



Demonstrationsfahrzeug mit kontinuierlich variabler Verdichtung (VCR)

Besuchen Sie unseren Stand auf dem
SAE World-Congress
3.-6. März 2003 in Detroit

Downsizing ist ein maßgeblicher Faktor für das günstige Verbrauchsverhalten und den Erfolg des Dieselmotors. Die damit erzielte, höhere spezifische Auslastung führt zu reduzierten Wärme- und Reibungsverlusten sowie beim Ottomotor zusätzlich zu reduzierten Drosselverlusten und wird daher auch beim Ottomotor zukunftsbestimmend sein.

INHALT

- Seite 1 Demonstrationsfahrzeug mit kontinuierlich variabler Verdichtung (VCR)
- Seite 3 Kostenoptimiertes SE von Antriebstechnik und Produktionstechnologie
- Seite 5 Lösungsansätze zur Erfüllung der US 2007 HD Grenzwerte für NFZ
- Seite 6 Leichtbaukurbelgehäuse
- Seite 7 FuelCon/ FuelRate

Die größere Lastspreizung resultiert jedoch beim Ottomotor aus erforderlicher Verdichtungsabsenkung und ungünstigerem Teillastverbrauch sowie höherem Anreicherungsbedarf. Zur vollen Ausnutzung des Downsizingpotentials bietet sich daher betriebspunktabhängig variable Verdichtung an.

Das neue System der FEV basiert auf einer exzentrischen Kurbelwellenlagerung. Diese ermöglicht durch Drehung der Exzenter eine vertikale Positionsänderung des Kurbeltriebs gegenüber dem Zylinderkopf und damit eine kontinuierliche Verstellung der Verdichtung.

Das Prinzip eignet sich auch für V-Motoren. Die Exzentrizität zum Getriebeeingang bzw. frontseitig wird durch Einsatz spezieller, bauraumneutraler Exzenterkupplungen kompensiert. Die schwungradseitige Einheit eignet sich auch für Zweimassenschwungrad- bzw. Schwungradstarter-/Generator-Anwendungen.

ZUM GELEIT



Liebe Leserinnen
und Leser,

das Jahr 2003 hat begonnen und es zeigt sich, dass viele manchmal konkurrierende Faktoren den globalen Automobil- und Nutzfahrzeugmotorenmarkt beeinflussen.

Das hohe Niveau der globalen Konkurrenz, kombiniert mit einem unsicheren ökonomischen Klima, veranlasst Motorenentwickler weltweit dazu zwischen einer wachsenden Anzahl von Faktoren wie einem viel größeren Kundekreis, regelnden und marktbestimmenden Attributen abzuwägen. Eine abnehmende Anzahl von Motoren und Getrieben werden für verschiedene Märkte und Fahrzeugplattformen entwickelt. Daraus resultiert der Bedarf an hochentwickelten Antrieben, die unterschiedliche Ziele in Bezug auf Kraftstoffverbrauch, Emissionen, Kosten, Zuverlässigkeit und NVH erfüllen müssen. Das geforderte Technologieniveau, um diese unterschiedlichen Anforderungen zu integrieren und zu optimieren ist Respekt einflößend.

In dieser Ausgabe des Spectrums präsentiert die FEV klare, greifbare Beispiele neuer Technologien und Entwicklungen, die direkt angewendet werden, um sicherzustellen, dass die Bedürfnisse unserer Kunden erfüllt werden. Die FEV wird weiterhin in neue Innovationen investieren, die effektiv zu einer Wertsteigerung der Produkte unserer Kunden führen. Wir glauben, dass dieses nur dadurch ermöglicht wird, wenn wir den höchstmöglichen Grad an technischer Dienstleistung und modernste Instrumentierungssysteme anbieten.

In dieser Hinsicht ist es unser Ziel, die Position der Weltmarktspitze zu erreichen.

Mit freundlichen Grüßen

Ihr

Gary Rogers
President und CEO, FEV Engine Technology, Inc.

Fortsetzung Titelseite

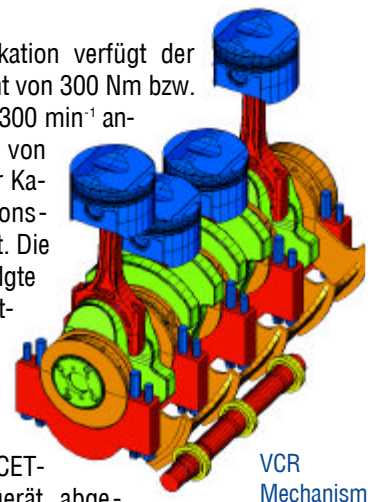
Die Verstellung des Verdichtungsverhältnisses zwischen 8 und 16 erfolgt durch einen Elektromotor, der Verstellzeiten von 0,1 s ($\epsilon \downarrow$) bzw. 0,5 s ($\epsilon \uparrow$) ermöglicht. Die Ausführung des Systems erlaubt die integrierte Fertigung auf bestehenden Produktionseinrichtungen. Die Kosten für das System belaufen sich auf etwa 140 Euro.

Die Erprobungen der Exzenterkupplung erfolgten auf Komponentenprüfständen. Eine Dauerlauferprobung an einem Prototypmotor erfolgte in mehr als 400 Stunden. Die Motorreibung verhält sich neutral gegenüber dem Basis-Serientriebwerk. Als akustisch unauffällig wurden sowohl Mechanik als auch Verbrennung beurteilt.

Thermodynamisch ergeben sich neben den im gesamten Kennfeld spürbaren Wirkungsgradvorteilen zusätzliche Vorteile durch hohe Laufruhe bei Leerlauf wie auch bei Vollast, hohe AGR-Verträglichkeit sowie günstiges Katheizpotenzial im Warmlauf. Darüber hinaus eignen sich zukünftige Antriebskonzepte wie z.B. Bivalent- oder Mehrstoffbetrieb als VCR-Anwendungen.

Die FEV hat ein Demonstrationsfahrzeug mit variabler Verdichtung dargestellt. Dazu wurde ein hoch aufgeladener 4-Zylinder Turbomotor mit der exzentrischen Kurbelwellenlagerung konstruiert und gefertigt. Die anhand des ersten Prototypen gewonnenen Erfahrungen konnten dabei bereits umgesetzt werden.

In der vorliegenden Applikation verfügt der Motor über ein Drehmoment von 300 Nm bzw. 21 bar Mitteldruck, die ab 2300 min^{-1} anliegen sowie eine Leistung von 160 kW bei 5500 min^{-1} . Der Kalibrierung wurde als Emissionsstufe EU IV zugrunde gelegt. Die Prüfstandsapplikation erfolgte mit DoE-Methodik. Die entsprechenden Anforderungen an die betriebspunktabhängig veränderliche Verdichtung wurden als zusätzliche Funktionen via ASCET-Schnittstelle zum Steuergerät abgelegt. Die Kommunikation zur ϵ -Aktuatorik erfolgt bidirektional zur Ansteuerung sowie auch zur Lage rückmeldung.



VCR
Mechanism

Die Verstellung des Verdichtungsverhältnisses ist im Fahrzeug nicht spürbar, da diese drehmomentneutral erfolgt. Das aktuelle Verdichtungsverhältnis wird in einem in der Mittelkonsole installierten Balkendisplay angezeigt.



VCR-Motor
In-Vehicle Installation

So ist weder ein Einfluss des Verdichtungsverhältnisses feststellbar, noch wird ein signifikanter Nachteil im NVH-Verhalten gegenüber der konventionellen 6-Zylinder-Motorisierung konstatiert.

Die sorgfältige Abstimmung des Brennverfahrens ermöglicht in weiten Teillastkennfeldbereichen die Maximalposition des Verdichtungsverhältnisses auf Anschlag. Selbst bei Konstantfahrt 140 km/h liegt das Verdichtungsverhältnis noch bei einem vergleichsweise hohen Wert von 14. Der maximale Verstellweg wird erst bei Vollastbeschleunigungen mit maximalem Ladedruck gefordert.

Mittlerweile konnten mit dem Fahrzeug mehrere tausend Kilometer im Versuchsbetrieb und bei Kundenvorfürhungen schaden- und verschleißfrei dargestellt werden.

Dabei haben sich bereits mehr als 100 Kunden in Probefahrten von der qualitativ guten Umsetzung, der guten Fahrbarkeit und Tauglichkeit des Systems überzeugen können. Die subjektive akustische Beurteilung des Motor fällt durchweg positiv aus.

Durch die am Rollenprüfstand im NEFZ ermittelte Verbrauchsmessung von über 7% allein durch variable Verdichtung konnte das stationär ermittelte Potential bestätigt werden.

Dr.-Ing. Knut Habermann

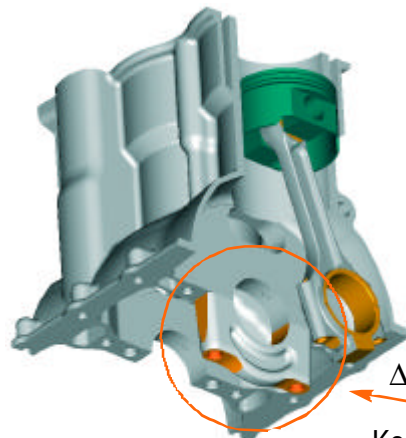
Kostenoptimierte simultane Entwicklung von Antriebstechnik und Produktionstechnologie

Die zukunftssichere Entwicklung von Fahrzeugantrieben erfordert die durchgängige simultane Integration von Produkt- und Produktionsentwicklung. In PEDCO (Production Engineering based Design and Cost Optimization), der Partnerschaft zwischen der FEV und PLATOS, bieten wir der Automobil- und Zulieferindustrie die hierzu erforderliche Kompetenz aus einer Hand.

Mit der Zusammenführung von erfahrenen Konstrukteuren und Experten auf dem Gebiet der Produktionsplanung und Kostenanalyse in einem Projektteam werden erhebliche Kostenreduzierungspotentiale im SE- (Simultaneous Engineering) Prozess erschlossen.

Das Know-how von Antriebsentwicklung und Produktionstechnologie wird mit großem Erfolg angewendet bei Kundenprojekten und Eigenentwicklungen zur

- Bewertung von Serienmotoren und Erarbeitung von Kostensenkungsmaßnahmen
- Neu- und Weiterentwicklung von Motoren und Antriebskomponenten mit DFMA (Design For Manufacturing and Assembly) und Kostenoptimierung
- Industrialisierung von neuen Technologien
- Entwicklung neuer Motorenfamilien einschließlich Produktionsstrategie und Fertigungsplanung.



© GKN Sinter Meta

$\Delta = 1,24 \text{ Euro}$
Kostenreduzierung

Die Vorgehensweise zur Kostenreduzierung von Serienmotoren erfolgt über

Materialalternativen für Hauptlagerdeckel

- die Ideensammlung,
- die Bewertung funktionaler Effekte und Eigenschaften
- die Kostenbewertung
- sowie die Umsetzung in die Serienproduktion.

Die systematische Auswertung aller Kostensenkungsvorschläge erfolgt in einem gemeinsamen Arbeitskreis mit dem OEM. Die Beschreibung der Konstruktionsalternativen und der Vergleich der Kostenunterschiede bei der Herstellung, Bearbeitung und Montage sowie bei den Kaufteilen sind Bestandteil des Kosten-Engineerings.

Lösungsansätze zur Erfüllung der US 2007 HD Grenzwerte für NFZ

In den vergangenen 15 Jahren stieg die Anzahl dieselgetriebener NFZ stetig an. Um die verkehrsbedingten Emissionen in den USA, insbesondere NO_x und Partikel, zu reduzieren, erfolgten Gegenmaßnahmen seitens des Gesetzgebers, durch die – obwohl die Jahresfahrleistungen weiter zunehmen werden – die Gesamtemissionen im Jahre 2015 auf das Niveau der 70er Jahre zurückgeführt werden sollen.

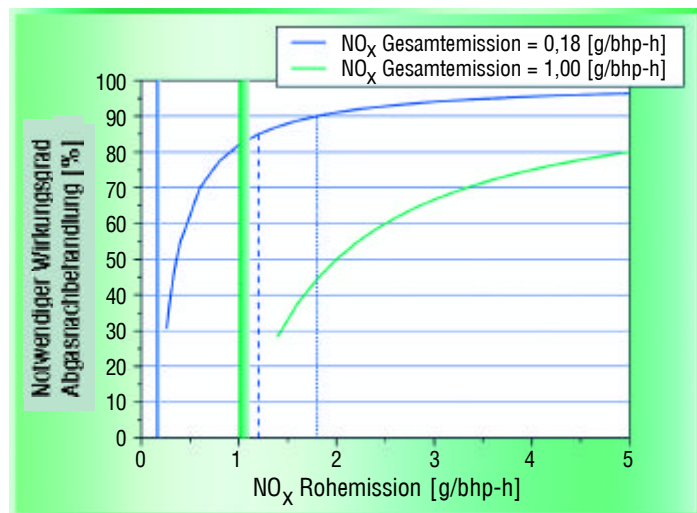
Die US 2007 Grenzwerte werden in zwei Stufen, beginnend 2007 mit einem "phase in", eingeführt. Die endgültigen Werte werden ab 2010 verbindlich. Der Partikelgrenzwert beträgt bereits während des "phase-in" 0.01 g/bhp-hr, was deutlich unter dem EURO 5 Grenzwert liegt. Die NO_x -Emissionen werden gegenüber der US 2002/2004 Gesetzgebung während des "phase-in" um 50 % und durch den finalen Grenzwert um 90 % abgesenkt.

Durch den Wirkungsgrad des Stickoxidnachbehandlungssystems wird das Niveau der NO_x -Rohemission des Motors vorgeben. Die Grafik zeigt die notwendigen Rohemissionen um die NO_x Zielwerte von 0.2 g/bhp-hr (2010 Grenzwerte, blauer Balken) bzw. 1.1 g/bhp-hr (2007 Grenzwerte, grüner Balken) unter Einbeziehung eines Sicherheitsabstandes von 10 % zu erreichen.

Die aktuellen Grenzwerte einschließlich US 2002/2004 werden von NFZ-Motoren ohne erweiterte Abgasnachbehandlung erfüllt. Die NO_x -Grenzwerte für 2007 können mit dem Einsatz neuer Brennverfahren unterschritten werden, so dass in Verbindung mit einem Partikelfilter diese Grenzwertstufe erfüllt werden kann. Um die US 2010 Grenzwerte zu erreichen, ist zusätzlich der Einsatz einer Stickoxidnachbehandlung notwendig.

Zur Darstellung des notwendigen NO_x Rohemissionsniveaus im Bereich von 1 g/bhp-hr wird gekühlte AGR mit bisher unüblich hohen Rückföhrraten in Verbindung mit zweistufiger Aufladung notwendig. Diese Aufladung ermöglicht dabei nicht nur die notwendigen hohen Ladedrücke, sondern bietet zusätzlich das Potenzial einer zweistufigen Ladeluftkühlung. Zur Beibehaltung der Rußemissionen bei deutlich erhöhten Abgasrückföhrraten ist auch eine Optimierung der Gemischaufbereitung durch den Einsatz von hydraulisch kleineren Düsenlochdurchmessern, optimierter Lochgestaltung und erhöhtem Einspritzdruck erforderlich.

Im Bereich der Abgasnachbehandlung können Partikelfilter den CRT®-Effekt aufgrund zu hoher C/ NO_2 -Verhältnisse kaum nutzen. Daher muss ein thermischer Regenerationsprozess genutzt werden, der durch Anhebung der Abgastemperatur gestartet wird und dessen Verlauf im Wesentlichen über die Abgastemperatur selbst, aber auch über den Sauerstoffgehalt geregelt wird.



Für die NO_x -Abgasnachbehandlung, die ab 2010 erforderlich sein wird, ist ein Wirkungsgrad von rund 90 % notwendig. Diese Reduktionsraten sind zum einen mit NO_x -Adsorbern darstellbar, die im konventionellen dieselmotorischen Betrieb Stickoxide speichern und durch unterstöchiometrischen Betrieb regeneriert werden. Derzeitige Regenerationsstrategien müssen verbessert werden, um den transienten Betriebsbedingungen mit stark schwankenden Abgasmassenströmen Rechnung zu tragen. Daneben sind die Adsorberkatalysatoren sehr sensitiv gegenüber Schwefel, so dass die maximale Lebensdauer zur Zeit noch nicht für den NFZ Einsatz ausreicht. Von der amerikanischen Umweltbehörde (EPA) wurde in "SAE 2001-01-1351" eine kombinierte Lösung mit Partikelfilter und Adsorber vorgestellt, die die US 2007 Grenzwerte erfüllte.

Das auf Ammoniak basierende kontinuierliche SCR-System bietet sich als weitere De NO_x -Maßnahme an. Ein schneller NO_x -Sensor und NO_x -Modelle können die Regelung deutlich beschleunigen und Ammoniakkonzentrationen nahe der Schlupfgrenze bei entsprechend guten Wirkungsgraden ermöglichen.

Unter der Annahme eines Wirkungsgrades des NO_x -Nachbehandlungssystems von 85 % am Ende der Lebensdauer können die US 2010 Grenzwerte erfüllt werden. Dazu muss ein De NO_x -System in Kombination mit Rohemissionen in der Größenordnung der 2007 Grenzwerte eingesetzt werden.

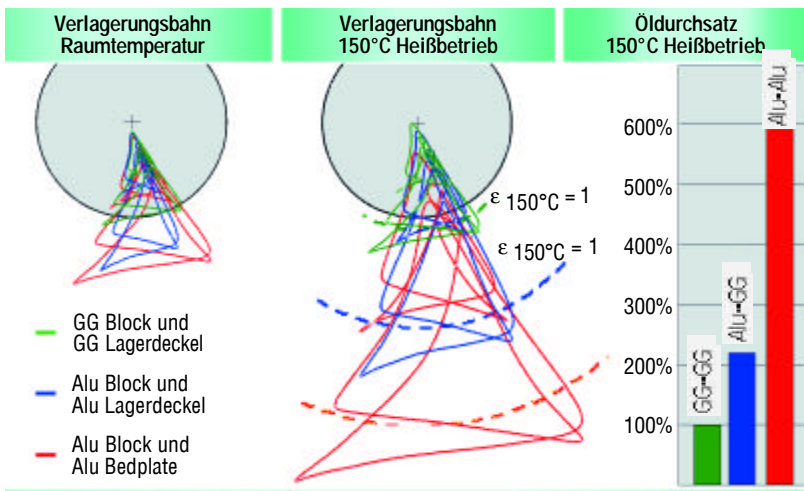
Erforderliche NO_x Rohemission abhängig vom Wirkungsgrad des NO_x Nachbehandlungssystems zur Erfüllung der US 2007/2010 Grenzwerte

Leichtbaukurbelgehäuse – Konstruktive Lösungen für Gewicht, Reibung und NVH

Der Wunsch nach verbrauchsgünstigen Fahrzeugen führt im Lastenheft zu anspruchsvollen Gewichtszielwerten für Antriebsaggregate. Mit Aluminiummotorblöcken lässt sich ein deutliches Gewichtssenkungspotenzial darstellen. Allerdings sind wichtige technische Fragestellungen zu untersuchen und die verschiedenen konstruktiven Lösungen zu bewerten:

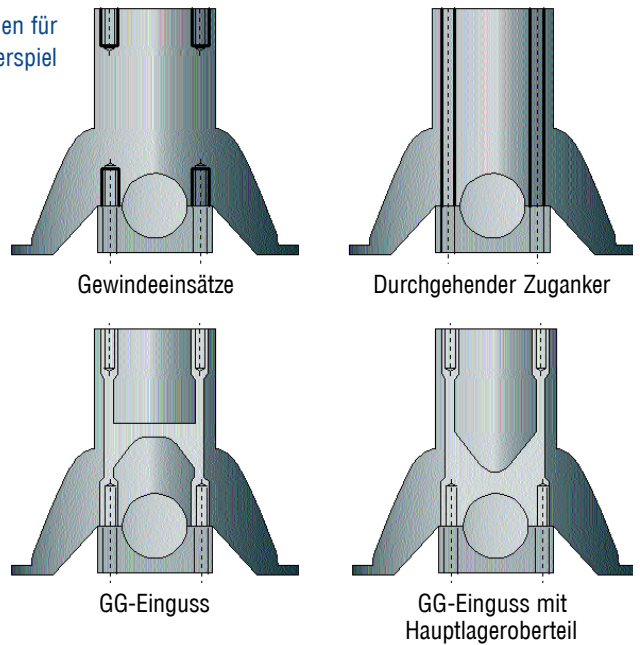
Die Zylinderlauffläche muss verschleißfest und mit geringer Verformung dargestellt werden. Der eingegossene Graugussliner stellt dazu immer noch die wirtschaftliche Standardlösung dar. Die Alternativen sind teurer (monolithisches Kurbelgehäuse aus über-eutektischem Aluminium) und teilweise an ein bestimmtes Fertigungsverfahren gebunden (Druckguss bei Aluminiumbuchsen, Squeeze Casting bei Faser-Preforms), versprechen aber Gewichtsvorteile und teilweise günstigere Reibung. Die Plasmabeschichtung könnte sich bei wirtschaftlicher Herstellung zu einer interessanten Alternative entwickeln.

Der höhere Ausdehnungskoeffizient des Aluminiums im Vergleich zum Grauguss führt zu einer stärkeren Lageraufweitung und damit zu einem dramatisch erhöhten Öldurchsatz beim Vollaluminiummotor. Das vergrößerte Lagerpiel wirkt sich abgesehen davon auch erheblich auf die akustische Anregung des Motors durch die Kurbelwelle aus.



Thermische Lageraufweitung und Öldurchsatz

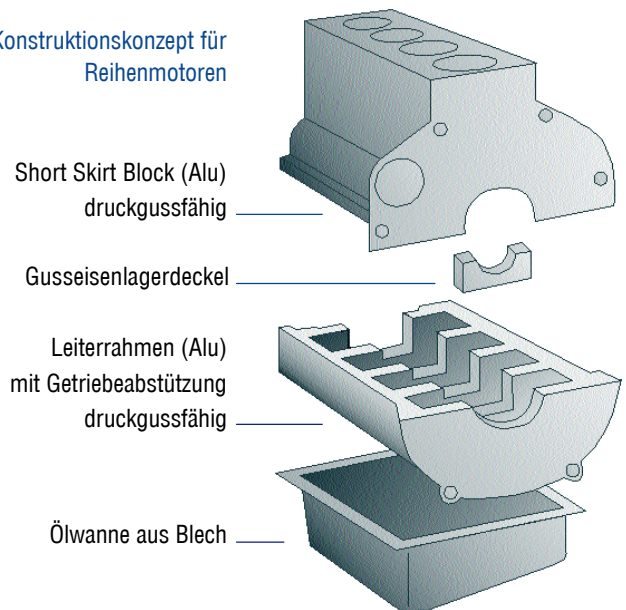
Durch Eisenwerkstoffe im Hauptlagerbereich lässt sich sowohl die Lageraufweitung als auch der Kraftfluss beherrschen. Beim normal beanspruchten Motor stellt ein Hauptlagerdeckel aus Eisenwerkstoff eine ausreichende Lösung dar, beim Hochleistungsdieselmotor werden zusätzlich Eingussteile auf der Blockseite entwickelt, um den Kraftfluss sicherzustellen.



Diese Lösungen sind jedoch mit Zusatzkosten verbunden und schmälern den Gewichtsvorteil.

Die folgende Grafik zeigt ein zielführendes Konstruktionskonzept für Reihenmotoren: Ein Short Skirt-Block mit Hauptlagerdeckeln aus Eisenguss sorgt für akzeptable Lageraufweitung bei geringen Gießkosten.

Konstruktionskonzept für Reihenmotoren



Ein nahezu geschlossenes Ölwanneoberteil (Leiterrahmen) aus Aluminium mit integrierter Getriebeabstützung stellt eine ausreichende Steifigkeit des Motor-Getriebeverbundes sicher. Block und Ölwanneoberteil sind druckgussfähig; das nicht unproblematische Eingießen von GG-Inserts im Bereich der Hauptlager entfällt. Daneben werden Freiheiten für den Ölwanneanschluss gewonnen, um eine ausreichende Ölmenge sicherzustellen. Die den Motor nach unten abschließende Blechölwanne ist eine günstige Lösung bezüglich Akustik und Kosten. Diese Konstruktion kann sehr gewichtsgünstig ausgelegt werden (wenig Rippen bei frühzeitiger Akustikoptimierung) und stellt die geforderten Funktionen zu wirtschaftlichen Kosten sicher.

FuelCon / FuelRate

Heutige Motorsteuersysteme mit deutlich gestiegenen Anforderungen an die Elektronik erlauben eine höhere Flexibilität in der Anpassung von Motorsteuerungsparametern. Eine starke Triebfeder der Motorenentwicklung sind zudem die immer strenger werdenden Abgasemissionsgrenzwerte weltweit.



FEV FuelCon
mit
FEV FuelRate

Ein wesentlicher Parameter zur Reduzierung der Abgasemissionen liegt in der Beherrschung des Kraftstoffsystems. Dies führt zu einer Vielzahl unterschiedlicher Kraftstoffsysteme bei Otto- und Dieselmotoren.

Zwei wesentliche Faktoren prägen daher die Anforderungen seitens des Entwicklers an ein System zur Konditionierung von Kraftstoff. Zum einen benötigt er zur reproduzierbaren Messung ein System, mit dem der Kraftstoff dem Motor mit hoher Genauigkeit zur Verfügung gestellt wird, um so entsprechend hochwertige Messergebnisse erzielen zu können. Zum anderen muss ein solches System aber auch die nötige Flexibilität besitzen, um es in Verbindung mit den unterschiedlichsten Anforderungen seitens der Motoren schnell und kostengünstig applizieren zu können.

Allgemeine Systembeschreibung

Die Anlagen der FEV unterliegen einem ständigen Weiterentwicklungsprozess. In diesem Zuge hat die FEV die anerkannte FEV FuelCon, grundlegend überarbeitet. Die FEV FuelCon der neuen Generation setzt neue Maßstäbe in puncto Kompaktheit, Wartungsfreundlichkeit und Modularität. Das Foto zeigt eine Außenansicht der neuen Anlage.

Die neue FEV FuelCon ist hinsichtlich ihrer Funktionalität durchgehend modular aufgebaut. So ist die Grundversion zunächst ausgerüstet als geregelte Kraftstoffkühlung, eine Funktionalität, die speziell bei Dieselmotoren häufig zum Tragen kommt. Mit der Standardauslegung können Motoren bis ca. 700 kW betrieben werden. Dieses System ist erweiterbar mit einer Heizoption, die auch bei bestehenden Grundsystemen nachgerüstet werden kann. Dadurch ist eine deutliche Funktionserweiterung in der Anwendung am Prüfstand gewährleistet.

Weiterhin kann das System im nächsten Schritt für heutige und zukünftige Anforderungen von Kraftstoffsystemen mit einer Druckregelung ausgestattet werden.

Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Integration der Anlage in den Rücklauf des Motors gelegt. Gerade hierbei zeigt sich bei der Motorenvelfalt eine entsprechend große Bandbreite, was Durchflussmenge und Druckniveau angeht, andererseits hat speziell der Rücklauf der Einspritzventile zum Teil einen erheblichen Einfluss auf motorische Parameter.

■ Temperaturbereich:	... +80°C (Diesel) ... +45°C (Otto)
■ Regelgenauigkeit:	+/- 1 K
■ Max. Fördermenge:	200 l/h
■ Förderdruck:	0,1 - 4,5 bar
■ Kühlleistung:	6 kW
■ Heizleistung:	1,6 kW (Option f. Diesel)
■ Spannungsversorgung:	380 - 400 V; 50 Hz 380 - 480 V; 60 Hz
■ Ausführungen:	Wand- / Standgerät

Aber nicht nur auf der Seite zum Motor hin hat die FEV die FuelCon so optimiert, dass eine einfache Systemintegration gewährleistet ist. Auch die Schnittstelle zur Kraftstoffversorgung gebäudeseitig wurde so konzipiert, dass eine schnelle und damit kostengünstige Anbindung sicher gestellt ist. Dies wird neben einstellbaren Ventilen u.a. über einen im Zulauf integrierten Dampfblasenabscheider realisiert.

Wartungsfreundlichkeit

Neben diesen grundsätzlichen Funktionalitäten wurde bei der neuen Gerätegeneration sehr viel Wert auf die Servicefreundlichkeit gelegt. So können die Fronttüren und Seitenteile leicht abgenommen werden. Alle wesentlichen Teile sind ohne großen Aufwand zu kontrollieren und falls erforderlich leicht austauschbar.



FEV FuelCon
mit
FEV FuelRate

Das schwarze Element, oben rechts an der FEV FuelCon angebracht, ist als Tür ausgebildet. Hier findet der Betreiber eine Kurzanleitung für die Wartung. Auch für die eigenständige Behebung von Fehlfunktionen sind dort Informationen hinterlegt. Diese Philosophie wird in Zukunft bei allen FEV Konditioniersystemen durchgängig zu finden sein.

Alle diese Eigenschaften sind jetzt platzsparend in einem ansprechenden Gehäuse untergebracht. Die FEV FuelCon misst inklusive Elektroschaltkasten nur noch 90 x 90 cm bei einer Tiefe von 45 cm.

Integration Kraftstoffverbrauchsmessung

Die im Foto dargestellte Anordnung zeigt die FEV FuelCon modular verbunden mit dem FEV FuelRate, der Einrichtung zur Messung des Kraftstoffverbrauchs mittels direkter Massenstrommessung.

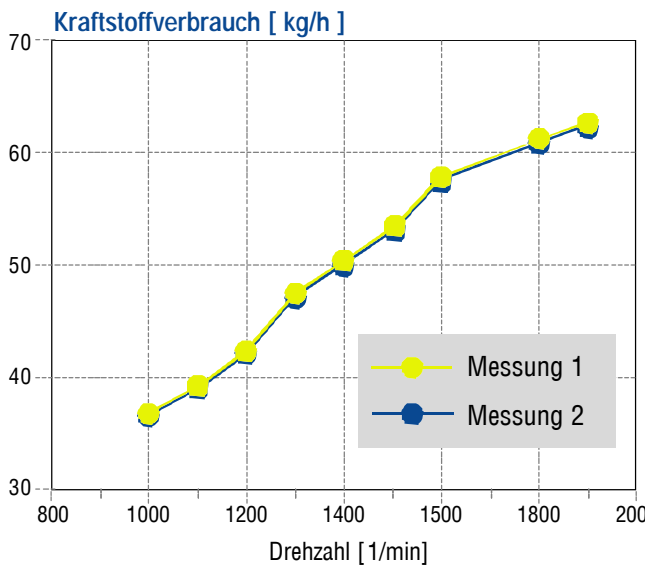
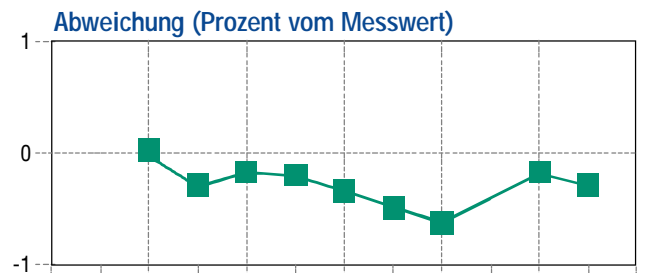
■ Messgröße:	Massenstrom
■ Medien:	Flüssigkeiten, Gase
■ Messprinzip:	Coriolis Kraft
■ Messbereich: (3 bar Vordruck)	0,5 - 130 kg/h 0,05 - 28 kg/h
■ Messgenauigkeit:	0,1 % MBE
■ Temperatur der Flüssigkeit:	... + 80°C
■ Ausgänge:	Frequenz parametrierbar Strom; 4 - 20 mA
■ Protokolle:	CAN-open, Profibus
■ Spannungsversorgung:	115 - 230 V AC 24 VAC/DC

Das System arbeitet nach dem Coriolisprinzip und ist gleichermaßen für stationäre wie für dynamische Messungen geeignet. Der Messbereich des Standardgerätes reicht bis 130 kg/h. Anpassungen an Kundenwünsche sind in weiten Bereichen möglich.

Auch dieses Gerät ist modular aufgebaut. Im Grundsystem ist zunächst die reine Messtechnik enthalten. Über das Erweiterungspaket "Messkreisvorkonditionierung" kann das System flexibel in unterschiedlichste Prüfstandsumgebungen eingebunden werden.

Dies gilt insbesondere auch für die vielfältigen Signalschnittstellen, sowohl analog als auch felddbus-basiert.

Die nachstehende Grafik zeigt Versuchsergebnisse, die die exzellente Reproduzierbarkeit der Messungen anhand von zwei ausgewählten Messreihen verdeutlicht. Im unteren Diagramm ist der Absolutverbrauch dargestellt. Das obere Diagramm zeigt die prozentualen Abweichungen der jeweiligen Messwerte.



Unsere Leistung – ihr Nutzen:

- Höchste Regelgüte
- Modularer Aufbau
- Flexible Einsatzmöglichkeiten
- Dynamische Massendurchflussmessung
- Höchste Messgenauigkeit – ausgezeichnete Wiederholbarkeit
- Weites Anwendungsspektrum (Otto-, Diesel-, Alkoholkraftstoffe, Gas)
- Wartungsarm
- Hervorragendes Preis-Leistungsverhältnis

Dipl.-Ing. Bernhard H. Biermann

IMPRESSUM

FEV Motorentechnik GmbH
Neuenhofstraße 181
52078 Aachen

Telefon (+49) (0) 241/56 89 - 0
Fax (+49) (0) 241/56 89 - 119
E-Mail marketing@fev.com
Internet http://www.fev.com

Redaktion A. Wittstamm
Layout G. Perseke

