
4.0 TFSI engine mit cylinder on demand

Der neue 4.0 TFSI, ein starker Biturbo-V8, bringt die Technologie cylinder on demand mit. Im Teillastbereich deaktiviert er vier Zylinder, das verringert den Verbrauch im Mittel um etwa fünf Prozent. Zwei weitere Technologien ergänzen das System – die Active noise control (ANC) und die aktiven Motorlager. Sie sorgen dafür, dass die Passagiere auch im Vierzylinderbetrieb keine störenden Geräusche oder Vibrationen hören und spüren.

Die Zylinderabschaltung des neuen 4.0 TFSI wird bei geringer Motorlast aktiv. Die Obergrenze dafür liegt, abhängig von der Drehzahl, zwischen etwa 25 und 40 Prozent des maximalen Drehmoments, etwa 120 bis 250 Nm; der effektive Mitteldruck beträgt hier bis zu acht bar. Das Kühlmittel muss wärmer als 30 Grad sein, im Getriebe muss der dritte oder ein höherer Gang eingelegt sein, und die Drehzahl muss zwischen 960 und 3.500 1/min liegen, also über der Leerlaufdrehzahl.

Wenn diese Voraussetzungen gegeben sind, schließt das System pro Bank die Ein- und Auslassventile von jeweils zwei Zylindern. Der V8 arbeitet jetzt, weiterhin mit regelmäßiger Zündfolge, als V4, zündet jedoch pro Kurbelwellen-umdrehung nur noch zwei- statt viermal. Statt 1 - 5 - 4 - 8 - 6 - 3 - 7 - 2 lautet die Zündfolge jetzt 1 - 4 - 6 - 7; in den aktiven Zylindern erhöht sich der Wirkungsgrad, weil sich die Betriebspunkte zu höheren Lasten hin verlagern.

Intelligente Betätigung: Das weiterentwickelte AVS-System

Das Schließen der Ventile auf den vier Nockenwellen erfolgt über das weiterentwickelte Audi valvelift system (AVS). Seine elektromagnetisch verschiebbaren Hülsen tragen einen so genannten Nullnocken als zusätzliches Profil; er betätigt die Schleppebel nicht, die Ventilfeuern halten die Ventile geschlossen. Gleichzeitig legt das Motormanagement die Einspritzung und die Zündung still.

In den deaktivierten Zylindern bewegen sich die Kolben durch den Antrieb von der Kurbelwelle; vor dem Schließen der Ventile werden die Brennräume noch einmal mit Frischluft gefüllt, die Einspritzung und Zündung werden unterbunden. Dieser Frischgaseinschluss bedeutet einen geringeren Druck im Zylinder und einen entsprechend niedrigen Energieaufwand – ein wichtiger Faktor für die Effizienzsteigerung.

Sobald der Fahrer kräftig Gas gibt, schalten sich die deaktivierten Zylinder wieder zu. Die Rückkehr in den Achtzylinderbetrieb verläuft, ebenso wie das Abschalten, so geschmeidig

und schnell, dass sie de facto nicht zu spüren ist; sie nimmt im Schnitt gerade mal 300 Millisekunden in Anspruch. Prinzipiell sind die Umschaltungen mit kurzzeitigen Wirkungsgrad-Nachteilen verbunden, so dass erst ab Abschaltzeiten von über drei Sekunden ein Verbrauchsvorteil entsteht.

Audi hat deshalb eine Steuerungslogik entwickelt, welche die Gaspedal-, Bremspedal- und Lenkbewegungen des Fahrers beobachtet. Wenn sie aus ihnen ein ungleichmäßiges Muster erkennt, unterlässt sie die Abschaltung in bestimmten Situationen, etwa bei einer Fahrt im Kreisverkehr oder bei sportlicher Gangart auf der Landstraße. Eine Deaktivierung von nur wenigen Sekunden Dauer würde den Verbrauch eher erhöhen als senken.

Das System cylinder on demand ist permanent betriebsbereit, auch im S-Modus des Automatikgetriebes und im Kennfeld dynamic von Audi drive select. Die größten Einsparungen erzielt es bei konstanter Fahrt mit moderater Geschwindigkeit, wie sie auf vielen Schnellstraßen üblich ist.

Die ANC und die aktiven Motorlager

Achtzylinder-Motoren sind neben der Durchzugskraft und der harmonischen Kraftentfaltung auch für ihr ruhiges Laufverhalten bekannt – das gilt auch für den neuen 4.0 TFSI von Audi. Wenn der V8 als V4 arbeitet, produziert sein Kurbeltrieb, abhängig von der Last und der Drehzahl, höhere Drehschwingungen; sie dringen als Luftschall in den Innenraum. Die groß dimensionierte Abgasanlage emittiert ebenfalls gewisse Brummgeräusche, die sich trotz einer intelligenten Klappen-Steuerung nicht vermeiden lassen. Von all diesen Störgeräuschen sollen die Fahrer und Passagiere nichts hören.

Die ANC: Ruhe durch Gegenschall

Die Active noise control (ANC) bekämpft den unerwünschten Schall mit Antischall. Dabei nutzt sie das Prinzip der destruktiven Interferenz: Wenn sich zwei Wellen von gleicher Frequenz überlagern, löschen sich ihre Amplituden – die Auslenkung der Schallwelle, die den Schalldruck bestimmt – gegenseitig aus. Voraussetzung dafür ist, dass die Amplituden gleich und die Phasen um 180 Grad zueinander versetzt sind. Akustiker sprechen hier vom Gegenschall-Prinzip.

In den Modellen, in denen der neuen 4.0 TFSI zum Einsatz kommt, sind vier kleine Mikrofone sichtbar im Dachhimmel integriert. Jedes von ihnen zeichnet die Geräuschkulisse in seinem Bereich auf. Das ANC-Steuergerät errechnet aus diesen Signalen ein differenziertes räumliches Schallfeld, darüber hinaus nutzt es Informationen vom Kurbelwellensensor über die aktuelle Motordrehzahl.

In allen Zonen, in denen das System Störgeräusche erkennt, auf die es zuvor kalibriert worden ist, veranlasst es einen gezielten, präzise modulierten Gegenschall. Eine besondere Herausforderung bildet dabei jener kurze Moment, in dem der Motor die Zylinder ab- beziehungsweise zuschaltet – hier muss die ANC besonders schnell und exakt agieren.

Die Active noise control ist immer aktiv – egal ob die Soundanlage eingeschaltet, deaktiviert, laut, leise oder stumm gestellt ist. Sie funktioniert mit allen lieferbaren Soundsystemen, bis hin zum advanced sound system von Bang & Olufsen.

Die aktiven Motorlager: Komfort durch Gegenschwingungen

Audi lagert seine Motoren generell sportlich-straft. Schon seit vielen Jahren setzt die Marke deshalb bei einigen Modellen – etwa beim Flaggschiff A8 – und bei verschiedenen Motorisierungen elektromagnetisch geschaltete Motorlager ein. Sie arbeiten auf zwei Stufen: Im Leerlauf halten sie mit weichen Kennlinien störende Geräusche und Vibrationen vom Innenraum fern; in Fahrt wird die Dämpfung höher, um Triebwerks-Schwingungen zu unterdrücken.

Das aktive Motorlager, das Audi für den 4.0 TFSI entwickelt hat, führt diese Technologie einen entscheidenden Schritt weiter – es gleicht die Vibrationen des Motors mit phasenversetzten Gegenschwingungen aus. Sein Herzstück ist ein elektromagnetischer Schwingspulenaktor. Die schnellen Hubbewegungen, die er ausführt, werden über eine elastische Membran an die Hydraulikflüssigkeit des Lagers übertragen, die auch die Anregungen des Motors aufnimmt. Im Fluid überlagern die Gegenschwingungen die Vibrationen des Motors und löschen sie somit aus.

Die Steuergeräte der aktiven Motorlager erhalten ihre Informationen aus zwei Quellen. Die Signale des Kurbelwellensensors liefern Informationen über die Motordrehzahl; aus ihnen werden die genaue Phase und Frequenz des Aktorsignals berechnet.

Beschleunigungssensoren an den beiden Motorlagern stellen jene Daten bereit, welche die notwendige Amplitude zur Auslöschung der Schwingungen bestimmen.

Wenn der neue 4.0 TFSI im Vierzylinderbetrieb läuft, produziert er Vibrationen und Brummgeräusche der so genannten zweiten Motorordnung, die für einen V8 untypisch sind. Die Gegenschwingungen der aktiven Motorlager tilgen sie auf ein nicht spürbares Niveau.

Im Leerlauf, in dem alle acht Zylinder arbeiten, wirken sich die Anregungen der vierten



Motorordnung aus. Auch sie werden von den aktiven Motorlagern weitgehend eliminiert, der Motorlauf wirkt noch ruhiger.

Stand: 2011