



Doctoral Thesis

Load control of SI engines using secondary valves

Author(s):

Vogel, Olivier Denis

Publication Date:

2000

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003913266> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 13633

LOAD CONTROL OF SI ENGINES USING SECONDARY VALVES

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
OLIVIER DENIS VOGEL

Dipl. Masch.-Ing. ETH

born 3.1.1969

citizen of Bonfol, JU

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. L.Guzzella, examiner

Prof. Dr. D.Favrat, co-examiner

2000

ABSTRACT

This thesis analyzes a novel approach for improving the efficiency of SI engines. Conventional engines use a throttle to control the engine load, causing substantial pumping losses at part load. An alternative way of implementing load control is to use an early intake valve closing (EIVC) scheme, which can reduce pumping losses significantly. To implement this, the conventional camshaft system is usually replaced with active devices (electromagnetic, hydraulic or other) which permit the variation of intake and exhaust valve timings. This thesis, in contrast, investigates a new system with similar impact on the engine cycle: by using additional secondary valves in the intake runner, engine load can be controlled without modifying the conventional camshaft system. These new valves can be made of lightweight plastic material which will permit fast transition durations (of the order of milliseconds) and moreover require low actuation power. The applications of such valves are not limited to load control, they also enable the reduction of internal residual gas recirculation at part load conditions. With that it becomes possible to use camshafts with large valve overlap enabling increased peak power even at low engine speed since the unacceptably high engine roughness of an aggressive camshaft at part load is reduced significantly.

An important aspect of this work is to estimate the fuel consumption of a vehicle during a driving cycle by using two models: the first captures the thermodynamic engine cycle and computes, among other results, fuel consumption for stationary engine conditions. With these results, part load fuel consumption maps are derived which form the base for the second simulation. The second model computes the fuel consumption of a vehicle during a driving cycle. Two different engine case-studies are analyzed: a vehicle with a conventional engine, and a vehicle whose engine is equipped with secondary valves. The final results show that in the latter case a fuel consumption reduction of 6.2% can be achieved during a *New European Driving Cycle* (MVEG-95) test when the power to drive the secondary valve actuators is neglected.

Both models are validated with experiments on a test bench. These experiments are performed on a Ford Zetec DOHC 4-cylinder 2.0-liter engine. Once with a conventional throttle and once with secondary valves on each cylinder port.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Einsparungspotenzial des Kraftstoffverbrauchs eines Viertakt Ottomotors beim Einsatz eines neuartigen Laststeuerungssystems. Bei konventionellen Motoren wird die Last mit einer Drosselklappe gesteuert, welche im Teillastbereich erhebliche Pumpverluste verursacht. Eine andere Möglichkeit der Laststeuerung besteht im Konzept des *frühen Einlass schliessen* (FES), welches den Vorteil aufweist, die Pumpverluste beträchtlich zu reduzieren. Dazu wird im allgemeinen der konventionelle Nockenwellentrieb der Ein- und Auslassventile durch einen elektromagnetischen oder hydraulischen Antrieb ersetzt, damit die Ventilsteuerzeiten variabel eingestellt werden können. In dieser Arbeit wird ein neues System vorgestellt, welches einen ähnlichen Effekt auf den thermodynamischen Motorprozess ausübt: Zusätzliche Ventile im Einlasstrakt übernehmen die Laststeuerung, ohne den konventionellen Nockenwellentrieb der Ein- und Auslassventile zu ersetzen. Die aus Kunststoff hergestellten zusätzlichen Ventile müssen im Bereich von Millisekunden schliessen oder öffnen, um effizientes FES zu ermöglichen. Der Einsatz solcher zusätzlicher Ventile beschränkt sich nicht nur auf die Laststeuerung, sondern ermöglicht auch eine Beeinflussung der innermotorischen Abgasrezirkulation. Damit können Nockenwellen mit grossen Ventilüberschneidungen verwendet werden, welche bei konventionellen Motoren im Teillastbereich zu nicht akzeptablen Motorvibrationen führen würden. Das zweite Ziel dieser Arbeit ist die Kraftstoffverbrauchsabschätzung eines Fahrzeugs in einem Fahrzyklus. Dazu wurden zwei Simulationen verwendet. Die Simulation des thermodynamischen Motorprozess liefert unter anderem den Brennstoffverbrauch in einem stationären Betriebspunkt. Durch die Berechnung verschiedener Betriebspunkte wurden Verbrauchkennfelder ermittelt, welche die Basis für die zweite Simulation bilden. Diese berechnet den Kraftstoffverbrauch eines Fahrzeuges während eines Fahrzyklus, wobei zwei Fälle untersucht wurden: Fall a) für einen konventionellem Motor, Fall b) für einen mit zusätzlichen Ventilen ausgerüsteten Motor. Die Resultate zeigen, dass im *Neuen Europäischen Fahrzyklus*

(MVEG-95) im Fall b) ein Kraftstoffeinsparpotenzial von bis zu 6.2% vorliegt. Der Energiebedarf der Ventilaktuatoren wurde in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Beide Simulationen wurden am Prüfstand validiert. Die Untersuchungen wurden an einem Ford DOHC 4-Zylinder Motor durchgeführt, wobei die Laststeuerung wahlweise mit einer Drosselklappe oder mit zusätzlichen Ventilen erfolgte.