

(19)



(11)

EP 1 259 941 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
19.03.2008 Patentblatt 2008/12

(51) Int Cl.:
G07C 5/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **01913549.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2001/000362

(22) Anmeldetag: **31.01.2001**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2001/061653 (23.08.2001 Gazette 2001/34)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERMITTLUNG DER VERBLEIBENDEN BETRIEBSDAUER EINES PRODUKTES**

METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE REMAINING SERVICEABLE LIFE OF A PRODUCT

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR DETERMINER LA DUREE DE VIE RESIDUELLE D'UN PRODUIT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

(72) Erfinder:

- **KLAUSNER, Markus**
Wexford, 15090 (US)
- **GRIMM, Wolfgang**
Allison Park, PA 15101 (US)

(30) Priorität: **17.02.2000 DE 10007308**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.11.2002 Patentblatt 2002/48

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 612 643 EP-A- 0 661 673
EP-A- 0 863 490 US-A- 4 733 361

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

EP 1 259 941 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

Stand der Technik

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der verbleibenden Betriebsdauer eines Produktes; dabei betrifft die Erfindung weiterhin Verfahren zum Erfassen von Betriebsdauern bis zum technischen Versagen des Produktes sowie Verfahren zum Bestimmen von Betriebsdauerschwel­lenwerten von Produkten in Abhängigkeit von bestimmten zeitveränderlichen Betriebsgrößen für eine Überwachung der Zuverlässigkeit von Produkten und schließlich betrifft die Erfindung auch eine in einem Produkt, dessen Zuverlässigkeit überwacht werden soll, angeordnete Vorrichtung zum Vergleich der tatsächlichen Betriebsdauer des Produkts mit Betriebsdauer-Schwel­lenwerten gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

10 **[0002]** Aus der DE 195 16 481 A1 ist ein Verfahren für eine Lebensdauerbestimmung bekannt. Es wird ein Steuergerät für ein Kraftfahrzeug beschrieben, das einen Betriebsdatenspeicher aufweist, in dem Betriebsgrößen des Kraftfahrzeugs abgespeichert werden, die Aussagen zur Ausfallwahrscheinlichkeit bzw. zur künftigen Zuverlässigkeit des Steuergeräts geben können. In dem Betriebsdatenspeicher werden wesentliche Daten der Lebensgeschichte eines Steuergeräts abgespeichert, um bei Bedarf eine Aussage bzgl. der Zuverlässigkeit des Steuergeräts treffen zu können.

15 **[0003]** Aus der EP 863490 A2 ist bereits ein Verfahren zur Ermittlung einer Restbetriebsdauer bekannt bei dem quantisierte Betriebsdaten gespeichert werden.

20 Aufgabe und Vorteile der Erfindung

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine möglichst genaue, nicht modellgestützte Lebensdauerabschätzung für beliebige Produkte, die einen Betriebsdatenspeicher aufweisen oder auf einen solchen Zugriff haben, zu ermöglichen. Eine weitere Aufgabenstellung ist eine optimale Erfassung von Daten und Speicherung in einem Betriebsdatenspeicher um den Speicher optimal nutzen zu können, insbesondere um Speicherplatz einzusparen.

25 **[0005]** Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ein Verfahren zur Ermittlung eines Betriebsdauerschwel­wertes eines Produktes vor, welches einen Mikrocomputer oder Mikrocontroller und einen durch ein Kommunikationssystem (KS) verbundenen oder internen Betriebsdatenspeicher aufweist. Eine Überwachung der Zuverlässigkeit des Produktes erfolgt durch Vergleich einer Betriebsdauer mit einem Schwellwert, wobei Werte von Wertebereichen vorgegebbarer Betriebsgrößen des Produktes erfasst werden. Dabei ist der jeweilige Wertebereich der jeweiligen Betriebsgröße in Klassen. Die Werte und/oder die Betriebsdauern (t_{ijk}) werden in dem dem Produkt zugeordneten Betriebsdatenspeicher (BSi, BSe) entsprechend der Klassen (j) abgelegt. Aus einer Menge von Produkten eine erste Teilmenge der Produkte wird bis zum technischen Versagen betrieben, wodurch die Betriebsdauern der Klassen der vorgebbaren Betriebsgrößen des Produktes ermittelt werden. Je Klasse und Betriebsgröße wird ein Gewichtungsfaktor ermittelt, der den Einfluss zum technischen Versagen des Produktes der jeweiligen Klasse und Betriebsgröße widerspiegelt. Eine zweite Teilmenge der Produkte wird bis zum technischen Versagen betrieben, wobei die Gewichtungsfaktoren, die aus der ersten Teilmenge ermittelt wurde, auf die zweite Teilmenge angewendet werden. Bei der zweiten Teilmenge des Produktes wird je Betriebsgröße eine kritische Betriebsdauer über alle Klassen ermittelt und aus den kritischen Betriebsdauern über alle Klassen aller Betriebsgrößen wird der Betriebsdauerschwel­wert ermittelt.

30 **[0006]** Das Produkt, dessen Betriebsdauer bis zum technischen Versagen erfasst wird, ist bspw. als ein Steuergerät oder ein Teilsystem (z. B. Bremse, Motor, Getriebe, Lenkung u. a.) eines Kraftfahrzeugs ausgebildet. Die Produkte weisen einen Betriebsdatenspeicher auf bzw. sind einem solchen zugeordnet, in dem die erfassten Betriebsgrößen bzw. die Betriebsdauern abgespeichert und bei Bedarf wieder aufgerufen werden können. Der Betriebsdatenspeicher verfügt vorzugsweise über einen nichtflüchtigen Speicher (z. B. ein EEPROM oder ein Flash-EEPROM) sowie über Mittel zur Erfassung der Betriebsgrößen bzw. der Betriebsdauern. Bei einem Kraftfahrzeug kann der Betriebsdatenspeicher bspw. in einem oder mehreren Steuergeräten realisiert werden.

35 **[0007]** Mit den Betriebsdatenspeichern werden diskrete Systemzustände (z. B. Anzahl von Startvorgängen, Anzahl von Notstarts, Anzahl von Thermoabschaltungen u. a.) sowie die zeitveränderlichen Betriebsgrößen erfasst. Als Betriebsgrößen werden bspw. Sensordaten wie Temperatur, Strom, Spannung, Druck u. a. erfasst.

40 **[0008]** In dem unter Betriebsbedingungen zulässigen Wertebereich der Betriebsgrößen wird jeweils eine lineare oder nichtlineare Unterteilung des Wertebereichs in mehrere Klassen vorgenommen. Extremwerte, die zu einer unmittelbaren Zerstörung des Produkts führen, liegen außerhalb des zulässigen Wertebereichs. Die Klassenzuordnung basiert auf der Einteilung des gesamten Wertebereiches in relevante Belastungsgruppen. Die einzelnen Klassen haben einen unterschiedlichen Einfluß auf Alterung/Verschleiß des Produkts. In dem Betriebsdatenspeicher wird die Betriebsdauer des Produkts für jede Betriebsgröße in jeder Klasse erfasst.

45 **[0009]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Bestimmung der individuellen technischen Betriebsdauer eines Produkts sowie die Berechnung des Abnutzungsgrades zu jedem beliebigen Zeitpunkt auf der Basis von in Klassen unterteilten (sog. klassierten) Betriebsgrößen durchgeführt. Aufgrund der klassierten Betriebsgrößen ist eine besonders

EP 1 259 941 B1

zuverlässige und genaue Bestimmung der Betriebsdauer eines Produkts möglich, wobei der Speicherbedarf für den Betriebsdatenspeicher minimiert wird, da auf eine Erfassung von zeitlichen Verläufen der Betriebsgrößen verzichtet werden kann. Dadurch wird eine besonders zuverlässige präventive Wartung/ Reparatur kurz vor Erreichen des Endes der technischen Betriebsdauer ermöglicht.

5 **[0010]** Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Werte der Betriebsgrößen in regelmäßigen zeitlichen Abständen erfasst werden und ein Klassenzähler einer bestimmten Klasse erhöht wird, falls der Wert einer erfassten Betriebsgröße in diese Klasse fällt. Jeder Betriebsgröße eines bestimmten Produkts kann nach dem Erfassen der Betriebsdauern somit ein Betriebsdauer-Histogramm zugewiesen werden, aus dem sich die Betriebsdauer des Produkts für die Betriebsgröße innerhalb einer bestimmten Klasse ergibt. Die für die Betriebsdatenspeicherung notwendige Größe des Betriebsdatenspeichers in Bytes ergibt sich aus dem Produkt

- der Anzahl der Betriebsgrößen,
- der durchschnittlichen Anzahl der Klassen pro Betriebsgröße und
- der durchschnittlichen Anzahl Bytes pro Klassenzähler.

15 Das erfindungsgemäße Verfahren zum Erfassen von Betriebsdauern auf der Basis klassierter Betriebsgrößen hat insbesondere beim Bestimmen von Betriebsdauer-Schwellenwerten von Produkten für eine Überwachung der Zuverlässigkeit von Produkten besondere Vorteile. Deshalb wird gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Bestimmen von Betriebsdauer-Schwellenwerten der eingangs genannten Art vorgeschlagen, das dadurch gekennzeichnet ist, dass

- 20
- die Betriebsdauern der Produkte für die Klassen der Betriebsgrößen bis zum technischen Versagen des Produkts durch Verwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2 bestimmt werden;
 - den Klassen der Betriebsgrößen Gewichtungsfaktoren zugewiesen werden;
 - die Gewichtungsfaktoren aus der Lösung eines Optimierungsproblems

25

$$\min\{ f(x) \}, \text{ mit } x = \{a_{ij}, t_{ijk}\}$$

unter Berücksichtigung der Korrelation zwischen den einzelnen Betriebsgrößen ermittelt werden;

- 30
- für die Produkte kritische kumulierte Betriebsdauern für die einzelnen Betriebsgrößen aus der Gleichung

35

$$P_{iz_krit} = \sum_{j=1}^{M_i} a_{ij} \times t_{ijz}$$

ermittelt werden; und

- 40
- für die einzelnen Produkte die Betriebsdauer-Schwellenwerte aus der Gleichung

$$\min\{ P_{iz_krit} \},$$

mit $i = 1 \dots N$ oder

45

$$- x \sum_{i=1}^N P_{iz_krit}, \text{ mit } i = 1 \dots N$$

50

ermittelt werden.

55 **[0011]** Die einzelnen Klassen haben einen unterschiedlichen Einfluss auf Alterung/Verschleiß der Produkte. Deshalb werden den Klassen der Betriebsgrößen Gewichtungsfaktoren zugewiesen, die den relativen Einfluss einer bestimmten Klasse einer bestimmten Betriebsgröße auf die Alterung bzw. den Verschleiß des Produkts ausdrückt. Die Erfindung sieht vor, die Gewichtungsfaktoren aus einer Teilmenge K der Produkte zu ermitteln und diese dann auf die Teilmenge

EP 1 259 941 B1

Z der Produkte anzuwenden. Dadurch können für die Produkte aus der Teilmenge S die kritischen gewichteten kumulierten Betriebsdauern der Betriebsgrößen für den Serieneinsatz bestimmt werden, bei deren Erreichen auf ein Ende der technischen Betriebsdauer geschlossen werden kann.

[0012] Die Gewichtungsfaktoren werden aus der Lösung eines Optimierungsproblems

5

$$\min\{ f(x) \}, \text{ mit } x = \{a_{ij}, t_{ijk}\}$$

10

unter Berücksichtigung der Korrelation zwischen den einzelnen Betriebsgrößen ermittelt, wobei a_{ij} der Gewichtungsfaktor ist, der der Klasse j der Betriebsgröße i zugewiesen ist, und t_{ijk} die Betriebsdauer des Produkts k für die Klasse j der Betriebsgröße i ist. Die Korrelation zwischen den Betriebsgrößen kann bspw. dadurch berücksichtigt werden, dass die Gewichtungsfaktoren aus einem Gleichungssystem bestimmt werden, in dem die gewichteten kumulierten Betriebsdauern für jede Betriebsgröße mittels Operatoren miteinander verknüpft werden. Die Operatoren können bspw. eine UND-Verknüpfung (Produktbildung), eine ODER-Verknüpfung (Summenbildung) oder eine Fuzzy-Verknüpfung (z. B. einen Zwischenzustand zwischen UND und ODER) darstellen.

15

[0013] Nachdem die Gewichtungsfaktoren durch Lösung eines Optimierungsproblems mit geeigneten mathematischen Optimierungsalgorithmen ermittelt wurden, sind die kritischen kumulierten Betriebsdauern für die einzelnen Betriebsgrößen festzulegen, bei deren Erreichen auf ein Ende der technischen Betriebsdauer geschlossen werden kann. Dazu wird mit Hilfe von K Produkten eine Anzahl von Z Produkten bis zum technischen Versagen betrieben, wobei die aus den K Produkten berechneten Gewichtungsfaktoren auf die klassierten Betriebsgrößen der Z Produkte angewendet werden. Es wird

20

25

$$M_i \\ P_{iz_krit} = \sum_{j=1}^{M_i} \{ a_{ij} \times t_{ijz} \}$$

30

für alle Betriebsgrößen und für alle Z Produkte ermittelt, wobei P_{iz_krit} die kritische kumulierte Betriebsdauer des Produkts z der Betriebsgröße i ist und t_{ijz} die Betriebsdauer des Produkts z für die Klasse j der Betriebsgröße i ist. Damit erhält man Z Vektoren der gewichteten kumulierten Betriebsdauern

35

$$Y_z = (P_{1z_krit}, P_{2z_krit}, \dots, P_{Nz_krit}), \\ \text{mit } z = 1 \dots Z$$

40

[0014] Für die einzelnen Produkte werden die Betriebsdauer-Schwellenwerte, bei deren Erreichen auf ein baldiges technisches Lebensende des Produkts geschlossen werden kann, aus den Spaltenminima der Matrix Y_z gemäß der Gleichung

45

$$\min\{ P_{iz_krit} \}, \text{ mit } i = 1 \dots N$$

oder aus dem Durchschnitt der Spaltenelemente der Matrix Y_z gemäß der Gleichung

50

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \{ P_{iz_krit} \}, \text{ mit } i = 1 \dots N$$

55

ermittelt. Das funktioniert mit der geforderten Zuverlässigkeit, wenn die einzelnen Spaltenelemente hinreichend dicht beieinander liegen, d. h. wenn die Standardabweichung der Spaltenelemente nicht zu gross ist. Ausreisser sollen bei der Auswahl der Spaltenminima nicht berücksichtigt werden.

[0015] Nachdem die kritischen kumulierten Betriebsdauern für die einzelnen Betriebsgrößen ermittelt wurden, kann bei allen mit Betriebsdatenspeichern ausgestatteten Serienprodukten kurz vor Erreichen des kritischen Schwellenwertes die Notwendigkeit einer Reparatur, eines Austausches oder einer Wartung durch das Produkt signalisiert werden. Alternativ werden die in dem Produkt gespeicherten Betriebsgrößen im Rahmen einer regelmäßigen Produktwartung ausgewertet.

[0016] Zusammenfassend werden also zunächst $k = 1 \dots K$ Produkte bis zum technischen Versagen betrieben, um die Gewichtungsfaktoren a_{ij} ermitteln zu können. Danach werden die Gewichtungsfaktoren a_{ij} in die Betriebsdatenspeicher von $z = 1 \dots Z$ Produkten integriert, die wieder bis zum technischen Versagen betrieben werden, um die kritischen kumulierten Betriebsdauern P_{iz_krit} und über eine Minimalauswahl oder den Durchschnitt der kritischen kumulierten Betriebsdauern P_{iz_krit} die Betriebsdauer-Schwellenwerte zu ermitteln. Danach erfolgt die Überwachung der Zuverlässigkeit von $s = 1 \dots S$ Produkten im Serieneinsatz, wobei die tatsächliche Betriebsdauer eines Produkts s mit einem Schwellenwert verglichen wird.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Gewichtungsfaktoren aus der Lösung des Optimierungsproblems

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K \text{ABS} \left\{ \sum_{j=1}^{M_i} a_{ij} \times t_{ijk} \right\} - 1 \right\}$$

ermittelt werden, mit der Ungleichungsnebenbedingung $a_{ij} > 0$, wobei a_{ij} der Gewichtungsfaktor ist, der der Klasse j der Betriebsgröße i zugewiesen ist, und t_{ijk} die Betriebsdauer des Produkts k für die Klasse j der Betriebsgröße i ist. Gemäß dieser Ausführungsform wird bei der Berechnung der Gewichtungsfaktoren keine Korrelation zwischen den einzelnen Betriebsgrößen berücksichtigt. Es wird also von der Annahme ausgegangen, dass jede Betriebsgröße unabhängig von den Werten der anderen Betriebsgrößen zur technischen Zerstörung des Produktes führen kann.

[0018] Wird keine Korrelation zwischen den einzelnen Betriebsgrößen zur Bestimmung der Gewichtungsfaktoren zugrundegelegt, kann das größte Verhältnis einer gewichteten kumulierten Betriebsdauer für eine Betriebsgröße zum kritischen Schwellenwert der Betriebsgröße als Abnutzungsgrad interpretiert werden. Die verbleibende Restlebensdauer in % wird dann berechnet gemäß

$$\text{Restlebensdauer [\%]} = 1 - \text{Abnutzungsgrad [\%]}$$

[0019] Gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Gewichtungsfaktoren aus der Lösung des Optimierungsproblems

$$\min \left\{ \sum_{v=1}^K \sum_{\mu=1}^K \text{ABS} \left\{ \text{PROD} \left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} a_{ij} \times t_{ij\mu} \right\} \right\} - \dots \right. \\ \left. \sum_{\mu \neq v} \dots \text{PROD} \left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} a_{ij} \times t_{ijv} \right\} \right\}$$

ermittelt werden, mit der Ungleichungsnebenbedingung $a_{ij} > 0$. Bei dieser Ausführungsform wird die Korrelation zwischen den einzelnen Betriebsgrößen berücksichtigt. Es wird also von der Annahme ausgegangen, dass mehrere Betriebsgrößen gemeinsam zur technischen Zerstörung des Produktes führen. Gemäß dieser Ausführungsform sind die Betriebsgrößen mittels reiner UND-Verknüpfungen (Produktbildung) miteinander verknüpft. Die Gewichtungsfaktoren werden derart bestimmt, dass die durch den UND-Operator verknüpften gewichteten Klassensummen eines jeden Produktes einen minimalen "Abstand" zueinander besitzen.

[0020] Gemäß einer dritten alternativen Ausführungsform ist an eine Verknüpfung mehrerer Betriebsgrößen auf der Ebene von einzelnen Klassen gedacht. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass mehrere Betriebsgrößen innerhalb bestimmter Klassen zu einer technischen Zerstörung des Produktes führen.

[0021] Zur Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird ausgehend von einer Vorrichtung zum Erfassen der Betriebsdauern bis zum technischen Versagen eines Produkts des weiteren vorgeschlagen, dass die Vorrichtung erste Mittel zum Erfassen der Werte von bestimmten Betriebsgrößen in regelmäßigen zeitlichen Abständen aufweist, der Wertebereich der einzelnen Betriebsgrößen in Klassen unterteilt ist und die Vorrichtung zweite Mittel zum Erfassen der Betriebsdauern in Abhängigkeit von der Klasse aufweist, in die der erfasste Wert der Betriebsgröße fällt.

[0022] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass die zweiten Mittel einen Klassenzähler einer bestimmten Klasse erhöhen, falls der Wert einer erfassten Betriebsgröße in diese Klasse fällt.

[0023] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Erfassen von Betriebsdauern auf der Basis klassierter Betriebsgrößen hat insbesondere beim Bestimmen von Betriebsdauer-Schwellenwerten von Produkten für eine Überwachung der Zuverlässigkeit von Produkten besondere Vorteile. Deshalb wird gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung zum Bestimmen von Betriebsdauer-Schwellenwerten der eingangs genannten Art vorgeschlagen, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Vorrichtung Mittel zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 5 bis 8 aufweist.

[0024] Zur Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird ausgehend von einer in einem zu überwachenden Produkt angeordneten Vorrichtung der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass die Betriebsdauer-Schwellenwerte gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8 ermittelt sind. Der Betriebsdatenspeicher der Vorrichtung kann besonders klein ausgebildet werden, da bei einer Ermittlung der Betriebsdauer-Schwellenwerte gemäß der Erfindung auf eine speicherintensive Erfassung von zeitlichen Verläufen der Betriebsgrößen verzichtet werden kann.

[0025] Eine Betriebsdatenerfassung in Klassen hat darüber hinaus insbesondere den Vorteil, dass der Speicher optimal genutzt werden kann, also insbesondere nur wenig Speicherplatz benötigt wird, da keine aufwendige Erfassung von Betriebsgrößen über die gesamte Zeitachse, bzw. mit Bezug zur Zeitachse durchgeführt werden muss. Dadurch kann die Erfindung, insbesondere die Betriebsdatenerfassung zweckmäßigerweise als Zusatzfunktionalität in einem Steuergerät realisiert werden oder in einer eigens dafür vorgesehenen Vorrichtung.

[0026] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus der Beschreibung und den Merkmalen der Ansprüche.

Zeichnungen

[0027] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Erfassen von Betriebsdauern bis zum technischen Versagen eines Produkts gemäß einer bevorzugten Ausführungsform; und

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bestimmen von Betriebsdauer-Schwellenwerten von Produkten gemäß einer bevorzugten Ausführungsform.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0028] In Fig. 1 ist ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Erfassen von Betriebsdauern t_{ijk} eines Produkts $k = 1 \dots K$ bis zum technischen Versagen des Produkts k gemäß einer bevorzugten Ausführungsform dargestellt. Das Produkt k , dessen Betriebsdauer t_{ijk} erfasst wird, ist bspw. als ein Steuergerät oder ein Teilsystem (z. B. Bremse, Motor, Getriebe, Lenkung u. a.) eines Kraftfahrzeugs ausgebildet. Das Produkt k weist einen Betriebsdatenspeicher auf, in dem erfasste Betriebsgrößen $i = 1 \dots N$ bzw. die Betriebsdauern t_{ijk} abgespeichert und bei Bedarf wieder aufgerufen werden können. Der Betriebsdatenspeicher verfügt vorzugsweise über einen nichtflüchtigen Speicher (z. B. einen EEPROM oder einen Flash-EEPROM) sowie über Mittel zur Erfassung der Betriebsgrößen bzw. Betriebsdauern. Bei einem Kraftfahrzeug kann der Betriebsdatenspeicher bspw. in einem oder mehreren Steuergeräten realisiert werden.

[0029] Mit den Betriebsdatenspeichern werden diskrete Systemzustände (z. B. Anzahl von Startvorgängen, Anzahl von Notstarts, Anzahl von Thermoabschaltungen u. a.) sowie die zeitveränderlichen Betriebsgrößen i erfasst. Als Betriebsgrößen i werden bspw. Sensordaten wie Temperatur, Strom, Spannung, Druck u. a. erfasst.

[0030] Das Verfahren beginnt in einem Funktionsblock 10. In einem Funktionsblock 11 wird der unter Betriebsbedingungen zulässige Wertebereich der einzelnen zu erfassenden Betriebsgrößen i in Klassen $j = 1 \dots M_i$ linear oder nicht-linear unterteilt. Extremwerte, die zu einer unmittelbaren Zerstörung des Produkts k führen, liegen außerhalb des zulässigen Wertebereichs. Die Klassenzuordnung basiert auf der Einteilung des gesamten Wertebereiches in relevante

Belastungsgruppen. Die einzelnen Klassen j haben einen unterschiedlichen Einfluß auf Alterung/Verschleiß des Produkts k.

[0031] In einem nachfolgenden Funktionsblock 12 werden in regelmäßigen zeitlichen Abständen Werte der Betriebsgrößen i erfasst. Die Betriebsdauern t_{ijk} werden in Abhängigkeit von der Klasse j, in die der erfasste Wert der Betriebsgröße i fällt, erfasst. Dazu wird in einem Funktionsblock 13 ein Klassenzähler einer bestimmten Klasse j erhöht, falls der Wert der erfassten Betriebsgröße i in diese Klasse j fällt. Jeder Betriebsgröße i eines bestimmten Produkts k kann nach dem Erfassen der Betriebsdauern t_{ijk} somit ein Betriebsdauer-Histogramm zugewiesen werden, aus dem sich die Betriebsdauer t_{ijk} des Produkts k für die Betriebsgröße i innerhalb einer bestimmten Klasse j ergibt. Aus dem Produkt aus dem Stand der Klassenzähler und dem zeitlichen Abstand der erfassten Werte der Betriebsgrößen i ergeben sich die Betriebsdauern t_{ijk} .

[0032] In einem nachfolgenden Abfrageblock 14 wird überprüft, ob das Erfassen der Betriebsdauern t_{ijk} beendet ist. Falls nein, wird wieder zu dem Funktionsblock 12 verzweigt. Falls das Erfassen der Betriebsdauern t_{ijk} beendet ist, wird zu dem Ende des Verfahrens in Funktionsblock 15 verzweigt.

[0033] In Fig. 2 ist ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bestimmen von Betriebsdauer-Schwellenwerten der Produkte z gemäß einer bevorzugten Ausführungsform dargestellt. Das erfindungsgemäße Verfahren beginnt in einem Funktionsblock 20. Dann werden zunächst die Betriebsdauern t_{ijk} der Produkte k für die Klasse j der Betriebsgrößen i bis zum technischen Versagen des Produkts k durch Verwendung des Verfahrens gemäß Fig. 1 bestimmt.

[0034] Anschließend werden in einem Funktionsblock 21 den Klassen der Betriebsgrößen i Gewichtungsfaktoren a_{ij} zugewiesen. Da die einzelnen Klassen j einen unterschiedlichen Einfluss auf Alterung/Verschleiß der Produkte k haben, werden den Klassen j der Betriebsgrößen i Gewichtungsfaktoren a_{ij} zugewiesen, die den relativen Einfluss einer bestimmten Klasse j einer bestimmten Betriebsgröße i auf die Alterung bzw. den Verschleiß des Produkt k ausdrückt.

[0035] In einem nachfolgenden Funktionsblock 22 werden die Gewichtungsfaktoren a_{ij} aus der Lösung eines Optimierungsproblems

$$\min\{ f(x) \}, \text{ mit } x = \{a_{ij}, t_{ijk}\}$$

unter Berücksichtigung der Korrelation zwischen den einzelnen Betriebsgrößen i ermittelt. Die Gewichtungsfaktoren a_{ij} können bspw. aus der Lösung des Optimierungsproblems

$$\min\{ \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K \text{ABS}\{ \sum_{j=1}^{M_i} a_{ij} x t_{ijk} \} - 1 \}$$

ermittelt werden, mit der Ungleichungsnebenbedingung $a_{ij} > 0$. Dabei wird keine Korrelation zwischen den einzelnen Betriebsgrößen berücksichtigt und von der Annahme ausgegangen, dass jede Betriebsgröße i unabhängig von den Werten der anderen Betriebsgrößen i zur technischen Zerstörung des Produktes k führen kann.

[0036] Alternativ können die Gewichtungsfaktoren a_{ij} auch aus der Lösung des Optimierungsproblems

$$\min\{ \sum_{v=1}^K \sum_{\mu=1}^K \text{ABS}\{ \text{PROD}\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} a_{ij} x t_{ij\mu} \} \} - \dots \}$$

$$\mu \neq v$$

$$\dots \text{PROD}\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} a_{ij} x t_{ijv} \} \}$$

ermittelt werden, mit der Ungleichungsnebenbedingung $a_{ij} > 0$. Es wird die Korrelation zwischen den einzelnen Be-

EP 1 259 941 B1

triebsgrößen i berücksichtigt und von der Annahme ausgegangen, dass mehrere Betriebsgrößen i gemeinsam zur technischen Zerstörung des Produktes k führen. Die Betriebsgrößen i sind in dem Ausführungsbeispiel mittels reiner UND-Verknüpfungen (Produktbildung) miteinander verknüpft.

5 **[0037]** Gemäß einer dritten Alternative ist eine Verknüpfung mehrerer Betriebsgrößen i auf der Ebene von einzelnen Klassen j denkbar. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass mehrere Betriebsgrößen i innerhalb bestimmter Klassen j zu einer technischen Zerstörung des Produktes k führen.

[0038] Die Erfindung sieht vor, die Gewichtungsfaktoren a_{ij} aus einer Teilmenge K der Produkte k zu ermitteln und diese dann auf die Teilmenge Z der Produkte z anzuwenden. Dadurch können kritische kumulierte Betriebsdauern P_{iz_krit} der Betriebsgrößen i für den Serieneinsatz bestimmt werden, bei deren Erreichen auf ein Ende der technischen Betriebsdauer geschlossen werden kann.

10 **[0039]** In einem Funktionsblock 23 werden dann für die Produkte z kritische kumulierte Betriebsdauern P_{iz_krit} für die einzelnen Betriebsgrößen i aus der Gleichung

$$15 \quad P_{iz_krit} = \sum_{j=1}^{M_i} \{ a_{ij} \times t_{ijz} \}$$

20 ermittelt, indem die Produkte z bis zum technischen Versagen betrieben werden. Damit erhält man Z Vektoren der gewichteten kumulierten Betriebsdauern

$$25 \quad Y_z = (P_{1z_krit}, P_{2z_krit}, \dots, P_{Nz_krit}),$$

mit $z = 1 \dots Z$

30 **[0040]** Für die einzelnen Produkte z werden schließlich in Funktionsblock 24 die Betriebsdauer-Schwellenwerte, bei deren Erreichen auf ein baldiges technisches Lebensende des Produkts geschlossen werden kann, aus den Spaltenminima der Matrix Y_z gemäß der Gleichung

$$35 \quad \min\{ P_{iz_krit} \}, \text{ mit } i = 1 \dots N$$

oder aus dem Durchschnitt der Spaltenelemente der Matrix Y_z gemäß der Gleichung

$$40 \quad \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \{ P_{iz_krit} \}, \text{ mit } i = 1 \dots N$$

45 ermittelt. Das funktioniert dann mit der geforderten Zuverlässigkeit, wenn die einzelnen Spaltenelemente hinreichend dicht beieinander liegen, d. h. wenn die Standardabweichung der Spaltenelemente klein ist.

[0041] Ausreißer, sofern vorhanden, sollten also bei der Auswahl der Spaltenminima nicht berücksichtigt werden. In Funktionsblock 25 ist das Verfahren zum Bestimmen von Betriebsdauer-Schwellenwerten der Produkte z beendet. Zur Bestimmung der Betriebsdauerschwellenwerte können neben absoluter oder relativer Minimalauswahl und einfacher Mittelwertbildung auch andere Verfahren und Vorgehensweisen wie gleitende oder empirische oder harmonische Mittelwertbildung oder Meridianbildung, usw. eingesetzt werden.

50 **[0042]** Nachdem die kritischen kumulierten Betriebsdauern P_{iz_krit} für die einzelnen Betriebsgrößen i ermittelt wurden, kann bei allen mit Betriebsdatenspeichern ausgestatteten Serienprodukten s kurz vor Erreichen des kritischen Schwellenwertes die Notwendigkeit einer Reparatur, eines Austausches oder einer Wartung durch das Produkt s signalisiert werden. Dies kann insbesondere auch in Form einer Eigendiagnose des Serienprodukts erfolgen. Alternativ werden die in dem Produkt s gespeicherten Betriebsgrößen im Rahmen einer regelmäßigen Produktwartung ausgewertet. Diese Produktwartung kann dann auch z.B. bei einem Teilprodukt eines Fahrzeugs, oder dem Fahrzeug selbst im Betrieb

selbst in Form einer On-Bord-Diagnose durchgeführt werden.

[0043] Figur 3 zeigt dazu schematisch eine mögliche erfindungsgemässe Vorrichtung. Mit P ist das Produkt selbst bezeichnet. Dieses ist durch ein Kommunikationssystem KS, insbesondere ein Leitungs- oder Bussystem, mit einem produktexternen Betriebsdatenspeicher BSe verbunden. Alternativ kann im Produkt selbst ein interner Betriebsdatenspeicher BSi vorgesehen sein. Es können auch beide Speicher gleichzeitig vorhanden sein und z.B. ein virtueller Speicher aus BSe und BSi gebildet werden. In M sind die Mittel zusammengefasst, z.B. in Form eines Mikrocomputers oder Mikrocontrollers, die zur Durchführung der erfindungsgemässen Verfahren wie vorab dargestellt Verwendung finden. Diese Mittel können, z.B. auch in einem Steuergerät eines Kfz vorhanden sein oder eingebracht werden.

[0044] Das Produkt P, dessen Betriebsdauer erfasst wird, ist bspw. als ein Steuergerät oder ein Teilsystem (z. B. Bremse, Motor, Getriebe, Lenkung u. a.) eines Kraftfahrzeugs ausgebildet. Die Produkte P weisen einen Betriebsdatenspeicher BSi auf bzw. sind einem solchen zugeordnet (BSe), in dem die erfassten Betriebsgrössen bzw. die Betriebsdauern abgespeichert und bei Bedarf wieder aufgerufen werden können. Der Betriebsdatenspeicher verfügt vorzugsweise über einen nichtflüchtigen Speicher (z. B. ein EEPROM oder ein Flash-Speicher) sowie über Mittel EM zur Erfassung der Betriebsgrössen bzw. der Betriebsdauern. Bei einem Kraftfahrzeug kann der Betriebsdatenspeicher bspw. in einem oder mehreren Steuergeräten realisiert werden. Die Erfassungsmittel EM beziehen ihre Informationen z.B. über das Kommunikationssystem KS oder andere Schnittstellen des Produktes, z.B. zu übriger Sensorik oder Aktuatorik. Die Auswertung, Betriebsdauererfassung, Betriebsdauerermittlung durch Schwellenwertvergleich, usw. wird insbesondere durch die Mittel M durchgeführt, die auch die Signalisierung oder das Einleiten weiterer Massnahmen einleiten bzw. durchführen. Die Erfassungsmittel EM und die Mittel M können auch in Kombination, also vereint vorliegen und ebenso den Betriebsdatenspeichern gezielt zugeordnet bzw. in diese integriert sein.

[0045] Mit den Betriebsdatenspeichern werden diskrete Systemzustände (z. B. Anzahl von Startvorgängen, Anzahl von Notstarts, Anzahl von Thermoabschaltungen u. a.) sowie die zeitveränderlichen Betriebsgrössen erfasst. Als Betriebsgrössen werden bspw. Sensordaten wie Temperatur, Strom, Spannung, Druck u. a. erfasst. Die dazu nötige Sensorik ist z.B. über das Kommunikationssystem KS angebunden oder über weitere Schnittstellen mit dem Produkt gekoppelt. Je nach Produkt, kann die Sensorik auch teilweise oder gänzlich im Produkt integriert sein. Gleiches gilt für insbesondere erfindungsgemässe Informationen liefernde Aktuatorik.

[0046] Somit kann also bei allen mit Betriebsdatenspeichern ausgestatteten Serienprodukten s kurz vor Erreichen des kritischen Schwellenwertes die Notwendigkeit einer Reparatur, eines Austausches oder einer Wartung durch das Produkt s signalisiert werden. Dies kann insbesondere auch in Form einer Eigendiagnose des Serienprodukts s, z.B. durch Betriebsdatenspeicher mit integrierten Mitteln M bzw. Erfassungsmitteln EM, erfolgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung eines Betriebsdauerschwellwertes eines Produktes, welches einen Mikrocomputer oder Mikrocontroller und einen durch ein Kommunikationssystem (KS) verbundenen oder internen Betriebsdatenspeicher aufweist, für eine Überwachung der Zuverlässigkeit des Produktes durch Vergleich einer Betriebsdauer mit einem Schwellwert, wobei Werte von Wertebereichen vorgebbarer Betriebsgrössen des Produktes erfasst werden, wobei der jeweilige Wertebereich der jeweiligen Betriebsgröße in Klassen unterteilt wird, wobei als Betriebsgrössen Sensordaten erfasst werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werte und/oder die Betriebsdauern (t_{ijk}) in dem dem Produkt zugeordneten Betriebsdatenspeicher (BSi, BSe) entsprechend der Klassen (j) abgelegt werden und dass aus einer Menge von Produkten eine erste Teilmenge der Produkte bis zum technischen Versagen betrieben wird, wodurch die Betriebsdauern der Klassen der vorgebbaren Betriebsgrössen des Produktes ermittelt werden, wobei daraus je Klasse und Betriebsgröße ein Gewichtungsfaktor ermittelt wird, der den Einfluss zum technischen Versagen des Produktes der jeweiligen Klasse und Betriebsgröße widerspiegelt und eine zweite Teilmenge der Produkte bis zum technischen Versagen betrieben wird, wobei die Gewichtungsfaktoren, die aus der ersten Teilmenge ermittelt wurden, auf die zweite Teilmenge angewendet werden und bei der zweiten Teilmenge des Produktes je Betriebsgröße eine kritische Betriebsdauer über alle Klassen ermittelt wird und aus den kritischen Betriebsdauern über alle Klassen aller Betriebsgrössen der Betriebsdauerschwellwert ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gewichtungsfaktoren (a_{ij}) aus der Lösung eines Optimierungsproblems $\min \{f(x)\}$, mit $x = \{a_{ij}, t_{ijk}\}$ unter Berücksichtigung der Korrelation zwischen den einzelnen Betriebsgrössen ermittelt werden;

- für die Produkte (z) kritische kumulierte Betriebsdauern (P_{iz_krit}) für die einzelnen Betriebsgrössen (i) aus der Gleichung:

$$P_{iz_krit} = \sum_{j=1}^{M_i} \{ a_{ij} \cdot t_{ijz} \}$$

5

ermittelt werden; und
- für die einzelnen Produkte (z) die Betriebsdauer-Schwellwerte aus der Gleichung:

10

$$\min \{ P_{iz_krit} \}, \text{ mit } i = 1 \dots N$$

15

oder

$$\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \{ P_{iz_krit} \}, \text{ mit } i = 1 \dots N$$

20

ermittelt werden.

25

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gewichtungsfaktoren (a_{ij}) aus der Lösung des Optimierungsproblems

30

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K \text{ABS} \left\{ \sum_{j=1}^{M_i} \{ a_{ij} \cdot t_{ijk} \} - 1 \right\} \right\}$$

35

ermittelt werden, mit der Ungleichungsnebenbedingung

$$a_{ij} > 0.$$

40

4. Verfahren nach Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gewichtungsfaktoren (a_{ij}) aus der Lösung des Optimierungsproblems

45

$$\min \left\{ \sum_{v=1}^K \sum_{\mu=1}^K \text{ABS} \left\{ \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} \{ a_{ij} \cdot t_{ij\mu} \} \right\} - \dots \right. \\ \left. \mu \neq v \right\}$$

50

$$\dots \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} \{ a_{ij} \cdot t_{ijv} \} \left. \right\}$$

55

ermittelt werden, mit der Ungleichungsnebenbedingung

$$a_{ij} > 0.$$

5

Claims

1. Method for determining an operating life threshold value for a product which has a microcomputer or microcontroller, and an operating data memory which is connected by means of a communication system (KS) or is internal, for monitoring the reliability of the product by comparing an operating life with a threshold value, with values of value ranges of operating variables of the product which can be predetermined being recorded, with the respective value range of the respective operating variable being subdivided into classes, with sensor data being recorded as operating variables, **characterized in that** the values and/or the operating lives (t_{ijk}) are stored on the basis of the classes (j) in the operating data memory (BSi, BSe) which is associated with that product, and **in that** from a set of products a first subset of the products is operated until technical failure, by which means the operating lives of the classes of the operating variables of the product which can be predetermined are determined, with this being used to determine a weighting factor for each class and operating variable, which weighting factor reflects the influence on technical failure of the product of the respective class and operating variable, and a second subset of the products is operated until technical failure, with the weighting factors which have been determined from the first subset being applied to the second subset, and a critical operating life for all the classes being determined for each operating variable for the second subset of the product, and the operating life threshold value for all the classes of all the operating variables being determined from the critical operating lives.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the weighting factors (a_{ij}) are determined from the solution of an optimization problem

30

$$\min\{ f(x) \}, \text{ where } x = \{a_{ij}, t_{ijk}\}$$

taking account of the correlation between the individual operating variables;

- critical accumulated operating lives (P_{iz_krit}) for the individual operating variables (i) of the products (z) are determined from the equation

35

$$P_{iz_krit} = \sum_{j=1}^{M_i} a_{ij} \times t_{ijz};$$

40

and

- the operating life threshold values for the individual products (z) are determined from the equation

45

$$\min\{ P_{iz_krit} \}, \text{ where } i = 1 \dots N$$

or

50

$$\sum_{i=1}^N x \times P_{iz_krit}, \text{ where } i = 1 \dots N.$$

55

3. Method according to Claim 1, **characterized in that** the weighting factors (a_{ij}) are determined from the solution

of the optimization problem

$$\min\left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K \text{ABS}\left\{ \sum_{j=1}^{M_i} \{ a_{ij} \times t_{ijk} \} - 1 \right\} \right\},$$

with the secondary inequality condition $a_{ij} > 0$.

4. Method according to Claim 1, **characterized in that** the weighting factors (a_{ij}) are determined from the solution of the optimization problem:

$$\min\left\{ \sum_{v=1}^K \sum_{\mu=1}^K \text{ABS}\left\{ \text{PROD}\left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} \{ a_{ij} \times t_{ij\mu} \} \right\} - \dots \right. \right. \\ \left. \left. \sum_{\mu \neq v} \dots \text{PROD}\left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} \{ a_{ij} \times t_{ijv} \} \right\} \right\} \right\},$$

using the secondary inequality condition $a_{ij} > 0$.

Revendications

1. Procédé pour déterminer un seuil de durée de fonctionnement d'un produit comportant un microordinateur ou un microcontrôleur et une mémoire de données et de fonctionnement interne ou reliée à un système de communication (KS) pour surveiller la fiabilité du produit par comparaison d'une durée de fonctionnement à un seuil, selon lequel

on saisit des valeurs de plage de valeurs de paramètres de fonctionnement prédéfinis du produit, on subdivise en classes, la plage respective de valeurs du paramètre de fonctionnement respectif on saisit des données de capteur comme paramètres de fonctionnement, **caractérisé en ce qu'**

on dépose les valeurs et/ou les durées de fonctionnement (t_{ijk}) dans une mémoire de données de fonctionnement (BSi, BSe) associée au produit en fonction des classes (j) et à partir de l'ensemble des produits on fait fonctionner un premier sous-ensemble des produits jusqu'à leur défaillance technique pour déterminer ainsi les durées de fonctionnement des classes des paramètres de fonctionnement prédéfinis du produit,

on en déduit un coefficient de pondération par classe et par paramètre de fonctionnement qui traduit l'influence vis-à-vis de la défaillance technique du produit de la classe respective et du paramètre de fonctionnement, on fait fonctionner un second sous-ensemble de produits jusqu'à leur défaillance technique, on détermine les facteurs de pondération à partir du premier sous-ensemble et on l'applique au second sous-ensemble et pour le second sous-ensemble du produit, on détermine un durée de fonctionnement critique par paramètre pour toutes les classes et à partir des durées de fonctionnement critiques concernant toutes les classes de tous les paramètres de fonctionnement, on détermine le seuil de durée de fonctionnement.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**

on détermine les facteurs de pondération (a_{ij}) en résolvant un problème d'optimisation $\min \{f(x)\}$, avec $x = \{a_{ij}, t_{ijk}\}$, en tenant compte de la corrélation entre les différents paramètres de fonctionnement,

- pour les produits (z) on détermine les durées de fonctionnement cumulées, critiques, (P-iz-krit) pour les

EP 1 259 941 B1

différents paramètres de fonctionnement (i) à partir de l'équation :

5

$$P - iz - krit = \sum_{j=1}^{M-i} \{a - ij \cdot t - ijz\}$$

10

- pour les différents produits (z) on détermine les seuils de durée de fonctionnement à partir de l'équation :

15

$$\min \{P - iz - krit\}, \text{ avec } i = 1 \dots N$$

où

20

$$\frac{1}{N} \bullet \sum_{i=1}^N \{P - iz - krit\}, \text{ avec } i = 1 \dots N$$

25

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**

on détermine les coefficients de pondération (a-ij) de la solution du problème d'optimisation suivant :

30

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K \text{ABS} \left\{ \sum_{j=1}^{M-i} \{a - ij \cdot t - ijz\} - 1 \right\} \right\}$$

35

avec la condition d'inégalité $\alpha - ij > 0$.

4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**

40

on détermine les facteurs de pondération (a-ij) à partir de la solution du problème d'optimisation :

45

$$\min \left\{ \sum_{v=1}^N \sum_{\substack{\mu=1 \\ \mu \neq 1}}^K \text{ABS} \left\{ \text{PROD} \left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M-i} \{a - ij \cdot t - ijv\} - 1 \right\} \right\} \right\}$$

$$\dots \text{PROD} \left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M-i} \{a - ij \cdot t - ijv\} \right\}$$

50

55

en respectant l'inégalité suivante :

$$a_{-ij} > 0.$$

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

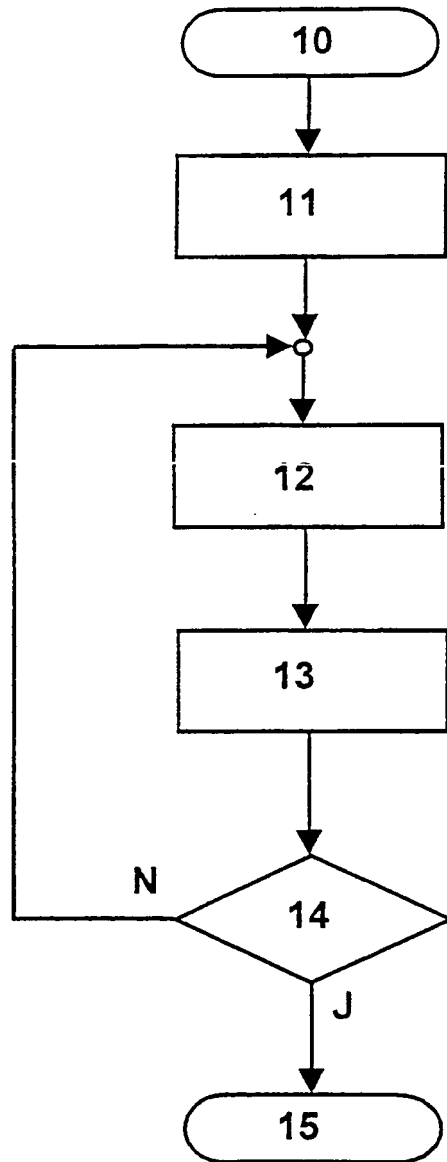


Fig. 1

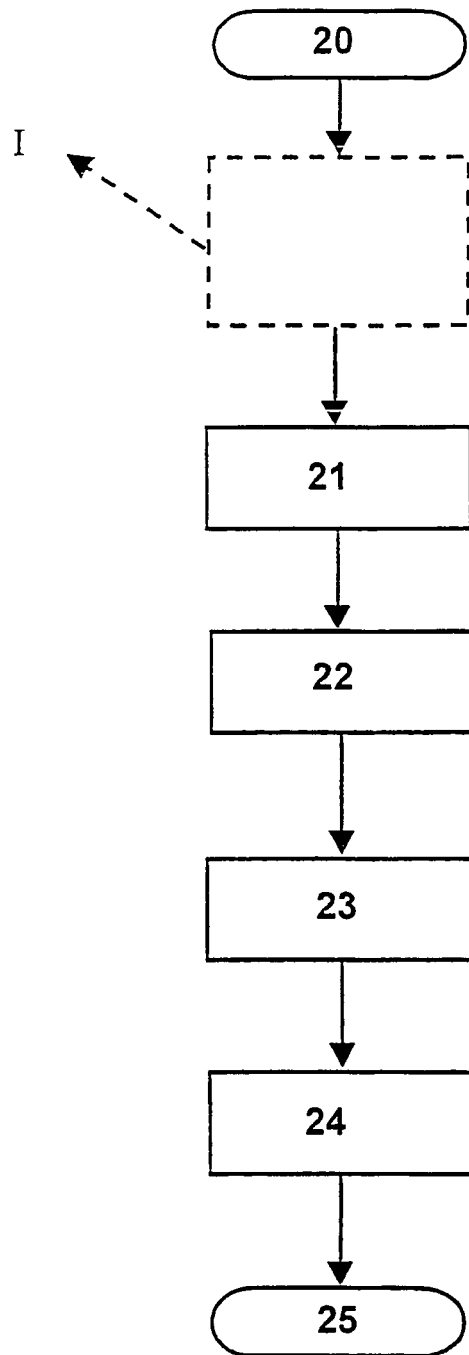


Fig. 2

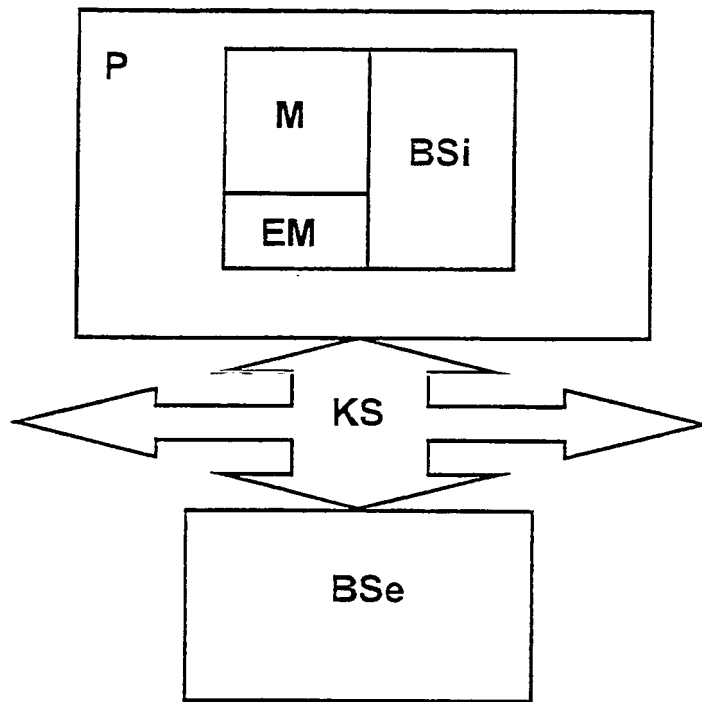


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19516481 A1 [0002]
- EP 863490 A2 [0003]