

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Februar 2004 (19.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/015503 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G05B 5/01**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002538

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Juli 2003 (29.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 35 418.9 2. August 2002 (02.08.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse
225, 70567 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WALTER, Markus
[DE/DE]; Badstrasse 25, 72555 Metzingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

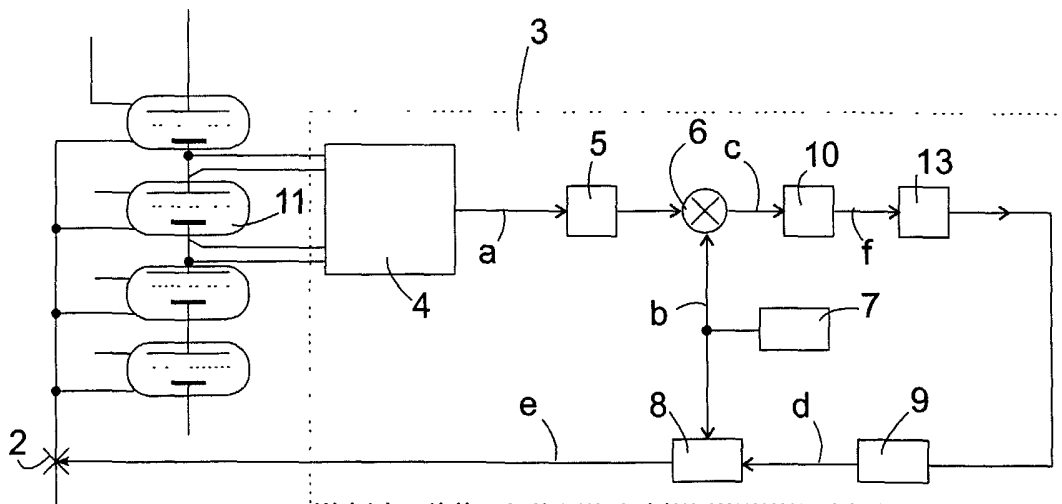
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING A REACTOR

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM STEUERN EINES REAKTORS



(57) Abstract: A control device for a reactor (1) comprises at least one sensor (4) for detecting a quantity that represents the efficiency of the reactor and for furnishing a measurement signal corresponding to the detected quantity. The control device also comprises a control unit (3), which is connected to the sensor while being provided for deriving at least one control signal (e) from the measurement signal (a) furnished by the sensor (4), and comprises at least one actuator (2) for influencing a process parameter of the reactor (1) by using the control signal (e). The control unit (3) generates said control signal (e) with a direct component that is dependent on the detected quantity and with a component that oscillates with a first frequency (f_1). The control unit is disposed for determining the direct component based on a ratio between the oscillating component of the control signal (e) and a component of the measurement signal (a) oscillating with the first frequency.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/015503 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Eine Steuervorrichtung für einen Reaktor (1) umfasst wenigstens einen Sensor (4) zum Erfassen einer für die Effektivität des Reaktors repräsentativen Größe und zum Liefern eines der erfassten Größe entsprechenden Messsignals, eine mit dem Sensor verbundene Steuereinheit (3) zum Ableiten wenigstens eines Steuersignals (e) von dem vom Sensor (4) gelieferten Messsignal (a) und wenigstens einen Aktor (2) zum Beeinflussen eines Prozessparameters des Reaktors (1) anhand des Steuersignals (e). Die Steuereinheit (3) erzeugt das Steuersignal (e) mit einem von der erfassten Größe abhängigen Gleichanteil und einer mit einer ersten Frequenz (f_1) oszillierenden Komponente and ist eingerichtet, den Gleichanteil anhand eines Verhältnisses zwischen der oszillierenden Komponente des Steuersignals (e) and einer mit der ersten Frequenz oszillierenden Komponente des Messsignals (a) festzulegen.

Vorrichtung und Verfahren zum Steuern eines Reaktors

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Steuern eines Reaktors, der mit wenigstens einem Medium versorgt wird, um eine chemische Reaktion an dem Medium zu bewirken.

Ein Beispiel für derartige Reaktoren sind Brennstoffzellen, bei denen die zugeführten Medien im allgemeinen Wasserstoff oder ein wasserstoffhaltiges Gasgemisch einerseits, Sauerstoff oder Luft andererseits als Reaktionpartner sowie gegebenenfalls Wasserdampf zum Einstellen eines Feuchtigkeitsgrades einer Membran sind, an der die Reaktion abläuft. Andere Beispiele sind Reformer, insbesondere zum Aufbereiten eines Brennstoffs in eine von einer Brennstoffzelle umsetzbare Form, Abgaskatalysatoren, etc..

Man ist stets bestrebt, die Prozesse, die in einem solchen Reaktor ablaufen, so zu steuern, dass ihr Nutzwert für einen Anwender, mit anderen Worten ihre Effektivität, möglichst hoch ist. Dabei kann die Effektivität je nach Anforderungen, die an einen Prozess gestellt werden, unterschiedlich zu definieren sein. Diese Effektivität kann von einer Vielzahl von Parametern abhängen, die mitunter gar nicht oder nur mit hohem Aufwand in Echtzeit so simuliert werden können, dass anhand der Simulationsergebnisse eine optimale Prozessführung möglich wird.

Im Prinzip ist zwar eine Prozessoptimierung nach der Methode „Versuch und Irrtum“ denkbar, bei der ein Parameter des Prozesses variiert, die daraus resultierende Veränderung der Effektivität des Prozesses erfasst und die Veränderung beibehalten wird, wenn sie der Effektivität förderlich ist und rückgängig gemacht wird, wenn sie der Effektivität schadet. Hierbei ergibt sich jedoch das Problem, dass die Erfassung der Effektivität wie jede Messung mit statistischen Ungenauigkeiten behaftet ist, und dass zufällige Schwankungen von anderen Prozessparametern als dem, der gezielt variiert wurde, zu Schwankungen der Effektivität führen können, die die von dem variierten Parameter verursachten überlagern können. Dies kann eine gezielte Steuerung sehr schwierig machen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, eine Steuervorrichtung bzw. ein Steuerverfahren anzugeben, das auf einfache Weise eine optimierte Prozessführung in einem Reaktor ermöglicht.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Steuervorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 15. Indem Änderungen der Prozesseffektivität, die nicht die Frequenz der oszillierenden Komponente aufweisen, im Messsignal unberücksichtigt bleiben, können zufällige bzw. nicht mit der periodischen Änderung des Steuersignals zusammenhängende Änderungen der Effektivität wirksam ausgefiltert und ein Zusammenhang zwischen dem mit dem Steuersignal gesteuerten Prozessparameter und der Effektivität sicher erfasst werden.

Um eine mit der Frequenz der oszillierenden Komponente des Steuersignals oszillierende Komponente des Messsignals wirksam zu isolieren, wird vorzugsweise ein Lock-in-Verstärker eingesetzt.

Der gesteuerte Prozessparameter ist vorzugsweise eine Durchflussrate. Als Aktor zu ihrer Steuerung kommt insbesondere ein Ventil oder eine Pumpe in Betracht.

Das Steuersignal ist vorzugsweise moduliert. Genauer gesagt ist bei Verwendung eines Ventils als Motor um ein pulsbreitenmoduliertes Signal bevorzugt. Dieses ermöglicht eine einfache Steuerung der Durchflussrate eines Mediums durch das Ventil, indem das Ventil lediglich zwischen einem geschlossenen und einem offenen Zustand hin und her geschaltet wird, wobei das Verhältnis der Dauer der beiden Zustände die Durchflussrate festlegt. Dabei sollte die Schaltperiode des Ventils kurz sein im Vergleich zu einer Zeitkonstante, mit der sich die Parameter der Reaktion an eine veränderte Durchflussrate anpassen, so dass die Pulsation der Durchflussrate nicht zu einer Oszillation der Parameter mit der Schaltperiode führt.

Bei Verwendung einer Pumpe als Aktor bietet sich eine Modulation der Frequenz des Steuersignals an, um die Drehzahl und damit den Durchsatz der Pumpe zu steuern.

Um die Steuerung einfach zu halten und eine Anregung von Oszillationen des Reaktors durch die oszillierende Komponente des Steuersignals zu vermeiden, sollte die Frequenz der oszillierenden Komponente des Steuersignals so niedrig sein, dass eine Phasendifferenz zwischen dieser Komponente und einer von ihr verursachten Veränderung der von dem Sensor erfassten Größe deutlich kleiner als eine Viertelperiode der oszillierenden Komponente ist. Mit anderen Worten, die Frequenz der oszillierenden Komponente ist so niedrig, dass der zu einem gegebenen Zeitpunkt erfasste Wert des Messsignals mit guter Näherung als dem gleichzeitig anliegenden Mittelwert des Steuersignals entsprechend angesehen werden kann.

Einer ersten bevorzugten Anwendung zufolge erfasst der Sensor einen elektrischen Innenwiderstand zwischen zwei Anschluss-

klemmen des Reaktors, wobei es sich bei dem Reaktor hier vorzugsweise um eine Brennstoffzelle handelt.

Auch für die Messung des Innenwiderstandes kann vorteilhaft ein Lock-in-Verfahren eingesetzt werden. Dabei wird ein mit einer zweiten Frequenz periodischer Laststrom an den Anschlussklemmen aufgeprägt, und die resultierende Spannungsänderung an den Klemmen wird von dem Sensor erfasst. Um die Einflüsse der oszillierenden Komponente des Steuersignals und des periodischen Laststroms auf die erfasste Spannung voneinander unterscheiden zu können, ist es sinnvoll, dass die Frequenzen beider sich stark unterscheiden. Insbesondere sollte die Frequenz des periodischen Laststroms wesentlich höher als die der oszillierenden Komponente des Steuersignals sein, da eine Veränderung des internen Zustands der Brennstoffzelle in Reaktion auf die zeitliche Veränderung des Laststroms weder erforderlich noch erwünscht ist.

Bei einer zweiten bevorzugten Anwendung ist der Sensor ein Temperatursensor zum Erfassen einer Temperatur im Innern des Reaktors. Ein solcher Sensor ist insbesondere geeignet, wenn die Steuervorrichtung zum Steuern eines Reformers eingesetzt werden soll.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Reaktors mit einer Steuervorrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 2 ein detaillierteres Blockdiagramm, das die Anwendung der Erfindung auf eine Brennstoffzelle als Reaktor zeigt; und

Fig. 3 ein Blockdiagramm einer Innenwiderstands-Messvorrichtung der Steuervorrichtung aus Fig. 2.

Fig. 1 zeigt ein Reaktorsystem mit einem Reaktor 1 und einer Steuervorrichtung 3 zum Steuern des Ablaufs einer chemischen Reaktion in dem Reaktor 1. Bei dem Reaktor 1 kann es sich um eine Brennstoffzelle handeln oder z.B. um einen Reformer, der einen flüssigen Kraftstoff wie etwa Methanol in ein im wesentlichen aus Wasser, Wasserstoff und Kohlendioxid bestehendes Gasgemisch umsetzt, das als Brennstoff in einer Brennstoffzelle eingesetzt werden kann. Auch die Hintereinanderschaltung beider kann als Reaktor aufgefasst werden.

Ein Regelventil 2 regelt den Zustrom des Kraftstoffs in den Reaktor. Die Durchflussrate des Kraftstoffs durch das Regelventil 2 ist durch die Steuervorrichtung 3 gesteuert. Die Steuervorrichtung 3 umfasst einen Sensor 4 zum Erfassen einer im Reaktor 1 herrschenden Temperatur. Der Sensor 4 kann z.B. ein im Innern des Reaktors 1 oder an dessen Wand angeordnetes Thermoelement sein, oder auch ein optischer Temperatursensor, der durch ein infrarotdurchlässiges Fenster des Reaktors 1 Infrarotabstrahlung einer Reaktionsoberfläche im Reaktor 1 erfasst. Der Sensor 4 liefert ein für die Temperatur im Reaktor repräsentatives Spannungssignal a an einen Tiefpass 5 und über diesen an ein Multiplikationsglied 6, wo es mit einem von einem Oszillator 7 gelieferten periodischen Signal b mit einer Frequenz f_1 multipliziert wird. Das resultierende Ausgangssignal c des Multiplikationsgliedes 6 hat einen Gleichanteil, der proportional ist zur mit dem Oszillatorsignal b phasengleichen Komponente bei der Frequenz f_1 des Ausgangssignals des Tiefpasses 5.

Der Oszillator 7 ist ferner an ein Modulationsglied 8 angeschlossen, das einem von einem Signalgeber 9 gelieferten Ausgangssignal d eine spektrale Komponente bei der Frequenz f_1 des Oszillators 7 aufprägt. Das so erhaltene modulierte Steu-

ersignal e steuert das Regelventil 2 an, so dass dessen Durchsatz mit der Frequenz f_1 moduliert ist.

Wenn zunächst der Einfachheit halber angenommen wird, dass die von dem Sensor 4 erfasste Temperatur im Reaktor 1 dem Brennstoffdurchsatz durch das Regelventil 2 verzögerungsfrei folgt, so bedeutet dies, dass die vom Sensor 4 erfasste Temperatur mit der Frequenz f_1 oszilliert, wobei die Oszillation mit der Durchflussrate gleichphasig ist, wenn vermehrter Durchfluss zu einer Temperatursteigerung führt, und gegenphasig ist, wenn er zu einer Temperaturverringerung führt. Um die erfasste Temperatur z.B. zu maximieren, genügt es also, durch ein Tiefpassfilter 10 einen im Ausgangssignal c des Multiplikationsgliedes 6 enthaltenen Gleichanteil f abzutrennen und einem Nachregeleingang des Signalgebers 9 zuzuführen, so dass dieser den Pegel des an das Modulationsglied 8 gelieferten Ausgangssignals d mit einer der Stärke dieses Gleichanteils f entsprechenden Geschwindigkeit nachregelt. Wenn ein Maximum der Temperatur erreicht ist, ist die Temperatur unabhängig von kleinen Schwankungen der Brennstoffzufuhr, wie sie durch das Steuersignal e am Regelventil 2 erzeugt werden, so dass der vom Filter 10 abgetrennte Gleichanteil f gegen 0 geht und damit auch das Ausgangssignal d des Signalgebers 9 gegen einen konstanten Wert konvergiert.

Multiplikationsglied 6 und Tiefpassfilter 10 können als ein synchroner Demodulator oder Lock-in-Verstärker aufgefasst werden.

Selbstverständlich könnte anstelle des Temperatursensors 4 auch ein Sensor für eine beliebige andere für die Effektivität des im Reaktor 1 ablaufenden Prozesses repräsentative Größe verwendet werden. Denkbar ist selbstverständlich auch, die für die Effektivität repräsentative Größe nicht direkt zu messen, sondern aus einer Mehrzahl von durch Sensoren am Reaktor erfassten Größen zu berechnen.

Anstelle des Regelventils 2 kann zum Dosieren des Kraftstoffstroms auch eine Pumpe eingesetzt werden, deren Durchsatz durch das Steuersignal e gesteuert wird. Dies ist insbesondere zweckmäßig, wenn der Kraftstoff kein unter Überdruck stehendes Gas, sondern bei Atmosphärendruck gelagerte Flüssigkeit ist.

Die Annahme, dass die Änderung der von dem Sensor 4 zu erfassenden Größe verzögerungsfrei einer Änderung der Durchflussrate folgt, ist selbstverständlich eine Idealisierung, die in der Praxis nicht exakt erfüllbar ist. Indem jedoch die Frequenz f_1 klein genug gewählt wird, kann stets sichergestellt werden, dass eine auf eine verzögerte Reaktion des Reaktors 1 auf die Durchsatzänderung zurückgehende Phasenverschiebung zwischen Durchsatz und der vom Sensor 4 gemessenen Größe die Steuerung nicht stört. Insbesondere muss die Phasenverzögerung deutlich kleiner als $\pi/2$ sein, um auszuschließen, dass die Steuervorrichtung 3 resonante Schwankungen der Betriebsparameter des Reaktors 1 anregt.

Selbstverständlich ist die erfindungsgemäße Steuervorrichtung nicht auf die Steuervorrichtung einer einzelnen Durchflussrate beschränkt. Bei einem Reaktor, in dem mehrere Medienströme zu steuern sind, kann die Steuervorrichtung 3 abwechselnd mit Regelventilen für jeden zu optimierenden Medienstrom verbunden werden, um so den Prozess iterativ zu optimieren. Denkbar ist auch, jedem von mehreren Regelventilen jeweils eine Steuervorrichtung 3 zuzuordnen, wobei jede dieser Steuervorrichtungen eine andere Frequenz f_1 verwendet.

Fig. 2 zeigt die Anwendung der Erfindung auf die Steuerung des Innenwiderstandes einer Brennstoffzelle. Um eine hohe Leistung aus einer Brennstoffzelle ziehen zu können, ist es wünschenswert, deren Innenwiderstand so niedrig wie möglich zu machen. D.h. wenn die verfügbare elektrische Leistung als Effektivität definiert wird, so muss Ziel einer Prozessoptimierung sein, diesen Innenwiderstand möglichst klein zu ma-

chen. Der Innenwiderstand einer Brennstoffzelle ist unter anderem abhängig von dem Zustrom an Brennstoff bzw. an Oxidationsmittel sowie gegebenenfalls von Wasser oder Wasserdampf, die zum Feuchthalten der Membran dienen, an welcher die Umsetzung von Brennstoff und Oxidationsmittel stattfindet.

In Fig. 2, die einen Stapel von Brennstoffzellen 11 zeigt, ist an dem Stapel nur ein Regelventil 2 für ein zuströmendes Medium, z.B. Sauerstoff, gezeigt; es versteht sich jedoch, dass entsprechende Regelventile auch für andere Betriebsmittel der Brennstoffzellen des Stapels vorgesehen sein können. Jedem einzelnen Regelventil 2 kann eine eigene Steuervorrichtung 3 zugeordnet sein, oder eine oder mehrere Regelvorrichtungen 3 werden im Wechsel an verschiedenen Regelventilen 2 betrieben. Fig. 2 zeigt nur eine solche Steuervorrichtung 3.

Der Sensor 4 ist hier ein Sensor zum Erfassen des Innenwiderstandes einer der Brennstoffzellen 11; er ist mit zwei elektrischen Anschlussklemmen der Brennstoffzelle verbunden, um einerseits die daran anliegende Spannung abzugreifen und andererseits einen mit einer Frequenz f_2 modulierten Strom aufzuprägen, wobei die Frequenz f_2 wesentlich größer als f_1 ist. Die Arbeitsweise des Sensors 4 wird später mit Bezug auf Fig. 3 beschrieben. Die Verarbeitung des vom Sensor 4 gelieferten Innenwiderstandes unterscheidet sich nicht wesentlich von der mit Bezug auf Fig. 1 beschriebenen. Das vom Sensor 4 gelieferte Messsignal a durchläuft ein Tiefpassfilter 5 und ein Multiplikationsglied 6, wo es mit dem Ausgangssignal b eines Oszillators 7 multipliziert wird. Vom erhaltenen Produkt c wird anschließend mit einem Tiefpassfilter 10 ein Gleichanteil f abgefiltert, der für die Stärke einer Komponente mit der Frequenz f_1 im Ausgangssignal des Sensors 4 repräsentativ ist. Dieses Gleichanteilsignal f wird in einer Logikschaltung 13 in Abhängigkeit von diversen externen Faktoren einer Korrektur bzw. Plausibilitätskontrolle unterzogen. So kann die Logikschaltung 13 insbesondere dazu dienen, das Ausgangssignal f des Tiefpassfilters 10 für eine festgelegte Zeit-

spanne auf 0 zu setzen und so die Nachregelung durch den Signalgeber 9 zu unterbrechen, wenn eine abrupte Änderung der von einer Last aus der Brennstoffzelle 11 gezogenen Leistung beobachtet worden ist, die sonst zu einer Verfälschung des Messsignals und damit zu einer fehlerhaften Steuerung führen würde. Signalgeber 9 und Modulationsglied 8 arbeiten wie oben mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Steuervorrichtung ist das Modulationsglied 8 eine PWM-Schaltung, die als Steuersignal e ein Rechtecksignal mit einer Frequenz $f_3 \gg f_1$ liefert, wobei das Tastverhältnis dieses Signals e durch eine additive Überlagerung des Ausgangssignals b des Oszillators 7 und des Ausgangssignals d des Signalgebers 9 gegeben ist. Eine solche PWM-Schaltung erlaubt es, als Regelventil 2 ein einfaches Schaltventil zu verwenden, das mit der Frequenz f_3 zwischen einem offenen und einem geschlossenen Zustand umschaltet, wobei der Anteil der Zeit, in der das Ventil 2 offen steht, an einer Periode des Steuersignals e dem Tastverhältnis des Steuersignals e entspricht. Dies ermöglicht auf einfache Weise eine Regelung des Durchsatzes durch das Ventil 2, bei der der Durchsatz im Mittel exakt proportional zum Ausgangssignal des Signalgebers 9 ist.

Fig. 3 zeigt ein detailliertes Blockschaltbild des Innenwiderstandssensors 4 aus Fig. 2. Ein Oszillator 20 liefert ein mit der Frequenz f_2 oszillierendes Ausgangssignal g an eine steuerbare Last 21 sowie an ein Multiplikationsglied 22, das funktionsmäßig dem Multiplikationsglied 6 aus Fig. 1 bzw. 2 entspricht. Die Form des Ausgangssignals g des Oszillators 20 ist weitgehend beliebig, es kann sich z.B. um ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 % oder ein Sinussignal handeln. Ein Sinussignal ist bevorzugt, da es keine Oberschwingungen enthält, die Störungen verursachen könnten, wenn sie sich durch die Last 21 hindurch auf die Messleitungen fortpflanzen.

Das Umschalten der Last 21 zwischen dem durchlässigen und dem undurchlässigen Zustand mit der Frequenz f_2 bewirkt eine Fluktuation der Spannung an den Anschlussklemmen der Brennstoffzelle 11, die über ein Hochpassfilter zum Abtrennen des Gleichanteils oder einen auf die Frequenz f_2 zentrierten Bandpass 24 einem Verstärker 25 zugeführt wird. Das Ausgangssignal des Verstärkers 25 könnte direkt dem Multiplikationsglied 22 zugeführt werden, um dort mit der Grundschiwingung des Oszillators 20 multipliziert zu werden. Bei der in Fig. 3 gezeigten bevorzugten Ausgestaltung jedoch ist ein Analog-Digital-Wandler 26 zwischen dem Verstärker 25 und dem hier digitalen Multiplikationsglied 22 angeordnet, und der Analog-Digital-Wandler 26, das Multiplikationsglied 22 und der ebenfalls digitale Tiefpass 23 sowie einige weitere Komponenten sind gemeinsam in einem digitalen Mikrocontroller 27 realisiert. Diese weiteren Komponenten umfassen einen Tiefpass 28, eine Logikschaltung 29, einen Signalgeber 30 und ein PWM-Modulationsglied 31, die in ihrer Arbeitsweise den Komponenten 12, 13, 9, 8 aus Fig. 2 entsprechen und daher hier nicht erneut im Detail erläutert werden müssen. Wie man sieht, beruht die Arbeitsweise des Innenwiderstandssensor 4 auf dem Lock-In-Prinzip, genauso wie die der Steuerschaltung 3 in Fig. 2, die den Sensor 4 enthält. Lediglich die Lock-in-Frequenzen f_1 , f_2 , bei denen die Steuerschaltung 3 und der Sensor 4 arbeiten, sind unterschiedlich.

Bei einer Abwandlung könnte die schaltbare Last 21 auch durch eine schaltbare Stromquelle ersetzt werden.

Patentansprüche

- 5 1. Steuervorrichtung für einen Reaktor (1), mit wenigstens
einem Sensor (4) zum Erfassen einer für die Effektivität
des Reaktors repräsentativen Größe und zum Liefern eines
der erfassten Größe entsprechenden Messsignals, einer mit
dem Sensor verbundenen Steuereinheit (3) zum Ableiten we-
10 nigstens eines Steuersignals (e) von dem vom Sensor (4)
gelieferten Messsignal (a) und wenigstens einem Aktor (2)
zum Beeinflussen eines Prozessparameters des Reaktors (1)
anhand des Steuersignals (e),
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 dass die Steuereinheit (3) das Steuersignal (e) mit einem
von der erfassten Größe abhängigen Gleichanteil und einer
mit einer ersten Frequenz (f_1) oszillierenden Komponente
erzeugt und eingerichtet ist, den Gleichanteil anhand ei-
nes Verhältnisses zwischen der oszillierenden Komponente
20 des Steuersignals (e) und einer mit der ersten Frequenz
oszillierenden Komponente des Messsignals (a) festzulegen.
2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
25 dass der Aktor ein Ventil zum Steuern des Durchsatzes ei-
nes Mediums durch den Reaktor (1) ist.
3. Steuervorrichtung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
30 dass der Aktor eine Pumpe zum Steuern des Durchsatzes ei-
nes Mediums durch den Reaktor (1) ist.

4. Steuervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
5 dass das Steuersignal (e) ein moduliertes Signal, insbesondere ein pulsbreiten- oder frequenzmoduliertes Signal, ist.
- 10 5. Steuervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Sensor (4) mit der Steuereinheit über einen auf
die erste oszillierende Komponente synchronisierten Lock-
in-Verstärker (6, 10) verbunden ist.
- 15 6. Steuervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erste Frequenz (f_1) so niedrig ist, dass eine
Phasendifferenz zwischen der oszillierenden Komponente
20 des Steuersignals (e) und einer aus der Oszillation resultierenden Veränderung der von dem Sensor erfassten Größe (a) deutlich kleiner als eine Viertelperiode der oszillierenden Komponente ist.
- 25 7. Steuervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Sensor (4) einen elektrischen Innenwiderstand
30 zwischen zwei Anschlussklemmen des Reaktors (1) erfasst.
8. Steuervorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass sie Mittel (21, 20) zum Aufprägen eines mit einer
35 zweiten Frequenz (f_2) periodischen Laststroms an den Anschlussklemmen aufweist.

9. Steuervorrichtung nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die
zweite Frequenz (f_2) wesentlich höher als die erste Fre-
quenz (f_1) ist.
5
10. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Sensor (4) ein Temperatursensor zum Erfassen ei-
10 ner Temperatur im Innern des Reaktors ist.
11. Reaktorsystem mit einer Steuervorrichtung nach einem der
vorhergehenden Ansprüche und einem Reaktor (1),
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 dass der Reaktor (1) eine Brennstoffzelle oder ein Refor-
mer ist.
12. Reaktorsystem nach Anspruch 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
20 dass die Steuervorrichtung den Durchsatz wenigstens eines
Mediums durch den Reaktor steuert.
13. Reaktorsystem nach Anspruch 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
25 dass ein Ventil (2) in einer Zufuhrleitung des Reaktors
(1) angeordnet ist.
14. Reaktorsystem nach Anspruch 13,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
30 dass die Zufuhrleitung eine Zufuhrleitung für einen
Brennstoff, für ein Oxidationsmittel oder für Wasser ist.
15. Verfahren zum Steuern eines Reaktors, mit den Schritten
- Steuern des Durchsatzes eines Mediums durch den Reak-
35 tor anhand eines Steuersignals (e), das einen Gleichan-
teil und eine mit einer ersten Frequenz oszillierende
Komponente aufweist;

- Isolieren einer Komponente mit der ersten Frequenz (f_1) in einem Messsignal einer für die Leistungsfähigkeit des Reaktors repräsentativen Größe;
 - Festlegen des Gleichanteils des Steuersignals anhand eines Verhältnisses zwischen der ersten oszillierenden Komponente des Steuersignals und einer mit der ersten Frequenz oszillierenden Komponente des Messsignals.
16. Verfahren nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mit der ersten Frequenz (f_1) oszillierende Komponente des Messsignals mit einem Lock-in-Verfahren isoliert wird.
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erste Frequenz (f_1) so gewählt wird, dass eine Phasendifferenz zwischen der oszillierenden Komponente des Steuersignals und einer aus der Oszillation resultierenden Veränderung der von dem Sensor erfassten Größe deutlich kleiner als eine Viertelperiode der oszillierenden Komponente wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erfasste Größe ein elektrischer Innenwiderstand zwischen zwei Anschlussklemmen des Reaktors (1) ist.
19. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Wechselstrom mit einer zweiten Frequenz auf die Anschlussklemmen aufgeprägt wird und der Innenwiderstand des Reaktors (1) aus einer mit der zweiten Frequenz oszillierenden Komponente des Messsignals (a) abgeleitet wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass es an einer Brennstoffzelle (1) angewendet wird.

Fig. 1

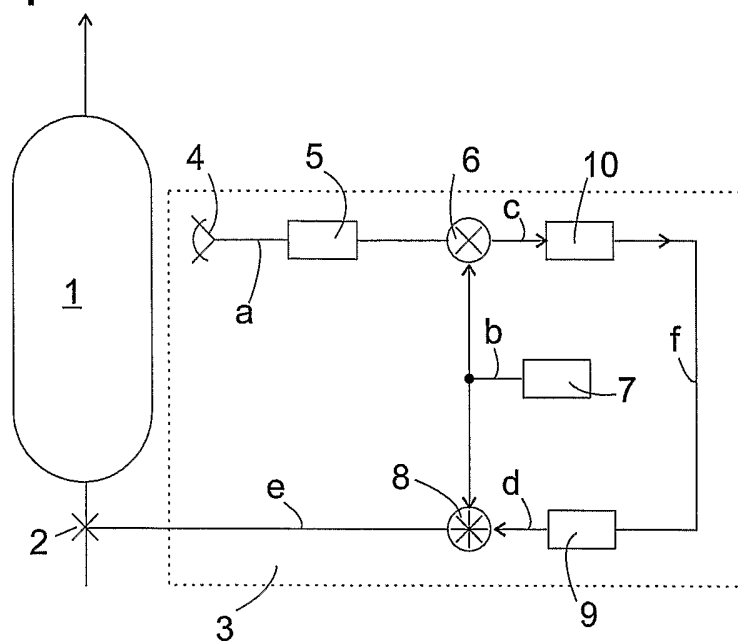


Fig. 2

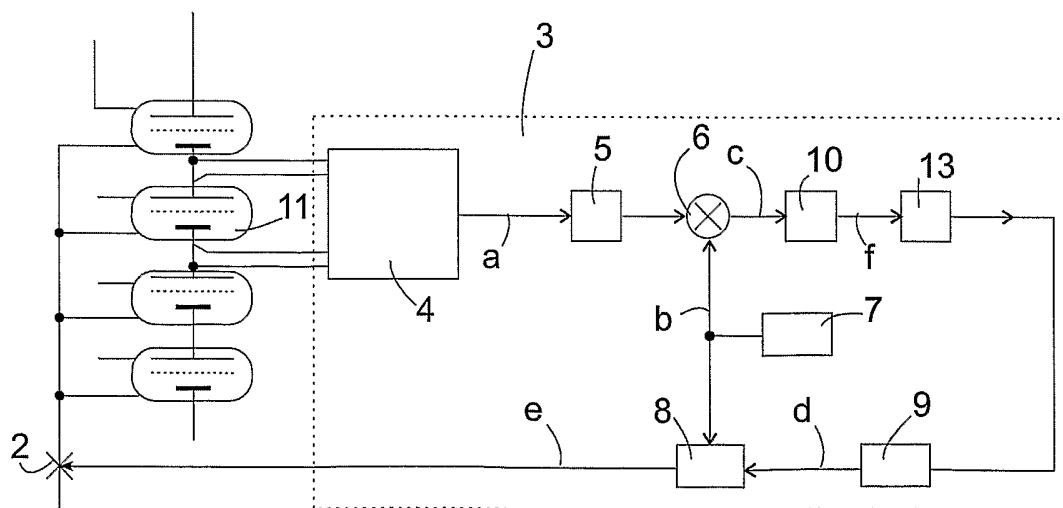
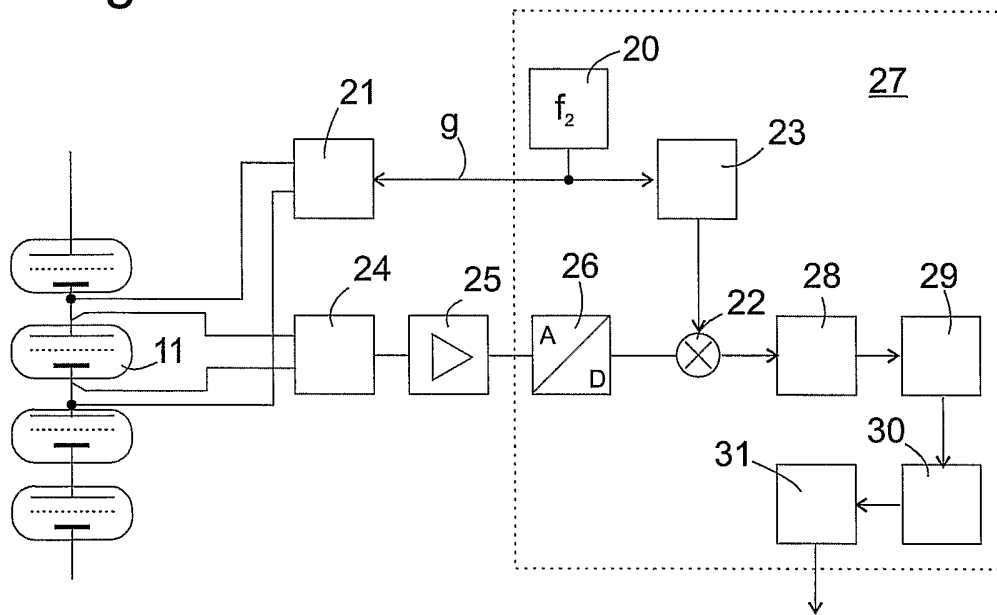


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02538

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G05B5/01

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G05B G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 692 835 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 17 January 1996 (1996-01-17) page 5, line 22 -page 6, line 15 ----	1,15
A	US 4 203 395 A (CROMAS JOSEPH C ET AL) 20 May 1980 (1980-05-20) column 2, line 54 -column 3, line 40 ----	1,15
A	US 4 960 365 A (HORIUCHI HITOSHI) 2 October 1990 (1990-10-02) column 5, line 20 -column 9, line 6 ----	1,15
A	US 4 813 339 A (HONMA KAZUO ET AL) 21 March 1989 (1989-03-21) column 2, line 20 -column 3, line 30 ----- -/--	1,15



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 December 2003

Date of mailing of the international search report

22/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kelperis, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02538

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 100 24 997 A (FEV MOTORENTECH GMBH) 29 November 2001 (2001-11-29) column 2, line 8 -column 3, line 40 -----	1,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/02538

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0692835	A	17-01-1996	JP 8031442 A	02-02-1996
			DE 69520082 D1	22-03-2001
			DE 69520082 T2	19-07-2001
			EP 0692835 A2	17-01-1996
			US 5677073 A	14-10-1997
US 4203395	A	20-05-1980	CA 1103784 A1	23-06-1981
			DE 2839669 A1	22-03-1979
			ES 473405 A1	01-05-1979
			FR 2403459 A1	13-04-1979
			GB 2004670 A , B	04-04-1979
			IT 1099081 B	18-09-1985
			JP 54053716 A	27-04-1979
US 4960365	A	02-10-1990	JP 2256981 A	17-10-1990
			JP 2658432 B2	30-09-1997
			DE 3939857 A1	12-07-1990
US 4813339	A	21-03-1989	JP 1842628 C	12-05-1994
			JP 5046442 B	14-07-1993
			JP 61116107 A	03-06-1986
			DE 3581589 D1	07-03-1991
			EP 0180999 A2	14-05-1986
DE 10024997	A	29-11-2001	DE 10024997 A1	29-11-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02538

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G05B5/01

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G05B G05D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 692 835 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 17. Januar 1996 (1996-01-17) Seite 5, Zeile 22 -Seite 6, Zeile 15 ---	1,15
A	US 4 203 395 A (CROMAS JOSEPH C ET AL) 20. Mai 1980 (1980-05-20) Spalte 2, Zeile 54 -Spalte 3, Zeile 40 ---	1,15
A	US 4 960 365 A (HORIUCHI HITOSHI) 2. Oktober 1990 (1990-10-02) Spalte 5, Zeile 20 -Spalte 9, Zeile 6 ---	1,15
A	US 4 813 339 A (HONMA KAZUO ET AL) 21. März 1989 (1989-03-21) Spalte 2, Zeile 20 -Spalte 3, Zeile 30 --- -/--	1,15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Dezember 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/12/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kelperis, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02538

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 100 24 997 A (FEV MOTORENTECH GMBH) 29. November 2001 (2001-11-29) Spalte 2, Zeile 8 -Spalte 3, Zeile 40 -----	1,15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, r selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02538

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0692835 A	17-01-1996	JP 8031442 A	02-02-1996
		DE 69520082 D1	22-03-2001
		DE 69520082 T2	19-07-2001
		EP 0692835 A2	17-01-1996
		US 5677073 A	14-10-1997
US 4203395 A	20-05-1980	CA 1103784 A1	23-06-1981
		DE 2839669 A1	22-03-1979
		ES 473405 A1	01-05-1979
		FR 2403459 A1	13-04-1979
		GB 2004670 A ,B	04-04-1979
		IT 1099081 B	18-09-1985
		JP 54053716 A	27-04-1979
US 4960365 A	02-10-1990	JP 2256981 A	17-10-1990
		JP 2658432 B2	30-09-1997
		DE 3939857 A1	12-07-1990
US 4813339 A	21-03-1989	JP 1842628 C	12-05-1994
		JP 5046442 B	14-07-1993
		JP 61116107 A	03-06-1986
		DE 3581589 D1	07-03-1991
		EP 0180999 A2	14-05-1986
DE 10024997 A	29-11-2001	DE 10024997 A1	29-11-2001