

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 445064 A1

(12)

Opis zgłoszeniowy wynalazku (z daty zgłoszenia)

(21) Numer zgłoszenia: **445064**(22) Data zgłoszenia: **2023.05.30**(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.12.18 BUP 51/2023**

(51) MKP:

F03B 3/14 (2006.01)**F03B 3/06** (2006.01)

(71) Zgłaszający:

**POLITECHNIKA KRAKOWSKA
IM.TADEUSZA KOŚCIUSZKI, Kraków, PL**

(72) Twórca(-y):

**DAMIAN LISZKA, Rupniów, PL
DARIUSZ BORKOWSKI, Kraków, PL
SŁAWOMIR GRĄDZIEL, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

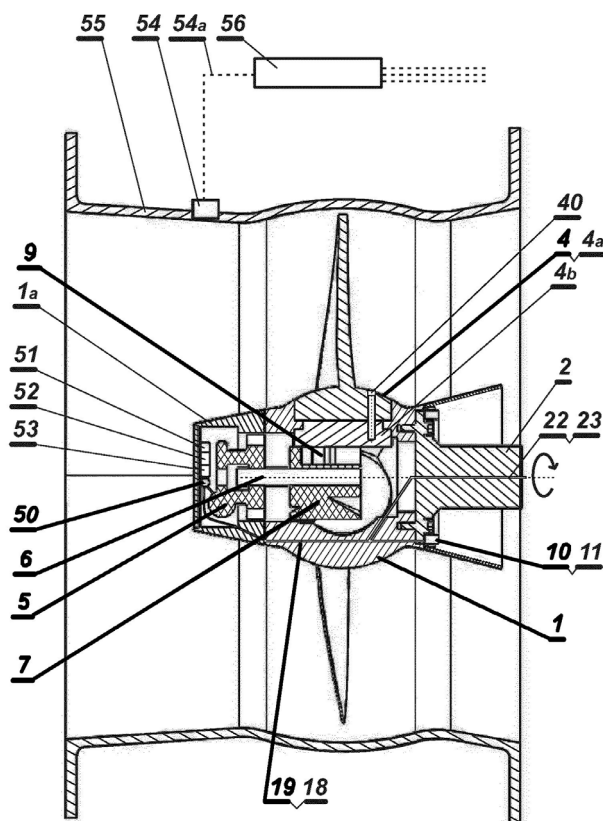
rzecz. pat. Andrzej Fus, Wieliczka, PL

(54) Tytuł:

Sposób regulowania podczas pracy kąta ustawienia łopaty wirnika śmigłowego, zwłaszcza łopaty wirnika turbiny wodnej oraz zespół wirnika śmigłowego o regulowanym podczas pracy kącie ustawienia łopaty, zwłaszcza łopaty wirnika turbiny wodnej.

(57) Skrót opisu:

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób regulowania podczas pracy kąta ustawienia łopaty wirnika śmigłowego, zwłaszcza łopaty wirnika turbiny wodnej oraz zespół wirnika śmigłowego o regulowanym podczas pracy kącie ustawienia łopaty, zwłaszcza łopaty wirnika turbiny wodnej. Sposób regulowania podczas pracy kąta ustawienia łopaty wirnika śmigłowego, zwłaszcza łopaty wirnika turbiny wodnej, polega na analizie parametrów pracy maszyny: różnicy ciśnień prędkości obrotowej, przepływu turbiny lub wydatku pompy, i określeniu optymalnego kąta ustawienia łopaty przez komputer, charakteryzuje się tym, że sygnały z komputera przesyła się przewodowo do modułu II łączności bezprzewodowej w obudowie turbiny, skąd transmituje się je bezprzewodowo do modułu I łączności bezprzewodowej w wirniku i dalej przewodowo przesyła się do sterownika i elektrosiłownika, którego trzpieniem w poosiowym ruchu przestawia się położenie czopa zamocowanego na trzpieniu i przy poosiowym przesuwie czopa obraca się przylegające do czopa suwliwe elementy kształtowe przymocowane do podstaw łopat zamocowanych obrotowo w gniazdach wirnika i zmienia się kątowe ustawienie łopaty, po czym ponawia się przesyłanie sygnałów do i z komputera tym samym torem sygnałowym. Korzystnie sygnały pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej przesyła się w paśmie radiowym od 1 MHz do 100 kHz, najkorzystniej w paśmie < 1 MHz dla odległości < 0,5 m, < 500 kHz dla odległości < 1 m oraz < 100 kHz dla odległości < 3 m. Zespół wirnika śmigłowego o regulowanym podczas pracy kącie ustawienia łopaty, zwłaszcza łopaty wirnika turbiny wodnej, posiadający elektrosiłownik i łopaty z podstawami zamocowanymi obrotowo



w gniazdach wirnika połączonego z wałem ułożyskowanym w korpusie zewnętrznym, charakteryzuje się tym, że elektrosiłownik (5) jest zamocowany wewnątrz wirnika (1), połączony poprzez sterownik (50) ze źródłem energii (10) elektrycznej przewodem (19), zaopatrzony w trzpień (6) zakończony czopem (7), w którego ukośnych względem osi wzdłużnych wybraniach umieszczone są suwliwe, dopasowane kształtem do wybrań i/lub korbów, elementy kształtowe (9) przymocowane do podstaw (4) łopatek, przy czym ruch posiowy trzpienia (6) z czopem (7) powoduje ruch obrotowy elementów podstaw (4) wraz z łopatkami względem osi obrotu łopatek.

**Sposób regulowania podczas pracy kąta ustawienia łopat wirnika śmigłowego,
zwłaszcza łopat wirnika turbiny wodnej oraz zespół wirnika
śmigłowego o regulowanym podczas pracy kącie ustawienia łopat,
zwłaszcza łopat wirnika turbiny wodnej.**

Przedmiotem wynalazku jest sposób regulowania podczas pracy kąta ustawienia łopat wirnika śmigłowego, zwłaszcza łopat wirnika turbiny wodnej. Przedmiotem wynalazku jest również zespół wirnika śmigłowego o regulowanym podczas pracy kącie ustawienia łopat, zwłaszcza łopat wirnika turbiny wodnej.

Znane konstrukcje mechanizmów obrotu łopatek wirników krętnych pomp i turbin osiowych i diagonalnych, można podzielić na następujące charakterystyczne typy:

- napędzane serwomechanizmem usytuowanym w piaście wirnika poprzez olejowy przewód umieszczony w wydrążonym wale. Serwomechanizm może wykonywać ruch obrotowo-zwrotny lub osiowo-zwrotny. Obrót lub skok tłoka jest przekazywany na krzyżak, który poprzez przeguby obraca ramionami dźwigni osadzonych na obrotowych czopach łopatek, łożyskowanych w piaście wirnika;
- napędzane ciągnem usytuowanym w wydrążeniu wału, którego ruch osiowy jest wywołany mechanizmem lub serwomechanizmem na górnym końcu wału. Przesunięcie dolnego końca cięgna powoduje ruch osiowy krzyżaka lub tarczy, który jest przekształcany na obrót czopa poszczególnej łopatki poprzez mechanizm korbowy lub mechanizm jarzmowy.

Dobór konstrukcji mechanizmu obrotu łopatki wirnika jest dokonywany przede wszystkim na podstawie liczby łopatek, kąta pochylenia osi łopatek względem osi głównej maszyny oraz jej wielkości.

Wszystkie w/w konstrukcje charakteryzują luzy występujące między ruchem osiowym krzyżaka lub tarczy a kątami obrotów łopatek. Luzy te powinny być możliwie identyczne dla wszystkich łopatek wirnika.

Ważnym czynnikiem jest koszt wykonania mechanizmu, który zależy od jego złożoności

oraz ilości operacji obróbczych i tolerancji wymiarów jego elementów.

Znane mechanizmy dźwigniowe charakteryzują się zastosowaniem dwóch przegubów, wymagających spełnienia w/w warunków.

Większość znanych wynalazków dotyczy mechanizmów regulacji kąta ustawienia łopat maszyn osiowych w postaci mechanizmów dźwigniowych lub wykorzystujących przekładnie zębate i napędy śrubowe.

Klasyczne rozwiązania wirników typu Kaplana posiadają drążony wał turbiny, przez który przeprowadzony jest drąg regulacyjny na zewnątrz maszyny i generatora (nieraz po kilka metrów ma wał turbiny i generatora). Zewnętrzny mechanizm steruje kątem łopat wirnika poprzez ruch posuwisty ułożyskowanego drążka regulacyjnego wewnątrz wału. Według innego rozwiązania klasycznego stosuje się siłownik hydrauliczny zabudowany wewnątrz wału czy opływki turbiny sterowany olejem pod ciśnieniem podawanym przez złącze obrotowe na wale turbiny. Każde z tych dwóch rozwiązań standardowych wymaga podania energii do wykonania pracy z zewnątrz.

Ważnym zagadnieniem szczególnie w przypadku turbin wodnych jest eliminacja rozbiegu turbozespołu, który wynika najczęściej z awarii odbiornika energii (zwykle sieci elektroenergetycznej). Prędkość rozbiegowa turbin wodnych może sięgać 2-3 krotności prędkości znamionowej i może powodować szybsze zużycie łożysk i przekładni a w skrajnych przypadkach może doprowadzić do mechanicznego uszkodzenia turbiny czy generatora oraz elektrycznego uszkodzenia aparatury elektrowni. Regulacja kąta pochylenia łopat wirnika turbiny wodnej pozwala dostosować prawidłowy kąt natarcia wody spływającej z palisady kierownic. Kombinatoryka regulacji tych dwóch palisad pozwala na uzyskanie wysokich sprawności toru przetwarzania energii wody na energię elektryczną. Dodatkowo umożliwiała realizację regulacji natężenia przepływu wody przez maszynę wirnikową.

W opisie patentowym nr EP3271572 ujawniony jest system kontrolny przepływu wody przez turbinę wodną, sterowany ruchem dwóch pierścieni obracanych w przeciwnych kierunkach przy pomocy siłowników elektrycznych zamiast siłowników hydraulicznych, pomiędzy którymi zamocowane są łopaty (wieńce łopatkowe). Systemy hydrauliczne z zastosowaniem olejów hydraulicznych w wypadku awarii powodują zanieczyszczenia wody w rzece i mogą osiągnąć zrzut dużej ilości substancji ropopochodnych do środowiska naturalnego.

W klasycznych rozwiązaniach elektrownie wyposaża się w rezerwowe układy realizujące funkcję awaryjnego zamykania dopływu wody do turbiny (akumulatory hydrauliczne lub

elektryczne) czy też hamulców elektrycznych lub mechanicznych.

Celem wynalazku jest zaprojektowanie zwartej konstrukcji, która zapewni skuteczne i długotrwałe działanie układu bez zewnętrznego zasilania, z możliwością szybkich zmian kąta ustawienia łopaty wirnika śmigłowego podczas pracy turbiny dla osiągnięcia optymalnych warunków jej pracy.

W sposobie regulowania podczas pracy kąta ustawienia łopat wirnika śmigłowego, zwłaszcza turbiny wodnej, który polega na analizie parametrów pracy maszyny: różnicy ciśnień, prędkości obrotowej, przeloty turbiny lub wydatku pompy, i określeniu optymalnego kąta ustawienia łopat przez komputer, istotą wynalazku jest, że sygnały z komputera przesyła się przewodowo do modułu II łączności bezprzewodowej w obudowie turbiny, skąd transmituje się je bezprzewodowo do modułu I łączności bezprzewodowej w wirniku i dalej przewodowo przesyła się do sterownika i elektrosiłownika, którego trzpieniem w poosiowym ruchu przestawia się położenie czopa zamocowanego na trzpieniu i przy poosiowym przesuwie czopa obraca się przylegające do czopa suwliwe elementy kształtowe przymocowane do podstaw łopat zamocowanych obrotowo w gniazdach wirnika i zmienia się kątowe ustawienie łopat, po czym ponawia się przesyłanie sygnałów do i z komputera tym samym torem sygnałowym. Korzystnie sygnały pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej przesyła się w paśmie radiowym od 100 kHz do 1 MHz, najkorzystniej w paśmie < 1 MHz dla odległości $< 0,5$ m, < 500 kHz dla odległości < 1 m oraz < 100 kHz dla odległości < 3 m.

W zespole wirnika śmigłowego o regulowanym kącie ustawienia łopat, zwłaszcza łopat wirnika turbiny wodnej podczas pracy, który posiada elektrosiłownik i łopaty z podstawami zamocowanymi obrotowo w gniazdach wirnika połączonego z wałem łożyskowym w korpusie zewnętrznym, istotą wynalazku jest, że elektrosiłownik jest zamocowany wewnątrz wirnika, połączony poprzez sterownik ze źródłem energii elektrycznej przewodem, zaopatrzony w trzpień zakończony czopem, w którego ukośnych względem osi wzdłużnych wybraniach umieszczone ma suwliwe, dopasowane kształtem do wybrań i/lub korbów, elementy kształtowe przymocowane do podstaw łopat, przy czym ruch poosiowy trzpienia z czopem powoduje ruch obrotowy elementów podstaw wraz z łopatami względem osi obrotu łopat.

Korzystnie element kształtowy zamocowany jest mimośrodowo względem osi obrotu.

Korzystnie elementem kształtowym jest kostka w obrysie prostopadłościanu, najkorzystniej wykonana z polimeru smarowanego wodą.

Korzystnie wybrania mają postać prosto-osioowych kanałów.

Korzystnie źródłem energii elektrycznej jest synchroniczny zatapialny generator energii elektrycznej przymocowany stojanem do piasty wirnika i/lub kołnierza wału zaś zewnętrznym wirnikiem generatora z magnesami trwałymi do nieruchomego korpusu.

Korzystnie przewód jest umieszczony w kanale piasty wirnika.

Korzystnie przewód jest połączony elektrycznie z zewnętrznym źródłem zasilania energią elektryczną poprzez kabel umieszczony w kanale wału.

Korzystnie sterownik jest połączony z akumulatorem energii elektrycznej zaopatrzonym w regulator ładowania, najkorzystniej zamocowane wewnątrz opływki wirnika.

Korzystnie sterownik zaopatrzony jest w moduł I łączności bezprzewodowej, który zamocowany jest wewnątrz opływki wykonanej z materiału o niskiej tłumienności fal radiowych i sparowany sygnałowo z modułem II łączności bezprzewodowej w obudowie turbiny, który to moduł II połączony jest z komputerem.

Korzystnie sygnały pomiarowe i sygnały sterowania pomiędzy modułem I i modułem II transmitowane są w paśmie radiowym od 1 MHz do 100 kHz, najkorzystniej w paśmie < 1 MHz dla odległości $< 0,5$ m, < 500 kHz dla odległości < 1 m oraz < 100 kHz dla odległości < 3 m.

Korzystnie elektrosiłownik jest zamocowany w wybraniu wewnątrz wału, z czopem w płaszczyźnie przecięcia osi wału i osi obrotu łopat.

Nieoczekiwanie stwierdzono, iż stosując rozwiązanie według wynalazku, możliwe jest regulowanie ustawienia łopat zespołu wirnika przy pomocy wewnętrznego akumulatora energii, dla zmiennych warunków przepływu strumienia w turbinie i obciążeń wirnika, przy pomocy sygnałów przesyłanych z zewnętrznego komputera optymalizującego parametry pracy turbiny, zwłaszcza przesyłanych bezprzewodowo do wirnika podczas pracy. Ustawienie łopat można w szerokim zakresie regulować poprzez transmisję bezprzewodową. Układ do działania nie wymaga użycia materiałów smarnych. Nieoczekiwanie stwierdzono również, iż jest możliwe wyeliminowanie kosztownego drążenia wału turbiny wprowadzając jako źródło energii elektrycznej autonomiczny zatapialny synchroniczny generator energii elektrycznej przyłączony do zespołu wirnika i korpusu turbiny.

Przedmiot wynalazku uwidoczniono na rysunku, w którym Fig. 1 ukazuje z boku widok zewnętrzny zespołu wirnika śmigłowego, Fig. 2 - łopatę połączoną z dwuczęściową podstawą i elementem kształtowym przymocowanym do dolnej części podstawy, Fig. 3 - ustawienie robocze łopat w widoku odchylonym o mały kąt od osi czopa, Fig. 4 - widok ukośny elektrosiłownika z kołnierzem mocującym i trzpieniem zakończonym czopem z prosto-osiwymi wybraniem, Fig. 5 - fragment przekroju przez generator energii

elektrycznej, Fig. 6 - przekrój wzdłużny przez zespół wirnika z elektrosiłownikiem zamocowanym w opływce, zaś Fig. 7 ukazuje przekrój wzdłużny przez zespół wirnika z elektrosiłownikiem zamocowanym w wybraniu wału.

Sposób regulowania podczas pracy kąta ustawienia łopaty wirnika śmigłowego, zwłaszcza turbiny wodnej, polega na analizie parametrów pracy maszyny: różnicy ciśnień, prędkości obrotowej, przełyku turbiny lub wydatku pompy, i określeniu optymalnego kąta ustawienia łopaty przez komputer, z którego sygnały przesyła się do peryferyjnych urządzeń, istotą wynalazku jest, że sygnały z komputera przesyła się do modułu II łączności bezprzewodowej w obudowie turbiny, skąd transmituje się je bezprzewodowo do modułu I łączności bezprzewodowej w wirniku i dalej przewodowo przesyła się do sterownika i elektrosiłownika, którego trzpieniem w poosiowym ruchu przestawia się położenie czopa zamocowanego na trzpieniu i przy poosiowym przesuwie czopa obraca się przylegające do czopa suwliwe elementy kształtowe przymocowane do podstaw łopat zamocowanych obrotowo w gniazdach wirnika i zmienia się kątowe ustawienie łopat, po czym ponawia się przesyłanie sygnałów do i z komputera tym samym torem sygnałowym. Korzystnie sygnały pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej przesyła się w paśmie radiowym od 100 kHz do 1 MHz, najkorzystniej w paśmie < 1 MHz dla odległości $< 0,5$ m, < 500 kHz dla odległości < 1 m oraz < 100 kHz dla odległości < 3 m.

Zespół wirnika śmigłowego o regulowanym kącie ustawienia łopat **3**, posiada elektrosiłownik **5** i łopaty **3** z podstawami **4** zamocowanymi obrotowo w gniazdach wirnika **1** połączonego z wałem **2** ułożyskowanym w korpusie **20** zewnętrznym.

Elektrosiłownik **5** jest zamocowany wewnątrz wirnika **1**, połączony poprzez sterownik **50** ze źródłem energii **10** elektrycznej przewodem **19**, zaopatrzony w trzpień **6** zakończony czopem **7**, w którego ukośnych względem osi wzdłużnych wybraniach **8** umieszczone są suwliwe, dopasowane kształtem do wybrań **8** i/lub korbów **8a**, elementy kształtowe **9** przymocowane do podstaw **4** łopat **3**, przy czym ruch poosiowy trzpienia **6** z czopem **7** powoduje ruch obrotowy elementów podstaw **4** wraz z łopatami **3** względem osi obrotu **O** łopat **3**. Korzystnie element kształtowy **9** zamocowany jest mimośrodowo względem osi obrotu **O**. Korzystnie elementem kształtowym **9** jest kostka w obrysie prostopadłościanu, najkorzystniej wykonana z polimeru smarowanego wodą. Korzystnie wybrania **8** mają postać prosto-osiowych kanałów. Korzystnie źródłem energii **10** elektrycznej jest synchroniczny zatapialny generator **11** energii elektrycznej przymocowany stojanem **11a** do piasty wirnika **1** i/lub kołnierza wału **2** zaś zewnętrznym wirnikiem generatora **11b** z magnesami trwałymi do nieruchomego korpusu **20**. Korzystnie przewód **19** jest umieszczony w kanale **18**

piasty wirnika **1**. Opcjonalnie przewód **19** jest połączony elektrycznie z zewnętrznym źródłem zasilania energią elektryczną poprzez kabel **22** umieszczony w kanale **23** wału **2**.

Korzystnie sterownik **50** jest połączony z akumulatorem **51** energii elektrycznej zaopatrzonym w regulator ładowania **52**, najkorzystniej zamocowane wewnątrz opływki **1a** wirnika **1**. Korzystnie sterownik **50** zaopatrzony jest w moduł I **53** łączności bezprzewodowej, który zamocowany jest wewnątrz opływki **1a** wykonanej z materiału o niskiej tłumienności fal radiowych i sparowany sygnałowo z modułem II **54** łączności bezprzewodowej w obudowie **55** turbiny, który to moduł II **54** połączony jest z komputerem **56**.

Z uwagi na dużą tłumienność wody (pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej) do transmisji sygnałów należy wykorzystać transmisję radiową w paśmie <1 MHz dla odległości <0.5 m, <500 kHz dla <1 m oraz <100 kHz dla <3 m. Korzystnie sygnały pomiarowe i sygnały sterowania pomiędzy modułem I **53** i modułem II **54** transmitowane są w paśmie radiowym od 100 kHz do 1 MHz.

Elektrosiłownik **5** jest zaopatrzony w trzpień **6** zakończony czopem **7**, w którego ukośnych względem osi wzdłużnych wybraniach **8** umieszczone ma suwliwe, dopasowane kształtem do wybrań **8** i/lub karbów **8a**, elementy kształtowe **9** przymocowane do podstaw **4** łopat **3**. Poosiowy ruch trzpienia **6** z czopem **7** powoduje ruch obrotowy elementów kształtowych **9** wraz z łopatom **3** względem osi obrotu **O** łopat **3**. Korzystnie element kształtowy **9** zamocowany jest mimośrodowo względem osi obrotu **O**. Korzystnie elementem kształtowym **9** jest kostka w obrysie prostopadłościanu. Korzystnie wybrania **8** mają postać prosto-osiowych kanałów. Korzystnie źródłem energii **10** elektrycznej jest synchroniczny generator **11** energii elektrycznej przymocowany pierwszym zespołem **11a** do wirnika **1** lub wału **2** i drugim zespołem **11b** do nieruchomego korpusu **20**.

Opcjonalnie elektrosiłownik **5** zamocowany jest w wybraniu **21** wewnątrz wału **2**, z czopem **7** w płaszczyźnie przecięcia osi wału **2** i osi obrotu **O** łopat **3**.

Opcjonalnie, na wypadek awarii któregoś z elementów wewnętrznego autonomicznego układu zasilania elektrycznego w zespole wirnika, przewód **19** jest połączony elektrycznie z zewnętrznym źródłem zasilania energią elektryczną poprzez kabel **22** umieszczony w kanale **23** wału **2**. Kanał **23** może być wyfrezowany na powierzchni wału **2**, a kabel **22** zabezpieczony lutem twardym, co pozwala wyeliminować poosiowe drążenie wału **2**.

Zgodnie z wynalazkiem w stożkowej obudowie opływki **1a** wylotowej znajduje się autonomiczny mechanizm nastawczy. Wewnątrz szczelnej obudowy utwierdzony jest elektrosiłownik **5** o ruchu posuwistym. Opływka **1a** zamocowana jest osiowo do wirnika **1** turbiny i wiruje razem z nim. Poprzez mechanizm jarzmowy przekazywany jest ruch posuwisty

na obwodowo umieszczone palisady łopat **3** powodując ich ruch obrotowy w osi promieniowej. Energię niezbędną do wykonania pracy jak również komunikacji z nadrzędnym sterownikiem (komputerem **56**) dostarcza zatapialny zintegrowany z korpusem piasty wirnika **1** synchroniczny generator **11** wzbudzany magnesami trwałymi. Do stałej części obudowy wlotowej przytwierdzony jest wirnik generatora **11b** z magnesami trwałymi, natomiast nazwojony stojan **11a** wiruje razem z piastą wirnika **1**. Powstała w ten sposób energia elektryczna magazynowana jest w akumulatorze **51**. Całością zarządza mikroprocesorowy układ sterownika **50** pełniący jednocześnie funkcję zasilacza regulatora ładowania **52** komunikacji dwustronnej i sterowania.

Wartość roboczego kąta pochylenia łopat **3** wirnika **1** podczas normalnej pracy turbiny zadawana jest przez komputer **56** jako wartość wynikowa z pomiarów warunków hydraulicznych, mechanicznych czy też elektrycznych stanu pracy maszyny w zależności od aplikacji rozwiązania. W turbinach z regulowanym układem łopat **3** wirnika (tzw. turbiny Kaplana) na podstawie pomiaru rzeczywistej wartości kąta łopat **3** kierownicy obliczany i zadawany jest optymalny kąt łopat **3** wirnika **1**. Regulacja kąta pochylenia łopat **3** wirnika **1** turbiny wodnej pozwala optymalnie wykorzystać kręt wody spływającej z palisady kierownic, przez co można uzyskać szersze pole pracy maszyny przy zmienności parametrów hydraulicznych.

Wzajemna kombinatoryka regulacji tych dwóch kątów pozwala na uzyskanie wysokich sprawności toru przetwarzania energii wody na energię mechaniczną. W maszynach wirnikowych często wykorzystywane jest sterowanie kątami kierownicy i/lub wirnika **1** do kontroli ilości wody przepływającej przez turbinę/pompę a zarazem regulacja ich wydajności. W ten sposób można pośrednio uzyskać funkcję regulacji poziomu wody w elektrowniach zbiornikowych i przepływowych a w systemach pompowych odpowiednią wydajność lub wysokość tłoczenia. W tej aplikacji w komputerze **56** zaimplementowany jest regulator (typu PI) w pętli sprzężenia zwrotnego od aktualnej zadanej wartości poziomu wody lub wydajności gdzie sygnał sterowania zadawany jest na układ wykonawczy regulatora łopat **3**, którym jest elektrosiłownik **5**.

Wynalazek z uwagi na fakt, że posiada magazyn (akumulator **51**) energii elektrycznej może realizować awaryjne zamykanie dopływu wody do turbiny w sposób niezależny.

Podczas rozbiegu maszyny układ samoczynnie zamyka łopaty **3** wirnika **1** ograniczając moment napędowy, a więc i prędkość wirnika **1**.

Niezależnym od zewnętrznego zasilania źródłem energii **10** elektrycznej przesyłanej poprzez regulator ładowania **52** do akumulatora **51** jest generator **11** energii elektrycznej wewnątrz zespołu wirnika.

Generator **11** elektryczny jest maszyną synchroniczną z magnesami trwałymi. Stojan **11a** generatora **11** przymocowany do obracającego się wału **2** i/lub piasty wirnika **1** turbiny zawiera uzwojenia, w których indukuje się napięcie zasilania układu sterowania łopatom **3** turbiny. Zewnętrzny wirnik generatora **11b** z magnesami trwałymi pełni rolę wzbudzenia i jest przymocowany do nieruchomej części korpusu **20** zewnętrznego. Częstotliwość maksymalna (dla maksymalnej prędkości obrotowej) nie powinna przekraczać 200 Hz. Wartość napięcia generatora **11** wyprostowana na mostku diodowym powinna mieścić się w zakresie od 0 do 60 Vdc w zależności od prędkości obrotowej wirnika **1** turbiny.

Napięcie z generatora **11** o zmiennych parametrach przetwarzane jest w regulatorze ładowania **52** na stałe napięcie 24Vdc zasilania elektrosiłownika **5** i modułu I **53** transmisji radiowej i zasila magazyn energii elektrycznej, akumulator **51**.

W zespole wirnika stosuje się układ pomiarowy, który ma za zadanie przetworzenie mechanicznej wartości odchylenia łopat **3** wirnika **1** na napięcie o wartości od 0 do 10 V. Może to zostać zrealizowane poprzez wykorzystanie absolutnego enkodera obrotowego lub liniowego, np. w postaci potencjometru rezystancyjnego.

Układ wykonawczy zmienia kąt ustawienia łopat **3** wirnika **1** poprzez elektrosiłownik **5**. Konieczne jest zastosowanie zabezpieczenia (wyłącznika) przeciążeniowego (np. poprzez pomiar prądu) z sygnalizacją stanu przeciążenia. Układ wykonawczy powinien być samohamowny.

Dla lepszego przedstawienia wynalazku, poniżej omówiono realizację rozwiązań według wynalazku.

Przykład I

W sposobie regulowania podczas pracy kąta ustawienia łopat wirnika śmigłowego, zwłaszcza turbiny wodnej, przesyłano sygnały z wartościami kąta ustawienia łopat, do komputera, który wyliczał i przekazywał sygnały z optymalnym kątem ustawienia łopat. Sygnały z komputera przesyłane były do modułu II łączności bezprzewodowej w obudowie turbiny, skąd transmitowane były bezprzewodowo do modułu I łączności bezprzewodowej w wirniku i dalej przewodowo przesyłane do sterownika i elektrosiłownika. Trzpieniem elektrosiłownika w poosiowym ruchu przestawiane było położenie czopa zamocowanego na trzpieniu. Przy poosiowym przesuwie czopa obracały się przylegające do czopa suwliwe elementy kształtowe przymocowane do podstaw łopat zamocowanych obrotowo

w gniazdach wirnika i zmieniało się kątowne ustawienie łopat. Okresowo ponawiano przesyłanie sygnałów do i z komputera (jako nadrzędnego sterownika układu) tym samym torem sygnałowym. Sygnały pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej przesyłano doświadczalnie w zakresie pasma radiowego od 1 MHz do 100 kHz. W zależności od odległości pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej transmisję stosowano transmisję sygnałów w paśmie <1 MHz dla odległości 0,45 m.

Przy większych turbinach i tym samym większych odległościach pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej: dla odległości 0,8 m stosowano transmisję w paśmie 500 kHz a dla dużych turbin przy odległości zbliżonej do 3 m stosowano transmisję w paśmie 100 kHz.

Przykład II

Zespół wirnika śmigłowego o regulowanym kącie ustawienia łopat **3**, zaopatrzone w elektrosiłownik **5** i łopaty **3** z podstawami **4** zamocowanymi obrotowo w gniazdach wirnika **1** połączonego z wałem **2** ułożyskowanym w korpusie **20** zewnętrznym. Elektrosiłownik **5** zamocowany został wewnątrz wirnika **1** i połączony poprzez sterownik **50** ze źródłem energii **10** elektrycznej przewodem **19**. Źródłem energii **10** elektrycznej jest synchroniczny generator **11** energii elektrycznej przymocowany stojanem **11a** do obracającego się wału **2** i piasty wirnika **1** zawierający uzwojenia, w których indukuje się napięcie zasilania układu sterowania łopatom **3** zespołu wirnika. Zewnętrzny wirnik **11b** z magnesami trwałymi pełni rolę wzbudzenia i jest przymocowany do nieruchomej części korpusu **20** zewnętrznego.

Sterownik **50** połączony został z akumulatorem **51** energii elektrycznej zaopatrzonym w regulator ładowania **52**, które zamocowano wewnątrz opływki **1a** wirnika **1**. Sterownik **50** zaopatrzone w moduł I **53** łączności bezprzewodowej sparowany sygnałowo z modułem II **54** łączności bezprzewodowej w obudowie **5** turbiny, który to moduł II **54** połączono z komputerem **56**. Opływkę **1a** wirnika **1** wykonano z tworzywa sztucznego (wytoczono z teflonu) umożliwiającego transmisję sygnałów z układu elektronicznego (modułu I **53** łączności bezprzewodowej) do sterownika zewnętrznego, komputera **56**, poprzez moduł II **54** łączności bezprzewodowej połączone przewodami sygnałowymi **54a**.

Z uwagi na dużą tłumienność wody, do bezprzewodowej transmisji sygnałów wykorzystano transmisję radiową w paśmie 0,9 MHz ze względu na niewielkie wymiary turbiny, a zwłaszcza odległość pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej 0.45 m.

Przy badaniu transmisji sygnałów dla większych turbin, w których odległość pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej była większa (do 1 m) lepszym okazało się

zastosowanie pasma 480 kHz (czyli <500 kHz), zaś dla dużej turbiny doświadczalnie stosowano pasmo 90kHz (<100 kHz) dla odległości pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej sięgającej prawie 3 m. Transmisję sygnałów pomiarowych i sygnałów sterowania w wodzie pomiędzy modułem I **53** i modułem II **54** testowano w paśmie radiowym od do 100 kHz.

Elektrosiłownik **5** zaopatrzony został w trzpień **6** zakończony czopem **7**, w którego ukośnych względem osi wzdłużnych wybraniach **8** umieszczono suwliwe, dopasowane kształtem do wybrań **8**, elementy kształtowe **9** przymocowane do elementów podstaw **4b** łopat **3**. Poosiowy ruch trzpienia **6** z czopem **7** powoduje ruch obrotowy elementów kształtowych **9** wraz z łopatom **3** względem osi obrotu **O** łopat **3**. Elementy kształtowe **9** zamocowane zostały mimośrodowo względem osi obrotu **O**. Elementy kształtowe **9** wykonano jako kostki w obrysie prostopadłościanu, które wykonano z poliacetalu wzmocnionego włóknem szklanym POM-C GF25. Wybrania **8** mają postać prosto-osioowych kanałów.

Przykład III

W wariantowym rozwiązaniu powyższego zespołu wirnika zastosowano siłownik obrotowy zakończony śrubą niesamohamowną.

Przykład IV

Zrealizowano zespół wirnika śmigłowego o regulowanym kącie ustawienia łopat **3**, który posiada elektrosiłownik **5** i łopaty **3** z podstawami **4** zamocowanymi obrotowo w gniazdach wirnika **1** połączonego z wałem **2** łożyskowanym w korpusie **20** zewnętrznym. Elektrosiłownik **5** (sterownik tłoczkowy z silnikiem krokowym SMC serii Ley) w tym wykonaniu zamocowany został w wybraniu **21** wewnątrz wału **2**, z czopem **7** umieszczonym w płaszczyźnie przecięcia osi wału **2** i osi obrotu **O** łopat **3**.

Elektrosiłownik **5** zaopatrzony został w trzpień **6** zakończony czopem **7**, w którego ukośnych względem osi wzdłużnych wybraniach **8** umieszczono suwliwe, dopasowane kształtem do wybrań **8**, elementy kształtowe **9** przymocowane do podstaw **4** łopat **3**. Poosiowy ruch trzpienia **6** z czopem **7** powoduje ruch obrotowy elementów kształtowych **9** wraz z łopatom **3** względem osi obrotu **O** łopat **3**. Elementy kształtowe **9** zamocowane zostały mimośrodowo względem osi obrotu **O**. Elementy kształtowe **9** wykonano jako kostki w obrysie prostopadłościanu, które wykonano z polimeru PPTA z grupy poliamidów. Wybrania **8** mają postać prosto-osioowych kanałów.

Źródłem energii **10** elektrycznej jest synchroniczny generator **11** energii elektrycznej przymocowany stojanem **11a** do obracającego się wału **2** zawierający uzwojenia,

w których indukuje się napięcie zasilania układu sterowania łopatom **3** zespołu wirnika. Zewnętrzny wirnik **11b** z magnesami trwałymi pełni rolę wzbudzenia i jest przymocowany do nieruchomej części korpusu **20** zewnętrznego. Elektrosiłownik **5** został połączony poprzez sterownik **50** ze źródłem energii **10** elektrycznej przewodem **19**. Sterownik **50** połączono z akumulatorem **51** energii elektrycznej zaopatrzonym w regulator ładowania **52**. Przewód **19** umieszczono w kanale **18** piasty wirnika **1**. Sterownik **50** zamocowano wewnątrz opływki **1a** wirnika **1**. Kablem **22** umieszczonym w kanale **23** wału **2** przyłączono rezerwowe zasilanie energią elektryczną, łącząc go ze sterownikiem **50**, z możliwością automatycznego przełączenia w przypadku zaniku zasilania z akumulatora **51**.

Sterownik **50** połączono z modułem I **53** łączności bezprzewodowej sparowanym sygnałowo z modułem II **54** łączności bezprzewodowej w obudowie **5** turbiny. Moduł II **54** połączony został z komputerem **56**. Opływka **1a** wirnika **1** wykonana została z materiału umożliwiającego nisko-stratną transmisję sygnałów z modułu I **53** łączności bezprzewodowej do zewnętrznego sterownika nadrzędnego (komputera **56**), poprzez moduł II **54** łączności bezprzewodowej połączone przewodami sygnałowymi **54a**. Kołnierz wału **2** przymocowano do piasty wirnika **1** śrubami **2a**.

Z uwagi na dużą tłumienność wody, do bezprzewodowej transmisji sygnałów testowano transmisję radiową w paśmie 0,9 MHz ze względu na niewielkie wymiary turbiny, i odległości pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej 0.45 m.

We wszystkich omówionych przypadkach uzyskano zadowalający rezultat rozwiązania. Ujawnione rozwiązanie ogranicza znacząco koszty drążenia wałów turbin i generatorów łopatkowych w porównaniu z wyprowadzeniem klasycznego drążka sterującego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób regulowania podczas pracy kąta ustawienia łopat wirnika śmigłowego, zwłaszcza łopat wirnika turbiny wodnej, polega na analizie parametrów pracy maszyny: różnicy ciśnień, prędkości obrotowej, przełyku turbiny lub wydatku pompy, i określeniu optymalnego kąta ustawienia łopat przez komputer, **znamienny tym, że** sygnały z komputera przesyła się przewodowo do modułu II łączności bezprzewodowej w obudowie turbiny, skąd transmituje się je bezprzewodowo do modułu I łączności bezprzewodowej w wirniku i dalej przewodowo przesyła się do sterownika i elektrosiłownika, którego trzpieniem w poosiowym ruchu przestawia się położenie czopa zamocowanego na trzpieniu i przy poosiowym przesuwie czopa obraca się przylegające do czopa suwliwe elementy kształtowe przymocowane do podstaw łopat zamocowanych obrotowo w gniazdach wirnika i zmienia się kątowe ustawienie łopat, po czym ponawia się przesyłanie sygnałów do i z komputera tym samym torem sygnałowym.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym, że** sygnały pomiędzy modułami I i II łączności bezprzewodowej przesyła się w paśmie radiowym od 1 MHz do 100 kHz, korzystnie w paśmie < 1 MHz dla odległości $< 0,5$ m, < 500 kHz dla odległości < 1 m oraz < 100 kHz dla odległości < 3 m.
3. Zespół wirnika śmigłowego o regulowanym podczas pracy kącie ustawienia łopat, zwłaszcza łopat wirnika turbiny wodnej, posiada elektrosiłownik i łopaty z podstawami zamocowanymi obrotowo w gniazdach wirnika połączonego z wałem łożyskowym w korpusie zewnętrznym, **znamienny tym, że** elektrosiłownik (5) jest zamocowany wewnątrz wirnika (1), połączony poprzez sterownik (50) ze źródłem energii (10) elektrycznej przewodem (19), zaopatrzony w trzpień (6) zakończony czopem (7), w którego ukośnych względem osi wzdłużnych wybraniach (8) umieszczone ma suwliwe, dopasowane kształtem do wybrań (8) i/lub korbów (8a), elementy kształtowe (9) przymocowane do podstaw

- (4) łopat (3), przy czym ruch poosiowy trzpienia (6) z czopem (7) powoduje ruch obrotowy elementów podstaw (4) wraz z łopatom (3) względem osi obrotu (O) łopat (3).
4. Zespół według zastrz. 3, **znamienny tym, że** element kształtowy (9) zamocowany jest mimośrodowo względem osi obrotu (O).
5. Zespół według zastrz. 3, **znamienny tym, że** elementem kształtowym (9) jest kostka w obrysie prostopadłościanu, korzystnie wykonana z polimeru smarowanego wodą.
6. Zespół według zastrz. 3, **znamienny tym, że** wybrania (8) mają postać prosto-osio wych kanałów.
7. Zespół według zastrz. 3, **znamienny tym, że** źródłem energii (10) elektrycznej jest synchroniczny zatapialny generator (11) energii elektrycznej przymocowany stojanem (11a) do piasty wirnika (1) i/lub kołnierza wału (2) zaś zewnętrznym wirnikiem generatora (11b) z magnesami trwałymi do nieruchomego korpusu (20).
8. Zespół według zastrz. 3, **znamienny tym, że** przewód (19) jest umieszczony w kanale (18) piasty wirnika (1).
9. Zespół według zastrz. 3, **znamienny tym, że** przewód (19) jest połączony elektrycznie z zewnętrznym źródłem zasilania energią elektryczną poprzez kabel (22) umieszczony w kanale (23) wału (2).
10. Zespół według zastrz. 3, **znamienny tym, że** sterownik (50) jest połączony z akumulatorem (51) energii elektrycznej zaopatrzonym w regulator ładowania (52), korzystnie zamocowane wewnątrz opływki (1a) wirnika (1).
11. Zespół według zastrz. 3, **znamienny tym, że** sterownik (50) zaopatrzony jest w moduł I (53) łączności bezprzewodowej, który zamocowany jest wewnątrz opływki (1a) wykonanej z materiału o niskiej tłumienności fal radiowych i sparowany sygnałowo z modułem II (54) łączności bezprzewodowej w obudowie (55) turbiny, który to moduł II (54) połączony jest z komputerem (56).
12. Zespół według zastrz. 3, **znamienny tym, że** sygnały pomiarowe i sygnały sterowania pomiędzy modułem I (53) i modułem II (54) transmitowane są w paśmie radiowym od 1 MHz do 100 kHz, korzystnie w paśmie < 1 MHz dla odległości <0,5 m, <500 kHz dla odległości <1 m oraz <100kHz dla odległości <3 m.
13. Zespół według zastrz. 3, **znamienny tym, że** elektrosiłownik (5) jest zamocowany w wybraniu (21) wewnątrz wału (2), z czopem (7) w płaszczyźnie przecięcia osi wału (2) i osi obrotu (O) łopat (3).

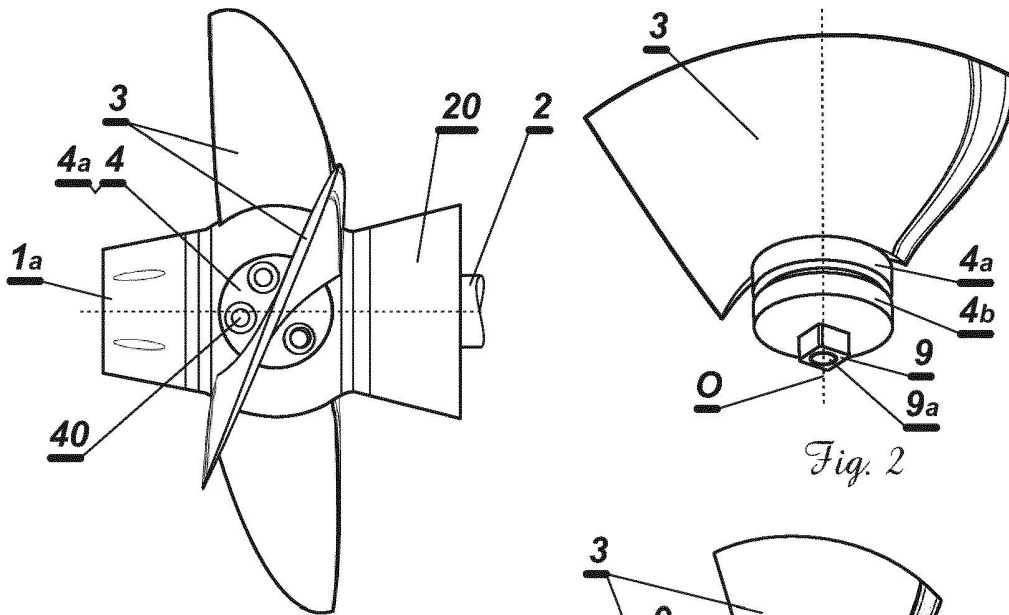


Fig. 1

Fig. 2

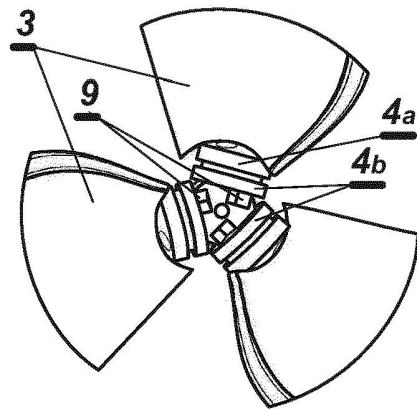


Fig. 3

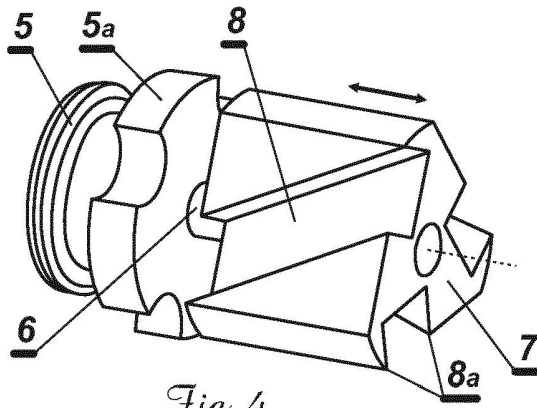


Fig. 4

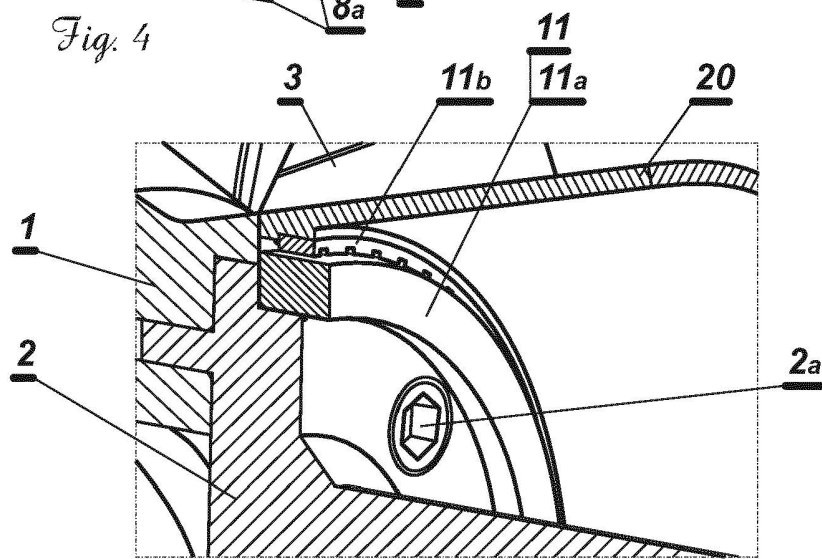


Fig. 5

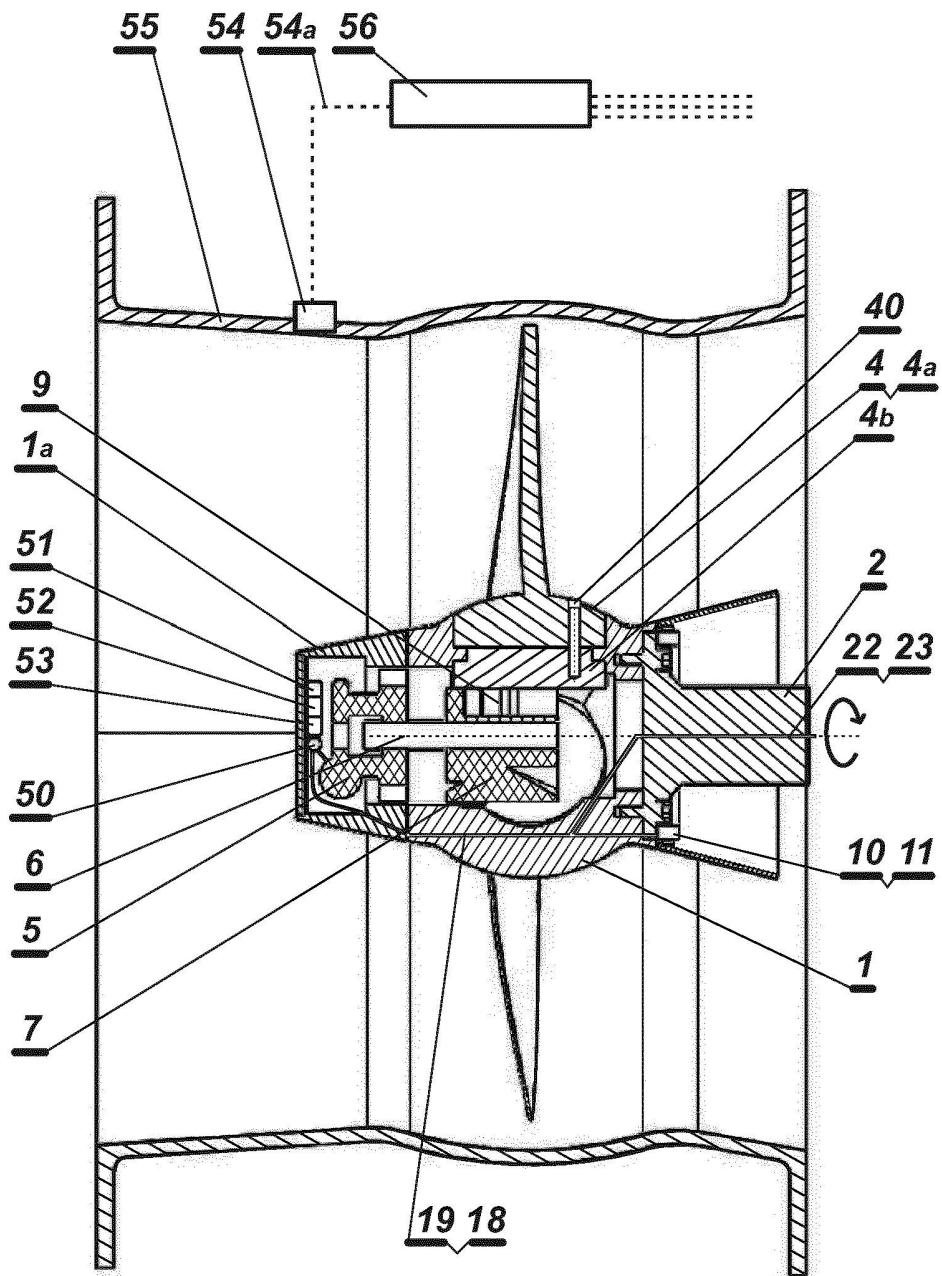


Fig. 6

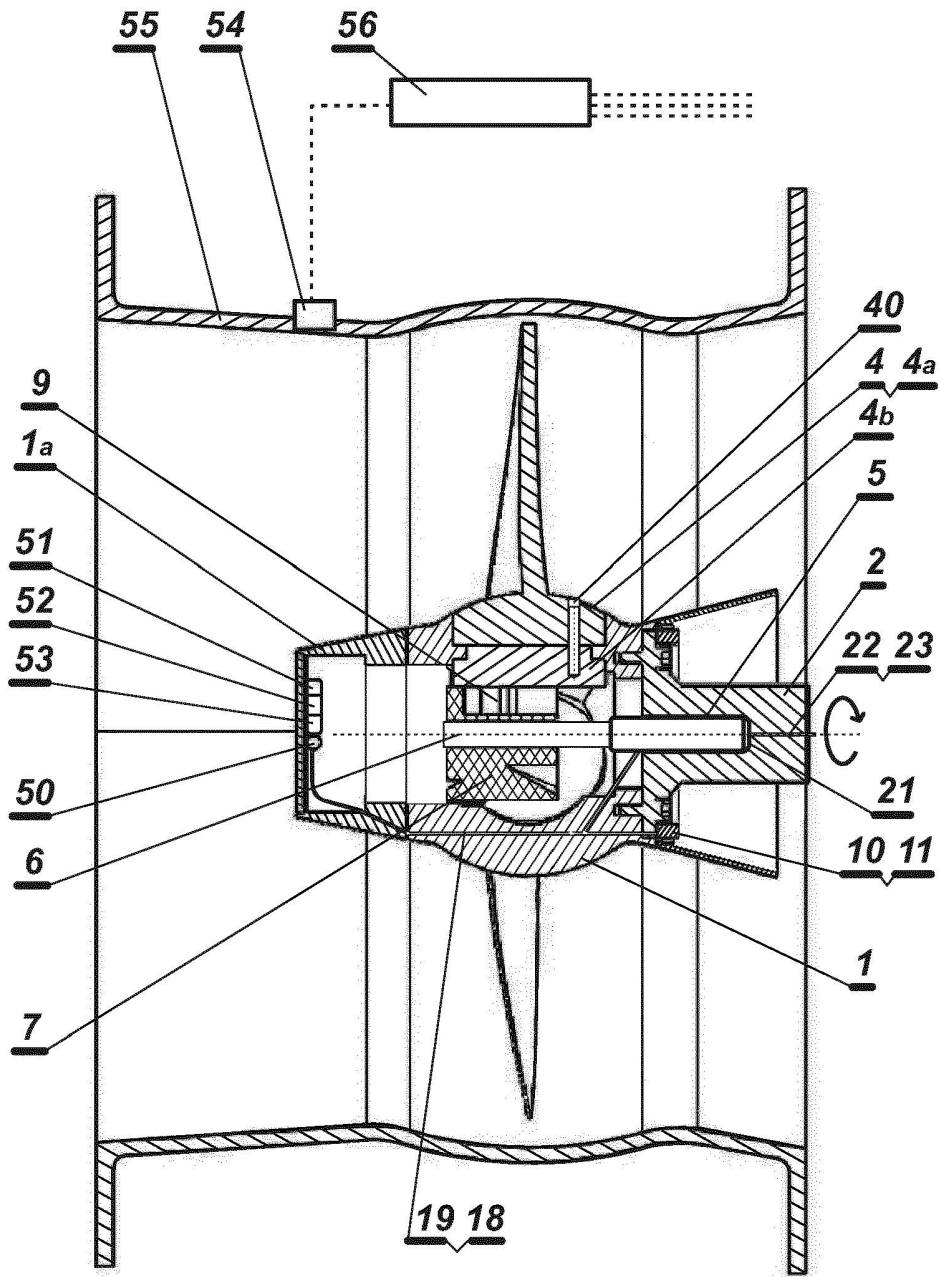


Fig. 7



SPRAWOZDANIE O STANIE TECHNIKI DO ZGŁOSZENIA NR P.445064

Klasyfikacja zgłoszenia: F03B 3/14, F03B 3/06		
Podklasy w których prowadzono poszukiwania: F03B3		
Bazy komputerowe w których prowadzono poszukiwania: EPODOC WPI bazy UPRP		
Kategoria dokumentu	Dokumenty - z podaną identyfikacją	Odniesienie do zastrz.
Y A	JPS60162073 A (HITACHI LTD) 23-08-1985 Fig. 3 i 4, opis figur	1, 3 2, 4 - 13
Y	US6402477 B1 (VOITH SIEMENS HYDRO POWER [US]) 11-06-2002 Fig. 35, opis fig. 35	1, 3
A	CN213144649 U (ZHEJIANG JINLUN ELECTROMECHANIC CO LTD) 07-05-2021	1 - 13
<input type="checkbox"/> Dalszy ciąg wykazu dokumentów na następnej stronie		
<p>A – dokument określający ogólny stan techniki, który nie jest uważany za posiadający szczególne znaczenie, E – dokument stanowiący wcześniejsze zgłoszenie lub patent, ale opublikowany w lub po dacie zgłoszenia, L – dokument, który może poddawać w wątpliwość zastrzegane pierwszeństwo(-wa), lub przytoczony w celu ustalenia daty publikacji innego cytowanego dokumentu lub z innego szczególnego powodu, O – dokument odnoszący się do ujawnienia ustnego przez zastosowanie, wystawienie lub ujawnienie w inny sposób, P – dokument opublikowany przed datą zgłoszenia, ale później niż zastrzegana data pierwszeństwa, T – dokument późniejszy, opublikowany po dacie zgłoszenia lub w dacie pierwszeństwa i niebędący w konflikcie ze zgłoszeniem, ale cytowany w celu zrozumienia zasad lub teorii leżących u podstaw wynalazku, X – dokument o szczególnym znaczeniu; zastrzegany wynalazek nie może być uważany za nowy lub nie może być uważany za posiadający poziom wynalazczy, jeżeli ten dokument brany jest pod uwagę samodzielnie, Y – dokument o szczególnym znaczeniu; zastrzegany wynalazek nie może być uważany za posiadający poziom wynalazczy, jeżeli ten dokument zostanie połączony z jednym lub kilkoma tego typu dokumentami, a takie połączenie będzie oczywiste dla znawcy, & – dokument należący do tej samej rodziny patentowej.</p>		

Sprawozdanie wykonał/-a:

Robert Kasprzak
Ekspert Koordynator

Data:

30.08.2023

Podpis:

/podpisano kwalifikowanym podpisem elektronicznym/
Pismo wydane w formie dokumentu elektronicznego

Uwagi do zgłoszenia

Sprawozdanie zostało wykonane w oparciu o zastrz. z dnia 30/05/2023