



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **221 505 A1**

4(51) F 03 D 7/02

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP F 03 D / 256 471 8

(22) 09.11.83

(44) 24.04.85

(71) VEB Energiekombinat Rostock, 2500 Rostock, Bleicherstraße 1, DD

(72) Pätz, Joachim; Siebert, Rainer; Czepluch, Klaus; Philipp, Otto, Dr.-Ing.; Kappner, Kurt, DD

(54) **Regeleinrichtung für Windkraftanlagen**

(57) Die Erfindung beinhaltet eine mechanische Regeleinrichtung für Windkraftanlagen, die in Abhängigkeit der angreifenden Windkräfte über einen großen Betriebsbereich eine konstante Drehzahl einhält, wobei eine Vorgabe der Nenndrehzahl von außen möglich ist und gleichermaßen eine Überlastung der Anlage ausgeschlossen werden kann. Die Lösung sieht vor, daß unter Ausnutzung der möglichen Veränderung des Propellerblatt-Anstellwinkels und der Veränderung ihres Flugkreisdurchmessers die Propellerblätter federelastisch gegenüber der Propellernabe gelagert sind und dazu über eine sinusförmige Steuerkurve zwangsgeführt werden und daß die Propellerblätter selbst untereinander konträr zusammengekoppelt sind und daß das Koppelglied mit einer Verstelleinrichtung wirkungsverbunden ist. Mit diesen Maßnahmen ist eine automatische Konstanthaltung an die vorgegebene Nenndrehzahl unabhängig der verfügbaren Windenergie möglich. Gleichermaßen kann von außen die Einstellung der Propellerblätter jederzeit beeinflußt werden. Die vorgeschlagene Einrichtung eignet sich besonders für horizontal angeströmte Windkraftanlagen mit Propellern großer Dimensionen. Figur

Titel der Erfindung:

Regeleinrichtung für Windkraftanlagen

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung betrifft eine Regeleinrichtung für Windkraftanlagen mit horizontal angeströmtem Windrad, dessen Rotorblätter zum Zwecke der Drehzahlregelung und Sturmsicherung verstellbar ausgeführt sind und in direkter Wechselbeziehung zur Regeleinrichtung stehen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

10 Allgemein sind Windkraftanlagen mit verstellbaren Rotorblättern bekannt. Ihre Verstellung erfolgt mittels separater mechanischer oder hydraulischer Verstellmechanismen.

In der DE-OS 3217765 wird vorgeschlagen, die Verstellung der Rotorblätter unter Ausnutzung der wirksamen Zentrifugalkräfte 15 te mittels einer Federeinrichtung und einem nicht selbsthemmenden Gewinde vorzunehmen.

Obwohl dieses System gegenüber dem übrigen Stand der Technik Vorteile bietet, ist festzustellen, daß mit dieser Anlage nur ein optimaler Betriebspunkt (Nennzahl) angefahren werden 20 kann. Eine Anpassung an andere Drehzahlbereiche unabhängig der zur Verfügung stehenden Windenergie ist nicht möglich.

Das gleiche trifft auch auf das Anfahrverhalten der Anlage zu, da mit der vorgeschlagenen Einrichtung eine Vorgabe des Anstellwinkels nicht möglich ist. Weiterhin ist festzustellen, daß dieses Regelsystem nur für relativ kleine Windkraftanlagen geeignet ist. Das hat seine Ursache in der fehlenden Möglichkeit eines Kraftausgleichs bezüglich der freiwerdenden Massenkräfte, die beim Durchlaufen des oberen bzw. unteren Flugkreises unter Berücksichtigung der Erdanziehungskraft 25

30 kraft G wirksam werden.

Bei größeren Anlagen führt dieser Effekt mit Sicherheit zu Unwuchten und damit zur Laufunruhe und letztendlich zum Ausfall der Anlage.

Ziel der Erfindung:

5 Das Ziel der Erfindung ist es, eine einfache mechanische direkt auf die Propellerblätter wirkende Regeleinrichtung zu schaffen, die unabhängig der angreifenden Windkräfte ein Konstanthalten einer vorgegebenen Nenndrehzahl ermöglicht, eine Überlastung der Anlage verhindert und ein günstiges An-
10 laufverhalten bei niedrigen Windgeschwindigkeiten zeigt. Gleichzeitig ist die Möglichkeit einer zeitweiligen Energiespeicherung zu schaffen, um unterschiedliche Windgeschwindigkeiten effektiv auszunutzen, um damit eine hohe Frequenzstabilität zu sichern und eine große Laufruhe zu erreichen.

15 Wesen der erfindungsgemäßen Lösung:

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Entwicklung einer mechanischen direkt mit den Propellerblättern in Wirkungsbeziehung stehenden Regeleinrichtung zur Konstanthaltung einer vorgegebenen Nenndrehzahl. Die Propellerblätter sollen dazu
20 in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Windenergie stets einen optimalen Anströmwinkel einnehmen. Besonders für die Anlaufphase ist eine Vorgabe des günstigsten Anströmwinkels von außen zu ermöglichen, wie auch eine Sturmeinstellung möglich sein muß. Weiterhin ist für die Kompensation
25 der angreifenden Massen- und Zentrifugalkräfte ein Energiespeicher vorzusehen, mit dem die Überbrückung von Windschwankungen möglich ist. Dazu ist die Regeleinrichtung mit einem System auszustatten, bei dem neben der Veränderung des Anströmwinkels eine radiale Verstellung der Propellerblätter
30 mit gegenseitigem Kraftausgleich möglich ist.

Die erfindungsgemäße Lösung sieht vor, daß die Propellerblätter einzeln in einer Propellernabe radial und winkelverstellbar gelagert und mittels einer Steuerkurve kinematisch mit der Propellernabe wirkungsverbunden ist. Gleichzeitig
35 ist vorgesehen, daß die einzelnen Propellerblätter gegenüber der Propellernabe mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch

federelastisch abgestützt werden und daß sie zueinander konträr über ein gemeinsames von außen verstellbares Koppelglied kinematisch gekoppelt sind. Zur Verstärkung des dabei erzielbaren Energiespeichereffektes kann die Masse der Propellerblätter durch zusätzliche an den Propellerblättern angeordnete Massen erhöht werden.

Die vorgesehene Steuerkurve besitzt einen solchen Bahnverlauf, daß sie den Flügellagerzapfen konzentrisch umschließt und einen Blattanstellwinkel von $\pm 0-90$ Grad zuläßt. Die Amplitude der Kurve bestimmt sich aus dem vorgesehenen veränderbaren Flugkreisdurchmesser der Propellerblätter. Entsprechend dem vorgegebenen Kurvenverlauf ist als federelastisches energiespeicherndes Abstützelement eine Feder am Hydraulik- oder Pneumatikzylinder vorgesehen, deren Federweg bzw. Hub größer ist als der maximal auszuführende radiale Hub der Propellerblätter.

Als gemeinsames Koppelglied für die konträre Kopplung der Propellerblätter untereinander ist ein auf der Propellerwelle drehbar gelagertes Stellrad vorgesehen, an dem die einzelnen Flügellagerzapfen über eine Schubkurbel angekoppelt sind. Die Ankopplung der Schubkurbel ist so gelöst, daß zur Erzielung der konträren Wirkungsrichtung alle Schubkurbeln im gleichen Drehsinn tangential an das Stellrad und auf der Flügellagerzapfenseite an einen Anschlußzapfen mit Axiallager angekoppelt sind. An Stelle des Schubkurbelmechanismus können auch eine hydraulische oder pneumatische Verkopplung vorgenommen werden.

Das Stellrad selbst ist zur Beeinflussung des erforderlichen Betriebspunktes (Nenn Drehzahl, Anfahrstellung, Sturmstellung) mit einem von außen ansteuerbaren Stellmotor wirkungsverbunden.

Die vorgeschlagene Regeleinrichtung hat den Vorteil, daß auf Grund des großen Arbeitsbereiches der Anlage, unabhängig der verfügbaren Windenergie, eine weitestgehende Konstanthaltung einer bestimmten Nenn Drehzahl möglich ist. Gleichzeitig wird durch die konträre Zusammenkopplung der einzelnen Propellerblätter die angreifenden Zentrifugalkräfte sowie die wirksam

werdende Erdanziehungskraft G beim Durchlaufen des oberen und unteren Propellerflugkreises kompensiert bzw. bei Windschwankungen in Form einer zeitweiligen Energiespeicherung zur Kompensation der Drehzahlschwankungen erfolgreich genutzt. Durch 5 die Anordnung zusätzlicher Massen an den Propellerblättern kann dieser Effekt noch verstärkt werden. Damit wird eine hohe Laufruhe der Anlage gewährleistet, eine Überlastung verhindert und der einfallende Wind effektiv ausgenutzt werden. Dieser Vorteil wirkt sich besonders im Generatorbetrieb günstig aus. 10

Ausführungsbeispiel:

Nachfolgend soll das System der Regeleinrichtung an einer Prinzipdarstellung nochmals verdeutlicht werden.

Die Abbildung zeigt den Aufbau der Lagerung der Propellerblätter 1 in der Propellernabe 2. Die Propellerblätter 1 sind jeweils in einem Doppellager 13, 13' drehbar und radial verstellbar gelagert. Gleichzeitig erfolgt eine Zwangsführung mittels der Steuerkurve 6 auf dem Flügelzapfenlager 3 in Verbindung mit dem Führungsring 7 in der Propellernabe 2. Zwischen der Steuerkurve 6 und dem Lager 13' wird 20 das Propellerblatt 1 durch eine vorgespannte Feder 5 zentripetal belastet.

Die konträre Kopplung der einzelnen Propellerblätter 1 erfolgt über das Stellrad 9 auf der Propellerwelle 8, an welcher 25 die einzelnen Schubkurbeln 11 angekoppelt sind, die ihrerseits über die Anschlußzapfen 12 und Axiallager 4 mit dem Flügellagerzapfen 3 zusammengekoppelt sind. Das Stellrad 9 dient gleichzeitig der Vorgabe eines bestimmten Betriebspunktes (Nenn Drehzahl, Anfahrstellung, Sturmstellung), 30 die mittels des Stellmotors 10 von außen eingegeben werden kann.

Im Betrieb funktioniert die Regeleinrichtung wie folgt:

Ausgehend von der erforderlichen Nenn Drehzahl wird mittels des Stellmotors 10 das Stellrad 9 in die erforderliche Einstellung 35 gebracht. (Diese Grundeinstellung bleibt während des Betriebes der Anlage unverändert.) Mit dieser Einstellung wird gleichzeitig der Anstellwinkel der Propellerblätter 1 in einer bestimmten Größe eingegeben. Dementsprechend

wird die Feder 5 mit einer ganz bestimmten Federkraft ausgestattet, die im vorgesehenen Betriebspunkt einen Gleichgewichtszustand zwischen den angreifenden Kräften sichert. Tritt während des Betriebes eine positive oder negative Veränderung der Windstärke auf, so bewirkt das eine Veränderung der Drehzahl gegenüber der Nenndrehzahl. In der Folge verändert sich gleichzeitig die Zentrifugalkraft. Zwischen dieser und der Spannkraft der Feder 5 tritt ein Ungleichgewicht ein. Diese Abweichung vom Gleichgewichtszustand wird jetzt durch die Feder 5 ausgeglichen, indem der Flügellagerzapfen 3 über die Steuerkurve 6 in die Propeller-nabe 1 ein- oder radial ausgefahren wird. Mit dieser Hubbewegung wird gleichzeitig über die Steuerkurve 6 und den Führungsring 7 ein neuer Anstellwinkel der Propellerblätter 1 eingestellt, so daß im Ergebnis dieser Korrektur wieder ein kinetischer Gleichgewichtszustand erreicht und die vorgegebene Nenndrehzahl wieder hergestellt wird. Da neben den Zentrifugalkräften auf die Feder 5 auch die aus den Massenkräften resultierende Erdanziehungskraft G einwirkt, ist es notwendig, zur Erreichung eines unwuchtfreien Laufes diese Kraftkomponente ebenfalls zu kompensieren. Diese Kompensation geschieht durch die konträre Kopplung der Propellerblätter 1 zueinander (alle Schubkurbeln 11 sind im gleichen tangentialen Anschlußwinkel an dem Stellrad 9 angekoppelt). Die Summe der Zentrifugalkraft und der Erdanziehungskraft G jedes Propellerblattes 1, bezogen auf den oberen und unteren Flugkreis des Propellers, bewirkt beim Durchlaufen desselben eine zeitweilige Veränderung des Propelleranstellwinkels (Atmen). Hierbei wirkt im oberen Flugkreis die Zentrifugalkraft negativ auf die Erdanziehungskraft G , wogegen sie im unteren Flugkreisdurchmesser sich mit dieser summiert.

Wie bereits bei der Anpassung an die jeweilige Windkraft wird durch die konträre Kopplung der Propellerblätter 1 die Wirksamkeit der Erdanziehungskraft G kompensiert und somit ein unwuchtfreier Lauf der Anlage gesichert. Gleichzeitig ergibt sich der Vorteil, daß beim Abfall der Windkraft die Propellerblätter einen kleineren Flugkreis bilden und damit die angreifenden Massenkräfte einen zusätzlichen Drehimpuls

auslösen (Pirouetteneffekt), der somit die kinetisch gespeicherte Energie zur Überwindung der Drehzahlschwankung freisetzt. Durch die Anordnung zusätzlicher Massen an den Propellerblättern 1 kann dieser Effekt bewußt genutzt und verstärkt werden.

Mit der beschriebenen Regeleinrichtung ist damit gesichert, daß der Abgriff einer konstanten vorgegebenen Drehzahl über einen relativ großen Bereich abgegriffen werden kann. Außerdem verschafft sie dem Betreiber die Möglichkeit, die Anlage bei relativ geringen Windgeschwindigkeiten durch äußere Beeinflussung des Anstellwinkels der Propellerblätter problemlos anzufahren. Weiterhin ist die Regeleinrichtung in der Lage, bei Überschreitung eines vorbestimmten Maximalwertes der Windgeschwindigkeit automatisch die Sturmstellung der Propellerblätter herzustellen bzw. mittels des Stellmotors von außen einzugeben. Damit wird die Betriebssicherheit der Anlage vergrößert und eine Beschädigung in Sturmsituationen verhindert. Dieser Vorteil wie alle übrigen Vorteile wirken sich besonders günstig bei großen Windkraftanlagen aus.

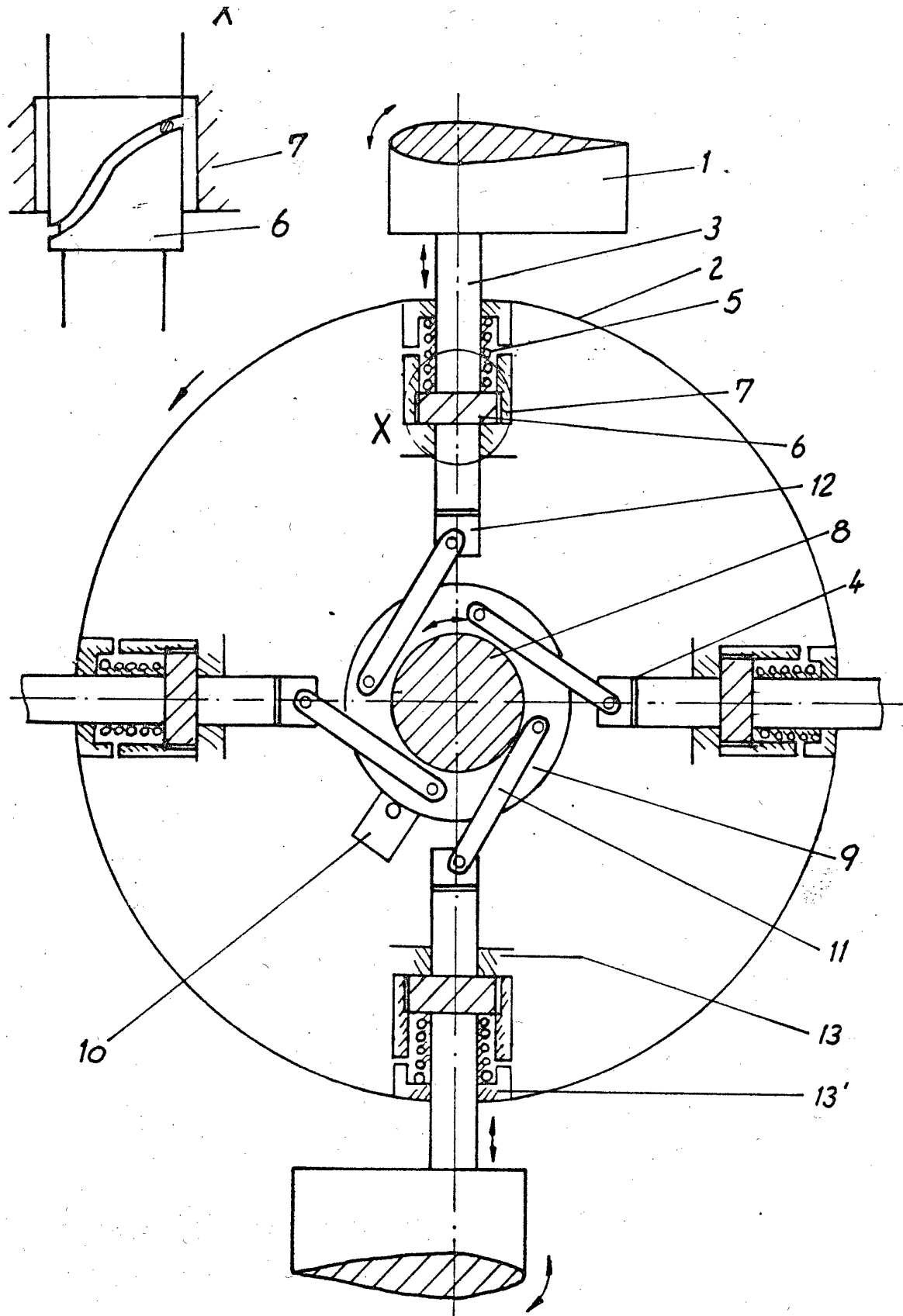
Erfindungsansprüche:

1. Regeleinrichtung für Windkraftanlagen, insbesondere zur Drehzahleinstellung, Drehzahlkonstanthaltung und Schutz vor Überlastung, vorzugsweise bei horizontal angeströmten Propellern in Abhängigkeit der angreifenden Windkraft, gekennzeichnet dadurch, daß die Propellerblätter (1) dreh- und im Zusammenwirken mit einer Steuerkurve (6) radial gegen eine Feder mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch verstellbar in der Propellernabe (2) gelagert zueinander konträr zusammengekoppelt sind und/oder daß das Koppelglied mit einer von außen ansteuerbaren Verstelleinrichtung wirkungsverbunden ist.
2. Regeleinrichtung gemäß Punkt 1., gekennzeichnet dadurch, daß die Propellerblätter (1) gegenüber der Propellernabe (2) mittels einer Feder (5) federelastisch abgestützt sind.
3. Regeleinrichtung nach Punkt 1., gekennzeichnet dadurch, daß die Steuerkurve (6) auf dem Flügellagerzapfen (3) der Propellerblätter (1) angeordnet ist und daß sie eine Bahnführung aufweist, die eine Veränderung des Anstellwinkels der Propellerblätter (1) von $\pm 0-90$ Grad zuläßt und daß ihre Amplitude dem vorgegebenen radialen Verstellhub der Propellerblätter (1) entspricht.
4. Regeleinrichtung nach Punkt 1. und 2., gekennzeichnet dadurch, daß die Feder (5) im eingebauten Zustand über eine Federspannung verfügt, mit der die optimale Betriebsdrehzahl im Gleichgewicht steht.
5. Regeleinrichtung nach Punkt 1. und 4., gekennzeichnet dadurch, daß die Feder (5) im entspannten Zustand größer ist als der maximale radiale Hub der Propellerblätter (1).
6. Regeleinrichtung nach Punkt 1., gekennzeichnet dadurch, daß zur konträren Kopplung der Propellerblätter (1) auf der Propellerwelle (8) ein drehbar gelagertes Stellrad (9) angeordnet ist, an dem tangential in gleichsinniger Wirkungs-

richtung Schubkurbeln (11) angekoppelt sind, die mit dem Flügellagerzapfen (3) über einen Anschlußzapfen (12) mit Axiallager (4) zusammengekoppelt sind bzw. daß an Stelle des Schubkurbelantriebes eine hydraulische oder pneumatische Koppereinheit vorgesehen ist.

7. Regeleinrichtung nach Punkt 1. und 6., gekennzeichnet dadurch, daß zur Beeinflussung der Einstellung des Stellrades (9) in der Propellernabe (2) ein Stellmotor (10) angeordnet ist, der mit dem Stellrad (9) im Eingriff steht 10 und von außen ansteuerbar ist.

8. Regeleinrichtung nach Punkt 1., gekennzeichnet dadurch, daß zum wirksameren Drehzahlausgleich bei wechselnden Windverhältnissen an den Propellerblättern (1) zusätzliche Massen angeordnet sind.



12-1107 10:7 23 8. 1107