

# ANFORDERUNG AN DEN DISTANZSCHUTZ IN ZUKÜNFTIGER VERTEILNETZINFRASTRUKTUR

Manuel GALLER<sup>1</sup>, Lothar FICKERT<sup>1</sup>

## Inhalt

Durch die Energiewende werden vermehrt erneuerbare Energiequellen im zukünftigen Energienetz eingesetzt. Dabei erfolgt die Einspeisung hauptsächlich mit leistungselektronischen Anlagen [1]. Deren Einspeiseverhalten wird entscheidend durch die implementierte Regelung bestimmt und dies führt zu wesentlichen Verhaltensunterschieden im Vergleich zu konventionellen Einspeisern [2]. Um dabei die Versorgungssicherheit gewährleisten zu können wird in dieser Arbeit das Verhalten eines konventionellen Distanzschutzgerätes in Kombination mit umrichterbasierter Erzeugung analysiert. Dazu wird ein reales Schutzgerät und ein PV-Umrichter mittels einer Power-Hardware-in-the-Loop (PHIL) Methode in eine echtzeitsimulierte Netztopologie eingebunden [3]. Um einen stabilen Netzbetrieb in solch einem Netz gewährleisten zu können, muss ein möglicher Netzfehler schnellstmöglich vom Distanzschutzgerät erkannt und geklärt werden. Dafür betrachten wir die ermittelte Fehlerimpedanz des Distanzschutzgerätes bei Fehlerstromeinspeisung aus umrichterbasierter Erzeugung.

## Methodik

### Netztopologie

In Abbildung 1 ist die verwendete Netztopologie dargestellt. Diese besteht aus einer kumulierten umrichterbasierten Erzeugung Q1 und einem netzbildenden Umrichter Q2. Diese Erzeuger speisen in ein 110-kV-Netz ein. Das 110-kV-Netz ist über einen Transformator T1 mit einem 20-kV-Netz verbunden. An der 20 kV Sammelschiene SS1 befinden sich zwei Abgänge, Leitung L3 und Leitung L2. Am Ende der Leitung L2 wird ein 3 poliger Fehler geschaltet, welcher vom *Schutzgerät* detektiert und geklärt werden soll.

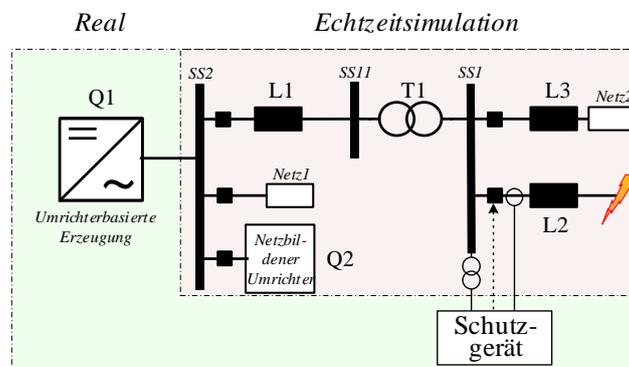


Abbildung 1: Zu untersuchende Netztopologie mit fehlerhaften Abgang an Sammelschiene SS1 auf Leitung L2

### Power-Hardware-in-the-Loop (PHIL) Methode

Die Netztopologie in Abbildung 1 besteht aus einem grün- und einem rothinterlegten Bereich. Die im Labor physisch vorhandenen Geräte werden darin durch den grünen Bereich dargestellt. Dazu gehört die umrichterbasierte Erzeugungseinheit Q1, realisiert mit einem PV-Umrichter. Sowie das *Schutzgerät*, welches ein konventionelles Distanzschutzgerät ist. Der rothinterlegte Teil ist in einem Echtzeitsimulator implementiert. Um die umrichterbasierte Erzeugungseinheit mit der Echtzeitsimulation zu koppeln wird ein Leistungsverstärker verwendet, welcher die berechnete Spannung ausgibt und den gemessenen Strom in die Echtzeitsimulation rückkoppelt. Die berechneten Spannungs- und Stromverläufe am Schutzgerät werden vom Echtzeitsimulator gespeichert. Diese Zeitverläufe werden anschließend am Distanzschutzgerät eingespeist um das Anrege- und Auslöseverhalten zu analysieren.

<sup>1</sup>Technische Universität Graz – Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Inffeldgasse 18/1, +43-316-873-7551, [manuel.galler@tugraz.at](mailto:manuel.galler@tugraz.at), [www.iean.tugraz.at](http://www.iean.tugraz.at)

## Ergebnisse

Durch den selben dreipoligen Fehlerfall, am Ende der Leitung L2, konnten zwei unterschiedliche Einspeiseverhalten beobachtet werden. Einerseits konnte ein stabiler und andererseits ein instabiler Fehlerstrom beobachtet werden. Dieses Einspeiseverhalten, jeweils linke Darstellung in Abbildung 2 und Abbildung 3, hängt vom Fehlereintrittszeitpunkt ab [3]. Während der stabilen Einspeisung ist eine gute Ermittlung der Fehlerimpedanz möglich, rechte Abbildung 2. Bei der instabilen Einspeisung kann die Fehlerimpedanz nicht ausreichend genau ermittelt werden, rechte Abbildung 3. Das Distanzschutzgerät hatte in beiden Fehlerfällen eine Fehleranregung. Eine Fehlerauslösung konnte mit den gewählten Auslösezonen von 85 % und 120 % der Leitungslänge nur im stabilen Fehlerfall erreicht werden.

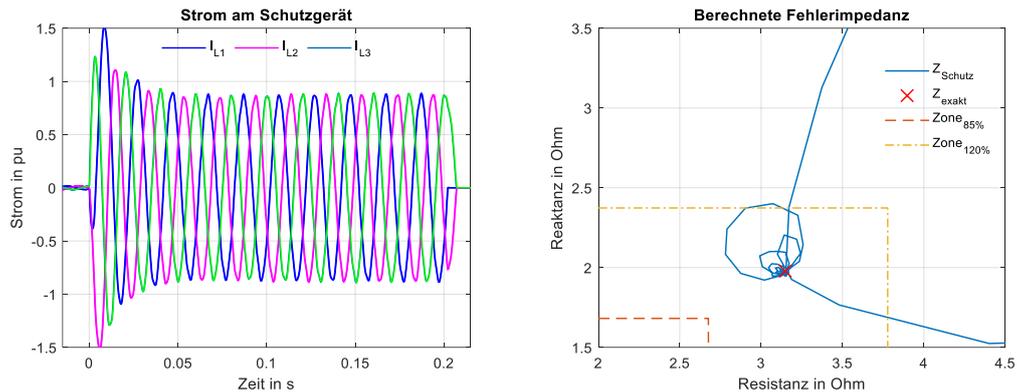


Abbildung 2: Stabiles Einspeiseverhalten / links: Stromverlauf / rechts: Ermittelte Fehlerimpedanz

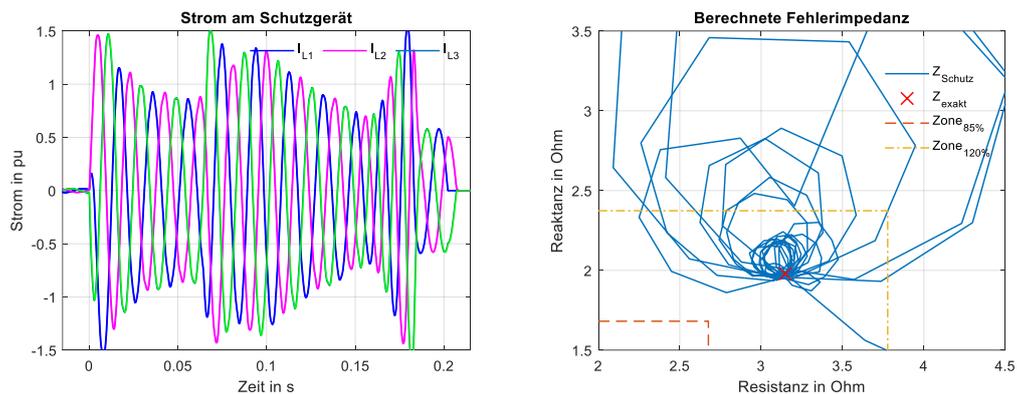


Abbildung 3: Instabiles Einspeiseverhalten / links: Stromverlauf / rechts: Ermittelte Fehlerimpedanz

Das Verhalten eines konventionellen Distanzschutzes in einer Netztopologie mit ausschließlich umrichterbasierter Erzeugung hängt von der eingespeisten Stromverlauf ab und wird maßgeblich von der implementierten Regelung bestimmt. Dabei führt die Kombination einer echtzeitsimulierten Netztopologie, in Kombination mit einem realen Umrichter System, zu realistischen Ergebnisse am Distanzschutzgerät. Die Ermittlung der Fehlerimpedanz ist bei instabiler Einspeisung nicht ideal und eine Auslösung demgemäß nicht 100 % gewährleistet. In Bezug auf Distanzschutzgeräte führt dieser Umstand zu Anpassungsbedarf der Parametrierung und des Auswertalgorithmus um die Versorgungssicherheit in solchen Netztopologien gewährleisten zu können.

## Referenzen

- [1] F. Blaabjerg, R. Teodorescu, M. Liserre, and A.V. Timbus, "Overview of Control and Grid Synchronization for Distributed Power Generation Systems," IEEE Trans. Ind. Electron.
- [2] Z. Zhang, R. Schuerhuber, L. Fickert, F. Katrin, C. Guochu, and Z. Yongming, "Domain of Attraction's Estimation for Grid Connected Converters with Phase-Locked Loop," IEEE Trans. Power Syst., p. 1, 2021, doi: 10.1109/TPWRS.2021.3098960.
- [3] M. Galler, Z. Zhang, and R. Schürhuber, Eds., Stability testing of converter coupled systems by power hardware in the loop equipment. Offenbach: VDE VERLAG GMBH, 2021.