

## Abstract

A better understanding and development of power electronic devices technology and renewable energy technology has pioneered research motives with futuristic aims towards establishment of DC grids. High power density and compact solutions are within the scope of practicability of DC systems. Out of the multifarious DC/DC converter topologies, the ones with soft switching characteristics are preferred more due to their quasi zero switching loss, thereby aiding efficiency. This thesis is dedicated to analyse an MVDC Microgrid based on Dual Active Bridge topology. Detailed focus has been put forth on both modelling and control of DAB.

This thesis considers both single phase DAB (DAB1) and three phase DAB (DAB3) as suitable candidates for the grid. In the converter level, state space models are derived for the DABs with a CPL assumption. For a conventional modulation scheme involving the DAB1 converter, a modification in modelling is suggested for the existing literature. Moreover, a triple phase shift modulation (TPS) based state space model with switching functions is freshly derived for a DAB1 converter. A switching function based small-signal model is also derived for a DAB3 converter. Modelling of buck converters is carried out for representing realistic CPLs. A discrete domain framework from the literature is chosen to accommodate deadtime delays and sensor delays while discretizing the continuous time plant.

Various decentralised robust control methodologies are implemented. The major ones being: LQI,  $H_2$ ,  $H_\infty$  and MPC. A new mixed sensitivity based approach, TPS-  $H_\infty$  is proposed for the DAB1 converter. As a base case scenario in DAB3, a cascaded control strategy with nonlinear feed forward from the literature is applied. A virtual impedance based droop control is designed at the secondary level for power sharing. In the system level, a passivity based stability criterion is applied for choosing appropriate filter structure for parallel operation of DABs and to study system stability in open loop and closed loop. Large signal simulation studies are performed on Matlab software to validate and compare the control performance and grid dynamics.

**Keywords:** MVDC, Microgrid, DAB, DC/DC Converter, LQI,  $H_2$ ,  $H_\infty$ , MPC, TPS

## Kurzfassung

Ein besseres Verständnis der Leistungselektronik hat neue Forschungstrends für die Realisierung von DC ermöglicht. Hohe Leistungsdichte und kompakte Lösungen liegen im Bereich des Machbaren für DC Systemen. Aus den vielfältigen DC / DC-Wandler-Topologien werden diejenigen mit weichen Schaltcharakteristiken bevorzugt. Aufgrund ihres quasi-Null-Schaltverlusts erreichen sie eine hohe Effizienz.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Analyse eines MVDC-Microgrids auf Basis der Dual Active Bridge (DAB) Topologie. Der Schwerpunkt lag sowohl auf die Modellierung als auch auf die Regelung von DABs in Microgrids. Diese Arbeit betrachtet sowohl Einphasige-DAB (DAB1) als auch Dreiphasige-DAB (DAB3) als mögliche Komponenten für das Netz. Auf Konverterebene werden Zustandsraummodelle für die DABs unter der Annahme von Constant Power Loads (CPLs) hergeleitet. Für ein herkömmliches Modulationsschema mit dem DAB1-Umrichter wird eine Modifikation der Modellierung präsentiert. Zusätzlich wird für die DAB1 ein Zustandsraummodell basierend auf der Phasenverschiebungsmodulations (TPS) hergeleitet. Für die DAB3 wird ein Kleinsignalmodell auf Schaltungsebene abgeleitet. Mögliche Zeitverzögerungen durch Totzeiten und Sensoren werden mit einer zeitdiskreten Modellierung berücksichtigt.

Zur Stabilisierung des Microgrids werden verschiedene dezentrale robuste Regelmethode implementiert (LQI, H<sub>2</sub>, H<sub>∞</sub> und MPC) und im Falle der DAB3 mit dem einem linearen Regler verglichen. Ein neuartiger Sensitivitätsansatz wird für die DAB1 vorgestellt. Der sekundäre Regelkreis beruht auf einer Droop-Regelung mit virtueller Impedanz. Auf der Systemebene wird ein passivitätsbasiertes Stabilitätskriterium angewendet, um eine geeignete Filterstruktur für den parallelen Betrieb von DABs zu wählen. Die Systemstabilität wird sowohl im offenen als auch im geschlossenen Regelkreis analysiert. Die Regelgüte und die Netzdynamiken werden mithilfe von Matlab Simulationen untersucht.

**Schlüsselwörter:** MVDC, Microgrid, DAB, DC / DC Konverter, LQI, H<sub>2</sub>, H<sub>∞</sub>, MPC, TPS