

(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
11. August 2011 (11.08.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/095246 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H02P 6/00 (2006.01) *B62D 5/04* (2006.01)
H02P 29/02 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/069126
- (22) Internationales Anmeldedatum:
8. Dezember 2010 (08.12.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2010 001 593.8
4. Februar 2010 (04.02.2010) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**;
Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GYÖRI, Csaba**
[CZ/DE]; Ahornallee 6, 65428 Rüsselsheim (DE).
- (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, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

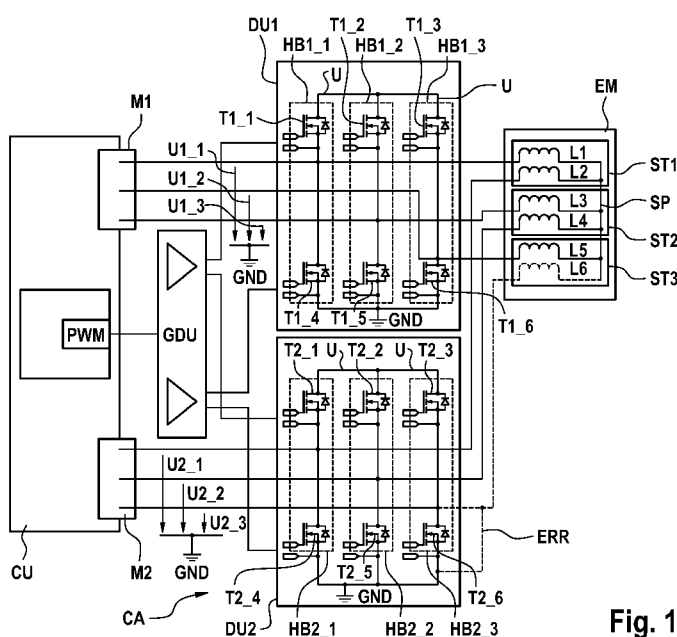
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: CIRCUIT ARRANGEMENT AND METHOD AND DEVICE FOR OPERATING THE CIRCUIT ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung : SCHALTUNGSANORDNUNG UND VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN DER SCHALTUNGSANORDNUNG



(57) Abstract: The invention relates to a circuit arrangement (CA) for an electric machine (EM) comprising a plurality of stator windings (ST1, ST2, ST3), wherein each stator winding (ST1, ST2, ST3) comprises at least one first phase winding (L1, L3, L5) and a second phase winding (L2, L4, L6). The circuit arrangement (CA) comprises at least one predetermined first and a predetermined second selection of several half bridges (HB1_1-HB1_3, H2_1-H2_3) in each case. A common connection of the two switch elements (T1_1-T1_4, T1_2- T1_5, T1_3-T1_6) of the respective half bridge (HB1_1, HB1_2, HB1_3) of the first selection can be electrically coupled in each case to a connection of the first phase winding (L1, L3, L5) of the associated stator winding (ST1, ST2, ST3). A common connection of the two circuit elements (T2_1-T2_4, T2_2-T2_5, T2_3-T2_6) of the respective half bridge (HB2_1, HB2_2, HB2_3) of the second selection can be electrically coupled to a connection of the second phase winding (L2, L4, L6) of the associated phase winding (ST1, ST2, ST3).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Fig. 1

WO 2011/095246 A1



Schaltungsanordnung (CA) für eine elektrische Maschine (EM), die mehrere Statorwicklungen (ST1, ST2, ST3) umfasst, wobei jede Statorwicklung (ST1, ST2, ST3) zumindest einen ersten Wicklungsstrang (L1, L3, L5) und einen zweiten Wicklungsstrang (L2, L4, L6) umfasst. Die Schaltungsanordnung (CA) umfasst zumindest eine vorgegebene erste und eine vorgegebene zweite Auswahl von jeweils mehreren Halbbrücken (HB1_1-HB1_3, HB2_1-HB2_3). Ein gemeinsamer Anschluss der beiden Schaltelemente (T1_1-T1_4, T1_2-T1_5, T1_3-T1_6) der jeweiligen Halbbrücke (HB1_1, HB1_2, HB1_3) der ersten Auswahl ist jeweils mit einem Anschluss des ersten Wicklungsstranges (L1, L3, L5) der jeweiligen zugeordneten Statorwicklung (ST1, ST2, ST3) elektrisch koppelbar. Ein gemeinsamer Anschluss der beiden Schaltelemente (T2_1-T2_4, T2_2-T2_5, T2_3-T2_6) der jeweiligen Halbbrücke (HB2_1, HB2_2, HB2_3) der zweiten Auswahl ist jeweils mit einem Anschluss des zweiten Wicklungsstranges (L2, L4, L6) der jeweiligen zugeordneten Statorwicklung (ST1, ST2, ST3) elektrisch koppelbar.

5

10

15 **Schaltungsanordnung und Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben
der Schaltungsanordnung**

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung für eine elekt-
rische Maschine und ein Verfahren und eine Vorrichtung zum
20 Betreiben der Schaltungsanordnung.

Elektrische Maschinen, so z.B. Elektromotoren, finden bei-
spielsweise Einsatz im Bereich der Automobiltechnik, wo sie
beispielsweise innerhalb eines Lenksystems zur Unterstützung
25 einer vorgegebenen Lenkbewegung eingesetzt werden. Derartige
elektrische Maschinen können beispielsweise als permanenterreg-
te bürstenlose Synchronmaschinen ausgebildet sein.

Die Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, ist es, eine
30 Schaltungsanordnung und ein Verfahren und eine korrespondieren-
de Vorrichtung zu schaffen, die bzw. das einen zuverlässigen
Betrieb einer elektrischen Maschine ermöglicht.

- 2 -

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

5 Die Erfindung zeichnet sich gemäß einem ersten Aspekt aus durch eine Schaltungsanordnung für eine elektrische Maschine, die mehrere Statorwicklungen umfasst. Jede Statorwicklung umfasst
10 zumindest einen ersten Wicklungsstrang und einen zweiten Wicklungsstrang. Die Schaltungsanordnung umfasst zumindest eine vorgegebene erste und eine vorgegebene zweite Auswahl von jeweils mehreren Halbbrücken. Jede Halbbrücke weist ein erstes Schaltelement und ein dazu elektrisch in Reihe gekoppeltes
15 zweites Schaltelement auf. Ein gemeinsamer Anschluss der beiden Schaltelemente der jeweiligen Halbbrücke der ersten Auswahl ist jeweils mit einem Anschluss des ersten Wicklungsstranges der jeweiligen zugeordneten Statorwicklung elektrisch koppelbar.
20 Den Halbbrücken der ersten Auswahl sind jeweils unterschiedliche Statorwicklungen zugeordnet. Ein gemeinsamer Anschluss der beiden Schaltelemente der jeweiligen Halbbrücke der zweiten Auswahl ist jeweils mit einem Anschluss des zweiten Wicklungsstranges der jeweiligen zugeordneten Statorwicklung elektrisch koppelbar. Den Halbbrücken der zweiten Auswahl sind jeweils unterschiedliche Statorwicklungen zugeordnet. Eine derartige Schaltungsanordnung ermöglicht einen zuverlässigen Betrieb und
25 eine höhere Verfügbarkeit der elektrischen Maschine. Insbesondere sind zusätzliche Komponenten in der elektrischen Maschine, so z.B. Sternpunktrelais, die für einen Fehlerfall vorgesehen sind, typischerweise nicht mehr erforderlich. Dies ermöglicht eine einfache und kostengünstige elektrische Maschine.

30

- 3 -

Die elektrische Maschine ist beispielsweise als permanenterregte Synchronmaschine ausgebildet. Vorzugsweise sind die den Halbbrücken abgewandten Anschlüsse der Strangwicklungen in einem gemeinsamen elektrischen Sternpunkt miteinander elektrisch gekoppelt. Ferner ist typischerweise jedem Schaltelement der Halbbrücken eine elektrisch parallel angeordnete Freilaufdiode zugeordnet. Vorzugsweise korreliert die Anzahl der Halbbrücken je Auswahl mit der Anzahl der Statorwicklungen. Jeder Halbbrücke der jeweiligen Auswahl ist vorzugsweise eine andere Statorwicklung zugeordnet.

Die Erfindung zeichnet sich gemäß einem zweiten und dritten Aspekt aus durch ein Verfahren und eine korrespondierende Vorrichtung zum Betreiben einer Schaltungsanordnung gemäß dem ersten Aspekt, bei dem zumindest eine vorgegebene Kenngröße der Schaltungsanordnung erfasst wird und abhängig von der zumindest einen erfassten Kenngröße ein Fehler eines Schaltelementes entweder der ersten oder zweiten Auswahl detektiert wird. Aus dem Fehler resultiert zumindest während eines Drehens eines Rotors der elektrischen Maschine ein Bremsdrehmoment auf den Rotor. Abhängig von der Detektierung des Fehlers wird zumindest ein fehlerfreies Schaltelement der jeweils fehlerfreien Auswahl derart angesteuert, dass ein vorgegebener Kompensationsstrom dem jeweils zugeordneten Wicklungsstrang derart zugeführt wird, dass daraus ein zugeordnetes Gegendrehmoment resultiert, das dem Bremsdrehmoment entgegenwirkt. Dies kann bei einem Vorliegen des Fehlers eine Blockierung einer Drehung des Rotors der elektrischen Maschine verhindern. Insbesondere kann der Fehler dazu führen, dass die elektrische Maschine generatorisch betrieben wird, wodurch typischerweise ein Strom bereitgestellt wird, aus dem das Bremsdrehmoment resultiert. Die Kenngröße kann beispielsweise durch eine Betriebsgröße der Schaltungsan-

- 4 -

ordnung repräsentiert werden. Eine Ansteuerung des jeweiligen Schaltelementes repräsentiert vorzugsweise ein Einschalten dieses Schaltelementes.

5 In einer vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten und dritten Aspekts wird zumindest eine Betriebsgröße der elektrischen Maschine ermittelt. Abhängig von der zumindest einen ermittelten Betriebsgröße wird das zumindest eine fehlerfreie Schaltelement angesteuert. Dies ermöglicht eine Anpassung des Kompensationsstromes an einen aktuellen Betriebszustand der elektrischen Maschine. Abhängig von der zumindest einen ermittelten Betriebsgröße kann beispielsweise eine Anzahl der anzusteuern den fehlerfreien Schaltelemente und/oder eine Einschaltdauer des zumindest einen fehlerfreien Schaltelementes vorgegeben werden.

15

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten und dritten Aspekts werden als zumindest eine Betriebsgröße der elektrischen Maschine eine aktuelle Drehzahl und/oder eine aktuelle Winkelposition des Rotors und/oder eine Drehrichtung des Rotors ermittelt. Die Ermittlung dieser Betriebsgrößen erlaubt besonders vorteilhaft eine Ermittlung der Ansteuerung des zumindest einen fehlerfreien Schaltelementes.

20

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten und dritten Aspekts werden abhängig von der Detektierung des Fehlers alle übrigen Schaltelemente der Auswahl, die das fehlerhafte Schaltelement aufweist, in einen hochohmigen Schaltzustand gesteuert. Dies kann einen weiteren Einfluss dieser Auswahl an der Entstehung des Bremsdrehmoments reduzieren.

25

30

- 5 -

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten und dritten Aspekts wird als Fehler des Schaltelementes ein dauerhafter niederohmiger Schaltzustand detektiert. Dieser Fehler trägt vorzugsweise zur Entstehung des Bremsdrehmoments bei. Eine Detektierung dieses Fehlers und eine davon abhängige Bereitstellung des Gegendrehmoments kann eine Blockierung des Rotors verhindern.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten und dritten Aspekts werden als vorgegebene Kenngrößen der Schaltungsanordnung Halbbrückenspannungen erfasst. Eine Halbbrückenspannung ist jeweils einer Halbbrücke zugeordnet und repräsentiert eine Spannung, die dem gemeinsamen Anschluss der beiden Schaltelemente der jeweiligen Halbbrücke zugeordnet ist. Dies ermöglicht eine besonders zuverlässige Ermittlung des Fehlers, insbesondere des dauerhaften niederohmigen Schaltzustands des fehlerbehafteten Schaltelements.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten und dritten Aspekts wird der Kompensationsstrom derart vorgegeben, dass das Gegendrehmoment gleich dem Bremsdrehmoment ist. Dies ermöglicht, dass der Rotor weiterhin drehbar ist.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schaltungsanordnung,

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm.

- 6 -

Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Eine Schaltungsanordnung CA (Fig. 1) für eine elektrische Maschine EM weist eine erste und eine zweite Treiberstufe DU1, DU2 auf, die jeweils eine B6-Brücke zur Ansteuerung der elektrischen Maschine EM umfassen. Die Schaltungsanordnung CA kann beispielsweise einem Lenkungssystem, so z.B. einem Power-Steering System, eines Kraftfahrzeugs zugeordnet sein.

10

Jede Treiberstufe DU1, DU2 weist jeweils drei Halbbrücken HB1_1-HB1_3, H2_1-H2_3 auf. Jede Halbbrücke HB1_1-HB1_3, H2_1-H2_3 weist wiederum jeweils ein erstes Schaltelement T1_1, T1_2, T1_3 und ein zweites Schaltelement T1_4, T1_5, T1_6 auf, die elektrisch in Reihe geschaltet sind und jeweils einen gemeinsamen Anschluss aufweisen. Die erste Treiberstufe DU1 kann auch als eine erste Auswahl von mehreren Halbbrücken und die zweite Treiberstufe DU2 kann auch als eine zweite Auswahl von mehreren Halbbrücken bezeichnet werden. Jede Halbbrücke ist elektrisch zwischen einem Versorgungspotential U, so z.B. 12 V, und einem Bezugspotenzial GND gekoppelt, das beispielsweise als Masse des Kraftfahrzeugs ausgebildet ist.

15
20

Die jeweiligen Schaltelemente T1_1-T1_6, T2_1-T2_6 der Halbbrücken HB1_1-HB1_3, H2_1-H2_3 sind beispielsweise als Leistungstransistoren, so z.B. als Leistungsfeldeffekttransistor, ausgebildet und weisen jeweils eine Freilaufdiode auf, die elektrisch parallel zu Nichtsteueranschlüssen des jeweiligen Schaltelementes gekoppelt ist.

25
30

- 7 -

Die elektrische Maschine EM ist beispielsweise als permanenterregte bürstenlose Synchronmaschine ausgebildet, die beispielsweise drei Statorwicklungen ST1, ST2, ST3 umfasst. Jede Statorwicklung ST1, ST2, ST3 umfasst einen ersten Wicklungsstrang L1, L3, L5 und einen zweiten Wicklungsstrang L2, L4, L6. Alle Wicklungsstränge L1-L6 weisen jeweils zwei Anschlüsse auf, wobei alle Wicklungsstränge L1-L6 mit einem ihrer zwei Anschlüsse in einem Sternpunkt SP miteinander elektrisch gekoppelt sind.

10 Der gemeinsame Anschluss der beiden Schaltelemente der jeweiligen Halbbrücke HB1_1, HB1_2, HB1_3 der ersten Treiberstufe DU1 ist mit dem ersten Wicklungsstrang L1, L3, L5 der jeweiligen zugeordneten Statorwicklung ST1, ST2, ST3 elektrisch koppelbar. Der gemeinsame Anschluss der beiden Schaltelemente der jeweiligen
15 Halbbrücke HB2_1, HB2_2, HB2_3 der zweiten Treiberstufe DU2 ist mit dem zweiten Wicklungsstrang L2, L4, L6 der jeweiligen zugeordneten Statorwicklung ST1, ST2, ST3 elektrisch koppelbar. Dabei ist jede Halbbrücke HB1_1-HB1_3 der ersten Treiberstufe DU1 einer anderen Statorwicklung ST1-St3 und jede Halbbrücke
20 HB2_1-HB2_3 der zweiten Treiberstufe DU2 einer anderen Statorwicklung ST1-St3 zugeordnet.

Ferner weist die Schaltungsanordnung CA eine Treibereinheit GDU auf, die mehrere Eingangsanschlüsse und mehrere Ausgangsanschlüsse aufweist. Jeder Ausgangsanschluss ist einem Steuereingang eines Schaltelementes zugeordnet. In einem fehlerfreien Zustand werden vorzugsweise die ersten Schaltelemente T1_1-T1_3, T2_1-T2_3, die derselben Statorwicklung ST1, ST2, ST3 zugeordnet sind, zeitlich parallel angesteuert. Beispielsweise
30 sind das erste Schaltelement T1_1 der ersten Halbbrücke HB1_1 in der ersten Treiberstufe DU1 und das erste Schaltelement T2_1

- 8 -

der ersten Halbbrücke H2_1 in der zweiten Treiberstufe DU2 der ersten Statorwicklung ST1 zugeordnet und werden somit zeitlich parallel angesteuert. Liegt dagegen beispielsweise ein Fehlerfall vor, können die jeweils einander zugeordneten ersten
5 Schaltelemente auch unterschiedlich angesteuert werden. Entsprechendes gilt für die zweiten Schaltelemente.

Die Treibereinheit GDU ist mittels der Eingangsanschlüsse mit einer Pulsweitenmodulationseinheit PWM einer Steuereinheit CU
10 elektrisch gekoppelt. Die Steuereinheit CU ist ausgebildet, mittels der Pulsweitenmodulationseinheit PWM mehrere vorgegebene pulsweitenmodulierte Steuersignale der Treibereinheit GDU zur Verfügung zu stellen. Abhängig von den vorgegebenen pulsweitenmodulierten Steuersignalen werden mittels der Treibereinheit
15 GDU die Steuersignale für die Schaltelemente bereitgestellt. Durch die Vorgabe der vorgegebenen pulsweitenmodulierten Steuersignale kann beispielsweise ein Drehmoment, eine Drehzahl n und eine Drehrichtung eines Rotors der elektrischen Maschine EM vorgegeben werden. Dadurch kann beispielsweise eine
20 vorgegebene Lenkbewegung eines Fahrers des Kraftfahrzeugs unterstützt werden. Dabei ist die Treibereinheit GDU ausgebildet, die eingangsseitig bereitgestellten pulsweitenmodulierten Steuersignale beispielsweise zu verstärken und/oder Totzeiten hinzuzufügen zur Verhinderung einer niederohmigen Kopplung zwischen dem Versorgungspotential U und dem Bezugspotential GND
25 durch die Schaltelemente einer jeweiligen Halbbrücke.

Die Schaltungsanordnung CA weist ferner Erfassungseinheiten M1, M2 auf, die der Steuereinheit CU zugeordnet sind und die jeweils mit einer der Treiberstufen DU1, DU2 elektrisch gekoppelt
30 sind. Die jeweilige Erfassungseinheit M1, M2 ist ausgebildet,

- 9 -

eine Halbbrückenspannung U_{1_1} - U_{1_3} , U_{2_1} - U_{2_3} jeder ihr zugeordneten Halbbrücke zu erfassen. Die jeweilige Halbbrückenspannung U_{1_1} - U_{1_3} , U_{2_1} - U_{2_3} repräsentiert eine Spannung zwischen dem gemeinsamen Anschlusses der Schaltelemente jeweils einer
5 zugeordneten Halbbrücke und dem Bezugspotential GND.

Anhand eines Ablaufdiagramms (Figur 2) wird ein Programm beschrieben, das beispielsweise von der Steuereinheit CU abgearbeitet wird zum Betreiben der Schaltungsanordnung CA. Die Steuereinheit CU kann auch als Vorrichtung zum Betreiben der Schaltungsanordnung CA bezeichnet werden.
10

In einem Schritt S0 wird das Programm gestartet. In einem Schritt S2 werden mittels der Erfassungseinheiten M1, M2 die
15 Halbbrückenspannungen U_{1_1} - U_{1_3} , U_{2_1} - U_{2_3} als Kenngrößen der Schaltungsanordnung CA erfasst. In einem Schritt S4 wird abhängig von den erfassten Halbbrückenspannungen U_{1_1} - U_{1_3} , U_{2_1} - U_{2_3} ermittelt, ob ein Fehler ERR eines Schaltelementes entweder der ersten Treiberstufe DU1 oder der zweiten Treiberstufe
20 DU2 vorliegt. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die erfassten Halbbrückenspannungen U_{1_1} - U_{1_3} , U_{2_1} - U_{2_3} mit vorgegebenen Spannungen verglichen werden und abhängig von zeitlichen Spannungsabweichungen eine Wahrscheinlichkeit ermittelt wird, dass als Quelle des Fehlers ERR ein fehlerhaftes
25 Schaltelement vorliegt. Dabei wird in einem Schritt S6 vorzugsweise auf einen dauerhaften niederohmigen Schaltzustand des fehlerhaften Schaltelementes erkannt.

Der Fehler ERR kann bei einer Lenkbewegung durch den Fahrer abhängig von einer aktuellen Position und Drehzahl n des Rotors
30 zu einem generatorischen Betrieb der elektrischen Maschine EM

- 10 -

führen, aus dem ein Bremsdrehmoment resultiert, das einem der Lenkbewegung des Fahrers zugeordneten Lenkdrehmoment entgegenwirkt und gegebenenfalls zu einer Blockierung der Lenkung des Kraftfahrzeugs führen kann. Dabei ist typischerweise das Bremsdrehmoment umso größer, je schneller der Rotor gedreht wird. 5 Dabei kann der Rotor Drehgeschwindigkeiten von beispielsweise 30° pro Sekunde erreichen bei entsprechender Lenkbewegung des Fahrers und mechanischer Kopplung der elektrischen Maschine EM mit einem durch den Fahrer betätigten Lenkrad.

10

Liegt beispielsweise ein dauerhafter niederohmiger Schaltzustand des Schaltelements T2_3 vor, so kann im generatorischen Betrieb abhängig von der aktuellen Position, Drehzahl n und Drehrichtung der elektrischen Maschine EM eine Spannung induziert werden, so z.B. in der Statorwicklung ST3, die dazu führen kann, dass die Freilaufdiode beispielsweise des Schaltelementes T1_3 in Durchlassrichtung betrieben wird, so dass ein Stromfluss resultiert, aus dem wiederum das Bremsdrehmoment resultiert, das dem Lenkdrehmoment entgegenwirkt. 15

20

In einem Schritt S8 werden vorzugsweise alle übrigen Schaltelemente der Treiberstufe, die das fehlerhafte Schaltelement aufweist, in einen hochohmigen Schaltzustand gesteuert, wodurch die Lenkunterstützung deaktiviert wird. Dies kann beispielsweise durch eine entsprechende Ansteuerung der Treibereinheit GDU 25 mittels der Steuereinheit CU erfolgen.

30

In einem Schritt S10 wird zumindest eine Betriebsgröße der elektrischen Maschine EM, so z.B. die aktuelle Drehzahl n und/oder die aktuelle Position des Rotors und/oder die Drehrichtung des Rotors der elektrischen Maschine EM, ermittelt. In einem Schritt S12 wird abhängig von der ermittelten zumindest

- 11 -

einen Betriebsgröße ein Wert eines Kompensationsstromes I , insbesondere ein Wert einer Amplitude des Kompensationsstromes I , ermittelt. Dazu wird in dem Schritt S12 abhängig von dem ermittelten Wert des Kompensationsstroms I zumindest ein fehlerfreies Schaltelement der Treiberstufe angesteuert, die nicht das fehlerhafte Schaltelement aufweist. Durch die Ansteuerung dieses zumindest einen fehlerfreien Schaltelementes wird der Kompensationsstrom I zumindest einer Statorwicklung der elektrischen Maschine EM derart zugeführt, dass ein Kompensationsdrehmoment resultiert, welches dem Bremsdrehmoment zumindest teilweise entgegenwirkt. Vorzugsweise wird der Kompensationsstrom I derart ermittelt, dass dessen Amplitude gleich groß ist mit einer Amplitude des Stromes, der aus dem generatorischen Betrieb der elektrischen Maschine EM im Fehlerfall resultiert, so dass das resultierende Kompensationsdrehmoment gleich dem Bremsdrehmoment ist. Dies kann beispielsweise im Rahmen eines Feldschwächungsbetriebs der elektrischen Maschine EM erfolgen. In einem Schritt S14 wird das Programm beendet. Alternativ kann es auch in dem Schritt S2 erneut ausgeführt werden.

20

Durch die Bereitstellung des Kompensationsdrehmomentes bleibt das Kraftfahrzeug auch bei einem vorliegenden Fehler ERR typischerweise lenkbar, auch ohne Lenkunterstützung.

Bezugszeichenliste

CA	Schaltungsanordnung
CU	Steuereinheit
DU1, DU2	Treiberstufe
EM	elektrische Maschine
ERR	Fehler
GDU	Treibereinheit
GND	Bezugspotential
H1_1-H1_3, H2_1-H2_3	Halbbrücke
I	Kompensationsstrom
L1-L6	Wicklungsstränge
M1, M2	Erfassungseinheit
n	Drehzahl
PWM	Pulsweitenmodulationseinheit
SP	Sternpunkt
ST1, ST2, ST3	Statorwicklung
T1_1-T1_6, T2_1-T2_6	Schaltelement
U	Versorgungspotential
U1_1-U1_3, U2_1-U2_3	Halbbrückenspannung

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung (CA) für eine elektrische Maschine (EM), die mehrere Statorwicklungen (ST1, ST2, ST3) umfasst, wobei jede Statorwicklung (ST1, ST2, ST3) zumindest einen ersten Wicklungsstrang (L1, L3, L5) und einen zweiten Wicklungsstrang (L2, L4, L6) umfasst, wobei die Schaltungsanordnung (CA) zumindest eine vorgegebene erste und eine vorgegebene zweite Auswahl von jeweils mehreren Halbbrücken (HB1_1-HB1_3, H2_1-H2_3) umfasst, wobei jede Halbbrücke ein erstes Schaltelement (T1_1-T1_3, T2_1-T2_3) und ein dazu elektrisch in Reihe gekoppeltes zweites Schaltelement (T1_4-T1_6, T2_4-T2_6) aufweist, wobei
- ein gemeinsamer Anschluss der beiden Schaltelemente (T1_1-T1_4, T1_2-T1_5, T1_3-T1_6) der jeweiligen Halbbrücke (HB1_1, HB1_2, HB1_3) der ersten Auswahl jeweils mit einem Anschluss des ersten Wicklungsstranges (L1, L3, L5) der jeweiligen zugeordneten Statorwicklung (ST1, ST2, ST3) elektrisch koppelbar ist und den Halbbrücken (HB1_1, HB1_2, HB1_3) der ersten Auswahl jeweils unterschiedliche Statorwicklungen (ST1, ST2, ST3) zugeordnet sind,
 - ein gemeinsamer Anschluss der beiden Schaltelemente (T2_1-T2_4, T2_2-T2_5, T2_3-T2_6) der jeweiligen Halbbrücke (HB2_1, HB2_2, HB2_3) der zweiten Auswahl jeweils mit einem Anschluss des zweiten Wicklungsstranges (L2, L4, L6) der jeweiligen zugeordneten Statorwicklung (ST1, ST2, ST3) elektrisch koppelbar ist und den Halbbrücken (HB2_1, HB2_2, HB2_3) der zweiten Auswahl jeweils unterschiedliche Statorwicklungen (ST1, ST2, ST3) zugeordnet sind.
2. Verfahren zum Betreiben einer Schaltungsanordnung (CA) gemäß Anspruch 1, bei dem

- 14 -

- zumindest eine vorgegebene Kenngröße der Schaltungsanordnung (CA) erfasst wird,
 - abhängig von der zumindest einen erfassten Kenngröße ein Fehler (ERR) eines Schaltelementes (T1_1-T1_3, T2_1-T2_3) entweder
5 der ersten oder zweiten Auswahl detektiert wird, aus dem zumindest während eines Drehens eines Rotors der elektrischen Maschine (EM) ein Bremsdrehmoment auf den Rotor resultiert,
 - abhängig von der Detektierung des Fehlers (ERR) zumindest ein fehlerfreies Schaltelement der jeweils fehlerfreien Auswahl
10 derart angesteuert wird, dass ein vorgegebener Kompensationsstrom (I) dem jeweils zugeordneten Wicklungsstrang (L1-L6) derart zugeführt wird, dass daraus ein zugeordnetes Gegendrehmoment resultiert, das dem Bremsdrehmoment entgegenwirkt.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem
- zumindest eine Betriebsgröße der elektrischen Maschine (EM) ermittelt wird,
 - abhängig von der zumindest einen ermittelten Betriebsgröße das zumindest eine fehlerfreie Schaltelement angesteuert wird.
- 20 4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem als zumindest eine Betriebsgröße der elektrischen Maschine (EM) eine aktuelle Drehzahl (n) und/oder eine aktuelle Winkelposition des Rotors und/oder eine Drehrichtung des Rotors ermittelt werden.
- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem abhängig von der Detektierung des Fehlers (ERR) alle übrigen Schaltelemente der Auswahl, die das fehlerhafte Schaltelement aufweist, in einen hochohmigen Schaltzustand gesteuert werden.

30

- 15 -

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei dem als Fehler (ERR) des Schaltelementes ein dauerhafter niederohmiger Schaltzustand detektiert wird.

5 7. Verfahren nach einem der Anspruch 2 bis 6, bei dem
- als vorgegebene Kenngrößen der Schaltungsanordnung (CA) Halbbrückenspannungen (U_{1_1} - U_{1_3} , U_{2_1} - U_{2_3}) erfasst werden, wobei eine Halbbrückenspannung (U_{1_1} - U_{1_3} , U_{2_1} - U_{2_3}) jeweils einer Halbbrücke (HB_{1_1} - HB_{1_3} , HB_{2_1} - HB_{2_3}) zugeordnet ist und eine
10 Spannung repräsentiert, die dem gemeinsamen Anschluss der beiden Schaltelemente (T_{1_1} - T_{1_4} , T_{1_2} - T_{1_5} , T_{1_3} - T_{1_6} , T_{2_1} - T_{2_4} , T_{2_2} - T_{2_5} , T_{2_3} - T_{2_6}) der jeweiligen Halbbrücke (HB_{1_1} - HB_{1_3} , HB_{2_1} - HB_{2_3}) zugeordnet ist.

15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem der Kompensationsstrom (I) derart vorgegeben wird, dass das Gegendrehmoment gleich dem Bremsdrehmoment ist.

9. Vorrichtung zum Betreiben einer Schaltungsanordnung (CA) gemäß Anspruch 1, die ausgebildet ist,
20 - einen Fehler (ERR) eines Schaltelementes (T_{1_1} - T_{1_3} , T_{2_1} - T_{2_3}) entweder der ersten oder zweiten Auswahl zu detektieren, aus dem zumindest während eines Drehens eines Rotors der elektrischen Maschine (EM) ein Bremsdrehmoment auf den Rotor resultiert,
25 - abhängig von der Detektierung des Fehlers (ERR) zumindest ein fehlerfreies Schaltelement der jeweils fehlerfreien Auswahl derart anzusteuern, dass ein vorgegebener Kompensationsstrom (I) zumindest einem zugeordneten Wicklungsstrang (L_1 - L_6) derart
30 zugeführt wird, dass daraus ein zugeordnetes Gegendrehmoment resultiert, das dem Bremsdrehmoment entgegenwirkt.

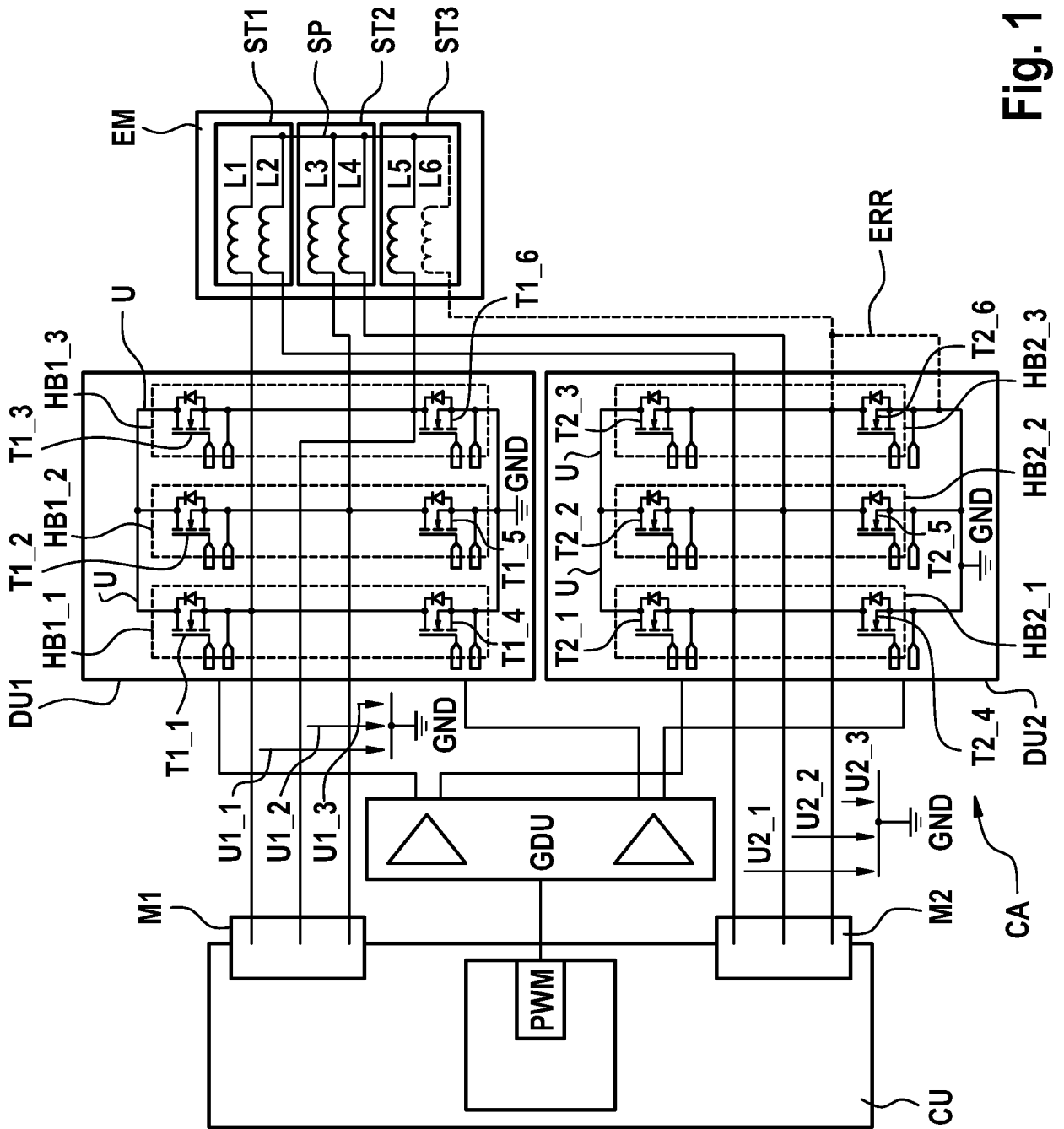


Fig. 1

2 / 2

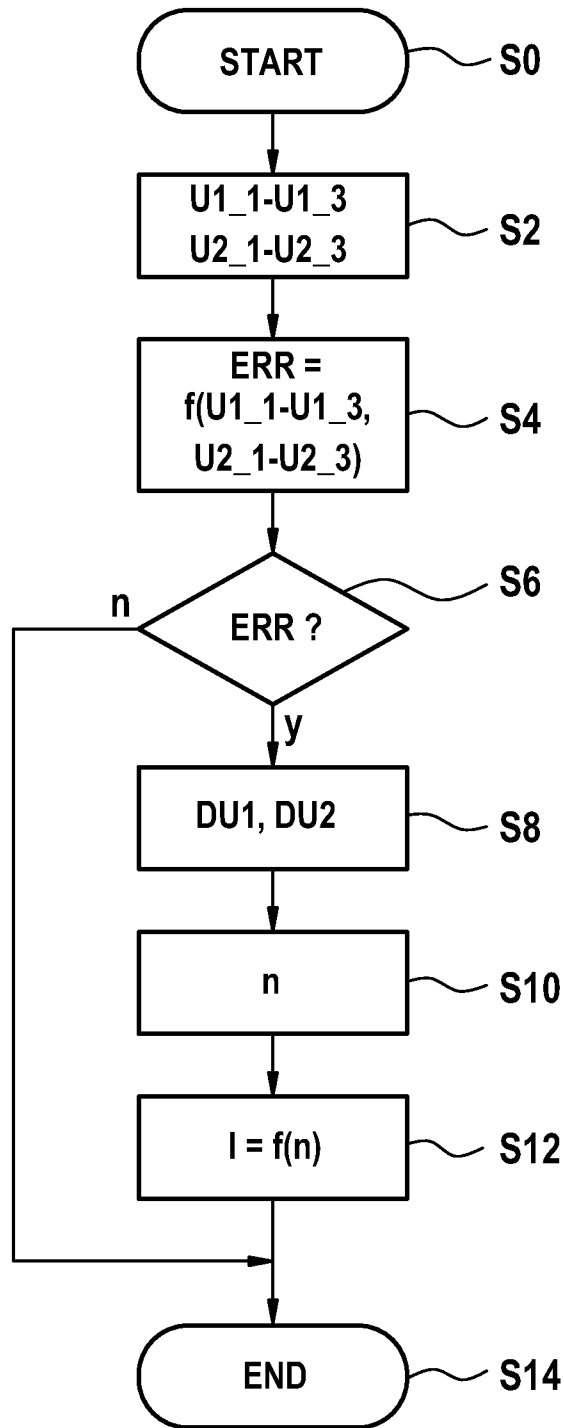


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/069126

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02P6/00 H02P29/02 B62D5/04
ADD.
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)
H02P B62D

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.
X	DE 10 2005 044875 A1 (SHOWA CORP [JP]) 5 October 2006 (2006-10-05)	1,2
A	paragraph [0024] - paragraph [0042]; figures 3,4	3-9
X	DE 10 2006 018053 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 31 October 2007 (2007-10-31)	5-7
A	paragraph [0015] - paragraph [0057]	1-4,8,9
A	US 4 434 389 A (LANGLEY LAWRENCE W [US] ET AL) 28 February 1984 (1984-02-28)	1-9
A	column 2, line 58 - column 7, line 15; figures 1-6	
A	US 4 896 088 A (JAHNS THOMAS M [US]) 23 January 1990 (1990-01-23)	1-9
	column 5, line 13 - column 8, line 28	
	-/--	

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 12 July 2011	Date of mailing of the international search report 20/07/2011
---	--

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 Davis, Alan
--	---------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/069126

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2005/049770 A1 (LIU GUANG [US] ET AL) 3 March 2005 (2005-03-03) paragraph [0014] - paragraph [0041] -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2010/069126

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102005044875 A1	05-10-2006	JP 4509841 B2	21-07-2010
		JP 2006273153 A	12-10-2006
		US 2006219470 A1	05-10-2006

DE 102006018053 A1	31-10-2007	CN 101427456 A	06-05-2009
		EP 2008358 A1	31-12-2008
		WO 2007121889 A1	01-11-2007
		JP 2009535001 A	24-09-2009
		US 2009099703 A1	16-04-2009

US 4434389 A	28-02-1984	CA 1184596 A1	26-03-1985
		DE 3140034 A1	06-05-1982
		FR 2493059 A1	30-04-1982
		GB 2088143 A	03-06-1982
		SE 456383 B	26-09-1988
		SE 8106338 A	29-04-1982

US 4896088 A	23-01-1990	DE 4008606 A1	04-10-1990
		FR 2646971 A1	16-11-1990
		GB 2231214 A	07-11-1990
		IT 1239512 B	03-11-1993
		JP 2290199 A	30-11-1990

US 2005049770 A1	03-03-2005	CN 1846192 A	11-10-2006
		EP 1658556 A2	24-05-2006
		JP 4256390 B2	22-04-2009
		JP 2006515500 A	25-05-2006
		WO 2005025031 A2	17-03-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2010/069126

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02P6/00 H02P29/02 B62D5/04
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02P B62D

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.
X	DE 10 2005 044875 A1 (SHOWA CORP [JP]) 5. Oktober 2006 (2006-10-05)	1,2
A	Absatz [0024] - Absatz [0042]; Abbildungen 3,4	3-9
X	DE 10 2006 018053 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 31. Oktober 2007 (2007-10-31)	5-7
A	Absatz [0015] - Absatz [0057]	1-4,8,9
A	US 4 434 389 A (LANGLEY LAWRENCE W [US] ET AL) 28. Februar 1984 (1984-02-28) Spalte 2, Zeile 58 - Spalte 7, Zeile 15; Abbildungen 1-6	1-9
A	US 4 896 088 A (JAHNS THOMAS M [US]) 23. Januar 1990 (1990-01-23) Spalte 5, Zeile 13 - Spalte 8, Zeile 28	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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
12. Juli 2011	20/07/2011

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 Davis, Alan
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2005/049770 A1 (LIU GUANG [US] ET AL) 3. März 2005 (2005-03-03) Absatz [0014] - Absatz [0041] -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/069126

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005044875 A1	05-10-2006	JP 4509841 B2	21-07-2010
		JP 2006273153 A	12-10-2006
		US 2006219470 A1	05-10-2006

DE 102006018053 A1	31-10-2007	CN 101427456 A	06-05-2009
		EP 2008358 A1	31-12-2008
		WO 2007121889 A1	01-11-2007
		JP 2009535001 A	24-09-2009
		US 2009099703 A1	16-04-2009

US 4434389 A	28-02-1984	CA 1184596 A1	26-03-1985
		DE 3140034 A1	06-05-1982
		FR 2493059 A1	30-04-1982
		GB 2088143 A	03-06-1982
		SE 456383 B	26-09-1988
		SE 8106338 A	29-04-1982

US 4896088 A	23-01-1990	DE 4008606 A1	04-10-1990
		FR 2646971 A1	16-11-1990
		GB 2231214 A	07-11-1990
		IT 1239512 B	03-11-1993
		JP 2290199 A	30-11-1990

US 2005049770 A1	03-03-2005	CN 1846192 A	11-10-2006
		EP 1658556 A2	24-05-2006
		JP 4256390 B2	22-04-2009
		JP 2006515500 A	25-05-2006
		WO 2005025031 A2	17-03-2005
