(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2016 014 799 A1** 2017.09.14

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 014 799.7**
(22) Anmeldetag: **13.12.2016**
(43) Offenlegungstag: **14.09.2017**

(51) Int Cl.: ***F03D 13/20*** (2016.01)

(66) Innere Priorität:
20 2016 001 490.1 08.03.2016
10 2016 011 155.0 14.09.2016

(71) Anmelder:
Bendix, Horst, Prof. Dr.-Ing., 04205 Leipzig, DE

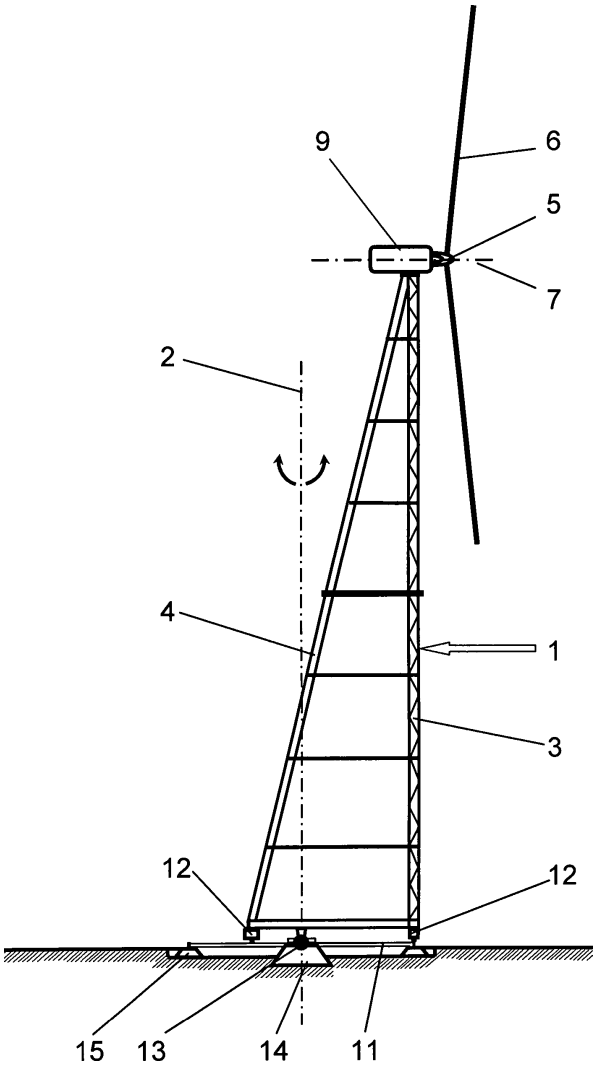
(72) Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Turmkonstruktion für eine Windenergieanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung befasst sich mit der Aufgabe, die Windenergietechnik im Binnenland (Onshore) in eine bedeutend höhere Stufe der Gewinnung von Energieerträgen pro Standort und der weiteren Verringerung der Stromgestehungskosten zu führen, indem gegenüber den bisher üblichen Türmen mit der Biegebeanspruchung aus Rotorkraft und Nabenhöhe (7) auf die volle Kreisfläche feststehender Türme eine neue Turmstruktur geschaffen wird, die mit der Einführung der Drehbarkeit des Turmes entweder mit der Vertikalsäule (3) als Zentrum oder mit allen Säulen (3, 4) gemeinsam um das Zentrum deren Grundfläche ausgezeichnete Dimensionierungsmöglichkeit der Turmstrukturbauteile ermöglicht und damit Nabenhöhen zwischen 200 und 300 Meter in technisch und vertretbarer Weise ermöglicht.
Die bodennahen Aufbauarbeiten erfolgen mit üblichen Hebezeugen, während ab großen Bauhöhen die Eigenmontage der Turmkonstruktion (1) sowie die Montage der Ausrüstung in Nabenhöhe (7) und der Service über den Zeitraum der Lebenszeit bis zum Rückbau mit zur Anlage gehörenden Eigenhebezeugen erfolgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Turmkonstruktion für eine Windenergieanlage zur Nutzung des unteren Bereiches des troposphärischen Windes bis 400 m im Binnenland (Onshore) mit den zugehörigen Möglichkeiten des Errichtens, des Ausrüstens und Betreibens, die somit in einen wesentlich höheren Bereich des Energieertrages und günstigerer Gestehungskosten führt.

Stand der Technik

[0002] Der gegenwärtige Stand moderner Windenergieanlagen (WEA) ist nach 35-jähriger Entwicklung in Deutschland führend gestaltet worden und wird umfassend analysiert sowie zu notwendigen Schlussfolgerungen für die Zukunft in dem vom Bundesverband der Windenergie in Deutschland veröffentlichtem ”WHITEPAPER” unter der Überschrift „Die Grenzen des Wachstums sind noch nicht erreicht” in der Ausgabe Nr. 06/2015 hinterfragt. Zur Größe der WEA wird dort ausgesagt, dass die durchschnittliche Nabenhöhe der heute im Binnenland installierten Anlagen bereits 135 Meter beträgt und auch zukünftig weiter wachsen wird (Seiten 5 und 6).

[0003] Die skandinavische Windindustrie (www.elforsk.se, Stockholm) hat im ”Elforsk rapport 10:48” deutlich zum Ausdruck gebracht, dass größere Nabenhöhen nicht mit der bisherigen Turmbauweise wirtschaftlich vertretbar seien (Seite 45).

[0004] Im Heft 11/2013 der Zeitschrift ”ERNEUERBAREN ENERGIEN” hat Herr Prof. Dr. Stefan Emeis, Institut für Meteorologie und Klimaforschung in Garmisch-Partenkirchen (KIT) die deutschen Ingenieure aufgefordert, den Wind in größeren Höhen zu nutzen.

[0005] In der Rubrik ”Schlußgedanken” der Zeitschrift ”ERNEUERBARE ENERGIEN”, Heft Februar 2015 hat Prof. Dr. Horst Bendix auf der Seite 74 unter dem Titel ”Windernte in 300 Meter Höhe” – ”Höhenwind – eine Chance für die Windenergie im Binnenland” betont, dass die Windenergieanlagen schneller und effektiver zum Meistern der Energiewende beitragen, wenn nicht nur die unteren Bereiche, nämlich die Prandtl-Schicht und die Ekman-Schicht, sondern die unteren troposphärischen Schichten, also die Höhen ab 200 m zur Energiewandlung genutzt werden.

[0006] Mit der Auswertung der Entwicklung der WEA am Markt und beim Studium der vorhandenen Schutzrechte wird deutlich, dass größere Nabenhöhen von 150 und 160 m erreicht wurden, in dem höhere Materialguten, stärkere Abmessungen und Erweiterung der Grundflächen oder veränderte Bauformen der ersten Turmteile über der Standfläche verwirklicht, aber nicht die bisher typische Biegebeanspruchung des Turmes auf dem vollen Drehkreis des Windes auf die Einspannstelle über dem Fundament verändert wurde.

[0007] Es ist zu erkennen, dass sich eine Vergrößerung der Nabenhöhe bis und über 200 m mit weiterer Vergrößerung des Rotordurchmessers und der Antriebsleistung ohne Innovation grundsätzlicher Art nicht erreichen lassen wird, da fehlende logistische Details, technisch und wirtschaftlich geeignete Hebezeuge zur Errichtung, Ausrüstung und über die Lebensdauer erforderlichen Service sowie späteren Rückbau dies verhindern.

[0008] Auch in der Druckschrift DE 20 2015 005 040 U1 ist eine Turmkonstruktion mit mehreren gleichmäßig verteilten und zueinander geneigt angeordneten Turmsäulen bekannt, die insgesamt gegenüber Vollwandtürmen durch die prinzipiell veränderte Turmbelastung aus mindestens drei gespreizten Säulen eine deutliche Senkung des Materialeinsatzes ermöglicht, die trotz der Vorteile keinen Schritt zur Höhenwindnutzung brachte.

[0009] Die Spreizung der Säulen führt während der Gondeldrehung mit sehr langen und elastischen Rotorblättern zu einer ungewollten Annäherung oder im Extremfall zur Kollision zwischen Rotorblattspitze und Turmsäule. Zur Vermeidung solcher Kollisionen zwingt sich der Anlagenbetrieb im Lee also: 'Wind von hinten' auf. Diese Betriebsweise ist zwar bei modernen Offshore-Anlagen wieder eingesetzt worden, wird aber bei Onshore-Anlagen wegen des Turmvorstaus nicht gern genutzt. Andere Verhältnismäßigkeiten zwischen Spreizung und Blattverformung könnten zur Verbesserung der Blattfreiheit fuhren.

[0010] Aus der Druckschrift EP 2 065 593 A1 ist weiterhin eine Turmkonstruktion bekannt, deren Turm in bestimmter Höhe über seiner Standfläche ringsum durch einen umfassenden Ring mit mehreren Rollenpaaren gestützt und geführt wird, um die Biegebeanspruchung im Turm zu verringern und um den Turm zu einer möglichen Drehbewegung um seinen Fußpunkt zu ertüchtigen. Die Art und mögliche Höhe der Turmabstützung ist wenig dazu geeignet, große Nabenhöhen zu erreichen und hohe Anlagentürme mit günstigen Eigenmassenverhältnissen zu schaffen.

[0011] Die Druckschrift DE 20 2009 009 517 U1 weist einen Hohlzylinder als Windenergieanlagenturm aus, der in der Basis tief eingesetzt ist und den Turm incl. der Gondel drehbar gestaltet, um den Rotor in den Wind drehen zu können. Diese Ausführung ist konstruktiv nicht so ausgebildet, dass die Biegebeanspruchung des Turmes verringert und so der Turm mit weniger Material ausgeführt werden kann.

Aufgabe der Erfindung

[0012] Es ist Aufgabe der Erfindung, die Turmkonstruktion durch Anwendung von mindestens drei gespreizten Säulen, deren Mittellinien sich in Nabenhöhe schneiden, von Biegebeanspruchung aus der Rotorkraft zu befreien und von der Außenkante der dem Wind zugewandten Säule bis zur größten auftretenden Rotorblattverformung während des Vorbeidrehens des Blattes an einer Säule mit Sicherheit eine Kollision zu vermeiden.

[0013] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die in Windrichtung vordere Säule der Anlage zur Gewährleistung der Blattfreiheit vertikal gestellt wird.

[0014] Die Vertikalsäule des drehbaren Turmes wird in Nabenhöhe entgegen der summarischen Rotorkraft durch mindestens zwei gespreizte Säulen gestützt. Diese beiden Säulen nehmen somit vorwiegend Druckkräfte auf.

[0015] Damit die Vertikalsäule bei jeder Windrichtung die vordere bleibt, wird die gesamte Turmkonstruktion mit der Änderung der Windrichtung auf einer Kreisbahn in den Wind gedreht. Der Mittelpunkt dieser Kreisbahn befindet sich bei der Erfindung nach Variante 1 in der Drehachse der Vertikalsäule und nach Variante 2 im Schnittpunkt der Seitenhalbierenden der Grundfläche aller Säulen.

[0016] Die Variante 2 führt gegenüber der Variante 1 zu dem Vorteil, dass die Kreisbahnlänge und die erforderliche Grundfläche der Anlage deutlich verringert werden.

[0017] Die Einführung der Drehbewegung des Turmes mit der vorderen vertikalen Säule schafft zugleich die Möglichkeit, dass diese Achse – mit den beiden nach hinten gespreizten Säulen – die Hauptachse des Turmes bildet und zur Optimierung der Turmdimensionierung dient. Damit werden minimaler Materialeinsatz für den Turm und sehr große Nabenhöhen mit hohen Leistungsparametern wirtschaftlich ermöglicht.

Ausführungsbeispiel

[0018] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden an Hand eines Ausführungsbeispiels und mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

[0019] **Fig.** 1 die Windenergieanlage für das Binnenland mit einer als ”TURNING-TOWER” bezeichneten Turmkonstruktion nach Variante 1 in einer Seitenansicht,

[0020] **Fig.** 2 die Windenergieanlage nach **Fig.** 1 in einer demgegenüber um 90° versetzten Seitenansicht,

[0021] **Fig.** 3 die Windenergieanlage in der Stellung nach **Fig.** 2 in der Draufsicht,

[0022] **Fig.** 4 die Windenergieanlage mit einer Turmkonstruktion nach Variante 2 in einer Seitenansicht,

[0023] **Fig.** 5 die Windenergieanlage nach **Fig.** 4 in der Draufsicht,

[0024] **Fig.** 6 die Gegenüberstellung der Windenergieanlagen nach Variante 1 (**Fig.** 6a) zu Variante 2 (**Fig.** 6b) in schematischen perspektivischen Darstellungen.

[0025] Nach den **Fig.** 1 bis **Fig.** 6 besteht die als TURNING-TOWER bezeichnete Turmkonstruktion **1** für eine Windenergieanlage aus drei Turmsäulen; der vorderen vertikalen Säule **3** und den beispielsweise zwei, zur vorderen Säule **3** gespreizten und untereinander horizontal gespreizten hinteren Säulen **4**, die die vordere vertikale Säule **3** stützen. Alle drei Säulen **3**, **4** bestehen aus fertiggewalzten Großrohren in Herstelllängen von ca. 12–16 Meter oder aus als Fachwerk ausgebildeten, gewalzten Groß- oder Hohlprofilen und werden nach jeder Sektionslänge durch Stabilisierungen und Steifen **8** gegen Knickkräfte, horizontale Zusatzkräfte und Wind gestützt und verstärkt. Der obere Abschluss der drei verbundenen Säulen **3**, **4** geschieht in einem Trägersystem, das zugleich die Aufnahmebedingungen für die Gondel als Maschinenhaus mit Generator **9** einschließlich eines nicht in den Zeichnungen dargestellten Eigenhebezeuges zur Ausrüstung in Nabenhöhe **7** und den Service und für Elektroleitungen sowie Kontroll- und Messapparaturen bietet.

[0026] Das Rotorblatt **6** an modernen Windenergieanlagen wird mit zunehmenden Megawattleistungen immer größere Länge erhalten, sodass die damit verbundene große elastische Verformung durch den Wind die Gefahr einer Kollision mit Bauteilen der Turmkonstruktion **1** mit sich bringt, insbesondere wenn alle Säulen **3**, **4** der Turmkonstruktion **1** zueinander gespreizt sind. Zur Vermeidung solcher Kollisionen wird erfindungsgemäß die vordere Säule **3** durchgängig vertikal angeordnet und die nach hinten gespreizten Säulen **4** übernehmen die Stützung der vertikalen Säule **3**. Im Gegensatz zur bisherigen Ausführung der Windenergieanlagen mit feststehendem, nicht drehbaren Turm, auf dem die Gondel mit Rotor **5** sich stets in den Wind einstellt und in alle Richtungen das mit zunehmender Größe der Turmkonstruktion **1** erforderliche Biegewiderstandsmoment aufweisen muss, bietet der TURNING-TOWER als drehbare Turmkonstruktion **1** mit der Drehachse **2** und der Hauptachse **10** den herausragenden Vorteil, dass er

für die Gestaltung und Dimensionierung auf voller Nabenhöhe **7** optimal ausgelegt werden kann.

[0027] Der TURNING-TOWER hat bei mehreren Vorberechnungen mit Nabenhöhen **7** von über 100 Meter und mit Antriebsleistungen größer als 3 Megawatt materialwirtschaftliche Vorteile in Größenordnung von 25 bis 50% aufgezeigt.

[0028] Die Vertikalsäule **3** besitzt im Fundament **14**, wenn sie nach Variante 1 als Zentrum der Kreisbahn **11** genutzt wird, ein Stützlager **13**. Es wird so ausgeführt, dass es auch auftretende Zugkräfte zur Sicherung der Standsicherheit übernimmt. In den Zeichnungen nach den **Fig.** 1, **Fig.** 2 und **Fig.** 4 ist die Ausführung des Stützlagers **13** mit einer Stützkugel dargestellt, anstelle einer Stützkugel kann auch eine Drehverbindung verwendet werden.

[0029] Am Beispiel der Variante 2 nach den **Fig.** 4, **Fig.** 5 und **Fig.** 6b mit allen drei umlaufenden Säulen **3**, **4** auf der Kreisbahn **11** befindet sich das Zentrum der Drehbewegung im Schnittpunkt der Seitenhalbierenden **16** der Grundflächen aller Säulen **3**, **4**.

[0030] Das Fundament **15** und die darauf angeordnete Kreisbahn **11**, mit der zum Durchmesser abgestimmten Gestaltung gegenüber der Drehachse **2** der Turmkonstruktion **1** wird entsprechend den zu übernehmenden Druckkräften für Variante 1 von den beiden gespreizten Drucksäulen **4** mit bewährten Stütz- und Fahrwerken **12** wie z. B. an schweren Umschlag- und Werftanlagen ausgeführt, für Variante 2 von allen drei Säulen **3**, **4** übernommen.

Bezugszeichenliste

1	Turmkonstruktion (TURNING-TOWER)
2	Drehachse der Turmkonstruktion einschließlich Gondel
3	Vertikalsäule, vordere Säule
4	gespreizte hintere Säulen, Drucksäulen
5	Rotor
6	Rotorblatt
7	Nabenhöhe
8	Stabilisierungen und Steifen
9	Gondel als Maschinenhaus mit Generator
10	Hauptachse des Turmes
11	Kreisbahn um die Drehachse **2**
12	Stütz- und Fahrwerk
13	Stützlager (Stützkugel/Drehverbindung)
14	Fundament zum Stützlager **13**
15	Fundament zur Kreisbahn **11**
16	Seitenhalbierende

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 202015005040 U1 [0008]
- EP 2065593 A1 [0010]
- DE 202009009517 U1 [0011]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- www.elforsk.se, Stockholm [0003]
- Heft 11/2013 der Zeitschrift ”ERNEUERBAREN ENERGIEN” hat Herr Prof. Dr. Stefan Emeis, Institut für Meteorologie und Klimaforschung in Garmisch-Partenkirchen (KIT) [0004]
- Rubrik ”Schlußgedanken” der Zeitschrift ”ERNEUERBARE ENERGIEN”, Heft Februar 2015 hat Prof. Dr. Horst Bendix auf der Seite 74 unter dem Titel ”Windernte in 300 Meter Höhe” – ”Höhenwind – eine Chance für die Windenergie im Binnenland” [0005]

Patentansprüche

1. Turmkonstruktion für eine Windenergieanlage im Binnenland (Onshore) mit horizontaler Rotorachse zur Nutzung des unteren Bereiches des troposphärischen Windes bis 400 m Höhe mit großen Rotoren und Antriebsleistungen, bei der die Turmkonstruktion aus mindestens drei Säulen (**3**, **4**) besteht, deren Mittellinien sich in Nabenhöhe schneiden, **dadurch gekennzeichnet,** dass eine der Säulen (**3**) der Turmkonstruktion (**1**) vertikal angeordnet ist und diese Vertikalsäule (**3**) durch mindestens zwei gespreizte Säulen (**4**) entgegen der Rotorkraft gestützt wird und diese Drucksäulen (**4**) mit der Vertikalsäule (**3**) als einheitliche Turmkonstruktion (**1**) in zwei Varianten auf einer Kreisbahn (**11**) drehbar sind.

2. Turmkonstruktion nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass sich nach Variante 1 die Vertikalsäule (**3**) im Mittelpunkt der Kreisbahn (**11**) befindet, über ein Stützlager (**13**) auf dem Fundament (**14**) zugleich Zug- oder Druckbelastung aufnimmt und die Drucksäulen (**4**) auf ihren Stütz- und Fahrwerken (**10**) auf der Kreisbahn (**11**) ringsum die Vertikalsäule (**3**) drehbar sind.

3. Turmkonstruktion nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass nach Variante 2 sowohl die Vertikalsäule (**3**) als auch die Drucksäulen (**4**) mit Stütz- und Fahrwerken ausgerüstet sind und sich mit den Stütz- und Fahrwerken (**10**) gemeinsam auf der Kreisbahn (**11**) bewegen und die auftretenden möglichen Zug- oder Druckbelastungen im Zentrum der Kreisbahn (**11**) in ein Stützlager (**13**) übertragen werden.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

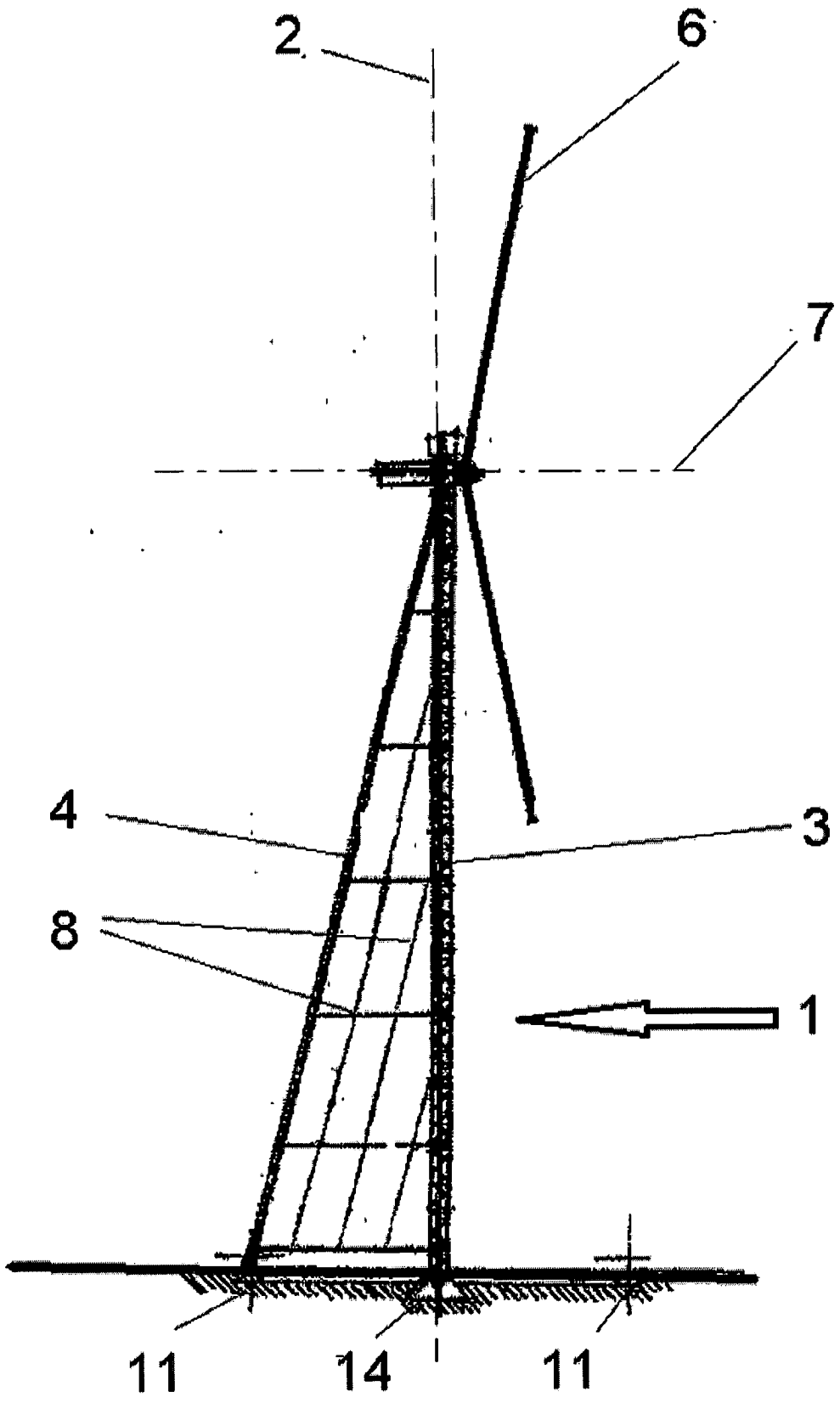


Fig. 1

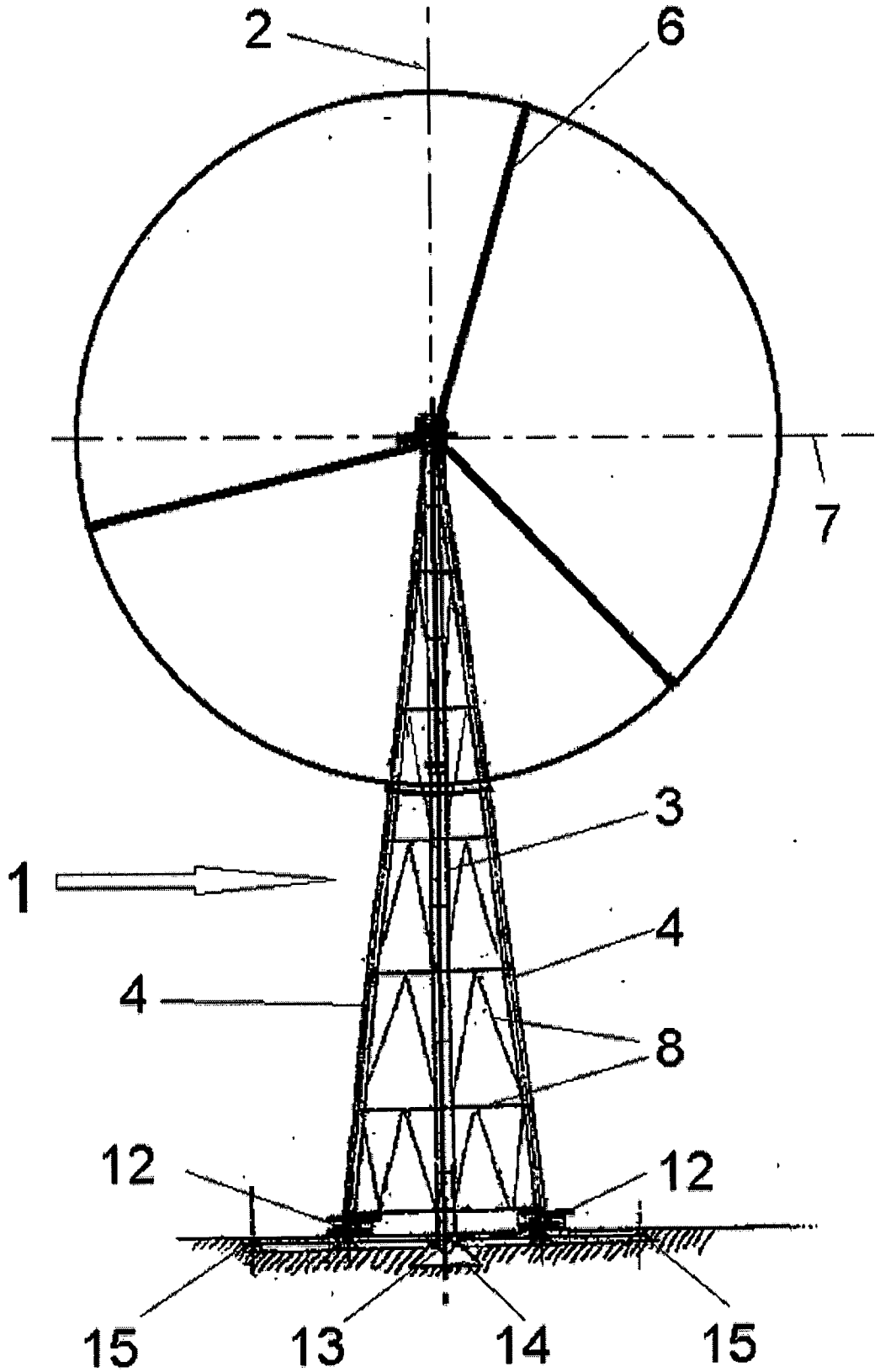


Fig. 2

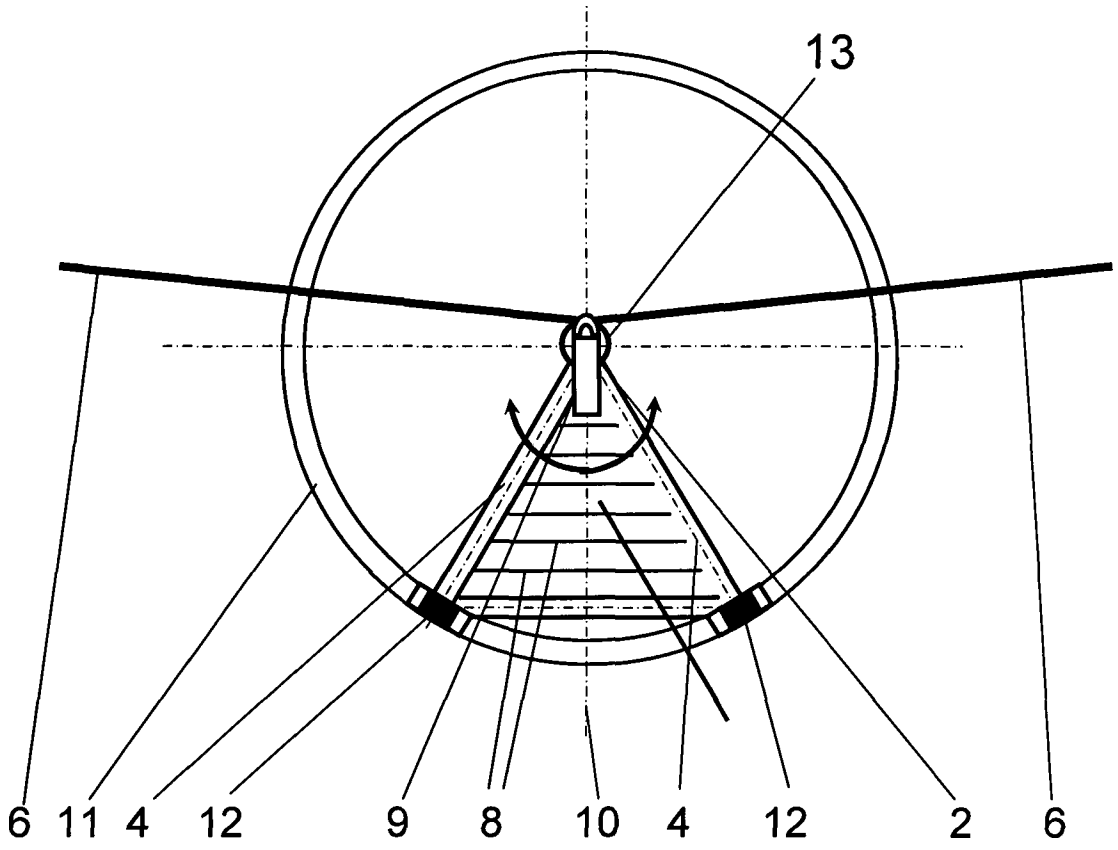


Fig. 3

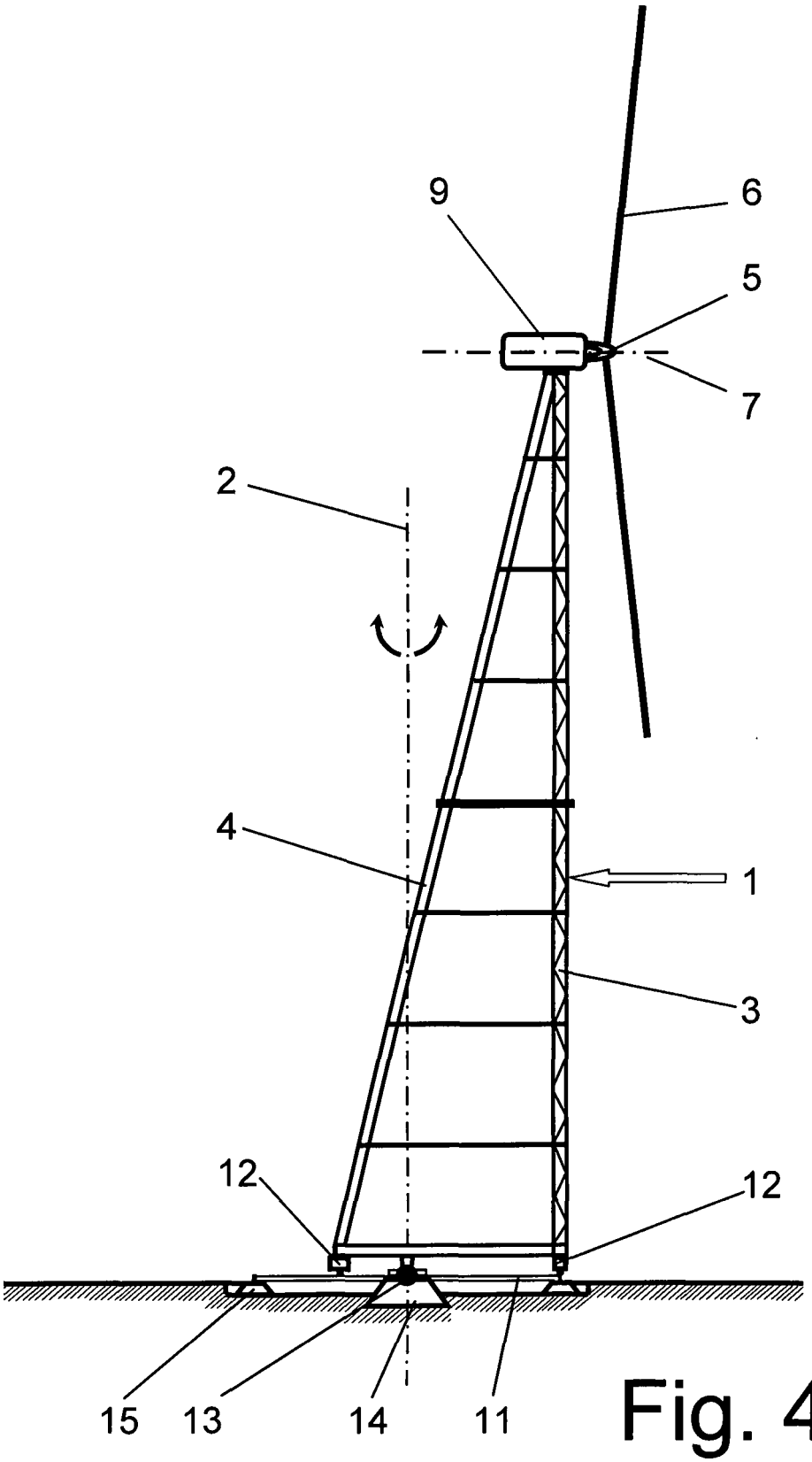


Fig. 4

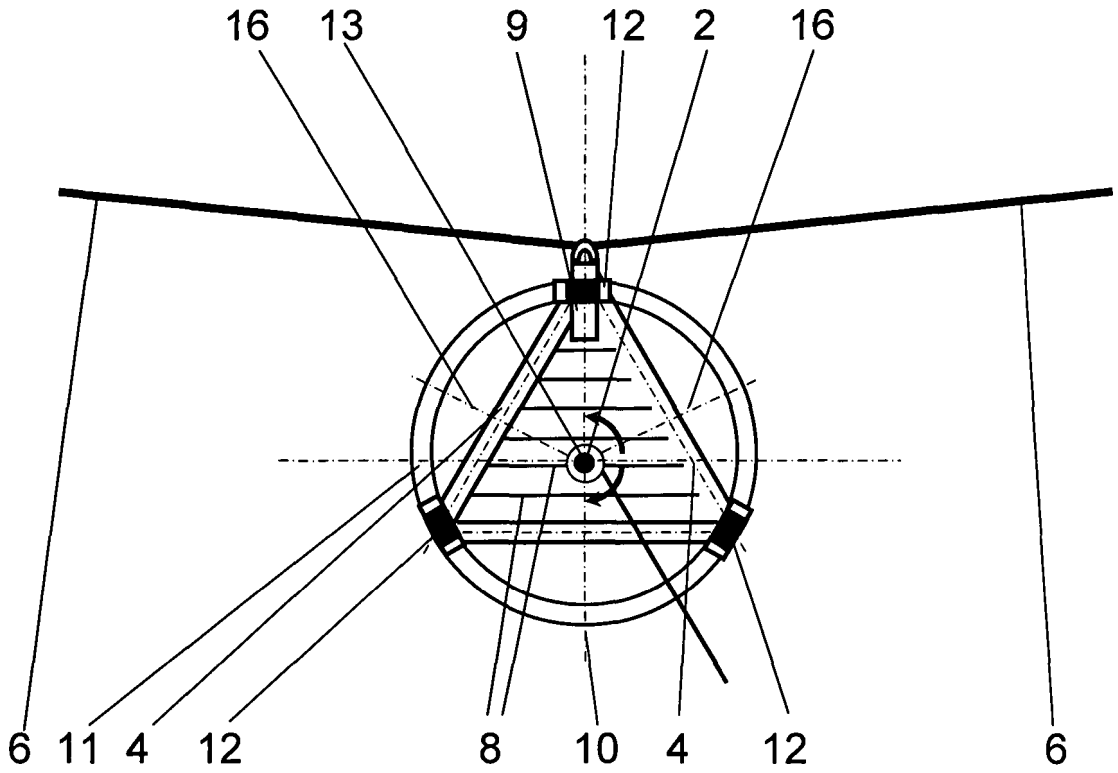


Fig. 5

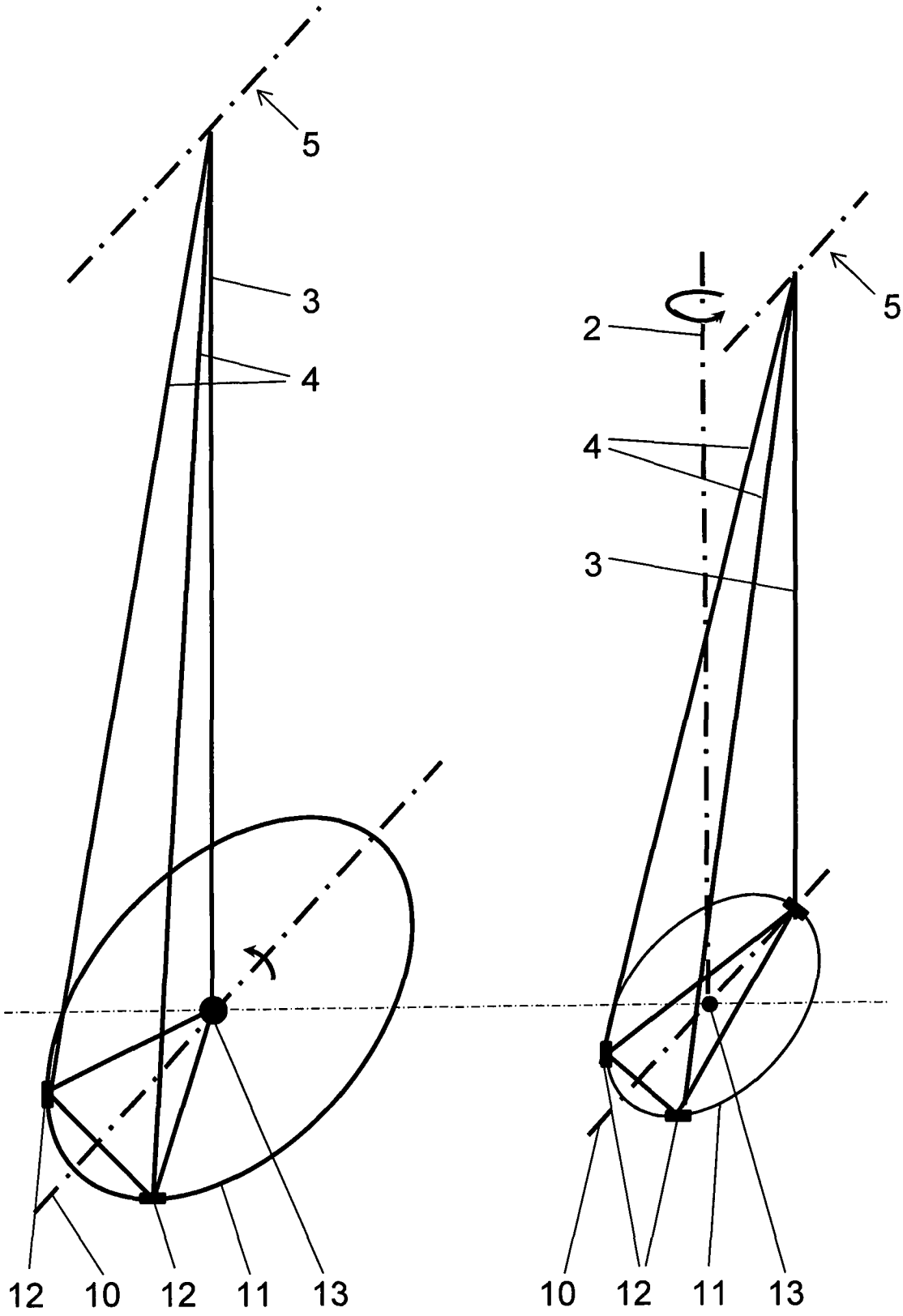


Fig. 6

a b