

BEREITSTELLUNG VON MOMENTANRESERVE AUS MITTEL- UND NIEDERSPANNUNGSNETZEN

Florian RAUSCHER¹, Violetta ZIMMERMANN¹, Timo SAUER¹, Bernd ENGEL¹

Inhalt

Im Zuge der Energiewende kommt es durch den Wegfall bestehender konventioneller Kraftwerkskapazitäten im Bereich der Frequenzstabilität zu großen Herausforderungen. Die kinetische Energie der rotierenden Massen aus den konventionellen Kraftwerken in Form der Momentanreserve steht nicht mehr netzstabilisierend zur Verfügung und muss alternativ erbracht werden. Mit dem EU-Beschluss der neuen Strommarkttrichtlinie, welcher auf nationaler Ebene in Deutschland über die Beschaffung von nicht-frequenzgebundenen Systemdienstleistungen nach § 12h EnWG umgesetzt wurde, muss diese Momentanreserve als Trägheit der lokalen Netzstabilität grundsätzlich durch ein transparentes, diskriminierungsfreies und marktgestütztes Verfahren beschafft werden. Zwar wurde die marktliche Beschaffung im kurzfristigen Horizont als ineffizient eingestuft [1] und auch infolgedessen von der Bundesnetzagentur vorläufig ausgesetzt [2], steht aber durch den geplanten vorgezogenen Ausstieg aus der Kohleverstromung in der Diskussion.

Als möglicher Bereitsteller für die zukünftige Momentanreserve gewinnen (Batterie-) Wechselrichter mit netzbildenden Regelungsverfahren in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung. Neben den Fragestellungen der konkreten Regelungskonzepte für diese Komponenten gilt es außerdem zu klären, wie eine zielgerichtete Netzintegration erfolgen kann. Hierbei reichen die Lösungsansätze von zentralen Batteriegroßspeichern in der Höchstspannung bis hin zu vielen verteilten dezentralen Anlagen in den unteren Spannungsebenen. Daher ist es von zentraler Bedeutung vorab zu überprüfen, ob die Bereitstellung von Momentanreserve auch aus dem Mittel- oder Niederspannungsnetz technisch möglich ist.

Methodik

Um eine Bewertung der zielführenden Bereitstellung von Momentanreserve aus Mittel- und Niederspannungsnetzen zu erzielen, müssen Netzsimulationen mit ausgeprägter Netzstruktur durchgeführt werden. Ausgangspunkt für die Simulationen ist ein spannungsebenen-übergreifendes Netz, welches als Kombination verschiedener Referenz- und Benchmarknetzen aus der Literatur erstellt worden ist. Die Analysen werden in einem Übertragungsnetz [3] mit einem unterlagerten Verteilnetz durchgeführt, welches aus einer Kombination aus einem Cigré Mittelspannungsnetz und zwei typischen Niederspannungsnetzen aus [4] besteht. Abbildung 1 verdeutlicht das kombinierte Simulationsnetz.

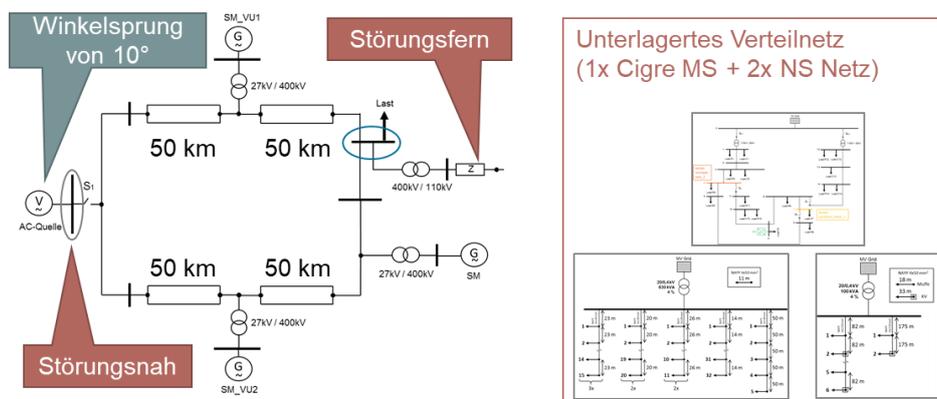


Abbildung 1: Betrachtetes Netz zur simulativen Analyse des Beitrages zur Momentanreserve aus verschiedenen Spannungsebenen (links: Höchstspannungsnetz, rechts: unterlagertes Verteilnetz)

¹ TU Braunschweig, elenia Institut für Hochspannungstechnik und Energiesysteme, Schleinitzstraße 23, +49 531 391 7760, f.rauscher@tu-braunschweig.de

Die Bereitstellung von Momentanreserve P_{MomR} erfolgt als Reaktion auf einen Phasenwinkelsprung $\Delta\vartheta$ im Spannungsraumzeiger, der u. a. durch einen System Split auftreten kann, nach (1).

$$P_{MomR} = \frac{U_1 U_2}{X} \cdot \sin(\Delta\vartheta) \quad (1)$$

Als Kriterium gilt, dass der Winkelsprung in einem Zeitbereich von deutlich unter einer Netzperiode die Komponente im Verteilnetz erreichen muss, damit ein Beitrag zur Momentanreserve nicht ausgeschlossen werden kann. Daher wird beginnend die Ausbreitung des Phasenwinkelsprungs als notwendige Voraussetzung innerhalb des Testnetzes in verschiedenen Szenarien analysiert. Anschließend werden in Simulationen im Momentanwertbereich (EMT) verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Anteilen an Synchronmaschinen und Umrichtern verglichen.

Ergebnisse

Die ersten Untersuchungen wurden mit einer idealen Spannungsquelle, die einen Winkelsprung von 10 Grad in das Netz einprägt, als alleiniger Netzbildner und damit auch als alleiniger Einspeiser durchgeführt. Ziel dabei ist es, die Auswirkungen der Netzstruktur auf die Dynamik der Ausbreitung des Winkelsprungs aufzuzeigen. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Phasenwinkeldifferenz in den unterschiedlichen Spannungsebenen an zwei Punkten des Höchstspannungsnetzes, einem im Mittelspannung- und jeweils einem in den beiden Niederspannungsnetzen. Zudem wurde der Anschlussort des unterlagerten Verteilnetzes variiert.

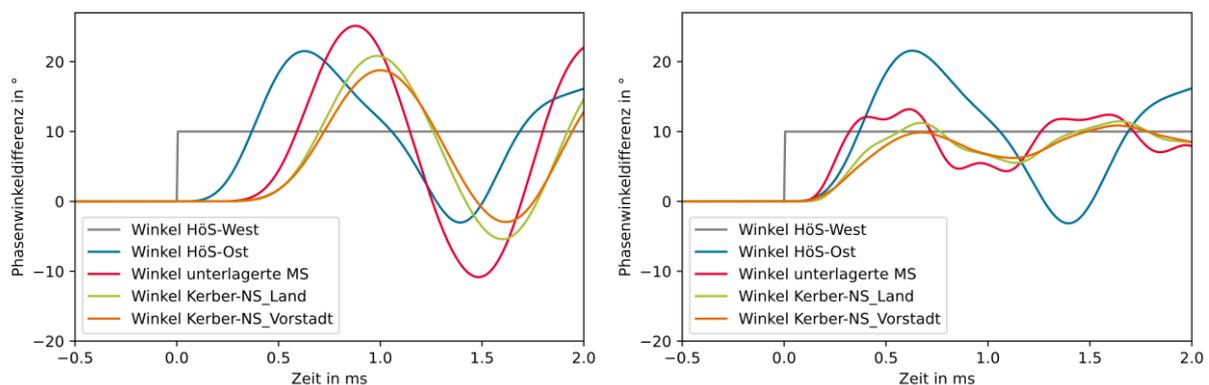


Abbildung 2: Darstellung der Ausbreitung eines Spannungswinkelsprungs in einem Netz ohne weitere Erzeugungsanlagen mit unterlagertem Verteilnetz (links: störungsfern, rechts: störungsnah)

Die Ergebnisse der Simulationen zeigen, dass die jeweils erste Reaktion auf den Winkelsprung in allen Spannungsebenen, selbst in den Niederspannungsnetzen, im Bereich unter einer Millisekunde liegen. Zudem lässt sich aus den beiden Diagrammen die Entfernung als Einflussgröße auf die Reaktionszeit schlussfolgern, da der Winkelsprung ein störungsnahes Verteilnetz sogar frühzeitig erreichen kann, als den zweiten Messpunkt auf der Höchstspannungsebene. Darüber hinaus werden weitere Ergebnisse zur Amplitude der Winkeldifferenzen bei zusätzlich am Netz verbleibenden Synchronmaschinen im Höchstspannungsnetz betrachtet. Des Weiteren wird die aggregierte Bereitstellung von Momentanreserve aus verschiedenen netzbildenden Wechselrichtern untersucht.

Referenzen

- [1] Studie Effizienzprüfung marktgestützter Beschaffung von nichtfrequenzgebundenen Systemdienstleistungen (NF-SDL) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, 18.08.2020, [Link](#)
- [2] Beschluss der Bundesnetzagentur vom 18.12.2020, Az. BK6-20-298, [Link](#)
- [3] Klaus Vennemann, et. al „Systemic Issues of Converter-based Generation and Transmission Equipment in Power Systems“, Wind Integration Workshop. Bd. 17, 2018.
- [4] G. Kerber, „Aufnahmefähigkeit von Niederspannungsverteilnetzen für die Einspeisung aus Photovoltaikkleinanlagen“, Technische Universität München, 2010