

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. Juni 2009 (18.06.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/074396 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B25J 9/16 (2006.01) **H02P 3/22** (2006.01)
B25J 19/06 (2006.01)

86316 Friedberg (DE). **MARX, Sönke** [DE/DE]; Salzmannstrasse 11, 86163 Augsburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/064625

(74) **Anwalt: HASSA, Oliver**; Friedrichstrasse 31, 80801 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

29. Oktober 2008 (29.10.2008)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2007 059 492.7

11. Dezember 2007 (11.12.2007) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **KUKA Roboter GmbH** [DE/DE]; Zugspitzstrasse 140, 86165 Augsburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **HOFMANN, Josef** [DE/DE]; Am Mühlbuck 14, 86709 Wolferstadt (DE).
SCHWARZ, Richard [DE/DE]; Lilienstrasse 41,

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** INDUSTRIAL ROBOT HAVING REDUNDANT EMERGENCY BRAKE CIRCUIT

(54) **Bezeichnung:** INDUSTRIEROBOTER MIT EINER REDUNDANTEN NOTBREMSSCHALTUNG

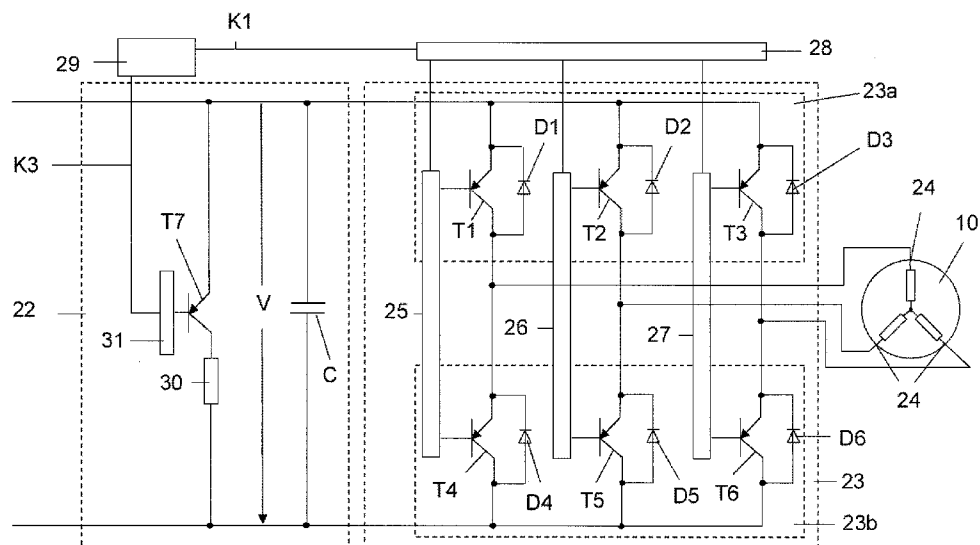


FIG. 3

(57) **Abstract:** The invention relates to an industrial robot having a robotic arm. The robotic arm has several axes (A1-A6) and at least one electric drive, which comprises an electric motor (7-12) and power electronics (16) actuating the electric motor (7-12) and is equipped to move the relevant axis (A1- A6). The industrial robot (1) is equipped to short-circuit the electric motor (7-12) in the event of emergency braking simultaneously by means of two independent electric current paths.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/074396 A1



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Industrieroboter mit einem Roboterarm. Der Roboterarm weist mehrere Achsen (A1-A6) und wenigstens einen elektrischen Antrieb auf, der einen elektrischen Motor (7-12) und eine den elektrischen Motor (7-12) ansteuernde Leistungselektronik (16) aufweist und eingerichtet ist, die relevante Achse (A1- A6) zu bewegen. Der Industrieroboter (1) ist eingerichtet, den elektrischen Motor (7-12) im Rahmen einer Notbremsung gleichzeitig mittels zweier voneinander unabhängiger elektrischer Strompfade kurz zu schließen.

Industrieroboter

INDUSTRIEROBOTER MIT EINER REDUNDANTEN NOTBREMSSCHALTUNG

5 Industrieroboter sind Handhabungsmaschinen, die zur selbst-
tätigen Handhabung von Objekten mit zweckdienlichen Werkzeugen
ausgerüstet und in mehreren Bewegungsachsen insbesondere
hinsichtlich Orientierung, Position und Arbeitsablauf pro-
grammierbar sind. Industrieroboter weisen im Wesentlichen
10 einen Roboterarm mit mehreren Achsen und Hebeln auf, die von
Antrieben bewegt werden. Die Antriebe sind z.B. elektrische
Antriebe.

In einer Notsituation, z.B. wenn eine Person eine den In-
15 dustrieroboter umgebende Schutzvorrichtung betritt, ist es
notwendig, die Bewegung des Industrieroboters zuverlässig zu
stoppen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen
20 Industrieroboter mit wenigstens einem elektrischen Antrieb
anzugeben, der eingerichtet ist, den elektrischen Motor des
elektrischen Antriebs möglichst sicher und zuverlässig im
Rahmen einer Notbremsung zu stoppen.

25 Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch einen Industrie-
roboter, aufweisend einen Roboterarm, der mehrere Achsen und
wenigstens einen elektrischen Antrieb aufweist, der einen
elektrischen Motor und eine den elektrischen Motor ansteu-
ernde Leistungselektronik aufweist und eingerichtet ist, die
30 relevante Achse zu bewegen, wobei der Industrieroboter ein-
gerichtet ist, den elektrischen Motor im Rahmen einer Not-
bremsung gleichzeitig mittels zweier voneinander unabhängiger
elektrischer Strompfade kurz zu schließen.

Der erfindungsgemäße Industrieroboter weist den Roboterarm auf, der wiederum mehrere Achsen umfasst, die jeweils von einem Antrieb bewegt werden können. Wenigstens einer dieser Antriebe ist ein elektrischer Antrieb. Elektrische Antriebe weisen in allgemein bekannter Weise einen elektrischen Motor und eine den elektrischen Motor ansteuernde Leistungselektronik auf. Für die Bewegung des Motors wird die Leistungselektronik z.B. von einer Steuervorrichtung des erfindungsgemäßen Industrieroboters gesteuert oder geregelt.

Der elektrische Motor des wenigstens einen elektrischen Antriebs ist nach einer Variante des erfindungsgemäßen Industrieroboters ein Drehstrommotor, beispielsweise ein Dreiphasen-Synchronmotor oder Asynchronmotor, und die relevante Leistungselektronik weist einen den Drehstrommotor antreibenden Dreiphasen-Wechselrichter und einen, einen Zwischenkreis-Kondensator aufweisenden und dem Dreiphasen-Wechselrichter vorgeschalteten Zwischenkreis auf. Der Wechselrichter ist z.B. ein Frequenzumrichter, der in allgemein bekannter Weise, z.B. mittels Puls-Weiten-Modulation, aus einer Gleichspannung des Zwischenkreises eine dreiphasige Wechselspannung mit einstellbarer Frequenz ihrer Grundschwingung erzeugt.

Ein solcher Dreiphasen-Wechselrichter weist z.B. eine erste Halbbrücke und eine zweite Halbbrücke auf, die jeweils von einer Steuerungsvorrichtung des Industrierobotersteuerung gesteuerte Halbleiterschalter umfassen. Die Halbleiterschalter sind z.B. Leistungstransistoren, beispielsweise IGBTs, deren Emitter-Kollektor Pfade mittels geeigneter Ansteuerung ihrer Gates sperren oder durchlässig sind. Durch geeignetes Ansteuern der Gates der Leistungstransistoren werden somit Halbleiterschalter realisiert. Jede der Halbbrücken kann je einen Halbleiterschalter pro Phase des Drehstrommotors, also jeweils insgesamt drei Halbleiterschalter aufweisen. Die

einzelnen Halbleiterschalter weisen in der Regel noch parallel zu diesen geschaltete Freilaufdioden auf. Durch Hin- und Herschalten der Halbleiterschalter kann jede der Motorklemmen des elektrischen Motors wahlweise an der positiven oder an der negativen Gleichspannung des Zwischenkreises angelegt werden. Durch geeignetes Ansteuern der Halbleiterschalter kann somit die Frequenz der Grundschiwingung der an dem Motor anliegenden dreiphasigen Spannung in allgemein bekannter Weise gesteuert bzw. geregelt werden. Dank der Freilaufdioden können die elektrischen Ströme in den Zuleitungen zum Motor in beliebige Richtungen fließen.

Die Gleichspannung kann z.B. mittels eines Gleichrichters aus der Netz-Wechselspannung erzeugt werden, die der Zwischenkreiskondensator glättet. Handelt es sich bei der Netzspannung um eine dreiphasige Netzspannung, dann handelt es sich bei dem Gleichrichter beispielsweise um einen Drehstrom-Brückengleichrichter.

In einer Notsituation, beispielsweise wenn sich eine Person dem Industrieroboter gefährlich nähert, müssen die Antriebe, also auch der wenigstens eine elektrische Antrieb bzw. dessen elektrischer Motor, zuverlässig zum Stillstand gebracht werden. Dies ist bei elektrischen Motoren möglich, indem diese kurzgeschlossen werden, so dass der Motor aufgrund des dadurch fließenden elektrischen Stroms gebremst wird. Bei einem Drehstrommotor ist das dadurch resultierende Bremsmoment bei einem Kurzschließen seiner drei Phasen am größten, der Motor bremst jedoch auch noch, wenn nur zwei (oder gar nur eine der drei Phasen gegen Erde) kurz geschlossen werden.

Um nun sicher zu stellen, dass der elektrische Motor in der Notsituation sicher und zuverlässig bremst, also sicher und zuverlässig kurz geschlossen wird, ist der erfindungsgemäße

Industrieroboter eingerichtet, den elektrischen Motor im Rahmen der Notbremsung gleichzeitig mittels zweier voneinander unabhängiger elektrischer Strompfade kurz zu schließen. Fällt einer der beiden Strompfade teilweise oder komplett aus, dann wird der elektrische Motor immer noch zuverlässig über den anderen Strompfad kurz geschlossen. Somit wird der elektrische Motor des erfindungsgemäßen Industrieroboters zuverlässig mittels zweier von einander unabhängiger Kurzschluss-Bremsmethoden in der Notsituation gebremst.

10

Handelt es sich bei dem elektrischen Motor um den Drehstrommotor und weist die Leistungselektronik die beiden Halbbrücken auf, dann ist nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Industrieroboters dieser derart eingerichtet, dass er für die Notbremsung die Halbleiterschalter der ersten Halbbrücke sperrt und die Halbleiterschalter der zweiten Halbbrücke schließt, so dass einer der beiden elektrischen Strompfade für die Notbremsung durch die Halbleiterschalter der zweiten Halbbrücke verläuft. Diese Art der Notbremsung kann in relativ einfacher Weise ausgeführt werden.

20

Der erfindungsgemäße Industrieroboter kann zusätzlich eingerichtet sein, für die Notbremsung die Halbleiterschalter der ersten Halbbrücke über einen ersten Kanal zu sperren und die Halbleiterschalter der zweiten Halbbrücke zu schließen, und über einen vom ersten Kanal unterschiedlichen zweiten Kanal eine externe elektrische Spannung für den Zwischenkreis abzuschalten. Die externe elektrische Spannung ist z.B. die Netzspannung des Gleichrichters, d.h. der Gleichrichter wird durch Abschalten der Netzspannung vom Netz getrennt. Die externe elektrische Spannung kann aber z.B. auch abgeschaltet werden, indem der Gleichrichter vom Zwischenkreis getrennt wird.

30

Nach einer Variante des erfindungsgemäßen Industrieroboters weist der Zwischenkreis einen ersten Bremswiderstand und einen ersten Schalter auf, wobei der erfindungsgemäße Industrieroboter derart eingerichtet ist, während der Notbremsung den ersten Schalter zu schließen, um den Bremswiderstand parallel zum Zwischenkreiskondensator zu schalten, so dass einer der beiden elektrischen Strompfade für die Notbremsung durch den ersten Bremswiderstand verläuft. Der erste Schalter weist z.B. einen ersten Halbleiterschalter und/oder einen von einem ersten Relais gesteuerten ersten mechanischen Schalter auf. Im normalen Betrieb des Industrieroboters ist der erste Schalter geöffnet und nur für die Kurzschlussbremsung schließt der Industrieroboter den ersten Schalter. Dadurch wird der Zwischenkreiskondensator und somit der elektrische Motor über die Freilaufdioden kurz geschlossen. Der erste Bremswiderstand kann aber auch im normalen Betrieb kurzzeitig zugeschaltet werden, wenn z.B. die elektrische Spannung des Zwischenkreiskondensators eine maximal zulässige elektrische Spannung überschreitet.

Wird z.B. der elektrische Motor im Rahmen der Notbremsung sowohl über den Bremswiderstand des Zwischenkreises als auch über den Wechselrichter kurz geschlossen, so wird der elektrische Strom des Motors im Wesentlichen über die geschlossenen Halbleiterschalter der zweiten Halbbrücke fließen. Ist z.B. einer oder sind mehrere der Halbleiterschalter defekt oder funktioniert die Ansteuerung der Halbleiterschalter nicht zufriedenstellend, dann kann der elektrische Strom über den Bremswiderstand des Zwischenkreises fließen, wodurch eine zuverlässige Notbremsung sicher gestellt ist.

Der erfindungsgemäße Industrieroboter kann nach einer Variante einen zweiten Schalter aufweisen, wobei der erfindungsgemäße Industrieroboter derart eingerichtet ist, während der Notbremsung den zweiten Schalter zu schließen, um den Motor

direkt kurz zu schließen. Der erfindungsgemäße Industrieroboter kann aber auch einen zweiten Bremswiderstand aufweisen, wobei der erfindungsgemäße Industrieroboter derart eingerichtet ist, während der Notbremsung den zweiten Schalter zu schließen, um den Motor direkt über den zweiten Bremswiderstand kurz zu schließen, so dass einer der beiden elektrischen Strompfade für die Notbremsung durch den zweiten Bremswiderstand verläuft. Der zweite Schalter weist beispielsweise einen zweiten Halbleiterschalter und/oder einen von einem zweiten Relais gesteuerten zweiten mechanischen Schalter auf. Gemäß dieser Variante werden also für die Notbremsung die Motorwicklungen direkt, z.B. in der Zuleitung von der Leistungselektronik zum Motor, über den zweiten Bremswiderstand kurz geschlossen.

Die Ansteuerpfade und/oder Strompfade können auch überprüft und/oder getestet werden.

Beispielsweise können die Ansteuersignale zum Aktivieren der elektrischen Strompfade einer Logik zurückgeführt und mit Soll-Werten verglichen werden.

Im normalen Betrieb können die potenziellen Strompfade überprüft werden, da nur im funktionsfähigen Fall ein fehlerfreier motorischer Betrieb möglich ist.

Wird der Motor z.B. mittels des zweiten Widerstands gebremst, kann z.B. das Relais des zweiten Schalters einen Hilfskontakt aufweisen, aufgrund dessen beispielsweise bei einem Aktivieren des Relais ein Signal erzeugt wird. Durch ein Auswerten dieses Signals kann dann auf ein zuverlässiges Schließen des zweiten mechanischen Schalters geschlossen werden. Alternativ oder zusätzlich kann auch das bremsende Moment des abbremsenden Motors beispielsweise aufgrund des Motorstroms berechnet oder gemessen werden.

Das Funktionieren des Wechselrichters kann überprüft werden, indem bei noch drehendem Motor der elektrische Strom des Motors ermittelt und ausgewertet wird. Bei korrekt arbeitendem Wechselrichter darf zusätzlich kein elektrischer Strom durch die Freilaufdioden der ersten Halbbrücke fließen. Dies kann z.B. dadurch überprüft werden, indem bei abgeschalteter Spannung für den Zwischenkreis die Entladung des Zwischenkreiskondensators über den ersten Bremswiderstand ermittelt und ausgewertet wird. Entspricht die Entladung der Selbstentladungskurve, die sich aufgrund des ohmschen Widerstandes des ersten Bremswiderstandes und der Kapazität des Zwischenkreiskondensators ergibt, dann fließt kein elektrischer Strom über die Freilaufdioden der ersten Halbbrücke.

Es kann auch bei noch drehendem Motor das bremsende Moment des Motors gemessen oder berechnet werden.

Der Zwischenkreis kann auch bei stehendem Motor überprüft werden, beispielsweise durch Messung und Auswertung der elektrischen Spannung des Zwischenkreiskondensators. Nach Zuschalten des ersten Bremswiderstandes muss die elektrische Spannung in Abhängigkeit von der Kapazität des Zwischenkreiskondensators und des ohmschen Widerstands des ersten Bremswiderstandes und der eventuell vom drehenden Motor rückgespeisten Energie abfallen. Es kann auch der elektrische Strom durch den ersten Bremswiderstand ermittelt und ausgewertet werden oder bei noch drehendem Motor das bremsende Moment des Motors ermittelt und analysiert werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind exemplarisch in den beigefügten schematischen Zeichnungen dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 einen Industrieroboter,

- Fig. 2 einen elektrischen Antrieb des Industrieroboters in blockschaltbildartiger Darstellung,
- 5 Fig. 3 eine Detaildarstellung eines Teils des elektrischen Antriebs,
- Figs. 4 und 5 Betriebszustände veranschaulichende Darstellungen der Teildarstellung des elektrischen Antriebs,
- 10
- Fig. 6 einen Zwischenkreis einer Leistungselektronik und
- 15 Fig. 7 eine zum Bremsen eines Motors geeignete Schaltung.

Die Fig. 1 zeigt einen Industrieroboters 1 mit einer Kinematik für Bewegungen in sechs Freiheitsgraden. Der Industrieroboter 1 weist in allgemein bekannter Weise Gelenke 2 bis 5, Hebel 6, sechs Bewegungsachsen A1 bis A6 und einen Flansch 13 auf.

20

Jede der Achsen A1-A6 wird von einem Antrieb bewegt, die im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels elektrische Antriebe sind und jeweils einen elektrischen Motor 7-12 aufweisen. Dabei bewegt der Motor 7 die Achse A1, der Motor 8 die Achse A2, der Motor 9 die Achse A3 und die Motoren 10-12 die Achsen A4-A6 über in der Fig. 1 nicht näher, dem Fachmann jedoch allgemein bekannte Getriebe.

25

30

Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels handelt es sich bei den elektrischen Motoren 7-12 um Drehstrommotoren, insbesondere um Synchronmotoren. Die Motoren 7-12 werden jeweils von Leistungselektroniken 16 angesteuert, die im Falle

35

des vorliegenden Ausführungsbeispiels in einer Steuerungsvorrichtung 14 angeordnet sind. Die Leistungselektroniken 16 sind jeweils mit ihren elektrischen Motoren 7-12 in nicht dargestellter Weise elektrisch verbunden. Eine der Leistungselektroniken 16 ist beispielhaft für den Motor 10 in der Fig. 2 blockschaltbildartig gezeigt.

Die elektrischen Antriebe bzw. die Leistungselektroniken 16 der elektrischen Motoren 7-12 sind mit einem Steuerrechner 15 verbunden, auf dem ein geeignetes und dem Fachmann im Grundsatz bekanntes Rechenprogramm läuft, das die Leistungselektroniken 16 in geeigneter und allgemein bekannter Weise ansteuert, damit sich der Industrieroboters 1 wie gewollt bewegt. Der Steuerrechner 15 ist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels mit den Leistungselektroniken 16 im Gehäuse der Steuerungsvorrichtung 14 angeordnet.

Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels umfasst jede der Leistungselektroniken 16 für die elektrischen Motoren 7-12 einen Gleichrichter 21, einen Zwischenkreis 22 und einen Wechselrichter 23. Die Fig. 3 zeigt den Zwischenkreis 22 und den Wechselrichter 23 in einer genaueren Darstellung.

Der Zwischenkreis 22 weist einen Kondensator C auf und der Gleichrichter 21 erzeugt aus der Dreiphasen-Netzspannung in allgemein bekannter Weise eine durch den Kondensator C des Zwischenkreises 22 geglättete Gleichspannung V. Die geglättete Gleichspannung V ist die Eingangsspannung des Wechselrichters 23, der aus der Gleichspannung V in allgemein bekannter Weise eine dreiphasige Spannung mit einstellbarer Frequenz ihrer Grundschwingung erzeugt. Die dreiphasige Spannung wird den Motorklemmen 24 des Motors 10 zugeführt und wird z.B. mittel Puls-Weiten-Modulation (PWM) erzeugt.

Der Wechselrichter 23 weist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels eine erste Halbbrücke 23a und eine zweite Halbbrücke 23b auf, die jeweils drei Halbleiterschalter mit dazugehörigen Freilaufdioden D1-D6 aufweisen. Im Falle des
5 vorliegenden Ausführungsbeispiels handelt es sich bei den Halbleiterschaltern um Leistungstransistoren T1-T6, die z.B. IGBTs sind. Die Leistungstransistoren der ersten Halbbrücke 23a und die dazugehörigen Freilaufdioden sind mit den Bezugszeichen T1-T3 bzw. D1-D3 und die Leistungstransistoren
10 der zweiten Halbbrücke 23b und die dazugehörigen Freilaufdioden sind mit den Bezugszeichen T4-T6 bzw. D4-D6 versehen.

In Allgemein bekannter Weise sind die Emitter der Leistungstransistoren T1-T3 der ersten Halbbrücke 23a mit einer der
15 Klemmen des Kondensators C und die Kollektoren der Leistungstransistoren T1-T3 der ersten Halbbrücke 23a mit den Motorklemmen 24 des elektrischen Motors 10 elektrisch verbunden. Die Kollektoren der Leistungstransistoren T4-T6 der zweiten Halbbrücke 23b sind mit der anderen Klemme des Kon-
20 densators C und die Emitter der Leistungstransistoren T4-T6 der zweiten Halbbrücke 23b sind mit den Motorklemmen 24 des elektrischen Motors 10 elektrisch verbunden.

Die Gates der Leistungstransistoren T1-T6 sind mit Treiberschaltungen 25-27 verbunden, die die als Halbleiterschalter ausgebildeten Leistungstransistoren T1-T6 in allgemein be-
25 kannter Weise ein und ausschalten, so dass jede der Motorklemmen 24 des Motors 10 wahlweise an der positiven oder an der negativen Gleichspannung V des Zwischenkreises 22 an-
30 liegt. Durch geeignetes Ansteuern der Leistungstransistoren T1-T6 kann somit die Frequenz der Grundschiwingung der an dem Motor 10 anliegenden dreiphasigen Spannung in allgemein bekannter Weise gesteuert bzw. geregelt werden.

Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels werden die Treiberschaltungen 25-27 von einer ersten Teillogikschaltung 28 angesteuert, die wiederum mit einer Sicherheitslogikschaltung 29 verbunden ist. Die Sicherheitslogikschaltung 29 ist wiederum in nicht dargestellter Weise mit dem Steuerrechner 15 verbunden oder ist Teil des Steuerrechners 15.

Im Betrieb des Industrieroboters 1 kann es vorkommen, dass die Motoren 7-12 sicher gebremst werden müssen. Dies wird im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels dadurch erreicht, dass die Sicherheitslogikschaltung 29 der Teillogikschaltung 28 ein Signal über einen ersten Kanal K1 zuführt, damit diese die Treiberschaltungen 25-27 derart ansteuert, dass die Leistungstransistoren T1-T3 der ersten Halbbrücke 23a ausgeschaltet (gesperrt) und die Leistungstransistoren T4-T6 der zweiten Halbbrücke 23b eingeschaltet werden. Dadurch werden die Ständerwicklungen des Motors 10 über die Leistungstransistoren T4-T6 der zweiten Halbbrücke 23b kurzgeschlossen. Dies ist in der Fig. 4 angedeutet, indem die Bauteile der ersten Halbbrücke 23a gestrichelt und die Bauteile der zweiten Halbbrücke 23b mit durchgezogenen Linien dargestellt sind. Der vom Motor 10 erzeugte elektrische Strom während des Abbremsens fließt über die Leistungstransistoren T4-T6.

Gleichzeit sendet die Sicherheitslogikschaltung 29 über einen vom ersten Kanal K2 unabhängigen zweiten Kanal K2 ein Signal an einen in der Fig. 2 gezeigten Schalter S1, der den Gleichrichter 21 vom Zwischenkreis 22 trennt. Alternativ oder zusätzlich kann der Gleichrichter 21 mittels eines dreiphasigen Schalters S2 über den Kanal K2 von der Netzspannung getrennt werden.

Um sicher zu stellen, dass der Motor 10 zuverlässig und sicher mittels Kurzschlussbremsung gebremst wird, auch wenn

z.B. Bauteile des Wechselrichters 23 und/oder eine oder mehrere Treiberschaltungen 25-27 defekt sind, weisen die elektrischen Antriebe des Industrieroboters 1 jeweils eine zweite Möglichkeit auf, ihre Motoren 7-12 mittels Kurzschlussbremsung zu bremsen.

Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels wird die zweite Möglichkeit, den Motor 10 zu bremsen, mittels eines Bremswiderstands 30 des Zwischenkreises 22 ermöglicht, der mittels eines als Halbleiterschalter ausgebildeten Leistungstransistors T7 parallel zum Kondensator C geschaltet werden kann. Der Leistungstransistor T7 ist z.B. ebenfalls ein IGBT und wird mittels einer Treiberschaltung 31, die mit der Sicherheitslogikschaltung 29 verbunden ist, ein und ausgeschaltet.

Im Betrieb des Industrieroboters 1 ist der Leistungstransistor T2 ausgeschaltet. Für eine sicher Kurzschlussbremsung sendet die Sicherheitslogikschaltung 29 nicht nur ein Signal über den ersten Kanal K1 an die Teillogikschaltung 28, um den Motor 10 mittels des Wechselrichters 23 wie oben stehend erläutert zu bremsen, sondern sendet auch ein Signal über einen von den ersten und zweiten Kanälen K1, K2 unabhängigen dritten Kanal K3 an die Treiberschaltung 31, um den Leistungstransistor T7 des Zwischenkreises 22 zu schließen, so dass der Kondensator C über den Bremswiderstand 30 kurzgeschlossen ist. Somit ist auch der Motor 10 über den Bremswiderstand 30 kurzgeschlossen. Dies ist in der Fig. 5 angedeutet, in der Bauteile, durch die ein vom Motor 10 erzeugter elektrischer Strom während des Bremsens fließt, mit durchgezogenen Linien dargestellt sind. In der in der Fig. 5 gezeigten Darstellung wird angenommen, dass alle Leistungstransistoren T1-T6 sperren, so dass der elektrische Strom während des Bremsens des Motors 10 über die Freilaufdioden D1-D6 fließt. Arbeitet der Wechselrichter 23 während der

Kurzschlussbremsung korrekt, dann fließt der vom Motor 10 erzeugte elektrische Strom über die Leistungstransistoren T4-T6 der zweiten Halbbrücke 23b.

- 5 Somit wird sicher gestellt, dass der Motor 10 zuverlässig gebremst wird, auch wenn eine der beiden Möglichkeiten des Bremsens ausfällt.

10 Die Fig. 6 zeigt einen alternativen Zwischenkreis 22', der anstelle des in den Figuren 3 und 5 gezeigten Zwischenkreis 22 für den Wechselrichter 23 verwendet werden kann. Der in der Fig. 6 gezeigte Zwischenkreis 22' unterscheidet sich im Wesentlichen durch ein zusätzliches Relais 32 und einen mittels des Relais 32 schaltbaren mechanischen Schalter 33, der
15 parallel zum Leistungstransistor T7 des Zwischenkreises 22' geschaltet ist. Anstelle einer Treiberschaltung 31 weist der 'Zwischenkreis 22' eine Treiberschaltung 31' auf, die nicht nur den Leistungstransistor T7, sondern auch das Relais 32 steuert.

20

Im normalen Betrieb des Industrieroboters 1 sind der mechanische Schalter 33 und der Leistungstransistor T7 des Zwischenkreises 22' geöffnet. Für eine sichere Kurzschlussbremsung sendet die Sicherheitslogikschaltung 29 über den dritten Kanal K3 ein Signal an die Treiberschaltung 31', so dass
25 diese sowohl den Leistungsschalter T7 schließt als auch das Relais 32 veranlasst, den mechanischen Schalter 33 zu schließen. Somit wird der Bremswiderstand 30 nicht nur über den Leistungsschalter T7, sondern auch über den mechanischen
30 Schalter 33 parallel zum Kondensator C geschaltet. Alternativ ist es auch möglich, dass der Zwischenkreis 22' keinen Leistungstransistor T7 umfasst, sondern den Bremswiderstand 30 nur über den mechanischen Schalter 33 zuschalten kann.

Die Fig. 7 zeigt eine weitere Möglichkeit, den Motor 10 zu bremsen. Im Falle des in der Fig. 7 dargestellten Ausführungsbeispiels kann der Motor 7 mittels dreier in Stern geschalteter Widerstände 71 über einen Schalter kurzgeschlossen werden. Der Schalter kann z.B. als Halbleiterschalter in Form eines Leistungstransistors, beispielsweise eines IGBTs, oder, wie es in der Fig. 7 gezeigt ist, durch einen mechanischen Schalter 72, der z.B. mittels eines Relais 73 gesteuert wird, realisiert werden. Im normalen Betrieb des Industrieroboters 1 ist der Schalter 72 geöffnet. Für eine sichere Bremsung sendet die Sicherheitslogikschaltung 29 ein Signal an eine Treiberschaltung 74, die daraufhin das Relais 73 aktiviert, damit dieses den Schalter 71 schließt. Dadurch ist der Motor 10 kurzgeschlossen und bremst. Diese Möglichkeit des Bremsens des Motors 10 wird für das sichere Bremsen parallel zum Bremsen mittels des Wechselrichters 23, wie obenstehend beschrieben, verwendet. Es ist aber auch möglich, den Motor 10 ohne die Widerstände 71 für die Bremsung direkt kurz zu schließen. Dann benötigt man keinen dreiphasigen mechanischen Schalter, sondern alle drei Phasen des Motors 10 können mit zwei Schaltern kurz geschlossen werden.

Alternativ ist es auch möglich, dass zusätzlich der Motor 10 mittels des Bremswiderstandes 30 und der Widerstände 71 gebremst wird.

Es ist aber auch möglich, dass für ein sicheres Bremsen der Motor 10 mittels des Bremswiderstandes 30, der Widerstände 71 und des Wechselrichters 23 gebremst wird.

30

Zusätzlich kann in den vorliegenden Ausführungsbeispielen vorgesehen sein, die für das Bremsen der Motoren 7-12 vorgesehenen Bauteile zu überprüfen.

Wird der Motor 10 mittels der Widerstände 71 gebremst, kann z.B. das Relais 73 einen Hilfskontakt aufweisen, aufgrund dessen beispielsweise bei einem Aktivieren des Relais ein Signal erzeugt wird. Durch ein Auswerten dieses Signals kann dann auf ein zuverlässiges Schließen des Schalters 72 geschlossen werden. Alternativ oder zusätzlich kann auch das bremsende Moment des abbremsenden Motors 10 beispielsweise aufgrund des Motorstroms berechnet oder gemessen werden.

Das Funktionieren des Wechselrichters 23 kann überprüft werden, indem bei noch drehendem Motor 10 der elektrische Strom des Motors 10 ermittelt und ausgewertet wird. Bei korrekt arbeitendem Wechselrichter 10 darf zusätzlich kein elektrischer Strom durch die Freilaufdioden D1-D3 der ersten Halbbrücke 23a fließen. Dies kann z.B. dadurch überprüft werden, indem bei abgeschaltetem Gleichrichter 21 die Entladung des Kondensators C über den Bremswiderstand 30 ermittelt und ausgewertet wird. Entspricht die Entladung der Selbstentladungskurve, die sich aufgrund des ohmschen Widerstandes des Bremswiderstandes und der Kapazität des Kondensators C ergibt, dann fließt kein elektrischer Strom über die Freilaufdioden D1-D4 der ersten Halbbrücke.

Es kann auch bei noch drehendem Motor 10 das bremsende Moment des Motors 10 gemessen oder berechnet werden.

Der Zwischenkreis 22 kann auch bei stehendem Motor 10 überprüft werden, beispielsweise durch Messung und Auswertung der elektrischen Spannung des Kondensators C. Nach Zuschalten des Bremswiderstandes 30 muss die elektrische Spannung in Abhängigkeit von der Kapazität des Kondensators und des ohmschen Widerstands des Bremswiderstandes und der eventuell vom drehenden Motor 10 rückgespeisten Energie abfallen. Es kann auch der elektrische Strom durch den Bremswiderstand ermittelt und ausgewertet werden oder bei noch drehendem Mo-

tor 10 das bremsende Moment des Motors 10 ermittelt und analysiert werden.

Patentansprüche

1. Industrieroboter, aufweisend einen Roboterarm, der mehrere Achsen (A1-A6) und wenigstens einen elektrischen Antrieb aufweist, der einen elektrischen Motor (7-12) und eine den elektrischen Motor (7-12) ansteuernde Leistungselektronik (16) aufweist und eingerichtet ist, die relevante Achse (A1- A6) zu bewegen, wobei der Industrieroboter (1) eingerichtet ist, den elektrischen Motor (7-12) im Rahmen einer Notbremsung gleichzeitig mittels zweier voneinander unabhängiger elektrischer Strompfade kurz zu schließen.
5
10
2. Industrieroboter nach Anspruch 1, wobei der elektrische Motor (7-12) des wenigstens einen elektrischen Antriebs ein Drehstrommotor ist und die Leistungselektronik (16) des wenigstens einen elektrischen Antriebs einen den Motor (7-12) antreibenden Dreiphasen-Wechselrichter (23) und einen, einen Zwischenkreis-Kondensator (C) aufweisenden und dem Dreiphasen-Wechselrichter (23) vorgeschalteten Zwischenkreis (22) aufweist.
15
20
3. Industrieroboter nach Anspruch 2, wobei der Zwischenkreis (22) einen ersten Bremswiderstand (30) und einen ersten Schalter (T7, 32, 33) aufweist und der Industrieroboter (1) derart eingerichtet ist, während der Notbremsung den ersten Schalter (T7, 32, 33) zu schließen, um den Bremswiderstand (30) parallel zum Zwischenkreis-kondensator (C) zu schalten, so dass einer der beiden elektrischen Strompfade für die Notbremsung durch den ersten Bremswiderstand (30) verläuft.
25
30
4. Industrieroboter nach Anspruch 3, wobei der erste Schalter einen ersten Halbleiterschalter (T7) und/oder einen

von einem ersten Relais (32) gesteuerten ersten mechanischen Schalter (33) aufweist.

5. Industrieroboter nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei
5 der Dreiphasen-Wechselrichter (23) eine erste Halbbrücke (23a) und eine zweite Halbbrücke (23b) aufweist, die jeweils vom Industrieroboter (1) gesteuerte Halbleiterschalter (T1-T6) aufweisen, und der Industrieroboter (1) für die Notbremsung eingerichtet ist, die Halbleiterschalter (T1-T3) der ersten Halbbrücke (23a) zu sperren
10 und die Halbleiterschalter (T4-T6) der zweiten Halbbrücke (23b) zu schließen, so dass einer der beiden elektrischen Strompfade für die Notbremsung durch die Halbleiterschalter (T4-T6) der zweiten Halbbrücke (23b) verläuft.
15
6. Industrieroboter nach Anspruch 5, der eingerichtet ist, für die Notbremsung die Halbleiterschalter (T1-T3) der ersten Halbbrücke (23a) über einen ersten Kanal (K1) zu sperren und die Halbleiterschalter (T4-T6) der zweiten
20 Halbbrücke (23b) zu schließen, und über einen vom ersten Kanal (K1) unterschiedlichen zweiten Kanal (K2) eine externe elektrische Spannung für den Zwischenkreis (22) abzuschalten.
25
7. Industrieroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, der einen zweiten Schalter (72, 73) aufweist und der Industrieroboter (1) derart eingerichtet ist, während der Notbremsung den zweiten Schalter (72, 73) zu schließen, um
30 den Motor (7-12) direkt kurz zu schließen.
8. Industrieroboter nach Anspruch 7, aufweisend einen zweiten Bremswiderstand (71), wobei der Industrieroboter (1) derart eingerichtet ist, während der Notbremsung den
35 zweiten Schalter (72, 73) zu schließen, um den Motor (7-

12) direkt über den zweiten Bremswiderstand (72) kurz zu schließen, so dass einer der beiden elektrischen Strompfade für die Notbremsung durch den zweiten Bremswiderstand (71) verläuft.

5

9. Industrieroboter nach Anspruch 7 oder 8, wobei der zweite Schalter einen zweiten Halbleiterschalter und/oder einen von einem zweiten Relais (73) gesteuerten zweiten mechanischen Schalter (72) aufweist.

1/7

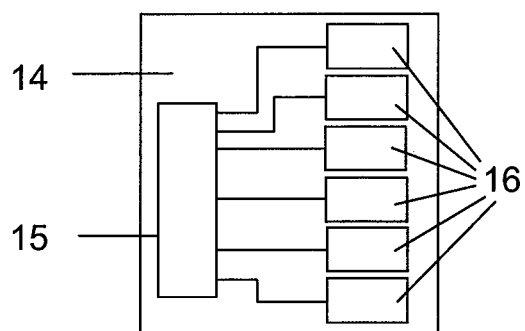
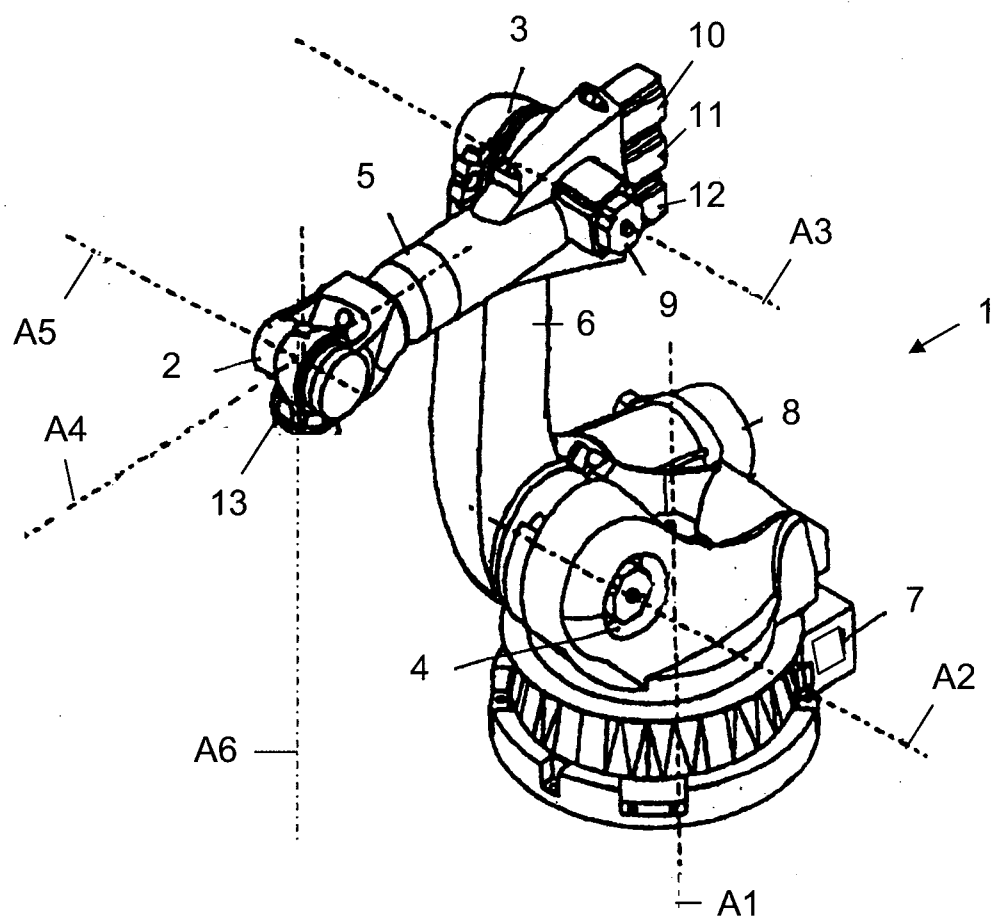


FIG. 1

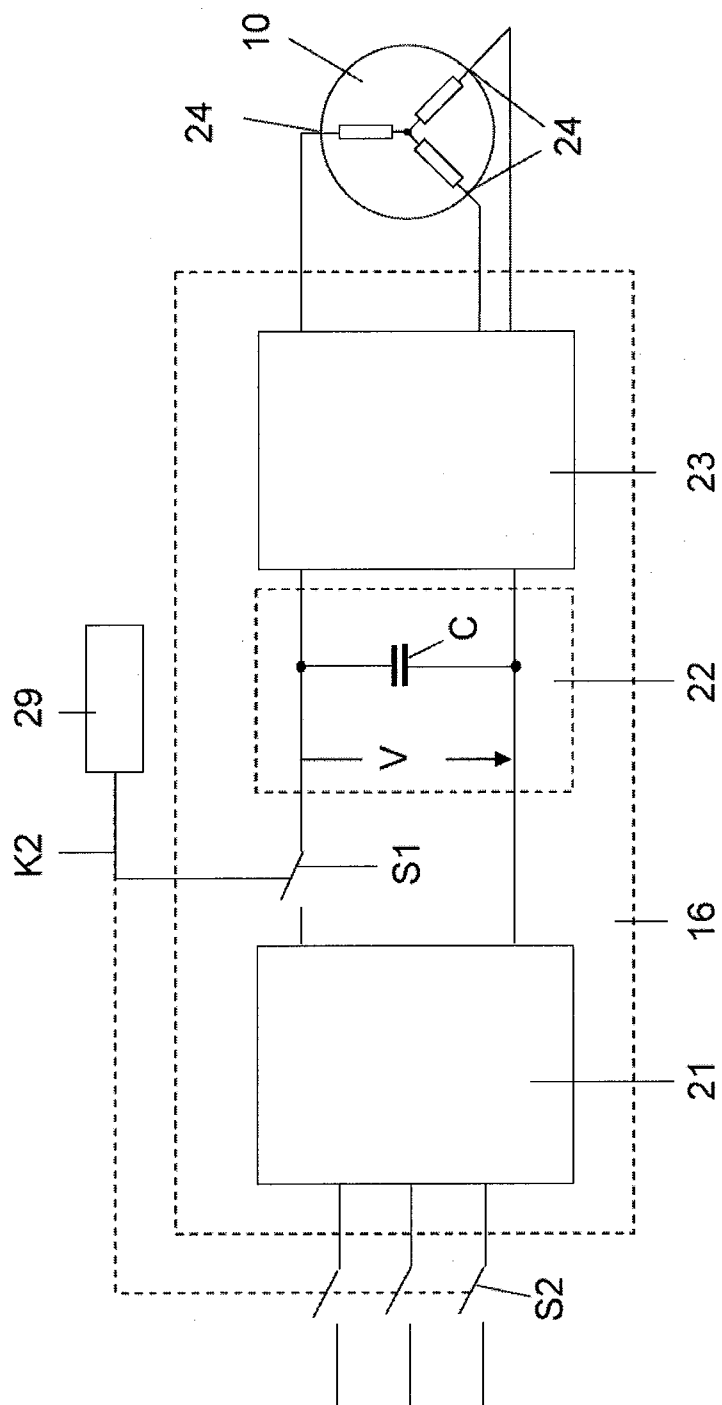


FIG. 2

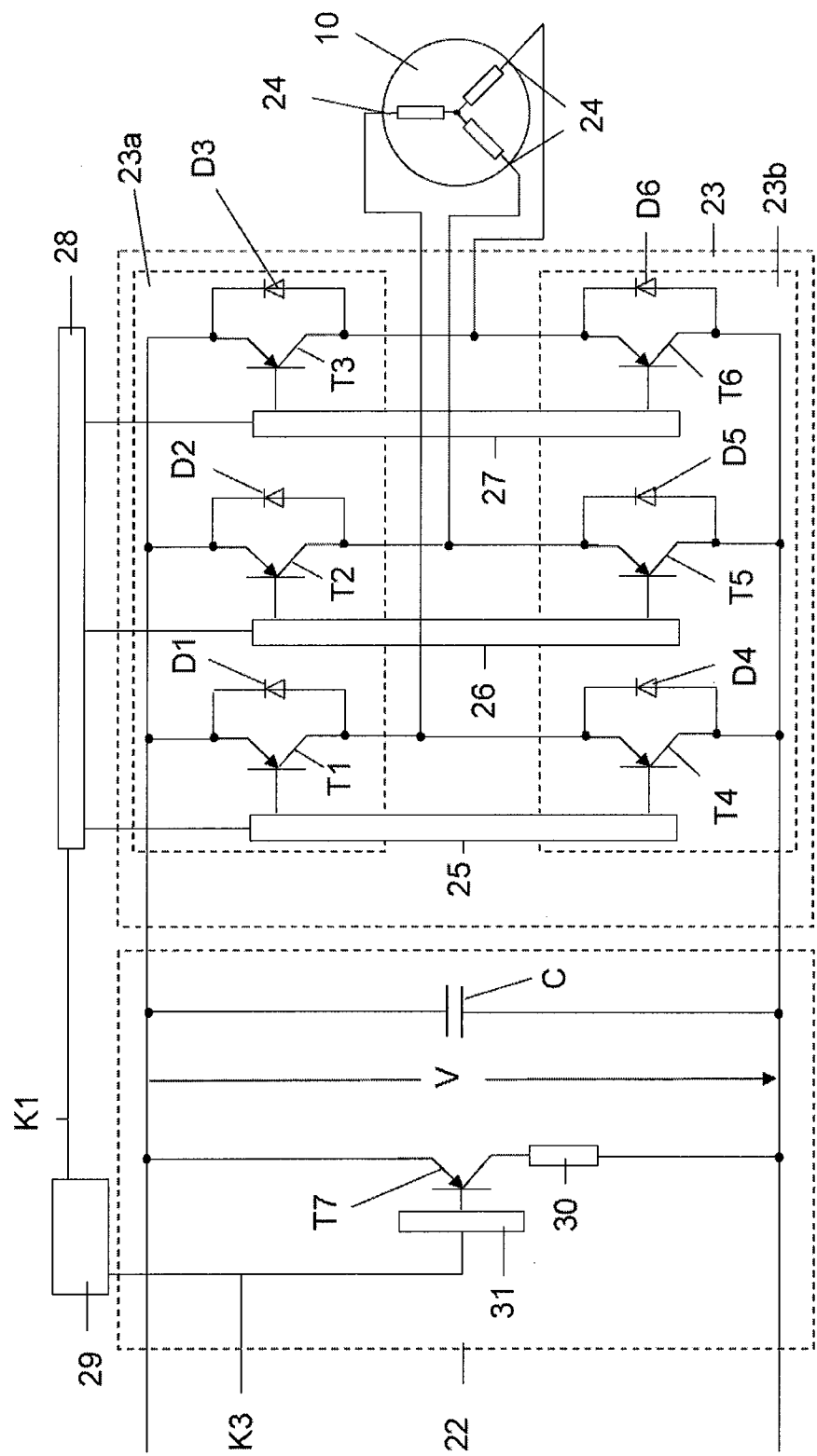


FIG. 3

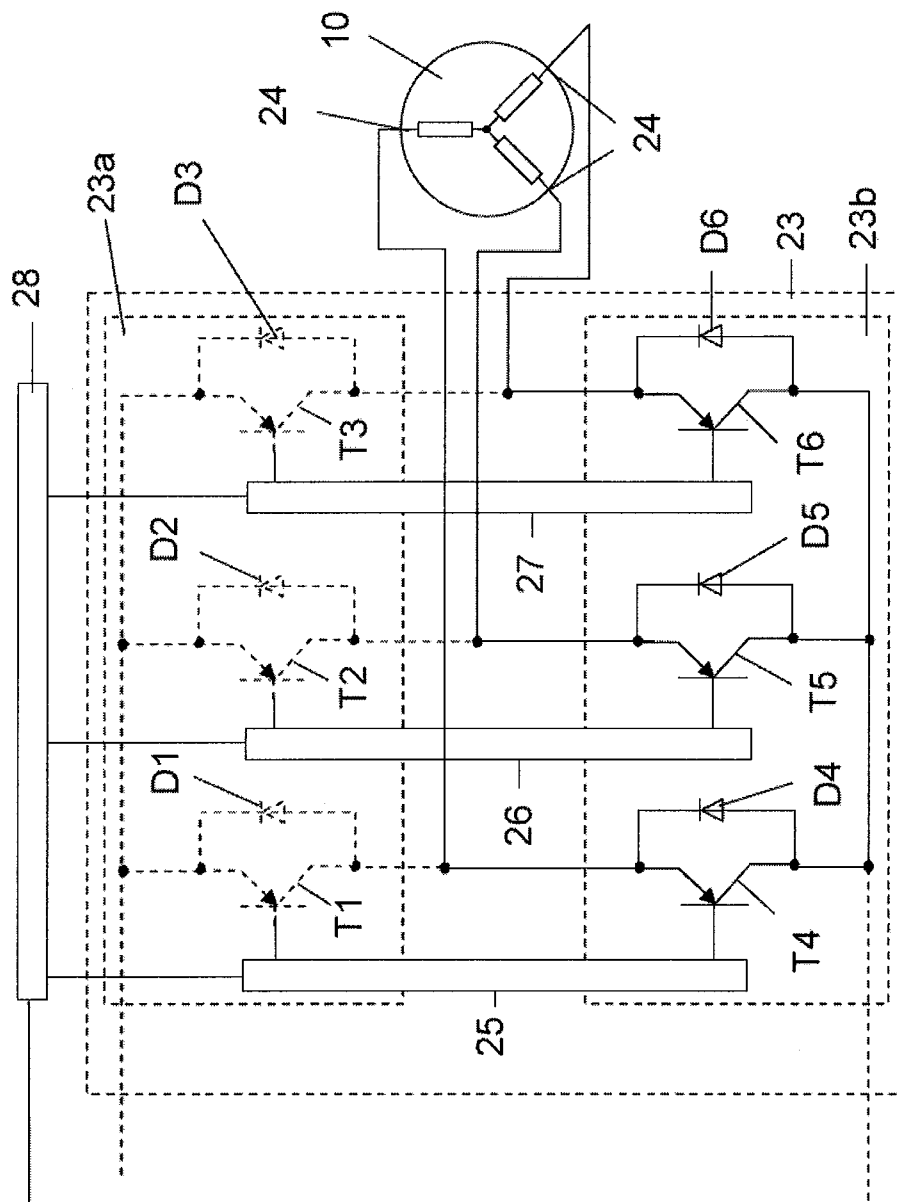


FIG. 4

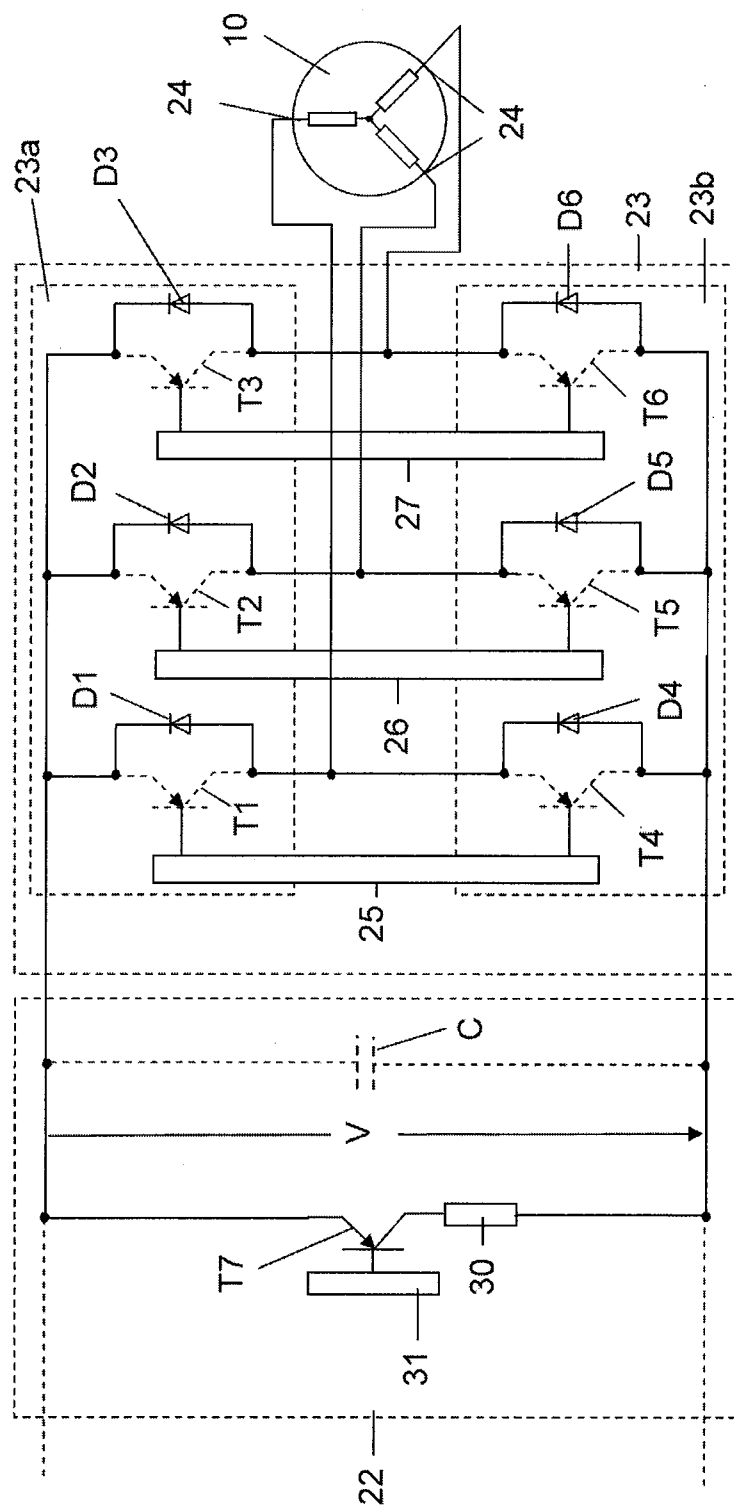


Fig. 5

6/7

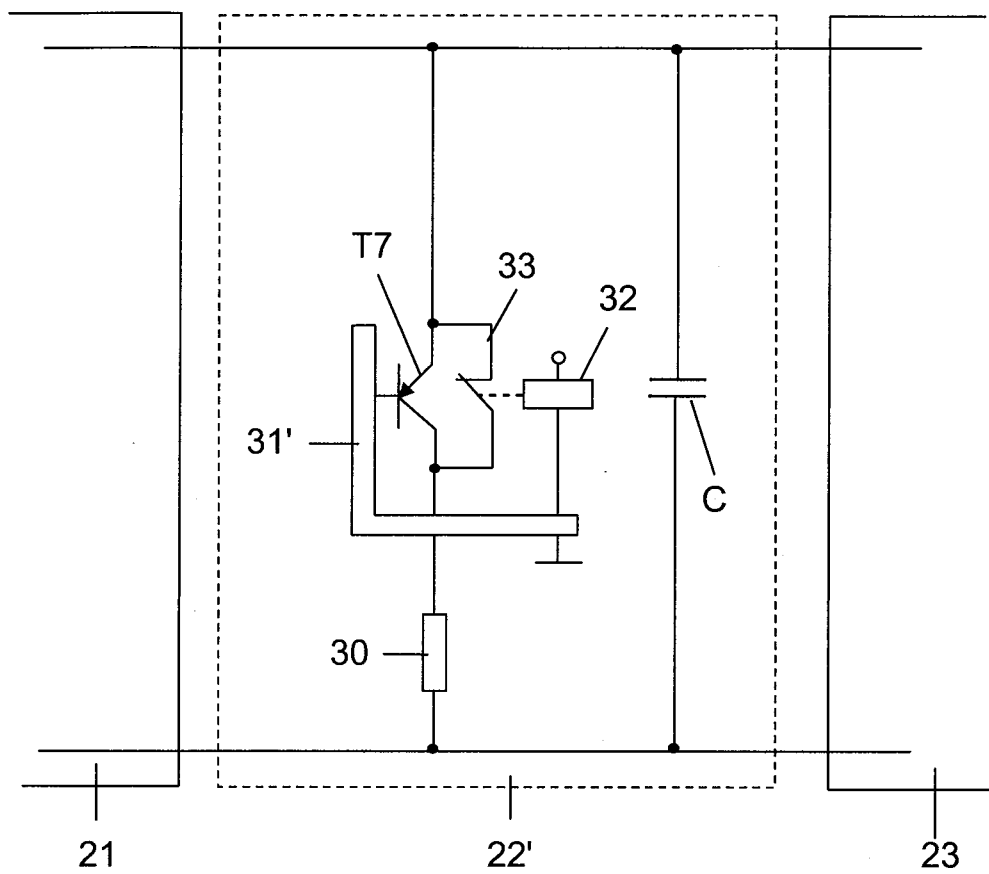


FIG. 6

7/7

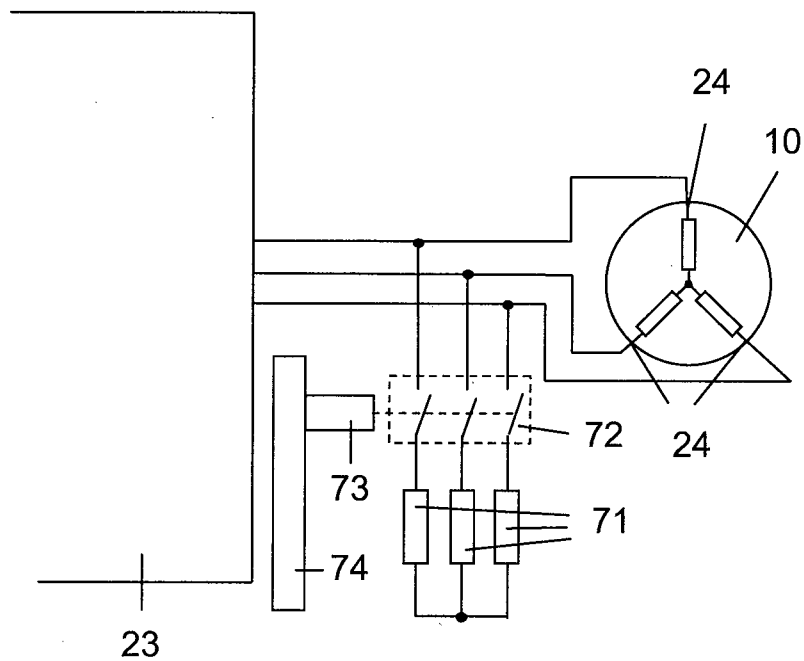


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/064625

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B25J9/16 B25J19/06 H02P3/22

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)

B25J H02P

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007 037301 A (DENSO WAVE INC) 8 February 2007 (2007-02-08) abstract; figure 1 -----	1-5
X	EP 0 974 483 A (SIEMENS AG [DE]) 26 January 2000 (2000-01-26) abstract; figures 1,2 column 1, line 11 column 3, lines 11,12 -----	1,2
A	DE 198 35 576 A1 (MANNESMANN SACHS AG [DE]) 18 November 1999 (1999-11-18) abstract; figures 1,2 column 6, line 37 - column 7, line 34 column 8, line 14 - column 9, line 19 ----- -/-	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family 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

20 März 2009

Date of mailing of the international search report

31/03/2009

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Lumineau, Stéphane

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/064625

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 742 637 A (SIEMENS AG [DE]) 13 November 1996 (1996-11-13) abstract; claim 1; figure -----	1-9
A	US 2004/160208 A1 (YOUM JANG-HYOUN [KR] ET AL) 19 August 2004 (2004-08-19) abstract; figure 2 -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/064625

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2007037301 A	08-02-2007	NONE	
EP 0974483 A	26-01-2000	DE 29813080 U1	15-10-1998
DE 19835576 A1	18-11-1999	NONE	
EP 0742637 A	13-11-1996	AT 195817 T	15-09-2000
		AT 205311 T	15-09-2001
		AT 195819 T	15-09-2000
		AT 195820 T	15-09-2000
		EP 0742502 A2	13-11-1996
		EP 0744676 A2	27-11-1996
		EP 0742498 A2	13-11-1996
		EP 0742499 A2	13-11-1996
		EP 0742500 A2	13-11-1996
		EP 0742503 A2	13-11-1996
		EP 0742504 A2	13-11-1996
		EP 0742505 A2	13-11-1996
US 2004160208 A1	19-08-2004	CN 1521938 A	18-08-2004
		JP 3863529 B2	27-12-2006
		JP 2004248491 A	02-09-2004
		KR 20040073740 A	21-08-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/064625

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B25J9/16 B25J19/06 H02P3/22

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B25J H02P

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2007 037301 A (DENSO WAVE INC) 8. Februar 2007 (2007-02-08) Zusammenfassung; Abbildung 1	1-5
X	EP 0 974 483 A (SIEMENS AG [DE]) 26. Januar 2000 (2000-01-26) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Spalte 1, Zeile 11 Spalte 3, Zeilen 11,12	1,2
A	DE 198 35 576 A1 (MANNESMANN SACHS AG [DE]) 18. November 1999 (1999-11-18) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Spalte 6, Zeile 37 - Spalte 7, Zeile 34 Spalte 8, Zeile 14 - Spalte 9, Zeile 19	1-9
	-/--	

☒ 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

20. März 2009

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31/03/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Lumineau, Stéphane

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 742 637 A (SIEMENS AG [DE]) 13. November 1996 (1996-11-13) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung -----	1-9
A	US 2004/160208 A1 (YOUM JANG-HYOUN [KR] ET AL) 19. August 2004 (2004-08-19) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/064625

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 2007037301	A	08-02-2007	KEINE		
EP 0974483	A	26-01-2000	DE	29813080 U1	15-10-1998
DE 19835576	A1	18-11-1999	KEINE		
EP 0742637	A	13-11-1996	AT	195817 T	15-09-2000
			AT	205311 T	15-09-2001
			AT	195819 T	15-09-2000
			AT	195820 T	15-09-2000
			EP	0742502 A2	13-11-1996
			EP	0744676 A2	27-11-1996
			EP	0742498 A2	13-11-1996
			EP	0742499 A2	13-11-1996
			EP	0742500 A2	13-11-1996
			EP	0742503 A2	13-11-1996
			EP	0742504 A2	13-11-1996
			EP	0742505 A2	13-11-1996
US 2004160208	A1	19-08-2004	CN	1521938 A	18-08-2004
			JP	3863529 B2	27-12-2006
			JP	2004248491 A	02-09-2004
			KR	20040073740 A	21-08-2004