

(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
09. Januar 2020 (09.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/007995 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02J 3/24 (2006.01) *H02J 3/38* (2006.01)
F03D 7/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/068023

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Juli 2019 (04.07.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 116 443.2
06. Juli 2018 (06.07.2018) DE

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

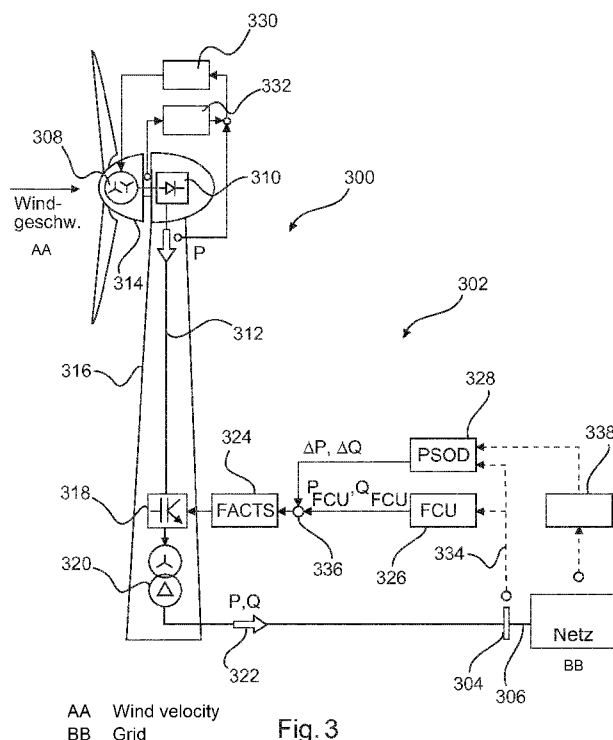
(72) Erfinder: **SCHWANKA TREVISAN**, Aramis; Im Bir-
kengrund 14, 26605 Aurich (DE). **MENDONCA, Angelo**;
Kurze Straße 14, 26382 Wilhelmshaven (DE). **CASSOLI,**
Jair; Reilstraße 5, 26603 Aurich (DE). **BROMBACH, Jo-**
hannes; Roedernallee 70, 13437 Berlin (DE).

(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,

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A WIND FARM IN ORDER TO DAMP SUBSYNCHRONOUS OSCILLATIONS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM STEUERN EINES WINDPARKS ZUR DÄMPFUNG SUBSYNCHRONER
SCHWINGUNGEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling a wind farm (112) in order to damp low-frequency electrical oscillations, in particular subsynchronous resonances, in an electrical supply grid (306), the supply grid (306) having a grid voltage with a nominal grid frequency, the wind farm (112) comprising at least one wind turbine (100, 300) connected to the electrical supply grid (306), comprising the steps: sensing at least one low-frequency electrical oscillation of the electrical supply grid; determining an oscillation characteristic of each of the at least one sensed oscillation, the oscillation characteristic describing at least one property of the sensed oscillation; specifying an active-power damping signal (ΔP) and/or a reactive-power damping signal (ΔQ) for damping the at least one low-frequency oscillation characterized by the oscillation characteristic; feeding in an active power component in accordance with the active-power damping signal or a reactive power component in accordance with the reactive-power damping signal, the active-power damping signal (ΔP) and the reactive-power damping signal (ΔQ) being specified in dependence on the determined oscillation characteristic.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Windparks (112) zum Bedämpfen niederfrequenter elektrischer Schwingungen, insbesondere subsynchroner Resonanzen, in einem elektrischen Versorgungsnetz (306), wobei das Versorgungsnetz (306) eine Netzspannung mit einer Netznennfrequenz aufweist, wobei der Windpark (112) wenigstens eine an das elektrische Versorgungsnetz (306) angeschlossene Windenergieanlage (100, 300) aufweist, umfassend die Schritte: Erfassen wenigstens

WO 2020/007995 A1

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.

- (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)

einer niederfrequenten elektrischen Schwingung des elektrischen Versorgungsnetzes, Bestimmen jeweils einer Schwingungscharakteristik der wenigstens einen erfassten Schwingung, wobei die Schwingungscharakteristik wenigstens eine Eigenschaft der erfassten Schwingung beschreibt; Vorgeben eines Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) und/oder eines Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) jeweils zum Bedämpfen der wenigstens einen durch die Schwingungscharakteristik charakterisierten niederfrequenten Schwingung; Einspeisen eines Wirkleistungsanteils entsprechend des Wirkleistungsdämpfungssignals bzw. eines Blindleistungsanteils entsprechend des Blindleistungsdämpfungssignals wobei das Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) in Abhängigkeit der bestimmten Schwingungscharakteristik erfolgt.

VERFAHREN ZUM STEUERN EINES WINDPARKS ZUR DÄMPFUNG
SUBSYNCHRONER SCHWINGUNGEN

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Windparks zum Bedämpfen niederfrequenter Schwingungen in einem elektrischen Versorgungsnetz. Zudem betrifft die vorliegende Erfindung einen Windpark mit mehreren Windenergieanlagen zum

5 Bedämpfen niederfrequenter Schwingungen in einem elektrischen Versorgungsnetz.

Ein elektrisches Versorgungsnetz weist im Allgemeinen eine Netznennfrequenz von 50Hz oder 60Hz auf. Diese Netznennfrequenz kann auch als Systemfrequenz bezeichnet werden. Das elektrische Versorgungsnetz kann vereinfachend und synonym auch als Versorgungsnetz oder Netz bezeichnet werden.

10 In dem Versorgungsnetz können niederfrequente Schwingungen auftreten, die Frequenzen unterhalb der Netznennfrequenz aufweisen. Diese Schwingungen werden häufig als subsynchrone Resonanzen (SSR) bzw. subsynchrone Frequenzen bezeichnet. Dazu hat das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) im Jahr 1990 eine Definition für subsynchrone Resonanz veröffentlicht, nämlich:

15 „Subsynchrone Resonanz ist ein elektrischer Systemzustand, in dem ein Energieaustausch zwischen einem elektrischen Netz und einem Generatorsatz bei einer oder mehreren Eigenfrequenzen des kombinierten Systems stattfindet, die unterhalb der synchronen Frequenz des Systems liegen“, P.M. Anderson, B.L. Agrawal, J.E. Van Ness: „Subsynchronous Resonance in Power Systems“, IEEE Press 1990

20

Ein Problem, das in einem Versorgungsnetz auftreten kann, ist, dass die niederfrequenten Schwingungen mechanische Schwingungen von direkt mit dem elektrischen Versorgungsnetz gekoppelten Synchrongeneratoren anregen bzw. verstärken können. Dadurch kann es zu Schäden an den Generatoren kommen. Werden diese zum Schutz vom elektrischen

25 Versorgungsnetz getrennt, kann das zu einer Schwächung des elektrischen Versorgungsnetzes führen.

Es können auch niederfrequente Pendelschwingungen im Bereich von wenigen Herz im Versorgungsnetz zwischen Netzabschnitten auftreten, also zum Beispiel eine niederfrequente Schwingung zwischen einem ersten Netzabschnitt in Deutschland und einem zweiten Netzabschnitt in Frankreich. Solche Pendelschwingungen können im Versorgungsnetz
5 auch zu partiellen Netzabschaltungen führen. Im ungünstigen Fall kann dies zu einem Blackout führen.

Dadurch, dass in vielen Ländern der Anteil an Großkraftwerken zurückgeht, während dezentrale, umrichterbasierte Erzeuger wie Windenergieanlagen oder Photovoltaikanlagen ersetzt werden, gewinnen solche dezentralen umrichterbasierten Erzeuger auch zum Stützen des elektrischen Versorgungsnetzes an Bedeutung.
10

Dabei kann sich auch die Struktur des elektrischen Versorgungsnetzes ändern. Auch durch Zu- und Abschaltvorgänge, Wartungsarbeiten an Zuleitungen oder durch den Wettereinfluss, unterliegt das elektrische Versorgungsnetz ständigen Veränderungen. Dazu gehört auch, dass sich Netzkapazitäten und Netzinduktivitäten bzw. Netzimpedanzen insgesamt
15 stetig ändern können. Dies führt dazu, dass sich auch die niederfrequenten Schwingungen, kontinuierlich ändern können, was deren Detektion und Bedämpfung schwierig gestaltet.

Da Windparks zunehmend einen Teil des elektrischen Versorgungsnetzes ausbilden und maßgeblich die Netzeigenschaften mitbestimmen, können diese somit zur Stabilisierung der Energiesysteme bzw. des Versorgungsnetzes beitragen und als Mittel zur Bedämpfung
20 von ungewünschten subsynchronen Resonanzen eingesetzt werden. Aber auch solche Windparks müssen sich an die geänderten Netzeigenschaften in Bezug auf die niederfrequenten Schwingungen anpassen können.

Das Deutsche Patent- und Markenamt hat in der Prioritätsanmeldung zu vorliegender Anmeldung folgenden Stand der Technik recherchiert: DE 10 2013 208 410 A1, US 2013/0204557 A1, CN 105226679 A sowie den Artikel "Subsynchronous Oscillation
25 Detection using Phasor Measurements and Synchrosqueezing Transform von Miao He et al.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, zumindest eines der oben genannten Probleme zu adressieren. Insbesondere soll eine Lösung vorgeschlagen werden, die zumindest eine dämpfende Wirkung eines Windparks auf niederfrequente Schwingungen im elektrischen Versorgungsnetz ermöglicht oder verbessert. Zumindest soll zu bisher bekannten Lösungen eine alternative Lösung vorgeschlagen werden.
30

Erfindungsgemäß wird dazu ein Verfahren gemäß Anspruch 1 vorgeschlagen. Es dient zum Steuern eines Windparks zum Bedämpfen niederfrequenter Schwingungen, insbesondere subsynchroner Resonanzen, in einem elektrischen Versorgungsnetz. Demnach geht die Erfindung von einem Windpark mit mehreren Windenergieanlagen aus, die elektrisch zu einem Windpark zusammengeschaltet sind und einen Teil des elektrischen Versorgungsnetzes ausbilden. Der hierbei beschriebene Windpark kann auch repräsentativ für eine einzelne Windenergieanlage oder für zwei oder mehr Windparks stehen. Nachfolgende Erläuterungen zum Windpark betreffen sinngemäß auch eine einzelne Windenergieanlage. Der Windpark ist dabei in einem Normalbetrieb elektrisch mit dem Versorgungsnetz über einen Netzanschlusspunkt verbunden und speist elektrische Leistung in das elektrische Versorgungsnetz ein.

Zudem weist das Versorgungsnetz eine Netzspannung mit einer Netznennfrequenz auf. Die Netznennfrequenz beträgt üblicherweise 50Hz oder 60Hz. Die zu bedämpfenden niederfrequenten Schwingungen weisen besonders eine geringere Frequenz auf als die Netznennfrequenz, nämlich bspw. weniger als die halbe Netznennfrequenz. Die niederfrequenten Schwingungen sind demnach kleiner als 25 Hz bzw. 30Hz. Beispiele für charakteristische Frequenzbereiche niederfrequenter Schwingungen, die auch als „*Power System Oscillations*“ bekannt sind, sind dabei Frequenzbereiche von etwa 0,2-3Hz oder 5-15Hz, um nur zwei von vielen Beispielen zu nennen.

Besonders können die niederfrequenten Schwingungen Werte von 1 Hz und weniger aufweisen. Sie können aber auch bis zum fünffachen Wert der Netznennfrequenz reichen. Als niederfrequente Schwingungen werden hier Schwingungen mit einer Frequenz von maximal dem fünffachen Wert der Netznennfrequenz bezeichnet, vorzugsweise mit einer Frequenz die maximal der Netznennfrequenz entspricht. Besonders weist die niederfrequente Schwingung keine Frequenz auf, die einem Vielfachen der Netznennfrequenz entspricht. Es ist zu beachten, dass die Untersuchung und Berücksichtigung niederfrequenter Schwingungen besonders der Untersuchung oder dem Sicherstellen einer Systemstabilität des elektrischen Versorgungsnetzes dient. Das grenzt sich von einer Beurteilung der Netzqualität bzw. Signalqualität des Spannungssignals im elektrischen Versorgungsnetz ab, bei der es besonders auf Oberwellen ankommt.

Zunächst wird eine niederfrequente elektrische Schwingung des elektrischen Versorgungsnetzes erfasst. Dazu kann bspw. die Netzspannung an einem Netzanschlusspunkt, an dem die Windenergieanlage bzw. der Windpark in das elektrische Versorgungsnetz einspeist, gemessen und ausgewertet werden. Bspw. kann die so gemessene Netzspannung

mit einem Tiefpassfilter gefiltert werden, der nur Frequenzen unterhalb der Netzfrequenz durchlässt. Die gemessene Netzspannung bzw. die gefilterte Netzspannung, um bei dem Beispiel zu bleiben, kann auch als Schwingungssignal bezeichnet und betrachtet werden, dass Informationen über die erfasste bzw. zu erfassende Schwingung enthält.

- 5 Die Schwingung, und damit auch das beschreibende Schwingungssignal, weist eine Schwingungsfrequenz auf, die auch als charakteristische Frequenz oder als Frequenz der niederfrequenten Schwingung bezeichnet werden kann. Die Schwingung wird aber auch durch andere Merkmale gekennzeichnet und weist dabei eine Schwingungscharakteristik auf. Zu solchen Merkmalen gehört eine Amplitude der Schwingung, insbesondere ob und
10 wie diese Amplitude schwingt. Auch kleine Variationen der Frequenz können ein kennzeichnendes Merkmal sein. Auch eine Kombination solcher Merkmale kommt in Betracht. Besonders wichtig ist, dass die Schwingungen davon abhängig und/oder abhängig anderer kennzeichnender Merkmale klassifiziert werden können.

- Die Schwingungscharakteristik der erfassten Schwingung umfasst wenigstens eines dieser
15 oder anderer Merkmale. Dazu gehört auch die Klassifizierung der Schwingung.

Es wird nun auch vorgeschlagen, eine solche Schwingungscharakteristik der erfassten Schwingung zu bestimmen, wobei die Schwingungscharakteristik also wenigstens eine Eigenschaft der erfassten Schwingung beschreibt.

- Die Schwingungscharakteristik kann dabei auch charakteristische Informationen der niederfrequenten Schwingung umfassen, wobei die Informationen direkt durch Messungen
20 bestimmt bzw. erfasst werden können, oder indirekt aus einer durchgeführten Analyse oder Auswertung hervorgehen können. Weitere Eigenschaften der erfassten Schwingung können eine Schwingungsart sein, die die Schwingung klassifiziert, oder ein Ort an dem die niederfrequente Schwingung erfasst wurde. Die Schwingungsart oder andere Klassifizierung
25 rung kann ein Ergebnis einer durchgeführten Analyse der erfassten Schwingung bzw. des erfassten Schwingungssignals sein.

Dabei beschreibt die Schwingungsart eine Art bzw. eine Schwingungskategorie von erfassten niederfrequenten Schwingungen, wobei besonders unterschieden wird zwischen den Schwingungsarten

- Intraplant-Schwingungen, die Schwingungen zwischen mehreren an das elektrische Versorgungsnetz angeschlossenen Erzeugungseinheiten in einem Versorgungsnetzabschnitt bezeichnen,

5 - Control-Mode-Schwingungen, die Schwingungen bedingt durch rückkoppelndes Regeln von an das elektrische Versorgungsnetz angeschlossenen Erzeugungseinheiten, Verbrauchereinheiten oder Wandlereinheiten bezeichnen,

- Interarea-Schwingungen, die Schwingungen zwischen mehreren Versorgungsnetzabschnitten bezeichnen, und

10 - Localplant-Schwingungen, die Schwingungen zwischen einer an das elektrische Versorgungsnetz angeschlossenen Erzeugungseinheit mit dem Versorgungsnetz bezeichnen.

Das Bestimmen der Schwingungscharakteristik erfolgt bevorzugt aus wenigstens einer Messung einer Netzspannung des elektrischen Versorgungsnetzes. Besonders wird hier zur Erfassung der Schwingungscharakteristik eine Spannungsmessung beispielsweise am Netzanschlusspunkt vorgeschlagen, an dem eine Windenergieanlage oder ein Windpark
15 in das elektrische Versorgungsnetz einspeist. Vorzugsweise wird hier eine dreiphasige Messung vorgenommen, wenn das elektrische Versorgungsnetz – wovon üblicherweise auszugehen ist – ein dreiphasiges elektrisches Versorgungsnetz ist. Die wenigstens eine Messung wird also ausgewertet, um eine niederfrequente Schwingung im elektrischen Versorgungsnetz zu erkennen bzw. zu charakterisieren. Hierzu kann eine Erkennungseinrichtung
20 vorgesehen sein, die die Netzspannung erfasst und anschließend auswertet.

Die Ergebnisse der Messung und Auswertungen, oder ein Teil davon, werden anschließend als Schwingungscharakteristik zusammengefasst bzw. bereitgestellt, insbesondere einer oder mehreren Steuereinheiten bereitgestellt, die die Windenergieanlagen bzw. den Windparks ansteuern. Die Schwingungscharakteristik umfasst demnach Messwerte sowie
25 Ergebnisse wenigstens einer Analyse bzw. Auswertung einer oder mehrere Spannungsmessungen, um eine niederfrequente Schwingung bzw. das niederfrequente Schwingungssignal und zu charakterisieren.

Als weiterer Schritt wird vorgeschlagen, dass ein Vorgeben eines Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. eines Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) jeweils zum Bedämpfen der

durch die Schwingungscharakteristik charakterisierten niederfrequenten Schwingungen erfolgt.

Das Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) erfolgt somit in Abhängigkeit der erfassten Schwingungscharakteristik
5 bzw. in Abhängigkeit der erfassten niederfrequenten Schwingung, die über die Schwingungscharakteristik charakterisiert wird. Nachdem die niederfrequente Schwingung erfasst wurde, wird ein entsprechendes Dämpfungssignal für die Wirk- bzw. Blindleistung generiert. Dieses wird anschließend einer Steuerung in der Windenergieanlage oder im Windpark vorgegeben. In einer besonderen Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass das
10 Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) einer FACTS-Steuerung vorgegeben wird, wobei die FACTS-Steuerung einen Umrichter einer Windenergieanlage ansteuert.

Als weiterer Schritt wird vorgeschlagen, dass das Einspeisen eines Wirkleistungsanteils entsprechend des Wirkleistungsdämpfungssignals bzw. eines Blindleistungsanteils entsprechend des Blindleistungsdämpfungssignals durchgeführt wird. Dabei erfolgt das Vor-
15 geben des Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) in Abhängigkeit der charakteristischen Frequenz der bestimmten Schwingungscharakteristik. Das Verfahren kann zum Bedämpfen einer erfassten Schwingung oder mehrerer erfasster Schwingungen erfolgen. Wenn mehrere Schwingungen bedämpft werden sollen, wird vorzugsweise für jede Schwingung einzeln eine Schwingungscharakteristik be-
20 stimmt und wenigstens ein Dämpfungssignal vorgegeben. Die Dämpfungssignale können dann zusammengefasst werden, zumindest die Wirkleistungsdämpfungssignale und die Blindleistungsdämpfungssignale, um als gemeinsames Dämpfungssignal eingespeist zu werden. Es kommt aber auch in Betracht, ein Wirkleistungsdämpfungssignal und ein Blind-
25 leistungsdämpfungssignal jeweils für mehrere Schwingungscharakteristika zusammen vorzugeben.

Es wird somit vorgeschlagen, dass die Windenergieanlage bzw. der Windpark eine Wirkleistung bzw. eine Blindleistung in das elektrische Versorgungsnetz einspeist, um die erfassten niederfrequenten Schwingungen zu bedämpfen. Die Einspeisung, die bei einer
30 Windenergieanlage mit einem Umrichter erfolgt, wird dabei in Abhängigkeit des vorgegebenen Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) und/oder des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) eingespeist. Diese können auch als Sollwerte oder Sollwertsignale für den Windpark bzw. die Windenergieanlage aufgefasst werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass das Einspeisen des Wirkleistung- und/oder Blindleistungsanteils in das elektrische Netz so erfolgt, dass Lastflüsse im Versorgungsnetz geändert werden, um das elektrische Versorgungsnetz in einen anderen Arbeitspunkt bzw. geänderten Lastflusszustand zu verschieben. Das elektrische Versorgungsnetz weist einen Arbeitspunkt auf, der durch Lastflüsse gekennzeichnet ist. Dieser wird somit in Abhängigkeit der erfassten niederfrequenten Schwingung verändert, besonders verschoben, so dass besonders ein anderer, insbesondere stabilerer, Arbeitspunkt erreicht wird, der besonders auf die niederfrequenten Schwingungen dämpfend wirkt. Somit kann der Windpark als ein Mittel zur Bedämpfung von niederfrequenten Schwingungen in einem elektrischen Versorgungsnetz genutzt werden.

Wird zum Beispiel in einem vermaschten Netz eine geänderte Blindleistungseinspeisung vorgenommen, kann ein Lastfluss in einem ersten Netzabschnitt verändert werden, an dem der Windpark angeschlossen ist. Der geänderte Lastfluss im ersten Netzabschluss kann wiederum dazu führen, dass sich ebenfalls ein geänderter Lastfluss in einem anderen zweiten Netzabschnitt einstellt, der mit dem ersten Netzabschnitt gekoppelt ist. Demnach ändert sich der Zustand der Lastflüsse im Netz durch die Einspeisung des Windparks. Dies kann somit genutzt werden, um eine auftretende niederfrequente Schwingung zu bedämpfen.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass als ein zusätzlicher Verfahrensschritt ein Bestimmen einer Netzcharakteristik erfolgt, die einen Aufbau des elektrischen Versorgungsnetzes charakterisiert. Dabei erfolgt das Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) zusätzlich in Abhängigkeit der bestimmten Netzcharakteristik.

Besonders wurde erkannt, dass der Aufbau des elektrischen Versorgungsnetzes einen unmittelbaren Einfluss auf die niederfrequenten Schwingungen hat und somit für eine effektive Bedämpfung zu berücksichtigen ist. Es hat sich insbesondere gezeigt, dass eine Dämpfung mit einer Windenergieanlage bzw. einem Windpark generell möglich ist, aber die Reaktion auf die geänderte Einspeisung der niederfrequenten Schwingung von der vorherrschenden Netztopologie am Netzverknüpfungspunkt abhängig ist. Relevant sind dabei insbesondere die Größe und Entfernung vorhandener direkt mit dem elektrischen Versorgungsnetz gekoppelter Synchronmaschinen, besonders wegen ihrer direkt das elektrische Versorgungsnetz beeinflussender Schwungmassen, oder ein Umrichteranteil im Netz, der angibt, wie groß der Anteil durch umrichtergeführte Erzeuger oder Einspeiser eingespeister Anteil elektrischer Leistung bezogen auf insgesamt eingespeiste elektrische Leistung ist.

Ebenfalls relevant sind der Aufbau und Ausdehnung des elektrischen Versorgungsnetzes, Impedanzen zwischen den zuvor genannten direkt gekoppelten Synchrongeneratoren, besonders im Hinblick auf ihre Schwungmassen, im Versorgungsnetz sowie eine Impedanz zwischen den Windenergieanlagen und einem Netzschnittpunkt, wie einem Stadtgebiet.

5 Es kann dabei vorkommen, dass ein Netzabschnitt, an den eine Vielzahl von Erzeuger mit Umrichtern angeschlossen ist, eine andere Leistungseinspeisung zum Bedämpfen niederfrequenter Schwingungen benötigt, als ein Netzabschnitt mit wenigen umrichtergeführten Erzeugern bzw. Einspeisern. Dies kann mittels der Netzcharakteristik berücksichtigt werden. Hierzu kann analog zur Schwingungscharakteristik für die Netzcharakteristik eine Er-

10 kennungseinrichtung zum Bestimmen der Netzcharakteristik vorgesehen sein, die die erfasste Netzcharakteristik einer Steuerung des Windparks bereitstellen kann. Zusätzlich oder alternativ kann die Netzcharakteristik auch im Vorfeld bestimmt und im Windpark implementiert sein, insbesondere in der Erkennungseinrichtung der niederfrequenten Schwingungen. Es kommt auch in Betracht, dass ein Netzbetreiber, der das elektrische

15 Versorgungsnetz bzw. einen Teil davon betreibt, solche Informationen überträgt.

Gemäß einer Ausgestaltung kann die Netzcharakteristik bzw. wenigstens eine relevante Eigenschaft der Netzcharakteristik einen Teil der Schwingungscharakteristik bilden oder zumindest bei ihrer Bestimmung Berücksichtigung finden. Bspw. kann berücksichtigt werden, ob benachbarte Erzeugungseinheiten gerade einspeisen, oder nicht, oder ob sie sich

20 in einem bestimmten Modus befinden, in dem bspw. eine Systemdienstleistung erbracht wird. Besonders bei großen benachbarten Erzeugungseinheiten kann das die Netzcharakteristik beeinflussen und somit selbst als Systemeigenschaft eingehen.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass das Bestimmen einer Schwingungscharakteristik ein Bestimmen Schwingungsart beinhaltet, wobei unterschieden wird zwischen den zuvor

25 beschriebenen Schwingungsarten bzw. Schwingungskategorien Intraplant-Schwingungen, Control-Mode-Schwingungen, Interarea-Schwingungen, und Localplant-Schwingungen.

Besonders wird hier also vorgeschlagen, die jeweilige Schwingungsart der erfassten niederfrequenten Schwingung im elektrischen Netz zu berücksichtigen, um eine daran angepasst Einspeisung vorzunehmen. Die Schwingungsart wird dabei besonders durch eine

30 Auswertung bzw. Analyse der Netzspannung ermittelt. Es wurde erkannt, dass ein Bedämpfen niederfrequenter Schwingungen in Abhängigkeit der Schwingungsart unterschiedlich über die Wirk- bzw. Blindleistungseinspeisung beeinflusst werden kann. Durch diese Charakteristik bzw. Klassifizierung der Schwingungsart kann gezielt auf die Schwingung eingewirkt werden. Besonders liegt hier die Erkenntnis zu Grunde, dass durch eine

solche Klassifizierung auch besser die Ursache der jeweiligen Schwingung berücksichtigt werden kann.

Liegt bspw. eine Localplant-Schwingung vor, so ist diese auch meist lokal beschränkt und kann gezielter bedämpft werden, indem bspw. ein Blindleistungsdämpfungssignal in der
5 Nähe ein gespeist wird, um dadurch die Spannung an einem relevanten Netzabschnitt, zu verändern und dadurch dort einen Leistungsfluss zu beeinflussen und dadurch die Localplant-Schwingung zu bedämpfen.

Liegt aber, um ein weiteres Beispiel zu nennen, eine Interarea-Schwingung vor, so können weiträumige Leistungsschwingungen vorliegen, bei denen Leistungen bzw. Energiemengen
10 gen zwischen großen Netzbereichen hin- und herschwingen. Hier könnte ein Wirkleistungsdämpfungssignal gezielt Wirkleistung dort und dann einspeisen, wo und wann durch die Schwingung gerade ein Leistungsdefizit vorhanden ist. Zusätzlich könnte die Netztopologie eine Rolle spielen und es wäre bspw. das Einspeisen eines Blindleistungsdämpfungssignals zu ergänzen, das zu Spannungsänderungen in Netzabschnitten führen kann
15 und dadurch den Leistungsfluss zwischen den Netzabschnitten beeinflussen kann.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass das Wirkleistungsdämpfungssignal (ΔP) und das Blindleistungsdämpfungssignal (ΔQ) unabhängig voneinander vorgegeben werden und der eingespeiste Wirkleistungsanteil bzw. der eingespeiste Blindleistungsanteil so eingespeist werden, dass unterschiedliche niederfrequente Schwingungsarten unabhängig von
20 einander bedämpft werden.

Ein solches unabhängiges Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals kann dabei so erfolgen, dass zwei getrennte Sollwerte (ΔP , ΔQ) jeweils für den einzuspeisenden Wirk- bzw. Blindleistungsanteil, einer Steuerung der Windenergieanlage vorgegeben werden.

Bevorzugt wird vorgeschlagen, dass das Wirkleistungsdämpfungssignal durch eine Wirkleistungsdämpfungsfunktion gebildet wird, die wenigstens eine erste Eigenschaft der Schwingungscharakteristik als Eingangssignal erhält und das Wirkleistungsdämpfungssignal als Ausgangssignal ausgibt, und dass das Blindleistungsdämpfungssignal durch eine Blindleistungsdämpfungsfunktion gebildet wird, die wenigstens eine zweite Eigenschaft der
25 Schwingungscharakteristik als Eingangssignal erhält und das Blindleistungsdämpfungssig-
30

nal als Ausgangssignal ausgibt. Es werden somit für die beiden Dämpfungssignale unterschiedliche Funktionen für ihre Bestimmung vorgesehen, nämlich besonders jeweils ein eigener Funktionsblock, wobei jeder der beiden Funktionsblöcke unterschiedliche Eingangs- und Ausgangsgrößen erhält bzw. ausgibt.

- 5 Bspw. kann die erste Eigenschaft der Schwingungscharakteristik eine Schwingungsfrequenz oder eine Veränderung der Schwingungsfrequenz sein, die dann in die Wirkleistungsdämpfungsfunktion eingegeben wird und aus der, ggf. unter Berücksichtigung weiterer Informationen, die Wirkleistungsdämpfungsfunktion gebildet wird, insbesondere durch einen Mikroprozessor berechnet wird.
- 10 Als weiteres Beispiel kann die zweite Eigenschaft der Schwingungscharakteristik eine Schwingungsamplitude oder eine Veränderung der Schwingungsamplitude sein, die dann in die Blindleistungsdämpfungsfunktion eingegeben wird und aus der, ggf. unter Berücksichtigung weiterer Informationen, die Blindleistungsdämpfungsfunktion gebildet wird, insbesondere durch einen Mikroprozessor berechnet wird.
- 15 Zusätzlich oder alternativ wird vorgeschlagen, dass das Wirkleistungsdämpfungssignal (ΔP) bzw. das Blindleistungsdämpfungssignal (ΔQ) unabhängig von einem Wirkleistungssollwertsignal bzw. Blindleistungssollwertsignal (P_{FCU} , Q_{FCU}) eines Windparkreglers vorgegeben wird. Dafür ist besonders eine zusätzliche Steuereinheit vorgesehen. Diese kann parallel zu einer Windparksteuereinheit geschaltet sein und dazu eingerichtet sein, Soll-
- 20 werte für den Wirk- und Blindleistungsanteil unabhängig von einer Windparksteuerung vorzugeben. Dabei kann die Steuereinheit in der Erkennungseinrichtung implementiert sein. Vorteilhaft daran ist besonders, dass die Sollwerte (ΔP , ΔQ) für den einzuspeisenden Wirk- bzw. Blindleistungsanteil von der Windparksteuerung entkoppelt sind und kein Eingriff in die Windparksteuerung erfolgen muss.
- 25 In einer besonderen Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass das Wirkleistungsdämpfungssignal (ΔP) mit dem Wirkleistungssollwertsignal sowie das Blindleistungsdämpfungssignal (ΔQ) mit dem Blindleistungssollwertsignal jeweils zu einem Gesamtsignal überlagert und einer FACTS-Steuerung wenigstens einer Windenergieanlage vorgegeben werden.

- Gemäß einer Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Wirkleistungsdämpfungssignal und/oder das Blindleistungsdämpfungssignal so vorgegeben werden, und entsprechend
- 30

der Wirkleistungsanteil bzw. Blindleistungsanteil so eingespeist werden, dass sich ein Arbeitspunkt des elektrischen Versorgungsnetzes so verschiebt, dass wenigstens eine der erfassten niederfrequenten elektrischen Schwingungen verringert oder vermieden wird. Hier liegt besonders der Gedanke zu Grunde, dass das elektrische Versorgungsnetz dynamisch sein kann und seine Schwingeneigenschaft oder Schwingneigung dabei vom aktuellen Arbeitspunkt abhängen kann. Durch Verschieben des Arbeitspunktes kann somit auf die Schwingeneigenschaft bzw. Schwingneigung Einfluss genommen werden.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass das Bestimmen einer Schwingungscharakteristik mittels einer FFT-Analyse durchgeführt wird. Auch wird zusätzlich oder alternativ vorgeschlagen, dass das Bestimmen einer Schwingungscharakteristik mittels einer Wavelet-Analyse durchgeführt wird. Zudem wird zusätzlich oder alternativ vorgeschlagen, dass das Bestimmen einer Schwingungscharakteristik mittels einer Gradienten-Analyse durchgeführt wird.

Gemäß einer Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass

- 15 - das Wirkleistungsdämpfungssignal als ein moduliertes Signal vorgegeben wird, während das Blindleistungsdämpfungssignal als konstantes Signal vorgegeben wird, oder dass
- das Blindleistungsdämpfungssignal als ein moduliertes Signal vorgegeben wird, während das Wirkleistungsdämpfungssignal als konstantes Signal vorgegeben wird.

20 Hierdurch werden besonders zwei unabhängige Regelungseingriffe ermöglicht, bei denen das Wirkleistungsdämpfungssignal und das Blindleistungsdämpfungssignal gänzlich unterschiedlich zueinander vorgegeben werden, nämlich selbst der Art nach. Dabei ist unter einem modulierten Signal besonders ein Signal zu verstehen, das frequenzmoduliert wird, bspw. mit einer Frequenz von 1 Hz. Das Signal oszilliert somit und diese Oszillation wird
25 durch eine Modulation erreicht. Bspw. kann damit gezielt gegen eine niederfrequente Schwingung gegengesteuert werden, wenn dem modulierten Signal dieselbe Frequenz aufmoduliert wird, die die niederfrequente Schwingung aufweist. Bei der Modulation ist dann auch auf diese Phasenlage zu achten, so dass die niederfrequente Schwingung gedämpft und nicht noch angeregt wird.

Es kommt aber auch eine nicht oder nicht ideal sinusförmige Signalform für das modulierte Signal in Betracht. Das andere Dämpfungssignal wird nicht moduliert und weist im Grunde nur einen konstanten Wert auf, also einen konstanten Wirkleistungswert, bzw. einen konstanten Blindleistungswert.

5 Gemäß einer Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass

- zum Erfassen wenigstens einer niederfrequenten elektrischen Schwingung des elektrischen Versorgungsnetzes, und/oder
- zum Bestimmen jeweils einer Schwingungscharakteristik der wenigstens ei-
10 nen erfassten Schwingung, folgende Schritte vorgesehen sind:
 - Erfassen wenigstens eines elektrischen Signals des elektrischen Versor-
 gungsnetzes und
 - Auswerten des elektrischen Signals mittels einer Wavelet-Analyse, bei
15 der über eine Korellationsanalyse des erfassten Signals mit einer vorbe-
 stimmten Wavelet-Mutterfunktion ein zeitabhängiges Frequenzbild er-
 stellt wird,
 - wobei vorzugsweise vom Vorliegen einer niederfrequenten Schwingung
 ausgegangen wird, wenn
 - in dem zeitabhängigen Frequenzbild zusätzlich zu einem Grundanteil we-
20 nigstens ein weiterer niederfrequenter Frequenzanteil vorhanden ist.

Das Verfahren umfasst nun zunächst den Schritt, wenigstens ein elektrisches Signal des elektrischen Versorgungsnetzes zu erfassen. Besonders wird hier eine Spannungsmes-
sung beispielsweise am Netzanschlusspunkt vorgeschlagen, an dem eine Windenergiean-
lage oder ein Windpark in das elektrische Versorgungsnetz einspeist. Vorzugsweise wird
25 hier eine dreiphasige Messung vorgenommen, wenn das elektrische Versorgungsnetz –
wovon üblicherweise auszugehen ist – ein dreiphasiges elektrisches Versorgungsnetz ist.

Das Auswerten des elektrischen Signals erfolgt dann mittels einer Wavelet-Analyse. Eine Wavelet-Analyse ist dem Grunde nach bekannt und insoweit wird auf entsprechende Fach-
literatur bzw. das Fachwissen des Fachmanns dazu verwiesen. Hier wird nun aber vorge-
30 schlagen, diese Wavelet-Analyse zum Auswerten des elektrischen Signals zu verwenden,
um niederfrequente Schwingungen zu erkennen.

Bei der vorgeschlagenen Wavelet-Analyse wird ein zeitabhängiges Frequenzbild erstellt. Das erfolgt über eine Korrelationsanalyse des erfassten Signals mit einer vorbestimmten Wavelet-Mutterfunktion. Diese Wavelet-Mutterfunktion wird also vorbestimmt, kann also vorgegeben werden. Sie kann dabei beispielsweise fest vorgegeben sein und hinterlegt
5 sein, oder es kommen auch Veränderungen der Wavelet-Mutterfunktion in Betracht. Es kommt auch in Betracht, mehrere Analysen jeweils durchzuführen, wobei die Analysen jeweils unterschiedliche Wavelet-Mutterfunktionen verwenden.

Jedenfalls ergibt sich bei der Korrelationsanalyse des erfassten Signals mit der vorbestimmten Wavelet-Mutterfunktion ein zeitabhängiges Frequenzbild. In dem zeitabhängigen
10 Frequenzbild werden somit über die Zeit Frequenzen aufgetragen. Beispielsweise kann zur Visualisierung ein Diagramm verwendet werden, das die Abszisse als Zeitachse verwendet und als Ordinate Frequenzwerte aufträgt. Die Werte werden aber nicht als Einzelwerte aufgetragen, sondern vielmehr im Sinne einer Dichte ihres Auftretens, indem beispielsweise eine prozentuale Energie über einen Farbcode zugeordnet werden kann.

15 Das ist besonders eine grafische Darstellungsart, aber die einer solchen grafischen Darstellung zu Grunde liegenden Informationen können auch als Werte oder Wertemenge in einem Prozessrechner weiter ausgewertet werden, auch ohne visualisiert zu werden.

Es wird nun vorzugsweise vorgeschlagen, dass vom Vorliegen einer niederfrequenten Schwingung ausgegangen wird, wenn in dem zeitabhängigen Frequenzbild zusätzlich zu
20 einem Grundanteil wenigstens ein weiterer niederfrequenter Frequenzanteil vorhanden ist. Insoweit ist zu wiederholen, dass das zeitabhängige Frequenzbild zwar grafisch dargestellt werden kann, zur weiteren Auswertung aber nicht grafisch dargestellt werden muss. Mit zeitabhängigem Frequenzbild ist hier besonders gemeint, dass sich verschiedene Frequenzen verschiedener Intensität, also verschiedener Amplitude, auch zu unterschiedlichen
25 Zeitpunkten ergeben können. Somit ergibt sich also keine einzelne Zahl und auch keine einzelne zeitabhängige skalare Funktion, sondern zeitabhängige Informationen, nämlich viele Frequenzinformationen zu jeder Zeit. Das wird hier als zeitabhängiges Frequenzbild bezeichnet.

Der Grundanteil ist hier üblicherweise die Netznennfrequenz, wobei aber die tatsächliche
30 Netzfrequenz von der Netznennfrequenz abweichen kann, wobei wohl nur mit geringer Abweichung zu rechnen ist, was sich auch entsprechend in dem zeitabhängigen Frequenzbild widerspiegeln kann, sofern die Genauigkeit für die Abweichung von der Netznennfrequenz ausreichend ist. Auf diesen Grundanteil kommt es aber nicht an, außer dass dieser

leicht identifiziert werden kann und nicht als erkannte niederfrequente Schwingung interpretiert werden sollte. Dieser Grundanteil kann also ignoriert oder bei einer weiteren Auswertung herausgerechnet werden und nur das zusätzlich zu diesem Grundanteil Verbleibende wird untersucht, um die niederfrequenten Schwingungen zu erkennen.

- 5 Tritt also beispielsweise eine Frequenz im Bereich von 4 bis 6 Hz in diesem zeitabhängigen Frequenzbild häufig und mit ausreichender Intensität auf, so kann eine niederfrequente Schwingung im Bereich von 4 bis 6 Hz als erkannt gelten. Beispielsweise kann ein Schwellwert für die Intensität zugrunde gelegt werden. Außerdem oder alternativ kann ein über die Zeit verteilter zeitlicher Mindestanteil zugrunde gelegt werden, um von einer erkannten niederfrequenten Schwingung auszugehen. Wenn also beispielsweise in einem betrachteten Zeitraum nur in einem Bereich von 10% des gesamten Zeitraums eine niederfrequente Schwingung aufgetreten ist, so kann das beispielsweise als nicht ausreichend für das Erkennen einer niederfrequenten Schwingung angesehen werden. Tritt sie hingegen zu einem größeren Teil, beispielsweise zu mehr als 50% in dem Zeitbereich auf, so könnte dies als eine Erkennung einer niederfrequenten Schwingung angesehen werden, ggf. aber nur dann, wenn die Intensität ausreichend hoch ist. Dies soll nur zur Veranschaulichung gelten und es können grundsätzlich verschiedene Kriterien, wie beispielsweise verschiedene Schwellen, zugrunde gelegt werden.

- Basierend auf einer so bestimmten Schwingungscharakteristik kann gezielt eine entsprechende Wirk- und/oder Blindleistung zur Bedämpfung vorgegeben werden. Besonders kann die Wirk- und/oder Blindleistungseinspeisung jeweils voneinander unabhängig für unterschiedliche Eigenschaften der Schwingungscharakteristik vorgegeben werden. Bspw. kann abhängig der Schwingungsform, ob also die Schwingung sinusförmig, dreiecksförmig, rechteckförmig oder anderweitig verzerrt ist, eine Wirkleistung moduliert werden. Gleichzeitig kann bspw. abhängig der Frequenz der Schwingung ein Arbeitspunkt des elektrischen Versorgungsnetzes identifiziert und durch eine stationäre Veränderung der Blindleistungseinspeisung verschoben werden. Die vorgeschlagene Wavelet-Analyse eignet sich besonders gut, diese beispielhaft genannten oder andere Eigenschaften der Schwingungscharakteristik zu identifizieren und dadurch gezielte Wirk- und/oder Blindleistungseinspeisungen zu ermöglichen.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass ein zeitlicher Verlauf einer Amplitude des wenigstens einen weiteren Frequenzanteils erfasst wird. Auch diese Information lässt sich vorteilhafterweise dem zeitabhängigen Frequenzbild entnehmen. Durch

die Erfassung dieses Verlaufs der Amplitude des weiteren Frequenzanteils kann besonders die Veränderung des Frequenzanteils erkannt werden. Insbesondere kann erkannt werden, ob die Amplitude zunimmt oder abnimmt. Besonders dann, wenn die Amplitude zunimmt, also mit der Zeit zunimmt, kann auf eine kritische Situation geschlossen werden, die ggf. ein Eingreifen auslösen sollte. Abhängig einer zeitlich zunehmenden Amplitude eines weiteren Frequenzanteils sollten dann bedämpfende Maßnahmen durchgeführt werden, insbesondere sollte ein bedämpfendes elektrisches Signal in das elektrische Versorgungsnetz eingespeist werden.

Es kommt aber auch in Betracht, dass sich die Amplitude verändert, ohne eine klare Tendenz zum Abnehmen oder Zunehmen zu zeigen. Aus der Art der Veränderung der Amplitude können ggf. Rückschlüsse auf die Situation im elektrischen Versorgungsnetz gezogen werden.

Durch die Aufnahme des zeitlichen Verlaufs kann besonders eine Grundlage für ein gezielt gegen einen solchen Frequenzanteil gegensteuerndes Einspeisesignal geschaffen werden.

Gemäß einer Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass eine Wavelet-Mutterfunktion verwendet wird, die wenigstens eine Eigenschaft aufweist aus der folgenden Liste:

1. Die Wavelet-Mutterfunktion ist dazu vorbereitet, skalierbar zu sein.

Die Wavelet-Mutterfunktion ist besonders als Zeitsignal beschreibbar, also als eine über die Zeit veränderliche Funktion, wie beispielsweise:

$$f(t) = \cos(k \cdot t) \cdot \frac{1}{(k \cdot t)^2 + 1}$$

In dieser Formel soll die Funktion $f(t)$ die Wavelet-Mutterfunktion bilden und diese Funktion wäre skalierbar, besonders auch nach der Zeit skalierbar. Das kann dadurch erreicht werden, dass in dieser beispielhaften Wavelet-Mutterfunktion der Faktor k entsprechend gewählt wird. Beispielsweise kann diese Wavelet-Mutterfunktion mit dem Faktor $k=1$ als Grundfunktion oder als unskalierte Funktion bezeichnet werden und durch Veränderung des Faktors k kann die Skalierung vorgenommen werden. Wird beispielsweise als Faktor $k=2$ gewählt, ergäbe sich eine Stauchung dieser Wavelet-Mutterfunktion.

Aber auch eine Betrachtung derselben Wavelet-Mutterfunktion im Frequenzbereich führt dazu, dass durch Veränderung des Faktors k die Funktion nach der Frequenz skaliert werden kann, also nach der Frequenz gestaucht oder gedehnt werden kann.

5 Die Wavelet-Mutterfunktion ist also dadurch dazu vorbereitet, skalierbar zu sein. Dafür ist der in dem Beispiel gezeigte Faktor k vorgesehen, über den die Skalierung erreicht wird.

Durch diese Skalierbarkeit nach der Zeit oder der Frequenz können unterschiedliche Frequenzen erfasst werden. Besonders kann hierüber, oder u.a. hierüber, die Wahl des Prüffrequenzbereichs umgesetzt werden.

10 2. Die Wavelet-Mutterfunktion ist dazu vorbereitet, zeitlich verschiebbar zu sein.

Das kann beispielsweise bedeuten, dass in der oben gezeigten veranschaulichenden Beispielwavelet-Mutterfunktion anstelle der Zeit t eine Zeit mit einem Offset verwendet wird. In der Formel kann also beispielsweise " t " durch " $t+t_0$ " ersetzt werden. Das führt dann zu einer Verschiebung um die Zeit t_0 , wobei diese Zeit t_0 auch negativ sein kann.

15 Durch eine solche Verschiebung der Wavelet-Mutterfunktion kann ggf. besser eine Information erhalten werden, wann die jeweilige Frequenz, also die zu erkennende niederfrequente Schwingung, auftritt. Vorzugsweise wird eine Wavelet-Analyse mit derselben Wavelet-Mutterfunktion mehrfach durchgeführt, wobei als einziger Unterschied aber jeweils eine zeitlich verschobene Wavelet-Mutterfunktion verwendet wird.

20 Dadurch können dann mehrere zeitabhängige Frequenzbilder erstellt werden und darin können dann ggf. dominante niederfrequente Schwingungen, also dominante niedrige Frequenzen an unterschiedlichen Stellen aber auch mit unterschiedlicher Ausprägung auftreten, je nachdem, wie die verwendete Wavelet-Mutterfunktion zeitlich in Bezug auf das analysierte Signal gelegen hat. Etwas anschaulich ausgesprochen kann

25 diese niederfrequente Schwingung bzw. diese niedrige Frequenz in dem zeitabhängigen Frequenzbild unterschiedlich stark auftreten, abhängig davon, wie sehr sie im Zentrum der Wavelet-Mutterfunktion aufgetreten ist.

3. Die Wavelet-Funktion weist Lokalität sowohl im Frequenzbereich als auch im Zeitbereich auf. Unter Lokalität ist hier zu verstehen, dass die Wavelet-Mutterfunktion nicht

30 gleich verteilt ist, also weder im Zeitbereich gleich verteilt ist, als auch im Frequenzbereich gleich verteilt ist. Beispielsweise ist eine Sinusfunktion im Zeitbereich gleich

5 verteilt und weist somit keine Lokalität im Zeitbereich auf, denn sie oszilliert gleichmäßig mit gleicher Amplitude über den gesamten betrachteten Bereich. Ein Dirac-Impuls weist eine (starke) Lokalität im Zeitbereich auf, ist aber – zumindest theoretisch – im Frequenzbereich ohne Lokalität, denn er entspricht im Frequenzbereich einem weißen Rauschen.

10 Hier wird aber vorgeschlagen, dass sowohl im Frequenzbereich als auch im Zeitbereich Lokalität vorhanden ist. Diese Eigenschaft erfüllt beispielsweise die oben genannte Beispielfunktion. Sie weist nämlich für $t=0$ den größten Wert auf, der an keiner anderen Stelle erreicht wird. Somit weist sie im Bereich $t=0$ ihre Lokalität auf. Außerhalb von diesem Bereich existiert sie auch, klingt aber mit zunehmender Zeit ab bzw. auch in negative Richtung mit zunehmendem Zeitabstand.

15 Im Frequenzbereich weist diese beispielhafte Wavelet-Mutterfunktion auch Lokalität auf, weil sie nämlich ihre Hauptausprägung bei der Frequenz der dort verwendeten cos-Funktion aufweist. Vorsorglich wird darauf hingewiesen, dass die oben genannte veranschaulichende Beispielwavelet-Mutterfunktion natürlich nicht präzise angegeben ist, denn dort hängt die cos-Funktion von der Zeit ab, müsste also bei der tatsächlichen Umsetzung noch auf eine Zeit bzw. Grundfrequenz normiert werden. Würde sie beispielsweise auf 1 Hz als Grundfrequenz normiert bzw. bezogen werden, so wäre ihr größter Wert entsprechend bei 1 Hz im Frequenzbereich.

20 Mit dieser Lokalität wird besonders auch erreicht, dass bei der Wavelet-Analyse des erfassten elektrischen Signals dessen zeitliche Inhomogenität erfasst wird. Mit anderen Worten kann dadurch besonders gut erfasst werden, wann eine niederfrequente Schwingung bzw. die entsprechend niedrige Frequenz auftritt.

25 4. Vorzugsweise weist die Wavelet-Mutterfunktion ein Integral auf, das null ist. Wird also ein Integral über die gesamte verwendete Wavelet-Mutterfunktion gebildet, ist das Ergebnis null. Dadurch wird besonders trotz Lokalität der Wavelet-Mutterfunktion erreicht, dass diese im Zeitbereich ausgewogen im positiven und negativen Bereich, also anschaulich gesprochen über und unter der Zeitachse, ausgebildet ist. Das kann besonders auch bei der Verwendung im Frequenzbereich bzw. bei der Transformation von dem Zeitbereich in den Frequenzbereich vorteilhaft sein, weil quasi ein Gleichanteil vermieden wird.

30

5. Als Wavelet-Mutterfunktion wird ein Morlet-Wavelet, Daubechies D20-Wavelet oder ein mexikanischer Hut verwendet. Diese Wavelet-Funktionen sind dem Fachmann grundsätzlich bekannt, hier wurde aber erkannt, dass diese besonders gut für das Erkennen der niederfrequenten Schwingungen sinnvoll sind. Der mexikanische Hut kann im Übrigen durch die oben genannte veranschaulichende Beispielmutter-Wavelet-Funktion definiert werden.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass das Wirkleistungs-dämpfungssignal (ΔP) zum Bedämpfen von Interarea-Schwingungen oder Control-Mode-Schwingungen vorgegeben wird. Zusätzlich oder alternativ wird vorgeschlagen, dass das Blindleistungs-dämpfungssignal (ΔQ) zum Bedämpfen von Intraplant-Schwingungen, Localplant-Schwingungen, Interarea-Schwingungen oder Control-Mode-Schwingungen vorgegeben wird.

Es ist wurde erkannt, dass nur bestimmte Schwingungsarten der niederfrequenten Schwingungen mit der Wirkleistung beeinflusst werden können und somit eine Berücksichtigung der Schwingungsart notwendig ist, um die niederfrequenten Schwingungen gezielt dämpfen zu können. Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt dabei, wie die entsprechenden Schwingungsarten mit einer Wirkleistung- (P) bzw. Blindleistungseinspeisung (Q) beeinflusst werden können.

Schwingungsart	Wirkleistung P	Blindleistung Q
Intraplant-Schwingungen	nein	ja
Control-Mode-Schwingungen	ja	ja
Interarea-Schwingungen	ja	ja
Localplant-Schwingungen	nein	ja
Torsional-Moden zwischen rotierenden Anlagen	-	-

Tabelle 1

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass der Wirkleistungsanteil bzw. der Blindleistungsanteil entsprechend der Schwingungsart für eine vorgegebene Zeitdauer erhöht eingespeist wird, reduziert eingespeist wird, pulsweise erhöht oder reduziert eingespeist wird, in einer alternierenden Impulsfolge abwechselnd erhöht und reduziert eingespeist wird und
5 zusätzlich oder alternativ rampenförmig ansteigend oder abfallend eingespeist wird.

Ein erhöhter bzw. reduzierter Wirkleistungsanteil/Blindleistungsanteil bezieht sich dabei auf einen Wirkleistungsanteil bzw. Blindleistungsanteil der zu dem Betriebspunkt vorliegt zu dem keine niederfrequente Schwingung im elektrischen Versorgungsnetz erfasst wurde. Wird z. B. eine Windenergieanlage zu einem Zeitpunkt t_1 mit einem Wirkleistungsanteil von
10 100% (Volllast) ohne einen Blindleistungsanteil betrieben, kann für eine vorgegebene Zeitdauer eine Steuerung des Windparks so erfolgen, dass die Windenergieanlagen auf 80% Wirkleistung gedrosselt werden und ein kapazitiver Blindleistungsanteil in das elektrische Versorgungsnetz eingespeist wird, wenn eine niederfrequente Schwingung erfasst wurde. Diese Variante entspricht der Reduktion des Wirkleistungsanteils und einer Erhöhung des
15 Blindleistungsanteils.

Es wurde erkannt, dass mittels der geänderten Einspeisung, das elektrische Versorgungsnetz in einen anderen Arbeitspunkt mit geänderten Lastflüssen verschoben werden kann bzw. dass der Arbeitspunkt des elektrischen Versorgungsnetzes verschoben werden kann. Ein anderer Arbeitspunkt beschreibt hier einen geänderten Lastflusszustand im elektrischen Netz, der dazu führt, dass die niederfrequente Schwingung bedämpft wird. Zudem
20 wurde erkannt, dass der Windpark nicht dauerhaft eine geänderte Leistung (P oder Q) einspeisen muss, sondern das Versorgungsnetz durch eine kurzzeitig geänderte Leistungseinspeisung dauerhaft in einen anderen Systemzustand verschoben werden kann. Besonders wird dabei vorgeschlagen, dass die vorbestimmte Zeitdauer mit der eine geänderte Leistungseinspeisung erfolgt, länger auszulegen ist als eine Halbwelle der niederfrequenten Schwingung. Die vorgegebene Zeitdauer liegt somit in einem Bereich von wenigen
25 Millisekunden bis einigen Sekunden, beispielsweise von 0,3 bis 30 Sekunden.

Besonders bevorzugt ist dabei die Variante, dass für eine vorgegebene Zeitdauer der Wirkleistungsanteil reduziert eingespeist wird. Hier liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass
30 durch die Reduktion der Wirkleistung, der Leistungsfluss in das elektrische Versorgungsnetz reduziert wird, nämlich wenigstens um den Anteil den der Windpark nicht mehr einspeist, und somit die ungewünschten niederfrequenten Schwingungen weniger stark energetisch angeregt werden.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass die Schwingungscharakteristik wenigstens eine zusätzliche Eigenschaft der Liste umfasst, nämlich eine Phasenlage (φ_{Grid}) des Schwingungssignals, eine Schwingungsamplitude des Schwingungssignals oder ein charakteristisches Frequenzspektrum des Schwingungssignals.

- 5 Die Phasenlage des Schwingungssignals beschreibt insbesondere, wie das Schwingungssignal bzw. die niederfrequente Schwingung in ihrem Phasenwinkel zu einem Referenzsignal liegt. Das kann bspw. die Phasenlage der Schwingung zu einem vorgegebenen Referenzsignal sein, das auch ein willkürliches Signal sein kann. Somit ist besonders die absolute Phasenlage relevant, die ggf. beim Einspeisen eines entsprechend modulierten
- 10 Dämpfungssignals zu berücksichtigen ist.

Die Schwingungsamplitude des Schwingungssignals beschreibt die maximale Auslenkung zur der Lage des arithmetischen Mittelwerts des Schwingungssignals. Das Frequenzspektrum bezieht sich besonders auf ein Spektrum, das durch Anwendung einer Fouriertransformation bestimmt wurde. Dem Grunde nach sind die genannten Eigenschaften einer

15 Schwingung aber bekannt und insoweit wird auf entsprechende Fachliteratur bzw. das Fachwissen des Fachmanns verwiesen. Hier wird besonders vorgeschlagen, diese Eigenschaften zur Charakterisierung der Schwingung zu verwenden, um darauf aufbauend die Bedämpfung zu steuern.

Der Ort an dem das Schwingungssignal detektiert wurde kann beispielsweise in Form von

20 GPS Koordinaten vorliegen. So kann eine räumliche Bewegung einer niederfrequenten Schwingung im elektrischen Versorgungsnetz oder einem Teilnetzabschnitt ausgewertet werden.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass die Netzcharakteristik des elektrischen Versorgungsnetzes wenigstens eine Netzsensitivität ist oder umfasst, die eine Änderung der

25 Spannung am Netzanschlusspunkt bezogen auf eine Änderung der eingespeisten Leistung am Netzanschlusspunkt beschreibt. Eine wichtige Information für die vorgesehene Steuerung des Windparks zum Einspeisen elektrischer Energie in das Netz ist die Netzsensitivität. Diese Netzsensitivität ist eine Eigenschaft, die insbesondere auf den Netzanschlusspunkt bezogen ist. Sie hängt von Netzeigenschaften wie der Netztopologie aber auch von

30 aktuellen Netzzuständen ab. Sie gibt im Grunde an, wie empfindlich die Spannung am Netzanschlusspunkt auf Einflüsse reagiert, und damit gibt sie an, wie empfindlich das elektrische Versorgungsnetz dort ist. Wenn der Erzeuger eine Windenergieanlage oder ein

Windpark mit mehreren Windenergieanlagen ist, ist die schwankende Windgeschwindigkeit eine äußere Größe, die über die Windenergieanlage auf das Netz und damit auf die Spannung am Anschlusspunkt Einfluss haben kann. Auch Schwankungen der Windgeschwindigkeit können dadurch einen starken oder schwachen Einfluss auf die Spannung am Anschlusspunkt haben und entsprechend kann dadurch auch eine hohe oder schwache Netzsensitivität hinsichtlich Schwankungen der Windgeschwindigkeit vorliegen.

Zusätzlich oder alternativ wird vorgeschlagen, dass die Netzcharakteristik des elektrischen Versorgungsnetzes eine Netztopologie ist oder umfasst, die den konstruktiven Aufbau des Netzes beschreibt und/oder eine Art, eine Anzahl und einen Anschlussort von angeschlossenen Verbraucher und Erzeuger im Netz beschreibt. Die Netztopologie kann somit auch die Größe und Entfernung vorhandener Synchronmaschinen, von denen besonders auch deren Schwungmassen relevant sein können, oder ein Umrichteranteil im elektrischen Versorgungsnetz beschreiben oder beinhalten. Ebenfalls kann ein konstruktiver Aufbau und eine räumliche Ausdehnung des elektrischen Versorgungsnetzes berücksichtigt werden. Eine Art von Erzeugern kann dabei eine Unterscheidung zwischen Kleinerzeuger oder Großerzeugern sein. Zudem kann auch eine Entfernung zu einem Netzschnittpunkt wie einer Großstadt der Netztopologie zugeordnet werden.

Zusätzlich oder alternativ wird vorgeschlagen, dass die Netzcharakteristik des elektrischen Versorgungsnetzes wenigstens eine Netzimpedanz, insbesondere am Netzanschlusspunkt, ist oder umfasst. Weitere Impedanzen, die in einer besonderen Ausführungsform der Netzcharakteristik berücksichtigt werden, sind eine Impedanz zwischen direkt gekoppelten Synchrongeneratoren, die besonders durch ihre Schwungmassen einen starken Einfluss haben können, im Versorgungsnetz sowie eine Impedanz zwischen den Windenergieanlagen und einem Netzschnittpunkt, wie einem Stadtgebiet.

Zusätzlich oder alternativ wird vorgeschlagen, dass die Netzcharakteristik des elektrischen Versorgungsnetzes eine Netzfrequenz (f_{Grid}) einer Netzspannung ist oder umfasst. Diese beträgt üblicherweise 50Hz oder 60Hz.

Zusätzlich oder alternativ wird vorgeschlagen, dass die Netzcharakteristik des elektrischen Versorgungsnetzes wenigstens ein Kurzschlussstromverhältnis, insbesondere am Netzanschlusspunkt, ist oder umfasst. Das Kurzschlussstromverhältnis betrifft dabei das Verhältnis der Kurzschlussleistung des Versorgungsnetzes des Anschlusspunktes bezogen auf die Anschlussleistung des Windparks, insbesondere die Summe der Nennleistungen aller Windenergieanlagen des betrachteten Windparks. In einer besonderen Ausführungsform

stellt ein Netzbetreiber Informationen zu den zuvor beschriebenen Eigenschaften des elektrischen Versorgungsnetzes bereit.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass wenigstens eine Netzcharakteristik mittels eines Analyseverfahrens bestimmt wird aus der Liste aufweisend eine Netzsensitivitätsanalyse
5 zur Bestimmung der Netzsensitivität, eine Netztopologieanalyse zur Bestimmung der Netztopologie, und eine Netzfrequenzanalyse zur Bestimmung der charakteristischen Frequenz und des charakteristischen Frequenzspektrums. Die aufgeführten Analyseverfahren werden dabei zur Bestimmung der Netzcharakteristik bzw. zur Bestimmung der Netzeigenschaften durchgeführt und können dabei im Vorfeld einer Inbetriebnahme des Windparks
10 oder im laufenden Betrieb des Windparks bestimmt werden. Diese werden insbesondere dann ausgeführt, wenn die Eigenschaften des elektrischen Versorgungsnetzes unbekannt sind.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass die Netzsensitivitätsanalyse die Schritte umfasst:

- 15 - Ändern der eingespeisten Wirkleistung und zusätzlich oder alternativ der eingespeisten Blindleistung, und
- Bestimmen einer Frequenzreaktion oder Amplitudenreaktion der Spannung am Netzanschlusspunkt auf die Änderung der eingespeisten Wirkleistung und zusätzlich oder alternativ Blindleistung.

In einer besonderen Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass die Frequenzreaktion oder Amplitudenreaktion durch Berechnung einer partiellen Ableitung der Netzspannung
20 nach der Wirkleistung und/oder einer partiellen Ableitung der Spannung nach der Blindleistung bestimmt wird. Es wird also die Änderungsrate der Frequenz und der Amplitude der Netzspannung bestimmt, jeweils für die Wirkleistung oder die Blindleistungsänderung. Dabei wird insbesondere die Frequenzänderung der Netzspannung auf eine geänderte
25 Wirkleistungseinspeisung sowie die Amplitudenänderung der Netzspannung auf eine geänderte Blindleistung bestimmt.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass eine bzw. die Netztopologieanalyse wenigstens den Schritt umfasst einen Aufbau und eine Ausdehnung des elektrischen Netzes anhand von Netzplänen oder Entfernungsmessungen zu ermitteln. Ein Netzplan kann dabei von
30 einem Netzbetreiber bezogen werden.

Zusätzlich oder alternativ kann eine bzw. die Netztopologieanalyse den Schritt umfassen, eine Netzimpedanz zwischen zwei Punkten im elektrischen Versorgungsnetz zu erfassen. In einer besonderen Ausführungsform wird vorgeschlagen, die Netzimpedanz zwischen einer Windenergieanlage und einem Netzscherpunkt zu erfassen, wobei der Netzscherpunkt vorzugsweise einen Netzanschlusspunkt oder Netzbereich beschreibt, an dem wenigstens ein Kraftwerk mit wenigstens einem direkt mit dem elektrischen Versorgungsnetz gekoppelten Synchrongenerator angeschlossen ist.

Zusätzlich oder alternativ kann eine bzw. die Netztopologieanalyse den Schritt umfassen, ein Kurzschlussstromverhältnis anhand von Vorgaben eines Netzbetreibers oder durch Berechnung zu ermitteln.

Ferner wird erfindungsgemäßen ein Windpark oder Windenergieanlage vorgeschlagen. Ein solcher Windpark bzw. eine solche Windenergieanlage umfasst wenigstens eine Messeinrichtung zum Erfassen wenigstens einer niederfrequenten elektrischen Schwingung im elektrischen Versorgungsnetzes, eine Erkennungseinrichtung zum Bestimmen jeweils einer Schwingungscharakteristik der wenigstens einen erfassten Schwingung, eine Steuereinrichtung zum Vorgeben eines Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) und/oder eines Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) und eine Einspeiseeinrichtung zum Einspeisen eines Wirkleistungsanteils entsprechend des Wirkleistungsdämpfungssignals bzw. eines Blindleistungsanteils entsprechend des Blindleistungsdämpfungssignals.

Demnach ist der Windpark bzw. die Windenergieanlage dazu eingerichtet, Wirk- und Blindleistung mittels der Einspeiseeinrichtung in ein elektrisches Versorgungsnetz mit einer Netzspannung einzuspeisen, wobei die Netzspannung eine Netznennfrequenz aufweist. Die Netznennfrequenz beträgt dabei üblicherweise 50Hz oder 60Hz. Die niederfrequente elektrische Schwingung, die mittels der Messeinheit erfasst wird, weist dabei eine Frequenz auf, wobei die Frequenz bspw. unterhalb der halben Netznennfrequenz liegen kann. Somit wird gemäß diesem Beispiel vorgeschlagen, dass eine niederfrequente Schwingung in einem Frequenzbereich unterhalb von 25 Hz oder 30Hz erfasst wird, vorzugsweise in einem Frequenzbereich von 5-15Hz, insbesondere in einem Frequenzbereich von 0,2-3Hz. Dazu kann die Messeinrichtung als Spannungsmessgerät ausgebildet sein und wenigstens eine Netzspannung des elektrischen Versorgungsnetzes messen.

Neben der Messeinrichtung umfasst der Windpark bzw. die Windenergieanlage eine Erkennungseinrichtung zum Bestimmen jeweils einer Schwingungscharakteristik der wenigstens einen erfassten Schwingung, wobei die Schwingungscharakteristik wenigstens eine

Eigenschaft der erfassten Schwingung beschreibt. Die Erkennungseinrichtung kann dabei als Prozessrechner vorgesehen sein oder auf einem solchen Prozessrechner implementiert sein. Demnach wird vorgeschlagen, die Erkennungseinrichtung als Hardware oder als Teil eines Computerprogramms zu realisieren. Besonders ist die Erkennungseinrichtung
5 dazu vorbereitet, Messdaten der Messeinrichtung bzw. die Informationen über die von der Messeinrichtung erfassten Schwingung zu empfangen und zu verarbeiten. Demnach kann die Erkennungseinrichtung die Messung der Messeinrichtung bzw. die erfasste Netzspannung auswerten, und die niederfrequente Schwingung über Eigenschaften charakterisieren, wie eine Phasenlage des Schwingungssignals, eine Schwingungsamplitude des
10 Schwingungssignals, ein charakteristisches Frequenzspektrum der niederfrequenten Schwingungen, oder ein Ort an dem das Schwingungssignals detektiert wurde.

Als weitere Komponente des Windparks bzw. der Windenergieanlage wird eine Steuereinrichtung zum Vorgeben eines Wirkleistungsdämpfungssignals ΔP und zusätzlich oder alternativ eines Blindleistungsdämpfungssignals ΔQ vorgeschlagen. Die Steuereinrichtung
15 kann dabei auch ein Teil der Erkennungseinrichtung sein. Die Steuereinrichtung ist besonders dazu vorbereitet, in Abhängigkeit der bestimmten Schwingungscharakteristik Wirkleistungsdämpfungssignals ΔP und das Blindleistungsdämpfungssignals ΔQ zu erzeugen und der Einspeiseeinheit vorzugeben. Die Steuereinrichtung kann dabei ebenfalls auf einem Prozessrechner vorgesehen oder als Teil eines Computerprogramms implementiert sein.

Zusätzlich umfasst der Windpark oder die Windenergieanlage auch eine Einspeiseeinrichtung zum Einspeisen eines Wirkleistungsanteils entsprechend des Wirkleistungsdämpfungssignals bzw. eines Blindleistungsanteils entsprechend des Blindleistungsdämpfungssignals, wobei das Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) in Abhängigkeit der bestimmten Schwingungscharakteristik
20 erfolgt. Die Einspeiseeinheit ist dabei vorzugsweise ein steuerbarer Umrichter bzw. Wechselrichter.

Gemäß einer Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass der Windpark oder der Windenergieanlage, insbesondere mittels der Messeinrichtung, der Erkennungseinrichtung, der Steuereinrichtung sowie der Einspeiseeinrichtung, dazu eingerichtet ist, ein Verfahren gemäß einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen auszuführen.
30

Zusammengefasst wird somit ausgenutzt, dass sowohl die Wirk- als auch die Blindleistung einer modernen Windenergieanlage sehr schnell moduliert werden kann. Die Idee ist es

dabei mittels Windenergieanlagen bzw. des Windparks eine Einspeisung in das Netz vorzunehmen, um niederfrequente Schwingungen zu dämpfen. Insbesondere ist es von Vorteil, eine Blindleistungseinspeisung vorzunehmen, da diese nur einen sehr kleinen Einfluss auf den Ertrag einer Windenergieanlage haben. Es lassen sich aber nicht alle Arten der niederfrequenten Schwingungen bzw. Schwingungssignale durch Blindleistungssignale dämpfen, wie die obige Tabelle 1 zeigt. Daher wird insbesondere vorgeschlagen eine geeignete Aufteilung von Wirk- und Blindleistung zu verwenden, um einerseits mögliche Ertragsverluste zu minimieren und andererseits ein optimales Dämpfungsergebnis zu erhalten. Dabei wird in einem ersten Schritt die niederfrequente Schwingung identifiziert, um dann die Einspeisung daran angepasst vorzunehmen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren beispielhaft erläutert.

Figur 1 zeigt schematisch eine Windenergieanlage.

Figur 2 zeigt schematisch einen Windpark.

Figur 3 zeigt schematisch eine Reglerstruktur zur Steuerung des Windparks.

Figur 4 zeigt schematisch zwei Spannungsverläufe einer Netzspannung.

Figur 5 zeigt schematisch ein Ablaufdiagramm zum Steuern eines Windparks.

Figur 1 zeigt eine Windenergieanlage 100 mit einem Turm 102 und einer Gondel 104. An der Gondel 104 ist ein 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 104 an.

Figur 2 zeigt einen Windpark 112 mit beispielhaft drei Windenergieanlagen 100, die gleich oder verschieden sein können. Die drei Windenergieanlagen 100 stehen somit repräsentativ für im Grunde eine beliebige Anzahl von Windenergieanlagen eines Windparks 112. Die Windenergieanlagen 100 stellen ihre Leistung, nämlich insbesondere den erzeugten Strom über ein elektrisches Parknetz 114 bereit. Dabei werden die jeweils erzeugten Ströme bzw. Leistungen der einzelnen Windenergieanlagen 100 aufaddiert und meist ist ein Transformator 116 vorgesehen, der die Spannung im Park hochtransformiert, um dann an dem Einspeisepunkt 118, der auch allgemein als PCC bezeichnet wird, in das Versorgungsnetz 120 einzuspeisen. Fig. 2 ist nur eine vereinfachte Darstellung eines Windparks

112, die beispielsweise keine Steuerung zeigt, obwohl natürlich eine Steuerung vorhanden ist. Auch kann beispielsweise das Parknetz 114 anders gestaltet sein, indem beispielsweise auch ein Transformator am Ausgang jeder Windenergieanlage 100 vorhanden ist, um nur ein anderes Ausführungsbeispiel zu nennen.

- 5 Figur 3 zeigt eine Reglerstruktur 302 zur Steuerung des Windparks zum Bedämpfen der niederfrequenten Schwingungen. Zur Veranschaulichung ist in der Figur 3 nur eine Windenergieanlage 300 gezeigt, die eine von mehreren Windenergieanlagen eines Windparks sein kann, wie er bspw. in der Figur 2 gezeigt ist. Die Windenergieanlage 300 ist über einen Netzanschlusspunkt 304 an ein elektrisches Versorgungsnetz 306 angeschlossen. Das
10 elektrische Versorgungsnetz 306 wird nachfolgend vereinfachend auch als Netz oder Netzwerk bezeichnet, wobei diese Begriffe als Synonyme anzusehen sind.

Die Windenergieanlage 300 weist einen Generator 308 auf, der durch den Wind betrieben wird und dadurch elektrische Energie erzeugt. Der Generator 308 ist in einer Ausführungsform als elektrisch erregter Mehrphasen-Synchrongenerator mit zwei jeweils sternförmig verschalteten 3-Phasensystemen ausgebildet, was durch die beiden Sternsymbole in dem
15 Generator 308 der Fig. 3 veranschaulicht wird. Der so erzeugte Wechselstrom, nämlich in dem genannten Beispiel 6-phasige Wechselstrom, wird mit einem Gleichrichter 310 gleichgerichtet und als Gleichstrom über eine entsprechende Gleichstromleitung 312, die mehrere Einzelleitungen umfassen kann, von der Gondel 314 den Turm 316 herunter zu einem
20 Wechselrichter 318 übertragen.

Der Wechselrichter 318 erzeugt aus dem Gleichstrom einen Wechselstrom, nämlich in dem gezeigten Beispiel einen 3-phasigen Wechselstrom zum Einspeisen in das Netz 306. Hierzu wird die vom Wechselrichter 318 erzeugte Wechselspannung noch mittels eines Transformators 320 hochtransformatiert, um dann am Netzanschlusspunkt 304 in das Netz
25 306 eingespeist zu werden. Der gezeigte Transformator 320 verwendet eine Stern-Dreiecksschaltung, nämlich primärseitig eine Sternschaltung und sekundärseitig eine Dreiecksschaltung, was hier nur als ein Beispiel einer Ausführungsform dargestellt ist.

Die Einspeisung in das Netz 306 kann neben der Einspeisung von Wirkleistung P auch die Einspeisung von Blindleistung Q beinhalten, was durch den Wirkpfeil 322 veranschaulicht
30 wird. Für die konkrete Einspeisung wird der Wechselrichter 318 durch eine entsprechende Steuereinheit 324 angesteuert, wobei die Steuereinheit 324 auch baulich mit dem Wechselrichter 318 vereint sein kann. Diese Steuerung 324 ist als FACTS-Steuerung vorgesehen. Die Abkürzung FACTS steht dabei für den Begriff „Flexible AC Transmission System“, der auch in den deutschsprachigen Fachkreisen verwendet wird. Insbesondere ist eine

solche FACTS-Steuerung dazu vorbereitet, Strom mit vorgebbarer Frequenz und Phase in das elektrische Versorgungsnetz 306 einzuspeisen oder daraus zu entnehmen. Besonders ist damit ein 4-Quadranten-Betrieb möglich, der Wirk- und Blindleistung einspeisen und/o-der entnehmen kann.

- 5 Besonders soll die Fig. 3 den grundsätzlichen Wirtaufbau veranschaulichen und die konkrete Anordnung einzelner Elemente kann auch anders als dargestellt gewählt werden. Bspw. kann der Transformator 320 außerhalb des Turms 316 vorgesehen sein.

Die Steuereinheit 324 steuert den Wechselrichter 318 insbesondere so an, dass die Art und Weise der Einspeisung in das Netz 306 gesteuert wird. Dabei werden Aufgaben wahr-
10 genommen wie den einzuspeisenden Strom an die Situation im Netz 306, insbesondere Frequenz, Phase und Amplitude der Spannung im Netz 306 anzupassen. Außerdem ist die Steuereinheit 324 dazu vorgesehen, den Anteil von Wirkleistung P und Blindleistung Q der aktuell in das Netz 306 eingespeisten Leistung zu steuern.

Hier werden Messungen im Netz 304, insbesondere am Netzanschlusspunkt 304 vorge-
15 nommen und entsprechend ausgewertet. Alternativ kann auch eine Messung an den Ausgangsklemmen des Wechselrichters 318 vorgenommen werden, was in der Figur 3 nicht dargestellt ist.

Im Gegensatz zu bereits bekannten Spannungssteuersystem wird die Spannung im Netz bzw. am Netzanschlusspunkt 304 oder an den Anschlussklemmen der Windenergieanlage
20 gemessen und anschließend einem Windparkregler 326 und eine Erfassungseinheit 328 bereitgestellt, was mit dem gestrichelten Pfeil 334 angedeutet ist. Die Abkürzung FCU im Block 326 steht dabei für den Begriff „Farm Control Unit“, und beschreibt somit, auch im Sprachgebrauch deutscher Fachleute, einen Windparkregler. Die Abkürzung PSOD im Block 328 steht für den Begriff „Power System Oscillation Damping“, zu Deutsch: Dämpfung von Oszillationen in einem Energiesystem und beschreibt somit, auch im Sprachge-
25 brauch deutscher Fachleute, eine Bedämpfung niederfrequenter Schwingungen.

Die Erfassungseinheit 328 ist dabei, im Vergleich zu dem Windparkregler 326, zum Erfassen wenigstens einer niederfrequenten elektrischen Schwingung des elektrischen Versorgungsnetzes vorgesehen und eingerichtet, insbesondere indem diese die erfasste Netz-
30 spannung auswertet. Dazu kann die Erfassungseinheit 328 einen Tiefpassfilter und eine Auswertungseinheit aufweisen, um den charakteristischen Frequenzbereich niederfrequenter Schwingungen zu filtern und eine Analyse der Netzspannung auszuführen. Dabei

kann die Erfassungseinheit beispielsweise Analysemethoden wie eine FFT-Analyse, eine Wavelet-Analyse oder eine Gradienten-Analyse ausführen.

Das Ergebnis der Analyse bzw. der Auswertung ist die Schwingungscharakteristik, die wenigstens eine Eigenschaft einer erfassten Schwingung beschreibt. Die Erfassungseinheit
5 bestimmt somit jeweils zu einer niederfrequenten Schwingung eine Schwingungscharakteristik. In einem konkreten Beispiel erstellt die Erfassungseinheit eine Schwingungscharakteristik in Form eines Parametervektors oder Parametersatz, in dem die Eigenschaften der erfassten niederfrequenten Schwingung als Einträge gespeichert sind, wie zum Beispiel die Schwingungsart und die Frequenz der erfassten niederfrequenten Schwingung.
10 Wenn mehrere niederfrequente Schwingungen auftreten, können mehrere Schwingungscharakteristika bestimmt werden, also zum Beispiel, zwei Parametersätze jeweils zu einer Schwingung erstellt werden.

Die Erfassungseinheit 328 erfasst somit eine oder mehrere niederfrequente elektrische Schwingungen im elektrischen Versorgungsnetz und bestimmt jeweils eine Schwingungs-
15 charakteristik der wenigstens einen erfassten Schwingung, wobei die Schwingungscharakteristik wenigstens eine Eigenschaft der erfassten Schwingung beschreibt.

Nachdem die Erfassungseinheit 328 somit eine oder mehrere niederfrequente elektrische Schwingungen im elektrischen Versorgungsnetz erfasst und über die Schwingungscharakteristik charakterisiert hat, erfolgt ein Vorgeben eines Wirkleistungsdämpfungssignals ΔP
20 und eines Blindleistungsdämpfungssignals ΔQ , basierend auf dem Ergebnis der Auswertung bzw. Charakterisierung der niederfrequenten Schwingung. Es wird somit vorgeschlagen, nicht nur einen einfachen Grenzwert zu berücksichtigen, sondern die niederfrequente Schwingung zunächst durch eine Analyse zu charakterisieren. Die niederfrequente Schwingung zu charakterisieren erfolgt besonderes aus dem Grund, eine einzelne Infor-
25 mation über die Schwingung, wie einen Frequenzwert, zu verbessern, um auch Ursachen für die Schwingung mit berücksichtigen zu können.

Das Vorgeben der beiden Dämpfungssignale ΔP und ΔQ erfolgt dabei gemäß der gezeigten Ausführungsform parallel und somit unabhängig einer Vorgabe der Leistungssollwerte P_{FCU} und Q_{FCU} , die vom Windparkregler 326 erzeugt werden. Anschließend werden die
30 parallel erzeugten Dämpfungssignale ΔP und ΔQ sowie die Leistungssollwerte P_{FCU} und Q_{FCU} des Windparkreglers der Steuerung 324 vorgegeben. Dazu werden die Signale ΔP , ΔQ , P_{FCU} und Q_{FCU} an einem Knotenpunkt 336 zu zwei Gesamtsollwertsignalen addiert, jeweils eines für Wirkleistung und eines für Blindleistung. Die Steuerung 324 steuert den

Wechselrichter 318 daraufhin in Abhängigkeit der beiden Gesamtsollwertsignale und schließt somit den Regelkreis zur Leistungssteuerung.

Figur 3 zeigt auch eine Elemente zum Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) zusätzlich in Abhängigkeit einer bestimmten Netzcharakteristik. Dazu werden der Aufbau bzw. die Eigenschaft des elektrischen Versorgungsnetzes 306, wie die Netzsensitivität, das Kurzschlussstromverhältnis oder die Netztopologie von einer Netzmesseinheit 338 erfasst oder diese Eigenschaften in der Netzmesseinheit 338 hinterlegt, wenn diese bekannt sind. Die Netzcharakteristik wird dann, zusätzlich zur Schwingungscharakteristik bei der Vorgabe des Wirkleistungsdämpfungssignals ΔP bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals ΔQ durch die Erfassungseinheit 328 berücksichtigt. Die Netzmesseinheit 338 kann dabei auch ein Teil der Erfassungseinheit 328 sein. Die Netzmesseinheit kann bspw. dazu eingerichtet sein, eine Leistung in das elektrische Versorgungsnetz einzuspeisen und die Reaktion des Netzes, besonders der Netzspannung, zu erfassen und daraus eine Eigenschaft des Netzes ableiten, wie beispielsweise die Netzsensitivität.

Abschließend veranschaulicht die Figur 3 zudem die Steuerung des Generators der Windenergieanlage. Die Steuerung des Generators ist im Bereich der Gondel ein Leistungssteuerblock 330 und ein Leistungsauswerteblock 332 vorgesehen. Der Leistungssteuerblock 330 steuert insbesondere die Erregung, nämlich den Erregerstrom, des fremderregten Synchrongenerators im Beispiel der gezeigten Ausführung. Der Leistungsauswerteblock 332 wertet die dem Gleichrichter 310 zugeführte Leistung aus und vergleicht sie mit der vom Gleichrichter 310 über die Gleichstromleitungen 312 zum Wechselrichter 318 abgegebene Leistung. Das Ergebnis dieser Auswertung wird weiter an den Leistungssteuerblock 330 gegeben.

Figur 4 zeigt schematisch zwei Spannungsverläufe einer Netzspannung. Dazu ist in dem gezeigten Diagramm die Netzspannung an den Anschlussklemmen einer Windenergieanlage in per-unit über der Zeit in Sekunden aufgetragen. Zum Zeitpunkt $t = 1\text{ s}$ ereignet sich dem Spannungsverlauf nach ein Netzfehler, der zu einem starken Spannungsabfall der Netzspannung bis auf $0,6\text{ pu}$ der Netzspannung führt. Anschließend steigt die Netzspannung etwa zum Zeitpunkt $t=1.1$ wieder stark an. Diese impulsförmige Anregung kann dazu führen, dass das elektrische Versorgungsnetz, das ein schwingungsfähiges Energiesystem ist, zu einer niederfrequenten Schwingung angeregt werden kann.

Zum Zeitpunkt tx wird von der Erfassungseinheit 328 eine niederfrequente Schwingung erfasst und z. B. als Control-Mode Schwingung charakterisiert, die von dem impulsförmigen dem Spannungssprung angeregt wurde. Ab diesem Zeitpunkt wird nun ein Wirk- und Blindleistungsdämpfungssignal von der Erfassungseinheit vorgegeben, sodass die niederfrequente Schwingung durch die geänderte Einspeisung des Windparks bedämpft wird. Es stellt sich der stabile Verlauf der Netzspannung 400 ein.

Der Verlauf der Netzspannung 402 zeigt im Vergleich dazu den Fall, in dem keine Erfassungseinheit 328 verwendet wird und kein Dämpfungssignal vorgegeben. Die niederfrequente Schwingung gerät durch eine fehlende dämpfend wirkende Wirk- oder Blindleistungseinspeisung in Resonanz und schwingt sich auf.

Figur 5 zeigt ein Ablaufdiagramm gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren. Dabei erfolgt in einem ersten Schritt S1 ein Erfassen wenigstens einer niederfrequenten elektrischen Schwingung des elektrischen Versorgungsnetzes. Der Schritt S1 kann somit auch als ein Messschritt verstanden werden. Anschließend wird im Schritt S2 ein Bestimmen jeweils einer Schwingungscharakteristik der wenigstens einen erfassten Schwingung durchgeführt, wobei die Schwingungscharakteristik wenigstens eine Eigenschaft der erfassten Schwingung beschreibt. Der Schritt S2 kann demnach als ein Charakterisierungsschritt aufgefasst werden, bei dem zum Beispiel eine erste niederfrequente Schwingung über eine Schwingungsart Typ1, eine Frequenz f_1 und eine Schwingungsamplitude A_1 und eine zweite niederfrequente Schwingung über Typ2, f_2 , A_2 charakterisiert wird. Es ist dabei durch den Doppelpfeil 502 angedeutet, dass ein Abgleich 502 mit einer Umsetzungstabelle 500 erfolgen kann, um Ergebnisse einer Auswertung, die im Schritt S2 ausgeführt wird, einer Schwingungsart zu zuordnen. Zudem können in der Umsetzungstabelle auch Sollwerte für das Wirkleistungs- ΔP bzw. für das Blindleistungsdämpfungssignal ΔQ hinterlegt sein, die entsprechend der charakterisierten niederfrequenten Schwingung ausgelesen werden.

In einem weiteren Schritt S3 erfolgt ein Vorgeben eines Wirkleistungsdämpfungssignals und zusätzlich oder alternativ ein Vorgeben eines Blindleistungsdämpfungssignals jeweils zum Bedämpfen der wenigstens einen durch die Schwingungscharakteristik charakterisierten niederfrequenten Schwingung. Dabei erfolgt das Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals ΔP bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals ΔQ in Abhängigkeit der bestimmten Schwingungscharakteristik. In einem letzten Schritt S4 erfolgt anschließend ein Einspeisen eines Wirkleistungsanteils entsprechend des Wirkleistungsdämpfungssignals bzw. eines Blindleistungsanteils entsprechend des Blindleistungsdämpfungssignals.

Dabei ist optional vorgesehen, dass zusätzlich zum Schritt S2, ein weiterer Schritt S21 erfolgt, nämlich ein Bestimmen einer Netzcharakteristik, die einen Aufbau des elektrischen Versorgungsnetzes charakterisiert, wobei das Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals ΔP bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals ΔQ zusätzlich in Abhängigkeit der bestimmten Netzcharakteristik erfolgt. Diese zusätzliche optionale Variante ist mit dem gestrichelten Pfeil in der Figur 5 dargestellt. Somit wird bei der Einspeisung der Wirk- und Blindleistung zum Bedämpfen der niederfrequenten Schwingungen auch der Aufbau bzw. die Eigenschaften des elektrischen Netzes durch die Netzcharakteristik berücksichtigt.

Zusammengefasst wird somit vorgeschlagen, Oszillationen bzw. niederfrequente Schwingungen durch ein zusätzliches Verfahren zu detektieren und Dämpfungssignale ΔP und ΔQ in Abhängigkeit der Schwingungs- und optional Netzeigenschaften des Systems bzw. des elektrischen Netzes zu generieren. Dabei wird besonderes ausgenutzt, dass eine unterschiedliche Beeinflussbarkeit der Schwingungsarten durch P & Q gegeben ist. Besonders wird das Regelungsziel verfolgt, ein Verfahren zur Dämpfung von so genannten Power-Systems-Oscillations auf Windenergie- oder Windparkebene mittels gezielter Wirk- und Blindleistungseinspeisung (ΔP - und ΔQ -Dämpfungssignale) umzusetzen.

Mit dem vorgeschlagenen Verfahren erfolgt somit ein Bestimmen des Schwingungssignals, wobei insbesondere die Frequenz und Phasenlage des niederfrequenten Schwingungssignals erfasst werden. Dabei wird eine Schwingungscharakteristik bestimmt. Es werden anschließend geeignete Dämpfungssignale entsprechend der Schwingungscharakteristik und zusätzlich oder alternativ entsprechend einer Netzcharakteristik erzeugt. Die Netzcharakteristik kann dabei mittels einer Netzsensitivitätsanalyse, die eine Bestimmung der Reaktion einer Einspeisung ΔP & ΔQ darstellt erfolgen, oder mittels analytischer Methoden wie zum Beispiel einer Netztopologie oder Schwingungsfrequenzanalyse. Darauf basierend erfolgt anschließend eine Einspeisung der Dämpfungssignale durch die Windenergieanlage.

Das Verfahren gemäß den zuvor beschriebenen Ausführungsformen ermöglicht dabei, eine Dämpfung von niederfrequenten Schwingungen und einen stabileren Netzbetrieb, ohne zusätzliche Auslastung von Netzanlagen. Zudem kann eine Erhöhung der Akzeptanz umrichter gespeister Einspeisetechnologie durch Verbesserung der Systemsicherheit erreicht werden und die Risiken durch niederfrequente Oszillationen in Energieübertragungssystemen durch Windkraftwerke minimiert werden.

Ansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Windparks (112) zum Bedämpfen niederfrequenter elektrischer Schwingungen, insbesondere subsynchroner Resonanzen, in einem elektrischen Versorgungsnetz (306), wobei das Versorgungsnetz (306) eine Netzspannung mit einer Netznennfrequenz aufweist, wobei der Windpark (112) wenigstens eine an das elektrische Versorgungsnetz (306) angeschlossene Windenergieanlage (100, 300) aufweist, umfassend die Schritte:
 - Erfassen wenigstens einer niederfrequenten elektrischen Schwingung des elektrischen Versorgungsnetzes,
 - 10 - Bestimmen jeweils einer Schwingungscharakteristik der wenigstens einen erfassten Schwingung, wobei die Schwingungscharakteristik wenigstens eine Eigenschaft der erfassten Schwingung beschreibt;
 - Vorgeben eines Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) und/oder eines Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) jeweils zum Bedämpfen der wenigstens einen durch die Schwingungscharakteristik charakterisierten niederfrequenten Schwingung;
 - 15 - Einspeisen eines Wirkleistungsanteils entsprechend des Wirkleistungsdämpfungssignals bzw. eines Blindleistungsanteils entsprechend des Blindleistungsdämpfungssignals wobei
 - 20 - das Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) in Abhängigkeit der bestimmten Schwingungscharakteristik erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass,
 - das elektrische Versorgungsnetz (306) einen Arbeitspunkt aufweist, der durch Lastflüsse gekennzeichnet ist, und
 - 25

- das Einspeisen des Wirkleistungsanteils und/oder des Blindleistungsanteils in das elektrische Versorgungsnetz (306) so erfolgt, dass Lastflüsse im Versorgungsnetz (306) geändert werden, um den Arbeitspunkt des elektrischen Versorgungsnetzes zu verändern.
- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass, zusätzlich der Verfahrensschritt ausgeführt wird:
- Bestimmen einer Netzcharakteristik, die einen Aufbau des elektrischen Versorgungsnetzes charakterisiert, wobei das Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ) zusätzlich in Abhängigkeit
- 10 der bestimmten Netzcharakteristik erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass,
- das Bestimmen einer Schwingungscharakteristik ein Bestimmen einer Schwingungsart beinhaltet, wobei insbesondere unterschieden wird zwischen den Schwingungsarten
- 15 - Intraplant-Schwingungen, die Schwingungen zwischen mehreren an das elektrische Versorgungsnetz (306) angeschlossenen Erzeugungseinheiten in einem Versorgungsnetzabschnitt bezeichnen,
- 20 - Control-Mode-Schwingungen, die Schwingungen bedingt durch rückkoppeln des Regeln von an das elektrische Versorgungsnetz (306) angeschlossenen Erzeugungseinheiten, Verbrauchereinheiten oder Wandlereinheiten bezeichnen,
- 25 - Interarea-Schwingungen, die Schwingungen zwischen mehreren Versorgungsnetzabschnitten bezeichnen, und
- Localplant-Schwingungen, die Schwingungen zwischen einer an das elektrische Versorgungsnetz (306) angeschlossenen Erzeugungseinheit mit dem Versorgungsnetz (306) bezeichnen.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- das Wirkleistungsdämpfungssignal (ΔP) und das Blindleistungsdämpfungssignal (ΔQ) unabhängig voneinander vorgegeben werden, insbesondere, dass
- 5
- das Wirkleistungsdämpfungssignal durch eine Wirkleistungsdämpfungsfunktion gebildet wird, die wenigstens eine erste Eigenschaft der Schwingungscharakteristik als Eingangssignal erhält und das Wirkleistungsdämpfungssignal als Ausgangssignal ausgibt, und dass
- 10
- das Blindleistungsdämpfungssignal durch eine Blindleistungsdämpfungsfunktion gebildet wird, die wenigstens eine zweite Eigenschaft der Schwingungscharakteristik als Eingangssignal erhält und das Blindleistungsdämpfungssignal als Ausgangssignal ausgibt,
- und/oder
- 15
- das Wirkleistungsdämpfungssignal (ΔP) und das Blindleistungsdämpfungssignal (ΔQ) unabhängig von einem Wirkleistungssollwert bzw. Blindleistungssollwert (P_{FCU} , Q_{FCU}) eines Windparkreglers vorgegeben werden, und
- der eingespeiste Wirkleistungsanteil bzw. der eingespeiste Blindleistungsanteil so eingespeist werden, dass unterschiedliche niederfrequente Schwingungsarten unabhängig voneinander bedämpft werden.
- 20
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass,
- das Bestimmen einer Schwingungscharakteristik mittels
- einer FFT-Analyse,
 - einer Wavelet-Analyse, und/oder
 - einer Gradienten-Analyse durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass,
- das Wirkleistungsdämpfungssignal (ΔP) zum Bedämpfen von Interarea-Schwingungen oder Control-Mode-Schwingungen vorgegeben wird,
- und/oder
- 5 - das Blindleistungsdämpfungssignal (ΔQ) zum Bedämpfen von Intraplant-Schwingungen, Localplant-Schwingungen, Interarea-Schwingungen oder Control-Mode-Schwingungen vorgegeben wird.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass,
- der Wirkleistungsanteil bzw. der Blindleistungsanteil entsprechend der bestimmten
- 10 Schwingungscharakteristik für eine vorgegebene Zeitdauer
- erhöht eingespeist wird,
 - reduziert eingespeist wird,
 - pulsweise erhöht oder reduziert eingespeist wird,
 - in einer alternierenden Impulsfolge abwechselnd erhöht und reduziert
- 15 eingespeist wird und/oder
- rampenförmig ansteigend oder abfallend eingespeist wird.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Schwingungscharakteristik wenigstens eine Eigenschaft ist oder umfasst aus der Liste aufweisend:
- 20 - eine Phasenlage (φ_{Grid}) des Schwingungssignals,
- eine Schwingungsamplitude des Schwingungssignals,

- ein charakteristisches Frequenzspektrum der niederfrequenten Schwingungen, und
- ein Ort an dem das Schwingungssignals detektiert wurde.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- 5
- die Netzcharakteristik des elektrischen Versorgungsnetzes (306) wenigstens eine Eigenschaft ist oder umfasst aus der Liste aufweisend:
 - eine Netzfrequenz (f_{Grid}) einer Netzspannung,
 - eine Netzsensitivität, die eine Änderung der Spannung am Netzan-
 - 10 schlusspunkt (304) bezogen auf eine Änderung der eingespeisten Leistung beschreibt,
 - eine Netztopologie, die den konstruktiven Aufbau des Netzes beschreibt und/oder eine Art, eine Anzahl und einen Anschlussort von angeschlossenen Verbraucher und Erzeuger im Netz (306) beschreibt,
 - eine Netzimpedanz, insbesondere am Netzanchlusspunkt (304),
 - 15 - ein Kurzschlussstromverhältnis, insbesondere am Netzanchlusspunkt (304).

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

wenigstens eine Netzcharakteristik mittels eines Analyseverfahrens bestimmt wird aus der Liste aufweisend:

- 20
- eine Netzsensitivitätsanalyse zur Bestimmung der Netzsensitivität,
 - eine Netztopologieanalyse zur Bestimmung der Netztopologie, und
 - eine Netzfrequenzanalyse zur Bestimmung der charakteristischen Frequenz und des charakteristischen Frequenzspektrums.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- eine bzw. die Netzsensitivitätsanalyse die Schritte umfasst:
 - Ändern der eingespeisten Wirkleistung (P) und/oder der eingespeisten Blindleistung (Q) und
 - 5 - Bestimmen einer Frequenzreaktion oder Amplitudenreaktion der Spannung am Netzanschlusspunkt (304) auf die Änderung der eingespeisten Wirkleistung (P) und/oder Blindleistung (Q), insbesondere durch Berechnung einer partiellen Ableitung der Spannung nach der Wirkleistung (P) und/oder einer partiellen Ableitung der Spannung nach der
 - 10 Blindleistung (Q).

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- eine bzw. die Netztopologieanalyse wenigstens einen der Schritte umfasst aus der Liste aufweisend:
 - Ermitteln eines Aufbaus und einer Ausdehnung des elektrischen Netzes anhand von Netzplänen oder Entfernungsmessungen,
 - 15 - Ermitteln einer Netzimpedanz zwischen zwei Punkten im elektrischen Versorgungsnetz (306), insbesondere zwischen einer Windenergieanlage (100, 300) und einem Netzschnittpunkt, wobei der Netzschnittpunkt vorzugsweise einen Netzanschlusspunkt (304) oder Netzbereich beschreibt, an dem wenigstens ein Kraftwerk mit wenigstens einem direkt mit dem elektrischen Versorgungsnetz (306) gekoppelten Synchrongenerator angeschlossen ist, und
 - 20 - Ermitteln eines Kurzschlussstromverhältnisses anhand von Vorgaben eines Netzbetreibers oder durch Berechnung.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- das Wirkleistungsdämpfungssignal (ΔP) als ein moduliertes Signal vorgegeben wird, während das Blindleistungsdämpfungssignal (ΔQ) als konstantes Signal vorgegeben wird, oder dass
- 5 - das Blindleistungsdämpfungssignal (ΔQ) als ein moduliertes Signal vorgegeben wird, während das Wirkleistungsdämpfungssignal (ΔP) als konstantes Signal vorgegeben wird.
15. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- zum Erfassen wenigstens einer niederfrequenten elektrischen Schwingung des elektrischen Versorgungsnetzes (306), und/oder
- 10 - zum Bestimmen jeweils einer Schwingungscharakteristik der wenigstens einen erfassten Schwingung, folgende Schritte vorgesehen sind
 - Erfassen wenigstens eines elektrischen Signals des elektrischen Versorgungsnetzes (306) und

15 - Auswerten des elektrischen Signals mittels einer Wavelet-Analyse, bei der über eine Korrelationsanalyse des erfassten Signals mit einer vorbestimmten Wavelet-Mutterfunktion ein zeitabhängiges Frequenzbild erstellt wird,
 - wobei vorzugsweise vom Vorliegen einer niederfrequenten Schwingung ausgegangen wird, wenn

20 - in dem zeitabhängigen Frequenzbild zusätzlich zu einem Grundanteil wenigstens ein weiterer niederfrequenter Frequenzanteil vorhanden ist.

16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

ein zeitlicher Verlauf einer Amplitude eines bzw. des wenigstens einen weiteren Frequenzanteils erfasst wird.

17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

eine bzw. die Wavelet-Mutterfunktion wenigstens eine Eigenschaft aufweist aus der Liste aufweisend die folgenden Eigenschaften:

- I) die Wavelet-Mutterfunktion ist dazu vorbereitet, skalierbar zu sein, insbesondere nach der Zeit oder der Frequenz,
- II) die Wavelet-Mutterfunktion ist dazu vorbereitet, zeitlich verschiebbar zu sein,
- III) die Wavelet-Mutterfunktion weist Lokalität sowohl im Frequenzbereich als auch im Zeitbereich auf,
- IV) die Wavelet-Mutterfunktion weist im Zeitbereich ein Integral auf, das 0 ist,
- V) als Wavelet-Mutterfunktion wird eine Wavelet-Funktion aus der Liste verwendet, aufweisend:
 - a. ein Morlet-Wavelet,
 - b. ein Daubechies D20-Wavelet
 - c. einen Mexikanischen Hut.

18. Windpark (112) oder Windenergieanlage (100, 300), wobei der Windpark (112) bzw. die Windenergieanlage (100, 300) dazu eingerichtet ist, Wirk- und Blindleistung in ein elektrisches Versorgungsnetz (306) mit einer Netzspannung einzuspeisen, wobei die Netzspannung eine Netznennfrequenz aufweist, und wobei der Windpark (112) bzw. die Windenergieanlage (100, 300) umfasst:

- eine Messeinrichtung zum Erfassen wenigstens einer niederfrequenten elektrischen Schwingung im elektrischen Versorgungsnetzes (306),
- eine Erkennungseinrichtung zum Bestimmen jeweils einer Schwingungscharakteristik der wenigstens einen erfassten Schwingung, wobei die Schwingungscharakteristik wenigstens eine Eigenschaft der erfassten Schwingung beschreibt,
- eine Steuereinrichtung zum Vorgeben eines Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) und/oder eines Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ), und

- eine Einspeiseeinrichtung zum Einspeisen eines Wirkleistungsanteils entsprechend des Wirkleistungsdämpfungssignals bzw. eines Blindleistungsanteils entsprechend des Blindleistungsdämpfungssignals, wobei
 - die Steuereinrichtung dazu vorbereitet ist, dass das Vorgeben des Wirkleistungsdämpfungssignals (ΔP) bzw. des Blindleistungsdämpfungssignals (ΔQ)
5 in Abhängigkeit der bestimmten Schwingungscharakteristik erfolgt.
19. Windpark (112) oder Windenergieanlage (100, 300) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Windenergieanlage (100, 300) bzw. der Windpark (112), insbesondere die Steuerungseinrichtung, dazu eingerichtet ist, ein Verfahren gemäß
10 einem der Ansprüche 1-17 auszuführen.

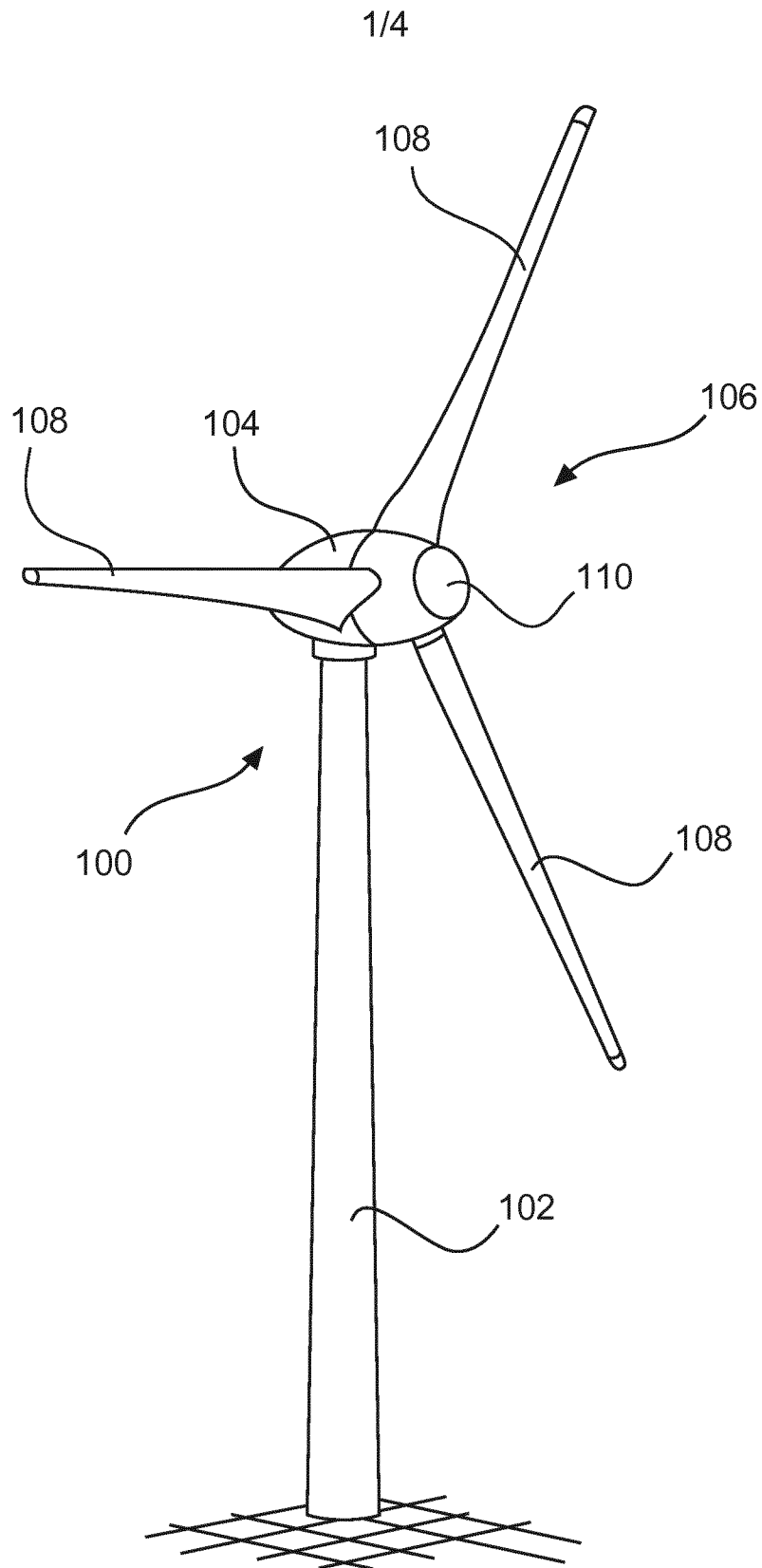


Fig. 1

2/4

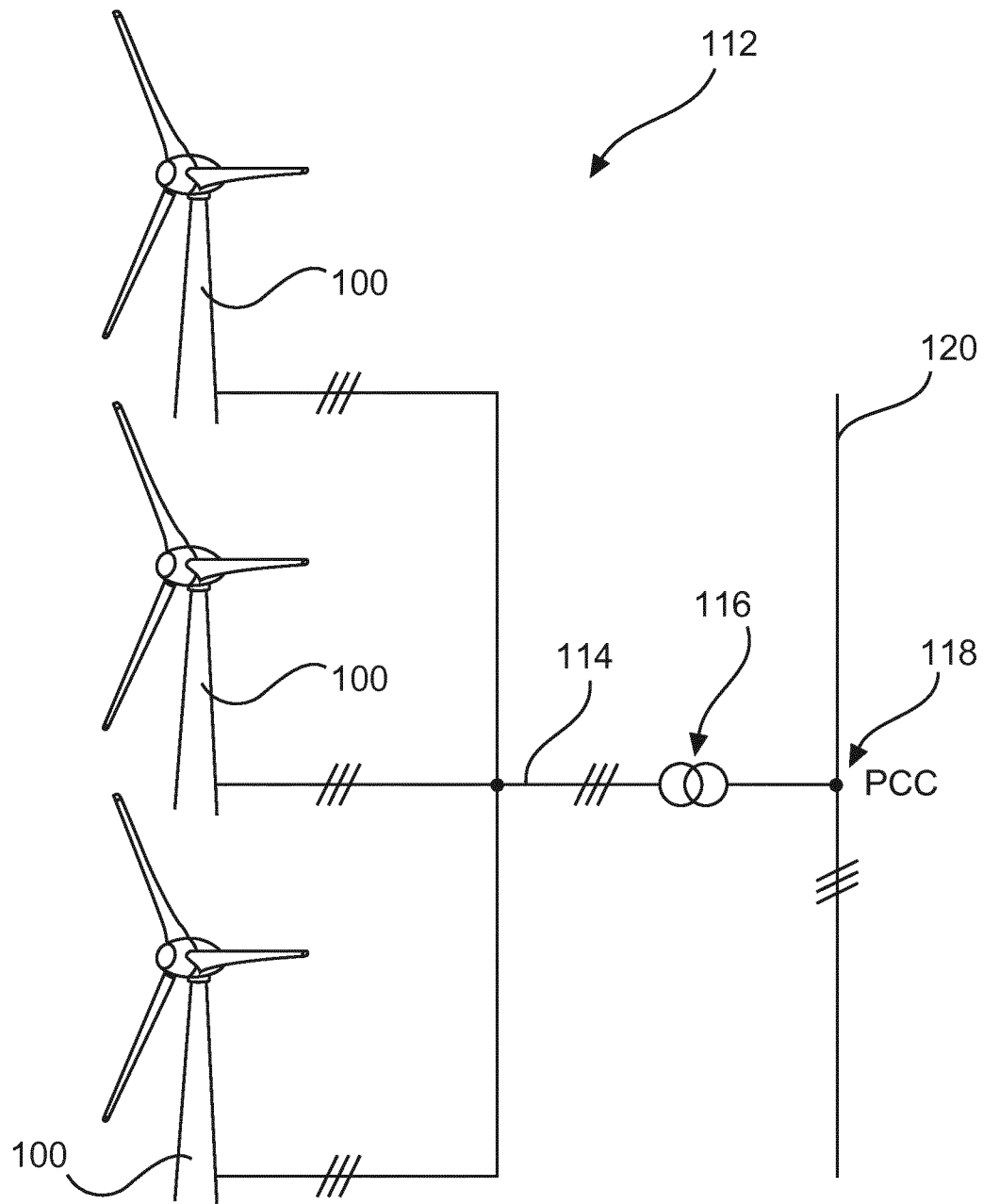


Fig. 2

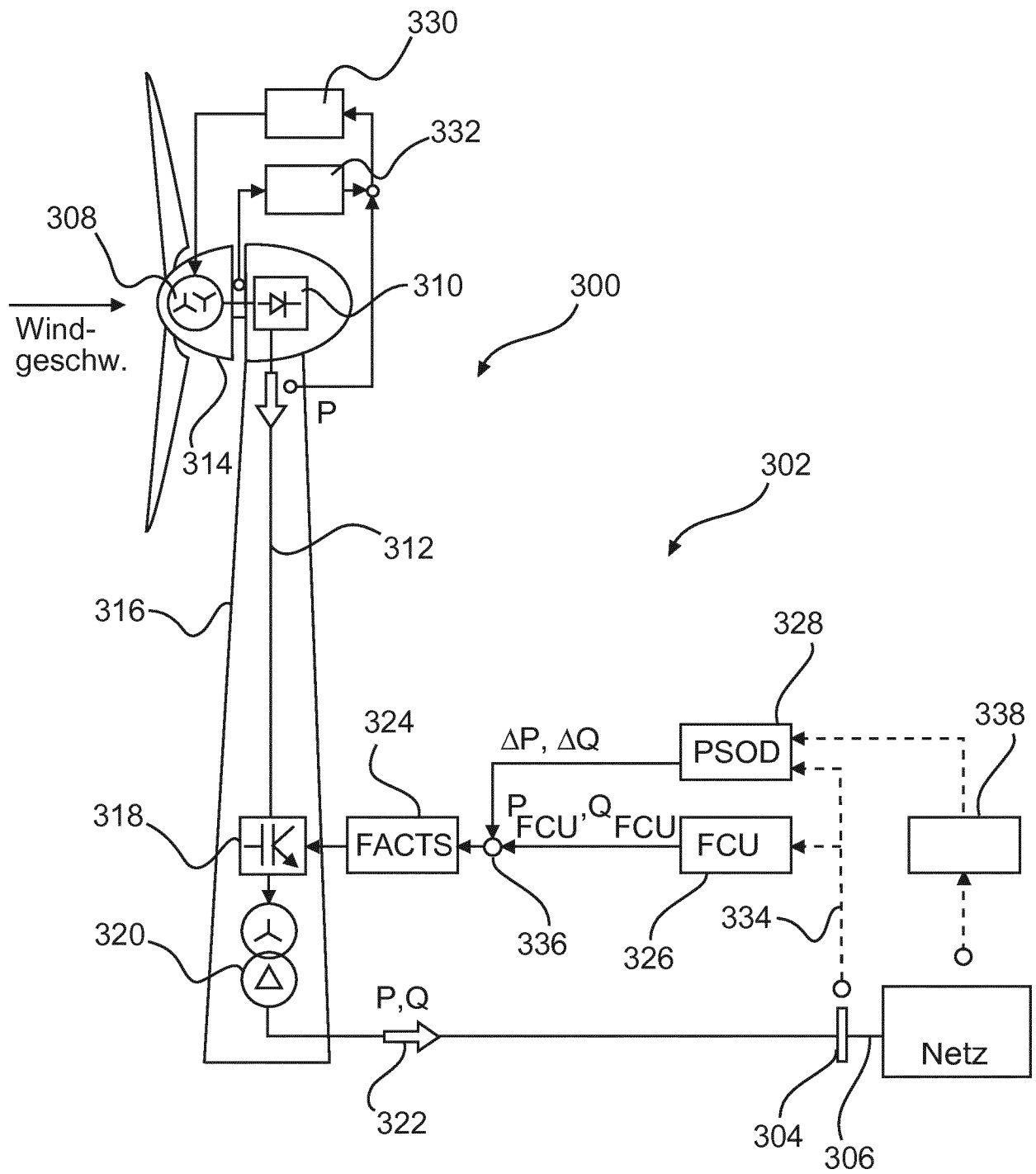


Fig. 3

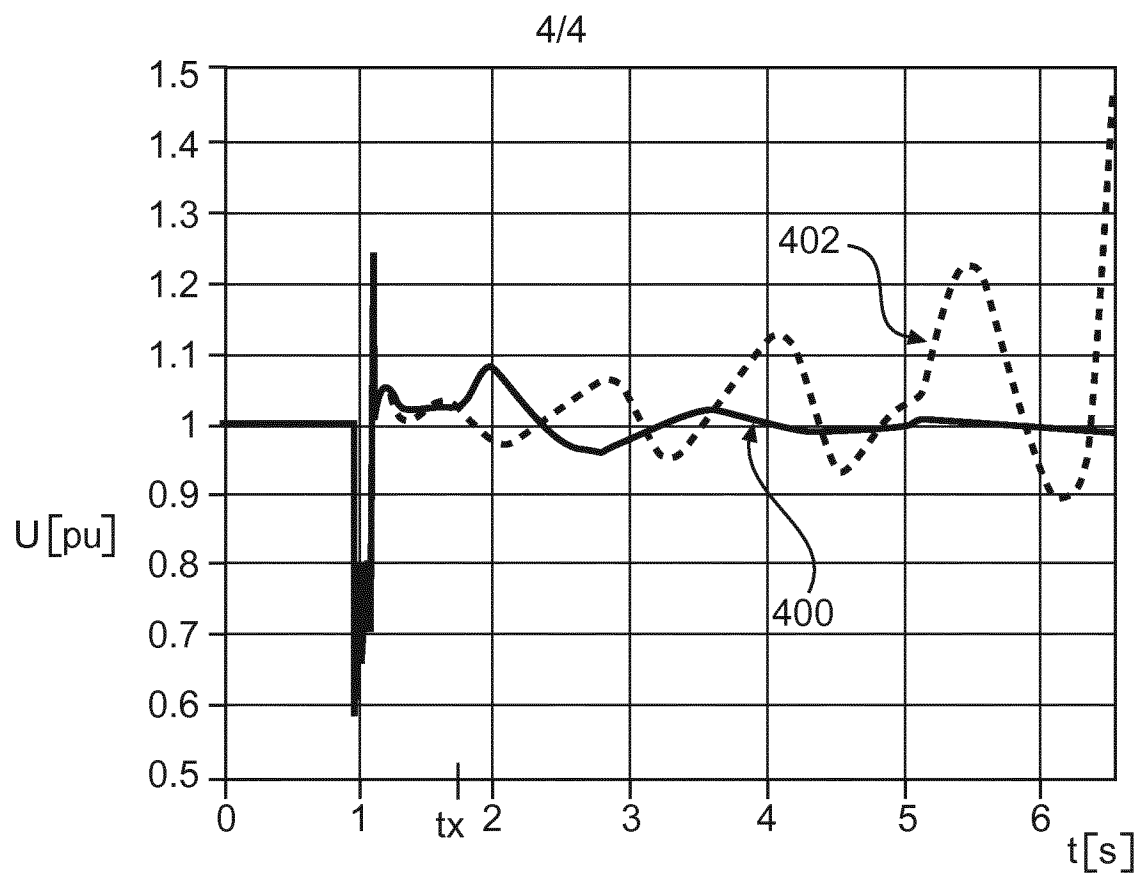


Fig. 4

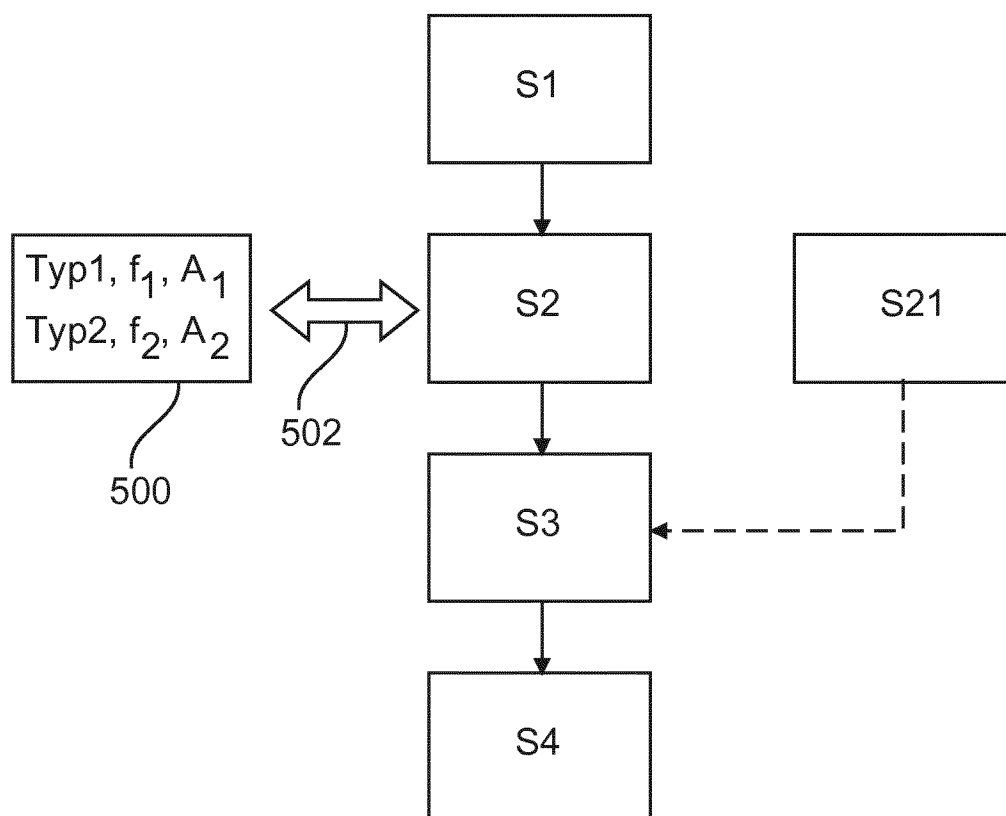


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/068023

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02J 3/24**(2006.01)i; **F03D 7/02**(2006.01)i; **H02J 3/38**(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; F03D

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 Y	US 2013176751 A1 (OLEA ENEKO [ES] ET AL) 11 July 2013 (2013-07-11) paragraphs [0011] - [0017], [0042] - [0053]; figures 1-9	1-3,5,7-10,18,19 4,6,11-17
Y	WO 2005088802 A1 (EBERLE GMBH & CO KG A [DE]; HAUSSEL WERNER [DE] ET AL.) 22 September 2005 (2005-09-22) pages 1-3	4
Y	WO 2010060451 A1 (SIEMENS AG [DE]; DIETRICH FABIAN [DE] ET AL.) 03 June 2010 (2010-06-03) pages 2,3	4
Y	DE 102012212366 A1 (WOBBEN PROPERTIES GMBH [DE]) 30 January 2014 (2014-01-30) paragraphs [0016] - [0037]; figures 1-10	11,12
Y	EP 3322060 A1 (NORDEX ENERGY GMBH [DE]) 16 May 2018 (2018-05-16) paragraphs [0001] - [0018]; figures 1-7	14
Y	CN 105515018 A (ELECTRIC POWER RES INST OF STATE GRID SHANDONG ELECTRIC POWER CO ET AL) 20 April 2016 (2016-04-20) page 1; figures 1-3	6,15-17

☒ 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

18 October 2019

Date of mailing of the international search report

29 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

Krasser, Bernhard

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/068023**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 102016101468 A1 (WOBBEN PROPERTIES GMBH [DE]) 27 July 2017 (2017-07-27) paragraph [0015]; figures 1-9	11,13
Y	WO 2014012789 A1 (WOBBEN PROPERTIES GMBH [DE]) 23 January 2014 (2014-01-23) pages 5,6; figures 1-13	11,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/068023

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
US	2013176751	A1	11 July 2013	BR	112014016351 A2	13 June 2017
				CN	104221241 A	17 December 2014
				DK	2801139 T3	11 June 2019
				EP	2801139 A1	12 November 2014
				ES	2725424 T3	24 September 2019
				US	2013176751 A1	11 July 2013
				WO	2013102791 A1	11 July 2013
WO	2005088802	A1	22 September 2005	AT	428208 T	15 April 2009
				CN	1930751 A	14 March 2007
				DE	102004011551 A1	29 September 2005
				DE	112005001106 A5	24 May 2007
				EP	1723709 A1	22 November 2006
				US	2011043952 A1	24 February 2011
				WO	2005088802 A1	22 September 2005
WO	2010060451	A1	03 June 2010	NONE		
DE	102012212366	A1	30 January 2014	AR	091748 A1	25 February 2015
				AU	2013289385 A1	05 February 2015
				BR	112015000558 A2	27 June 2017
				CA	2878409 A1	16 January 2014
				CL	2015000079 A1	10 April 2015
				CN	104641105 A	20 May 2015
				DE	102012212366 A1	30 January 2014
				EP	2872777 A2	20 May 2015
				JP	2015527857 A	17 September 2015
				KR	20150033729 A	01 April 2015
				MX	351921 B	03 November 2017
				NZ	703818 A	29 April 2016
				RU	2015104807 A	27 August 2016
				TW	201409894 A	01 March 2014
				UA	113993 C2	10 April 2017
				US	2015198145 A1	16 July 2015
				WO	2014009223 A2	16 January 2014
EP	3322060	A1	16 May 2018	EP	3322060 A1	16 May 2018
				US	2018138709 A1	17 May 2018
CN	105515018	A	20 April 2016	NONE		
DE	102016101468	A1	27 July 2017	BR	112018015230 A2	11 December 2018
				CA	3010687 A1	03 August 2017
				CN	108604798 A	28 September 2018
				DE	102016101468 A1	27 July 2017
				EP	3408913 A1	05 December 2018
				JP	2019510453 A	11 April 2019
				KR	20180105692 A	28 September 2018
				US	2018372074 A1	27 December 2018
				WO	2017129749 A1	03 August 2017
WO	2014012789	A1	23 January 2014	AR	091841 A1	04 March 2015
				AU	2013292247 A1	05 February 2015
				BR	112015001114 A2	27 June 2017
				CA	2878993 A1	23 January 2014
				CL	2015000138 A1	24 April 2015

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/068023

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
		CN 104521090 A	15 April 2015
		DE 102012212777 A1	23 January 2014
		EP 2875562 A1	27 May 2015
		JP 6181177 B2	16 August 2017
		JP 2015523048 A	06 August 2015
		JP 2017163838 A	14 September 2017
		KR 20150036699 A	07 April 2015
		MX 364386 B	25 April 2019
		NZ 703980 A	27 May 2016
		RU 2015105756 A	10 September 2016
		TW 201415759 A	16 April 2014
		UA 116450 C2	26 March 2018
		US 2015148974 A1	28 May 2015
		WO 2014012789 A1	23 January 2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02J3/24 F03D7/02 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 F03D		
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 2013/176751 A1 (OLEA ENEKO [ES] ET AL) 11. Juli 2013 (2013-07-11)	1-3,5, 7-10,18, 19
Y	Absätze [0011] - [0017], [0042] - [0053]; Abbildungen 1-9	4,6, 11-17
Y	----- WO 2005/088802 A1 (EBERLE GMBH & CO KG A [DE]; HAUSSEL WERNER [DE] ET AL.) 22. September 2005 (2005-09-22) Seiten 1-3	4
Y	----- WO 2010/060451 A1 (SIEMENS AG [DE]; DIETRICH FABIAN [DE] ET AL.) 3. Juni 2010 (2010-06-03) Seiten 2,3 ----- -/-	4
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
18. Oktober 2019		29/10/2019
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 Krasser, Bernhard

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2012 212366 A1 (WOBBEN PROPERTIES GMBH [DE]) 30. Januar 2014 (2014-01-30) Absätze [0016] - [0037]; Abbildungen 1-10 -----	11,12
Y	EP 3 322 060 A1 (NORDEX ENERGY GMBH [DE]) 16. Mai 2018 (2018-05-16) Absätze [0001] - [0018]; Abbildungen 1-7 -----	14
Y	CN 105 515 018 A (ELECTRIC POWER RES INST OF STATE GRID SHANDONG ELECTRIC POWER CO ET AL) 20. April 2016 (2016-04-20) Seite 1; Abbildungen 1-3 -----	6,15-17
Y	DE 10 2016 101468 A1 (WOBBEN PROPERTIES GMBH [DE]) 27. Juli 2017 (2017-07-27) Absatz [0015]; Abbildungen 1-9 -----	11,13
Y	WO 2014/012789 A1 (WOBBEN PROPERTIES GMBH [DE]) 23. Januar 2014 (2014-01-23) Seiten 5,6; Abbildungen 1-13 -----	11,13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/068023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2013176751 A1	11-07-2013	BR 112014016351 A2 CN 104221241 A DK 2801139 T3 EP 2801139 A1 ES 2725424 T3 US 2013176751 A1 WO 2013102791 A1	13-06-2017 17-12-2014 11-06-2019 12-11-2014 24-09-2019 11-07-2013 11-07-2013
WO 2005088802 A1	22-09-2005	AT 428208 T CN 1930751 A DE 102004011551 A1 DE 112005001106 A5 EP 1723709 A1 US 2011043952 A1 WO 2005088802 A1	15-04-2009 14-03-2007 29-09-2005 24-05-2007 22-11-2006 24-02-2011 22-09-2005
WO 2010060451 A1	03-06-2010	KEINE	
DE 102012212366 A1	30-01-2014	AR 091748 A1 AU 2013289385 A1 BR 112015000558 A2 CA 2878409 A1 CL 2015000079 A1 CN 104641105 A DE 102012212366 A1 EP 2872777 A2 JP 2015527857 A KR 20150033729 A MX 351921 B NZ 703818 A RU 2015104807 A TW 201409894 A UA 113993 C2 US 2015198145 A1 WO 2014009223 A2	25-02-2015 05-02-2015 27-06-2017 16-01-2014 10-04-2015 20-05-2015 30-01-2014 20-05-2015 17-09-2015 01-04-2015 03-11-2017 29-04-2016 27-08-2016 01-03-2014 10-04-2017 16-07-2015 16-01-2014
EP 3322060 A1	16-05-2018	EP 3322060 A1 US 2018138709 A1	16-05-2018 17-05-2018
CN 105515018 A	20-04-2016	KEINE	
DE 102016101468 A1	27-07-2017	BR 112018015230 A2 CA 3010687 A1 CN 108604798 A DE 102016101468 A1 EP 3408913 A1 JP 2019510453 A KR 20180105692 A US 2018372074 A1 WO 2017129749 A1	11-12-2018 03-08-2017 28-09-2018 27-07-2017 05-12-2018 11-04-2019 28-09-2018 27-12-2018 03-08-2017
WO 2014012789 A1	23-01-2014	AR 091841 A1 AU 2013292247 A1 BR 112015001114 A2 CA 2878993 A1 CL 2015000138 A1 CN 104521090 A DE 102012212777 A1	04-03-2015 05-02-2015 27-06-2017 23-01-2014 24-04-2015 15-04-2015 23-01-2014

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/068023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		EP 2875562 A1	27-05-2015
		JP 6181177 B2	16-08-2017
		JP 2015523048 A	06-08-2015
		JP 2017163838 A	14-09-2017
		KR 20150036699 A	07-04-2015
		MX 364386 B	25-04-2019
		NZ 703980 A	27-05-2016
		RU 2015105756 A	10-09-2016
		TW 201415759 A	16-04-2014
		UA 116450 C2	26-03-2018
		US 2015148974 A1	28-05-2015
		WO 2014012789 A1	23-01-2014
