

ABBILDUNG VON ENERGIEMENGENBESCHRÄNKUNGEN NETZBILDENDER UMRICHTER

Maik SCHÖNEFELD*¹, Martin KNECHTGES¹, Sven RATAJCZAK¹,
Albert MOSER¹

Inhalt

Hintergrund und Motivation

Im Rahmen der Energiewende und vor dem Hintergrund der von der europäischen Kommission festgelegten Klimaschutzziele in Europa befindet sich das europäische Elektrizitätsversorgungssystem (EVS) in einem strukturellen Wandel [1]. Durch die Stilllegung von synchron an das Netz angebotenen Kern- und Kohlekraftwerken in vielen europäischen Ländern sinkt die im europäischen Verbundsystem vorhandene Schwungmasse bzw. Momentanreserve. Dies hat eine Gefährdung der Systemstabilität zur Folge, da im Falle eines Leistungsungleichgewichts sowohl der initiale Frequenzgradient als auch die maximale dynamische Frequenzabweichung im EVS ansteigen.

Zudem werden Erzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien (EE-Anlagen), wie bspw. Windenergie- und Photovoltaikanlagen, überwiegend über Leistungselektronik (Umrichter) an das Netz angebunden, die im Gegensatz zu Synchrongeneratoren heutzutage noch nicht in der Lage sind, Momentanreserve bereitzustellen. Daher werden in der Forschung vermehrt Maßnahmen zur zukünftigen Bereitstellung von Momentanreserve durch neuartige Regelungsalgorithmen für leistungselektronisch angebundene EE-Anlagen untersucht. Diese sogenannten „netzbildenden Regelungskonzepte“ stehen im Rahmen dieses Papers im Fokus.

Funktionsweise netzbildender Umrichter

Das Verhalten der Anlagen am Netz durch netzbildende Regelungskonzepte wird als „spannungseinprägend“ bezeichnet und unterscheidet sich von den heutzutage fast ausschließlich verwendeten netzfolgenden („stromeinprägenden“) Regelungskonzepten, bei denen sich Umrichter mit dem Netz synchronisieren und dort eine konstante Wirkleistung einspeisen. Diese Synchronisierung ist mit Zeitkonstanten behaftet, durch die eine intrinsische Bereitstellung von Momentanreserve nicht möglich ist. Im Gegensatz dazu weisen Umrichter mit netzbildenden Regelungskonzepten ein zu Synchrongeneratoren ähnliches dynamisches Verhalten am Netz auf, wodurch die Bereitstellung von Momentanreserve unverzüglich nach einem Leistungsungleichgewicht im EVS ermöglicht wird. Dazu wird der Umstand ausgenutzt, dass sich der Phasenwinkel am Netzanschlusspunkt im Falle eines Störfalls sprunghaft ändert und infolge dessen über die Armreaktanz des Umrichters ein erhöhter Leistungsfluss einstellt.

Im Gegensatz zu Synchrongeneratoren mit ihrer Schwungmasse sind im Zwischenkreis von Umrichtern jedoch nur vergleichsweise geringe Energiespeicher vorhanden, die als Momentanreserve ausgespeist werden können. Daher wird nach praktikablen Lösungen gesucht, um die vorhandenen Energiemengen von EE-Anlagen zu erhöhen, wie beispielsweise durch Kombination mit einem Batteriespeicher oder einer Superkapazität. Um die vorhandenen Energiemengen in Untersuchungen adäquat abbilden zu können, wird im Rahmen dieses Papers ein Modell vorgestellt, mit dem die Energiemengen zur Bereitstellung von Momentanreserve durch Umrichter für Zeitbereichssimulationen beschränkt werden können.

¹ IAEW der RWTH Aachen, Schinkelstr. 6, 52062 Aachen, Tel.: + 49 241 80 97886,
m.schoenefeld@iaew.rwth-aachen.de, <https://iaew.rwth-aachen.de>

Methodik

Im Rahmen dieses Papers wird die Bereitstellung von Momentanreserve durch EE-Anlagen untersucht, die über netzbildende Regelungskonzepte an das Netz angebunden werden. Die Untersuchungen werden an einem modifizierten 9-Knoten-Testsystem des Western System Coordinating Council durchgeführt [2]. Da dieses in seiner ursprünglichen Form ausschließlich aus drei konventionellen Erzeugungsanlagen mit Generatoren und drei Lasten besteht, wird es so modifiziert, dass zwei der drei Erzeugungsanlagen nun durch leistungselektronisch angebundene EE-Anlagen repräsentiert werden. Dabei wird das dynamische Verhalten aller Betriebsmittel adäquat berücksichtigt: Die konventionelle Erzeugungsanlage wird durch einen Synchrongenerator, Turbine, Drehzahlregler sowie Erregersystem modelliert, während Lasten über das in der Literatur verbreitete ZIP-Modell abgebildet werden [3]. Die EE-Anlagen werden über ein in der Literatur verbreitetes netzbildendes Regelungskonzept mit Droop-Control modelliert [4]. Dieses wird im Rahmen dieses Papers um die Energiemengenbeschränkung erweitert, sodass die in den Umrichtern der EE-Anlagen vorhandene Energie in den Untersuchungen berücksichtigt werden kann.

Ergebnisse

Die Langfassung des Papers enthält eine detaillierte Darstellung des entwickelten Regelungskonzepts zur Modellierung der Energiemengenbeschränkung netzbildender Umrichter und des im Rahmen der Untersuchungen verwendeten Netzmodells sowie der verwendeten elektrischen Parameter. In den Untersuchungen werden unterschiedliche Fehlerfälle untersucht und überprüft, welchen Einfluss die Berücksichtigung der Energiemengenbeschränkung bei netzbildenden Regelungskonzepten auf die Bereitstellung von Momentanreserve durch EE-Anlagen und die damit verbundene Frequenzhaltung nach Eintritt des jeweiligen Störfalls hat.

Referenzen

- [1] Europäische Kommission, *Der Klimazielplan für 2030: Mehr Ehrgeiz für das Klimaziel Europas bis 2030*. In eine klimaneutrale Zukunft zum Wohl der Menschen investieren. Brüssel, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0562>
- [2] Electric Power Research Institute, „Power System Dynamic Analysis - Phase I“, *EPRI Report EL-484*, 1977.
- [3] F. Milano, *Power System Modelling and Scripting*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
- [4] J. Rocabert, A. Luna, F. Blaabjerg und P. Rodríguez, „Control of Power Converters in AC Microgrids“, *IEEE Trans. Power Electron.*, Jg. 27, Nr. 11, S. 4734–4749, 2012, doi: 10.1109/TPEL.2012.2199334