

Diss. ETH Nr. 13862

# **ENGINE THERMOMANAGEMENT FOR FUEL CONSUMPTION REDUCTION**

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZURICH

for the degree of  
Doctor of Technical Sciences

presented by

ELENA CORTONA KANNE

Laurea di Dottore in Ingegneria Meccanica, Politecnico di Torino

born 28.4.1970

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. L. Guzzella, examiner

Prof. Dr. Ch. Bader, co-examiner

2000

## ABSTRACT

This thesis analyses the possibility of reducing vehicle fuel consumption by improving engine thermomanagement. It proposes a solution for advanced temperature control. In conventional applications, combustion engine cooling systems are designed to guarantee sufficient heat removal at full load. The cooling pump is belt-driven by the combustion engine crankshaft, resulting in a direct coupling of engine and cooling pump speed. It is dimensioned such that it can guarantee adequate performances over the whole engine speed range. This causes an excessive flow of cooling fluid at part-load conditions and at engine cold start. This negatively affects the engine efficiency and, as a consequence, the overall fuel consumption. Moreover, state-of-the-art cooling systems allow the control of the coolant temperature only by expansion thermostats (usually solid-to-liquid phase wax actuators). The resulting cooling temperature does not permit to optimise engine efficiency.

In this work an active control of the coolant flow as well as of the coolant temperature has been realized using an electrical cooling pump and an electrically driven valve which controls the flow distribution between the radiator and its bypass. For this purpose the whole cooling system has been modelled. Model based feedforward and feedback controls of coolant temperature and flow have been designed and tested.

The improvements obtained with the proposed configuration in terms of fuel consumption reduction have been measured on a dynamic test bench. Both engine cold start under stationary engine operation and the European Driving Cycle MVEG-A in case of engine cold start have been tested. The fuel consumption reductions achieved vary between 2.8% and 4.5% depending on the engine operating conditions. Compared to vehicle mass reduction or internal engine improvements engine thermomanagement is a simple and flexible solution which should be taken into account for its low realization costs.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Optimierung des Thermomanagements von Verbrennungsmotoren mit dem Ziel einer Verbrauchsreduktion. In konventionellen Anwendungen wird die Kühlmittelpumpe mittels eines Riemenantriebes direkt vom Motor angetrieben. Das Kühlsystem muss gewährleisten, dass auch unter extremen thermischen Bedingungen (Vollast bei Nenndrehzahl) genügend Wärme abgeführt werden kann. Durch die direkte Kopplung von Motor- und Pumpendrehzahl über den Riemenantrieb ist die Kühlleistung beim Teillastbetrieb mehrfach überdimensioniert. Dadurch wird der Motorwirkungsgrad verschlechtert, was eine Erhöhung des Brennstoffverbrauchs verursacht. Die konventionelle Regelung der Kühlmitteltemperatur wird mittels eines Thermostats (“expansion-element wax actuator”) realisiert. Der Öffnungsgrad des Thermostats regelt den Kühlmittelstrom durch den Kühler und damit die vom System abzuführende Wärmemenge. Die resultierende Kühlmitteltemperatur ist für normale Betriebsbedingungen (z. B. im MVEG-A Test-Zyklus) in allgemein nicht optimal.

Thema dieser Arbeit ist eine aktive Regelung sowohl des Kühlmittelstroms durch eine elektrische statt mechanische Kühlmittelpumpe als auch der Kühlmitteltemperatur durch ein regelbares Ventil anstatt eines Thermostats. Eine modellbasierte Regelung erfordert eine Modellierung des Gesamtsystems mit allen Komponenten. Das Modell wird anhand von Prüfstandsmessungen validiert und für den Entwurf verschiedener Regler verwendet.

Durch die Verwendung des vorgeschlagenen Thermomanagements kann eine Verbrauchssenkung von ca. 3% bei thermisch stationären Betriebsbedingungen bei Teillast erreicht werden. Zusätzlich verkürzt das Thermomanagement die Kaltstartdauer. Die daraus resultierende Verbrauchssenkung wird bei konstanter Last und Drehzahl im Bereich von 2.8% bis 4.5% gemessen. Kaltstartmessungen von MVEG-A Zyklen ergaben einen Verbrauchsvorteil von ca. 3%. Im Vergleich zu Massnahmen wie Gewichtsreduktion oder innermotorischer Optimierung stellt das vorgeschlagene System eine sowohl kostengünstige als auch flexible Methode der Verbrauchssenkung dar.