



DOKUMENTATION

Modellierung und Simulation eines Inselnetzes in Matlab/Simulink mit Fokus auf Speichertechnologien

WS 2023/2024
Magnus Müller
Steffen Sterthoff
Darius Daub

Lehrender: Prof. Dr. Oliver Feindt
Speichertechnologien
Master Energietechnik

HOCHSCHULE BREMEN
CITY UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Fakultät Natur und Technik
Abteilung Maschinenbau

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	2
2.1 Stabilität in Inselnetzen	2
2.2 Speichertechnologien in Inselnetzen	2
3 Stand der Technik	4
3.1 Färöer Inseln	4
3.2 Einsatz von Speichertechnologien	4
4 Modellbeschreibung	5
4.1 Erzeuger	5
4.1.1 Windenergie	5
4.1.2 Photovoltaik	5
4.2 Verbraucher	5
4.3 Speicher	5
4.4 Netzmodell	5
4.4.1 Bilanziell	5
4.4.2 Dreiphasig	5
5 Simulationsergebnisse	6
6 Auswertung	7
7 Ausblick	8
8 Fazit	9

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1 Einleitung

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Stabilität in Inselnetzen

2.2 Speichertechnologien in Inselnetzen

Wozu Speicher? Für diese Projektarbeit soll ein autarkes Inselnetz mit regenerativer Energieerzeugung modelliert und simuliert werden. Aus verschiedenen Gründen, welche im Folgenden genauer erläutert werden sollen, ist der Einsatz von Speichertechnologien für die Umsetzung eines solchen Inselnetzes zwingend notwendig.

Grundlegend ist eine lückenlose Energieversorgung innerhalb eines Netzes nur möglich wenn nahezu gleich viel Energie in das Netz eingespeist und abgenommen wird. Entscheidende Parameter für die Regelung der Energieerzeugung sind dabei vor Allem die Netzfrequenz und -spannung. Das deutsche Verbundnetz ist dafür in vier Regelzonen unterteilt, welche wiederum in verschiedene Bilanzkreise unterteilt sind. Innerhalb dieser Bilanzkreise wird anhand von Vorraussagen für den nächsten Tag versucht eingespeiste und entnommene Leistung auszuregeln. Durch den schwankenden Leistungsbedarf sind Abweichungen hier allerdings die Regel. Bei der Betrachtung eines regenerativen Inselnetzes kommt die volatile Natur von regenerativen Energieerzeugern als weiterer Faktor hinzu und erschwert eine korrekte Vorraussage enorm. Diese Abweichungen der tatsächlich benötigten Leistung von der bereitgestellten führen zu Frequenzschwankungen welche sich wiederum negativ auf die Netzstabilität auswirken. Zum Ausgleich dieser Schwankungen muss Regelernergie zur Verfügung gestellt werden.

Die benötigte Energie ist dabei unterteilt in Momentanreserve, Primärreserve, Sekundärreserve und Tertiärreserve. Die Momentanreserve, welche geringe Frequenzabweichung direkt ausgleichen soll, wird im deutschen Verbundnetz durch die Schwungmasse der Kraftwerks-Synchronmaschinen bereit gestellt. Die Primärreserve hingegen greift erst ab einer Abweichung von 20mHz und muss nach spätestens 30 Sekunden sowie für mindestens 15 Minuten vollständig zur Verfügung stehen. Hierfür werden heute schon zunehmend Batteriespeicher eingesetzt. Zusätzlich wird nach 30 Sekunden die Sekundärregelleistung bereit gestellt,

welche für eine Stunde verfügbar sein muss. Nach 15 Minuten wird diese dann von der Tertiärregelreserve abgelöst, welche ebenfalls für eine Stunde verfügbar sein muss. Die beiden letzten Regellenergie-Kategorien werden in aller Regel von Kraftwerken in Teillast oder Kraftwerken mit kurzen Anfahrzeiten erzeugt. Zuletzt werden einzelne Netzabschnitte vom Netz getrennt um einen Zusammenbruch des Bilanzkreises zu vermeiden. Dieses Vorgehen bleibt allerdings die äußerste Maßnahme und soll in aller Regel vermieden werden.

Für ein Inselnetz besteht nicht die Möglichkeit Teilnetze abzutrennen. Im schlimmsten Fall müssen einzelne Verbraucher und Erzeuger vom Netz getrennt werden um einen stabilen Betrieb zu sichern. Um das weitestgehend zu vermeiden, ist eine Überdimensionierung von Erzeugern und Speichern meist das Mittel der Wahl. Große Speicher zur Primärreserve bilden dabei einen wichtigen Grundpfeiler, wobei gerade Batteriespeicher auf Grund ihres schnellen Regelverhaltens in Frage kommen.

Zusätzlich sollen hier neben der Regelreserve der Vollständigkeit halber die Regelleistungsprodukte Enhanced Frequency Response (EFR) und Virtuelle Schwungmasse (VSM) erwähnt werden. Diese sind zwar noch nicht in den deutschen Markt integriert, könnten aber in der Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

Rahmenbedingung und Bestimmungen

Betriebsstrategien zu Batteriespeichern

3 Stand der Technik

3.1 Färöer Inseln

3.2 Einsatz von Speichertechnologien

4 Modellbeschreibung

4.1 Erzeuger

4.1.1 Windenergie

4.1.2 Photovoltaik

4.2 Verbraucher

4.3 Speicher

4.4 Netzmodell

4.4.1 Bilanziell

4.4.2 Dreiphasig

5 Simulationsergebnisse

6 Auswertung

7 Ausblick

8 Fazit