(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 505 836 B1 2011-05-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 81/2009
(22) Anmeldetag: 19.01.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2011

(51) Int. Cl. : ***F02D 41/00*** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102004005945B4
WO 2008/032649A1

(73) Patentinhaber:
AVL LIST GMBH
A-8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
KAPUS PAUL DR.
JUDENDORF (AT)

(54) VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) mit zweistufiger Aufladung mit einer Niederdruckabgasturbine (6) und einer Hochdruckabgasturbine (7), wobei die Niederdruckabgasturbine (6) stromabwärts der Hochdruckabgasturbine (7) im Auslasssystem (3) der Brennkraftmaschine (1) angeordnet ist, und wobei die Hochdruckabgasturbine (7) eine Umgehungsleitung (11) mit einem Steuerventil (12) aufweist. Um ein rasches Ansprechen der Brennkraftmaschine (1) bei transientem Betrieb zu ermöglichen ist vorgesehen, dass kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen vorzugsweise durch eine elektronische Steuereinheit überprüft wird, ob ein stationärer oder ein transienter Betriebsfall der Brennkraftmaschine (1) vorliegt, und dass das Steuerventil (12) im stationären Betriebsfall nach zumindest einem stationären Kennfeld (32, 33) und im transienten Betriebsfall nach zumindest einem transienten Kennfeld (31) oder nach einer Transientenfunktion geregelt wird.

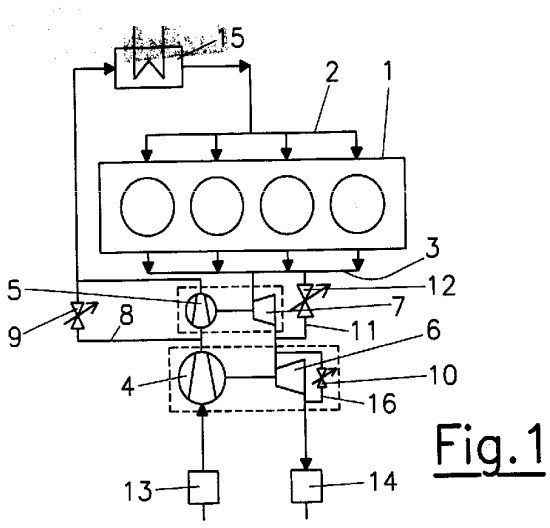

Fig.1

AT 505 836 B1 2011-05-15

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit zweistufiger Aufladung mit einer Niederdruckabgasturbine und einer Hochdruckabgasturbine, wobei die Niederdruckabgasturbine stromabwärts der Hochdruckabgasturbine im Auslasssystem der Brennkraftmaschine angeordnet ist, und wobei die Hochdruckabgasturbine eine Umgehungsleitung mit einem Steuerventil aufweist, wobei kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen vorzugsweise durch eine elektronische Steuereinheit überprüft wird, ob ein stationärer oder ein transienter Betriebsfall der Brennkraftmaschine vorliegt

[0002] Aus der DE 10 2004 005 945 B4 ist ein Verfahren zur Ladedruckregelung bei einer Brennkraftmaschine mit zweistufiger Abgasturboaufladung mit einem ersten und einem zweiten Turbolader bekannt, deren Verdichtungsleistung jeweils durch einen Steller eingestellt wird. Dabei werden in Abhängigkeit vom Ladedruck-Sollwert Vorsteuerungsstellwerte für die Steller der Turbolader berechnet. Weiters wird in Abhängigkeit von der Regeldifferenz aus dem Ladedruck-Istwert und dem Ladedruck-Sollwert in einem gemeinsamen Regler ein einziger Regelungs-Korrekturwert zur Korrektur der Vorsteuerungs-Stellwerte beider Steller berechnet. Aus den Vorsteuerungs-Stellwerten und dem Regelungs-Korrekturwert werden in einer Koordinationseinheit korrigierte Stellwerte berechnet, mit denen die Steller der Turbolader angesteuert werden, wobei die Koordinationseinheit in Abhängigkeit vom Vorzeichen des Regelungs-Korrekturwertes zwischen einer Strategie zur Verringerung des Ladedruckes und einer Strategie zur Erhöhung des Ladedruckes umschaltet.

[0003] Die WO 2008/032649 A1 offenbart eine Brennkraftmaschine mit mehrstufiger Aufladung mit einer Niederdruckabgasturbine und einer Hochdruckabgasturbine, wobei die Niederdruckabgasturbine stromabwärts der Hochdruckabgasturbine im Auslasssystem angeordnet ist. Die Hochdruckabgasturbine ist als Turbine mit variabler Geometrie (VTG) ausgebildet. Die Regelung zwischen transientem Betriebsfall und stationärem Betriebsfall erfolgt dabei durch Verstellen der Turbinenschaufeln.

[0004] Insbesondere bei unterschiedlich großen Ladern besteht die Gefahr, dass im transienten Fall die Lastaufschaltung bei mittleren Drehzahlen durch die Trägheit des größeren Laders zu langsam erfolgt, was zu deutlichen transienten Leistungsverlusten führt.

[0005] Es ist die Aufgabe der Erfindung, diesen Nachteil zu vermeiden und eine rasche Lastaufschaltung bei mittleren Drehzahlen zu ermöglichen.

[0006] Dies wird dadurch erreicht, dass das Steuerventil im stationären Betriebsfall nach zumindest einem stationären Kennfeld und im transienten Betriebsfall nach zumindest einem transienten Kennfeld oder nach einer Transientenfunktion geregelt wird, und dass ein in einer Bypassleitung der Niederdruckabgasturbine angeordneten Wastegate im transienten Betriebsfall nach einem transienten Kennfeld oder nach einer Transientenfunktion geregelt wird.

[0007] In Abhängigkeit der Lastanforderung wird das Steuerventil mittels eines transienten Kennfeldes oder einer Transientenfunktion gesteuert. Im stationären Fall dagegen wird das Steuerventil aus dem stationären Kennfeld gesteuert. Dadurch wird gewährleistet, dass das Umschalten zwischen dem Niederdrucklader und dem Hochdrucklader angepasst erfolgt, so dass eine Lasteinbuße im transienten Betrieb vermieden wird.

[0008] Die Ansteuerung des Steuerventiles der Hochdruckabgasturbine und des Wastegates der Niederdruckabgasturbine erfolgt somit koordiniert in Abhängigkeit von Transientenfunktionen bzw. aus transienten Kennfeldern heraus. Somit wird gewährleistet, dass der Übergang von Hochdrucklader zum Niederdrucklader mit optimaler Geschwindigkeit erfolgt.

[0009] Bei der zweistufigen seriellen Aufladung wird der Hochdrucklader durch den Niederdrucklader gespeist. Der Niederdrucklader bläst dabei Luft in den Hochdrucklader. Ab einer vordefinierten Drehzahl wird der Hochdrucklader umgangen, der Niederdrucklader übernimmt die gesamte Arbeit. Dabei ist es notwendig, dass die Umschaltung vom kleineren Hochdrucklader auf den größeren Niederdrucklader mittels einer Transientenfunktion oder aus einem tran-

sienten Kennfeld erfolgt.

[0010] Im Rahmen der Erfindung kann weiters vorgesehen sein, dass ein transienter Betriebsfall aus der Abweichung zwischen aktuellem und angefordertem Lastzustand erkannt wird, wobei der Ladezustand aus dem Ladedruck abgeleitet wird. Die Unterscheidung zwischen transientem und stationären Betriebsfall kann für das Wastegate und das Steuerventil unabhängig voneinander gemacht werden.

[0011] Sowohl das Steuerventil, als auch das Wastegate können durch jeweils einen P-I-Regler (Proportional-Integral-Regler) über die Transientenkennfelder bzw. die Transientenfunktionen und über die Stationärkennfelder überlagert sein. Diese P-I-Regler kann noch durch einen D-Anteil (Differenzieranteil) ergänzt werden.

[0012] Im Rahmen der Erfindung kann weiters vorgesehen sein, dass für ein schnelles Aufheizen einer Abgasnachbehandlungseinrichtung das Steuerventil und/oder das Wastegate nach jeweils einem stationären Aufheizkennfeld öffnet.

[0013] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

[0014] Es zeigen

[0015] Fig. 1 schematisch eine Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0016] Fig. 2 Betriebsparameter über der Zeit aufgetragen bei einer Volllastbeschleunigung,

[0017] Fig. 3 Einsatzbereiche des Steuerventils,

[0018] Fig. 4 ein Stationärkennfeld,

[0019] Fig. 5 ein Transientenkennfeld und

[0020] Fig. 6 ein Blockschaubild mit dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0021] Fig. 1 zeigt schematisch eine Brennkraftmaschine 1 mit einem Einlasssystem 2 und einem Auslasssystem 3. Die Brennkraftmaschine 1 weist eine zweistufige Aufladung mit einem Niederdruckverdichter 4 und einem Hochdruckverdichter 5 auf, wobei der Niederdruckverdichter 4 durch eine Niederdruckabgasturbine 6, und der Hochdruckverdichter 5 durch eine Hochdruckabgasturbine 7 angetrieben wird. Der Hochdruckverdichter 5 ist über eine Umgehungsleitung 8 umgehbar, in welcher eine Klappe 9 angeordnet ist. Die Hochdruckabgasturbine 7 ist über eine Umgehungsleitung 11 mit einem Steuerventil 12 umgehbar. Weiters ist zur Umgebung der Niederdruckabgasturbine 6 ein Wastegate 10 in einer Bypassleitung 16 vorgesehen.

[0022] Stromaufwärts des Niederdruckverdichters 4 ist ein Luftfilter angeordnet. Mit Bezugszeichen 14 ist eine im Abgasstrang 3 angeordnete Abgasnachbehandlungseinrichtung, beispielsweise ein Katalysator bezeichnet.

[0023] Die Ansaugluft wird über den Niederdruckverdichter 4 bzw. den Hochdruckverdichter 5 und den Ladeluftkühler 15 der Brennkraftmaschine 1 zugeführt. Dabei werden bei niedriger Drehzahl beide Verdichter 4, 5 eingesetzt, wobei aber der Ladedruck hauptsächlich durch den Hochdruckverdichter 5 bereitgestellt wird. Sobald der Niederdruckverdichter 4 ausreichend hohen Ladedruck aufbaut, wird ab einer gewissen Drehzahl und Last der Hochdruckverdichter 5 umgangen, wobei der größere Niederdruckverdichter 4 die Arbeit übernimmt. Die Klappe 9 kann dabei federbelastet sein und ab einer vordefinierten Differenz der Ladedrücke von Hochdruck- und Niederdruckverdichter öffnen.

[0024] Dabei ist es notwendig, die Umschaltung vom Hochdruckverdichter 5 zum Niederdruckverdichter 4 mittels einer Transientenfunktion durchzuführen. In Abhängigkeit der Lastanforderung wird beispielsweise das durch eine Klappe gebildete Steuerventil 12 aus einem anderen Kennfeld angesteuert, als aus einem Stationärkennfeld.

[0025] Dies ist nötig, da ansonsten die Lastaufschaltung aufgrund der Trägheit des größeren Niederdruckverdichters 4 zu langsam wäre. Der kleinere Hochdruckverdichter 5 muss also im

transienten Betrieb die Aufladung des Niederdruckverdichters 4 unterstützen.

[0026] Gleichzeitig wird auch das Wastegate 10 der Niederdruckabgasturbine 6 nach einem transienten Kennfeld oder einer Transientenfunktion verstellt.

[0027] Sowohl das Steuerventil 12, als auch das Wastegate 10 haben jeweils einen P-I-Regler über die Transientenfunktionen bzw. -kennfelder und über die Stationärkennfelder überlagert. Diese P-I-Regler kann gegebenenfalls durch einen D-Anteil ergänzt werden.

[0028] Um ein schnelles Aufheizen der Abgasnachbehandlungseinrichtung 14 zu erreichen, ist es weiters vorteilhaft, das Steuerventil 12 nach einem Aufheizkennfeld zu öffnen. Auch das Wastegate 10 kann nach einem eigenen Aufheizkennfeld geöffnet werden. Im Katalysatoraufheizbetrieb wird somit anstelle des normalen Stationärkennfeldes jeweils ein Aufheizkennfeld verwendet.

[0029] Fig. 2 zeigt einen Motortestlauf für eine Volllastbeschleunigung. Mit L ist die Ist-Füllung und mit L_{sol} die Soll-Füllung bezeichnet. Überschreitet die Differenz zwischen der Soll-Füllung L_{sol} und der Ist-Füllung L eine vordefinierte Füllungsabweichung ΔL, so wird daraus auf das Vorliegen eines transienten Betriebszustandes geschlossen. In diesem Falle wird ein Transientbit TB_S für das Steuerventil 12 und ein Transientbit TB_W für das Wastegate 10 gesetzt. Das Steuerventil 12 wird darauf entsprechend einem transienten Kennfeld bzw. einer Transientenfunktion gesteuert, wobei die Steuerung über einen P-I-Regler (Proportional-Integral-Controller) geregelt wird. Genauso kann das Wastegate 10 nach einem transienten Kennfeld bzw. einer Transientenfunktion - überlagert durch einen eigenen P-I-Regler - geregelt werden. Die beiden P-I-Regler bzw. P-I-D-Regler sind sowohl im transienten, als auch im stationären Fall aktiv und überlagern die entsprechenden trasnienten- und stationären Kennfelder. Der Hauptbetätigungsbereich des P-I-Regler des Steuerventiles 12 ist dabei der Bereich, in dem die Hochdruckabgasturbine arbeitet (S1 und S2 in Fig. 3). Der P-I-Regler des Wastegates 10 wird dagegen hauptsächlich bei hohen Drehzahlen aktiv sein. Der Proportionalanteil für die Regelung des Steuerventiles 12 ist in Fig. 2 mit Bezugszeichen P_S und der Integralanteil des Steuerventiles 12 mit I_S bezeichnet. Die Stellung des Steuerventiles 12 wird durch die Linie SV dargestellt.

[0030] In gleicher Weise wird das Wastegate 10 im transienten Betriebsmodus mittels eines transienten Kennfeldes bzw. einer Transientenfunktion über einen P-I-Regler geregelt. Der Proportionalanteil des Wastegates 10 ist dabei mit P_w und der Integralanteil mit I_w bezeichnet. Die Linie W deutet die Wastegateposition an.

[0031] Die Drehzahl ist in Fig. 2 mit n dargestellt.

[0032] Fig. 3 zeigt ein Last L - Drehzahl n - Diagramm, wobei die Bereiche für stationäre Nutzung des Steuerventils 12 mit S_1 und für transiente Nutzung des Steuerventils 12 mit S_2 eingezeichnet sind. Der Bereich S_3 markiert den Nutzungsbereich während der Aufheizphase der Abgasnachbehandlungseinrichtung 14. Durch das Öffnen des Steuerventils 12 wird die Hochdruckabgasturbine 7 nicht durchströmt, wodurch weniger Wärmeverluste bis zur Abgasnachbehandlungseinrichtung 14 auftreten.

[0033] In Fig. 4 ist als Beispiel ein stationäres Kennfeld dargestellt, wobei ein Steuersignal z für das Steuerventil 12 über der Last L aufgetragen ist. Fig. 5 zeigt ein entsprechendes transientes Kennfeld für das Steuerventil 12.

[0034] In Fig. 6 ist das erfindungsgemäße Verfahren schematisch dargestellt. Dabei wird in einem ersten Abfrageschritt 30 überprüft, ob ein stationärer oder ein transienter Betrieb S, T stattfindet. Diese Überprüfung erfolgt dadurch, dass die angeforderte Solllast L_{sol} mit der Istlast L verglichen wird und bei vorhandener Differenz ΔL ein transienter Modus T festgestellt wird. In diesem Falle wird zur Regelung des Steuerventiles 12 über den P-I-Regler 40 ein Transientenkennfeld 31 verwendet. Andernfalls wird festgestellt, dass ein stationärer Modus S vorliegt und somit für die Ansteuerung des Steuerventils 12 ein Stationärkennfeld 32, oder - wenn in einer Abfrage 35 festgestellt wird, dass die Katalysatortemperatur T_C unterhalb einer Solltemperatur liegt - ein Aufheizkennfeld 33 verwendet. Für das Wastegate 10 gilt analoges, wobei eventuell die Abfrage der Katalysatortemperatur entfallen kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) mit zweistufiger Aufladung mit einer Niederdruckabgasturbine (6) und einer Hochdruckabgasturbine (7), wobei die Niederdruckabgasturbine (6) stromabwärts der Hochdruckabgasturbine (7) im Auslasssystem (3) der Brennkraftmaschine (1) angeordnet ist, und wobei die Hochdruckabgasturbine (7) eine Umgehungsleitung (11) mit einem Steuerventil (12) aufweist, wobei kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen vorzugsweise durch eine elektronische Steuereinheit überprüft wird, ob ein stationärer oder ein transienter Betriebsfall der Brennkraftmaschine (1) vorliegt, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Steuerventil (12) im stationären Betriebsfall nach zumindest einem stationären Kennfeld (32, 33) und im transienten Betriebsfall nach zumindest einem transienten Kennfeld (31) oder nach einer Transientenfunktion geregelt wird, und dass ein in einer Bypassleitung (16) der Niederdruckabgasturbine (6) angeordneten Wastegate (10) im transienten Betriebsfall nach einem transienten Kennfeld (31) oder nach einer Transientenfunktion geregelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Steuerventil (12) durch einen P-I-Regler (40) sowohl über das transiente Kennfeld (31) bzw. die Transientenfunktion, als auch über das stationäre Kennfeld (32, 33) überlagert wird, wobei vorzugsweise der P-I-Regler (40) durch einen D-Anteil ergänzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Wastegate (10) durch einen eigenen P-I-Regler sowohl über das transiente Kennfeld bzw. die Transientenfunktion, als auch über das stationäre Kennfeld überlagert wird, wobei vorzugsweise der P-I-Regler durch einen D-Anteil ergänzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein transienter Betriebsfall aus einer Abweichung zwischen einer aktuellen (L) und angeforderten Lastzustand (L_{sol}) erkannt wird, wobei vorzugsweise der Lastzustand (L, L_{sol}) durch den Ladedruck definiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass für Steuerventil (12) und Wastegate (10) unabhängig voneinander geprüft wird, ob ein transienter Betriebsfall vorliegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass während eines Aufheizmodus einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (14) das Steuerventil (12) nach einem vorzugsweise stationären Aufheizkennfeld (33) geöffnet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass während eines Aufheizmodus einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (14) das Wastegate (10) nach einem vorzugsweise stationären Aufheizkennfeld geöffnet wird.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

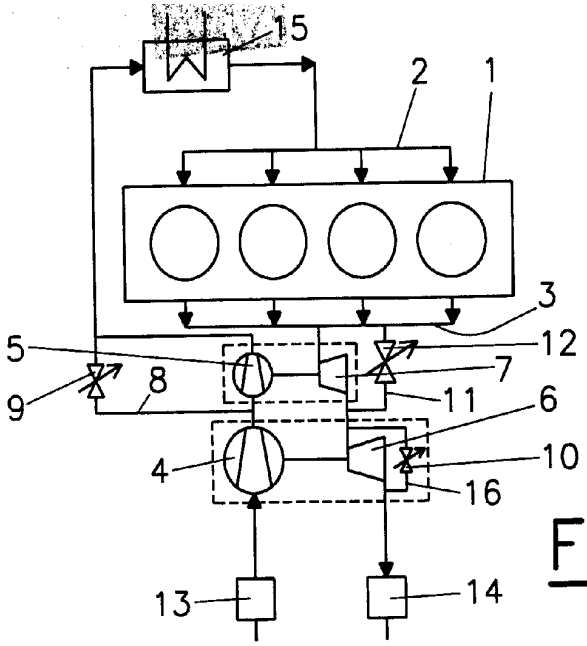
15
2
1
3
5
12
9
8
7
11
6
4
10
16
13
14

Fig.1

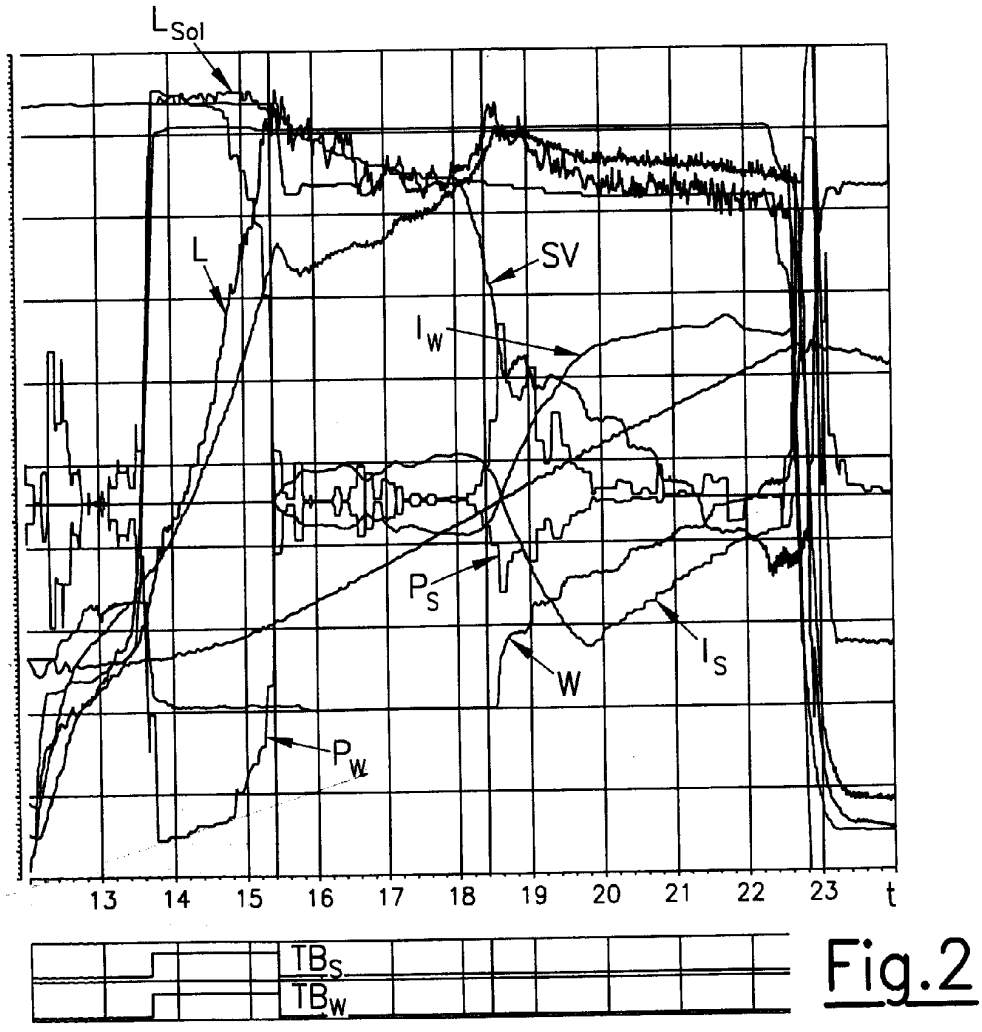
L Sol
L
SV
I W
P S
I S
W
P W
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
t
TB S
TB W

Fig.2

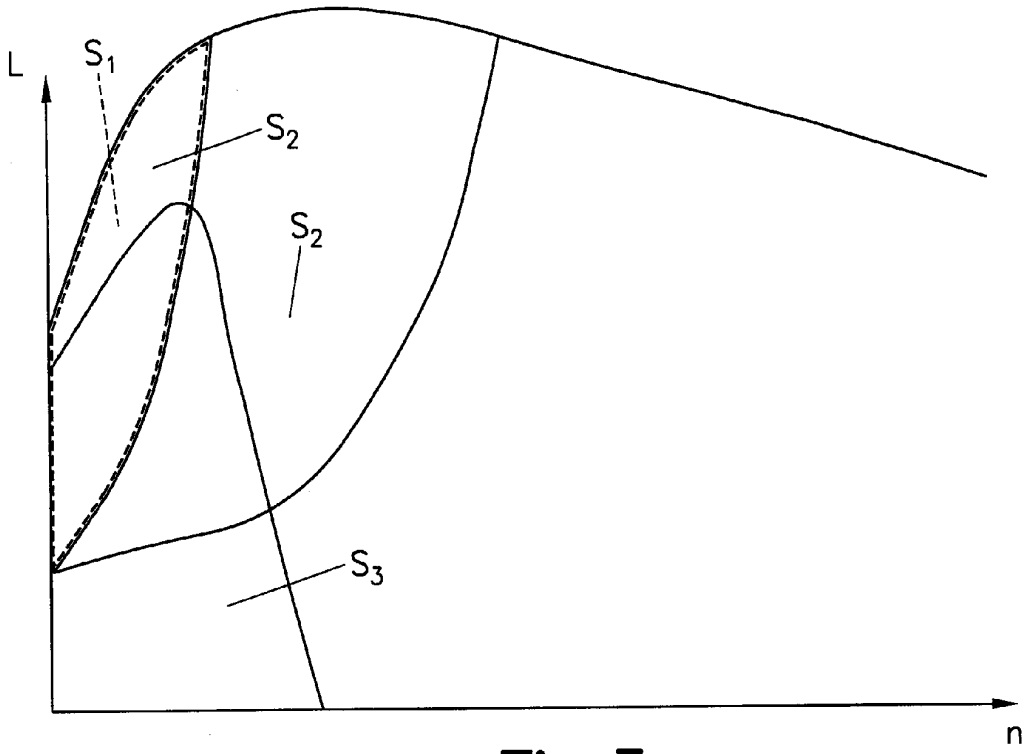

Fig.3

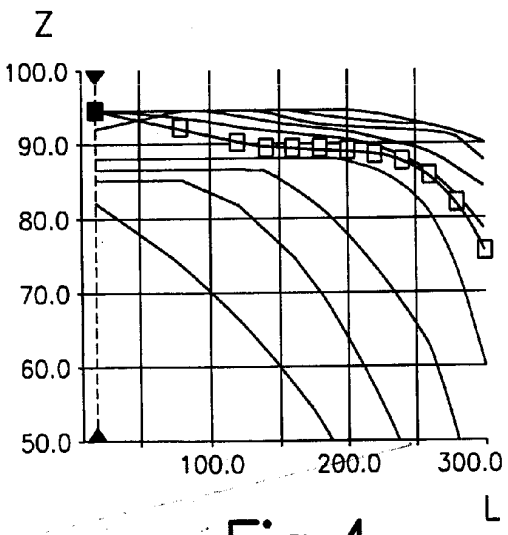

Fig.4

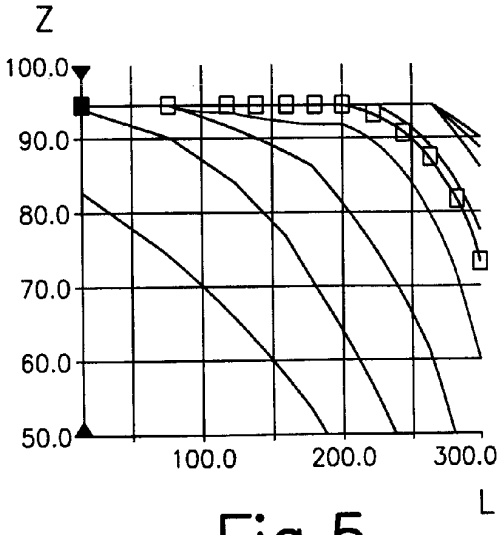

Fig.5

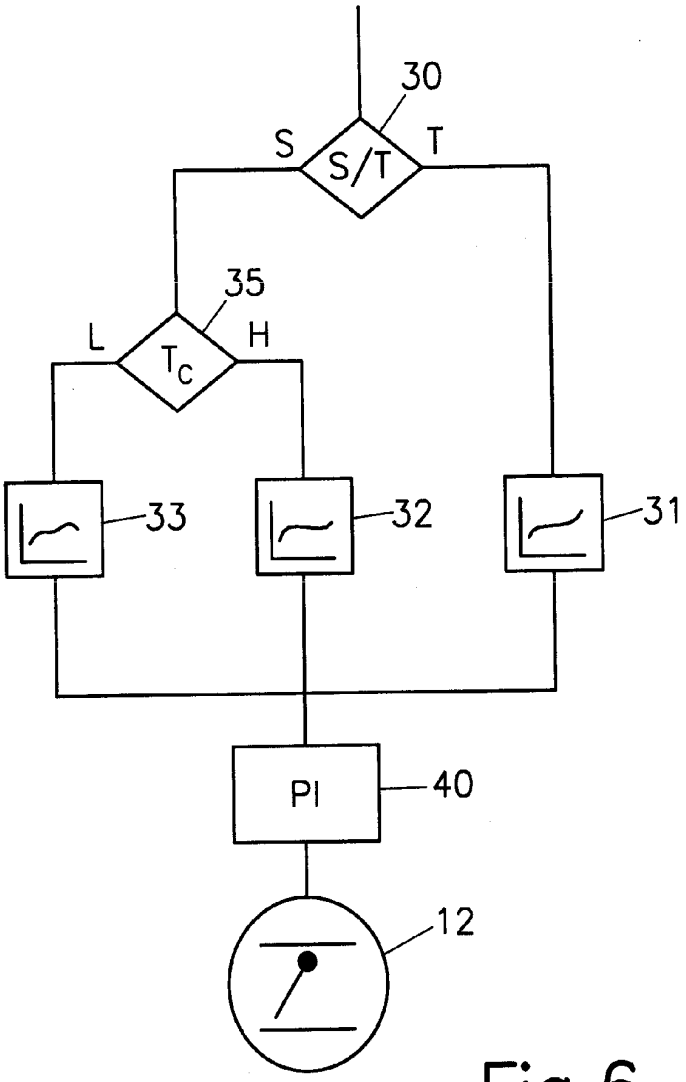

Fig.6