

(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
9. August 2012 (09.08.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/104333 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H02J 3/18 (2006.01) **H02J 3/38** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/051645
- (22) Internationales Anmeldedatum:
1. Februar 2012 (01.02.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 000 459.9
2. Februar 2011 (02.02.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **UNIVERSITÄT KASSEL** [DE/DE];
Mönchebergstr. 19, 34125 Kassel (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HEIER, Sigfried** [DE/DE]; Kauthöfe 16, 34225 Baunatal (DE). **DA COSTA, Jean Patric** [DE/DE]; Wilhelmshöher Allee 28, 34117 Kassel (DE). **DZIENDZIOL, Christof** [DE/DE]; Im Vogelsang 10, 34233 Fuldatal (DE).
- (74) Anwälte: **KLEINE, Hubertus** et al.; Am Zwinger 2, 33602 Bielefeld (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, QA, RO, RS, RU, RW, 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, RW, 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:

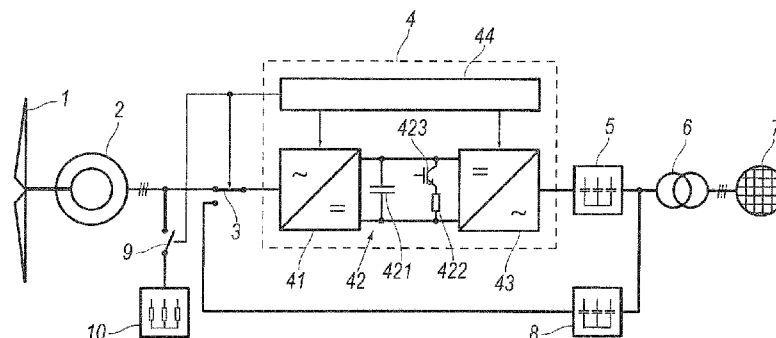
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING REACTIVE CURRENT WITH A CONVERTER AND CONVERTER ARRANGEMENT AND ENERGY SUPPLY PLANT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR LIEFERUNG VON BLINDSTROM MIT EINEM UMRICHTER SOWIE UMRICHTERANORDNUNG UND ENERGIEVERSORGUNGSANLAGE

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing reactive current with a converter (4), which has a generator-side converter unit (41) and a system-side converter unit (43), said converter units being connected to one another via a DC voltage intermediate circuit (42). The converter (4) in a normal operation state serves to convert and feed an electrical power produced by a generator (2, 2') into an energy supply system (7) and, in a faulty operation state, serves to provide electrical reactive current to the energy supply system (7). The method has the following steps. The generator-side converter unit (41) is isolated from the generator (2, 2') and connected to the energy supply system (7). Then, reactive current is provided to the energy supply system (7) by the system-side converter unit (43) and the generator-side converter unit (41). In addition, the invention relates to a converter arrangement and an energy supply plant, in which a changeover switch (3) is provided, via which a generator-side converter unit (41) can be connected either to a generator (2, 2') or to an energy supply system (7).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/104333 A1



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

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lieferung von Blindstrom mit einem Umrichter (4), der eine generatorseitige Umrichtereinheit (41) und eine netzseitige Umrichtereinheit (43) aufweist, die über einen Gleichspannungszwischenkreis (42) miteinander verbunden sind. Dabei dient der Umrichter (4) in einem Normalbetriebszustand der Umwandlung und Einspeisung einer von einem Generator (2, 2') gelieferten elektrischen Leistung in ein Energieversorgungsnetz (7) und in einem Fehlerbetriebszustand der Lieferung von elektrischem Blindstrom in das Energieversorgungsnetz (7). Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf. Die generatorseitige Umrichtereinheit (41) wird von dem Generator (2, 2') getrennt und mit dem mit dem Energieversorgungsnetz (7) verbunden. Dann wird Blindstrom durch die netzseitige Umrichtereinheit (41) und die generatorseitige Umrichtereinheit (43) an das Energieversorgungsnetz (7) geliefert. Die Erfindung betrifft zudem eine Umrichteranordnung und eine Energieversorgungsanlage, bei der ein Umschalter (3) vorgesehen ist, über den eine generatorseitige Umrichtereinheit (41) entweder mit einem Generator (2, 2') oder mit einem Energieversorgungsnetz (7) verbindbar ist.

Verfahren zur Lieferung von Blindstrom mit einem Umrichter sowie Umrichteranordnung und Energieversorgungsanlage

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lieferung von Blindstrom mit einem Umrichter, der eine generatorseitige Umrichtereinheit und eine netzseitige Umrichtereinheit aufweist, die über einen Gleichspannungszwischenkreis miteinander verbunden sind. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Umrichteranordnung und eine Energieversorgungsanlage, die zur Durchführung des Verfahrens eingerichtet sind.

Die Generatoren von regenerativen Energieversorgungsanlagen, zum Beispiel Windkraftanlagen oder Solarenergieanlagen, stellen die von ihnen erzeugte elektrische Leistung üblicherweise in einer Form bereit, die nicht zur unmittelbaren Einspeisung in ein Energieversorgungsnetz geeignet ist, beispielsweise als Wechselstrom mit variabler, von der Drehzahl des Rotors abhängiger Frequenz im Fall einer Windkraftanlage oder in Form von Gleichstrom im Fall eines Photovoltaikgenerators einer Solaranlage. Zur Umwandlung in einen zur Einspeisung in das Energieversorgungsnetz geeigneten Wechselstrom mit passender Spannung, Frequenz und Phasenlage werden Umrichter der eingangs genannten Art eingesetzt, bei denen eine generatorseitige Umrichtereinheit und eine netzseitige Umrichtereinheit über einen Gleichspannungszwischenkreis miteinander verbunden sind. Der Gleichspannungszwischenkreis weist dabei üblicherweise einen Kondensator als Energiezwischenspeicher auf, der eine gepulste Stromentnahme durch den netzseitigen Wechselrichter ermöglicht. Je nach Form des vom Generator erzeugten Stroms (z. B. Gleich- oder Wechselstrom; Spannungshöhe usw.) arbeitet die generatorseitige Umrichtereinheit dabei zum Beispiel als Hoch- oder Tiefsetzsteller oder als Gleichrichterbrücke.

Mit der zunehmenden Verbreitung von regenerativen Energieerzeugungsanlagen steigen die Anforderungen der Energieversorgungsunternehmen an die Parameter des bereitgestellten Stroms. Die Anforderungen werden in sogenannten Netzanschlussrichtlinien (Grid Code) spezifiziert. Während regenerative Energieerzeugungsanlagen bei Netzstörungen, zum Beispiel bei Span-

nungseinbrüchen, in der Vergangenheit noch abgeschaltet werden konnten, besteht inzwischen die Anforderung, bei Netzstörungen mit dem Energieversorgungsnetz verbunden zu sein und die Netzstörungen zu durchfahren (FRT - Fault Ride Through), so dass am Ende der Netzstörung möglichst unmittelbar wieder Leistung in das Energieversorgungsnetz eingespeist werden kann. Dabei ist insbesondere die Fähigkeit gefordert, Blindstrom und damit verbundene Blindleistung, insbesondere kapazitive Blindleistung zur Unterstützung der Netzspannung in das Energieversorgungsnetz einzuspeisen. Aktuell sind beispielsweise Netzanschlussrichtlinien üblich, in denen von den regenerativen Energieerzeugungsanlagen gefordert wird, einen Blindstrom von einer Größe, die dem Nennstrom der Energieerzeugungsanlage im Normalbetrieb entspricht, liefern zu können. Mit diesem Blindstrom ist die Lieferung einer entsprechenden Blindleistung durch die regenerativen Energieerzeugungsanlagen verbunden.

Dieser Forderung werden regenerative Energieerzeugungsanlagen bislang gerecht, in dem ein Umrichter der eingangs genannten Art eingesetzt wird, bei dem die netzseitige Umrichtereinheit im Fehlerfall so angesteuert wird, dass sie einen Blindstrom liefert. Den geforderten Blindstrom von der Größe des Nennstroms kann eine Umrichtereinheit ohne eine Änderung der Dimensionierung ihrer Schaltorgane, meist Leistungshalbleiter wie MOSFETs (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors), IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors), GTOs (Gate Turn-Off Thyristors) oder MCTs (MOS-Controlled Thyristors) leisten. Es wäre jedoch wünschenswert, einen Blindstrom größer als den Nennstrom liefern zu können, dieses würde bei den bekannten Umrichtern allerdings Leistungshalbleiter mit einer höheren Strombelastbarkeit erfordern, was eine Kostensteigerung bei der Herstellung der Umrichter zur Folge hätte.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Lieferung eines Blindstroms mit einem Umrichter der eingangs genannten Art zu schaffen, bei der der Umrichter in einem Normalbetriebszustand der Umwandlung und Einspeisung einer von einem Generator gelieferten elektrischen Leistung in ein Energieversorgungsnetz und in einem Fehlerbetriebszustand der Lieferung von Blindstrom an das Energieversorgungsnetz dient, wobei ein über

den Nennstrom des Umrichters hinaus gehender Blindstrom geliefert werden kann, ohne dass in dem Umrichter eingesetzte Leistungshalbleiter für eine höhere Strombelastung ausgelegt werden müssen. Es ist eine weitere Aufgabe, eine Umrichteranordnung und eine Energieversorgungsanlage anzugeben, die zur Durchführung des Verfahrens eingerichtet sind.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren, eine Umrichteranordnung und eine Energieversorgungsanlage mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß einem ersten Aspekt wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Lieferung von Blindstrom mit einem Umrichter gelöst, wobei der Umrichter eine generatorseitige Umrichtereinheit und eine netzseitige Umrichtereinheit aufweist, die über einen Gleichspannungszwischenkreis miteinander verbunden sind, und bei dem der Umrichter in einem Normalbetriebszustand der Umwandlung und Einspeisung einer von einem Generator gelieferten elektrischen Leistung in ein Energieversorgungsnetz und in einem Fehlerbetriebszustand der Lieferung von elektrischem Blindstrom in das Energieversorgungsnetz dient. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf: Die generatorseitige Umrichtereinheit wird von dem Generator getrennt und mit dem Energieversorgungsnetz verbunden. Dann wird Blindstrom durch die netzseitige Umrichtereinheit und die generatorseitige Umrichtereinheit an das Energieversorgungsnetz geliefert.

Durch die Trennung der generatorseitige Umrichtereinheit vom Generator und ihre Verbindung mit dem Energieversorgungsnetz können beide Umrichtereinheiten zur Blindstromlieferung genutzt werden und nicht nur, wie bislang, die eine netzseitige Umrichtereinheit. Ausgehend von einer für beide Umrichtereinheiten gleiche Strombelastbarkeit kann auf diese Weise die Größe des lieferbaren Blindstroms verdoppelt werden, ohne dass beim Umrichter Leistungshalbleiter mit höherer Strombelastbarkeit eingesetzt werden müssten. Mit Hilfe des Verfahrens kann eine Energieversorgungsanlage mit im Wesentlichen gleichen Komponenten einen erhöhten Blindstrom und somit eine erhöhte

Kurzschlussleistung zur Stützung des Energieversorgungsnetzes im Fehlerfall bereitstellen.

5 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens ist die netzseitige Umrichtereinheit über einen Filter mit dem Energieversorgungsnetz verbunden ist und die generatorseitige Umrichtereinheit wird im Fehlerbetriebszustand über einen weiteren Filter mit dem Energieversorgungsnetz verbunden. Auf diese Weise kann die Lieferung des doppelten Blindstroms erfolgen, ohne dass der üblicherweise zur Glättung vorgesehene Filter, der auch Sinusfilter genannt
10 wird, für eine doppelte Strombelastung ausgelegt wird, was seine Filtereigenschaften im Normalbetrieb verschlechtern würde.

15 Gemäß einem zweiten Aspekt wird die Aufgabe durch eine Umrichteranordnung zur Einspeisung einer von einem Generator gelieferten elektrischen Leistung in ein Energieversorgungsnetz gelöst, umfassend einen Umrichter, der eine generatorseitige Umrichtereinheit und eine netzseitige Umrichtereinheit aufweist, die über einen Gleichspannungszwischenkreis miteinander verbunden sind. Die Umrichteranordnung zeichnet sich dadurch aus, dass ein Umschalter vorgesehen ist, über den die generatorseitige
20 Umrichtereinheit entweder mit dem Generator oder mit dem Energieversorgungsnetz verbindbar ist. Eine derartige Umrichteranordnung erlaubt eine Durchführung des oben angegebenen Verfahrens.

25 Gemäß einem dritten Aspekt wird die Aufgabe durch eine Energieversorgungsanlage mit einer solchen Umrichteranordnung gelöst. Die Vorteile der Umrichteranordnung und der Energieversorgungsanlage entsprechen denen des beschriebenen Verfahrens.

30 Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen mit Hilfe von drei Figuren näher erläutert.

Die Figuren zeigen:

- Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer Windkraftanlage mit einem Synchrongenerator und einem Vollumrichter,
- Fig. 2 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Lieferung von Blindstrom und
- Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild einer Photovoltaikanlage.

Figur 1 zeigt eine Windkraftanlage als ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Energieversorgungsanlage in einem schematischen Blockschaltbild.

Die Windkraftanlage weist Rotorflügel 1 auf, die mit einem Rotor eines Generators 2 gekoppelt sind. Dieses kann direkt oder über ein in der Figur nicht dargestelltes optionales Getriebe erfolgen. Der Generator 2 ist mit Statorwicklungen elektrisch über einen Umschalter 3 mit einem Umrichter 4 verbunden, der wiederum über einen Filter 5 und einen Transformator 6 mit einem Energieversorgungsnetz 7 zur Einspeisung von elektrischer Energie in dasselbe verbunden ist. Der Filter 5 dient dabei der Formung des Wechselstromsignals und wird daher auch als Sinusfilter bezeichnet. Er weist kapazitive und ggf. induktive Elemente auf. Es sei darauf hingewiesen, dass bei einer anmeldungsgemäßen Energieversorgungsanlage ein Transformator nicht zwingend vorgesehen sein muss. Ein erfindungsgemäßes Verfahren kann auch mit einem Umrichter ausgeführt werden, der für eine direkte, nicht galvanisch getrennte Einspeisung ausgelegt ist. Auch der Filter 5 ist, je nach Ausführung des Umrichters, nicht zwingend vorhanden. Ebenfalls beispielhaft sind die elektrischen Verbindungen dreiphasig dargestellt. Die Windkraftanlage kann jedoch ebenso wie weitere anmeldungsgemäße regenerative Energieversorgungsanlagen für eine beliebige Anzahl von Phasen, insbesondere für eine oder zwei elektrische Phasen ausgelegt sein. Zwischen dem Umrichter 4 und dem Energieversorgungsnetz 7 können zudem weitere Elemente angeordnet sein, z. B. Schutzorgane oder Trennorgane, deren Einsatz in Energieerzeugungsanlagen grundsätzlich bekannt oder vorgeschrieben ist und die zur einfacheren Darstellung in der Figur nicht wiedergegeben sind.

Der Generator 2 des Ausführungsbeispiels der Figur 1 ist beispielhaft ein permanent erregter Synchrongenerator, der an seinem Ausgang eine Wechselspannung mit einer Frequenz bereit stellt, die von der Drehzahl der Rotorflügel 1 abhängig ist. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird der gesamte erzeugte elektrische Strom über den Umrichter 4 geführt, der daher auch als Vollumrichter bezeichnet wird. Es sei jedoch bereits jetzt darauf hingewiesen, dass das erfindungsgemäße Verfahren im Zusammenhang mit jeder Energieversorgungsanlage umgesetzt werden kann, bei der erzeugte elektrische Leistung - ganz oder teilweise - über einen Umrichter in ein Energieversorgungsnetz geführt wird. Insbesondere kann als Generator auch ein Asynchrongenerator mit Kurzschlussläufer eingesetzt werden, der ebenfalls mit einem Vollumrichter betrieben wird. Auch die Verwendung eines doppelt gespeisten Asynchrongenerators (DASG) ist möglich, bei der dann jedoch nicht der gesamte, sondern nur der Rotorstrom über einen Umrichter geführt wird.

Der Umrichter 4 weist eine generatorseitige Umrichtereinheit 41 auf, die beim dargestellten Ausführungsbeispiel den vom Generator 2 zugeführten Wechselstrom in einen Gleichstrom umwandelt. Der Gleichstromausgang der generatorseitigen Umrichtereinheit 41 ist mit einem Gleichspannungszwischenkreis 42 verbunden, der einen Kondensator 421 zur Glättung der Spannung in diesem Gleichspannungszwischenkreis 42 aufweist. Weiter weist der Umrichter eine netzseitige Umrichtereinheit 43 auf, die als Gleichstrom-/Wechselstrom-(DC/AC - Direct Current/Alternating Current) -Wandler ausgeführt ist. Gleichspannungsseitig ist die netzseitige Umrichtereinheit 43 mit dem Gleichspannungszwischenkreis 42 verbunden und wechsellspannungsseitig mit dem Filter 5.

Weiter ist beim Umrichter 4 eine Steuereinrichtung 44 vorgesehen, die unter anderem die generatorseitige Umrichtereinheit 42 und die netzseitige Umrichtereinheit 43 ansteuert. Beide Umrichtereinheiten 42, 43 weisen üblicherweise eine Halbleiter-Leistungsendstufe mit einer oder mehreren Halb- oder Vollbrücken auf. Die Leistungshalbleiterschalter der netzseitigen Umrichtereinheit 43 werden dabei über die Steuereinrichtung 44 derart ange-

steuert, dass Energie aus dem Gleichspannungszwischenkreis 42 in geeigneter Spannung, Frequenz und Phasenlage in das Energieversorgungsnetz 7 eingespeist wird.

5 Die generatorseitige Umrichtereinheit 41 dient im gezeigten ersten Ausführungsbeispiel im Normalbetrieb dem Gleichrichten des von dem Generator 2 gelieferten Wechselstroms. Dieses wäre prinzipiell auch mit Dioden, also nicht aktiv schaltbaren Elementen, möglich. Die generatorseitige Umrichtereinheit 41 ist dennoch mit aktiven Schaltelementen ausgestattet, die von der Steuereinrichtung 44 angesteuert werden. Dieses ist zum einen für die Durchführung des anmeldungsgemäßen Verfahrens notwendig, wie weiter unten beschrieben ist, ist zum anderen aber auch im Normalbetrieb vorteilhaft, zum Beispiel zur Regelung der Spannung im Gleichspannungszwischenkreis 42. Zur korrekten Einstellung der Parameter des eingespeisten Stroms wird der Steuereinrichtung 44 10 üblicherweise noch die Netzspannung des Energieversorgungsnetzes 7 zugeführt, was aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Figur nicht dargestellt ist. Zudem sind in der Regel verschiedene Spannungs- und/oder Stromsensoren generatorseitig, netzseitig und im Gleichspannungszwischenkreis vorgesehen. Diese sind ebenfalls aus Gründen der Übersichtlichkeit weder in dieser Figur 15 noch bei dem nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiel dargestellt.

Neben der Steuerung des Umrichters 4 dient die Steuereinrichtung 44 zudem der Ansteuerung des Umschalters 3. Im Ruhezustand des Umschalters 3, der in einem Normalbetrieb der Windkraftanlage eingenommen wird, verbindet der 25 Umschalter 3 die Strom liefernden Anschlüsse des Generators 2 mit der generatorseitigen Umrichtereinheit 41 des Umrichters 4 zur Umwandlung und letztlich Einspeisung der vom Generator 2 erzeugten elektrischen Energie in das Energieversorgungsnetz 7. Der Umschalter ist bevorzugt ein elektromagnetisch betätigtes Schütz. Es können jedoch auch andere Schaltorgane, z. B. Halbleiterschalter, als Umschalter 3 eingesetzt werden. 30

In einem Fehlerbetriebszustand, in dem bei Netzfehlern Blindstrom an das Stromversorgungsnetz 7 geliefert werden soll, wird der Umschalter 3 von der Steuereinrichtung 44 betätigt. Durch die Betätigung des Umschalters 3 wird die

generatorseitige Umrichtereinheit 41 mit ihrem Wechselstromeingang über einen weiteren Filter 8 und über den Transformator 6 mit dem Energieversorgungsnetz 6 verbunden.

5 Mit Betätigung des Umschalters 3 wird von der Steuereinrichtung 44 zudem die Ansteuerung der generatorseitigen Umrichtereinheit 41 und der netzseitigen Umrichtereinheit 43 so verändert, dass Blindstrom an das Energieversorgungsnetz 7 geliefert wird. Der Umschalter 3 ermöglicht in Verbindung mit der entsprechenden Ansteuerung der Leistungshalbleiterschalter somit, dass neben
10 der netzseitigen Umrichtereinheit 43 auch die generatorseitige Umrichtereinheit 41 einen Blindstrom an das Energieversorgungsnetz 7 liefert. Der von der Energieversorgungsanlage im Netzfehlerfall lieferbare Blindstrom kann somit doppelt so groß wie der Nennstrom sein. Falls dabei ein Wirkstrom- bzw. -leistungsfluss von dem Energieversorgungsnetz 7 in den Gleichspannungszwischenkreis 42 einsetzt, kann, wie bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel,
15 über einen im Gleichspannungszwischenkreis 42 vorgesehenen Entladewiderstand 422 durch entsprechende Ansteuerung eines dazu in Serie geschalteten Entladeschalters 423 elektrische Leistung aus dem Gleichspannungszwischenkreis 42 entnommen werden.

20 Von der Steuereinrichtung 44 wird in dem Fehlerbetriebszustand zudem ein Schutzkreisschalter 9 angesteuert, über den der Generator 2 mit einem Schutzkreis 10 verbunden werden kann. Der Schutzkreis 10 dient der Aufnahme von überschüssiger kinetischer Energie, die das System aus Rotorflügeln 1 und Generator 2 zum Zeitpunkt des Aktivierens des Umschalters 3 inne hat.
25 Strom- und Spannungsspitzen am Generator 2 werden dadurch reduziert. Der Schutzkreis 10 weist zum Beispiel Wirkwiderstände auf, in denen die Leistung des Generators 2 in Wärmeenergie umgesetzt wird. Zudem kann im Schutzkreis 10 ein elektronisches Schaltelement vorgesehen sein, über das die dämpfende Wirkung des Widerstandsnetzwerkes in einem
30 Pulsweitenmodulationsverfahren gesteuert werden kann. Um eine zu starke Wärmebelastung im Widerstandsnetzwerk zu verhindern, können Rotorflügel 1 und Generator 2 zusätzlich gebremst werden. Maßnahmen dafür sind aus dem Stand der Technik bekannt und umfassen eine Änderung der Neigungseinstel-

lung der Rotorflügel 1, ein Verschwenken der Ausrichtung der Rotorachse relativ zur Windrichtung oder auch eine Betätigung einer mechanisch wirkenden Rotorbremse.

- 5 In Figur 2 ist das Verfahren zur Lieferung von Blindstrom durch einen Umrichter nochmals in Form eines Flussdiagramms dargestellt. Das Verfahren kann zum Beispiel mit der im Zusammenhang mit Figur 1 dargestellten Windkraftanlage ausgeführt werden. Es wird daher beispielhaft mit Bezug auf Figur 1 erklärt.
- 10 In einem ersten Schritt S1 wird die Anlage zur Erzeugung von regenerativer Energie in einem Normalbetriebszustand betrieben, in dem der Generator 2 über den Umschalter 3 mit dem Umrichter 4 verbunden ist. Von der generatorseitigen Umrichtereinheit 41 wird der vom Generator 2 gelieferte Wechselstrom in einen Gleichstrom umgewandelt, der dem Gleichspannungszwischenkreis 42 und damit dem Kondensator 421 zugeführt wird. Der Gleichstrom wird von der
- 15 netzseitigen Umrichtereinheit 43 in eine Wechselspannung umgewandelt, die nach Glättung durch den Filter 5 und Übersetzung durch den Transformator 6 bezüglich ihrer Spannung, Frequenz und Phasenlage zur Einspeisung in das Energieversorgungsnetz 7 geeignet ist.
- 20 In einem zweiten Schritt S2 wird von einer nicht dargestellten Überwachungs- und Steuereinheit ein Netzfehler detektiert und der Steuereinrichtung 44 des Umrichters 4 signalisiert.
- 25 In einem Schritt S3 werden von der Steuereinrichtung 44 die Leistungshalbleiterschalter zumindest der generatorseitigen Umrichtereinheit 41, optional auch der netzseitigen Umrichtereinheit 43 in einen nicht leitenden Zustand gebracht. Die entsprechende generatorseitige Umrichtereinheit 41 (und ggf. auch die netzseitigen Umrichtereinheit 43) wird damit inaktiv.
- 30 Daraufhin wird in einem nächsten Schritt S4 der Umschalter 3 von der Steuereinrichtung 44 betätigt, wodurch die generatorseitige Umrichtereinheit 41 über den weiteren Filter 8 parallel zur netzseitigen Umrichtereinheit 43 geschaltet wird. Zudem wird in diesem Schritt S4 der Schutzkreisschalter 9 betätigt, um

die kinetische Energie des Generators 2 und der Rotorflügel 1 über den Schutzkreis 10 abzubauen.

5 In einem nächsten Schritt S5 steuert die Steuereinrichtung 44 die Leistungshalbleiter der generatorseitigen Umrichtereinheit 41 und der netzseitigen Umrichtereinheit 43 so an, dass Blindstrom an das Energieversorgungsnetz 7 geliefert wird. Zudem wird die Spannung im Gleichspannungszwischenkreis 42 überwacht und bei Überschreiten einer vorgegebenen Grenzspannung wird ggf. der Entladeschalter 423 betätigt, um den Kondensator 421 über den
10 Entladewiderstand 422 zu entladen.

Nach Beendigung der Netzstörung wird der Steuereinrichtung 44 wiederum von der Überwachungs- und Steuereinrichtung signalisiert, wieder den normalen Betriebszustand einzunehmen. Daraufhin werden die Schritte S5 bis S3 und S1
15 im Wesentlichen in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen: Zunächst wird die Ansteuerung der Leistungshalbleiterschalter der generatorseitigen Umrichtereinheit 41 und der netzseitigen Umrichtereinheit 43 ausgesetzt, so dass die beiden Umrichtereinheiten inaktiv sind. Danach werden von der Steuereinrichtung 44 sowohl der Schutzkreisschalter 9 als auch der Umschalter 3 in
20 den Ruhezustand versetzt, d. h. der Schutzkreisschalter 9 wird geöffnet und der Schutzkreisschalter 3 in eine Stellung gebracht, in der die generatorseitige Umrichtereinheit 41 wieder mit dem Generator 2 verbunden ist. Gegebenenfalls vorgenommene Bremsmittel an den Rotorflügeln 1 oder dem Generator 2 werden aufgehoben. Die Leistungshalbleiterschalter sowohl der generatorseitigen
25 Umrichtereinheit 41 als auch der netzseitigen Umrichtereinheit 43 werden nachfolgend wieder so angesteuert, dass ein Wirkleistungsfluss von dem Generator 2 zum Energieversorgungsnetz 7 erfolgt und die Windkraftanlage wieder im Normalbetrieb arbeitet.

30 Figur 3 zeigt analog zu Figur 1 eine Solarenergieanlage als ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Energieerzeugungsanlage mit einer anmeldungsgemäßen Umrichteranordnung. Gleiche Bezugszeichen kennzeichnen in diesem Ausführungsbeispiel gleiche oder gleichwirkende Elemente wie beim Ausführungsbeispiel der Figur 1.

Bei der Solarenergieanlage dient ein Photovoltaikgenerator 2' der Stromerzeugung. Der Übersichtlichkeit halber ist der Photovoltaikgenerator 2' durch das Schaltsymbol einer einzelnen Photovoltaikzelle symbolisiert. Es versteht sich jedoch, dass der Photovoltaikgenerator 2' eine Serien-und/oder Parallelschaltung einer Vielzahl von Photovoltaikmodulen darstellen kann, die ihrerseits eine Mehrzahl von Photovoltaikzellen aufweisen können.

Ein dem Schutzkreisschalter 9 und dem Schutzkreis 10 der Windkraftanlage der Figur 1 entsprechendes Element zur Aufnahme von Wirkleistung aus dem Generator im Fehlerbetriebszustand ist hier nicht vorgesehen. Falls der Photovoltaikgenerator 2' nicht mit dem Umrichter 4 verbunden ist, stellt sich am Ausgang des Photovoltaikgenerators 2' dessen Leerlaufspannung ein. Sollte dieses, zum Beispiel aus Sicherheitsgründen, unerwünscht sein, kann ein Schalter analog zum Schutzkreisschalter 9 vorgesehen sein, der dann jedoch als Kurzschlusschalter ausgeführt sein kann und den Photovoltaikgenerator 2' kurzschließt.

Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 ist die Solarenergieanlage hier zur direkten, nicht galvanisch getrennten Einspeisung auf einer Phase des Energieversorgungsnetzes 7 eingerichtet. Es versteht sich, dass eine mehrphasige Auslegung, ggf. mit Transformator, hier ebenfalls möglich wäre.

Da der Photovoltaikgenerator 2' an seinen Ausgängen Gleichstrom bereitstellt, ist der Umrichter 4 nicht als Frequenzumrichter, sondern als Wechselrichter mit Hoch- oder Tiefsetzstufe als generatorseitiger Umrichtereinheit 41 ausgestaltet. Dabei weist die generatorseitige Umrichtereinheit 41 beispielsweise eine H-Schaltbrücke, auch Vollwellenschaltbrücke genannt, auf. Sie kann damit grundsätzlich an ihrem Eingang nicht nur mit Gleich- sondern auch mit Wechselstrom beaufschlagt werden. Ob die generatorseitige Umrichtereinheit 41 als hoch- oder tiefsetzstellender DC/DC-Wandler oder als AC/DC-Wandler arbeitet, ist lediglich von der Art der Ansteuerung ihrer Leistungshalbleiterschalter durch die Steuereinrichtung 44 abhängig. Während sie im Normalbetriebszustand als DC/DC-Stufe arbeitet, wird im Fehlerbetriebszustand nach Betätigen des Umschalters 3 in einer Betriebsweise als AC/DC-Wandler die Lieferung von Blind-

strom an das Energieversorgungsnetz 7, wie im Zusammenhang mit den Figuren 1 und 2 beschrieben, möglich.

5 Ein weiterer Unterschied zum Ausführungsbeispiel der Figur 1 betrifft den weiteren Filter 8. Der Umschalter 3 weist zwei Kontaktsätze 3a, 3b auf, wobei die Verbindung des weiteren Filters 8 mit dem Energieversorgungsnetz 7 derart über den zweiten Kontaktsatz 3b geführt ist, dass der weitere Filter 8 nur im Fehlerbetriebsfall mit dem Energieversorgungsnetz 7 verbunden ist. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass im Normalbetriebszustand der weitere Filter 8 die Filtereigenschaften des Filters 5 unter Umständen negativ beeinflusst.

10

Bezugszeichenliste

	1	Rotorflügel
5	2	Generator
	2'	Photovoltaikgenerator
	3	Umschalter
	4	Umrichter
	41	generatorseitige Umrichtereinheit
10	42	Gleichspannungszwischenkreis
	421	Kondensator
	422	Entladewiderstand
	423	Entladeschalter
	43	netzseitige Umrichtereinheit
15	44	Steuereinrichtung
	5	Filter
	6	Transformator
	7	Energieversorgungsnetz
	8	weiterer Filter
20	9	Schuttkreissschalter
	10	Schuttkreiswiderstand

Ansprüche

1. Verfahren zur Lieferung von Blindstrom mit einem Umrichter (4), der eine
generatorseitige Umrichtereinheit (41) und eine netzseitige
5 Umrichtereinheit (43) aufweist, die über einen Gleichspannungszwischen-
kreis (42) miteinander verbunden sind, wobei der Umrichter (4)
 - in einem Normalbetriebszustand der Umwandlung und Einspeisung ei-
ner von einem Generator (2, 2') gelieferten elektrischen Leistung in ein
Energieversorgungsnetz (7) und
 - 10 – in einem Fehlerbetriebszustand der Lieferung von elektrischem Blind-
strom in das Energieversorgungsnetz (7)
dient, mit den folgenden Schritten:
 - Trennen der generatorseitigen Umrichtereinheit (41) von dem Genera-
tor (2, 2'),
 - 15 – Verbinden der generatorseitigen Umrichtereinheit (41) mit dem Ener-
gieversorgungsnetz (7) und
 - Liefern von Blindstrom an das Energieversorgungsnetz (7) durch die
netzseitige Umrichtereinheit (41) und die generatorseitige
Umrichtereinheit (43).
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die netzseitige Umrichtereinheit (41)
und die generatorseitige Umrichtereinheit (43) Leistungshalbleiterschalter
aufweisen und wobei im Fehlerbetriebszustand die Lieferung von Blind-
strom durch eine geeignete Ansteuerung der Leistungshalbleiterschalter
25 der netzseitigen Umrichtereinheit (41) und der generatorseitigen
Umrichtereinheit (43) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die netzseitige Umrichtereinheit
(41) über einen Filter (5) mit dem Energieversorgungsnetz (7) verbunden
30 ist und wobei die generatorseitige Umrichtereinheit (41) im Fehlerbe-
triebszustand über einen weiteren Filter (8) mit dem Energieversorgungs-
netz (7) verbunden wird.

4. Umrichteranordnung zur Einspeisung einer von einem Generator (2, 2')
gelieferten elektrischen Leistung in ein Energieversorgungsnetz (7) mit ei-
nem Umrichter (4), der eine generatorseitige Umrichtereinheit (41) und ei-
ne netzseitige Umrichtereinheit (43) aufweist, die über einen Gleichspan-
nungszwischenkreis (42) miteinander verbunden sind, dadurch gekenn-
zeichnet, dass
ein Umschalter (3) vorgesehen ist, über den die generatorseitige
Umrichtereinheit (41) entweder mit dem Generator (2, 2') oder mit dem
Energieversorgungsnetz (7) verbindbar ist.
5. Umrichteranordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der
Umrichter (4) eine Steuereinrichtung (44) aufweist, die zur Ansteuerung
des Umschalters (4) mit diesem verbunden ist und die zur Durchführung
eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3 eingerichtet ist.
6. Umrichteranordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die
netzseitige Umrichtereinheit (41) und die generatorseitige Umrichtereinheit
(43) des Umrichters (4) Leistungshalbleiterschalter aufweisen, die über die
Steuereinrichtung (44) angesteuert werden.
7. Umrichteranordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekenn-
zeichnet, dass die netzseitige Umrichtereinheit (41) über einen Filter (5)
mit dem dem Energieversorgungsnetz (7) verbunden ist und dass ein wei-
terer Filter (8) vorgesehen ist, über den die generatorseitige
Umrichtereinheit (41) im Fehlerbetriebszustand mit dem Energieversor-
gungsnetz (7) verbunden ist.
8. Energieversorgungsanlage, aufweisend eine Umrichteranordnung gemäß
einem der Ansprüche 4 bis 7.
9. Energieversorgungsanlage nach Anspruch 8, die eine Windkraftanlage ist.

10. Energieversorgungsanlage nach Anspruch 8 oder 9, bei der der Generator (2) ein Synchrongenerator oder ein Asynchrongenerator mit Kurzschlussläufer ist.
- 5 11. Energieversorgungsanlage nach Anspruch 8 oder 9, bei der der Generator (2) ein doppelt gespeister Asynchrongenerator ist und der Umrichter (4) in einem Rotorstromkreis angeordnet ist.
- 10 12. Energieversorgungsanlage nach Anspruch 8, die eine Solarenergieanlage ist.

Fig. 1

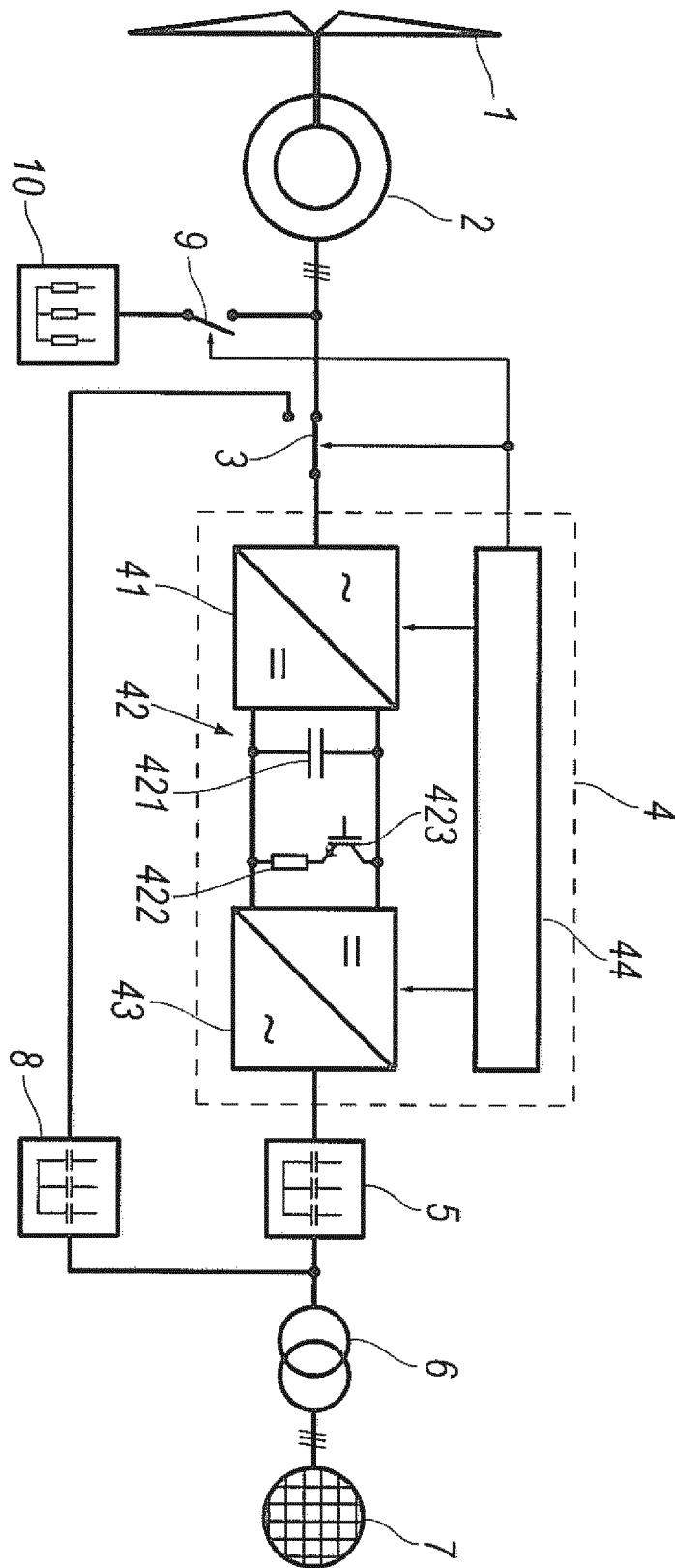


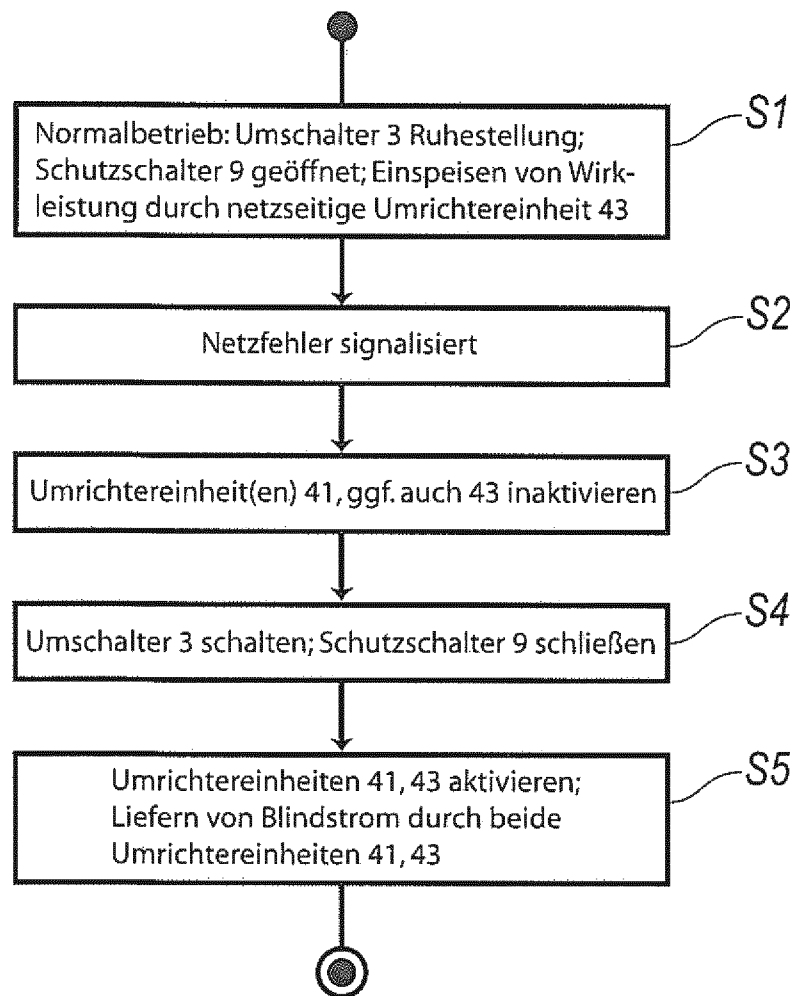
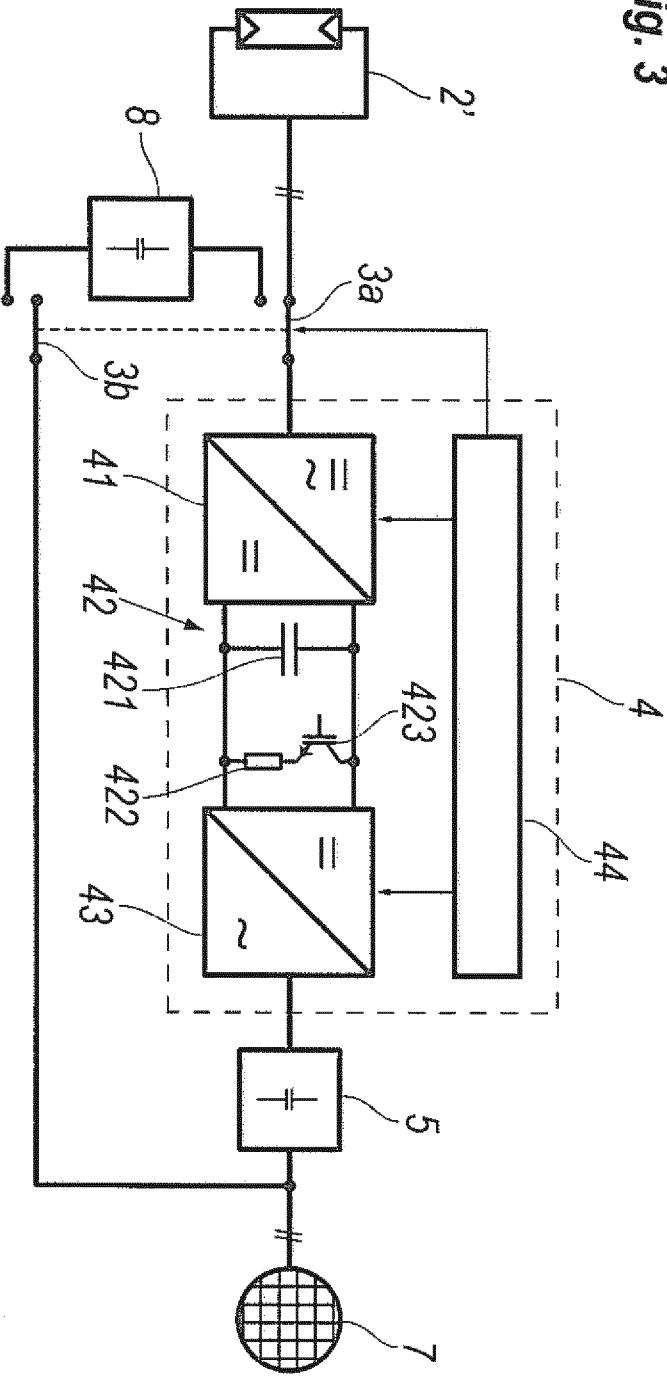
Fig. 2

Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/051645

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02J3/18 H02J3/38
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)
H02J

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 practicable, 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	US 2008/093855 A1 (WALLING REIGH [US]) 24 April 2008 (2008-04-24) paragraphs [0014] - [0017]; figure 2 -----	1-12
A	US 2005/200337 A1 (SCHREIBER DEJAN [DE] ET AL) 15 September 2005 (2005-09-15) figure 1 -----	1-12



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 application or patent 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

22 May 2012

Date of mailing of the international search report

31/05/2012

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

Baur, Christoph

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/051645

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008093855	A1	24-04-2008	CN 101092941 A 26-12-2007
			DE 102007028582 A1 20-12-2007
			ES 2340236 A1 31-05-2010
			US 2007290506 A1 20-12-2007
			US 2008093855 A1 24-04-2008

US 2005200337	A1	15-09-2005	AT 514219 T 15-07-2011
			CN 1645730 A 27-07-2005
			DE 102004003657 A1 18-08-2005
			DK 1557925 T3 26-09-2011
			EP 1557925 A2 27-07-2005
			ES 2367487 T3 03-11-2011
			US 2005200337 A1 15-09-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/051645

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02J3/18 H02J3/38
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02J

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	US 2008/093855 A1 (WALLING REIGH [US]) 24. April 2008 (2008-04-24) Absätze [0014] - [0017]; Abbildung 2 -----	1-12
A	US 2005/200337 A1 (SCHREIBER DEJAN [DE] ET AL) 15. September 2005 (2005-09-15) Abbildung 1 -----	1-12



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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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

22. Mai 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31/05/2012

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

Baur, Christoph

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/051645

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2008093855	A1	24-04-2008	CN	101092941 A	26-12-2007
			DE	102007028582 A1	20-12-2007
			ES	2340236 A1	31-05-2010
			US	2007290506 A1	20-12-2007
			US	2008093855 A1	24-04-2008

US 2005200337	A1	15-09-2005	AT	514219 T	15-07-2011
			CN	1645730 A	27-07-2005
			DE	102004003657 A1	18-08-2005
			DK	1557925 T3	26-09-2011
			EP	1557925 A2	27-07-2005
			ES	2367487 T3	03-11-2011
			US	2005200337 A1	15-09-2005
