzierung des Blindstroms sowohl im Mit- als auch im Gegensystem.

Plausibilisierungsverfahren

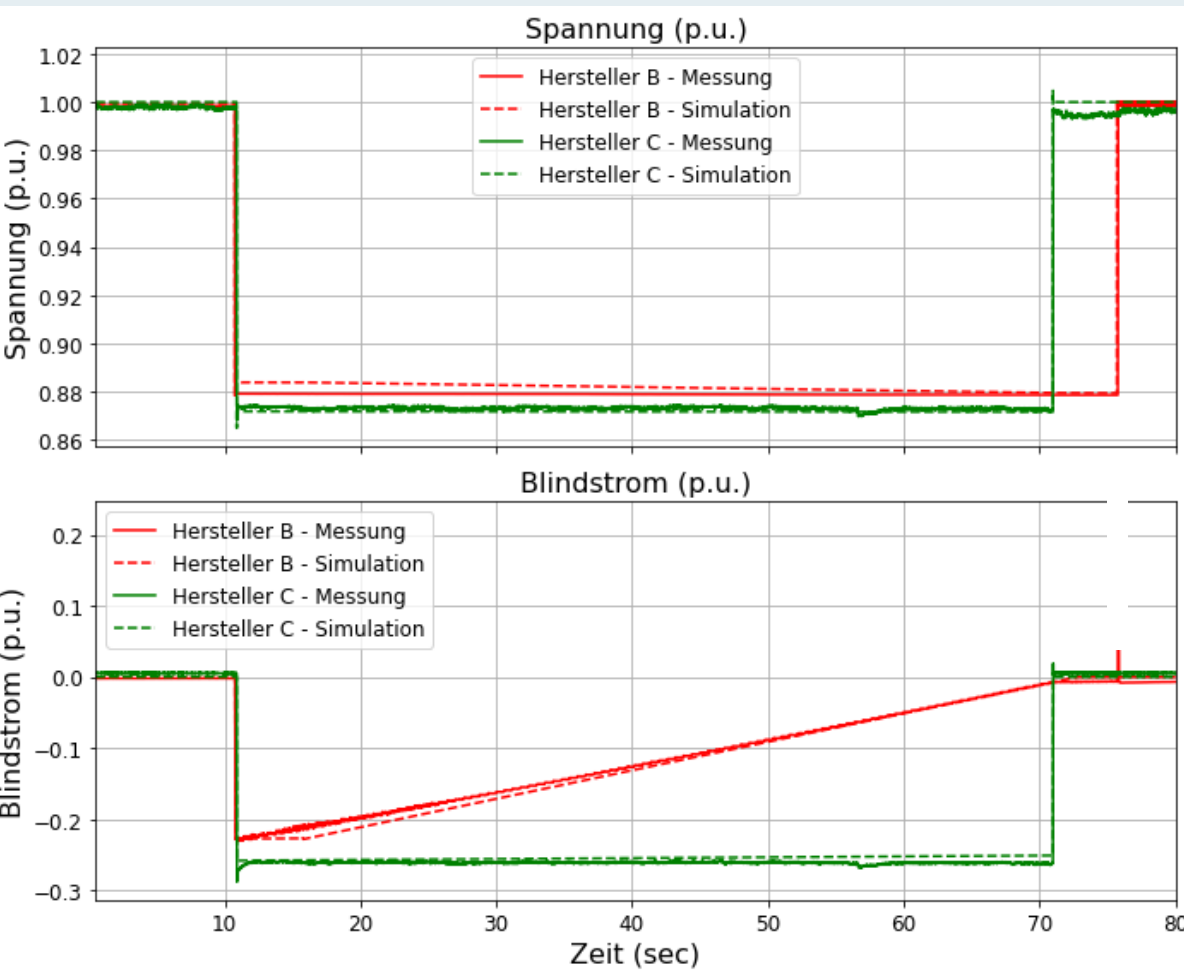
Für den Hersteller A bei einem Spannungsbruch von 85 % und $K=6$ geht das Gerät zunächst in den FRT-Modus, da die Spannung unterhalb von 90% fällt. Der Fehlerblindstrom hebt die Spannung dann auf >90% U_c an. → Mittelwert der Netzspannung vor dem Fehler (20 ms) zu berechnen



$$abs(\Delta U_{pos}) * K + I_{b0} \geq 100\%$$

Übergang in die statische Spannungshaltung nach Fehlerende

Wenn die Spannung bei einem Netzfehler innerhalb von 5 s nach Fehlerbeginn wieder im Bereich von $\pm 10\%$ der Nennspannung liegt, müssen Erzeugungseinheiten am Netz bleiben und den Fehler durchfahren (Fault Ride-Through).



- Besonders deutlich wird bei Hersteller B, dass der Blindstrom nach 5 s mit einer Rampe langsam auf den Anfangswert zurückgeführt wird, entweder mit einem Gradienten oder einem statischen Blindleistungsregler.
- Dieses Verhalten muss dementsprechend auch im Modell abbildbar sein.

Fazit & Ausblick

- Trotz ungenauer oder lückenhafter Herstellerangaben wurden bei der Erstellung des TR4-Modells von Erzeugungseinheiten verschiedene Methoden angewendet, um realistische Verhaltensweisen des Modells zu erreichen.
- Für die Erstellung mathematischer und physikalischer Modelle werden diese Messdaten aus der TR3-Vermessung genutzt.
- Mögliche Entwicklung eines Transienten (EMT)-Simulationsmodells mithilfe einer standardisierten Schnittstelle für Software-in-the-Loop (SiL) mit Dynamic Link Library (DLL).

