

Modellbildung, Analyse und Auslegung hydrostatischer Antriebsstrangkonzeppte

Kurzfassung

Der Energiebedarf einer mobilen Arbeitsmaschine, wie z. B. einem Radlader mit 120 kW Antriebsleistung, wird durch eine Vielzahl unterschiedlicher Lastzyklen definiert. Der Kraftstoffverbrauch der Maschine ergibt sich aus dem Zusammenspiel von Hardware (Dieselmotor und Getriebe) und Software (Getriebesteuerung) des Antriebsstrangs. Durch den Einsatz kontinuierlich verstellbarer Getriebekonzeppte, wie z. B. hydrostatischer Getriebe oder hydrostatisch-mechanischer Leistungsverzweigungsgetriebe, werden Fahrgeschwindigkeit und Dieselmotordrehzahl entkoppelt und für die Getriebesteuerung steht ein zusätzlicher Freiheitsgrad zur Verfügung.

Hydrostatisch-mechanische Leistungsverzweigungsgetriebe kombinieren vorteilhaft die kontinuierliche Verstellbarkeit hydrostatischer Getriebe mit dem hohen Wirkungsgrad mechanischer Getriebe. Zur Bewertung von Funktion, Leistungsflüssen, Verlusten und Kraftstoffverbrauch kommen zunehmend Simulationen als Handwerkszeug der Entwicklungsingenieure zum Einsatz. Dazu müssen die eingesetzten Simulationsmodelle in der Lage sein, das komplexe Verlustverhalten, das nicht nur durch das Getriebe, sondern insbesondere durch den Dieselmotor und die Getriebesteuerung bestimmt ist, realitätsnah abzubilden.

Diese Arbeit leistet einen Beitrag zur Bewertung von Einsatzmöglichkeiten der Simulation hydrostatischer Antriebsstrangkonzeppte. Dabei berücksichtigt die Modellbildung nicht nur detailliert die Verluste in den hydrostatischen Einheiten, sondern berechnet darüber hinaus die Verluste in mechanischen Getriebekomponenten aus empirischen Gleichungen. Wohingegen die Verluste in den hydrostatischen Einheiten über spezielle Verlustmodelle, die im Rahmen der Arbeit bewertet werden, in die Simulation eingebunden werden.

Mit besonderem Fokus auf die Systematik und Modellbildung hydrostatisch-mechanischer Leistungsverzweigungsgetriebe werden drei unterschiedliche Untersuchungsmethoden für Getriebe und Antriebsstrangkonzeppte eingesetzt. Auf diese Weise können Kennlinien und Kennfelder erstellt sowie Häufigkeitsverteilungen der während der Lastzyklen an den interagierenden Komponenten (Pumpen, Motoren, Planetengetriebe) auftretenden Betriebspunkte (Druck, Drehzahl, Verdrängungsvolumen) ermittelt werden. Dabei erhöht die Verifikation der simulierten Ergebnisse anhand von Messungen die Relevanz der Antriebsstrangsimulation. Beispielhaft kommen zyklusbasierte Simulationen für die Entwicklung eines Leistungsverzweigungsgetriebes mit drei Fahrbereichen zum Einsatz. Für dieses Getriebe werden die drei Grundkonzeppte der hydrostatisch-mechanischen Leistungsverzweigung in jeweils einem Fahrbereich umgesetzt.

Modeling, Analysis and Design of Hydrostatic Drive Line Concepts

Abstract

Energy requirements for off-highway machines, e.g. wheel loader of 120 kW engine power, are determined by numerous load cycles. Fuel consumption of the machine results furthermore from the interaction of hardware (diesel engine and transmission) and software (transmission control unit) in the drive train concept. Utilization of continuous variable transmissions (CVT), e.g. hydrostatic transmissions or hydro-mechanical power split transmissions, decouples engine speed and vehicle velocity and therefore enables an additional degree of freedom.

Hydro-mechanical power split transmissions combine continuous variability of hydrostatic transmissions and high efficiency of mechanical transmissions. For evaluation of functionality, power flows, losses and fuel consumption system simulation is a suitable tool for design engineers. The applied simulation models have to be capable of modeling the complex loss behavior close to reality. These losses are not only determined by the transmission itself but also and in particular by the diesel engine and the transmission control unit.

This thesis contributes to the evaluation of the application potential of various simulation approaches for the simulation of hydrostatic drive line concepts. Modeling is not only considering detailed losses in hydrostatic pumps and motors but is additionally calculating the losses caused by mechanical transmission components. The mechanical losses are calculated according to empiric equations. Losses in hydrostatic units are implemented in the simulation by means of special loss modeling methods which are evaluated in scope of this thesis.

The focus is on the systematic as well as on the modeling of hydro-mechanical power split transmissions. Three different approaches for the investigation of drive line concepts are introduced. By this means characteristic curves and maps can be generated as well as frequency distributions of operation conditions (pressure, speed, displacement) of the interacting components (pumps, motors, planetary drives) during load cycles. By the experimental verification of the simulated results significance of the simulation approaches is increased. As a concluding example the cycle-based simulations are applied for the development of a 3-stage power split transmission. The three stages of the transmission utilize the three different basic concepts of power split transmission.