

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 9255/2008
(86) PCT-Anmeldenummer PCT/IB08002484
(22) Anmeldetag: 31.07.2008
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2013

(51) Int. Cl. : **F03D 7/04** (2006.01)
F03D 11/02 (2006.01)
F16H 3/72 (2006.01)

(30) Priorität:
30.07.2007 GB 0714777 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2006010190 A1
WO 2004109157 A1
US 5225712 A

(73) Patentinhaber:
ORBITAL 2 LIMITED
GL55 6BJ CHIPPING CAMPDEN (GB)

(54) DREHANTRIEBSMECHANISMUS ZUM ANTREIBEN EINES GENERATORS

(57) Zum Antreiben eines elektrischen Generators (20) mit einer im Wesentlichen konstanten Ausgangsdrehzahl, hergeleitet von einer variablen Eingangsdrehzahl, ist ein Mechanismus (5) mit einem mit einem Eingang (12, 16) verbundenen Differentialgetriebe (24) vorgesehen, das zwei Energieverteiler-Pfade (23, 26; 24, 28, 32) hat, von denen ein erster Pfad (23, 26) in Drehverbindung mit dem Generator (20) und der zweite Pfad (25, 28, 32) in Drehverbindung mit einer elektrischen Maschine (30) steht, die betreibbar ist, um ein variables Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad (25, 28, 32) vorzusehen, wobei ein Drehmomentmonitor (140) das dynamische Drehmoment am Eingang (12, 16) misst sowie ein Regler (100, 110, 120, 130) das Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad (25, 28, 32) in Reaktion auf Änderungen des gemessenen Eingangsdrehmoments, durch Betreiben der elektrischen Maschine (30) als Motor oder Generator, ändert, um dadurch die im Wesentlichen konstante Ausgangsdrehzahl zu ermöglichen; der Regler (100, 110, 120, 130) ist zusätzlich eingerichtet, um durch momentanes Regeln der elektrischen Maschine (30) im Sinne eines Schlupfs eines Sonnenrads (25) des Differentialgetriebes (24) den Trägheitseffekt der elektrischen Maschine (30) und/oder des mit ihr in Drehverbindung stehenden zweiten Pfads (25, 28, 32) zumindest zu reduzieren.

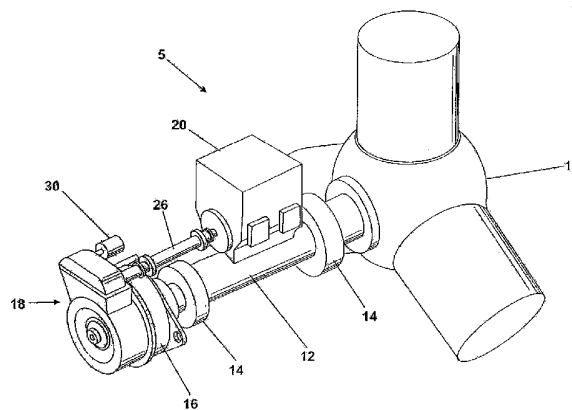


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Drehantriebsmechanismus zum Antreiben eines elektrischen Generators mit einer im Wesentlichen konstanten Ausgangsdrehzahl, hergeleitet von einer variablen Eingangsdrehzahl, wobei der Mechanismus einen Eingang mit variabler Drehzahl, ein mit diesem Eingang verbundenes Differentialgetriebe, das zwei Energieverteiler-Pfade hat, von denen ein erster Pfad in Drehverbindung mit einem Ausgang zum Antreiben des Generators und der zweite Pfad in Drehverbindung mit einer elektrischen Maschine steht, die betreibbar ist, um ein variables Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad vorzusehen, und einen Drehmomentmonitor zum Messen des dynamischen Drehmoments am Eingang sowie einen Regler enthält zum Ändern des Reaktions-Drehmoments im zweiten Pfad in Reaktion auf Änderungen des gemessenen Eingangs-Drehmoments, durch Betreiben der elektrischen Maschine als Motor oder Generator, und um dadurch die im Wesentlichen konstante Ausgangsdrehzahl zu ermöglichen.

[0002] Weiters bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Regeln der Drehzahl eines Generator-Drehantriebsmechanismus, um eine im Wesentlichen konstante Drehzahl für einen elektrischen Generator bei einer variablen Drehzahl an einem Eingang vorzusehen, wobei Leistung vom Eingang mit variablem Drehmoment an ein Differentialgetriebe angelegt und zumindest einem von zwei Energieverteiler-Pfaden zugeführt wird, von denen ein erster Pfad in Drehverbindung mit einem Ausgang zum Antreiben des Generators und der zweite Pfad in Drehverbindung mit einer elektrischen Maschine steht, die betrieben wird, um ein variables Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad vorzusehen, wobei das dynamische Drehmoment des Eingangs gemessen und das Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad in Reaktion auf das gemessene dynamische Eingangs-Drehmoment durch Betreiben der elektrischen Maschine (30) als Motor oder als Generator geregelt wird, um dadurch die im Wesentlichen konstante Ausgangs-Drehzahl zu ermöglichen.

[0003] Auch betrifft die Erfindung eine wind- oder wasserbetriebene Turbine mit einem derartigen Drehantriebsmechanismus.

[0004] Wenngleich die Stromerzeugung mittels Turbinen, getrieben von kinetischer Wind- bzw. Wasserenergie, allgemein bekannt ist, hat sich die Überwindung der Probleme beim Vorsehen eines in vernünftigen Ausmaß konstanten Ausgangs, wenn Schwankungen am Turbineneingang auftreten, schwierig erwiesen. Insbesondere wenn ein elektrischer Wechselstromausgang zur Einspeisung in ein Netz vorzusehen ist, verursachen variierende Drehmomente an den Generatoren Probleme, da sich bei vielen Wechselstromgeneratoren, wie z.B. einem Synchrongenerator, die Ausgangsfrequenz im Verhältnis zum Antriebsmoment oder zur Antriebsdrehzahl ändert. Die Regelung der Antriebsdrehzahl eines Generators ist z.B. bei Windturbinen ohne Wirkungsgradverlust schwierig; hier kann, wie aus WO 2006/010190 A1 bekannt, eine Regelung der Winkelstellung der Rotorblätter benützt werden, um überschüssige Windenergie während Windböen effektiv abzufangen, um das an den Generator angelegte Drehmoment im Wesentlichen konstant zu halten. Häufig ist auch vorgesehen, vgl. US 5,225,712 A, die erzeugte Wechselspannung gleichzurichten und dann, falls erforderlich, einen Wechselstrom zu erzeugen, so dass die Eingangsfrequenz nicht so wichtig ist.

[0005] Mechanisch variierbare Transmissionen, wie z.B. gemäß WO 2004/109 157 A1, sind eine alternative Möglichkeit, jedoch führen diese Techniken zu Verlusten. Beispielsweise offenbart auch die US 2007/0007769 A ein mechanisches Regeln der Drehzahl eines Generators durch selektives Einstellen eines Reaktionsdrehmoments, das in einem Getriebezug eingeführt wird, über eine hydrodynamische Kupplung. Dabei wird ein Planetengetriebe zum Einführen des Reaktionsdrehmoments und zum variablen Einstellen der Drehzahl einer Ausgangswelle während Vollastbedingungen verwendet. Dieses System ist jedoch nicht effizient, da bei hohen Drehzahlen Energie durch die Regelung der Ausgangsdrehzahl verloren geht, nämlich zufolge der Verwendung der hydrodynamischen Kupplung zum Vorsehen des variablen Verhältnisses.

[0006] Die WO 96/30669 beschreibt ein Planetengetriebe, welches zur Regelung des Aus-

gangs eines Windturbinen-Stromgenerators eingesetzt wird. Das Getriebe verwendet einen Schrittmotor, der in Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung angetrieben werden kann.

[0007] In der EP 0 120 654 ist ein Getriebe zur Drehzahlregelung geoffenbart, welches eine hydraulische oder elektrische Maschine als Motor oder Generator nützt, um den Reaktionsteil eines Differentialgetriebes anzusteuern. Wenn aber eine kleine elektrische Maschine benützt wird, um Kosten und Gewicht zu sparen, ist es notwendig, dass das Getriebe, dessen Drehzahl abnimmt, das Drehmoment der elektrischen Maschine erhöht. Das hat wiederum den Effekt der Erhöhung der Trägheit der elektrischen Maschine, und diese Trägheit verursacht Probleme, wenn relativ schnelle Änderungen im Reaktionsdrehmoment des Getriebes erforderlich sind.

[0008] Ein Synchrongenerator bewegt sich, wie in der vorgenannten WO 2006/010190 A1 ausgeführt, in Phase mit dem Wechselstrom eines elektrischen Netzes und wird in bestimmtem Ausmaß durch das Netz in Phase gezogen oder gestoßen. Um jedoch Ineffizienzen zu vermeiden, ist es besser, den Generator korrekt in Phase zu halten, indem sein Eingangsdrehmoment angepasst wird.

[0009] In der genannten WO 2006/010190 A1 wird weiters das Problem von Schwingungen des Triebstranges angesprochen, wobei diese Schwingungen gemessen und durch ein abgestimmtes Antreiben oder Abbremsen einer zusätzlichen elektrischen Maschine, dort Hilfsantrieb genannt, gedämpft werden.

[0010] Die Erfindung befasst sich mit den vorstehend erläuterten Problemen und dabei insbesondere mit dem angesprochenen Trägheitseffekt.

[0011] Es ist demgemäß Aufgabe der Erfindung, einen Drehantriebsmechanismus zum Antreiben eines elektrischen Generators sowie weiters ein Verfahren zum Regeln der Drehzahl eines Generator-Drehantriebsmechanismus vorzuschlagen, wobei den erwähnten Trägheitseffekten entgegengewirkt wird.

[0012] Demgemäß ist der erfindungsgemäße Drehantriebsmechanismus der eingangs angeführten Art dadurch gekennzeichnet, dass der Regler eingerichtet ist, um zusätzlich durch momentanes Regeln der elektrischen Maschine im Sinne eines Schlupfs eines Sonnenrads des Differentialgetriebes den Trägheitseffekt der elektrischen Maschine und/oder des mit ihr in Drehverbindung stehenden zweiten Pfads zumindest zu reduzieren.

[0013] In entsprechender Weise ist das erfindungsgemäße Verfahren zum Regeln der Drehzahl eines Generator-Drehantriebsmechanismus wie eingangs angegeben dadurch gekennzeichnet, dass durch momentanes Regeln der elektrischen Maschine im Sinne eines Schlupfs eines Sonnenrads des Differentialgetriebes zusätzlich der Trägheitseffekt im zweiten Pfad und/oder in der elektrischen Maschine zumindest reduziert wird.

[0014] Vorzugsweise enthält der Eingang eine Welle und ein Übersetzungsgetriebe zum Erhöhen der dem Differentialgetriebe gelieferten Drehzahl. Dabei ist es weiters für eine einfache Messung von Vorteil, wenn der Drehmomentmonitor das im Wesentlichen stationäre Haltemoment des Übersetzungsgetriebes, insbesondere das Drehmoment, das zum Halten des Übersetzungsgetriebes gegen Verdrehen erforderlich ist, misst.

[0015] Vorzugsweise weist das Differentialgetriebe eine Planetengetriebeanordnung mit einem Planetenzahnradträger zum Antrieb durch den Eingang, ein Sonnenrad, welches einen Teil des zweiten Pfads bildet, und ein Ringzahnrad auf, welches einen Teil des ersten Energiepfads bildet. Vorteilhafterweise enthält der zweite Pfad ein weiteres Getriebe zum Ändern der Drehzahl.

[0016] Von Vorteil ist es auch, wenn der erste Pfad oder der zweite Pfad eine Kupplung oder Bremse zum selektiven Auskuppeln oder Bremsen des entsprechenden Pfads enthält, wenn der Generator noch in Bewegung ist.

[0017] Für eine effiziente Regelung ist es weiters günstig, wenn die elektrische Maschine eine geschaltete Reluktanzmaschine ist. Dabei ist es weiters vorteilhaft, wenn die Winkelposition der geschalteten Reluktanzmaschine zur Regelung des Reaktions-Drehmoments im zweiten Pfad

dient.

[0018] In entsprechender Weise ist beim erfindungsgemäßen Verfahren mit Vorteil vorgesehen, dass zum Messen des dynamischen Eingangs-Drehmoments das Haltemoment eines eingangsseitigen, zur Drehzahl-Erhöhung vorgesehenen Übersetzungsgetriebes, insbesondere das Drehmoment, das zum Halten des Übersetzungsgetriebes gegen Verdrehen erforderlich ist, gemessen wird.

[0019] Weiters ist von Vorteil, dass die Eingangs-Drehzahl und die Generatorlast gemessen werden, und wenn das Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad abhängig von der Eingangs-Drehzahl und der Generatorlast sowie vom gemessenen Eingangs-Drehmoment geregelt wird, indem die elektrische Maschine als Motor oder als Generator betrieben wird. Dabei ist es weiters günstig, die elektrische Maschine als Motor in einem ersten vorherbestimmten Eingangsdrehzahlbereich und als Generator in einem zweiten vorherbestimmten Eingangsdrehzahlbereich, der höher ist als der erste Bereich, zu betreiben. In der Folge ist es von Vorteil, wenn die elektrische Maschine als Motor betrieben wird, wenn die Eingangsdrehzahl unterhalb eines vorherbestimmten Werts ist, und ein variables Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad vorsieht, wobei ein Antriebsmoment zum Differentialgetriebe über den zweiten Pfad vorgesehen wird und dabei die Drehzahl des ersten Pfads im Wesentlichen auf einem vorherbestimmten Wert gehalten wird; auch ist es vorteilhaft, wenn die elektrische Maschine als Generator betrieben wird, wenn die Eingangsdrehzahl oberhalb eines vorherbestimmten Werts ist, und ein weiteres variables Reaktions-Drehmoment vorsieht und Leistung vom Differentialgetriebe über den zweiten Pfad aufnimmt, wobei die Drehzahl des ersten Pfads im Wesentlichen auf einem vorherbestimmten Wert gehalten wird.

[0020] Schließlich sieht die Erfindung in vorteilhafterweise eine wind-oder wasserbetriebene Turbine mit einem Drehantriebsmechanismus gemäß der Erfindung vor.

[0021] Die Erfindung wird nachstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, auf das sie jedoch nicht beschränkt sein soll, und unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert. Es zeigen:

[0022] Fig. 1 eine schaubildliche Darstellung eines Drehantriebsmechanismus mit einem Generator zur Erzeugung von elektrischer Energie aus mechanischer Energie;

[0023] Fig. 2 eine schematische Darstellung des Transmissionssystems für den Drehantriebsmechanismus gemäß Fig. 1;

[0024] Fig. 3 ein Diagramm zur Veranschaulichung von Leistungskurven und einer Motor/Generator-Drehzahl in Abhängigkeit von einer Rotor-Drehzahl; und

[0025] Fig. 4 ein Schema mit einem Ablaufdiagramm zur Veranschaulichung der Regelung beim vorliegenden Drehantriebsmechanismus.

[0026] In Fig. 1 ist ein Drehantriebsmechanismus 5 dargestellt, der mit einem Windkraft-Turbinenrotor 10 über eine Welle 12 verbunden ist. Für diese Welle 12 sind Hauptlager 14 dargestellt, das Gehäuse dieser Hauptlager 14 ist jedoch aus Gründen der Klarheit nicht gezeigt. Die Welle 12 dient als Eingangswelle für ein als Planetengetriebe ausgebildetes Übersetzungsgetriebe 16, das die Drehzahl um einen Faktor von ungefähr 20 erhöht. Der Ausgang des Übersetzungsgetriebes wird zum Antrieb eines Generators 20 verwendet, vgl. außer Fig. 1 auch Fig. 2.

[0027] Der Generator 20 ist ein Synchrongenerator, und seine Ausgangsfrequenz ist abhängig von der Drehzahl, mit der er angetrieben wird. Demzufolge ist zwischen dem Übersetzungsgetriebe 16 und dem Generator 20 ein Drehzahlregelungs-Mechanismus 18 vorgesehen, der eine elektrische Motor/Generator-Maschine 30, nachstehend kurz elektrische Maschine 30 genannt, enthält, wie im Detail nachstehend beschrieben wird.

[0028] Fig. 2 zeigt schematisch die Komponenten des in Fig. 1 dargestellten Drehantriebsmechanismus 5. Am Eingang treibt die Welle 12 das Übersetzungsgetriebe 16 an, das seinerseits ein Zahnrad 17 antreibt, das wiederum ein Stirnrad 19 antreibt. Dieses Stirnrad 19 ist mit dem

Drehzahlregelungs-Mechanismus 18 verbunden, der einen Eingang 22 aufweist, über den ein Planetenträger eines Planeten-Differentialgetriebes 24 angetrieben wird. Das Planeten-Differentialgetriebe 24 weist den über den Eingang 22 angetriebenen Planetenträger sowie weiters ein mit der elektrischen Maschine 30 betrieblich verbundenes Sonnenrad 25 und ein mit dem Generator 20 betrieblich verbundenes Ring-Zahnrad 23 auf. Die vom Rotor 10 (Fig. 1) zur Verfügung gestellte Leistung kann zwei Pfade nehmen - die gesamte Leistung oder ein Teil davon kann direkt über das Ring-Zahnrad 23 und über eine Ausgangs-Welle 26 dem Generator 20 zugeführt werden (= erster Pfad 23, 26), oder ein Teil der Leistung kann über das Sonnenrad 25 und über Zahnrad-Paare 28 und 32 der elektrischen Maschine 30 zugeführt werden (= zweiter Pfad 25, 28, 32). Die elektrische Maschine 30 ist eine geschaltete Reluktanzmaschine (SRM - Switched Reluctance Machine), die als Motor oder Generator betrieben werden kann.

[0029] Im Betrieb routet das Planeten-Differentialgetriebe 24 Leistung vom Eingang 22 zum Pfad des geringsten Widerstandes, und demgemäß muss die elektrische Maschine 30 ein gewisses Reaktions--Drehmoment (Gegenmoment) vorsehen, um am Generator 20 elektrische Energie zu erzeugen. Dieses reaktive Drehmoment kann unter Verwendung der elektrischen Maschine 30 beträchtlich variiert werden. Die Zahnrad-Paare 28 und 32 setzen die Drehzahl der elektrischen Maschine 30 herunter und sehen demnach ein größeres Reaktions-Drehmoment für den Fall einer elektrischen Maschine 30 mit geringerer Leistung vor. Daher kann eine kleinere elektrische Maschine 30 dazu verwendet werden, um ein vergleichsweise großes Reaktions-Drehmoment am Sonnenrad 25 vorzusehen. Das Untersetzungs-Getriebe 28 bis 32 hat allerdings eine vergleichsweise große Trägheit, was die Bereitstellung des Reaktions-Drehmoments beeinflusst, wenn Änderungen des reaktiven Drehmoments notwendig sind, vor allem um plötzlichen Änderungen im Eingangsdrehmoment, die von Windstößen oder Windflauten resultieren, entgegenzuwirken.

[0030] Im Betrieb dreht sich, beginnend bei Leichtwind-Bedingungen, der Rotor 10 schneller als ungefähr 1/min (1 Upm). Die elektrische Maschine 30 kann als Motor betrieben werden, um ein Reaktions--Drehmoment zu erzeugen, das eine Netto-Zunahme der Drehzahl am Sonnenrad 25 des Planeten-Differentialgetriebes 24 bewirkt, so dass die gesamte Leistung am Eingang 22 dem Generator 20 zugeleitet werden kann. Wenn die elektrische Maschine 30 ein solches Drehmoment zur Verfügung stellt, wird dies zusätzlich die Drehzahl des Ring-Zahnrads 23 erhöhen, so dass der Generator 20 (bzw. die Ausgangswelle 26) mit der gewünschten Drehzahl von z.B. 1512 Upm umläuft.

[0031] Wenn sich die Windgeschwindigkeit erhöht, kann die Drehzahl der elektrischen Maschine 30 reduziert werden, weil der Eingang 22 jetzt eine höhere Drehzahl aufweist. Bei einer Drehzahl von 17,3 Upm (in diesem Fall) gleicht sich die Eingangsdrehzahl der Generator-Drehzahl an, und so ist das durch die elektrische Maschine 30 produzierte Reaktions-Drehmoment derart, dass die Maschinen-Drehzahl Null ist, wenngleich ein gewisses Reaktions-Drehmoment am Sonnenrad 25 erforderlich ist.

[0032] In diesem Betriebsbereich geringer Windgeschwindigkeit wird, obwohl die elektrische Maschine 30 elektrische Energie zum Betrieb benötigt, durch den Drehantriebsmechanismus 5 insgesamt Energie "erzeugt".

[0033] Wenn sich die Windgeschwindigkeit weiter erhöht, und der Rotor 10 mit einer Drehzahl höher als ungefähr 17,3 Upm umläuft, dann muss, um die Ausgangswelle 26 mit der korrekten Drehzahl zu drehen, Leistung von der Ausgangswelle 26 zur elektrischen Maschine 30 umgeleitet werden. Demnach muss die elektrische Maschine 30 ein "gleitendes" Reaktions-Drehmoment bereitstellen. Dies kann dadurch erzielt werden, dass die elektrische Maschine 30 als Generator verwendet wird. In diesem Fall kann das Drehmoment durch Ändern der Last am Generator (an der elektrischen Maschine 30) verändert werden, und diese Last kann geändert werden, um die Drehzahl der Welle 26 zu halten.

[0034] Wenn die Rotor-Drehzahl ungefähr 20 Upm übersteigt, kann eine Kupplung 42 gelöst werden, um eine freie Rotation des Rotors 10 zu erlauben. Alternativ kann eine Bremse (nicht dargestellt) verwendet werden. Auch kann vorgesehen werden, die Vorrichtung unter ungefähr

14 Upm nicht zu betreiben.

[0035] Fig. 3 zeigt ein Diagramm: Leistung P [kW] bzw. Maschinen-Drehzahl n_{3Q} [Upm] über der Rotor-Drehzahl n_{10} [Upm], mit der Leistung P_{10} des Rotors 10 (Kurve A; Drehmoment \times Drehzahl am Rotor 10), der Leistung P_{20} des Generators 20 (Kurve B; gesamte Leistungsausgabe), der (aufgenommenen bzw. abgegebenen) Leistung P_{30} der Maschine 30 (Kurve C) und der für die Maschine 30 benötigten Drehzahl n_{30} (Kurve D), um die korrekte Drehzahl n_{20} der Ausgangswelle 26 zum Generator 20 aufrechtzuerhalten.

[0036] Es ist ersichtlich, dass die Generator-Leistung B über den mittleren Bereich der Rotor-Drehzahl n_{10} im Wesentlichen konstant ist, wobei lediglich ein kleiner Anteil der durch den Mechanismus benötigten Bruttoleistung zur Regelung des Drehmoments erforderlich ist.

[0037] In der Praxis bläst der Wind jedoch selten konstant, und so wird die Transmission ihren Betrieb in Reaktion auf durch Änderungen der Windgeschwindigkeit verursachte Veränderungen des Eingangs-Drehmoments ständig variieren. Fig. 4 veranschaulicht das Verfahren zur Regelung des von der Maschine 30 erzeugten Reaktions-Drehmoments, wenn Änderungen der Windgeschwindigkeit auftreten. Die Eingangs-Drehzahl wird in Schritt 100 erfasst; beispielsweise kann die Drehzahl n_{10} des Rotors 10 gemessen werden. Die Generatorlast B wird in Schritt 110 in Abhängigkeit von einer nachgelagerten Regelung eingestellt oder gemessen. Das durch die elektrische Maschine 30 erzeugte Reaktions-Drehmoment kann entsprechend der Eingangs-Drehzahl und der Generator-Eingangswelle geregelt werden, s. Schritt 120. Veränderungen des Reaktions-Drehmoments erlauben der Turbine, d.h. dem Rotor 10, sich zu beschleunigen, wenn Windstöße vorkommen, wobei überschüssige Windenergie effektiv in Rotationsenergie der Turbine 10 umgesetzt wird, und sich zu verlangsamen, wenn Windflauten auftreten, indem mehr Energie von der Turbine genommen wird.

[0038] Windbedingte dynamische Effekte sind beachtenswert, weil die Trägheit der Maschine 30 beträchtlich ist, wenn die Getriebeübersetzung der Elemente 28, 32 des Systems und die Raschheit der Veränderungen der Eingangs-Drehzahl miteinbezogen werden. Demnach wird die Regelung, die im vorhergehenden Absatz beschrieben ist, durch eine weitere Anpassung des Reaktions-Drehmoments in Schritt 130 verbessert. Für diesen Schritt wird die dynamische Drehmomentlast am Eingang gemessen, s. Schritt 140. Dies wird durch Messen der auf einen im Wesentlichen stationären Reaktionspunkt ausgeübten Kraft, d.h. des erforderlichen Haltemoments, an dem die Drehzahl erhöhenden Planeten-Übersetzungsgetriebe 16 erzielt, vgl. auch Fig. 2. Das durch die elektrische Maschine 30 erzeugte Reaktions-Drehmoment wird angepasst, um diesem sich ändernden dynamischen Eingangsdrehmoment Rechnung zu tragen. Beispielsweise wird sich, wenn ein plötzlicher Windstoß auftritt, das dynamische Drehmoment am Eingang 12, 16 sofort erhöhen. Das theoretische Reaktions-Drehmoment, welches vom Eingangsdrehmoment und von der Generatorlast abhängt, kann annähernd augenblicklich eingestellt werden, beispielsweise durch Einstellen der elektrischen Maschine 30 als Generator und indem das Sonnenrad 25 "gleiten" kann, um Drehzahl vom Generator 20 "wegzuführen". In der Praxis würde allerdings aufgrund der Trägheit der Zahnräder 28, 32 und der Maschine 30 jede Änderung des eingestellten Reaktions-Drehmoments Zeit benötigen, um zur Wirkung zu kommen, und im genannten Beispiel würde ein ausreichend langes Gleiten benötigt werden. Um den Ablauf zu unterstützen und eine Über-Drehzahl des Generators 20 zu verhindern, wird die elektrische Maschine 30 nun momentan in Richtung, d.h. im Sinne, eines Gleitens, d.h. eines Schlupfs, des Sonnenrads 25 angetrieben, so dass die oben erwähnten Trägheitseffekte im Wesentlichen ausgeglichen werden.

[0039] Der Prozess des Einstellens des Reaktions-Drehmoments, das von der Maschine 30 vorgesehen wird, geschieht nahezu sofort, wenn -wie hier - als Maschine 30 eine geschaltete Reluktanzmaschine (SRM) benützt wird. Die Einstellung des von der Reluktanzmaschine (SRM) 30 vorgesehenen Drehmoments durch Ändern des durch die geeigneten Wicklungen der Maschine 30 fließenden Stroms wird 3 60-mal pro Umdrehung durchgeführt, und das Drehmoment wird wirksam geregelt.

[0040] Im Betrieb wird die Drehzahl des Rotors 10 gemessen, die Reaktion auf das Eingangs-

drehmoment am Übersetzungsgetriebe 16 wird gemessen, und so kann die Rotorleistung A bestimmt werden. Dies ermöglicht es, die korrekte Last an den Generator 20 anzulegen. Die Kenntnis der Rotorleistung A erlaubt es, das Drehmoment der elektrischen Maschine 30 geeignet einzustellen, wodurch der Generator 20 bei der korrekten Drehzahl betrieben werden kann. Die Beibehaltung der korrekten Generatordrehzahl wird wirksam durch Messen des dynamischen Eingangsdrehmoments am Reaktionspunkt im Übersetzungsgetriebe 16 (Schritt 140; s. auch Fig. 2) ermöglicht, und durch Verwendung einer Reluktanzmaschine als Maschine 30 gelingt es, Änderungen des Reaktions-Drehmoments nahezu sofort zu bewirken. Die Winkelposition der Reluktanzmaschine 30 wird überwacht, und ein korrektes Schalten des Stroms zu den Wicklungen der Reluktanzmaschine 30 kann vorgesehen werden, um ein korrektes Reaktions-Drehmoment zu ermöglichen.

[0041] Es wurde nur eine Ausführungsform beschrieben, jedoch sind verschiedene Alternativen, Anpassungen bzw. Modifikationen im Rahmen der Erfindung möglich. Insbesondere könnte die Anordnung der Getriebe geändert werden, um einen zum beschriebenen äquivalenten Effekt vorzusehen. Der beschriebene Rotor 10 ist eine Windturbine, jedoch gilt das selbe Prinzip für durch Fluidströmung betriebene Rotoren, z.B. Gezeitenströmungs-Wasserturbinen.

Patentansprüche

1. Drehantriebsmechanismus (5) zum Antreiben eines elektrischen Generators (20) mit einer im Wesentlichen konstanten Ausgangsdrehzahl, hergeleitet von einer variablen Eingangsdrehzahl, wobei der Mechanismus einen Eingang (12, 16) mit variabler Drehzahl, ein mit diesem Eingang (12, 16) verbundenes Differentialgetriebe (24), das zwei Energieverteilpfade (23, 26; 25, 28, 32) hat, von denen ein erster Pfad (23, 26) in Drehverbindung mit einem Ausgang zum Antreiben des Generators (20) und der zweite Pfad (25, 28, 32) in Drehverbindung mit einer elektrischen Maschine (30) steht, die betreibbar ist, um ein variables Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad (25, 28, 32) vorzusehen, und einen Drehmomentmonitor (140) zum Messen des dynamischen Drehmoments am Eingang (12, 16) sowie einen Regler (100, 110, 120, 130) enthält zum Ändern des Reaktions-Drehmoments im zweiten Pfad (25, 28, 32) in Reaktion auf Änderungen des gemessenen Eingangsdrehmoments, durch Betreiben der elektrischen Maschine (30) als Motor oder Generator, und um dadurch die im Wesentlichen konstante Ausgangsdrehzahl zu ermöglichen, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Regler (100, 110, 120, 130) eingerichtet ist, um zusätzlich durch momentanes Regeln der elektrischen Maschine (30) im Sinne eines Schlupfs eines Sonnenrads (25) des Differentialgetriebes (24) den Trägheitseffekt der elektrischen Maschine (30) und/oder des mit ihr in Drehverbindung stehenden zweiten Pfades (25, 28, 32) zumindest zu reduzieren.
2. Drehantriebsmechanismus nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Eingang (12, 16) eine Welle (12) und ein Übersetzungsgetriebe (16) zum Erhöhen der dem Differentialgetriebe (24) gelieferten Drehzahl enthält.
3. Drehantriebsmechanismus nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehmomentmonitor (140) das im Wesentlichen stationäre Haltemoment des Übersetzungsgetriebes (16), insbesondere das Drehmoment, das zum Halten des Übersetzungsgetriebes (16) gegen Verdrehen erforderlich ist, misst.
4. Drehantriebsmechanismus nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Differentialgetriebe (24) eine Planetengetriebeanordnung mit einem Planetenzahnradträger (22) zum Antrieb durch den Eingang (12, 16), ein Sonnenrad (25), welches einen Teil des zweiten Pfades (25, 28, 32) bildet, und ein Ringzahnrad (23) aufweist, welches einen Teil des ersten Energiepfades (23, 26) bildet.
5. Drehantriebsmechanismus nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Pfad (25, 28, 32) ein weiteres Getriebe (28, 32) zum Ändern der Drehzahl enthält.

6. Drehantriebsmechanismus nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Pfad (23, 26) oder der zweite Pfad (25, 28, 32) eine Kupplung (42) oder Bremse zum selektiven Auskuppeln oder Bremsen des entsprechenden Pfads (25, 28, 32) enthält, wenn der Generator (20) noch in Bewegung ist.
7. Drehantriebsmechanismus nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Maschine (30) eine geschaltete Reluktanzmaschine (SRM) ist.
8. Drehantriebsmechanismus nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Winkelposition der geschalteten Reluktanzmaschine (SRM) zur Regelung des Reaktions-Drehmoments im zweiten Pfad (25, 28, 33) dient.
9. Verfahren zum Regeln der Drehzahl eines Generator-Drehantriebsmechanismus (5), um eine im Wesentlichen konstante Drehzahl für einen elektrischen Generator (20) bei einer variablen Drehzahl an einem Eingang (12, 16) vorzusehen, wobei Leistung vom Eingang (12, 16) mit variablem Drehmoment an ein Differentialgetriebe (24) angelegt und zumindest einem von zwei Energieverteiler-Pfaden (23, 26; 25, 28, 32) zugeführt wird, von denen ein erster Pfad (23, 26) in Drehverbindung mit einem Ausgang zum Antreiben des Generators (20) und der zweite Pfad (25, 28, 32) in Drehverbindung mit einer elektrischen Maschine (30) steht, die betrieben wird, um ein variables Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad (25, 28, 32) vorzusehen, wobei das dynamische Drehmoment des Eingangs (12, 16) gemessen und das Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad (25, 28, 32) in Reaktion auf das gemessene dynamische Eingangs-Drehmoment durch Betreiben der elektrischen Maschine (30) als Motor oder als Generator geregelt wird, um dadurch die im Wesentlichen konstante Ausgangs-Drehzahl zu ermöglichen, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch momentanes Regeln der elektrischen Maschine (30) im Sinne eines Schlupfs eines Sonnenrads (25) des Differentialgetriebes (24) zusätzlich der Trägheitseffekt im zweiten Pfad (25, 28, 32) und/oder in der elektrischen Maschine (30) zumindest reduziert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Messen des dynamischen Eingangs-Drehmoments das Haltemoment eines eingangsseitigen, zur Drehzahl-Erhöhung vorgesehenen Übersetzungsgetriebes (16), insbesondere das Drehmoment, das zum Halten des Übersetzungsgetriebes (16) gegen Verdrehen erforderlich ist, gemessen wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eingangs-Drehzahl und die Generatorlast gemessen werden (Schritt 100), und dass das Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad (25, 28, 32) abhängig von der Eingangs-Drehzahl und der Generatorlast sowie vom gemessenen Eingangs-Drehmoment geregelt wird (Schritt 130), indem die elektrische Maschine (30) als Motor oder als Generator betrieben wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch Betreiben der elektrischen Maschine (30) als Motor in einem ersten vorherbestimmten Eingangsdrehzahlbereich, und durch Betreiben der elektrischen Maschine (30) als Generator in einem zweiten vorherbestimmten Eingangsdrehzahlbereich, der höher ist als der erste Bereich.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Maschine (30) als Motor betrieben wird, wenn die Eingangsdrehzahl unterhalb eines vorherbestimmten Werts ist, und ein variables Reaktions-Drehmoment im zweiten Pfad (25, 28, 32) vorsieht, wobei ein Antriebsmoment zum Differentialgetriebe (24) über den zweiten Pfad (25, 28, 32) vorgesehen wird und dabei die Drehzahl des ersten Pfads (23, 26) im Wesentlichen auf einem vorherbestimmten Wert gehalten wird.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Maschine (30) als Generator betrieben wird, wenn die Eingangsdrehzahl oberhalb eines vorherbestimmten Werts ist, und ein weiteres variables Reaktions-Drehmoment vorsieht und Leistung vom Differentialgetriebe (24) über den zweiten Pfad (25, 28, 32) aufnimmt, wobei die Drehzahl des ersten Pfads (23, 26) im Wesentlichen auf einem vorherbestimmten Wert gehalten wird.

15. Wind- oder wasserbetriebene Turbine mit einem Drehantriebsmechanismus (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

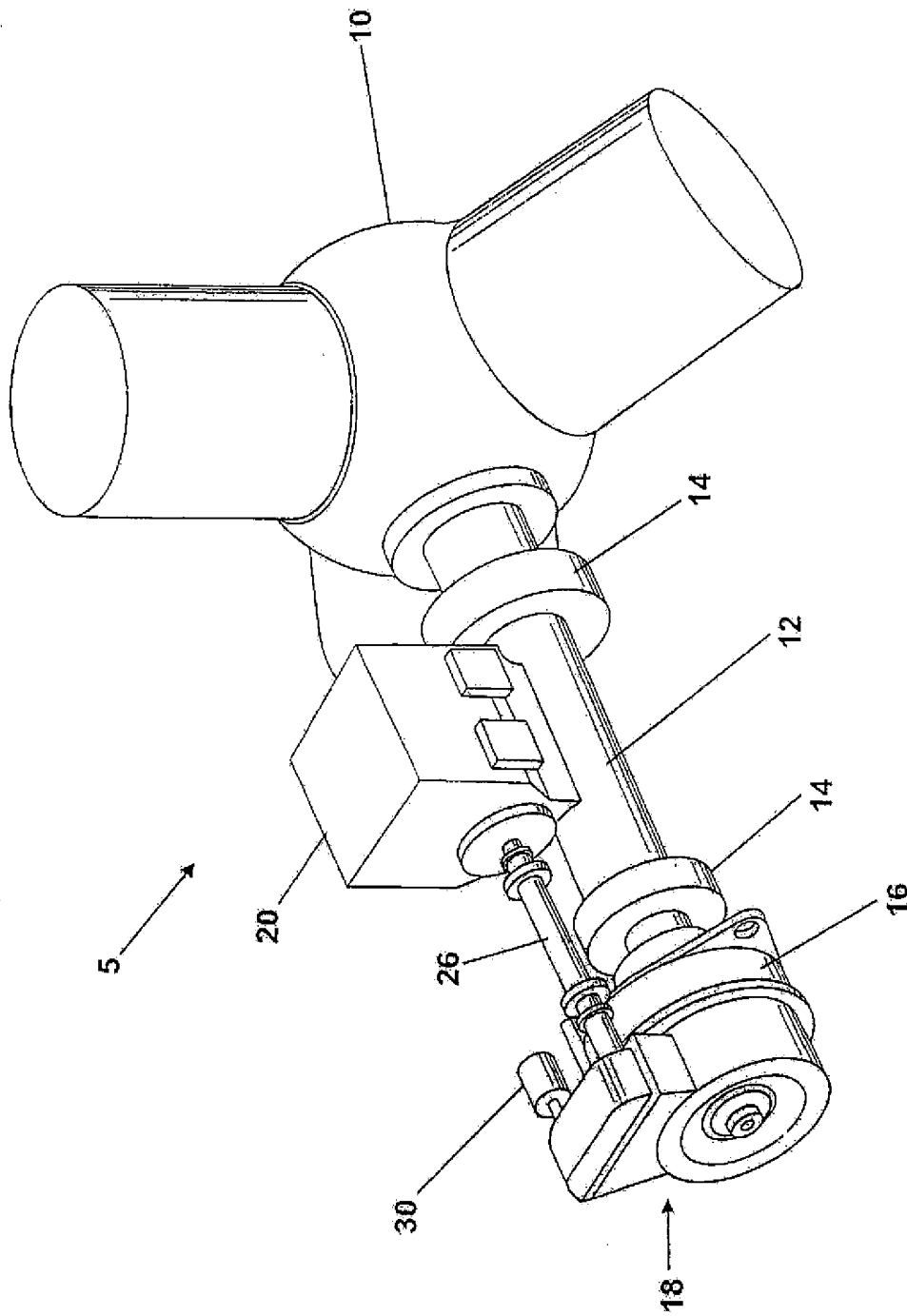


Fig. 1

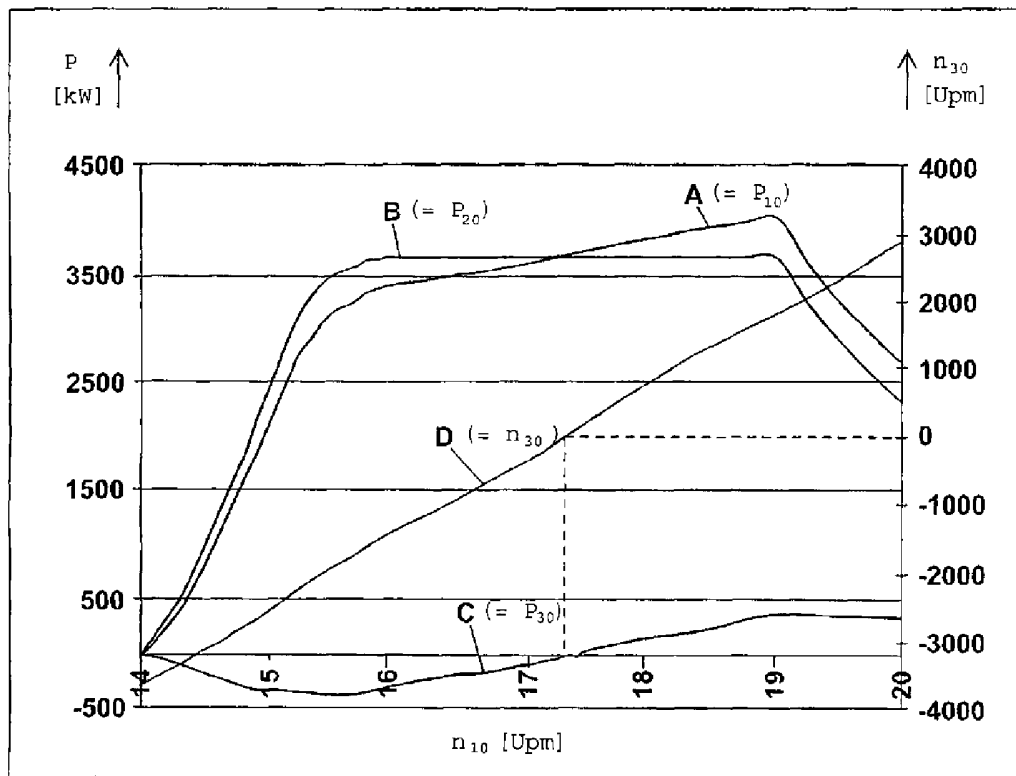


Fig. 3

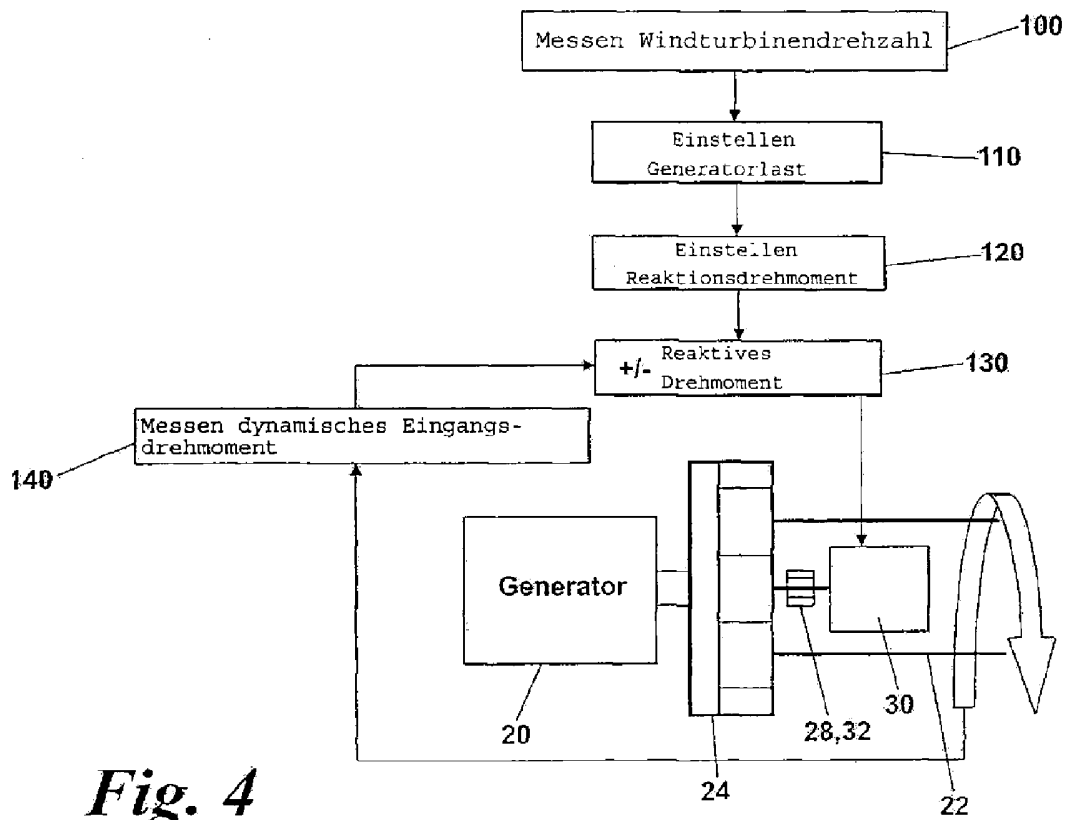


Fig. 4