

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 707/2006**

(22) Anmeldetag: **26.04.2006**

(43) Veröffentlicht am: **15.08.2006**

(51) Int. Cl.⁸: **F01N 7/00 (2006.01),**

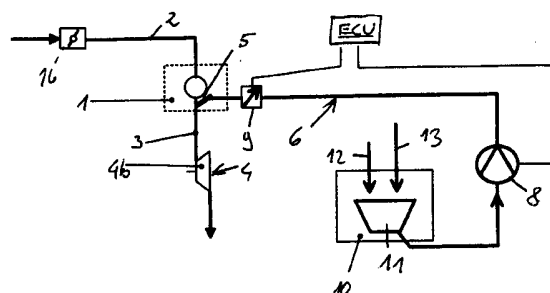
F01N 3/00 (2006.01)

(73) Patentanmelder:

AVL LIST GMBH
A-8020 GRAZ (AT)

(54) **BRENNKRAFTMASCHINE MIT EINEM ABGASSYSTEM**

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1) mit einem Abgassystem mit zumindest einer Wassereinspritzeinrichtung (5) zur Einspritzung von Wasser in einen Abgasstrang (3). Zur Verringerung des Kraftstoffverbrauches ist vorgesehen, dass die Wassereinspritzeinrichtung (5) stromaufwärts einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (7), vorzugsweise stromaufwärts einer Turbine (4b) eines Abgasturboladers (4), in den Abgasstrang (3) einmündet.



ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1) mit einem Abgassystem mit zumindest einer Wassereinspritzeinrichtung (5) zur Einspritzung von Wasser in einen Abgasstrang (3). Zur Verringerung des Kraftstoffverbrauches ist vorgesehen, dass die Wassereinspritzeinrichtung (5) stromaufwärts einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (7), vorzugsweise stromaufwärts einer Turbine (4b) eines Abgasturboladers (4), in den Abgasstrang (3) einmündet.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit einem Abgassystem und mit zumindest einer Wassereinspritzeinrichtung zur Einspritzung von Wasser in den Abgasstrang.

Die Einhaltung von Bauteiltemperaturgrenzen beim Katalysator und/oder Turbolader wird derzeit durch Nutzung der Verdampfungswärme von zusätzlich eingespritztem Kraftstoff sichergestellt. Folglich ist fettes Gemisch in beträchtlichen Bereichen des Betriebskennfeldes vorhanden, was zum Großteil für die im Vergleich zum Dieselmotor deutlich ausgeprägte Differenz zwischen dem Zyklusverbrauch und dem Praxisverbrauch verantwortlich ist. Diese Problematik verstärkt sich mit zunehmender spezifischer Leistung und stellt einen Zielkonflikt für hoch aufgeladene Down-Sizing-Motorkonzepte dar, deren Sinn ja eine Verbrauchssenkung im realen Fahrzeugbetrieb ist.

Besonders Turbomotoren können mit stöchiometrischem Gemisch selbst bei Volllast und Nennleistung ausgesprochen verbrauchsgünstig mit Verbrauchsverbesserungen bei Nennleistung zwischen 15% und 30%, und Absolutwerten um etwa 260 g/kWh betrieben werden, wenn zu Kühlzwecken andere Maßnahmen als die Anfettung zum Einsatz kämen. Im realen Fahrbetrieb können die Einsparungen je nach Fahrprofil, Motor-Fahrzeug-Kombination und Kraftstoffqualität die Größenordnung von 5% bis 20% betragen.

Derzeit sind zwei Wege bekannt, um die genannte Verbrauchsverbesserung zu erreichen:

- 1) Verwendung von hochtemperaturfesten Materialien für Auspuffkrümmer, Turbine und Katalysator, um den Anfettungsbedarf durch eine Verschiebung von den heute typischen Turbineneintrittstemperaturen von 950°C auf 1000°C bis 1050°C zu reduzieren. Neben signifikant höheren Kosten und sich verschärfender Problematik mit zum Beispiel Katalysatoralterung, thermomechanischen Problemen und Wärmeabstrahlung ist hier das Potenzial aber begrenzt. Insbesondere bei Betrieb mit ungünstigen heißen Umgebungsbedingungen, sowie billigeren Kraftstoffen geringerer Oktanzahl muss die Temperaturgrenze wiederum durch verstärktes Anfetten eingehalten werden.
- 2) Höheres Potenzial als eine Erhöhung des Temperaturlimits weist die Einbeziehung der abgasführenden Rohrleitungen vor der Turbine zum Beispiel in einen wassergekühlten Zylinderkopf auf, wie beispielsweise in der österreichischen Patentanmeldung A 1216/2005 beschrieben ist. Hier erfolgt die Gaskühlung nicht direkt, sondern indirekt durch den Wärmeübergang an

Außenflächen. Durch entsprechende Auslegung ist ein breiterer Wirkungsbereich als mit der Temperaturgrenzanhebung möglich und der Bedarf für zusätzliches Anfetten potenziell geringer. Durch eine hohe Systemintegration lässt sich ein relativ geringer Herstellaufwand erzielen. Die Wärme wird allerdings in den Kühlwasserkreislauf abgeführt und bei Drehzahlen unterhalb des maximalen Drehmomentes ist eine gewisse Einbuße an Drehmoment bei Turbomotoren zu berücksichtigen, da eine Mindestdurchströmung des Wassermantels und somit Kühlung zur Eingrenzung des Wassersiedens aufrecht zu halten ist, was zu geringerem Energieinhalt des Abgases führt.

Aus der WO 98/10185 A1 ist es bekannt, Wasser zur NO_x-Reduktion vor einem Verdichter in ein Ansaugsystem einer Brennkraftmaschine einzuspritzen. Ein ähnliches System ist aus der JP 56-083516 A bekannt.

Die US 5,131,229 A offenbart eine Turbo-Brennkraftmaschine mit externer Abgasrückführung, wobei in den Abgasstrom zur NO_x-Reduktion Wasser eingespritzt wird. Das Wasser wird aus einem Tank entnommen, welcher zum Schutz gegen Einfrieren beheizbar ist.

Die US 6,151,892 A1 offenbart eine Brennkraftmaschine mit programmierter Wassereinspritzung in das Abgassystem, um die Gasdynamik zur besseren Anpassung der Zylinderspülung zu verändern. Dadurch wird die Schwingungslänge durch Änderung der Abgastemperatur beeinflusst.

Weiters ist aus der US 6,357,227 B1 ein Abgassystem für eine Brennkraftmaschine bekannt, wobei ein Kondenswassersammler vorgesehen ist, welcher einer Einrichtung zur Reinigung des Abgases vorgeschaltet ist und strömungstechnisch mit der Abgasleitung verbunden ist. Der Kondenswassersammler ist mit einem Wasservorratsbehälter verbunden, der strömungstechnisch mit einem Speicher für Reduktionsmittel für einen Katalysator verbunden ist. Das Wasser, welches in der Abgasleitung geführt ist, kann vor Eintritt in die Abgasnachbehandlungseinrichtung kondensieren. Nachteilig ist, dass für die Kondensationseinrichtung Wasser aus den unbehandelten Abgasen stromaufwärts der Abgasnachbehandlungseinrichtung entnommen wird, wodurch das Kondensationsystem starker Verschmutzung ausgesetzt ist. Eine dauerhafte Funktion des Systems ist daher nicht gewährleistet.

Aufgabe der Erfindung ist es, die genannten Nachteile zu vermeiden und den Kraftstoffverbrauch wesentlich zu verringern.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass die Wassereinspritzeinrichtung stromaufwärts einer Abgasnachbehandlungseinrichtung, vorzugsweise stromauf-

wärts einer Turbine eines Abgasturboladers, in den Abgasstrang einmündet. Durch das luftverteilte Einspritzen und Verdampfen von Wasser oder wässrigen Lösungen in den Auslassstrang kann der Bedarf einer Gemischanfettung weitestgehend unterbunden werden.

Das Wasser kann dabei aus direkter Betankung, durch Kondensation von Motorabgasen (ca. 1 kg Wasser je kg verbrannten Kraftstoffes) in einem geeigneten Kondensationssystem, sowie durch Nutzung von Kondensaten fahrzeugseitiger Systeme, zum Beispiel der Klimaanlage, bezogen werden. Um laufend anfallende geringe Kondensatmengen zu sammeln und um die zur Kondensation nötigen Wärmeaustauschflächen klein zu halten, ist ein Reservoir vorgesehen, dessen Größe entsprechend der Betriebserfahrung so ausgelegt ist, dass ein Leerfahren unterbleibt. Da das Wasser eine etwa fünffache Verdampfungswärme von Kraftstoff aufweist, ist der volumetrische Bedarf an Wasser, bzw. Kondensat zur Abgaskühlung vergleichsweise gering. Die Einsparung beim durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch durch den Verzicht auf Gemischanfettung kann je nach Fahrprofil, Motor-Fahrzeug-Kombination und Kraftstoffqualität die Größenordnung von 5% bis 20% betragen. Beispielsweise können je Liter verbrauchten Wassers etwa 5 Liter Kraftstoffe eingespart werden.

Dabei kann vorgesehen sein, dass das Kondensationssystem eine Abgaskondensationsvorrichtung aufweist, welche über eine Abgasentnahmeleitung mit dem Abgasstrang verbindbar ist. Alternativ oder zusätzlich dazu ist es möglich, dass das Kondensationssystem eine Luftkondensationseinrichtung aufweist, wobei vorzugsweise das Luftkondensationssystem Teil einer Klimaanlage ist.

Eine vorteilhafte Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass das Kondensationssystem einen Kondensator mit Filter und Reservoir aufweist, in welchen der Kondensatzulauf der Abgaskondensationseinrichtung und/oder der Kondensationszulauf einer Luftkondensationseinrichtung, vorzugsweise einer Klimaanlage, einmündet, wobei vorzugsweise das Wassereinspritzsystem eine Mengenregelungseinrichtung aufweist, welche im Wassereinspritzsystem stromabwärts einer Speisepumpe angeordnet ist.

Die Standzeit des Kondensationssystems kann wesentlich erhöht werden, wenn die Abgasentnahmeleitung stromabwärts der Abgasnachbehandlungseinrichtung vom Abgasstrang abzweigt. Um wintersicheren Betrieb zu gewährleisten, ist es vorteilhaft, wenn das Wassereinspritzsystem entweder eine Frostsicherungseinrichtung aufweist oder derart gestaltet ist, dass die korrekte Funktion mit zunehmender Erwärmung des Motors wieder verfügbar wird. Ein frostbedingter Ausfall der Funktion kann durch die Motorsteuerung detektiert werden, wobei bei Bedarf die bekannte Gemischanreicherung zur Einhaltung von Grenztemperaturen verwendet werden kann, bis das System wieder funktionsfähig ist.

Dasselbe gilt auch für den Fall zu geringen Kondensatangebotes nach beispielsweise langer Betriebsunterbrechung eines Fahrzeuges.

Das über die Abgasentnahmeleitung abgezweigte Abgas wird nach Passieren der Abgaskondensationseinrichtung einem Einlassstrang der Brennkraftmaschine über eine an das Kondensationssystem anschließende Abgasrückführleitung zugeführt, wobei in der Abgasrückführleitung ein Rückschlagventil oder ein Regelventil angeordnet sein kann. Um auch im aufgeladenen Teillastbetrieb eine Rückgewinnung von Wasser aus dem Abgas unter Rückführung von Abgas in den Einlassstrang zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn die Abgasrückführleitung stromaufwärts eines Verdichters in den Einlassstrang einmündet.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einer ersten Ausführungsvariante, Fig. 2 eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einer zweiten Ausführungsvariante, Fig. 3 eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einer dritten Ausführungsvariante und Fig. 4 ein Kennfeld einer Otto-Brennkraftmaschine.

Fig. 1 zeigt eine Brennkraftmaschine 1 mit einem Einlassstrang 2 und einem Abgasstrang 3. Mit Bezugszeichen 4b ist eine im Abgasstrang 3 angeordnete Turbine eines Abgasturboladers 4 bezeichnet. Über eine Wassereinspritzeinrichtung 5 eines Wassereinspritzsystems 6 kann Wasser stromaufwärts der Turbine 4b und stromaufwärts einer Abgasnachbehandlungseinrichtung 7 in den Abgasstrang 3 eingespritzt werden. Das Wassereinspritzsystem 6 weist weiters eine Speisepumpe 8 und eine Mengenregeleinrichtung 9 zur Zumessung der Wassermenge auf. Die Speisepumpe 8 und die Mengenregeleinrichtung 9 werden durch eine Steuereinheit ECU gesteuert. Die Einspritzung erfolgt bevorzugt in die Auslasskanäle der Brennkraftmaschine 1, unmittelbar nach den Auslassventilen. Die Wassereinspritzeinrichtung 5 ist so konzipiert, dass eine weitestgehend luftverteilte Einspritzung des Wassers sichergestellt wird. Dies kann entweder über Zerstäuberdüsen oder über individuelle Zerstäuber-Ventileinheiten erfolgen. Die Düsen der Wassereinspritzeinrichtung 5 müssen dabei in einer gekühlten Umgebung angeordnet sein, so dass keine Dampfblasenbildung in der Düse und innerhalb der Verteilerleitungen stattfindet.

Die Wassergewinnung kann an Bord des Fahrzeuges durch ein Kondensationssystem 10 mit einem Kondensator 10a, einem nicht dargestellten Filter und einem Reservoir 11 erfolgen. In das Reservoir 11 des Kondensationssystems 10 mündet der Kondensatzulauf 12 einer Abgaskondensationseinrichtung und/oder der Kondensatzulauf 13 einer Luftkondensationseinrichtung, beispielsweise einer Klimaanlage, ein.

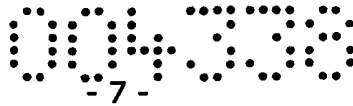
Die Einspritzung des Wassers erfolgt gegen den Abgasdruck, daher sind Einspritzdrücke von ca. 2 bar bis 5 bar erforderlich.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsvariante eines Wassereinspritzsystems 6 und eines Kondensationssystems 10, wobei über eine Abgasentnahmeleitung 14 Abgas aus dem Abgasstrang 3 stromabwärts der beispielsweise durch einen Katalysator gebildeten Abgasnachbehandlungseinrichtung 7 und stromabwärts des Schalldämpfers 15 entnommen und dem Kondensationssystem 10 zugeführt wird. Dadurch, dass das Abgas am Ende des Abgasstranges 3 entnommen wird, findet bereits ein nennenswerter Temperaturabbau statt. Im Kondensationssystem 10 erfolgt unter Kondensation des Abgases oder der Luft unter Nutzung der niedrigen Temperaturen einer Klimaanlage eine Rückgewinnung des Wassers, welches in einem Reservoir 11 gesammelt wird. Das trockene gekühlte Gas wird stromabwärts der Drosselklappe 16 dem Einlassstrang 2 über eine Abgasrückführleitung 14a, in welcher ein Rückschlagventil 17 angeordnet ist, zugeführt. Somit steht im Einlassstrang 2 gekühltes rückgeführtes Abgas zur Verfügung. Die bei Teillast herrschenden Saugrohrdrücke ermöglichen die Abgasförderung zur Kondensation. Bei höherem Ladedruck schließt das Rückschlagventil 17, die Abgasrückströmung und somit die Kondensation unterbleibt. Die Abgaskondensation erfolgt somit nur bei gedrosseltem Teillastbetrieb, wo an sich für die Kondensation günstige niedrige Abgastemperaturen vorherrschen und mit kleinen Kondensationssystemen 10 das Auslangen gefunden werden kann. Um den Bedarf, welcher ausschließlich bei höheren Motorlasten besteht, ausreichend bedienen zu können, ist das Reservoir 11 erforderlich, welches mindestens den Stundenbedarf an Kondensat für einen anfettungsfreien Nennleistungsbetrieb beinhalten sollte. Zusätzlich zur Kondensation aus dem Abgas können auch aus anderen Fahrzeugsysteme anfallende Kondensate, insbesondere des Wärmetauschers der Klimaanlage genutzt und im Reservoir 11 gesammelt werden.

Wie in Fig. 3 dargestellt ist, können zusätzliche Kondensatmengen aus einem Betrieb mit sauberem, gekühltem und mengengeregt rückgeführtem Abgas auch bei aufgeladenen Teillasten gewonnen werden, indem Abgas über ein durch die Steuereinheit ECU gesteuertes Regelventil 18 stromaufwärts des Verdichters 4a des Abgasturboladers 4 dem Einlassstrang 2 über eine Abgasrückführleitung 14b zugeführt wird. Der Betrieb des Kondensationssystems 10 erfolgt dabei durch die Druckdifferenz zwischen dem Eintritt in den Verdichter 4a und dem Abgasdruck stromabwärts der Abgasnachbehandlungseinrichtung 7 unter Zwischenschaltung des Regelventils 18.

Um einen wintersicheren Betrieb zu ermöglichen, kann das Wassereinspritzsystem 6 beheizbar ausgeführt werden.

Fig. 4 zeigt ein Motorkennfeld einer Otto-Brennkraftmaschine, wobei der Mittel-
druck p_m über der Drehzahl n aufgetragen ist. Mit A ist der untere Teillastbereich,
mit B der mittlere Teillastbereich und mit C der obere Teillastbereich bezeichnet.
Insbesondere im mittleren und oberen Teillastbereich B, C treten erhebliche
Verbrauchs Nachteile verglichen mit stöchiometrischen Betrieb auf, da in diesen
Betriebsbereichen eine Anfettung zur Einhaltung von Abgastemperaturgrenzen
unbedingt erforderlich ist. Durch Wassereinspritzung in den Bereichen B, C kann
eine Anfettung vermieden und somit Verbrauchs Nachteile verhindert werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Brennkraftmaschine (1) mit einem Abgassystem mit zumindest einer Wassereinspritzeinrichtung (5) zur Einspritzung von Wasser in einen Abgasstrang (3), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wassereinspritzeinrichtung (5) stromaufwärts einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (7), vorzugsweise stromaufwärts einer Turbine (4b) eines Abgasturboladers (4), in den Abgasstrang (3) einmündet.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wassereinspritzsystem (5) ein Kondensationssystem (10) zur Gewinnung von Wasser durch Entfeuchtung von Luft oder Abgas aufweist.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kondensationssystem (10) eine Abgaskondensationsvorrichtung aufweist, welche über eine Abgasentnahmeleitung (14) mit dem Abgasstrang (3) verbindbar ist.
4. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kondensationssystem (10) eine Luftkondensationseinrichtung aufweist, wobei vorzugsweise das Luftkondensationssystem Teil einer Klimaanlage ist.
5. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kondensationssystem (10) einen Kondensator (10a) mit Filter und Reservoir (11) aufweist, in welchen der Kondensatzulauf (12) der Abgaskondensationseinrichtung und/oder der Kondensationszulauf (13) einer Luftkondensationseinrichtung, vorzugsweise einer Klimaanlage, einmündet.
6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgasentnahmeleitung (14) stromabwärts der Abgasnachbehandlungseinrichtung (7) vom Abgasstrang (3) abzweigt.
7. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das über die Abgasentnahmeleitung (14) abgezweigte Abgas nach Passieren der Abgaskondensationseinrichtung einem Einlassstrang (2) der Brennkraftmaschine über eine an das Kondensationssystem (10) anschließende Abgasrückführleitung (14a, 14b) zuführbar ist, wobei vorzugsweise in der Abgasrückführleitung (14a, 14b) ein Rückschlagventil (17) oder ein Regelventil (18) angeordnet ist.

8. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgasrückführleitung (14b) stromaufwärts eines Verdichters (4a) in den Einlassstrang (2) einmündet.
9. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wassereinspritzsystem (5) eine Mengenregelungseinrichtung (9) aufweist, welche im Wassereinspritzsystem (5) stromabwärts einer Speisepumpe (8) angeordnet ist.
10. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wassereinspritzsystem (5) eine Frostsicherungseinrichtung aufweist.

2006 04 26

Fu/Sc

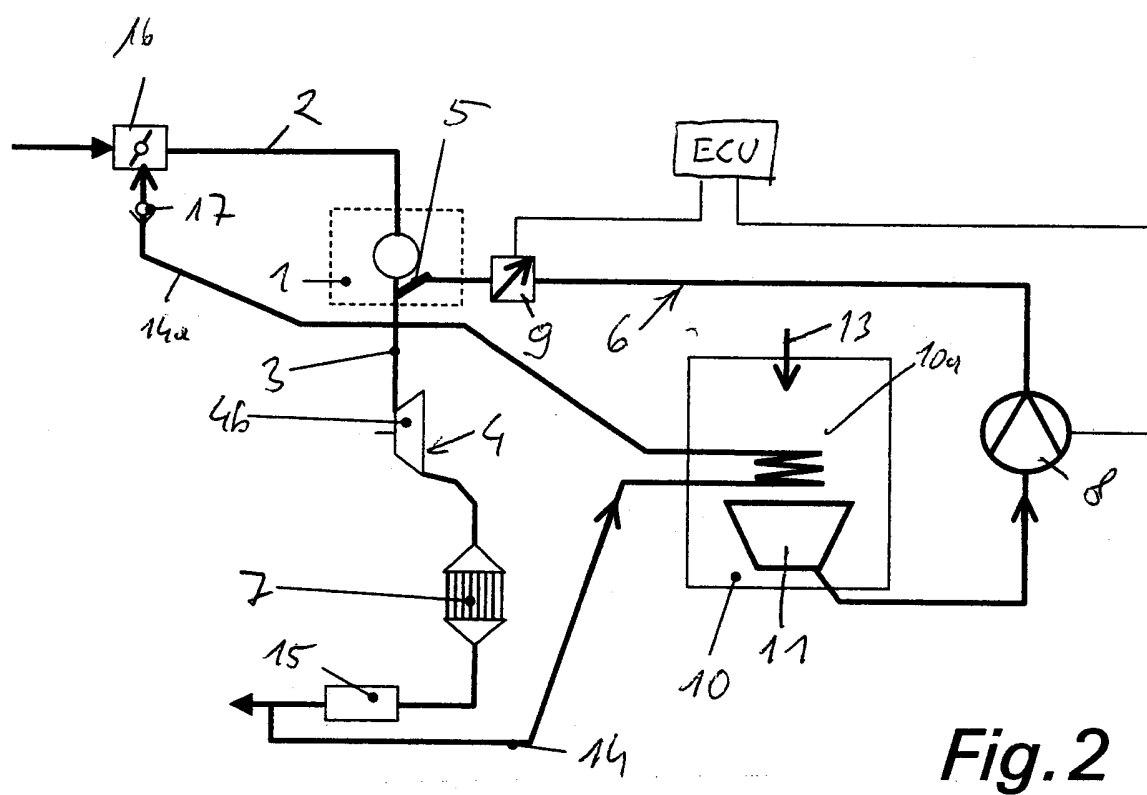

Patentanwalt

Dipl.-Ing. Mag. Michael Babeluk

A-1150 Wien, Mariahilfer Gürtel 39/17

Tel.: (+43 1) 892 89 33-0 Fax: (+43 1) 892 89 333

e-mail: patent@babeluk.at

[illegible]

004338

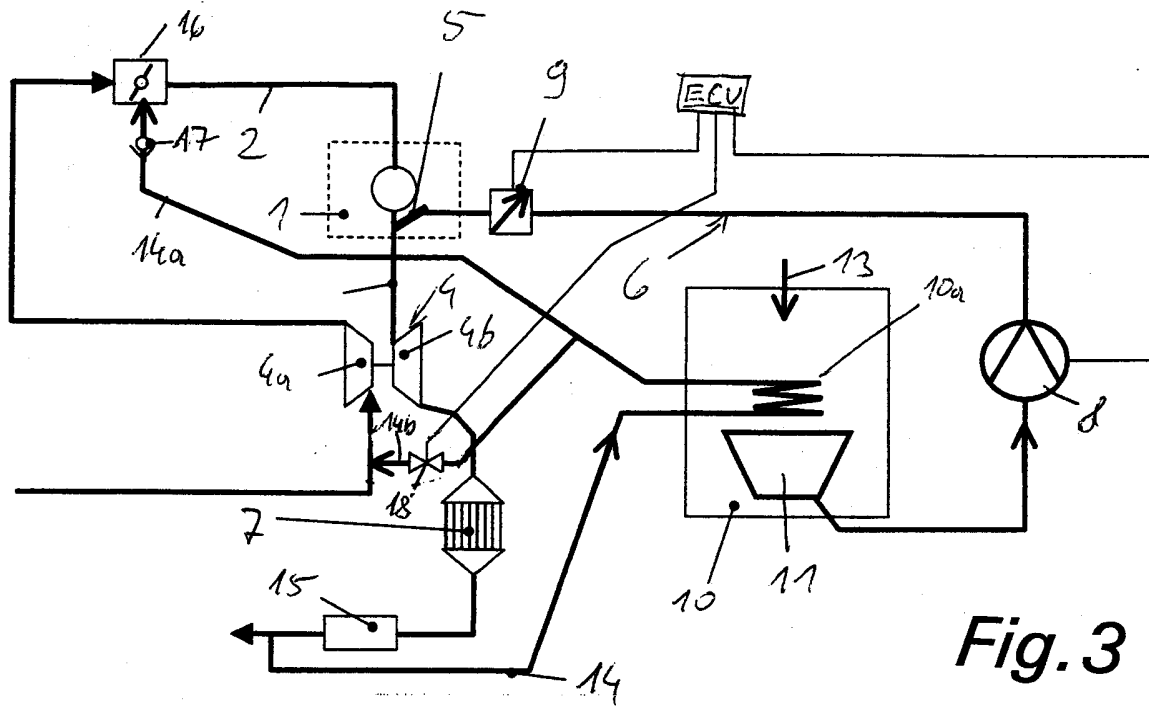


Fig. 3

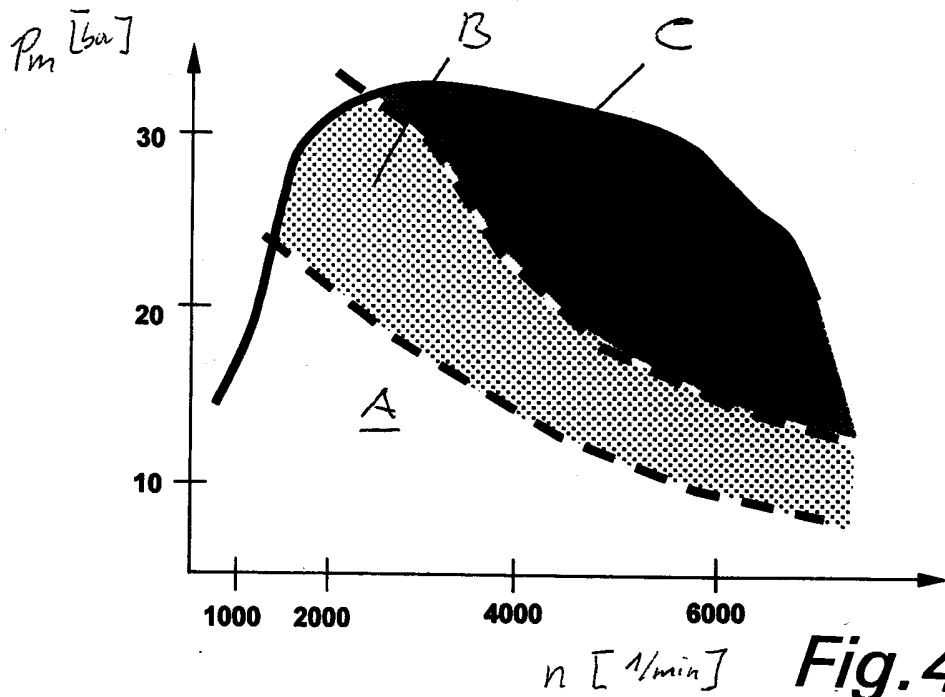


Fig. 4