

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine geometrische Optimierung eines vorhandenen Radialverdichters durch eine Kombination aus Optimierung der mechanischen Sicherheit sowie der Aerodynamik mittels der Software ANSYS und optiSLang. Anschließend wurden die Auswirkungen der optimierten Verdichter auf den zugehörigen Verbrennungsmotor eindimensional und dynamisch analysiert. Insbesondere wurden Lastwechsel bei niedriger und hoher Motordrehzahl sowie ein spezieller Fahrzyklus NEFZ simuliert und das System bezüglich Optimierung der Motorperformance betrachtet. Als Versuchsobjekt für die 1D-Simulation wird ein mit diesem untersuchten Verdichter verbundener Zweiliter-Vierzylinder-Dieselmotor genutzt.

Als Hilfe zur Optimierungsanalyse werden Verteilung und Größe jedes aerodynamischen Verlustes am Basismodell des Laufrades detailliert untersucht. Nach dem Verlustvergleich zwischen Basismodell und dem optimierten Verdichter-Laufrad wird eine Optimierungsstrategie für einen verbesserten Verdichtungseffekt erarbeitet. In dieser Arbeit wird das gesamte Optimierungsverfahren inklusive Samplingverfahren, Sensitivitätsanalyse, Optimierungsalgorithmen und Robustheitsanalyse ausführlich beschrieben.

Nach der aerodynamischen Simulation des gesamten Verdichtersystems und der Festigkeitsanalyse an einem vorhandenen Basisverdichter und dem optimiertem Verdichter zeigt sich am Designbetriebspunkt deutlich, dass der isentrope Wirkungsgrad nach der Optimierung um 2.24 % gestiegen ist und sich das Druckverhältnis um 4.34 % verringert sowie auch die Masse um 3 g abgenommen hat. Der Arbeitsbereich des optimierten Verdichters vergrößert sich und der Schluckmassenstrom erweitert sich nach rechts um 4.85 %. Zu einer erhöhten Sicherheit des Verdichters tragen die um 2.5 % verringerte maximale Deformation und ein um 2.7 % verringerter Höchstwert der Vergleichsspannung bei. Der Motor mit optimiertem Verdichter zeigt bei niedriger Motordrehzahl mit -34 % die größte Verringerung des Pumpverlusts, dabei steigt der effektive Wirkungsgrad des Motors um 1.2 %. Das Druckverhältnis der Turbine und die Turbodrehzahl verringern sich wegen der Optimierung beim Verdichter Op1 maximal um 7.2 % bzw. 3.8 %. Bei hoher Motorlast wird sich der Pumpverlust bei dem durch den optimierten Verdichter aufgeladenen Motor im Vergleich mit dem Basismodell maximal um 7.4 % verringern, während die Verringerung der Turbodrehzahl durch den optimierten Verdichter (-3.7 %) relativ klein ausfällt.

Abstract

The aim of this work is to geometrically optimize an existing radial compressor with regard to mechanical safety as well as aerodynamics, by means of ANSYS and optiSLang software. The effects of the optimized compressors on the associated combustion engine were also analyzed one-dimensionally and dynamically. In particular, load changes were simulated at low and high engine speeds as well as a special driving cycle NEFZ; the system was considered with regard to optimizing engine performance. As an experimental object for the 1D simulation, a two-liter four-cylinder diesel engine connected to this compressor was used.

As an aid to the optimization analysis, the distribution and size of each aerodynamic loss on the basic model of the impeller are examined in detail. After the loss comparison between the basic model and the optimized compressor impeller, an optimization strategy for an improved compression effect is developed. The entire optimization process, including sampling, sensitivity analysis, optimization algorithms and robustness analysis are described in detail.

After the aerodynamic simulation of the entire compressor system and strength analysis of an existing basic compressor and the optimized compressor, the design operation point clearly shows that the isentropic efficiency has risen by 2.24% after the optimization. In addition, the pressure ratio decreases by 4.34 % and the mass by 3 g. The operating range of the optimized compressor is increased and the choked flow increases to the right by 4.85%. The maximum deformation of the compressor is reduced by 2.5% and the maximum value of the reference voltage is reduced by 2.7%. The engine with the optimized compressor shows the largest reduction in pumping loss at a low engine speed of -34 %, while the effective efficiency of the engine increases by 1.2%. Because of the optimization of the compressor OP1, the pressure ratio of the turbine and the turbine speed are reduced by a maximum of 7.2 % and 3.8 % respectively. At a high engine load, the pump loss in the engine charged by the optimized compressor is reduced by a maximum of 7.4% compared to the basic model, whereas the reduction in the turbocharger by the optimized compressor (-3.7%) is relatively small.