

22. September 2010

Pierburg GmbH

Zweistufiges Aufladesystem verschafft mehr Luft

Die Abgasrückführung (AGR) als Maßnahme zur Reduktion der NOx Emissionen stellt je nach AGR-Rate unterschiedliche Anforderungen an die dazu erforderlichen Komponenten und deren Abstimmung. Für die Emissionsstufen Euro 6 und Tier 4 final, die ab 2014 in Kraft treten, ist ein AGR-System zur Absicherung und Ergänzung des SCR-Systems (SCR - selektive katalytische Reduktion von Stickoxiden) erforderlich. Bei kommerziellen Dieselmotoren wird dabei die Hochdruckabgasrückführung eingesetzt.

Diese neuen Konzepte der Abgasrückführung benötigen eine verbesserte Auslegung der Aufladung sowie eine schnellere und zuverlässige Sensorik und Aktuatorik. Die Pierburg GmbH bietet dafür das zweistufige Aufladesystem PTTs (Pierburg Twin Turbo System) an. Zusammen mit dem Abgasmassenstromsensor und dem elektromotorischen AGR-Klappenventil leistet es einen wichtigen Beitrag zur Emissionsreduzierung, weil es eine hohe Leistungsfähigkeit der Einzelkomponenten mit der bestmöglichen Abstimmung untereinander verbindet.

Abgasrückführung und Aufladung interagieren sowohl untereinander als auch über den Motor gekoppelt in vielfältiger Weise. Der Betrieb des Verbrennungsmotors wird durch die Gasdrücke vor und hinter dem Motor bestimmt, die wiederum durch Aufladung und Abgasrückführung bedingt werden.

Im Beschleunigungsbetrieb muss die Aufladung ausreichend schnell größere Luftmassen zur Verfügung stellen, damit die Abgasrückführung nicht zurückgenommen werden muss. Bei hohen Abgasrückführraten und hohen Druckverhältnissen ist die schnelle und präzise Regelung der Abgasrückführung besonders wichtig, da in diesen Betriebspunkten kleine Abweichungen der AGR-Rate große Abweichungen beim Emissionsverhalten verursachen. Dies können nur Aufladesysteme mit hoher Dynamik leisten, die in Verbindung mit einer ebenfalls schnellen und präzisen Sensorik und Aktuatorik kombiniert werden. Zweistufige Aufladesysteme bieten aufgrund der mehrstufigen Verdichtung Verbrauchsvorteile und hohe Flexibilität bei der Anpassung an den motorischen Bedarf. Die Abgasrückführung kann für die vorliegenden Randbedingungen optimal hinsichtlich ihres Druck- und Temperaturniveaus konfiguriert werden. Die zweistufige Aufladung bietet weiterhin hohes Anfahr Drehmoment und gutes Ansprechverhalten, wodurch in

Verbindung mit einem elektromotorischen Klappenventil bei geringem Druckverlust und einem robusten Abgasmassenstromsensor, auch hohe Dynamik- und Genauigkeitsanforderungen im geschlossenen Regelkreis erfüllt werden können.

Hohe Anforderungen an die Aufladung

Abgas kann nur dann von der Abgas- auf die Ansaugseite des Verbrennungsmotors zurückgeführt werden, wenn ein entsprechendes Verhältnis von Ansaugdruck (Ladedruck) und Abgasgegendruck vorliegt. Dieses Druckgefälle muss über eine geeignete Auslegung des Abgasturboladers hergestellt werden, wobei hierbei ein Zielkonflikt mit dem durch ansteigenden Abgasgegendruck ebenfalls ansteigenden Kraftstoffverbrauch zu lösen ist. Weiterhin hängt die realisierbare AGR-Rate schließlich von der Leistungsfähigkeit des Abgaskühlers, der Abgasrückführstrecke sowie dem AGR- beziehungsweise den Rückschlagventilen ab, wobei sich hier grundsätzlich die Forderung nach geringen Druckverlusten stellt. Diese müssen ansonsten durch die Aufladung kompensiert werden.

Der Abgasstrom des Verbrennungsmotors wird zum Antrieb der Abgasturbine verwendet, die wiederum über den auf der gleichen Welle sitzenden Verdichter den Motor mit verdichteter Luft versorgt. Bei der Hochdruckabgasrückführung wird ein Teil dieses Abgasstromes vor der Turbine abgezweigt und dem Motor über einen Abgaskühler auf der Ansaugseite wieder zugeführt. Hierbei muss über eine Anpassung der Turbine dem niedrigeren Massenstrom Rechnung getragen werden. Dadurch entstehen hohe Anforderungen an den Wirkungsgrad der Aufladung, damit ein Verbrauchsanstieg durch zu hohen Abgasgegendruck vermieden wird.

Verschiedene Aufladeformen

In Abhängigkeit des von der Verbrennungsentwicklung geforderten Verbrennungsluftverhältnisses, den Dynamikanforderungen und den Anforderungen zum Bremsbetrieb wird die Aufladung festgelegt. Möglich ist eine einstufige Aufladung über einen starren Abgasturbolader (ATL) mit oder ohne Wastegate, eine einstufige Aufladung über ATL mit Variabler Turbinengeometrie (VTG) oder eine zweistufige Aufladung mit fester oder variabler Geometrie der Hochdruckturbine.

Bekanntermaßen wird die Abgasrückführung als innermotorische Maßnahme zur Emissionsreduzierung seit Jahren erfolgreich eingesetzt. Eine verbesserte Kraftstoffqualität und AGR-tolerante Brennverfahren haben die Einsatzhäufigkeit im Laufe der Zeit weiter zunehmen lassen. Des Weiteren geht man heute davon aus, dass bei den kommenden Anforderungen von Euro 6 und Tier 4 final, die Abgasrückführung zusätzlich zur selektiven katalytischen Reduktion der Stickoxide (SCR), benötigt wird. Hierdurch lassen sich Verbrauchsvorteile realisieren und die Einhaltung der

Emissionsgrenzwerte wird über die gesamte Lebensdauer bei allen Motorbetriebsbedingungen sichergestellt.

Die Abgasrückführung bewirkt mit der Einleitung von Inertgas eine Absenkung der Verbrennungstemperatur und damit niedrigere NO_x-Bildungsraten. Sie ist begrenzt durch das Brennverfahren und die Betriebsbedingungen wie Kaltstart, Motor- oder Umgebungstemperatur und Drehmomentbedarf. Der Einsatz der Abgasrückführung in Verbindung mit SCR-Systemen bietet ebenfalls Vorteile: Bei niedrigen Abgastemperaturen in der Teillast erfordern SCR-Systeme eine Temperaturerhöhung, welche mit verschiedenen technischen Maßnahmen erreicht werden kann, aber immer mit zusätzlichem Kraftstoffverbrauch verbunden ist. Verbrauchsvorteile durch zusätzlichen Einsatz von AGR sind bei SCR-Systemen durch ausreichend hohe Abgastemperaturen gegeben. Sie ergeben sich aus dem Brennverfahren und werden von Katalysator- und Filtertemperaturen zur Erreichung befriedigender Wirkungsgrade gefordert. Im Teillastbereich bewirkt die Abgasrückführung über die Entdrosselung des Motors eine weitere Verbrauchsreduktion.