

(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
07. Dezember 2017 (07.12.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/207598 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F03D 7/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/063086

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Mai 2017 (31.05.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 110 190.7
02. Juni 2016 (02.06.2016) DE

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

(72) Erfinder: **MESSING, Ralf**; Hilgenbusch 5, 26605 Aurich (DE). **LEBOSQ, Rodolphe**; Goldmoorstraße 11, 26556 Eversmeer (DE). **RUBNER, Florian**; Virchowstraße 6, 26607 Aurich (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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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)

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A WIND TURBINE AND WIND TURBINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM STEuern EINER WINDENERGIEANLAGE UND WINDENERGIEANLAGE

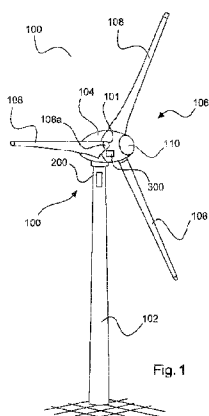


Fig. 1

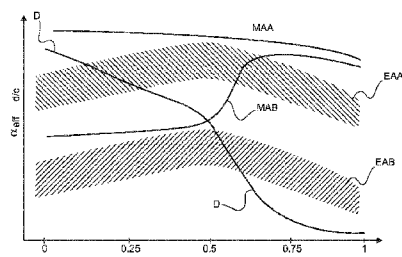


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling a wind turbine (100), comprising the following steps: sensing precipitation in the region of the wind turbine (100) by means of a precipitation sensor (300), and controlling the wind turbine on the basis of a first pitch angle characteristic curve, in the case of which the pitch angle is set in accordance with the power, in a first operating mode and on the basis of a second pitch angle characteristic curve in a second operating mode, wherein the first operating mode is selected if there is no precipitation and the second operating mode is selected if there is precipitation.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Windenergieanlage (100), mit den Schritten: Erfassen eines Niederschlags im Bereich der Windenergieanlage (100) durch einen Niederschlagssensor (300), und Steuern der Windenergieanlage in einer ersten Betriebsart basierend auf einer ersten Pitchwinkelkennlinie, bei der der Pitchwinkel in Abhängigkeit der Leistung eingestellt wird, und in einer zweiten Betriebsart basierend auf einer zweiten Pitchwinkelkennlinie, wobei die erste Betriebsart ausgewählt wird, wenn kein Niederschlag vorhanden ist und die zweite Betriebsart ausgewählt wird, wenn Niederschlag vorhanden ist.



WO 2017/207598 A1

Verfahren zum Steuern einer Windenergieanlage und Windenergieanlage

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Windenergieanlage sowie eine Windenergieanlage.

Moderne Windenergieanlagen weisen typischerweise drei Rotorblätter auf, deren Anstellwinkel bzw. Pitchwinkel verstellbar ist. Dazu kann im Bereich der Rotorblattwurzel
5 bzw. am Übergang zwischen der Rotorblattwurzel und dem Nabenbereich der Windenergieanlage mindestens ein Pitch- oder Anstellmotor vorgesehen sein. Durch Aktivieren dieses Motors kann der Pitchwinkel bzw. der Anstellwinkel der Rotorblätter verstellt werden. Die Änderung des Pitchwinkels bzw. Anstellwinkels erfolgt insbesondere dann, wenn die Windenergieanlage in den Bereich ihrer Nennleistung kommt und die Windgeschwindigkeit weiter ansteigt. Durch Änderung des Pitchwinkels soll die auf die Windenergieanlage einwirkende mechanische Belastung reduziert werden. Durch Ändern des Pitchwinkels kann die Fläche des Rotorblattes, welche dem Wind ausgesetzt ist, reduziert werden.
10

Eine Dimensionierung der Rotorblätter einer Windenergieanlage erfolgt so, dass die Rotorblätter der Anlage (bei allen Betriebspunkten der Anlage) ablösefrei umströmt werden können, um eine Ablösung der Strömung zu vermeiden, welches zu Leistungsverlusten durch die Windenergieanlage führen kann. Die Ablösefreiheit des umströmten Rotorblattes muss bei allen klimatischen oder meteorologischen Bedingungen sichergestellt sein.
15

In der prioritätsbegründenden deutschen Patentanmeldung hat das Deutsche Patent- und Markenamt die folgenden Dokumente recherchiert: US 2010/0054940 A1, US 2010/0143121 A1, WO 2001/086142 A1 und US 2008/0001409 A1.
20

Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Steuern einer Windenergieanlage vorzusehen, welches einen effektiven Betrieb der Windenergieanlage unter verschiedenen klimatischen Bedingungen bzw. meteorologischen Bedingungen ermöglicht.
25

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Steuern einer Windenergieanlage nach Anspruch 1 sowie durch eine Windenergieanlage nach Anspruch 5 gelöst.

Somit wird ein Verfahren zum Steuern einer Windenergieanlage vorgesehen. Ein Niederschlag im Bereich der Windenergieanlage wird durch einen Niederschlagssensor erfasst.

- 5 Die Windenergieanlage wird in einer ersten Betriebsart basierend auf einer ersten Pitchwinkelkennlinie, bei der der Pitchwinkel in Abhängigkeit der Leistung eingestellt wird, und in einer zweiten Betriebsart basierend auf einer zweiten Pitchwinkelkennlinie, bei der der Pitchwinkel in Abhängigkeit der Leistung eingestellt wird, gesteuert. Die zweite Pitchwinkelkennlinie ist von der ersten Pitchwinkelkennlinie verschieden. Die erste Betriebsart
- 10 wird ausgewählt, wenn kein Niederschlag vorhanden ist, und die zweite Betriebsart wird ausgewählt, wenn Niederschlag vorhanden ist.

Da die zweite Pitchwinkelkennlinie von der ersten Pitchwinkelkennlinie verschieden ist, ergeben sich unterschiedliche Pitchwinkel bei einer gleichen Leistung. Damit kann der Pitchwinkel bei trockenem Wetter ein anderer sein als der Pitchwinkel bei Niederschlag.

- 15 Die Erfindung betrifft den Gedanken, eine Windenergieanlage basierend auf mindestens zwei unterschiedlichen Pitchwinkelkennlinien zu steuern. Eine Pitchwinkelkennlinie gibt dabei einen Wert eines Pitchwinkels für eine abgegebene elektrische Leistung an. Die Entscheidung, welche der zwei Kennlinien zu verwenden ist, wird in Abhängigkeit davon getroffen, ob Niederschlag vorhanden ist.
- 20 In einer ersten Betriebsart wird der Pitchwinkel der Rotorblätter gemäß einer ersten Pitchwinkelkennlinie und in einer zweiten Betriebsart kann die Windenergieanlage gemäß einer zweiten Pitchwinkelkennlinie betrieben werden. Die erste Betriebsart kann beispielsweise eine normale Betriebsart, beispielsweise ohne Regen, darstellen, während die zweite Betriebsart aktiviert wird, wenn durch einen Niederschlagssensor ein Nieder-
- 25 schlag beispielsweise Regen oder Schnee detektiert worden ist. In der ersten Betriebsart kann beispielsweise trockenes Wetter vorherrschen während in der zweiten Betriebsart ein Niederschlag vorhanden sein kann.

Die vorliegende Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass bei Regen bzw. bei einer nassen Rotoroberfläche eine turbulente Grenzschichtströmung vorhanden sein kann.

- 30 Eine turbulente Grenzschichtströmung kann dazu führen, dass bei der Umströmung des Profils des Rotorblattes der Windenergieanlage kleinere Blattanstellwinkel, zu einer Strömungsablösung führen können. Dies kann insbesondere an der Hinterkante des

Rotorblattes erfolgen. Die Strömungsablösung bei nassen Rotorblättern kann bereits bei kleineren Anstellwinkeln als bei einem Rotorblatt mit einer trockenen Oberfläche erfolgen. Bei Rotorblättern mit einer trockenen Oberfläche kann mit einer laminaren Laufstrecke der Grenzschichtströmung von der Vorderkante weg gerechnet werden, bevor die
5 Strömung in eine turbulente Strömung umschlagen kann. Wenn die Windenergieanlage und somit die Rotorblätter der Windenergieanlage bei Niederschlag, wie beispielsweise Regen, betrieben werden, dann sollen kleinere effektive Profilanstellwinkel über den Rotorradius gewählt werden als bei trockenen Rotorblättern. Entsprechend wird vorgeschlagen, im Falle von Niederschlag eine Betriebskennlinie mit anderem Blattwinkel zu
10 verwenden. Eine Steuereinheit kann entsprechend in Abhängigkeit eines erfassten Niederschlags eine andere Betriebskennlinie auswählen, und einen anderen Blattwinkel einstellen, so dass sich der jeweilige Anstellwinkel entlang des Rotorblattes entsprechend verändert.

Es wird unterschieden zwischen einem Anstellwinkel, der die Anstellung des Rotorblattprofils zum Wind bzw. einer Bezugsrichtung an der jeweiligen Stelle entlang des Rotorblattes beschreibt, und einem Blattwinkel, der auch synonym als Pitchwinkel bezeichnet
15 werden kann, der den an der Blattwurzel eingestellten Winkel bezeichnet.

Gemäß einer Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass eine Umschaltung von der zweiten Betriebsart in die erste Betriebsart erfolgt, sobald erfasst wurde, dass kein Niederschlag mehr fällt und seit dieser Erfassung eine vorgebbare Latenzzeit verstrichen ist.
20 Wenn die Windenergieanlage bei Regen betrieben wird, oder bei einem anderen Niederschlag, wird die Windenergieanlage hierbei in der zweiten Betriebsart betrieben. Ist der Niederschlag beendet, sollte in die erste Betriebsart zurückgeschaltet werden.

Es wurde aber erkannt, dass besonders ein feuchtes Rotorblatt einen Betrieb mit der zweiten Betriebsart sinnvoll macht. Um das zu berücksichtigen, wird das Einhalten einer Latenzzeit vorgeschlagen, so dass erst diese Latenzzeit abgewartet wird, bis in die erste Betriebsart zurückgeschaltet wird, damit das Rotorblatt in dieser Latenzzeit trocknen kann. Diese Latenzzeit kann vorgegeben werden. Vorzugsweise wird sie abhängig von
25 Umweltparametern vorgegeben, die einen Trocknungsprozess des Rotorblatts beeinflussen können, insbesondere abhängig einer Windgeschwindigkeit und/oder einer Außentemperatur. Vorzugsweise liegt die Latenzzeit in einem Bereich von 5 bis 30 Minuten.
30

Für eine Umschaltung von der ersten Betriebsart auf die zweite Betriebsart ist keine
35 Latenzzeit nötig oder sie kann als zweite Latenzzeit deutlich kürzer gewählt werden, z.B.

um wenigstens 80% oder wenigstens 90% kleiner als die erste Latenzzeit zum Umschalten von der zweiten Betriebsart auf die erste.

Weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

- 5 Vorteile und Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Windenergieanlage gemäß der Erfindung,

10 Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung von effektiven Profilanstellwinkelverhältnissen an einem Rotorblatt einer Windenergieanlage gemäß der Erfindung, und

Fig. 3 zeigen jeweils einen Graphen zur Veranschaulichung von bis 6 Pitchwinkelkennlinien gemäß der Erfindung.

15 Fig. 1 zeigt eine Windenergieanlage 100 mit einem Turm 102 und einer Gondel 104. An der Gondel 104 ist ein aerodynamischer Rotor 106 mit einem Spinner 110 und drei Rotorblättern 108 angeordnet. Die Rotorblätter 108 sind jeweils mit einer Rotorblattwurzel 108a an einer Nabe befestigt. Der Rotor 106 wird im Betrieb durch den Wind in eine Drehbewegung versetzt und treibt dadurch einen (nicht dargestellten) Generator in der Gondel 104 an. Der Pitchwinkel der Rotorblätter 108a kann durch Pitchmotoren 101
20 geändert oder eingestellt werden.

Die Windenergieanlage weist ferner eine Steuereinheit 200 zum Steuern des Betriebs der Windenergieanlage und einen Sensor 300 zum Erfassen eines Niederschlags auf. Der Sensor kann als ein Niederschlagssensor 300 ausgestaltet sein.

25 In der Steuereinheit 200 können verschiedene Pitchkennlinien gespeichert werden. Die Steuereinheit 200 ist dazu ausgestaltet, anhand der Messergebnisse des Niederschlagsensors 300 eine der gespeicherten Pitchkennlinien auszuwählen und den Betrieb der Windenergieanlage 100 entsprechend zu steuern. Hierbei kann die Steuereinheit 200 insbesondere den Pitchwinkel der Rotorblätter 108 einstellen.

30 Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung der effektiven Profilanstellwinkelverhältnissen an einem Rotorblatt einer Windenergieanlage gemäß der Erfindung.

In Fig. 2 sind verschiedene effektive Profilanstellwinkel an den Rotorblättern der erfindungsgemäßen Windenergieanlage bei unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen dargestellt.

In Fig. 2 ist der maximal zulässige Profilanstellwinkel MAA für ein trockenes Blatt, der
5 maximal zulässige Profilanstellwinkel MAB für ein nasses Blatt, ein relativer Dickenverlauf D, ein effektiver Profilanstellwinkelbereich EAA in der ersten Betriebsart A (trocken) und ein effektiver Profilanstellwinkelbereich EAB in einer zweiten Betriebsart B (nass) gezeigt. Der relative Dickenverlauf D kann einen typischen Verlauf einer relativen Profildicke eines Rotorblattes über den Radius der Windenergieanlage darstellen, welcher mit
10 dem maximalen Rotorradius normiert worden ist.

Wie in Fig. 2 zu sehen, ist der maximal zulässige Profilanstellwinkel MAB bei Nässe (Betriebsart B) immer kleiner als der entsprechende maximal zulässige Profilanstellwinkel MAA für ein trockenes Blatt (Betriebsart A), je größer die relative Dicke des Rotorblattes ist (welche durch den relativen Dickenverlauf D dargestellt wird), desto größer wird der
15 Unterschied zwischen dem maximal zulässigen Profilanstellwinkel MAA bei einem trockenen Blatt und dem maximal zulässigen Profilanstellwinkel MAB für ein nasses Blatt. Für das Verhältnis zwischen Radius und maximalen Rotorradius r/R von kleiner 0,65 ist ein deutlicher Abfall des maximal zulässigen Anstellwinkels MAB für ein nasses Blatt zu sehen, d.h. in diesem Bereich weicht der maximal zulässige Profilanstellwinkel MAB
20 eines nassen Rotorblattes erheblich von dem maximal zulässigen Profilanstellwinkel MAA eines trockenen Rotorblattes ab.

In Fig. 2 sind die im Betrieb der Windenergieanlage auftretenden effektiven Profilanstellwinkel EAA im trockenen Betrieb und die effektiven Profilanstellwinkel EAB im nassen Betrieb dargestellt. Wie aus diesen beiden Kurven zu sehen, gibt es erhebliche Unter-
25 schiede zwischen einem trockenen Rotorblatt und einem nassen Rotorblatt. Wie in Fig. 2 zu sehen, kann in der ersten Betriebsart A, nämlich bei Trockenheit, das Rotorblatt mit höheren Profilanstellwinkeln betrieben werden als bei einem nassen Rotorblatt, nämlich in der zweiten Betriebsart B.

In den Figuren 3 bis 6 sind jeweils unterschiedliche Pitchwinkelkennlinien gemäß der
30 Erfindung dargestellt. Die gezeigten Pitchwinkelkennlinien betreffen einen sogenannten Teillastbetrieb, in dem die Windenergieanlage ihre Nennleistung noch nicht erreicht hat, oder allenfalls am Ende der gezeigten Kennlinien erreicht hat. Die gezeigten Pitchkennlinien sind somit jeweils für einen Bereich bis zum Erreichen von Nennleistung vorgese-

hen. Die Pitchwinkelkennlinie PA für die erste Betriebsart (trockenes Rotorblatt) weist einen ersten Abschnitt PA1 mit einem konstanten Pitchwinkel für verschiedene Ausgangsleistungen P auf. Die Pitchkennlinie weist einen Punkt PA2 bei einer Ausgangsleistung P3 auf, von welchem aus der konstante Abschnitt PA1 in einen zweiten Abschnitt PA3 mit einer Steigerung übergeht. Die Pitchwinkelkennlinie PB in der zweiten Betriebsart B (Nässe bzw. Niederschlag) weist ebenfalls einen ersten Abschnitt PB1 auf, welcher für unterschiedliche elektrische Ausgangsleistungen P einen konstanten Pitchwinkel aufweist, einen Übergangspunkt PB2 bei einer Ausgangsleistung P3 und einen zweiten Abschnitt PB3, welcher eine Steigerung aufweist, d.h. bei Steigerung der Ausgangsleistung erfolgt eine Steigerung des Pitchwinkels.

In Fig. 3 ist der Punkt PA2 und der Punkt PB2 im Wesentlichen bei der gleichen Ausgangsleistung P3 vorhanden. Die ersten Abschnitte PA1, PB1 weisen im Wesentlichen den gleichen Pitchwinkel auf. Die zweiten Abschnitte PA3, PB3 weisen unterschiedliche Steigerungen auf.

In dem Ausführungsbeispiel von Fig. 4 ist der Punkt PB2 bei einer geringeren Ausgangsleistung P41 als bei dem Punkt PA2 (Ausgangsleistung P42). Ferner können die Steigerungen der zweiten Abschnitte PB3, PA3 unterschiedlich sein.

In dem Ausführungsbeispiel von Fig. 3 und Fig. 4 sind die Pitchwinkel in dem ersten Abschnitt PB1, PA1 bis zu dem Punkt PB2 gleich und erst bei einer höheren Ausgangsleistung reichen die Pitchwinkelwerte voneinander ab.

In dem Ausführungsbeispiel von Fig. 5 sind die Pitchwinkel in dem ersten Abschnitt PB1 höher als in dem ersten Abschnitt PA1. Die Punkte PB2, PA2 liegen bei einer Ausgangsleistung P5.

In dem Ausführungsbeispiel von Fig. 6 sind die Pitchwinkel in den jeweiligen ersten Bereichen PB1, PA1 bis zu einem Punkt PB2, PA2 gleich und erst ab diesem Punkt PB2, PA2 weist die Steigerung der zweiten Abschnitte PB3, PA3 eine unterschiedliche Steigerung auf. Bis zu einer Leistung P61 ist der Pitchwinkel in beiden Betriebsarten gleich und konstant. Zwischen der Ausgangsleistung P61 und P62 fällt der Pitchwinkel bei steigender Ausgangsleistung. Dies gilt für beide Betriebsarten. Ab dem Punkt P62 steigen die Pitchwinkel der ersten und zweiten Kennlinie mit unterschiedlichen Steigerungen an.

Gemäß der Erfindung verwendet die Steuereinheit 200 die erste oder zweite Pitchkennlinie zum Steuern der Pitchwinkel der Rotorblätter in Abhängigkeit der abgegebenen Ausgangsleistung.

5 Mittels des Niederschlagssensors 300 kann erfasst werden, ob die Windenergieanlage bei trockenen Bedingungen oder bei Niederschlag betrieben wird. Wenn die Windenergieanlage bei trockenen Bedingungen betrieben wird, dann kann mit Hilfe der Steuereinheit 200 die erste Betriebsart betrieben werden. In dieser Betriebsart wird die Windenergieanlage basierend auf der ersten Pitchkennlinie PA betrieben. Wenn durch den Niederschlagssensor erfasst wird, dass Niederschlag vorhanden ist, dann steuert die Steuer-
10 einheit 200 den Betrieb der Windenergieanlage und insbesondere die Pitchwinkel gemäß der zweiten Pitchwinkelkennlinie PB. Gemäß der Erfindung kann ein Umschalten zwischen den Betriebsarten stufenlos durchgeführt werden. Beim Umschalten der Betriebsarten kann die Stärke des Niederschlages mit berücksichtigt werden.

15 Gemäß der Erfindung wird somit möglich, dass in der ersten Betriebsart A höhere Leistungsbeiwerte als in der zweiten Betriebsart B erreicht werden können, da höhere Anstellwinkel höhere Auftriebsbeiwerte und damit höhere axiale Indikationsfaktoren zur Folge haben können. Durch die erfindungsgemäße Unterscheidung, ob Niederschlag vorhanden ist oder nicht, kann die Windenergieanlage mit einer höheren Ausgangsleistung, gemessen über die Zeit, betrieben werden.

Ansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Windenergieanlage (100), mit den Schritten:
Erfassen eines Niederschlags im Bereich der Windenergieanlage (100) durch einen Niederschlagssensor (300), und
5 Steuern der Windenergieanlage in einer ersten Betriebsart basierend auf einer ersten Pitchwinkelkennlinie, bei der der Pitchwinkel in Abhängigkeit der Leistung eingestellt wird, und in einer zweiten Betriebsart basierend auf einer zweiten Pitchwinkelkennlinie, bei der der Pitchwinkel in Abhängigkeit der Leistung eingestellt wird,
wobei die zweite Pitchwinkelkennlinie von der ersten Pitchwinkelkennlinie ver-
10 schieden ist,
wobei die erste Betriebsart ausgewählt wird, wenn kein Niederschlag vorhanden ist und die zweite Betriebsart ausgewählt wird, wenn Niederschlag vorhanden ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei
die erste und zweite Pitchwinkelkennlinie jeweils
15 - einen ersten geraden Abschnitt (PA1, PB1) aufweist, in dem der Pitchwinkel unverändert bleibt, und
- einen zweiten Abschnitt (PA3, PB3) aufweist, welcher eine Steigung aufweist, so dass bei steigender Ausgangsleistung der Pitchwinkel erhöht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei
20 die Länge des jeweiligen ersten Abschnitts (PA1, PB1) der ersten und zweiten Pitchwinkelkennlinie (PA, PB) unterschiedlich sein können, und/oder
wobei die Steigung der zweiten Abschnitte (PA3, PB3) unterschiedlich sein können.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die erste und zweite
25 Pitchkennlinie jeweils für einen Bereich bis zum Erreichen von Nennleistung vorgesehen sind.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Umschaltung von der zweiten Betriebsart in die erste Betriebsart erfolgt, sobald
- erfasst wurde, dass kein Niederschlag mehr fällt und
30 - seit dieser Erfassung eine vorgebbare Latenzzeit verstrichen ist.

6. Windenergieanlage, mit
einem Rotor (106) mit einer Mehrzahl von Rotorblättern (108), welche jeweils eine Rotorblattwurzel (108a) aufweisen, wobei der Pitchwinkel der Rotorblätter (108) mittels Pitchmotoren (101), welche an den Rotorblattwurzeln (108a) angreifen, einstellbar ist,
- 5 einem Niederschlagssensor (300) zum Erfassen eines Niederschlags im Bereich der Windenergieanlage,
- einer Steuereinheit (200) zum Steuern des Betriebs der Windenergieanlage in einer ersten Betriebsart basierend auf einer ersten Pitchwinkelkennlinie und in einer zweiten Betriebsart basierend auf einer zweiten Pitchwinkelkennlinie,
- 10 wobei die Steuereinheit (200) dazu ausgestaltet ist, anhand der Ausgangssignale des Niederschlagssensors (300) die erste oder zweite Betriebsart auszuwählen,
- wobei die erste und zweite Pitchwinkelkennlinie jeweils den Pitchwinkel in Abhängigkeit der Leistung einstellen,
- wobei die zweite Pitchwinkelkennlinie von der ersten Pitchwinkelkennlinie ver-
- 15 schieden ist.
7. Windenergieanlage nach Anspruch 6, dazu vorbereitet, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 auszuführen.

1/4

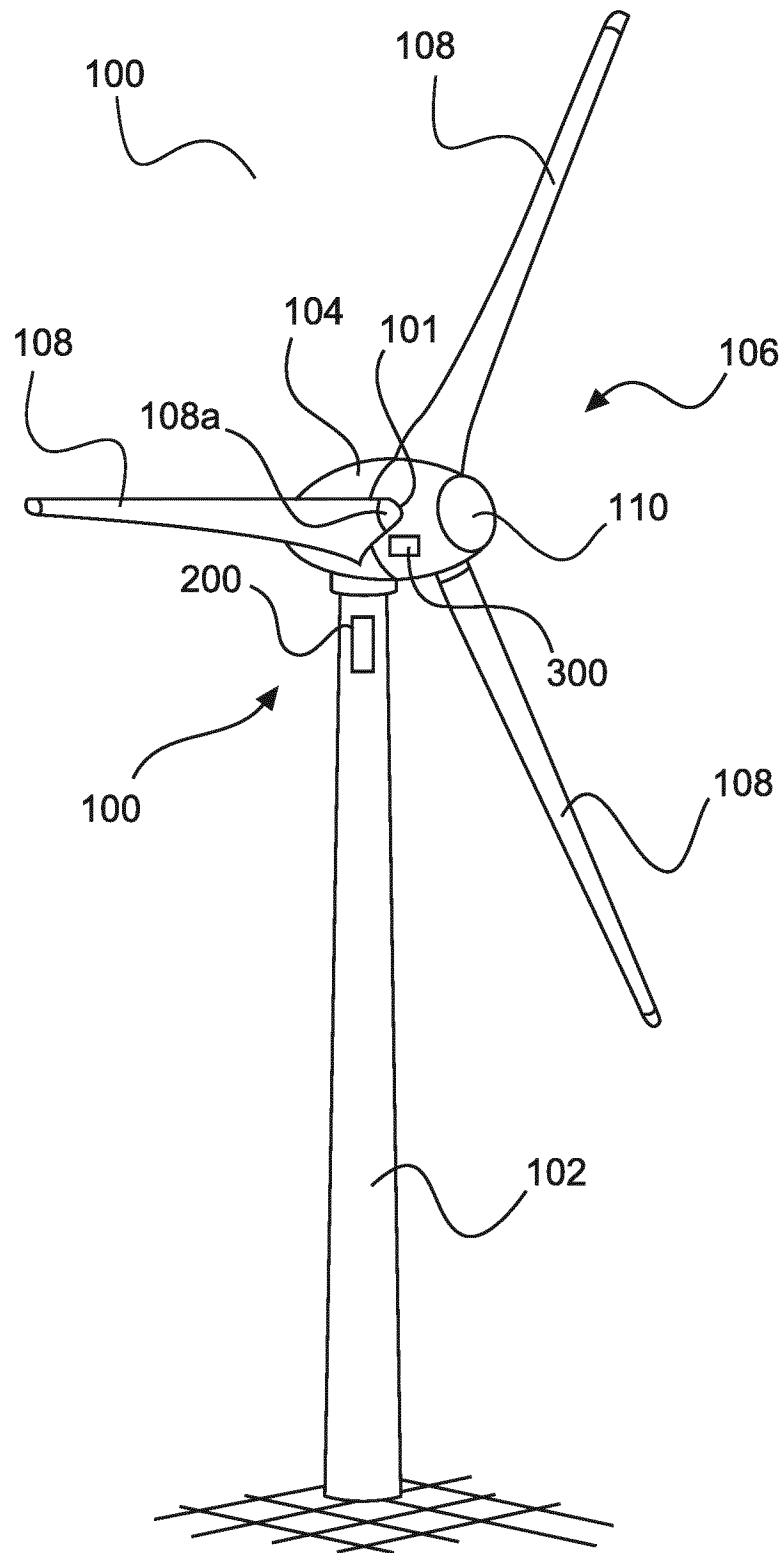


Fig. 1

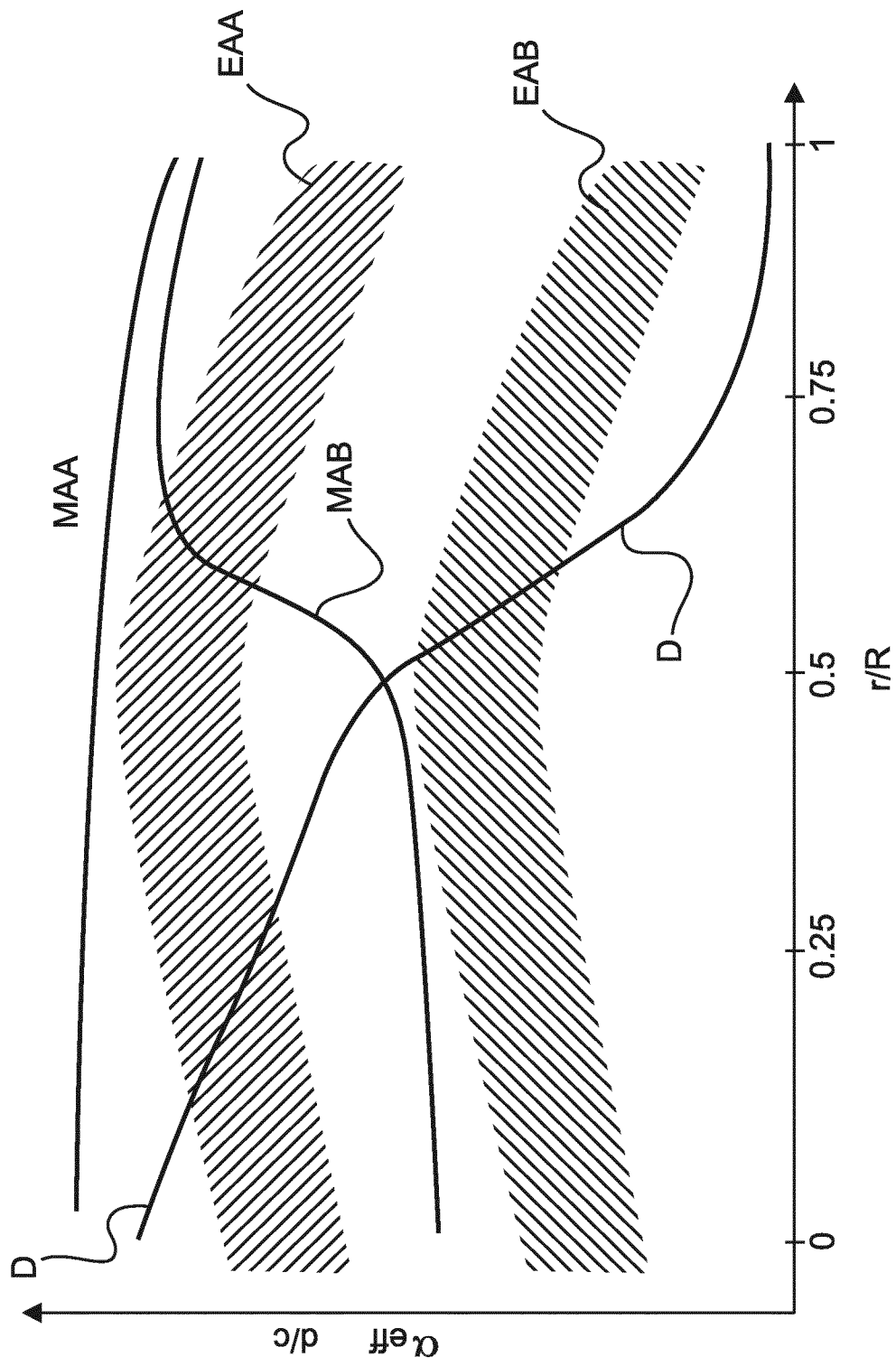


Fig. 2

3/4

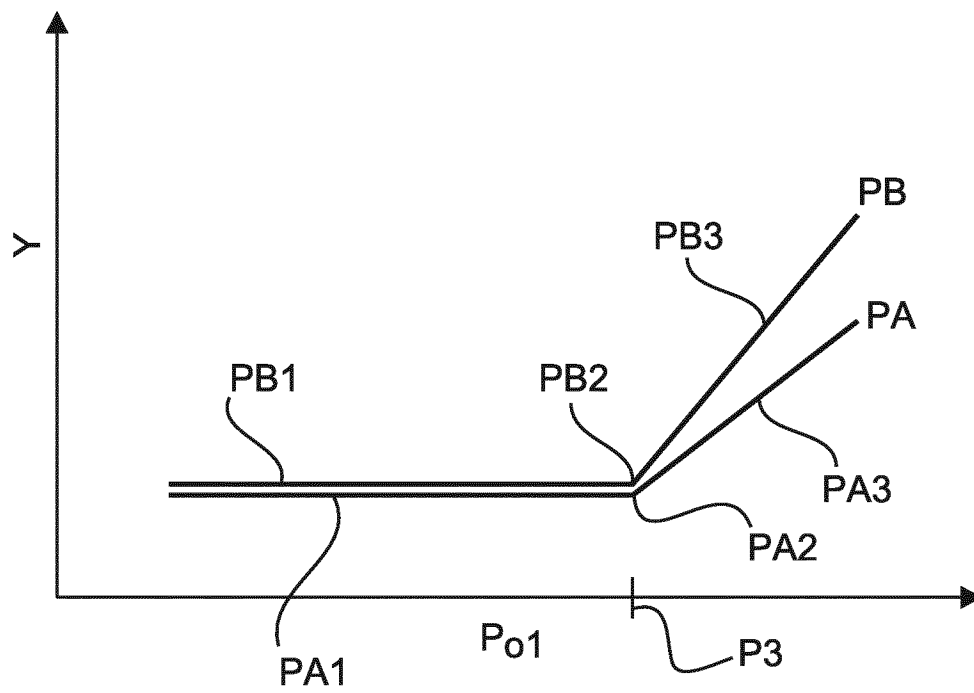


Fig. 3

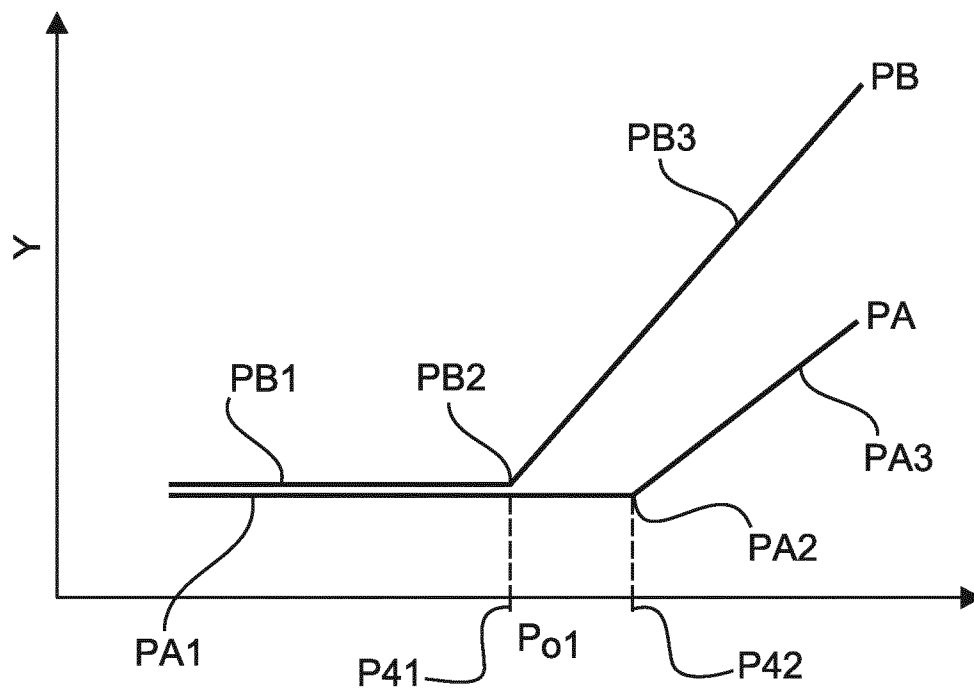


Fig. 4

4/4

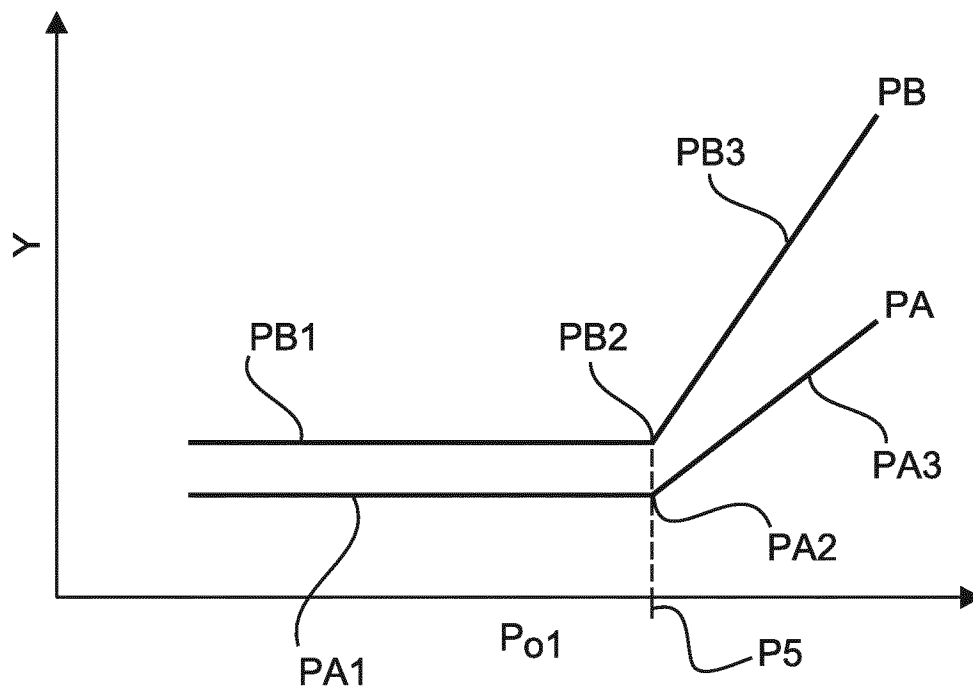


Fig. 5

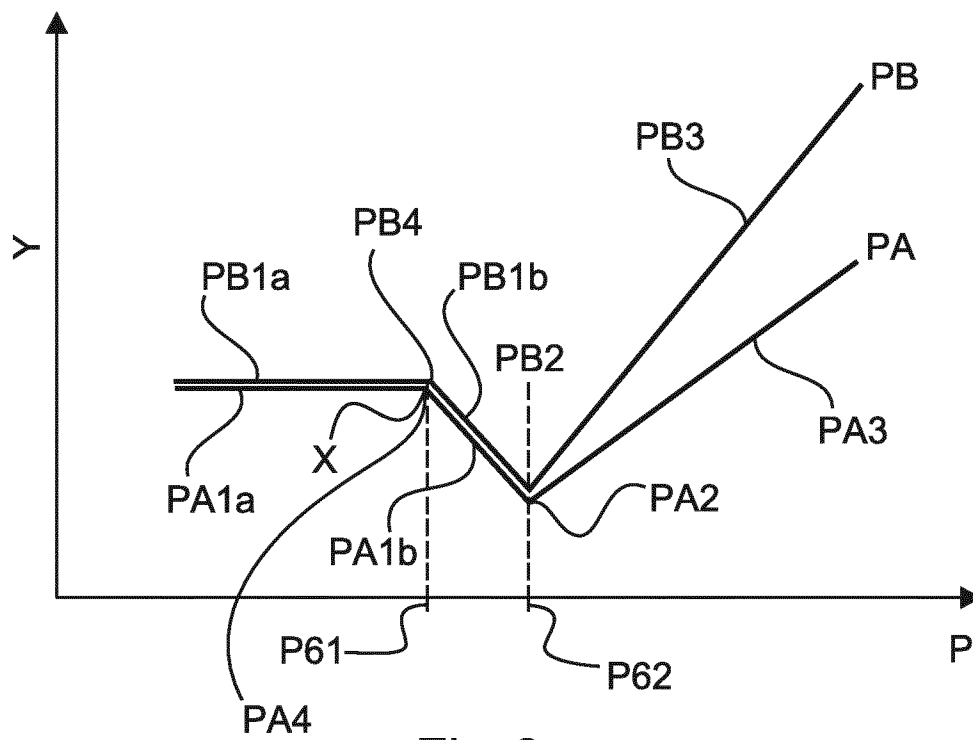


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/063086

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F03D7/02
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
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.
Y	US 2012/146332 A1 (KABATZKE WOLFGANG [DE] ET AL) 14 June 2012 (2012-06-14) paragraphs [0015], [0024]; claims 1-10; figures 1,2 -----	1-7
Y	US 2010/143119 A1 (KOOIJMAN HENDRIKUS J T [NL] ET AL) 10 June 2010 (2010-06-10) paragraphs [0034], [0039], [0046]; claims 1-14; figures 1-4 -----	1-7
Y	US 2012/148402 A1 (KABATZKE WOLFGANG [DE] ET AL) 14 June 2012 (2012-06-14) paragraphs [0024], [0025], [0037], [0038], [0041]; claim 1; figure 4 -----	1-7
Y	DE 10 2011 081795 A1 (URBAN PROPERTY CO LTD) 28 February 2013 (2013-02-28) claim 1; figures 4,5 ----- -/-	1-7



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

25 July 2017

Date of mailing of the international search report

01/08/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Boye, Michael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/063086

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2 857 677 A1 (SIEMENS AG [DE]) 8 April 2015 (2015-04-08) paragraph [0015]; claim 1; figures 4-6 -----	1-7
A	US 2010/143121 A1 (HAANS WOUTER [NL] ET AL) 10 June 2010 (2010-06-10) cited in the application abstract; claim 1; figures 1-4 -----	1-7
A	US 2010/054940 A1 (HONHOFF SASKIA GERARDA [DE]) 4 March 2010 (2010-03-04) cited in the application abstract; claims 1,2; figures 1-4 -----	1-7
A	WO 01/86142 A1 (WOBLEN ALOYS [DE]) 15 November 2001 (2001-11-15) cited in the application claims 1-8; figure 1 -----	1-7
A	EP 1 918 581 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 7 May 2008 (2008-05-07) paragraph [0041]; claims 1-5; figures 1-4 -----	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/063086

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012146332 A1	14-06-2012	CN 102562446 A DE 102010054013 A1 DK 2463518 T3 EP 2463518 A2 ES 2612132 T3 US 2012146332 A1	11-07-2012 14-06-2012 13-02-2017 13-06-2012 12-05-2017 14-06-2012
US 2010143119 A1	10-06-2010	CN 102032114 A EP 2306004 A2 US 2010143119 A1	27-04-2011 06-04-2011 10-06-2010
US 2012148402 A1	14-06-2012	CN 102536650 A DE 102010054014 A1 EP 2463520 A2 US 2012148402 A1	04-07-2012 14-06-2012 13-06-2012 14-06-2012
DE 102011081795 A1	28-02-2013	AR 087735 A1 AU 2012301186 A1 BR 112014004885 A2 CA 2845633 A1 CL 2014000477 A1 CN 103917776 A DE 102011081795 A1 EP 2751422 A1 JP 2014525539 A KR 20140054388 A NZ 621502 A RU 2014112113 A TW 201319391 A US 2015054280 A1 WO 2013029993 A1 ZA 201401164 B	16-04-2014 13-03-2014 21-03-2017 07-03-2013 22-08-2014 09-07-2014 28-02-2013 09-07-2014 29-09-2014 08-05-2014 29-01-2016 10-10-2015 16-05-2013 26-02-2015 07-03-2013 26-11-2014
EP 2857677 A1	08-04-2015	CN 104514685 A EP 2857677 A1 US 2015093242 A1	15-04-2015 08-04-2015 02-04-2015
US 2010143121 A1	10-06-2010	CN 102052247 A EP 2320078 A2 US 2010143121 A1 US 2012114482 A1	11-05-2011 11-05-2011 10-06-2010 10-05-2012
US 2010054940 A1	04-03-2010	CA 2676469 A1 CN 101660491 A DK 2159413 T3 EP 2159413 A2 US 2010054940 A1	28-02-2010 03-03-2010 10-03-2014 03-03-2010 04-03-2010
WO 0186142 A1	15-11-2001	AT 327430 T AU 775450 B2 BR 0110647 A CA 2408283 A1 DE 10022129 A1 DK 1282773 T3 EP 1282773 A1 ES 2261394 T3 JP 4031644 B2 JP 2003532835 A	15-06-2006 29-07-2004 25-03-2003 30-10-2002 29-11-2001 18-09-2006 12-02-2003 16-11-2006 09-01-2008 05-11-2003

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/063086

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
		KR 20030009473 A	29-01-2003	
		NO 20025296 A	27-11-2002	
		NZ 522423 A	25-11-2005	
		PT 1282773 E	31-07-2006	
		US 2003165379 A1	04-09-2003	
		WO 0186142 A1	15-11-2001	

EP 1918581	A2	07-05-2008	CN 101169103 A	30-04-2008
			EP 1918581 A2	07-05-2008
			US 2008112807 A1	15-05-2008
			US 2013108443 A1	02-05-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F03D7/02
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
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.
Y	US 2012/146332 A1 (KABATZKE WOLFGANG [DE] ET AL) 14. Juni 2012 (2012-06-14) Absätze [0015], [0024]; Ansprüche 1-10; Abbildungen 1,2 -----	1-7
Y	US 2010/143119 A1 (KOOIJMAN HENDRIKUS J T [NL] ET AL) 10. Juni 2010 (2010-06-10) Absätze [0034], [0039], [0046]; Ansprüche 1-14; Abbildungen 1-4 -----	1-7
Y	US 2012/148402 A1 (KABATZKE WOLFGANG [DE] ET AL) 14. Juni 2012 (2012-06-14) Absätze [0024], [0025], [0037], [0038], [0041]; Anspruch 1; Abbildung 4 -----	1-7
Y	DE 10 2011 081795 A1 (URBAN PROPERTY CO LTD) 28. Februar 2013 (2013-02-28) Anspruch 1; Abbildungen 4,5 -----	1-7
	-/-	

☒ 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

25. Juli 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/08/2017

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

Boye, Michael

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 857 677 A1 (SIEMENS AG [DE]) 8. April 2015 (2015-04-08) Absatz [0015]; Anspruch 1; Abbildungen 4-6 -----	1-7
A	US 2010/143121 A1 (HAANS WOUTER [NL] ET AL) 10. Juni 2010 (2010-06-10) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 1-4 -----	1-7
A	US 2010/054940 A1 (HONHOFF SASKIA GERARDA [DE]) 4. März 2010 (2010-03-04) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Ansprüche 1,2; Abbildungen 1-4 -----	1-7
A	WO 01/86142 A1 (WOBLEN ALOYS [DE]) 15. November 2001 (2001-11-15) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1-8; Abbildung 1 -----	1-7
A	EP 1 918 581 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 7. Mai 2008 (2008-05-07) Absatz [0041]; Ansprüche 1-5; Abbildungen 1-4 -----	1-7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/063086

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012146332 A1	14-06-2012	CN 102562446 A DE 102010054013 A1 DK 2463518 T3 EP 2463518 A2 ES 2612132 T3 US 2012146332 A1	11-07-2012 14-06-2012 13-02-2017 13-06-2012 12-05-2017 14-06-2012
US 2010143119 A1	10-06-2010	CN 102032114 A EP 2306004 A2 US 2010143119 A1	27-04-2011 06-04-2011 10-06-2010
US 2012148402 A1	14-06-2012	CN 102536650 A DE 102010054014 A1 EP 2463520 A2 US 2012148402 A1	04-07-2012 14-06-2012 13-06-2012 14-06-2012
DE 102011081795 A1	28-02-2013	AR 087735 A1 AU 2012301186 A1 BR 112014004885 A2 CA 2845633 A1 CL 2014000477 A1 CN 103917776 A DE 102011081795 A1 EP 2751422 A1 JP 2014525539 A KR 20140054388 A NZ 621502 A RU 2014112113 A TW 201319391 A US 2015054280 A1 WO 2013029993 A1 ZA 201401164 B	16-04-2014 13-03-2014 21-03-2017 07-03-2013 22-08-2014 09-07-2014 28-02-2013 09-07-2014 29-09-2014 08-05-2014 29-01-2016 10-10-2015 16-05-2013 26-02-2015 07-03-2013 26-11-2014
EP 2857677 A1	08-04-2015	CN 104514685 A EP 2857677 A1 US 2015093242 A1	15-04-2015 08-04-2015 02-04-2015
US 2010143121 A1	10-06-2010	CN 102052247 A EP 2320078 A2 US 2010143121 A1 US 2012114482 A1	11-05-2011 11-05-2011 10-06-2010 10-05-2012
US 2010054940 A1	04-03-2010	CA 2676469 A1 CN 101660491 A DK 2159413 T3 EP 2159413 A2 US 2010054940 A1	28-02-2010 03-03-2010 10-03-2014 03-03-2010 04-03-2010
WO 0186142 A1	15-11-2001	AT 327430 T AU 775450 B2 BR 0110647 A CA 2408283 A1 DE 10022129 A1 DK 1282773 T3 EP 1282773 A1 ES 2261394 T3 JP 4031644 B2 JP 2003532835 A	15-06-2006 29-07-2004 25-03-2003 30-10-2002 29-11-2001 18-09-2006 12-02-2003 16-11-2006 09-01-2008 05-11-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/063086

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
		KR 20030009473 A	29-01-2003	
		NO 20025296 A	27-11-2002	
		NZ 522423 A	25-11-2005	
		PT 1282773 E	31-07-2006	
		US 2003165379 A1	04-09-2003	
		WO 0186142 A1	15-11-2001	

EP 1918581	A2	07-05-2008	CN 101169103 A	30-04-2008
			EP 1918581 A2	07-05-2008
			US 2008112807 A1	15-05-2008
			US 2013108443 A1	02-05-2013
