

KONZEPT FÜR DEN STABILEN INSELNETZBETRIEB EINES UMRICHTER-DOMINIERTEN MITTELSPANNUNGSNETZES

Tobias WEINMANN^{1(*)}, Tobias LECHNER¹, Michael FINKEL¹, Georg KERBER², Bernd ENGEL³, Till GARN³

Die steigende Anzahl stromrichterbasierter Erzeugungsanlagen im Zuge der Energiewende führt zu einer grundlegenden Veränderung der Energieversorgung. Der Wegfall von Großkraftwerken mit Synchronmaschinen stellt das Energieversorgungssystem vor enorme Herausforderungen. Es ist jedoch entscheidend, einen stabilen Netzbetrieb auch in einem rein stromrichterbasierten Netz mit einer dezentralen Reglerstruktur ohne den Einsatz von direktgekuppelten, rotierenden elektrischen Maschinen sicherzustellen. Das Forschungsprojekt "Fuchstal leuchtet" widmet sich dieser Problematik. Im Reallabor der Energiezukunft Fuchstal wird erforscht, ob unter der Bedingung, dass die Frequenz- und Spannungsstabilität ohne übergeordnete Kommunikation zur Netzdynamik gewährleistet werden kann, ein stabiler Netzbetrieb in der Praxis mit Anlagen nach dem heutigen Stand der Technik möglich ist.

Forschungsprojekt „Fuchstal leuchtet“

Im zukünftigen deutschen Stromnetz werden Stromrichter sowohl in Erzeugungs- als auch Verbraucheranlagen dominieren. Der entsprechende Wegfall der Momentanreserve muss durch entsprechende Regelmechanismen erbracht werden. Eine zentrale Abstimmung dieser Regler, wie sie beispielsweise in kleineren Inselnetzen umgesetzt wird, kommt für ein Verbundnetz nicht in Frage. Deshalb soll im Forschungsprojekt „Fuchstal leuchtet“, welches vom BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) gefördert wird, folgende Forschungsfrage beantwortet werden:

Wie ist in der Praxis ein stabiler Netzbetrieb in einem Netz ohne zentrale Regelungsstruktur möglich, das ausschließlich von Stromrichtern gespeist und belastet wird?

Um diese Frage zu beantworten, wird das Reallabor der Energiezukunft Fuchstal genutzt. Innerhalb des örtlichen Netzes sind die erforderlichen Komponenten weitgehend vorhanden. Wie in Abbildung 1 gezeigt, ist ein Batteriespeicher mit 5,8 MW/3,35 MWh im Netz installiert. Durch den Umbau bzw. die Umparametrierung des Batteriewechselrichters wird ein netzbildender Wechselrichter aufgebaut. Außerdem gibt es zahlreiche stromrichterbasierte, erneuerbare Energieanlagen in der Gemeinde Fuchstal, darunter 4 Windkraftanlagen (WEA) mit 12 MW und PV-Anlagen im Niederspannungs- (NS) sowie Mittelspannungsnetz (MS). Diese Anlagen sind bereits in Betrieb und ihr Verhalten entspricht den aktuellen Anschlussnormen für dezentrale Erzeugungsanlagen (DEA) im Netzparallelbetrieb. Zusätzlich ist eine Power-to-Heat (P2H) -Anlage mit einer regelbaren Leistung von bis zu 4,7 MW installiert.

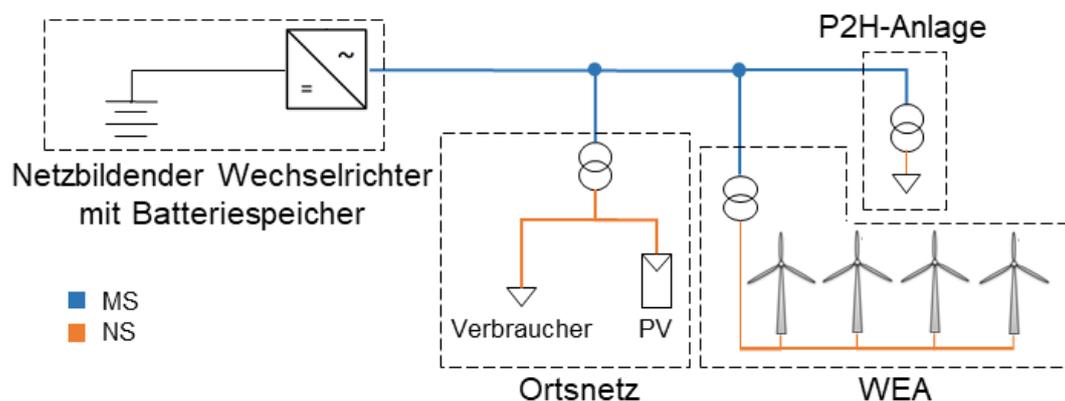


Abbildung 1: Aufbau des Netzes für das Projekt „Fuchstal leuchtet“ mit Markierung der Spannungsebenen

¹Tobias Weinmann, Technische Hochschule Augsburg, Tel.: 0821 5586-1015, E-Mail: Tobias.Weinmann@hs-augsburg.de, <https://www.tha.de/Elektrotechnik/Tobias-Weinmann-M.-Eng..html>

²Georg Kerber, Hochschule München, Tel.: 089 1265-3417, E-Mail: Georg.Kerber@hm.edu

³Bernd Engel, Technische Universität Braunschweig, Tel.: 0531 391 7740, E-Mail: bernd.engel@tu-braunschweig.de

Innerhalb des Projekts werden aufeinander aufbauende Feldversuche durchgeführt. Diese Versuche werden mit realitätsnahen Simulationsmodellen vorbereitet und begleitet, um die Modelle zu validieren und kritische Situationen vorherzusagen und zu vermeiden. Zusätzlich können durch vertiefende Untersuchungen Optimierungsmaßnahmen für den stabilen Netzbetrieb abgeleitet werden. Um die zentrale Fragestellung des Projekts final beantworten zu können, müssen zuvor kritische Aspekte und Problematiken betrachtet und behandelt werden.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Optimierung eines Regelungskonzepts, welches ohne Kommunikation zwischen dem netzbildenden Batteriewechselrichter und den dezentralen Erzeugungsanlagen auskommt. Der Wirk- und Blindleistungsausgleich im Inselnetz erfolgt ausschließlich über Frequenz und Spannung. Zudem erfolgt eine Berücksichtigung der in den Normen und Grid Codes für DEA hinterlegten $f(P)$ - und $U(Q)$ -Statiken. Das Konzept wird in zwei Stufen unterteilt: Die primäre, netzbildende Regelung fokussiert sich hauptsächlich auf die Frequenz- und Spannungssteuerung des Netzes und ermöglicht die Bereitstellung von Momentanreserve und Kurzschlussströmen [1]. Die sekundäre Regelung berücksichtigt das Frequenz- und Spannungsverhalten anderer netzfolgender Stromrichteranlagen im Netz [2, 3]. Hierbei wird eine überlagerte $f(P)$ - und $U(Q)$ -Statik mittels einer Droop-Regelung implementiert, wie in Abbildung 2 veranschaulicht.

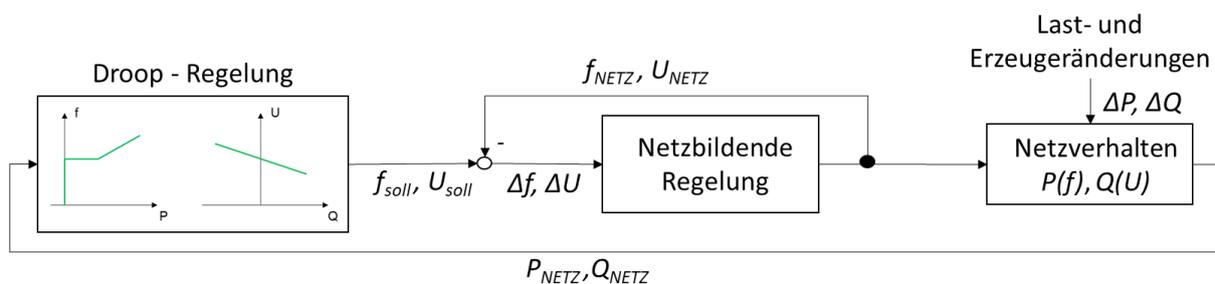


Abbildung 2: Kaskadiertes Regelungskonzept für netzbildenden Wechselrichter

Zudem liegt der Schwerpunkt auf den Auswirkungen und der Kompensation von Transienten und Unsymmetrien, insbesondere in Verbindung mit Transformator-Inrush-Strömen. Dabei werden nicht nur die Einflüsse auf die Schutztechnik und die Herausforderungen bei der selektiven Abschaltung während Störungen betrachtet, sondern auch die Analyse und Bewertung des Ausgleichs von Oberschwingungsströmen und -spannungen vorgenommen.

In der Langfassung erfolgt eine ausführliche Vorstellung des Projekts. Es wird im Speziellen auf das Wirk- und Blindleistungsregelungskonzept sowie auf die konkreten Betriebsbedingungen des aufgebauten Inselnetzes eingegangen. Zudem werden die zu erwartenden Problemstellungen aufgezeigt und diskutiert.

Literatur

- [1] U. Peter, „Overview on Grid-Forming Inverter Control Methods“, energies, Jg. 13, Nr. 10, S. 1–21, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/10/2589>
- [2] T. Lechner, „Frequency droop characteristic for grid forming battery inverters - operation in islanded grids with the infeed of distributed generation systems“ in CIREN 27th International Conference on Electricity Distribution, S. 1–5. [Online]. Verfügbar unter: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10267706>
- [3] S. A. Ayodeji, „Analysis of voltage rise phenomena in electrical power network with high concentration of renewable distributed generations“, nature Scientific Reports, Jg. 12, Nr. 7815, S. 1–22, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-11765-w>