

Automatisierter Prozess zur robusten Auslegung von Federscheibenventilen in hydraulischen Fahrzeugstoßdämpfern

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der optimierten Auslegung von Federscheibenventilen. Es werden Modelle und Methoden erarbeitet, mit denen Federscheibenkombinationen identifiziert werden können, welche ein spezifisches Verhalten aufweisen oder robust gegenüber Geometrieunsicherheiten sind.

Anhand von vereinfachten Überlegungen und Messungen wird gezeigt, dass sich das Ventilverhalten bei quasi-stationären Dämpferanregungen sehr genau durch Druckmessungen beschreiben lässt und somit auf Öffnung-Druckverlust-Charakteristiken von Federscheibenaufbauten geschlossen werden kann. Die Untersuchung des Ventilverhaltens mittels Strömungssimulation zeigt, dass die Druckverteilung auf den Federscheiben für die hier untersuchten Betriebspunkte sehr homogen ist und die wirkenden Kräfte bestimmt werden können. Anhand dieser Ergebnisse wird eine Methode vorgestellt, die mittels der Finite Elemente Methode und vollständig automatisierten Prozessabläufen das Verhalten von Federscheibenaufbauten innerhalb weniger Minuten bestimmen kann.

Es wird eine skalare Optimierungsmethode präsentiert, die mittels Antwortflächen und stochastischen Methoden innerhalb weniger Stunden ausreichend genaue Federscheibenaufbauten für vorgegebene Charakteristiken identifizieren kann. Dieser Ansatz wird in einem weiteren Schritt auf ein bi-kriterielles Optimierungsproblem erweitert, in das zusätzlich der Öffnungsdruck eingeht. Mit Sensitivitätsanalysen wird gezeigt, dass nicht alle Scheiben einen ähnlichen Einfluss auf das Ventilverhalten haben. Untersuchungen auf dem Gesamtfahrzeugprüfstand zeigen, dass die so identifizierten Dämpfer auch im Fahrzeug ein nahezu identisches Antwortverhalten der Karosserie erzeugen.

Neben der skalaren bzw. bi-kriteriellen Optimierung wird die Robustheit der Federscheibenventile gegenüber Geometrieunsicherheiten untersucht. Es wird anhand von nachträglichen Robustheitsbewertungen gezeigt, dass sich die Robustheit der Aufbauten unterscheiden kann. Daher wird abschließend eine direkte robuste Optimierung vorgestellt, die gezielt robuste Federscheibenaufbauten identifiziert.

Automated Process for Generating Robust Shim Stack Valves in Hydraulic Vehicle Shock Absorbers

This thesis deals with the optimal generation of shim stack valves. Models and methods are created and presented which allow to identify shim stacks with a specific valve characteristic or a robust behavior against geometry uncertainties.

Simplified models and measurement results show that the valve characteristic for quasistatic damper excitation may be determined by the measurement of chamber pressures, and thus associated opening-pressure drop characteristics can be derived. The investigation of flow conditions within the damper by computational fluid dynamics reveals that the pressure distribution on the shim stack surface is rather homogeneous for the relevant operating points and the acting forces may be evaluated. These results allow to build up a simulation model based on the finite element method and automation scripts enabling investigations of shim stack combinations within a rather short simulation time.

A scalar optimization is presented based on response surfaces and stochastic methods. This approach identifies within several hours various shim stack combinations with sufficient fitting to a desired valve characteristic. In a subsequent step, the scalar optimization problem is extended to a bi-criteria optimization accounting for a correct representation of the valve opening pressure. The results of a sensitivity analysis show that some geometric quantities of the shim stack have more influence on the overall valve behavior than others. Measurements of a vehicle on a full vehicle test bench reveal that the identified valves create very similar chassis responses.

In addition to the already presented optimization methods, a robustness analysis against geometric uncertainties is performed. The results demonstrate that the various shim stacks have a different robustness. Therefore, a direct robustness optimization is presented which consider not only the behavior of nominal stacks but also the deviations due to manufacturing uncertainties.