

Netzäquivalenzbildung zur Stabilitätsanalyse bei hoher Durchdringung erneuerbarer Energien

Projektpartner:

Universität Stuttgart
Universität Freiburg
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme

Gefördert durch:

Stiftung Nagelschneider

Der Übergang von einem konventionellen Energiesystem, das von synchronmaschinenbasierter Erzeugung im Übertragungsnetz dominiert wird, zu einem erneuerbaren System, das durch wechselrichterbasierte Stromerzeugung im Verteilungsnetz gekennzeichnet ist, stellt neue Herausforderungen für umfassende Stabilitätsanalysen dar. In einem konventionellen System ohne signifikante Erzeugung mit unterschiedlichen Regelungsstrategien im Verteilungsnetz spielt dasselbe eine untergeordnete Rolle bei der dynamischen Reaktion des Systems auf Ereignisse. Daher ist eine vereinfachte Modellierung der Verteilungsnetze, z. B. als dynamische Last, ausreichend. Eine komplexere, idealerweise detaillierte Modellierung ist jedoch erforderlich, wenn die Durchdringung des Verteilungsnetzes mit wechselrichterbasierter Erzeugung zunimmt. Andernfalls können der Leistungsfluss und der Einfluss der wechselrichterbasierten Erzeugung innerhalb dieses aktiven Verteilungsnetzes auf das Übertragungsnetz nicht angemessen erfasst werden.

Eine detaillierte Modellierung von aktiven Verteilungsnetzen zur Verwendung in Netzmodellen für Stabilitätsstudien erfordert einen hohen Rechenaufwand und Datenverfügbarkeit. Außerdem ist für die meisten Stabilitätsstudien das Übertragungsnetz und nicht das Verteilungsnetz das interessante System, d.h. hier werden Ereignisse simuliert und die Netzstabilität bewertet. Um eine detaillierte Verteilungsnetzmodellierung zu vermeiden, wurde das Konzept eines äquivalenten dynamischen Modells entwickelt.

Die Aggregation eines aktiven Verteilungsnetzes zu einem äquivalenten dynamischen Modell, ohne wesentliche Merkmale des detaillierten Modells zu vernachlässigen, löst die genannten Hindernisse. Ein äquivalentes Modell stellt das zu aggregierende System und sein Verhalten in einem Modell niedrigerer Ordnung dar, d.h. in einer weniger komplexen mathematischen Darstellung im Vergleich zum detaillierten Modell. Daher ermöglicht die Verwendung des äquivalenten Modells überschaubare, umfassende Stabilitätsstudien von erneuerbaren Energiesystemen mit wechselrichterbasierter Erzeugung im Verteilungsnetz. Äquivalente dynamische Modelle reproduzieren also die dynamischen Reaktionen des detaillierten Verteilungsnetzes in komplexitätsreduzierten Modellen. In Verbindung mit einem Modell des Übertragungssystems ermöglichen äquivalente Modelle eine umfassende Stabilitätsanalyse, die das relevante dynamische Verhalten des Verteilungsnetzes widerspiegelt.

Durch das sukzessive Verschwinden der Momentanreserve, bereitgestellt durch Synchronmaschinen, wird in Systemen dominiert durch wechselrichterbasierter Erzeugung die Systemstabilität gefährdet. Im Gegensatz zu konventionellen netzfolgenden Wechselrichtern, können netzbildende Wechselrichter die Trägheit von Synchronmaschinen nachbilden und daher wesentlich zur Stabilität Wechselrichter dominierter Systeme beitragen. Diese zunehmende Bedeutung führt zu der Notwendigkeit, eine angemessene Darstellung des dynamischen Verhaltens der netzbildenden Wechselrichter in äquivalenten dynamischen Modellen einzubeziehen, welche in Modellen für Stabilitätsanalysen zukünftiger Energiesysteme implementiert werden.

Das Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung einer Methode zur Erstellung äquivalenter dynamischer Verteilungsnetzmodelle, wobei das zu aggregierende detaillierte System durch wechsellrichterbasierte Erzeugung dominiert wird. Insbesondere liegt dabei der Fokus auf einer adäquaten Repräsentation netzbildender Wechselrichter in den äquivalenten Modellen. Hierfür wird auf Basis von Wissen über die Netztopologie, Parametrierung der Erzeugungs- und Lastkomponenten, Lastflussergebnisse und Spannungssensitivitäten und durch Einsatz geeigneter Parameteridentifikationsmethoden ein gray-box Modell erstellt (Abbildung 1 rechts), welches das dynamische Verhalten des zugehörigen detaillierten Netzmodells (Abbildung 1 links) reproduziert. Abbildung 2 zeigt beispielhaft die sehr ähnlichen Wirkleistungsverläufe an den Grenzknoten eines detaillierten Netzmodells und des zugehörigen, optimal parametrisierten äquivalenten Netzmodells bei einem Phasenwinkelsprung von 10 Grad im Übertragungsnetzmodell zum Zeitpunkt $t = 0$ s.

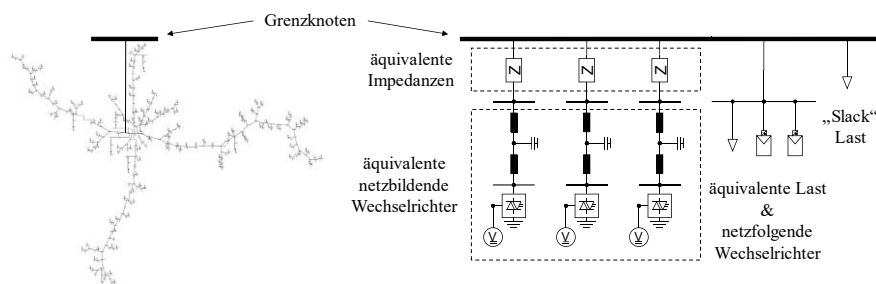


Abbildung 1: Schematische Darstellung des detaillierten Verteilungsnetzmodells (links) und des zugehörigen äquivalenten Netzmodells (rechts)

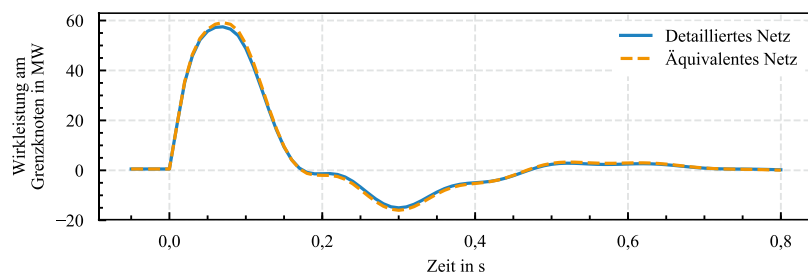


Abbildung 2: Wirkleistung am Grenzknoten des detaillierten und des äquivalenten Netzmodells nach einem Phasenwinkelsprung von 10 Grad

Die Promotion wird betreut durch:

Prof. Dr.-Ing. Hendrik Lens
Abteilung Stromerzeugung und Automatisierungstechnik
Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik der Universität Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Christof Wittwer
Bereich Leistungselektronik, Netze und intelligente Systeme
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Ansprechpartner:

M. Sc. Jakob Ungerland
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
jakob.ungerland@ise.fraunhofer.de
+49 761 4588 2286