
Konzipierung und Vermessung hydrostatischer Windkraftgetriebe

In der vorliegenden Arbeit wird ein hydrostatischer Triebstrang für Windenergieanlagen konzipiert und sowohl statisch als auch dynamisch an einem Prüfstand analysiert. Aufbauend auf dem Stand der Technik werden vier unterschiedliche hydrostatische Konzepte vorgestellt und mit vereinfachten Simulationen hinsichtlich des Energieertrags und der Systemkomplexität bewertet. Anschließend konzentriert sich die Arbeit auf vollhydrostatische Triebstränge. Diese werden detailliert in 1-D Systemsimulationen abgebildet und optimiert. Es folgt eine Validierung der Modelle mit Hilfe eines Systemprüfstands.

Das dynamische Verhalten des neuartigen Triebstrangs in dieser Anwendung wird mit Hilfe eines mathematischen Modells beschrieben und bewertet. Am Prüfstand durchgeführte dynamische Messungen dienen der Bestimmung einzelner Parameter des Modells sowie dem Abgleich der Ergebnisse. Neben dem eigentlichen Getriebe werden auch die erforderlichen Peripheriesysteme betrachtet und eine Steuerung umgesetzt. Das Gesamtsystem aus Getriebe, Peripherie und Steuerung wird mit Hilfe einer Hardware-in-the-Loop Kopplung am Prüfstand mit realen Windkollektiven belastet und erprobt. Auf Basis der Messungen lässt sich der Energieertrag einer WEA mit hydrostatischem Triebstrang für einen beliebigen Standort mit bekannter Windverteilung ermitteln. Eine abschließende Konfiguration eines Getriebes aus am Markt verfügbaren Komponenten führt die gewonnenen Erkenntnisse in einem System zusammen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Forschungsarbeiten die gute Dynamik und Regelbarkeit des Triebstrangs in dieser speziellen Anwendung. Die verwendeten Druckbegrenzungsventile schützen das System vor Überlasten und erhöhen damit die Betriebssicherheit. Einer der wesentlichen Vorteile besteht in der direkten Kopplung des Generators mit dem Stromnetz. Da die Steuerung und Regelung der Anlage vollständig im hydrostatischen Triebstrang vorgenommen wird, ist eine elektrische Anpassung der Generatorfrequenz an die Netzfrequenz nicht erforderlich. Im Teillastbereich kompensiert das Abschalten einzelner Einheiten den im Normalfall abfallenden Wirkungsgrad und steigert damit den Ertrag der Anlage. Die gute Skalierbarkeit durch eine gleichmäßige Belastung aller Bauteile ermöglicht eine zuverlässige Steigerung der übertragenen Leistung.

Design and measurement of hydrostatic transmissions for wind turbines

The research presented in this work analyses a hydrostatic drivetrain for wind turbines covering its static and dynamic behaviour. Based on the state of the art, four different hydraulic concepts are configured and evaluated by using simplified simulations and estimating their complexity. Subsequently, the work concentrates on fully hydrostatic drivetrains. These are modelled and optimised in 1-D simulations which are validated by test bench measurements.

The dynamic behaviour of the hydrostatic transmission for this application is evaluated by using a mathematical model. Dynamic test bench measurements are used to determine specific parameters of the model and to validate the results. In Addition to the main transmission, the required peripheral components are also considered and a main controller is implemented. Thus the entire system consisting of transmission, periphery and the controller is analysed on the test bench using a hardware-in-the-loop coupling and loading from a virtual turbine with real wind fields. Based on the measurement results, the energy yield of a wind turbine with such a hydrostatic drivetrain installed at any location with a known wind distribution can be determined. All findings are implemented into a final hydraulic configuration using components available on the market.

The research results illustrate the good dynamics and controllability of a hydrostatic drivetrain in this particular application. The installed pressure relief valves protect the system from overload and thus increase reliability. One of the main advantages is the direct coupling of the generator to the power grid. Since the hydrostatic drivetrain performs all the required control tasks, no frequency converter is required to adapt the generator frequency to the grid. In partial load overall efficiency can be increased by switching off single components and thus improving power production. Based on the uniform loads occurring in hydraulic components a hydrostatic transmission can be scaled up to higher power classes.