



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 577 527 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.07.2006 Patentblatt 2006/30

(51) Int Cl.:
F02D 41/22 ^(2006.01) **F02D 41/20** ^(2006.01)
H01L 41/04 ^(2006.01) **F02M 65/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05100385.3**

(22) Anmeldetag: **21.01.2005**

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

Method for determining failed actuators of an internal combustion engine

Procédé de détermination d'actionneurs défectueux d'un moteur à combustion interne

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.09.2005 Patentblatt 2005/38

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 10 236 819 **US-B1- 6 619 245**

EP 1 577 527 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

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 Diagnose-routine 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, daß 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 Pa-

rameterbereich 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.

[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 regelmäßigen

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 $\mu(\bar{u})$ um die Abweichung Δ 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 $\mu(\bar{u})$ 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 $\mu_{ok}(\bar{u}_{ok})$ 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_- noch 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

- Verfahren zur Bestimmung von defekten Aktoren einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder, wobei jeder Zylinder mindestens einen Aktor aufweist, umfassend folgende Schritte:
 - Mittelwertbildung (μ) einer Messgröße (u) aller an den Zylindern vorhandenen Aktoren einer Art in Abhängigkeit von mindestens einem Parameter (p),
 - Bildung einer Abweichung (μ), die vom Parameter (p) unabhängig ist,
 - Bildung von unteren (G_-) und oberen (G_+) Grenzwerten, die von der Abweichung (μ) und vom Mittelwert (μ) abhängig sind,
 - Einstufen eines Aktors als fehlerhaft, wenn einer der Grenzwerte (G_-) oder (G_+) durch einen Einzelwert (u_i) der Messgröße (u) des Aktors überschritten wird.
- 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 30
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Speichern des Mittelwerts (μ_{ok}) der obere Grenzwert G_+ wie folgt gebildet wird: 35

$$G_+ = \mu_{ok}(p) + \mu;$$

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. 40

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: 45

$$G_- = \mu_{ok}(p) - \mu;$$

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. 50 55

10. Verfahren nach mindestens einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Art eines Aktors 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.

12. Verfahren nach mindestens einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messgröße (u) der elektrische Widerstand des Aktors ist.

Claims

1. Method for determining defective actuators in an internal combustion engine with at least one cylinder, whereby each cylinder has at least one actuator, comprising the following steps:

a) Mean value formation (μ) of a measurement variable (u) of all actuators of one type present on the cylinders dependent on at least one parameter (p),

b) Formation of a deviation (μ), which is dependent on the parameter (p),

c) Formation of lower (G_-) and upper (G_+) limit values, which are dependent on the deviation (μ) and on the mean value (μ),

d) Classification of an actuator as defective if one of the limit values (G_-) or (G_+) is exceeded by an individual value (u_i) of the measurement variable (u) of the actuator.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the deviation (μ) depends on the number of actuators of one type present.

3. Method according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the lower limit value (G_-) is formed as follows: $G_- = \mu(p) - \mu$;
whereby μ is the mean value of the measurement variable u and depends on parameter p and μ represents the deviation.

4. Method according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the upper limit value (G_+) is formed as follows: $G_+ = \mu(p) + \mu$;
whereby μ is the mean value of the measurement variable u and depends on parameter p , and μ represents the deviation.

5. Method according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the parameter (p) is equal to the time (t).

6. Method according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the parameter (p) is equal to the actuator temperature (T_a).

7. Method according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the mean value formation of the measurement variable (u) is stored across the entire parameter range, if none of the individual values (u_i) of the measurement variable (u) exceeds both limit values (G_-) and (G_+) across the entire parameter range.

8. Method according to claim 7, **characterised in that** after storing the mean value (μ_{ok}), the upper limit value G_+ is formed as follows:

$$G_+ = \mu_{ok}(p) + \mu;$$

whereby μ_{ok} is the stored mean value of the measurement variable u and depends on parameter p and μ represents the new deviation, whereby the new deviation μ is smaller than the deviation p.

9. Method according to claims 7 and 8, **characterised in that** after storing the mean value (μ_{ok}), the lower limit value (G_-) is formed as follows:

$$G_- = \mu_{ok}(p) - \mu;$$

whereby μ_{ok} is the stored mean value of the measurement variable u and depends on parameter p and μ represents the new deviation, whereby the new deviation μ is smaller than the deviation p.

10. Method according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** one type of actuator is a piezo element and the measurement variable (u) is the actuator capacity (C).

11. Method according to at least one of claims 1 to 9, **characterised in that** one type of actuator is a magnetic coil and the measurement variable (u) is the actuator inductance.

12. Method according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the measurement variable (u) is the electrical resistance of the actuator.

Revendications

1. Procédé de détermination d'actionneurs défectueux d'un moteur à combustion interne comprenant au moins un cylindre, chaque cylindre présentant au moins un actionneur, constitué des étapes

suivantes :

- a) Formation de la valeur moyenne (μ) d'une grandeur de mesure (u) de tous les actionneurs d'un même type présents au niveau des cylindres en fonction d'au moins un paramètre (p),
- b) Formation d'un écart (μ) indépendant du paramètre (p),
- c) Formation de valeurs limite inférieure (G_-) et supérieure (G_+) dépendantes de l'écart (μ) et de la valeur moyenne (μ),
- d) Classification d'un actionneur comme défectueux lorsqu'une valeur individuelle (u_i) de la grandeur de mesure (u) de l'actionneur dépasse l'une des valeurs limite (G_-) ou (G_+).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'écart (μ) dépend du nombre d'actionneurs d'un même type présents.

3. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la valeur limite inférieure (G_-) est formée comme suit : $G_- = \mu(p) - \mu$; μ étant la valeur moyenne de la grandeur de mesure u et étant dépendante du paramètre p, et μ désignant l'écart.

4. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la valeur limite supérieure (G_+) est formée comme suit : $G_+ = \mu(p) + \mu$; μ étant la valeur moyenne de la grandeur de mesure u et étant dépendante du paramètre p, et μ désignant l'écart.

5. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le paramètre (p) est égal au temps (t).

6. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le paramètre (p) est égal à la température d'actionneur (T_a).

7. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la formation de la valeur moyenne de la grandeur de mesure (u) est stockée sur toute la plage de paramètres, lorsque sur l'ensemble de la plage de paramètres, aucune des valeurs individuelles (u_i) de la grandeur de mesure (u) ne dépasse les deux valeurs limite (G_-) et (G_+).

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'**après le stockage de la valeur moyenne (μ_{ok}), la valeur limite supérieure G_+ est formée comme suit : $G_+ = \mu_{ok}(p) + \mu$; μ_{ok} étant la valeur moyenne stockée de la grandeur de mesure u et étant dépendante du paramètre p,

et μ désignant le nouvel écart, le nouvel écart μ étant inférieur à l'écart μ .

9. Procédé selon les revendications 7 et 8, **caractérisé en ce qu'**après le stockage de la valeur moyenne (μ_{ok}), la valeur limite inférieure (G_-) est formé comme suit : $G_- = \mu_{ok} (p)$ -;
 μ_{ok} étant la valeur moyenne stockée de la grandeur de mesure u et étant dépendante du paramètre p ,
 et μ désignant le nouvel écart, le nouvel écart μ étant inférieur à l'écart μ . 5

10. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un type d'un actionneur est un élément piézoélectrique et la grandeur de mesure (u) est la capacité de l'actionneur (C). 10

11. Procédé selon au moins l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'**un type d'un actionneur est un électro-aimant et la grandeur de mesure (u) est l'inductance de l'actionneur. 15

12. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la grandeur de mesure (u) est la résistance électrique de l'actionneur. 20

30

35

40

45

50

55

FIG 1

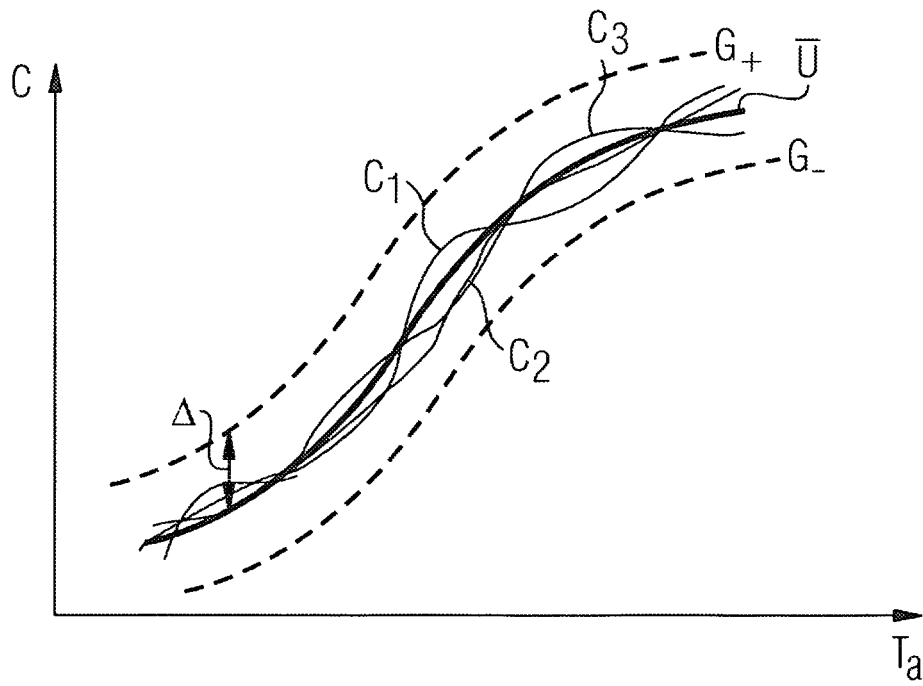


FIG 2

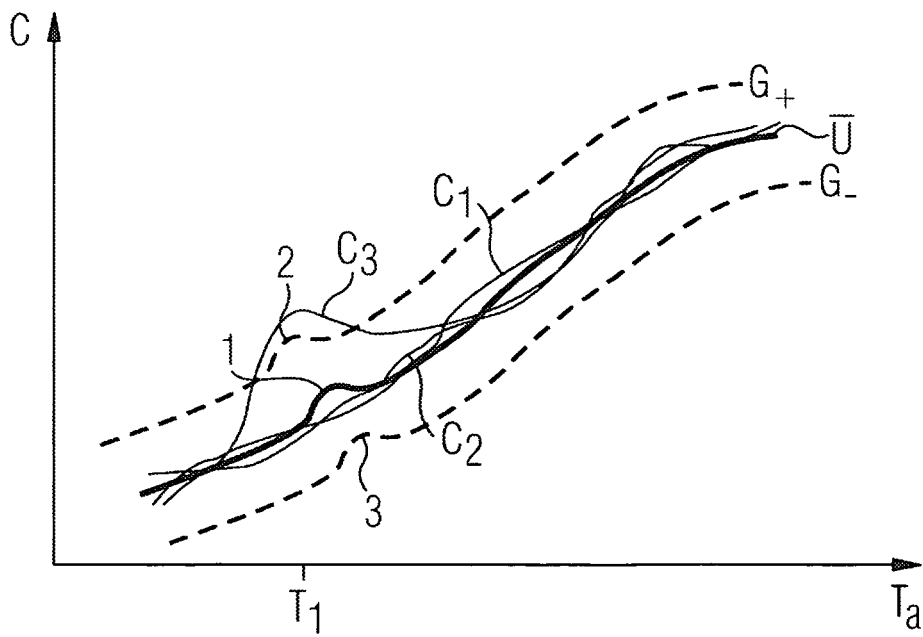


FIG 3

