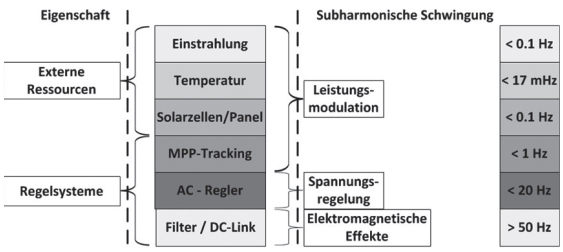
Modelling Swinging Grids

Fachgebiet: Energy and Environment
Betreuer: Prof. Michael Höckel
Experte: Dr. Andreas Beer (Repower)

Die Veränderung der Stromversorgungsnetze kann zur Folge haben, dass bislang wenig beachtete Phänomene, wie Schwingungen unterhalb der Grundfrequenz, vermehrt systemrelevant werden. Im Rahmen der Master-Thesis wird die Herkunft dieser subharmonischen Schwingungen untersucht und gezeigt, wie in zukünftigen Netzstrukturen Probleme entstehen können. Es wird gezeigt, wie die Schwingungen gemessen und mit einem Netzanalysetool modelliert, simuliert und analysiert werden können.

Motivation

Das **E**nergy **S**ystems **L**ab (ESL) der BFH beschäftigt sich im Bereich der Energietechnik intensiv mit der Messung, Analyse und Modellierung der Spannungsqualität. Dazu gehört vor allem die Analyse zukünftiger Probleme. Das Stromversorgungsnetz ist eine Plattform, auf der immer mehr Schwingkreise mit sehr unterschiedlichen Eigenfrequenzen auftreten. Diese entstehen durch Kombinationen von RLC-Gliedern und aktiven Reglern. Neben den durch Normen begrenzten Oberschwingungen, sind davon auch Schwingungen unterhalb der Grundschwingungsfrequenz betroffen. Die sogenannten subharmonischen Schwingungen sind kein unbekanntes Phänomen. Es handelt sich dabei um natürliche Frequenzen, die in allen schwingfähigen Systemen vorkommen. Im elektrischen Versorgungsnetz beschreiben sie die Amplitudenänderung der Spannung beeinflusst durch, beispielsweise Laständerungen, Spannungsregelung oder bedingt durch das mechanische System eines Netzelements (Bsp. Torsionsschwingungen von grossen Maschinen). In der Vergangenheit haben sie ungewollte Ausschaltungen oder teilweise enorme Schäden bei Kraftwerken verursacht. Dies hat zum Einsatz von zusätzlichen Schutz- und Überwachungsgeräten von Netzen und Anlagen geführt.



Einteilung der systemrelevanten Komponenten einer Photovoltaikanlage

Resultate

Mit der Software PowerFactory von DIgSILENT ist es möglich subharmonische Schwingungen im Verteilnetz und Interaktionen zwischen den Betriebsmitteln zu simulieren. Die Wahl der Simulationsart bildet eine sehr entscheidende Basis. Aus den Untersuchungen geht hervor, dass die RMS-Simulation (Mittelwertbildungen im Millisekunden-Bereich) für Schwingungen zwischen verschiedenen Regelkreisen bis zu einer Frequenz unter 25 Hz gut geeignet ist. Dies ohne grossen Rechenaufwand. Eine in der Software implementierte Eigenwertberechnung kann die Analyse unterstützen. Zur Untersuchung von Effekten in Zusammenhang mit dem Übertragungssystem (Kapazität und Induktivität des Netzes) ist aufgrund der Berechnungsalgorithmen die EMT-Simulation (Effektivwert) zu wählen.

Messbare Schwingungen lassen sich sehr gut über die mechanischen Zusammenhänge eines Netzelementes nachweisen. Zum Beispiel ist die Resonanzschwingung des Rotorstrangs eines Wasserkraftwerks erkennbar. Eine ausführliche Analyse für Wasserkraftwerke und Photovoltaikanlagen (siehe Abbildung) ist gemacht worden. Auch wenn eine gemessene Oszillation einem Element zugeordnet werden kann, ist das Verhalten (Frequenz, Dämpfung, etc.) durch alle Elemente, das heisst alle Erzeuger, Regler, Verbraucher und Betriebsmittel des Übertragungssystems, in Kombination bestimmt.

Die Oszillationen werden durch eine Schaltung, einen Unterbruch oder ähnliches angeregt. Ist das Netz stabil, wird die Schwingung gerade wieder abklingen. Ist nun die Netzkonstellation ungünstig und die angeregte Schwingung trifft auf eine Resonanz (netzbedingt oder systembedingt), so flacht diese nicht mehr ab. Eine bleibende Oszillation oder sogar das Erreichen von Systemgrenzen ist die Folge. Im Hinblick auf zukünftig mögliche Netzstrukturen zeigt die Master-Thesis, wie verschiedene geregelte Elemente zusammen agieren, und welche Parameter entscheidend sind um die Stabilität zu halten.

Andreas Gut
andreas.gut@bfh.ch
res_agut@outlook.com