

**Universität  
Rostock**



Traditio et Innovatio

**Stability of Island Grids:  
A Study of Required Grid-Forming Wind  
Turbines Taking into Account Load  
Impact**

**Dissertation**

for

obtaining the academic degree of  
Doctor of Engineering (Dr.-Ing.)

of the Faculty of Computer Science and Electrical Engineering  
of the University of Rostock

submitted by:

M.Eng. Nastaran Hammes

Rostock, 10.06.2025

## **Abstract**

The rapid increase in the penetration share of power electronics has led the AC grid to an unprecedented mutation. In this transition, additional inertia and short circuit power along with other capabilities of a synchronous machine will be necessary to maintain security of the AC grid. In order to stay in the track with this transition, these challenges can be addressed using grid forming converter control. The approach has shown positively influencing system stability in offshore and microgrid application.

This thesis addresses the approach to adopt the grid forming control to be compatible with extracting inertia from wind turbine rotor and to meet the requirements for transmission grid. A wind turbine with back-to-back converter configuration is considered and implementation of a full grid-forming control is addressed. The grid forming solution which is proposed in this work offers the following key features: working in optimum torque range during normal operation, provision of inertia emulation and participation in the voltage and frequency control during dynamic situations. Detailed analysis and studies is performed to assess the functionality of the developed control facing transients from the AC grid.

In recent years, many studies have shown the influence of grid forming in stabilizing the grid following certain disturbances. In this work, a comprehensive overview and study is given by detail EMT simulations on different aspects which are influencing the minimum required inertia. The influence of load on the required inertia or required percentage of grid forming units is vastly investigated in this work. Along with that, other factors like varying depth of disturbances and impact of operation point of wind turbines is studied and discussed.

The thesis provides a trendline for each participating factor individually and compares them together. The final results of this work emphasizes on the necessity of load dynamics studies and provides a more realistic view over performance of a grid forming wind turbine in different disturbances within a small-scale network, rather than an infinite bus.

## Abstrakt

Die rasche Zunahme des Anteils der Leistungselektronik hat das Übertragungsnetz zu einer noch nie dagewesenen Veränderung geführt. Bei diesem Übergang werden zusätzliche Trägheits- und Kurzschlussleistungen zusammen mit anderen Fähigkeiten einer Synchronmaschine erforderlich sein, um die Stabilität des Übertragungsnetzes zu gewährleisten. Um eine sichere Transition zu bekommen, können diese Herausforderungen mit einer netzbildenden Umrichtersteuerung angegangen werden. Dieser Ansatz hat sich als positiv für die Systemstabilität in Offshore- und Microgrid-Anwendungen erwiesen.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Ansatz, existierende netzbildende Regelungen zu adaptieren, um die Trägheit des Windturbinenrotors auszunutzen und die Anforderungen des Übertragungsnetzes zu erfüllen. Es wird eine Windturbine in Back-to-Back-Konfiguration der Umrichter betrachtet und die Implementierung einer allumfassenden netzbildenden Regelung untersucht. Die in dieser Arbeit vorgeschlagene Lösung zeichnet sich durch die folgenden Hauptmerkmale aus: Arbeiten im optimalen Drehmomentbereich während des Normalbetriebs, Bereitstellung einer Trägheitsemulation und Beteiligung an der Spannungs- und Frequenzregelung während dynamischer Situationen. Detaillierte Analysen und Studien werden durchgeführt, um die Funktionalität der entwickelten Steuerung bei Transienten aus dem Wechselstromnetz zu bewerten.

In den letzten Jahren haben viele wissenschaftliche Arbeiten den Einfluss der Netzbildung auf die Stabilisierung des Übertragungsnetzes nach bestimmten Störungen gezeigt. In der vorliegenden Arbeit wird ein umfassender Überblick durch detaillierte EMT-Simulationen zu verschiedenen Aspekten gegeben, die sich auf den minimal benötigten Trägheitsgrad auswirken. Der Einfluss der Last auf die erforderliche Trägheit oder den Prozentsatz der netzbildenden Einheiten wird in der vorliegenden Arbeit eingehend untersucht. Daneben werden auch andere Faktoren wie die unterschiedlichen Auswirkungen von Störungen und der Einfluss des Betriebspunktes von Windkraftanlagen untersucht und diskutiert.

Die vorliegende Arbeit liefert eine Tendenz für jeden der beschriebenen Faktoren und vergleicht sie miteinander. Die finalen Erkenntnisse unterstreichen die Notwendigkeit

---

von Studien zur Lastdynamik und bieten eine realistischere Sicht auf die Leistung einer netzbildenden Windkraftanlage bei verschiedenen Störungen in einem kleinräumigen Netz und nicht in einem unbegrenzten Stromnetz.