

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **232116**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **421569**

(22) Data zgłoszenia: **11.05.2017**

(51) Int.Cl.

**F03D 13/10 (2016.01)**

**F03D 13/25 (2016.01)**

**B63B 35/00 (2006.01)**

**E02B 17/02 (2006.01)**

**E02B 17/04 (2006.01)**

(54) **Urządzenie centrujące do instalowania w morzu konstrukcji wsporczych,  
zwłaszcza typu TLP (Tension Leg Platform) pod morskie elektrownie wiatrowe**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**19.11.2018 BUP 24/18**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**31.05.2019 WUP 05/19**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA GDAŃSKA, Gdańsk, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**CZESŁAW DYMARSKI, Gdańsk, PL**

**PAWEŁ DYMARSKI, Gdańsk, PL**

**JĘDRZEJ ŻYWICKI, Gdańsk, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Małgorzata Kluczyk**

**PL 232116 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie centrujące, które zainstalowane na statku lub innym obiekcie pływającym umożliwia bezpieczne instalowanie i kotwiczenie w morzu pływających konstrukcji wsporczych, zwłaszcza platform typu TLP, pod morskie turbiny wiatrowe.

Znane są sposoby instalowania w morzu pływających konstrukcji wsporczych pod morskie elektrownie wiatrowe. Sposoby te zależą głównie od głębokości morza, ale także od lokalizacji akwenu i panujących na nim liczby warunków morskich, liczby obiektów oraz dostępności specjalistycznych statków i urządzeń niezbędnych do realizacji tego typu operacji morskich.

Cechą charakterystyczną tych konstrukcji, zwłaszcza typu TLP, jest to, że ich główny kadłub zapewniający odpowiednią wyporność stanowi po zakotwiczeniu część podwodną, a jedynie umieszczona na nim cylindryczna lub stożkowa kolumna zakończona kołnierzem, wznosi się, zależnie od panujących w danym rejonie warunków, na co najmniej kilkanaście metrów nad poziom morza. Dzięki temu ograniczone jest niekorzystne działanie fal i wiatru na zakotwiczoną konstrukcję. Tego typu konstrukcje cechuje duża stateczność w warunkach pływania z częściowo zanurzonym kadłubem głównym i utrata stateczności z chwilą jego zanurzenia się, co czyni operacje zanurzania i kotwiczenia obiektu bardzo niebezpiecznymi. Z tego względu operacje instalowania tych platform z reguły przeprowadza się za pomocą wysoce specjalistycznych samopodnośnych statków, wyposażonych w bardzo złożone urządzenia do opuszczania nóg. Po przyplłynięciu statku na miejsce instalacji platformy nogi te są opuszczane na dno tak, że statek na ten czas się wynurza i staje się obiektem postawionym i związanym sztywno z dnem morza. Wówczas potężne żurawie tego statku są w stanie podnieść i utrzymywać czy opuszczać platformę na czas instalowania i mocowania jej cięgien kotwicznych, co jest jednak procesem bardzo trudnym i czasochłonnym. Z uwagi na nietypowe cechy i złożoność konstrukcji wspomnianych statków samopodnośnych koszty ich projektu i budowy, a także koszty ich usług są bardzo wysokie i mogą być uzasadnione jedynie w przypadku instalowania dużej liczby tego typu konstrukcji wsporczych.

Zastosowanie urządzenia centrującego według wynalazku na relatywnie tanim statku specjalistycznym o mało skomplikowanej konstrukcji i wyposażeniu umożliwia wyeliminowanie z procesu instalowania i kotwiczenia pływających konstrukcji wsporczych zwłaszcza typu TLP bardzo niebezpiecznych operacji podnoszenia i opuszczania ciężkich obiektów, co wymagało angażowania bardzo kosztownych wysoce złożonych statków.

Urządzenie centrujące składające się z sześciu siłowników głównych oraz trzech wysięgników, każdy z siłownikiem pomocniczym, stoperem łańcucha i z dwoma krążkami charakteryzuje się według wynalazku tym, że cylindry siłowników głównych zamocowane są wychylnie na dwóch poziomach w trzech pionowych wąskich kanałach rozmieszczonych symetrycznie co  $120^\circ$  wewnątrz dużego kanału w kształcie litery U w części rufowej statku. Na końcach tłoczków tych siłowników zamocowane są ucha z rolkami z poliamidową bieżnią. Ucha obu siłowników umieszczonych w każdym z wąskich kanałów połączone są ze sobą łańcuchami lub linami stalowymi, przy czym do ucha górnego siłownika przyczepiony jest od góry łańcuch, który biegnie do góry na koło łańcuchowe ułożyskowane na końcu umieszczonego nad wąskim kanałem wysięgnika, a następnie przechodzi przez stoper i dalej po przewinięciu się przez krążek łańcuchowy zamocowany na tłoczysku siłownika pomocniczego, dochodzi do punktu jego zamocowania do konstrukcji wysięgnika. W okresie, gdy urządzenie nie pracuje siłowniki główne oraz pomocnicze mają wsunięte tłoczyska, co jest korzystne, ponieważ nie są one narażone na długotrwałe niekorzystne oddziaływanie środowiska morskiego. Dla tego stanu korzystne jest także to, że siłowniki główne są wówczas odchylone ku górze, ponieważ działające na nie obciążenia zginające są radykalnie zredukowane, a ponadto zwiększona jest wolna przestrzeń kanału rufowego. Zwiększa to szanse bezpiecznego wprowadzania kolumny platformy do kanału bez kolizji z siłownikami głównymi. Należy jednak podkreślić, że nawet w przypadku wystąpienia takiej kolizji to spowoduje to tylko zwiększenie kąta wychylenia siłownika bez generowania dużych obciążeń jakie powstałyby w przypadku, gdyby był on w położeniu zbliżonym do poziomego. W okresie instalowania platformy, po takim przemieszczeniu się statku, że kolumna platformy znajdzie się w pobliżu osi urządzenia centrującego, luzowane są umieszczone na wysięgnikach stopery łańcucha i przesterowuje się rozdzielacze siłowników pomocniczych na wysunięcie ich tłoczków, co spowoduje opuszczenie uch siłowników głównych do poziomu nieznacznie niższego niż poziom zamocowania ich cylindrów. Chodzi o to, by kąt pochylenia siłowników nie był mniejszy niż kąt pochylenia ścian kolumny platformy, co eliminuje możliwość samoczynnego wychylenia się siłownika do góry podczas dociskania rolki do ściany kolumny. Po opuszczeniu siłowników stopery blokują łańcuch i położenie siłowników. Po sprawdzeniu poprawności ich położenia

przesterowuje się rozdzielacze siłowników głównych, co powoduje równomierne dociśnięcie rolek do kolumny i w konsekwencji uzyskanie współosiowego ustawienia kolumny względem urządzenia centrującego i tym samym kanału statku.

Przedmiot wynalazku opisany jest bliżej na przykładzie wykonania oraz uwidoczniiony na rysunkach Fig. 1, Fig. 2 i Fig. 3, na których Fig. 1 ukazuje w dwóch rzutach, zamontowane w pionowym kanale o kształcie litery U w części rufowej statku 1, sześć siłowników hydraulicznych 2 rozmieszczonych promieniowo po trzy na dwóch poziomach, symetrycznie co  $120^\circ$  oraz zainstalowane na pokładzie rufy nad siłownikami 2, trzy wysięgniki 3. Cylindry siłowników 2 zamontowane są do ścian kanału za pomocą sworzni, co umożliwi ich wychylenie w płaszczyźnie pionowej. Na tłoczyskach siłowników 2 zamocowane są ucha 4, w których ułożyskowane są rolki 5, pożądanym jest, aby z osadzoną na nich poliamidową bieżnią. Ramiona uch 4 każdej pary umieszczonych jeden nad drugim siłowników 2 połączone są między sobą cięgnami 9 np. stalowymi linami lub łańcuchami o długości zapewniającej wzajemne położenie osi obu siłowników zbliżone do równoległego. W górnej, wychylonej nad kanał, części każdego z wysięgników 3 ułożyskowany jest krążek łańcuchowy 6, zaś w dolnej tylnej jego części zamocowany jest za pomocą przegubu sworzniowego cylinder siłownika pomocniczego 6. Na końcu tłoczyska siłownika pomocniczego 7 zamontowane jest ucho z ułożyskowanym krążkiem łańcuchowym 8. Na belce łączącej dwa ramiona wysięgnika 3 w tylnej jego części zamontowany jest stoper 11 łańcucha, który może być zwalniany ręcznie za pomocą dźwigni lub zwalniakiem hydraulicznym albo elektromagnetycznym. Ucha 4 trzech wyżej położonych siłowników 2 połączone są od góry z łańcuchami 10, które przewijają się przez krążki linowe 6, a następnie przechodzą przez stopery zapadkowe 11 i ponownie przewijają się przez krążki łańcuchowe 8 siłowników pomocniczych 7 dochodzą do elementów 12 ich zamocowania do konstrukcji wysięgników.

Fig. 2 przedstawia, w rzutach z boku, położenie zespołów i elementów urządzenia podczas trzech charakterystycznych stanów pracy oznaczonych literami A, B i C. Stan A odpowiada operacji wprowadzenia statku specjalistycznego 1 w położenie zbliżone do wymaganego dla instalowania platformy to znaczy, gdy kolumna platformy znajdzie się w przybliżeniu w osi symetrii rozmieszczenia siłowników 2. Dla uczynienia tej operacji łatwiejszą i bezpieczniejszą siłowniki pomocnicze 7 i siłowniki 2 mają wsunięte tłoczyska, tym samym łańcuchy 10 są podciągnięte i zabezpieczone przez stopery 11 przed przypadkowym opuszczeniem, a wszystkie siłowniki 2 odchyłone do góry.

Stan B ukazuje moment, gdy po zlurowaniu stoperów 11 i wysunięciu tłoczysk siłowników pomocniczych 6 siłowniki 2 przyjęły położenie robocze, to znaczy prawie poziome z lekkim pochyleniem w dół, a ich tłoczyska wysunęły się o te same wartości powodując dociśnięcie rolek 5 do kolumny platformy i utrzymując jej centralne położenie. Należy zaznaczyć, że obciążenie łańcuchów 10 jest w tym czasie przenoszone przez stopery 11, odciążając tym samym siłowniki pomocnicze 7.

Stan C przedstawia końcowy etap trudnej operacji instalowania platformy, gdy na skutek jej balastowania jej kadłub zanurzył się całkowicie pod wodę i jest ona utrzymywana w pozycji pionowej dzięki połączeniu jej kolumny za pomocą urządzenia centrującego, a ściślej siłowników 2 ze statkiem 1. Należy zaznaczyć, że cały czas podczas zanurzania kadłuba platformy i utrzymywania jej w dolnym położeniu do czasu zakotwiczenia, siłowniki 2 zasilane są olejem o odpowiednim ciśnieniu, co zapewnia odpowiedni docisk rolek 5 do kolumny platformy (pomimo nieco zmniejszającej się z zanurzeniem jej średnicy w płaszczyznach połączenia) łącząc ją sztywno ze statkiem z wyłączeniem jedynie jednego stopnia swobody umożliwiającego wzajemne przemieszczanie się obu tych obiektów tylko w kierunku pionowym.

Fig. 3 przedstawia schemat podstawowego układu napędu i sterowania hydraulicznego urządzenia centrującego dla stanu A, to znaczy przed rozpoczęciem jego operacji połączenia statku 1 z kolumną platformy 13. Układ ten obejmuje trzy identyczne podukłady oraz wspólny zespół zasilania hydraulicznego, składający się ze zbiornika oleju 14, silnika elektrycznego 15, napędzającego trzysekcyjną pompę 16, filtra 17 na przewodzie spływowym, filtra wlewowego 18, wskaźnika i przekaźnika poziomu oleju 19, zaworu odcinającego 20, normalnie zamkniętego na przewodzie spustowym oraz zaworów zwrotnych 22 na przewodach tłocznych i na powrotnym. Każdy podukład zasilany z oddzielnej sekcji pompy zawiera następujące elementy hydrauliczne: zawór przelewowy 23 ograniczający ciśnienie w przewodzie zasilającym i w akumulatorze gazowo hydraulicznym 28, trójpołożeniowy czterodrogowy rozdzielacz 24 sterujący pracą dwóch siłowników 2, dolnego i górnego połączonych ze sobą elastycznymi przewodami hydraulicznymi poprzez normalnie otwarte zawory odcinające 21, trójpołożeniowy czterodrogowy rozdzielacz 25 oraz zawór hamulcowo-przelewowy 26 sterujące pracą siłownika pomocniczego 7, zawór zwrotno-dławiący 27, przetwornik ciśnienia (presostat) 29 do kontroli i utrzymywania ciśnienia w akumulatorze na poziomie między dwiema zadanymi wartościami, manometr lub inny

wskaźnik ciśnienia 30 oraz przewody stalowe i elastyczne łączące wymienione elementy. Zastosowane rozdzielacze 24 i 25 wyposażone są w cewki elektromagnetyczne, co umożliwia zdalne elektryczne sterowanie pracą urządzenia z pulpitu sterowniczego, wyposażonego w niezbędne wskaźniki parametrów pracy urządzenia. Rozdzielacze te wyposażono także w dźwignie umożliwiające w razie potrzeby ich lokalne, ręczne sterowanie.

Z chwilą, gdy kolumna platformy 13 znajdzie się w przybliżeniu w osi urządzenia centrującego statku 1 obsługa urządzenia luzuje stopery 11, a operator pulpitu sterującego urządzeniem uruchamia silnik elektryczny 15, napędzający trójsekcijną pompę po czym przesterowuje rozdzielacze 25 w lewo, w położenie powodujące wysuwanie tłoczków siłowników 7, co powoduje przewijanie się na krążkach 8 i 6 łańcuchów 10 i tym samym opuszczanie się zawieszonych na tych łańcuchach siłowników 2 do położenia zbliżonego do poziomego z lekko opuszczonymi krążkami 5 tak, jak to pokazano na fig. 2B. Po sprawdzeniu poprawności położenia siłowników obsługa blokuje położenie łańcuchów 10 na stoperach 11, a operator pulpitu przesterowuje rozdzielacze 24 w prawo, co spowoduje wysuwanie się tłoczków z rolkami 5 z siłowników 2. W tym czasie operator obserwuje wartości wysunięcia się tłoczków poszczególnych siłowników i ewentualnie dokonuje korekty za pomocą przesterowywania odpowiedniego rozdzielacza 24 w celu zapewnienia ostatecznie jednakowych wartości tych wysunięć dla siłowników na danym poziomie w momencie oparcia się rolek 5 o kolumnę 13. Z chwilą, gdy wszystkie rolki 5 na obu poziomach docisną się do kolumny 13, operator przesterowuje rozdzielacze 24 w środkowe położenie, co spowoduje połączenie przewodów tłocznych pompy 16 z przewodem powrotnym, ale w komorach beztłoczkowych siłowników 2, ze względu na połączenie ich z akumulatorem hydraulicznym 28 pozostaje cały czas odpowiednio wysokie ciśnienie, zapewniające wymagany docisk rolek 5 do kolumny, przy zachowaniu korzystnej elastyczności, podobnej do napiętej wstępnie sprężyny. Presostat 29 zapewnia utrzymanie w akumulatorach ciśnienia oleju na odpowiednim poziomie, między dwiema zadanymi wartościami. W przypadku, gdy na skutek mikro-wycieków oleju w rozdzielaczach 24 lub, gdy podczas zanurzania się platformy i zmniejszającej się średnicy kolumny na poziomie siłowników tłoczyska się nieco wysuną, co spowoduje spadek ciśnienia poniżej dolnej dopuszczalnej wartości, sygnał elektryczny z presostatu spowoduje natychmiastowe przesterowanie rozdzielacza 24 w prawo i załączenie silnika 15 na czas, aż ciśnienie w akumulatorach 28 wzrośnie do górnej wartości progowej, co spowoduje przesterowanie rozdzielacza w położenie środkowe i jednocześnie wyłączenie silnika 15. Ten stan pracy urządzenia będzie trwał do czasu zanurzenia kadłuba platformy, jej zakotwiczenia i odbalastowania, aż osiągnie się odpowiednie napięcie cięgien kotwicznych. Wówczas po sprawdzeniu poprawności zakotwiczenia platformy operator pulpitu wyłącza zasilanie elektryczne presostatów 29 i uruchamia silnik 15, po czym przesterowuje rozdzielacze 24 w lewo powodując wsuwanie tłoczków do wnętrza cylindrów. Obsługa odblokowuje stopery 11, a operator przesterowuje rozdzielacze pomocnicze 25 w prawo powodując wsuwanie tłoczków z krążkami 8 do siłowników 7 i tym samym podnoszenie zawieszonych na łańcuchach 10 uch 4 siłowników 2, aż do osiągnięcia przez nie położenia jak dla stanu pokazanego na fig. 2A. Po sprawdzeniu poprawności wykonanych czynności obsługa blokuje stopery 11, a operator wyłącza silnik 15 i zasilanie urządzenia centrującego. Zaproponowany układ napędu i sterowania umożliwi jego rozbudowę o pewne dodatkowe elementy hydrauliczne oraz elektryczne i elektroniczne tak, by zautomatyzować przedstawiony proces jego działania.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie centrujące przeznaczone do zastosowania na statkach specjalistycznych do instalowania w morzu konstrukcji wsporczych typu platforma TLP pod morskie turbiny wiatrowe, **znamiennie tym**, że co najmniej sześć siłowników hydraulicznych (2), zamocowanych jest wychylnie w płaszczyźnie pionowej do ścian w kanale rufy statku (1), po trzy w dwóch poziomach, promieniowo symetrycznie co  $120^\circ$ , przy czym na końcach tłoczków siłowników (2) zamocowane są ucha (4), w których ułożyskowane są rolki (5), a ramiona uch (4), każdej pary umieszczonych jeden nad drugim siłowników (2) połączone są między sobą cięgnami (9) np. stalowymi linami lub łańcuchami o długości zapewniającej wzajemne położenie osi obu siłowników zbliżone do równoległego, zaś ucha (4) trzech wyżej położonych siłowników (2) połączone są od góry z łańcuchami (10), które przewijają się przez krążki łańcuchowe (6), ułożyskowane w górnej części wysięgników (3), zamocowanych na pokładzie nad kanałem w płaszczyźnie pionowej nad każdą z par siłowników (2), a następnie łańcuchy (10) przechodzą przez

- stopery zapadkowe (11) i ponownie przewijając się przez krążki łańcuchowe (8) siłowników pomocniczych (7) zamocowanych wychylnie w dolnej, tylnej części wysięgników (3), dochodzą do elementów (12) mocujących końce łańcuchów (10) do konstrukcji wysięgników (3).
2. Urządzenie centrujące według zastrzeżenia 1, **znamiennie tym**, że posiada jeden zespół zasilania hydraulicznego zawierający zbiornik oleju (14) wyposażony w filtr oleju powrotnego (17), filtr wlewowy (18), wskaźnik i przetwornik poziomu oleju (19), zawór odcinający spustowy (20) oraz jeden silnik elektryczny (15), napędzający, korzystnie trójsekcyjną pompę lub trzy oddzielne, jednakowe pompy połączone poprzez zawory zwrotne (22) przewodami hydraulicznymi z trzema oddzielnymi, jednakowymi podzespołami, z których każdy zawiera zawór przelewowy (23) ograniczający maksymalne ciśnienie pompy (16) i akumulatora hydrauliczno-gazowego (28), trójpołożeniowy, czterodrogowy rozdzielacz (24) sterujący działaniem dwóch siłowników (2) umieszczonych jeden nad drugim i połączonych ze sobą elastycznymi przewodami hydraulicznymi poprzez zawory odcinające (21) normalnie otwarte, trójpołożeniowy, czterodrogowy rozdzielacz (25) oraz zawór hamulcowo-przelewowy (26) sterujące działaniem siłownika pomocniczego (7), zawór zwrotno-dławiący (27), przetwornik ciśnienia (presostat) (29) do kontroli i utrzymywania ciśnienia w akumulatorze (28) na poziomie między dwiema zadanymi wartościami, manometr lub inny wskaźnik ciśnienia (30) oraz przewody stalowe i elastyczne łączące wymienione elementy.

Rysunki

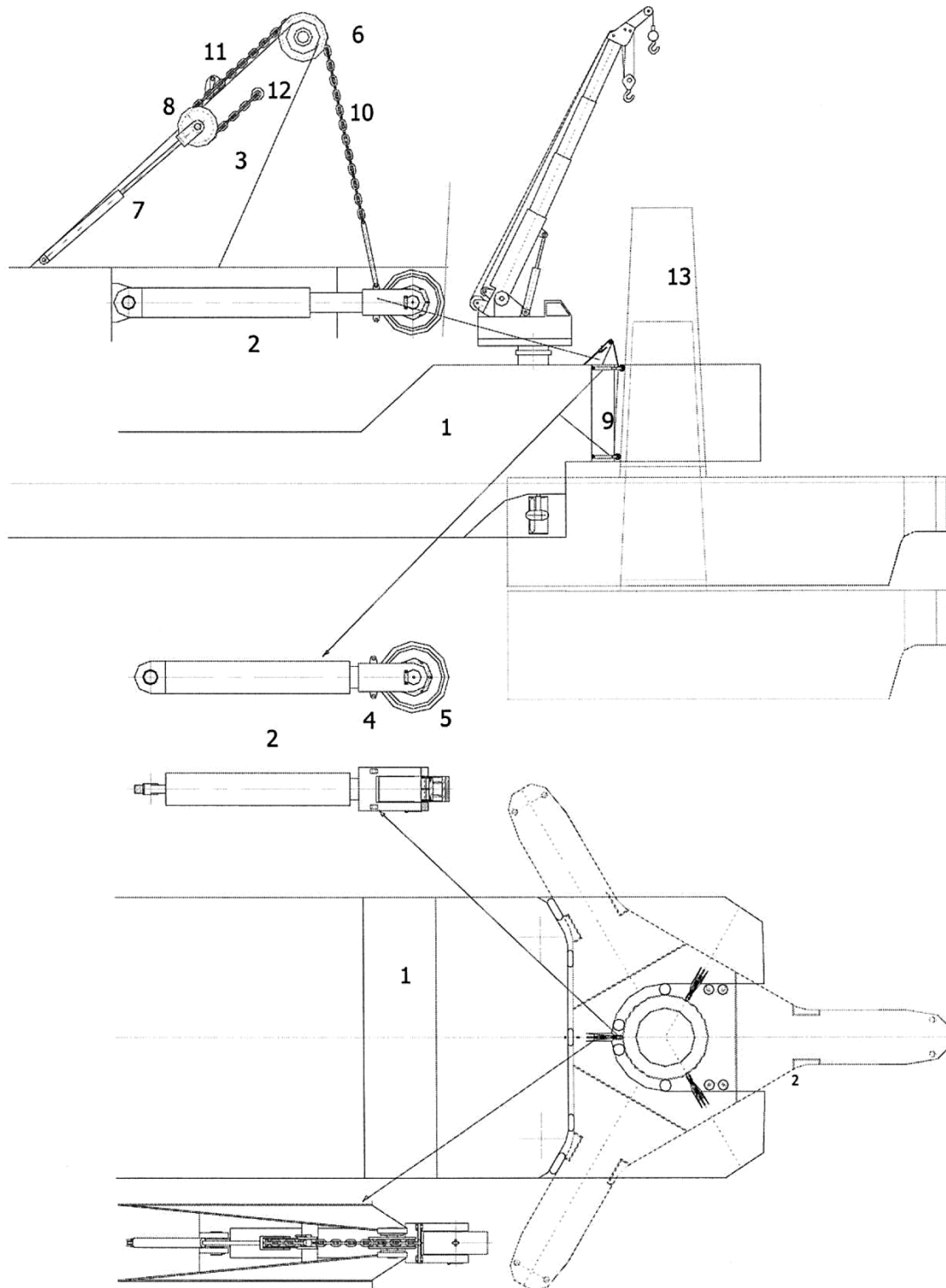


Fig. 1

Etapy instalowania

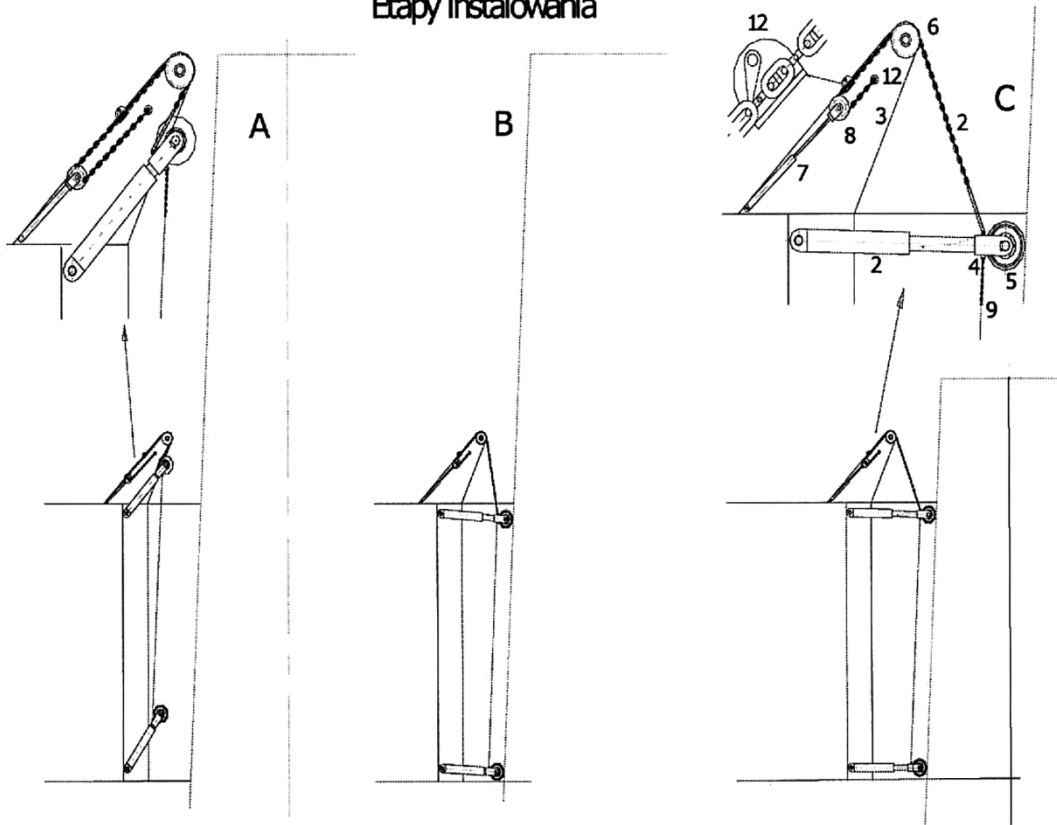


Fig. 2

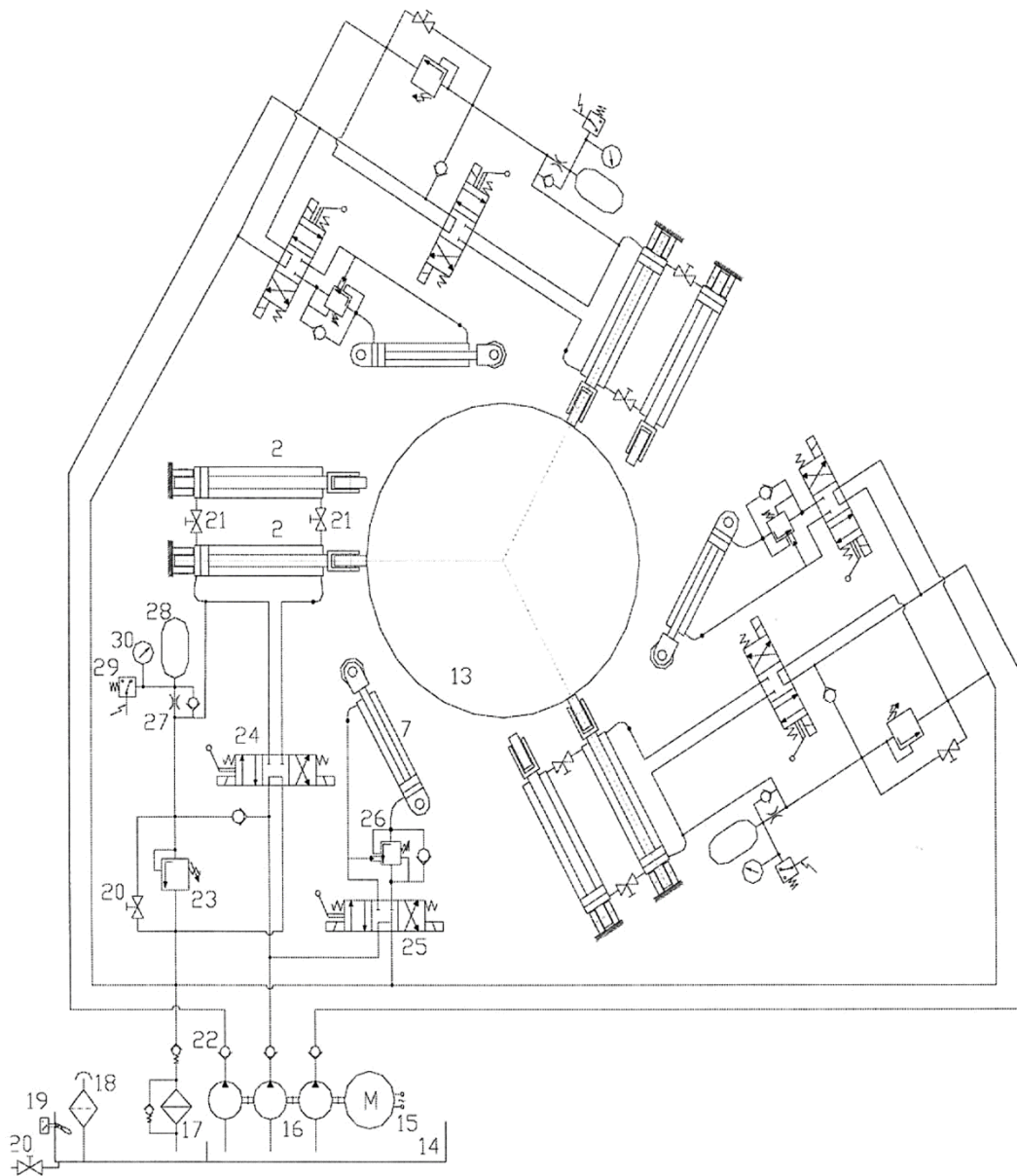


Fig. 3