



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 30 264 T2** 2006.01.19

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 864 748 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 30 264.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 400 560.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **10.03.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.09.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **25.05.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F03D 9/00** (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 9/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

9702808

10.03.1997

FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

JEUMONT INDUSTRIE, Courbevoie, FR

(72) Erfinder:

Brutsaert, Patrick, 59245 Recquignies, FR;

Michaux, Raymond, 59740 Solre Le Chateau, FR;

Canini, Jean Marc, 59149 Aibes, FR

(74) Vertreter:

**Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München**

(54) Bezeichnung: **Langsamlaufende getriebelose Windturbine**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Windenergieerzeugung.

[0002] Sie betrifft eine Einrichtung zum Erzeugen von elektrischer Energie, die von der Windkraft betätigt wird, welche auf die Flügel bzw. Rotorblätter einer Windkraftanlage ausgeübt wird.

[0003] Es sind verschiedene Arten von Windkraftanlagen mit im wesentlichen senkrecht verlaufendem Turm und im wesentlichen horizontal verlaufender oder auch im wesentlichen senkrecht verlaufender Achse bekannt.

[0004] Der Energiebedarf steigt stetig an, während die Vorräte an fossilen Brennstoffen sinken.

[0005] Aus diesem Grund haben Stromgesellschaften damit begonnen, Windenergie mit anderen konventionellen Energiequellen zu nutzen. So wurden zahlreiche Windkraftanlagen installiert.

[0006] Die meisten Windkraftanlagen zum Erzeugen von Energie enthalten einen schnell laufenden Asynchrongenerator, der mit einem Übersetzungsgetriebe gekoppelt ist, das seinerseits über die Nabe angetrieben wird, an der die Rotorblätter der Windkraftanlage befestigt sind. Eine solche Windkraftanlage ist in der FR-A-2551142 offenbart. Insbesondere sind Windkraftanlagen des Herstellers Micon zu nennen.

[0007] Beispielhaft entspricht einem Asynchrongenerator mit 1500 U/min und einem Übersetzungsgetriebe, das mit einer Geschwindigkeit von 27 U/min angetrieben wird, eine Leistung von 600 kW.

[0008] Sämtliche dieser Teile sind an einer Gondel bzw. einem Rumpf angeordnet, der am Ende eines Turms drehbar gelagert ist. Die Höhe des Turms liegt im allgemeinen zwischen 30 und 60 m.

[0009] In dem Rumpf ist auch ein Kontrollsystem für die Ausrichtung des Rumpfs und gegebenenfalls ein Kontrollsystem für die Anstellung der Rotorblätter vorgesehen. Dadurch ist es möglich, die Rotorblätter in Abhängigkeit vom Wind auszurichten. Insbesondere wird dann, wenn der Wind zu stark wird, der Windfang aus Betriebs- und Sicherheitsgründen verändert.

[0010] Diese Einrichtungen, wie etwa das Übersetzungsgetriebe, machen das Vorhandensein zumindest eines Hydraulikaggregats erforderlich.

[0011] Im allgemeinen ist ein Gesamtkontrollsystem für die Windkraftanlage vorgesehen. Dabei findet eine Vorrichtung Anwendung, welche insbesondere eine eventuelle Blattanstellsteuerung, die Positionierung des Rumpfs und/oder die Kopplung des Generators an das Netz regelt.

[0012] Da der Generator vom asynchronen Typ mit einer oder zwei festen Geschwindigkeiten ist, erfolgt der Betrieb am Netz nicht in dem gesamten Windgeschwindigkeitsbereich optimal.

[0013] Auch wurden Windkraftanlagen mit direkter Anströmung bei geringer Geschwindigkeit aufgestellt. Insbesondere sind hier die Windkraftanlagen zu nennen, die von der Firma Enercon hergestellt werden. Sie enthalten eine Synchronmaschine mit Radialfluss mit großem Durchmesser. Die Rotorscheibe der Maschine wird von einer Welle angetrieben, die ihrerseits von den Rotorblättern der Windkraftanlage drehend angetrieben wird.

[0014] Die Synchronmaschine speist das Netz durch einen Wechselstrom-Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter. Ein solcher Umrichter ermöglicht es, das Netz mit geeigneter Frequenz und geeigneter Spannung zu speisen.

[0015] Bei derartigen Windkraftanlagen sind sämtliche Steuerungseinrichtungen elektrischer Art, insbesondere diejenigen, welche die Steuerung der Steigung der Rotorblätter bzw. die Ausrichtung des Rumpfs gewährleisten, sowie das Bremssystem.

[0016] Mit diesen Windkraftanlagen kann das Vorhandensein eines Übersetzungsgetriebes und eines Hydraulikaggregats vermieden werden. Ferner können sie Energie liefern, auch wenn die Windgeschwindigkeit schwach ist.

[0017] Jedoch enthalten sie eine Luftkühleinrichtung, welche einen relativ hohen Lärmpegel aufweist.

[0018] Ferner führt das Vorhandensein von Rotorerregerwicklungen zu Erregerverlusten, die sich bei geringen Windgeschwindigkeiten erhöhen und insbesondere den Wirkungsgrad der Gesamtanlage mindern.

[0019] Schließlich ist die Leistung der Synchronmaschine unweigerlich durch den Rotordurchmesser begrenzt.

[0020] Die Erregung einer solchen Maschine mit gewickeltem Rotor erfordert entweder die Verwendung eines Satzes von Ringen und Bürsten, was einen Wartungsaufwand darstellt, oder aber das Einsetzen einer zusätzlichen Erregermaschine und eines Satzes von drehbaren Gleichrichtern, welche die Masse der Gesamtanlage erhöhen.

[0021] Auch kann in allgemeiner Weise vermerkt werden, dass das Aufstellen von Windkraftanlagen relativ schwierig ist. Es sind hoch bauende Kräne erforderlich, welche Teile mit großem Gewicht und ausladender Kontur anheben können. Somit macht das Aufstellen viel Bauaufwand erforderlich. Das Aufstellen solcher Windkraftanlagen ist damit in Ländern, die nicht über geeignete Ausstattungen verfügen, nicht möglich.

[0022] Die Veröffentlichung von F. Caricchi et al. "Prototype of a Wind Turbine Direktly – Coupled Axial – Flux PM Generator", 5th European Wind Energy Association Conference and Exhibition, 10.–14. Oktober 1994, Thessaloniki (Griechenland) beschreibt ein Stromerzeugungssystem, das einer Windkraftanlage zugeordnet ist und die Merkmale aus dem Oberbegriff von Anspruch 1 enthält.

[0023] Insbesondere sind bei diesem bekannten System die Rotorscheiben des Wechselstromgenerators starr mit der Welle der Maschine verbunden.

[0024] Gegenstand der Erfindung ist eine Einrichtung zum Erzeugen von Energie, die einer Windkraftanlage zugeordnet ist, bei der weder ein Übersetzungsgetriebe noch eine drehbare Zwischenwelle zum Tragen der Rotorscheiben erforderlich ist, wie sie bei dem System der oben genannten Veröffentlichung vorhanden sind, wobei die Konstruktion der Windkraftanlage erleichtert und der von der Windkraftanlage im Betrieb hervorgerufene Lärm vermindert wird.

[0025] Diese Energieerzeugungseinrichtung ist einer Windkraftanlage mit Rotorblättern zugeordnet, die an einem Träger befestigt sind und den Rotor eines Wechselstromgenerators drehend antreiben.

[0026] Dieser Generator ist vom diskoidalen Typ und besteht aus zumindest einem Modul mit zumindest einer Rotorscheibe und einer Statorscheibe, die auf die Achse des Trägers der Rotorblätter zentriert sind, wobei die Module so zusammengefügt sind, dass sämtliche Rotor- und Statorscheiben coaxial angeordnet sind.

[0027] Der direkte Antrieb der Rotorscheibe bzw. Rotorscheiben über die Rotorblätter der Windkraftanlage macht das Vorhandensein eines Übersetzungsgetriebes unnötig und ermöglicht es gegebenenfalls, das Hydraulikaggregat vollständig wegzulassen.

[0028] Ferner kann durch die modulare Gestaltung des Generators die Leistung der Einrichtung einfach angepasst werden.

[0029] Die nachfolgenden Merkmale können einzeln oder in sämtlichen technisch möglichen Kombinationen Anwendung finden. Es kann vorgesehen sein, dass:

- der Träger der Rotorblätter bzw. Flügel aus dem Gehäuse des Generators besteht, das die Rotorscheibe bzw. Rotorscheiben des Generators enthält,
- ein Modul eine Rotorscheibe enthält, die zwischen zwei Statorscheiben positioniert ist, bzw. eine Statorscheibe, die zwischen zwei Rotorscheiben positioniert ist,
- die Rotorscheibe bzw. Rotorscheiben mit Permanentmagneten ausgestattet ist/sind,
- die Statorscheiben am Rumpf der Windkraftanlage befestigt sind,
- zwischen dem Generator und dem Netz ein Wechselstrom-Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter vorgesehen ist,
- der Wechselstrom-Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter aus einem Gleichrichter und einem Wechselrichter zusammengesetzt ist, die beide nach dem Prinzip der Pulsbreitenmodulation gesteuert werden,
- die Windkraftanlage ein System zur gesamten Kontrolle der Funktionsparameter enthält.

[0030] Die Erfindung betrifft auch eine Windkraftanlage, die mit einer Einrichtung zum Erzeugen von Energie gemäß der Erfindung ausgestattet ist und von der bestimmte Bauteile, insbesondere die Rotorblätter, deren Träger, der diskoidale Wechselstromgenerator und/oder der Rumpf separat ausgebildet und an der Spitze des Turms der Windkraftanlage endgültig zusammengefügt werden.

[0031] Die Erfindung betrifft auch einen Windpark mit Windkraftanlagen, die jeweils mit einer Einrichtung zum Erzeugen von elektrischer Energie gemäß der Erfindung und mit einem Wechselstrom-Gleichstrom-Umrichter ausgestattet sind.

[0032] Der Ausgang eines jeden dieser Umrichter ist mit zumindest einem Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter verbunden, wobei der gemeinsame Ausgang der Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter mit dem Netz verbunden ist.

[0033] Die nachfolgenden Merkmale können einzeln oder in sämtlichen technisch möglichen Kombinationen Anwendung finden. Es kann vorgesehen sein, dass:

- der Windpark eine Energiespeichereinrichtung zwischen den Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichtern und dem Netz enthält,
- der Windpark zumindest eine Kinetikenergiespeichereinrichtung enthält, die mit der am Ausgang des bzw. der Wechselstrom-Gleichstrom-Umrichter abgenommenen Gleichspannung gespeist wird,
- die Kinetikenergiespeichereinrichtung bzw. -Einrichtungen zumindest einen Wechselstrommotor enthält/enthalten, welcher zumindest ein Trägheitselement antreibt und von zumindest einem umkehrbaren Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter gespeist wird, der selbst an den Ausgang des bzw. der Wechselstrom-Gleichstrom-Umrichter angeschlossen ist,
- die genannten Wechselstrom-Gleichstrom-Umrichter aus einem Gleichrichter bestehen, der nach dem Prinzip der Pulsbreitenmodulation gesteuert wird,
- die genannten Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter aus einem Wechselrichter bestehen, der nach dem Prinzip der Pulsbreitenmodulation gesteuert wird.

[0034] Die Erfindung wird beim Lesen der nachfolgenden Beschreibung der nicht einschränkenden Ausführungsformen besser verständlich, aus der sich weitere Ziele, Vorteile und Merkmale der Erfindung deutlicher ergeben. Dabei zeigt:

[0035] [Fig. 1](#) eine Windkraftanlage in Vorderansicht,

[0036] [Fig. 2](#) die gleiche Windkraftanlage in Seitenansicht,

[0037] [Fig. 3](#) eine schematische Schnittansicht eines ersten Beispiels einer erfindungsgemäßen Energieerzeugungseinrichtung,

[0038] [Fig. 4](#) eine schematische Schnittansicht eines zweiten Beispiels einer erfindungsgemäßen Energieerzeugungseinrichtung,

[0039] [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zwei Beispiele zum Anschluss eines Windparks an ein Stromnetz, und

[0040] [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zwei weitere Beispiele zum Anschluss eines Windparks an ein Stromnetz, mit einer Kinetikenergiespeichereinrichtung.

[0041] Bezug nehmend auf [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) enthält die Windkraftanlage allgemein einen Turm **1**, der am Boden **2** befestigt ist.

[0042] Am Turmende ist eine Gondel bzw. ein Rumpf **3** montiert, der um den Turm drehbar ist.

[0043] Der Rumpf enthält eine Nabe **4**, die ihrerseits Rotorblätter bzw. Flügel **5** trägt. Sie werden vom Wind drehend angetrieben.

[0044] Bezug nehmend auf [Fig. 3](#) enthält die erfindungsgemäße Energieerzeugungseinrichtung einen Wechselstromgenerator **6** vom diskoidalen Typ, der aus einem oder mehreren Modulen besteht.

[0045] Bei dem in [Fig. 3](#) dargestellten Beispiel besteht der Generator aus einem Modul **10**, das einen mittleren Rotor **7** und zwei den Rotor umschließende Statoren **8** enthält.

- [0046] Der mit Permanentmagneten ausgestattete Rotor **7** ist an einer Welle **9** befestigt und auf die Achse **16** der Welle **9** zentriert. Die Welle **9** ist ihrerseits mit der Nabe **4** über geeignete Mittel **15** verbunden.
- [0047] Die Verwendung eines Rotors mit Permanentmagneten weist den Vorteil auf, dass der Platzbedarf des diskoidalen Wechselstromgenerators **6** abermals vermindert wird, der bereits geringer als der eines klassischen Generators ist. Wie weiter unten ersichtlich wird, erleichtert dies den Transport des Generators sowie dessen Einbau in die Windkraftanlage.
- [0048] Bei diesem Ausführungsbeispiel besteht der Rotorblattträger aus der Nabe **4**. Die Achse der Nabe fällt mit der Achse **16** der Welle **9** und des mittleren Rotors **7** zusammen.
- [0049] Die Welle **9** wird von den Lagerungen **11** und **12** getragen und geführt, die im Rumpf **3** befestigt sind.
- [0050] Die Statoren **8** sind auch fest an dem Rumpf montiert, und zwar über Gehäuseteile **17**, die fest mit den Lagern **11** und **12** verbunden sind.
- [0051] Die Statoren **8** sind mit Wicklungen **18** ausgestattet.
- [0052] Mit Drehung der Rotorblätter **5** wird die Nabe **4**, die Welle **9** und damit der Rotor **7** des diskoidalen Wechselstromgenerators angetrieben. Dieser ist damit direkt mit der Nabe **4** der Windkraftanlage gekoppelt und kann mit veränderlicher Geschwindigkeit betrieben werden.
- [0053] Mit dem Bezugszeichen **13** ist ein Einstellsystem für die Steigung der Rotorblätter **5** und mit dem Bezugszeichen **14** das Ausrichtungssystem für den Rumpf **3** bezeichnet.
- [0054] [Fig. 4](#) zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Energieerzeugungseinrichtung, bei welcher die Rotorblätter **5** der Windkraftanlage direkt am Wechselstromgenerator der Einrichtung montiert sind.
- [0055] Dieser Generator **40** ist auch vom diskoidalen Typ und kann ein Modul enthalten, wie in [Fig. 4](#) dargestellt ist, oder aber mehrere Module.
- [0056] Der Generator **40** enthält hier ein Modul **70**, das aus einem mittleren Stator **41** und zwei den Stator **41** umschließenden Rotoren **42**, **43** zusammengesetzt ist.
- [0057] Die Statorscheibe **41** ist fest mit einer festen Welle **44** verbunden und auf die Achse **45** der Welle **44** zentriert. Diese letztgenannte ist ferner fest mit dem Rumpf **3** über geeignete Mittel **46** verbunden.
- [0058] Die Statorscheibe **41** enthält an jeder ihrer Seiten Wicklungen **47**.
- [0059] Die beiden Rotorscheiben **42** und **43** sind fest mit dem Gehäuse **60** des Generators verbunden. Sie sind mit Permanentmagneten **52** und **53** versehen.
- [0060] Jede Rotorscheibe **42**, **43** enthält auch einen Flansch **54**, **55**, der es ermöglicht, sie auf die Achse **45** der Welle **44** über ein Kugellager **56**, **57** zu zentrieren.
- [0061] Am Ende der Welle **44** ist eine Blende **49** vorgesehen, die das Eindringen von Fremdkörpern in das Lager **56** vermeiden kann.
- [0062] Das Gehäuse **60** des Generators **40** besteht aus den Rotorscheiben **42**, **43** und einem zylindrischen Teil **48** zwischen den beiden Scheiben.
- [0063] Somit sind die Rotorblätter **5** der Windkraftanlage am Gehäuse **60** des Generators befestigt. Bei dem in [Fig. 4](#) dargestellten Beispiel erfolgt diese Befestigung über einen Aufbau **58**, welcher die Rotorblätter **5** trägt.
- [0064] Bei diesem Ausführungsbeispiel besteht der Blattträger aus dem Gehäuse des Generators, wobei die Achse des Trägers mit der Achse **45** der Rotorscheiben und der Welle **44** zusammenfällt.
- [0065] Mit den Rotorblättern der Windkraftanlage werden somit die Rotorscheiben **42** und **43** des Generators **40** direkt drehend angetrieben, ohne dass eine Zwischenwelle erforderlich wäre, wie bei dem in [Fig. 3](#) darge-

stellten Ausführungsbeispiel.

[0066] Weiterhin ist anhand von [Fig. 4](#) mit dem Bezugszeichen **61** eine in der Welle **44** ausgeführte Ausnehmung bezeichnet. Diese Ausnehmung ermöglicht den Durchtritt einer Person, die zu dieser aufgrund eines in dem Rumpf vorgesehenen Treppenelements **62** Zugang hat. Die Ausnehmung **61** mündet auf einen Steg **63**.

[0067] Dadurch kann für die Wartung der innerhalb des Aufbaus **58** befindlichen Ausstattungsteile und insbesondere der Motoren **64** des gegebenenfalls vorgesehenen Einstellsystems für die Rotorblattsteigung gesorgt werden.

[0068] Schließlich ist mit dem Bezugszeichen **65** eine mechanische Bremse bezeichnet.

[0069] In jedem Fall ist die erfindungsgemäße Energieerzeugungseinrichtung so ausgestaltet, dass der Wechselstromgenerator mit der gleichen Geschwindigkeit arbeitet wie der Rotorblattträger der Windkraftanlage. Dadurch können bestimmte Bauteile weggelassen werden, wie etwa das Übersetzungsgetriebe, das eines der großen Verbraucher eines Hydraulikaggregats darstellt. Damit kann angestrebt werden, das Hydraulikaggregat bzw. die Hydraulikaggregate ganz wegzulassen, unabhängig davon, ob sie zu Schmier- oder Steuerzwecken vorsehen sind. Sämtliche Hilfsaggregate, wie etwa die eventuelle Steuerung der Anstellung der Rotorblätter oder die Positionierung des Rumpfs gegenüber dem Wind werden dann mit einem elektrischen Antrieb ausgelegt.

[0070] Die Leistung der Einrichtung kann im übrigen erhöht werden, ohne dabei die Gestalt der Windkraftanlage in Abrede zu stellen, wodurch die Einrichtung sehr flexibel ist.

[0071] Die Anzahl von Rotor-/Statormodulen **10**, **70** des Generators kann nämlich je nach gewünschter Leistung ausgewählt werden. Diese Module werden hintereinander gestapelt, wodurch der Platzbedarf begrenzt wird. Der Rotor eines jeden Moduls ist auf die Welle **9** bzw. **44** zentriert und direkt daran gelagert, und sämtliche Module werden mechanisch so zusammengefügt, dass sämtliche Rotor- und Statorscheiben koaxial angeordnet sind.

[0072] Diesbezüglich sei insbesondere auf die internationale Patentanmeldung PCT/FR 96/020 **71** verwiesen, die eine diskoidale elektrische Maschine beschreibt, die auf Basis von elementaren Stator-/Rotormodulen ausgebildet ist, deren Inhalt mit Bezug darauf in der vorliegenden Anmeldung eingeschlossen ist.

[0073] Der Durchmesser des Rumpfs kann beibehalten werden.

[0074] Jedoch sind vielfache Generatormodule vor allem bei Leistungen über 1000 kW angebracht.

[0075] Die nachfolgende Tabelle versteht sich beispielhaft:

Modulanzahl	Leistung
1	750 kW
2	1250 kW
3	1630 kW

[0076] Weitere Module können bei Leistungen über 2 MW vorgesehen werden.

[0077] Die erfindungsgemäße Energieerzeugungseinrichtung erweist sich auch bei Windkraftanlagen geringer Leistung als vorteilhaft, da sie auch in diesem Fall ermöglichen, auf ein vorhandenes Übersetzungsgetriebe zu verzichten.

[0078] Die erfindungsgemäße Energieerzeugungseinrichtung ermöglicht auch, die Herstellung der Windkraftanlage zu vereinfachen und deren Kosten zu senken.

[0079] Bei den bekannten Windkraftanlagen bilden die Bestandteile der Windkraftanlage eine zusammenhängende Einheit, die in den oberen Bereich des Turms angehoben werden muss.

[0080] Mit der erfindungsgemäßen Einrichtung kann die Windkraftanlage aus mehreren separaten Bauteilen

ausgeführt sein, nämlich insbesondere aus Turm, Rotorblätter, Rumpf und Ausrichtungsvorrichtung und aus dem diskoidalem Generator, der seinerseits aus separaten Modulen zusammengesetzt ist.

[0081] Die Teile können somit auf einfache Weise nacheinander montiert werden, da Masse und Platzbedarf eines jeden Teils gering sind. Der diskoidale Generator ist insbesondere kompakter als klassische Generatoren.

[0082] Für eine leistungsstarke Energieerzeugungseinrichtung können die verschiedenen Module des diskoidalen Generators aufeinanderfolgend montiert werden. Die Montage kann also mit Hilfe eines Krans geringer Tragfähigkeit und relativ leichten Aufbaus erfolgen, wobei kein großer Bauaufwand erforderlich ist.

[0083] Das Aufstellen der Windkraftanlage kann auch mit einem Kran erfolgen, der am oberen Teil des Turms montiert wird. Er ermöglicht es, aufeinanderfolgend die verschiedenen Bauteile anzuheben, wie etwa Rumpf oder Generator. Dieser Kran wird entweder abmontiert und zum Boden geführt oder in die Windkraftanlage integriert.

[0084] Somit können in jedem Fall zumindest bestimmte Bauteile der Windkraftanlage separat hergestellt und angehoben werden, wobei der endgültige Zusammenbau an der Spitze des Turms der Windkraftanlage stattfindet.

[0085] Ferner ermöglicht die kompakte Form des diskoidalen Generators, die Form des Rumpfs und dessen Herstellung zu vereinfachen. Dieser kann eine im wesentlichen zylindrische Form haben.

[0086] Die erfindungsgemäße Energieerzeugungseinrichtung ermöglicht schließlich, den Luftschallpegel der Windkraftanlage zu senken.

[0087] Diese ist nämlich vollständig geschlossen und kann auch mit Kühlkreisen versehen sein. Damit besteht also keine Ausbreitung des innerhalb der Windkraftanlage entstehenden Luftschalls in die äußere Umgebung.

[0088] Ferner enthält die erfindungsgemäße Einrichtung einen diskoidalen Wechselstromgenerator, der eine hohe spezifische Leistung und Leistungsdichte aufweist.

[0089] Bezüglich anderer Arten von Generatoren mit gleichem Volumen, gleicher Masse und Leistung, ermöglicht er eine Erhöhung des Moments auf die Rotorscheibe bzw. Rotorscheiben und damit eine Verminderung der Drehgeschwindigkeit des Wellenstrangs. Dies führt zu einer Herabsetzung des von den Rotorblättern der Windkraftanlage erzeugten Lärms.

[0090] Ferner weist der erfindungsgemäße diskoidale Generator einen kleineren Windquerschnitt als der Radialfeldgenerator mit direkter Anströmung bei gleicher Leistung auf. Dies wird durch den modularen Aufbau des Generators verstärkt. Folglich ergeben sich mehrere aerodynamische Bedingungen für die Rotorblätter der Windkraftanlage, da die "Nutzfläche" der Rotorblätter größer ist.

[0091] Zwischen dem diskoidalen Generator und dem Netz muss ein Wechselstrom-Wechselstrom-Umrichter oder ein Wechselstrom-Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter vorgesehen werden.

[0092] Vorzugsweise ist ein leistungsstarker Umrichter auszuwählen, der eine progressive Kopplung der Windkraftanlage an das Netz ermöglicht. Bei den derzeitigen Windkraftanlagen mit asynchronem Generator erfolgt diese Kopplung schnell und ruft Beeinträchtigungen am Netz hervor.

[0093] Ferner können mit dem Netz Fernsteuerungssignale ausgegeben werden. Beispielhaft sind Signale mit 175 Hz zu erwähnen, um Hilfsaggregate zu steuern, wie etwa für Tarifwechsel (Nacht/Tag) oder Spitzenlasttage. Bestimmte Arten von Windkraftanlagen brauchen einen Filter, um nicht die Fernsteuerungssignale zu stören.

[0094] Der Umrichter weist den Vorteil auf, dass er keine eventuellen Fernsteuerungssignale des Netzes stört bzw. diese aufbereitet.

[0095] Die Verwendung eines Umrichters ermöglicht es, den Leistungsfaktor und damit die Blindleistung bzw. den Leistungsverlust oder die dem Netz gelieferte Leistung zu kontrollieren.

- [0096]** Ferner ermöglicht es die Stromfeinsteuerung, Oberschwingungen des gelieferten Stroms zu vermindern und damit dem Netz eine qualitativ hochwertige Energie zu liefern.
- [0097]** Vorzugsweise setzt sich der Umrichter aus zwei Leistungsstufen zusammen, nämlich:
- einem Gleichrichter, dessen Steuerung vom Typ "Pulsbreitenmodulation" ist und der den vom Magnetgenerator gelieferten Strom in Gleichstrom umwandelt. Die Steuerung der Gleichrichterbrücke ermöglicht es, die Wellenformen des vom Generator gelieferten Stroms und den Leistungsfaktor zu kontrollieren. Dadurch können einerseits Momentschwankungen und damit mechanische Spannungen am Rotor vermindert werden und andererseits die Magnetmasse und damit die Kosten für den Wechselstromgenerator minimiert werden,
 - einem Wechselrichter, dessen Steuerung auch vom Typ "Pulsbreitenmodulation" ist und der den Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt, dessen Form und Frequenz mit dem Netz kompatibel sind. Durch die Steuerstrategie der Wechselrichterbrücke werden die Oberschwingungen des Stroms minimiert und der Leistungsfaktor kontrolliert.
- [0098]** Die Verwendung eines Generators mit Magneten, die mit einem IGBT-Umrichter verbunden sind, weist den Vorteil auf, die Sicherheit bezüglich Kurzschluss zu erhöhen, insbesondere dann, wenn der Umrichter in der Nähe des Generators im Rumpf angeordnet ist.
- [0099]** Die Verwendung von Umrichtern ist bei Einzelnetzen besonders interessant, wo die Qualität des durch die Windkraftanlage gelieferten Stroms ein bedeutendes Kriterium darstellt.
- [0100]** Die erfindungsgemäße Energieerzeugungseinrichtung kann mit veränderlicher Geschwindigkeit betrieben werden. Dadurch kann der Betrieb der Windkraftanlage insbesondere bei schwachem Wind optimiert werden.
- [0101]** Die Windkraftanlagen können in unterschiedlichen Umgebungen eingesetzt werden. Die optimalen Betriebsparameter der Windkraftanlage hängen nicht nur vom Wind ab, sondern auch von mit der Umgebung der Windkraftanlagen verbundenen Parametern, wie etwa von vorhandenen Gebäuden oder von der Windrichtung.
- [0102]** Die Windkraftanlage enthält vorzugsweise ein System zur Gesamtkontrolle. Vorteilhaft findet bei diesem System Systemkomponenten vom Typ Fuzzy-Schaltung oder neuronaler Technik Anwendung. Sie ermöglichen es, den Betrieb der Windkraftanlage durch Erlernen und permanente Abstimmung der Funktionsparameter, insbesondere bei geringen Geschwindigkeiten, zu optimieren.
- [0103]** In diesem Fall wirkt sich die Kontrolle auf eine eventuelle Einstellung der Steigung der Rotorblätter und auf die Wahl der optimalen Geschwindigkeit aus.
- [0104]** Wenn mehrere Windkraftanlagen am gleichen Ort aufgestellt sind, können deren Energieerzeugungseinrichtungen über ein durchgehendes Leistungsnetz miteinander verbunden werden.
- [0105]** Wie aus der vorangehenden Beschreibung ersichtlich ist, ist für jede Windkraftanlage ein Wechselstrom-/Wechselstrom-Umrichter oder Wechselstrom-/Gleichstrom-/Wechselstrom-Umrichter zwischen dem diskoidalen Wechselstromgenerator und dem Netz vorgesehen.
- [0106]** Nachfolgend sei auf [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) Bezug genommen, die verschiedene Montagelösungen darstellen.
- [0107]** Das in [Fig. 5](#) dargestellte System enthält ein Windkraftwerk, das aus zwei Windkraftanlagen **20** besteht, die mit einer erfindungsgemäßen Energieerzeugungseinrichtung ausgestattet sind, eine Gruppe von elektronischen Umrichtern **21** und eine Energiespeichereinrichtung **22**. Diese letztgenannte Einrichtung ist fakultativ vorgesehen.
- [0108]** [Fig. 5](#) zeigt zwei Windkraftanlagen und zwei Umrichter, jedoch kann diese Anordnung bei einer beliebigen Anzahl von Windkraftanlagen Anwendung finden, denen jeweils ein Umrichter zugeordnet ist.
- [0109]** Jede Windkraftanlage **20** enthält einen diskoidalen Wechselstromgenerator, insbesondere mit Permanentmagneten, der direkt und mit der gleichen Drehzahl wie die Rotorblätter **5** der Windkraftanlage angetrieben wird. Der Ausgang des Generators ist dreiphasig, mit eventuell je nach Windgeschwindigkeit variabler Fre-

quenz und Spannung. Er ist durch ein Schutzglied und gegebenenfalls durch einen Transformator nach außen angeschlossen, um die Spannung zu erhöhen.

[0110] Die Einheit **21** aus elektronischen Umrichtern enthält:

- zwei Umrichter **23** vom Typ Gleichrichter, die jeweils mit einer Windkraftanlage gegebenenfalls über einen Transformator **24** zum Herabsetzen der Wechselspannung verbunden sind; der Gleichrichter wandelt die Wechselspannungsenergie in Gleichspannungsenergie um,
- einen Leistungsbuss **25**, der mit sämtlichen Ausgängen **26** des Gleichrichters **23** verbunden ist und es ermöglicht, die Gesamtenergie zu glätten, die von dem Windkraftwerk geliefert wird, wobei die Spannung des Busses gegebenenfalls veränderlich ist,
- elektronische Umrichter **27** vom Typ Wechselrichter, die über den Bus **25** gespeist werden und mit der Energiespeichereinrichtung **22** verbunden sind.

[0111] Diese besteht im wesentlichen aus:

- einem Hilfsaggregat **29** am Eingang, das über zumindest einen Antriebsmotor **28** angetrieben wird, der mit gesteuerter und gegebenenfalls über Umrichter **27** veränderlicher Geschwindigkeit gespeist wird,
- einem Hilfsaggregat **30** am Ausgang, der einen Wechselstromgenerator **31** antreibt, welcher das Stromnetz **32** mit geeigneter Spannung und Frequenz speist,
- einer Vorrichtung **33**, die zwischen den beiden Hilfsaggregaten **29** und **30** eingefügt ist und es ermöglicht, Energie zu speichern bzw. zu entnehmen, um dem Ausgangsgenerator **30** zu gestatten, stets unter von dem Stromnetz **32** geforderten Bedingungen zu arbeiten. Die Speichervorrichtung **33** kann von jeglicher Art sein, wie hydraulisch, mittels Gasdruck, Batterie oder jeglichem anderen System betrieben werden.

[0112] Das Interesse an der Einrichtung liegt darin, eine maximale Windenergie zu gewinnen, diese zu speichern bzw. zu entnehmen, je nach Bedarf, den das Stromnetz fordert.

[0113] Die in [Fig. 5](#) gezeigte Anordnung weist zwei Vorteile auf.

[0114] Zunächst führt sie zu einem Glätten der von den Windkraftanlagen **20** gelieferten Gesamtleistung, das natürlich im Gleichstromnetz erfolgt.

[0115] Andererseits führt ein Ausfall eines Gleichstrom-/Wechselstrom-Umrichters **23** nicht zum Stillstand einer Windkraftanlage.

[0116] Diese Anordnung ermöglicht es schließlich, für die Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter **23** Standardmodule zu verwenden. Das Basismodul ist beispielsweise ein Einheitsmodul von 1 MVA.

[0117] Wie vorangehend angegeben ist, kann die Energiespeichereinrichtung **22** weggelassen werden. In diesem Fall sind die Ausgänge der Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter parallel geschaltet und gegebenenfalls über einen Transformator mit dem Netz **32** verbunden.

[0118] Auch kann eine andere Anordnung angestrebt sein, die in [Fig. 6](#) dargestellt ist.

[0119] Bei dieser anderen Anordnung ist jede Windkraftanlage **20** mit einem Wechselstrom-Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter **71** und gegebenenfalls mit einem Aufwärtstransformator **72** am Ausgang verbunden. Die Verbindung zwischen den Windkraftanlagen erfolgt also im Bereich des Wechselstromnetzes **32**. Auch kann zwischen den Ausgängen der parallel geschalteten Umrichtern **71** und dem Netz **32** ein Transformator vorgesehen sein.

[0120] Der Umrichter **71** enthält einen Wechselstrom-/Gleichstrom-Umrichter **23** und einen Gleichstrom-/Wechselstrom-Umrichter **27**.

[0121] Auch können weitere Anordnungen angestrebt sein, bei denen zumindest eine Energiespeichereinrichtung vorgesehen ist, wie sie in [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) dargestellt ist.

[0122] [Fig. 7](#) zeigt eine ähnliche Anordnung wie [Fig. 6](#), bei der eine Kinetikenergiespeichereinrichtung **73** zwischen dem Wechselstrom-/Gleichstrom-Umrichter **23** und dem Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter **27** zwischengeschaltet ist. Sie wird ausgehend vom Gleichstromnetz zwischen diesen beiden Umformern gespeist und ermöglicht es, Energie zu speichern und zu entnehmen, die von der bzw. den Windkraftanlagen geliefert wird.

[0123] Die Speichereinrichtung **73** setzt sich aus zumindest einem umkehrbaren Gleichstrom-/Wechselstrom-Umrichter **34** zusammen, mit dem zumindest ein Wechselstrommotor **35** gespeist wird, der zumindest ein betragsmäßig hohes Trägheitselement **36** antreibt.

[0124] Mit dieser Einrichtung kann die dem Netz **32** gelieferte Energie geglättet werden, indem eine schwankende Leistung und Energie gespeichert und entnommen wird, die von den Windkraftanlagen in Form von kinetischer Energie geliefert wird.

[0125] [Fig. 8](#) zeigt eine ähnliche Anordnung wie [Fig. 5](#), bei der die Energiespeichereinrichtung **22** weggelassen wurde und eine Kinetikenergiespeichereinrichtung **73** vorgesehen ist.

[0126] Diese Einrichtung **73** ist zwischen den Wechselstrom-/Gleichstrom-Umrichtern **23** und den Gleichstrom-/Wechselstrom-Umrichtern **27** angeschlossen.

[0127] Die Ausgänge der Gleichstrom-/Wechselstrom-Umrichter **27** sind parallel geschaltet und gegebenenfalls über einen Transformator **72** an das Netz **32** angeschlossen.

[0128] Die erfindungsgemäße Energieerzeugungseinrichtung findet bei jeglicher Art von Windkraftanlage Anwendung, insbesondere bei Anlagen mit im wesentlichen horizontaler oder im wesentlichen vertikaler Achse.

[0129] Ferner können die vorangehend beschriebenen Umrichter zwischen einem einer Windkraftanlage zugeordneten Wechselstromgenerator beliebiger Art und dem Netz vorgesehen sein. Mit anderen Worten können diese Umrichter auch dazu verwendet werden, an das Netz eine Windkraftanlage anzuschließen, deren Wechselstromgenerator nicht unbedingt von diskoidaler Art ist.

[0130] Ferner sind die anhand von [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) beschriebenen Anordnungen bei Windkraftanlagen verwendbar, die mit anderen Energieerzeugungseinrichtungen als die erfindungsgemäßen ausgestattet sind. Insbesondere können diese Anordnungen von Umrichtern und gegebenenfalls der Energiespeichereinrichtung bei Windkraftanlagen Anwendung finden, denen kein diskoidaler Wechselstromgenerator, sondern beispielsweise ein Asynchrongenerator zugeordnet ist.

[0131] Die nach den technischen Merkmalen eingefügten Bezugszeichen, die in den Ansprüchen aufgeführt sind, haben allein den Zweck, das Verständnis der Erfindung zu erleichtern und schränken nicht deren Umfang ein.

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Erzeugen von elektrischer Energie, die einer Windkraftanlage mit Flügeln (**5**) zugeordnet ist, die an einem Träger befestigt sind und den Rotor eines Generators (**6**, **40**) drehend antreiben, der vom diskoidalen Typ ist und aus zumindest einem Modul (**10**, **70**) mit zumindest einer Rotorscheibe (**7**, **42**, **43**) und einer Statorscheibe (**8**, **41**) besteht, die auf die Achse (**16**, **45**) des Trägers (**4**, **60**) der Flügel zentriert sind, wobei die Rotorscheibe (**7**, **42**, **43**) ohne mechanisches Übersetzungsgetriebe direkt an den Träger (**4**, **60**) der Flügel (**5**) gekoppelt ist und die Module (**10**, **70**) so zusammengefügt sind, dass sämtliche Rotor- und Statorscheiben coaxial angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger der Flügel aus dem Gehäuse (**60**) des Generators (**40**) besteht, das die Rotorscheibe bzw. Rotorscheiben (**42**, **43**) des Generators enthält.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Modul (**10**) eine Rotorscheibe (**7**) enthält, die zwischen zwei Statorscheiben (**8**) positioniert ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Modul (**70**) eine Statorscheibe (**41**) enthält, die zwischen zwei Rotorscheiben (**42**, **43**) positioniert ist.

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorscheibe bzw. Rotorscheiben (**7**; **4**, **43**) mit Permanentmagneten ausgestattet ist/sind.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Statorscheiben (**8**, **41**) am Rumpf (**3**) der Windkraftanlage befestigt sind.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Generator (**6**, **40**) und dem Netz ein Wechselstrom-Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer vorgesehen ist.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Umformer aus einem Gleichrichter und einem Wechselrichter zusammengesetzt ist, die beide nach dem Prinzip der Pulsbreitenmodulation gesteuert werden.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Windkraftanlage ein System zur gesamten Kontrolle der Funktionsparameter enthält.

9. Windkraftanlage mit einer Einrichtung zum Erzeugen von Energie nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und von der bestimmte Bauteile, insbesondere die Flügel (5), deren Träger (4, 60), der diskoidale Generator (6, 40) und/oder der Rumpf (3) separat ausgebildet und an der Spitze des Turms (1) der Windkraftanlage endgültig zusammengefügt werden.

10. Windpark mit Windkraftanlagen, die jeweils mit einer Einrichtung zum Erzeugen von elektrischer Energie nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und mit einem Wechselstrom-Gleichstrom-Umformer (23) ausgestattet sind, dessen Ausgang mit zumindest einem Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer (27) verbunden ist, wobei der gemeinsame Ausgang der Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer (27) mit dem Netz (32) verbunden ist.

11. Windpark nach Anspruch 10, mit einer Energiespeichereinrichtung (22) zwischen den Gleichstrom-Wechselstrom-Umformern (27) und dem Netz (32).

12. Windpark nach Anspruch 10, mit zumindest einer Kinetikenergiespeichereinrichtung (73), die mit der am Ausgang des bzw. der Wechselstrom-Gleichstrom-Umformer (23) abgenommenen Gleichspannung gespeist wird.

13. Windpark nach Anspruch 12, bei welcher die Kinetikenergiespeichereinrichtung bzw. -einrichtungen (73) zumindest einen Wechselstrommotor (35) enthält/enthalten, welcher zumindest ein Trägheitselement antreibt und von zumindest einem umkehrbaren Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer (34) gespeist wird, der selbst an den Ausgang des bzw. der Wechselstrom-Gleichstrom-Umformer (23) angeschlossen ist.

14. Windpark nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei die genannten Wechselstrom-Gleichstrom-Umformer (23) aus einem Gleichrichter bestehen, der nach dem Prinzip der Pulsbreitenmodulation gesteuert wird.

15. Windpark nach einem der Ansprüche 10 bis 14, wobei die genannten Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer (27) aus einem Wechselrichter bestehen, der nach dem Prinzip der Pulsbreitenmodulation gesteuert wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

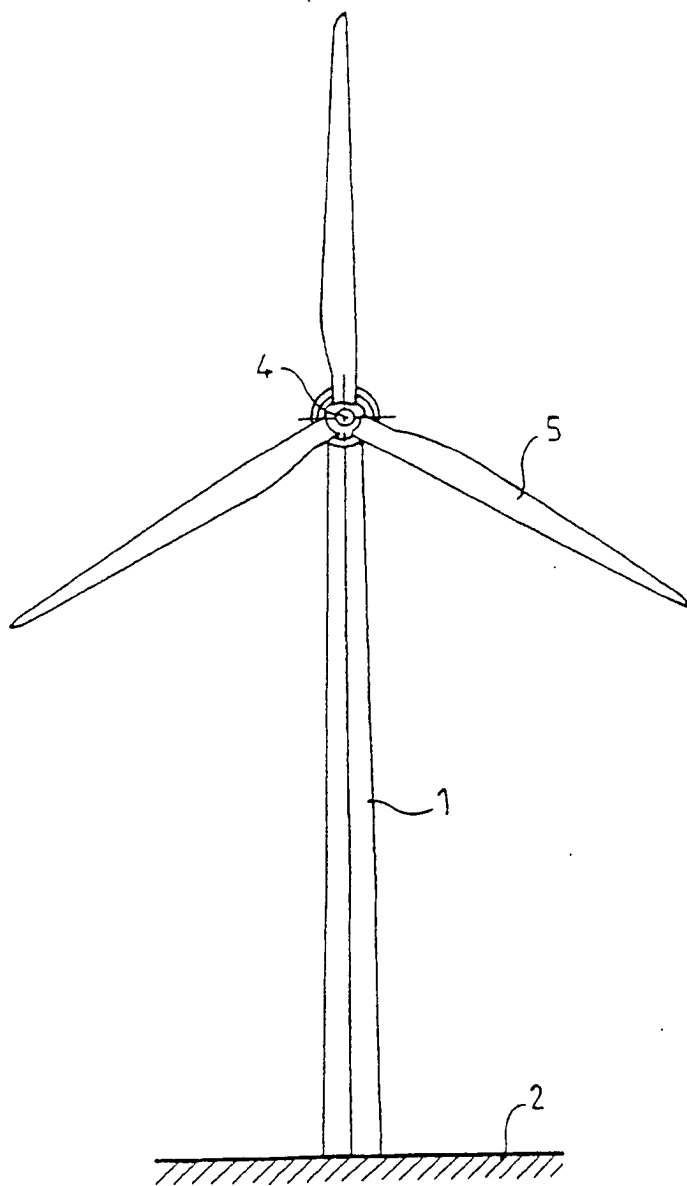


FIG. 1

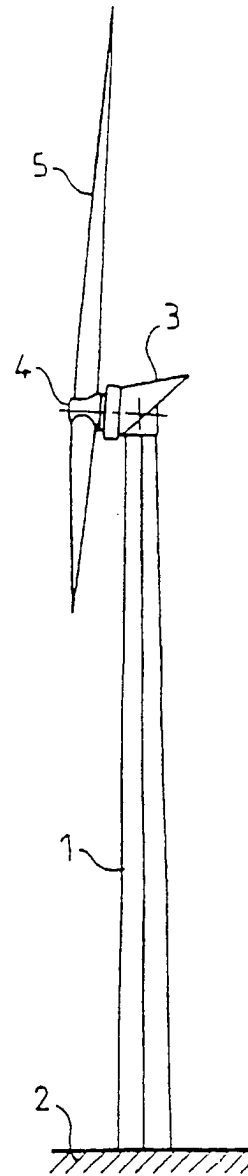


FIG. 2

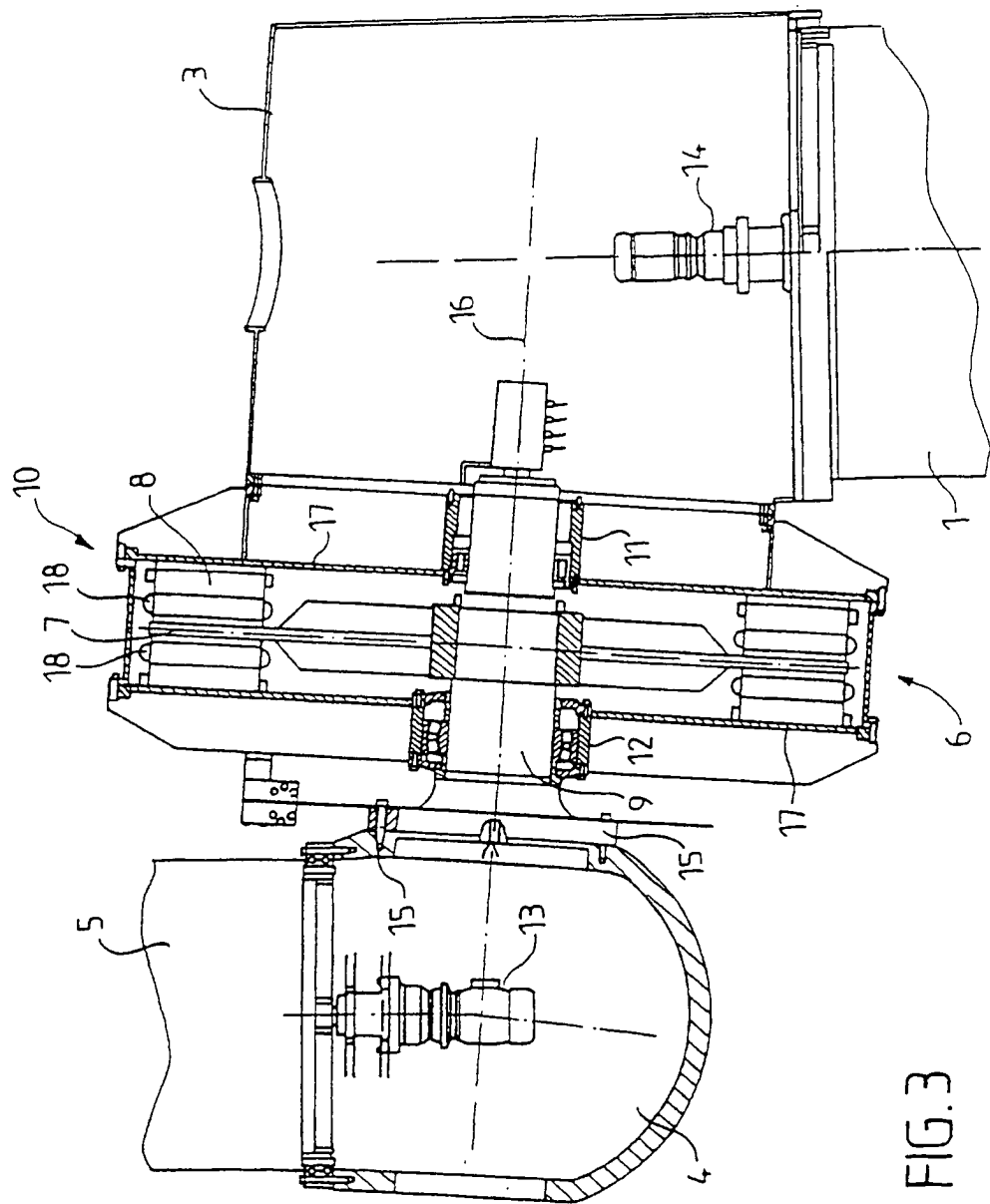
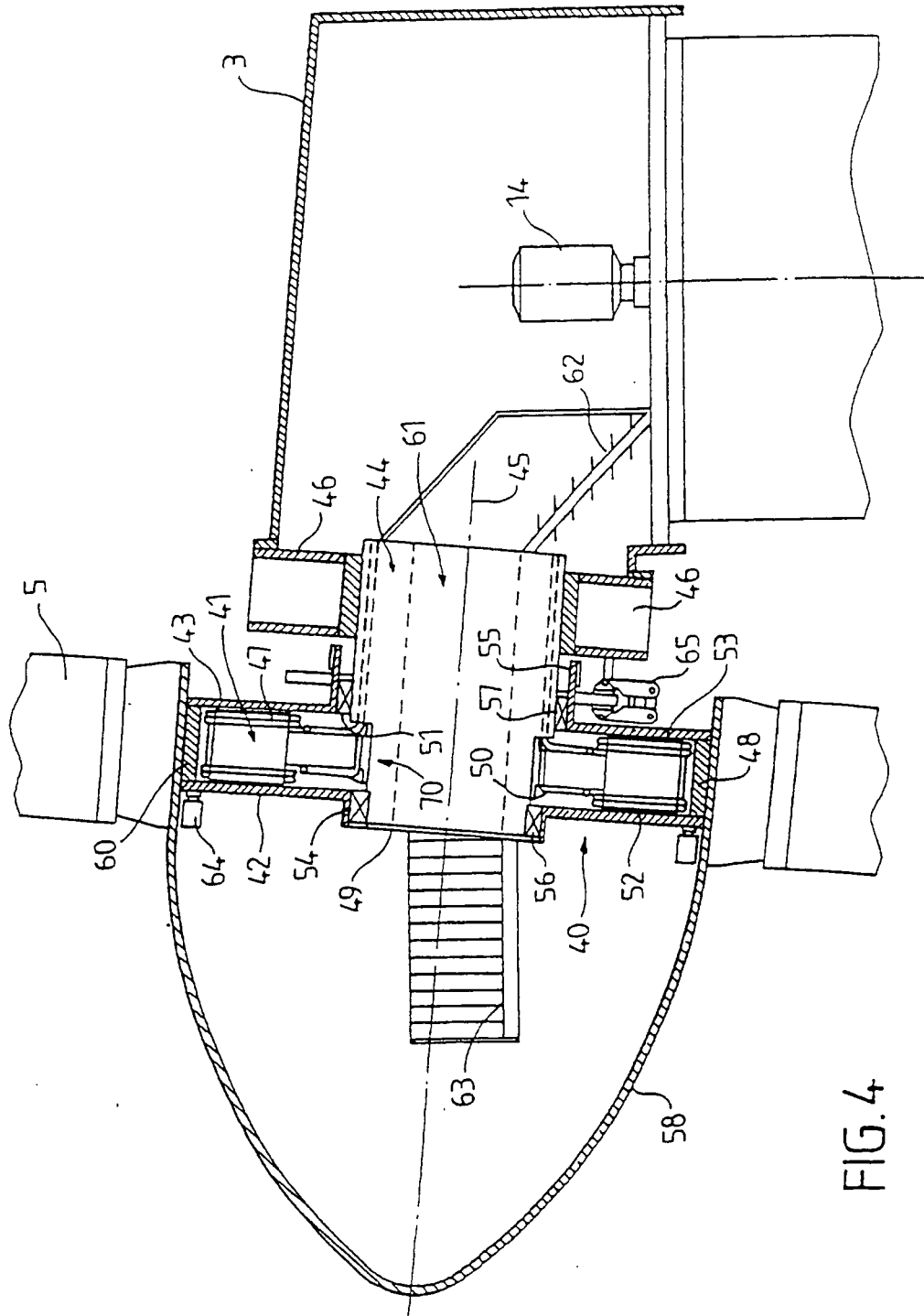


FIG. 3



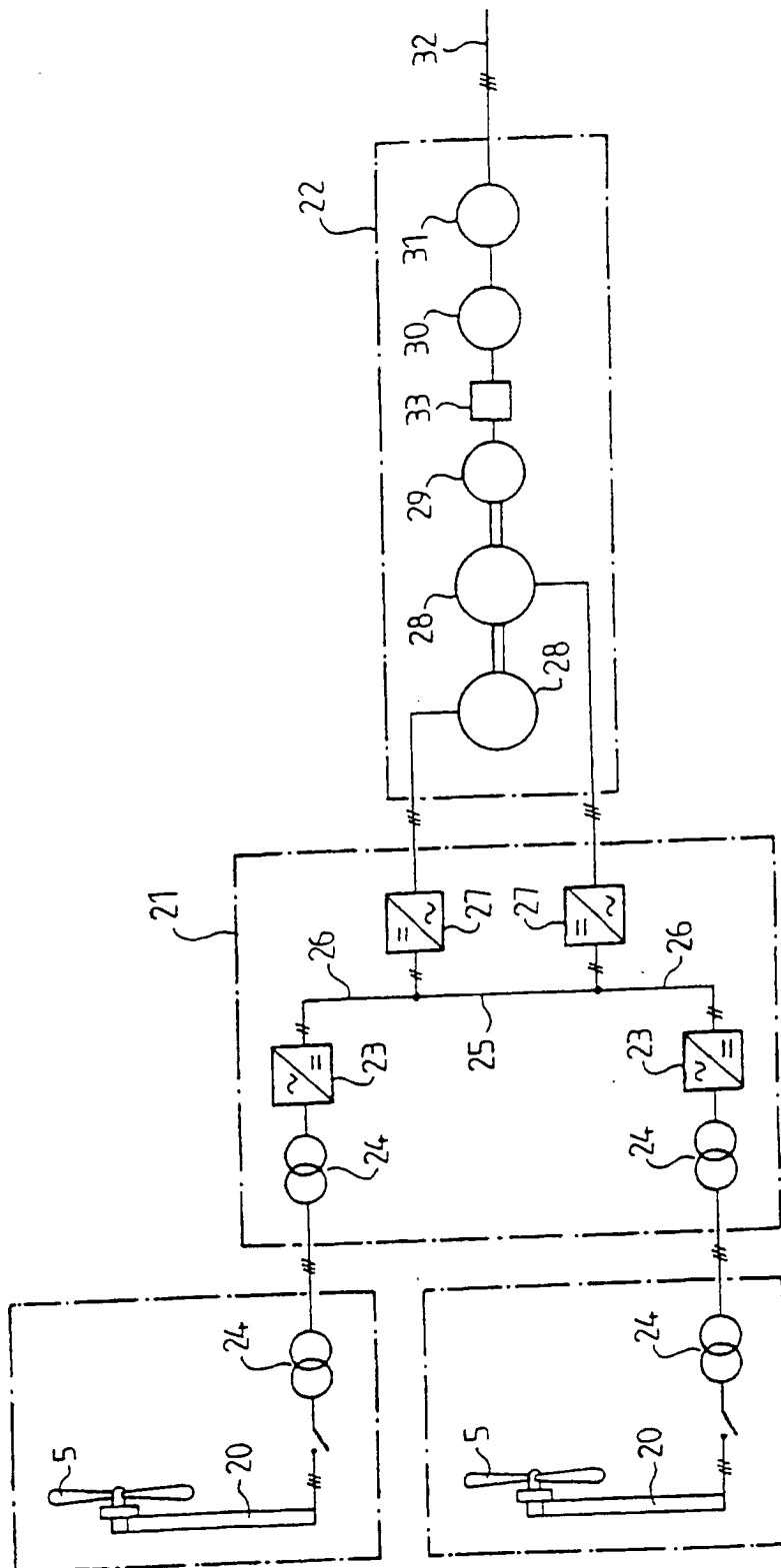


FIG. 5

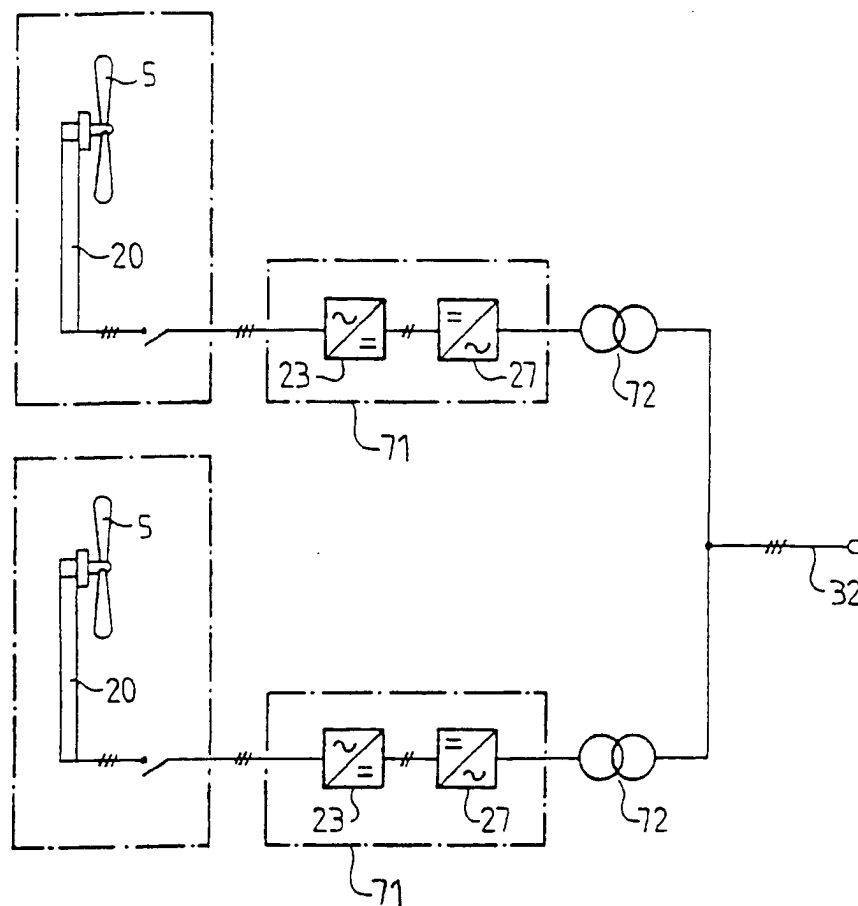


FIG. 6

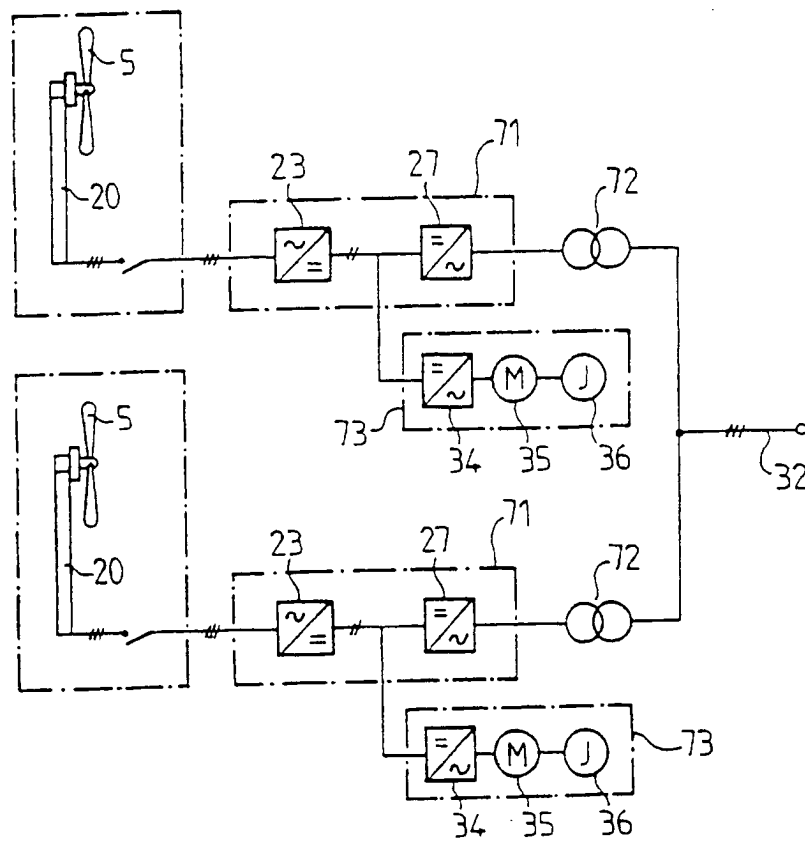


FIG. 7

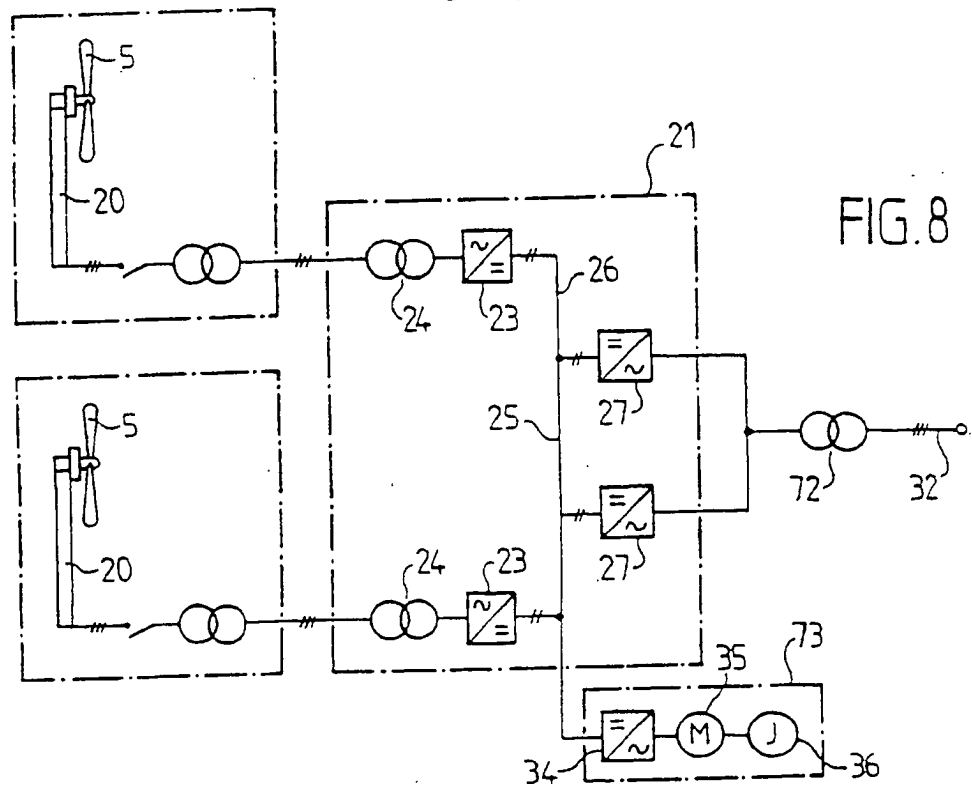


FIG. 8