

Zusammenfassung

Diese Dissertation untersucht die Effizienzsteigerung hydraulischer Mehrverbrauchersysteme durch die Einführung eines neuartigen Wirkprinzips der variablen Leistungsverchiebung. Hydraulische Mehrverbrauchersysteme, die traditionell häufig auf Widerstandssteuerungen basieren, zeigen oftmals hohe systemische Verluste, die die Gesamteffizienz beeinträchtigen. Dies steht im Konflikt mit den immer stärker werdenden Bemühungen, die Effizienz mobiler Arbeitsmaschinen zu steigern, was wiederum notwendig ist, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren und der teureren Energiebereitstellung sowie der Speicherung alternativer Antriebe entgegenzuwirken.

Im ersten Abschnitt der Arbeit wird der aktuelle Stand der Forschung und Technik erläutert. Es werden verschiedene Versorgungssysteme aufgeführt, eingeordnet und deren Effizienz thematisiert. Mit dem Konzept des volumetrischen Strömungsteilers, welches später als Grundlage für die Entwicklung der variablen Leistungsverchiebung dient, wird eine sehr effiziente Art der Leistungsverteilung in hydraulischen Mehrverbrauchersystemen beschrieben und untersucht.

Darauf aufbauend erfolgt eine mathematische Beschreibung des Wirkprinzips der variablen Leistungsverchiebung, die es ermöglicht, hydraulische Leistung flexibel zwischen verschiedenen Verbrauchern zu verschieben. Die Realisierung der variablen Leistungsverchiebung erfolgt durch die Implementierung von Wandlereinheiten in jeden Antriebsstrang. Diese Wandlereinheiten ermöglichen die variable Entnahme von Leistung aus jedem Strang, die Wandlung in eine andere Energieform und das Zuführen in den Leistungsverchiebungszwischenkreis (LVZK). Von diesem ausgehend kann die Leistung variabel über eine andere Wandlereinheit in einen höher belasteten Strang verschoben werden. Statt überschüssige Leistung, wie bei den bereits bekannten Widerstandssteuerungen üblich, wegzudrosseln, wird diese von den niederbelasteten Strängen in den höchstbelasteten Strang verschoben, was zu einer signifikanten Reduzierung von Verlusten führen kann.

Die daraus resultierende Effizienzsteigerung im Vergleich zu herkömmlichen Versorgungskonzepten kann durch theoretische Berechnungen anhand beispielhafter, synthetischer Lastkollektive nachgewiesen werden. So benötigt beispielsweise das referenzierende Load-Sensing-System innerhalb dieser Berechnungen 45 % mehr Energie zum Abfahren des vorgegebenen Lastkollektivs.

Im praktischen Teil dieser Dissertation wird ein Versuchsstand entwickelt, um die theoretischen Annahmen zu verifizieren. Hierzu werden zunächst praktische Realisierungs- und Versorgungskonzepte ausgearbeitet und bewertet. Im Rahmen eines experimentellen Funktionsnachweises wird das ausgewählte elektrische Realisierungskonzept auf einem stationären Versuchsfeld aufgebaut. Anschließend werden anhand synthetischer Lastkollektive praktische Versuche durchgeführt und Messdaten aufgezeichnet. Die Auswertung der Messdaten und der Vergleich mit alternativen Versorgungssystemen zeigt, äquivalent zu den theoretischen Berechnungen, ein deutliches Potenzial zur Effizienzsteigerung.

Die Arbeit schließt mit einem Fazit, in dem die praktisch nachgewiesenen Einsparungen von über 25 % sowie die Vor- und Nachteile des Systems diskutiert werden.

Abstract

This dissertation investigates the efficiency enhancement of hydraulic multi-consumer systems through the introduction of a novel operating principle of variable power shifting. Hydraulic multi-consumer systems, which traditionally often rely on resistance control, frequently exhibit high systemic losses that impair overall efficiency. This contradicts the increasing efforts to enhance the efficiency of mobile work machines, which is necessary to reduce CO₂ emissions and to counteract the rising costs of energy provision and the storage of alternative drives.

The first section of the work explains the current state of research and technology. Various supply systems are presented, categorized, and their efficiency is discussed. The concept of the volumetric flow divider, which later serves as the basis for the development of variable power shifting, describes and examines a highly efficient method of power distribution in hydraulic multi-consumer systems.

Building on this, a mathematical description of the operating principle of variable power shifting is provided, allowing for the flexible transfer of hydraulic power between different consumers. The realization of variable power shifting is achieved through the implementation of conversion units in each drive train. These conversion units enable the variable extraction of power from each train, the conversion into another form of energy, and the feeding into the power shifting intermediate circuit (LVZK). From this point, power can be variably shifted via another conversion unit into a more heavily loaded train. Instead of throttling excess power, as is common in known resistance controls, this power is shifted from the lightly loaded trains to the heavily loaded train, which can lead to a significant reduction in losses.

The resulting efficiency improvement compared to conventional supply concepts can be demonstrated through theoretical calculations based on exemplary synthetic load collectives. For instance, the reference load-sensing system within these calculations requires 45% more energy to operate the specified load collective.

In the practical part of this dissertation, a test setup is developed to verify the theoretical assumptions. Initially, practical realization and supply concepts are worked out and evaluated. In the context of an experimental functional verification, the selected electrical realization concept is established on a stationary test field. Subsequently, practical tests are conducted based on synthetic load collectives, and measurement data is recorded. The evaluation of the measurement data and the comparison with alternative

supply systems show, in accordance with the theoretical calculations, a clear potential for efficiency improvement.

The dissertation concludes with a summary in which the practically demonstrated savings of over 25% as well as the advantages and disadvantages of the system are discussed.