



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 17 772.4**
(22) Anmeldetag: **20.04.1999**
(43) Offenlegungstag: **26.10.2000**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **11.09.2014**

(51) Int Cl.: **F02D 41/22 (2006.01)**
F02D 41/38 (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Caterpillar Energy Solutions GmbH, 68167
Mannheim, DE**

(74) Vertreter:
**KRAMER - BARSKE - SCHMIDTCHEN, 80687
München, DE**

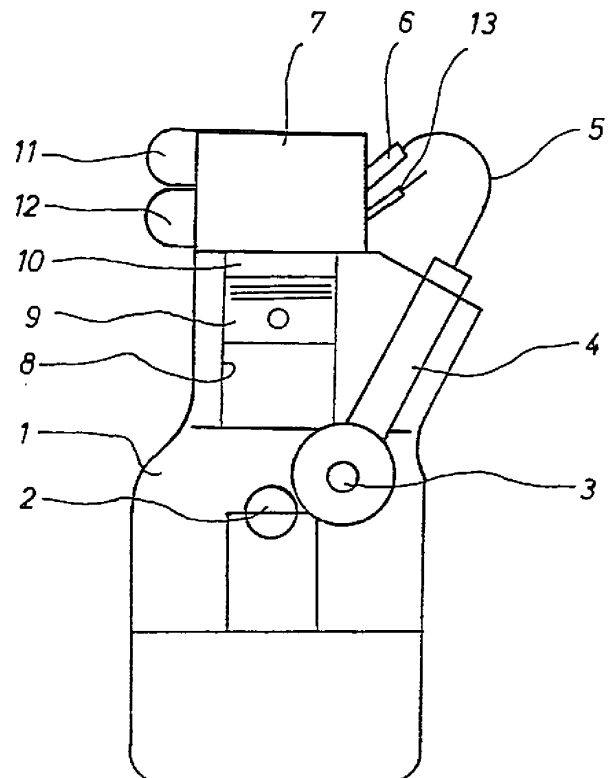
(72) Erfinder:
Berger, Olaf, 67165 Waldsee, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	30 04 605	C2
DE	33 16 588	C2
DE	196 12 180	C1
DE	39 29 747	A1
DE	43 12 587	A1
DE	44 21 950	A1
DE	195 36 110	A1
DE	195 48 279	A1

(54) Bezeichnung: **Ventilspielüberwachungseinrichtung**

(57) Hauptanspruch: Brennkraftmaschine mit einem Kurbelgehäuse, in dem eine Pleuelwelle drehbar gelagert ist, an der zumindest ein Pleuel angelenkt ist, das einen in einem von einem Zylinderkopf abgedeckten Zylinder bewegbaren Kolben trägt, wobei einem von dem Kolben und dem Zylinderkopf begrenzten Arbeitsraum über in dem Zylinderkopf angeordnete Gaswechselventile und Gaswechselkanäle Arbeitsmittel zugeführt und entzogen wird und wobei ein mit einer Auswertelektronik verschalteter Klopfsensor (13) vorhanden ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Klopfsensor (13) in das Einspritzventil integriert ist, wobei mittels der Auswertelektronik während einer Bewegung eines Gaswechselventils und/oder eines Einspritzventils Signale von dem Klopfsensor (13) aufnehmbar sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit einem Kurbelgehäuse, in dem eine Kurbelwelle drehbar gelagert ist, an der zumindest ein Pleuel angelenkt ist, das einen in einem von einem Zylinderkopf abgedeckten Zylinder bewegbaren Kolben trägt, wobei einem von dem Kolben und dem Zylinderkopf begrenzten Arbeitsraum über in dem Zylinderkopf angeordnete Gaswechselventile und Gaswechselkanäle Arbeitsmittel zugeführt und entzogen wird und wobei ein mit einer Auswertelektronik verschalteter Klopfsensor vorhanden ist sowie ein entsprechendes Verfahren zum Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine.

[0002] Derartig gattungsgemäße Brennkraftmaschinen sind bekannt, wobei solcherart mit Klopfsensoren ausgestattete Brennkraftmaschinen Ottomotoren oder Ottogasmotoren sind, bei denen der Klopfsensor zur Steuerung des Zündzeitpunktes herangezogen wird. Daß heißt, je nachdem ob während des beispielsweise durch eine Zündkerze eingeleiteten Zündvorgangs ein von dem Klopfsensor aufgenommenes (Klopf)-Signal im Bereich des Brennraums gemessen wird, das über oder unter einem abgespeicherten Grenzwert liegt, wird der Zündvorgang und damit der Zündzeitpunkt verlegt. Dieser Zündzeitpunkt liegt im Bereich des sogenannten "Zünd-OT" (OT = Oberer-Totpunkt) des entsprechenden Kolbens.

[0003] Die DE 30 04 605 C2 beschreibt ein Verfahren zur Messung des Ventilspiels einer Brennkraftmaschine, bei welchem bei korrektem Ventil Sitz ein Referenzsignal bestimmt und gespeichert wird, wobei das im Betrieb auftretende Körperschallsignal gemessen und das gespeicherte Referenzsignal mit dem Körpersignal verglichen und ausgewertet wird, wobei zur Ausblendung von Störsignalen zeitliche Messfenster gebildet werden, die zu Beginn mit dem Arbeitstakt der Brennkraftmaschine vorzugsweise durch einen Bezugsmarkengeber oder Zündimpulse synchronisiert werden. Hierzu wird der Körperschall an mehreren lokal verteilten Orten der Brennkraftmaschine gemessen. Hintergrundgeräusche der Brennkraftmaschine, welche zum Teil Störgeräusche darstellen, wie etwa das Klopfen der Brennkraftmaschine, werden ausgeblendet. Hierzu wird ein zeitliches Messfenster vorgegeben, dessen Beginn mit dem Arbeitstakt der Brennkraftmaschine vorzugsweise durch einen Bezugsmarkengeber oder Zündimpulse synchronisiert wird. Von dem Eintreffen des Synchronisierungsimpulses ab wird das Körperschallsignal nur für eine kurze vorbestimmte Zeit gemessen.

[0004] Die DE 33 16 588 C2 betrifft eine Einrichtung zur Kontrolle des Ventilspiels der Ein- und Auslastventile einer Kolbenmaschine. Die Kolbenmaschine wird zwecks Überprüfung des Ventilspiels fremd

angetrieben, wobei an einer vorbestimmten Stelle im Bereich des Ventiltriebes zumindest ein Schwingungsaufnehmer zur Aufzeichnung von Körperschallschwingungen an der Oberfläche der Kolbenmaschine angebracht ist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Brennkraftmaschine bereitzustellen, bei der mit bekannten Bauteilen Funktionsüberwachungen der Brennkraftmaschine bzw. spezieller Bauteile der Brennkraftmaschine möglich sind und durchgeführt werden.

[0006] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Auswertelektronik während einer Bewegung eines Gaswechselventils und/oder eines Einspritzventils Signale von dem Klopfsensor aufnimmt und gemäß dem Verfahrensanspruch entsprechend ausgewertet werden. Durch diese Vorrichtung und dieses Verfahren kann in vorteilhafter Weise das Ventilspiel des entsprechenden Gaswechselventils bzw. die Funktion eines Einspritzventils überwacht und auch bewertet werden. Dadurch können insbesondere Schäden durch zu kleines Ventilspiel verhindert werden, indem rechtzeitig in geeigneter Form entsprechende Warnungshinweise gegeben werden. Umgekehrt ist durch die entsprechende Vorrichtung und das entsprechende Verfahren auch eine Überprüfung der Klopfsondrik auf Funktionstüchtigkeit möglich und vorgesehen.

[0007] Die Erfindung ist insbesondere bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen und bei auf Basis von selbstzündenden Brennkraftmaschinen aufgebauten Gasmotoren oder bei den Brennkraftmaschinen vorteilhaft einsetzbar, bei denen keine hydraulische Tassenstößel zum Ventilspielausgleich eingesetzt werden. Bei diesen Motoren bzw. Brennkraftmaschinen wird bisher das Ventilspiel im Rahmen von festgelegten Wartungsintervallen überprüft und ggf. nachgestellt. Da ein korrektes Ventilspiel für den Betrieb der Brennkraftmaschine äußerst wichtig ist, muß eine derartige Überprüfung des Ventilspiels relativ häufig durchgeführt werden. Dabei ist die Überprüfung, beispielsweise bei vielzylindrigen Großmotoren, aufwendig und es bedarf großer Sorgfalt bei der Durchführung. Zudem muß in aller Regel zumindest die Dichtung des entsprechenden Ventildeckels erneuert werden. Durch den Einsatz der Erfindung können Wartungsfehler minimiert werden.

[0008] Nunmehr kann von dieser vorsorglichen Überprüfung Abstand genommen werden und erst bei Vorliegen von einer tatsächlichem Abweichung von vorgebbaren Grenzwerten eine Nachstellung des Ventilspiels durchgeführt werden. Mit einem entsprechenden Auswertungsprogramm können Wartungszeiträume vorausgesagt und/oder geplant werden.

[0009] In Weiterbildung der Erfindung werden während der Schließbewegung des Gaswechselventils

Signale von dem Klopfsensor aufgenommen. Während der Schließbewegung des Gaswechselventils wird das Gaswechselventil mit seinem Ventilteller auf dem Ventilsitz in dem Zylinderkopf, beispielsweise durch Federkraft, gedrückt. Das hierbei zwangsläufig entstehende Aufschlageräusch wird von dem Klopfsensor aufgenommen und in der Auswertelektronik ausgewertet.

[0010] Im Rahmen der Erfindung ist zumindest ein Klopfsensor für alle Zylindereinheiten zumindest einer Zylinderreihe der Brennkraftmaschine vorgesehen. Bevorzugt ist insbesondere bei mehrzylindrigen und/oder als V-Motor ausgebildeten Brennkraftmaschinen jeder Zylindereinheit ein Klopfsensor zugeordnet, gegebenenfalls ist auch dem/den Einlaß-Gaswechselventil(en) und/oder dem/den Auslaß-Gaswechselventil(en) jeweils ein eigener Klopfsensor zugeordnet.

[0011] In Weiterbildung der Erfindung wird ein Meßfenster in dem die Schließbewegung umfassenden Kurbelwellenbereich von der Auswertelektronik geöffnet. D. h. also mit anderen Worten, es werden nicht während des gesamten Betriebs der Brennkraftmaschine Signale aufgenommen, sondern nur in einem Schließbereich des entsprechenden Gaswechselventils bzw. der Gaswechselventile. Dies hat den Vorteil, daß einerseits ggf. störende Fremdgeräusche herausgefiltert werden, andererseits wird der Rechner der Auswertelektronik nur mit den interessanten und wichtigen Meßdaten beschickt. Hinzu kommt, daß die durchzuführenden Rechenschritte sehr umfangreich sind und durch ein zeitlich möglichst genau begrenztes Meßfenster die Rechengeschwindigkeit steigt.

[0012] In Weiterbildung der Erfindung wird das Meßfenster in vorgebbaren oder brennkraftmaschinenbetriebsabhängigen Zeitabständen aktiviert. D. h. also, es kann beispielsweise generell nach einer gewissen Anzahl von Umdrehungen der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine ein Meßfenster geöffnet werden oder aber in Abhängigkeit von brennkraftmaschinenbetriebsabhängigen Parametern gesteuert. So können beispielsweise kritische Zustände, beispielsweise während des Kaltstarts einer Brennkraftmaschine oder des Vollastbetriebs mit hoher Drehzahl, häufiger Meßfenster geöffnet werden als im Leerlaufbetrieb mit niedriger Brennkraftmaschinendrehzahl.

[0013] Im Rahmen der Erfindung ist der Klopfsensor in das Einspritzventil integriert. Dieser Einsatz wird besonders sinnvoll für eine Common Rail Einspritzung verwendet, um ein hängendes Einspritzventil schnellstmöglich zu erkennen und von der Kraftstoffzufuhr zu trennen. Dies ist ein Grundproblem der Common Rail Technik.

[0014] Im Rahmen der Erfindung werden die aufgenommenen Signale mit abgespeicherten Signalwerten verglichen und ausgewertet. Dabei stellt beispielsweise der Zeitpunkt des Signals und die Höhe der Amplitude des aufgenommenen Signals ein sinnvoll übertragbares Maß für das Ventilspiel dar. Die Höhe der Amplitude kann zusätzlich Auskunft über Ablagerungen oder Geometrieänderungen geben. Diese Signale können dann relativ leicht mit abgespeicherten Signalwerten verglichen werden.

[0015] Im Rahmen der Erfindung werden die ermittelten Signale zur Ermittlung eines Verschleißzustandes auslesbar abgespeichert. Dabei werden die Werte vorzugsweise so abgespeichert, daß sich aus den abgespeicherten Werten eine "Entwicklungsgeschichte" des Ventilspiels des entsprechenden Gaswechselventils (bzw. der Schließbewegung des Einspritzventils) erkennen läßt, so daß eine sichere und zuverlässige Entscheidung, ob das entsprechende Spiel des Gaswechselventils nachgestellt werden muß oder nicht (bzw. eine Kontrolle oder ein Auswechseln des Einspritzventils nötig ist), möglich ist. Selbstverständlich ist auch eine Notfallauswertung bzw. Ausgabe vorgesehen, die bei sich beispielsweise durch einen Materialfehler rapide verringernenden Ventilspiel (bzw. bei einem hängenden Einspritzventil) Warnsignale abgibt oder sogar die Brennkraftmaschine (bzw. die Kraftstoffzufuhr) gezielt stillsetzt (abtrennt).

[0016] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind der Zeichnungsbeschreibung zu entnehmen, in der ein in den Figuren dargestelltes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben ist.

[0017] Es zeigen:

[0018] Fig. 1: eine Brennkraftmaschine mit einem Klopfsensor und

[0019] Fig. 2: in Diagrammform ein entsprechend aufgenommenes Ventilspielsignal.

[0020] Fig. 1 zeigt eine schematisch dargestellte selbstzündende Brennkraftmaschine, wobei die Brennkraftmaschine ein Kurbelgehäuse **1** aufweist, in dem eine Kurbelwelle **2** drehbar gelagert ist. Die Kurbelwelle **2** treibt über einen oder mehrere Zahneingriffe eine Nockenwelle **3** an, die die jeder Zylindereinheit zugeordneten Gaswechselventile und ggf. die jedem Zylinder zugeordneten Einzel-Einspritzpumpen **4** antreibt. Jede Einzel-Einspritzpumpe **4** ist über eine kurze Einspritzleitung **5** mit einem Einspritzventil **6** verbunden, das in dem einer Zylindereinheit zugeordneten Zylinderkopf **7** angeordnet ist. Jede Zylindereinheit weist weiterhin ein Zylinderrohr **8** auf, in dem ein Kolben **9** bewegbar ist, wobei der Kolben **9** über ein nicht dargestelltes Pleuel mit der Kurbelwelle **2** verbunden ist. Der Kolben **9** bildet zusammen

mit dem Zylinderrohr **8** einen Brennraum **10**, dem über die Gaswechselventile, die mit einem Ansaugsystem **11** und einem Abgassystem **12** verbunden sind, Verbrennungsluft oder Gemisch zugeführt und Abgas entzogen wird. Die Gaswechselventile werden über Übertragungselemente wie Stößel und Kipphebel von der Nockenwelle geöffnet und geschlossen. Zur störungsfreien Funktion muß zwischen den Übertragungselementen ein geringes aber definiertes Spiel eingestellt sein, was durch Einstellschrauben am Kipphebel vorgenommen wird. Dieses so eingestellte sogenannte Ventilspiel muß in vorgegebenen Abständen kontrolliert und nachgestellt werden.

[0021] Durch das Einspritzventil **6** wird dem Brennraum **10** Brennstoff zugeführt, wobei das sich in dem Brennraum **10** mit der Verbrennungsluft bildende Brennstoff-Luftgemisch durch Verdichtung entzündet wird. Insbesondere in dem dem Brennraum **10** zugewandten Bereich des Zylinderkopfs **7** ist der Meßkopf eines Klopfensors **13** angeordnet, die über eine Meßleitung mit einer Schwingungsaufnehmer-Auswertelektronik verschaltet ist.

[0022] In **Fig. 2** ist schematisch ein von der Auswertelektronik aufgenommenes Meßprotokoll dargestellt. Aufgezeichnet ist über der Bezugsgröße Grad Kurbelwelle ($^{\circ}$ KW) das von dem Klopfensor **13** aufgenommene Signal (S). Dabei ist zur Verdeutlichung in **Fig. 2** der komplette Bereich von einem Kurbelwellenbereich vor (Gaswechselauslaßventil) Auslaß schließt (AS) und bis nach einem Bereich nach Gaswechseleinlaßventil) Einlaß schließt (ES) wiedergegeben. Es ist ersichtlich, daß im Bereich zwischen, vor und nach Auslaß schließt (AS) und Einlaß schließt (ES) die aufgezeichneten Signale eine in gewissen Grenzen konstante gleichbleibende Amplitude aufweisen. Verursacht durch die Schließbewegung des Gaswechseleinlaßventils und des Gaswechselauslaßventils steigt in diesen Bereichen die Amplitude deutlich an. Der Zeitpunkt in bezug zu definierten Werten der "Soll-steuerzeiten" und die Amplitude wird zur Ventilspielüberwachung ausgewertet, wobei der Zeitpunkt (und die Amplitude) beispielsweise auf das entsprechende Ventilspiel umgerechnet wird (werden). Im praktischen Betrieb werden Meßfenster zur Ermittlung der Signale um die entsprechenden Ventilsteuerzeiten gelegt. In **Fig. 2** sind diese Meßfenster durch Abstandsmarkierungen dargestellt, in denen das Schließsignal vorhanden sein muß.

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine mit einem Kurbelgehäuse, in dem eine Kurbelwelle drehbar gelagert ist, an der zumindest ein Pleuel angelenkt ist, das einen in einem von einem Zylinderkopf abgedeckten Zylinder bewegbaren Kolben trägt, wobei einem von dem Kolben und dem Zylinderkopf begrenzten Arbeitsraum

über in dem Zylinderkopf angeordnete Gaswechselventile und Gaswechselkanäle Arbeitsmittel zugeführt und entzogen wird und wobei ein mit einer Auswertelektronik verschalteter Klopfsensor (**13**) vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Klopfsensor (**13**) in das Einspritzventil integriert ist, wobei mittels der Auswertelektronik während einer Bewegung eines Gaswechselventils und/oder eines Einspritzventils Signale von dem Klopfsensor (**13**) aufnehmbar sind.

2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass während einer Schließbewegung Signale von dem Klopfensor (**13**) aufnehmbar sind.

3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Messfenster in dem die Schließbewegung umfassenden Kurbelwellenbereich von der Auswertelektronik bildbar ist.

4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messfenster in vorgebaren oder brennkraftmaschinenbetriebsabhängigen Zeitabständen aktivierbar ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

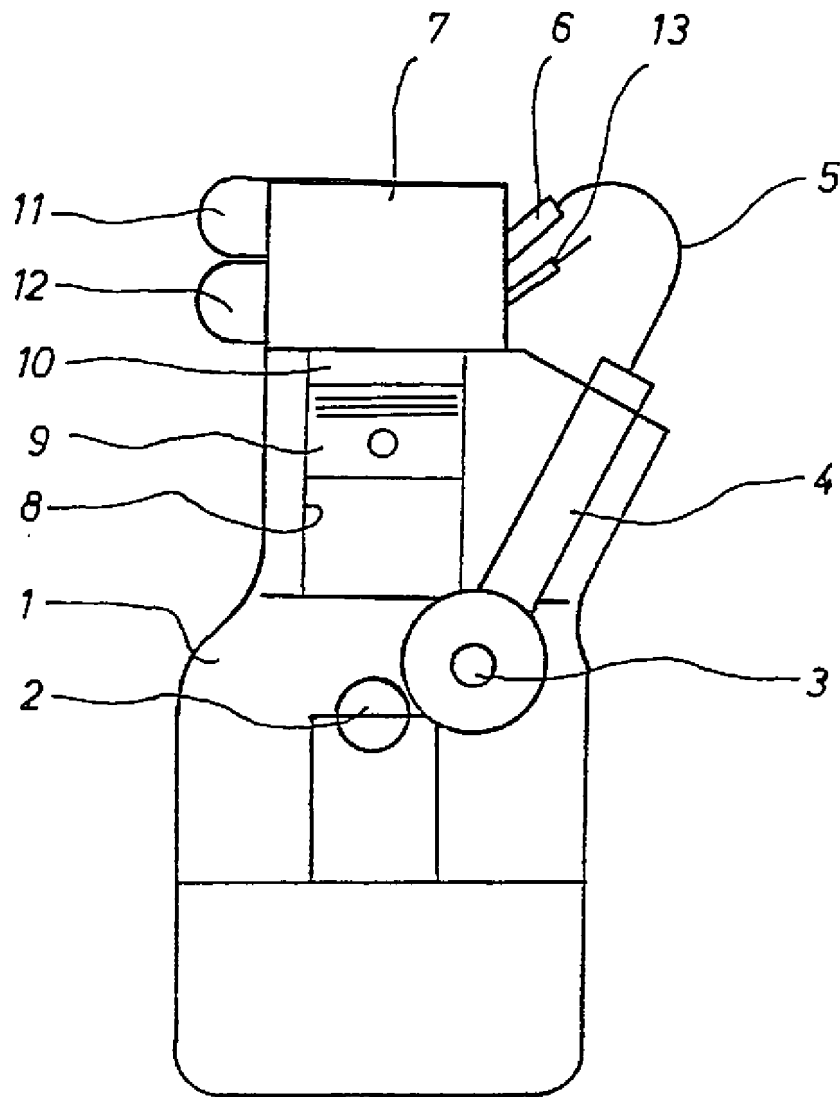


FIG. 1

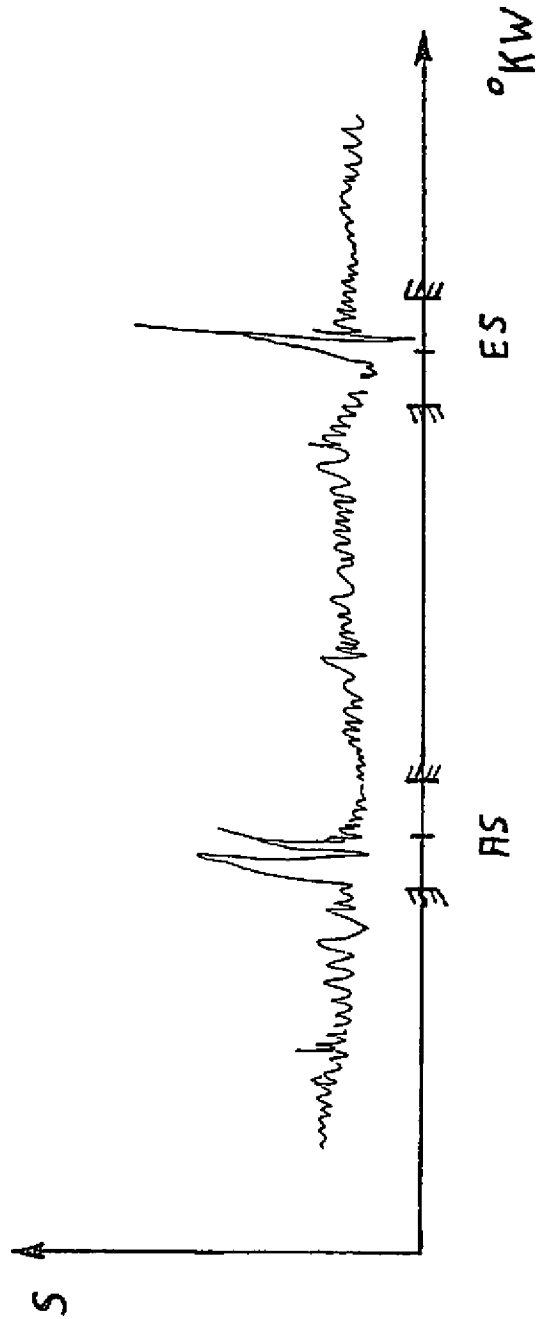


FIG. 2