

DISKUSSION DYNAMISCHER UND STATIONÄRER SPANNUNGSSTABILITÄTSUNTERSUCHUNGEN BEI VOLATILEN ÜBERTRAGUNGSAUFGABEN

Moritz MAERCKS¹, Sirkka PORADA¹, Albert MOSER¹

Motivation

Der weltweit steigende Anteil erneuerbar erzeugter elektrischer Leistung führt vermehrt zu Situationen mit hohen und volatilen Einspeisegradierten. Steile positive Gradienten wechseln sich vermehrt mit negativen Gradienten innerhalb einiger Minuten ab [1]. Die Geschwindigkeit derartiger Änderungen der Ein-/Auspeisesituation und somit der Übertragungsaufgabe des Netzes erfordert zur Bewertung der Systemstabilität die Betrachtung eines Zeitbereichs, in dem auch verschiedene netzbetriebliche Maßnahmen umgesetzt werden. Dies betrifft unter anderem die Stufung von Transformatorstufenstellern sowie die spannungsabhängige Leistungsaufnahme von Verbrauchern inklusive Lasterholungseffekten. Vor diesem Hintergrund ist die Anwendbarkeit stationärer Methoden zur Untersuchung der Spannungsstabilität in Elektrizitätsversorgungssystemen neu zu bewerten, um auch bei zukünftig volatiler werdenden Einspeisebedingungen möglicherweise drohende Instabilitäten frühzeitig erkennen zu können.

Inhalt

Analyse

Die Übertragungsaufgabe von Elektrizitätsversorgungssystemen ergibt sich aus dem Wirkleistungsbezug bzw. der -einspeisung über- und unterlagerter Netze sowie direkt angeschlossener Verbraucher und Erzeugungsanlagen. Der Großteil volatiler Erzeugungsanlagen sowie der Last ist an die Verteilnetze angebunden. In Systemen mit einem hohen Anteil erneuerbar erzeugter elektrischer Leistung sind entsprechend sowohl das Wirk- als auch das Blindleistungsverhalten von Verteilnetzen volatil. Die Volatilität des Blindleistungsbezugs von Verteilnetzen ist dabei insbesondere abhängig von dem Blindleistungskonzept des Verteilnetzbetreibers sowie der Regelung der Stufenstellung der Verteilnetztransformatoren. Das Lastverhalten, hier besonders die Spannungsabhängigkeit von Lasten inklusive zugehöriger Lasterholungseffekte, das Blindleistungsverhalten von Kraftwerken und die Stufung zugehöriger Maschinentransformatoren sowie die Steuerung bzw. Regelung von Kompensationseinheiten beeinflussen weiterhin, ob eine Übertragungsaufgabe erfüllt werden kann oder spannungsinstabile Situationen auftreten. Zur Untersuchung der Spannungsstabilität [2] von Elektrizitätsversorgungssystemen finden unterschiedliche Verfahren Anwendung. Bei stationären Untersuchungen kommt zur Betrachtung variabler Übertragungsaufgaben insbesondere das (stationäre) Zeitpunktverfahren des Continuation Power Flow (CPF) [3] zur Anwendung. Dynamische Wechselwirkungen im Zeitbereich können hiermit nur näherungsweise abgebildet werden [4]. In der Langfassung wird neben einer kurzen Darstellung des CPF erläutert, wie mithilfe eines Zeitbereichsverfahrens die Spannungsstabilität dynamisch untersucht werden kann.

Modellierung von Testsystemen und -szenarien

Zur vergleichenden Anwendung und Untersuchung von (stationären) Zeitpunkt- und (dynamischen) Zeitbereichsverfahren werden Modelle exemplarischer Elektrizitätsversorgungssysteme vorgestellt. Diese Systeme beinhalten Modelle von Kraftwerken, volatilen Einspeisungen, Lasten, Blindleistungsverhalten und -regelung von Erzeugungsanlagen sowie die Regelung der Stufenstellung von Transformatoren von Verteilnetz- und Maschinentransformatoren. Die Testsysteme werden um Testszenarien mit volatilen Übertragungsaufgaben und Ereignisse, insbesondere Ausfälle, ergänzt.

Simulation und Spannungsstabilitätsuntersuchung

Die Testsysteme werden in Verbindung mit den zugehörigen Szenarien mit Zeitpunkt- und Zeitbereichsverfahren simuliert und hinsichtlich auftretender Spannungsinstabilitäten untersucht. Die verwendete Methodik wird in der Langfassung ausführlich erläutert sowie im folgenden Absatz skizziert.

¹ RWTH Aachen, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Schinkelstraße 6, 52056 Aachen, Tel.: +49 241 80-97671, ma@iaew.rwth-aachen.de, www.iaew.rwth-aachen.de

Methodik

Zum Vergleich der vorgestellten Zeitpunkt- und Zeitbereichsverfahren werden unterschiedliche Parametrierungen ebendieser Verfahren zur Simulation der eingeführten Testsysteme und -szenarien untersucht und numerisch ausgewertet. Durch Parametrierung des Zeitbereichsverfahrens bzw. der zugehörigen Untersuchungsszenarien mit Verzögerungs- und Reaktionszeiten von 0 s kann dieses effektiv in ein Zeitpunktverfahren überführt werden. Somit wird durch variierte Parametrierungen und Rechnungen die Relevanz bzw. Irrelevanz dynamischer Wechselwirkungen bei volatilen Übertragungsaufgaben für die untersuchten Testfälle ermittelt. Es kann so anhand der exemplarischen Testszenarien untersucht werden, inwiefern stationäre Zeitpunktverfahren erfolgreich das Auftreten und den Zeitpunkt von Spannungsinstabilitäten identifizieren können, oder bei volatilen Übertragungsaufgaben dynamische Zeitbereichsverfahren unter genauerer Berücksichtigung dynamischer Wechselwirkungen erforderlich werden können.

Ergebnisse

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass fallbezogen Zeitpunkt- bzw. Zeitbereichsverfahren zur Untersuchung möglicherweise spannungsinstabiler Situationen Anwendung finden sollten. So zeigen einige Fälle einerseits volatile Übertragungsaufgaben, in denen dynamische Wechselwirkungen weitgehend vernachlässigbar hinsichtlich evtl. auftretender Spannungsinstabilitäten sind. Andere Ergebnisse zeigen das Erfordernis sowohl der Verwendung von Zeitbereichssimulationen als auch stimmig gewählter Simulationszeiträume und -schrittweiten. Abbildung 1 zeigt ein exemplarisches Untersuchungsergebnis zur Illustration der Auswirkungen dynamischer Wechselwirkungen. Dargestellt sind Spannungs- und Leistungsverläufe, die sich bei der Simulation einer variablen Übertragungsaufgabe und unterschiedlich schnell auf Spannungsänderungen reagierende automatische Regelungen von Transformatorstufungen ergeben.

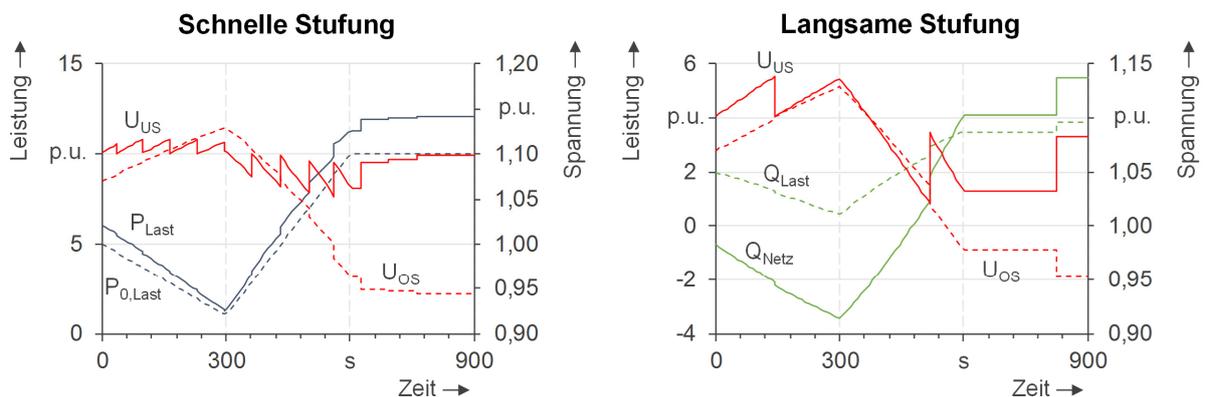


Abbildung 1: Exemplarische Simulationsergebnisse eines Untersuchungsszenarios bei dynamischer Zeitbereichssimulation zum Aufzeigen der Relevanz unterschiedlich schnell reagierender Transformatorstufungen.

Literatur

- [1] Y.-H. Wan, Wind Power Plant Behaviors: Analyses of Long-Term Wind Power Data, Technical Report, National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy, 2004.
- [2] P. Kundur, J. Paserba, V. Ajjarapu, G. Andersson, A. Bose, C. Canizares, N. Hatziargyriou, D. Hill, A. Stankovic, C. Taylor, T. Van Cutsem, V. Vittal, Definition and Classification of Power System Stability, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 19, No. 2, May 2004.
- [3] P. Kundur, Power System Stability and Control, New York: McGraw-Hill Inc., 1994.
- [4] G. K. Morison, B. Gao, P. Kundur, Voltage Stability Analysis Using Static and Dynamic Approaches, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8, No. 3, 1993.