



- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

Bremssystem für eine Windturbine mit einem auf einem Turm in horizontaler Ebene drehbar gelagerten Maschinenhaus, wenigstens einer Feststellbremse (60) zur Arretierung des Maschinenhauses und einem elektrischen Azimutantrieb (40), wobei die Feststellbremse (60) über Mittel (50) zur Übertragung von Momenten und/oder Kräften und/oder Bewegungen so mit dem Azimutantrieb (40) verbunden ist, dass sie mit Hilfe eines zur Gieren des Maschinenhauses von dem Azimutantrieb (40) erzeugten Drehmoments und/oder einer hierfür erzeugten Kraft und/oder Bewegung betätigbar ist.

Bremssystem für eine Windturbine

Die Erfindung betrifft eine Bremsvorrichtung für eine Lagerung für Windturbinen, insbesondere betrifft die Erfindung eine Bremsvorrichtung von Windturbinen, bei denen das Maschinenhaus mit Hilfe eines Gleitlagers drehbar auf einem Turm gelagert ist.

5

Aus dem Stand der Technik sind vor allem zwei Prinzipien zur Lagerung des Maschinenhauses einer Windturbine auf ihrem Turm bekannt. Das erste Prinzip beruht darauf, das Maschinenhaus mit Hilfe eines Wälzlagers auf dem Turm drehbar zu lagern. Eine derartige Lagerung ermöglicht ein reibungsarmes Gieren des Maschinenhauses bei gewünschter Windnachführung der Rotorblätter.

10

Um die Gondel gegen ein unerwünschtes Gieren in Folge von schwankenden Windströmungsverhältnissen in Position zu halten, verfügen Systeme mit Wälzlager üblicher Weise über große Ring-Scheibenbremsen und hydraulisch beaufschlagbare Bremsbacken. Die Effizienz derartiger Anlagen zur Verhinderung unerwünschten Gierens ist ausreichend, auch die Zuverlässigkeit dieser Systeme ist - abgesehen von der Anfälligkeit hydraulischer Systeme zur Leckage - akzeptabel. Allerdings besteht der Nachteil derartiger Systeme u. A. in den relativ hohen Herstellungskosten für solch große Wälzlager und hierfür notwendige Bremsen.

15

Eine kosteneffizientere Ausgestaltung von Windturbinen kann im Vergleich hierzu mit Hilfe eines Gleitlagers erzielt werden, durch welches das Maschinenhaus auf dem Turm drehbar gelagert ist. Auch dieses „Gleitlager-Lösungsprinzip“ wird von mehreren Windturbinenherstellern verwendet.

20

Bei Windturbinen mit Gleitlagern muss jedoch dafür gesorgt werden, dass die Reibung der Gleitlagerung nicht zu gering ist, weil sonst ein unerwünschtes Gieren des Maschinenhauses aufgrund schwankender Windströmungsverhältnisse auftreten kann. Aus diesem Grund verfügen derartige Gleitlagerungen für Windturbinen üblicherweise über eine Vielzahl von Gleitvorrichtungen mit Hilfe

25

- 2 -

derer die Gleitreibung so eingestellt werden kann, dass ein unerwünschtes Gieren des Maschinenhauses verhindert wird.

Die Gleitreibung der Gleitlagerung ist vorgesehener Maßen groß genug, um ein unerwünschtes Gieren des Maschinenhauses selbst unter Einwirkung von starken
5 Windkräften zu verhindern, andererseits dürfen die Reibungskräfte nicht größer sein, als die Rotationskraft bzw. -moment, welche von dem Azimutantrieb aufgebracht werden kann, da sonst ein Gieren des Maschinenhauses zur Windnachführung schlicht nicht möglich wäre.

Das Konzept von Windturbinen mit Gleitlagern ist erfolgreich und bewirkt neben
10 den geringen Herstellungskosten zusätzlich auch eine hohe Zuverlässigkeit derartiger Systeme. Darüber hinaus sind Anlagen mit Gleitlagern aufgrund ihrer passiven Bremswirkung selbst bei Störfällen vor unerwünschtem Gieren des Maschinenhauses und damit vor möglichen Beschädigungen geschützt.

Wie oben beschrieben ist es erforderlich, groß dimensionierte und teure
15 Azimutantriebe verwendet werden müssen, um ein Gieren gegen die Gleitreibung zu ermöglichen. In dem vorliegenden tribologischen System kann es zu einer schnell alternierenden Wechselbewegung zwischen Haft- und Gleitreibung, dem sog. Stick-Slip-Effekt, beim Gieren kommen. Zudem provoziert die hohe Gleitreibung eine schnelle Materialermüdung und einen hohen Verschleiß. Eine
20 niedrigere Gleitreibung würde auf der anderen Seite jedoch die Gefahr eines unerwünschten Gierens in Kauf genommen werden.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Vorteile der Gleitlagerung für Maschinenhausgondeln zu Nutzen und die beschriebenen Nachteile zu verringern.

25 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Bremssystem für ein Azimutlager einer Windturbine, vorzugsweise für eine Windturbine mit Gleitlager gelöst, bei der das auf einem Turm in horizontaler Ebene drehbar gelagerte Maschinenhaus im Betriebsfall zunächst mit einer Feststellbremse arretiert und/oder gebremst ist. Dabei ist die Feststellbremse über Mittel zur Übertragung von Momenten und/oder

- 3 -

Kräften und/oder Bewegungen mit einem elektrischen Azimutantrieb verbunden. Auf diese Weise ist die Feststellbremse mit Hilfe eines zum Gieren des Maschinenhauses von dem elektrischen Azimutantrieb erzeugten Drehmoments und/oder durch eine von dem Azimutantrieb erzeugte Kraft und/oder durch eine
5 von dem Azimutantrieb erzeugte Bewegung betätigbar.

Vorzugsweise dient als Mittel zur Übertragung ein Hebel, aber auch andere Übertragungsmittel für Momente, Kräfte bzw. Bewegungen in Form von Wellen, Zahnrädern, Schnecken, hydraulischen oder pneumatischen Druckleitungen etc. sind als Teil der Erfindung zu sehen.

10 Vorzugsweise ist der Azimutantrieb neben der Feststellbremse auch mit dem Azimutgetriebe verbunden. Azimutantrieb, Feststellbremse und Azimutgetriebe sind dabei so auf der Gondel bzw. auf dem Turm angeordnet und so ausgebildet, dass ein im Bedarfsfall zum Gieren des Maschinenhauses erzeugtes Drehmoment und/oder Kraft und/oder Bewegung zunächst an die Feststellbremse zur deren
15 Lösung übertragen wird und erst bei gelöster Feststellbremse an das Azimutgetriebe zum gewünschten Gieren des Maschinenhauses übertragen wird.

Vorzugsweise ist dabei das Gehäuse des Azimutantriebes mit dem Maschinenhaus verbunden, während das vorzugsweise als Drehkranz ausgebildete Azimutgetriebe fest mit dem Turm der Windturbine verbunden ist.
20 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung betrifft jedoch auch ein Bremssystem für eine Windturbine, bei dem das Azimutgetriebe mit dem Maschinenhaus und der Azimutantrieb mit dem Turm der Anlage verbunden sind.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante ist das Gehäuse des Azimutantriebes in der Rotationsebene seines Planetengetriebes drehbar lagernd
25 mit dem Maschinenhaus verbunden. Wegen des hohen Reibungswiderstandes des Maschinenhauses auf dem Turm bewirkt diese Lagerung des Azimutantriebs, dass das zum Gieren des Maschinenhauses erzeugte Drehmoment zunächst nicht um Gieren der Gondel, sondern zu einer Rotation des Azimutantriebes um sich selbst, in der Rotationsebene seines Planetengetriebes, führt.

- 4 -

Ist das Gehäuse, gemäß einer weiteren Ausführungsvariante, über einen Hebel mit der Feststellbremse des Maschinenhauses verbunden, so wird erfindungsgemäß zunächst das vom Azimutantrieb erzeugte Drehmoment an die Feststellbremse zu deren Lösung übertragen. Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Azimutantrieb nur um einen vorgegebenen Winkel in positiver und in negativer Drehrichtung (d. h. gegen oder mit dem Uhrzeigersinn) gegenüber dem Maschinenhaus drehbar gelagert. Dies bewirkt, dass der Azimutantrieb nach Erreichen des maximalen Drehwinkels nicht weiter um sich selbst rotiert und damit sein Drehmoment über sein Abtriebsrad zum Gieren des Maschinenhauses an den Drehkranz des Azimutgetriebes überträgt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Gehäuse des Azimutantriebes nicht rotierbar, fest mit dem Maschinenhaus verbunden. Zur Verwirklichung des erfinderischen Bremssystems kommt in diesem Falle ein selbständig erfinderischer Azimutantrieb zum Einsatz. Ein solcher Azimutantrieb verfügt gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform über ein Gehäuse, in welchem das Hohlrad des Planetengetriebes in der Rotationsebene des Planetengetriebes drehbar gelagert ist. Eine solche Lagerung des Hohlrades bewirkt, dass das zum Gieren des Maschinenhauses erzeugte Drehmoment zunächst nicht zum Gieren der Gondel, sondern zu einer Rotation des Hohlrades des Planetengetriebes um sich selbst führt. Diese Rotation des Hohlrades wird erfindungsgemäß dazu verwendet, die Feststellbremse des Maschinenhauses – analog zur o. g. Weise – zu lösen.

Vorzugsweise ist hierfür das Hohlrad des Planetengetriebes über einen Hebel mit der Feststellbremse so verbunden, dass der Hebel eine durch die Rotation des Hohlrades erzeugte Kraft zur Lösung der Feststellbremse überträgt.

Neben einem einfachen Hebel sind gemäß weiteren Ausführungsvarianten auch hydraulische oder pneumatische Mechanismen vorgesehen, wobei allen Varianten das Prinzip innewohnt die Rotationskraft des Hohlrades des Planetengetriebes oder wie zuvor schon beschrieben des rotierenden Gehäuses des Planetengetriebes zu nutzen, um eine oder mehrere Feststellbremsen des Maschinenhauses zu lösen.

- 5 -

Um nach einem Lösen der Feststellbremse(n) ein Gieren des Maschinenhauses zu bewirken, muss die Rotation des Azimutantriebs bzw. des Hohlrades des Planetengetriebes auf einen vorgegebenen maximalen Drehwinkel begrenzt werden, sodass der Azimutantrieb bei Erreichen dieses maximalen Drehwinkels in
5 seiner Rotation blockiert wird und das zum Gieren des Maschinenhauses erzeugte Drehmoment / Kraft / Bewegung an den Drehkranz des Azimutgetriebes überträgt.

Gemäß einer besonders einfachen Ausgestaltung der Erfindung verfügt die Lagerung des Gehäuses des Azimutantriebs bzw. die Lagerung des Hohlrades des Planetengetriebes über einen mechanischen Stopper, welcher den maximalen
10 Drehwinkel in positiver und in negativer Drehrichtung vorgibt. Ist das Gehäuse des Azimutantriebes gelagert, so ist der mechanische Stopper vorzugsweise mit dem Maschinenhaus verbunden. Ist das Hohlrad des Planetengetriebes drehbar gelagert, ist der mechanische Stopper vorzugsweise mit dem Gehäuse des Azimutantriebes verbunden. Der mechanische Stopper ist gemäß einer weiteren
15 Ausführungsvariante durch den Hebel gebildet, welcher mit der Feststellbremse verbunden ist.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante wird eine Rotation des Gehäuses des Azimutantriebes bzw. des Hohlrades des Planetengetriebes bei Erreichen des maximalen Drehwinkels mit Hilfe einer passiv angesteuerten,
20 aktiven Bremse blockiert. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist zur Blockierung der Rotation bei Erreichen eines maximalen Drehwinkels eine hydraulische beaufschlagte Bremse vorgesehen. Eine solche passiv angesteuerte, aktive Bremse wird vorzugsweise durch einen Sensors ausgelöst, welcher bei Erreichen des maximalen
25 Drehwinkels ein Brems-Signal zur Blockierung des Gehäuses des Azimutantriebes bzw. des Hohlrades des Planetengetriebes an die aktive Bremse überträgt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Azimutantriebes ist das im Gehäuse des Azimutantriebes gelagerte Hohlrad des Planetengetriebes über eine zwischen Hohlrad und Gehäuse angeordnete passive hydraulische Kupplung gedämpft. Im
30 Falle eines mit Hilfe einer hydraulischen Kupplung gedämpften Azimutantriebes dient vorzugsweise ein mechanischer Stopper zur Begrenzung des maximalen

- 6 -

Drehwinkels; besonders bevorzugt dient der mit der Feststellbremse verbundene Hebel als mechanischer Stopper.

Ein weiterer, selbständig erfinderischer Aspekt des Bremssystems betrifft die Feststellbremse(n) des Maschinenhauses. Um auch bei Störfällen sicher zu sein, ist die Feststellbremse vorzugsweise so ausgebildet, dass sie autoaktiv ist, was bedeutet, dass sie ohne äußere Beeinflussung aktiviert ist und das Maschinenhaus gegen ein unerwünschtes Gieren schützt. Vorzugsweise weist die Feststellbremse wenigstens einen Reibbelag, einen Anpressstempel und einer Rückstellfeder auf, wobei die Feststellbremse im eingebauten Zustand durch die Rückstellkraft der Rückstellfeder eine Arretierung der Gondel bewirkt. Besonders bevorzugt ist der Anpressstempel im eingebauten Zustand der Feststellbremse direkt oder indirekt über einen Hebel oder eine sonstige Kraftübertragungsvorrichtung, wie zum Beispiel eine Druckleitung, mit dem Azimutantrieb verbunden. Durch eine Kraftübertragung über den Hebel bzw. die Kraftübertragungsvorrichtung wird entgegen der Rückstellkraft der Rückstellfeder die Arretierung des Maschinenhauses gelöst. Besonders bevorzugt ist die Feststellbremse so ausgestaltet, dass sie anstelle der üblichen Gleitvorrichtungen von Gleitlagern in die für diese vorgesehenen Aussparungen in einem Ringflansch einsetzbar sind. Auf diese Weise können Feststellbremsen für bestehende Windturbinen nachgerüstet werden.

Vorzugsweise verfügt die Feststellbremse über eine Dämpfung. Eine Dämpfung ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der Hebel zur Lösung der Feststellbremse als mechanischer Stopper des Azimutantriebes dient. Eine Dämpfung der Feststellbremse, ist allgemein sinnvoll, um einen Stick-Slip-Effekt beim Lösen der Feststellbremse und einsetzender Gieren des Maschinenhauses zu vermeiden.

Grundsätzlich ist das Prinzip zur Lösung der Feststellbremse(n) mit Hilfe der Rotationskraft des Azimutantriebes nicht nur für das Gleit- oder Wälzlager einem MASCHINENHAUS verwendbar, sondern das gleiche Prinzip ist ebenfalls auf das Pitchsystem der Rotorblätter, d. h. auf die Drehung der Rotorblätter um ihre Längsachse anwendbar und stellt einen weiteren erfinderischen Aspekt der Anmeldung dar.

- 7 -

Ein derartiges Bremssystem für ein Pitchlager einer Windturbine umfasst dabei wenigstens einen Pitchantrieb und eine Feststellbremse zum Arretieren und/oder Bremsen des Pitchlagers. Dabei ist die Feststellbremse über Mittel zur Übertragung von Momenten und/oder Kräften und/oder Bewegungen mit einem
5 Pitchantrieb verbunden. Auf diese Weise ist die Feststellbremse mit Hilfe eines zum Verstellen (Pitchen) der Rotorblätter von dem Pitchantrieb erzeugten Drehmoments und/oder durch eine von dem Pitchantrieb erzeugte Kraft und/oder durch eine von dem Pitchantrieb erzeugte Bewegung betätigbar.

Vorzugsweise dient als Mittel zur Übertragung ein Hebel, aber auch andere
10 Übertragungsmittel für Momente, Kräfte bzw. Bewegungen in Form von Wellen, Zahnrädern, Schnecken, hydraulischen oder pneumatischen Druckleitungen etc. sind als Teil der Erfindung zu sehen.

Vorzugsweise ist der Pitchantrieb neben der Feststellbremse auch mit einem Pitchgetriebe verbunden. Pitchantrieb, Feststellbremse und Pitchgetriebe sind
15 dabei so auf Rotorblatt bzw. Nabe angeordnet und so ausgebildet, dass ein im Bedarfsfall zum Pitchen der Rotorblätter erzeugtes Drehmoment und/oder Kraft und/oder Bewegung zunächst an die Feststellbremse zu deren Lösung übertragen wird und erst bei gelöster Feststellbremse an das Pitchgetriebe zum gewünschten Pitchen der Rotorblätter übertragen wird.

20 Vorzugsweise sind der Pitchantrieb fest mit der Nabe und das Pitchgetriebe in Form eines Drehkranzes fest mit einem Rotorblatt verbunden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der Pitchantrieb in der Rotationsebene seines Planetengetriebes drehbar lagernd mit der Nabe verbunden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist jedoch das Gehäuse des
25 Pitchantriebes nicht rotierbar mit der Nabe verbunden. Zur Verwirklichung des erfinderischen Bremssystems kommt in diesem Falle ein selbständig erfinderischer Pitchantrieb zum Einsatz. Da Azimutantriebe und Pitchantriebe prinzipiell gleich aufgebaut sind, entsprechen die bereits beschriebenen

- 8 -

Ausführungsvarianten der Azimutantriebe den unterschiedlichen Ausführungsvarianten für Pitchantriebe.

Ebenso sind gemäß weiteren Ausführungsvarianten Feststellbremsen vorgesehen, die für den Einbau in Pitchsysteme gemäß dem Stand der Technik ausgebildet sind. Die Ausführungsvarianten der Feststellbremsen für Pitchsysteme
5 entsprechen den Ausführungsvarianten der Feststellbremsen für Azimutlager.

Diese und weitere Aspekte der vorliegenden Erfindung sollen nun anhand der nachfolgenden Figurenbeschreibung näher erläutert werden. Es zeigen

- 10 Figur 1 eine perspektivische Ansicht eines Ringflansches für eine Windturbine mit eingesetzten Gleitvorrichtungen einer Gleitlagerung,
- Figur 2 eine Querschnittsdarstellung einer Gleitvorrichtung in eingebautem Zustand,
- 15 Figur 3 eine Querschnittsdarstellung einer ersten Ausführungsform einer Feststellbremse und einer ersten Ausführungsform eines Azimutantriebes oder Pitchantriebes in eingebautem Zustand,
- Figur 4 a), b) eine Querschnittsdarstellung und eine perspektivische Seitenansicht einer zweiten Ausführungsvariante der Feststellbremse,
- 20 Figur 5 eine Draufsicht als Prinzipskizze der Kraftübertragung der Rotationskraft des Azimut- oder Pitchantriebes auf die Feststellbremse gemäß Figur 4,
- Figur 6 a), b) zwei Querschnittsdarstellungen einer Feststellbremse gemäß einer dritten Ausführungsvariante in einer geöffneten und einer
25 geschlossenen Position,

- 9 -

Figur 7 a), b) zwei Querschnittsdarstellungen einer Feststellbremse gemäß einer vierten Ausführungsvariante in einer geöffneten und einer geschlossenen Position,

5 Figur 8 a) eine Querschnittsdarstellung eines Azimut- oder Pitchantriebes gemäß dem Stand der Technik,

Figur 8 b) eine Querschnittsdarstellung eines Azimut- oder Pitchantriebes mit drehbar gelagertem Hohlrad seines Planetengetriebes und Hydraulikkupplung,

10 Figur 8 c) eine Querschnittsdarstellung eines Azimut- oder Pitchantriebes mit drehbar gelagertem Hohlrad seines Planetengetriebes und aktiver Scheibenbremse, und

Fig. 9 eine Übersicht einer Schrittabfolge eines Betriebsverfahrens des Bremssystems beim Gieren.

15 Figur 1 zeigt einen Ringflansch 10 für eine Windturbine, welcher in eingebautem Zustand üblicher Weise fest mit dem Maschinenhaus einer Windturbine (bzw. mit der Nabe bei einem Bremssystem für das Pitchlager) verbunden ist und auf einem Drehkranz 32 aufliegt. Der Drehkranz 32 ist dabei in eingebautem Zustand üblicher Weise fest mit einem Turm einer Windturbine (bzw. mit einem Rotorblatt bei einem Bremssystem für ein Pitchlager) verbunden. In radial auf dem
20 Ringflansch 10 angeordneten Aussparungen oder Bohrungen 22 sind zylindrische Gleitvorrichtungen 20 eingesetzt.

25 Figur 2 zeigt die Wirkweise einer der in den Ringflansch 10 gemäß Figur 1 eingesetzten Gleitvorrichtung 20, durch welche die Gleitreibung des Gleitlagers der Windturbine justierbar ist. Die hier dargestellt Gleitvorrichtungen 20 umfasst ein zylindrisches Gehäuse 24, einen in dem zylindrischen Gehäuse 24 angeordneten Reibbelag 26, mehrere Tellerfedern 28 und eine Einstellschraube 30. Je nachdem, wie weit die Einstellschraube 30 in das Gehäuse 24 der Gleitvorrichtung 20 eintaucht, desto stärker ist der Druck, den die Einstellschraube 30 auf die Tellerfedern 28 ausübt. Durch die Einstellschraube 30 wird indirekt die

- 10 -

Anpresskraft des Reibbelags 26 an den Drehkranz 32 erhöht und damit auch die Gleitreibung des Gleitlagers insgesamt erhöht.

Unterhalb des Drehkranzes 32 ist eine Verschlussplatte 34 angeordnet, in welche ebenfalls eine Gleitvorrichtung 21 eingesetzt ist. Auch diese Gleitvorrichtung 21 besitzt ein zylindrisches Gehäuse 25, in welchem ein Reibbelag 27 und eine Einstellschraube 31 angeordnet sind. Die unterseitig zum Drehkranz 32 angeordnete Gleitvorrichtung 21 dient lediglich zur Herstellung einer definierten Gleitoberfläche des Gleitlagers, während die oberseitig angeordnete Gleitvorrichtung 20 zusätzlich zur Einstellung einer gewünschten Gleitreibung verwendet werden kann.

Figur 3 zeigt eine Prinzipskizze in Querschnittsdarstellung, die das Wirkprinzip zwischen Azimutantrieb 40, einer ersten Ausführungsform einer Feststellbremse 60 und einem Azimutgetriebe in Form eines Drehkranzes 32 näher erläutert. In dem Ringflansch 10 ist an die Stelle einer Gleitvorrichtung 20 eine Feststellbremse 60 gemäß einer ersten Ausführungsvariante eingesetzt. Diese Variante einer Feststellbremse 60 verfügt, wie auch die Gleitvorrichtung 20 gemäß Figur 2, über ein zylindrisches Gehäuse 64, in welchem ein Reibbelag 66 und mehrere Tellerfedern 68 angeordnet sind. Anstatt der Einstellschraube 30 ist bei der Feststellbremse 60 ein Anpressstift 70 vorgesehen, welcher zur Ausübung eines Drucks auf die Tellerfedern 68 und damit indirekt zur Erzeugung einer Anpresskraft des Reibbelags 66 an den Drehkranz 32 dient.

Zwischen der Oberseite des Anpressstiftes 70 und unterhalb einer keilförmigen Abdeckplatte 62 mit schräg verlaufender Unterseite befindet sich ein Keilelement 72 mit schräg verlaufender Oberseite. Unterseite der Abdeckplatte 62 und Oberseite des Keilelementes 72 verlaufen parallel zueinander. Dabei ist das Keilelement 72 zwischen der Unterseite der Abdeckplatte 62 und der Oberseite des Anpressstiftes 70 rollend gelagert und mit Hilfe einer an seinem spitzen Ende angeordneten Rückstellfeder 74 gegen ein Herausgleiten zwischen Anpressstift 70 und Abdeckplatte 62 gesichert. Dabei bewirkt die Rückstellkraft der Rückstellfeder 74 indirekt eine Anpresskraft des Reibbelags 68 auf den Drehkranz 32.

- 11 -

Ergeht nun ein Signal an den Azimutantrieb (bzw. Pitchantrieb) 40 zum Gieren des Maschinenhauses (bzw. zum Pitchen der Rotorblätter), so wird vom Motor des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 ein Drehmoment erzeugt. Aufgrund des durch die Feststellbremse 60 blockierten Gleitlagers wird durch das Drehmoment des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 zunächst kein Gieren des Maschinenhauses (bzw. Pitchen der Rotorblätter), sondern eine Rotation des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 in seinem Lager 42 bewirkt. Durch einen am Gehäuse 44 des Azimutantriebes 40 angeordneten Hebel 50 wird die Rotationskraft des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 auf das Keilelement 72 der Feststellbremse 60 übertragen, welches entgegen der Federkraft der Rückstellfeder 74 zwischen der Abdeckplatte 62 und dem Anpressstift 70 herausgezogen wird. Durch das Herausziehen des Keilelementes 72 wird der Anpressstift 70 unter Entspannung der Tellerfedern 68 nach oben gedrückt, wodurch die Anpresskraft des Reibbelags 66 gegen den Drehkranz 32 sinkt und das Gleitlager für ein Gieren des Maschinenhauses in horizontaler Ebene (bzw. ein Pitchen eines Rotorblattes) freigegeben ist. Zeitgleich erreicht nun die Drehung des Gehäuses 44 des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 einen maximalen Drehwinkel; eine weitere Rotation des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) (40) in der Lagerung 42 ist durch einen mechanischen Stopper blockiert (hier nicht sichtbar). Anstatt der Verwendung eines Gleitkeils 72 kann auch eine gleichwirkende Hebelanordnung zu Einsatz kommen.

Ist nun eine weitere Rotation des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 nicht möglich, so wird das vom Motor des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 erzeugte Drehmoment auf den Drehkranz 32 übertragen und ein Gieren des Maschinenhauses (bzw. ein Pitchen des Rotorblattes) bewirkt. Der Drehkranz 32 ist dabei vorzugsweise fest mit dem Turm und der Azimutantrieb 40 vorzugsweise über die Lagerung 42 mit dem Maschinenhaus verbunden.

Figuren 4 a) und 4 b) zeigen die Feststellbremse 60 des Bremssystems gemäß einer zweiten Ausführungsform. Auch diese Ausführungsform verfügt über ein zylindrisches Gehäuse 64, in welchem ein Reibbelag 66 und mehrere Tellerfedern 68 angeordnet sind. Ähnlich wie bei der Gleitreibungsvorrichtung 20 nach Figur 2

- 12 -

- ist zur Ausübung einer Anpresskraft oberhalb der Tellerfedern als Anpressstift eine Einstellschraube angeordnet. Im Gegensatz zu der Gleitvorrichtung 20 ist jedoch das Gehäuse 64 dieser Feststellbremse 60 zweiteilig ausgeführt und besteht aus zwei vertikal übereinander angeordneten zylindrischen Gehäusehälften 63, 65. Die
- 5 Gehäusehälften 63, 65 sind dabei über eine Lagerung 76 so miteinander verbunden, dass sie entlang ihrer Längsachsen coaxial gegeneinander verdrehbar sind. Wie jedoch in Figur 4 b) gut zu erkennen ist, beschreibt die Lagerung 76 dieser Ausführungsvariante aus einer Seitenansicht betrachtet keine gerade Linie, vielmehr sind die Abschlusskanten der sich gegenüberstehenden Gehäusehälften
- 10 63, 65 sinusförmig ausgebildet. Wenn die obere Gehäusehälfte 63 der in Figur 4 b) dargestellten Feststellbremse 60 mit Hilfe des Hebels 50 gegenüber der unteren Gehäusehälfte 65 verdreht würde, egal ob die Drehung mit oder gegen den Uhrzeigersinn stattfinden würde, wird die obere Gehäusehälfte 63 gegenüber der unteren 65 angehoben werden. Dies würde wiederum bewirken, dass die in
- 15 ein Gewinde 31 des oberen Gehäuses 63 eingedrehte Einstellschraube 30 mit der oberen Gehäusehälfte 63 angehoben würde, wodurch die Tellerfedern 68 entlastet würden und die Feststellbremse 60 damit gelöst würde. Diese Ausführungsform ist besonders vorteilhaft, da somit unabhängig von der Drehrichtung des Gierens die Feststellbremse gelöst werden kann.
- 20 Figur 5 ist eine Draufsicht der in den Figuren 4 a) und 4 b) dargestellten Ausführungsvariante. Aus dieser Ansicht lässt sich besonders gut erkennen, wie die Feststellbremse 60 gemäß dieser Ausführungsform in einen Ringflansch 10 gemäß dem Stand der Technik anstelle der Gleitvorrichtungen 20 eingesetzt werden kann. Auch ist aus dieser Perspektive gut zu sehen, wie die Rotation des
- 25 Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 auf den Hebel 50 zur Lösung der Feststellbremse 60 übertragen wird

Figuren 6a) und 6b) zeigen eine weitere Ausführungsvariante der Feststellbremse 60 in einer gelösten 6 a) und in einer fest gezogenen Position 6b). Gemäß dieser Ausführungsvariante verfügt die Feststellbremse 60 des Bremssystems, wie auch

30 die Ausführungsvarianten zuvor, über ein zylindrisches Gehäuse 64 in welchem ein Reibbelag 66 und mehrere Tellerfedern 68 angeordnet sind. Zur Ausübung der

- 13 -

Anpresskraft dient gemäß dieser Variante ein gebogener Bremshebel 78, welcher als Anpressstift fungiert. Der Bremshebel 78 ist dabei auf einer Seite über eine Rückstellfeder 74 mit einem Vorsprung 12 des Ringflansches 10 verbunden. Durch die Rückstellkraft der Rückstellfeder 74 wird der Bremshebel 78 zurückgezogen und übt dadurch eine Kraft auf die Tellerfedern 68 aus, was somit in einer Anpresskraft des Reibbelags 66 gegen den Drehkranz 32 und folglich in einer Bremswirkung der Feststellbremse 60 resultiert. Zur Lösung der Feststellbremse 60 ist der Bremshebel 78 über einen weiteren Hebel 50 mit dem hier nicht dargestellten Azimutantrieb (bzw. Pitchantrieb) 40 verbunden bzw. verbindbar. Dabei wird der Bremshebel 78 im Betriebsfall von dem mit dem Azimutantrieb (bzw. Pitchantrieb) 40 verbundenen Hebel 50 gegen die Rückstellkraft der Rückstellfeder 74 unabhängig vom der Drehrichtung des Gierens nach rechts gezogen (siehe Figur 6 b)). In der in Figur 6b) dargestellten Position der Feststellbremse 60 drückt der Bremshebel 78 weniger stark auf die Tellerfedern 68, wodurch sich diese nach oben ausdehnen können und wodurch die Reibwirkung des Reibbelags 66 auf dem Drehkranz 32 sinkt.

Um den Stick-Slip-Effekt, also das ruckhafte Gleiten des Reibbelages 66 auf dem Drehkranz 32 aufgrund einer schnellen Abfolge von Haft- und Gleitreibung während des Übergangs zwischen Lösen der Feststellbremse 60 und Gieren des Maschinenhauses (bzw. Pitchen) zu vermeiden, verfügt diese Ausführungsvariante der Feststellbremse 60 zusätzlich noch über einen Dämpfer 80. Der Dämpfer 80 ist hierbei unterhalb der Rückstellfeder 74 angeordnet und verhindert während des Lösevorgangs der Feststellbremse 60 ein Zurückschwingen des Bremshebels 78 aufgrund von Stick-Slip-Effekten. Ohne diesen Dämpfer 80 würde beim Lösevorgang der Feststellbremse 60 in dem Moment, in dem die Haftreibung des Maschinenhauses überwunden wird, das Maschinenhaus zu gieren beginnt und die Kraftauswirkung des Azimutantriebes 40 auf den Bremshebel 78 in Folge dessen verringert wird, die Feststellbremse 60 durch die Rückstellkraft der Rückstellfeder 74 wieder etwas angezogen. Der Dämpfer 80 verhindert, dass sich aus diesem Stick-Slip-Effekt eine resonante Schwingung entwickelt, welche negative Folgen auf das Material haben würde.

- 14 -

Die Verwendung eines derartigen Dämpfers ist natürlich auch in den anderen Ausführungen, insbesondere Fig. 3 und 4, denkbar.

Figuren 7 a) und 7 b) zeigen eine weitere Ausführungsvariante der Feststellbremse 60 für das erfinderische Bremssystem in einer geöffneten und in einer geschlossenen Position. Diese Ausführungsform unterscheidet sich zu der in den Figuren 6 a) und 6 b) dargestellten Ausführungsform lediglich dadurch, dass hier der Bremshebel 78 direkt auf den Reibbelag 66 drückt. Hier nicht dargestellt kann gemäß weiterer Ausführungsformen der Feststellbremse 60 zwischen dem Bremshebel 78 und dem Reibbelag 66 auch ein flexibler Gummipuffer eingesetzt sein oder der Reibbelag 66 ist oberseitig selbst flexibel ausgestaltet.

Figuren 8 a), 8 b) und 8 c) zeigen drei verschiedene Varianten des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40, wie er in dem erfindungsgemäßen Bremssystem zum Einsatz kommen kann. Während die Ausführungsform eines Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 gemäß 8 a) selbst Stand der Technik ist, stellen die Ausführungsvarianten gemäß den Darstellungen 8 b) und 8 c) einen selbständig erfinderischen Aspekt der Anmeldung dar.

Der Azimutantrieb (bzw. Pitchantrieb) 40 gemäß 8 a) verfügt über einen Motor 41 zur Erzeugung eines Drehmomentes und ein in einem Gehäuse 44 angeordnetes Planetengetriebe 46. Das Planetengetriebe 46 verfügt seinerseits über Sonnenrad 46 SO, Planetenräder 46 PL, Hohlrad 46 H und einen Steg 46 ST. Mit dem Steg 46 ST ist ein Abtriebsrad 48 zur Übertragung des vom Motor 41 erzeugten Drehmomentes auf den Drehkranz 32 verbunden ist. Die hier dargestellte Ausführungsvariante eines Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 ist Stand der Technik und dadurch gekennzeichnet, dass das Hohlrad 46 H fest mit dem Gehäuse 44 verbunden ist.

Azimutantriebe (bzw. Pitchantriebe) 40 gemäß dieser Ausführungsform müssen, damit sie für das erfindungsgemäße Bremssystem geeignet sind, über Lager (hier nicht sichtbar) mit dem Maschinenhaus (bzw. der Nabe) verbunden werden, sodass sie gegenüber dem Maschinenhaus bezüglich der Drehachse des Planetengetriebes 46 drehbar gelagert sind. Zusätzlich müssen Azimutantriebe

- 15 -

(bzw. Pitchantriebe) 40 gemäß dieser Ausführungsform mit einem Hebel 50 am Gehäuse 44 verbunden werden, damit sie zum Einsatz in dem erfindungsgemäßen Bremssystem geeignet sind.

Die Ausführungsvariante des in Figur 8 b) dargestellten Azimutantriebs (bzw. Pitchantriebes) 40 entspricht der Ausführungsform gemäß 8 a) insofern, dass auch dieser Antrieb über einen Motor 41, ein in einem Gehäuse 44 angeordnetes Planetengetriebe 46, und ein mit dem Steg 46 S des Planetengetriebes 46 verbundenes Abtriebsrad 48 verfügt. Im Gegensatz zu dem Antrieb 40 nach Figur 8 a) besitzt der Antrieb 40 gemäß 8 b) ein Hohlrad 46 H des Planetengetriebes 46, welches in der Drehebene des Planetengetriebes 46 mit Hilfe von Lagern 42 drehbar im Gehäuse 44 des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 gelagert ist. Dabei verfügt das Hohlrad 46 H über einen Hebel 50, welcher dazu dient, in eingebautem Zustand eine Kraft an die Feststellbremse 60 zu deren Lösung übertragen zu können. Um die Rotation des Hohlrades 46 H auf einen maximalen Drehwinkel zu begrenzen, dient bei dieser Ausführungsform der Hebel 50 selbst als mechanischer Stopper. Zusätzlich verfügt der Antrieb noch über eine hydraulische Kupplung 45, welche als Dämpfer fungiert um eine resonante Schwingung des gesamten Systems aufgrund von Stick-Slip-Effekten zu verhindern und dabei die Rotationsgeschwindigkeit des Hohlrades 46 H schon vor Erreichen des mechanischen Stoppers abbremst.

Figur 8 c) zeigt eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40. Auch der hier dargestellte Antrieb 40 verfügt über einen Motor 41, ein in einem Gehäuse 44 angeordnetes Planetengetriebe 46, und ein mit dem Steg 46 S des Planetengetriebes 46 verbundenes Abtriebsrad 48. Das Hohlrad 46 H des Planetengetriebes 46 ist wie bei der Ausführungsform nach Figur 8 b) in der Drehebene des Planetengetriebes 46 mit Hilfe von Lagern 42 drehbar im Gehäuse 44 des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 gelagert. Hierbei ist jedoch der Azimutantrieb (bzw. Pitchantrieb) 40 mit einer passiv aktivierbaren, aktiven Bremse 47, vorzugsweise Scheibenbremse ausgestattet, welche das Hohlrad 46 H gegenüber dem Gehäuse 44 bei Erreichen eines maximalen Drehwinkels aktiv blockiert. Dabei wird das

- 16 -

Signal zur aktiven Blockierung der Bremse 47 passiv über den Drehwinkel des Azimutantriebes (bzw. Pitchantriebes) 40 gesteuert. Hier nicht sichtbar verfügt der Azimutantrieb (bzw. Pitchantrieb) 40 über einen z. B. mit dem Hebel 50 verbundenen Sensor, welcher bei Erreichen eines maximalen Drehwinkels ein
5 Signal an die Bremse 47 zur Blockierung des Hohlrades 46 H auslöst. Im Falle einer aktiven Bremse 47 zur Blockierung des Hohlrades 46 H ist kein mechanischer Stopper für den Azimutantrieb (bzw. Pitchantrieb) 40 erforderlich.

In Figur 9 ist eine Übersicht gezeigt, welche noch einmal eine bevorzugte Schrittabfolge darstellt, die von dem erfindungsgemäßen Bremssystem bei der
10 Gieren des Maschinenhauses durchlaufen wird. Durch ein Signal S1 zum Gieren der Windturbine wird der Azimutantrieb aktiviert. Da die Gondel auf dem Turm durch die Feststellbremse arretiert ist, wird somit eine Rotation des Azimutantriebes bewirkt S2. Diese Verdrehung des Azimutantriebes verursacht das Lösen der Feststellbremse S3. Bei Erreichen eines maximalen Drehwinkels
15 blockiert ein Stopper die weitere Rotation des Azimutantriebs S4, wodurch die Kraft/Moment des Azimutantriebes auf das Azimutgetriebe übertragen wird und der Giervorgang beginnt S5. Zu erkennen ist insbesondere, dass am Ende des Giervorgangs als letzter Schritt S6 das Gehäuse 44 des Azimutantriebes 40 bzw. das Hohlrad 46 H des Planetengetriebes 46 mit Hilfe der Rückstellfeder 74 der
20 Feststellbremse 60 über den Hebel 50 in die Ausgangsposition zurückgedreht wird. Gleichzeitig wird durch die Rückstellfeder 74 die Feststellbremse 60 wieder angezogen.

Patentansprüche

1. Bremssystem für eine Windturbine mit einem auf einem Turm in horizontaler Ebene drehbar gelagerten Maschinenhaus, wobei das Bremssystem wenigstens eine Feststellbremse (60) zum Arretieren und/oder zum Bremsen des Maschinenhauses und einen elektrischen Azimutantrieb (40) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - die Feststellbremse (60) über Mittel (50) zur Übertragung von Momenten und/oder Kräften und/oder Bewegungen derart mit dem Azimutantrieb (40) verbunden ist,
 - dass sie mit Hilfe eines zur Gieren des Maschinenhauses von dem Azimutantrieb (40) erzeugten Drehmoments und/oder einer hierfür erzeugten Kraft und/oder Bewegung betätigbar ist.
2. Bremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Azimutantrieb (40) ein Azimutgetriebe (32) umfasst, wobei Azimutantrieb (40), Feststellbremse (60) und Azimutgetriebe (32) derart zueinander angeordnet und ausgebildet sind, dass ein im Bedarfsfall von dem Azimutantrieb (40) zur Gieren des Maschinenhauses erzeugtes Drehmoment und/oder eine hierfür erzeugte Kraft und/oder Bewegung zunächst an die Feststellbremse (60) zu deren Lösung übertragen wird und erst bei gelöster Feststellbremse (60) an das Azimutgetriebe (32) zur gewünschten Gieren des Maschinenhauses übertragen wird.
3. Bremssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Azimutgetriebe in Form eines Drehkranzes (32) fest mit dem Turm, und der Azimutantrieb (40) mit dem Maschinenhaus verbunden ist.
4. Bremssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gehäuse (44) des Azimutantriebs (40) oder ein Hohlrad (46 H) eines Planetengetriebes (46) des Azimutantriebes (40) in der Rotationsebene des Planetengetriebes (40) drehbar lagernd mit dem Maschinenhaus verbunden ist.

- 18 -

5. Bremssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (44) des Azimutantriebs (40) oder das Hohlrad (46 H) des Planetengetriebes (46) in positiver und in negativer Drehrichtung jeweils nur um einen vorgegebenen Winkel gegenüber dem Maschinenhaus drehbar gelagert ist.
6. Bremssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Dämpfung eine hydraulische Kupplung (45) zwischen Hohlrad (46 H) und Gehäuse (44) angeordnet ist.
7. Bremssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (44) des Azimutantriebs (40) oder das Hohlrad (46 H) des Planetengetriebes (46) des Azimutantriebs (40) einen Hebel (50) aufweist oder mit einem Hebel (50) verbindbar ist, welcher bei einer Drehbewegung des Gehäuses (44) des Azimutantriebs (40) oder des Hohlrades (46 H) eine Betätigung der Feststellbremse (60) des Maschinenhauses bewirkt.
8. Bremssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Feststellbremse (60) und dem Azimutantrieb (4) ein Dämpfer (80) wirksam angeordnet ist.
9. Azimutantrieb (40) ausgebildet für ein Bremssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, mit einem Planetengetriebe (46), wobei das Hohlrad (46 H) des Planetengetriebes (46) in der Rotationsebene des Planetengetriebes (46) drehbar in seinem Gehäuse (44) gelagert ist.
10. Azimutantrieb (40) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hohlrad (46 H) des Planetengetriebes (46) gegenüber dem Gehäuse (44) nur um einen vorherbestimmten maximalen Winkel in positiver oder negativer Drehrichtung verdreht werden kann.
11. Azimutantrieb (40) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hohlrad (46 H) des Planetengetriebes (46) gegenüber dem Gehäuse (44) mit Hilfe einer hydraulischen Kupplung (45) gedämpft ist.

12. Azimutantrieb (40) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hohlrad (46 H) des Planetengetriebes (46) gegenüber dem Gehäuse (44) bei Erreichen eines maximalen Drehwinkels mit Hilfe einer Bremse (47) gegen eine weitere Drehung arretiert wird.
13. Feststellbremse (60) für ein Maschinenhaus mit wenigstens einem Reibbelag (66), einem Anpressstempel (30, 70, 78) und einer Rückstellfeder (74), wobei die Feststellbremse (60) in eingebautem Zustand durch die Rückstellkraft der Rückstellfeder (74) eine Arretierung und/oder ein Bremsen der Gondel bewirkt, und wobei ein direkt oder indirekt mit dem Anpressstempel (30, 70, 78) verbundener oder verbindbarer Hebel (50) bei Betätigung die Rückstellkraft der Rückstellfeder (74) vermindert und dadurch die Arretierung des Maschinenhauses aufhebt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feststellbremse (60) über Mittel (50) zur Übertragung von Momenten und/oder Kräften und/oder Bewegungen derart mit dem Azimutantrieb (40) verbunden ist, so dass sie mit Hilfe eines zur Gieren des Maschinenhauses von dem Azimutantrieb (40) erzeugten Drehmoments und/oder einer hierfür erzeugten Kraft und/oder Bewegung betätigbar ist
14. Feststellbremse (60) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die rückstellende Wirkung der Rückstellfeder (74) mit Hilfe eines Dämpfers (80) gedämpft ist.
15. Windturbine umfassend einen Turm, ein Maschinenhaus, einen im Maschinenhaus drehbar gelagerten Rotor ist, wobei das Maschinenhaus mittels eines Azimutlagers im Wesentlichen vertikal auf dem Turm drehbar gelagert angeordnet ist, **gekennzeichnet durch** ein Bremssystem nach einem der vorangestellten Ansprüche 1 bis 12.

1/4

Fig. 1

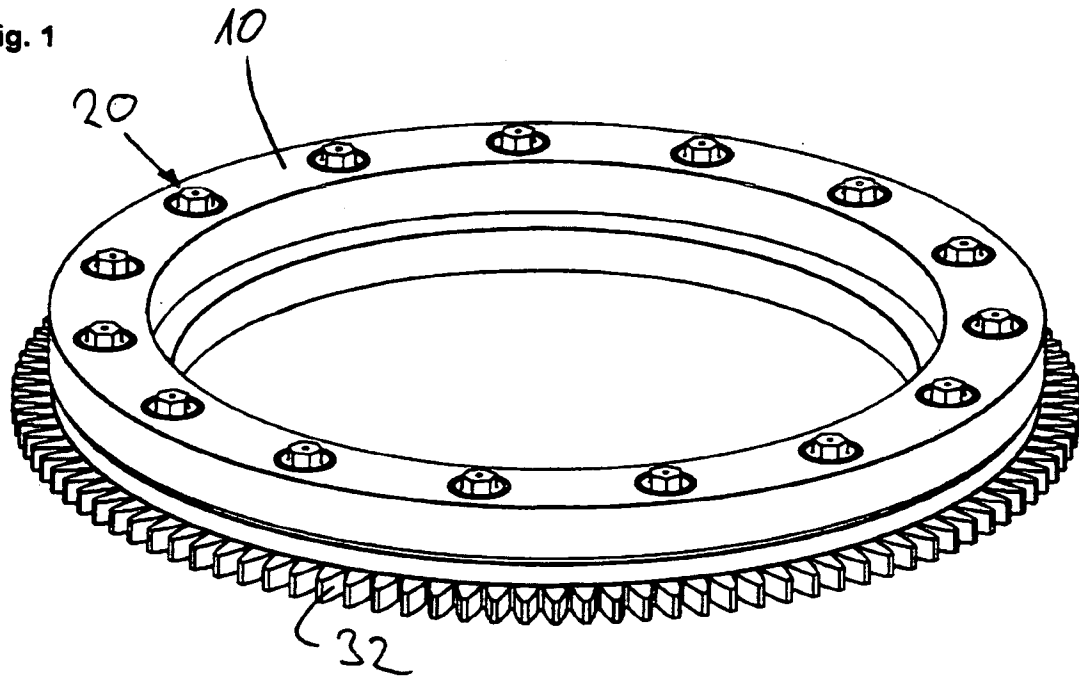
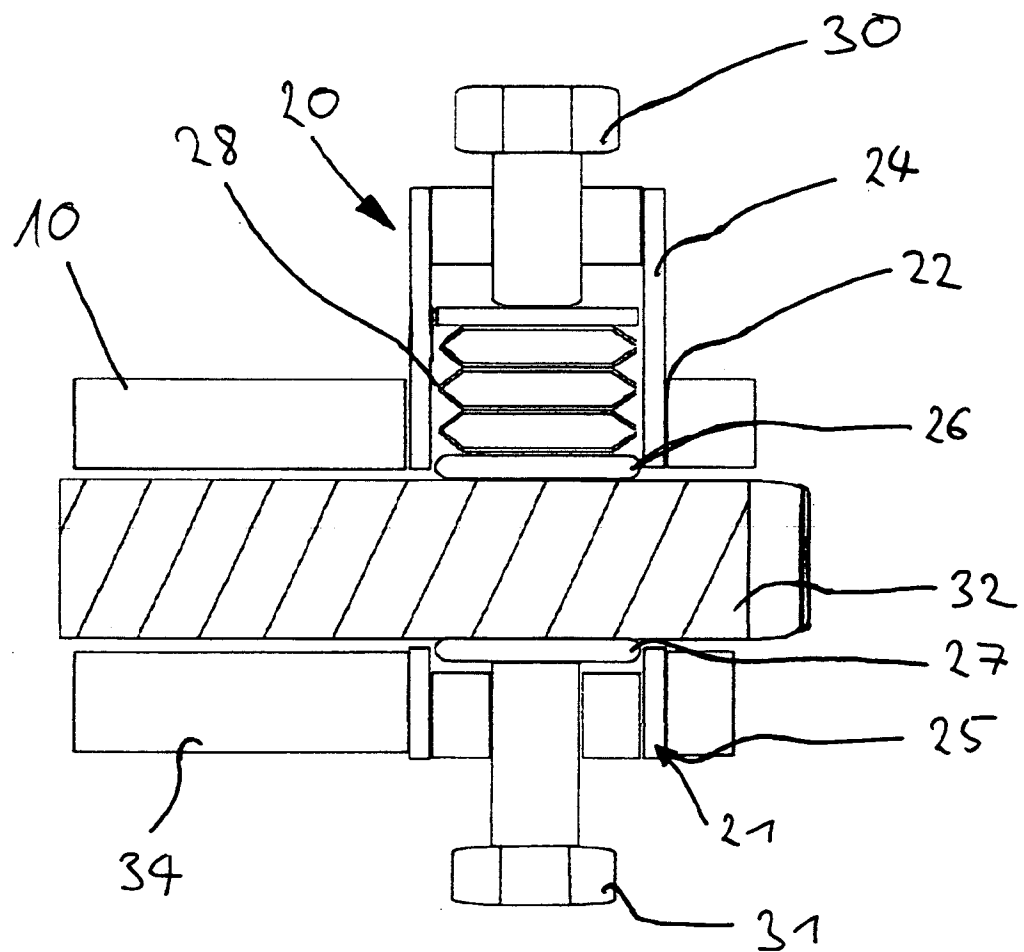


Fig. 2



2/4

Fig. 3

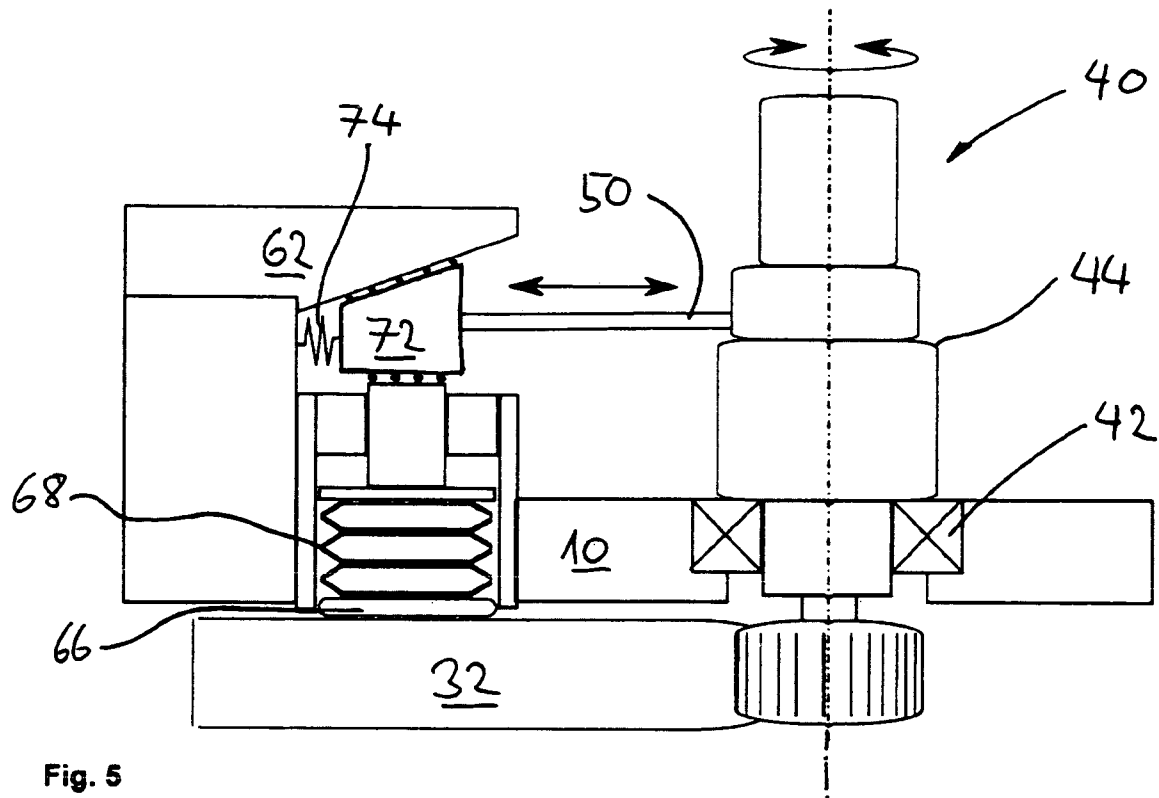
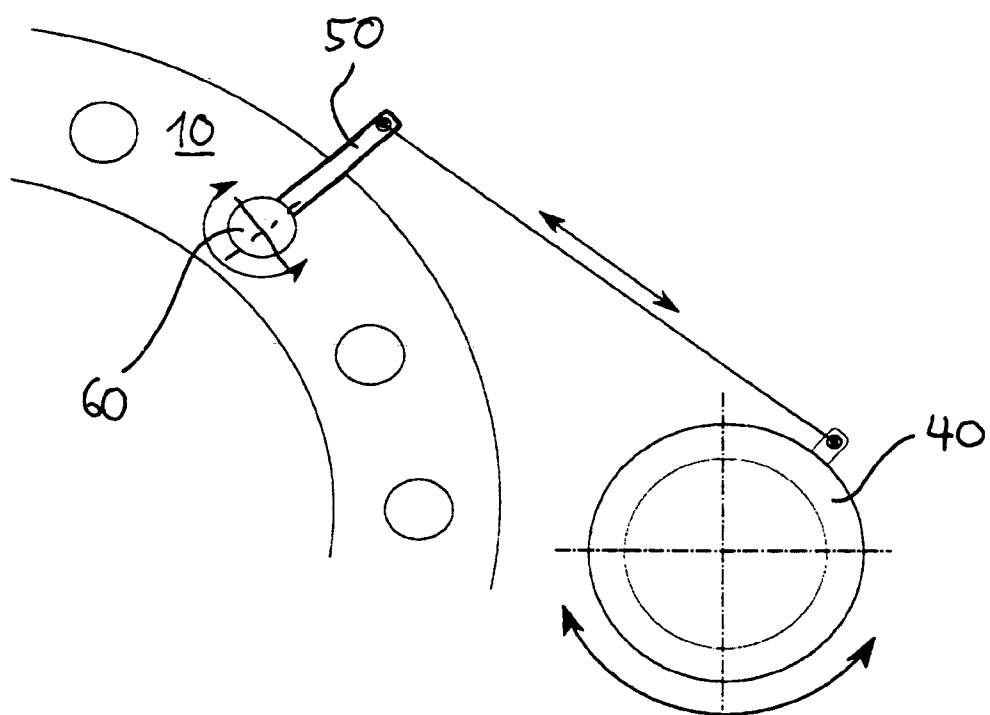


Fig. 5



3/4

Fig. 4a

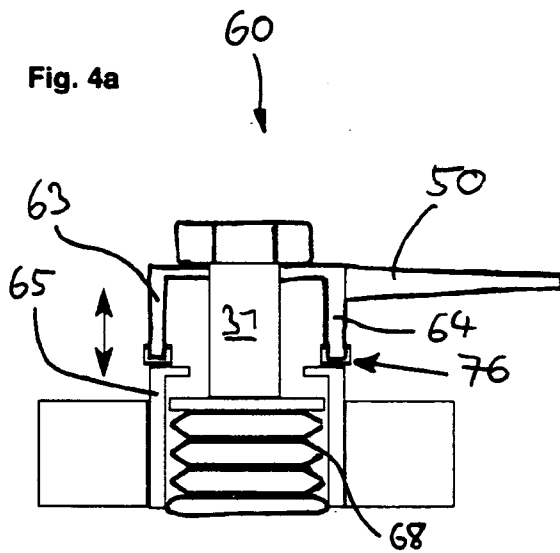


Fig. 4b

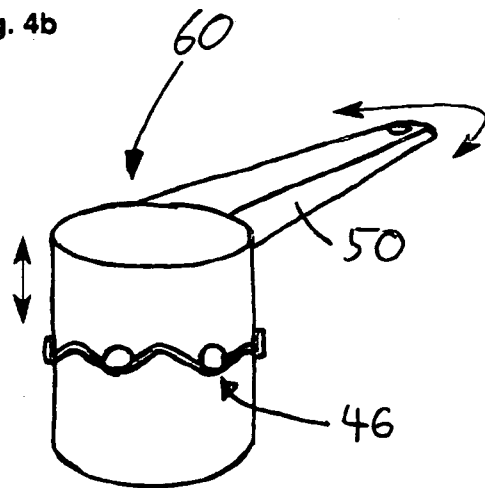


Fig. 6a

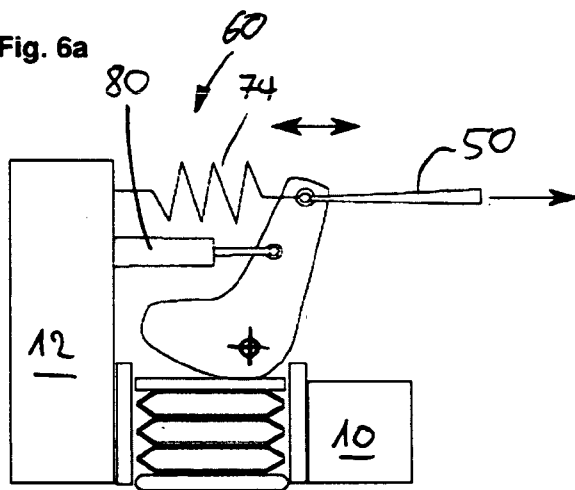


Fig. 6b

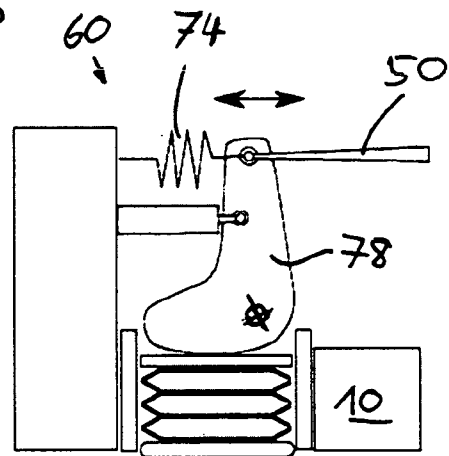


Fig. 7a

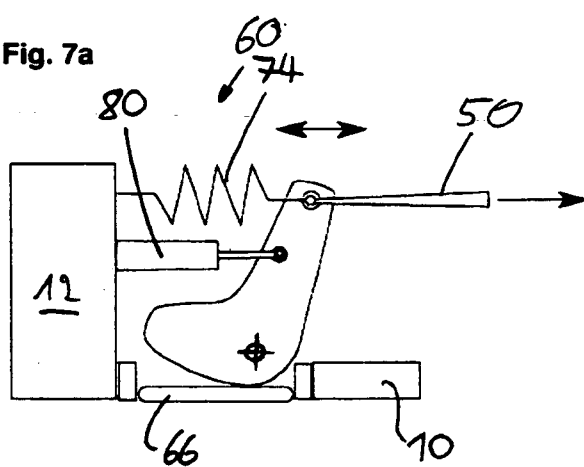


Fig. 7b

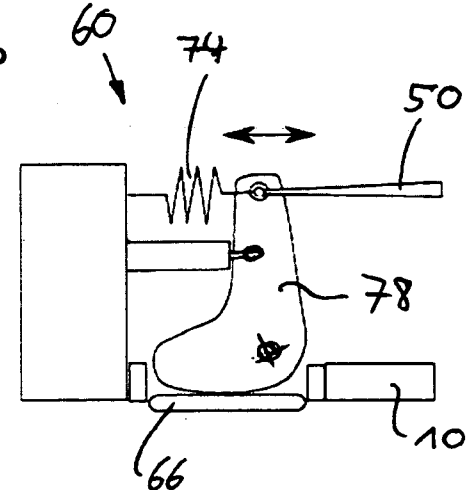


Fig. 8a

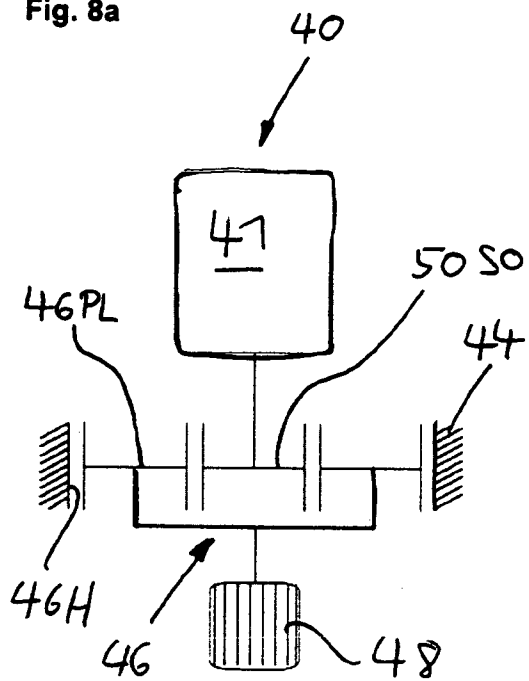


Fig. 8b

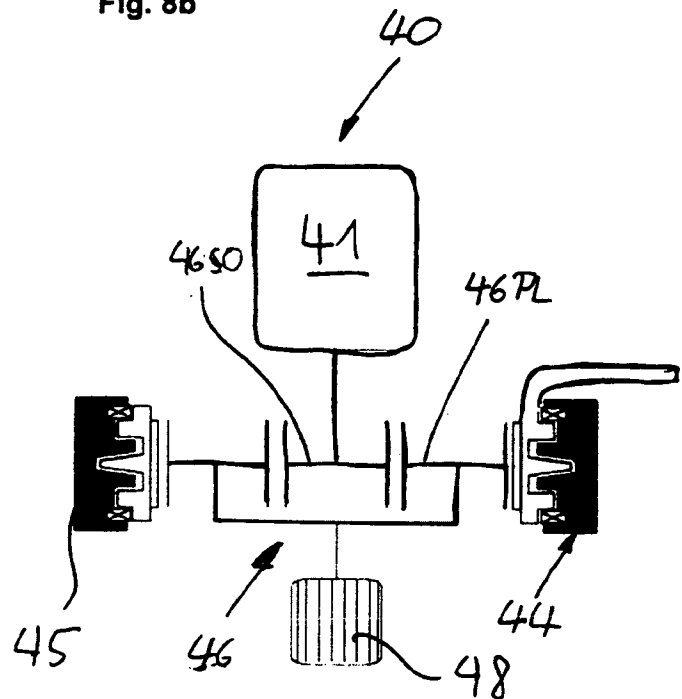


Fig. 8c

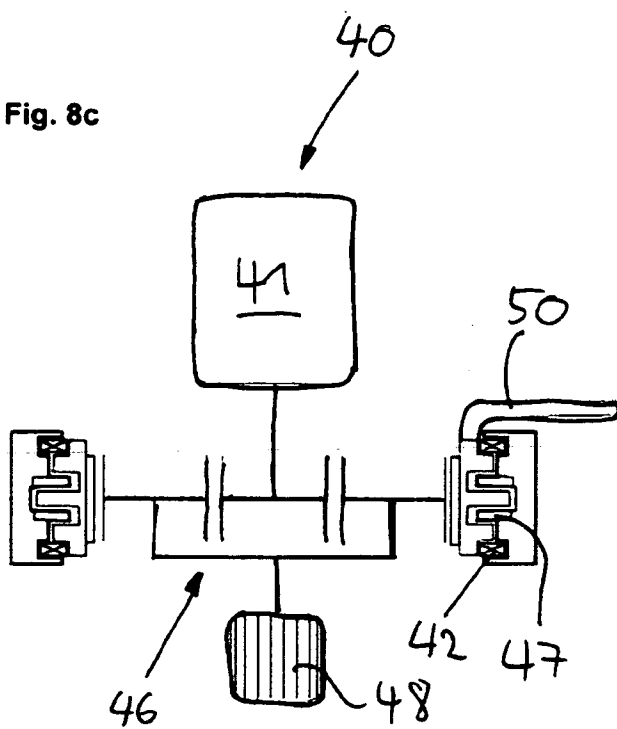


Fig. 9

