

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **234540**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **420928**

(51) Int. Cl.

F03D 13/10 (2016.01)

F03D 1/00 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **21.03.2017**

(54)

Sposób montażu elektrowni wiatrowych

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

24.09.2018 BUP 20/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.03.2020 WUP 03/20

(73) Uprawniony z patentu:

**ANDRZEJ BARTOS ABART SPÓŁKA
Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,
Sochaczew, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ANDRZEJ BARTOS, Sochaczew, PL
KRZYSZTOF BADYDA, Warszawa, PL
PIOTR KRAWCZYK, Błędów, PL
MARCIN WOŁOWICZ, Konstancin-Jeziorna, PL
ALEKSANDRA MIKOŁAJCZAK, Warszawa, PL
MACIEJ DYLIK, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Jakub Siewewiesiuk

PL 234540 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób montażu elektrowni wiatrowych obejmujący podnoszenie elementów za pomocą żurawia, w którym wykorzystuje się samowznoszący górnobrotowy żuraw wieżowy, przy czym wieża żurawia i wieża elektrowni wiatrowej stanowią rozłączne konstrukcje, a podnoszone elementy stabilizuje się podczas podnoszenia poprzez mocowanie do nich lin stabilizujących, kotwionych do gruntu.

Elektrownie wiatrowe mające postać wolnostojących wiatraków montuje się w dużej liczbie już od przeszło kilkunastu lat. W pierwszej kolejności zajmowano miejsca o dużej wietrzności i łatwo dostępne, by jak najbardziej przyspieszać i ułatwiać ich montaż. Obecnie, większość miejsc o dogodnym uwarunkowaniu terenu została już zagospodarowana i sięga się po miejsca takie jak szczyty wzgórz. Jest to duże wyzwanie ze względu na montaż nie tyle samej siłowni, ile żurawia niezbędnego do jej montażu. Problem stanowią często słabo bądź w ogóle nie utwardzone drogi dojazdowe oraz mało przestrzeni w miejscu montażu siłowni – wszystko to utrudnia dostarczenie części i rozstawienie dostatecznie dużych żurawi, których duże wymiary są podyktowane coraz większymi wymiarami geometrycznymi montowanych elektrowni wiatrowych. Co więcej, w miejscach o wysokiej wietrzności prace żurawi są utrudnione właśnie ze względu na wiatr – większość żurawi może pracować przy wietrze o maksymalnej prędkości do 8 m/s, a montaż szczególnie dużych elementów, jak np. łopat, wymaga jeszcze mniejszych prędkości wiatru z uwagi na to, że podnoszone elementy mogą pod wpływem naporu wiatru uderzyć np. w wieżę żurawia, powodując groźne uszkodzenia. W związku z tym, budowa elektrowni wiatrowych często się opóźnia, co generuje niepotrzebne koszty.

W stanie techniki znane są różnorodne próby rozwiązania wyżej wskazanych problemów.

Np. amerykańskie zgłoszenie US 2015298943 A1 opisuje możliwość stabilizacji teleskopowego dźwigu poprzez kotwienie wysięgnika do wieży elektrowni wiatrowej. Podobnie, firma Liebherr oferuje samowznoszący górnobrotowy żuraw wieżowy o nazwie 630 EC-H 70 Litronic, który w miarę wznoszenia wieży elektrowni wiatrowej musi zostać do niej zakotwiony.

Takie rozwiązania umożliwiają zwiększenie wytrzymałości dźwigów o wysięgnikach teleskopowych i żurawi wieżowych na wiatr, ale kotwienie do wieży elektrowni wiatrowej wymaga uprzedniego przeprojektowania elektrowni wiatrowej, tak aby była zdolna wytrzymać dodatkowe obciążenia. Jest to bardzo niekorzystne, ponieważ w fazie produkcji elementy elektrowni wiatrowej muszą być projektowane i wykonywane jako wytrzymałsze, natomiast później, już po zmontowaniu elektrowni wiatrowej – większa wytrzymałość wieży przestaje mieć znaczenie. Co więcej, kotwienie dźwigu/żurawia do wieży elektrowni wiatrowej nie wpływa na ryzyko rozbijania podnoszonego elementu pod wpływem naporu wiatru. Dodatkowym problemem jest ryzyko uszkodzenia podnoszonych elementów podczas operacji ich pionowania, jeżeli nie jest możliwe wykorzystanie dwóch żurawi i wypionowanie podnoszonych elementów w powietrzu, a możliwe jest wykorzystanie tylko jednego żurawia, podczas gdy dolny koniec podnoszonego elementu miałby trzeć o podłoże.

Bujanie podnoszonych elementów na wietrze według stanu techniki można minimalizować np. poprzez podciąganie i opuszczanie liny w odpowiednim momencie – jest to praktyka stosowana przez operatorów dźwigów a także opisana w amerykańskim patencie US 9422139 B1 dotyczącym stabilizacji ładunku pod dronem. Takie działania zakładają jednak dopuszczenie do pewnego minimalnego rozbijania podnoszonego elementu, co już może okazać się niebezpieczne.

Inne rozwiązanie problemu jest zaproponowane w amerykańskim zgłoszeniu US 2016200553 A1, które opisuje stabilizację pozycji podnoszonego elementu z wykorzystaniem dwóch lin, kotwionych np. do ziemi, przy czym elementy kotwiące liny posiadają urządzenia do zwijania/popuszczania lin stabilizujących. Urządzenia te posiadają czujniki naprężenia liny, zapewniające odpowiednie napięcie lin, taka by z jednej strony liny nie zwiślały luźno, a z drugiej strony nie były zbyt napięte i nie powodowały niepotrzebnego oporu przy unoszeniu podnoszonych elementów w górę. Zbliżone rozwiązanie jest ujawnione w duńskim zgłoszeniu DK 201600255 A1, przy czym rozważa się w nim zastosowanie 4 lin stabilizujących, z tym że każda z tych lin jest kotwiona do konstrukcji żurawia.

Niestety, zastosowanie tylko dwóch lin jest niekorzystne, ponieważ nie gwarantuje dostatecznie pewnego ustabilizowania elementu. Podobnie zastosowanie 4 lin kotwionych do konstrukcji żurawia pozwala ustabilizować podnoszony element tylko częściowo. Co więcej, oba dokumenty nie opisują co się dzieje z linami po zamontowaniu podnoszonego elementu, a zwykłe odcięcie i zrzućcie lin na ziemię stwarza duże ryzyko dla pracowników oraz dla sprzętu znajdującego się niżej.

W stanie techniki z patentu PL222420B1 znane jest rozwiązanie, w którym wolny koniec podnoszonego elementu podczas pionowania umieszczony jest na wózku, który może się poruszać po szynach, dzięki czemu koniec elementu znajdujący się na wózku nie trze o powierzchnię podłoża, tylko przesuwają się wraz z wózkiem po torowisku i obraca się na powierzchni wózka, która jest specjalnie uformowana aby dopasowywać się do obracającego się końca. Niestety, takie rozwiązanie wymaga umieszczenia na placu budowy elektrowni wiatrowej dodatkowego torowiska, co jest niepotrzebnie czasochłonne, a zastosowanie wielu ruchomych elementów może zwiększać ryzyko awarii takiego systemu do pionowania podnoszonych elementów.

W stanie techniki znane było już stosowanie żurawia nadążnego, ale po rozbudowaniu wieży żurawia do pewnej wysokości wymagał zakotwienia do wieży elektrowni wiatrowej, aby ustabilizować jego konstrukcję. Natomiast podczas jego pracy jeszcze bez zakotwienia do wieży elektrowni wiatrowej pojawiał się problem dodatkowej stabilizacji podnoszonych elementów, kluczowy w warunkach podwyższonej wietrzności. Sposoby stabilizacji znane w stanie techniki, jak np. kontrowanie bujania przez podciąganie/opuszczanie haka żurawia, czy też zastosowanie dwóch lin kotwionych do ziemi lub 4 lin kotwionych do dźwigu, okazały się dalece niewystarczające. Wówczas nieoczekiwanie okazało się, że rozwiązaniem zapewniającym kontrolowane podnoszenie elementów nawet przy silnym wietrze jest stabilizacja 3 lub 4 linami, kotwionymi do ziemi, w starannie i celowo wybranych miejscach – w sposób będący przedmiotem niniejszego wynalazku.

W świetle powyższych rozwiązań widać wyraźnie, że brak obecnie rozwiązań, które gwarantowałyby możliwość bezpiecznego montażu elektrowni wiatrowych, zwłaszcza w trudnych warunkach.

Sposób montażu elektrowni wiatrowych obejmujący podnoszenie elementów za pomocą żurawia, w którym:

- wykorzystuje się samowznoszący górnobrotowy żuraw wieżowy, przy czym wieża żurawia i wieża elektrowni wiatrowej stanowią rozłączne konstrukcje,
 - podnoszone elementy stabilizuje się podczas podnoszenia poprzez mocowanie do nich lin stabilizujących, kotwionych do gruntu,
- zgodnie z wynalazkiem charakteryzuje się tym, że
- po początkowym zmontowaniu wieży żurawia do minimalnej wysokości, umożliwiającej montaż pierwszej części konstrukcji elektrowni wiatrowej, kolejne elementy wieży żurawia i konstrukcji elektrowni wiatrowej montuje się przemiennie, zwiększając wysokość wieży żurawia nadążnie względem przrastającej konstrukcji elektrowni wiatrowej,
 - podnoszone elementy stabilizuje się przy użyciu trzech lub czterech lin stabilizujących kotwionych do gruntu,
 - liny stabilizujące mocuje się do podnoszonego elementu w czasie gdy jeszcze leży on na gruncie/środku transportu lub zaraz po uniesieniu podnoszonego elementu tuż nad powierzchnię gruntu/środku transportu, korzystnie gdy niższy koniec podnoszonego elementu unosi się 0,5–1,5 m nad gruntem/środkiem transportu,
 - dwa miejsca kotwienia lin do gruntu wyznacza się na końcach odcinka leżącego na pierwszej linii prostej, równoległej do i różnej od linii łączącej wieżę żurawia i wieżę elektrowni wiatrowej, w ten sposób, że miejsce kotwienia pierwszej liny znajduje się na pierwszej linii prostej, zaś prosta prostopadła do pierwszej linii prostej i przechodząca przez miejsce kotwienia pierwszej liny przebiega pomiędzy wieżą żurawia a wieżą elektrowni wiatrowej, a miejsce kotwienia drugiej liny znajduje się na pierwszej linii prostej, zaś prosta prostopadła do pierwszej linii prostej i przechodząca przez miejsce kotwienia drugiej liny przebiega za wieżą elektrowni wiatrowej patrząc od strony wieży żurawia, przy czym:
 - w przypadku gdy używa się trzech lin stabilizujących, to miejsce kotwienia trzeciej liny wyznacza się na symetralnej odcinka, łączącego miejsce kotwienia pierwszej liny i miejsce kotwienia drugiej liny, w punkcie położonym po przeciwnej stronie linii łączącej wieżę żurawia i wieżę elektrowni wiatrowej niż pierwsza linia prosta,
 - w przypadku gdy używa się czterech lin stabilizujących, to miejsce kotwienia trzeciej liny i miejsce kotwienia czwartej liny wyznacza się odpowiednio jako miejsca symetryczne do miejsca kotwienia pierwszej liny i miejsca kotwienia drugiej liny względem prostej łączącej wieżę żurawia z wieżą elektrowni wiatrowej,
 - kolejne elementy wieży żurawia i/lub elektrowni wiatrowej dostarcza się na teren budowy, wyznaczony obwiednią konstrukcji elektrowni wiatrowej, leżących na ziemi części żurawia i miejsc kotwienia lin, pojedynczo i dopiero po zamontowaniu poprzedniego elementu,

- liny stabilizujące mocuje się do podnoszonego elementu, przy czym stosuje się przynajmniej jedną linę pomocniczą, która łączy co najmniej jedną linę stabilizującą z hakiem żurawia, po czym podnosi się element na niezbędną wysokość i umieszcza w miejscu umożliwiającym jego montaż, następnie odłącza się liny stabilizujące od podnoszonego elementu, pozostawiając je przyczepione do haka żurawia przy pomocy co najmniej jednej liny pomocniczej, element mocuje się i odłącza od haka żurawia, a po zamocowaniu podnoszonego elementu i odłączeniu go od haka żurawia opuszcza się liny stabilizujące wraz z hakiem na ziemię.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku dodatkowo wykonuje się następujące czynności:

- przed podniesieniem elementu z podłoża mocuje się do wolnego końca podnoszonego elementu dodatkowy element ochronny, w kształcie zaokrąglonej misy z cylindrycznie przedłużoną krawędzią,
- po czym pionuje się podnoszony element ciągnąc za koniec, do którego doczepiona jest lina, w trakcie czego drugi koniec z przymocowanym dodatkowym elementem ochronnym przesuwają się po powierzchni gruntu,
- po wypionowaniu podnoszonego elementu i w momencie gdy element ochronny unosi się nad powierzchnię gruntu, odczepia się element ochronny od podnoszonego elementu.

Wynalazek zostanie teraz bliżej przedstawiony w korzystnym przykładzie wykonania, z odniesieniem do załączonych rysunków, na których:

- Fig. 1 przedstawia schemat nadążnego montażu kolejnych części żurawia względem przyrastającej konstrukcji elektrowni wiatrowej, w korzystnym przykładzie realizacji wynalazku z zastosowaniem żurawia wieżowego z wysięgnikiem poziomym,
- Fig. 2 przedstawia schematycznie rozlokowanie lin stabilizujących względem żurawia i wieży elektrowni wiatrowej, w przypadku gdy występują trzy liny stabilizujące,
- Fig. 3 przedstawia schematycznie rozlokowanie lin stabilizujących względem żurawia i wieży elektrowni wiatrowej, w przypadku gdy występują cztery liny stabilizujące,
- Fig. 4 przedstawia schematycznie przykładowe połączenie lin stabilizujących do haka żurawia poprzez linę pomocniczą,
- Fig. 5 przedstawia schematycznie moment pionowania podnoszonego elementu wieży elektrowni wiatrowej z doczepionym dodatkowym elementem ochronnym, w korzystnym przykładzie realizacji wynalazku z zastosowaniem żurawia wieżowego z wysięgnikiem poziomym,
- Fig. 6 przedstawia przykładowy schemat nadążnego montażu kolejnych części żurawia względem przyrastającej konstrukcji elektrowni wiatrowej, w innym korzystnym przykładzie realizacji wynalazku, z zastosowaniem żurawia wieżowego z wysięgnikiem wychylnym,
- Fig. 7 przedstawia przykładowy schemat momentu pionowania podnoszonego elementu wieży elektrowni wiatrowej z doczepionym dodatkowym elementem ochronnym, w innym korzystnym przykładzie realizacji wynalazku, z zastosowaniem żurawia wieżowego z wysięgnikiem wychylnym.

Spis oznaczeń numerycznych widocznych na fig.:

- 1 – żuraw
- 101 – wieża żurawia
- 11 – wysięgnik żurawia
- 12 – kolejny, podnoszony element elektrowni wiatrowej
- 131 – konstrukcja/wieża elektrowni wiatrowej
- 2 – żuraw
- 201 – wieża żurawia
- 21 – wysięgnik żurawia
- 231 – konstrukcja/wieża elektrowni wiatrowej
- 241 – miejsce kotwienia pierwszej liny stabilizującej
- 242 – miejsce kotwienia drugiej liny stabilizującej
- 243 – miejsce kotwienia trzeciej liny stabilizującej
- 25 – odcinek łączący miejsca kotwienia pierwszej i drugiej liny stabilizującej
- 26 – symetralna odcinka łączącego miejsca kotwienia pierwszej i drugiej liny stabilizującej
- 3 – żuraw
- 301 – wieża żurawia

- 31 – wysięgnik żurawia
- 331 – konstrukcja/wieża elektrowni wiatrowej
- 341 – miejsce kotwienia pierwszej liny stabilizującej
- 342 – miejsce kotwienia drugiej liny stabilizującej
- 343 – miejsce kotwienia trzeciej liny stabilizującej
- 344 – miejsce kotwienia czwartej liny stabilizującej
- 351 – odcinek łączący miejsca kotwienia pierwszej i drugiej liny stabilizującej
- 352 – odcinek łączący miejsca kotwienia trzeciej i czwartej liny stabilizującej
- 411 – hak żurawia
- 42 – podnoszony element elektrowni wiatrowej
- 471, 472 i 473 – liny stabilizujące
- 481, 482 i 483 – mocowania lin stabilizujących, do podnoszonego elementu elektrowni wiatrowej
- 49 – lina pomocnicza
- 5 – żuraw
- 501 – wieża żurawia
- 51 – wysięgnik żurawia
- 52 – podnoszony element elektrowni wiatrowej, widoczny w trakcie pionowania
- 521 – drugi koniec podnoszonego elementu
- 53 – element ochronny
- 54 – podłoże/grunt

Korzystny przykład wykonania wynalazku

W korzystnym przykładzie wykonania w sposobie wznoszenia elektrowni wiatrowych wykorzystuje się samownoszący górnobrotowy żuraw wieżowy. Taki żuraw musi się charakteryzować dużą odpornością na wiatr – tylko wtedy możliwa jest jego praca bez konieczności kotwienia wieży żurawia do wieży elektrowni wiatrowej. Z uwagi na to, że stosowany żuraw jest typu wieżowego, wymaga mniej miejsca do jego złożenia, co również może umożliwić konstruowanie elektrowni wiatrowych w miejscach wcześniej niedostępnych. Co więcej, mniejsze elementy konstrukcji żurawia ważą przez to mniej, zatem można je dostarczyć w miejsca trudnodostępne, np. z powodu mniej utwardzonych dróg lub stromych podjazdów. Z kolei brak konieczności kotwienia żurawia do wieży elektrowni wiatrowej umożliwia prostszy proces projektowania i wytwarzania części elektrowni wiatrowej, jako że wieża wiatraka nie musi przenosić dodatkowych obciążeń. Typowe urządzenia stosowane do montażu elektrowni wiatrowych mogą być montowane i pracować do prędkości wiatru ok 8 m/s. Według wynalazku, stosowany żuraw ma większą odporność na wiatr, to znaczy może być montowany przy wietrze do 15 m/s i może pracować do 20 m/s. Korzystnie, stosuje się żuraw z wysięgnikiem wychylnym, ponieważ ten typ żurawi wieżowych charakteryzuje się wyższą odpornością na wiatr od typowych żurawi z poziomym wysięgnikiem.

Samownoszący żuraw umożliwia również zwiększenie bezpieczeństwa pracy żurawia przy silnym wietrze, dzięki temu, że żurawia nie trzeba od razu montować do jego maksymalnej wysokości. Fig. 1 przedstawia schemat nadążnego zwiększania wysokości wieży 101 żurawia 1 według wynalazku, gdzie wieża 101 żurawia 1 jest w danym momencie tylko o takiej wysokości, by móc podnieść i zamocować jeden kolejny element elektrowni wiatrowej 12. Po zamontowaniu wspomnianego kolejnego elementu elektrowni wiatrowej 12, dostarcza się do żurawia 1 elementy wieży 101 żurawia 1, które następnie są integrowane z dolną częścią wieży 101 żurawia 1, po czym wieża 101 żurawia 1, wraz z wysięgnikiem 11 i pozostałymi elementami podtrzymywanymi przez wieżę 101, unosi się do góry o wysokość wprowadzonego elementu wieży 101 żurawia 1. Im mniejsza jest wysokość żurawia 1, tym mniejszy jest całkowity napór wiatru, który musi być równoważony przez podstawę żurawia 1. Zatem, zwiększając wysokość żurawia 1 w sposób nadążny względem budowanej elektrowni wiatrowej, zapewnia się, że w danym momencie żuraw 1 ma tylko taką wysokość jaka jest wymagana, co zmniejsza ryzyko przewrócenia żurawia przez silne podmuchy wiatru i umożliwia pracę przy większej prędkości wiatru, niż gdyby żuraw 1 miał być od początku rozbudowany do maksymalnej wysokości.

W wyniku badań stwierdzono, że niezbędna wysokość unoszenia elementów 12, by móc je zamontować do istniejącej już konstrukcji elektrowni wiatrowej 131, jest związana z niezbędnym odstępem między górną krawędzią już zmontowanej konstrukcji elektrowni wiatrowej 131 a dolną krawędzią podnoszonego elementu 12, który ma zostać zamontowany.

W szczególności, przy montażu części wieży elektrowni wiatrowej, konieczne jest uniesienie dolnej krawędzi pionowo podnoszonej, cylindrycznej części wieży, ponad już istniejącą konstrukcję 131.

Dodatkowo, niezbędne jest zagwarantowanie początkowego odstępu między łączonymi krawędziami, aby móc dopasować pozycje śrub, otworów i krawędzi. Przez to niezbędne jest uniesienie dolnej krawędzi mocowanego elementu 12 ponad krawędź wieży elektrowni wiatrowej, z którą ma się połączyć, o od 10 cm do 1,5 m. Dlatego też wieża 101 żurawia 1 musi być na tyle wysoka, żeby umożliwić uniesienie podnoszonego elementu 12 nie tylko na wysokość umożliwiającą zrównanie dolnej krawędzi podnoszonego elementu 12 z górną krawędzią już zmontowanej konstrukcji elektrowni wiatrowej 131, ale na wysokość 1,5 metra ponad górną krawędź już zmontowanej konstrukcji elektrowni wiatrowej 131.

Kolejną istotną cechą sposobu wznoszenia elektrowni wiatrowych według wynalazku jest zapewnienie stabilizacji podnoszonego elementu, niwelując tym samym możliwe rozbijanie podnoszonego elementu na silnym wietrze. Stabilizowanie podnoszonych elementów elektrowni wiatrowych jest znane w stanie techniki, ale albo jest przedstawiane jako użycie dwóch/czterech lin mocowanych do konstrukcji żurawia, albo jako użycie dwóch lin, kotwionych do gruntu – wady takich rozwiązań zostały już wcześniej omówione. Żadne ze znanych rozwiązań nie ujawnia natomiast zastosowania trzech lub czterech lin stabilizujących, kotwionych do gruntu w starannie wybranych miejscach.

Według wynalazku przewiduje się zastosowanie trzech lub czterech lin stabilizujących podnoszony element, gdzie wszystkie te liny są kotwione do gruntu. Teoretycznie możliwe jest zastosowanie pięciu, sześciu lub większej liczby lin stabilizujących, jednakże wiązałoby się to z dużymi problemami, jako że każda kolejna lina zwiększa masę unoszoną przez wysięgnik żurawia. Z tego powodu zastosowanie trzech lin stabilizujących jest najbardziej pożądane, ale w niektórych przypadkach, gdzie ustabilizowanie podnoszonego elementu jest szczególnie trudne, z powodu dużej prędkości wiatru, można również korzystnie stosować cztery liny stabilizujące. Poza zwiększaniem obciążenia wysięgnika, zastosowanie lin stabilizujących wymaga uważnego rozplanowania miejsc ich kotwienia, jako że po terenie budowy poruszają się ludzie, maszyny, a na gruncie zwykle składowane są części elektrowni wiatrowej, np. gondola czy łopaty. Liny stabilizujące zmieniają swoje położenie w trakcie pracy – przed przymocowaniem do podnoszonych elementów mogą np. leżeć na ziemi, a przy unoszeniu podnoszonego elementu mogą zacząć się napinać – jeżeli zahaczają wtedy o pojazd transportowy lub np. leżące łopaty, to występuje wtedy ryzyko zerwania liny, zagrażające przede wszystkim zdrowiu pracowników. Natomiast, gdy podnoszony element znajduje się wysoko, np. na wysokości 80 metrów, to w przypadku nieplanowanego odłączenia lin stabilizujących od podnoszonego elementu, liny spadną swobodnie na ziemię, co przy ich długości i masie może powodować duże uszkodzenia i grozić utratą zdrowia pracowników. Badania dowiodły, że liczba lin stabilizujących większa niż trzy lub cztery stwarza dużo większe zagrożenie, niż przynosi korzyści wynikające z potencjalnie pewniejszej stabilizacji podnoszonych elementów.

Fig. 2 przedstawia widziany od góry, schematycznie i bez zachowania skali, przykład rozlokowania miejsc kotwienia 241, 242 pierwszej i drugiej liny stabilizującej na terenie wokół żurawia 2 i budowanej elektrowni wiatrowej 231. Na figurze widać schematyczny zarys żurawia 2 i jego wysięgnika 21, skierowanego w kierunku wieży elektrowni wiatrowej 231 – wysięgnik 21 żurawia 2 pokrywa się tutaj z prostą linią (niepokazaną), na której leży odcinek łączący wieżę 201 żurawia 2 i wieżę elektrowni wiatrowej 231. Obok, na fig. 2 z lewej strony, widoczny jest odcinek 25 leżący na prostej, który to odcinek 25 i prosta są równoległe do prostej łączącej wieżę 201 żurawia 2 i wieżę elektrowni wiatrowej 231. Koniec odcinka 25 bliższy wieży 201 żurawia 2 wyznacza miejsce kotwienia pierwszej liny stabilizującej 241, natomiast koniec odcinka 25, znajdujący się w większej odległości od wieży 201 żurawia 2 niż wieża elektrowni wiatrowej 231, wyznacza miejsce kotwienia drugiej liny stabilizującej 242. Końce odcinka 25 a zarazem miejsca kotwienia 241 i 242 zostały na fig. 2 zaznaczone schematycznie symbolem „+”.

Korzystnym okazało się, aby prosta, równoległa do linii łączącej wieżę 201 żurawia 2 i wieżę elektrowni wiatrowej 231, na której to prostej wyznacza się odcinek 25, którego końce wskazują miejsca kotwienia 241 i 242 pierwszej i drugiej liny stabilizującej, była odsunięta od prostej łączącej wieżę 201 żurawia 2 i wieżę elektrowni wiatrowej 231. Wynika to z tego, że gdy elementy elektrowni wiatrowej podniesie się już na dużą wysokość, np. 80 m, to nachylenie lin stabilizujących względem powierzchni gruntu może wynosić ok. 60°, ok. 70° lub nawet ok. 80°, lub jeszcze więcej, jeżeli miejsce kotwienia znajduje się blisko, np. 10–20 metrów, od miejsca wznoszenia elementu, tj. w bezpośrednim sąsiedztwie wieży elektrowni wiatrowej 231. Im mniejszy kąt nachylenia liny stabilizującej podczas pracy, tym lepiej taka lina przenosi naprężenia, zatem nachylenie lin stabilizujących względem gruntu o kąty rzędu 80° jest wysoce niekorzystne. Z drugiej strony, zlokalizowanie miejsca kotwienia w dużej odległości od wieży elektrowni wiatrowej 231 może niepotrzebnie wydłużać długość liny stabilizującej, która będzie

unosila się nad powierzchnią gruntu w trakcie podnoszenia elementów elektrowni wiatrowej. Przykładowo, przy odsunięciu miejsca kotwienia liny o 300 metrów od wieży elektrowni wiatrowej 231, długość liny stabilizującej, przy podnoszeniu elementu na wysokość 100 metrów, będzie wynosić ok. 316 metrów – niepotrzebnie obciążając wysięgnik 21. Z tego powodu, odcinek 25 wyznaczający miejsca kotwienia 241 i 242 pierwszej i drugiej liny stabilizującej powinien znajdować się w odległości od ok. 5 m do ok. 100 m od linii łączącej wieżę 201 żurawia 2 i wieżę elektrowni wiatrowej 231, korzystnie od ok. 10 m do ok. 80 m, najkorzystniej od ok. 25 m do ok. 75 m.

Co więcej, końce i długość odcinka 25 wyznaczającego miejsca kotwienia 241 i 242 pierwszej i drugiej liny stabilizującej powinny być ściśle związane z wzajemnym ustawieniem wieży 201 żurawia 2 i wieży elektrowni wiatrowej 231. Konkretnie, prosta prostopadła do końca odcinka 25 bliższego wieży żurawia, wyznaczającego miejsce kotwienia pierwszej liny stabilizującej 241, powinna przechodzić pomiędzy wieżą 201 żurawia 2 a wieżą elektrowni wiatrowej 231. Z kolei prosta prostopadła do końca odcinka 25, wyznaczającego miejsce kotwienia drugiej liny stabilizującej 242, powinna przebiegać za wieżą elektrowni wiatrowej 231 patrząc od strony wieży 201 żurawia 2. Co więcej, symetralna 26 odcinka 25, wyznaczającego miejsca kotwienia 231 i 242 pierwszej i drugiej liny stabilizującej, powinna przechodzić pomiędzy wieżą 201 żurawia 2 a wieżą elektrowni wiatrowej 231.

Po analizie wielu możliwych miejsc kotwienia 241 i 242 pierwszej i drugiej liny stabilizującej okazało się, że właśnie miejsca opisane powyżej są najbardziej korzystne, ponieważ zapewniają najlepszą kombinację możliwości stabilizowania podnoszonych elementów i minimalizują wcześniej wspomniane ryzyka.

Na Fig. 2 zobrazowano również w sposób schematyczny, znakiem „+”, miejsce kotwienia trzeciej liny stabilizującej 243. Punkt kotwienia trzeciej liny stabilizującej 243 wyznacza się na symetralnej 26 odcinka 25, łączącego miejsca kotwienia 241 i 242 pierwszej i drugiej liny stabilizującej i po przeciwnej stronie linii łączącej wieżę 201 żurawia 2 i wieżę elektrowni wiatrowej 231. Odległość punktu kotwienia trzeciej liny stabilizującej 243 wynosi od ok. 5 m do ok. 100 m od linii łączącej wieżę 201 żurawia 2 i wieżę elektrowni wiatrowej 231, korzystnie od ok. 10 m do ok. 80 m, najkorzystniej od ok. 25 m do ok. 75 m.

Przykład wykonania zobrazowany na Fig. 2 sugeruje umieszczenie dwóch punktów kotwienia 241 i 242 lin stabilizujących z lewej strony linii łączącej wieżę 201 żurawia 2 i wieżę elektrowni wiatrowej 231 a jednego punktu kotwienia 243 z prawej strony, ale z równie dobrym skutkiem można umieścić dwa punkty kotwienia 241 i 242 lin z prawej strony i jeden punkt kotwienia 243 z lewej strony linii łączącej wieżę 201 żurawia 2 i wieżę elektrowni wiatrowej 231, przy zachowaniu pozostałych warunków.

Na Fig. 3 przedstawiono przykład rozlokowania punktów kotwienia lin stabilizujących w przypadku, gdy występują cztery liny stabilizujące. W takim wypadku, miejsca kotwienia 341 i 342 pierwszej i drugiej liny stabilizującej wybiera się identycznie jak w przypadku zobrazowanym na Fig. 2. Wtedy punkty kotwienia 343 i 344 trzeciej i czwartej liny jako stabilizującej wyznacza się jako symetryczne do miejsca kotwienia pierwszej liny 241 i miejsca kotwienia drugiej liny 242 względem prostej łączącej wieżę 201 żurawia 2 z wieżą elektrowni wiatrowej 231.

Opisane powyżej miejsca kotwienia trzech lub czterech lin stabilizujących gwarantują możliwie najlepsze ustabilizowanie podnoszonych elementów, przy jednoczesnym minimalizowaniu dodatkowego obciążenia wysięgnika żurawia, wynikającego z obecności lin stabilizujących. Dodatkowo, tak sprecyzowane miejsca kotwienia lin stabilizujących gwarantują bezpieczną pracę, jako że liny stabilizujące, biegnące od miejsc kotwienia do podnoszonego elementu mają zminimalizowane ryzyko zahaczenia o wieżę żurawia lub wieżę elektrowni wiatrowej.

Same miejsca kotwienia do gruntu wymagają zapewnienia urządzeń regulujących żeby naciąg lin stabilizujących, żeby nie zwisały całkowicie luźno, ale też by nie były zbyt mocno napięte. Zbytne napięcie lin stabilizujących niepotrzebnie obciążałoby wysięgnik i ograniczałoby masę możliwych do podniesienia elementów, jak również groziłoby zerwaniem lin i ewentualnie upadkiem podnoszonego elementu na ziemię. Elementy kotwiące liny stabilizujące, posiadające elektroniczne systemy regulacji napięcia lin są znane w stanie techniki, np. z amerykańskiego zgłoszenia patentowego US 2016200553 A1, zatem znawca jest w stanie dobrać odpowiednie urządzenia i nie będzie to przedmiotem dalszych rozważań w niniejszym wynalazku.

Kolejnym aspektem sposobu wznoszenia elektrowni wiatrowych, związanym z zastosowaniem lin stabilizujących, jest moment podłączenia lin stabilizujących do podnoszonego elementu. Liny można podłączać albo w momencie, gdy podnoszony element leży nieruchomo na powierzchni gruntu lub środka transportowego, np. ciężarówce, albo w sytuacji gdy podnoszony element jest już wypionowany i unosi się nad powierzchnią gruntu/środka transportowego. Częstym przypadkiem jest mocowanie lin

stabilizujących, gdy podnoszony element wciąż leży na powierzchni gruntu/środka transportowego. Jednakże czasami może wystąpić ryzyko, iż podczas pionowania podnoszonego elementu, mocowania lin stabilizujących będą przesuwać się po twardym podłożu (np. utwardzonym gruncie lub przyczepie ciężarówki), ryzykując odkształcenie lub nawet odcięcie. Z tego powodu, w niektórych przypadkach korzystne jest najpierw wypionowanie podnoszonego elementu i uniesienie jego dolnej krawędzi na wysokość od 0,5 m do 1,5 m nad powierzchnię gruntu/środka transportowego. Taka wysokość umożliwia pracownikom wygodne podcięcie lin stabilizujących do podnoszonego elementu, bez ryzykowania odkształcenia lub odcięcia zaczepów lin stabilizujących od podnoszonego elementu.

Według wynalazku, przewiduje się także minimalizowanie ryzyka, związanego z odcięciem lin stabilizujących na dużej wysokości i ich spadkiem na powierzchnię ziemi. W tym aspekcie wynalazku, na placu budowy definiuje się obszar szczególnie zagrożony, wyznaczony obwiednią skrajnych punktów wszystkich kluczowych środków technicznych, tj. żurawia, wieży wiatraka i punktów kotwienia lin stabilizujących. Według wynalazku, na tym terenie, poza elementami żurawia, już zmontowanej konstrukcji elektrowni wiatrowej i linami stabilizującymi z ich punktami kotwienia, umieszcza się tylko jeden element elektrowni wiatrowej lub wieży żurawia, który ma zostać podniesiony i zamontowany, i to tylko po zamontowaniu poprzedniego elementu. Dzięki temu, nawet w przypadku odcięcia lin stabilizujących i ich upadku na ziemię, spadające liny nie uszkodzą innych części żurawia lub elektrowni wiatrowej.

Chociaż w stanie techniki znane są sposoby stabilizacji podnoszonych elementów poprzez zastosowanie dodatkowych lin, w tym kotwionych do gruntu, to wspomniane wcześniej rozwiązania nie wspominają o tym, co się dzieje z linami stabilizującymi po uniesieniu danego przedmiotu w górę i jego zamontowaniu. Według niniejszego wynalazku, przewiduje się zastosowanie dodatkowej liny pomocniczej, co zobrazowano schematycznie i bez zachowania skali na Fig. 4. Widać tam hak żurawia 411 z zawieszonym elementem 42, do których jest doczepiona lina pomocnicza 49. Jeden koniec liny pomocniczej 49 jest przymocowany do haka żurawia 411. Pozostała część liny pomocniczej 49 zwisa swobodnie w kierunku jednego z miejsc mocowania 481, 482, 483 lin stabilizujących 471, 472, 473 przy dolnej krawędzi podnoszonego elementu 42. Lina pomocnicza 49 łączy się tam z mocowaniem 481 liny stabilizującej 471, po czym luźno zwisając przebiega do kolejnego miejsca mocowania 482 liny stabilizującej 472 przy dolnej krawędzi podnoszonego elementu 42, łącząc się z tym kolejnym mocowaniem 482 liny stabilizującej 472. W ten sposób łączy się także z trzecim 483 i, jeżeli takie występuje, to z czwartym miejscem mocowania liny stabilizującej. Lina pomocnicza 49 kończy się po podpięciu do ostatniego miejsca mocowania 481, 482, 483 lin stabilizujących 471, 472, 473.

Dzięki zastosowaniu liny pomocniczej, łączącej miejsca mocowania lin stabilizujących, zmniejsza się ryzyko związane z nieplanowanym odcięciem i upadkiem lin stabilizujących na ziemię. Dodatkowo zauważono, że takie zastosowanie liny pomocniczej umożliwia sprowadzenie lin stabilizujących na powierzchnię ziemi w sposób bezpieczny, już po zamontowaniu podnoszonego elementu. Według wynalazku, linę pomocniczą łączy się z mocowaniami lin stabilizujących tuż po ich przymocowaniu do dolnej krawędzi podnoszonego elementu. Następnie unosi się podnoszony element na wymaganą wysokość i przesuwa w miejsce najbliższe miejscu mocowania podnoszonego elementu, po czym robotnicy odciągają mocowania lin stabilizujących od dolnej krawędzi podnoszonego elementu. Liny stabilizujące zwisają wtedy luźno, podcięte do haka żurawia poprzez linę pomocniczą. Po zamontowaniu podnoszonego elementu i odcięciu od haka żurawia, hak żurawia opuszcza się na powierzchnię ziemi, powoli i w sposób kontrolowany sprowadzając liny stabilizujące na ziemię. Po sprowadzeniu lin stabilizujących na ziemię można je odciąć na od liny pomocniczej.

Chociaż opisano zastosowanie jednej liny pomocniczej, łączącej wszystkie mocowania lin stabilizujących, możliwe jest zastosowanie trzech lub czterech lin pomocniczych, dla każdej z lin stabilizujących z osobna.

Kolejnym ważnym aspektem wynalazku jest zapewnienie bezpieczeństwa podnoszonego elementu 52 podczas operacji pionowania, zwłaszcza jeżeli na terenie budowy elektrowni wiatrowej nie można skorzystać z pomocy dźwigu lub żurawia pomocniczego i przeprowadzić operacji pionowania w powietrzu. Przy wykorzystaniu tylko jednego żurawia 5, na początku operacji pionowania, jeden koniec podnoszonego elementu 52 może być już podcięty do haka żurawia 5, natomiast sam podnoszony element 52 może wciąż pozostawać w pozycji poziomej. Poprzez unoszenie końca podciętego do haka żurawia 5, podnoszony element 52 obraca się względem drugiego końca 521 podnoszonego elementu 52 i drugi koniec 521 podnoszonego elementu 52 przesuwa się np. po powierzchni gruntu 54. Przesuwając koniec 521 podnoszonego elementu 52 np. po powierzchni gruntu 54 można go uszkodzić. Z tego powodu, według wynalazku przewiduje się zastosowanie dodatkowego elementu

ochronnego 52, w kształcie zaokrąglonej miski z cylindrycznie przedłużoną krawędzią, jak to zostało pokazane na Fig. 5. Taki element ochronny 53 mocuje się do podnoszonego elementu 52 tak, by obejmował dolny koniec 521 podnoszonego elementu 52. Element ochronny 53 może być wykonany np. ze stali, zapewniając jego dużą trwałość i skuteczną ochronę końca 521 podnoszonego elementu 52.

Ewentualnie, można wstępnie przygotować podłoże 54, po którym miałyby nastąpić przesuwanie końca 521 podnoszonego elementu 52 podczas jego pionowania, który to koniec 521 jest chroniony przez dodatkowy element ochronny 53, poprzez wyłożenie podłoża 54 stalową blachą. Tarcie powierzchni blaszanych stawia mniejszy opór niż tarcie stali o grunt, co może gwarantować łatwe przesuwanie końca 521 elementu 52 po podłożu 54 podczas pionowania.

Takie rozwiązanie nie posiada części ruchomych, przez co jest proste do wykonania i łatwe w obsłudze. Również, w porównaniu z dokumentem PL 222420 B1, nie wymaga konstruowania torowiska dla poruszającego się wózka.

Stalowe blachy, ułożone na podłożu, można także korzystnie pokryć warstwą smaru, jeszcze bardziej zmniejszając uszkodzenia blach i elementu ochronnego podczas pionowania, zwiększając żywotność tych części.

Fig. 6 i Fig. 7 przedstawiają szczególnie korzystne przykłady realizacji sposobu wznoszenia elektrowni wiatrowych, z wykorzystaniem żurawia typu wieżowego z wysięgnikiem wychylnym. Korzystnie, aspekty przykładu realizacji sposobu wznoszenia elektrowni wiatrowych według wynalazku, zobrażowane na Fig. 6, są identyczne do aspektów realizacji sposobu według wynalazku, opisanych w odniesieniu do Fig. 1, a jedyną różnicą jest zastosowanie żurawia wieżowego z wysięgnikiem wychylnym zamiast żurawia wieżowego z wysięgnikiem poziomym. Podobnie, aspekty przykładu realizacji sposobu wznoszenia elektrowni wiatrowych według wynalazku, zobrażowane na Fig. 7, są identyczne do aspektów realizacji sposobu według wynalazku, opisanych w odniesieniu do Fig. 5, a jedyną różnicą jest zastosowanie żurawia wieżowego z wysięgnikiem wychylnym zamiast żurawia wieżowego z wysięgnikiem poziomym.

Wszystkie wskazane cechy wynalazku gwarantują, że możliwe jest konstruowanie elektrowni wiatrowych w miejscach trudnodostępnych, gdzie dostarczenie i zmontowanie dużych żurawi samojezdnych jest utrudnione. Dodatkowo, dzięki użyciu żurawia o podwyższonej wytrzymałości na wiatr likwiduje się konieczność przeprojektowywania wież elektrowni wiatrowych, ponieważ żuraw nie wymaga kotwienia do wieży. Zastosowanie lin stabilizujących o konkretnie sprecyzowanych miejscach kotwienia do gruntu gwarantuje możliwość pracy przy podwyższonej prędkości wiatru, bez ryzyka rozbijania podnoszonych elementów. Dostarczanie w pobliżu żurawia tylko jednego elementu na raz wraz z zastosowaniem liny pomocniczej, zmniejszają ryzyko niekontrolowanego upadku lin stabilizujących z dużej wysokości.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób montażu elektrowni wiatrowych obejmujący podnoszenie elementów za pomocą żurawia (1, 2, 3, 5), w którym:
 - wykorzystuje się samowznoszący górnobrotowy żuraw (1, 2, 3, 5) wieżowy, przy czym wieża (101, 201, 301, 501) żurawia (1, 2, 3, 5) i wieża elektrowni wiatrowej (131, 231, 331) stanowią rozłączne konstrukcje,
 - podnoszone elementy (12, 42, 52) stabilizuje się podczas podnoszenia poprzez mocowanie do nich lin stabilizujących (471, 472, 473), kotwionych do gruntu,**znamienny tym, że**
 - po początkowym zmontowaniu wieży (101, 201, 301, 501) żurawia (1, 2, 3, 5) do minimalnej wysokości, umożliwiającej montaż pierwszej części konstrukcji elektrowni wiatrowej (131, 231, 331), kolejne elementy wieży (101, 201, 301, 501) żurawia (1, 2, 3, 5) i konstrukcji elektrowni wiatrowej (131, 231, 331) montuje się przemiennie, zwiększając wysokość wieży (101, 201, 301, 501) żurawia (1, 2, 3, 5) nadążnie względem przyrastającej konstrukcji elektrowni wiatrowej (131, 231, 331),
 - podnoszone elementy (12, 42, 52) stabilizuje się przy użyciu trzech lub czterech lin stabilizujących (471, 472, 473) kotwionych do gruntu,
 - liny stabilizujące (471, 472, 473) mocuje się do podnoszonego elementu (12, 42, 52) w czasie, gdy jeszcze leży on na gruncie/środku transportu lub zaraz po uniesieniu podnoszonego

elementu (12, 42, 52) tuż nad powierzchnię gruntu/środka transportu, korzystnie gdy niższy koniec podnoszonego elementu (12, 42, 52) unosi się 0,5–1,5 m nad gruntem/środkiem transportu,

- dwa miejsca kotwienia (241, 242) lin (471, 472) do gruntu wyznacza się na końcach odcinka (25, 351) leżącego na pierwszej linii prostej, równoległej do i różnej od linii łączącej wieżę (101, 201, 301, 501) żurawia (1, 2, 3, 5) i wieżę elektrowni wiatrowej (131, 231, 331), w ten sposób, że miejsce kotwienia (241, 341) pierwszej liny (471) znajduje się na pierwszej linii prostej, zaś prosta prostopadła do pierwszej linii prostej i przechodząca przez miejsce kotwienia (241, 341) pierwszej liny (471) przebiega pomiędzy wieżą (101, 201, 301, 501) żurawia (1, 2, 3, 5) a wieżą elektrowni wiatrowej (131, 231, 331), a miejsce kotwienia (242, 342) drugiej liny (472) znajduje się na pierwszej linii prostej, zaś prosta prostopadła do pierwszej linii prostej i przechodząca przez miejsce kotwienia (242, 342) drugiej liny (472) przebiega za wieżą elektrowni wiatrowej (131, 231, 331) patrząc od strony wieży (101, 201, 301, 501) żurawia (1, 2, 3, 5), przy czym:
 - w przypadku gdy używa się trzech lin stabilizujących (471, 472, 473), to miejsce kotwienia trzeciej liny (473) wyznacza się na symetralnej odcinka (25, 351), łączącego miejsce kotwienia (241, 341) pierwszej liny (471) i miejsce kotwienia (242, 342) drugiej liny (472), w punkcie położonym po przeciwnej stronie linii łączącej wieżę (101, 201, 301, 501) żurawia (1, 2, 3, 5) i wieżę elektrowni wiatrowej (131, 231, 331) niż pierwsza linia prosta,
 - w przypadku gdy używa się czterech lin stabilizujących (471, 471, 473), to miejsce kotwienia (343) trzeciej liny (473) i miejsce kotwienia (344) czwartej liny wyznacza się odpowiednio jako miejsca symetryczne do miejsca kotwienia (241, 341) pierwszej liny (471) i miejsca kotwienia (242, 342) drugiej liny (472) względem prostej łączącej wieżę (101, 201, 301, 501) żurawia (1, 2, 3, 5) z wieżą elektrowni wiatrowej (131, 231, 331),
 - kolejne elementy wieży (101, 201, 301, 501) żurawia (1, 2, 3, 5) i/lub elektrowni wiatrowej (131, 231, 331) dostarcza się na teren budowy, wyznaczony obwiednią konstrukcji elektrowni wiatrowej (131, 231, 331), leżących na ziemi części żurawia (1, 2, 3, 5) i miejsc kotwienia lin (241, 242, 243, 341, 342, 343, 344), pojedynczo i dopiero po zamontowaniu poprzedniego elementu,
 - liny stabilizujące (471, 472, 473) mocuje się do podnoszonego elementu (12, 42, 52), przy czym stosuje się przynajmniej jedną linę pomocniczą (49), która łączy co najmniej jedną linę stabilizującą (471, 472, 473) z hakiem żurawia (1, 2, 3, 5), po czym podnosi się element (12, 42, 52) na niezbędną wysokość i umieszcza w miejscu umożliwiającym jego montaż, następnie odłącza się liny stabilizujące (471, 472, 473) od podnoszonego elementu (12, 42, 52), pozostawiając je przyczepione do haka żurawia (1, 2, 3, 5) przy pomocy co najmniej jednej liny pomocniczej (49), element (12, 42, 52) mocuje się i odłącza od haka żurawia (1, 2, 3, 5), a po zamocowaniu podnoszonego elementu (12, 42, 52) i odłączeniu go od haka żurawia (1, 2, 3, 5) opuszcza się liny stabilizujące (471, 472, 473) wraz z hakiem (1, 2, 3, 5) na ziemię.
2. Sposób montażu elektrowni wiatrowych według zastrz. 1 **znamienny tym**, że dodatkowo wykonuje się następujące czynności:
- przed podniesieniem elementu (12, 42, 52) z podłoża (54) mocuje się do wolnego końca podnoszonego elementu (12, 42, 52) dodatkowy element ochronny (53), w kształcie zaokrąglonej misy z cylindrycznie przedłużoną krawędzią,
 - po czym pionuje się podnoszony element (12, 42, 52) ciągnąc za koniec, do którego doczepiona jest lina, w trakcie czego drugi koniec (521) z przymocowanym dodatkowym elementem ochronnym (53) przesuwa się po powierzchni gruntu (54),
 - po wypionowaniu podnoszonego elementu (12, 42, 52) i w momencie gdy element ochronny (53) unosi się nad powierzchnię gruntu (54), odczepia się element ochronny (53) od podnoszonego elementu (12, 42, 52).

Rysunki

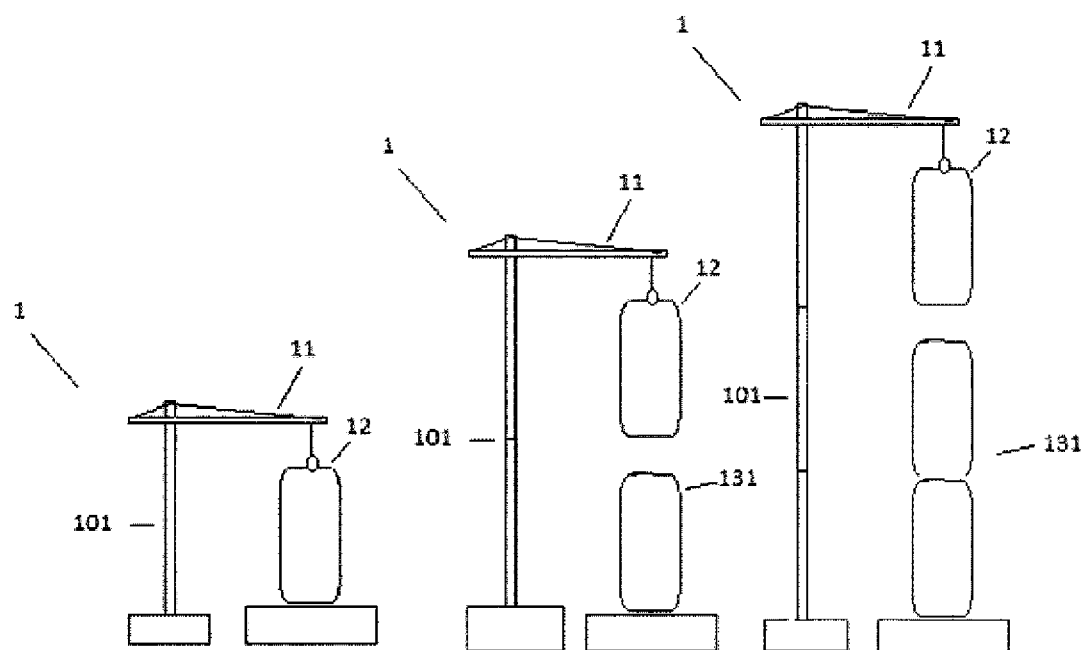


Fig. 1

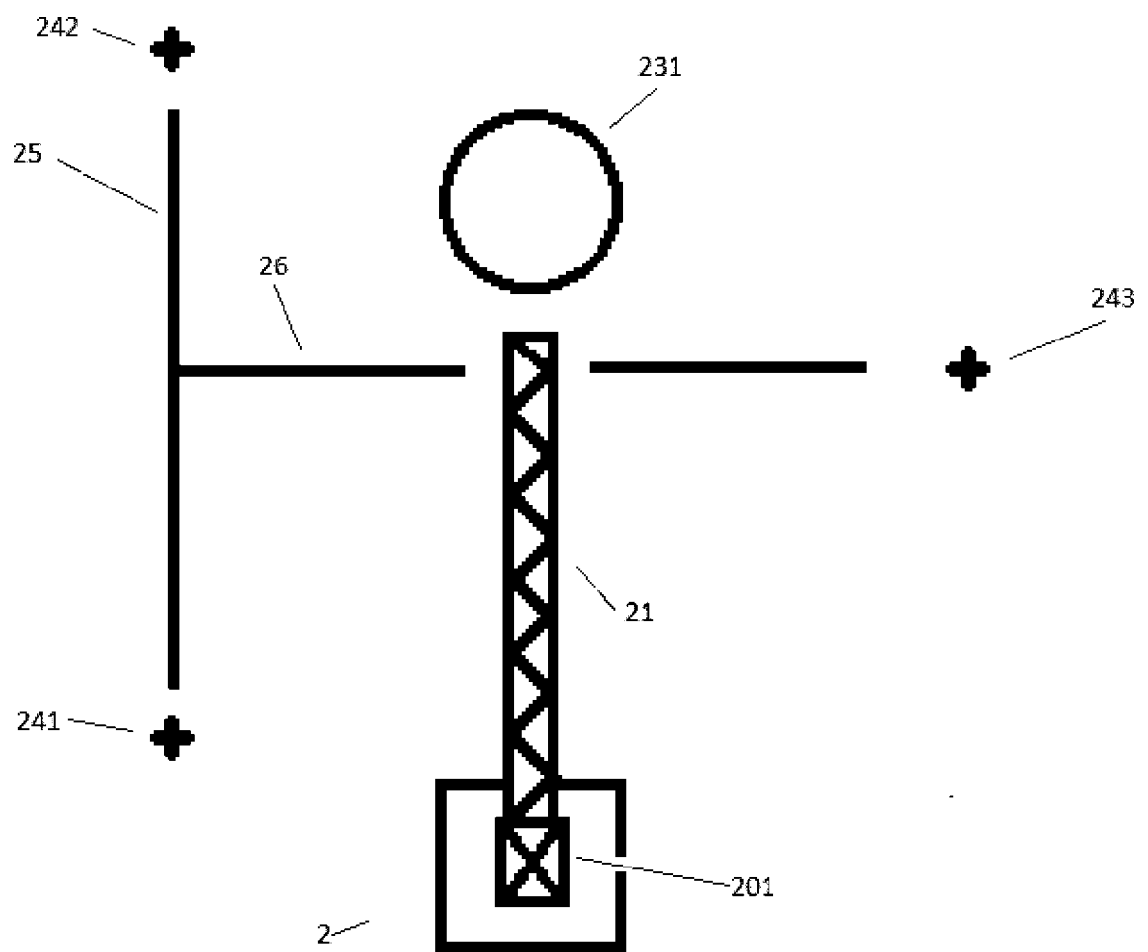


Fig. 2

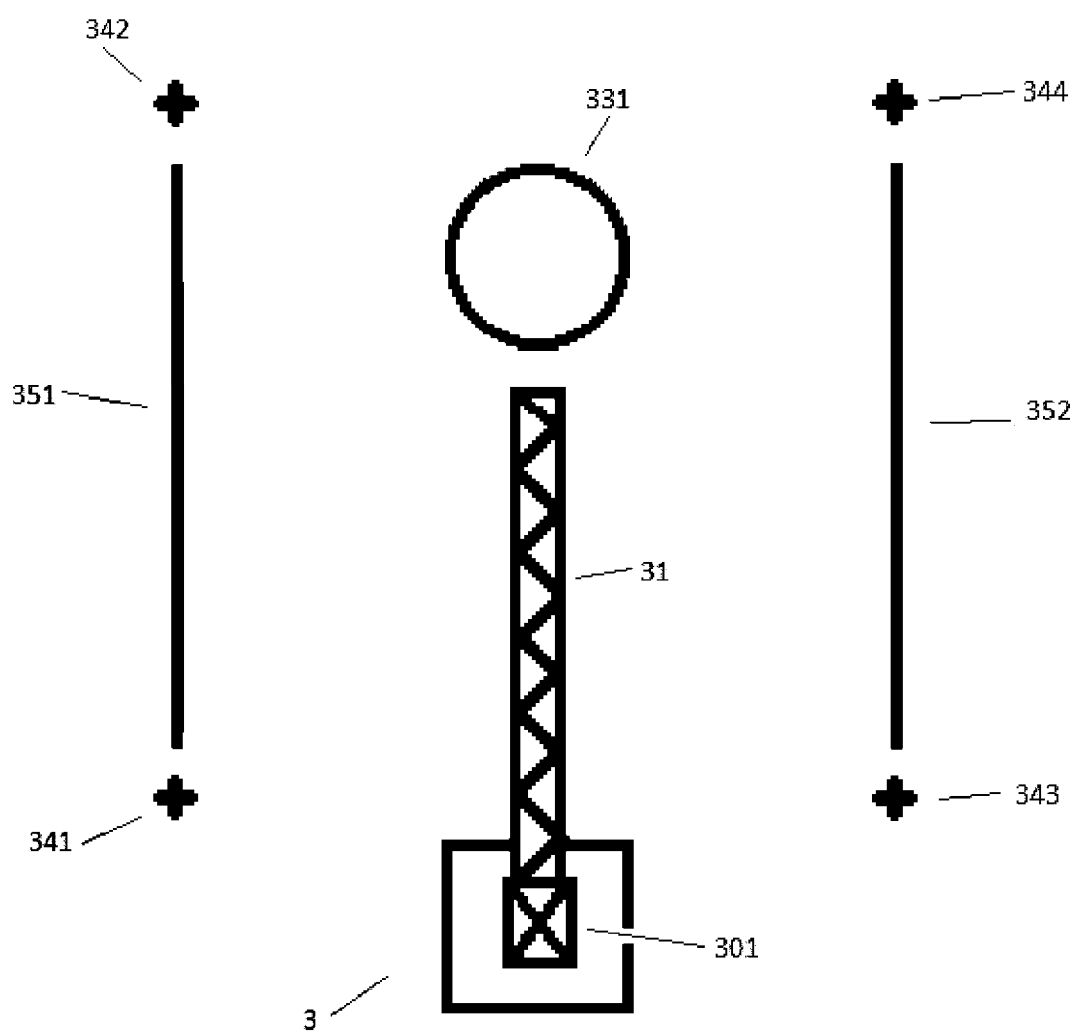


Fig. 3

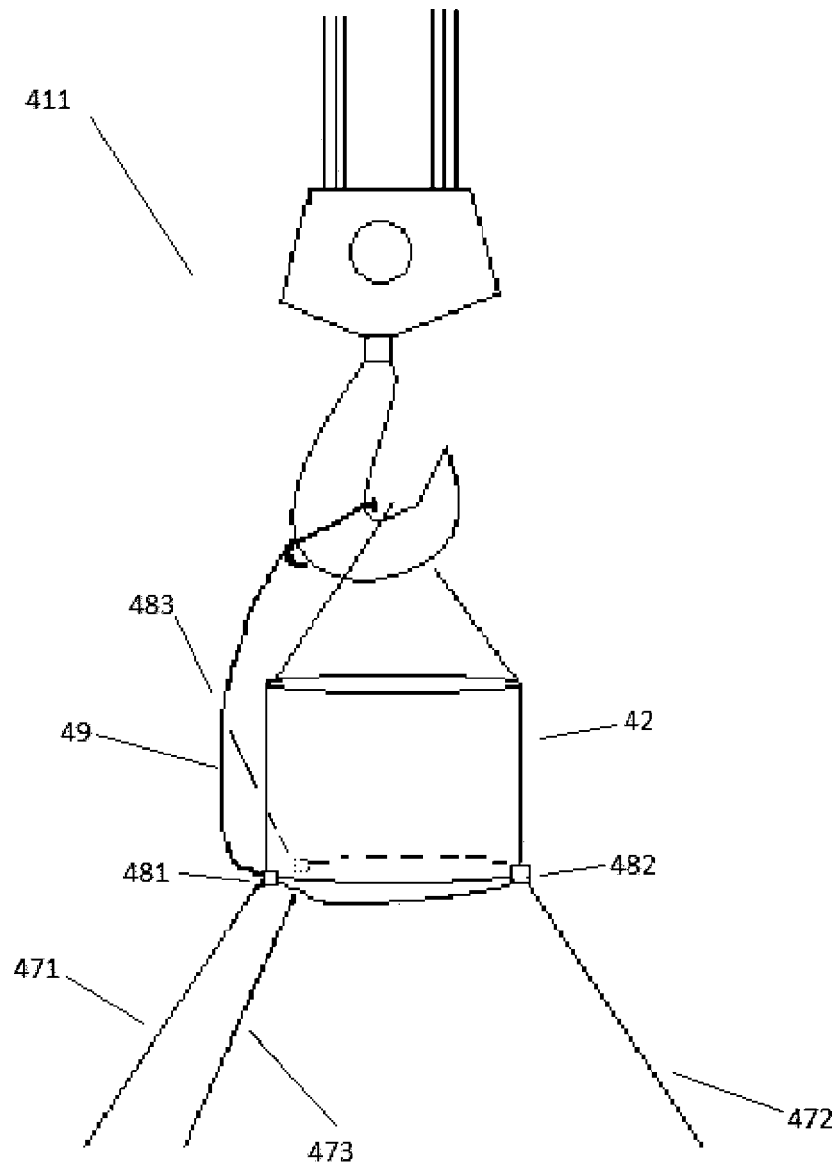


Fig. 4

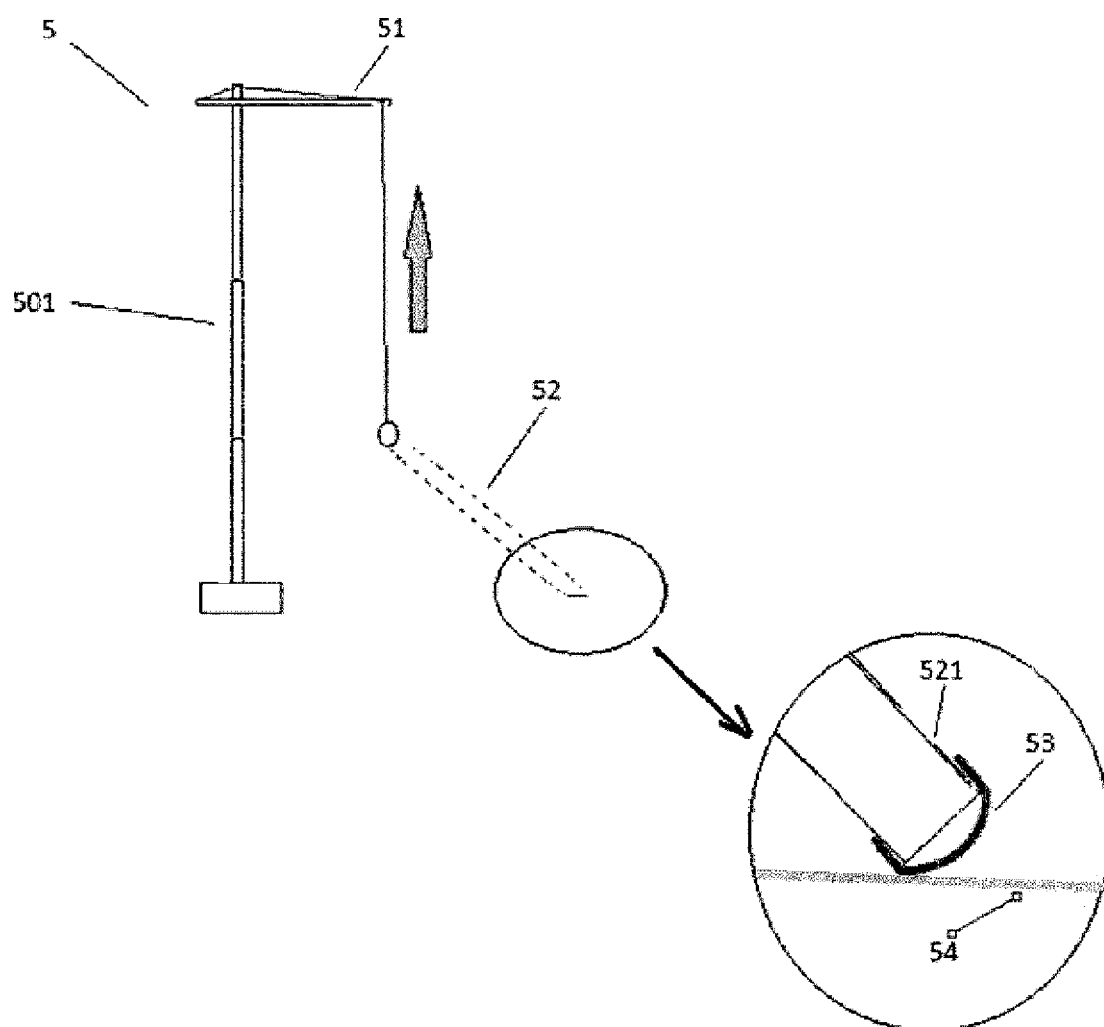


Fig. 5

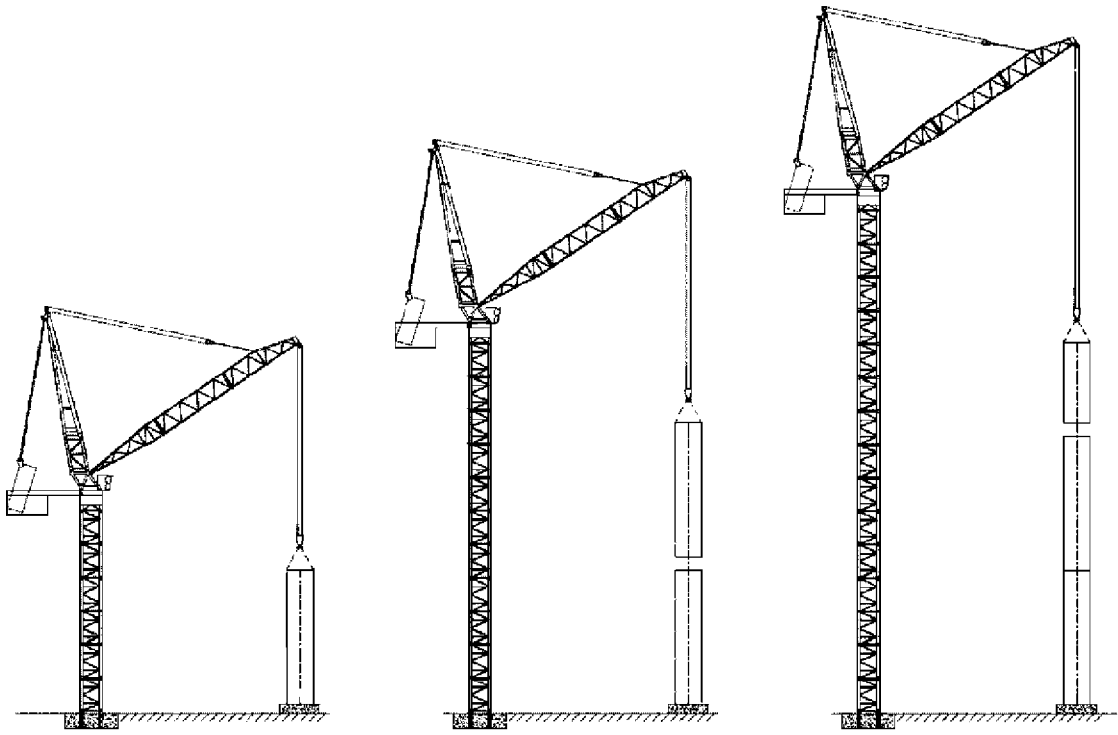


Fig. 6

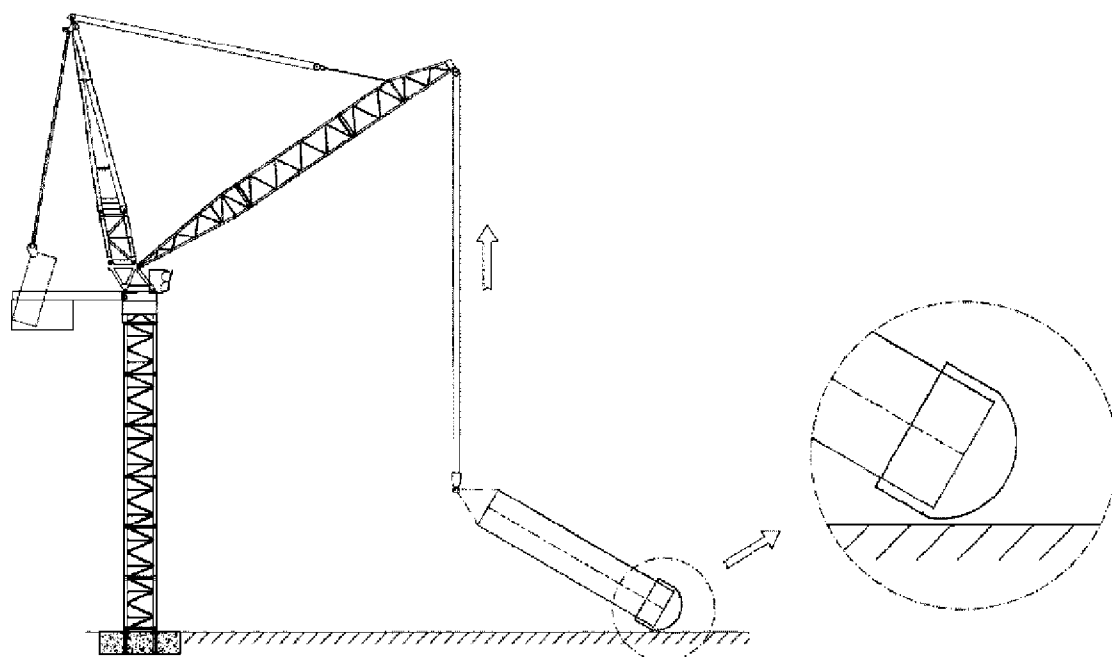


Fig. 7