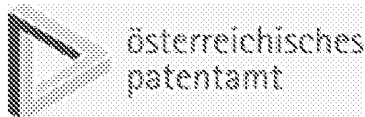


(19)



(10)

AT 514170 A1 2014-10-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 232/2013
 (22) Anmeldetag: 28.03.2013
 (43) Veröffentlicht am: 15.10.2014

(51) Int. Cl.: **F03D 7/02** (2006.01)
H02K 7/104 (2006.01)
H02K 7/106 (2006.01)
H02K 7/18 (2006.01)
F03D 9/00 (2006.01)
F03D 11/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 WO 2010108207 A2
 AT 508155 A4
 DE 19634464 A1
 US 2011169268 A1

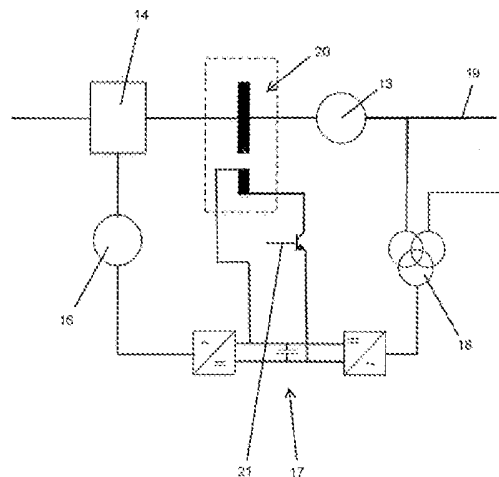
(71) Patentanmelder:
 HEHENBERGER GERALD DIPL.ING.
 9020 KLAGENFURT (AT)

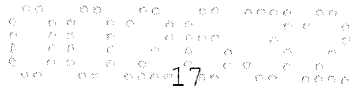
(72) Erfinder:
 Hehenberger Gerald Dipl.Ing.
 9020 Klagenfurt (AT)

(74) Vertreter:
 Beer & Partner Patentanwälte KG
 Wien

(54) Antriebsstrang einer Energiegewinnungsanlage und Verfahren zum Regeln

(57) Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Regeln des Betriebes eines Antriebsstrangs einer Energiegewinnungsanlage mit einer mit einem Netz (10, 19, 28) verbundenen elektrischen Maschine (6, 16, 24), die mittels eines Frequenzumrichters (7, 8; 17; 25) mit einem Gleichstromzwischenkreis und gegebenenfalls eines Transformators (9, 18, 27) an ein Stromnetz (10, 19, 28) angeschlossen ist, ist die Bremse (20) eine elektrodynamische Bremse, die während des Bremsvorganges aus dem Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters (7, 8; 17; 25) mit Strom versorgt wird.

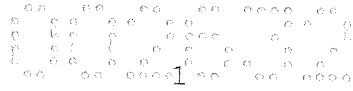




Zusammenfassung:

Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Regeln des Betriebes eines Antriebsstrangs einer Energiegewinnungsanlage mit einer mit einem Netz (10, 19, 28) verbundenen elektrischen Maschine (6, 16, 24), die mittels eines Frequenzumrichters (7, 8; 17; 25) mit einem Gleichstromzwischenkreis und gegebenenfalls eines Transformators (9, 18, 27) an ein Stromnetz (10, 19, 28) angeschlossen ist, ist die Bremse (20) eine elektrodynamische Bremse, die während des Bremsvorganges aus dem Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters (7, 8; 17; 25) mit Strom versorgt wird.

(Fig. 3)



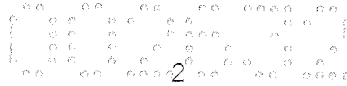
Die Erfindung betrifft einen Arbeitsstrang einer Energiegewinnungsanlage und ein Verfahren zum Regeln des Betriebes eines Antriebsstrangs einer Energiegewinnungsanlage.

Die technische Entwicklung im Bereich Windkraftanlagen führt u.a. zu immer größeren Rotordurchmessern und Turmhöhen. Damit verursachen große Leistungsschwankungen durch z.B. Netzfehler oder starke Windböen eine entsprechend große Auslenkung am Turm, was wiederum zu hohen Belastungen an der Anlage führt. Aus diesem Grund werden z.B. Windkraftanlagen, welche zur Realisierung einer variablen Rotordrehzahl meist Drehstromgeneratoren in Kombination mit Vollumrichtern einsetzen, mit großen Widerständen über sogenannte Chopper mit dem Gleichstromzwischenkreis eines Vollumrichters verbunden, damit bei spontanem Verlust der Last (z.B. bei Netzfehler) die Last am Rotor aufrecht erhalten und damit eine schnelle Verstellung der Rotorblätter vermieden werden kann. Eine schnelle Verstellung der Rotorblätter wäre bei plötzlichem Lastverlust notwendig, um eine Überdrehzahl des Rotors zu vermeiden, würde jedoch zu einer entsprechend großen Änderung des Rotorschubes führen und damit den Turm stark belasten. Dieses Problem wird umso größer, je höher der Turm ist.

Ähnliche Probleme können auch bei z.B. Wasserkraftanlagen auftreten, indem z.B. bei länger andauernden Netzfehlern die Turbine aufgrund fehlender Last in Überdrehzahl geht, was u.U. eine Beschädigung derselben hervorrufen würde. Ebenso gibt es auch für Antriebe für industrielle Anwendungen Betriebszustände, bei denen bei z.B. Netzausfall für einen kurzen Zeitraum ein an- bzw. abtriebsseitiges Bremsmoment erforderlich ist, um das System in einen sicheren Zustand zu bringen.

Die Zeitdauer zur Erkennung des Fehlers bis zum Stillstand der Anlage oder bis zum Ende des Netzfehlers kann bis zu mehreren Sekunden dauern, womit eine entsprechend große Dimensionierung der oben erwähnten Widerstände erforderlich ist.

Die für Anlagen mit Vollumrichtern beschriebene Methode kann jedoch nicht mit klassischen Differenzialsystemen realisiert werden, da in diesen Fällen der Generator direkt mit dem Netz verbunden ist. Gleiches gilt u.a. auch für sogenannte doppeltgespeiste Drehstrommaschinen.



Aufgabe der Erfindung ist es daher, dieses Problem zu lösen.

Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Antriebsstrang mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

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

Indem hinter dem Rotor der Energiegewinnungsanlage bzw. der industriellen Arbeitsmaschine eine Bremse angebracht wird, deren Leistung für die Erregung einem Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters entnommen wird und die ein bremsendes Drehmoment in den Triebstrang einbringen kann, kann bei z.B. Windkraftanlagen das Pitchsystem verzögert reagieren, was zu einer entsprechend langsamen Änderung im Schub der Anlage führt und somit die Belastung insbesondere des Turmes bzw. der Tragwerkstruktur möglichst klein gehalten wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Bremse eine Betriebsbremse und im Antriebsstrang ist zusätzlich eine Notbremse angeordnet. Mit der Bremse als Betriebsbremse kann damit auch die wiederholte Betätigung der in der Regel hierfür nicht dimensionierten Notbremse, insbesondere bei häufigen Netzfehlern, vermieden werden.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

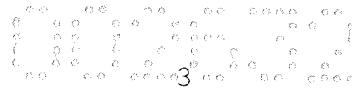
Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf die angeschlossenen Zeichnungen erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 den Triebstrang einer Windkraftanlage mit permanentmagneterregtem Synchrongenerator, Vollumrichter und Zwischenkreis-Chopper mit Widerstand gemäß Stand der Technik,

Fig. 2 den Triebstrang einer Windkraftanlage mit einem Differenzial-Antrieb,

Fig. 3 eine Ausführungsform der Erfindung, bei der eine Bremse mit einem Gleichstromzwischenkreis des Differenzial-Antriebs verbunden ist,

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der die Bremse an einen Gleichstromzwischenkreis eines Frequenzumrichters



einer doppeltgespeisten Drehstrommaschine angeschlossen ist,
 Fig. 5 eine dritte Ausführungsform der Erfindung, bei der die Bremse an einen Gleichstromzwischenkreis eines Frequenzumrichters einer permanentmagneterregten Synchronmaschine angeschlossen ist,

Fig. 6 eine realisierbare Kennlinie für ein Betriebsbremssystem gemäß der Erfindung und

Fig. 7 eine erfindungsgemäße Kennlinie für ein Betriebsbremssystem im Vergleich zu einer typischen Drehmomentkennlinie einer Windkraftanlage.

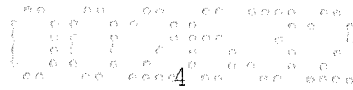
Die Leistung des Rotors einer Windkraftanlage errechnet sich aus der Formel

$$\text{Rotor-Leistung} = \text{Rotorfläche} * \text{Leistungsbeiwert} * \text{Luftdichte}/2 * \text{Windgeschwindigkeit}^3$$

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 zwischen 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.

Die Leistungsaufnahme der Anlage ist gemäß obiger Formel proportional der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit. Der auf die Anlage wirkende Schub ist proportional dem Quadrat der Windgeschwindigkeit. Beides hängt jedoch u.a. auch noch vom eingestellten Rotor-Blattwinkel ab. Demzufolge gehen Schub und Leistung gegen Null, sobald die Rotorblätter in Richtung Segelstellung verstellt werden.

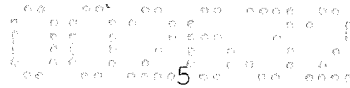
Fig. 1 zeigt eine Lösung zur Realisierung der variablen Drehzahl gemäß Stand der Technik. Der Rotor 1 der Windkraftanlage ist im Maschinenrahmen mit einer Rotorlagerung 2 gelagert. Der Rotor 1 ist in den meisten Fällen ein sogenannter Dreiblattrotor mit großteils individuell verstellbaren Rotorblättern. Durch Verstellung der Rotorblätter wird die Leistungsaufnahme des Antriebsstranges der Anlage geregelt, bzw. kann diese durch Verstellung der Rotorblätter in Richtung Segelstellung möglichst belastungsfrei abgestellt werden. Um



die Anlage sicher abstellen zu können, werden die Rotorblätter meist einzeln verstellt, wodurch eine geforderte Redundanz entsteht und damit die Rotorblattverstellung auch als Notbremse dient.

In weiterer Folge treibt der Rotor 1 das Hauptgetriebe 3 an. Dieses Hauptgetriebe 3 besteht meist aus zwei Planeten- und einer Stirnradstufe. Hier gibt es jedoch in Bezug auf Anzahl und Art der Getriebestufen eine Vielzahl von Varianten. Die schnelllaufende Seite des Hauptgetriebes ist meist mittels einer Kupplung 5 mit dem Generator 6, z.B. einer permanentmagneterregten Niederspannungs-Synchronmaschine, verbunden. Aus Sicherheitsgründen gibt es ergänzend bzw. alternativ zur Rotorblattverstellung eine Notbremse 4, die in den meisten Fällen zwischen dem Hauptgetriebe 3 und dem Generator 6 angeordnet ist und welche auch nur als Festhaltebremse (z.B. für Wartungsarbeiten) ausgeführt sein kann. Die Notbremse 4 ist meist eine kraftschlüssige Vorrichtung, z.B. eine Scheibenbremse, kann aber auch als formschlüssige Vorrichtung, z.B. als Rotor-Arretierung, ausgeführt sein. Darüber hinaus kann die Notbremse 4 auch zwischen dem Rotor 1 und dem Hauptgetriebe 3 oder vor oder hinter dem Generator 6 positioniert sein. Hauptfunktion dieser Notbremse 4 ist, die Anlage bei Auftreten eines Fehlers oder zum Schutz von Personen, vorzugsweise in Kombination mit der oben erwähnten Rotorblattverstellung, sicher zum Stillstand zu bringen. Damit ist die Notbremse 4 eine autarke Schutzeinrichtung, welche (basierend auf den gültigen Normen) meist keine weiteren Betriebs-Funktionen übernehmen darf. Die zeichnerisch nicht dargestellte Rotorblattverstellung kann theoretisch auch alleine die Funktion der Notbremse 4 erfüllen, die in diesem Fall nicht erforderlich wäre. Der Generator 6 ist über einen Frequenzumrichter mit einem Gleichrichter 7 und einem Wechselrichter 8 und einen Transformator 9 an das Mittelspannungsnetz 10 angeschlossen. Mit dem den Gleichrichter 7 und den Wechselrichter 8 verbindenden Gleichstromzwischenkreis ist ein sogenannter Chopper 12 mit einem Widerstand 11 verbunden.

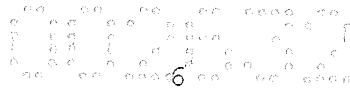
In den Beispielen der Fig. 1 bis 3 sind der Rotor 1 mit einer Rotorlagerung 2, das Hauptgetriebe 3, eine Notbremse 4, die Kupplung 5 und der Generator 6 die wesentlichen Bestandteile eines sogenannten Triebstranges. Bei Anlagen zur Gewinnung von Energie aus Meeresströmungen, Wasserkraftturbinen, bzw. industriellen Arbeitsmaschinen oder Pumpen kann der Triebstrang ähnlich aufgebaut



sein, muss aber z.B. Komponenten wie das Hauptgetriebe 3 nicht aufweisen bzw. kann andere Komponenten aufweisen.

Aufgrund eines Fehlers im Triebstrang, oder bei einem betriebsbedingten Schnell- oder Not-Stop der Anlage oder bei einem Netzfehler bzw. -ausfall kann der Generator 6 keine Leistung mehr abnehmen und es kommt zu einem Leistungseinbruch. Damit würde das den Rotor 1 antreibende Drehmoment den Triebstrang der Anlage in Überdrehzahl bringen. Um für die Anlage schädigende Drehzahlen zu verhindern, könnte man theoretisch die Notbremse 4, welche in den meisten Fällen als Scheibenbremse ausgeführt ist, aktivieren. Im Falle eines schwachen Netzes 10 fällt dieses jedoch oft aus, was in jedem Fall auch zu einem Leistungseinbruch führt. Aus sicherheitstechnischen Gründen ist daher für diesen wiederkehrenden Betriebszustand der Einsatz der Notbremse 4 nicht zulässig. Daher wird bei Anlagen gemäß Stand der Technik die Überdrehzahl durch schnelles Verstellen der Rotorblätter verhindert, wodurch eine Aktivierung der Notbremse 4 vermieden werden kann. Ein wesentlicher Nachteil dieser Methode ist, dass sich dadurch auch der auf die Anlage wirkende Schub entsprechend rasch reduziert, was vor allem zu einer hohen Belastung des Turmes der Anlage führt. Ein weiterer Nachteil wäre, dass es bei kurzzeitigem Netzausfall, das ist ein Netzausfall mit kurzfristig wiederkehrender Nennspannung - kurz LVRT genannt, relativ lange dauern kann, bis die Anlage wieder auf das vor Auftreten dieses Netzfehlers produzierte Leistungsniveau kommt, da die Rotorblattverstellung wieder in die ursprüngliche Arbeitsposition zurückkehren muss, was mitunter länger dauert als dies durch die geltenden Netz-Einspeisevorschriften gefordert wird.

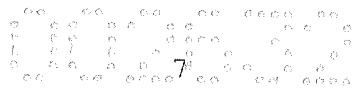
Aus diesem Grund werden mittlerweile bei Anlagen gemäß Stand der Technik der Chopper 12 und der Widerstand 11 so dimensioniert, dass diese die Nennleistung der Anlage für mehrere Sekunden aufnehmen und in Wärme umwandeln können. Der sich dadurch ergebende Vorteil ist, dass das Drehmoment am Triebstrang vorerst aufrecht erhalten werden kann und damit keine schnelle Rotorblattverstellung erforderlich ist, wodurch sich auch der auf die Anlage wirkende Schub nicht schlagartig verändert. Darüber hinaus kann bei Netzwiederkehr die ins Netz abgegebene Leistung schnell wieder hochgeregelt werden, da dann augenblicklich der Wechselrichter 8 wieder Leistung ins Netz abgeben kann, während der Chopper gleichzeitig die in die Widerstände abgegebene Energie zurückregelt. Im Idealfall bleibt damit das am



Antriebsstrang anstehende Drehmoment während eines kurzzeitigen Netzspannungseinbruches konstant.

Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform einer Windkraftanlage mit elektromechanischem Differenzial-Antrieb. Der Antriebsstrang der Windkraftanlage beginnt auch hier grundsätzlich beim Rotor 1 mit dessen Rotorblättern und endet mit dem Generator 13. Ebenfalls treibt auch hier der Rotor 1 das Hauptgetriebe 3 und in weiterer Folge den Planetenträger des Differenzialgetriebes 14 an. Der Generator 13 ist mit dem Hohlrad des Differenzialgetriebes 14 verbunden und dessen Ritzel mit dem Differenzial-Antrieb 16. Das Differenzialgetriebe 14 ist in dem gezeigten Beispiel 1-stufig und der Differenzial-Antrieb 16 ist in koaxialer Anordnung sowohl zur Abtriebswelle des Hauptgetriebes 3, als auch zur Abtriebswelle des Generators 13. In der gezeigten Ausführungsform ist beim Generator 13 eine Hohlwelle vorgesehen, welche erlaubt, dass der Differenzial-Antrieb 16 an der dem Differenzialgetriebe 14 abgewandten Seite des Generators 13 positioniert wird. Dadurch ist die Differenzialstufe vorzugsweise eine separate, an den Generator 13 angebundene Baugruppe, welche dann vorzugsweise über eine Notbremse 4 und eine Kupplung 5 mit dem Hauptgetriebe 3 verbunden ist. Für die Notbremse 4 gilt sinngemäß Gleiches wie schon in den Erläuterungen zu Fig. 1 ausgeführt. Die Verbindungswelle 15 zwischen Differenzialgetriebe 14 und Differenzial-Antrieb 16 wird vorzugsweise in einer besonders massenträgheitsmomentarmen Variante als z.B. Faserverbund-Welle mit Glasfaser oder Kohlefaser oder einer Kombination aus beiden Materialien, bei der unterschiedliche Abschnitte der Welle unterschiedliche Werkstoffe aufweisen, ausgeführt. Der Differenzial-Antrieb 16 ist mittels eines Frequenzumrichters 17 und eines Transformators 18 an das Mittelspannungsnetz 19 angebunden. Wesentlicher Vorteil dieses Konzeptes ist, dass der Generator 13, vorzugsweise ein fremderregter Mittelspannungs-Synchrongenerator, direkt, das heißt ohne aufwändige Leistungselektronik, an das Mittelspannungsnetz 19 angebunden werden kann. Der Ausgleich zwischen variabler Rotordrehzahl und fixer Generatorordrehzahl wird durch den drehzahlvariablen Differenzial-Antrieb 16 realisiert, welcher eine Leistung von vorzugsweise ca. 15% der Anlagen-Gesamtleistung hat.

Die Drehmomentgleichung für den Differenzial-Antrieb lautet:



$$\text{Drehmoment}_{\text{Differenzial-Antrieb}} = \text{Drehmoment}_{\text{Rotor}} * y / x ,$$

wobei der Größenfaktor y/x ein Maß für die Übersetzungsverhältnisse im Hauptgetriebe 3 bzw. im Differenzialgetriebe 14 ist. Das Drehmoment im Differenzial-Antrieb 16 ist immer proportional zum Drehmoment im gesamten Antriebsstrang.

Ein Nachteil dieses Konzeptes im Gegensatz zum Anlagenkonzept gemäß Fig. 1 ist jedoch, dass bei z.B. Netzausfall oder LVRT der Generator 13 keine Leistung mehr ins Netz 19 einspeisen kann. Damit würde das anstehende Drehmoment den Rotor 1 bzw. den Antriebsstrang der Anlage in Überdrehzahl bringen, sofern nicht das Rotorblatt-Verstellsystem umgehend und schnell reagiert.

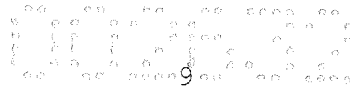
Um diesen Nachteil zu überwinden, ist zwischen dem Hauptgetriebe 3 und dem Differenzialgetriebe 14 eine Betriebsbremse 20 eingebaut. Im dargestellten Beispiel liegt diese zwischen der Notbremse 4 und der Kupplung 5, sie kann jedoch wahlweise grundsätzlich überall im Antriebsstrang positioniert sein. Der Vorteil bei der Positionierung zwischen dem Hauptgetriebe 3 und dem Differenzialgetriebe 14 ist, dass hier das Bremsmoment auf die schnelllaufende Welle des Getriebes wirkt und dadurch ein möglichst geringes Drehmoment ansteht. Darüber hinaus teilen sich die Bremskräfte entsprechend den Massenträgheitsmomenten auf, was bewirkt, dass ein Großteil des Bremsmomentes über das Hauptgetriebe 3 auf den Rotor 1 wirkt. Damit erfahren der Generator 13 und der Differenzial-Antrieb 16 durch den Bremsvorgang eine möglichst kleine Drehmomentbelastung. Dies ist nicht der Fall, wenn die Betriebsbremse z.B. mit der Rotorwelle des Generators 13 verbunden ist und der Differenzial-Antrieb 16 damit gegen das durch eine Betriebsbremse 20 eingebrachte Bremsmoment halten muss. Erfindungsgemäß soll diese Variante, die schematisch in Fig. 3 dargestellt ist, aber nicht ausgeschlossen werden. Der Zweck der Betriebsbremse 20 ist vergleichbar mit dem des Choppers 12 und des Widerstandes 11 aus Fig. 1, nämlich, dass diese die Nennleistung der Anlage für mehrere Sekunden zur Gänze oder sofern ausreichend auch nur teilweise aufnehmen und in Wärme umwandeln kann. Der sich dadurch ergebende Vorteil ist auch hier, dass ein Drehmoment am Triebstrang vorerst aufrecht erhalten werden kann und damit keine schnelle Rotorblattverstellung erforderlich ist, wodurch sich auch der auf die Anlage wirkende Schub nicht schlagartig verändert.



Im Anlassfall detektiert die Anlagensteuerung zuerst, ob es sich um einen Netzausfall oder einen zeitlich kurzen Netzfehler (ein sogenannter LVRT-Fehler) handelt, bei dem die Anlage am Netz bleiben soll oder muss. Dies nimmt abhängig von den technischen Netz-Einspeisebedingungen einen Zeitraum von ca. 0,5 bis 3 Sekunden in Anspruch, währenddessen idealerweise die Rotorblätter nicht wesentlich verstellt werden. Damit kann bei plötzlicher Wiederkehr des Netzes sehr schnell die ins Netz abzugebende Leistung hochgeregelt werden, indem die durch die Betriebsbremse 20 "vernichtete" Leistung entsprechend rasch reduziert wird. Idealerweise ist die Betriebsbremse 20 so zu regeln, dass das aus dem Antriebsstrang auf den Rotor 1 wirkende Drehmoment über diesen Zeitraum im Wesentlichen konstant bleibt oder zumindest so hoch ist, dass eine Überdrehzahl des Rotors 1 verhindert wird. Dies funktioniert viel schneller, als dies durch Verstellen der Rotorblätter realisierbar wäre. Ist dies nicht der Fall und es liegt ein anderer Fehler vor, so kann die Anlage langsam abschalten. Ein solcher Abschaltvorgang kann beispielsweise bis zu 15 Sekunden dauern, während dessen entsprechend große Energiemengen abgeführt, z.B. in Wärme umgewandelt, werden müssen. Dabei wird das aus dem Antriebsstrang auf den Rotor 1 wirkende Drehmoment nach vorzugsweise höchstens 7 Sekunden, idealerweise jedoch, um die thermische Belastung zu begrenzen, schon nach ca. 3 bis 5 Sekunden entsprechend gegen Null geregelt.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Hauptfunktion der Betriebsbremse 20 in der Begrenzung der Rotordrehzahl und/oder der Generatordrehzahl besteht, da damit ein schnelles Verstellen der Rotorblätter großteils nicht mehr erforderlich ist. Im Gegensatz dazu zielt die Notbremse 4 auf eine Stillsetzung (Rotor-Drehzahl in etwa 0 min⁻¹) der Anlage ab.

Bei einem elektrodynamischen Retarder als Betriebsbremse 20, z.B. einer Wirbelstrombremse, sind z.B. zwei Stahlscheiben (Rotoren), die nicht magnetisiert sind, mit dem Antriebsstrang verbunden. Dazwischen liegt der Stator mit elektrischen Spulen. Wenn durch Aktivierung des Retarders Strom eingesteuert wird, werden Magnetfelder erzeugt, die durch die Rotoren geschlossen werden. Die gegenläufigen Magnetfelder erzeugen dann die Bremswirkung. Die entstandene Wärme wird z.B. durch innenbelüftete Rotorscheiben wieder abgegeben.



Ein wesentlicher Vorteil eines Retarders als Betriebsbremse 20 ist dessen Verschleißfreiheit und gute Regelbarkeit. So kann das Bremsmoment abhängig vom Betriebszustand der Anlage, bzw. über den Verlauf eines Bremsmanövers verstellt bzw. optimiert werden. Das Drehmoment im Retarder wird dabei vorzugsweise so geregelt, dass bei Netzwiederkehr die vom Generator 13 ins Netz 19 eingespeiste Leistung zumindest den minimalen Anforderungen der vorgeschriebenen Netz-Einspeisebedingungen entspricht.

Fig. 3 zeigt einen Differenzial-Antrieb gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Im gezeigten Beispiel ist die Betriebsbremse 20 mit der Rotorwelle des Generators 13 verbunden. Die Betriebsbremse 20 ist hierbei als elektrodynamischer Retarder ausgeführt. Die Leistung für die Erregung der Betriebsbremse 20 wird einem Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters 17 entnommen. Damit wirkt der Differenzial-Antrieb 16 zusätzlich als Bremse. Mittels einer steuerbaren Halbleiter-Brücke 21, vorzugsweise IGBT-basierend, kann der Erregerstrom für den Retarder 20 entsprechend dem erforderlichen Bremsmoment geregelt werden. Das erforderliche Bremsmoment für die Betriebsbremse 20 hängt von der Betriebsführung der Anlage ab. Bei Windkraftanlagen kann dies gemäß der Beschreibung zu Fig. 2 bis ca. die Höhe des Nenn-Drehmomentes des Triebstranges erreichen, kann bei Bedarf aber auch höher sein. Bei optimaler Abstimmung zwischen der Rotorblattverstellung, der erlaubten Überdrehzahl für die Komponenten des Triebstrangs und dem Bremsmoment der Betriebsbremse kann das erforderliche Bremsmoment für die Betriebsbremse 20 jedoch auch wesentlich geringer sein.

Das auf den Triebstrang wirkende Bremsmoment verteilt sich auf die Rotorwelle des Generators 13 und den Differenzial-Antrieb 16 entsprechend der Übersetzung des Differenzialgetriebes 14. Bei einem Übersetzungsverhältnis von z.B. 5 erhöht sich das auf den Triebstrang wirkende Bremsmoment, im Vergleich zu einem wie in Fig. 3 positionieren Retarder, um ca. 20%.

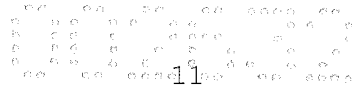
Darüber hinaus ist das in Fig. 3 dargestellte System sehr gut regelbar. Der Frequenzumrichter 17 kann erfindungsgemäß wie in der WO 2010/121783 A oder der WO 2013/020148 A beschrieben ausgeführt sein und betrieben werden und einen elektrischen Energiespeicher bzw. einen Chopper mit einem Widerstand im Zwischenkreis aufweisen. Damit ist auch die für die

Erregung des elektrodynamischen Retarders 20 notwendige Energie jederzeit verfügbar, was den Einsatz der Betriebsbremse 20 unabhängig vom Zustand des Netzes 19 ermöglicht.

Aufgabe der Regelung ist dabei, eine Überdrehzahl des Triebstranges zu verhindern, wobei gleichzeitig, z.B. im LVRT-Fall, die Drehzahl bzw. der Phasenwinkel des Generators 13 konstant gehalten werden kann. D.h. der Differenzial-Antrieb 16 und der damit verbundene Frequenzumrichter 17 haben in dieser Ausführungsform erfindungsgemäß zwei Funktionen zu erfüllen. Erstens die Versorgung der Betriebsbremse 20 mit Erregerstrom aus dem Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters 17 und zweitens die Regelung der Drehzahl des Generators 13, um bei Netzwiederkehr im Wesentlichen phasengleich mit dem Netz 19 zu sein.

Die Betriebsbremse 20 kann alternativ auch an einen Gleichstromzwischenkreis einer doppeltgespeisten Drehstrommaschine angeschlossen werden, wie in Fig. 4 dargestellt ist, und bei welcher der Rotor 23 des Generators 24 über einen Frequenzumrichter 25, jedoch der Stator 26 des Generators 24 direkt oder mittels eines Transformators 27 mit dem Netz 28 verbunden ist. Auch bei diesem Konzept kann im Gegensatz zum Anlagenkonzept gemäß Fig. 1 bei z.B. Netzausfall oder LVRT der Generator 24 keine Leistung mehr ins Netz 28 einspeisen. Damit würde das anstehende Drehmoment den Rotor 1 bzw. den Antriebsstrang der Anlage in Überdrehzahl bringen, sofern nicht das Rotorblatt-Verstellsystem umgehend und schnell reagiert, was wie erwähnt jedoch zu einer entsprechend großen Änderung des Rotorschubes führen und damit den Turm stark belasten würde. Um dies und eine separate Energieversorgung für die Betriebsbremse 20 zu vermeiden wird gemäß der Ausführungsform von Fig. 4 die elektrische Leistung für die Erregung der Betriebsbremse 20 einem Gleichstromzwischenkreis eines Frequenzumrichters 25 für den Rotor 23 des Generators 24 entnommen, kann jedoch alternativ an jede andere Form der Energieversorgung angeschlossen werden.

Erfindungsgemäß ist die Betriebsbremse 20 auch für Energiegewinnungsanlagen gemäß Fig. 1 einsetzbar, wobei die Betriebsbremse 20 im Antriebsstrang insbesondere an einer Welle 22 zwischen dem Hauptgetriebe 3 und dem Generator 6 angeordnet sein kann. Wie Fig. 5 bei einer derartigen Ausführungsform zeigt, kann die Betriebsbremse 20 an den Gleichstromzwischenkreis zwischen dem



Gleichrichter 7 und dem Wechselrichter 8 des Generators 6 angeschlossen werden, um die Energieversorgung der Betriebsbremse sicher zu stellen.

Fig. 6 zeigt eine typische Kennlinie eines elektrodynamischen Retarders. Durch spezifische Auslegung des Retarders kann dessen Auslegungs-Kennlinie den Anforderungen angepasst werden. Im Betrieb ist die Kennlinie für elektrodynamische Retarder durch Variation des Erregerstroms veränderbar.

Beispielsweise wird die Kennlinie für die Betriebsbremse 20 so festgelegt, dass sie der Drehzahl/Drehmoment-Kennlinie der Anlage möglichst nahe kommt, wodurch z.B. bei Netzausfall das Verhalten der Anlage gegenüber Normalbetrieb kaum verändert wird.

Bei einer Drehzahl gleich Null erzeugt der Retarder kein Bremsmoment. Da im Falle von Energiegewinnungsanlagen bei geringer Anlagendrehzahl auch nur ein geringes Drehmoment ansteht, entsteht dadurch jedoch kein anwendungsspezifischer Nachteil.

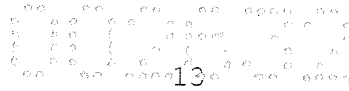
Dies zeigt Fig. 7. Die durchgängige Linie zeigt dabei eine typische Drehmoment/Drehzahl-Kennlinie für eine Windkraftanlage. Dabei beschreibt der Punkt mit 100% Drehzahl bzw. 100% Drehmoment den Nennpunkt der Windkraftanlage. Um ca. 105% der Drehzahl pendelt sich die Anlage im Nennbetrieb bei vorzugsweise konstantem Drehmoment ein. Über einer Drehzahl von 110% nimmt das Drehmoment wieder ab, wobei dabei bis zu einer Drehzahl von 115% die Anlage mit konstanter Leistung betrieben wird. Bei Überschreitung von 115% der Drehzahl wird die Anlage meist vom Netz genommen. Im Betriebsbereich unter dem Nennpunkt, wird versucht einer kubischen Kennlinie möglichst nahe zu kommen, wobei hier auslegungsspezifische Drehzahlgrenzen einzuhalten sind.

Die strichlierte Linie ist die Kennlinie des Retarders, welche vorzugsweise eine kubische Linie beschreibt. Im mittleren Betriebspunkt im Nennbetrieb der Anlage, welcher beispielsweise bei ca. 105% der Drehzahl liegt, schneidet sich die Drehmomentlinie der Windkraftanlage mit der Kennlinie des Retarders.

In einer besonders einfachen Ausführungsvariante wird auf die Variation der Erregung des Retarders verzichtet und die Kennlinie so gelegt, dass im Schnittpunkt der beiden Kennlinien ein Bremsmoment in der Höhe des

Nennndrehmomentes der Anlage erreicht wird. Da der Rotor der Windkraftanlage, wenn die Rotorblattverstellung nicht aktiv ist, ebenfalls einer kubischen Kennlinie folgt, wird die Anlage im Falle eines kurzzeitigen Netzausfalles durch die Betriebsbremse 20 ausreichend in Balance gehalten. Damit ist zwar die Wirkung nicht für alle Betriebsbereiche perfekt, da jedoch ein Leistungseinbruch im Betrieb der Anlage mit hoher Leistung eine besonders schädigende Auswirkung hat, ist diese Vereinfachung ein guter Kompromiss zwischen einerseits Verhalten der Anlage im Fehlerfall und andererseits Komplexität einer Betriebsbremse 20. Die in Fig. 6 dargestellte Drehmomentkennlinie der Betriebsbremse 20 verläuft über einen Großteil des Betriebsbereiches annähernd im Bereich der Drehmomentkennlinie der Windkraftanlage. Durch exakte Regelung des Erregerstroms kann eine noch bessere Übereinstimmung der beiden Kennlinien erreicht werden - bis hin zu einer weitgehend exakten Überdeckung beider Kennlinien. Im Betrieb der Anlage wird sich die Drehzahl des Antriebsstranges jedoch ohnehin auf die Kennlinie der Betriebsbremse einpendeln und dadurch eine Überdrehzahl verhindert werden. Die bei Netzwiederkehr abzugebende Leistung, kann dann durch die Leistungsregelung der Anlage entsprechend den Anforderungen aus den Netz-Einspeisebedingungen bzw. den vorgegebenen Betriebsbedingungen geregelt werden.

In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel ist die Arbeitsmaschine der Rotor einer Windkraftanlage. Anstelle dessen sind jedoch auch Rotoren zur Gewinnung von Energie aus Meeresströmungen, Wasserkraftturbinen, bzw. Pumpen einsetzbar. Darüber hinaus ist die erfindungsgemäße Ausführung auch für industrielle Anwendungen anwendbar, um z.B. bei einer Systemstörung im Betriebsmodus bremsen zu können, um eine Überdrehzahl im Fehlerfall zu verhindern.



Patentansprüche:

1. Antriebsstrang einer Energiegewinnungsanlage mit einem Differenzialgetriebe (14) mit drei An- bzw. Abtrieben, wobei ein erster Antrieb mit der Antriebswelle, ein Abtrieb mit einem Generator (13), vorzugsweise einer fremderregten Synchronmaschine, und ein zweiter Antrieb mit einem Differenzial-Antrieb (16) verbunden ist, wobei der Differenzial-Antrieb (16) eine elektrische Maschine ist, die mittels eines Frequenzumrichters (17) mit einem Gleichstromzwischenkreis und gegebenenfalls eines Transformators (18) an ein Stromnetz (19) angeschlossen ist und wobei der Antriebsstrang eine Bremse (20) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) eine elektrodynamische Bremse ist, die an den Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters (17) angeschlossen ist.
2. Antriebsstrang einer Energiegewinnungsanlage mit einem Generator (6, 24), der mittels eines Frequenzumrichters (7, 8; 25) mit einem Gleichstromzwischenkreis und gegebenenfalls eines Transformators (9, 27) an ein Stromnetz (10, 28) angeschlossen ist und wobei der Antriebsstrang eine Bremse (20) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) eine elektrodynamische Bremse ist, die an den Gleichstromzwischenkreis des Generators (6, 24) angeschlossen ist.
3. Antriebsstrang nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (24) eine doppeltgespeiste Drehstrommaschine ist und dass die Bremse (20) an den Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters (25) eines Rotors (23) des Generators (24) angeschlossen ist.
4. Antriebsstrang nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (6) eine permanentmagneterregte Synchronmaschine ist und dass die Bremse (20) an den Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters (7, 8) des Generators (6) angeschlossen ist.
5. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleichstromzwischenkreis einen elektrischen Energiespeicher, z.B. einen Kondensator, und/oder einen Chopper 12 mit einem Widerstand 11 aufweist.

6. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) eine Betriebsbremse ist und im Antriebsstrang zusätzlich eine Notbremse (4) angeordnet ist.
7. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) im Antriebsstrang vor dem Differenzialgetriebe (14) angeordnet ist.
8. Antriebsstrang nach Anspruch 1 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass im Antriebsstrang vor dem Differenzialgetriebe (14) ein Hauptgetriebe (3) angeordnet ist und dass die Bremse (20) zwischen dem Hauptgetriebe (3) und dem Differenzialgetriebe (14) angeordnet ist.
9. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) im Antriebsstrang hinter dem Differenzialgetriebe (14) angeordnet ist.
10. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) im Antriebsstrang zwischen dem Differenzialgetriebe (14) und dem Generator (13) angeordnet ist.
11. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) im Antriebsstrang auf der vom Differenzialgetriebe (14) abgewandten Seite des Generators (13) angeordnet ist.
12. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung einer Momenten-Kennlinie der Bremse (20) im Bereich über der Nenndrehzahl der Energiegewinnungsanlage größer als die Steigung einer Momenten-Kennlinie der Energiegewinnungsanlage ist.
13. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung einer Momenten-Kennlinie der Bremse (20) im Bereich der Nenndrehzahl der Energiegewinnungsanlage kleiner als die Steigung einer Momenten-Kennlinie der Energiegewinnungsanlage ist.
14. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung einer Momenten-Kennlinie der

Bremse (20) im Bereich über der Nenndrehzahl der Energiegewinnungsanlage eine Momenten-Kennlinie der Energiegewinnungsanlage schneidet.

15. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Momenten-Kennlinie der Bremse (20) bis zum Nennmoment der Energiegewinnungsanlage im Wesentlichen parallel zu einer Momenten-Kennlinie der Energiegewinnungsanlage verläuft.
16. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Momenten-Kennlinie der Bremse (20) einen kubischen Verlauf aufweist.
17. Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, mit einem Antriebsstrang mit einem Generator (13), dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 16 ausgeführt ist.
18. Verfahren zum Regeln des Betriebes eines Antriebsstrangs einer Energiegewinnungsanlage mit einer mit einem Netz (10, 19, 28) verbundenen elektrischen Maschine (6, 16, 24), die mittels eines Frequenzumrichters (7, 8; 17; 25) mit einem Gleichstromzwischenkreis und gegebenenfalls eines Transformators (9, 18, 27) an ein Stromnetz (10, 19, 28) angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) eine elektrodynamische Bremse ist, die während des Bremsvorganges aus dem Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters (7, 8; 17; 25) mit Strom versorgt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass im Fall eines Netzausfalles, Netzfehlers oder einer Notabschaltung die Bremse (20) so aktiviert wird, dass das aus dem Antriebsstrang auf den Rotor (1) wirkende Drehmoment über einen Zeitraum von wenigstens 0,5 Sekunden im Wesentlichen konstant bleibt.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass das aus dem Antriebsstrang auf einen Rotor (1) wirkende Drehmoment über einen Zeitraum von bis zu 7 Sekunden, bevorzugt bis zu 5 Sekunden, besonders bevorzugt bis zu 3 Sekunden, im Wesentlichen

konstant bleibt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Bremsmoment der Bremse (20) in einem weiteren Zeitraum von 5 bis 20 Sekunden, vorzugsweise von 10 bis 15 Sekunden, auf etwa Null verringert wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahl eines Generators (6, 13, 24) des Antriebsstrangs bis zu einer Netzwiederkehr im Wesentlichen phasengleich gehalten wird.

Fig. 1

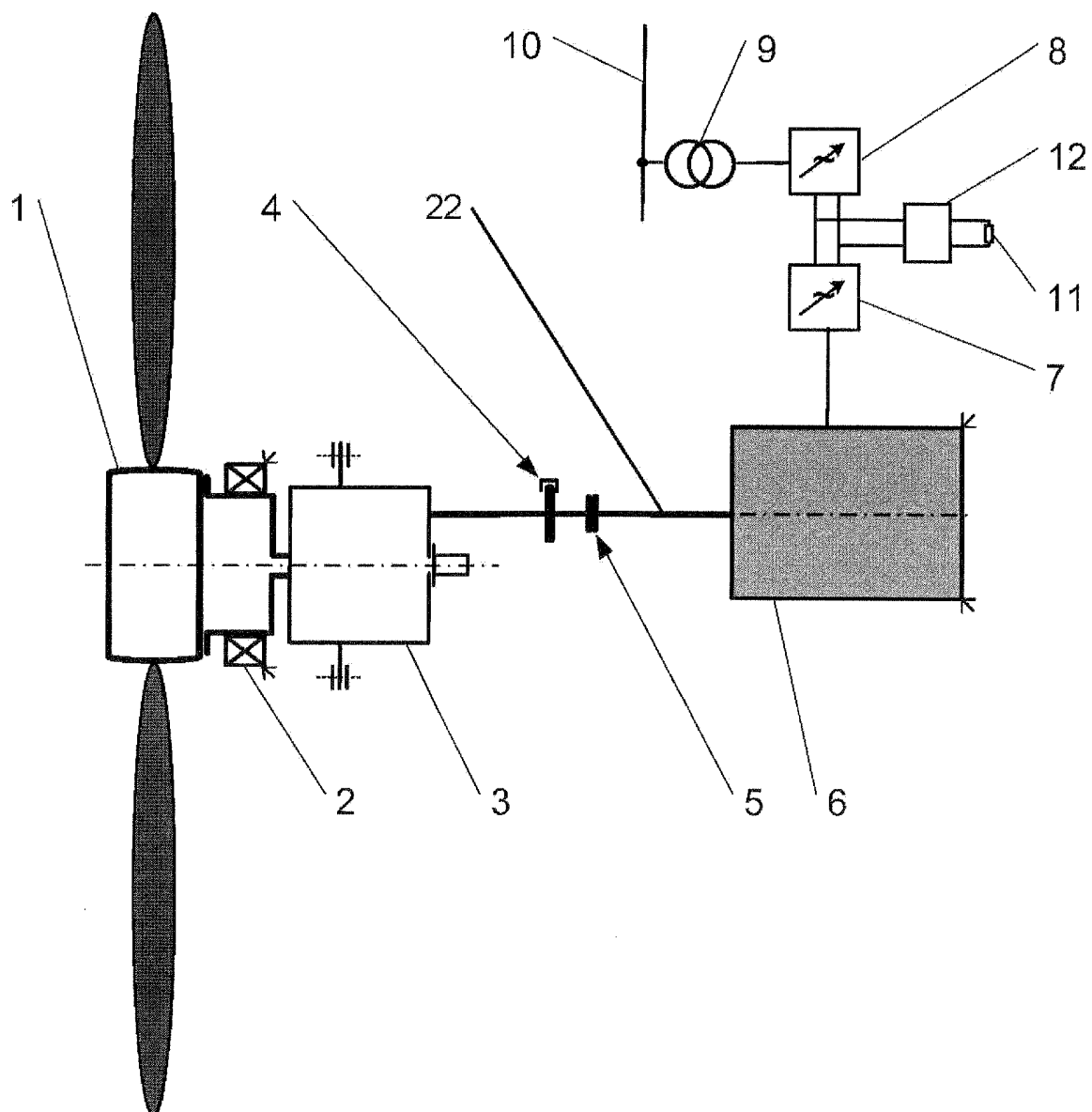


Fig. 2

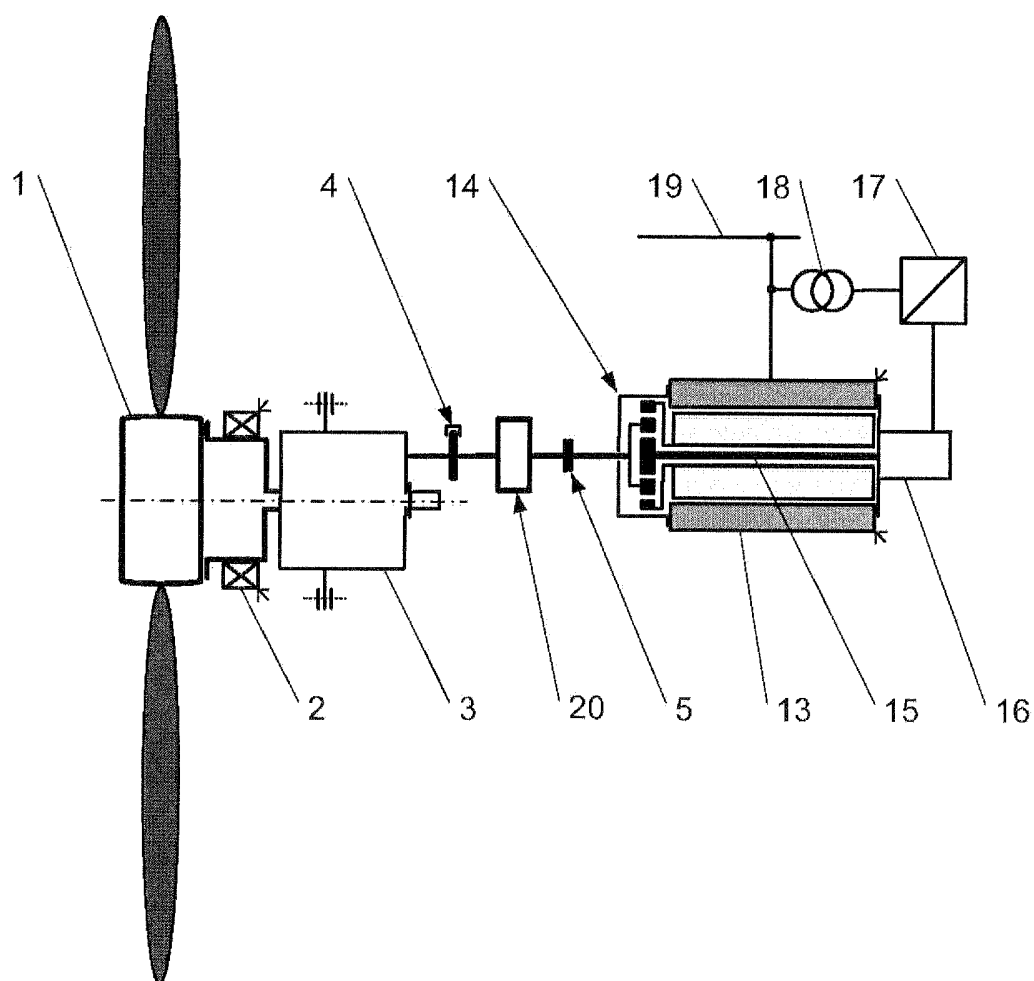
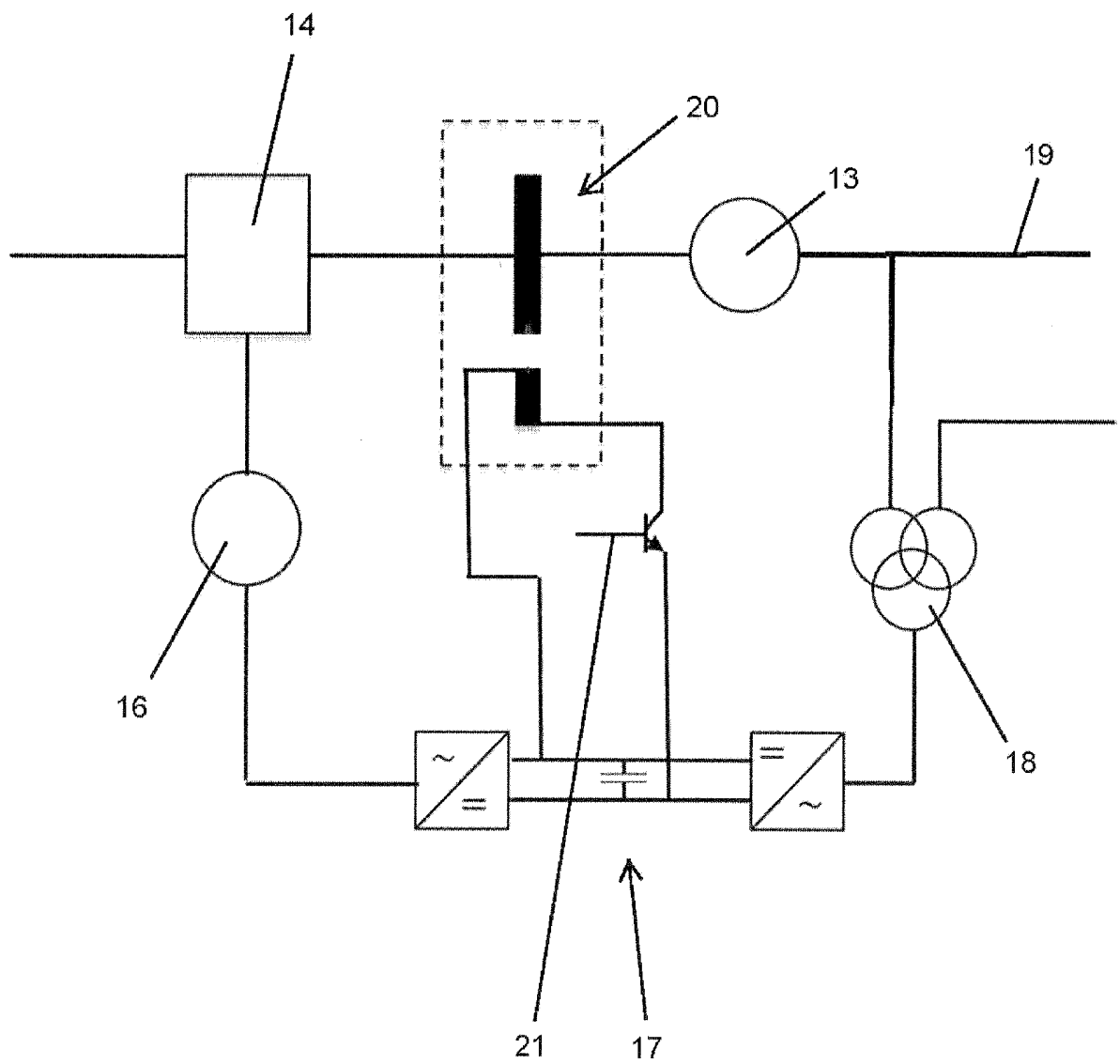


Fig. 3



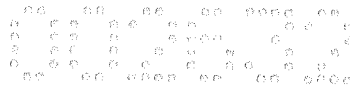


Fig. 4

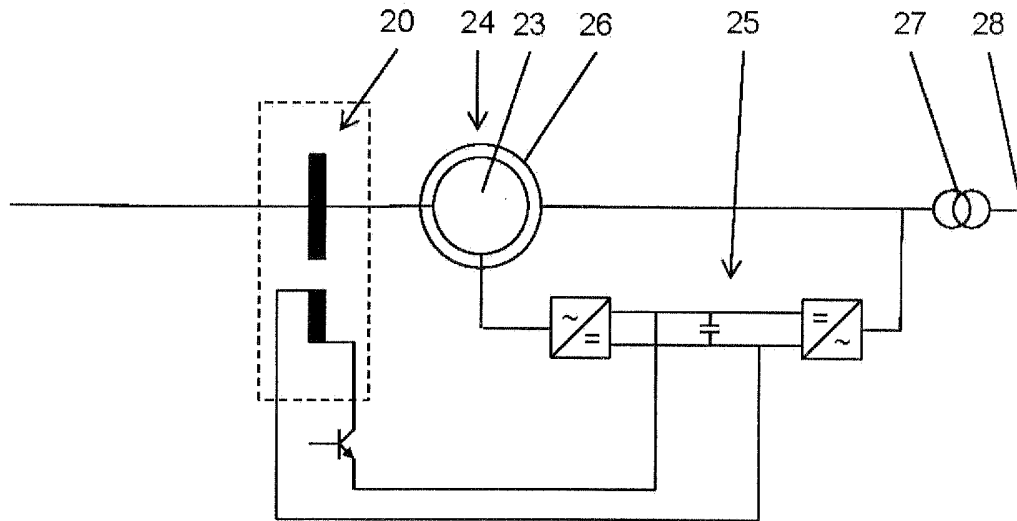


Fig. 5

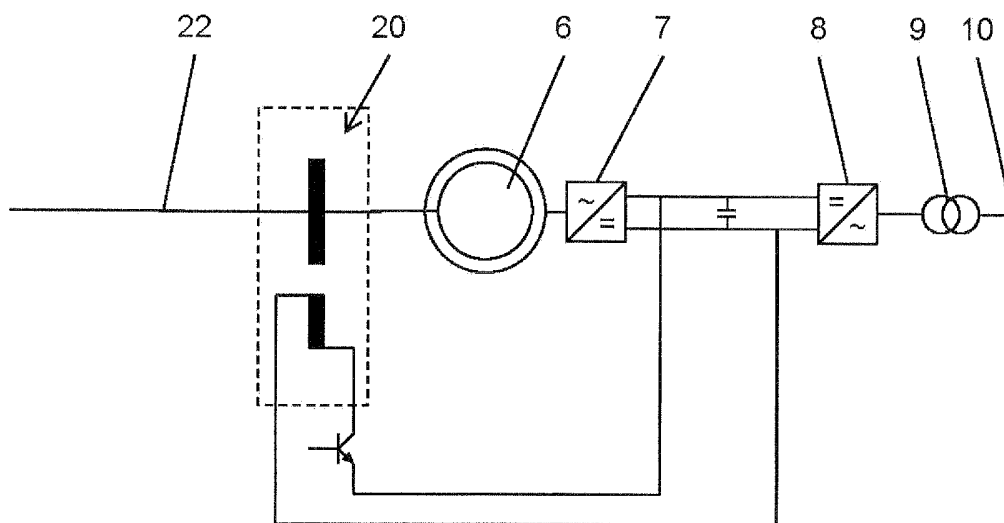


Fig. 6

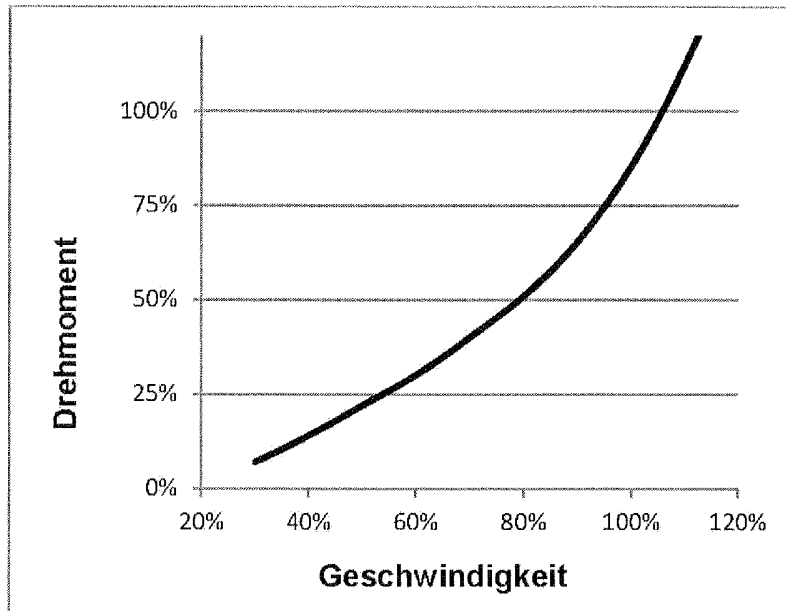
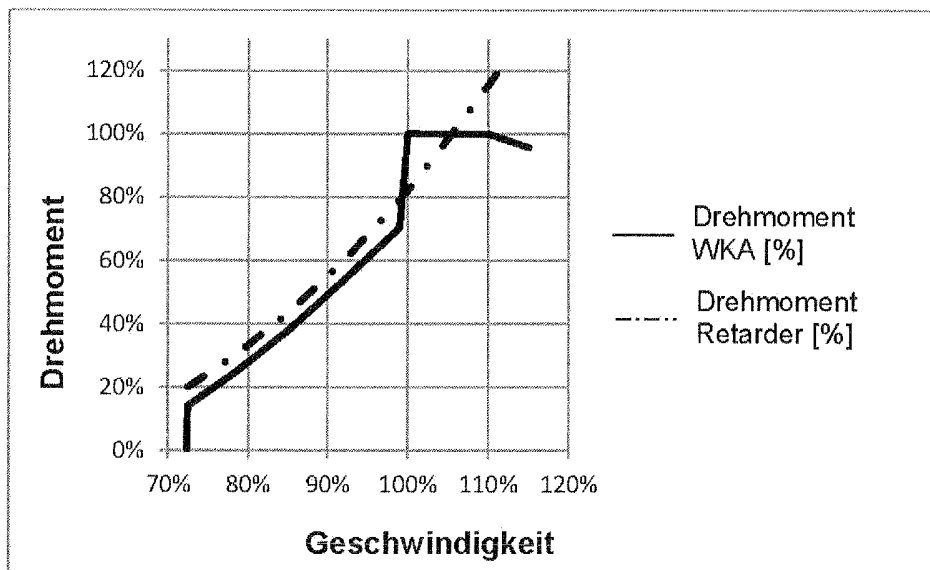


Fig. 7



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

F03D 7/02 (2006.01); **H02K 7/104** (2006.01); **H02K 7/106** (2006.01); **H02K 7/18** (2006.01); **F03D 9/00** (2006.01); **F03D 11/02** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

F03D 7/0248 (2013.01); **H02K 7/104** (2013.01); **H02K 7/106** (2013.01); **H02K 7/1838** (2013.01); **F03D 9/003** (2013.01); **F03D 11/02** (2013.01); **F05B 2260/903** (2013.01); **Y02E 10/72** (2013.01); **Y02E 10/725** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

F03D, H02K, F05B, Y02E

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **28.03.2013** eingereichten Ansprüchen **1-22** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	WO 2010108207 A2 (HEHENBERGER GERALD) 30. September 2010 (30.09.2010) Zusammenfassung; Figuren 9, 10	1-22
A	AT 508155 A4 (HEHENBERGER GERALD DIPL ING) 15. November 2010 (15.11.2010) Zusammenfassung; Figur 2	1-22
A	DE 19634464 A1 (KLOFT LOTHAR) 03. April 1997 (03.04.1997) Anspruch 9; Figur 1	1-22
A	US 2011169268 A1 (WEI JHEN-YOU et al.) 14. Juli 2011 (14.07.2011) Zusammenfassung; Figur 1	1, 2

Datum der Beendigung der Recherche:
25.03.2014

Seite 1 von 1

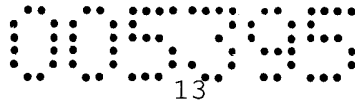
Prüfer(in):

KOVACS György

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: 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 **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.



Patentansprüche:

1. Antriebsstrang einer Energiegewinnungsanlage mit einem Differenzialgetriebe (14) mit drei An- bzw. Abtrieben, wobei ein erster Antrieb mit der Antriebswelle, ein Abtrieb mit einem Generator (13), vorzugsweise einer fremderregten Synchronmaschine, und ein zweiter Antrieb mit einem Differenzial-Antrieb (16) verbunden ist, wobei der Differenzial-Antrieb (16) eine elektrische Maschine ist, die mittels eines Frequenzumrichters (17) mit einem Gleichstromzwischenkreis und gegebenenfalls eines Transformators (18) an ein Stromnetz (19) angeschlossen ist und wobei der Antriebsstrang eine Bremse (20) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) eine elektrodynamische Bremse ist, die an den Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters (17) angeschlossen ist.
2. Antriebsstrang einer Energiegewinnungsanlage mit einem Generator (6, 24), der mittels eines Frequenzumrichters (7, 8; 25) mit einem Gleichstromzwischenkreis und gegebenenfalls eines Transformators (9, 27) an ein Stromnetz (10, 28) angeschlossen ist und wobei der Antriebsstrang eine Bremse (20) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) eine elektrodynamische Bremse ist, die an den Gleichstromzwischenkreis des Generators (6, 24) angeschlossen ist.
3. Antriebsstrang nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (24) eine doppeltgespeiste Drehstrommaschine ist und dass die Bremse (20) an den Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters (25) eines Rotors (23) des Generators (24) angeschlossen ist.
4. Antriebsstrang nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (6) eine permanentmagneterregte Synchronmaschine ist und dass die Bremse (20) an den Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters (7, 8) des Generators (6) angeschlossen ist.
5. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleichstromzwischenkreis einen elektrischen Energiespeicher, z.B. einen Kondensator, und/oder

einen Chopper 12 mit einem Widerstand 11 aufweist.

6. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) eine Betriebsbremse ist und im Antriebsstrang zusätzlich eine Notbremse (4) angeordnet ist.
7. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) im Antriebsstrang vor dem Differenzialgetriebe (14) angeordnet ist.
8. Antriebsstrang nach Anspruch 1 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass im Antriebsstrang vor dem Differenzialgetriebe (14) ein Hauptgetriebe (3) angeordnet ist und dass die Bremse (20) zwischen dem Hauptgetriebe (3) und dem Differenzialgetriebe (14) angeordnet ist.
9. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) im Antriebsstrang hinter dem Differenzialgetriebe (14) angeordnet ist.
10. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) im Antriebsstrang zwischen dem Differenzialgetriebe (14) und dem Generator (13) angeordnet ist.
11. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) im Antriebsstrang auf der vom Differenzialgetriebe (14) abgewandten Seite des Generators (13) angeordnet ist.
12. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung einer Momenten-Kennlinie der Bremse (20) im Bereich über der Nenndrehzahl der Energiegewinnungsanlage größer als die Steigung einer Momenten-Kennlinie der Energiegewinnungsanlage ist.
13. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung einer Momenten-Kennlinie der Bremse (20) im Bereich der Nenndrehzahl der Energiegewinnungsanlage kleiner als die Steigung einer Momenten-Kennlinie der Energiegewinnungsanlage ist.

14. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung einer Momenten-Kennlinie der Bremse (20) im Bereich über der Nenndrehzahl der Energiegewinnungsanlage eine Momenten-Kennlinie der Energiegewinnungsanlage schneidet.
15. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Momenten-Kennlinie der Bremse (20) bis zum Nennmoment der Energiegewinnungsanlage im Wesentlichen parallel zu einer Momenten-Kennlinie der Energiegewinnungsanlage verläuft.
16. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Momenten-Kennlinie der Bremse (20) einen kubischen Verlauf aufweist.
17. Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, mit einem Antriebsstrang mit einem Generator (13), dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 16 ausgeführt ist.
18. Verfahren zum Regeln des Betriebes eines Antriebsstrangs einer Energiegewinnungsanlage mit einer mit einem Netz (10, 19, 28) verbundenen elektrischen Maschine (6, 16, 24), die mittels eines Frequenzumrichters (7, 8; 17; 25) mit einem Gleichstromzwischenkreis und gegebenenfalls eines Transformators (9, 18, 27) an ein Stromnetz (10, 19, 28) angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremse (20) eine elektrodynamische Bremse ist, die nach Erkennen eines Netzausfalles, Netzfehlers oder bei einer Notabschaltung während des Bremsvorganges aus dem Gleichstromzwischenkreis des Frequenzumrichters (7, 8; 17; 25) mit Strom versorgt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass im Fall eines Netzausfalles, Netzfehlers oder einer Notabschaltung die Bremse (20) so aktiviert wird, dass das aus dem Antriebsstrang auf den Rotor (1) wirkende Drehmoment über einen Zeitraum von wenigstens 0,5 Sekunden im Wesentlichen konstant bleibt.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass

005395
10

das aus dem Antriebsstrang auf einen Rotor (1) wirkende Drehmoment über einen Zeitraum von bis zu 7 Sekunden, bevorzugt bis zu 5 Sekunden, besonders bevorzugt bis zu 3 Sekunden, im Wesentlichen konstant bleibt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Bremsmoment der Bremse (20) in einem weiteren Zeitraum von 5 bis 20 Sekunden, vorzugsweise von 10 bis 15 Sekunden, auf etwa Null verringert wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahl eines Generators (6, 13, 24) des Antriebsstrangs bis zu einer Netzwiederkehr im Wesentlichen phasengleich gehalten wird.