

KONZEPTION EINES VIRTUELLEN KRAFTWERKS AUF BASIS VON SMART GRIDS

Antonius v. PERGER^{1*}, Philipp GAMPER¹, Bastian MAUCHER¹, Rolf WITZMANN¹

Ausgangslage

Der Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung erfordert den Ausbau von volatilen und dezentral einspeisenden Energiequellen wie Windkraft oder Photovoltaik bei gleichzeitigem Rückbau von konventionellen Kraftwerken. Damit verbunden ist die Herausforderung, das bestehende Stromnetz an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Durch die dezentrale Einspeisung erreichen Verteilnetze immer öfter die Grenzen ihrer Übertragungskapazität. Diese wird wesentlich durch die thermischen Grenzen der Leiter und die zulässige Netzspannung begrenzt. Die kommunikative Vernetzung von Betriebsmitteln innerhalb intelligenter Verteilnetze (Smart Grid) ermöglicht es, die Übertragungsleistung bei Einhaltung der vorgeschriebenen Grenzwerte zu maximieren und bietet darüber hinaus Möglichkeiten den Betrieb weiter zu optimieren.

Übergeordnet können mehrere solcher Smart Grids zu einem virtuellen Kraftwerk (Cluster) zusammengeschlossen werden. Entsprechend dem bisherigen Konzept von Großkraftwerken kann so auf höherer Spannungsebene Erzeugung und Nachfrage – in Hinsicht auf Wirk- als auch Blindleistung – aufeinander angepasst werden (vgl. Abb. 1). Ein Konzept für die Realisierung einer solchen Infrastruktur soll im Folgenden vorgestellt werden. Es ist wesentlicher Bestandteil der Arbeiten am Forschungsprojekt „SmartGridCluster“, welches durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert wird.

Konzept

Die Umsetzung eines Smart Grids erfordert die kommunikative Anbindung der Betriebsmittel an eine zentrale Kontrolleinheit. Primäres Regelziel dieser Kontrolleinheit ist auf der Ebene der Smart Grids die Einhaltung der Grenzwerte hinsichtlich der Spannungsqualität (DIN EN 50160) und der thermischen Belastbarkeit der Leitungen. Hierbei kommt ein mehrstufiger Regelalgorithmus zum Einsatz, welcher bereits im Vorgängerprojekt „Verteilnetz 2020“ [1] entwickelt wurde.

Wechselrichterbasierte Anlagen wie Photovoltaikanlagen und Batteriespeicher bieten die Möglichkeit, Blindleistung einzuspeisen bzw. zu beziehen. Somit kann der Blindleistungsbedarf eines Smart Grids minimiert werden und das Netz im Optimalfall nach außen hin blindleistungsneutral arbeiten. Erzeugungsschwankungen erneuerbarer Energien können durch steuerbare Lasten oder durch den Einsatz von Speichern ausgeglichen werden. Je nach Verfügbarkeit können weitere aktive Betriebsmittel wie regelbare Ortsnetztransformatoren (rONT), Längsregler (UPFC) oder statische Kompensatoren (STATCOM) zur Spannungshaltung eingesetzt werden.

Sekundäre Regelziele, wie die Bereitstellung von Wirk- und Blindleistung für höhere Spannungsebenen, werden übergeordnet auf der Ebene des virtuellen Kraftwerks umgesetzt. Da die Spannungshaltung bereits lokal in den einzelnen Smart Grids sichergestellt wird, kann hier mit reduzierter Informationsmenge gearbeitet werden. Dieser hierarchische Ansatz ermöglicht den Aufbau von skalierbaren und robusten Clustern.

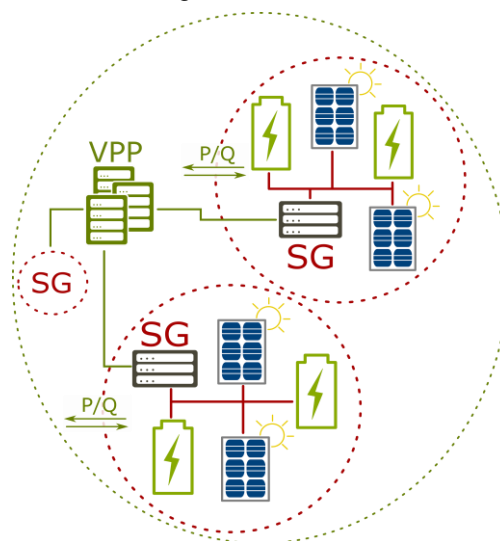


Abb. 1: Virtuelles Kraftwerk (VPP) basierend auf Smart Grids (SG).

¹Technische Universität München, Professur für Elektrische Energieversorgungsnetze, Arcisstr. 21, Tel.: 089 289 25585 (25587), www.hsa.ei.tum.de; antonius.perger@tum.de, philipp.gamper@tum.de

Umsetzung

Bei der Realisierung eines solchen Konzepts bestehen mehrere Freiheitsgrade. So sind bei der Implementierung der Regelung grundsätzlich unterschiedliche Ansätze (PID, Model-Predictive-Control, etc.) denkbar. Gleiches gilt für die Umsetzung der übergeordneten Regel- und Optimierungsziele. Die Konzeptionierung hängt dabei entscheidend von den konkreten Gegebenheiten im Einzelfall ab. Je nach Netztopologie, verfügbaren Betriebsmitteln und deren Eigenschaften ergeben sich Einschränkungen bei der Regelung. Des Weiteren ist die verfügbare Bandbreite sowie die Latenz von der Art der Kommunikationsanbindung (Mobilfunk, Power Line, etc.) der Betriebsmittel abhängig. Nicht zuletzt müssen beim Datenaustausch regulatorische Rahmenbedingungen berücksichtigt werden (bspw. Konformität zu BSI TR-03109).

Für eine optimale Auslegung unter gegebenen Bedingungen, ist es notwendig, in kontrollierter Umgebung verschiedene Tests und Analysen durchzuführen. Aufbauend auf den Ergebnissen des Vorgängerprojektes [2] wird hierfür im Rahmen des Forschungsprojekts ein Framework implementiert, welches es ermöglicht, verschiedene Regelungskonzepte in unterschiedlichen Szenarien zu simulieren. Gleichzeitig soll die Möglichkeit bestehen, die entwickelten Ansätze möglichst einfach in anderem Kontext und insbesondere unter Realbedingungen testen zu können.

Um gute Portabilität sicherstellen zu können, wird das Framework plattformunabhängig in C bzw. C++ umgesetzt, sodass es auch auf integrierten Systemen wie Leitwarten eingesetzt werden kann. Das Framework ist entsprechend dem Konzept eines virtuellen Kraftwerks in unterschiedliche, hierarchisch angeordnete Bestandteile gegliedert. Die einzelnen Regler sowie die Modelle der Betriebsmittel und der Kommunikationsinfrastruktur werden als gekapselte Komponenten umgesetzt, welche über definierte Schnittstellen in das Framework eingebunden werden.

Für die Simulation wird das Framework mit einer externen Software zur Lastflussberechnung verknüpft. Dabei werden die Ist-Werte aus dem Lastfluss als Eingabewerte an das Framework übergeben und die berechneten Stellwerte als Ausgabewerte zurückgeliefert. Zugleich können dieselben Schnittstellen genutzt werden, um reale Zustands- und Messwerte aus dem Labor oder Feldtest an die Regelung zu übergeben und die eingebundenen Betriebsmittel zu regeln. Somit können die mithilfe der Simulation entwickelten Regler ohne zusätzliche Anpassungen auch unter realen Bedingungen eingesetzt und einzelne Simulationsergebnisse oder das Gesamtkonzept mit geringem Aufwand validiert werden. Auch die Validierung von Modellen ist möglich, indem in der Simulation einzelne Komponenten durch reale Hardware ersetzt werden (Hardware in the Loop).

Die Schnittstellen sind als APIs der einzelnen Programmmodule definiert und können je nach Anforderung flexibel realisiert werden: beispielsweise wird für die Anbindung an die Lastflussberechnung ein angepasstes, TCP/IP-basiertes Protokoll verwendet, für die Anbindung an Labor und Feldtest IEC 60870. Einzelne Module können auch als DLLs oder als eigenständige Programme (verteilte Simulation) eingebunden werden. Diese Aufteilung in eigenständige Einheiten erlaubt, das simulierte Gesamtsystem je nach Untersuchungsgegenstand flexibel an die jeweiligen Anforderungen anzupassen und erleichtert wesentlich die Wiederverwendbarkeit der implementierten Komponenten.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Referenzen

- [1] M. Meyer, B. Maucher und R. Witzmann, „Verbesserung der Aufnahmefähigkeit und Sicherung der Netzqualität von Verteilnetzen“, Symposium Energieinnovation, Graz 2016.
- [2] B. Maucher, P. Gamper, M. Meyer und R. Witzmann, „Modellierung einer Softwareautomatisierung für ein übergeordnetes Regelungskonzept für smarte Verteilnetze in PSS Sincal/Netomac“, Zukünftige Stromnetze, Berlin 2019.