

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 708/2006

(22) Anmeldetag: 2006-04-26

(43) Veröffentlicht am: 2008-01-15

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **F02B 29/04** (2006.01)  
**F02B 37/013** (2006.01)  
**F02B 37/04** (2006.01)  
**F02B 33/44** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:

JP 03-194122A JP 61-164039A  
JP 2005-344661A JP 2002-13384A  
JP 60-101223A JP 50-71353A  
WO 99/54607A1 WO 99/01656A1  
EP 1519017A1 DE 102004051486A1

(73) Patentanmelder:

AVL LIST GMBH  
A-8020 GRAZ (AT)

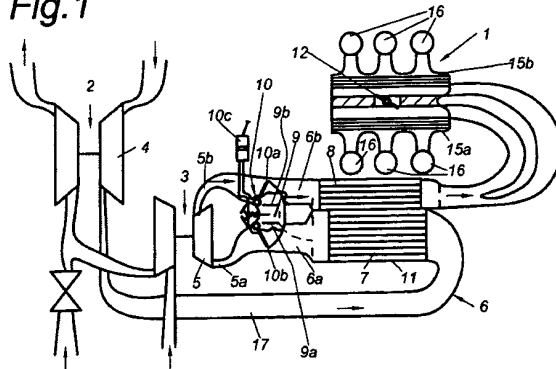
(72) Erfinder:

PREVEDEL KURT ING.  
GRAZ (AT)

### (54) BRENNKRAFTMASCHINE MIT ZWEISTUFIGER AUFLADUNG

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1), insbesondere mit zumindest zwei Zylindergruppen (1a, 1b), mit zweistufiger Aufladung mit zumindest einem ersten Abgasturbolader (2) mit einem ersten Verdichter (4) und einem zweiten Abgasturbolader (3) mit einem zweiten Verdichter (5), wobei erster und zweiter Verdichter (4, 5) in einem Einlassstrang (6) hintereinander geschaltet sind, wobei zwischen ersterem und zweitem Verdichter (4, 5) ein erster Ladeluftkühler (7) und stromabwärts des zweiten Verdichters (5) zumindest ein zweiter Ladeluftkühler (8) angeordnet ist. Um die Ladeluftkühlung zu verbessern, Bauraum einzusparen und eine kostengünstige Fertigung zu ermöglichen, ist vorgesehen, dass der zweite Verdichter (5) umgehbar ist.

Fig. 1



Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine, insbesondere mit zumindest zwei Zylindergruppen, mit zweistufiger Aufladung mit zumindest einem ersten Abgasturbolader mit einem ersten Verdichter und einem zweiten Abgasturbolader mit einem zweiten Verdichter, wobei erster und zweiter Verdichter in einem Einlassstrang hintereinander geschaltet sind, wobei zwischen erstem und zweitem Verdichter ein erster Ladeluftkühler und stromabwärts des zweiten Verdichters  
5 zumindest ein zweiter Ladeluftkühler angeordnet ist, wobei der zweite Verdichter umgehbar ist, wobei ein Umgehungsströmungsweg zwischen dem ersten Ladeluftkühler und dem zweiten Verdichter vom Einlassstrang abzweigt und zwischen dem zweiten Verdichter und dem zweiten Ladeluftkühler in den Einlassstrang einmündet.

Insbesondere bei großen Diesel-Brennkraftmaschinen ist es bekannt, eine mehrstufige Aufladung durchzuführen, wobei nicht nur zwischen der letzten Verdichterstufe und der Brennkraftmaschine, sondern auch zwischen den beiden Verdichterstufen eine Kühlung der Ladeluft durchgeführt wird, um zum Beispiel unzulässig hohe Verdichtungsendtemperaturen in einer Verdichtungsstufe zu vermeiden und/oder um die erforderliche Antriebsleistung des stromabwärts angeordneten Verdichters abzusenken, bzw. diesen in einen bezüglich des Wirkungsgrades und allfällig limitierender Betriebsgrenzen günstigeren Kennfeldbereich zu betreiben. Bei bekannten Anwendungen sind die Kühlnetze starr ihren bestimmten Funktionen zugeordnet und müssen bezüglich ihrer Größe die jeweiligen Aufwendungen entsprechend dimensioniert sein.

Aus der JP 03-194122 A ist eine Brennkraftmaschine mit einem Abgasturbolader bekannt, wobei dem Verdichterteil im Abgasturbolader im Eingangsstrang ein umgehbarer mechanischer Verdichter nachgeschaltet ist. Stromabwärts des mechanischen Verdichters ist ein Ladeluftkühler angeordnet.

Die WO 99/01656 A1 beschreibt eine Brennkraftmaschine mit einem umgehbaren mechanischen Verdichter, welcher stromaufwärts des Verdichters eines Abgasturboladers im Einlassstrang angeordnet ist. Stromabwärts des Verdichters des Abgasturboladers ist ein Ladeluftkühler angeordnet.

Die DE 10 2004 051 486 A1 offenbart eine Mehrzylinder-Brennkraftmaschine mit zwei jeweils aus einer Turbine und einem Verdichter bestehenden Abgasturboladern, wobei wenigstens zeitweise der zweite Abgasturbolader während des Betriebs zusätzlich zu dem ersten Abgasturbolader betrieben wird. Der zweite Abgasturbolader wird abgeschaltet, wenn der Beitrag seines Verdichters zum Ladedruck unter eine vorgegebene Grenze fällt. Der Ladeluftkühler ist stromabwärts des Verdichters des zweiten Abgasturboladers angeordnet.

Aus der JP 2005-344661 A ist eine Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern und mit zweistufiger Aufladung bekannt, wobei ein erster und ein zweiter Verdichter in einem Einlassstrang hintereinander geschaltet sind und wobei zwischen dem ersten und dem zweiten Verdichter ein erster Ladeluftkühler und stromabwärts des zweiten Verdichters ein zweiter Ladeluftkühler angeordnet ist. Der zweite Verdichter ist umgehbar ausgebildet, wobei ein Umgehungsströmungsweg zwischen dem ersten Ladeluftkühler und dem zweiten Verdichter vom Einlassstrang abzweigt und zwischen dem zweiten Verdichter und dem zweiten Ladeluftkühler in den Einlassstrang einmündet.

Die JP 61-164039 A offenbart ebenfalls eine Mehrzylinder-Brennkraftmaschine mit zweistufiger Aufladung, wobei in einer Ausführungsvariante ebenfalls eine Umgehung des zweiten Verdichters vorgesehen ist. Die Umgehungsleitung zweigt dabei zwischen dem ersten Ladeluftkühler und dem zweiten Verdichter vom Einlassstrang ab und führt direkt zu zweiten Einlasskanälen jedes Zylinders.

Aufgabe der Erfindung ist es, bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art hohe Kühlraten bei geringen Druckverlusten und kürzesten Strömungswegen zu erreichen.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass die Steuerung der Strömung durch den Umgehungsströmungsweg über ein Strömungsschaltventil erfolgt und dass das Strömungsschaltventil zwei Schaltklappen am Eintritt und Austritt des Umgehungsströmungsweges aufweist, wobei vorzugsweise die Schaltklappen gleichzeitig über zumindest einen Aktuator betätigbar ist.

Durch zumindest ein Strömungsschaltventil können erster und zweiter Ladeluftkühler verschieden verschaltet werden. Je nach betrieblicher Erfordernis wird der erste Ladeluftkühler entweder zur Zwischenkühlung und der zweite Ladeluftkühler zur abschließenden Kühlung der im zweiten Verdichter weiter verdichteten Ladung, oder - bei Betrieb in Kennfeldbereich mit sehr hohen Durchsätzen, welche die Förderkapazität des zweiten Verdichters überfordern würde - als zusätzlicher Kühler der vom ersten Verdichter alleine komprimierten Ladung eingesetzt, wobei die durch den ersten Verdichter alleine komprimierte Ladung unter Nutzung sämtlicher Kühler rückgekühlt wird. Das Strömungsschaltventil verbindet die Strecke zwischen dem Austritt des ersten Ladeluftkühlers und dem Eintritt des zweiten Verdichters mit der Strecke zwischen dem Austritt des zweiten Verdichters und dem Eintritt des zweiten Ladeluftkühlers. Dabei kann vorgesehen sein, dass pro Zylindergruppe ein zweiter Ladeluftkühler vorgesehen ist, wobei vorzugsweise pro Zylindergruppe ein zweiter Verdichter vorgesehen ist.

Zwecks Nutzung gasdynamischer Schwingungen zur Erhöhung des Liefergrades bei bestimmten Drehzahlen kann weiters vorgesehen sein, dass die zweiten Ladeluftkühler jeweils in einem Einlasssammler angeordnet sind, wobei vorzugsweise die Einlasssammler durch zumindest eine Resonanzklappe miteinander schaltbar verbunden sind.

Um bei Lastwechsel und Schließen der Drosselklappe beim Otto-Motor beim Gangwechsel ein Pumpen des zweiten Verdichters zu vermeiden, ohne ein gesondertes Bypass-Ventil am zweiten Verdichter zu benötigen, kann das Strömungsschaltventil kurzzeitig derart geöffnet, dass Saug- und Druckseite des zweiten Verdichters kurzgeschlossen werden.

Eine sehr kompakte Bauweise ist möglich, wenn die ersten und/oder zweiten Ladeluftkühler im V-Raum zwischen den Zylindergruppen angeordnet sind, wobei vorzugsweise die zweiten Ladeluftkühler über dem ersten Ladeluftkühler angeordnet sind. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn erste und zweite Ladeluftkühler und vorzugsweise auch zumindest ein Strömungsschaltventil in einem gemeinsamen Gehäuse und/oder in einer zusammenhängenden Baugruppe vereinigt sind. Alternativ dazu ist es auch möglich, dass erste und zweite Ladeluftkühler in getrennten Baugruppen angeordnet sind. Um die Strömungswege möglichst kurz zu halten, ist im Rahmen der Erfindung weiters vorgesehen, dass der Ein- und der Austritt des zweiten Verdichters unmittelbar am ersten und/oder zweiten Ladeluftkühler, vorzugsweise unter Zwischenschaltung zumindest eines Strömungsschaltventils, angeschlossen ist, und dass der erste Verdichter über zumindest eine Rohrleitung mit dem ersten Ladeluftkühler verbunden ist. Alternativ dazu ist es auch möglich, dass der Austritt des ersten Verdichters direkt an den ersten Ladeluftkühler angeschlossen ist und dass zumindest ein zweiter Verdichter über zumindest eine Rohrleitung mit dem ersten und/oder zweiten Ladeluftkühler, vorzugsweise unter Zwischenschaltung zumindest eines Strömungsschaltventils, verbunden ist.

Der zweite Ladeluftkühler ist vorzugsweise zumindest einer gasdynamisch aktiven Rohrleitung des Einlassstranges nachgeschaltet.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen schematisch Fig. 1 einen Einlassstrang einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine, Fig. 2 eine Brennkraftmaschine in einem Schnitt quer zur Kurbelwellenachse und Fig. 3 bis 6 die Brennkraftmaschine in Draufsichten.

Eine Brennkraftmaschine 1 mit V-förmig angeordneten Zylindergruppen 1a, 1b weist zumindest

einen ersten Abgasturbolader 2 und zumindest einen zweiten Abgasturbolader 3 auf, wobei der erste Verdichter 4 des ersten Abgasturboladers 2 und der zweite Verdichter 5 des zweiten Abgasturboladers 3 im Einlassstrang hintereinander geschaltet sind. Zwischen dem ersten Verdichter 4 und dem zweiten Verdichter 5 ist ein erster Ladeluftkühler 7 angeordnet. Stromabwärts des zweiten Verdichters 5 befindet sich im Einlassstrang 6 zumindest ein zweiter Ladeluftkühler 8. Zwischen dem ersten Ladeluftkühler 7 und dem Eintritt 5a des zweiten Verdichters 5 zweigt ein Umgehungsströmungsweg 9 von einem ersten Leitungsabschnitt 6a des Einlassstranges 6 ab und mündet zwischen dem Austritt 5b des Verdichters 5 und dem zweiten Ladeluftkühler 8 in einen zweiten Leitungsabschnitt 6b des Einlassstranges 6 ein. Über den Umgehungsströmungsweg 9 kann der zweite Verdichter 5 umgangen werden, wobei zur Umgehung zumindest ein Strömungsschaltventil 10 vorgesehen ist. Im Ausführungsbeispiel weist das Strömungsschaltventil 10 zwei Schaltklappen 10a, 10b im Bereich des Eintrittes 9a bzw. Austrittes 9b des Umgehungsströmungsweges 9 auf, welche gemeinsam über einen Aktuator 10c betätigbar sind.

Diese Anordnung erlaubt durch eine entsprechende Verschaltung eine variable zusätzliche Nutzung des ersten Ladeluftkühlers 7 als zusätzlichen Kühler in Serie zum zweiten Ladeluftkühler 8, sobald zum Beispiel der kleinere zweite Verdichter 5 in einem Leistungsbereich umgangen wird. Damit ist eine Verbesserung der Kühlleistung mit relativ kleinen einzelnen Kühlnetzen und kürzest möglichen Strömungswegen möglich. Durch entsprechende Betätigung des Strömungsschaltventils 10 ist außerdem auch die kurzzeitige Umgehung des zweiten Verdichters 5 im instationären Motorbetrieb (z.B. zum Vermeiden des Verdichterpumpens beim Schaltvorgang bei einem Otto-Motor) ohne zusätzliche Strömungsschaltventile am Gehäuse des Verdichters 5 oder an anderer Stelle der Sauganlage möglich.

Erster und zweiter Ladeluftkühler 7, 8 können in einem gemeinsamen Gehäuse 11 angeordnet werden. Weiters ist, insbesondere bei V-Brennkraftmaschinen, eine direkte Verblockung des Gehäuses 11 mit dem ersten Verdichter 5 oder dem zweiten Verdichter 4 möglich.

Wie in Fig. 2 dargestellt ist, können erster und zweiter Ladeluftkühler 7, 8 besonders platzsparend im V-Raum 14 der Brennkraftmaschine 1 angeordnet werden, wobei pro Zylindergruppe 1a, 1b ein zweiter Ladeluftkühler 8 vorgesehen sein kann. Die zweiten Ladeluftkühler 8 können in Saugsammlern 15a, 15b untergebracht werden, welche - besonders vorteilhaft - durch eine Resonanzklappe 12 schaltbar verbunden sein können, um gasdynamische Schwingungen zur Erhöhung des Liefergrades bei bestimmten Drehzahlen auszunutzen. Die Anordnung des zweiten Ladeluftkühlers erfolgt einer gasdynamischen Rohrleitung nachgeschaltet, so dass eine Rückkühlung der aus der gasdynamischen Verdichtung resultierenden Temperaturerhöhung bewirkt wird.

Die Fig. 3 bis 6 zeigen einzelne Phasen der Luftzuströmung einer Ausführungsvariante der Brennkraftmaschine 1. Wie in Fig. 3 ersichtlich ist, strömt die durch die Pfeile L angedeutete Luft über einen Luftfilter 13 im Bereich des V-Raumes der V-Brennkraftmaschine zum ersten Verdichter 4 des ersten Abgasturboladers 2. Mit den Pfeilen A ist der Strömungsweg des Abgases angedeutet.

Die verdichtete Luft verlässt den ersten Verdichter 4 und gelangt in den ersten Ladeluftkühler 7, wie in Fig. 4 gezeigt ist. Danach strömt die Luft L in den zweiten Verdichter 5 des zweiten Abgasturboladers 3, wird weiter verdichtet und gelangt in den in Fig. 5 schematisch dargestellten zweiten Ladeluftkühler 8. Nach Passieren des zweiten Ladeluftkühlers 8 wird die Luft L den einzelnen Zylindern 16 zugeführt, wie in den Fig. 5 und 6 ersichtlich ist. Über die Resonanzklappen 12 können die beiden Einlasssammler 15a, 15b miteinander strömungsverbunden werden.

Wie in Fig. 6 dargestellt ist, wird die Luft L bei geöffneten Strömungsschaltventilen 10 am zweiten Verdichter 5 vorbeigeleitet und vom ersten Ladeluftkühler 7 direkt dem zweiten Ladeluftküh-

ler 8 zugeführt.

Die beschriebene Ausführung erlaubt eine kompakte und kostengünstige Bauweise und eine verbesserte Kühlung der Ladeluft. Speziell bei Betrieb mit hohen Luftdurchsätzen werden die Strömungslängen und folglich die Druckverluste auf ein Minimum reduziert.

## Patentansprüche:

1. Brennkraftmaschine (1), insbesondere mit zumindest zwei Zylindergruppen (1a, 1b), mit zweistufiger Aufladung mit zumindest einem ersten Abgasturbolader (2) mit einem ersten Verdichter (4) und einem zweiten Abgasturbolader (3) mit einem zweiten Verdichter (5), wobei erster und zweiter Verdichter (4, 5) in einem Einlassstrang (6) hintereinander geschaltet sind, wobei zwischen erstem und zweitem Verdichter (4, 5) ein erster Ladeluftkühler (7) und stromabwärts des zweiten Verdichters (5) zumindest ein zweiter Ladeluftkühler (8) angeordnet ist, wobei der zweite Verdichter (5) umgehbar ist, wobei ein Umgehungsströmungsweg (9) zwischen dem ersten Ladeluftkühler (7) und dem zweiten Verdichter (5) vom Einlassstrang (6) abzweigt und zwischen dem zweiten Verdichter (4) und dem zweiten Ladeluftkühler (8) in den Einlassstrang (6) einmündet, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Steuerung der Strömung durch den Umgehungsströmungsweg (9) über ein Strömungsschaltventil (10) erfolgt und dass das Strömungsschaltventil (10) zwei Schaltklappen (10a, 10b) am Eintritt (9a) und Austritt (9b) des Umgehungsströmungsweges (9) aufweist, wobei vorzugsweise die Schaltklappen (10a, 10b) gleichzeitig über zumindest einen Aktuator (10c) betätigbar ist.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass pro Zylindergruppe ein zweiter Ladeluftkühler (8) vorgesehen ist.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass pro Zylindergruppe ein zweiter Verdichter (5) vorgesehen ist.
4. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 2 oder 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die zweiten Ladeluftkühler (8) jeweils in einem Einlasssammler (15a, 15b) angeordnet sind, wobei vorzugsweise die Einlasssammler (15a, 15b) durch zumindest eine Resonanzklappe (12) miteinander schaltbar verbunden sind.
5. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass die ersten und/oder zweiten Ladeluftkühler (7, 8) im V-Raum (14) zwischen den Zylindergruppen (1a, 1b) angeordnet sind, wobei vorzugsweise die zweiten Ladeluftkühler (8) über dem ersten Ladeluftkühler (7) angeordnet sind.
6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass erste und zweite Ladeluftkühler (7, 8) und vorzugsweise auch zumindest ein Strömungsschaltventil (10) in einem gemeinsamen Gehäuse und/oder in einer zusammenhängenden Baugruppe vereinigt sind.
7. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass erste und zweite Ladeluftkühler (8) in getrennten Baugruppen angeordnet sind.
8. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6 oder 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Eintritt und der Austritt (5a, 5b) des zweiten Verdichters (5) unmittelbar am ersten und/oder zweiten Ladeluftkühler (7, 8), vorzugsweise unter Zwischenschaltung zumindest eines Strömungsschaltventils (10), angeschlossen ist, und dass der erste Verdichter (4) über zumindest eine Rohrleitung (17) mit dem ersten Ladeluftkühler (7) verbunden ist.

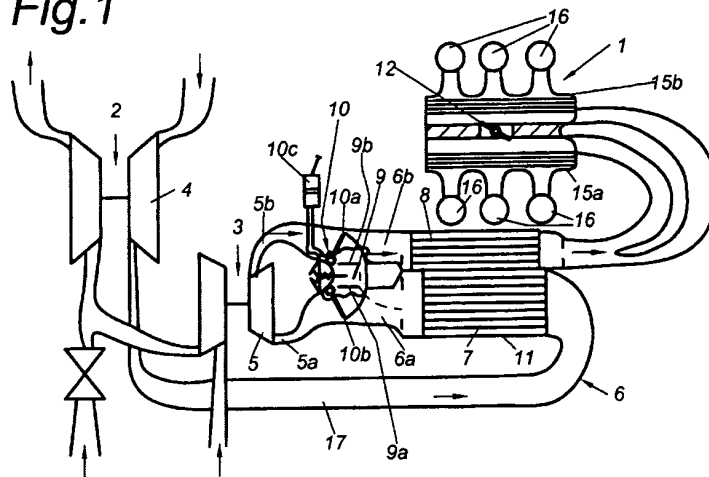
9. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Austritt des ersten Verdichters (4) direkt an den ersten Ladeluftkühler (7) angeschlossen ist und dass zumindest ein zweiter Verdichter (5) über zumindest eine Rohrleitung mit dem ersten und/oder zweiten Ladeluftkühler (8), vorzugsweise unter Zwischenschaltung zumindest eines Strömungsschaltventils (10), verbunden ist.
10. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass der zweite Ladeluftkühler (8) zumindest einer gasdynamisch aktiven Rohrleitung des Einlassstranges (6) nachgeschaltet ist.

### Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

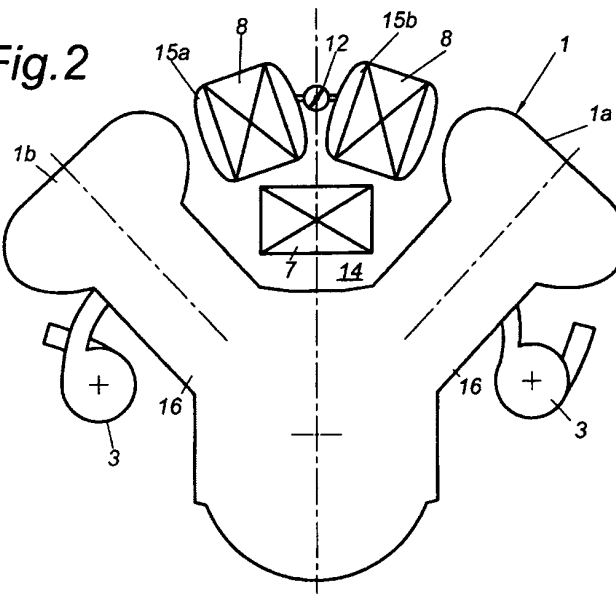


Int. Cl.<sup>8</sup>: **F02B 29/04** (2006.01)  
**F02B 37/013** (2006.01)  
**F02B 37/04** (2006.01)  
**F02B 33/44** (2006.01)

**Fig.1**



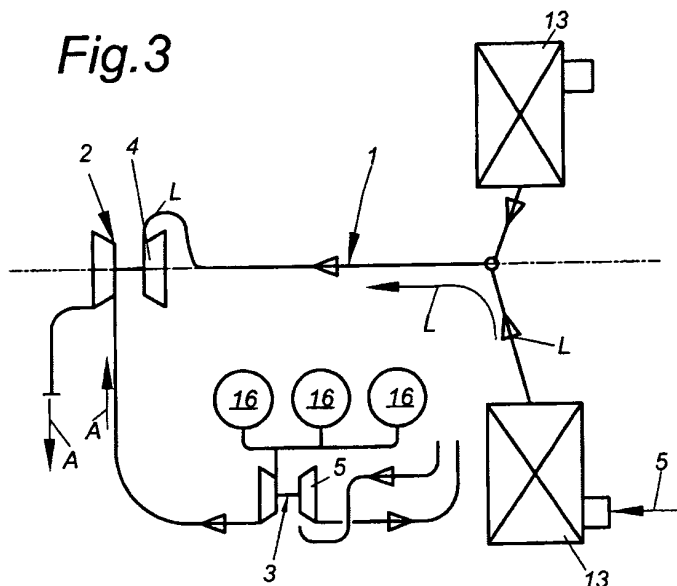
**Fig.2**



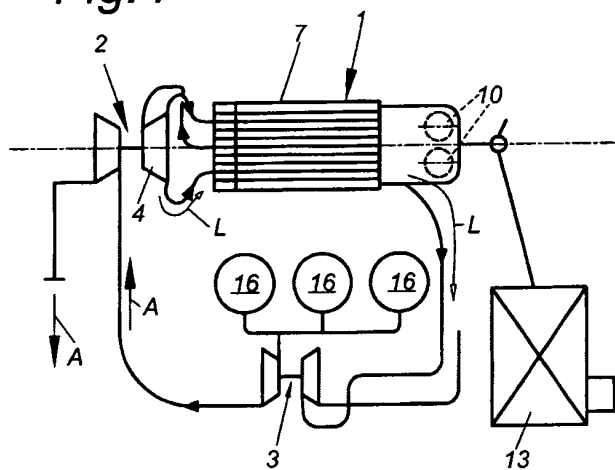


Int. Cl.<sup>8</sup>: **F02B 29/04** (2006.01)  
**F02B 37/013** (2006.01)  
**F02B 37/04** (2006.01)  
**F02B 33/44** (2006.01)

**Fig.3**

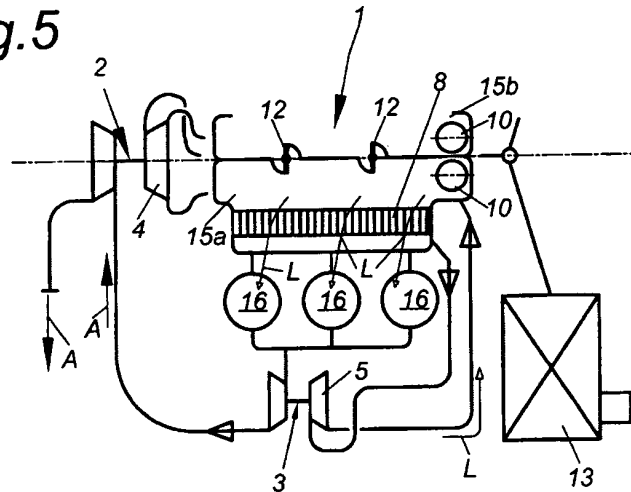


**Fig.4**





*Fig.5*



*Fig.6*

