

# EINFLUSS NETZBILDENDER WECHSELRICHTERREGELUNG AUF DIE FREQUENZHALTUNG NACH EINER NETZAUFTRENNUNG

Martin KNECHTGES\*<sup>1</sup>, Albert MOSER<sup>1</sup>

## Inhalt

### Hintergrund und Motivation

Vor dem Hintergrund des anhaltenden Strukturwandels innerhalb des Elektrizitätsversorgungssystems durch die Einhaltung der von der europäischen Kommission festgelegten Klimaschutzziele, kommt es zu einem stetigen Anstieg der Leistungstransporte im Übertragungsnetz [1]. Diese Höherauslastung steigert das Risiko von Netzauftrennungen, den sogenannten System Splits, als Folge kaskadierender Leitungsabschaltungen, welche beispielsweise am 04.11.2006 oder am 08.01.2021 aufgetreten sind. Die auftretenden hohen Leistungsdefizite innerhalb der Teilnetze, aufgrund der hohen Leistungstransporte vor der jeweiligen Netzauftrennung, resultieren in hohen Frequenzgradienten nach der Netzauftrennung. Zur Beherrschung dieser Frequenzgradienten muss ausreichend Momentanreserve innerhalb der sich ergebenden Teilnetze vorhanden sein, so dass die Frequenzgradienten begrenzt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können.

Gleichzeitig kommt es durch den Strukturwandel im Elektrizitätsversorgungssystem hin zu leistungselektronisch angebundenen Anlagen (LE-Anlagen) zu einer Reduzierung der Momentanreserve aus konventionellen, synchron angebundenen Kraftwerken. Um auch weiterhin regional genügend Momentanreserve vorzuhalten, ergibt sich zukünftig die Notwendigkeit, dass LE-Anlagen zusätzlich Momentanreserve bereitstellen. Aktuell erfolgt aufgrund der verwendeten Wechselrichterregelung noch keine Bereitstellung von synthetischer Schwungmasse durch die bereits vorhandenen LE-Anlagen. Daher werden in der Forschung vermehrt neue Regelalgorithmen, wie beispielsweise netzbildende Wechselrichterregelungen diskutiert, wodurch LE-Anlagen Momentanreserve bereitstellen können.

### Wechselrichterregelungen

Heutzutage sind LE-Anlagen ausschließlich stromeinprägend an das Elektrizitätsversorgungssystem angebunden. Bei dieser wird auf Basis des Spannungsphasors am Netzanschlussknoten mithilfe einer netzfolgenden Wechselrichterregelung ein Strom in das Netz eingespeist. Netzbildende Wechselrichter verhalten sich im Vergleich dazu wie eine Spannungsquelle und sind spannungseinprägend, wie in Abbildung 1a) dargestellt. Dabei gibt es eine Vielzahl an netzbildenden Wechselrichterregelungen wie beispielsweise die Droop-Control oder die Virtuelle Synchronmaschine (VSM) [2, 3].

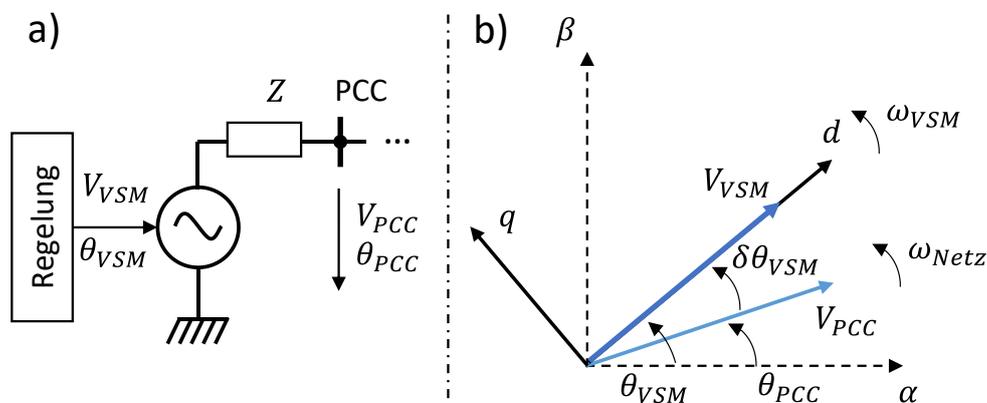


Abbildung 1: a) Vereinfachte Darstellung von LE-Anlagen mit netzbildender Wechselrichterregelung  
b) rotierende Bezugssysteme des Netzes und der VSM [3]

<sup>1</sup> IAEW der RWTH Aachen University, Schinkelstr. 6 52062 Aachen Deutschland, +49 241 80 97884, m.knechtges@iaew.rwth-aachen.de

Die VSM bildet dabei die mechanischen Gleichungen einer Synchronmaschine ab, so dass sich ein rotierendes Bezugssystem innerhalb der Regelung einstellt. Dieses rotierende Bezugssystem, welches in Abbildung 1b) dargestellt ist, rotiert im ungestörten Fall mit derselben Frequenz wie das Netz. Kommt es zu einem Leistungsdefizit innerhalb des Netzes, ändert sich der Netzanschlusswinkel sprunghaft, wodurch sich eine Winkeldifferenz zwischen Netzanschlussknoten und der Regelung einstellt. Aufgrund der Winkeldifferenz wird intrinsisch über die Armreaktanzen Leistung bereitgestellt [3].

Das Ziel dieses Papers ist, die Auswirkungen von netzbildenden Wechselrichterregelungen auf die Frequenzhaltung nach Netzauftrennung zu untersuchen. Als netzbildendes Regelungsmodell der LE-Anlagen wird die VSM verwendet.

## Methodik

Im Rahmen dieses Papers wird der Einfluss von bereitgestellter synthetischer Schwungmasse durch Erzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien, die über netzbildende Wechselrichterregelungen an das Netz angebunden sind, im Fall einer Netzauftrennung untersucht. Dazu wird eine Netzauftrennung in zwei Teilnetze durch gleichzeitiges Abschalten von Leitungen simuliert. Die Netzauftrennung erfolgt dabei auf einem 39-Knoten-Testnetz des IEEE [4], welches durch das Austauschen einiger synchron gekoppelter Erzeugungsanlagen durch LE-Anlagen mit geeigneten dynamischen Parametern modifiziert ist. Zur Untersuchung des Einflusses von synthetischer Schwungmasse auf die Frequenzhaltung nach einer Netzauftrennung werden Zeitbereichssimulationen durchgeführt und netzbildende Wechselrichterregelungen der LE-Anlagen mit netzfolgenden Wechselrichterregelungen verglichen.

## Ergebnisse

Die Langfassung des Papers enthält eine detaillierte Darstellung der verwendeten netzbildenden Wechselrichterregelung, des verwendeten Netzmodells und der dynamischen Parameter. In den Untersuchungen werden für verschiedene Durchdringungsgrade der LE-Anlagen mit netzbildenden Wechselrichterregelungen die sich ergebenden Frequenzverläufe nach der Netzauftrennung analysiert und hinsichtlich gegebener Frequenzkriterien, wie die Frequenzänderungsrate sowie die dynamische und statische Frequenzabweichung, bewertet.

## Literatur

- [1] E. Kommission, „Der Klimazielplan für 2030: Mehr Ehrgeiz für das Klimaziel Europas bis 2030. In eine klimaneutrale Zukunft zum Wohl der Menschen investieren.“, 2020. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0562>
- [2] J. Rocabert, A. Luna, F. Blaabjerg und P. Rodríguez, „Control of Power Converters in AC Microgrids,“ *IEEE Trans. Power Electron. (IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS)*, pp. 4734-4749, 2012.
- [3] S. D'Arco, J. A. Suul und O. B. Fosso, „A Virtual Synchronous Machine implementation for distributed control of power converters in SmartGrids,“ *Electric Power System Research*, 2015.
- [4] T. Athay, R. Podmore und S. Virmani, „A Practical Method for the Direct Analysis of Transient Stability,“ *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, March/April 1979.