

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 101 934 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.01.2005 Patentblatt 2005/02

(51) Int Cl.7: **F03D 1/06**, F03D 11/04

(21) Anmeldenummer: **00125085.1**

(22) Anmeldetag: **17.11.2000**

(54) **Windkraftanlage mit bewegbarem Bordkran**

Wind turbine having a movable crane in the nacelle

Eolienne avec grue de bord mobile

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(30) Priorität: **18.11.1999 DE 19955516**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.05.2001 Patentblatt 2001/21

(73) Patentinhaber: **GENERAL ELECTRIC COMPANY
Schenectady, NY 12345 (US)**

(72) Erfinder: **Weitkamp, Roland, Dipl.-Ing.
49191 Belm (DE)**

(74) Vertreter: **Hilleringmann, Jochen, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte
von Kreisler-Selting-Werner,
Bahnhofsvorplatz 1 (Deichmannhaus)
50667 Köln (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A- 1 101 936 WO-A-96/10130
WO-A-97/21621 US-A- 4 311 434**

- **"CUTAWAY MODEL AN BONUS 2MW" AN
WINDENERGIE GMBH WEBSITE, [Online]
XP002182869 Gefunden im Internet:
<URL:http://www.anwind.de/2MWae.htm>
[gefunden am 2001-11-13] & "REFERENCES
2MW" AN WINDENERGIE GMBH WEBSITE,
[Online] Gefunden im Internet:
<URL:http://www.anwind.de/2%20MWe.htm&
gt; [gefunden am 2001-11-13]**

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).

EP 1 101 934 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Windkraftanlage sowie ein Verfahren zum Austausch der Hauptkomponenten des Maschinengehäuses einer Windkraftanlage mittels bordeigenen Mitteln.

[0002] Für die Montage einer Windkraftanlage sind entweder sehr große Krane erforderlich, um das Maschinengehäuse (auch Gondel genannt) als Ganzes zu heben (Gewichte bis zu 100 t bei heutigen Gondeln), oder die Hauptkomponenten des Maschinengehäuses werden einzeln auf den Turm gehoben. Bei den Hauptkomponenten handelt es sich in erster Linie um den Rotor, bestehend aus Rotornabe mit mindestens einem Rotorblatt, die Hauptwelle mit Wellenlagerung, den Generator und das zwischen Welle und Generator geschaltete Getriebe. Diese Hauptkomponenten bilden den Triebstrang der Windkraftanlage. Wie bei der Montage, so ist auch beim Austausch einer dieser Hauptkomponenten sowie für die Montage und den Austausch des Rotors ein Kran erforderlich.

[0003] Dieses Problem verschärft sich in dem Augenblick, in dem das Gewicht der Gondel an die Grenzen der Krankapazität kommt bzw. diese überschreitet oder Windkraftanlagen in weniger stark industrialisierten Ländern, in denen beispielsweise mobile Krane nicht so ohne weiteres zur Verfügung stehen, betrieben werden. Hier bietet es sich an, die Windkraftanlage mit einem bordeigenen Kransystem zu versehen, wie es in der AT-PS 401674 beschrieben ist. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Bordkransysteme für die derzeit weit verbreiteten WKA-Konzepte ungeeignet sind oder sehr stabil und damit schwergewichtig ausgebildet sein müssen, um die einzelnen Komponenten bei aus dem Gehäuse auskragendem Kran ablassen und anheben zu können.

[0004] In DE 196 47 515 A1 und DE 197 41 988 A1 werden Verfahren zum Aufbau einer Windkraftanlage beschrieben, bei denen zum Aufbau des Turms durch Aufeinandersetzen einzelner Turmsegmente ein längs dieser hochfahrbare Kran verwendet wird, der schließlich auch das Maschinengehäuse und dessen Hauptkomponenten zur Turmspitze befördert. Aus DE 28 23 525 A1 ist schließlich bekannt, das Maschinengehäuse mittels Seile, die ausgehend von einer am Boden des Turms angeordneten Winde über Umlenkrollen am oberen Ende des Turms zurück nach unten geführt sind, anzuheben.

[0005] Es ist bereits auf der Fachmesse "Sustain '99 - The World Sustainable Energy Fair" (25. bis 27. Mai 1999) von der Anmelderin Windenergie erstmals der Öffentlichkeit ein Konzept vorgestellt worden, bei dem der Generator mittels eines bordeigenen lediglich vertikal nach oben aus der Gondel ausfahrbaren Kransystems durch eine Öffnung in der Bodenwand des Maschinengehäuses aus diesem heraus abgelassen bzw. in dieses hineinbefördert wird. Bei diesem Konzept besteht allerdings noch das Problem, dass im Falle eines Ge-

triebeschadens das Getriebe weiterhin mittels eines externen Krans nach oben aus dem Maschinengehäuse herausgehoben bzw. von oben in das Maschinengehäuse hinein abgesenkt werden muss.

[0006] In EP-A-1 101 936, bei der es sich um ein Dokument nach Artikel 54 (3) EPÜ handelt, ist eine Windkraftanlage beschrieben, deren Gondel einen Maschinenrahmen aufweist, welcher an seinem unteren Ende außerhalb des Turms offen ausgebildet ist. Oben auf dem Maschinenrahmen ist nach Art eines Portalkrans eine längs verschiebbare Winde angeordnet, mit der sich die Hauptkomponenten des Maschinengehäuses, wie beispielsweise Generator und Getriebe, durch das untere Ende des Maschinenrahmens hindurch bewegen lassen.

[0007] Ferner ist aus WO-A-96/10130 eine Windkraftanlage mit einer Lasthebevorrichtung im Maschinengehäuse bekannt. Die Lasthebevorrichtung ist als Schwenkkran ausgeführt und weist zwei Arme auf, die um eine horizontale Achse schwenkbar gelagert sind. Die Hauptkomponenten des Maschinengehäuses, wie beispielsweise der Generator, lassen sich mit der Lasthebevorrichtung in das Maschinengehäuse bzw. aus diesem verbringen. Diese Komponenten müssen seitlich am Maschinengehäuse vorbeibewegt werden, um in das Maschinengehäuse hinein bzw. aus diesem heraus verbracht zu werden. Darüber hinaus weist diese bekannte Windkraftanlage im Boden des Maschinengehäuses ein mit dem Turm fluchtendes Loch auf, über das sich Kleinteile mit Hilfe eines Krans mit um eine vertikale Achse schwenkbarem Arm transportieren lassen.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Windkraftanlage zu schaffen, die unter Beibehaltung eines bewährten Maschinenkonzeptes derart konstruiert ist, dass die einzelnen Bordkomponenten des Maschinengehäuses auf einfachere Weise mittels eines bordeigenen Kransystems getauscht bzw. montiert werden können.

[0009] Zur Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung eine Windkraftanlage nach Anspruch 1 vorgeschlagen.

[0010] Wie bei einer Windkraftanlage üblich, befinden sich in bzw. an einem auf einem Turm angeordneten Maschinengehäuse eine Welle mit mindestens einem Wellenlager, ein Getriebe, ein Generator und ein Rotor. Diese Komponenten (nachfolgend auch als Hauptkomponenten bezeichnet) bilden den Triebstrang der Windkraftanlage und sind entlang einer Achse des Maschinengehäuses nebeneinanderliegend und untereinander mechanisch verbunden angeordnet. Während die Welle aus der einen Seite des Maschinengehäuses herausragt, befindet sich das Getriebe innerhalb des Maschinengehäuses im wesentlichen in Verlängerung des Turms, während der Generator in einem radial vom Turm abstehenden Teil des Maschinengehäuses untergebracht ist. An der Welle ist der Rotor mit einer Nabe befestigt, von der mindestens ein Rotorblatt radial absteht. Unterhalb des Generators befindet sich in der Bo-

denwand des Maschinengehäuses eine Öffnung. Ferner befindet sich in dem Maschinengehäuse der erfindungsgemäßen Windkraftanlage ein Bordkransystem, das erfindungsgemäß als schwenkbares Portalkransystem ausgebildet ist.

[0011] Erfindungsgemäß ist die Öffnung in der Bodenwand des Maschinengehäuses derart bemessen, dass man durch diese Öffnung sowohl den Generator als auch bei nicht vorhandenem Generator, also bei noch nicht montiertem oder bereits demontiertem oder von der Öffnung weggeschobenem Generator, das Getriebe hindurchtransportieren kann. Zu diesem Zweck lässt sich der Bordkran derart manövrieren, dass sich gegebenenfalls nach dem Ablassen oder Verschieben des Generators das Getriebe innerhalb des Gehäuses bis über die Bodenwandöffnung bewegen und alsdann durch die Bodenwandöffnung ablassen lässt. Der umgekehrte Vorgang findet dann beim Einbau des Getriebes statt.

[0012] Mit der Erfindung wird also vorgeschlagen, die Öffnung in der Bodenwand des Maschinengehäuses für das Getriebe bzw. nicht nur für die Montage, den Einbau und den Ausbau des Generators, sondern auch für das Getriebe zu nutzen.

[0013] Um das Volumen des Maschinengehäuses trotz Unterbringung eines bordeigenen Kransystems relativ klein zu halten, ist gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, in der Oberseite des Maschinengehäuses eine Öffnung vorzusehen, die mit einer oder mehreren Klappen verschlossen und geöffnet werden kann. Noch vorteilhafter ist es, wenn mittels entsprechender Klappen- bzw. Deckelkonstruktionen sich die gesamte obere Maschinengehäusehälfte aufklappen lässt. Der Bordkran kann dann aus einer Parkposition, in der er abgeklappt oder auf andere Weise eine nur geringe Bauhöhe aufweist, in eine Arbeitsposition aufgerichtet werden, in der er oben aus dem Maschinengehäuse durch die Öffnung herausragt. Ein seitliches Herausragen des Bordkrans zur Seite und/oder nach hinten aus dem Maschinengehäuse ist jedoch nach der Erfindung nicht vorgesehen, da der Generator und das Getriebe über die Bodenwandöffnung aus dem Maschinengehäuse abgelassen bzw. bis in dieses angehoben werden.

[0014] Das Maschinengehäuse der erfindungsgemäßen Windkraftanlage ist ferner mit einer vorzugsweise neben dem Generator angeordneten Kranluke versehen, durch das hindurch das Gestell des Krans oder zumindest das Seil bis außerhalb des Maschinengehäuses bewegbar ist. Hierdurch lassen sich sämtliche Nebenaggregate des Maschinengehäuses, wie beispielsweise Kühler, Ölpumpen, Azimutantriebe usw., nach unten ablassen bzw. nach oben anheben. Um zu vermeiden, dass Komponenten beim Ablassen durch Windturbulenzen an den Turm schlagen, werden diese Komponenten zweckmäßigerweise durch geeignete Vorrichtungen, wie beispielsweise ein gespanntes Stahlseil oder eine außen an der Turmwand montierte

Führungsschiene geführt.

[0015] Der Antrieb des Zugorgans, bei dem es sich insbesondere um ein Seil handelt, kann in dem Maschinengehäuse untergebracht sein. Um hierfür im Maschinengehäuse jedoch keinen Platz zur Verfügung stellen zu müssen, ist es zweckmäßig, eine Seilwinde oder dergleichen Lastzugorganantrieb am Fundament bzw. am unteren Ende des Turms anzuordnen, um dann das Seil durch den Turm bzw. außen am Turm vorbei bis oben in das Maschinengehäuse zu führen. Die Winde wird dann für die Dauer der Montagetätigkeit montiert (Kostensparnis).

[0016] Durch den über die gesamte Länge des Gehäuses (betrachtet in axialer Richtung des Triebstrangs) verschwenkbare Bordkran der erfindungsgemäßen Windkraftanlage ist es darüber hinaus möglich, mit diesem Bordkran auch die Welle und das Hauptwellenlager abzulassen bzw. in das Maschinengehäuse zu heben. Beides kann sowohl über die Bodenwandöffnung als auch über die Vorderseite des Maschinengehäuses (dort, wo der Rotor angeordnet ist) erfolgen. Der zuletzt genannte Fall macht es erforderlich, dass der Bordkran derart verfahrbar bzw. verschwenkbar ist, dass er über die Vorderseite des Gehäuses auskragt. Dies hat darüber hinaus den Vorteil, dass der Bordkran nun auch für die Montage und den Austausch des Rotors verwendet werden kann. Die Montage des Rotors kann nämlich nun so erfolgen, dass zunächst die Nabe angehoben und an der Welle befestigt wird, um danach das mindestens eine Rotorblatt oder sämtliche Rotorblätter einzeln anzuheben und an der Nabe zu befestigen. Die gleichen Verfahrensschritte erfolgen in umgekehrter Reihenfolge bei der Abnahme des Rotors. Sofern kein Rotor an der Welle angebracht ist, lässt sich diese bei über die Vorderseite auskragbarem Kransystem ggf. nach vorheriger Entfernung des Hauptlagers oder mit diesem zusammen ablassen und anheben.

[0017] Weiterhin ist es zweckmäßig, den Kran bei montiertem Rotor zum Anheben bzw. Ablassen der Einbauten der Nabe (beispielsweise Rotorblattverstellungssystem) einzusetzen.

[0018] Nachfolgend wird anhand der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Anhand der einzelnen Fig. 1 bis 6 werden dabei schematisch der Aufbau des Maschinengehäuses und die einzelnen Verfahrensschritte für den Austausch der Hauptkomponenten des Maschinengehäuses und des Rotors dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die einzelnen Verfahrensschritte in umgekehrter Reihenfolge bei der Montage und beim Einbau der Hauptkomponenten bzw. des Rotors ablaufen. Die Fig. 7 bis 9 zeigen weitere Alternativen von Windkraftanlagenkonstruktionen und der Montage sowie Demontage des Rotors.

[0019] In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau einer Windkraftanlage 10 gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel schematisch dargestellt. Auf einem Fundament 12 befindet sich der Turm 14, an dessen oberem Ende ein Maschinengehäuse 18 um eine vertikale Dreh-

achse 20 drehbar gelagert ist. Das Maschinengehäuse 18 weist eine quer zur Vertikalachse 20 gerichtete Längserstreckung 22 auf und steht mit seinem Gehäuseteil 24 radial vom Turm 14 ab. An dem vorderen Ende 26 des Maschinengehäuses 18 befindet sich in diesem das Hauptlager 27 für die Welle 28, an der der Rotor 29 befestigt ist. Der Rotor 29 weist eine Nabe 30 mit im Regelfall ein, zwei oder drei Rotorblättern 31 auf. Die Welle 28 ist mechanisch mit einem Getriebe 32 verbunden, das über eine schnelllaufende Welle 34 mit einem Generator 36 verbunden ist. Optional befinden sich in dem Maschinengehäuse 18 ein Transformator 38 sowie diverse Schaltschränke 40.

[0020] Der Generator 36 steht auf Füßen 42, unter denen zwei quer zur Längserstreckung 22 verlaufende Quertraversen 44 angeordnet sind. Die Quertraversen 44 sind von unten an zwei in Längserstreckung 22 verlaufenden und voneinander beabstandeten Längsträgern 46 des Maschinengehäuses 18 befestigt. Unterhalb der Quertraversen 44 und der Längsträger 46 befindet sich in der Bodenwand 48 des Maschinengehäuses 18 eine Bodenöffnung 50, die derart bemessen ist, dass der Generator 36 sich durch diese Öffnung hindurch in das Maschinengehäuse 18 hinein- bzw. aus dem Maschinengehäuse 18 herausbewegen lässt.

[0021] Alternativ zur Lagerung des Generators auf Querträgern kann dieser auch direkt an dem Getriebe 32 angeflanscht sein.

[0022] Die Beförderung des Generators 36 aus dem Maschinengehäuse 18 heraus bzw. in dieses hinein erfolgt mittels eines bordeigenen als Schwenkportalkran ausgebildeten Krans 52, der ein Gestell 53 mit zwei schwenkbaren Kranarmen 54 aufweist. In Fig. 1 ist der Bordkran 52 in seiner Parkposition dargestellt, in der er vollständig in dem Maschinengehäuse 18 untergebracht ist. Bei 56 sind in Fig. 1 Scharnierachsen für zwei Deckelklappen 58 des Maschinengehäuses dargestellt, die symmetrisch zur Längserstreckung 22 angeordnet sind. Durch Aufklappen dieser Deckelklappen 58 ist das Maschinengehäuse 18 nach oben hin geöffnet, so dass nun der Schwenkportalkran 52 aufgerichtet werden kann (s. Fig. 2). Unten am Fundament 12 des Turms 14 lässt sich eine Seilwinde 60 montieren, von der ein Seil 62 im Turm oder außen am Turm 14 vorbei bis in das Maschinengehäuse 18 und von dort über eine Umlenkrolle 64 bis zum oberen Ende 66 der Kranarme 54 verläuft. Zum Ablassen des Generators 36 wird der Schwenkportalkran 52 derart verschwenkt, dass die oberen Enden 66 seiner Arme 54 oberhalb des Generators 36 angeordnet sind. Nun kann der Generator 36 durch die Bodenöffnung 50 hindurch abgelassen bzw. angehoben werden.

[0023] Die Montage bzw. der Austausch des Getriebes 32 kann dann erfolgen, wenn sich der Generator 36 noch nicht im Maschinengehäuse 18 befindet oder wenn er zur Seite oder nach hinten von der Bodenöffnung 50 in eine Zwischenposition wegbewegt ist oder sich in seiner Betriebsposition außerhalb der Bodenöff-

nung befindet. Die Öffnung 50 in der Bodenwand 48 ist nämlich derart bemessen, dass das Getriebe 32, das im Regelfall größere Dimensionen quer zur Längserstreckung 22 des Gehäuses aufweist, ebenfalls durch diese Öffnung 50 hindurch transportiert werden kann. Der Transport des Getriebes 32 innerhalb des Maschinengehäuses 18 erfolgt dabei durch entsprechende Verschwenkung der Kranarme 54. Je nach Ausführung der Lagerung der Welle 28 (nämlich unter Einschluss des Getriebes als zweiter Lagerpunkt - sogenannte Dreipunktlagerung) kann es erforderlich sein, die Welle mittels einer Wellenniederhaltevorrichtung 70 zu fixieren, bevor das Getriebe 32 demontiert werden kann.

[0024] In den Fig. 2 und 3 sind Verzurrungen 68, z. B. handelsübliche Schwerlast-Kettenzüge, dargestellt, mit denen der Schwenkportalkran 52 einerseits am Maschinengehäuse 18 und andererseits an der Nabe 30 des Rotors 29 arretierbar ist. Der Schwenkportalkran 52 kann anstelle dieser Verzurrungen bzw. zusätzlich zu diesen Verzurrungen über Hydraulikstempel-/Zylinder-Einheiten verfügen, mit denen sich die Kranarme 54 verschwenken lassen.

[0025] Durch Verschwenken der Kranarme 54 in Richtung des vorderen Endes 26 des Gehäuses 18, bis die Enden 66 der Kranarme 54 über den Rotor 29 vorstehen, lässt sich der Schwenkportalkran 52 auch zur Montage sowie Demontage des Rotors 29 einsetzen. In der Darstellung gemäß Fig. 4 wird zunächst jedes einzelne Rotorblatt 31 abgenommen, wobei man jeweils dasjenige Rotorblatt 31 montiert bzw. demontiert, das vertikal nach untenweisend an der Nabe 30 angebracht ist bzw. anzubringen ist. Nachdem auf diese Weise sämtliche Rotorblätter 31 abgenommen sind, lässt sich die Nabe 30 ablassen (s. Fig. 5). Nachdem dies erfolgt ist, kann nun das Hauptwellenlager 27 ggf. mit der Hauptwelle 28 mittels des Schwenkportalkrans 52 abgelassen werden. Damit wird also die letzte Hauptkomponente des Maschinengehäuses 18 ebenfalls mit Hilfe des Schwenkportalkrans 52 abgelassen bzw. angehoben.

[0026] Bei der erfindungsgemäßen Windkraftanlage 10 lassen sich also sämtliche in der Höhe befindlichen Komponenten durch bordeigene Mittel montieren bzw. demontieren. Dies stellt einen ganz entscheidenden Vorteil dar, wenn man die Windkraftanlage an Standorten aufbauen will, an denen externe Krane nicht so ohne weiteres verfügbar sind. Hier sei auch das Anwendungsgebiet der Offshore-Anlagen genannt, bei denen bisher mit Schiffskranen gearbeitet wird, die Bewegungen des Schiffsrumpfs ausgleichen müssen, um die Hauptkomponenten montieren bzw. demontieren zu können.

[0027] In Fig. 7 ist schematisch eine alternative Konstruktion einer Windkraftanlage 10' mit Zweiblattrotor gezeigt. Soweit die in Fig. 7 gezeigten Teile der Windkraftanlage 10' denjenigen der Windkraftanlage 10 der Fig. 1 bis 6 gleichen bzw. funktionsmäßig entsprechen, sind sie mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0028] In Fig. 7 ist der Aufbau des Maschinengehäuses 18 so gewählt, dass die Bodenöffnung 50 entweder gar nicht oder lediglich teilweise von dem Generator 36 in dessen Betriebsposition überdeckt ist. Im erstgenannten Fall kann der Generator 36 in seiner Betriebsposition außerhalb der Bodenöffnung 50 verbleiben, wenn das Getriebe 32 ausgetauscht werden muss. Im zweitgenannten Fall ist es erforderlich, den Generator 36 aus seiner Betriebsposition, in der er teilweise die Bodenöffnung 50 überdeckt, in eine Zwischenposition innerhalb des Maschinengehäuses 18 zu verschieben, so dass dann die Bodenöffnung 50 freigelegt ist, um das Getriebe 32 auszutauschen.

[0029] Fig. 7 zeigt ein Maschinengehäuse 18 mit einem als Portalkran 52' ausgeführtem Kransystem, das eine auf dem Gestell 53 verfahrbare Laufkatze 55 aufweist. Um bei einem derartigen Portalkransystem auch noch vor dem Rotor 29 arbeiten zu können, weist das Gestell 53 zwei Schwenkarme 54 auf, die an dem Gestell 53 schwenkbar gelagert sind. Alternativ können die schwenkbaren Arme 54 auch als aus dem Gestell 53 teleskopierbare Schienen ausgebildet sein, auf denen dann die Laufkatze 55 bis über und vor dem Rotor 29 verfahrbar ist.

[0030] Je nach Gewicht und Größe des Rotors 29 lässt sich dieser entweder als Einheit in einer Horizontalstellung (s. Fig. 8) oder in Einzelteilen in einer Vertikalstellung (s. Fig. 9) montieren bzw. demontieren. Im letztgenannten Fall ist es erforderlich, dass der Portalkran 52' an seinem bis über und vor dem Rotor 29 verschwenkbaren vorderen Ende "gegabelt" ist, so dass die beiden Schwenkarme 54 beidseitig des hochstehenden Rotorblatts 31 angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Windkraftanlage mit

- einem Turm (14),
- einem an dem Turm (14) um eine Vertikalachse (20) drehbaren Maschinengehäuse (18) zur Aufnahme zumindest einer Welle (28) mit mindestens einem Wellenlager (27), eines Getriebes (32) und eines Generators (36), die untereinander mechanisch verbunden sind, wobei das Maschinengehäuse (18) einen radial vom Turm (14) abstehenden Gehäuseteil (24) aufweist,
- einem Rotor (29) mit einer mit der Welle (28) verbundenen Nabe (30) und mit mindestens einem von dieser abstehenden Rotorblatt (31), und
- einem im Maschinengehäuse (18) angeordneten Bordkran (52,52') mit einem Gestell (53) und einem Lastaufnahmeorgan (62), wobei der Bordkran (52,52') als Schwenkportalkran mit um eine Horizontalachse verschwenkbaren Ar-

men (54) ausgebildet ist,

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** das Gestell (53) des Bordkrans (52,52') zum Anhängen sowohl des Generators (36) als auch des Getriebes (32) an dem Lastaufnahmeorgan (62) an dem Maschinengehäuse (18) verschwenkbar ist,
 - **dass** in der Bodenwand (48) des radial vom Turm (14) abstehenden Maschinengehäuseteils (24) eine Öffnung (50) ausgebildet ist, und
 - **dass** die Öffnung (50) in der Bodenwand (48) derart bemessen ist, dass durch sie hindurch mittels des Bordkrans (52,52') sowohl der Generator (36) als auch das Getriebe (32) hindurch bewegbar ist.
2. Windkraftanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der obere Teil des Maschinengehäuses (18) zumindest bereichsweise abnehmbar und/oder auf- bzw. abklappbar ist.
 3. Windkraftanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gestell (53) des Bordkrans (52,52') derart bewegbar in dem Maschinengehäuse (18) angeordnet ist, dass an das Lastaufnahmeorgan (62) sowohl das mindestens eine Wellenlager (27) als auch die Welle (28) anhängbar und bewegbar ist.
 4. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gestell (53) des Bordkrans (52,52') derart bewegbar in dem Maschinengehäuse (18) angeordnet ist, dass an das Lastaufnahmeorgan (62) sowohl ein Rotorblatt (31) als auch die Nabe (30) - mit oder ohne dem mindestens einen Rotorblatt (31) - anhängbar ist.
 5. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Anheben und Absenken des Lastaufnahmeorgans (62) eine Winde (60) vorgesehen ist, die am Fuß des Turms (14) anbringbar ist, und dass sich das Lastaufnahmeorgan (62) von der Winde (60) aus in oder an dem Turm (14) bis in das Maschinengehäuse (18) hinein erstreckt.

Claims

1. Wind energy plant comprising
 - a tower (14),
 - an engine housing (18) adapted to be rotated about a vertical axis (20) on the tower (14) and receiving at least one shaft (28) with at least one shaft bearing (27), a transmission (32) and a generator (36) that

are mechanically interconnected, the engine housing (18) having a housing part (24) projecting radially from the tower (14),

a rotor (29) with a hub (30) connected to the shaft (28) and with at least one rotor blade (31) projecting therefrom, and

an on-board crane (52, 52') arranged in the engine housing (18) and having a frame (53) and a load receiving element (62), said on-board crane (52, 52') being designed as a swivelling portal crane with arms (54) pivotable about a horizontal axis,

characterized in that

the frame (53) of the on-board crane (52, 52') may be pivoted at the engine housing (18) to hang both the generator (36) and the transmission (32) to the load receiving element (62),

an opening (50) is formed in the bottom wall (48) of the engine housing part (24) projecting radially from the tower (14), and

the opening (50) in the bottom wall (48) is dimensioned such that both the generator (36) and the transmission (32) may moved therethrough using the on-board crane (52, 52').

2. Wind energy plant of claim 1, wherein the upper part of the engine housing (18) is at least partially removable and/or adapted to be tilted open or away.
3. Wind energy plant of claim 1 or 2, wherein the frame (53) of the on-board crane (52, 52') is arranged to be movable in the engine housing (18) such that both the at least one shaft bearing (27) and the shaft (28) may be hung to the load receiving element (62).
4. Wind energy plant of one of claims 1 to 3, wherein the frame (53) of the on-board crane (52, 52') is arranged to be movable in the engine housing (18) such that both a rotor blade (31) and the hub (30) - with or without the at least one rotor blade (31) - may be hung to the load receiving element (62).
5. Wind energy plant of one of claims 1 to 4, wherein a winch (60) is provided for lifting and lowering the load receiving element (62), said winch being attachable at the foot of the tower (14), and wherein the load receiving element (62) extends from the winch (60) in or on the tower (14) into the engine housing (18).

Revendications

1. Éolienne, comprenant :

- une tour (14),
- un carter de machine monté sur la tour (14) avec faculté de rotation autour d'un axe vertical (20) et destiné à recevoir au moins un arbre

(28) avec au moins un palier d'arbre (27), une transmission (32), et un générateur (36) qui sont reliés les uns aux autres par voie mécanique, ledit carter de machine (18) présentant une partie de carter (24) en dépassement radial depuis la tour (14),

- un rotor (29) avec un moyeu (30) relié à l'arbre (28) et au moins une pale de rotor (31) dépassant depuis ledit moyeu, et
- une grue de bord (52, 52') agencée dans le carter de machine (18) et comprenant un châssis (53) et un organe d'encaissement de charge (62), ladite grue de bord (52, 52') étant réalisée sous la forme d'une grue à portique basculante avec des bras (54) capables de basculer autour d'un axe horizontal,

caractérisée en ce que :

- le châssis (53) de la grue de bord (52, 52') est capable de basculer sur le carter de machine (18) en vue de la suspension tant du générateur (36) que de la transmission (32) sur l'organe d'encaissement de charge (62),
 - une ouverture (50) est réalisée dans la paroi de fond (48) de la partie (24) du carter de machine en dépassement radial depuis la tour (14), et
 - l'ouverture (50) dans la paroi de fond (48) a une taille ainsi choisie qu'on peut y faire passer tant le générateur (36) que la transmission (32) au moyen de la grue de bord (52, 52').
2. Éolienne selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la partie supérieure du carter de machine (18) est réalisée au moins localement de façon amovible et/ou capable de pivoter vers le haut ou vers le bas.
 3. Éolienne selon l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** le châssis (53) de la grue de bord (52, 52') est agencé mobile dans le carter de machine (18) de telle façon que ledit au moins un palier d'arbre (27) de même que l'arbre (28) peuvent être suspendus et déplacés sur l'organe d'encaissement de charge (62).
 4. Éolienne selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le châssis (53) de la grue de bord (52, 52') est agencé mobile dans le carter de machine (18) de telle façon qu'une pale de rotor (31) de même que le moyeu (30), avec ou sans ladite au moins une pale de rotor (31), peut être suspendu sur l'organe d'encaissement de charge (62).
 5. Éolienne selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce qu'il** est prévu un treuil (60) pour la montée et pour la descente de l'organe d'encaissement de charge (62), ledit treuil pouvant être

monté au pied de la tour (14), et **en ce que** l'organe d'encaissement de charge (62) s'étend depuis le treuil (60) dans la tour (14) ou le long de celle-ci jusqu'à dans le carter de machine (18).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

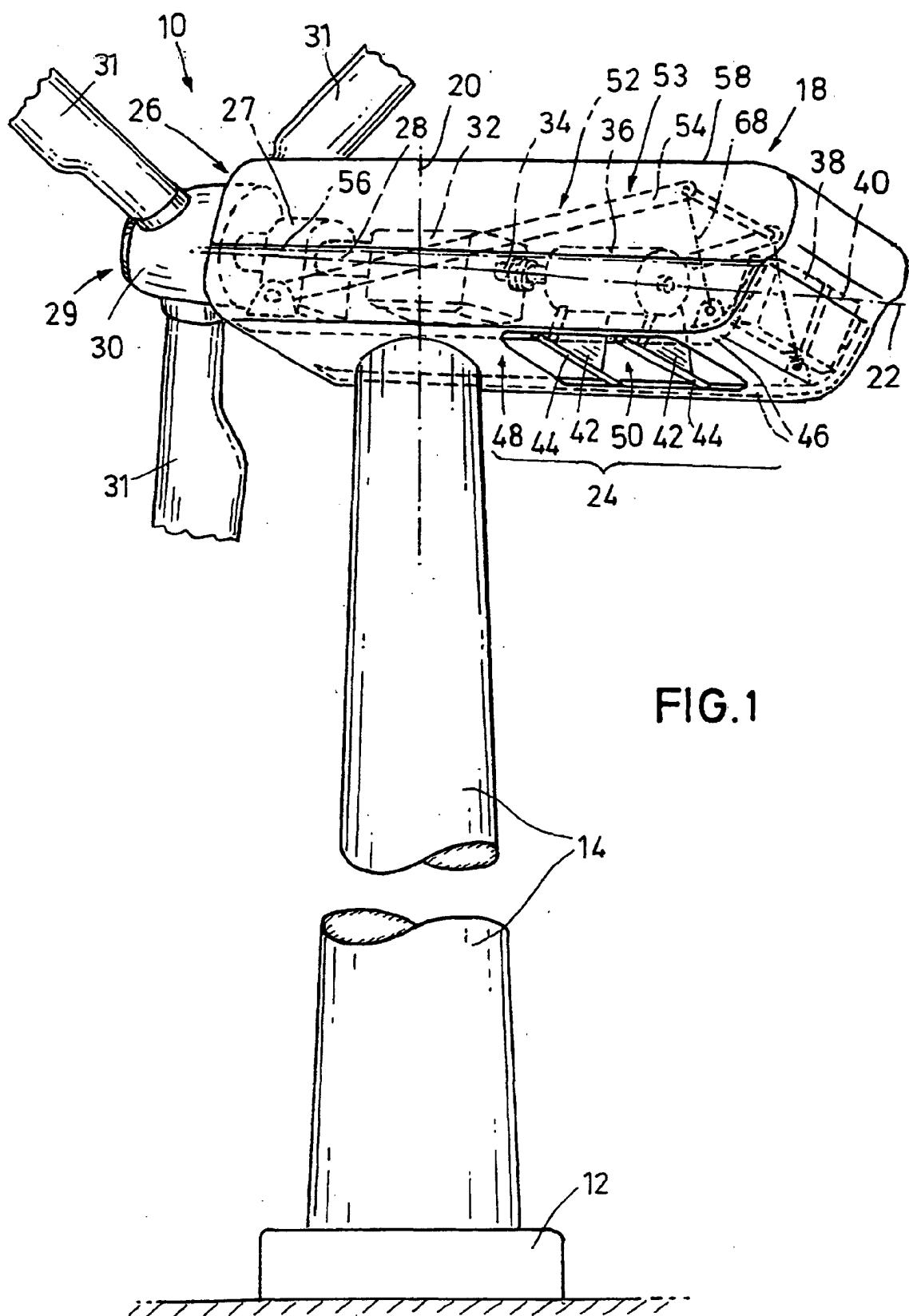
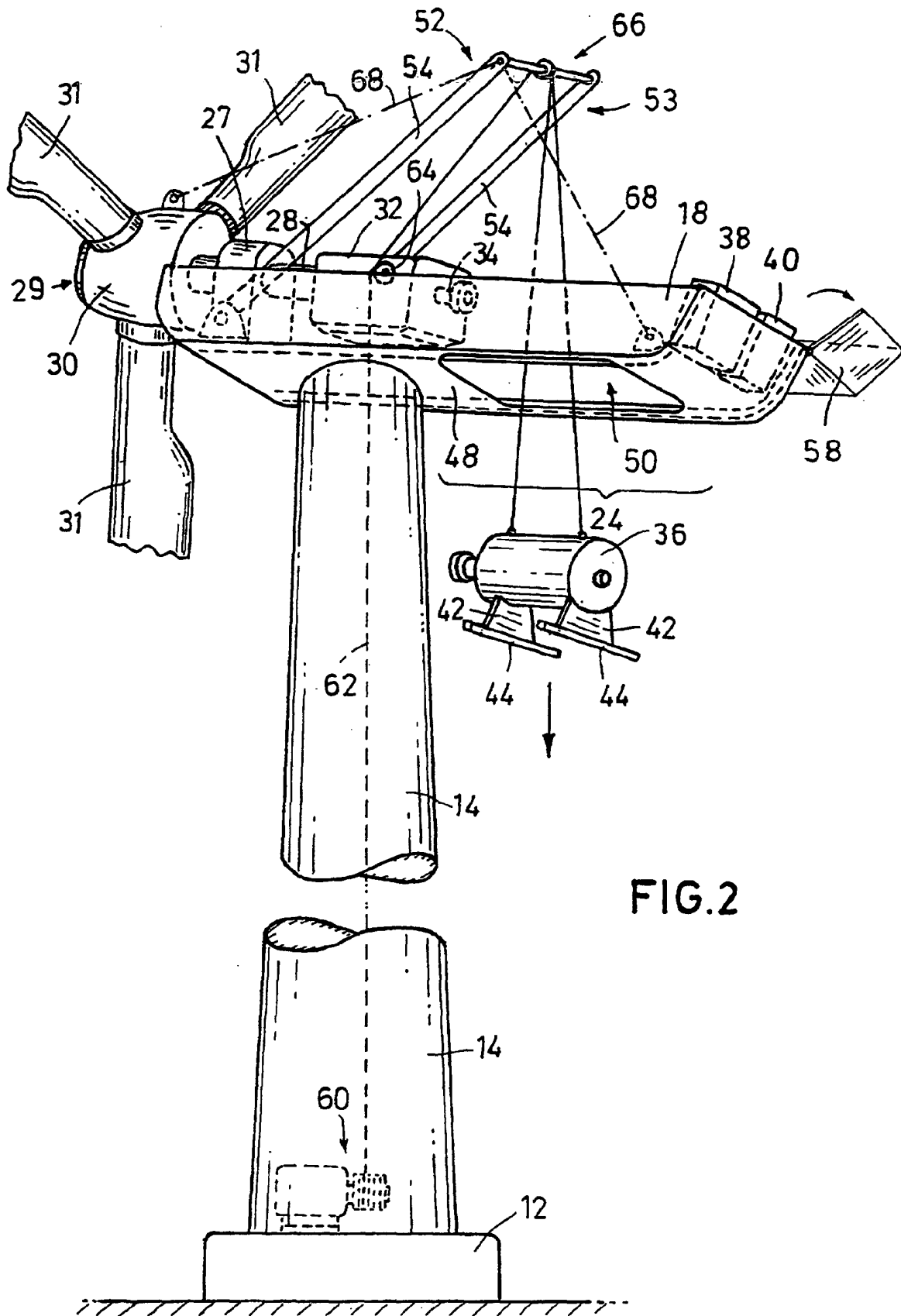


FIG. 1



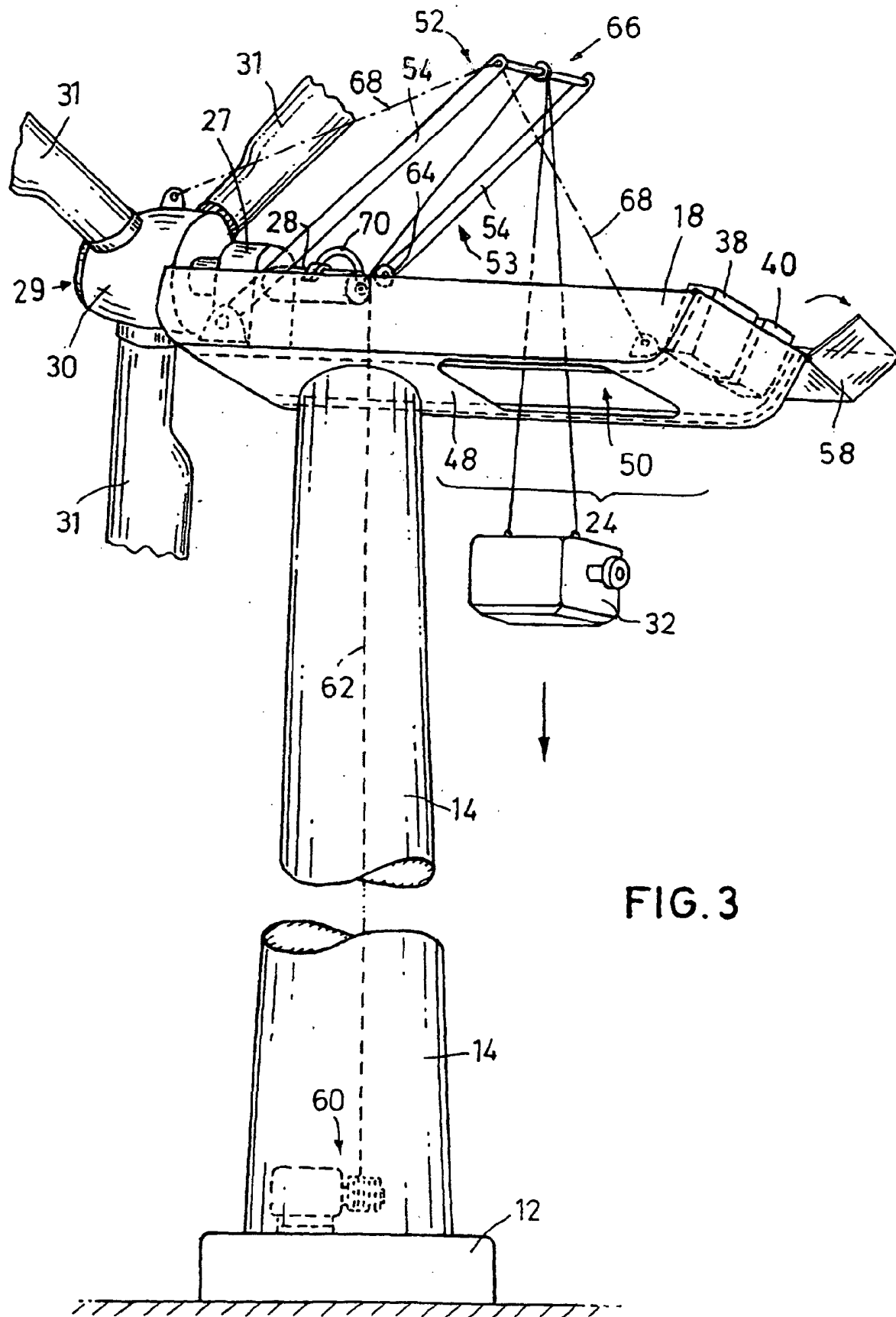
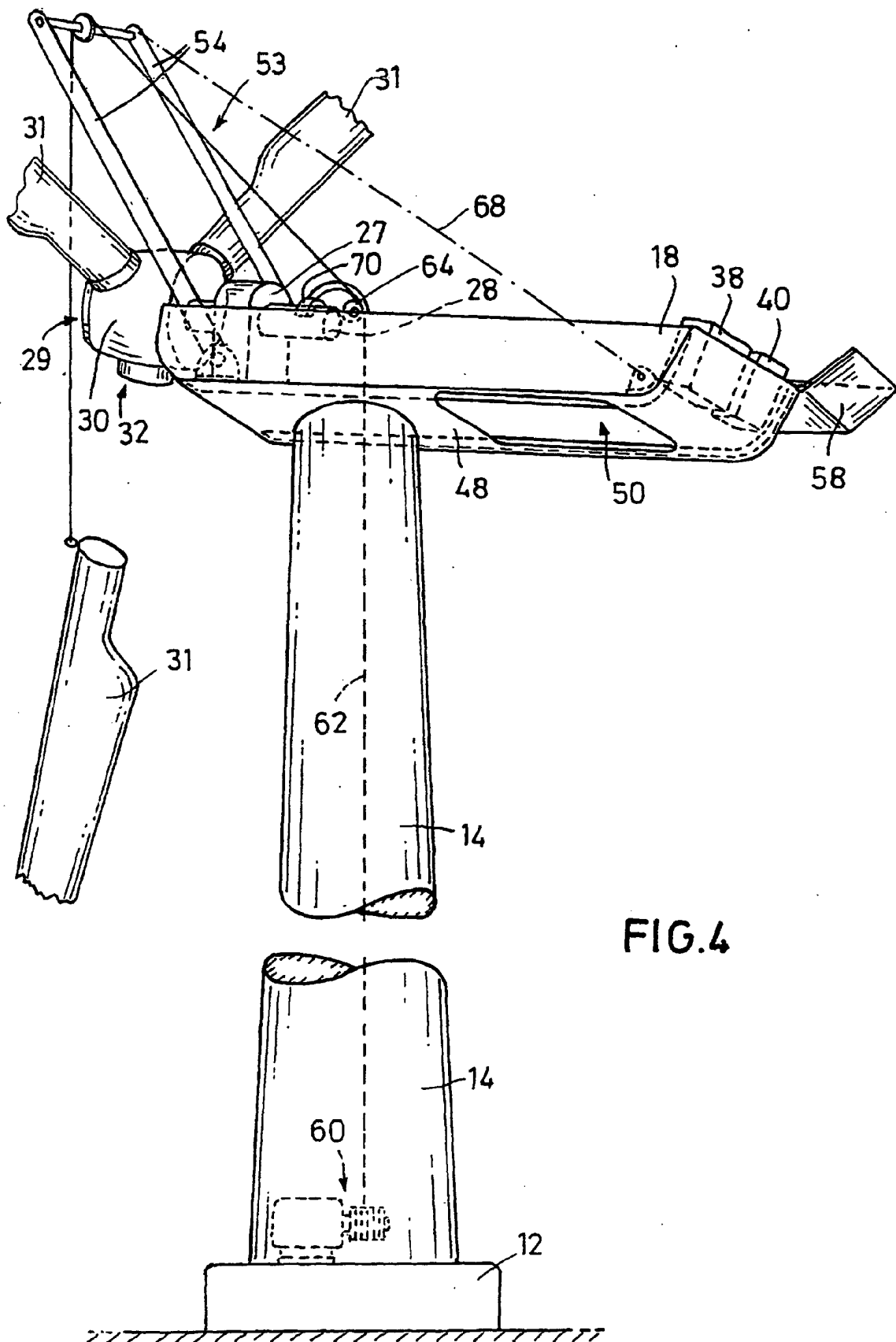
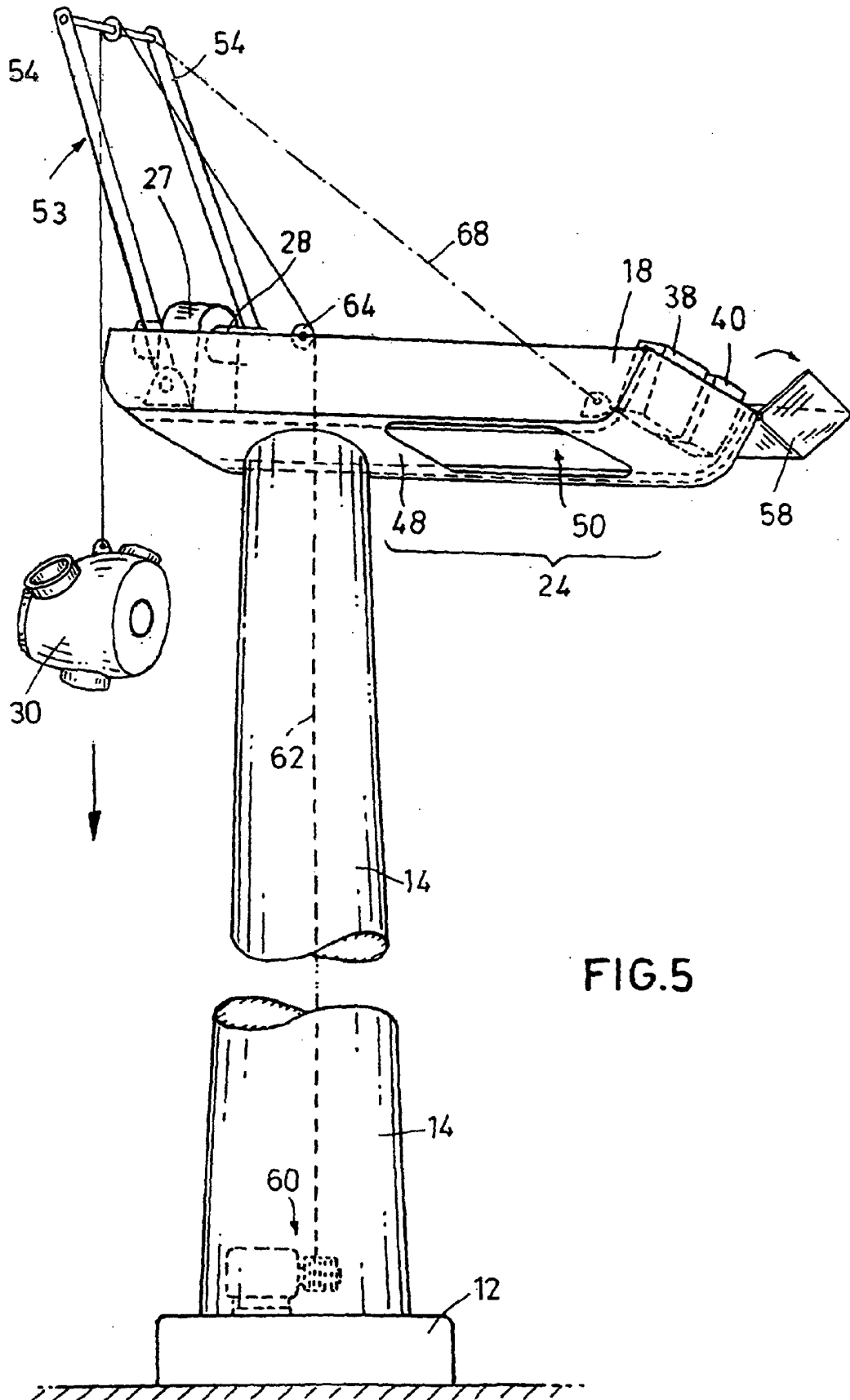
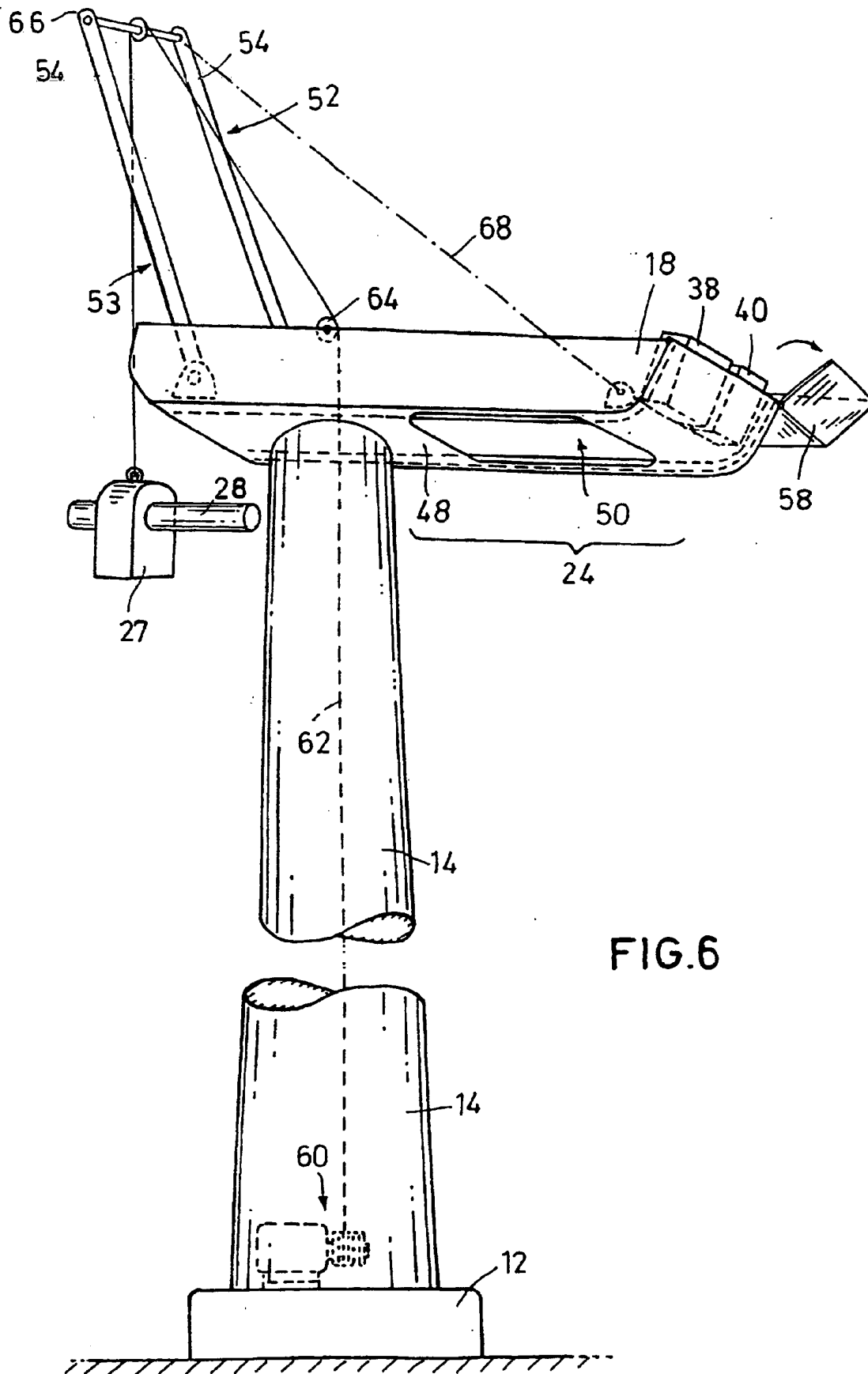
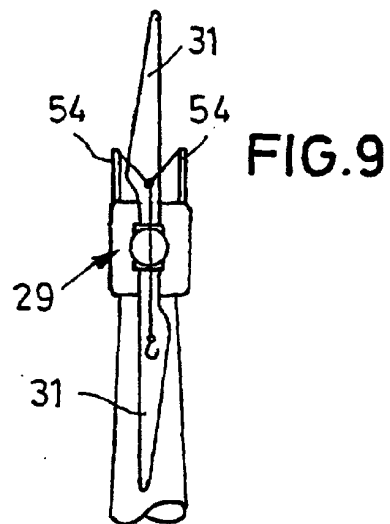
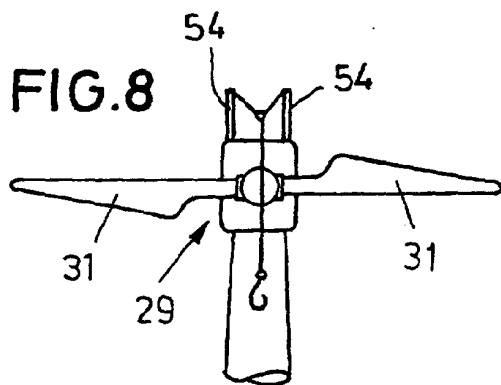
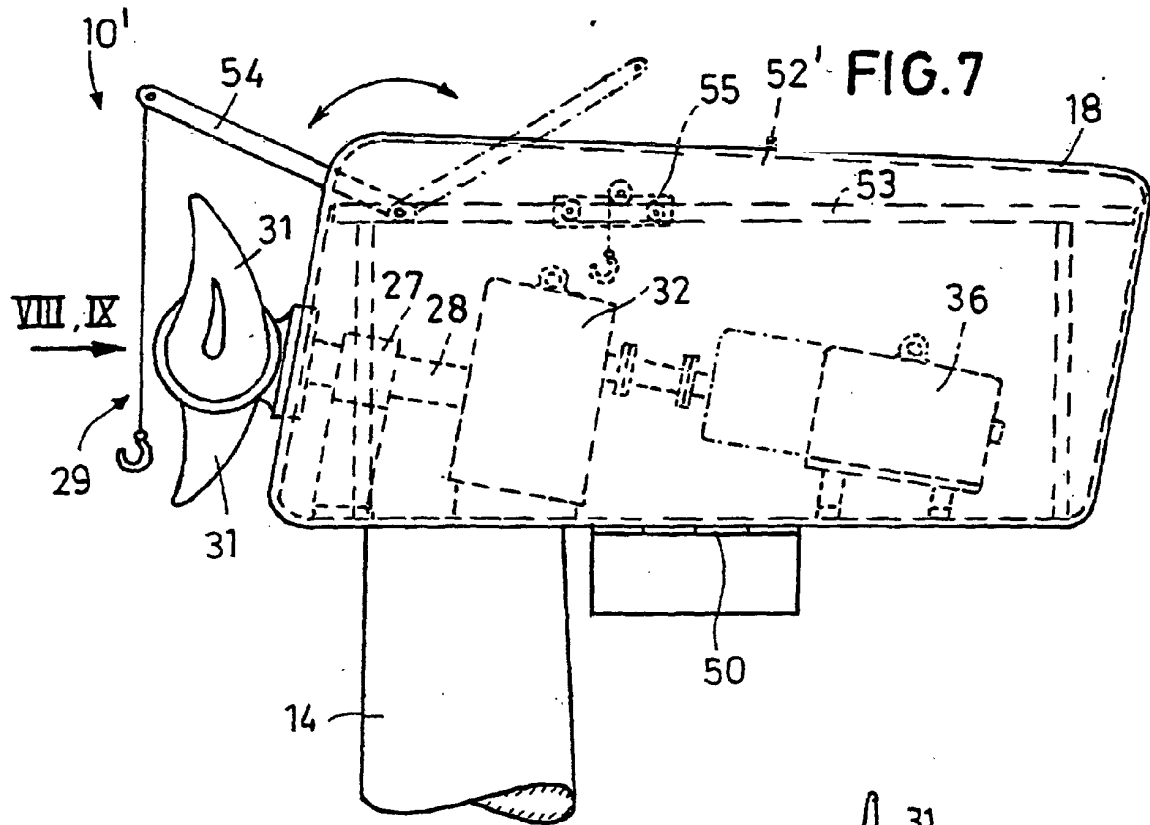


FIG. 3









CERTIFIED TRANSLATION

Description

[0001] The invention relates to a wind turbine and a method for replacing the main components of the machine housing of a wind turbine using on-board means.

[0002] To assemble a wind turbine, either very large cranes are required to lift the machine housing (also called nacelle) as a whole (weights of up to 100 t in today's nacelles), or the main components of the machine housing are lifted onto the tower individually. The main components are primarily the rotor, consisting of a rotor hub with at least one rotor blade, the main shaft with shaft bearings, the generator and the transmission connected between the shaft and the generator. These main components form the drive train of the wind turbine. As with assembly, a crane is required to replace any of these main components, as well as to assemble and replace the rotor.

[0003] This problem becomes more acute when the weight of the nacelle reaches the limits of the crane's capacity or exceeds them, or when wind turbines are operated in less industrialized countries where, for example, mobile cranes are not so readily available. In this case, it is advisable to equip the wind turbine with an on-board crane system, as described in AT-PS 401674 is. However, it should be noted that these on-board crane systems are unsuitable for the currently widespread wind energy concepts or must be very stable and therefore heavy in order to be able to lower and lift the individual components with the crane projecting from the housing.

[0004] DE 196 47 515 A1 and DE 197 41 988 A1 describe methods for constructing a wind turbine in which a crane that can be raised along the tower by stacking individual tower segments on top of each other. This crane is then used to transport the machine housing and its main components to the top of the tower. Finally, DE 28 23 525 A1 discloses that the machine housing is lifted by means of ropes which are guided back down from a winch located at the bottom of the tower via deflection pulleys at the top of the tower.

[0005] A concept was presented to the public for the first time at the trade fair "Sustain '99 - The World Sustainable Energy Fair "(25 to 27. May 1999) by the applicant Windenergie the public in which the generator is lowered out of the nacelle or lifted into it through an opening in the bottom wall of the machine housing by means of an on-board crane system that can only be extended vertically upwards. However, this concept still has the problem that in the event of transmission damage, the transmission still has to be lifted out of the machine housing using an external crane or lowered into the machine housing from above.

[0006] EP-A-1 101 936, which is a document pursuant to Article 54 (3) EPC, describes a wind turbine whose nacelle has a machine frame which is open at its lower end outside the tower. At the top of the machine frame, a longitudinally moveable winch is arranged in the

manner of a portal crane, with which the main components of the machine housing, such as the generator and transmission the lower end of the machine frame.

[0007] Furthermore, WO-A-96/10130 discloses a wind turbine with a load-lifting device in the machine housing. The load-lifting device is designed as a swivel crane and has two arms that are mounted so that they can swivel about a horizontal axis. The main components of the machine housing, such as the generator, can be moved into and out of the machine housing using the load-lifting device. These components must be moved sideways past the machine housing in order to be moved into and out of the machine housing. In addition, this known wind turbine has a hole in the floor of the machine housing that is aligned with the tower. This hole can be used to transport small parts with the aid of a crane with an arm that can be pivoted about a vertical axis.

[0008] The invention is based on the object of creating a wind turbine which, while maintaining a proven machine concept, is constructed in such a way that the individual on-board components of the machine housing can be replaced or installed more easily using an on-board crane system.

[0009] To solve this problem, the invention proposes a wind turbine according to claim 1.

[0010] As is usual in wind turbines, a shaft with at least one shaft bearing, a transmission, a generator and a rotor are located in or on a machine housing arranged on a tower. These components (hereinafter also referred to as main components) form the drive train of the wind turbine and are arranged side by side along an axis of the machine housing and mechanically connected to each other. While the shaft projects radially from one side of the machine housing, the transmission is located inside the machine housing, essentially in line with the tower, while the generator is housed in a part of the machine housing that projects radially from the tower. The rotor is attached to the shaft with a hub from which at least one rotor blade projects radially. There is an opening in the bottom wall of the machine housing below the generator. Furthermore, the machine housing of the wind turbine according to the invention contains an on-board crane system, which is designed as a pivotable portal crane system according to the invention.

[0011] According to the invention, the opening in the bottom wall of the machine housing is dimensioned in such a way that both the generator and, if there is no generator, i.e., if the generator has not yet been installed or has already been removed or has been moved away from the opening, the transmission can be transported through this opening. For this purpose, the on-board crane can be maneuvered in such a way that, if necessary, after lowering or moving the generator, the transmission can be moved within the housing to

above the bottom wall opening and then lowered through the bottom wall opening. The reverse process then takes place when installing the transmission.

[0012] The invention therefore proposes using the opening in the bottom wall of the machine housing for the transmission, not only for the assembly, installation and removal of the generator, but also for the transmission.

[0013] In order to keep the volume of the machine housing relatively small despite the inclusion of an on-board crane system, an advantageous further development of the invention provides for an opening in the upper side of the machine housing, which can be closed and opened with one or more flaps. It is even more advantageous if allow the entire upper half of the machine housing can be opened by means of appropriate flaps or cover constructions. The on-board crane can then be raised from a parking position, in which it is folded down or otherwise has a low overall height, into a working position in which it projects from the top of the machine housing through the opening. However, the invention does not provide for the on-board crane to project sideways and/or rearward out of the machine housing as the generator and the transmission are lowered out of the machine housing via the bottom wall opening or raised into it.

[0014] The machine housing of the wind turbine according to the invention is also provided with a crane hatch, preferably located next to the generator, through which the crane frame or at least the rope can be moved outside the machine housing. This allows all auxiliary units of the machine housing, such as coolers, oil pumps, azimuth drives, etc. to be lowered downwards or raised upwards. In order to prevent components from hitting the tower due to wind turbulence during lowering, these components are suitably guided by appropriate devices, such as a tensioned steel cable or a guide rail mounted on the outside of the tower wall.

[0015] The drive of the pulling device element, which is specifically a rope, can be housed in the machine housing. However, in order to avoid having to provide space for this in the machine housing, it is advisable to arrange a rope winch or similar load-pulling device drive on the foundation or at the lower end of the tower, and then to guide the rope through the tower or past the outside of the tower to the top of the machine housing. The winch is then installed for the duration of the assembly work (cost savings).

[0016] The on-board crane of the wind turbine according to the invention, which can be pivoted over the entire length of the housing (viewed in the axial direction of the drive train), also makes it possible to use this on-board crane to lower the shaft and the main shaft bearing or to lift them into the machine housing. Both can be done either through the bottom wall opening or through the front of the machine housing (where the rotor is

located). The latter case requires that the on-board crane be movable or pivotable in such a way that it projects beyond the front of the housing. This also has the advantage that the on-board crane can now also be used for assembly and replacing the rotor. The rotor can now be assembled by first lifting the hub and attaching it to the shaft, then lifting at least one rotor blade or all rotor blades individually and attaching them to the hub. The same steps are performed in reverse order when removing the rotor. If no rotor is attached to the shaft, it can be lowered and lifted using a crane system that can be extended over the front, either after removing the main bearing or together with it.

[0017] Furthermore, it is advisable to use the crane with the rotor mounted to lift or lower the hub components (e.g., rotor blade adjustment system).

[0018] The following section uses a drawing to explain an embodiment of the invention in more detail. Figures 1 to 6 schematically illustrate the structure of the machine housing and the individual steps involved in replacing the main components of the machine housing and the rotor. It should be noted that the individual steps of the process are carried out in reverse order during assembly and installation of the main components or the rotor. Figures 7 to 9 show further alternatives of wind turbine designs and the assembly and disassembly of the rotor.

[0019] In Fig. 1, the basic structure of a wind turbine 10 according to a preferred embodiment is shown schematically. The tower 14 is located on a foundation 12, at the upper end of which a machine housing 18 is mounted so as to be rotatable about a vertical axis of rotation 20. The machine housing 18 has a longitudinal extension 22 directed transversely to the vertical axis 20 and projects radially from the tower 14 with its housing part 24. At the front end 26 of the machine housing 18 there is the main bearing 27 for the shaft 28 to which the rotor 29 is attached. The rotor 29 has a hub 30 with usually one two or three rotor blades 31. The shaft 28 is mechanically connected to a transmission 32, which is connected to a generator 36 via a highspeed shaft 34. Optionally, a transformer 38 and various control cabinets 40 are located in the machine housing 18.

[0020] The generator 36 stands on feet 42, under which two cross members 44 are arranged transversely to the longitudinal extension 22. The cross members 44 are fastened from below to two longitudinal beams 46 of the machine housing 18, which run in the longitudinal extension 22 and are spaced apart from each other. Below the cross members 44 and the longitudinal beams 46, there is a bottom opening 50 in the bottom wall 48 of the machine housing 18, which is dimensioned such that the generator 36 can be moved through this opening into or out of the machine housing 18.

[0021] As an alternative to the mounting of the generator on cross members, it can also be flanged directly to the transmission 32.

[0022] The generator 36 is transported out of and into the machine housing 18 by means of an on-board crane 52 designed as a swiveling portal crane, which has a frame 53 with two pivoting crane arms 54. Fig. 1 shows the on-board crane 52 in its parking position, in which it is completely housed in the machine housing 18. Fig. 1 shows hinge axes 56 for two cover flaps 58 of the machine housing, which are arranged symmetrically to the longitudinal extension 22. By opening these cover flaps 58, the machine housing 18 is opened upwards so that the swiveling portal crane 52 can now be raised (see Fig. 2). A rope winch 60 can be mounted at the bottom of the foundation 12 of the tower 14, from which a rope 62 runs inside the tower or outside of the tower 14 past into the machine housing 18, and from there via a deflection roller 64 to the upper end 66 of the crane arms 54. To lower the generator 36, the swiveling portal crane 52 is pivoted such that the upper ends 66 of its arms 54 are arranged above the generator 36. The generator 36 can now be lowered or raised through the bottom opening 50.

[0023] The assembly or replacement of the transmission 32 can be carried out when the generator 36 is not yet located in the machine housing 18 or when it has been moved to the side or to rearward away from the bottom opening 50 into an intermediate position or is in its operating position outside the bottom opening. The opening 50 in the bottom wall 48 is dimensioned such that the transmission 32, which generally has larger dimensions transverse to the longitudinal extension 22 of the housing, can be transported through this opening 50. The transport of the transmission 32 within the machine housing 18 is carried out by pivoting the crane arms 54 appropriately. Depending on the design of the bearing of the shaft 28 (namely including the transmission as the second bearing point - so-called three-point bearing), it may be necessary to fix the shaft by means of a shaft hold-down device 70 before the transmission 32 can be dismantled.

[0024] Figures 2 and 3 show lashings 68, e.g., commercially available heavy-duty chain hoists, with which the swiveling portal crane 52 can be locked on one hand to the machine housing 18 and on the other hand to the hub 30 of the rotor 29. Instead of these lashings or in addition to these lashings, the swiveling portal crane 52 can be equipped with hydraulic ram/cylinder units with which the crane arms 54 can be swiveled.

[0025] By pivoting the crane arms 54 in the direction of the front end 26 of the housing 18 until the ends 66 of the crane arms 54 project beyond the rotor 29, the swiveling portal crane 52 can also be used for assembling and disassembling the rotor 29. In the illustration according to Fig. 4, each individual rotor blade 31 is first removed, wherein the rotor blade 31 which is attached or is to be attached to the hub 30 pointing vertically downwards

is mounted or dismounted. After all rotor blades 31 have been removed in this way, the hub 30 can be lowered (see Fig. 5). Once this has been done, the main shaft bearing 27, if necessary, with the main shaft 28, can now be lowered by means of the swiveling portal crane 52. Thus, the last main component of the machine housing 18 is also lowered or raised with the help of the swiveling portal crane 52.

[0026] In the wind turbine 10 according to the invention, all components located at height can be assembled or disassembled using on-board means. This represents a decisive advantage when installing the wind turbine at locations where external cranes are not readily available. The field of application of offshore installations should also be mentioned here, where ship cranes have been used up to now, which have to compensate for the movements of the ship's hull in order to be able to assemble or disassemble the main components.

[0027] In Fig. 7 schematically shows an alternative design of a wind turbine 10' with a two-bladed rotor. Insofar as the parts of the wind turbine 10' shown in Fig. 7 are identical to or functionally equivalent to those of the wind turbine 10 shown in Figures 1 to 6, they are designated by the same reference numerals.

[0028] In Fig. 7, the structure of the machine housing 18 is designed so that the bottom opening 50 is either not covered at all or only partially covered by the generator 36 in its operating position. In the former case, the generator 36 can remain in its operating position outside the bottom opening 50 when the transmission 32 needs to be replaced. In the second case, it is necessary to move the generator 36 from its operating position, in which it partially covers the bottom opening 50, to an intermediate position inside the machine housing 18, so that the bottom opening 50 is then exposed in order to replace the transmission 32.

[0029] Fig. 7 shows a machine housing 18 with a crane system designed as a portal crane 52', which has a trolley 55 that can be moved on the frame 53. In order to be able to work in front of the rotor 29 with such a portal crane system, the frame 53 has two swivel arms 54 that are mounted on the frame 53 so they can swivel. Alternatively, the swivel arms 54 can also be designed as rails that can be extended from the frame 53, on which the trolley 55 can then be moved over and in front of the rotor 29.

[0030] Depending on the weight and size of the rotor 29, it can be assembled or disassembled either as a unit in a horizontal position (see Fig. 8) or in individual parts in a vertical position (see Fig. 9). In the latter case, it is necessary for the portal crane 52' to be "forked" at its front end, which can be swiveled above and in front of the rotor 29, so that the two swivel arms 54 are positioned on both sides of the upright rotor blade 31.

Claims (5)

1. Wind energy plant comprising
a tower (14),
an engine housing (18) adapted to be rotated about a vertical axis (20) on the tower (14) and receiving at least one shaft (28) with at least one shaft bearing (27), a transmission (32) and a generator (36) that are mechanically interconnected, the engine housing (18) having a housing part (24) projecting radially from the tower (14), a rotor (29) with a hub (30) connected to the shaft (28) and with at least one rotor blade (31) projecting therefrom, and
an on-board crane (52, 52') arranged in the engine housing (18) and having a frame (53) and a load receiving element (62), said on-board crane (52, 52') being designed as a swiveling portal crane with arms (54) pivotable about a horizontal axis,
characterized in that
the frame (53) of the on-board crane (52, 52') may be pivoted at the engine housing (18) to hang both the generator (36) and the transmission (32) to the load receiving element (62),
an opening (50) is formed in the bottom wall (48) of the engine housing part (24) projecting radially from the tower (14), and
the opening (50) in the bottom wall (48) is dimensioned such that both the generator (36) and the transmission (32) may be moved therethrough using the on-board crane (52, 52').
2. Wind energy plant of claim 1, wherein the upper part of the engine housing (18) is at least partially removable and/or adapted to be tilted open or away.
3. Wind energy plant of claim 1 or 2, wherein the frame (53) of the on-board crane (52, 52') is arranged to be movable in the engine housing (18) such that both the at least one shaft bearing (27) and the shaft (28) may be hung to the load receiving element (62).
4. Wind energy plant of one of claims 1 to 3, wherein the frame (53) of the on-board crane (52, 52') is arranged to be movable in the engine housing (18) such that both a rotor blade (31) and the hub (30 - with or without the at least one rotor blade (31) - may be hung to the load receiving element (62).
5. Wind energy plant of one of claims 1 to 4, wherein a winch (60) is provided for lifting and lowering the load receiving element (62), said winch being attachable at the foot

of the tower (14), and wherein the load receiving element (62) extends from the winch (60) in or on the tower (14) into the engine housing (18).

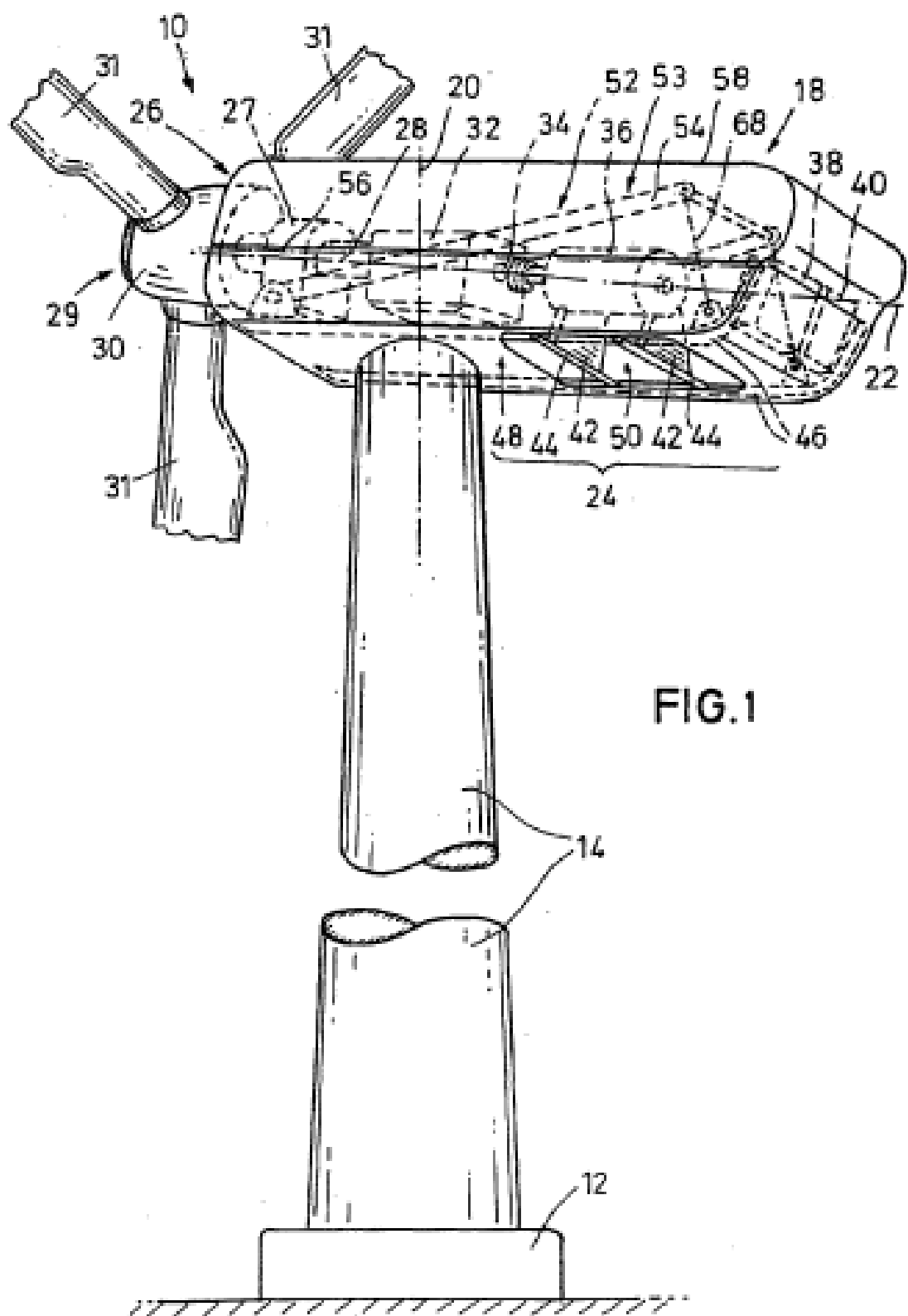
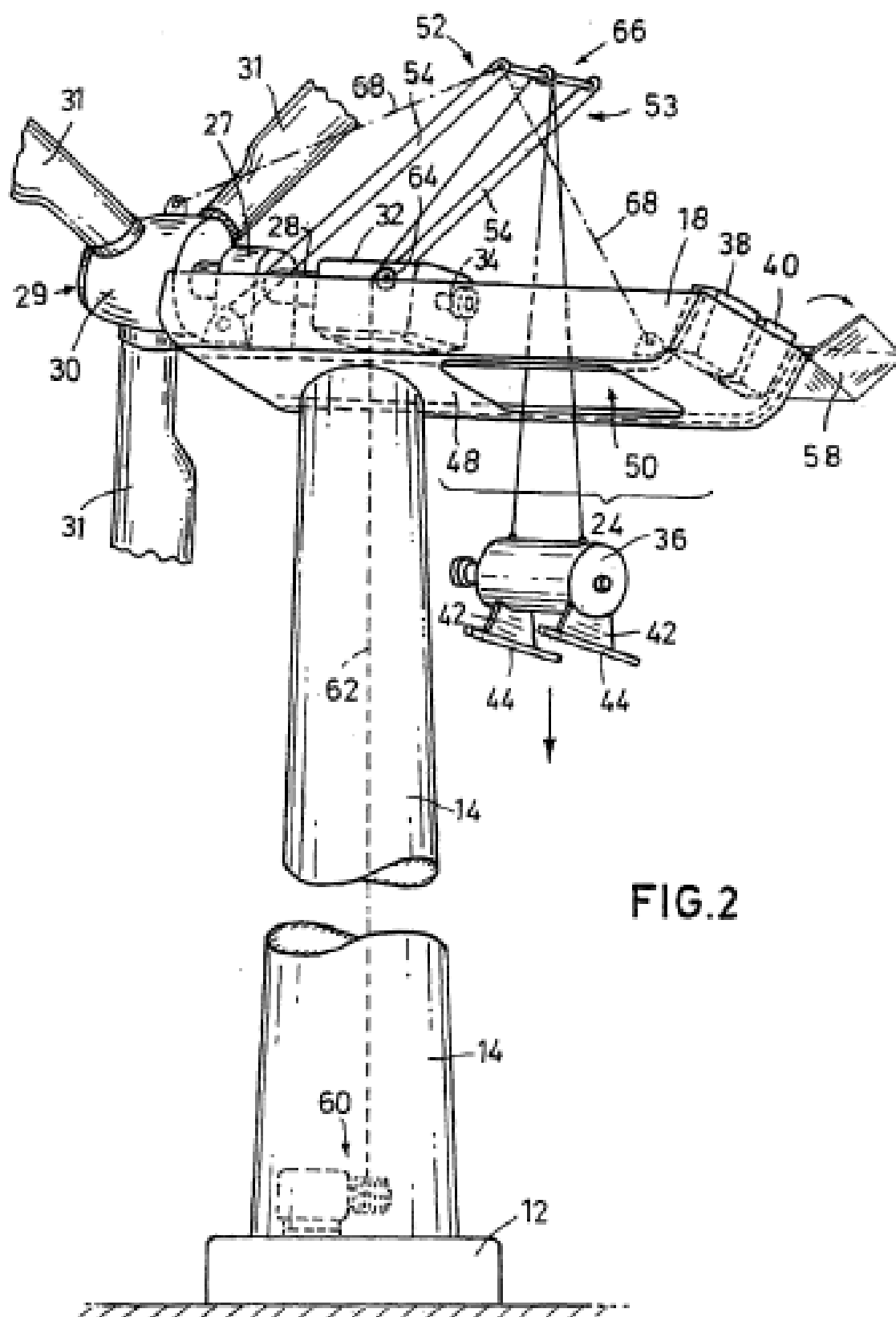


FIG.1



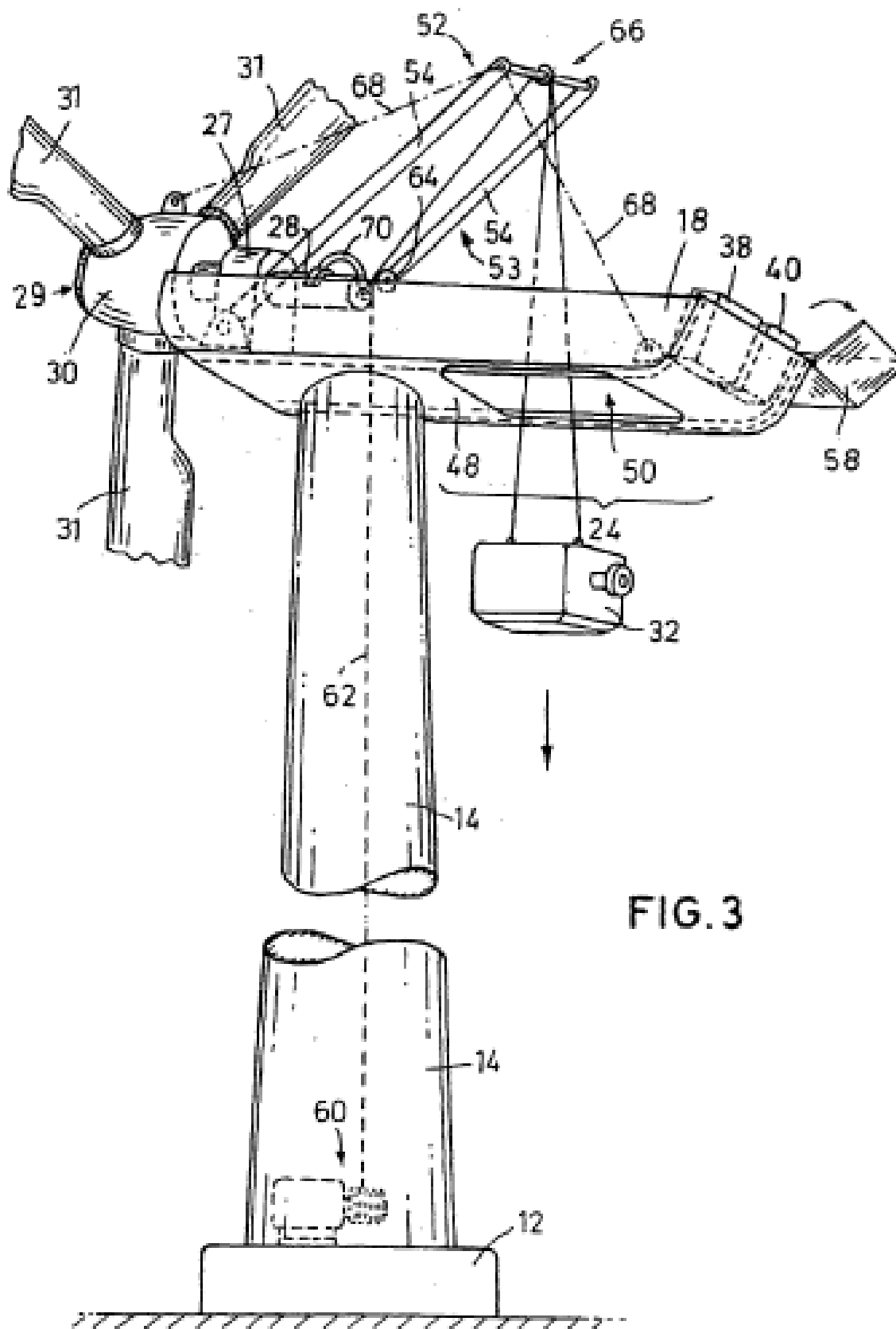


FIG. 3

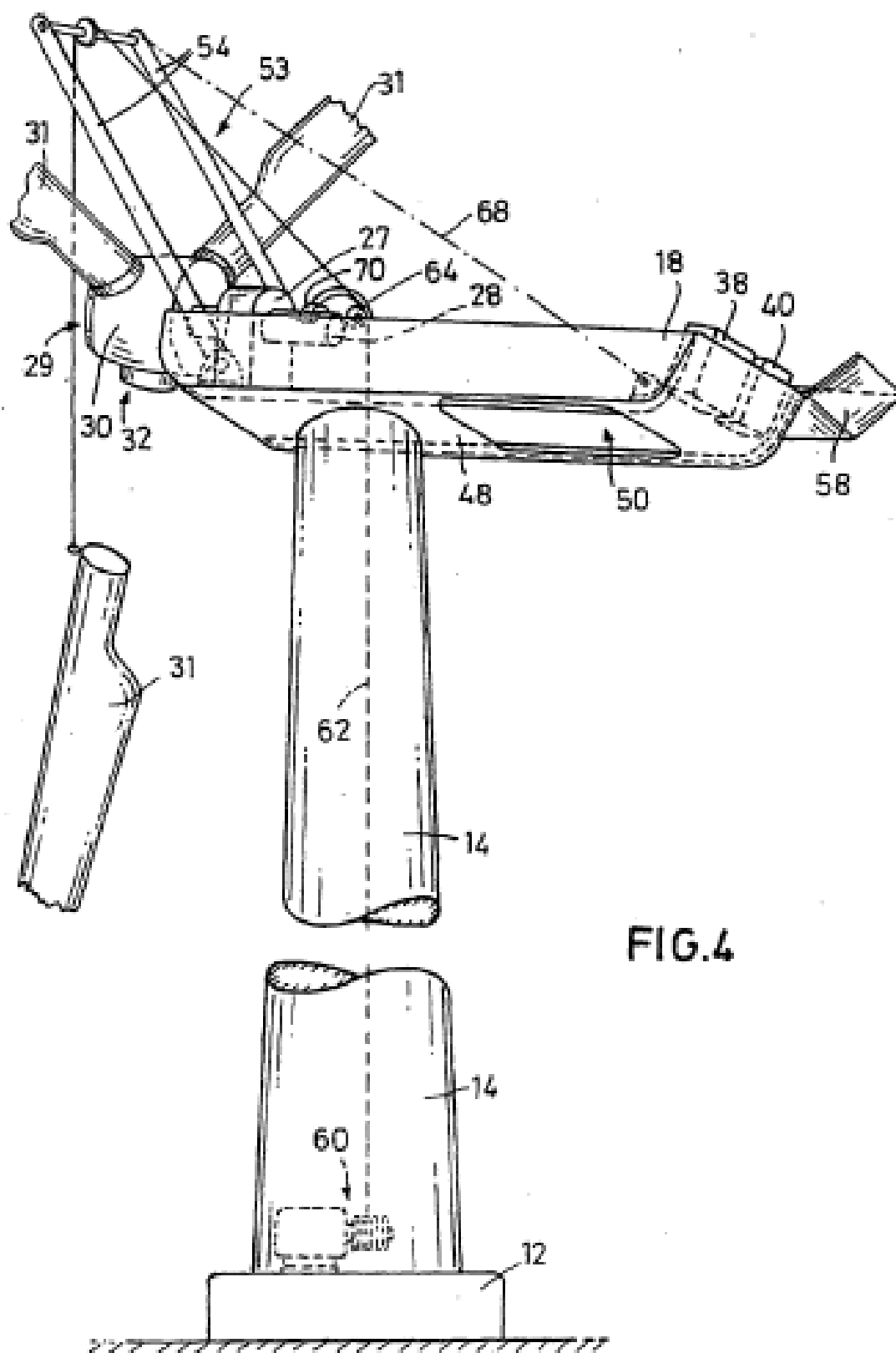
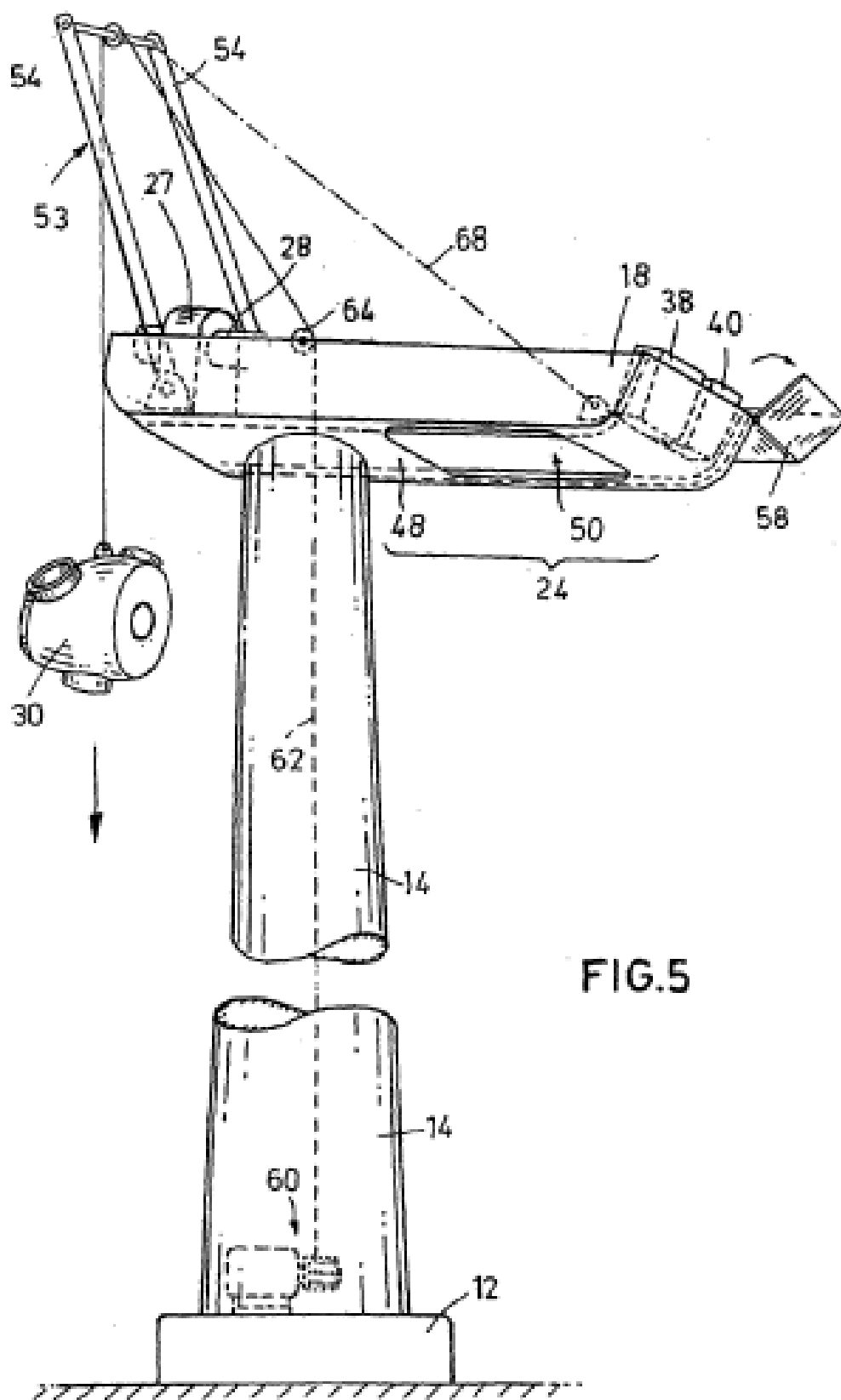
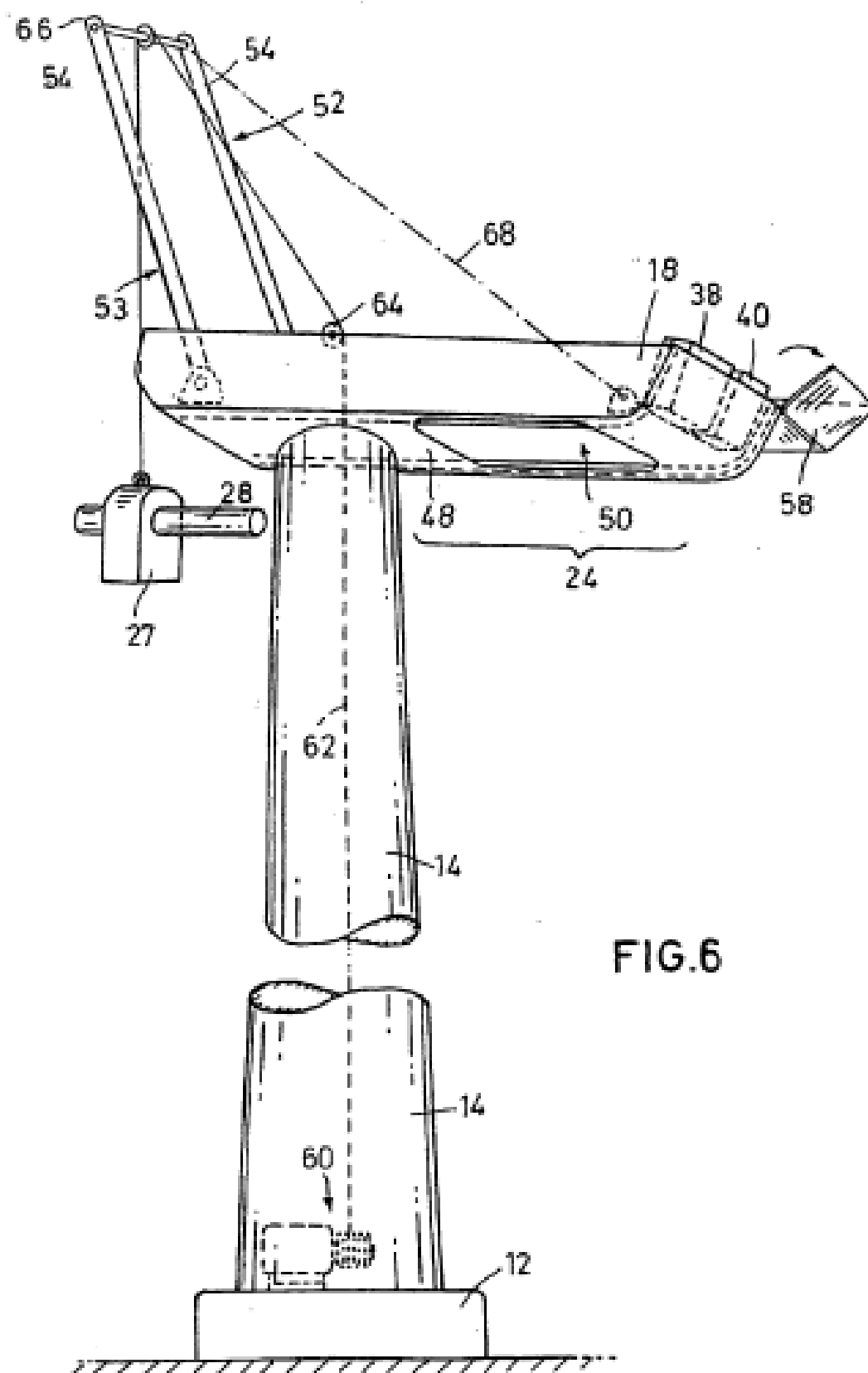
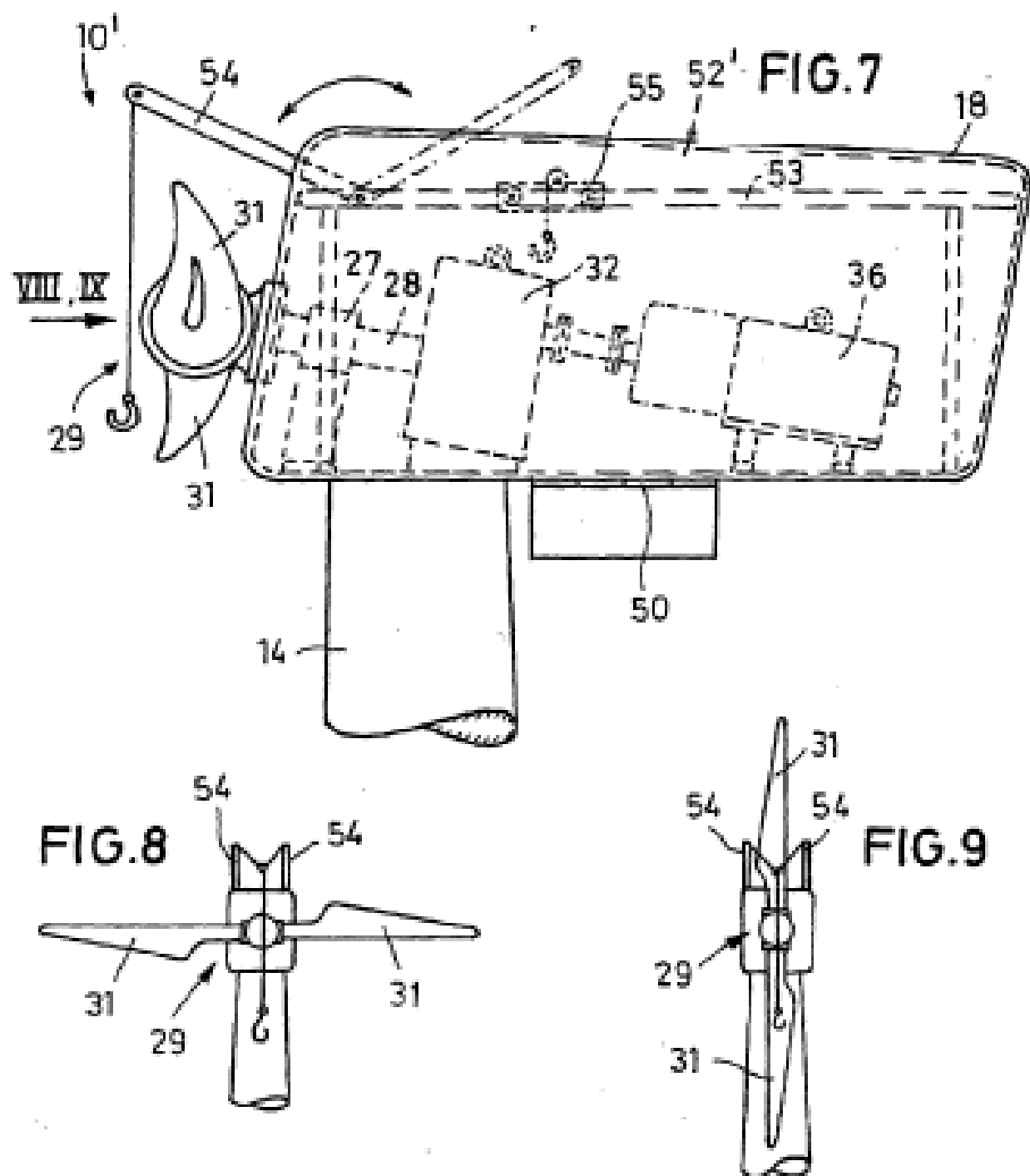


FIG.4







Declaration of John Troops

1. I, John Troops, hereby certify that I am competent to translate from German into English and have been a professional translator for 16 years.
2. I hereby certify that I prepared the foregoing translation and that it is, to the best of my knowledge and belief, a true and accurate English translation of German document "EP_1101934_B1 (Weitkamp)."
3. I acknowledge that willful false statements and the like are punishable by fine and/or imprisonment.
4. All statements made herein of my own knowledge are true and all statements made on information and belief are believed to be true.
5. I declare under penalty of perjury that all statements made herein of my own knowledge are true and all statements made on information and belief are believed to be true, and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code.

Executed on: 10/29/2025

Signed: _____



Mr. John Troops