



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 14 757 B3** 2004.11.11

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 14 757.8**
 (22) Anmeldetag: **31.03.2003**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **11.11.2004**

(51) Int Cl.7: **F16H 47/06**
F16H 47/08, F03D 9/02

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Voith Turbo GmbH & Co. KG, 89522 Heidenheim, DE

(74) Vertreter:
Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

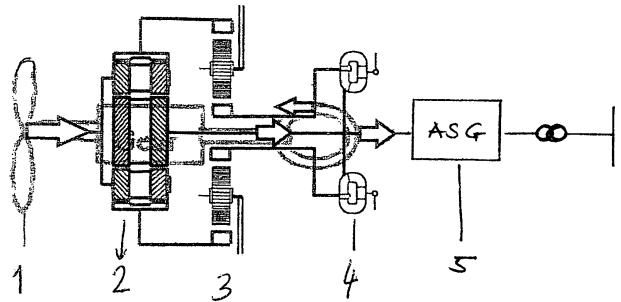
(72) Erfinder:
Basteck, Andreas, Dr., 79540 Lörrach, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 44 29 855 C1
DE 9 67 306 C
DE 7 23 828 C
DE 43 21 755 A1
DE 41 03 863 A1
DE 16 00 228 A
DE 70 26 708 U

(54) Bezeichnung: **Antriebsstrang zum Übertragen einer variablen Leistung**

(57) Zusammenfassung: Antriebsstrang zum Übertragen einer variablen Leistung mit variabler Eingangsdrehzahl und einer im Wesentlichen konstanten Ausgangsdrehzahl für eine Energieerzeugungsanlage, angetrieben mit einer Strömungsmaschine wie einer Windturbine (1) oder einer Wasserturbine;

- mit Komponenten eines Leistungsverzweigungsgetriebes, umfassend ein Überlagerungsgetriebe (2) und ein nachgeordnetes Planetengetriebe (3), zum Übersetzen der Eingangsdrehzahl ins Schnelle;
- mit einer Einrichtung zum Aufteilen der vom Leistungsverzweigungsgetriebe abgegebenen Leistung auf einen zwischen den Komponenten des Leistungsverzweigungsgetriebes und einem elektrischen Generator (5) angeordneten hydrodynamischen Kreislauf, umfassend einen Wandler (4) oder eine hydrodynamische Kupplung oder einen Trielokwandler, mit gleichzeitiger Leistungseinwirkung auf das Leistungsverzweigungsgetriebe und auf den Generator (5) in wählbarem Verhältnis, derart, dass das Pumpenrad des hydrodynamischen Kreislaufs auf der schnell umlaufenden Welle des Leistungsverzweigungsgetriebes angeordnet ist und die schnell umlaufende Welle die Eingangswelle des Generators (5) bildet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Antriebsstrang zum Übertragen einer variablen Leistung mit variabler Eingangsdrehzahl und konstanter Ausgangsdrehzahl. Die Erfindung betrifft insbesondere Anlagen mit variabler Leistungseinbringung, wie sie bei Nutzung von natürlichen Energieaufkommen von Wind, Wasser und anderen Ressourcen aufkommen.

[0002] Die Nutzung der Windenergie wird vor allem bei Leistungen von über 1 MW interessant. Ferner ist es notwendig, die Betriebsführung der Anlage derart zu gestalten, dass eine maximale Leistungsausbeute bei minimaler dynamischer Belastung erfolgt. Um den Wirkungsgrad des gesamten Systems optimal zu gestalten, und zwar in der Phase des Hochfahrens der Anlage sowie in der Betriebsphase und beim Stillsetzen, benötigt man eine Drehzahlregelung für die Arbeitsmaschine, die auch bereichsweise durch weitere Regelungsarten (z. B. Rotorblattverstellung) unterstützt werden kann.

[0003] Im Folgenden soll daher anhand des Beispiels von Windkraftanlagen die Problematik einer zeitlich variablen Leistungsübertragung insbesondere bei einer zeitlich veränderlichen Eingangsdrehzahl und entsprechend einem zeitlich veränderlichen Moment dargestellt werden, wenn als Nebenbedingung bei der Leistungsübertragung eine im Wesentlichen zeitlich konstante Ausgangsdrehzahl gefordert ist.

[0004] Der Betrieb einer Windkraftanlage ist deshalb für die voranstehend dargestellte Problematik kennzeichnend, da die durch die Windkraftanlage erzeugte elektrische Energie in ein elektrisches Verbundnetz eingespeist wird, welches eine starre Netzfrequenz aufweist. Da es sich bei der Netzfrequenz um die primäre Größe zur Stabilisierung und Regelung des Netzes selbst handelt, setzt eine direkte Kopplung des Generators der Windkraftanlage voraus, dass dieser vom Antriebsstrang mit einer konstanten Drehzahl versorgt wird. Solche Windkraftanlagen werden auch als drehzahlstarre Windkraftanlagen bezeichnet.

[0005] Dabei werden für drehzahlstarre Windkraftanlagen üblicherweise Asynchrongeneratoren verwendet, die aufgrund des prinzipbedingten Schlupfes auf einfache Art und Weise auf ein Verbundnetz aufgeschaltet werden können.

[0006] Zur Systemanforderung einer konstanten Ausgangsdrehzahl am Antriebsstrang kontrastierend ist der aufgrund schwankender Windverhältnisse zeitlich variable Leistungseintrag bei Windkraftanlagen. Dabei wird diese Problematik zusätzlich durch die systeminhärente Charakteristik der mechanischen Energiewandlung der kinetischen Energie der Luftströmung in die kinetische Energie der Rotorbewegung verschärft. Bei einer drehzahlstarrten Windkraftanlage liegt eine Festlegung auf eine bestimmte Rotorfrequenz oder auf wenige Rotorfrequenzen vor, wobei mehr als eine Rotorfrequenz nur dann möglich ist, falls der Generator eine Polumschaltung besitzt oder unterschiedliche Generatoren verwendet werden. Dabei wird die gewünschte Umlaufgeschwindigkeit des Rotors üblicherweise durch eine Winkelverstellung der Rotorblätter erreicht, was auch als Pitchregelung bezeichnet wird.

[0007] Nachteilig an drehzahlstarrten Windkraftanlagen ist, dass sie bei Teillast, welche bei typischen Windverhältnissen häufig auftritt, nur mit verminderter Effizienz betrieben werden können.

[0008] Wird eine Windkraftanlage im Teillastbereich drehzahlvariabel betrieben, so besteht entweder die Möglichkeit, einen Antriebsstrang mit variabler oder konstanter Ausgangsdrehzahl auszubilden. Dabei ist in beiden Fällen die Ausgangsleistung aufgrund des zeitlich variierenden Momentes ebenfalls zeitlich veränderlich.

[0009] Der erste Fall führt bei Windkraftanlagen zur Verwendung von Frequenzumrichtern mit einem Gleichstromzwischenkreis. Dieser Ansatz leitet aber weg von der hier dargestellten Aufgabe und ist insbesondere mit weiteren Schwierigkeiten behaftet, wie einer starken Netzurückwirkung in Verbindung mit einer erhöhten Oberschwingungsbelastung und hohen Blindleistungen.

[0010] Der zweite Ansatz, nämlich eine variable Rotordrehzahl der Windkraftanlage mit einer konstanten Generatorfrequenz zu verbinden, entspricht der hier dargestellten Thematik eines Antriebsstrangs zum Übertragen einer variablen Leistung mit einer variablen Eingangsdrehzahl und konstanter Ausgangsdrehzahl. Die bekannten Lösungen dieser Problematik, insbesondere für Windkraftanlagen, setzen im Antriebsstrang ein Überlagerungsgetriebe ein, welches zur Verzweigung der mechanischen Leistung verwendet wird. Bei drehzahlvariablen Windkraftanlagen sind nun zwei hierauf basierende Ansätze bekannt geworden, welche zur Konstanthaltung der Generatorfrequenz verwendet werden.

[0011] Im ersten System wird die Eingangsleistung über das Überlagerungsgetriebe auf einen großen Generator sowie einen kleinen Stellmotor aufgeteilt, wobei üblicherweise auf den Stellmotor in etwa 30 % der Eingangsleistung übertragen wird. Der Generator ist frequenzstarr mit dem Stromnetz verbunden, während der Stellmotor über einen Frequenzumrichter am Netz angeschlossen ist. Zur Stabilisierung der Generatordrehzahl wird der Stellmotor entweder als Motor oder als Generator betrieben. Auch dieses System ist nicht rückwirkungsfrei für das Stromnetz. Ferner ist ein solches System nur schwierig zu regeln und weist als Energiespeicher im Wesentlichen nur die trägen Massen des Antriebsstrangs und des Rotors auf. Des Weiteren sind aufgrund des Einsatzes von Umrichtern die Investitionskosten relativ hoch.

[0012] Im zweiten System, welches hydrostatisch arbeitet, werden anstatt des elektrischen Stellmotors hydraulische Motoren und Pumpen verwendet. Auch hier tritt die Problematik einer schwierigen Regelungscharakteristik auf, insbesondere ein träges Ansprechverhalten und relevante Totzeiten sowie starke Nichtlinearitäten. Außerdem sind die hydraulischen Systemkomponenten aufgrund des konstruktiven Aufwands und des Gewichts nachteilig.

Stand der Technik

[0013] Ferner geht aus der DE 43 21 755 A1 ein Antriebsstrang hervor, bei dem Teile eines Planetensatzes mit Teilen eines Drehzahlwandlers verbunden sind. Hierbei ist jedoch der Drehzahlwandler dem Planetenradsatz antriebsseitig vorgelagert, wobei zu beachten ist, dass in diesem System eine konstante Eingangsdrehzahl in eine variable Ausgangsdrehzahl übersetzt wird. Für den Fall einer Windkraftanlage würde demnach der Windkraftrotor den Drehzahlwandler antreiben, was aufgrund der üblicherweise geringen Eingangsdrehzahlen nicht effizient möglich ist. Ferner würde dann das Pumpenrad des Drehzahlwandlers durch den Windrotor mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten angetrieben, woraus folgt, dass das Gesamtkennfeld des Drehzahlwandlers zu beachten ist. Entsprechend aufwendig wäre der Fall, einen solchen Antriebsstrang für die erfindungsgemäße Aufgabe, bei der eine im Wesentlichen konstante Ausgangsdrehzahl zum Antrieb eines elektrischen Generators erzeugt werden soll, zu verwenden.

[0014] In der nachfolgenden Tabelle werden die dargestellten unterschiedlichen bekannten Regelungen der Wirkleistung von Windkraftanlagen zusammengefasst:

	Generator mit Umrichter	Generator mit Umrichter und Getriebe mit Festübersetzung	Generator mit Überlagerungsgetriebe
--	--------------------------------	---	--

Systemtyp	elektronisch	einstufiges Getriebe	Getriebe	Getriebe	mit E-Motor	mit Hydrostatik
Generator	permanent erregter Synchron-generator	Synchron-generator	6 Pol A-Synchronmaschine	4 Pol Asynchronmaschine	4/6 Pol Asynchronmaschine	4/6 Pol Asynchronmaschine
Umrichter	PWM - VSI	PWM - VSI	PWM - VSI	PWM - VSI	-	-
Getriebe	-	Planetenrad	Planetenrad	Planetenrad + Getriebestufe	Planetenrad + Getriebestufe	Planetenrad + Getriebestufe
Regelung	Rotorblätter, Drehzahl	Rotorblätter, Drehzahl	Rotorblätter, Schlupf, 2 Geschwindigkeiten	Drosselung der Drehzahl	Rotorblätter, Drehzahl	Rotorblätter, Drehzahl

Aufgabenstellung

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Antriebsstrang zum Übertragen einer variablen Leis-

tung derart zu gestalten, dass ein Leistungsaufnehmer mit einer im Wesentlichen konstanten Drehzahl beschickt werden kann, so dass der Übertragungsvorgang bei hohem Wirkungsgrad vonstatten geht und Stöße im Antriebsstrang minimiert werden. Ferner ist ein Kurzzeitenergiespeicher im Antriebsstrang auszubilden, um die Regelungscharakteristik des Systems zu verbessern. Außerdem sind die Anzahl der beteiligten Bauteile und die Investitionskosten auf niedrigem Niveau zu halten.

[0016] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

[0017] Das erfindungsgemäße Prinzip führt zu einem sehr guten Wirkungsgrad. Bei Windkraftanlagen führt der erfindungsgemäße Antriebsstrang auch bei unregelmäßigem Windprofil und damit verbundenen unterschiedlichen Rotordrehzahlen zu einer Generatordrehzahl auf einem annähernd gleichmäßigen Niveau.

[0018] Bisher sind in Windkraftanlagen verschiedene Regelungs- und Steuermöglichkeiten mit mehr und minder gutem Einfluss auf den Wirkungsgrad bekannt:

- Einstellung des Rotorblattwinkels,
- variable Drehzahl des Generators,
- Schlupfregelung,
- Drosselung der Drehzahl des Generators,
- Polzahlschaltung und
- Drehzahlregelung im Überlagerungsgetriebe.

[0019] Für den erfindungsgemäßen Wirkungsmechanismus der Drehzahlregelung kann eine Kombination mit bestehenden Regelungs- und Steuermöglichkeiten, z. B. der Einstellung des Rotorblattwinkels und der Drehzahlregelung im Überlagerungsgetriebe, umgesetzt werden. Dabei wird der Rotor der Windkraftanlage immer auf seiner optimalen Kennlinie gefahren (optimaler Wirkungsgrad) und eine konstante Drehzahl an den Generator abgegeben.

Ausführungsbeispiel

[0020] Die Erfindung ist anhand der Zeichnungen näher erläutert. Darin ist im Einzelnen Folgendes dargestellt:

[0021] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen leistungsverzweigten Windkraftanlage mit einem hydrodynamischen Kreislauf.

[0022] Fig. 2 zeigt eine Grafik, die den Wirkungsgrad und die Abtriebsleistung eines hydrodynamischen Überlagerungsgetriebes veranschaulicht.

[0023] Fig. 3 zeigt das Windprofil einer erfindungsgemäßen Anlage, und die zugehörige Rotordrehzahl.

[0024] Fig. 4 zeigt schematisch den Wirkleistungsverlauf einer Windkraftanlage.

[0025] Fig. 5 veranschaulicht eine Regelung zur optimalen Leistungsabgabe des Rotors.

[0026] Die Rotorleistung p_R einer Windkraftanlage steht näherungsweise im folgenden Zusammenhang zur Windgeschwindigkeit v_w :

$$p_R = k c_p(v_w, \omega_R, \beta) v_w^3$$

[0027] Hierbei werden als k verschiedenen Konstanten wie etwa die Blattgeometrie sowie die Dichte der Luft zusammengefasst. Ferner bezeichnet c_p den Leistungsbeiwert, der wiederum, wie dargestellt, von der Windgeschwindigkeit v_w der Rotordrehzahl ω_R und dem Pitchwinkel β abhängt. Dieser Leistungsbeiwert zeichnet sich durch ein globales Maximum aus, welches sich bei steigenden Windgeschwindigkeiten v_w zu größeren Rotordrehzahlen ω_R hin verschiebt.

[0028] Fig. 2 zeigt diesen Zusammenhang durch die Darstellung der Wirkleistung einer Windkraftanlage unter Berücksichtigung verschiedener Windgeschwindigkeiten. Charakteristisch ist die Verschiebung der optimalen Rotordrehzahl zu höheren Werten mit steigender Windgeschwindigkeit. Eine drehzahlvariable Anlage kann

somit in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Windgeschwindigkeit jeweils bei optimalen Leistungsbeiwerten betrieben werden. Ferner ist aus **Fig. 2** ersichtlich, dass Windkraftanlagen typischerweise für bestimmte Nennleistungen, verbunden mit einer Nenndrehzahl, ausgelegt sind. Bei einer Windleistung oberhalb dieses Schwellwertes findet eine Leistungsbegrenzung entweder durch eine Pitchregelung oder eine Stallregelung statt, so dass für den drehzahlvariablen Betrieb einer Windkraftanlage insbesondere der Teillastbetrieb von Bedeutung ist.

[0029] Der erfindungsgemäße Antriebsstrang weist bei der Übertragung über den gesamten Drehzahlbereich einen sehr guten Wirkgrad auf. Siehe **Fig. 4** obere Kurve. Im Beispiel wurde bis zu einer maximalen Übertragungsleistung von 1,5 MW mit einem Antriebsdrehzahlbereich von $n = 25 - 35$ U/min bei konstanter Abtriebsdrehzahl von $n = 1500$ U/min gerechnet.

[0030] Für Windkraftanlagen sind mit einem erfindungsgemäßen Antriebsstrang folgende Regelungsaufgaben bzw. Betriebszustände in Abhängigkeit des Windes in Betracht zu ziehen:

- An- und Abschaltung,
- Bremsen der Rotoren,
- Betrieb mit wechselnden Windgeschwindigkeiten und
- Betrieb mit konstanten Windgeschwindigkeiten um einen optimalen Betriebspunkt.

[0031] Eine drehzahlvariable Windkraftanlage kann vorteilhafterweise mit einem erfindungsgemäßen Antriebsstrang zum Übertragen einer variablen Leistung mit einer variablen Eingangsdrehzahl und konstanter Ausgangsdrehzahl, die wiederum auf einen Generator übertragen wird, ausgebildet sein. **Fig. 1** zeigt hierzu in schematisch vereinfachter Art und Weise einen solchen erfindungsgemäßen Antriebsstrang. Dieser umfasst einen Rotor **1**, ein Überlagerungsgetriebe **2** zur Leistungsverzweigung, ein Planetengetriebe **3**, sowie als weitere Komponenten einen Wandler **4** und einen Generator **5**. Wie in **Fig. 1** dargestellt, steht das Pumpenrad des Wandlers **4** wenigstens in mittelbarer Wirkverbindung zu jener Abtriebswelle des Überlagerungsgetriebes **2**, die wenigstens mittelbar den Generator **5** antreibt. Für einen effizienten Betrieb des Generators **5** und des Wandlers **4** handelt es sich hierbei um eine schnell umlaufende Welle. Ferner steht das Turbinenrad des Wandlers **4** wenigstens in mittelbarem Kontakt mit dem Planetengetriebe **3**, welches wiederum in Wirkverbindung mit dem Hohlrad des Überlagerungsgetriebes **2** steht.

[0032] **Fig. 1** zeigt somit einen leistungsverzweigten Antriebsstrang, welcher einen hydrodynamischen Kreislauf aufweist, der Leistung aus dem Hauptstrang abzweigt bzw. rückwirkend auf das Überlagerungsgetriebe **2** überträgt. Auch ist es denkbar, den Antriebsstrang so zu konstruieren, dass man vom Überlagerungsgetriebe **2** über den Wandler auf den Hauptstrang die Teilleistung einleitet. Hierbei ist es möglich, als hydrodynamischen Kreislauf einen hydrodynamischen Wandler **4**, eine hydrodynamische Kupplung oder einen Trilokwandler einzusetzen. Generell wird als hydrodynamischer Kreislauf ein solcher verwendet, der zumindest im gewissen Grade in seiner Leistungsaufnahme und seiner Leistungsabgabe regelbar ist. Für die vorliegende Aufgabenstellung und insbesondere für den Einsatz in Windkraftanlagen ist die Regelbarkeit dieser hydrodynamischen Komponente von entscheidender Bedeutung.

[0033] Kennzeichnend für einen hydrodynamischen Kreislauf in der erfindungsgemäßen Anordnung innerhalb eines Leistungsverzweigungsgetriebes ist eine gewisse Weichheit in der Reaktivität. Darunter wird eine hinreichende Dämpfung für ein vorteilhaftes Regelungsverhalten ausgenutzt, welche aus den bewegten Massen des hydrodynamischen Kreislaufs resultiert. Insbesondere kurzzeitige Schwankungen im System, wie sie bei Windkraftanlagen durch Abschattungseffekte oder bei Böen auftreten, können durch das erfindungsgemäße System somit gut abgefedert werden, was einen wesentlichen Vorteil aus regelungstechnischer Sicht bei der Konstanthaltung der Abtriebsdrehzahl des erfindungsgemäßen Antriebsstrangs darstellt.

[0034] Weiterhin kennzeichnend für die erfindungsgemäße Anordnung ist, dass sich durch die Verwendung von wenigstens einem hydrodynamischen Kreislauf, welcher auf das Überlagerungsgetriebe zurückwirkt, eine Energiespeicherwirkung, zumindest eine kurzzeitige, realisieren lässt. Auch diese wirkt sich vorteilhaft für die Regelungscharakteristik des erfindungsgemäßen Antriebsstrangs aus.

[0035] **Fig. 5** illustriert wiederum am Beispiel einer Windkraftanlage die flexible Anpassung einer Eingangsdrehzahl eines Antriebsstrangs und somit eine optimal an den Wind angepasste Rotordrehzahl, wobei gleichzeitig von einer konstanten Abtriebsdrehzahl (Generator-drehzahl) ausgegangen wird. Dargestellt sind unterschiedliche Betriebspunkte A, B und C, welche verschiedenen Leistungsbeiwerten mit den zugeordneten Rotordrehzahlen ω_c , ω_A und ω_s entsprechen. Bei Punkt A entnimmt der Rotor der Luftströmung eine optimale Leistung. In Punkt C wird nur ein Teil der möglichen Rotorleistung ausgenutzt und der hydrodynamische Kreis-

lauf wird folglich in der Leistungsaufnahme vom Hauptstrang und der abgegebenen Leistung in der Rückführung zum Überlagerungsgetriebe so geregelt, dass der Rotor beschleunigt wird bis er den optimalen Arbeitspunkt A erreicht. Mit einem entgegengesetzten Vorzeichen findet die Regelung ausgehend vom Betriebspunkt B aus statt. Dies entspricht somit der Regelung in einem optimalen Arbeitspunkt bei konstant angenommener Windgeschwindigkeit.

[0036] Ferner ist es auch möglich, dass eine gewisse Fluktuation im Wind auftritt, wodurch sich der konstante Arbeitspunkt verschiebt. Ein Beispiel hierfür ist der Punkt D, der ebenfalls wie der Punkt A auf der Kurve optimaler Leistung liegt und einer geringeren Windgeschwindigkeit entspricht. Somit ist durch den erfindungsgemäßen Antriebsstrang auch eine zeitlich variable Eingangsleistung mit zeitlicher Variabilität in der Eingangsdrehzahl einstellbar bzw. regelbar.

[0037] Fig. 3 zeigt hierzu illustrierend ein Windprofil mit zeitlich fluktuierender Windgeschwindigkeit, welche wiederum in eine optimale Rotordrehzahl umgesetzt wird. Hierbei findet eine gewisse Glättung aufgrund der Trägheit der verwendeten mechanischen Komponenten Rotor, Getriebe hydrodynamischer Wandler, etc. statt.

[0038] Im Allgemeinen wird im Rahmen der erfindungsgemäßen Idee, einen Antriebsstrang mit konstanter Ausgangsdrehzahl zu schaffen, auch eine solche Anordnung verstanden, welche die Ausgangsdrehzahl mit einer gewissen Genauigkeit konstant hält. Gewisse Abweichungen sind hierbei tolerierbar. Abweichungen können hierbei beispielsweise im Bereich $\pm 10\%$, bevorzugt $\pm 5\%$ und besonders bevorzugt $\pm 1\%$ der Sollausgangsdrehzahl liegen. Beim Einsatz in Windkraftanlagen bei stark mit dem Verteilernetz gekoppelten Generatoren wird jedoch eine besonders hohe Konstanz der Abtriebsdrehzahl von maximal $\pm 0,5\%$ bevorzugt.

[0039] Weitere Anwendungsmöglichkeiten eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs über die Windkraft hinaus ergeben sich beispielsweise bei speziellen Wasserkraftwerken, in denen Turbinen eingesetzt werden, die nicht mit konstanter Drehzahl betrieben werden können. Solche Bedingungen können beispielsweise in Strömungs- und Gezeiten-Kraftwerken oder bei Spezialanordnungen in Schleusensystemen gegeben sein. Außerdem ist es denkbar, mit dem erfindungsgemäßen Prinzip natürliche und somit zeitlich variable Energiequellen, etwa die Wellenkraft, auf einen elektrischen Generator zu übertragen, der eine konstante Eingangsdrehzahl verlangt.

Patentansprüche

1. Antriebsstrang zum Übertragen einer variablen Leistung mit variabler Eingangsdrehzahl und einer im Wesentlichen konstanten Ausgangsdrehzahl für eine Energieerzeugungsanlage angetrieben mit einer Strömungsmaschine wie einer Windturbine (1) oder einer Wasserturbine;

1.1 mit Komponenten eines Leistungsverzweigungsgetriebes, umfassend ein Überlagerungsgetriebe (2) und ein nachgeordnetes Planetengetriebe (3), zum Übersetzen der Eingangsdrehzahl ins Schnelle;

1.2 mit einer Einrichtung zum Aufteilen der vom Leistungsverzweigungsgetriebe abgegebenen Leistung auf einen zwischen den Komponenten des Leistungsverzweigungsgetriebes und einem elektrischen Generator (5) angeordneten hydrodynamischen Kreislauf, umfassend einen Wandler (4) oder eine hydrodynamische Kuppelung oder einen Trilokwandler, mit gleichzeitiger Leistungseinwirkung auf das Leistungsverzweigungsgetriebe und auf den Generator (5) in wählbarem Verhältnis, derart, dass das Pumpenrad des hydrodynamischen Kreislaufs auf der schnell umlaufenden Welle des Leistungsverzweigungsgetriebes angeordnet ist und die schnell umlaufende Welle die Eingangswelle des Generators (5) bildet.

2. Antriebsstrang zum Übertragen einer variablen Leistung mit variabler Eingangsdrehzahl und einer im Wesentlichen konstanten Ausgangsdrehzahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Leistungsverzweigungsgetriebe ein weiteres Getriebe vorgeschaltet oder nachgeschaltet ist.

3. Antriebsstrang zum Übertragen einer variablen Leistung mit variabler Eingangsdrehzahl und einer im Wesentlichen konstanten Ausgangsdrehzahl nach einem der Ansprüche 1 – 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangsdrehzahl mit einer maximalen Abweichung von $\pm 10\%$, bevorzugt von $\pm 5\%$ und besonders bevorzugt von $\pm 1\%$ des Sollwerts konstant gehalten wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

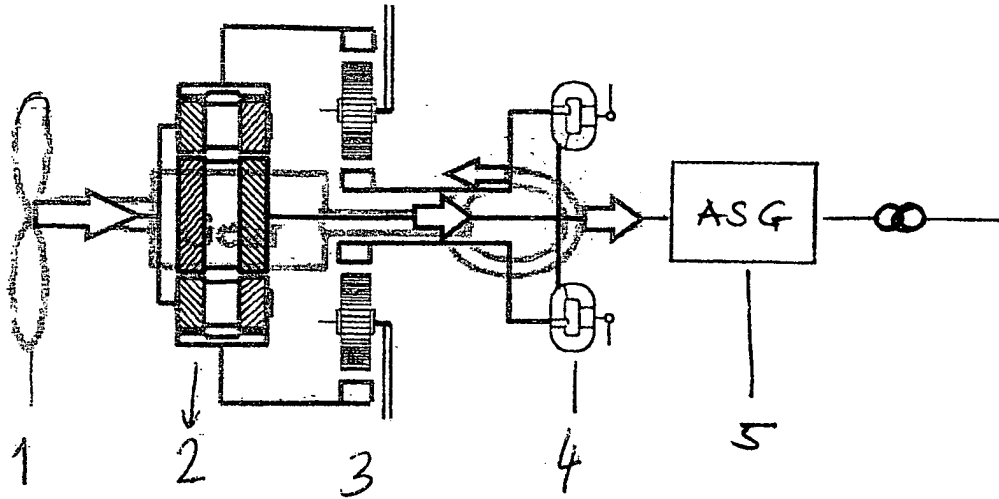
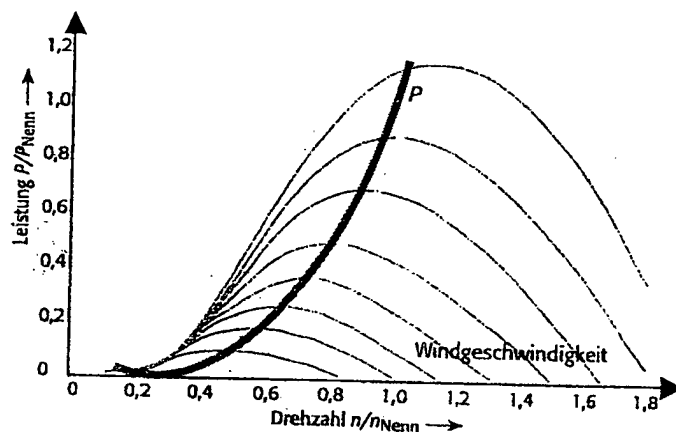


Fig. 2



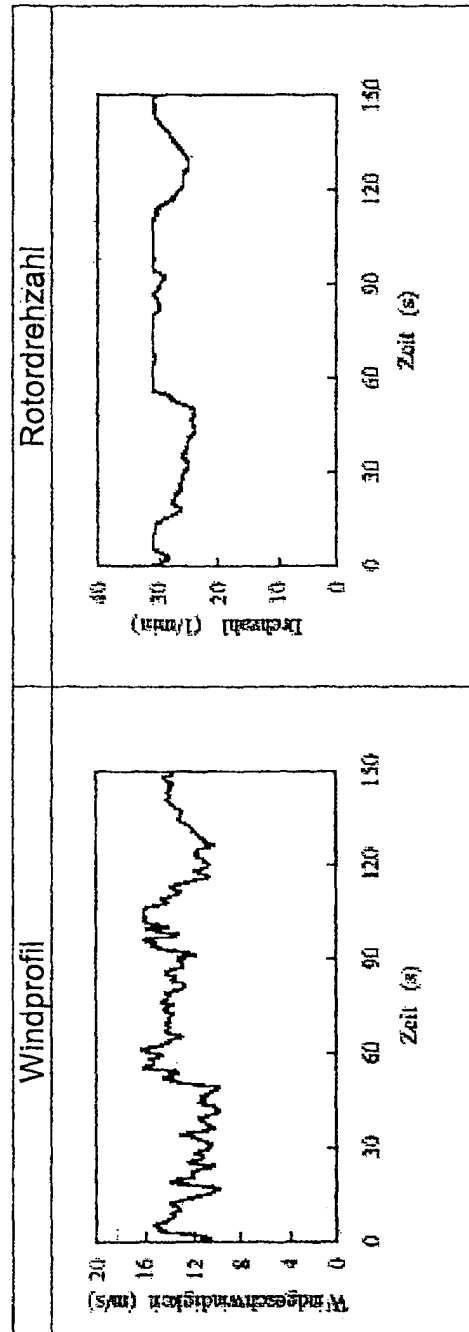


Fig. 3

Fig. 4

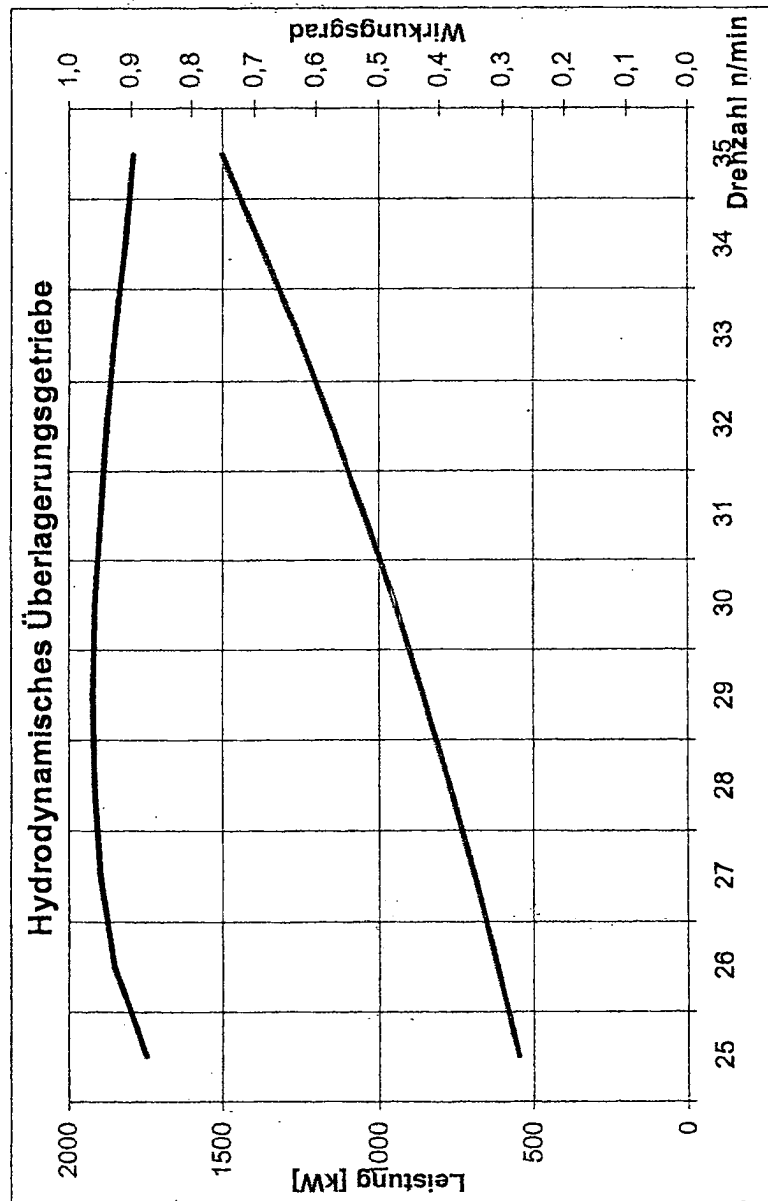


Fig. 5

