



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.09.2005 Patentblatt 2005/38

(51) Int Cl.7: **F02D 41/22**, F02D 41/20,
H01L 41/04, F02M 65/00

(21) Anmeldenummer: **05100385.3**

(22) Anmeldetag: **21.01.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(72) Erfinder:
• **Friedrich, Arno**
93047, Regensburg (DE)
• **Schrod, Walter**
93057, Regensburg (DE)
• **Wolpert, Hartmut**
93197, Zeitlarn (DE)

(30) Priorität: **15.03.2004 DE 102004012491**

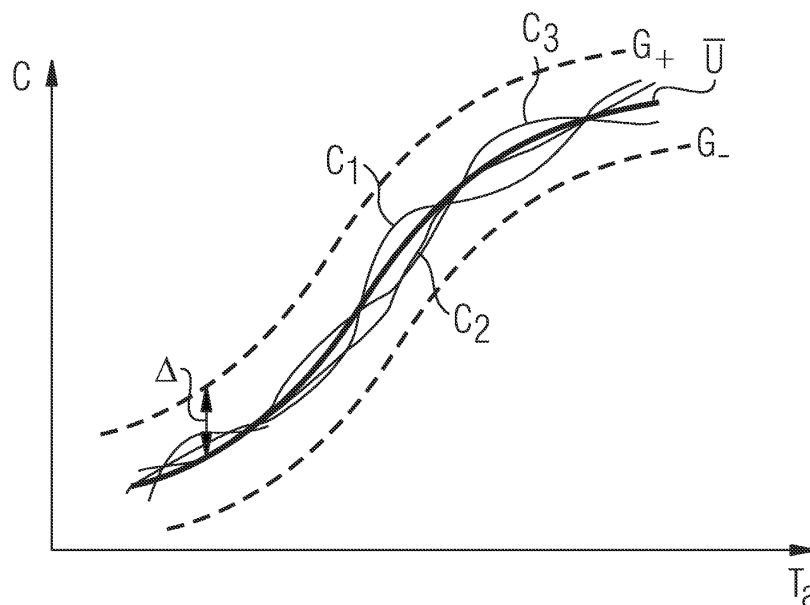
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(54) **Verfahren zur Bestimmung von defekten Aktoren einer Brennkraftmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft Verfahren zur Bestimmung von defekten Aktoren einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder. Dabei wird der Mittelwert, insbesondere der arithmetischen Mittelwert, einer Messgröße aller an den Zylindern vorhandenen Aktoren einer Art bestimmt, wobei diese Messgröße von mindestens einem Parameter abhängt. Jeder Zylinder weist mindestens einen Aktor auf. So kann ein Zylinder mehrere mit Piezo und/oder mit Magnet-Aktoren betriebene Injektoren aufweisen, aber ebenso mit Magnet-Aktoren

betriebene Ein- und Auslassventile. In einem nächsten Schritt bildet das Verfahren eine Abweichung, die vom Parameter unabhängig ist. Damit ist gewährleistet, dass über den gesamten Parameterbereich die Abweichung konstant bleibt. In einem nächsten Schritt werden die Grenzwerte, insbesondere die oberen und unteren Grenzwerte, gebildet, die von der Abweichung und vom oben gebildeten Mittelwert abhängig sind. Überschreitet ein Einzelwert der Messgröße einen der beiden Grenzwerte, so erkennt das erfindungsgemäße Verfahren diesen Aktor als fehlerhaft bzw. defekt.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung von defekten Aktoren einer Brennkraftmaschine, insbesondere Aktoren von selbstzündenden Brennkraftmaschinen.

[0002] In einem mit beispielsweise Piezo-Aktoren betriebenen Common-Rail Einspritzsystem muss eine Diagnose vorhanden sein, die fehlerhafte Piezo-Aktoren erkennt. Die Überprüfung der PiezoKapazität hat sich dafür durchgesetzt. Bekannte Diagnosen setzen eine feste obere und untere Kapazitätsschwelle in der Diagnoseroutine fest. Werden die Schwellenwerte bzw. die Grenzwerte nach oben oder nach unten überschritten, so wird der Piezo-Aktor von der Diagnoseroutine als defekt erkannt. Allerdings ist der Wert der Kapazität des Piezos sehr stark von der Temperatur des Bauteils abhängig. So kann eine Brennkraftmaschine Betriebstemperaturen von -30°C bis +400°C erreichen. Die Piezo-Aktoren können bei niedrigen Temperaturen eine Kapazität von beispielsweise 1,5 pF aufweisen und bei höheren Temperaturen 6 µF. Daher ist es nicht ausreichend einen einzigen Grenzwert für die obere bzw. untere Kapazität zu definieren, um unter allen Betriebstemperaturen zuverlässig einen defekten Aktor zu bestimmen. Bekannte Diagnoseroutinen definieren konstante Grenzwerte für jeweils einen bestimmten Temperaturbereich, d. h. der Grenzwert, sei es nun der obere oder der untere, gleicht einer Treppenfunktion.

[0003] So ist es bei diesem bekannten Verfahren insbesondere nachteilig, da der Abstand zum oberen und zum unteren Grenzwert trotz der Anpassung groß gewählt werden muss. Defekte Piezo-Aktoren werden damit sehr spät erkannt. Außerdem ist mit einem solchen bekannten Diagnoseverfahren nicht möglich Alterungseffekte von Piezos zuverlässig zu erkennen.

Somit liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Bestimmung von defekten Aktoren einer Brennkraftmaschine vorzustellen, das insbesondere frühzeitig auftretende Alterungseffekte von Aktoren zuverlässig erkennt.

[0004] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Gegenstand der Ansprüche 2 bis 12 betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0005] Erfindungsgemäß bildet das Verfahren zur Bestimmung von defekten Aktoren einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder den Mittelwert, insbesondere den arithmetischen Mittelwert, einer Messgröße aller an den Zylindern vorhandenen Aktoren einer Art, wobei diese Messgröße von mindestens einem Parameter abhängt. Jeder Zylinder weist mindestens einen Aktor auf. So kann ein Zylinder mehrere mit Piezo und/oder mit Magnet-Aktoren betriebene Injektoren aufweisen, aber ebenso mit Magnet-Aktoren betriebene Ein- und Auslassventile. In einem nächsten Schritt bildet das Verfahren eine Abweichung, die vom Parameter unabhängig ist. Damit ist gewährleistet, dass über

den gesamten Parameterbereich die Abweichung konstant bleibt. In einem nächsten Schritt werden die Grenzwerte, insbesondere die oberen und unteren Grenzwerte, gebildet, die von der Abweichung und vom oben gebildeten Mittelwert abhängig sind. Überschreitet ein Einzelwert der Messgröße eines der beiden Grenzwerte, so erkennt das erfindungsgemäße Verfahren diesen Aktor als fehlerhaft bzw. defekt.

[0006] Ein solches erfindungsgemäße Verfahren erkennt einen defekten Aktor früher und präziser als ein Verfahren nach dem Stand der Technik. Somit kann ein Austausch eines Aktors vorgezogen werden, beispielsweise bei Werkstattintervallen, bevor das Fahrzeug liegen bleibt. Des Weiteren kann das erfindungsgemäße Verfahren während des Fahrzeugbetriebes durchgeführt werden, wenn beispielsweise Abgasgrenzwerte sich verschlechtern.

[0007] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist es, dass die Abweichung von der Anzahl der vorhandenen Aktoren einer Art abhängig ist. Wie bereits oben erwähnt wurde, kann ein Zylinder mehrere Aktoren unterschiedlicher Arten aufweisen. So kann ein Zylinder Ventile, die mit magnetischen Aktoren betrieben werden, und magnetische Aktoren zum Einspritzen des Brennstoffes aufweisen. Diese unterscheiden sich im Zweck und in der Art. So soll die Abweichung nur von einem Aktor einer Art und Zweck abhängig sein.

[0008] Als weitere vorteilhafte Erfindung ist es die untere Grenze als auch die obere Grenze wie folgt zu definieren:

Der Grenzwert ist gleich dem Mittelwert der Messgröße Plus/Minus der Abweichung. Der Mittelwert der Messgröße wird aus der Summe aller Einzelwerte gebildet, anschließend durch die Anzahl der vorhandenen Aktoren einer Art geteilt (arithmetischer Mittelwert). Damit wird über den gesamten Parameterbereich ein gleich breites Band definiert. Alle in diesem Band befindlichen Einzelwerte die von den einzelnen Aktoren erzeugt werden, verletzen die obige Bedingung nicht, sodass die Aktoren vom Verfahren als funktionstüchtig erkannt werden. Ist beispielsweise die Messgröße die Kapazität eines Piezo-Aktors, so werden diese Kapazitäten laufend gemessen und der Mittelwert über die Werte aller Aktoren gebildet. Dieser Mittelwert ändert sich auf Grund der Temperaturabhängigkeit der Kapazität und eignet sich als Sollwert für die aktuelle Kapazität. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn die Piezotemperatur nicht direkt gemessen wird.

[0009] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist es als Parameter die Zeit und/oder die Aktortemperatur heranzuziehen. Dies bietet dann die Möglichkeit den Mittelwert der Messgröße über den gesamten Parameterbereich abzuspeichern wenn die Einzelwerte innerhalb des erlaubten Grenzwertbandes bleiben. Dieser für gut befindliche Mittelwert wird in regel-

mäßigen Zeitabständen gebildet und abgespeichert. Sobald ein Einzelwert die Grenzwerte überschreitet, wird der zuletzt gespeicherte Mittelwert herangezogen. Dies bietet den Vorteil, dass der gespeicherte Mittelwert unabhängig von einem fehlerhaften Aktor ist. Nicht desto trotz bleibt die zeitliche Änderung aufgrund von Alterungserscheinungen berücksichtigt.

[0010] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung ist es mit einem solchen hinterlegten bzw. abgespeicherten Mittelwert die oberen und unteren Grenzen enger als die oben genannten Grenzen zu definieren. Dies bietet die Möglichkeit, defekte Aktoren in einem sehr frühen Stadium zu erkennen.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht auf Piezo-Aktoren beschränkt, sondern kann auch auf Magnet-Aktoren angewandt werden.

[0012] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den übrigen abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0013] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die schematische Zeichnung beispielhaft erläutert. Dabei zeigen:

- Figur 1 die Temperaturabhängigkeit von den Piezoaktoren mit den erfindungsgemäß gebildeten Grenzwerten und dem erfindungsgemäß gebildeten Mittelwert;
- Figur 2 die Temperaturabhängigkeiten der Kapazitäten der Piezoaktoren, wobei eine Kurve eines Piezos eine der Grenzen überschreitet;
- Figur 3 die Temperaturabhängigkeiten der Kapazitäten der Piezoaktoren, wobei der Mittelwert unabhängig vom defekten Aktor ist.

[0014] Figur 1 und 2 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens. Beide Figuren zeigen eine Temperaturabhängigkeit der Piezokapazitäten. In diesem Ausführungsbeispiel wird als Messgröße u die Piezokapazität C herangezogen. Als Parameter p wird die Aktortemperatur T_a verwendet. Zur besseren Darstellbarkeit wurden lediglich drei Kurven C_1 bis C_3 eingezeichnet. Dabei stellt die Kurve C_1 die Temperaturabhängigkeit des ersten Piezo-Aktors dar. Die Kurve C_2 zeigt die Temperaturabhängigkeit der Kapazität des zweiten Piezo-Aktors usw.

[0015] Der arithmetische Mittelwert dieser Kurven C_1 bis C_3 ist als μ dargestellt. Die Grenzwerte G_+ und G_- werden dadurch erzeugt, dass die Kurve μ um die Abweichung μ nach oben bzw. nach unten verschoben wird. Dies ist in den Figuren 1 und 2 gestrichelt dargestellt. Alle Kurven C_1 bis C_3 befinden sich innerhalb dieses durch die Grenzwerte definierten Bandes, wie in Figur 1 zu erkennen ist.

[0016] In Figur 2 ist im Gegensatz zu Figur 1 der dritte Aktor, der durch die Kurve C_3 dargestellt ist, um die Temperatur T_1 defekt, da die Kurve C_3 die obere Grenze G_+ überschreitet. Dies hat zur Folge, dass der von den Einzelwerten C_1 bis C_3 abhängige Mittelwert μ im Bereich

um die Temperatur T_1 eine nach oben gerichtete Delle 1 aufweist. Diese Delle 1 überträgt sich auf die Grenzwertkurven G_+ und G_- , die als Delle 2 und 3 in Figur 2 zu erkennen sind.

[0017] Die zweite Ausführungsform die in Figur 3 wiedergegeben ist zeigt einen Mittelwert μ_{ok} , der von den defekten Piezoaktoren unabhängig ist. Der Mittelwert wird genauso wie in Figur 1 gebildet. Dieser für gut befundene Mittelwert in Figur 1 wird als μ_{ok} abgespeichert. Tritt zu einem späteren Zeitpunkt ein defekter Piezo-Aktor auf, so wird ein kurz zuvor abgespeicherter Mittelwert μ_{ok} herangezogen, um neue Grenzwerte zu definieren, die mit g_+ und g_- gekennzeichnet sind. Im Gegensatz zu den Grenzwerten aus Figur 1 hängen diese neuen Grenzwerte g_+ und g_- vom gespeicherten Mittelwert μ_{ok} und von einer neuen Abweichung δ ab. Diese neue Abweichung δ ist kleiner als die Abweichung μ .

[0018] Wie in Figur 3 zu erkennen ist, überschreitet die Kurve C_3 des dritten Piezoaktors die obere Grenzwertkurve g_+ . Aufgrund dieser Überschreitung des Grenzwertes wird dieser dritte Piezoaktor als fehlerhaft erkannt. Anzumerken ist, dass weder die neuen Grenzwerte g_+ und g_- als auch der abgespeicherte Mittelwert μ_{ok} von dem fehlerhaften dritten Aktor abhängt, der die Kurve C_3 bildet.

[0019] Denkbar ist, anstatt der Kapazität, die Induktivität eines Magnet-Aktors in Abhängigkeit der Temperatur zu überprüfen, um fehlerhafte Magnet-Aktoren zu detektieren. Ferner ist es zusätzlich oder alternativ dazu den elektrischen Widerstand des Aktors als Parameter heranzuziehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung von defekten Aktoren einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder, wobei jeder Zylinder mindestens einen Aktor aufweist, umfassend folgende Schritte:
 - a) Mittelwertbildung (μ) einer Messgröße (u) aller an den Zylindern vorhandenen Aktoren einer Art in Abhängigkeit von mindestens einem Parameter (p),
 - b) Bildung einer Abweichung (μ), die vom Parameter (p) unabhängig ist,
 - c) Bildung von unteren (G_-) und oberen (G_+) Grenzwerten, die von der Abweichung (μ) und vom Mittelwert (μ) abhängig sind,
 - d) Einstufen eines Aktors als fehlerhaft, wenn einer der Grenzwerte (G_-) oder (G_+) durch einen Einzelwert (u_i) der Messgröße (u) des Aktors überschritten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abweichung (μ) von der Anzahl der vorhandenen Aktoren einer Art abhängig ist.

3. Verfahren nach mindestens einem der vorigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der untere Grenzwert (G_-) wie folgt gebildet wird: $G_- = \mu(p) - \mu$; wobei μ der Mittelwert der Messgröße u ist und vom Parameter p abhängt und μ für die Abweichung steht. 5
4. Verfahren nach mindestens einem der vorigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der obere Grenzwert (G_+) wie folgt gebildet wird: $G_+ = \mu(p) + \mu$; wobei μ der Mittelwert der Messgröße u ist und vom Parameter p abhängt und μ für die Abweichung steht. 10
5. Verfahren nach mindestens einem der vorigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Parameter (p) gleich der Zeit (t) ist. 15
6. Verfahren nach mindestens einem der vorigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Parameter (p) gleich der Aktortemperatur (T_a) ist. 20
7. Verfahren nach mindestens einem der vorigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Mittelwertbildung der Messgröße (u) über den gesamten Parameterbereich abgespeichert wird, wenn über den gesamten Parameterbereich keiner der Einzelwerte (u_i) der Messgröße (u) die beiden Grenzwerte (G_-) und (G_+) überschreitet. 25
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Speichern des Mittelwerts (μ_{ok}) der obere Grenzwert G_+ wie folgt gebildet wird:
 $G_+ = \mu_{ok}(p) + \mu$; 30
wobei μ_{ok} der gespeicherte Mittelwert der Messgröße u ist und vom Parameter p abhängt und μ für die neue Abweichung steht, wobei die neue Abweichung μ kleiner als die Abweichung μ ist. 35
9. Verfahren nach Ansprüchen 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Speichern des Mittelwerts (μ_{ok}) der untere Grenzwert (G_-) wie folgt gebildet wird:
 $G_- = \mu_{ok}(p) - \mu$; 40
wobei μ_{ok} der gespeicherte Mittelwert der Messgröße u ist und vom Parameter p abhängt und μ für die neue Abweichung steht, wobei die neue Abweichung μ kleiner als die Abweichung μ ist. 45
10. Verfahren nach mindestens einem der vorigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Art eines Ak- 50
tors ein Piezoelement ist und die Messgröße (u) die Aktorkapazität (C) ist.
11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Art eines Aktors eine Magnetspule ist und die Messgröße (u) die Aktorinduktivität ist. 55
12. Verfahren nach mindestens einem der vorigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Messgröße (u) der elektrische Widerstand des Aktors ist.

FIG 1

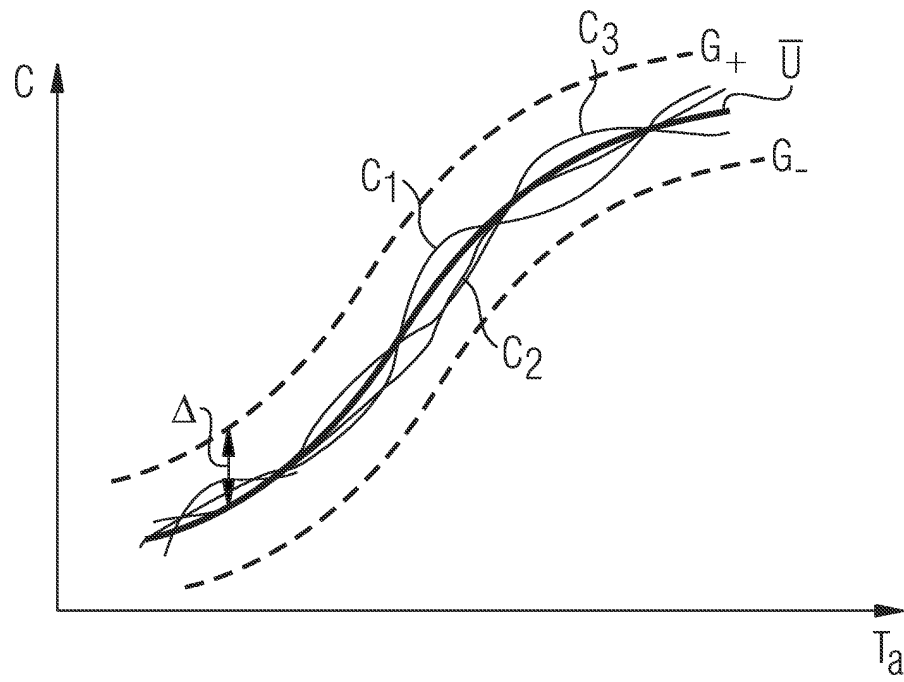


FIG 2

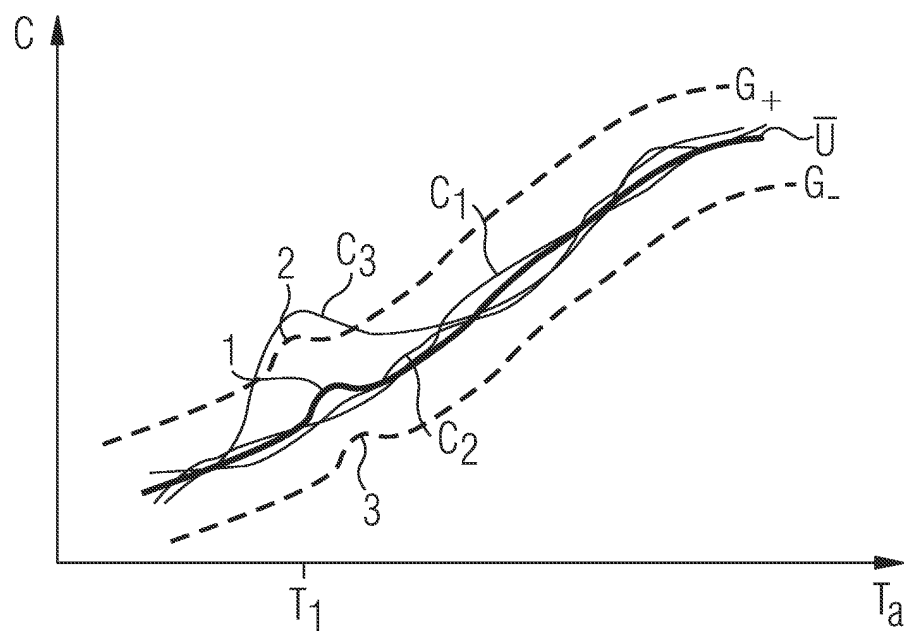
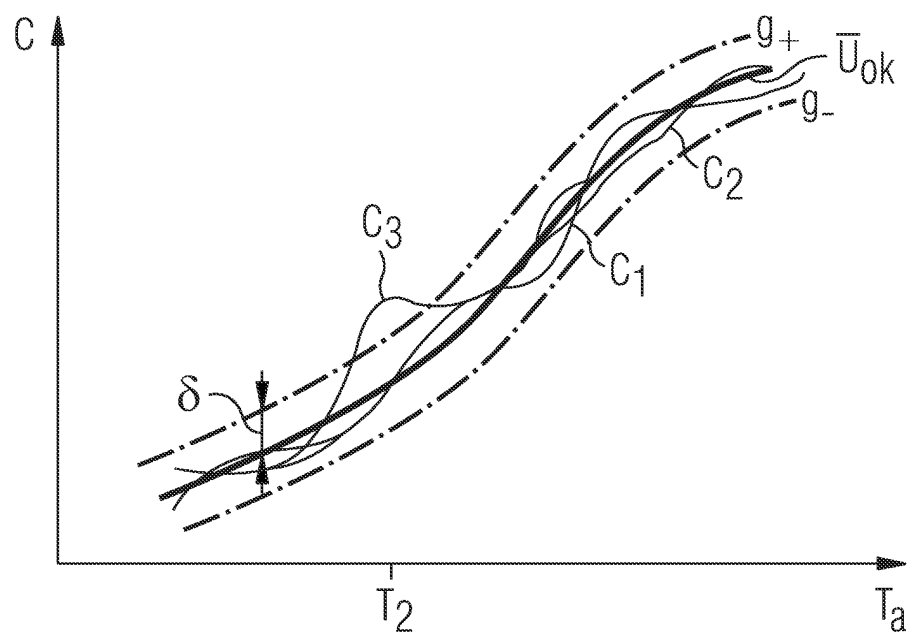


FIG 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 10 0385

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	DE 102 36 819 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 26. Februar 2004 (2004-02-26) * Zusammenfassung * * Absatz [0010] * -----	1	F02D41/22 F02D41/20 H01L41/04 F02M65/00
A	US 6 619 245 B1 (FUJIWARA KEISUKE ET AL) 16. September 2003 (2003-09-16) * Spalte 4, Zeile 6 - Zeile 29; Abbildung 4 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F02D H01L F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 22. Juni 2005	Prüfer Wettemann, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 10 0385

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

22-06-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10236819	A1	26-02-2004	WO	2004018860 A1	04-03-2004
			EP	1530677 A1	18-05-2005

US 6619245	B1	16-09-2003	JP	2001159331 A	12-06-2001
			CN	1125239 C	22-10-2003
			EP	1153211 A1	14-11-2001
			WO	0140640 A1	07-06-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82