

(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
02. Januar 2020 (02.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/002656 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02J 3/38 (2006.01) H02M 7/00 (2006.01)
H02J 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/067438

(22) Internationales Anmeldedatum:

28. Juni 2019 (28.06.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2018 115 794.0

29. Juni 2018 (29.06.2018) DE

(71) Anmelder: **WOBEN PROPERTIES GMBH** [DE/DE];
Borsigstraße 26, 26607 Aurich (DE).

(72) Erfinder: **QUITMANN, Eckard**; Colmarer Straße 4,
28211 Bremen (DE).

(74) Anwalt: **EISENFÜHR SPEISER PATENTANWÄLTE
RECHTSANWÄLTE PARTGMBB** et al.; Postfach 10 60
78, 28060 Bremen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, 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.

(54) Title: INVERTER WITH DIRECT VOLTAGE SOURCE AND CONTROL UNIT

(54) Bezeichnung: WECHSELRICHTER MIT GLEICHSPANNUNGSQUELLE UND STEUEREINHEIT

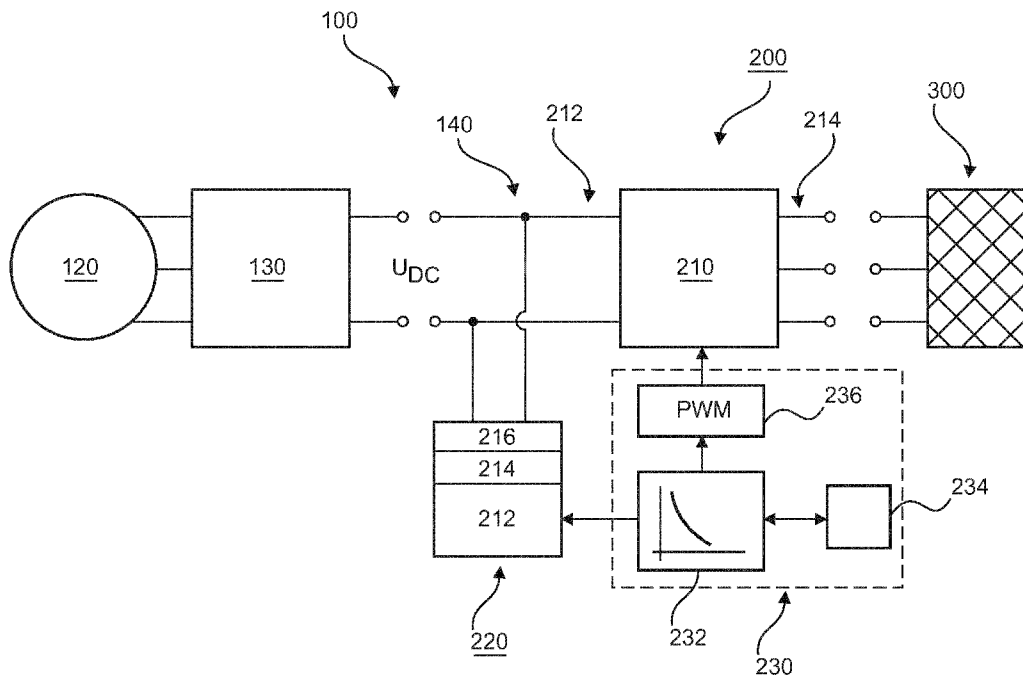


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a device for feeding electrical energy to a three-phase electrical grid which has a grid voltage and a grid frequency and is characterised by a grid nominal voltage and a grid nominal frequency, comprising: an inverter at least having a property from the following list, comprising: a) an in particular fast power response to a frequency fault in the electrical grid; b) an in particular fast current response to a voltage fault in the electrical grid; c) an in particular fast current response to a grid fault, more particularly in accordance with a), b), d), e), f) or g), wherein the maximum current is not exceeded; d) a phase shift capability which permits a phase shift of the grid voltage of at least 20° to be handled; e) a feeding of electric voltages and/or currents, which is provided to minimise detected harmonics of the voltage or the currents in the electrical grid; f) a feeding of electric currents, in particular

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, 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)

asymmetric currents, which is provided to minimise voltage asymmetries in the electrical grid; g) a feeding of electric power, which is provided to carry out a damping of grid vibrations, in particular power oscillations, preferably low-frequency or subsynchronous power oscillations, in the electrical grid.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges, elektrisches Versorgungsnetz, welches eine Netzspannung und eine Netzfrequenz aufweist und durch eine Netzspannung und eine Netzfrequenz gekennzeichnet ist, umfassend: einen Wechselrichter wenigstens aufweisend eine Eigenschaft der nachfolgenden Liste, umfassend: a) eine, insbesondere schnelle, Leistungsantwort auf eine Frequenzstörung im elektrischen Versorgungsnetz; b) eine, insbesondere schnelle, Stromantwort auf eine Spannungsstörung im elektrischen Versorgungsnetz; c) eine, insbesondere schnelle, Stromantwort, auf eine Netzstörung, insbesondere gemäß a), b), d), e), f) oder g), bei der der Maximalstrom nicht überschritten wird; d) eine Phasensprungfähigkeit, die ein Durchfahren eines Phasensprunges der Netzspannung um wenigstens 20° erlaubt; e) eine Einspeisung elektrischer Spannungen und/oder Ströme, die dazu vorgesehen ist, Vorgefundene Oberschwingungen der Spannung bzw. der Ströme im elektrischen Versorgungsnetz zu minimieren; f) eine Einspeisung elektrischer Ströme, insbesondere unsymmetrischer Ströme, die dazu vorgesehen ist, Spannungsunsymmetrien im elektrischen Versorgungsnetz zu minimieren; g) eine Einspeisung elektrischer Leistung, die dazu vorgesehen ist, eine Dämpfung von Netzschwingungen, insbesondere von Leistungspendelungen, bevorzugt von niederfrequenten oder subsynchronen Leistungspendelungen, im elektrischen Versorgungsnetz vorzunehmen.

WECHSELRICHTER MIT GLEICHSPANNUNGSGUELLE UND STEUEREINHEIT

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie sowie eine Einspeiseeinheit umfassend eine solche Vorrichtung, wie bspw. eine Windenergieanlage, eine Ladestation für Elektroautos oder eine Photovoltaikanlage, eine Kopfstation einer Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung bzw. ein leistungselektronischer Container, insbesondere zur Anbindung von Batterien oder anderen Speichermedien.

Im Bereich der elektrischen Energieversorgung wird elektrische Energie häufig mittels elektrischer Wechselrichter in das elektrische Versorgungsnetz eingespeist, wie es bspw. bei einer Windenergieanlage der Fall ist.

Die hierfür erhältlichen Wechselrichter weisen eine Reihe von Nachteilen auf, die den zukünftigen Anforderungen des elektrischen Versorgungsnetzes noch nicht gerecht werden.

So sind Wechselrichter bspw. nur bedingt fähig dem Netz bei bestimmten Netzfehlern die gleiche Stützung zu liefern, wie dies traditionell von Synchrongeneratoren bereitgestellt wird, bspw. von konventionelle Kraftwerken.

Dies kann bspw. daran liegen, dass die dazugehörige Steuereinheit den Netzfehler zunächst messtechnisch erkennen muss, und erst danach, d.h. mit einer gewissen Zeitverzögerung, netzstützend reagieren kann.

Ferner kann es auch sein, dass der Wechselrichter selbst technisch nicht dazu ausgelegt ist, dem Netz bei Auftreten eines bestimmten Netzfehlers die gleiche Stützung zu gewährleisten, wie ein Synchrongenerator, z.B. wenn die benötigte Energiezufuhr zum Wechselrichter für die gewünschte Stützung des Netzfehlers schlicht nicht ausreicht.

- 5 In solchen Fällen ist die Einspeiseeinheit dann nicht dazu geeignet, das elektrische Versorgungsnetz entsprechend zu stützen und somit stellt diese aus Sicht des elektrischen Versorgungsnetzes dann auch keinen vollwertigen Ersatz gegenüber einem Synchrongenerator in einem konventionellen Kraftwerk dar.

Das Deutsche Patent- und Markenamt hat in der Prioritätsanmeldung zu vorliegender PCT-Anmeldung folgenden Stand der Technik recherchiert: US 2011 / 0 089 693 A1, WO 2018/ 148 835 A1, US 2012/0 205 981 A1, US 6 946 750 B2, DE 10 2014 113 262 A1 und US 2013/0 166 081 A1.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, zumindest eines der oben genannten Probleme zu adressieren, insbesondere soll eine Lösung vorgeschlagen werden, die es ermöglicht, konventionelle Kraftwerke durch dezentrale Einspeiser bzw. Einspeiseeinheiten, wie bspw. Windenergieanlagen, möglichst vollwertig zu ersetzen. Zumindest soll eine Alternative zu bisher bekannten Lösungen und Verfahren für bzw. in Wechselrichtern vorgeschlagen werden.

Erfindungsgemäß wird somit eine Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges, elektrisches Versorgungsnetz vorgeschlagen, wobei das elektrische Versorgungsnetz eine Netzspannung und eine Netzfrequenz aufweist und durch eine Netzspannung und eine Netznennfrequenz gekennzeichnet ist.

Die Vorrichtung selbst umfasst hierfür wenigstens einen Wechselrichter, eine Gleichspannungsquelle und eine Steuereinheit.

- 25 In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie Bestandteil einer Windenergieanlage oder einer Ladestation für Elektroautos oder einer Photovoltaikanlage oder einer HGÜ-Strecke, Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ), oder einer Einspeiseeinheit, die auf der einen Seite mit einem wie auch immer gearteten Energiespeicher verbunden ist, und auf der anderen Seite mit dem elektrischen Versorgungsnetz, um das elektrische Versorgungsnetz mit Leistung zu versorgen bzw. das elektrische Versorgungsnetz überhaupt erst zu bilden, also es unter Spannung zu setzen oder in Netzfehlerfällen stützen, bspw. durch Wirk- und Blindleistungsstellung oder um die

Frequenz und die Spannung des elektrischen Versorgungsnetzes in gewünschten Grenzen zu halten.

Der Wechselrichter der erfindungsgemäßen Vorrichtung, der auch ein Wechselrichtermodul sein kann, ist durch eine Nennleistung gekennzeichnet und weist einen Wechselrichtereingang sowie einen Wechselrichterausgang auf.

Der Wechselrichterausgang ist hierbei dazu vorbereitet einen vorbestimmten Maximalstrom zu führen und ferner dazu eingerichtet, mit dem elektrischen Versorgungsnetz verbunden zu werden, bspw. einem dreiphasigen, elektrischen Versorgungsnetz mit einer Netznennfrequenz von z.B. 50 Hz oder 60 Hz. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Wechselrichterausgang hierfür ebenfalls dreiphasig ausgebildet und bspw. über einen Transformator mit dem elektrischen Versorgungsnetz verbunden.

Der Wechselrichtereingang ist hingegen dazu eingerichtet, mit einer elektrischen Gleichspannungsquelle verbunden zu werden. Diese kann ihrerseits aus verschiedensten Quellen mit Leistung gespeist sein, z.B. Batterien, PV-Modulen, Brennstoffzellen etc.

Der Wechselrichter selbst ist also über den Wechselrichtereingang mit einer Gleichspannungsquelle und über den Wechselrichterausgang mit einem Wechselspannungsnetz verbunden.

Der Wechselrichter ist somit so mit der Gleichspannungsquelle verbunden, dass elektrische Energie zwischen der Gleichspannungsquelle und dem elektrischen Versorgungsnetz mindestens in eine, bevorzugt in beide Richtungen, ausgetauscht werden kann.

Die Gleichspannungsquelle der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist zudem als elektrischer Speicher ausgebildet und durch eine maximale elektrische Leistung und einen Energieinhalt gekennzeichnet.

Bevorzugt ist die Gleichspannungsquelle hierfür als elektrische Batterie ausgebildet, vorzugsweise mit mehreren Modulen.

Bspw. ist die erfindungsgemäße Vorrichtung Bestandteil einer Windenergieanlage.

In diesem Fall ist der Wechselrichter bspw. über einen Gleichspannungszwischenkreis mit einem Gleichrichter verbunden, der wiederum vorzugsweise mit dem elektrischen Stator

des Generators der Windenergieanlage verbunden ist. Hierfür ist der Wechselrichter bevorzugt in der sogenannten „Back-to-Back“ Form ausgebildet, wobei insbesondere ein aktiver Gleichrichter vorgesehen ist und bevorzugt der aktive Gleichrichter, der Zwischenkreis und der Wechselrichter in einem Gehäuse untergebracht sind. Im Gleichspannungszwischenkreis ist dann bspw. die Gleichspannungsquelle angeordnet, die über den Gleichspannungszwischenkreis mit dem Wechselrichtereingang des Wechselrichters so verbunden ist, dass elektrische Energie zwischen der Gleichspannungsquelle und dem Wechselrichter ausgetauscht werden kann. Der Wechselrichter selbst kann somit insbesondere dazu verwendet werden im Falle eines Fehlers im elektrischen Versorgungsnetz elektrische Energie aus der Gleichspannungsquelle zu entnehmen und diesen dem elektrischen Versorgungsnetz zuzuführen, um dem Fehler zu begegnen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Vorrichtung dazu eingerichtet im Falle eines Netzfehlers Energie aus dem elektrischen Versorgungsnetz zu entnehmen und diese in die Gleichspannungsquelle zurück zu speisen, insbesondere dann, wenn dies netzdienlich ist. Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, dass die Vorrichtung dazu eingerichtet ist in einem 4-Quadranten-Betrieb zu arbeiten, also Wirk- und/oder Blindleistung auf- und/oder abzugeben.

In einer weiter bevorzugten Ausführungsform wird in Abhängigkeit eines Winkels zwischen Netzspannung und Wechselrichterspannung, der Stellbereich des Wechselrichters, also der entsprechende Quadrant der Einspeisung ausgewählt. Es wird somit auch vorgeschlagen, dass die Wirk- und/oder Blindleistungsaufnahme und oder -abgabe in Abhängigkeit eines Winkels zwischen Netzspannung und Wechselrichterspannung eingestellt wird.

Ferner weist die erfindungsgemäße Vorrichtung auch eine Steuereinheit auf, die dazu eingerichtet ist, wenigstens den Wechselrichter, insbesondere den Wechselrichterausgang anzusteuern. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Steuereinheit hierfür sowohl signalleitend mit dem Wechselrichter als auch signalleitend mit der Gleichspannungsquelle verbunden, insbesondere um eine vorbestimmte elektrische Leistung aus der Gleichspannungsquelle zu entnehmen und diese dem elektrischen Versorgungsnetz mittels des Wechselrichters zuzuführen.

Die Steuereinheit ist zudem ferner dazu eingerichtet, wenigstens den Wechselrichter so anzusteuern, dass dieser wenigstens eine der nachfolgend beschriebenen Funktion aufweist. Hierzu wird insbesondere auch vorgeschlagen, dass der Wechselrichter entspre-

chend so eingerichtet ist, dass dieser diese Funktionen auch umsetzen kann, also die entsprechende Hardware aufweist, wie bspw. entsprechende Halbleiter, die diese Funktionen auch umsetzen können, insbesondere die entsprechenden Ströme führen können.

5 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Vorrichtung, also insbesondere die Steuereinheit und der Wechselrichter, mehrere dieser nachstehend beschriebenen Funktionen auf. Der Wechselrichter weist somit neben seiner eigentlichen Funktion eines Wechselrichters noch wenigstens eine der nachstehend beschriebenen zusätzlichen Funktionen auf.

10 Funktion a) eine, insbesondere schnelle, Leistungsantwort auf eine Frequenzstörung im elektrischen Versorgungsnetz.

Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, dass sowohl die Steuereinheit als auch der Wechselrichter dazu eingerichtet sind, eine Einprägung dreier sinusförmiger Spannungen oder Ströme mit einer festen Grundfrequenz vorzunehmen. Diese feste Grundfrequenz ist typischerweise die Grundwelle der Netzfrequenz, also z.B. 50Hz oder 60 Hz. Es wird also
15 insbesondere vorgeschlagen, dass im Falle einer Störung der bis dahin sinusförmigen Netzspannungen die vom Wechselrichter eingeprägten sinusförmigen Spannungen so unverändert beibehalten werden, dass sich allein durch die Störung der Netzspannungen eine veränderte Vektordifferenz zwischen den Netzspannungen und den eingeprägten Spannungen oder Strömen in Phasenwinkel und Amplitude ergibt. Diese Reaktion erfolgt insbesondere
20 schnell bzw. unverzögert, also innerhalb weit weniger einer Netzperiode, bspw. innerhalb einer halben Netzperiode oder einer viertel Netzperiode. Die Funktion a) steht somit der Funktion von RoCoF-Relais diametral gegenüber, da RoCoF-Relais ab einem vorbestimmten Wert den Erzeuger vom elektrischen Versorgungsnetz trennen. Die vorliegende Erfindung hingegen sieht vor, den Erzeuger, also die Vorrichtung, durchgängig am
25 elektrischen Versorgungsnetz zu betreiben, insbesondere unter Berücksichtigung des entsprechenden Netzfehlers.

Funktion b) eine, insbesondere schnelle, Stromantwort auf eine Spannungsstörung im elektrischen Versorgungsnetz.

Es wird somit insbesondere eine Stromantwort vorgeschlagen, die auf wie unter
30 Funktion a) beschriebene Störungen der Netzspannungen einwirkt, ohne dass ein Mess- oder Regelungsverfahren aktiv eingreifen muss. Auch hierbei handelt es sich insbesondere um eine schnelle bzw. unverzögerte Reaktion, also innerhalb einer

Netzperiode, bspw. innerhalb einer halben Netzperiode oder einer viertel Netzperiode. Es wird somit ferner insbesondere vorgeschlagen, dass die Änderung eines Stromflusses aufgrund der Vektordifferenz zwischen den Netzspannungen und den eingprägten Spannungen nur durch die Induktivitäten auf dem Weg des Stromes
5 begrenzt wird, sowie durch eventuelle Grenzen der Stromänderungsgeschwindigkeit in der Gleichspannungsquelle.

Funktion c) eine, insbesondere schnelle, Stromantwort, auf eine Netzstörung, bei der der Maximalstrom nicht überschritten wird.

Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, dass der Wechselrichter eine Stromantwort aufweist, die im weiteren zeitlichen Verlauf nach einem geeigneten Steuerverfahren, insbesondere unter Zuhilfenahme von Mess- oder Regelungsverfahren, so angepasst wird, dass der Maximalstrom des Wechselrichters zu keinem Zeitpunkt überschritten wird. Auch ist das Steuerverfahren dabei so gewählt, dass der Energiespeicher des Wechselrichters, also die Gleichspannungsquelle, nicht vollständig
10 entladen oder überladen wird. Es wird also insbesondere vorgeschlagen die Stromantwort des Wechselrichters nicht mittels geeigneter Bauteile zu begrenzen, sondern die Steuerfunktion anhand von zulässigen Belastungen des Wechselrichters und der Gleichspannungsquelle zu auszuwählen, dass weder der Wechselrichter noch die Gleichspannungsquelle im Fehlerfalls des elektrischen Versorgungsnetzes
15 überlastet werden. Die Vorrichtung ist somit bevorzugt dazu eingerichtet, Störungen von Netzspannung im elektrischen Versorgungsnetz ohne Trennung vom Netz zu durchfahren und unverzögert einen Strom mit dem Netz auszutauschen, der netzdienlicher ist, als bei bisher üblichen Verfahren, weil das erfindungsgemäße Verfahren dem Verhalten eines Synchrongenerators ähnlicher ist.
20

Der Eingriff des genannten Steuerverfahrens zur Begrenzung der Stromantwort erfolgt somit je nach aufgetretenem Netzfehler unterschiedlich schnell. Beispielsweise bei einem starken Spannungseinbruch mit einer geringen Rest-Amplitude der Netzspannung steigt die Differenzspannung zwischen den eingprägten Spannungen des Wechselrichters und der Rest-Amplitude der Netzspannung sehr stark.
25

Funktion d) eine Phasensprungfähigkeit, die ein Durchfahren eines Phasensprunges der Netzspannung um wenigstens 20° erlaubt.
30

Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, dass die Vorrichtung, also insbesondere der Wechselrichter, dazu eingerichtet ist, am elektrischen Versorgungsnetz weiter

betrieben zu werden bzw. die Vorrichtung so ausgelegt ist, dass sie weiter betrieben werden kann, insbesondere ohne eine Trennung der Vorrichtung vom elektrischen Versorgungsnetz und unter Einspeisung eines netzdienlichen Stromes, insbesondere trotz eines Phasensprunges der Netzspannung. Die Vorrichtung ist somit bevorzugt dazu eingerichtet, Phasensprünge der Netzspannung im elektrischen Versorgungsnetz zu durchfahren. Die Funktion d) steht somit der Funktion eines Vektorsprung-Relais diametral gegenüber, da ein Vektorsprung-Relais ab einem vorbestimmten Wert der sprunghaften Änderung der Phasenlage der Netzspannung den Erzeuger vom elektrischen Versorgungsnetz trennt. Die vorliegende Erfindung hingegen sieht vor, den Erzeuger, also die Vorrichtung, durchgängig am elektrischen Versorgungsnetz zu betreiben, insbesondere unter Berücksichtigung des entsprechenden Netzfehlers.

Unter einem Phasensprung sind hierbei insbesondere Winkelsprünge der Netzspannung in beide Richtungen zu verstehen, also sowohl in positiver als auch in negativer Richtung.

In einer weiter bevorzugten Ausführungsform ist die Vorrichtung wenigstens dazu eingerichtet Phasensprünge von wenigstens 30° zu durchfahren. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform von wenigstens 170° .

Funktion e) eine Einspeisung elektrischer Leistung, die dazu vorgesehen ist, Oberschwingungen im elektrischen Versorgungsnetz zu minimieren;

Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, dass die Vorrichtung, also insbesondere der Wechselrichter, dazu eingerichtet ist, eine Einprägung elektrischer Spannungen und/oder eine Einspeisung elektrischer Ströme vorzunehmen, um im elektrischen Versorgungsnetz vorgefundene Oberschwingungen der Spannungen oder Ströme zu minimieren.

Unter Oberschwingungen sind dabei insbesondere lokale Phänomene zu verstehen, die dazu führen, dass der Strom bzw. die Spannung keinen idealen Sinus aufweisen. Oberschwingung weisen hierbei meist eine Grundfrequenz auf, die oberhalb der Netznennfrequenz liegt.

Funktion f) eine Einspeisung elektrischer Leistung, die dazu vorgesehen ist, Spannungsunsymmetrien im elektrischen Versorgungsnetz zu minimieren.

Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, dass die Vorrichtung, also insbesondere der Wechselrichter, dazu eingerichtet ist, eine Einprägung elektrischer Spannungen und/oder eine Einspeisung elektrischer Ströme vorzunehmen, um im elektrischen Versorgungsnetz vorgefundene Unsymmetrien der Spannungen oder Ströme zu minimieren. Bevorzugt wird
5 hierfür eine nachstehend beschriebene Steuerfunktion verwendet.

Funktion g) eine Einspeisung elektrischer Leistung, die dazu vorgesehen ist, eine Dämpfung von Netzschwingungen, insbesondere von Leistungspendelungen, bevorzugt von niederfrequenten oder subsynchronen Leistungspendelungen, im elektrischen Versorgungsnetz vorzunehmen.

10 Unter Netzschwingungen sind dabei Schwingungen der Polräder verschiedener Kraftwerke untereinander oder auch Schwingungen von Regelungen gegeneinander zu verstehen, die zu periodischen Änderungen der Frequenz und der Leistungsflüsse führen. Hierbei handelt es sich zumeist um großräumige, sehr seltene Phänomene mit nur schwacher Dämpfung. Diese Schwingungen können auch als inter area oscillations bezeichnet werden.

15 Vorzugsweise ist der Wechselrichter durch einen Nennstrom gekennzeichnet und so ausgelegt ist, dass die physikalische Belastungsgrenze des Wechselrichters größer gleich dem 1,0-fachen, besonders bevorzugt dem 1,5-fachen, des Nennstromes ist.

Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, dass die Vorrichtung gegenüber dem Normalbetrieb überdimensioniert ist, um sämtlich Netzfehler entsprechend durchfahren zu können. Die Vorrichtung wird somit insbesondere anhand der zu durchfahrenden Fehlerfälle
20 und nicht anhand der Nennleistung ausgelegt.

Vorzugsweise sind der Wechselrichter und außerdem oder alternativ die Gleichspannungsquelle und außerdem oder alternativ die Steuereinheit so eingerichtet, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung spannungsprägend ausgeführt ist.

25 Es wird somit insbesondere eine spannungsprägende Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Leistung in ein elektrisches Versorgungsnetz vorgeschlagen. Dies bedeutet insbesondere, dass die Vorrichtung dazu eingerichtet ist, an ihrem Netzanschlusspunkt ein symmetrisches Drehspannungssystem einzuprägen, insbesondere rein sinusförmig mit ausschließlich der gewünschten Grundschiwingung vorzugeben und diese bevorzugt auch zu
30 halten.

Vorzugsweise ist die Gleichspannungsquelle wenigstens so dimensioniert, dass der Wechselrichter für wenigstens 0,5 Sekunden, bevorzugt für wenigstens 1 Sekunde, besonders bevorzugt für wenigstens 10 Sekunden, seine Nennleistung bereitstellen kann, insbesondere unter ausschließlicher Verwendung der Gleichspannungsquelle.

- 5 Es wird somit insbesondere vorgeschlagen die physikalische Dimensionierung der Gleichspannungsquelle und des Wechselrichters ferner unter Berücksichtigung der vorstehend oder nachstehend beschriebenen Funktionen a) bis g) so vorzunehmen, dass der Wechselrichter wenigstens kurzzeitig eine der Funktionen a) bis g) unter voller Nennleistung und unter ausschließlicher Verwendung der Gleichspannungsquelle sicherstellen kann. Die
- 10 Vorrichtung ist somit zum einen besonders netzdienlich ausgeführt und zum anderen auf Netzfehler hin so ausgelegt, dass die Vorrichtung wenigstens kurzzeitig und insbesondere autonom das elektrische Versorgungsnetz stützen kann. Erfindungsgemäß wurde nämlich erkannt, dass eine solche Auslegung bei genügend großer Anwendung der vorliegenden Erfindung, bspw. durch 100 Windenergieanlagen, eine Netzstützung durchgeführt werden
- 15 kann, die der eines konventionellen Kraftwerks nahe- bzw. gleichkommt. Sofern also die erfindungsgemäße Vorrichtung großflächig Anwendung findet, ist ein stabiler Netzbetrieb unter ausschließlicher Verwendung dezentraler und vor allem wechselrichterbasierter (erneuerbarer) Energien technisch sinnvoll und sicher realisierbar.

- Vorzugsweise wird ferner vorgeschlagen, dass die Gleichspannungsquelle wenigstens
- 20 eine Partition aufweist, die einer der Eigenschaften a) bis g) zugeordnet ist.

Es wird somit vorgeschlagen, dass die Gleichspannungsquelle elektrische Leistung für die obengenannten Funktionen zurückhält, die nur zur Anwendung dieser Funktionen freigegeben wird.

- Bspw. weist die Vorrichtung die Funktionen a) und b) auf. Dann weist die Gleichspannungs-
- 25 quelle wenigstens eine erste Partition für die Funktion a) mit einem vorbestimmten Energieinhalt auf und eine zweite Partition für die Funktion b) mit einem vorbestimmten Energieinhalt. Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, dass die Gleichspannungsquelle aus mehreren Kapazitäten besteht, die den bestimmten Funktionen zugeordnet sind. So kann bspw. die Gleichspannungsquelle 5 Batteriemodule aufweisen, von denen eines für die
- 30 Funktion a) ist, eines für die Funktion b) ist und drei weitere, die zur freien Verfügung stehen. Hierdurch wird insbesondere sichergestellt, dass die Vorrichtung die Funktionen jederzeit ausführen kann, insbesondere auch dann, wenn im Falle einer Windenergieanlage bspw. kein Wind weht, also die Windenergieanlage selbst keine elektrische Leistung erzeugen kann.

Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, dass die entsprechenden Partitionen mittels der Hardware implementiert sind. Besonders vorteilhaft hierbei ist, dass die entsprechenden Batterien ihrer entsprechenden Funktion nach gewählt werden können.

5 Außerdem oder alternativ wird vorgeschlagen, dass die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, wenigstens einer Eigenschaft der Eigenschaften a) bis g) einen Speicherinhalt der Gleichspannungsquelle zu reservieren.

Es wird somit ebenfalls vorgeschlagen, dass die Partitionen, also das reservieren von einer vorbestimmten Menge elektrischer Energie, mittels der Steuereinheit erfolgt, also die Partition außerdem oder alternativ mittels Software implementiert ist. Besonders vorteilhaft
10 hierbei ist, dass die entsprechenden Partitionen im laufenden Betrieb der Vorrichtung entsprechend bestimmter Netzsituationen verändert werden können. Bspw. befindet sich ein benachbartes Großkraftwerk in Revision, in diesem Fall würden die Partitionen für die netzstützenden Funktionen entsprechend erhöht werden, um dies zu kompensieren.

Vorzugsweise weist die Gleichspannungsquelle wenigstens eines der Liste umfassend auf:
15 wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft a); wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft b); wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft c); wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft d); wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft e); wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft f); wenigstens
20 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft g); wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft g).

Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, dass die Gleichspannungsquelle wenigstens eine Partition für wenigstens eine Funktion des Wechselrichters aufweist. Diese Partition umfasst wenigstens 10% des Energieinhaltes der Gleichspannungsquelle.

25 Es sind somit wenigstens 10% des Energieinhaltes der Gleichspannungsquelle für eine der Funktionen a) bis g) reserviert. In einem Fall weist der Wechselrichter - neben der ohnehin immer als Grundfunktion implementierten Umwandlung der Energie aus der Primärquelle (z.B. Wind, Solarstrahlung etc.) - genau eine zusätzliche Funktion auf und für diese genau eine Funktion sind 10% des Energieinhaltes der Gleichspannungsquelle reserviert. Demnach kann die Vorrichtung über 90% des Energieinhaltes der Gleichspannungsquelle frei
30 verfügen, bspw. um vom Netzbetreiber vorgegebene Sollwerte einzuhalten. Die reservierten 10% der Gleichspannungsquelle hingegen werden nur verwendet bspw. um im Netzauftretende Oberschwingungen zu minimieren.

In einer weiter Bevorzugten Ausführungsform weist die Vorrichtung wenigstens zwei Funktionen der Funktionen a) bis g) auf und die Gleichspannungsquelle entsprechend wenigstens zwei Partitionen, die jeweils wenigstens 10% des Energieinhaltes der Gleichspannungsquelle umfassen. In diesem Fall sind also zweimal 10% des Energieinhaltes, insgesamt 20% des Energieinhaltes, für die entsprechenden Funktionen reserviert.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Partition für die Eigenschaft a) größer als die Partition für die Eigenschaft b).

Vorzugsweise weist die Gleichspannungsquelle wenigstens eines, bevorzugt wenigstens zweierlei, der folgenden Liste auf, umfassend: wenigstens 50% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft a); wenigstens 20% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft b); insbesondere wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft e); wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft g).

Es wird somit auch vorgeschlagen, dass wenigstens die Hälfte des Energieinhaltes der Gleichspannungsquelle für die Funktion a) vorgesehen ist. Darüber hinaus ist wenigstens eine Partition für Funktion b) sowie eine Partition für Funktion g) und insbesondere eine Partition für Funktion e) vorgesehen. Es wird somit insbesondere vorgeschlagen, Energie für die systemkritischen Vorgänge zurückzuhalten bzw. für diese etwaigen Fälle vorzuhalten. Die Funktion e) wird insbesondere in schwachen Netzen als systemkritisch angesehen. Sofern die Vorrichtung in starken Netzen verwendet wird, sollte die Vorrichtung bevorzugt nur die Funktionen a), b) und g) und dessen entsprechenden Partitionen aufweisen.

Somit weist auch wenigstens der Wechselrichter bzw. die Steuereinheit der Vorrichtung die vorstehend oder nachstehend beschriebenen Funktionen a), b), insbesondere e), und g) auf.

Es wurde nämlich erfindungsgemäß erkannt, dass insbesondere eine Kombination dieser wenigstens 4 Funktionen das elektrische Versorgungsnetz besonders gut stützen kann und somit die erfindungsgemäße Vorrichtung besonders gut dafür geeignet ist in umrichterdominierten Versorgungsnetzen verwendet zu werden, insbesondere konventionelle Kraftwerke zu ersetzen.

Vorzugsweise wird der Wechselrichter hierfür mit einem spannungsprägenden PWM-Verfahren betrieben, insbesondere ohne die Notwendigkeit zu Beginn einer oder mehrerer

simultaner Netzstörung a) - g) wie oben aufgeführt, zunächst die Netzspannungen messtechnisch zu erfassen, bevor eine Strom-Reaktion beginnt.

Es wird somit insbesondere vorgeschlagen den Wechselrichter zusätzlich mit einem PWM-Verfahren zu betreiben und zwar insbesondere so, dass der Wechselrichter dazu eingerichtet ist, im ersten Moment nach Eintreten einer Netzstörung unabhängig von einer gemessenen Netzspannung betrieben zu werden. Der Wechselrichter wird somit so betrieben, dass er eine Spannung ist das elektrische Versorgungsnetz eingepreßt.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform, weist das PWM-Verfahren hierfür Spannungs-Sollwerte auf.

10 Erst im weiteren Verlauf der Netzstörung, wenn die intrinsische Stromantwort droht die Grenzen der Bauteile zu erreichen, oder die zwischen Gleichspannungsquelle und Netz ausgetauschte Energiemenge die Grenzen des Gleichspannungsspeichers erreicht, ist eine messtechnische Erfassung der Netzspannung erforderlich, um das weitere Verhalten mittels der Steuereinheit im Sinne der Netzdienlichkeit des Wechselrichters zu optimieren.

15 Vorzugsweise weist die Steuereinheit ferner wenigstens eine Steuerfunktion auf, um den Wechselrichter anzusteuern, nachdem eine der Eigenschaften a) bis g) ausgelöst wurde, wobei die Steuerfunktion einen Verlauf der Liste aufweist, umfassend: einen exponentiellen Verlauf mit einer einstellbaren Zeitkonstanten; einen linearen Verlauf mit einem einstellbaren Gradienten; einen Sollwert mit einem einstellbaren Zeitraum.

20 Die Steuereinheit ist somit dazu eingerichtet, den Wechselrichter durchgängig anzusteuern, wobei die Steuereinheit nachdem eine der vorstehend oder nachstehend beschriebenen Funktionen ausgelöst wurde, bspw. durch einen Netzfehler im elektrischen Versorgungsnetz, den Wechselrichter durch eine spezielle Steuerfunktion ansteuert.

25 Diese Steuerfunktion kann entweder einen exponentiellen Verlauf mit einer einstellbaren Zeitkonstanten, ein linearer Verlauf mit einem einstellbaren Gradienten oder ein festgelegener Sollwert mit einem einstellbaren Zeitraum sein.

Die Art der Funktion wird nach der Art und der Schwere des Fehlers bestimmt. Hierfür kann bspw. ein Look-Up-Table in der Steuereinheit vorgesehen sein, der Grenzwerte umfasst, bei deren über- oder unterschreiten eine dieser vorstehend oder nachstehend beschriebenen Steuerfunktionen ausgewählt wird.

30

Vorzugsweise weist der Wechselrichter wenigstens die Eigenschaften a) und b) auf, wobei die Gleichspannungsquelle wenigstens 50% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft a) und wenigstens 20% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft b) aufweist, wobei die Steuereinheit jeweils eine Steuerfunktion für die Eigenschaften a) und b) aufweist, wobei die Steuerfunktion einen exponentiellen Verlauf mit einer einstellbaren Zeitkonstanten und/oder einen linearen Verlauf mit einem einstellbaren Gradienten und/oder einen Sollwert mit einem einstellbaren Zeitraum aufweist.

Es wird somit vorgeschlagen, dass die Vorrichtung wenigstens die Funktionen a) und b) aufweist und für wenigstens diese beiden Funktionen ein vorbestimmter Energieinhalt in der Gleichspannungsquelle mittels jeweils einer Partition reserviert ist.

Ferner ist auch für jede der Funktionen a) und b) jeweils eine vorstehend oder nachstehend beschriebene Steuerfunktion hinterlegt.

Gemäß dieser Ausführungsform sind nicht mehr als 30% des Energieinhaltes der Gleichspannungsquelle zur freien Verfügung der Vorrichtung, insbesondere sind wenigstens 70% des Energieinhaltes der Gleichspannungsquelle für das Begegnen von Frequenz- und Spannungsstörungen im elektrischen Versorgungsnetz vorgesehen.

Erfindungsgemäß wird ferner eine Windenergieanlage umfassend eine vorstehend oder nachstehend beschriebene Vorrichtung vorgeschlagen.

Die Windenergieanlage umfasst bspw. einen Generator an dessen Ausgang ein Gleichrichter angeordnet ist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist mit diesem Gleichrichter und dem elektrischen Versorgungsnetz verbunden, um die vom Generator erzeugte elektrische Leistung in das elektrische Versorgungsnetz einzuspeisen.

Erfindungsgemäß wird ferner eine Ladestation für Elektroautos, umfassend eine vorstehend oder nachstehend beschriebene Vorrichtung, vorgeschlagen.

Die Ladestation ist somit wenigstens dazu eingerichtet, mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung elektrische Energie zwischen den angeschlossenen Fahrzeugen und dem Netz auszutauschen (Laden oder Entladen der Fahrzeuge) und darüber hinaus das Netz im Falle von Netzfehlern mit besonders netzstützenden Funktionen zu unterstützen.

Erfindungsgemäß wird zudem eine Einspeiseeinheit, insbesondere eine Photovoltaikanlage oder eine Kopfstation einer Hochspannungs-Gleichstromübertragung oder ein funktionaler Zusammenschluss einer Vielzahl leistungselektronischer Module, bevorzugt in einem Container konzentriert, für ein elektrisches Versorgungsnetz umfassend eine vorstehend oder nachstehend beschriebene Vorrichtung vorgeschlagen.

Die Einspeiseeinheit ist somit insbesondere dazu vorbereitet, zur Anbindung von Batterien oder anderen Speichermedien bzw. weist diese auf.

Neben den üblichen Erzeugern, wie Windenergieanlagen oder Kohlekraftwerken, und Verbrauchern, wie bspw. Motoren, gibt es auch noch leistungselektronische Vorrichtung die mit dem elektrischen Versorgungsnetz verbunden sind, um zum Beispiel den Blindleistungshaushalt zu regulieren. Diese leistungselektronischen Vorrichtungen erzeugen selber keine Energie und verbrauchen auch keine, bis auf die üblichen Verluste – sie sind also weder Erzeuger noch Verbraucher im klassischen Sinne.

Erfindungsgemäß wird hierzu vorgeschlagen, einen Container mit Leistungselektronik zu verwenden, der eine vorstehend oder nachstehend beschriebene Vorrichtung aufweist, um, neben dem stationären Betrieb mit z.B. Blindleistungsaustausch zur Spannungshaltung an seinem Netzanschlusspunkt, zusätzlich im Falle von Netzfehlern das elektrische Versorgungsnetz mit besonders netzstützenden Funktionen zu stützen.

Die vorliegende Erfindung wird nun nachfolgend exemplarisch anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 2 zeigt einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere als Bestandteil einer Windenergieanlage.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage 100.

Die Windenergieanlage 100 weist hierzu einen Turm 102 und eine Gondel 104 auf. An der Gondel 104 ist ein aerodynamischer Rotor 106 mit drei Rotorblättern 108 und einem Spinner 110 angeordnet. Der Rotor 106 wird im Betrieb durch den Wind in eine Drehbewegung versetzt und treibt dadurch einen Generator in der Gondel an.

Der Generator selbst ist dabei mit einem Gleichrichter verbunden, der wiederum mit einer vorstehend oder nachstehend beschriebenen Vorrichtung verbunden ist, um elektrische Energie in ein dreiphasiges, elektrisches Versorgungsnetz einzuspeisen.

Fig. 2 zeigt einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere zur Verwendung in einer Windenergieanlage, wie bevorzugt in Fig. 1 gezeigt.

Die Windenergieanlage 100 weist einen Generator 120 auf, der, insbesondere statorseitig, dreiphasig mit einem Gleichrichter 130 verbunden ist.

Der Gleichrichter 130 erzeugt aus der dreiphasigen Wechselspannung des Generators 120 eine Gleichspannung U_{dc} .

10 Diese Gleichspannung U_{dc} liegt an einem Gleichspannungszwischenkreis an, an dem auch die erfindungsgemäße Vorrichtung 200 angeschlossen ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung 200 zum Einspeisen elektrischer Energie in das dreiphasige, elektrische Versorgungsnetz 300, umfasst hierfür wenigstens einen Wechselrichter 210, eine Gleichspannungsquelle 220 und eine Steuereinheit 230.

15 Der Wechselrichter 210 ist durch eine Nennleistung gekennzeichnet und umfasst ferner einen Wechselrichtereingang 212 und einen Wechselrichterausgang 214.

Der Wechselrichtereingang 212 ist dazu eingerichtet, mit der Gleichspannungsquelle 220 verbunden zu werden, insbesondere über den Gleichspannungszwischenkreis 140. Der Wechselrichtereingang 212 ist somit auch mit dem Gleichrichter 130 über den Gleichspannungszwischenkreis 140 verbunden.

Der Wechselrichterausgang 214 ist dazu eingerichtet, einen vorbestimmten Maximalstrom zu führen und mit dem dreiphasigen, elektrischen Versorgungsnetz 300 verbunden zu werden, bspw. über einen Transformator (nicht gezeigt).

25 Die elektrische Gleichspannungsquelle 220 ist hierfür als elektrischer Speicher ausgebildet und durch eine Kapazität, eine elektrische Leistung und einen Energieinhalt gekennzeichnet. Hierzu weist die Gleichspannungsquelle 220 bevorzugt mehrere Batteriemodule oder Partitionen auf.

Zudem ist die Gleichspannungsquelle 220 so mit dem Wechselrichtereingang 212 verbunden, dass elektrische Energie zwischen der Gleichspannungsquelle 220 und dem Wechselrichter 210 ausgetauscht werden kann.

Um die Leistungsflüsse zwischen der Gleichspannungsquelle 220 und dem Wechselrichter zu steuern, ist eine Steuereinheit 230 vorgesehen, die dazu eingerichtet ist, wenigstens den Wechselrichter 210 so anzusteuern, dass der Wechselrichter wenigstens eine der vorstehend oder nachstehend beschriebenen Eigenschaften a) bis g) aufweist. Insbesondere weist der Wechselrichter die Eigenschaften auf: a) eine schnelle Leistungsantwort auf eine Frequenzstörung im elektrischen Versorgungsnetz und b) eine schnelle Stromantwort auf eine Spannungsstörung im elektrischen Versorgungsnetz.

Die Gleichspannungsquelle 220 umfasst hierfür wenigstens zwei Partition 212, 214, die jeweils einer der Funktionen a) und b) zugeordnet sind.

Außerdem oder alternativ ist die Steuereinheit 230 dazu eingerichtet ist, wenigstens den Eigenschaften a) und b) einen Speicherinhalt der Gleichspannungsquelle zu reservieren. Die Partitionen 212, 214 sind somit in einer bevorzugten Ausführungsform via Software implementiert und werden durch die Steuereinheit 230 verwaltet.

Gemäß der gezeigten Ausführungsform sind 50% des Energieinhaltes als Partition 212 für die Eigenschaft a) und 20% des Energieinhaltes als weitere Partition 214 für die Eigenschaft b) vorgesehen. Die restlichen 30% können bspw. als Puffer zum Stützen der Gleichspannung U_{dc} des Gleichspannungszwischenkreises 140 verwendet werden.

Um den Energieinhalt der Gleichspannungsquelle 130 für die Eigenschaften des Wechselrichters 210 freizugeben, wenn also bspw. eine Frequenzstörung im elektrischen Versorgungsnetz 300 auftritt, weist die Steuereinheit wenigstens jeweils eine Steuerfunktion 232 für die entsprechenden Eigenschaften auf.

Welche Steuerfunktion ausgewählt wird, kann bspw. in einem Look-Up-Table 234 hinterlegt werden, dies ist bspw. bei einer Frequenzstörung ein exponentieller Verlauf mit einer einstellbaren Zeitkonstanten oder bei einer Spannungsstörung ein linearer Verlauf mit einem einstellbaren Gradienten.

Um die entsprechenden Steuerfunktionen 232 umzusetzen wird der Wechselrichter 210 bevorzugt mittels eines PWM-Verfahrens 236 angesteuert, welches besonders bevorzugt

Spannungs-Sollwerte aufweist. Aber auch eine Ansteuerung mittels eines Toleranzbandverfahrens ist denkbar.

Gemäß der gezeigten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung 200 somit spannungsprägend ausgeführt, d.h. sie kann im transienten und subtransienten Zeitbereich insbesondere mess-unabhängig von der Netzspannung betrieben werden und weist
5 trotzdem die vorstehend oder nachstehend beschriebenen Funktionen auf. Insbesondere ist die erfindungsgemäße Vorrichtung 200 somit dazu eingerichtet, am Netzanschlusspunkt der Windenergieanlage eine Spannung vorzugeben und trotz von außen einwirkender Störungen auf die Netzspannung im Rahmen der Möglichkeiten des erfindungsgemäßen
10 Energiespeichers, und der möglichen Maximalströme, auch zu halten. Die Vorrichtung ermöglicht somit eine Windenergieanlage als sogenannten Netzbildner auszuführen.

Besonders vorteilhaft hierbei ist, dass die Windenergieanlage auf Grund der erfindungsgemäßen Vorrichtung dazu eingerichtet ist, eine Vielzahl von Netzfehlern zu durchfahren ohne sich im Fehlerfall vom elektrischen Versorgungsnetz zu trennen und das Netz durch
15 geeignete Stromeinspeisung zu stabilisieren. Hierdurch wird insbesondere ermöglicht, dass Windenergieanlagen netzstützende Eigenschaften übernehmen können, die sonst üblicherweise nur durch rotierende Synchrongeneratoren bereitgestellt werden.

Darüber hinaus ist die Windenergieanlage durch die erfindungsgemäße Vorrichtung auch dazu eingerichtet, netzstützende Funktion wahrzunehmen, auch wenn kein Wind vorherrscht. Für solche Fälle ist die Partition in der Gleichspannungsquelle vorgesehen. Die
20 Windenergieanlage kann somit unabhängig des vorherrschenden Windes die vorstehend oder nachstehend beschriebenen Funktionen, die insbesondere netzstützend sind, gewährleisten.

Ansprüche

1. Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein dreiphasiges, elektrisches Versorgungsnetz, welches eine Netzspannung und eine Netzfrequenz aufweist und durch eine Netznennspannung und eine Netznennfrequenz gekennzeichnet ist, umfassend:
- 5 fassend:
- einen durch eine Nennleistung gekennzeichneten Wechselrichter mit
 - einem Wechselrichterausgang, der einen vorbestimmten Maximalstrom führen kann und der dazu eingerichtet ist, mit einem dreiphasigen, elektrischen Versorgungsnetz verbunden zu werden, und
 - 10 - einem Wechselrichtereingang, der dazu eingerichtet ist, wenigstens mit einer elektrischen Gleichspannungsquelle verbunden zu werden,
 - eine elektrische Gleichspannungsquelle, die
 - als elektrischer Speicher ausgebildet und
 - durch eine maximale elektrische Leistung jeweils für das Be- und Ent-
 - 15 laden und einen Energieinhalt gekennzeichnet ist und
 - so mit dem Wechselrichtereingang verbunden ist, dass elektrische Energie zwischen der Gleichspannungsquelle und dem Wechselrichter ausgetauscht werden kann,
- und
- 20 - eine Steuereinheit, die dazu eingerichtet ist, wenigstens den Wechselrichter so anzusteuern, dass der Wechselrichter wenigstens eine Eigenschaft der nachfolgenden Liste aufweist, umfassend:
 - a) eine, insbesondere schnelle, Leistungsantwort auf eine Frequenzstörung im elektrischen Versorgungsnetz;
 - 25 b) eine, insbesondere schnelle, Stromantwort auf eine Spannungsstörung im elektrischen Versorgungsnetz;
 - c) eine, insbesondere schnelle, Stromantwort, auf eine Netzstörung, insbesondere gemäß a), b), d), e), f) oder g), bei der der Maximalstrom nicht überschritten wird;
 - 30 d) eine Phasensprungfähigkeit, die ein Durchfahren eines Phasensprunges der Netzspannung um wenigstens 20° erlaubt;
 - e) eine Einspeisung elektrischer Spannungen und/oder Ströme, die dazu vorgesehen ist, vorgefundene Oberschwingungen der Spannung bzw. der Ströme im elektrischen Versorgungsnetz zu minimieren;
 - 35 f) eine Einspeisung elektrischer Ströme, insbesondere unsymmetrischer Ströme, die dazu vorgesehen ist, Spannungsunsymmetrien im elektrischen Versorgungsnetz zu minimieren;

- g) eine Einspeisung elektrischer Leistung, die dazu vorgesehen ist, eine Dämpfung von Netzschwingungen, insbesondere von Leistungsspendelungen, bevorzugt von niederfrequenten oder subsynchronen Leistungsspendelungen, im elektrischen Versorgungsnetz vorzunehmen.

- 5 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei
- der Wechselrichter durch einen Nennstrom gekennzeichnet ist und so ausgelegt ist, dass die physikalische Belastungsgrenze des Wechselrichters größer gleich dem 1,5-fachen des Nennstromes ist.
- 10 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei
- der Wechselrichter und außerdem oder alternativ die Gleichspannungsquelle und außerdem oder alternativ die Steuereinheit so eingerichtet sind, dass die Einspeisevorrichtung spannungsprägend ausgeführt ist.
- 15 4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- die Gleichspannungsquelle wenigstens so dimensioniert ist, dass der Wechselrichter für wenigstens 0,5 Sekunden, bevorzugt für wenigstens 1 Sekunde, besonders bevorzugt für wenigstens 10 Sekunden, seine Nennleistung bereitstellen kann, insbesondere unter ausschließlicher Verwendung der Gleichspannungsquelle.
- 20 5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- die Gleichspannungsquelle wenigstens eine Partition aufweist, die einer der Eigenschaften a) bis g) zugeordnet ist und außerdem oder alternativ
 - die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, wenigstens einer Eigenschaft der Eigenschaften a) bis g) einen Speicherinhalt der Gleichspannungsquelle zu reservieren.
- 25 6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- die Gleichspannungsquelle wenigstens eines der Liste umfassend aufweist:
 - wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft a);
 - wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft b);
 - wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft c);

30 - wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft d);

 - wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft e);
 - wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft f);
 - wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft g).

7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- die Gleichspannungsquelle wenigstens eines, bevorzugt wenigstens zwei, der Liste umfassend aufweist:
 - wenigstens 50% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft a);
 - 5 - wenigstens 20% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft b);
 - wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft g);
 - wenigstens 10% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft e).
8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- der Wechselrichter mit einem spannungsprägenden PWM-Verfahren betrieben wird, insbesondere mess-unabhängig der Netzspannung, bevorzugt in einem Zeitfenster von 1000ms nach dem Netzfehler.
- 10
9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- die Steuereinheit eine Steuerfunktion aufweist, um den Wechselrichter zu steuern, nachdem eine der Eigenschaften a) bis g) ausgelöst wurde, wobei
 - 15 die Steuerfunktion wenigstens einen Verlauf der Liste aufweist, umfassend:
 - einen exponentiellen Verlauf mit einer einstellbaren Zeitkonstanten;
 - einen linearen Verlauf mit einem einstellbaren Gradienten;
 - einen Sollwert mit einem einstellbaren Zeitraum.
10. Vorrichtung wenigstens nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Wechselrichter wenigstens die Eigenschaften a) und b) aufweist, wobei die Gleichspannungsquelle wenigstens 50% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft a) und wenigstens 20% des Energieinhaltes als Partition für die Eigenschaft b) aufweist, wobei die Steuereinheit jeweils eine Steuerfunktion für die Eigenschaften a) und b) aufweist, wobei die Steuerfunktion einen exponentiellen Verlauf mit einer einstellbaren Zeitkonstanten und/oder einen linearen Verlauf mit einem einstellbaren Gradienten und/oder einen Sollwert mit einem einstellbaren Zeitraum aufweist.
- 20
- 25
11. Windenergieanlage umfassend eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
12. Ladestation für Elektroautos umfassend eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
- 30
13. Einspeiseeinheit, insbesondere eine Photovoltaikanlage oder eine Kopfstation einer Hochspannungs-Gleichstromübertragung oder ein funktionaler Zusammenschluss

einer Vielzahl leistungselektronischer Module, bevorzugt in einem Container konzentriert, insbesondere zur Anbindung von Batterien oder anderen Speichermedien, für ein elektrisches Versorgungsnetz umfassend eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

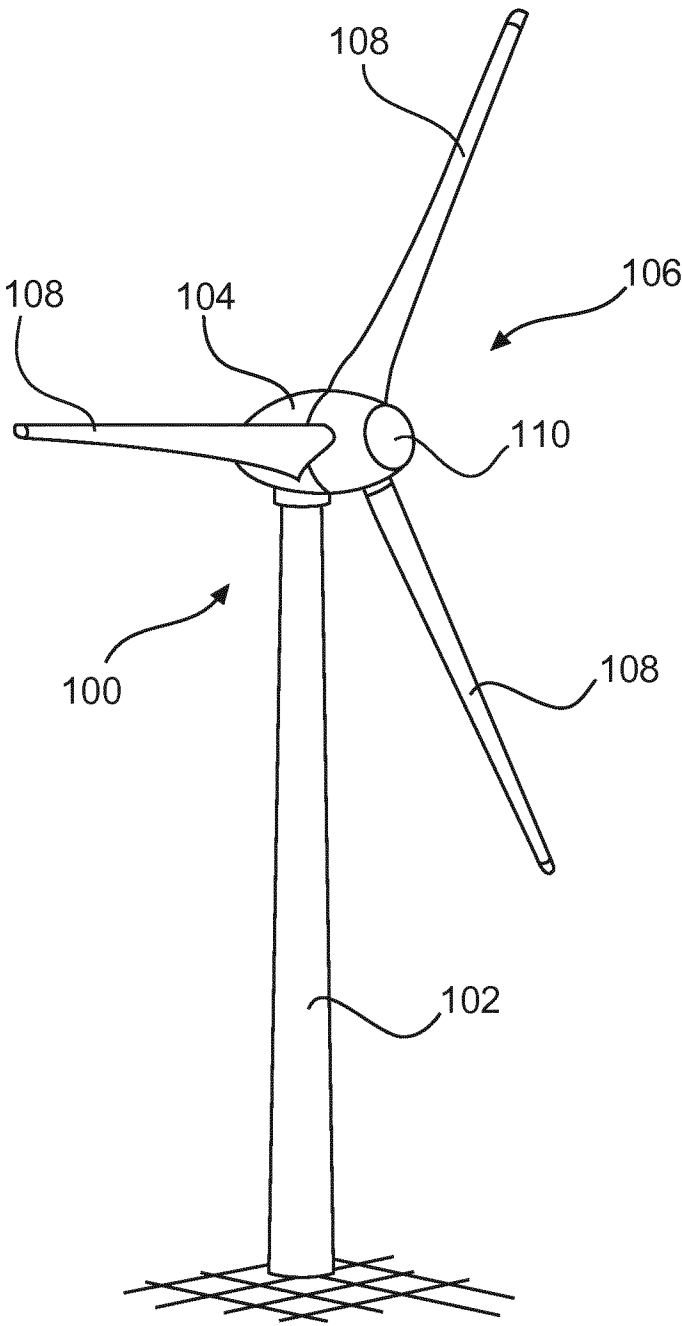


Fig. 1

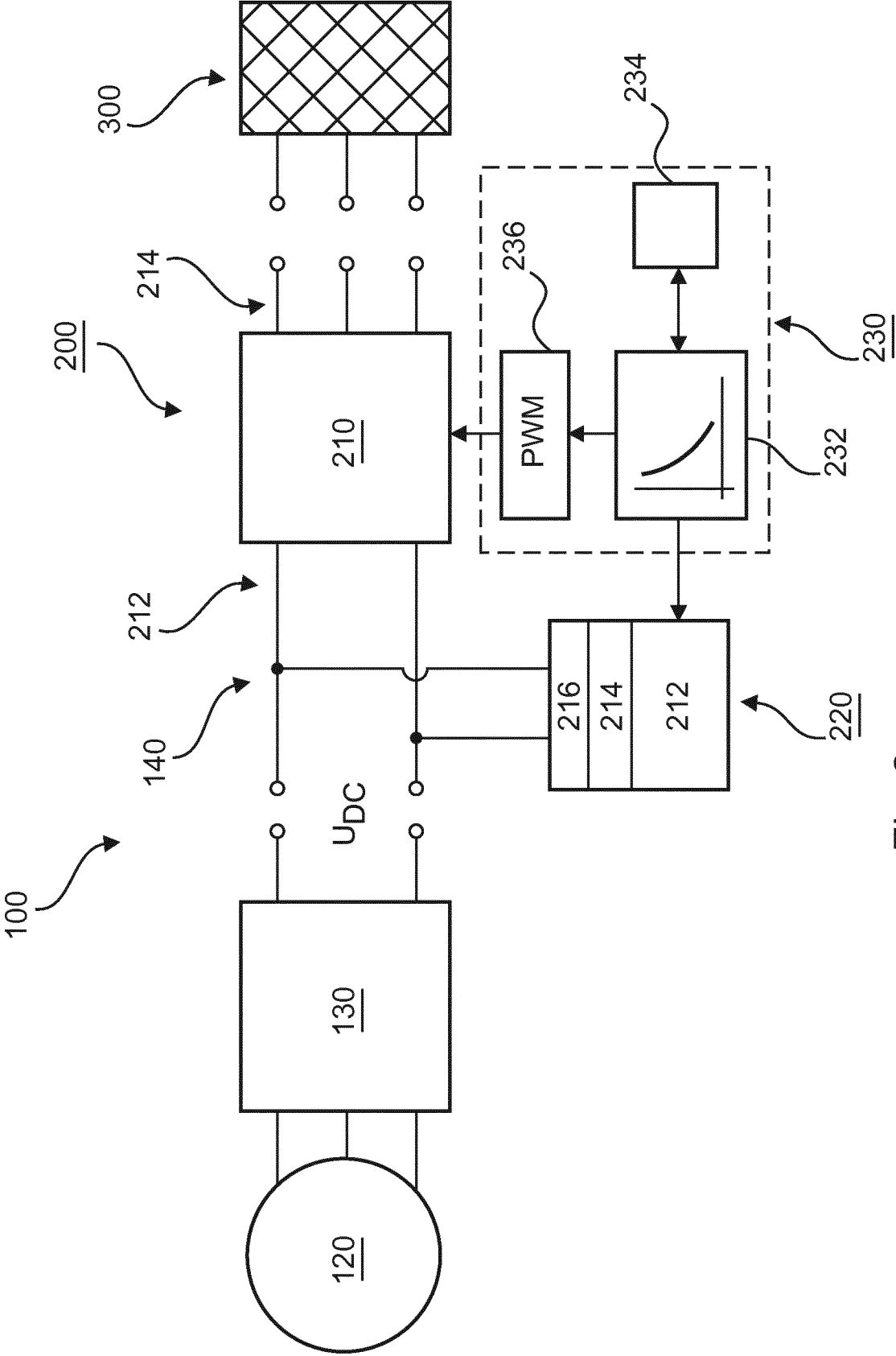


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/067438

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02J 3/38**(2006.01)i; **H02J 7/00**(2006.01)i; **H02M 7/00**(2006.01)i

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; H02M

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 2005063115 A1 (NAYAR CHEMMANGOT V [AU] ET AL) 24 March 2005 (2005-03-24) paragraphs [0002], [0114], [0133], [0137] figure 2	1-13
X	US 2017288405 A1 (LIM JU-HO [KR]) 05 October 2017 (2017-10-05) paragraphs [0007], [0030] figures 3-5	1-13
X	US 2018083453 A1 (CHANG YU-MING [TW]) 22 March 2018 (2018-03-22) paragraphs [0006], [0028], [0050] - [0053] figure 5	1-13
X	US 2017338651 A1 (FISHMAN OLEG S [US] ET AL) 23 November 2017 (2017-11-23) paragraphs [0013], [0014], [0023] - [0026], [0075] figures 3(a), 10, 12	1-13
X	US 2017346294 A1 (LUNG CHIENRU [JP] ET AL) 30 November 2017 (2017-11-30) paragraphs [0002], [0011], [0030] figure 8	1-13

☐ 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

09 October 2019

Date of mailing of the international search report

18 October 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Bartal, P

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/067438

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2005063115	A1	24 March 2005	US	2005063115	A1	24 March 2005
				WO	03084041	A1	09 October 2003
US	2017288405	A1	05 October 2017	CN	107240960	A	10 October 2017
				JP	6393729	B2	19 September 2018
				JP	2017184595	A	05 October 2017
				KR	20170111709	A	12 October 2017
				US	2017288405	A1	05 October 2017
US	2018083453	A1	22 March 2018	TW	201813232	A	01 April 2018
				US	2018083453	A1	22 March 2018
US	2017338651	A1	23 November 2017	NONE			
US	2017346294	A1	30 November 2017	JP	6097864	B1	15 March 2017
				JP	2017212838	A	30 November 2017
				US	2017346294	A1	30 November 2017

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/067438

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02J3/38 H02J7/00 H02M7/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02J H02M

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

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

EP0-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 2005/063115 A1 (NAYAR CHEMMANGOT V [AU] ET AL) 24. März 2005 (2005-03-24) Absätze [0002], [0114], [0133], [0137] Abbildung 2 -----	1-13
X	US 2017/288405 A1 (LIM JU-HO [KR]) 5. Oktober 2017 (2017-10-05) Absätze [0007], [0030] Abbildungen 3-5 -----	1-13
X	US 2018/083453 A1 (CHANG YU-MING [TW]) 22. März 2018 (2018-03-22) Absätze [0006], [0028], [0050] - [0053] Abbildung 5 ----- -/--	1-13



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

9. Oktober 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/10/2019

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

Bartal, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/067438

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2017/338651 A1 (FISHMAN OLEG S [US] ET AL) 23. November 2017 (2017-11-23) Absätze [0013], [0014], [0023] - [0026], [0075] Abbildungen 3(a), 10, 12 -----	1-13
X	US 2017/346294 A1 (LUNG CHIENRU [JP] ET AL) 30. November 2017 (2017-11-30) Absätze [0002], [0011], [0030] Abbildung 8 -----	1-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/067438

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005063115 A1	24-03-2005	US 2005063115 A1	24-03-2005
		WO 03084041 A1	09-10-2003
US 2017288405 A1	05-10-2017	CN 107240960 A	10-10-2017
		JP 6393729 B2	19-09-2018
		JP 2017184595 A	05-10-2017
		KR 20170111709 A	12-10-2017
		US 2017288405 A1	05-10-2017
US 2018083453 A1	22-03-2018	TW 201813232 A	01-04-2018
		US 2018083453 A1	22-03-2018
US 2017338651 A1	23-11-2017	KEINE	
US 2017346294 A1	30-11-2017	JP 6097864 B1	15-03-2017
		JP 2017212838 A	30-11-2017
		US 2017346294 A1	30-11-2017