

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

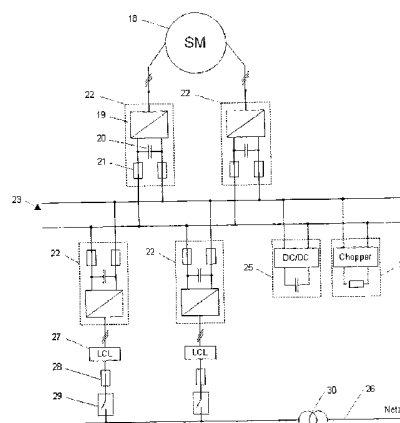
(21) Anmeldenummer: A 1113/2010  
(22) Anmeldetag: 01.07.2010  
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2012

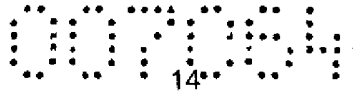
(51) Int. Cl. : **H02M 5/458** (2006.01)  
**F03D 7/04** (2006.01)  
**H02P 9/42** (2006.01)  
**F16H 3/72** (2006.01)

(73) Patentanmelder:  
HEHENBERGER GERALD DIPL.ING.  
A-9020 KLAGENFURT (AT)

(54) **DIFFERENZIALGETRIEBE FÜR EINE WINDKRAFTANLAGE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN DIESES DIFFERENZIALGETRIEBES**

(57) Ein Differenzialgetriebe (4) für eine Energiegewinnungsanlage, insbesondere für eine Windkraftanlage, weist drei An- bzw. Abtriebe auf, wobei ein erster Antrieb mit einer Antriebswelle (2) der Energiegewinnungsanlage, ein Abtrieb mit einem mit einem Netz (9) verbindbaren Generator (13) und ein zweiter Antrieb mit einer elektrischen Maschine (14, 18) als Differenzial-Antrieb (14) verbunden ist. An die elektrische Maschine (14, 18) sind wenigstens zwei maschinenseitige Frequenzumrichter-Endstufen (22) angeschlossen. Damit kann die elektrische Maschine (14, 18) eine Überdrehzahl des zweiten Antriebs bei Ausfall einer maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufe (22) durch elektrisches Bremsen mit Hilfe wenigstens einer weiteren maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufe (22) verhindern.

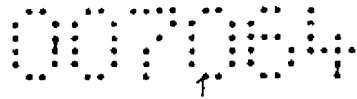




#### Zusammenfassung:

- Ein Differenzialgetriebe (4) für eine Energiegewinnungsanlage, insbesondere für eine Windkraftanlage, weist drei An- bzw. Abtriebe auf, wobei ein erster Antrieb mit einer Antriebswelle (2) der Energiegewinnungsanlage, ein Abtrieb mit einem mit einem Netz (9) verbindbaren Generator (13) und ein zweiter Antrieb mit einer elektrischen Maschine (14, 18) als Differenzial-Antrieb (14) verbunden ist. An die elektrische Maschine (14, 18) sind wenigstens zwei maschinenseitige Frequenzumrichter-Endstufen (22) angeschlossen. Damit kann die elektrische Maschine (14, 18) eine Überdrehzahl des zweiten Antriebs bei Ausfall einer maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufe (22) durch elektrisches Bremsen mit Hilfe wenigstens einer weiteren maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufe (22) verhindern.

(Fig. 3)



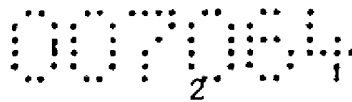
Die Erfindung betrifft ein Differenzialgetriebe für eine Energiegewinnungsanlage, insbesondere für eine Windkraftanlage, mit drei An- bzw. Abtrieben, wobei ein erster Antrieb mit einer Antriebswelle der Energiegewinnungsanlage, ein Abtrieb mit einem mit einem Netz verbindbaren Generator und ein zweiter Antrieb mit einer elektrischen Maschine als Differenzial-Antrieb verbunden ist und ein Verfahren zum Betreiben dieses Differenzialgetriebes.

Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, mit einer Antriebswelle (2), einem mit einem Netz (9) verbindbaren Generator (13) und mit einem Differenzialgetriebe mit drei An- bzw. Abtrieben, wobei ein erster Antrieb mit der Antriebswelle (2), ein Abtrieb mit dem Generator (13) und ein zweiter Antrieb mit einer elektrischen Maschine als Differenzial-Antrieb (14) verbunden ist.

Die Erfindung betrifft schließlich auch noch ein Verfahren zum Betreiben eines Differenzialgetriebes.

Windkraftwerke gewinnen zunehmend an Bedeutung als Elektrizitätserzeugungsanlagen. Dadurch erhöht sich kontinuierlich der prozentuale Anteil der Stromerzeugung durch Wind. Dies wiederum bedingt einerseits neue Standards bezüglich Stromqualität und andererseits einen Trend zu noch größeren Windkraftanlagen. Gleichzeitig ist ein Trend Richtung Off-shore-Windkraftanlagen erkennbar, welcher Anlagengrößen von zumindest 5MW installierter Leistung fordert. Durch die hohen Kosten für Infrastruktur und Wartung bzw. Instandhaltung der Windkraftanlagen im Offshore-Bereich gewinnt hier die Verfügbarkeit der Anlagen eine besondere Bedeutung.

Allen Anlagen gemeinsam ist die Notwendigkeit einer variablen Rotordrehzahl, einerseits zur Erhöhung des aerodynamischen Wirkungsgrades im Teillastbereich und andererseits zur Regelung des Drehmomentes im Antriebsstrang der Windkraftanlage. Letzteres zum Zweck der Drehzahlregelung des Rotors in Kombination mit der Rotorblattverstellung. Derzeit sind daher Windkraftanlagen im Einsatz, welche diese Forderung durch Einsatz von drehzahlvariablen Generator-Lösungen zunehmend in der Form von sogenannten permanentmagneterregten Niederspannungs-Synchrongeneratoren in Kombination mit IGBT-Frequenzumrichtern erfüllen. Diese Lösung hat jedoch den Nachteil, dass (a) die Windkraftanlagen nur mittels Transformatoren an das Mittelspannungsnetz anschließbar sind und (b) die für die variable Drehzahl notwendigen Frequenzumrichter sehr leistungsstark und daher eine Quelle für Wirkungsgradverluste sind. Alternativ werden daher in letzter Zeit auch sogenannte Differenzialantriebe eingesetzt, welche direkt an das Mittelspannungsnetz angeschlossene fremderregte Mittelspannungs-Synchrongeneratoren in Kombination mit einem Differenzialgetriebe und einem Hilfsantrieb, welcher vorzugsweise eine permanentmagneterregte Synchronmaschine in



Kombination mit einem IGBT-Frequenzumrichter kleiner Leistung vorsieht, verwenden.

Die AT 507 395 A zeigt ein Differenzialsystem mit einem elektrischen Servoantrieb mit einer permanentmagneterregten Synchronmaschine in Kombination mit einem IGBT-Frequenzumrichter.

Durch die Übersetzungsverhältnisse im Differenzialgetriebe sind jedoch besondere Vorkehrungen zu treffen, damit bei z.B. Not-Stop der Energiegewinnungsanlage keine schädigenden Überdrehzahlen, also eine Drehzahl über einem vorgegebenen Maximalwert, am Differenzialsystem auftreten. Zu diesem Zweck werden großteils mechanische Bremsen eingesetzt, welche Überdrehzahlen durch Abbremsung des z.B. Differenzial-Antriebs verhindern.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde entsprechende Vorkehrungen zu treffen um eine Überdrehzahl zu verhindern.

Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Differenzialgetriebe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und mit einer Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, mit den Merkmalen von Anspruch 17.

Gelöst wird diese Aufgabe des weiteren mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 18.

Bei der Erfindung kann die elektrische Maschine eine Überdrehzahl des zweiten Antriebs bei Ausfall einer maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufe durch elektrisches Bremsen mit Hilfe wenigstens einer weiteren maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufe verhindern, wodurch eine mechanische Bremse nicht mehr benötigt wird.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die angeschlossenen Zeichnungen detailliert beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine Windkraftanlage gemäß Stand der Technik mit einem elektrischen Antrieb bestehend aus permanenterregtem Synchrongenerator und IGBT-Frequenzumrichter,

Fig. 2 zeigt das Prinzip eines Differenzialgetriebes mit einem elektrischen Differenzial-Antrieb gemäß Stand der Technik,

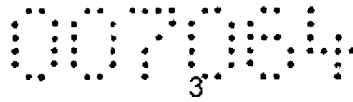


Fig. 3 zeigt den redundanten Aufbau eines elektrischen Antriebes,

Fig. 4 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer zweischichtigen Einzahnwicklung,

5 Fig. 5 zeigt verschiedene Ständer-Nutformen von Drehstrommaschinen,

Fig. 6 zeigt verschiedene konstruktive Anordnungen der Permanentmagnete von permanenterregten Drehstrommaschinen,

10 Fig. 7 zeigt beispielhaft den Verlauf des Bremsmomentes bei Wicklungskurzschluss des Stators einer permanenterregten Synchronmaschine mit Einzahnwicklung und eingebetteten Dauermagneten.

Die Leistung des Rotors einer Windkraftanlage errechnet sich aus der Formel

15

Rotor-Leistung = Rotorfläche \* Leistungsbeiwert \* Luftdichte/2 \* Windgeschwindigkeit<sup>3</sup>

wobei der Leistungsbeiwert abhängig von der Schnelllaufzahl (= Verhältnis Blattspitzen-Geschwindigkeit zu Windgeschwindigkeit) des Rotors der Windkraftanlage ist. Der Rotor einer Windkraftanlage ist für einen optimalen Leistungsbeiwert basierend auf einer im Zuge der Entwicklung festzulegenden Schnelllaufzahl (meist ein Wert zw. 7 und 9) ausgelegt. Aus diesem Grund ist beim Betrieb der Windkraftanlage im Teillastbereich eine entsprechend kleine Drehzahl einzustellen, um einen optimalen aerodynamischen Wirkungsgrad zu gewährleisten.

25

Fig. 1 zeigt das Prinzip einer drehzahlvariablen Windkraftanlage gemäß Stand der Technik mit einem elektrischen Antrieb mit einem permanenterregten Synchrongenerator und einem IGBT-Frequenzumrichter, welche meist als schnelllaufende Vollumrichter-Systeme bezeichnet werden. Ein Rotor 1 der Windkraftanlage, der auf einer Antriebswelle 2 für ein Hauptgetriebe 3 sitzt, treibt das Hauptgetriebe 3 an. Das Hauptgetriebe 3 ist ein 3-stufiges Getriebe mit zwei Planetenstufen und einer Stirnradstufe. Zwischen dem Hauptgetriebe 3 und dem Generator 6 befinden sich eine Betriebsbremse 4 und eine Kupplung 5. Der Generator 6 – vorzugsweise ein permanentmagneterregter Synchrongenerator – ist über einen Frequenzumrichter 7 und einen Transformator 8 an ein Mittelspannungsnetz 9 angeschlossen. Im Falle eines Not-Stops, wird meist die Betriebsbremse 4 aktiviert, welche derart ausgelegt ist, dass sie den Rotor 1 und den ganzen Triebstrang mit Hauptgetriebe 3 und Generator 6 zum Stillstand bringen kann.

35

Fig. 2 zeigt ein mögliches Prinzip eines Differenzialsystems für eine drehzahlvariable Windkraftanlage. Der Rotor 1 der Windkraftanlage, der auf der Antriebswelle 2 für das

40

Hauptgetriebe 3 sitzt, treibt das Hauptgetriebe 3 an. Das Hauptgetriebe 3 ist ein 3-stufiges Getriebe mit zwei Planetenstufen und einer Stirnradstufe. Zwischen Hauptgetriebe 3 und Generator 13 befindet sich eine Differenzialstufe 4, welche vom Hauptgetriebe 3 über einen Planetenträger 10 der Differenzialstufe 4 angetrieben wird. Der Generator 13 – vorzugsweise ein fremderregter Synchrongenerator, der bei Bedarf auch eine Nennspannung größer 20kV haben kann – ist mit einem Hohlrad 11 der Differenzialstufe 4 verbunden und wird von diesem angetrieben. Ein Ritzel 12 der Differenzialstufe 4 ist mit einem Differenzial-Antrieb 14 verbunden. Die Drehzahl des Differenzial-Antriebes 14 wird geregelt, um einerseits bei variabler Drehzahl des Rotors 1 eine konstante Drehzahl des Generators 13 zu gewährleisten und andererseits das Drehmoment im kompletten Triebstrang der Windkraftanlage zu regeln. Um die Eingangsdrehzahl für den Differenzial-Antrieb 14 zu erhöhen wird im gezeigten Fall ein 2-stufiges Differenzialgetriebe gewählt, welches eine Anpassungs-Getriebestufe 15 in Form einer Stirnradstufe zwischen Differenzialstufe 4 und Differenzial-Antrieb 14 vorsieht. Die Differenzialstufe 4 und die Anpassungs-Getriebestufe 15 bilden somit das 2-stufige Differenzialgetriebe. Der Differenzial-Antrieb 14 ist eine Drehstrommaschine, welche über einen Frequenzumrichter 16 und einen Transformator 17 an das Mittelspannungsnetz 9 angeschlossen wird.

Bei der Auslegung von Differenzial-Antrieben sind jedoch wichtige Sonderfälle zu betrachten. So kann zum Beispiel ein Ausfall des Differenzial-Antriebes schwerwiegende Schäden nach sich ziehen. Ein Beispiel ist ein erzwungener Not-Stop der Energiegewinnungsanlage bei Nennbetrieb. Dabei wird gleichzeitig der Generator vom Netz getrennt und das übertragbare Drehmoment im Triebstrang geht schlagartig gegen Null. Die Drehzahl des Rotors der Windkraftanlage wird in diesem Fall vorzugsweise durch ein schnelles Verstellen der Rotorblattverstellung ebenfalls sehr schnell gegen eine Drehzahl gleich Null geregelt. Aufgrund der relativ hohen Massenträgheit des Generators wird dieser jedoch nur langsam seine Drehzahl verringern. Dadurch ist, sofern der Differential-Antrieb nicht ohne Verzögerung sein Drehmoment zumindest teilweise aufrecht erhalten kann, eine Überdrehzahl des Differential-Antriebes unvermeidbar.

Aus diesem Grund ist z.B. beim Einsatz von hydrostatischen Differential-Antrieben eine mechanische Bremse vorgesehen, welche bei Ausfall des Differential-Antriebes für den Triebstrang schädigende Überdrehzahlen verhindert. Die WO2004/109157 A1 zeigt zu diesem Zweck eine mechanische Bremse, welche direkt auf die Generatorwelle wirkt und damit den Generator entsprechend abbremsen kann.

Sowohl der Generator 6 gemäß Fig. 1 als auch der Differenzial-Antrieb 14 gemäß Fig. 2 sind vorzugsweise permanenterregte Synchronmaschinen, wobei jedoch der Differenzial-Antrieb 14 wesentlich kleiner als der Generator 6 dimensioniert werden kann. Gleiches gilt sinngemäß für die Frequenzumrichter beider Systeme.

Die Leistung des Differenzial-Antriebes 14 ist im Wesentlichen proportional dem Produkt aus prozentueller Abweichung der Rotordrehzahl von dessen Grunddrehzahl (meist als „Schlupf“ bezeichnet) mal Rotor-Leistung. Dementsprechend erfordert ein großer

5 Drehzahlbereich grundsätzlich eine entsprechend große Dimensionierung des Differenzial-Antriebes 14. Eine Möglichkeit bei gleichbleibendem Schlupf des Differenzialsystems den Drehzahlbereich des Rotors der Windkraftanlage zu erweitern und somit den Energieertrag zu erhöhen, ist die Ausnutzung des sogenannten Feldschwächebereiches von z.B. einer permanentmagneterregten Synchron-

10 Drehstrommaschine als elektrischer Differenzial-Antrieb 14.

Fig. 3 zeigt den redundanten Aufbau einer drehzahlvariablen elektrischen Maschine. Beispielhaft ist der Differenzial-Antrieb 14 von Fig. 2 als permanenterregte Synchronmaschine 18 (Fig. 3) mit zwei elektrisch getrennten Wicklungen, in der Regel

15 Drehstromwicklungen, ausgeführt. Im Rotor sind Permanentmagnete eingesetzt. Es kann vorteilhaft sein, die elektrische Maschine nicht als Innenläufer sondern als Außenläufer auszuführen, wobei dann der Stator die Permanentmagnete und der Rotor die parallelen Wicklungen aufweist.

20 Mit dieser Synchronmaschine 18 sind zwei parallele IGBT-Vollbrücken 19 verbunden, welche unabhängig voneinander mit einem Controller regelbar und jeweils mit Kondensatoren 20 versehen sind und über Gleichstromsicherungen 21 an einen Gleichstromzwischenkreis 23 angebunden werden. Die Gleichstromsicherungen 21 sind insofern empfehlenswert, damit bei einem Kurzschluss in einer Frequenzumrichter-

25 Endstufe 22 der Gleichstrom-Zwischenkreis nicht ebenfalls kurzgeschlossen und damit ein weiterer Betrieb der Anlage unmöglich wird.

Diese Frequenzumrichter-Endstufen 22, im wesentlichen vorzugsweise bestehend aus gesteuerten IGBT-Vollbrücken 19, Controller, Kondensatoren 20, Strommessung und

30 Gleichstromsicherungen 21, können mit der erforderlichen Verschienung/Verkabelung auf einer gemeinsamen Trägerplatte, welche gleichzeitig ein Teil des Kühlkörpers bzw. mit diesem verbunden ist, montiert werden. Die Kühlung insbesondere der IGBTs ist vorzugsweise eine Wasserkühlung, kann aber auch als Luftkühlung ausgebildet werden. Die genannte Trägerplatte wird vorzugsweise in Gleitschienen geführt und befestigt. Führt

35 man darüber hinaus die externen Strom- und Kühlmittelanschlüsse generell oder auch nur teilweise steckbar aus, so kann man defekte Frequenzumrichter-Endstufen 22 im Fehlerfall schnell und einfach wechseln.

Der Gleichstromzwischenkreis 23 ist das Verbindungsglied für die einzelnen Frequenzum-

40 richter-Endstufen 22. Zum Schutz des Frequenzumrichters gegen Überspannung wird

hier vorzugsweise auch ein sogenannter Brems-Chopper 24 mit Widerständen angeschlossen. Dieser Brems-Chopper 24 kann bei z.B. Netzausfall auch überschüssige Energie vernichten.

- 5 Darüber hinaus ist für Energiegewinnungsanlagen mit Differenzialsystemen auch ein Energiespeicher 25 empfehlenswert. Dieser Energiespeicher 25 besteht vorzugsweise im Wesentlichen aus an den Gleichstromzwischenkreis 23 angeschlossenen Supercaps. Um das Spannungsniveau für den Betriebsbereich dieser Supercaps optimal bzw. flexibel zu gestalten, können diese via DC/DC-Wandler an den Gleichstromzwischenkreis 23  
10 angeschlossen werden.

Abhängig von der Betriebsführung der Energiegewinnungsanlage kann der Energiespeicher 25 unter Umständen auch die Funktion des Brems-Choppers 24 übernehmen.

- 15 Überdimensioniert man die erwähnten Kondensatoren 20 in den Frequenzumrichter-Endstufen 22, so kann man damit im Idealfall auch den Energiespeicher 25 ersetzen.

Zwischen Gleichstromzwischenkreis 23 und Netz 26 werden vorzugsweise die gleichen Frequenzumrichter-Endstufen 22 eingesetzt. Diese Frequenzumrichter-Endstufen 22  
20 haben jedoch netzseitig andere Funktionen zu erfüllen als die oben beschriebenen maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufen.

Im Falle eines Differenzial-Systems gem. Fig. 2 arbeitet dieses sowohl generatorisch als auch motorisch. Das heißt im motorischen Betrieb arbeiten die maschinenseitigen  
25 Frequenzumrichter-Endstufen 22 als Wechselrichter zur Drehzahl/Drehmoment-Regelung und die netzseitigen Frequenzumrichter-Endstufen 22 als Gleichrichtermodule. Dementsprechend ist eine geeignete Controller-Software erforderlich. Im generatorischen Betrieb arbeitet der Frequenzumrichter wie oben für die schnelllaufenden Vollumrichter-Systeme bereits beschrieben.

30 Zusammengefasst bedeutet dies für die Controller-Software der Frequenzumrichter-Endstufen 22, dass vorzugsweise sämtliche beschriebenen Funktionen auf der Controller-Hardware gespeichert sind, und automatisch entsprechend der geforderten Funktion abgerufen werden können. Dies kann von einer übergeordneten Steuerung vorgegeben  
35 bzw. koordiniert werden.

Damit die netzseitigen Frequenzumrichter-Endstufen 22 die vom Netzbetreiber geforderten Stromqualitätskriterien erfüllen, ist ein sogenannter LCL-Filter 27 vorzusehen. Aus Redundanzgründen kann dieser für jede netzseitige Frequenzumrichter-Endstufe 22  
40 separat ausgeführt werden. Gleiches gilt für Sicherungen 28 und Leistungsschalter 29.



Alternativ können LCL-Filter 27, Sicherungen 28 und Leistungsschalter 29 einfach ausgeführt werden. Damit ist jedoch für diese Komponenten keine Redundanz vorhanden. Darüber hinaus müssten die netzseitigen IGBT-Vollbrücken parallel angesteuert werden, was in der Praxis oft zu unliebsamen Ausgleichsströmen zwischen den Frequenzumrichter-Endstufen 22 führt und damit nicht unwesentliche Leistungsabschläge erforderlich macht.

Das Ausführungsbeispiel in Fig. 3 zeigt zwei parallele Leistungsstränge mit jeweils einer Wicklung der elektrischen Maschine 18 und einer maschinenseitigen, d.h. generatorseitigen, und einer netzseitigen Frequenzumrichter-Endstufe 22, einem LCL-Filter 27, einer Sicherung 28 und einem Leistungsschalter 29. Es kann aber auch eine höhere Anzahl von parallelen Leistungssträngen realisiert werden. Darüber hinaus ist es zwar sinnvoll jedoch nicht notwendig, die Zahl der Wicklungsausführungen der Synchronmaschine 18 gleich zu halten wie die Anzahl der maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufen 22. Vorzugsweise wird jedoch die Anzahl der Wicklungsausführungen nicht kleiner als die Anzahl der maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufen 22 gewählt werden, um das oben bereits beschriebene Problem der dann parallel anzusteuern IGBT-Vollbrücken zu vermeiden.

Um erhöhten Anforderungen in Bezug auf ins Netz zu liefernden Blindstrom gerecht zu werden kann z.B. die Anzahl der Frequenzumrichter-Endstufen 22 netzseitig höher als maschinenseitig sein. Es mag aber auch aus verschiedenen Gründen sinnvoll sein maschinenseitig die Anzahl der Frequenzumrichter-Endstufen 22 höher zu wählen als netzseitig.

Durch die in Fig. 3 gezeigte redundante Ausführung der Wicklung der Synchronmaschine 18 und der Frequenzumrichter-Endstufen 22 ist bei Ausfall einer Endstufe noch immer zumindest 50% des Nenn-Drehmomentes als Bremsmoment vorhanden, welches kurzzeitig entsprechend der thermischen Auslegung auch überschritten werden darf. Hierbei hilft zusätzlich eine allfällige Reduktion der IGBT-Taktfrequenz. Vorzugsweise sind der Brems-Chopper 24 und/oder der Energiespeicher 25 dann so auszulegen, dass die überschüssige Energie gespeichert werden kann. Die genannten 50% des Nenn-Drehmomentes reichen in der Regel aus, eine Überdrehzahl des Differenzial-Antriebes zu verhindern, womit der Einsatz einer mechanischen Bremse nicht mehr erforderlich ist.

Geht man davon aus, dass ein Kurzschluss in einer Frequenzumrichter-Endstufe 22 viel häufiger vorkommt als ein Wicklungskurzschluss, so kann man auf eine Mehrfachausführung der Wicklung ohne großes Risiko verzichten.

Bei einem Wicklungskurzschluss oder Kurzschluss der Wicklung durch Kurzschluss in



einem der maschinenseitigen IGBT-Vollbrücken, entsteht bei den permanenterregten Synchronmaschinen ein großes Bremsmoment, dessen Größe von der Ausführung der Maschinen abhängig ist. Damit würde im Beispiel gemäß Fig. 3 ein Leistungsstrang antreiben, der andere Leistungsstrang würde jedoch bremsen und ein weiterer Betrieb der Anlage wäre nur schlecht möglich.

Bei einem Kurzschluss in einer der Frequenzumrichter-Endstufen 22 könnte die kurzgeschlossene Frequenzumrichter-Endstufe 22 auch über eine Sicherung oder einen Leistungsschalter von der angeschlossenen Wicklung des Generators getrennt werden.

Bei permanentmagneterregten Synchronmaschinen kann ein großer Feldschwächebereich realisiert werden, wenn a) die magnetische Flussverkettung zwischen Rotor und Ständer eine hohe Asymmetrie zwischen Längs- und Querachse aufweist und/oder b) die Streuinduktivität im Ständer groß ist (große Längsinduktivität).

Beide oben genannten Eigenschaften können durch konstruktive Maßnahmen ausgeprägt werden und dadurch ein vergrößerter Feldschwächebereich (bis 3-fache Nenndrehzahl) bei betrieblich ausreichendem Drehmoment (bis 0,4-faches Nennmoment) erreicht werden.

Hohe Streuinduktivitäten erreicht man vorzugsweise durch die Verwendung von Einzahnwicklungen mit unsymmetrischem Nut/Polpaar – Verhältnis.

Die Einzahnwicklung, welche es ermöglicht Motoren mit geringem Platzbedarf und hohem Wirkungsgrad herzustellen, ist dadurch gekennzeichnet, dass jede Wicklungsspule genau einen Ständer-Zahn umschließt. Im Vergleich dazu umschließt bei einer verteilten Wicklung jede Wicklungsspule immer mehrere Ständer-Zähne. Die Einzahnwicklung kann als Einschicht- oder Zweischichtwicklung ausgeführt werden. In Fig. 4 sind beispielhaft ein in die Zeichenebene abgewickelter Ständer 31 mit einer zweischichtigen Einzahnwicklung 33 mit neun Nuten 32 und ein Rotor 36 mit vier Permanentmagnet-Polpaaren 35 dargestellt. Ständer 31 und Rotor 36 sind durch den Luftspalt 34 getrennt.

Bei zwei elektrisch getrennten Wicklungssystemen (die erste Wicklung hat z.B. den Index a und die zweite Wicklung hat z.B. den Index b) wäre beispielhaft die räumliche Reihenfolge der Drehstromwicklung (U, V, W) in Anlehnung an Fig. 4: Ua, Ub, Va, Vb, Wa, Wb.

Für die Anzahl q der Nuten pro Pol ( $2 \cdot p$ ) und Phase (m) gilt allgemein die Beziehung  $q = Q / (2 \cdot p \cdot m)$  wobei Q die Gesamtanzahl der Ständer-Nuten ist. q wird auch als Lochzahl bezeichnet. Abhängig vom Verhältnis  $Q / (2 \cdot p \cdot m)$  entsteht eine unsymmetrische

Flussverkettung zwischen Rotor und Ständer. Für die in Fig. 4 beispielhaft dargestellte zweischichtige Einzahnwicklung gilt somit  $Q = 9$  und  $2 \cdot p = 8$ . Bei einem 3-Phasensystem ist  $m = 3$  und dadurch ergibt sich  $q = 3/8$ .

- 5     Verstärkt kann die Streuinduktivität durch verengte Nutschlitzte werden. In Fig. 5a) ist eine typische Ständer-Nutform 37 dargestellt wie sie bei verteilten Wicklungen verwendet wird. Der breite Nutschlitz 40 wird mit einem Nutkeil 39 abgeschlossen. In Fig. 5b) ist eine mögliche Ständer-Nutform 38 dargestellt wie sie bei Einzahnwicklungen verwendet werden kann. Der Nutschlitz 41 ist verengt und muss nicht zwingend durch einen Nutkeil  
10     40, wie in Fig. 5a gezeigt, abgeschlossen werden. Stark verengte Nutschlitzte sind bei Einzahnwicklungen relativ problemlos, da die Wicklungen in Nutlängsrichtung eingebracht werden können.

- Eine asymmetrische Flussverkettung zwischen Rotor 36 und Ständer 31 erreicht man  
15     auch durch in den Rotor 36 eingelassene bzw. noch stärker durch in den Rotor 36 eingebettete Permanentmagnete 35. In Fig. 6 ist schematisch ein Ausschnitt eines in die Zeichenebene abgewickelten Rotors 36 mit verschiedenen konstruktiven Anordnungen der Permanentmagnete 35 dargestellt. Fig. 6a) zeigt die Magnete 35 auf den Rotor 31 aufgebaut, Fig. 6b) zeigt in den Rotor 31 eingelassene Magnete 35 und die Fig. 6c) und  
20     6d) zeigen in den Rotor 31 eingebettete Magnete 35.

- Eine weitere Verstärkung der asymmetrischen Flussverkettung erreicht man durch konstruktiv geeignet gesetzte, sogenannte magnetische Flusssperren. In Fig. 6d) ist beispielhaft die Anordnung der magnetischen Flusssperre 42 gezeigt. Die magnetischen  
25     Flusssperren 42 können durch Einsetzen eines magnetisch nicht leitenden Materials oder im einfachsten Fall durch einen durch Ausstanzung erzeugten Leerraum realisiert werden.

- Eine permanentmagneterregte Synchronmaschine die mit elektrisch getrennten Drehstromwicklungen ausgerüstet ist, kann im Fehlerfall (Phasenkurzschluss) mit Teillast  
30     weiter betrieben werden. Zu beachten ist dabei, dass die kurzgeschlossene Wicklung ein Bremsmoment erzeugt. Dieses Bremsmoment ist bei hoher Streuinduktivität (wie oben beschrieben) wesentlich geringer.

- Fig. 7 zeigt beispielhaft den Verlauf des durch einen Wicklungskurzschluss entstehenden  
35     Bremsmomentes in % des Nenn-Drehmomentes abhängig von der Drehzahl der Synchronmaschine. Dabei ist bei etwa 20% der Nenndrehzahl eine Spitze zu erkennen, welche jedoch bei einer Drehzahlerhöhung oder -verringerung regelungstechnisch übersprungen d.h. schnell durchfahren werden kann. In den übrigen Drehzahlbereichen pendelt sich das Drehmoment bei etwa 10% des Nenn-Drehmomentes ein. Der hier  
40     gezeigte Verlauf des Bremsmomentes kann bei geänderten Synchronmaschinen-

Parametern mehr oder weniger von den gezeigten Werten abweichen.

Geht man im gezeigten Beispiel von einer Anlagenkonfiguration mit zwei parallelen Frequenzumrichter-Endstufen aus, so kann die Energiegewinnungsanlage großteils mit ca. 45% des Anlagen-Nenn-Drehmomentes weiter betrieben werden.

Da z.B. Windkraftanlagen über große Zeitabschnitte im Teillastbereich betrieben werden, gibt es einen Energieertragsverlust nur im Betriebsbereich mit mehr als 45% des Nenn-Drehmomentes. Hier kann man Anpassungen vornehmen um teilweise mit erhöhter Betriebsdrehzahl bei in diesem Fall auf 45% eingeschränktem Drehmoment vorübergehend eine höhere Abgabeleistung zu erzielen. Bei einer mittleren Jahreswindgeschwindigkeit in Nabenhöhe von 7,5m/s mit Rayleigh-Verteilung (dies deckt einen Großteil der weltweit kommerziell verwertbaren Windgebiete ab) ist dabei statistisch der Energieertragsverlust nur etwa 1/3 des bei voll funktionstüchtiger Anlage erzielbaren Energieertrags.

Grundsätzlich ist es bei der Erfindung denkbar, das System insoweit zu überdimensionieren, als einer oder mehrere zusätzliche Leistungsstränge vorgesehen werden, wodurch mehr als 100% der im Normalbetrieb erforderlichen Leistung durch die Summe aller Leistungsstränge zur Verfügung gestellt werden. In dem Fall, dass ein Leistungsstrang ausfällt, kann dessen Leistung von einem bisher nicht genutzten Leistungsstrang übernommen oder auf die im Normalbetrieb nicht voll ausgenutzten anderen Leistungsstränge verteilt werden. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der Generator der Differenzialantrieb der Energiegewinnungsanlage ist, da die Leistungsstränge in diesem Fall relativ klein dimensioniert werden können und daher günstig sind.

Ein weiterer Vorteil der oben beschriebenen Einzahnwicklung ist, dass der Fehlerfall (Phasenkurzschluss) sehr unwahrscheinlich ist, da der Kontakt verschiedener Phasen in einer Nut gegenüber der verteilten Wicklung sehr stark reduziert ist (Fig. 4). Bei der einschichtigen Einzahnwicklung gibt es überhaupt keinen Kontakt verschiedener Phasen in einer Nut da immer nur eine Wicklung (eine Phase) in eine Nut verlegt wird.

Die beschriebenen Ausführungsformen sind nur ein Beispiele und kommen bevorzugt bei Windkraftanlagen zum Einsatz, sind bei technisch ähnlichen Anwendungen aber ebenfalls umsetzbar. Dies betrifft v.a. Wasserkraftwerke zur Ausnutzung von Fluss- und Meeresströmungen. Für diese Anwendung gelten die gleichen Grundvoraussetzungen wie für Windkraftanlagen, nämlich variable Strömungsgeschwindigkeit. Die Antriebswelle wird in diesen Fällen von den vom Strömungsmedium, beispielsweise Wasser, angetriebenen Einrichtungen direkt oder indirekt angetrieben.



#### Ansprüche:

1. Differenzialgetriebe (4) für eine Energiegewinnungsanlage, insbesondere für eine Windkraftanlage, mit drei An- bzw. Abtrieben, wobei ein erster Antrieb mit einer Antriebswelle (2) der Energiegewinnungsanlage, ein Abtrieb mit einem mit einem Netz (9) verbindbaren Generator (13) und ein zweiter Antrieb mit einer elektrischen Maschine (14, 18) als Differenzial-Antrieb (14) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass an die elektrische Maschine (14, 18) wenigstens zwei maschinenseitige Frequenzumrichter-Endstufen (22) angeschlossen sind.
2. Differenzialgetriebe (4) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (14, 18) wenigstens zwei elektrisch getrennte Wicklungen aufweist, von denen jede an wenigstens eine generatorseitige Frequenzumrichter-Endstufe (22) angeschlossen ist.
3. Differenzialgetriebe (4) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklung(en) als Einzahnwicklung(en) ausgeführt ist (sind).
4. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch wenigstens zwei netzseitige Frequenzumrichter-Endstufen (22).
5. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (6, 14, 18) eine permanentmagneterregte Synchronmaschine ist.
6. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzumrichter-Endstufen (22) IGBT-Vollbrücken (19) aufweisen.
7. Differenzialgetriebe (4) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den IGBT-Vollbrücken (19) und einem Gleichstromzwischenkreis (23) Sicherungen (21) angeordnet sind.
8. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzumrichter-Endstufen (22) IGBT-Vollbrücken (19), Kondensatoren (20), Controller, und Sicherungen (21) aufweisen, welche gemeinsam auf einer Trägerplatte mit einem Kühlkörper montiert sind.
9. Differenzialgetriebe (4) nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung zwischen den Frequenzumrichter-Endstufen (22) und



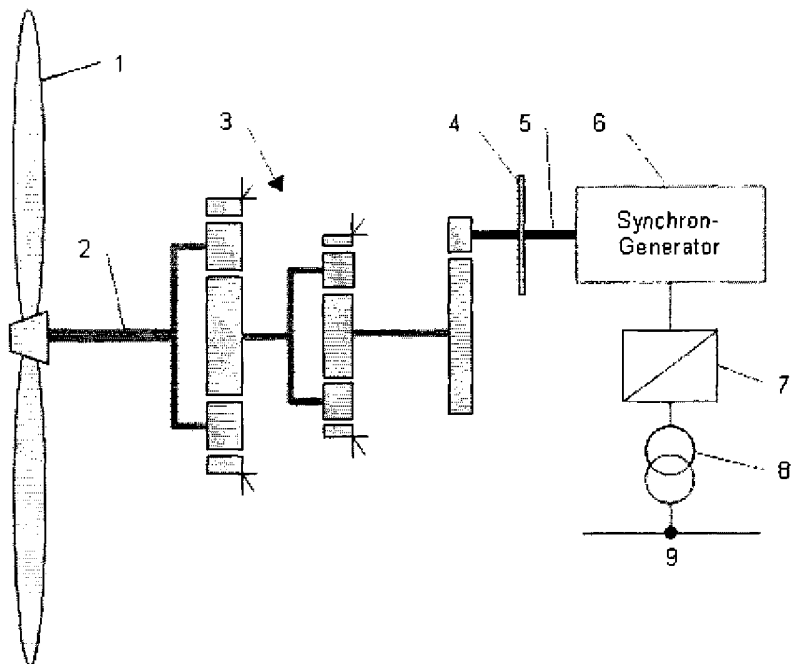
dem Gleichstromzwischenkreis (23) steckbar ist.

- 5 10. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die permanentmagneterregte Synchronmaschine eingebettete Permanentmagnete aufweist.
- 10 11. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen einer Wicklung und einer daran angeschlossenen Frequenzumrichter-Endstufe (22) eine Sicherung oder ein Leistungsschalter angeordnet ist.
- 15 12. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass einer oder mehrere zusätzliche Leistungsstränge vorgesehen sind, wodurch mehr als 100% der im Normalbetrieb erforderlichen Leistung durch die Summe aller Leistungsstränge zur Verfügung gestellt werden können.
- 20 13. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der generatorseitig vorgesehenen Frequenzumrichter-Endstufen (22) und der netzseitig vorgesehenen Frequenzumrichter-Endstufen (22) unterschiedlich ist.
- 25 14. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zum Speichern der Bremsenergie ein Energiespeicher (25), beispielsweise Supercaps, an einen Gleichstromzwischenkreis (23) angeschlossen ist.
- 30 15. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zum Speichern der Bremsenergie ein Brems-Chopper (24) an einen Gleichstromzwischenkreis (23) angeschlossen ist.
- 35 16. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (14, 18) ein unsymmetrisches Nut/Polpaar – Verhältnis aufweist.
- 40 17. Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, mit einer Antriebswelle (2), einem mit einem Netz (9) verbindbaren Generator (13) und mit einem Differenzialgetriebe mit drei An- bzw. Abtrieben, wobei ein erster Antrieb mit der Antriebswelle (2), ein Abtrieb mit dem Generator (13) und ein zweiter Antrieb mit einer elektrischen Maschine als Differenzial-Antrieb (14) verbunden ist, dadurch

gekennzeichnet, dass an die elektrische Maschine (14, 18) wenigstens zwei maschinenseitige Frequenzumrichter-Endstufen (22) angeschlossen sind.

- 5 18. Verfahren zum Betreiben eines Differenzialgetriebes (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (14, 18) eine Überdrehzahl des zweiten Antriebs bei Ausfall einer maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufe (22) durch elektrisches Bremsen mit Hilfe wenigstens einer weiteren maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufe (22) verhindert.
- 10 19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (14, 18) eine Überdrehzahl des zweiten Antriebs bei Ausfall einer von wenigstens zwei elektrisch getrennten Wicklungen durch elektrisches Bremsen mit Hilfe wenigstens einer weiteren elektrisch getrennten Wicklung verhindert.
- 15 20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass elektrische Bremsenergie in einem Energiespeicher (25), beispielsweise Supercaps, gespeichert wird.
- 20 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass elektrische Bremsenergie in einem Brems-Chopper (24) gespeichert wird.

**Fig. 1**



**Fig. 2**

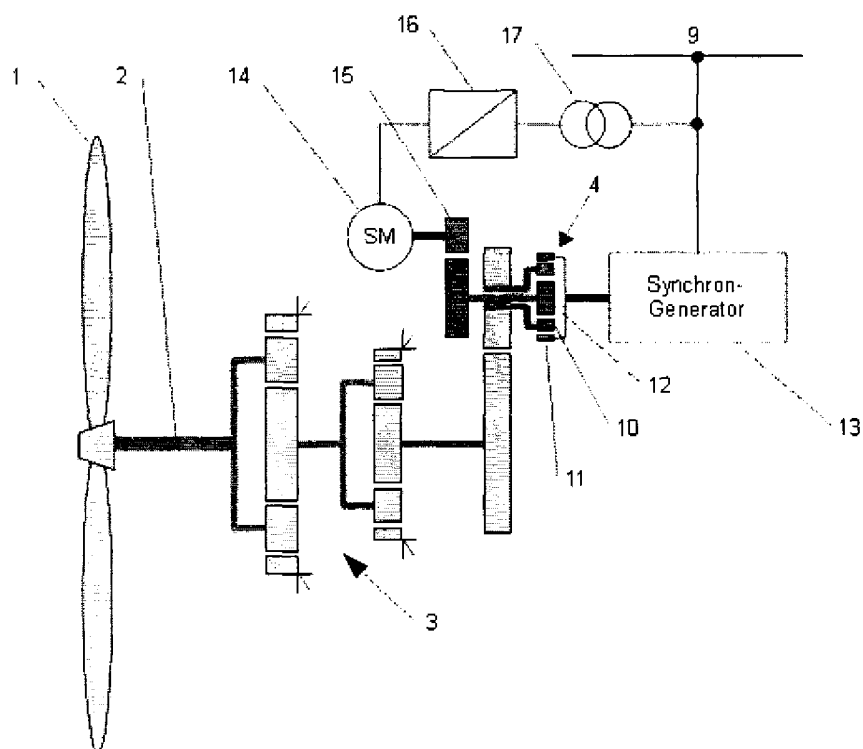




Fig. 3

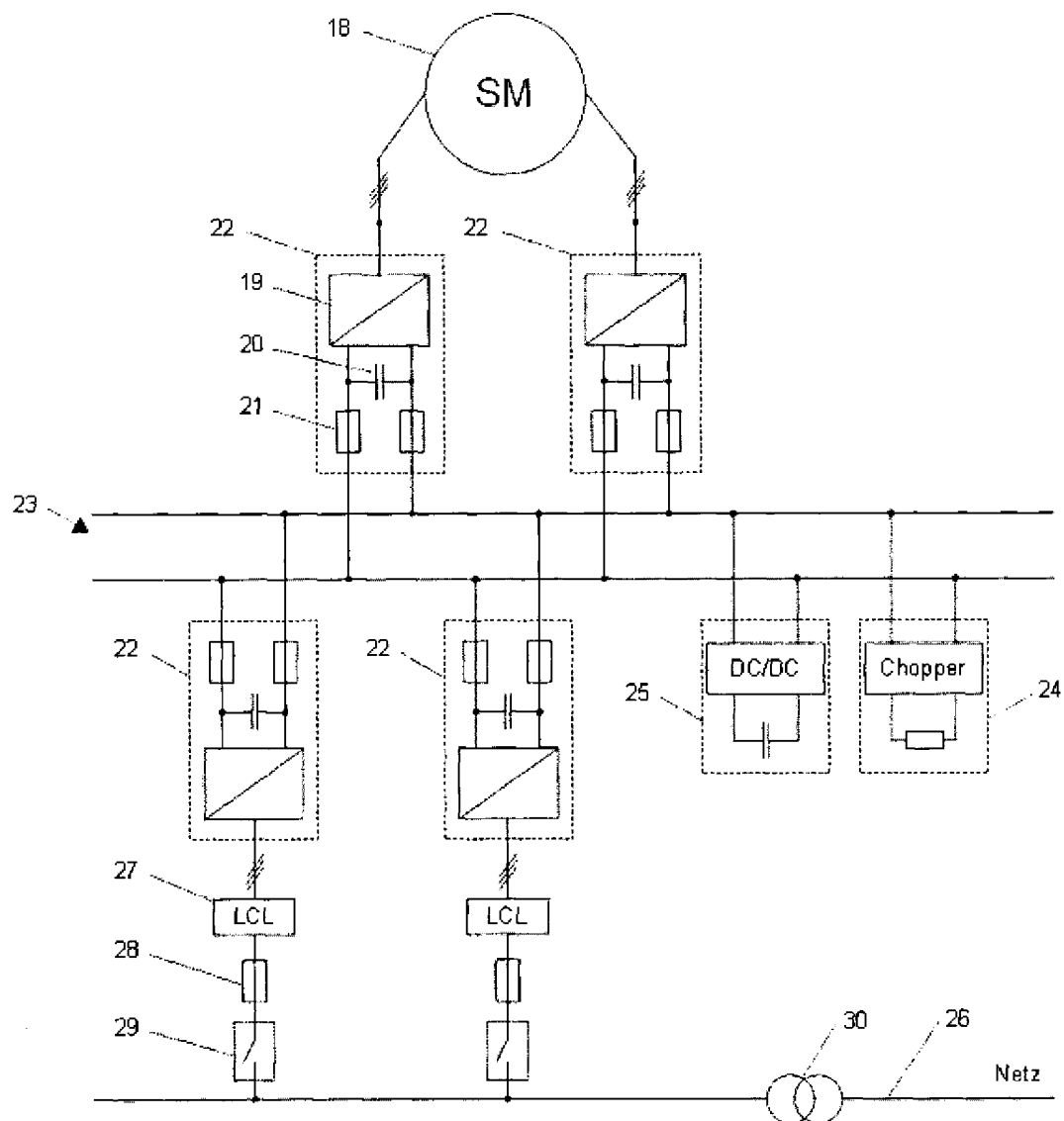


Fig. 4

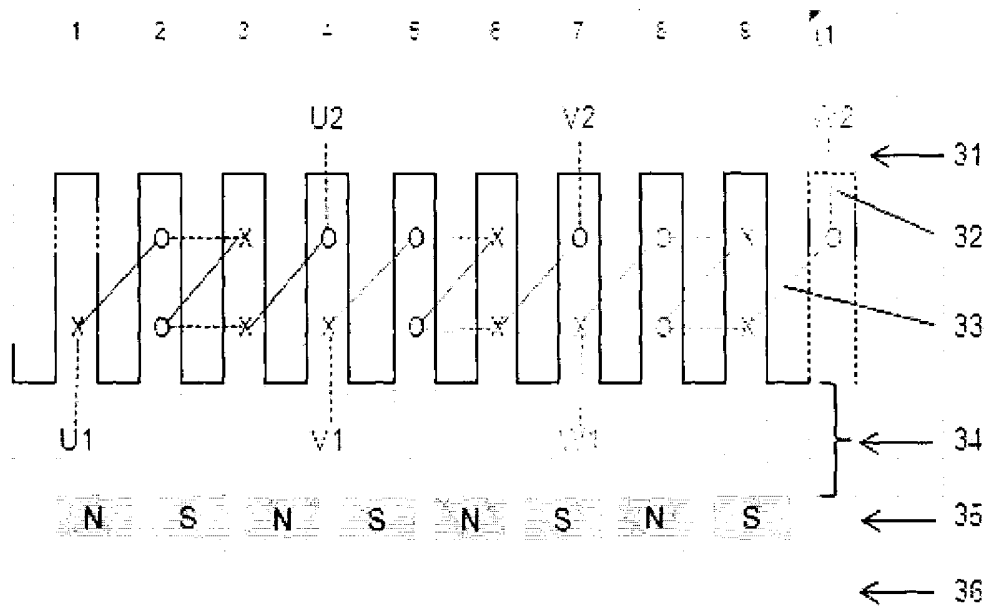
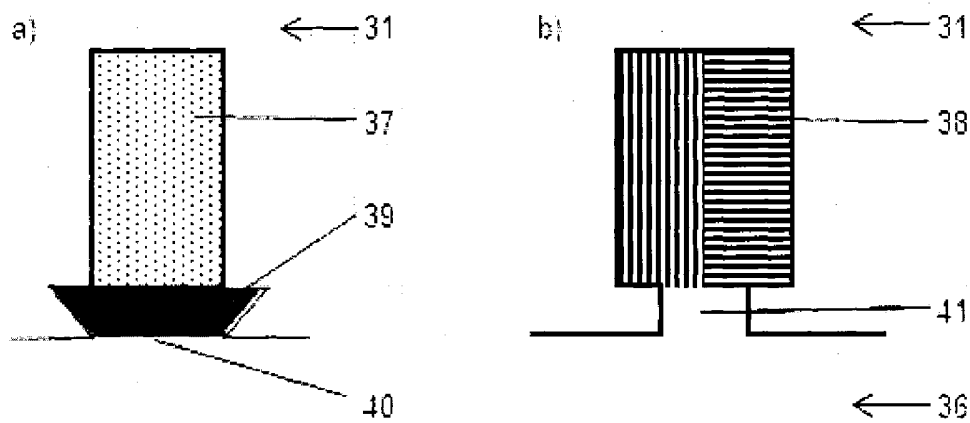
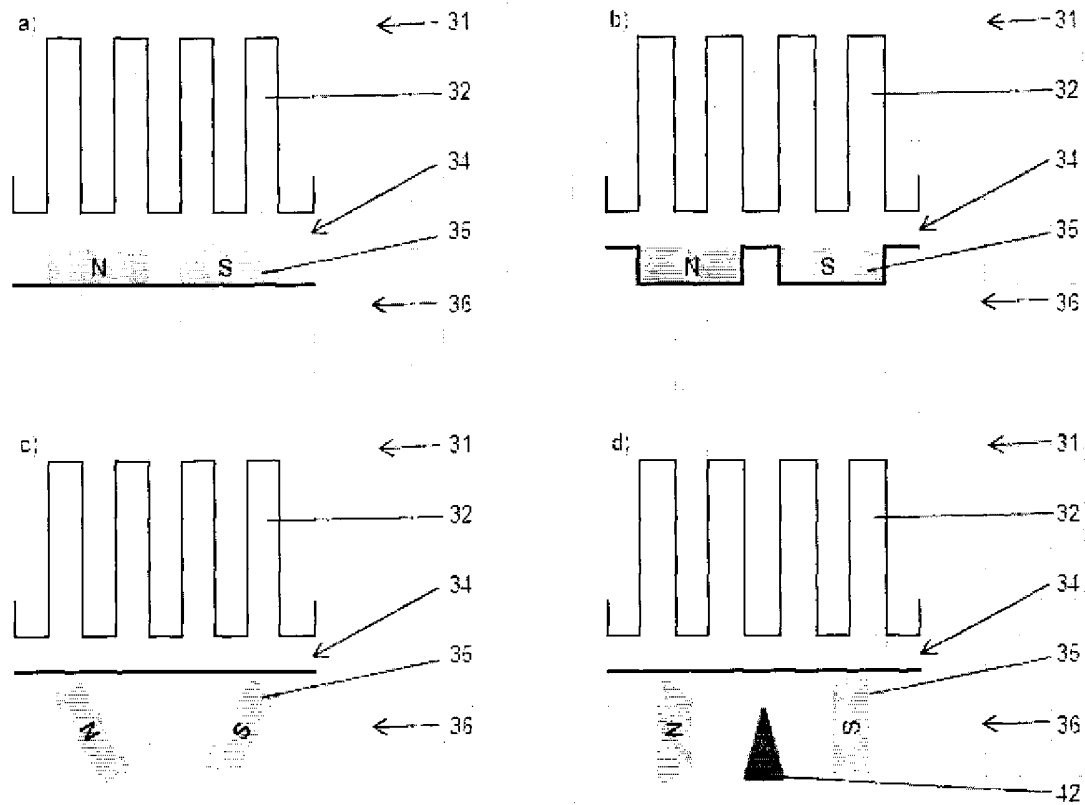


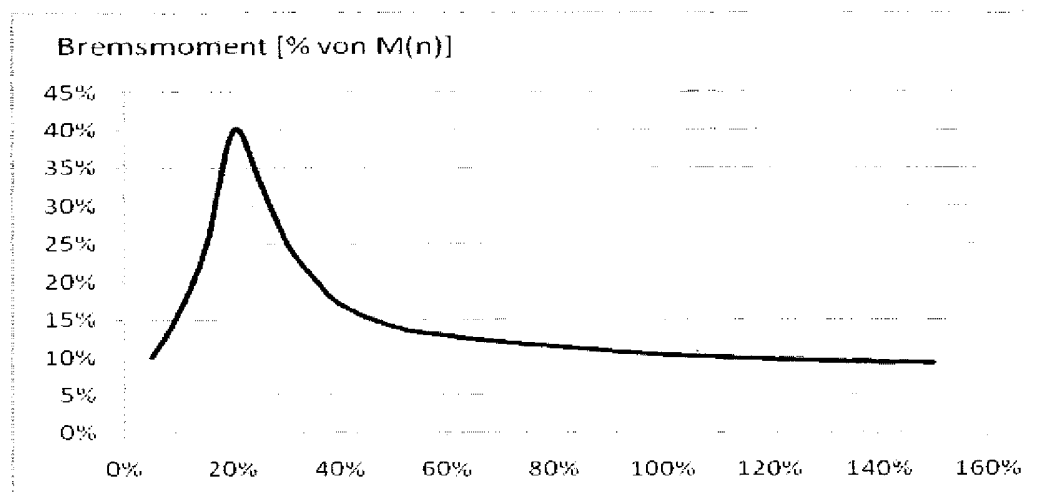
Fig. 5



**Fig. 6**



**Fig. 7**



## Patentansprüche:

1. Differenzialgetriebe (4) für eine Energiegewinnungsanlage, insbesondere für eine Windkraftanlage, mit drei An- bzw. Abtrieben, wobei ein erster Antrieb mit einer Antriebswelle (2) der Energiegewinnungsanlage, ein Abtrieb mit einem mit einem Netz (9) verbindbaren Generator (13) und ein zweiter Antrieb mit einer elektrischen Maschine (14, 18) als Differenzial-Antrieb verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass an die elektrische Maschine (14, 18) wenigstens zwei maschinenseitige Frequenzumrichter-Endstufen (22) angeschlossen sind und dass die elektrische Maschine (14, 18) wenigstens zwei elektrisch getrennte Wicklungen aufweist, von denen jede an wenigstens eine generatorseitige Frequenzumrichter-Endstufe (22) angeschlossen ist.
2. Differenzialgetriebe (4) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklung(en) als Einzahnwicklung(en) ausgeführt ist (sind).
3. Differenzialgetriebe (4) nach Ansprüchen 1 oder 2, gekennzeichnet durch wenigstens zwei netzseitige Frequenzumrichter-Endstufen (22).
4. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (13) eine permanentmagneterregte Synchronmaschine ist.
5. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzumrichter-Endstufen (22) IGBT-Vollbrücken (19) aufweisen.
6. Differenzialgetriebe (4) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den IGBT-Vollbrücken (19) und einem Gleichstromzwischenkreis (23) Sicherungen (21) angeordnet sind.

|                     |
|---------------------|
| <b>NACHGEREICHT</b> |
|---------------------|

7. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzumrichter-Endstufen (22) IGBT-Vollbrücken (19), Kondensatoren (20), Controller, und Sicherungen (21) aufweisen, welche gemeinsam auf einer Trägerplatte mit einem Kühlkörper montiert sind.
8. Differenzialgetriebe (4) nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung zwischen den Frequenzumrichter-Endstufen (22) und dem Gleichstromzwischenkreis (23) steckbar ist.
9. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (14, 18) eine permanentmagneterregte Synchronmaschine mit eingebetteten Permanentmagneten ist.
10. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen einer Wicklung und einer daran angeschlossenen Frequenzumrichter-Endstufe (22) eine Sicherung oder ein Leistungsschalter angeordnet ist.
11. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass einer oder mehrere zusätzliche Leistungsstränge vorgesehen sind, wodurch mehr als 100% der im Normalbetrieb erforderlichen Leistung durch die Summe aller Leistungsstränge zur Verfügung gestellt werden können.
12. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der generatorseitig vorgesehenen Frequenzumrichter-Endstufen (22) und der netzseitig vorgesehenen Frequenzumrichter-Endstufen (22) unterschiedlich ist.

|                     |
|---------------------|
| <b>NACHGEREICHT</b> |
|---------------------|

13. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass zum Speichern der Bremsenergie ein Energiespeicher (25), beispielsweise Supercaps, an einen Gleichstromzwischenkreis (23) angeschlossen ist.
14. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zum Speichern der Bremsenergie ein Brems-Chopper (24) an einen Gleichstromzwischenkreis (23) angeschlossen ist.
15. Differenzialgetriebe (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (14, 18) ein unsymmetrisches Nut/Polpaar - Verhältnis aufweist.
16. Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, mit einer Antriebswelle (2), einem mit einem Netz (9) verbindbaren Generator (13) und mit einem Differenzialgetriebe mit drei An- bzw. Abtrieben, wobei ein erster Antrieb mit der Antriebswelle (2), ein Abtrieb mit dem Generator (13) und ein zweiter Antrieb mit einer elektrischen Maschine (14, 18) als Differenzial-Antrieb verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass an die elektrische Maschine (14, 18) wenigstens zwei maschinenseitige Frequenzumrichter-Endstufen (22) angeschlossen sind und dass die elektrische Maschine (14, 18) wenigstens zwei elektrisch getrennte Wicklungen aufweist, von denen jede an wenigstens eine generatorseitige Frequenzumrichter-Endstufe (22) angeschlossen ist
17. Verfahren zum Betreiben eines Differenzialgetriebes (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (14, 18) eine Überdrehzahl des zweiten Antriebs bei Ausfall einer maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufe (22) durch elektrisches Bremsen mit Hilfe wenigstens einer weiteren

|                     |
|---------------------|
| <b>NACHGEREICHT</b> |
|---------------------|

maschinenseitigen Frequenzumrichter-Endstufe (22) verhindert.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (14, 18) eine Überdrehzahl des zweiten Antriebs bei Ausfall einer von wenigstens zwei elektrisch getrennten Wicklungen durch elektrisches Bremsen mit Hilfe wenigstens einer weiteren elektrisch getrennten Wicklung verhindert.
19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass elektrische Bremsenergie in einem Energiespeicher (25), beispielsweise Supercaps, gespeichert wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass elektrische Bremsenergie in einem Brems-Chopper (24) gespeichert wird.

|                     |
|---------------------|
| <b>NACHGEREICHT</b> |
|---------------------|



|                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC <sup>8</sup> :<br><b>H02M 5/458</b> (2006.01); <b>F03D 7/04</b> (2006.01); <b>H02P 9/42</b> (2006.01); <b>F16H 3/72</b> (2006.01) |
| Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA:<br>H02M 5/458, F03D 7/04, H02P 9/42, F16H 3/72                                                                                  |
| Recherchierter Prüfstoß (Klassifikation):<br>H02M, F03D, H02P, F16H                                                                                                                  |
| Konsultierte Online-Datenbank:<br>WPI, EPODOC, IEEE                                                                                                                                  |
| Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 1. Juli 2010 eingereichten Ansprüchen 1-21 erstellt.                                                                                        |

| Kategorie <sup>1</sup> | Bezeichnung der Veröffentlichung:<br>Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum,<br>Textstelle oder Figur soweit erforderlich | Betreffend Anspruch |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| A                      | EP 2009779 A2 (GENERAL ELECTRIC COMPANY)<br>31. Dezember 2008 (31.12.2008)<br><i>Absatz [0014], Fig. 1.</i><br>--                                                      | 1, 17               |
| A                      | AT 507395 A2 (HEHENBERGER) 15. April 2010 (15.04.2010)<br><i>Seite 5, Zeilen 3 - 24, Fig. 2.</i><br>--                                                                 | 1, 17               |
| A                      | EP 1895157 A2 (NORDEX ENERGY GMBH) 5. März 2008 (05.03.2008)<br><i>Absatz [0021], Fig. 2.</i><br>--                                                                    | 1, 17               |
| A                      | DE 19955586 A1 (SIEMENS AG) 13. Juni 2001 (13.06.2001)<br><i>Das ganze Dokument.</i><br>--                                                                             | 1, 17               |
| A                      | EP 1283359 A1 (RWE PILLER GMBH) 12. Februar 2003 (12.02.2003)<br><i>Absatz [0027], Fig. 5.</i><br>----                                                                 | 1, 17               |

|                                                     |                                                       |                                     |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Datum der Beendigung der Recherche:<br>24. Mai 2011 | <input type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt | Prüfer(in):<br>Dipl.-Ing. MEHLMAUER |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <sup>1</sup> Kategorien der angeführten Dokumente:<br><b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.<br><b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b> : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist. |  | <b>A</b> Veröffentlichung, die den <b>allgemeinen Stand der Technik</b> definiert.<br><b>P</b> Dokument, das <b>von Bedeutung</b> ist (Kategorien X oder Y), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde.<br><b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie X), aus dem ein <b>älteres Recht</b> hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).<br><b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|