

## Theoretische Grundlagen zur Verknüpfung von thermohydraulischer und thermoelektrischer Leistungswandlung in einem Aggregat - Thermohydraulischer Lineargenerator

DFG - HO 1483/72-1, KU – 1074/14-1, 2015 –

### Kurzfassungen:

Die Hydraulik ist in mobilen Maschinen die bis dato bevorzugte Art der Leistungswandlung und Übertragung. Beim Antragsteller beschäftigte man sich seit Jahren erfolgreich mit der Entwicklung eines vereinfachten, preiswerten Antriebsaggregates, der thermohydraulischen Freikolbenmaschine (FKM) für mobilhydraulische Hybridantriebe, welche in der Lage sind effizient und schadstoffarm die benötigte hydraulische Antriebsenergie auf der Arbeitsmaschine bereitzustellen. Aktuelle Entwicklungen in der Elektrotechnik ermöglichen die Erschließung neuer Anwendungsgebiete. Gründe für das Ersetzen konventioneller Antriebe sind erhöhte Energieeffizienz u. / o. verbesserte Steuer- und Regelbarkeit. Für künftige mobile Arbeitsmaschinen ist daher aus funktionellen und energetischen Gründen die gleichzeitige Bereitstellung hydraulischer und elektrischer Leistung in einem Primäraggregate wünschenswert. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die theoretischen Grundlagen zur Verknüpfung von thermohydraulischer und thermoelektrischer Leistungswandlung in einem Aggregat (thermohydraulischer Lineargenerator - THLG) zu schaffen, um damit zu einer belastbaren Abschätzung der technischen Realisierung und des technischen Aufwands zu kommen. Die gleichzeitige und in ihren Anteilen frei wählbare Bereitstellung hydraulischer und elektrischer Leistungen auf Basis des Freikolbenprinzips ist denkbar. Jedoch bedarf es grundlegender Forschungsarbeiten hinsichtlich des Zusammenspiels beider Energiewandlungen, einer stabilen Prozessführung sowie der Analyse und Bewertung der physikalischen Prozessgrößen in Bezug auf die zukünftige Auslegung eines Prototyps. Ausgehend von einer geeigneten Systemkonfiguration der FKM unter spezifischen Anforderungen wird ein leistungsdichtoptimierter und an den bestehenden Prototypen angepasster Lineargenerator entwickelt. Die Verknüpfung beider Leistungswandlungen erfordert eine abgestimmte Regelungsstrategie, welche sich aus den Abhängigkeiten der Teilsysteme untereinander und des dynamischen Verhaltens des Gesamtsystems ableiten lässt. Diese müssen eine anforderungsgerechte, gleichzeitige und variable Leistungsabgabe auf hydraulischer und elektrischer Seite erlauben sowie einen stabilen Betrieb gewährleisten. Hierzu sind verschiedene Regelungsansätze für den prinzipbedingten instationären Betrieb des Teilsystems Lineargenerator und für das hochdynamische Verhalten des Gesamtsystems THLG zu untersuchen. Um den Hardware-Aufwand gering zu halten, wird eine sensorlose Lageerfassung präferiert. Denn die Regelung der Linearmaschine erfordert genaue Kenntnis über die Läuferposition. Die mögliche Adaption hybrider sensorloser Verfahren über den gesamten Geschwindigkeitsbereich wird für den speziellen Anwendungsfall THLG analysiert. Im Ergebnis liegen somit detaillierte Angaben eines THLGs vor, ob und unter welchem technischen Aufwand dieser realisierbar ist. Sie schließen sowohl energetische als auch regelungstechnische Belange mit ein.

-----

Hitherto, hydraulics is the preferred type of power conversion and transmission in mobile machinery. For years, at the applicants, they have successfully been dealing with the development of a simple and inexpensive drive unit of the thermo-hydraulic free piston engine (FKM) for mobile hydraulic hybrid technology, which is capable of providing the required hydraulic propulsion power to the machine as efficiently and with as low-emissions as possible. Current developments in electric engineering enable the development of new applications. The reasons for replacing conventional drives are the increased energy efficiency and / or the improved controllability. Therefore, out of functional and energetic reasons, the simultaneous supply of hydraulic and electric power in a

primary unit for future mobile machines is desirable. The aim of the research project is to provide the theoretical basis for combining thermo-hydraulic and thermo-electric power conversion into one unit (thermo-hydraulic linear generator - THLG) in order to obtain a reliable estimate of the technical realisation and the technical complexity. The simultaneous and in its ratio freely selectable supply of hydraulic and electric power on the basis of the free piston principle is possible in principal.

However this requires fundamental research concerning the interaction between both energy transformations, of a stable process control as well as the analysis and assessment of the physical process parameters concerning the future design of a prototype. Starting from a suitable system configuration of the FKM under specific requirements, a linear generator which is optimized in power density and adapted to the existing prototypes is developed. The combination of both power conversions requires a coordinated control strategy, which can be derived from the dependencies of the subsystems with each other and the dynamic behavior of the whole system. These must allow a power output which meets the requirements and is simultaneous and variable on the hydraulic and the electric side as well as ensure a stable operation. For this purpose different regulatory approaches for the inner-stationary operation of the subsystem linear generator, which is conditional to principles, and the highly dynamic behavior of the complete system THLG are to be investigated. In order to keep hardware costs low, sensorless position detection is preferred, since the control of the linear machine requires an exact knowledge of the position of the mover. The possible adaptation of hybrid sensorless methods over the whole speed range is analysed for the specific application THLG. The result is detailed information on a THLG, whether and under which technical efforts it is practicable. They include both, issues of energetics and control.