

(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
14. April 2011 (14.04.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/042084 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F03D 11/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/004783

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. August 2010 (04.08.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 048 767.0
8. Oktober 2009 (08.10.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; 70469
Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **VATH, Andreas** [DE/
DE]; Kirchweg 18, 63849 Leidersbach (DE). **KLEIN,
Andreas** [DE/DE]; Crengeldanzstrasse 59, 58455 Witten
(DE). **NOLLER, Klaus** [DE/DE]; Gabweg 17, 71570
Oppenweiler (DE). **BERGER, Günter** [DE/DE]; Strass-
burger Allee 1a, 44577 Castrop-Rauxel (DE). **STAD-
LER, Burkhard** [DE/DE]; Pflugweg 59, 58454 Witten
(DE).

(74) Anwalt: **THÜRER, Andreas**; Bosch Rexroth AG, Zum
Eisengießer 1, 97816 Lohr am Main (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: DRIVE TRAIN AND WIND TURBINE

(54) Bezeichnung : ANTRIEBSSTRANG UND WINDKRAFTANLAGE

(57) Abstract: The invention relates to a drive train for harnessing the energy of a fluid flow, e.g. in a wind turbine. Said drive train comprises a rotor that can be driven by the fluid flow, a transmission that is connected to the rotor at the input end, either directly or indirectly via the rotor shaft or other components, and a generator that is connected to the transmission at the output end. According to the invention, multiple components requiring cooling are connected in series relative to a coolant cycle such that the same amount of coolant has to successively flow through said components.

(57) Zusammenfassung: Bei dem erfindungsgemäßen Antriebsstrang zur Nutzung der Energie einer Fluidströmung, z.B. in einer Windkraftanlage, ist ein durch die Fluidströmung antreibbarer Rotor, ein Getriebe, welches eingangsseitig direkt oder auch indirekt über die Rotorwelle oder weitere Komponenten an den Rotor angeschlossen ist, und ein an das Getriebe ausgangseitig angeschlossener Generator vorhanden. Gemäß der Erfindung sind mehrere zu kühlende Komponenten bezüglich eines Kühlmittelkreislaufes in Reihe geschaltet. Sie werden also hintereinander zwangsweise mit derselben Kühlmittelmenge durchströmt.



WO 2011/042084 A2

5

Antriebsstrang und Windkraftanlage

Beschreibung

10

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Antriebsstrang zur Umwandlung der Energie einer Fluidströmung in elektrische Energie, wie er z.B. bei einer Windkraftanlage Verwendung findet, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Windkraftanlage mit einem solchen

15 Antriebsstrang.

20

Die zahlreichen Komponenten des Antriebsstrangs einer Windkraftanlage benötigen eine Hilfsfluidversorgung, um ihre einwandfreie Funktion zu gewährleisten. So werden Getriebe, insbesondere die Lager und Zahnräder, aber auch Lager außerhalb des Getriebes oft mit einem Schmiermittel, z.B. Öl versorgt, um einen verschleißarmen, verlustarmen Lauf zu gewährleisten. Auch die Verwendung eines Kühlflüssigkeitskreislaufes zur Kühlung von Getriebe und Generator ist bekannt.

25

Die WO 2009/049599 A2 zeigt eine Windkraftanlage, bei welcher ein Getriebe und ein Generator mit ihren Gehäusen aneinander angeflanscht sind. Über eine Zwischenplatte sind Kühlkanäle des Generators und Kühlkanäle des Getriebes miteinander verbunden.

30

Gemäß der JP 2009 185 640 A sind ein Generator und ein Getriebe einer Windkraftanlage jeweils mit Wärmetauschern versehen. Die Wärmetauscher sind in ein gemeinsames Kühlsystem eingebunden.

Diese herkömmlichen Kühlsysteme verteilen Kühlmittel parallel an mehrere zu kühlende Komponenten. Eine bedarfsgerechte Kühlmittelversorgung ist dabei nur durch die Wahl der passenden Leitungsquerschnitte – also einen hydraulischen Abgleich des Kühlkreislaufes – oder über Ventile zur Steuerung des Kühlmittelstroms zu bewirken. Beides verursacht hohen Aufwand bei der Installation oder bei der geräteseitigen Ausstattung des Kühlsystems.

Angesichts dieses Stands der Technik ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Antriebsstrang mit einem einfachen und effizienten Kühlsystem anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch einen Antriebsstrang mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Antriebsstrang zur Nutzung der Energie einer Fluidströmung, z.B. in einer Windkraftanlage, ist ein durch die Fluidströmung antreibbarer Rotor, ein Getriebe, welches eingangsseitig direkt oder auch indirekt über die Rotorwelle oder weitere Komponenten an den Rotor angeschlossen ist, und ein an das Getriebe ausgangsseitig angeschlossener Generator vorhanden. Gemäß der Erfindung sind mehrere zu kühlende Komponenten bezüglich eines Kühlmittelkreislaufes in Reihe geschaltet. Sie werden also hintereinander zwangsweise mit derselben Kühlmittelmenge durchströmt. Eine aufwändige Steuerung des Kühlmittelstroms kann entfallen. Gerade mechanische Komponenten wie das Getriebe können in einem weiten Temperaturbereich betrieben werden. Für solche Komponenten ist die Temperatur des ankommenden Kühlmittels eher nebensächlich. Sie können daher auch nahe einem Ende der Kühlmittelkreislaufkette angeordnet sein. Die Einhaltung einer maximal zulässigen Betriebstemperatur lässt sich über die ausreichend hoch eingestellte Kühlmittelmenge gewährleisten.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Vorzugsweise ist eine Antriebsstrangkomponente mit einer höheren vorgegebenen Nennarbeitstemperatur im Kühlmittelkreislauf stromabwärts von einer Antriebsstrangkomponente mit einer niedrigeren Nennarbeitstemperatur angeordnet. So kann z.B. der Frequenzumrichter als erste Antriebsstrangkomponente in der

5 Reihenschaltung des Kühlmittelkreislaufes angeordnet sein. Die Nennarbeitstemperatur kann als Bereich angegeben sein. Vorzugsweise ergibt sich die Reihenfolge gemäß der inversen Abfolge der jeweiligen maximal zulässigen Arbeitstemperatur der Antriebsstrangkomponenten. Die Reihenfolge kann aber auch anhand der mittleren Nennarbeitstemperatur der Antriebsstrangkomponenten

10 gewählt sein. Die Einhaltung der jeweiligen maximal zulässigen Arbeitstemperatur einer Antriebsstrangkomponente wird durch eine ausreichende Kühlmittelmenge im Verhältnis zur eigenen Wärmelast und unter Berücksichtigung des Wärmeeintrags der stromaufwärts angeordneten Antriebsstrangkomponenten gewährleistet.

15 Ein solcher Kühlmittelkreislauf benötigt vorzugsweise nur eine Pumpe. Diese kann mengenverstellbar sein, um einen energieeffizienten Betrieb in Abhängigkeit von der gesamten Wärmelast zu gewährleisten. Die Mengensteuerung kann anhand von Temperatursensoren erfolgen, die z.B. an der letzten Komponente in der Reihenschaltung, und/oder an einem Kühler des Kühlsystems angeordnet sind.

20 Es kann aber z.B. auch an jeder zu kühlenden Komponente eine eigene Pumpe vorhanden sein. Zudem können zum Zweck eines hochverfügbaren Kühlsystems mehrere Pumpen als redundante Kühlmittelfördereinrichtungen parallel angeordnet sein. Dies ist insbesondere für Offshore-Windkraftanlagen von Vorteil, da bei solchen aufgrund der hohen Wartungskosten eine Reduzierung von

25 Wartungsterminen angestrebt ist.

Bei Verwendung von gehäuseinternen Kanälen für das Kühlmittel kann dieses zwischen aneinander angeflanschten Komponenten durch z.B. gegenüberliegend an

30 den Anlageflächen angeordnete Mündungen direkt weitergeleitet werden, ohne dass z.B. Schläuche oder eine Verrohrung benötigt werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung näher erläutert.

5

Die einzige Figur zeigt den schematischen Aufbau eines Antriebsstrangs einer Windkraftanlage mit einem Kühlsystem gemäß der vorliegenden Erfindung.

In der Figur ist der Antriebsstrang 5 einer Windkraftanlage auf einer Tragplatte 3 montiert, welche wiederum um eine Azimutachse drehbar auf einem Turm 1 befestigt ist. Die Tragplatte 3 ist Bestandteil einer Gondel, in welcher die Komponenten des Antriebsstrangs 5 baulich zusammengefasst sind. Der Antriebsstrang 5 besitzt einen vom Wind angetriebenen Rotor 2. Der Rotor 2 ist mit einer Rotornabe an einer Rotorwelle 6 befestigt. Die Welle 6 des Rotors 2 ist in einem Lagerblock 8 gelagert und weiter in ein Getriebe 7 geführt. An das Getriebe 7 ist ein Generator 9 angeflanscht. Das Getriebe 7 und der Generator 9 sind über Befestigungseinrichtungen, z.B. Bolzen, Stützen etc. mit der Tragplatte 3 verbunden. Ein Frequenzumrichter 11 ist elektrisch mit dem Generator 9 verbunden. Der Frequenzumrichter 11 steuert den Generator 9 und speist elektrische Energie in das Stromnetz ein.

Im Getriebe 7 sind Zahnräder 15 von Planetenstufen oder Stirnradstufen vorhanden. Zudem sind Lager 17 für Zahnradbolzen, Hohlräder oder Getriebewellen vorhanden. Diese Zahnräder und Lager sind - als Schmierstellen - in der Figur schematisch dargestellt. Auch der Generator 9 besitzt Lager 19 für die Generatorwelle 21, die der Schmierung bedürfen.

Ein Schmiersystem 32 besitzt eine in das Getriebegehäuse eingesetzte oder am Getriebegehäuse angebaute Schmierpumpe 23. Die Schmierpumpe 23 fördert Schmiermittel, z.B. Getriebeöl in die Schmierkanäle 25. Die Schmierkanäle 25 verteilen das Schmiermittel parallel zu den genannten Schmierstellen 15, 17, 19 und

an den Lagerblock 8. Rücklaufendes Schmiermittel wird über nicht dargestellte Kanäle gesammelt und dem Sumpf 27 des Getriebegehäuses zugeführt.

Im Gehäuse des Getriebes 7 ist in thermischen Kontakt mit dem Sumpf 27 ein Heizelement, z.B. ein elektrischer Heizstab 29 angeordnet. Über diesen kann bei kalter Witterung das Getriebeöl auf Arbeitstemperatur gebracht werden. Zudem verteilt das Schmiersystem die Wärme über die Schmierkanäle 25 an die weiteren Schmierstellen auch außerhalb des Getriebes 7, z.B. an die Lager 8 und 19 und sorgt so für einen verschleißarmen Betrieb des Antriebsstrangs 5.

Alternativ kann das Getriebe 7 ohne Sumpf ausgeführt sein. Dann wäre anstelle des Sumpfes 27 ein externer Schmiermitteltank vorhanden und die Schmierpumpe 23 würde aus diesem Behälter ansaugen.

Im Flanschbereich 30 zwischen dem Getriebe 7 und dem Generator 9 tritt ein Schmiermittelkanal vom Gehäuse des Getriebes 7 direkt in das Gehäuse des Generators 9 über. Zwischen den Gehäusen sind (in der Figur nicht dargestellte) Dichtungen angeordnet. So können Verrohrungen oder Schläuche eingespart werden. Diese Art der Schmiermittelkanalführung kann, falls ein Lager der Rotorwelle 6 direkt an das Getriebegehäuse angeflanscht ist, auch zwischen Getriebe 7 und Lager 8 eingesetzt werden.

Zusätzlich zum Schmiersystem 32 ist als weiteres Hilfsfluidsystem ein Kühlsystem 40 vorhanden. Das Kühlsystem 40 besitzt eine Kühlmittelpumpe 42 welche ein Kühlmittel, z.B. Wasser, Glykol, oder ein Kältemittel durch einen Kühlmittelkreislauf bzw. eine Kühlmittleitung 44 fördert. Die Kühlmittleitung 44 ist nacheinander an Wärmeüberträgerelemente des Frequenzumrichters 11, des Generators 9 und des Getriebes 7 angeschlossen. Die genannten Komponenten 11, 9 und 7 sind im Kühlmittelkreislauf in Reihe geschaltet. Im Rücklauf, stromab des Getriebes 7, durchläuft die Kühlmittleitung 44 einen Kühler 46, in dem das umlaufend geförderte Kühlmittel gekühlt wird, und welcher dadurch, die in den

Komponenten 11, 9 und 7 ins Kühlmittel eingetragene Wärme an die Umgebung, vorzugsweise an die Luft außerhalb der Gondel abgibt. Der Kühler 46 kann einen Ventilator aufweisen. Er kann auch bzw. alternativ mit einer Kühlrippenstruktur für eine passive Wärmeabgabe ausgestattet sein. Der Kühler 46 kann auch als

5 Wärmetauscher ausgebildet sein, welcher von einem weiteren vom Kühlmittelkreislauf 44 fluidisch getrennten Kühlmittelkreislauf durchflossen wird und über diesen weiteren Kühlmittelkreislauf Wärme an einen z.B. an der Außenseite der Gondel montierten Kühler abgibt. Dieser weitere Kühlmittelkreislauf wäre vorzugsweise mit einer eigenen Pumpe versehen.

10

Das Wärmeübertragerelement im Frequenzumrichter 11 kann eine Kühlplatte sein, an die z.B. Leistungshalbleiter thermisch gekoppelt sind. Im Generator 9 kann eine Kühlkanalstruktur einer Statorwicklung bzw. ein Träger der Statorwicklung als Wärmeübertragerelement dienen. Im Getriebe 7 kann ein Gehäusemantel oder ein

15 Ölkühler als Wärmeübertragerelement an den Kühlkreislauf angebunden sein.

15

Die Reihenfolge der Komponenten 11, 9 und 7 in der Reihenschaltung des Kühlkreislaufs richtet sich nach der maximalen im Betrieb tolerierbaren Arbeitstemperatur der Komponente. Allgemein sind elektronische bzw.

20 leistungselektronische Komponenten wie der Frequenzumrichter 11 empfindlicher gegenüber hohen Betriebstemperaturen als elektromechanische oder mechanische Komponenten wie der Generator 9 oder das Getriebe 7. Daher ist die Reihenfolge im Kühlmittelkreislauf Frequenzumrichter 11, Generator 9 und letztlich Getriebe 7. Die Reihenfolge kann aber im Rahmen der Spezifikationen der Komponenten geändert

25 werden.

25

Die Kühlmittleitung 44 kann durch Kanäle im Gehäuse der jeweiligen Komponenten, z.B. im Generatorgehäuse oder im Getriebegehäuse geführt sein. Sind z.B. die Komponenten 7 und 9 aneinander angeflanscht, können Mündungen

30 gebildet sein, die im Flanschbereich an aneinander anliegenden Gehäusestirnflächen von Getriebe 7 und Generator 9 gegenüberliegend angeordnet sind und mit einer

30

Dichtung gegen einen Spalt zwischen den Gehäusen abgedichtet sind. Dadurch kann Kühlmittel von einem Gehäusekanal in einen Kanal des anderen Gehäuses übergeleitet werden, ohne dass eine Verrohrung erforderlich wäre.

5 Bei dem erfindungsgemäßen Antriebsstrang zur Nutzung der Energie einer Fluidströmung, z.B. in einer Windkraftanlage, ist ein durch die Fluidströmung antreibbarer Rotor, ein Getriebe, welches eingangsseitig an den Rotor angeschlossen ist, und ein an das Getriebe ausgangsseitig angeschlossener Generator vorhanden. Gemäß der Erfindung sind mehrere zu kühlende
10 Komponenten bezüglich eines Kühlmittelkreislaufes in Reihe geschaltet. Sie werden also hintereinander zwangsweise mit derselben Kühlmittelmenge durchströmt. Eine aufwändige Steuerung des Kühlmittelstroms kann entfallen.

Die vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispiele und Figuren dienen
15 lediglich dem besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung, sie schränken die Erfindung nicht etwa auf die Ausführungsbeispiele ein. Die Figuren sind teilweise grob schematisch gehalten, der Effekt bzw. die Auswirkungen zum Teil deutlich vergrößert bzw. übertrieben dargestellt, um die Funktionsweisen, Wirkprinzipien, technischen Ausgestaltungen und Merkmale zu verdeutlichen. Grundsätzlich kann
20 jede Funktionsweise, jedes Prinzip, jede technische Ausgestaltung und jedes Merkmal, welches/welche in den Figuren oder im Text gezeigt ist/sind, mit allen Ansprüchen, jedem Merkmal im Text und in den anderen Figuren, anderen Funktionsweisen, Prinzipien, technischen Ausgestaltungen und Merkmalen, die in dieser Offenbarung enthalten sind oder sich daraus ergeben, frei und beliebig
25 kombiniert werden, so dass alle denkbaren Kombinationen dem Offenbarungsumfang der Erfindung hinzuzurechnen sind. Dabei sind auch Kombinationen zwischen allen einzelnen Ausführungen im Text, d.h. in jedem Abschnitt des Beschreibungstexts, in den Ansprüchen und auch Kombinationen zwischen verschiedenen Ausführungsbeispielen im Text, in den Ansprüchen und in
30 den Figuren umfasst.

Auch die Ansprüche begrenzen bzw. limitieren nicht die Offenbarung und damit die Kombinationsmöglichkeiten aller aufgezeigten Merkmale untereinander. Alle aufgezeigten Merkmale sind explizit auch einzeln und in Kombination mit allen anderen Merkmalen der Erfindung von dieser Offenbarung umfasst.

Patentansprüche

1. Antriebsstrang zur Nutzung der Energie einer Fluidströmung, insbesondere in einer Windkraftanlage, umfassend als Antriebsstrangkomponenten ein Getriebe (7), welches eingangsseitig an einen durch die Fluidströmung angetriebenen Rotor (2) angeschlossen ist, und einen an das Getriebe (7) ausgangsseitig angeschlossen Generator (9); und umfassend ein Kühlsystem (40) zur Versorgung zumindest einer der Antriebsstrangkomponenten mit einem Kühlmittel,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Kühlsystem (40) einen Kühlmittelkreislauf (44) aufweist, an den zumindest zwei der Antriebsstrangkomponenten in Reihe angeschlossen sind.

2. Antriebsstrang nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Antriebsstrangkomponente mit höherer Verlustleistung im Kühlmittelkreislauf stromabwärts von einer Antriebsstrangkomponente mit niedrigerer Verlustleistung angeordnet ist.

3. Antriebsstrang nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Antriebsstrangkomponente (7, 9) mit einer höheren vorgegebenen Nennarbeitstemperatur im Kühlmittelkreislauf stromabwärts von einer Antriebsstrangkomponente (11) mit einer niedrigeren Nennarbeitstemperatur angeordnet ist.

4. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als weitere Antriebsstrangkomponente ein Frequenzumrichter (11) des Generators (9) vorhanden ist, und dass der Frequenzumrichter (11) vom Kühlsystem (40) - insbesondere als erste Komponente in der Reihenschaltung - mit Kühlmittel versorgt wird.

5. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch**

gekennzeichnet, dass der Kühlmittelkreislauf (44) eine einzige Kühlmittelfördereinrichtung, insbesondere eine Pumpe (42), für das Kühlmittel umfasst.

5 6. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlmittelkreislauf mehrere Kühlmittelfördereinrichtung, insbesondere in paralleler oder serieller Anordnung, insbesondere in redundanter Anordnung, insbesondere Pumpen, für den Kühlmittel umfasst.

10 7. Antriebsstrang nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gehäuse des Getriebes (7) und ein Gehäuse des Generators (9) aneinander angeflanscht sind und dass im jeweiligen Flanschbereich (30) der Gehäuse Kühlmittelkanäle münden, die so angeordnet sind, dass sie einen Transport von Kühlmittel von dem einen Gehäuse in das andere Gehäuse erlauben.

15 8. Windkraftanlage, **gekennzeichnet durch** einen Antriebsstrang (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

