

Distanzschutz für selektiven Haupt- und Reserveschutz in Verteilnetzen mit dezentralen Erzeugungsanlagen

Vanessa Spies, M.Sc.

Prof. Dr.-Ing. Michael Igel

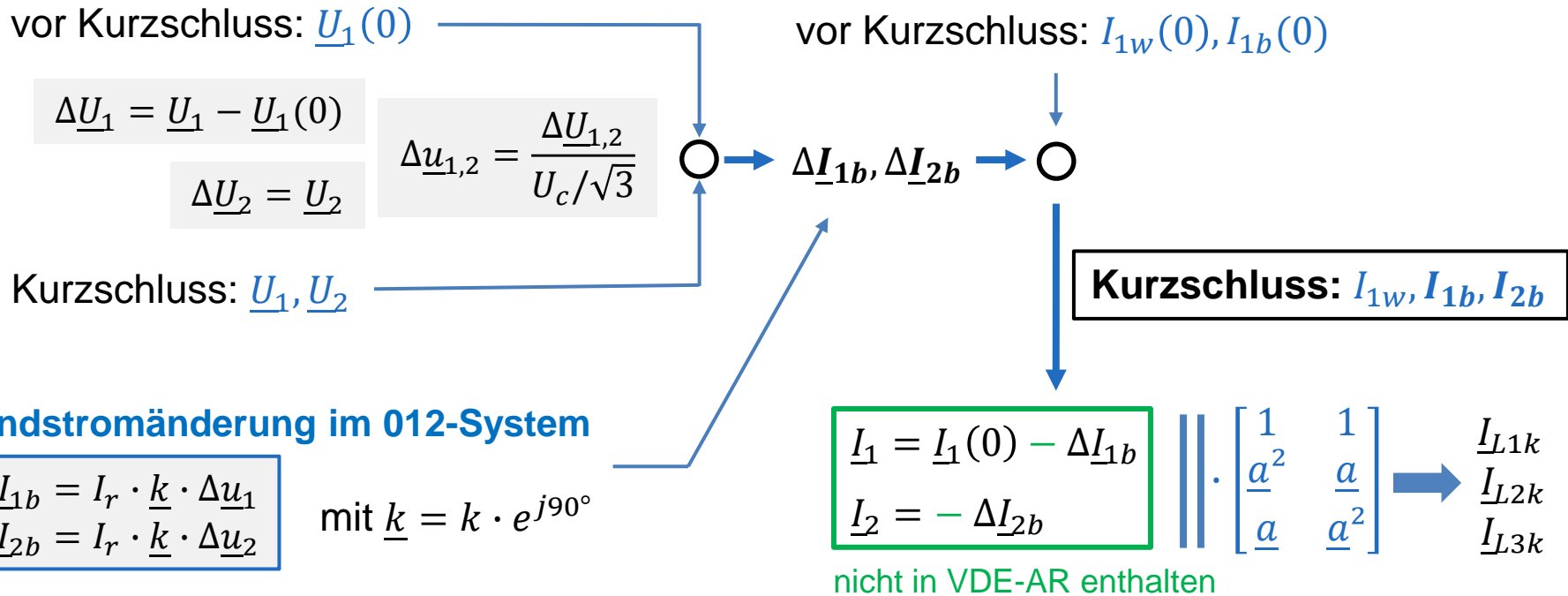


Institut für Elektrische Energiesysteme
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes

Netzschutztechnik und dezentrale Erzeugungsanlagen

LVRT-Betrieb: Verhalten von Umrichter gekoppelten DEAs im Kurzschlussfall

VDE-AR-N 4110/4120/4130: zusätzlicher Blindstrom und maximal möglicher Wirkstrom

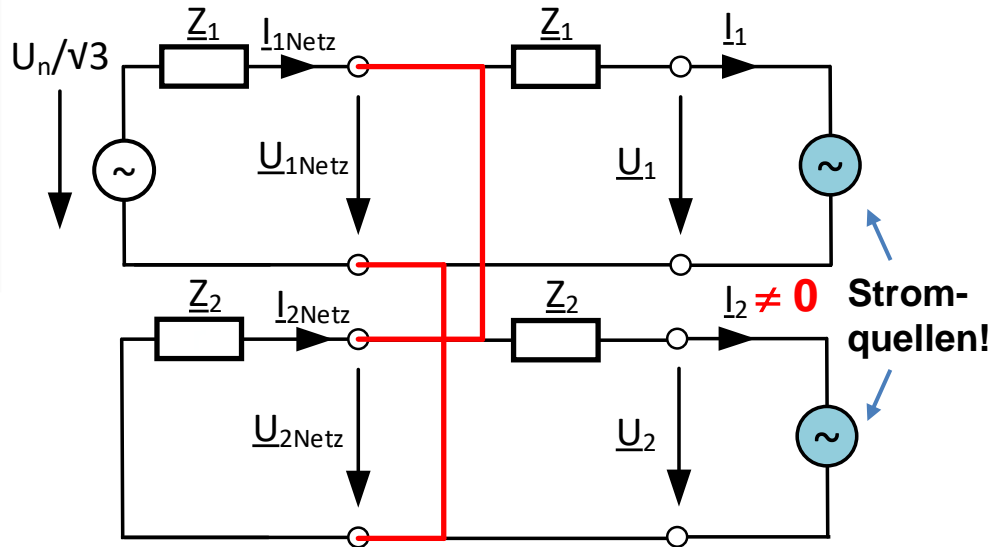


Netzschutztechnik und dezentrale Erzeugungsanlagen

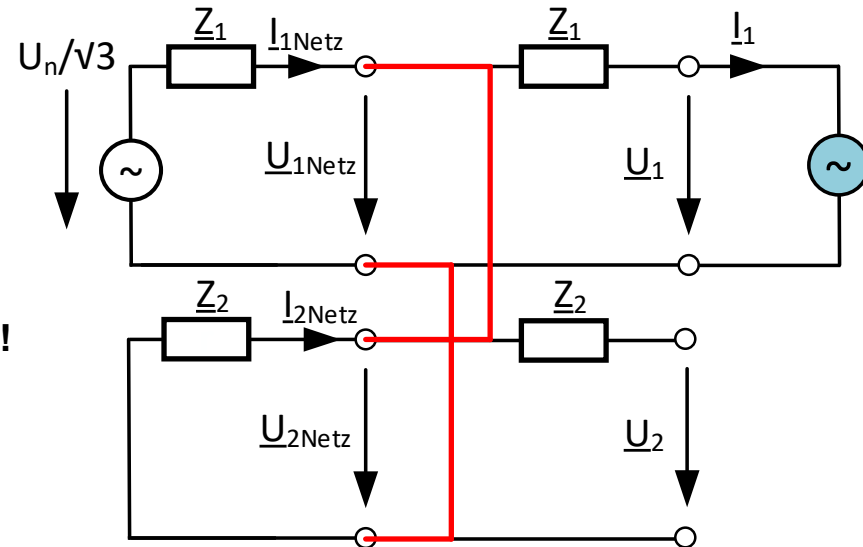
LVRT-Betrieb: Verhalten von Umrichter gekoppelten DEAs im Kurzschlussfall

2p-Kurzschluss – abhängig vom Stand der Vorgaben

VDE-AR-N 4110/4120/4130



MSR2008 / TC2007

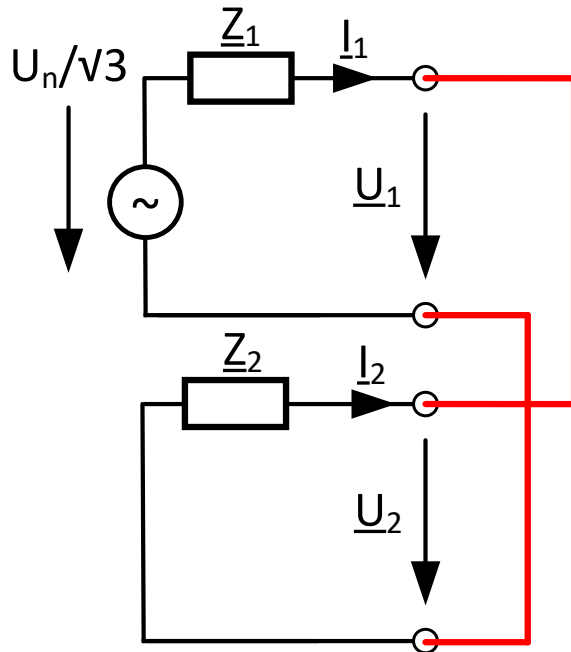


➔ Wie werden die Ströme I_1 und I_2 berechnet ?

Netzschutztechnik und dezentrale Erzeugungsanlagen

Aus dem Lehrbuch: **Unsymmetrische Netzzustände im 012-System**

2p-Kurzschluss – Parallelschaltung von Mitsystem und Gegensystem



für die **Fehlerstelle** gilt: $\underline{U}_2 = \underline{U}_1$

$\underline{I}_2 = -\underline{I}_1 \Rightarrow 180^\circ$ **Phasenverschiebung**

für **anderen Netzknoten** gilt: $\underline{U}_2 \neq \underline{U}_1$

$\underline{I}_2 \neq -\underline{I}_1 \Rightarrow$ **Phasenverschiebung ???**

kein allgemeingültiger Ansatz für den Netzanschlusspunkt (NAP) einer DEA

Netzschutztechnik und dezentrale Erzeugungsanlagen

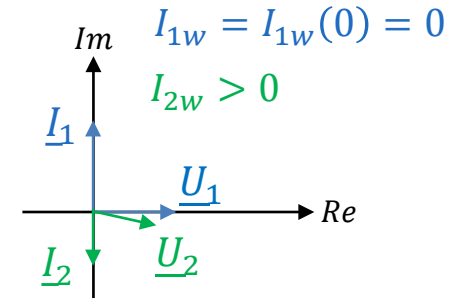
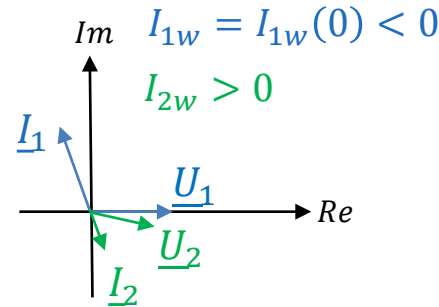
LVRT-Betrieb: Verhalten von Umrichter gekoppelten DEAs im Kurzschlussfall

VDE-AR-N 4110/4120/4130: Verwendung von **komplexen Größen** (im VZS)

1. Interpretation: „Lehrbuch“

$$\Delta \underline{U}_1 = |\underline{U}_1| - |\underline{U}_1(0)| < 0$$

$$\Delta \underline{U}_2 = |\underline{U}_2| > 0 \quad \angle \underline{I}_2 = \angle \underline{I}_1 + 180^\circ$$

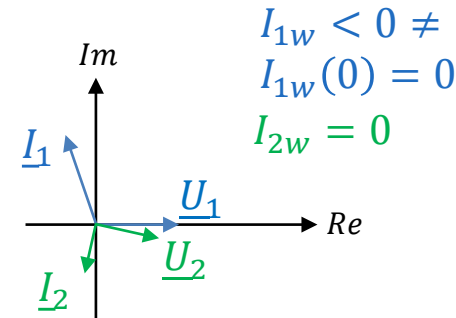
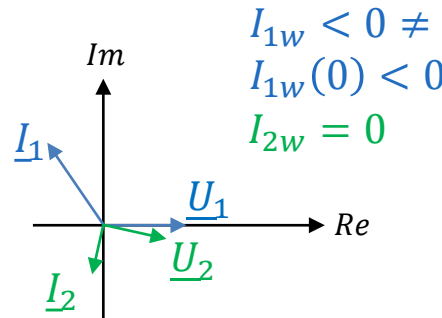


➔ wegen $I_{2w} > 0$ nicht sinnvoll !!!

2. Interpretation: „Synchrongenerator“

$$\Delta \underline{U}_1 = \underline{U}_1 - \underline{U}_1(0)$$

$$\Delta \underline{U}_2 = \underline{U}_2 \quad \angle \underline{I}_2 = \angle \underline{U}_2 - 90^\circ$$



➔ wegen $I_{1w} < 0$ bei Dunkelflaute nicht sinnvoll !!!

Netzschutztechnik und dezentrale Erzeugungsanlagen

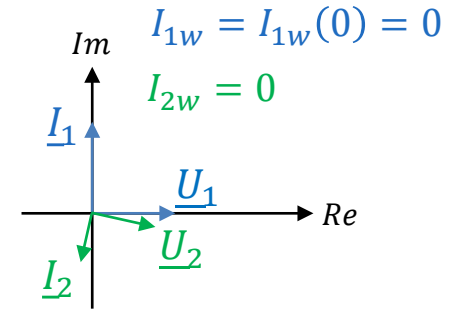
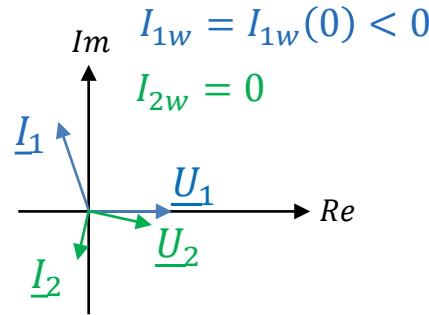
LVRT-Betrieb: Verhalten von Umrichter gekoppelten DEAs im Kurzschlussfall

VDE-AR-N 4110/4120/4130: Verwendung von **komplexen Größen** (im VZS)

3. Interpretation: „Blindleistung“

$$\Delta U_1 = |U_1| - |U_1(0)| < 0$$

$$\Delta U_2 = U_2 \quad \angle I_2 = \angle U_2 - 90^\circ$$



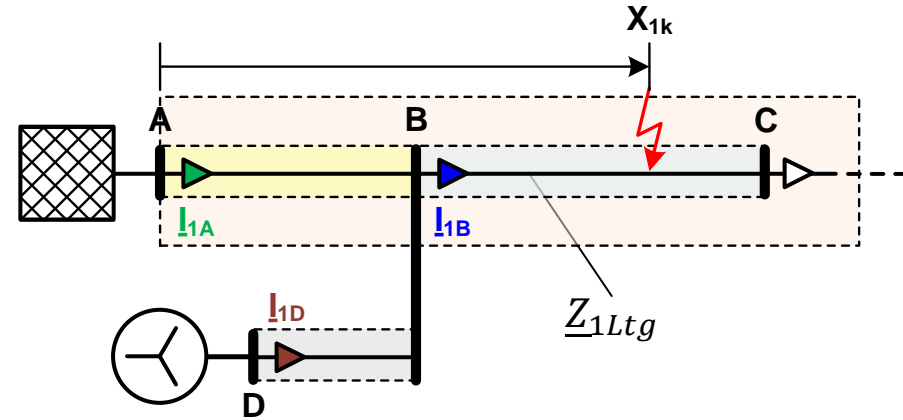
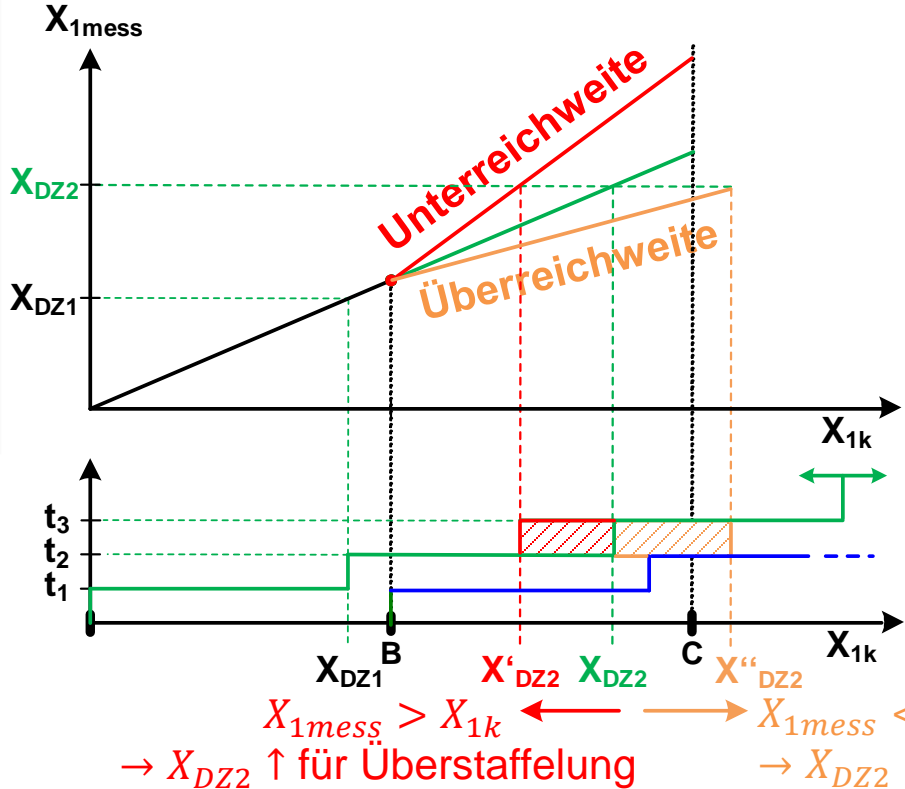
- bildet Synchrongenerator im Kurzschlussfall in guter Näherung ab
- Wirkleistungseinspeisung nur wenn $I_{1w}(0) < 0$
- nur Blindleistung im Gegensystem, d.h. $I_{2w} = 0$
- implementiert und validiert durch Netzberechnung mit ATPDesigner

➔ Bei Dunkelflaute kann Blindstrom ohne Wirkstrom eingespeist werden !!!



Distanzschutz und dezentrale Erzeugungsanlagen

Reserveschutz A mit Zwischeneinspeisung D beim 3p-Kurzschluss mit R_F

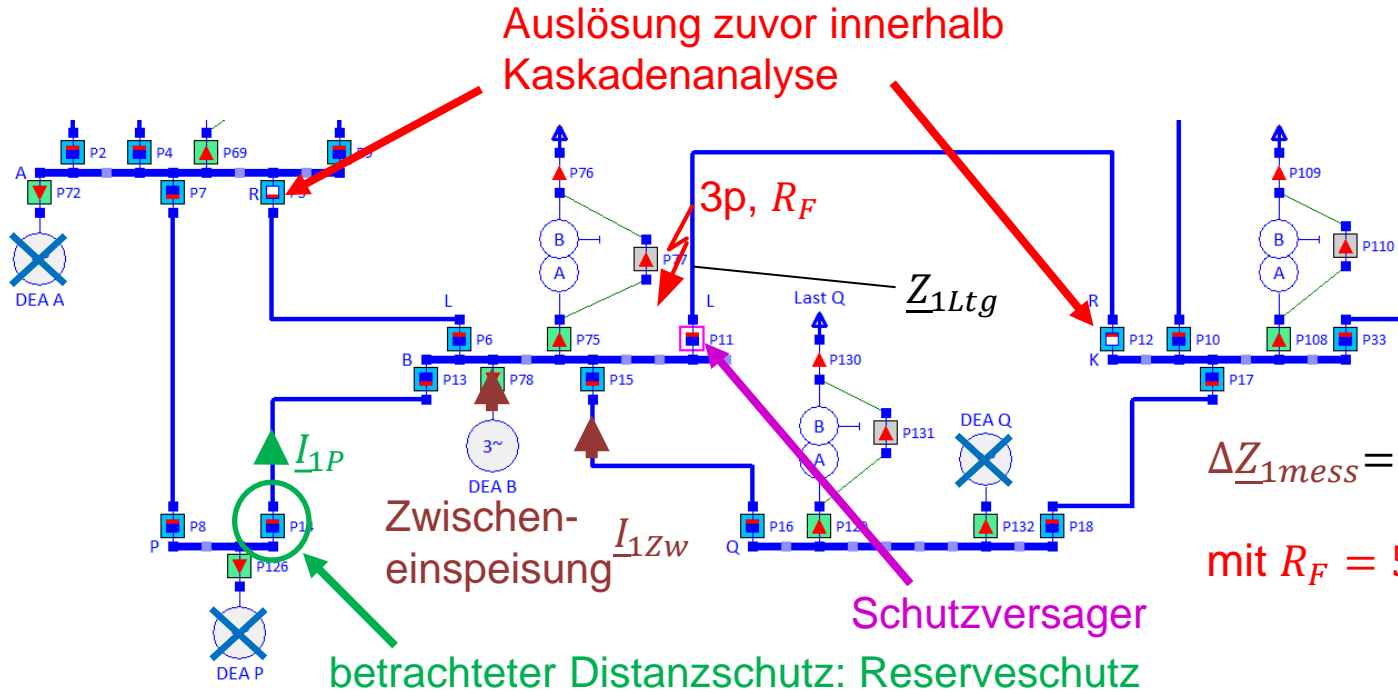


$$\underline{Z}_{1mess,A} = \underline{Z}_{1k} + \Delta\underline{Z}_{1mess,A}$$

$$\Delta\underline{Z}_{1mess,A} = \underline{Z}_{1Ltg} \cdot \frac{I_{1D}}{I_{1A}} + \frac{R_F}{2} \cdot \frac{I_{1D}}{I_{1A}}$$

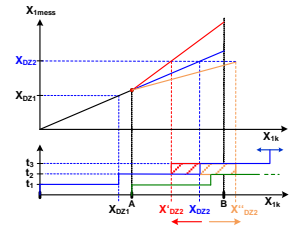
Distanzschutz und dezentrale Erzeugungsanlagen

Reserveschutz mit Zwischeneinspeisung im vermaschten 110-kV-Referenznetz



$$\Delta Z_{1mess} = \frac{R_F}{2} \cdot \frac{I_{1ZW}}{I_{1P}} + Z_{1Ltg} \cdot \frac{I_{1ZW}}{I_{1P}}$$

mit $R_F = 5,5 \Omega$



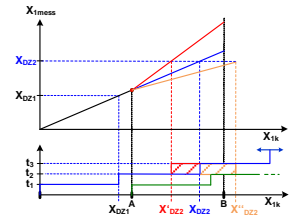
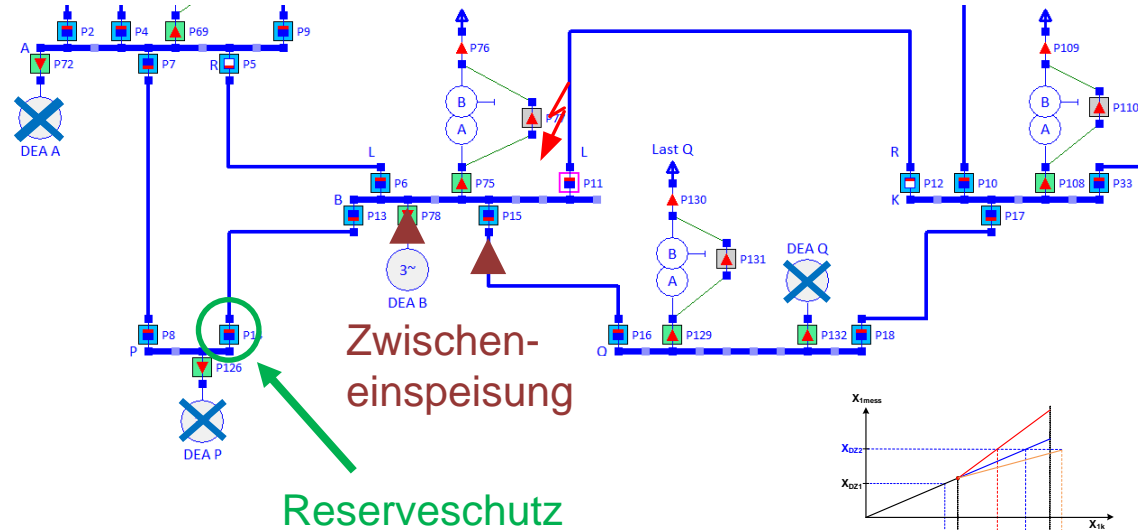
Distanzschutz und dezentrale Erzeugungsanlagen

Reserveschutz mit Zwischeneinspeisung im vermaschten 110-kV-Referenznetz

VDE-AR-N 4110/4120/4130: 3p-Kurzschluss mit und ohne R_F

mit R_F	X_{1k}	$4,4 \Omega$
eine DEA	X_{1mess}	$4,1 \Omega$
alle DEAs	X_{1mess}	$4,2 \Omega$
ohne DEAs	X_{1mess}	$5,0 \Omega$

ohne R_F	X_{1k}	$4,4 \Omega$
eine DEA	X_{1mess}	$5,2 \Omega$
alle DEAs	X_{1mess}	$5,2 \Omega$
ohne DEAs	X_{1mess}	$5,0 \Omega$



Distanzschutz und dezentrale Erzeugungsanlagen

Reserveschutz mit Zwischeneinspeisung im vermaschten 110-kV-Referenznetz

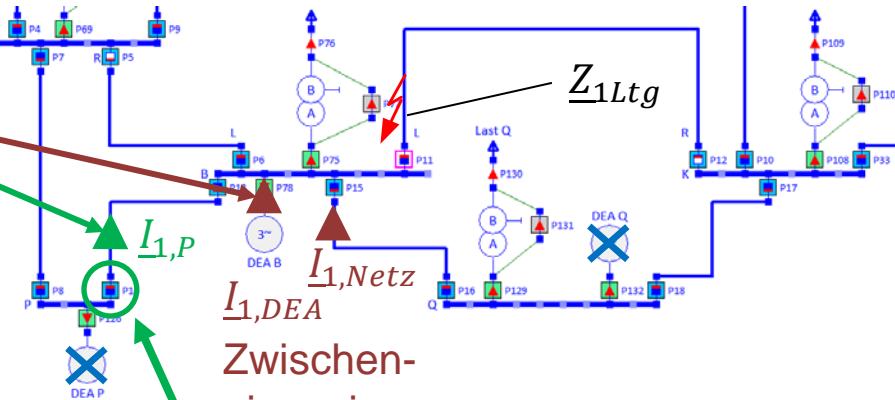
VDE-AR-N 4110/4120/4130: 3p-Kurzschluss mit R_F

$$\Delta Z_{1mess,a} = \frac{R_F}{2} \cdot \frac{I_{1,DEA}}{I_{1,P}} + Z_{1Ltg} \cdot \frac{I_{1,DEA}}{I_{1,P}}$$

$$\Delta Z_{1mess,b} = \frac{R_F}{2} \cdot \frac{I_{1,Netz}}{I_{1,P}} + Z_{1Ltg} \cdot \frac{I_{1,Netz}}{I_{1,P}}$$

$$\varphi_{I_{1,DEA}} - \varphi_{I_{1,P}} = -87,12^\circ$$

$$\varphi_{I_{1,Netz}} - \varphi_{I_{1,P}} = -0,31^\circ$$



mit R_F	X_{1k}	4, 4 Ω
eine DEA	X_{1mess}	4, 1 Ω
ohne DEAs	X_{1mess}	5, 0 Ω

➔ Überreichweite

➔ Unterreichweite

Reserveschutz

Zwischeneinspeisung

Distanzschutz und dezentrale Erzeugungsanlagen

Reserveschutz mit Zwischeneinspeisung im vermaschten 110-kV-Referenznetz

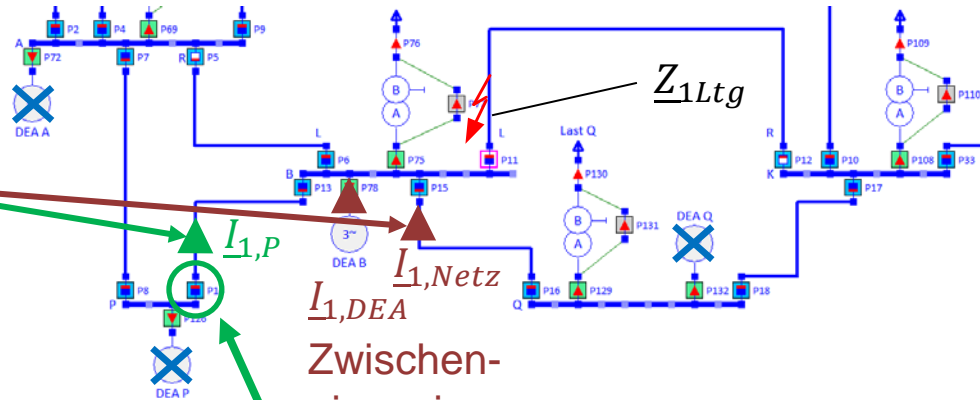
VDE-AR-N 4110/4120/4130: 3p-Kurzschluss mit R_F

$$\Delta Z_{1mess,a} = \frac{R_F}{2} \cdot \frac{I_{1,DEA}}{I_{1,P}} + Z_{1Ltg} \cdot \frac{I_{1,DEA}}{I_{1,P}}$$

$$\Delta Z_{1mess,b} = \frac{R_F}{2} \cdot \frac{I_{1,Netz}}{I_{1,P}} + Z_{1Ltg} \cdot \frac{I_{1,Netz}}{I_{1,P}}$$

$$\varphi_{I_{1,DEA}} - \varphi_{I_{1,P}} = -87,12^\circ$$

$$\varphi_{I_{1,Netz}} - \varphi_{I_{1,P}} = -0,31^\circ$$



mit R_F	X_{1k}	4,4 Ω
eine DEA	X_{1mess}	4,1 Ω
ohne DEAs	X_{1mess}	5,0 Ω

➡ Überreichweite

➡ Unterreichweite

Reserveschutz

Zwischeneinspeisung

Zeitstaffelschutzplan mit DEAs

Anforderungen

- Einhalten von **Staffelabständen** zu nachgelagerten Schutzgeräten

➡ **Fehlerortselektivität**

- sichere **Überstaffelung** der zu schützenden Betriebsmittel

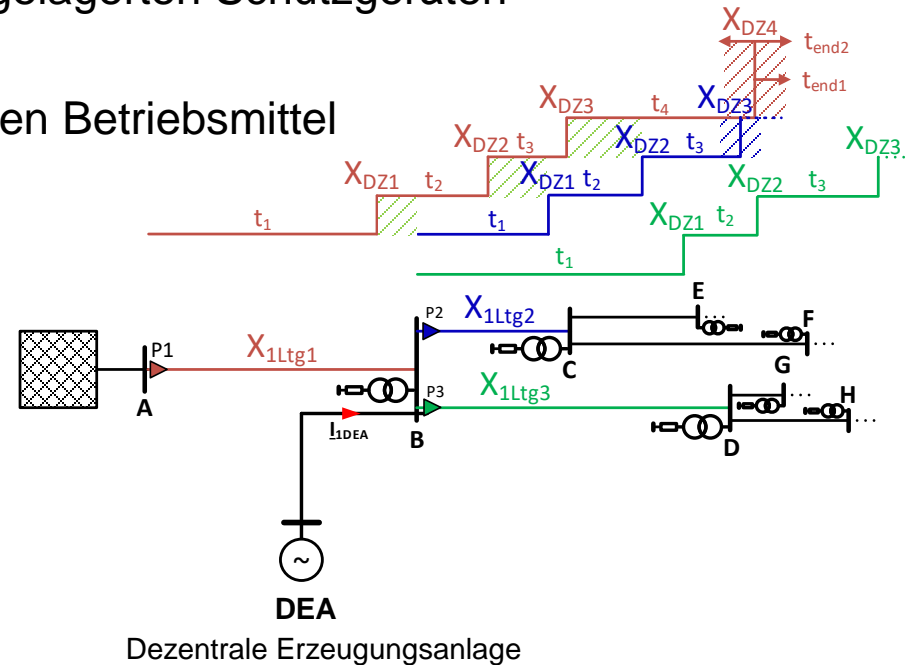
➡ **kurze Auslösezeit**

Distanzzonen

- Methode der **kürzesten** und **längsten** Folgeleitungen



- Einfluss DEAs



Zeitstaffelschutzplan mit DEAs

DEA-Einspeisung $\underline{I}_1, \underline{I}_2$ (\rightarrow Einfluss auf X_{1mess}) im Kurzschlussfall **abhängig von**

- den DEA-Spannungen $\underline{U}_1, \underline{U}_2$
 - den **Impedanzverhältnissen im Netz**
 - dem **Kurzschlussort**
 - der **Kurzschlussart**
- der **Verfügbarkeit eines Wirkstroms**

Kurzschlussart	2-polig	3-polig
Fehlerübergangswiderstand	mit R_F	ohne R_F
DEA: Wirkstrom verfügbar	$I_{1w,DEA}(0) = I_{rDEA}$	$I_{1w,DEA}(0) = 0 A$

**8 Kurzschluss-
szenarien
je Kurzschlussort**

Ziel: $X_{1mess,max}$, $X_{1mess,min}$ und $R_{1mess,max}$?

Zeitstaffelschutzplan mit DEAs

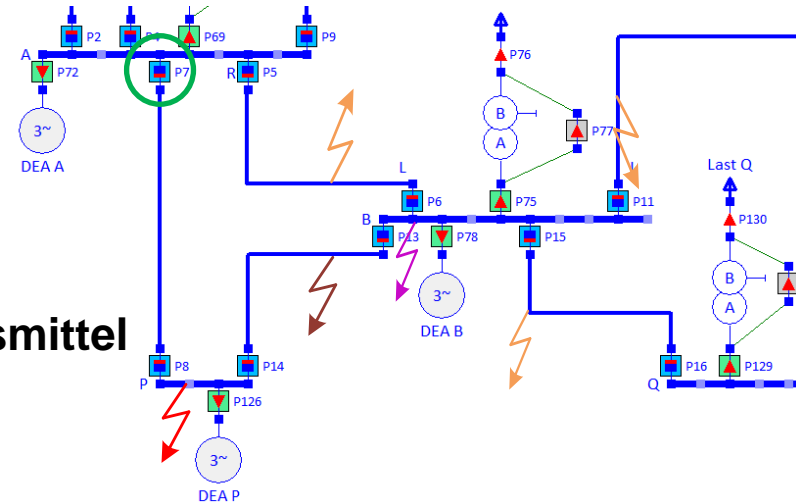
Konzept für die Prüfung und Anpassung anhand möglichst weniger Kurzschlussorte

- **Fehlerortselektivität**

➔ Staffelabstand zu kleinster gemessenen Reaktanz $X_{1mess,min}$

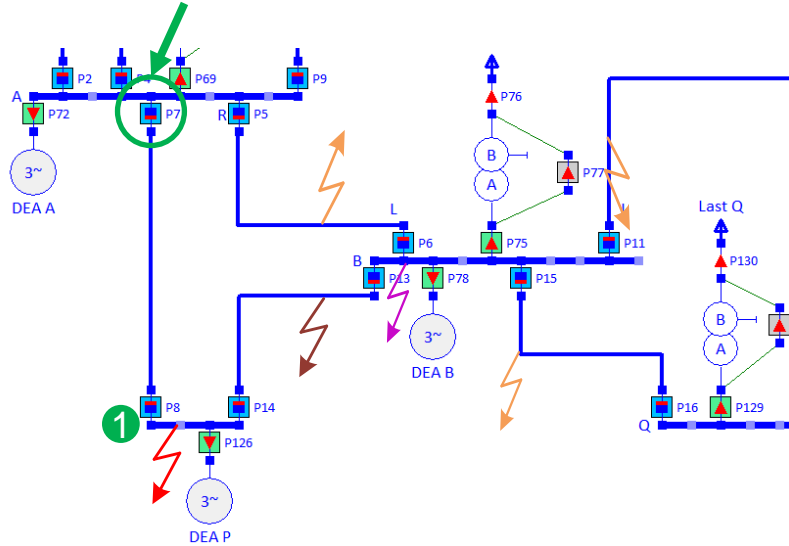
- **Überstaffelung der zu schützenden Betriebsmittel**




➔ Überstaffelung der größten gemessenen Reaktanz $X_{1mess,max}$



Zeitstaffelschutzplan mit DEAs

betrachteter Distanzschutz



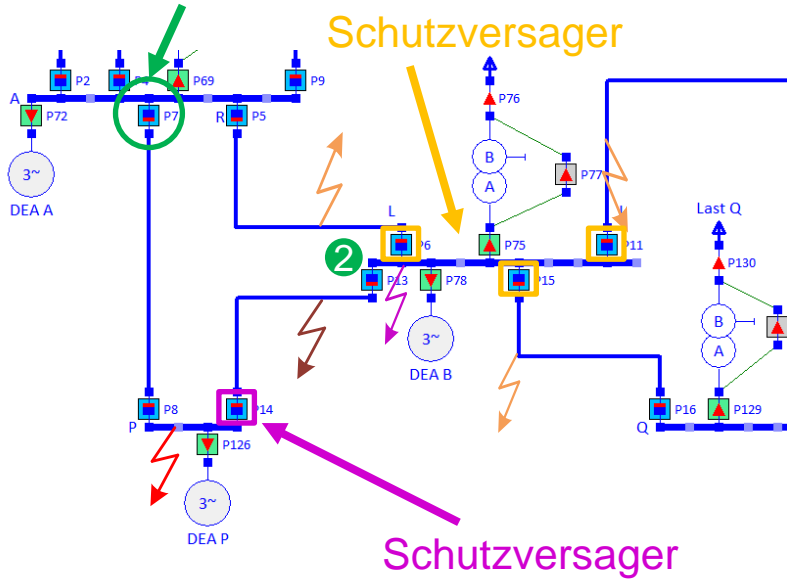
	1. Distanzzone: Staffelabstand zur 1. Gegenstation $X_{DZ1} = f_S \cdot X_{1mess,min}$
	2. Distanzzone: mind. Hauptschutzzone abdecken $X_{DZ2} \geq X_{1mess,max}$
	2. Distanzzone: Staffelabstand zu den tatsächlichen Kippgrenzen DZ1DZ2 der nachgelagerten Schutzgeräte $X_{DZ2} = f_S \cdot X_{1mess,min}$

tatsächliche Kippgrenzen/Zonenreichweiten $\pm 2\%$

für gegebene Schutzeinstellungen der nachgelagerten Schutzgeräte werden zuvor automatisiert ermittelt (ATPDesigner)

Zeitstaffelschutzplan mit DEAs

betrachteter Distanzschutz



⚡	<p>3. Distanzzone: Staffelabstand zu den tatsächlichen Kippgrenzen DZ2DZ3 der nachgelagerten Schutzgeräte</p> $X_{DZ3} = f_S \cdot X_{1mess,min}$
⚡	<p>4. Distanzzone: Überstaffelung der 2. Gegenstation</p> $X_{DZ4} = 1,15 \cdot X_{1mess,max}$

Wenn $X_{DZ4} \leq X_{DZ3}$

➡ 4. Distanzzone kann entfallen

tatsächliche Kippgrenzen/Zonenreichweiten $\pm 2\%$

für **gegebene Schutzeinstellungen** der nachgelagerten Schutzgeräte werden zuvor **automatisiert** ermittelt (ATPDesigner)

Zeitstaffelschutzplan mit DEAs

Zusammenfassung

- **Überreichweite** oder **Unterreichweite** durch DEA-Einspeisung möglich
- **Kurzschlussberechnungen** im Netzberechnungsprogramm an ausgewählten Kurzschlussorten notwendig, dabei
- Kurzschlusszenario mit **größter** und **kleinster gemessener Reaktanz**
 $X_{1mess,max}$, $X_{1mess,min}$ finden



Sicherstellen von **Staffelabständen** (**Fehlerortselektivität**) und **Überstaffelung** der zu schützenden Betriebsmittel (**kurze Auslösezeiten**)

Schlusswort

Verhalten der Anlagen im Kurzschlussfall - genauere Vorgaben für DEAs ?!

Kontakt

E-Mail: vanessa.spies@htwsaar.de
Tel.: +49 681 5867-99024



E-Mail: michael.igel@htwsaar.de
Tel.: +49 681 5867-360
Mobil: +49 1756452194