

Universität Rostock



Traditio et Innovatio

Physics-based Discrete Modelling and Digital Control Design for Grid-Side Inverters for Renewable Energy

Dissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

der Fakultät für Informatik und Elektrotechnik

der Universität Rostock

vorgelegt von
M.Sc. Michael Schütt
aus Rostock

Rostock, 24.06.2022

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die Methodik der Analyse und des anschließenden Regelungsentwurfs für die LC-Filteranwendung am Beispiel einer 5 MW Windturbine dargelegt. Die Kapitel führen nacheinander durch die verschiedenen Komplexitätsstufen von der kontinuierlichen Analyse über die Modellierung im diskreten Raum bis hin zum Entwurf des Regelalgorithmus, der in eine mikrocontrollerbasierte Hardware integriert ist. Die Methoden in jedem Komplexitätsschritt veranschaulichen den Prozess, beginnend mit der Identifizierung des Regelungsproblems, über die Regelungslösungen und endend mit der Bewertung mittels dynamischer Analyse.

In diesem Beitrag wird eine kohärente Methode zur direkten diskreten Modellierung der LC-Anlage vorgestellt. Die entwickelten Modelle bilden die Grundlage für den Regelungsentwurf im Z -Bereich mit aktiver Dämpfung und Beobachterstrukturen, die zur Kompensation der Systemverzögerungen eingesetzt werden. Die Simulationsergebnisse werden mit Hilfe eines Niederspannungsprüfstandes an der Universität Rostock ausgewertet. Das experimentelle Kapitel stellt den Skalierungsprozess und die Grenzen solcher Niederspannungsprüfstände dar.

Das Problem der aktiven Dämpfung durch Kondensatorstromrückführung ist im kontinuierlichen Raum einfach und unproblematisch. Der diskrete Raum stellt jedoch viele zusätzliche Herausforderungen dar, wie z. B. Verzögerungen, die Unfähigkeit, kontinuierliche Signale zu modulieren, und der verzerrte z -Bereich, der die Eigenwertplatzierungen verändert. Die vorgeschlagenen Strategien meistern diese Herausforderungen und weisen ähnliche dynamische Eigenschaften auf wie die kontinuierliche Referenz.

Abstract

This work lays out the methodology of the analysis and consequent control design for the LC filter application on the example of a 5 MW wind turbine. The chapters progress sequentially through the different complexity steps from the continuous analysis to the discrete-space modeling to control algorithm design, integrated into a microcontroller-based hardware setup. The methods in each complexity step illustrate the process, starting with the identification of the control issue, through the control solutions, and ending with the evaluation using dynamic analysis.

This paper presents a coherent method for direct discrete modeling of the LC plant. The developed models are the basis for the z-domain control design with active damping and observer structures used to compensate for the system's delays. The simulation results are evaluated via a low-voltage test bench at the University of Rostock. The experimental chapter presents the scaling process and the limits of such low-voltage test benches.

The problem of active damping via capacitor current feedback is straightforward and benign in the continuous space. However, the discrete space presents many additional challenges such as delays, the inability to modulate continuous signals, and the warped z-domain space that alters eigenvalue placements. The proposed strategies tackle these challenges and exhibit similar dynamic properties compared to the continuous reference.