

(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
7. Februar 2008 (07.02.2008)

PCT

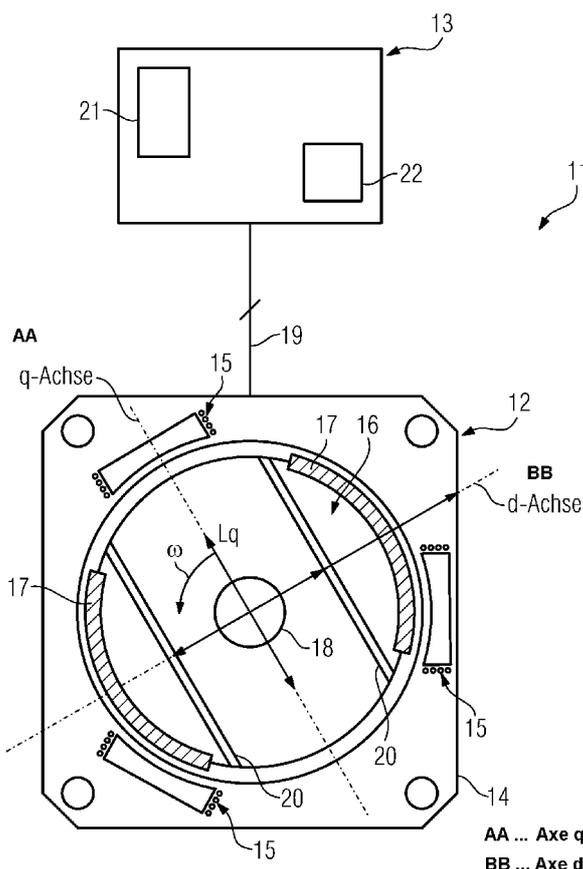
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/015157 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 29/06 (2006.01) *H02P 6/18* (2006.01)
H02K 11/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/057723
- (22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juli 2007 (26.07.2007)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2006 036 288.8 3. August 2006 (03.08.2006) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): STOIBER, Dietmar [DE/DE]; Kaiserplatz 4, 90763 Fürth (DE). WEDEL, Bernd [DE/DE]; Schweppermannstr. 75, 90408 Nürnberg (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYNCHRONOUS MOTOR, ENCODERLESS MOTOR SYSTEM AND A METHOD FOR OPERATING AN ENCODERLESS MOTOR SYSTEM WITH A SYNCHRONOUS MOTOR

(54) Bezeichnung: SYNCHRONMOTOR, GEBERLOSES MOTORSYSTEM, SOWIE EIN VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES GEBERLOSEN MOTORSYSTEMS MIT EINEM SYNCHRONMOTOR



(57) Abstract: The invention relates to a synchronous motor (12) with a number of stator coils (15), with a rotor (16) with at least one permanent magnet (17), which induces a rotor magnetic field in a useful flux direction and with at least one coil winding (20), which is fitted on the rotor in order to induce a resultant magnetic field as a result of an alternating magnetic field, which is applied with the aid of the stator coils, in the direction of a winding axis of the coil winding, so that a resultant inductance of the stator coils (15) with respect to a direction of the winding axis is different given different positions of the rotor (16).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Synchronmotor (12) mit einer Anzahl von Statorspulen (15), mit einem Läufer (16) mit mindestens einem Permanentmagneten (17), der ein Läufer-Magnetfeld in einer Hauptflussrichtung bewirkt und mit mindestens einer Spulenwicklung (20), die an dem Läufer angebracht ist, um durch ein mit Hilfe der Statorspulen angelegtes Wechsel-Magnetfeld in Richtung einer Wicklungsachse der Spulenwicklung ein resultierendes Magnetfeld zu induzieren, so dass eine resultierende Induktivität der Statorspulen (15) bezüglich einer Richtung der Wicklungsachse bei unterschiedlichen Lagen des Läufers (16) verschieden ist.

WO 2008/015157 A1



PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV,
SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN,
ZA, ZM, ZW.

MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

(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, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Beschreibung

Synchronmotor, geberloses Motorsystem, sowie ein Verfahren
zum Betreiben eines geberlosen Motorsystems mit einem Syn-
5 chronmotor

Die Erfindung betrifft einen Synchronmotor, insbesondere ei-
nen geberlosen Synchronmotor. Die Erfindung betrifft weiter-
hin ein geberloses Motorsystem mit einem solchen Synchronmo-
10 tor, sowie ein Verfahren zum Betreiben des geberlosen Motor-
systems.

Üblicherweise weist ein Synchronmotor eine Anzahl von Sta-
tortspulen auf, die in der Nähe eines Läufers mit mindestens
15 einem Permanentmagneten angeordnet sind, um den Läufer anzu-
treiben. Der Läufer ist üblicherweise in Form eines Rotors
ausgebildet, wobei der Permanentmagnet so an dem Rotor ange-
ordnet ist, dass dieser ein Läufer-Magnetfeld in radialer
Richtung zu einer Rotorachse des Rotors bewirkt. Der Läufer
20 des Synchronmotors wird angetrieben, indem an jede der Sta-
tortspulen mit Hilfe von entsprechenden Ansteuersignalen ein
entsprechender Statorstrom angelegt wird, so dass ein resul-
tierendes Antriebsmagnetfeld bewirkt wird. Die Statorströme
werden so gesteuert, dass das Antriebsmagnetfeld im Wesentli-
25 chen senkrecht zur Richtung des durch den Permanentmagneten
bewirkten Läufer-Magnetfeldes verläuft, um ein größtmögliches
Drehmoment zu bewirken. Um die Statorströme stets so anzule-
gen, dass die Richtung des von den Statorspulen bewirkten
Magnetfeldes senkrecht zum Läufermagnetfeld verläuft, muss
30 die Position des Läufers bzw. die Rotorlage bekannt sein. Die
Position des Läufers ist also zum Betrieb des Synchronmotors
ständig zu ermitteln bzw. zu schätzen, so dass die Statorspu-
len abhängig von der bestimmten Position des Läufers optimal
angesteuert werden können. Zum Bestimmen der Position des
35 Läufers bzw. der Rotorlage sind üblicherweise Positionsdetek-
toren vorgesehen.

Bei einem geberlosen Synchronmotor wird die Position des Rotors mit Hilfe einer Anisotropie einer resultierenden Induktivität in den Statorspulen des Stators geschätzt, d.h. beim Betrieb des Synchronmotors können abhängig von der Rotorlage in den Statorspulen verschiedene resultierende Induktivitäten gemessen werden, über die sich die Position des Läufers bzw. des Rotors schätzen lässt. Dazu werden dem Ansteuersignal zum Anlegen der Statorströme für die Statorspulen Messsignale so überlagert, das zusätzlich zum Antriebs-Magnetfeld ein Wechsel-Magnetfeld erzeugt wird, wobei die durch die Messsignale hervorgerufenen Stromflüsse durch die Statorspulen von der rotorlageabhängigen resultierenden Induktivität des Synchronmotors abhängt. Da die resultierende Induktivität des Synchronmotors wie zuvor beschrieben von der Position des Rotors abhängt, kann über die Messströme, die durch die Messsignale hervorgerufen werden, die Rotorlage abgeschätzt werden.

Um die Rotorlage möglichst genau zu ermitteln, ist es notwendig, dass der Verlauf der resultierenden Induktivität des Synchronmotors sich möglichst stark abhängig von der Rotorlage ändert, d.h. anisotrop ist, wobei zwischen einer Richtung des Läufer-Magnetfeldes und einer dazu verschiedenen Richtung ein möglichst großer Unterschied der resultierenden Induktivität vorliegt. Bei herkömmlichen Rotoren führt die geringe Anisotropie der resultierenden Induktivität jedoch dazu, dass die Rotorlage nur ungenau geschätzt wird, so dass das Antriebsmagnetfeld nicht exakt senkrecht zum Läufer-Magnetfeld verläuft. Dadurch kann der Synchronmotor nicht mit dem optimalen Drehmoment betrieben werden.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Synchronmotor zur Verfügung zu stellen, dessen Anisotropie bzgl. des von der Richtung des Läufermagnetfeldes abhängigen Verlaufs der resultierenden Induktivität in den Statorspulen eine ausreichende Genauigkeit der Schätzung der Position des Läufers zulässt. Es ist weiterhin Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein geberloses Motorsystem mit einem Synchronmotor sowie ein

Verfahren zum Betreiben eines solchen geberlosen Motorsystems zur Verfügung zu stellen, bei denen die Position des Läufers möglichst genau schätzbar ist.

- 5 Diese Aufgaben werden durch den Synchronmotor nach Anspruch 1, durch das geberlose Motorsystem nach Anspruch 9 sowie durch das Verfahren zum Betreiben eines geberlosen Motorsystems nach Anspruch 9 gelöst.
- 10 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Synchronmotor vorgesehen, der eine Anzahl von Statorspulen und einen Läufer mit mindestens einem Permanentmagneten um-
15 fasst, der ein Magnetfeld in einer Hauptflussrichtung bewirkt. An dem Läufer ist mindestens eine Spulenwicklung angebracht, um durch ein mit Hilfe der Statorspulen angelegtes Wechsel-Magnetfeld in Richtung einer Wicklungsachse der Spulenwicklung ein resultierendes Magnetfeld zu induzieren, so
20 dass eine resultierende Induktivität der Statorspulen bezüglich der Richtung der Wicklungsachse bei unterschiedlichen Lagen des Läufers verschieden ist.

25 Durch das Vorsehen der Spulenwicklung an dem Läufer wird die Anisotropie des von der Lage des Läufers abhängigen Verlaufs der resultierenden Induktivität in den Statorspulen verstärkt. Die zusätzliche Spulenwicklung an dem Läufer führt dazu, dass die resultierende Induktivität in den Statorspulen
30 bezüglich der Richtung einer Wicklungsachse der Spulenwicklung deutlich gegenüber davon verschiedenen Richtungen verringert wird.

Die resultierende Induktivität der Statorspulen bezüglich einer bestimmten Richtung kann man ermitteln, indem die Mess-
35 signale so an die Statorspulen angelegt werden, dass das Wechsel-Magnetfeld in der bestimmten Richtung anliegt. Die

Messsignale führen zu zugeordneten Stromflüssen durch die Statorspulen, der von der resultierenden Induktivität abhängt. Führen die Messsignale also zu einem Wechsel-Magnetfeld in Richtung der Wicklungsachse der Spulenwicklung, so fließen durch die Statorspulen jeweils den Messsignalen zugeordnete Messströme, die insgesamt größer sind als die Ströme, die die Messsignale hervorrufen würden, wenn sie das Wechsel-Magnetfeld in einer davon verschiedenen Richtung erzeugen würden.

10

Vorzugsweise ist die Spulenwicklung kurzgeschlossen. Dadurch kann erreicht werden, dass das durch die Statorspulen erzeugte Wechsel-Magnetfeld, das in Richtung der Wicklungsachse der Spulenwicklung verläuft, über den darin induzierten Strom ein dem Wechsel-Magnetfeld entgegen gesetztes Magnetfeld bewirkt, das möglichst stark ist, um die resultierende Induktivität in Richtung der Wicklungsachse der Spulenwicklung deutlich zu verringern.

15

Vorzugsweise ist durch den Permanentmagneten des Läufers die Hauptflussrichtung und eine davon verschiedene Nebenflussrichtung des magnetischen Feldes bestimmt, wobei die Spulenwicklung so an dem Läufer angeordnet ist, dass die resultierenden Induktivitäten der Statorspulen bzgl. der Hauptflussrichtung minimal und bzgl. der Nebenflussrichtung maximal sind. Auf diese Weise kann die Lage des Läufers durch Detektieren der minimalen bzw. maximalen Induktivität geschätzt werden.

25

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform verläuft die Wicklungsachse der Spulenwicklung an dem Läufer parallel zur Hauptflussrichtung.

30

Weiterhin kann der Läufer als ein Rotor ausgebildet sein, wobei bei der mindestens eine Permanentmagnet das Läufer-Magnetfeld in radialer Richtung zu einer der Rotorachse bewirkt. Insbe-

35

sondere können sich die Pole des mindestens Einpermanentmagneten bzgl. einer Rotationsachse des Rotors gegenüberliegen.

5 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist an dem Läufer eine Kapazität vorgesehen, der mit der Spulenwicklung in Reihe geschaltet ist, um einen Sperrkreis mit einer vorbestimmten Eigenfrequenz zu bilden. Der Sperrkreis erhöht die Impedanz in Hauptflussrichtung insbesondere für ein Wechsel-Magnetfeld mit einer Frequenz nahe der vorbestimmten Eigenfrequenz, so dass die resultierende Induktivität in der Hauptflussrichtung verändert wird und dadurch die Anisotropie des Verlaufs der resultierenden Induktivität der Statorspulen erhöht werden kann.

15 Ferner kann zum Abgleichen des Sperrkreises in Reihe zu der Spulenwicklung und der Kapazität ein Widerstand angeordnet sein.

20 Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein geberloses Motorsystem vorgesehen, das einen oben beschriebenen Synchronmotor aufweist. Das Motorsystem weist weiterhin eine Steuereinheit zum Ansteuern der Statorspulen mit einem Antriebsstrom auf, so dass abhängig von einer Lage des Läufers ein Antriebs-Magnetfeld bewirkt wird, das in einer zur Hauptflussrichtung verschiedenen Richtung ausgebildet ist, wobei die Steuereinheit eine Lagedetektoreinheit aufweist, um mit Hilfe von Messsignalen die Lage des Läufers anhand einer durch die Spulenwicklung bewirkten Anisotropie einer resultierenden Induktivität der Statorspulen zu ermitteln.

35 Die Lagedetektoreinheit kann vorgesehen sein, um den Antriebsströmen Messsignale zu überlagern, die das Wechsel-Magnetfeld bewirken, und um anhand von der resultierenden Induktivität abhängigen Messströmen, die durch die Messsignale hervorgerufen werden, die Lage des Läufers zu ermitteln. Insbesondere kann die Lagedetektoreinheit ausgebildet sein, um

die Richtung des mit Hilfe der Messsignale bewirkten Wechselmagnetfeldes zu regeln, so dass die resultierende Induktivität der Statorspulen entweder maximal oder minimal ist, wobei die Lage des Läufers abhängig von der Richtung des durch die Messsignale bewirkten Wechsel-Magnetfeldes ermittelbar ist.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist durch den Permanentmagneten des Läufers die Hauptflussrichtung und eine davon verschiedene Nebenflussrichtung des Läufer-Magnetfeldes bestimmt, wobei die Spulenwicklung so an den Läufer angeordnet ist, dass die resultierenden Induktivitäten der Statorspulen bzgl. der Hauptflussrichtung minimal und bzgl. der Nebenflussrichtung maximal sind, wobei die Lagedetektoreinheit ausgebildet ist, um das Wechselmagnetfeld in Richtung der Hauptflussrichtung zu regeln.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist ein Motorsystem vorgesehen, wobei an dem Läufer eine Kapazität vorgesehen ist, der mit der Spulenwicklung in Reihe geschaltet ist, um einen Sperrkreis mit einer vorbestimmten Eigenfrequenz zu bilden, wobei die Spulenwicklung so an dem Läufer angeordnet ist, dass die resultierende Induktivität der Statorspulen bezüglich der Hauptflussrichtung maximal und bezüglich der Nebenflussrichtung minimal sind, wobei die Lagedetektoreinheit ausgebildet ist, um das Wechsel-Magnetfeld in Richtung der Hauptflussrichtung zu regeln.

Vorzugsweise ist in Reihe zu der Spulenwicklung und der Kapazität ein Widerstand angeordnet.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Betreiben eines geberlosen Motorsystems mit einem der oben beschriebenen Synchronmotoren vorgesehen. Der Synchronmotor wird abhängig von einer Lage des Läufers betrieben, wobei die Lage des Läufers anhand einer durch die Spulenwicklung an dem Läufer bewirkten Anisotropie der resultierenden Induktivität in den Statorspulen bestimmt wird.

Weiterhin kann eine Richtung des mit Hilfe von Messsignalen durch die Statorspulen bewirkten Wechsel-Magnetfeldes geregelt werden, so dass die resultierende Induktivität in den Statorspulen bezüglich der Richtung des Wechsel-Magnetfeldes
5 entweder maximal oder minimal ist.

Vorzugsweise wird die Lage des Läufers anhand der Richtung, auf die das durch die Messsignale bewirkte Wechsel-Magnetfeld geregelt wird, ermittelt.

10

Weiterhin kann vorgesehen sein, dass durch den Permanentmagneten des Läufers die Hauptflussrichtung und eine davon verschiedene Nebenflussrichtung des Läufer-Magnetfeldes bestimmt ist, wobei die Spulenwicklung so an dem Läufer angeordnet
15 ist, dass die resultierende Induktivität der Statorspulen bezüglich der Hauptflussrichtung minimal und bezüglich der Nebenflussrichtung maximal sind, wobei das Wechsel-Magnetfeld in Richtung der Hauptflussrichtung geregelt wird.

20 Alternativ kann vorgesehen sein, dass durch den Permanentmagneten des Läufers die Hauptflussrichtung und eine davon verschiedene Nebenflussrichtung des Läufer-Magnetfeldes bestimmt ist, wobei die Spulenwicklung mit einer Kapazität in Reihe geschaltet ist, um einen Sperrkreis mit einer Eigenfrequenz
25 zu bilden, und so an dem Läufer angeordnet ist, dass die resultierende Induktivität in den Statorspulen bezüglich der Hauptflussrichtung maximal und bezüglich der Nebenflussrichtung minimal ist, wobei das Wechsel-Magnetfeld mit der Eigenfrequenz des Sperrkreises erzeugt wird und in Richtung der
30 Hauptflussrichtung geregelt wird.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

35

FIG 1 eine schematische Darstellung eines geberlosen Motorsystems mit einem Synchronmotor gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

5 FIG 2 ein Schaltbild eines Sperrkreises, der läuferseitig gemäß einer weiteren Ausführungsform angeordnet ist; und

FIG 3 ein Bode-Diagramm zur Darstellung des sekundärseitigen Impedanzverlauf bei Verwendung eines Sperrkreises gemäß FIG
10 3.

FIG 1 zeigt eine schematische Darstellung eines geberlosen Motorsystems 11 mit einem Synchronmotor 12 und einer Steuereinheit 13 zum Betreiben des Synchronmotors 12. Der Synchronmotor 12 weist ein Gehäuse 14 auf, in dem drei Statorspulen 15 angeordnet sind.

Im Innern des Gehäuses 14 ist ein Rotor 16 angeordnet, der drehbar an der Rotorachse 18 angeordnet ist. Der Rotor 16 weist zwei Permanentmagnete 17 auf, die an radial bezüglich einer Rotorachse 18 gegenüberliegenden Seiten des Rotors 16 angeordnet sind, so dass ein magnetischer Hauptfluss in Richtung einer d-Achse des durch die Permanentmagneten 17 hervorgerufenen Läufer-Magnetfeldes bewirkt wird. Die Permanentmagneten 17 sind vorzugsweise als Schalenmagnete ausgebildet, die entlang eines Umfangrandes des zylinderförmigen Rotors 16 angeordnet sind. Die Polbedeckung der Permanentmagnete 17 liegt üblicherweise in einer Größenordnung von unter 100% z.B. bei 80%.

30 Bezüglich der Rotorachse 18 sind die Statorspulen 15 um jeweils 120° zueinander versetzt angeordnet. Die Anzahl der Statorspulen ist im Wesentlichen beliebig wählbar, sie muss jedoch mindestens zwei betragen. Jede der Statorspulen 15
35 kann auch als Spulenpaar vorgesehen sein, deren Teilspulen einander bzgl. der Rotorachse 18 gegenüberliegen und die mit-

einander in Reihe und bezüglich ihrer Wicklungsrichtungen gleichgerichtet verschaltet sind.

Die Statorspulen 15 werden über entsprechende Ansteuer-
5 leitungen 19 von der Steuereinheit 13 mit Antriebssignalen angesteuert, um den Rotor 16 anzutreiben. Dazu wird mit Hilfe der Statorspulen 15 ein Magnetfeld an dem Rotor 16 erzeugt, das senkrecht zur d-Achse in Richtung einer q-Achse verläuft. Dazu werden die Statorspulen 15 so angesteuert, dass ein re-
10 sultierendes Antriebs-Magnetfeld in Richtung der q-Achse erzeugt wird. Die Statorspulen 15 werden üblicherweise mit Antriebssignalen, insbesondere in Form von Spannungspulsen, angesteuert, die im gezeigten Ausführungsbeispiel zueinander drei um 120° -phasenverschobene sinusförmige Statorströme in
15 den Statorspulen 15 hervorrufen, eine konstante Drehgeschwindigkeit des Rotors 16 vorausgesetzt.

Damit es möglich ist, dass das angelegte Antriebs-Magnetfeld stets senkrecht zur Richtung des durch die Permanentmagneten
20 bewirkten Läufer-Magnetfeld verläuft, ist es notwendig, die Rotorlage zu bestimmen bzw. abzuschätzen. Bei einem geberlosen Motorsystem wird die Rotorlage jedoch nicht direkt mit Hilfe von geeigneten Sensoren ermittelt, sondern es wird eine durch die Rotorlage hervorgerufene Anisotropie der resultie-
25 renden Induktivitäten in den Statorspulen verwendet, um die Rotorlage zu bestimmen. Die Genauigkeit der Lageschätzung hängt in entscheidendem Maße davon ab, wie stark die Schwankungen der rotorlageabhängigen resultierenden Induktivitäten in den Statorspulen sind.

30 Um die resultierenden Induktivitäten zu ermitteln, werden die Statorspulen 15 zusätzlich zu den entsprechenden Antriebs-
signalen (Statorströmen) auch mit jeweiligen Messsignalen beaufschlagt, die so geregelt werden, dass ein Wechsel-
35 Magnetfeld in Richtung der d-Achse des Rotors 16 durch die Statorspulen 15 angelegt wird. Das Anlegen solcher entsprechender Messsignale hat keinen Einfluss auf das Betriebs-

verhalten des Synchronmotors, da zum Antreiben des Rotors 16 lediglich die Komponente des durch die Statorspulen 15 bewirkten Magnetfelds in Richtung der q-Achse wesentlich ist. Die Messsignale sind vorzugsweise gepulste Spannungssignale mit einer vorbestimmten Frequenz, z.B. 1kHz oder mehr, so dass sinusförmige Stromverläufe der resultierenden Messströme in den Statorspulen 15 abhängig von der in den Statorspulen wirkenden Induktivität die Folge sind.

Es wird vorgeschlagen, den Rotor 16 mit einer, zwei oder mehreren Spulenwicklungen 20 zu versehen, deren Wicklungsachsen gleichgerichtet sind. Vorzugsweise sind die Spulenwicklungen 20 so ausgerichtet, dass deren Wicklungsachsen im Wesentlichen parallel zur Hauptflussrichtung verlaufen, d.h. in Richtung des durch die Lage der Permanentmagneten 17 bestimmten Läufer-Magnetfeldes, d.h. in Richtung der d-Achse. Die Spulenwicklungen 20 sind beispielsweise so an dem Rotor 16 angeordnet, dass sie um durch die als Schalenmagnete ausgebildeten Permanentmagnete 17 definierte Zylindersegmente des Rotors 16 verlaufen. Alternativ kann die Spulenwicklung 20 auch mittig zwischen zwei Spulenwicklungen 20 um die Rotorachse 18 vorgesehen sein. Die Anzahl der Windungen der Spulenwicklung(en) 20 bestimmt im Wesentlichen das Maß der Anisotropie der resultierenden Induktivität in Richtung der d-Achse.

Die Spulenwicklung 20 ist bei dieser Ausführungsform vorzugsweise kurzgeschlossen, so dass ein durch die entsprechenden Messsignale, die in Richtung der d-Achse ein Wechsel-Magnetfeld hervorrufen, ein Strom in der Spulenwicklung 20 induziert wird, der ein dem Wechsel-Magnetfeld entgegengesetztes Magnetfeld bewirkt. Dieses resultierende Magnetfeld führt zu einer erheblichen Abschwächung des die Messsignale betreffenden resultierenden Induktivität L_d in Richtung der d-Achse. Da die Wicklungsachse der Spulenwicklung 20 senkrecht zur q-Achse verlaufen, wird dagegen die resultierende

Induktivität L_q in Richtung der q-Achse nicht oder nicht wesentlich beeinflusst.

Die resultierende Induktivität ist eine Rechengröße, die sich aus den Induktivitäten der Statorspulen 15 errechnen lässt, insbesondere bezüglich der Richtungen der d-Achse und der q-Achse. Die Spulenwicklungen 20 bewirken bei der o.a. Anordnung eine Reduzierung der resultierenden Induktivität in Richtung der d-Achse, da der in den Spulenwicklung 20 induzierte Strom dem Wechsel-Magnetfeld, das durch die Messsignale in den Statorspulen 15 hervorgerufen wird, entgegenwirkt. Dadurch bewirken die Messsignale (üblicherweise ein Spannungssignal), wenn sie ein Magnetfeld in Richtung der d-Achse (d.h. in Richtung der Wicklungsachse der Spulenwicklungen 20) hervorrufen, einen höheren zugeordneten Stromfluss in den Statorspulen 15 als dies vergleichbare Messsignale bewirken würden, die ein Wechsel-Magnetfeld in Richtung der q-Achse (d.h. in einer von der Wicklungsachse der Spulenwicklungen 20 verschiedenen Richtung) hervorrufen würde. Um den zugeordneten Stromfluss durch die Statorspulen zu bestimmen, wenn zusätzlich auch Antriebsströme durch die Statorspulen 15 fließen, können die resultierenden Gesamtströme in den Statorspulen 15 in eine Komponente in Richtung der d-Achse und eine Komponenten in Richtung der q-Achse aufgeteilt werden.

Zum Bereitstellen der Antriebsströme zum Antreiben des Rotors 16 weist die Steuereinheit 13 eine Treibereinheit 21 auf, die mit jeder der Statorspulen 15 verbunden ist. Zusätzlich weist die Steuereinheit 13 eine Lagedetektoreinheit 22 auf, die den über die Ansteuerleitung 19 bereitgestellten Antriebssignalen Messsignale in Form von Spannungssignalen überlagert, die ein Wechsel-Magnetfeld in Richtung der d-Achse bewirken. Das permanente Einstellen des durch die Messsignale hervorgerufenen Wechsel-Magnetfeldes in die Richtung der d-Achse erfolgt durch eine geeignete Regelung, bei der die Messsignale so geregelt werden, dass die bezüglich der Messsignale resultierende Induktivität minimal wird. Ist die resultierende In-

duktivität, die durch die Messsignale festgestellt wurden, minimal, so verläuft das durch die Messsignale hervorgerufene Wechsel-Magnetfeld parallel zur durch die Wicklungsachsen der Spulenwicklung definierten Richtung, d.h. im gezeigten Ausführungsbeispiel in der Hauptflussrichtung.

Es ist zwar grundsätzlich möglich, die Wicklungsachsen der Spulenwicklungen 20 auf dem Rotor 16 gegenüber der durch die Permanentmagneten 17 definierten Hauptflussrichtung zu verdrehen, dies kann jedoch dazu führen, dass das auf die Wicklungsachsen der Spulenwicklungen 20 eingestellte Wechsel-Magnetfeld das Antriebsmagnetfeld beeinflusst und somit den Betrieb des Synchronmotors 12 stört.

Die Durchführung der Lageschätzung bei einem geberlosen Motorsystem mit Hilfe einer Anisotropie der resultierenden Induktivität ist dem Prinzip nach aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt, und es wird daher hierin nicht weiter darauf eingegangen.

In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die Spulenwicklungen 20 nicht kurzgeschlossen sondern in einem Sperrkreis mit einem Kondensator 23 (Kapazität) zu einem Schwingkreis verschaltet, wie es in dem Schaltbild der FIG 2 dargestellt ist. Der Sperrkreis kann weiterhin noch einen Widerstand 24 aufweisen, der ebenfalls in Reihe zur Spulenwicklung und zum Kondensator 23 geschaltet ist. Der so gebildete Sperrkreis weist eine Eigenfrequenz f_0 auf:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Werden die Messsignale wie oben beschrieben mit einer Frequenz an die Statorspulen 15 angelegt, die etwa der Eigenfrequenz f_0 entspricht, so wird, wie aus FIG 3 erkennbar, die Impedanz des Sperrkreises und somit auch die resultierende Induktivität in Richtung der d-Achse stark vergrößert, wo-

durch in ähnlicher Weise die rotorlageabhängige Anisotropie der resultierenden Induktivität verändert werden kann.

Im Gegensatz zur kurzgeschlossenen Spulenwicklung der ersten
5 Ausführungsform führt die Verwendung eines Sperrkreises dazu,
dass die resultierende Induktivität stark ansteigt, so dass
zur Lageschätzung die Messsignale nicht bezüglich einer mini-
malen resultierenden Induktivität sondern bzgl. einer maxima-
len resultierenden Induktivität auf die Richtung der d-Achse
10 geregelt werden muss. D.h., die Messsignale werden so an die
Statorspulen 15 angelegt, dass die Komponenten des jeweiligen
Messstromes, die durch die Messsignale hervorgerufen werden,
möglichst maximal sind.

Patentansprüche

1. Synchronmotor (12) umfassend:

- eine Anzahl von Statorspulen (15); und

5 - einen Läufer (16) mit mindestens einem Permanentmagneten (17), der ein Läufer-Magnetfeld in einer Hauptflussrichtung bewirkt;

- mindestens eine Spulenwicklung (20), die an dem Läufer angebracht ist, um durch ein mit Hilfe der Statorspulen angelegtes Wechsel-Magnetfeld in Richtung einer Wicklungsachse der Spulenwicklung ein resultierendes Magnetfeld zu induzieren, so dass eine resultierende Induktivität der Statorspulen (15) bezüglich einer Richtung der Wicklungsachse bei unterschiedlichen Lagen des Läufers (16) verschieden ist.

15

2. Synchronmotor (12) nach Anspruch 1, wobei die Spulenwicklung (20) kurzgeschlossen ist.

3. Synchronmotor (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei durch den Permanentmagneten (17) des Läufers (16) die Hauptflussrichtung und eine davon verschiedene Nebenflussrichtung des Läufer-Magnetfeldes bestimmt ist, wobei die Spulenwicklung (20) so an dem Läufers (16) angeordnet ist, dass die resultierenden Induktivitäten der Statorspulen (15) bezüglich der Hauptflussrichtung minimal und bezüglich der Nebenflussrichtung maximal sind.

25

4. Synchronmotor (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Wicklungsachse der Spulenwicklung (20) parallel zur Hauptflussrichtung verläuft.

30

5. Synchronmotor (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Läufer (16) als ein Rotor ausgebildet ist, wobei der mindestens eine Permanentmagnet (17) das Läufer-Magnetfeld in radialer Richtung zu einer Rotorachse (18) bewirkt.

35

6. Synchronmotor (12) nach Anspruch 5, wobei sich Pole des Permanentmagneten (17) bezüglich einer Rotationsachse des Rotors (16) gegenüberliegen.

5 7. Synchronmotor (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei an dem Läufer (16) eine Kapazität (23) vorgesehen ist, der mit der Spulenwicklung in Reihe geschaltet ist, um einen Sperrkreis mit einer vorbestimmten Eigenfrequenz zu bilden.

10 8. Synchronmotor (11) nach Anspruch 7, wobei in Reihe zu der Spulenwicklung (20) und der Kapazität (23) ein Widerstand (24) angeordnet ist.

9. Geberloses Motorsystem (11)

15 - mit einem Synchronmotor (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 6; und

- mit einer Steuereinheit (13) zum Ansteuern der Statorspulen (15) mit einem Antriebsstrom, so dass abhängig von einer Lage des Läufers (16) ein Antriebs-Magnetfeld bewirkt wird, das in
20 einer zur Hauptflussrichtung verschiedenen Richtung ausgebildet ist,

wobei die Steuereinheit (13) eine Lagedetektoreinheit (22) aufweist, um mit Hilfe von an die Statorspulen (15) angelegten Messsignalen die Lage des Läufers (16) anhand einer durch
25 die Spulenwicklung (20) bewirkten Anisotropie einer resultierenden Induktivität der Statorspulen (15) zu ermitteln.

10. Motorsystem (11) nach Anspruch 9, wobei die Lagedetektoreinheit (22) vorgesehen ist, um den Antriebsströmen Messsignale zu überlagern, die das Wechsel-Magnetfeld bewirken, und
30 um anhand von der resultierenden Induktivität abhängigen Messströme, die durch die Messsignale hervorgerufen werden, die Lage des Läufers (16) zu ermitteln.

35 11. Motorsystem (11) nach Anspruch 10, wobei die Lagedetektoreinheit (22) ausgebildet ist, um die Richtung des mit Hilfe der Messsignale bewirkten Wechsel-Magnetfeldes zu regeln,

so dass die resultierende Induktivität der Statorspulen (15) entweder maximal oder minimal ist, wobei die Lage des Läufers (16) abhängig von der Richtung des Wechsel-Magnetfeldes ermittelbar ist.

5

12. Motorsystem (11) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei durch den Permanentmagneten (17) des Läufers (16) die Hauptflussrichtung und eine davon verschiedene Nebenflussrichtung des magnetischen Feldes bestimmt ist, wobei die Spulenwicklung (20) so an dem Läufer (16) angeordnet ist, dass die resultierenden Induktivitäten der Statorspulen (15) bezüglich der Hauptflussrichtung minimal und bezüglich der Nebenflussrichtung maximal sind, wobei die Lagedetektoreinheit (22) ausgebildet ist, um das Wechsel-Magnetfeld in Richtung der Hauptflussrichtung zu regeln.

15

13. Motorsystem (11) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei an dem Läufer eine Kapazität vorgesehen ist, der mit der Spulenwicklung (20) in Reihe geschaltet ist, um einen Sperrkreis mit einer vorbestimmten Eigenfrequenz zu bilden, wobei die Spulenwicklung (20) so an dem Läufer (16) angeordnet ist, dass die resultierende Induktivität der Statorspulen (15) bezüglich der Hauptflussrichtung maximal und bezüglich der Nebenflussrichtung minimal sind, wobei die Lagedetektoreinheit (22) ausgebildet ist, um das Wechsel-Magnetfeld in Richtung der Hauptflussrichtung zu regeln.

20

25

14. Motorsystem (11) nach Anspruch 13, wobei in Reihe zu der Spulenwicklung (20) und der Kapazität (23) ein Widerstand (24) angeordnet ist.

30

15. Verfahren zum Betreiben eines geberlosen Motorsystems (11) mit einem Synchronmotor (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Synchronmotor (12) abhängig von einer Lage des Läufers (16) betrieben wird, wobei die Lage des Läufers (16) anhand einer durch die Spulenwicklung an dem Läufer (16)

35

bewirkten Anisotropie der resultierenden Induktivität in den Statorspulen (15) bestimmt wird.

5 16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei eine Richtung des mit Hilfe von Messsignalen durch die Statorspulen (15) bewirkten Wechsel-Magnetfeldes geregelt wird, so dass die resultierende Induktivität in den Statorspulen (15) bezüglich der Richtung des Wechsel-Magnetfeldes entweder maximal oder minimal wird.

10 17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die Lage des Läufers (16) abhängig von der Richtung ermittelt wird.

15 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei durch den Permanentmagneten (17) des Läufers (16) die Hauptflussrichtung und eine davon verschiedene Nebenflussrichtung des magnetischen Feldes bestimmt ist, wobei die Spulenwicklung (20) so an dem Läufer (16) angeordnet ist, dass die resultierende Induktivität in den Statorspulen (15) bezüglich der Hauptflussrichtung minimal und bezüglich der Nebenflussrichtung maximal sind, wobei das Wechsel-Magnetfeld in Richtung der Hauptflussrichtung geregelt wird.

25 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei durch den Permanentmagneten (17) des Läufers (16) die Hauptflussrichtung und eine davon verschiedene Nebenflussrichtung des magnetischen Feldes bestimmt ist, wobei die Spulenwicklung (20) mit einer Kapazität (23) in Reihe geschaltet ist, um einen Sperrkreis mit einer Eigenfrequenz zu bilden, und so an dem Läufer (16) angeordnet ist, dass die resultierende Induktivität in den Statorspulen (15) bezüglich der Hauptflussrichtung maximal und bezüglich der Nebenflussrichtung minimal ist, wobei das Wechsel-Magnetfeld mit der Eigenfrequenz des Sperrkreises erzeugt wird und in Richtung der Hauptflussrichtung geregelt wird.

FIG 2

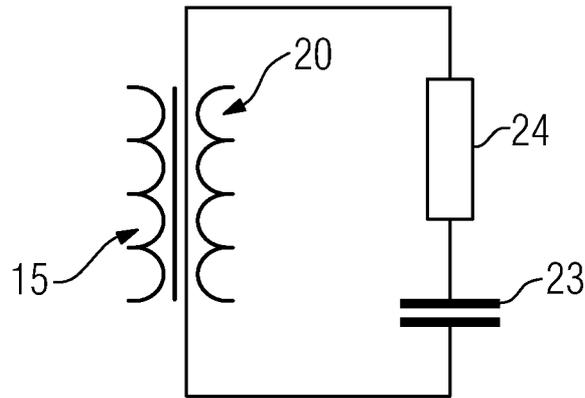
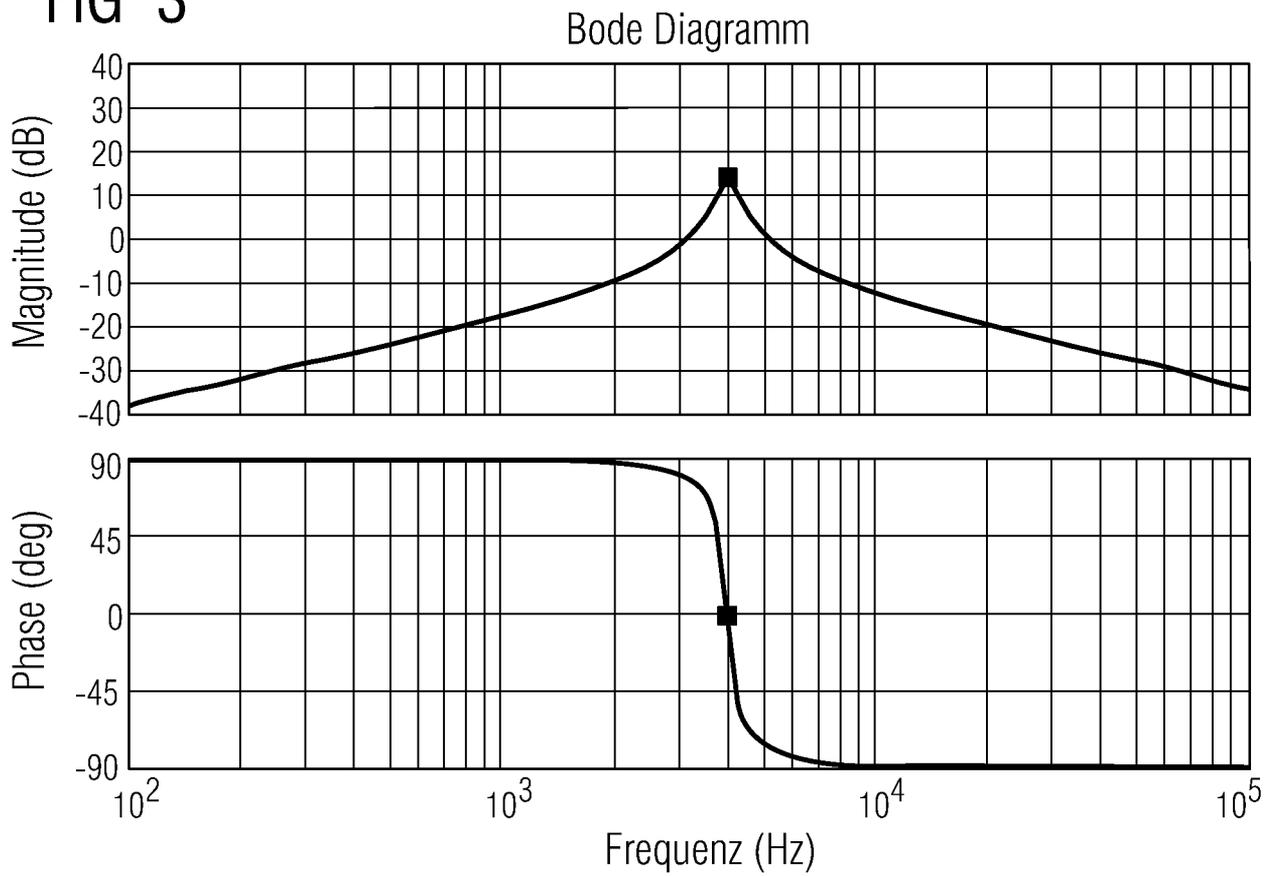


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/057723

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K29/06 H02K11/00 H02P6/18

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)
H02K 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	EP 0 457 389 A (PHILIPS NV [NL] PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]) 21 November 1991 (1991-11-21) column 3, line 36 - column 7, line 12; figures 1-4	1-6, 9-12, 15-18
A	DE 101 56 243 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 5 June 2003 (2003-06-05) paragraphs [0011], [0022], [0040]; figures 1,2c	7,8,13, 14,19
A	DE 102 20 164 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16 October 2003 (2003-10-16) paragraph [0016] - paragraph [0020]; figure 2	1,9,15

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

28 November 2007

Date of mailing of the international search report

13/12/2007

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

Sedlmeyer, Rafael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/057723

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 0457389	A	21-11-1991	DE 69111889 D1	14-09-1995
			DE 69111889 T2	18-04-1996
			JP 3075770 B2	14-08-2000
			JP 4229069 A	18-08-1992
			NL 9001126 A	02-12-1991
			US 5399952 A	21-03-1995
DE 10156243	A1	05-06-2003	CN 1496603 A	12-05-2004
			WO 03049274 A1	12-06-2003
			EP 1449294 A1	25-08-2004
			US 2004051408 A1	18-03-2004
DE 10220164	A1	16-10-2003	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/057723

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02K29/06 H02K11/00 H02P6/18		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H02K 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	EP 0 457 389 A (PHILIPS NV [NL] PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]) 21. November 1991 (1991-11-21) Spalte 3, Zeile 36 - Spalte 7, Zeile 12; Abbildungen 1-4	1-6, 9-12, 15-18
A	DE 101 56 243 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 5. Juni 2003 (2003-06-05) Absätze [0011], [0022], [0040]; Abbildungen 1,2c	7,8,13, 14,19
A	DE 102 20 164 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16. Oktober 2003 (2003-10-16) Absatz [0016] - Absatz [0020]; Abbildung 2	1,9,15
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<ul style="list-style-type: none"> * 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
28. November 2007		13/12/2007
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 Sedlmeyer, Rafael

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/057723

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0457389	A	21-11-1991	DE 69111889 D1	14-09-1995
			DE 69111889 T2	18-04-1996
			JP 3075770 B2	14-08-2000
			JP 4229069 A	18-08-1992
			NL 9001126 A	02-12-1991
			US 5399952 A	21-03-1995
DE 10156243	A1	05-06-2003	CN 1496603 A	12-05-2004
			WO 03049274 A1	12-06-2003
			EP 1449294 A1	25-08-2004
			US 2004051408 A1	18-03-2004
DE 10220164	A1	16-10-2003	KEINE	