

Pulsationsdämpfer für ein hybrides Pumpensimulationsmodell Modellsynthese und messtechnische Ermittlung der Modellparameter

Vortragender: Dr.-Ing. Heiko Baum (Geschäftsführer)

Co-Autor: Dipl.-Ing. Benjamin Erzberger (Projektingenieur)

FLUIDON Gesellschaft für Fluidtechnik mbH, Jülicher Straße 338a, 52070 Aachen

Tel.-Nr.: 0241-9609260, Fax-Nr.: 0241-9609262, E-Mail: heiko.baum@fluidon.com

1.1.1.1 Abstract

Pumpen sind die wesentliche Quelle von Volumenstrompulsationen in hydraulischen Leitungssystemen. Ursächlich hierfür sind die Verdrängermechanismen innerhalb der Pumpen, die zu einer zyklischen Volumenstromabgabe in das angeschlossene Leitungssystem führen. Im Besonderen trifft diese Problembeschreibung auf die Hochdruckpumpen von Kraftstoffsystemen zu, die an die variable Drehzahl des Verbrennungsmotors gekoppelt sind und das Leitungssystem breitbandig anregen. Für das Leitungssystem wiederum, welches aus einem Materialmix bestehend aus Metall, PA- und FPM-Schlauchleitungen aufgebaut ist und das, bis auf den FPM-Schlauchanteil, nur eine geringe Eigendämpfung hat, stellt die Pumpe eine Schwingungsrandbedingung dar, deren dynamisches Verhalten bei der Leitungsabstimmung zwingend mit berücksichtigt werden muss. Um die Rückwirkung auf das Leitungssystem zu minimieren, beinhalten die Pumpen daher zum Teil serienmäßig Pulsationsdämpfer.

Während sich Leitungen und Ventile, einschließlich ihrer jeweiligen Nichtlinearitäten, in einer zeitbereichsbasierten Simulation noch recht einfach abbilden lassen, ist die physikalische Modellierung einer Pumpe auch heute noch sehr aufwendig. Es bedarf eines detaillierten physikalischen Pumpenmodells, um die charakteristische druck- und drehzahlabhängige Volumenstrompulsation und die Pumpenimpedanz in der Simulation abzubilden. Der Aufbau derartiger Pumpenmodelle setzt dabei konstruktive Detailkenntnis voraus und ist, nicht zuletzt durch die immer noch notwendigen Validierungsmessungen und -simulationen, sehr zeitaufwändig und mit hohen Kosten verbunden. Die langen Rechenzeiten machen diese Modelle für eine simulative Analyse von Druckschwingungsphänomenen darüber hinaus nur sehr eingeschränkt nutzbar.

FLUIDON hat in diesem Zusammenhang ein hybrides Pumpenmodell entwickelt, bei dem die Volumenstrompulsation mittels Prüfstandsmessungen und die Pumpenimpedanz über klassische Analogien wie $\pi/4$ -Resonator oder ein hydraulisches RC-Glied abgebildet wird [1, 2]. Während dieser Ansatz für Flügelzellen und Radialkolbenpumpen aus der Servolenkungs- bzw. Fahrwerksanwendung ausreichend war, ist diese vereinfachte Abbildung für eine Pumpe mit integriertem Pulsationsdämpfer nicht zielführend. Das hybride Pumpenmodell wurde daher um einen physikalisch beschriebenen Pulsationsdämpfer erweitert.

Der Beitrag zeigt, wie der Pulsationsdämpfer in einem 1D-Systemsimulationsprogramm erstellt und mit Prüfstandsmessungen zunächst separat validiert wird. Anschließend wird eine Impedanzmessung simuliert, die Impedanz berechnet und mit der am Prüfstand ermittelten Impedanz verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass das hybride Pumpenmodell sehr gut dazu in der Lage ist, das dynamische Verhalten einer existierenden Hochdruckpumpe sowohl als Schwingungserreger als auch als Schwingungsrandbedingung in die Systemsimulation einzubinden. Die Stärken des hybriden Ansatzes liegen dabei nicht nur auf der einfachen und numerisch effizienten Umsetzung sondern auch darin, dass zur Modellerstellung keine detaillierten Informationen über die Pumpeninternia erforderlich sind.

Die diesem Beitrag zugrunde liegenden Arbeiten sind im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten ZIM-Projekts „OptiELF“ in einer Zusammenarbeit zwischen der FH Köln und der FLUIDON GmbH durchgeführt worden.

1.1.1.2 Thematischer Schwerpunkt

Experimentelle Dämpfungsbestimmung
Dämpfungsmodelle in der Simulation

1.1.1.3 Literatur

- [1] Baum, H., Becker, K., Faßbender, A.: Hybrid Pump Model for 1D Hydraulic System Simulation, The 9th International Fluid Power Conference, 9. IFK, 24-26 März 2014, Aachen
- [2] Baum, H., Becker, K., Faßbender, A.: Hybrides Pumpenmodell für die Systemsimulation - Synthese und messtechnische Ermittlung der Parameter, SIMVEC - Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung, 18.-19. November 2014, Baden-Baden