

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **224238**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **402248**

(22) Data zgłoszenia: **27.12.2012**

(51) Int.Cl.

F16C 32/04 (2006.01)

H02N 15/00 (2006.01)

(54)

Aktywny magnetyczny zespół łożyskujący

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

07.07.2014 BUP 14/14

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

30.12.2016 WUP 12/16

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

ADAM PIŁAT, Kraków, PL

PL 224238 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest aktywny magnetyczny zespół łożyskujący, zwłaszcza do łożyskowania wałów napędowych.

Znane łożyska magnetyczne utworzone są z siłowników w postaci elektromagnesów rozmieszczonych symetrycznie na obwodzie wewnątrz cylindrycznej obudowy, z których każdy utworzony jest z rdzenia z nawiniętą cewką. Rdzenie elektromagnesów, tworzące stojan łożyska, są wykonane z pakietu blach i mają kształt pierścienia z wewnętrznymi zębami prostymi, scalonych albo odseparowanych podków o końcach w kształcie zębów prostych, stanowiących nabiegunniki elektromagnesu. Zwoje każdej cewki nawinięte są równomiernie odpowiednio na dwa sąsiednie nabiegunniki każdej podkowy w taki sposób, że nabiegunniki rdzenia są spolaryzowane magnetycznie przeciwnie względem siebie.

Znany układ sterowania aktywnego łożyska magnetycznego zawiera układ pomiaru natężenia prądu w postaci boczników pomiarowych, które są włączone szeregowo z cewkami elektromagnesów łożyska, podłączonymi do sterownika mocy. Wyjścia układów pomiarowych są połączone poprzez filtry z wejściami komparatora, którego wyjście połączone jest z wejściem sterownika mocy.

Z opublikowanego zgłoszenia patentowego nr P. 389908 znane jest aktywne łożysko magnetyczne zawierające cztery elektromagnesy usytuowane symetrycznie wewnątrz cylindrycznej obudowy, przy czym rdzeń elektromagnesów wykonany jest z pakietu blach i ma kształt pierścienia z wewnętrznymi nabiegunnikami, przy czym zwoje cewki każdego elektromagnesu są równomiernie rozłożone na dwóch sąsiednich nabiegunnikach rdzenia tak, że nabiegunniki sąsiednich elektromagnesów mają przeciwną polaryzację.

Wspomniane zgłoszenie ujawnia także układ sterowania dla łożyska magnetycznego, w którym cewki trzech elektromagnesów łożyska magnetycznego są połączone z pierwszymi wyjściami oddzielnych sterowników mocy, których wejścia są połączone odpowiednio z wyjściami regulatora. Do wejść regulatora połączone są odpowiednio, poprzez blok lokalizatora położenia wału, dwa czujniki położenia wału osadzone w otworach obudowy łożyska, zaś poprzez blok detektora indukcji pola magnetycznego, trzy czujniki indukcji magnetycznej, które są umieszczone w wybraniach nabiegunników elektromagnesów oraz drugie wyjścia sterowników mocy.

Z opublikowanego zgłoszenia patentowego P. 390054 znane jest aktywne łożysko magnetyczne, którego wewnętrzny wirnik ma obrys niecylindryczny.

Aktywny magnetyczny zespół łożyskujący, według wynalazku, zawierający stojan, z którego rozciągają się promieniowo nabiegunniki, na których nawinięte jest uzwojenie cewek, obrotowy wirnik usytuowany współosiowo ze stojanem oraz układu sterowania zawierający regulator, którego wyjścia są połączone elektrycznie z cewkami nabiegunników, a wejścia są połączone z układami pomiarowymi zespołu łożyskującego, charakteryzuje się tym, że stojan jest usytuowany wewnątrz utworzonego w wirniku otworu osiowego w kształcie elipsy i zawiera sześć nabiegunników rozciągających się na zewnątrz względem osi stojana, a wyjścia regulatora są połączone z cewkami nabiegunników stojana za pośrednictwem sterowników mocy, z których każdy zawiera układ pomiarowy prądu i napięcia w cewkach nabiegunników, połączony z wejściami regulatora, a ponadto układy pomiarowe zespołu łożyskującego zawierają układ pomiaru odległości obejmujący lokalizator położenia wału połączony z wyjściami czujników odległości do określania położenia wirnika względem stojana i połączony swoim wyjściem z wejściem regulatora układu sterowania oraz układ pomiaru pola magnetycznego obejmujący blok detektora indukcji pola magnetycznego połączony z wyjściami czujników indukcji pola magnetycznego i połączony swoim wyjściem z wejściem regulatora układu sterowania.

Korzystnie oś wielka i oś mała elipsy wewnętrznego osiowego otworu wirnika są sobie równe.

Korzystnie, każdy sterownik mocy zawiera stopień mocy połączony odpowiednio z zaciskami pierwszego wyjścia sterownika mocy oraz poprzez układ pomiarowy prądu obciążenia z drugim wyjściem sterownika mocy, przy czym jedno wejście stopnia mocy połączone jest ze źródłem napięcia stałego, zaś drugie wejście z wyjściem przetwornika mocy, którego jedno wejście jest połączone z wyjściem regulatora, a drugie wejście jest połączone z drugim wyjściem sterownika mocy.

Korzystnie, z jednym wyjściem regulatora są połączone równolegle dwa sterowniki mocy uzwojeń nabiegunników stojana.

Korzystnie, każde z wyjść regulatora układu sterowania jest połączone z jednym sterownikiem mocy.

Korzystnie, lokalizator położenia wału jest połączony z wyjściami dwóch czujników odległości.

Korzystnie, lokalizator położenia wału jest połączony z wyjściami sześciu czujników odległości.

Korzystnie, czujniki odległości są usytuowane promieniowo względem osi stojana, w przestrzeniach pomiędzy uzwojeniami nabiegowników stojana.

Korzystnie, czujniki odległości są usytuowane promieniowo względem osi stojana, w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny stojana, a współpracująca z czujnikami powierzchnia pomiarowa jest utworzona na wirniku, w płaszczyźnie usytuowania czujników odległości.

Korzystnie, z wejściem regulatora układu sterowania połączone są, za pośrednictwem bloku detektora indukcji pola magnetycznego, trzy czujniki indukcji pola magnetycznego usytuowane na końcach nabiegowników stojana.

Korzystnie, z wejściem regulatora układu sterowania połączonych jest, za pośrednictwem bloku detektora indukcji pola magnetycznego, sześć czujników indukcji pola magnetycznego usytuowanych na końcach nabiegowników stojana.

Korzystnie, końce nabiegowników stojana są proste, a powierzchnie czołowe nabiegowników mają kształt łuku o promieniu odpowiadającym promieniowi stojana.

Korzystnie, końce nabiegowników stojana są rozszerzone, a powierzchnie czołowe nabiegowników mają kształt nadany z zastosowaniem krzywych Beziera.

Korzystnie, zespół łożyskujący zawiera układ krosujący i układ łączący usytuowane pomiędzy regulatorem i sterownikami mocy.

Zaletą aktywnego magnetycznego zespołu łożyskującego, według wynalazku, jest to, że wał wirnika nie jest ograniczany średnicą wewnętrzną łożyska, co pozwala na realizację maszyn łożyskowanych magnetycznie o np. wirnikach pierścieniowych.

Kolejną zaletą jest obniżenie kosztów wykonania obudowy urządzenia dzięki wewnętrznej lokalizacji łożyska magnetycznego, w którym całość konstrukcji jest zwarta we wnętrzu wirnika.

Kolejną zaletą jest zapewnienie wzajemnej osiowości łożysk poprzez istnienie wewnętrznego otworu centrującego wzajemnie łożyska, z czego wynika także łatwość montażu.

Kolejną zaletą jest to, że okablowanie i czujniki skojarzone z aktywnym łożyskiem magnetycznym są zlokalizowane wewnątrz wirnika, co minimalizuje długość połączeń oraz prowadzenie przewodów na zewnątrz wirujących części maszyny.

Kolejną zaletą jest możliwość wykorzystania trzech nabiegowników, które są wystarczające do łożyskowania wirnika. Natomiast, zaletą wykonania stojana w postaci sześciu nabiegowników jest redundancja układów wykonawczych - elektromagnesów, czyli możliwość łączenia parami celem zwiększenia sił oddziałujących na wirnik.

Zaletą zastosowania sześciu nabiegowników oraz wirnika o kształcie eliptycznym wewnątrz, jest otrzymanie samo- łożyskującej się maszyny wirnikowej, której regulator stabilizuje wirnik i jednocześnie wymusza jego ruch obrotowy.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 i fig. 1b przedstawiają przykłady wykonania aktywnego magnetycznego zespołu łożyskującego z wirnikiem o kołowym otworze osiowym, fig. 2 i fig. 2b przedstawiają przykład wykonania aktywnego magnetycznego zespołu łożyskującego z wirnikiem o eliptycznym otworze osiowym, fig. 3 przedstawia stojan zespołu łożyskującego, z prostymi zakończeniami nabiegowników, fig. 4 przedstawia stojan zespołu łożyskującego, z poszerzonymi i zaokrąglonymi zakończeniami nabiegowników, fig. 5 a) –f) przedstawiają warianty rozmieszczenia czujników odległości względem stojana zespołu łożyskującego według wynalazku, fig. 6 – wirnik zespołu łożyskującego według pierwszego przykładu wykonania wynalazku, w którym otwór wewnętrzny ma kształt kołowy, fig. 7 – wirnik zespołu łożyskującego według drugiego przykładu wykonania wynalazku, w którym otwór wewnętrzny ma kształt eliptyczny, fig. 8 – rozmieszczenie czujników odległości względem stojana, wirnika i pierścienia pomiarowego, fig. 9 – widok czoła nabiegownika z umieszczonym czujnikiem pola magnetycznego, fig. 10 – schemat połączeń dla pierwszego trybu zasilania zespołu łożyskującego, fig. 11 – schemat połączeń dla trzeciego trybu zasilania zespołu łożyskującego, fig. 12 – schemat układu krosującego dla zespołu łożyskującego, a fig. 13 – schemat układu łączącego dla zespołu łożyskującego według wynalazku.

Jak pokazano na fig. 1 i fig. 1b, aktywny magnetyczny zespół łożyskujący według pierwszego przykładu wykonania wynalazku zawiera wewnętrzny nieruchomy stojan 2 o sześciu nabiegownikach 1 rozciągających się promieniowo od osi stojana 2 i rozmieszczonych w równych obwodowych odstępach. Na każdym nabiegowniku 1 nawinięte jest uzwojenie cewek 4, 6, 8, 10, 12, 14. Ponadto, stojan 2 ma osiowy otwór 15 z podłużnym wybraniem do osadzania stojana 2 w jednoznacznej pozycji na odpowiednio ukształtowanym rdzeniu (niepokazanym).

Według wynalazku, stojan 2 jest umieszczony w osiowym otworze 17, o kształcie koła, zewnętrznego obrotowego wirnika 18 o pierścieniowym przekroju poprzecznym, przedstawionym na fig. 4.

Uzwojenia cewek 4, 6, 8, 10, 12, 14 stojana 2 są połączone z układem sterowania zawierającym regulator 23, za pośrednictwem sterowników mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29. Każdy sterownik mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29, pokazany na fig. 14, zawiera stopień mocy połączony odpowiednio z zaciskami pierwszego wyjścia Wy11, Wy12, Wy13, Wy14, Wy15, Wy16 sterownika mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29 oraz poprzez układ pomiarowy prądu obciążenia z drugim wyjściem Wy21, Wy22, Wy23, Wy24, Wy25, Wy26 sterownika mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29, przy czym jedno wejście stopnia mocy połączone jest ze źródłem napięcia stałego, zaś drugie wejście jest połączone z wyjściem przetwornika mocy, którego jedno wejście jest połączone z wyjściem regulatora 23. Tym samym, każdy sterownik mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29 stanowi jednocześnie układ pomiarowy napięcia i natężenia prądu występujących w danej chwili na określonej cewce, a jego sygnał pomiarowy jest dostarczany na odpowiednie wejście regulatora 23, który na podstawie tych danych dostosowuje sygnał sterujący odpowiedniej cewki tak, że powierzchnia wewnętrzna otworu 17 wirnika 18 jest zasadniczo w zadanej odległości od końców nabiegunków 1 stojana 2. W przypadku pracy łożyskowej dąży się do minimalizacji odchyłki względem środka łożyska stanowiącego jednocześnie punkt na osi obrotu wirnika. Regulator może kompensować niewyważenie wirnika i przemieszcza osiowy względem łożyska środek wirnika po zadanej trajektorii kompensując tym samym niewyważenie. Dalej, może być realizowane zadanie w którym celowo prowadzi się wirnik po zadanej trajektorii - np. praca obrabiarki. I w końcu wirnik eliptyczny - może wirować dookoła osi lub też być prowadzony po trajektorii ruchu.

Opisany powyżej aktywny magnetyczny zespół łożyskujący według pierwszego przykładu wykonania może pracować w trzech trybach zasilania cewek 4, 6, 8, 10, 12, 14.

W pierwszym trybie zasilania, przedstawionym na fig. 10, sąsiadujące elektromagnes nabiegunków 1 są połączone w pary tak, że powstają trzy siłowniki elektromagnetyczne o dwóch nabiegunkach 1. Innymi słowy, otrzymuje się aktywne łożysko magnetyczne o trzech siłownikach elektromagnetycznych w konfiguracji „C”. W tym trybie, z jednym wyjścia regulatora 23 połączone są równolegle dwa sterowniki mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29 odpowiadające sąsiednim cewkom 4, 6, 8, 10, 12, 14 elektromagnesów stojana 2, co pokazano na fig. 8. Taki układ połączeń gwarantuje redundancję w przypadku uszkodzenia jednej lub wielu cewek.

W drugim trybie zasilania trzy wyjścia regulatora 23 są niezależnie połączone z trzema sterownikami mocy cewek co drugiego nabiegunka 1, na przykład cewki 4, 8, 12, co pokazano na fig. 1b i fig. 2b.

Taki układ połączeń również gwarantuje redundancję w przypadku uszkodzenia jednej lub wielu cewek.

W trzecim trybie zasilania, pokazanym na fig. 11, sześć wyjść regulatora 23 jest połączonych niezależnie z sześcioma sterownikami mocy cewek 4, 6, 8, 10, 12, 14. Taki układ zwiększa precyzję sterowania układem łożyskującym.

Regulator 23 może pracować wykorzystując sygnały pomiarowe napięcia i natężenia prądu doprowadzane z odpowiednich sterowników mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29, ale dla zwiększenia dokładności wyznaczania chwilowego położenia wirnika względem stojana można zastosować także dodatkowe układy czujnikowe np. czujniki odległości lub czujniki pola magnetycznego.

W opisywanym przykładzie wykonania można wykorzystać czujniki odległości 16 rozmieszczone promieniowo względem osi stojana 2, przy czym ich liczba musi wynosić co najmniej 2.

Czujniki odległości 16 mogą być usytuowane w przestrzeniach pomiędzy nabiegunkami 1, jak pokazano na fig. 5 a) i b), przy czym geometria stojana i rozwartość kątowa nabiegunków wyznacza kąt pomiędzy czujnikami. Kąt ten wynosi 60° (fig. 5a) lub 120° (fig. 5b).

Czujniki odległości 16 mogą być usytuowane także w pobliżu stojana 2, w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny stojana 2, jak pokazano na fig. 5 c) i d), przy czym w tym przypadku konieczne jest wykonanie w płaszczyźnie rozmieszczenia czujników odległości 16 powierzchni pomiarowej 20 na wirniku 18, co pokazano na fig. 6. W przypadku, gdy czujniki odległości są lokalizowane w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny stojana, ich rozmieszczenie zachowuje rozpiętość kątową w zakresie powyżej 0° i poniżej 180° stopni. Korzystne jest rozmieszczenie czujników w rozpiętości kątowej 90° i w osiach zgodnych z przyjętym układem współrzędnych. Na fig. 5 c), d), e), f) pokazano różne położenie czujników w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny stojana przy zachowaniu kąta rozwarcia 90° .

Możliwe jest także takie usytuowanie czujników odległości 16, w którym jeden z czujników jest usytuowany w przestrzeni pomiędzy nabiegunkami 1, a drugi w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny stojana 2, co zostało pokazane na fig. 5 e) i f). Czujniki odległości 16 są połączone z odpowiednim wejściem regulatora 23 za pośrednictwem bloku lokalizatora położenia 21.

W przypadku zastosowania czujników pola magnetycznego 3, 5, 7, 9, 11, 13, są one usytuowane na końcach nabiegunków 1, w wybraniach wykonanych w centralnej części powierzchni czołowych nabiegunków, jak pokazano na fig. 9. Czujniki pola magnetycznego 3, 5, 7, 9, 11, 13 są połączone z odpowiednim wejściem regulatora 23 za pośrednictwem bloku detektora indukcji pola magnetycznego 22.

Aktywny magnetyczny zespół łożyskujący według drugiego przykładu wykonania, pokazany na fig. 2 i fig. 2b wynalazku zawiera stojan 2 o takiej samej konstrukcji jak opisany w pierwszym przykładzie wykonania, natomiast otaczający stojan 2 zewnętrzny wirnik 18, o pierścieniowym przekroju poprzecznym, ma osiowy otwór 19 o zarysie eliptycznym, przedstawiony na fig. 5, co powoduje zróżnicowany rozkład momentu bezwładności wirnika 18 w płaszczyźnie prostopadłej do osi wirnika 18.

W tym przykładzie wykonania także przewidziane są trzy tryby zasilania aktywnego magnetycznego zespołu łożyskującego, które zostały zdefiniowane dla pierwszego przykładu wykonania.

Regulator 23 steruje pracą zespołu łożyskującego w oparciu o doprowadzone do jego wejść sygnały pomiarowe sterowników mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29. Stosowane są także dodatkowe układy czujników odległości 16 lub czujników pola magnetycznego 3, 5, 7, 9, 11, 13. Jednakże, w przeciwieństwie do pierwszego przykładu wykonania, ze względu na eliptyczny kształt otworu 19 wirnika i związaną z tym konieczność dokładnego określania aktualnego położenia kąтового wirnika, niezbędne jest zastosowanie sześciu czujników odległości 16 skierowanych promieniowo i rozmieszczonych obwodowo w równych odstępach w przestrzeniach pomiędzy nabiegunkami 1 lub w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny stojana 2, jak zostało omówione w poprzednim przykładzie wykonania.

W obu przykładach wykonania istnieją dwa warianty ukształtowania zakończeń nabiegunków 1 stojana 2.

Pierwszy wariant, pokazany na fig. 3, przewiduje zastosowanie prostokątnych nabiegunków 1, których powierzchnie czołowe mają kształt łuku o promieniu odpowiadającym promieniowi stojana. Umożliwia to nasuwanie karkasów z nawiniętymi cewkami na nabiegunki 1 po ich wytworzeniu, co upraszcza proces wytwarzania stojana eliminując konieczność wykorzystywania skomplikowanych układów nawijających cewki na gotowy stojan.

Drugi wariant, pokazany na fig. 4, przewiduje rozszerzone zakończenia nabiegunków 1, których powierzchnie czołowe przyjmują kształt krzywych Beziera. Taki kształt nabiegunków pozwala na minimalizację strat strumienia magnetycznego, optymalizację pracy obwodu magnetycznego oraz maksymalizację siły elektromagnetycznej działającej na wirnik.

Ze względu na to, że ten sam stojan może współpracować z dwoma typami wirników, czyli z wirnikiem i kołowym otworze osiowym i eliptycznym otworze osiowym, w zespole łożyskującym mogą być zapewnione układ krosujący 36 i układ łączący 37, które mają za zadanie wymuszanie odpowiedniej konfiguracji połączeń pomiędzy regulatorem 23 i sterownikami mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29 dla uzyskania jednego z opisanych wcześniej trybów zasilania odpowiednich do pożądanych warunków pracy zespołu łożyskującego i rodzaju zastosowanego wirnika.

Układ krosujący 36, pokazany na fig. 12, umożliwia połączenie jednego sygnału wejściowego do jednego lub więcej wyjść. Sygnały wejściowe podawane wejścia Swe1..Swe6 układu krosującego 36, są kierowane na odpowiednie wyjścia Swy1..Swy6, na podstawie konfiguracji ustalonej przez sygnał podawany na wejście sterujące WeUst 38.

Układ łączący 37, pokazany na fig. 13, posiada wejście zarządzające 39 sposobem połączenia wejść KMwe1, ...KMwe6 z którymi połączone są sterowniki mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29 cewek 4, 6, 8, 10, 12, 14.

Wyjścia KMwy1a, KMwy1b, ... KMwy6b stanowią wyjścia układów mocy 24, ..., 29 gdzie są przyłączane zaciski cewek 30, ..., 35.

W zależności od sygnału podanego na wejście zarządzające 39 cewki 4, 6, 8, 10, 12, 14 pracują niezależnie lub są łączone w sąsiadujące ze sobą pary tworząc układ elektromagnesu w konfiguracji „C”.

Działanie aktywnego magnetycznego zespołu łożyskującego wykorzystuje zjawisko lewitacji w polu magnetycznym. Prąd płynący w cewkach 4, 6, 8, 10, 12, 14 nawiniętych na nabiegunki 1

wewnętrznego stojana powoduje wystąpienie pola magnetycznego oddziałującego na zewnętrzny wirnik otaczający stojan, a odpowiednie sterowanie przez regulator 23 wartością prądu dostarczanego przez sterowniki mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29 do każdej z cewek 4, 6, 8, 10, 12, 14 prowadzi do współosiowego utrzymania osi wirnika 18 i stojana 2 oraz umożliwienia rotacji wirnika 18 względem stojana 2.

W pierwszym przykładzie wykonania, aktywny magnetyczny zespół łożyskujący stanowi klasyczne łożysko magnetyczne, którego zadaniem jest podtrzymywanie w sposób obrotowy wirnika 18 względem stojana 2.

W najprostszej konfiguracji zespołu, na podstawie sygnałów pomiarowych napięcia i natężenia prądu występującego na cewkach 4, 6, 8, 10, 12, 14, które odpowiadają aktualnej wielkości szczeliny pomiędzy wewnętrzną powierzchnią wirnika i powierzchnią czołową odpowiedniego nabiegownika, regulator 23 wyznacza wartość natężenia prądu na wyjściach, z którymi są połączone sterowniki mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29, tak aby oś wirnika 18 była utrzymywana współosiowo z osią stojana 2.

Zgodnie z opisanymi powyżej trybami zasilania cewek, możliwa jest konfiguracja, w której sąsiadujące elektromagnesy stojana są połączone w pary tak, że jedno wyjście regulatora 23 steruje jednocześnie dwoma sterownikami mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29 odpowiadającymi dwóm sąsiadującym cewkom 4, 6, 8, 10, 12, 14, co ogólnie jest nazywane konfiguracją typu „C”.

W drugim trybie zasilania regulator 23 steruje tylko trzema spośród cewek 4, 6, 8, 10, 12, 14 nabiegowników 1, które są rozmieszczone co 120°, przy czym odpowiadające tym cewkom trzy spośród sterowników mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29 są osobno połączone z trzema wyjściami regulatora 23.

Regulator 23 może także pracować w trzecim trybie zasilania, który przewiduje sterowanie zasilaniem każdej z sześciu cewek 4, 6, 8, 10, 12, 14 osobno, przy czym w takim przypadku każdy ze sterowników mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29 jest połączony z osobnym wyjściem regulatora.

Oprócz sterowania na podstawie sygnałów pomiarowych dotyczących natężenia i napięcia występujących na cewkach stojana, które są przekazywane z każdego sterownika mocy na wejścia regulatora 23, do wyznaczania położenia wirnika 18 względem stojana 2 w zespole łożyskującym stosuje się także czujniki odległości 16 i/lub czujniki pola magnetycznego 3, 5, 7, 9, 11, 13.

W pierwszym przykładzie wykonania dla każdego z trybów zasilania, zamiast lub dodatkowo względem pomiaru napięcia i natężenia prądu w cewkach można zastosować pomiar odległości wirnika względem stojana przy wykorzystaniu dwóch czujników odległości 16, na przykład wiroprowodowych lub laserowych, rozmieszczonych jak opisano powyżej. Sygnał z czujników odległości 16, po odpowiednim przetworzeniu w bloku lokalizatora położenia 21 na proporcjonalny sygnał napięciowy, jest doprowadzany do wejścia regulatora 23, który na jego podstawie podaje sygnał sterujący na odpowiednie sterowniki mocy i cewki (w zależności od trybu zasilania).

W przypadku zastosowania czujników pola magnetycznego 3, 5, 7, 9, 11, 13, rozmieszczonych jak opisano powyżej, ich sygnały, po przetworzeniu w bloku detektora indukcji pola magnetycznego 22 na proporcjonalny sygnał napięciowy, są wprowadzane na wejście regulatora 23, do którego doprowadza się także sygnały pomiarowe natężenia prądu lub napięcia w cewkach, otrzymywane ze sterowników mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29, odpowiednio dla poszczególnych trybów zasilania. Na podstawie tych danych wejściowych regulator 23 dostosowuje sygnały wyjściowe dla sterowania cewkami stojana.

W drugim przykładzie wykonania, aktywny magnetyczny zespół łożyskujący stanowi maszynę bezsilnikową, której zadaniem jest podtrzymywanie w sposób obrotowy wirnika 18 względem stojana 2 oraz nadawanie wirnikowi 18 rotacji.

Sterowanie ruchem wirnika 18 może odbywać się w trzech trybach zasilania, które zostały opisane powyżej, tylko w przypadku zastosowania sześciu czujników odległości 16 rozmieszczonych jak opisano powyżej.

W przypadku lokalizowania wirnika 18 poprzez pomiar napięcia i natężenia prądu w cewkach, konieczne jest wykorzystanie sygnałów pomiarowych wszystkich sześciu sterowników mocy, doprowadzonych do wejść regulatora 23, przy czym regulator 23 steruje osobno każdym spośród sześciu sterowników mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29.

W przypadku określania położenia wirnika 18 przy wykorzystaniu pomiaru natężenia pola magnetycznego w szczelinie pomiędzy powierzchnią czołową każdego nabiegownika 1 i powierzchnią wirnika 18, w tym przykładzie wykonania konieczne jest zastosowanie sześciu czujników pola magnetycznego 3, 5, 7, 9, 11, 13 rozmieszczonych jak opisano powyżej. Dodatkowo regulator 23 dokonuje także analizy sygnałów pomiarowych napięcia lub natężenia prądu w cewkach, podawanych z każde-

go z sześciu sterowników mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29. Pomiar pola magnetycznego i natężenia prądu w cewkach umożliwia zastosowanie trybu zasilania w konfiguracji typu „C” lub sterowanie każdą z sześciu cewek osobno, natomiast dla pomiaru pola magnetycznego i napięcia na cewkach konieczne jest sterowanie osobno każdym ze sterowników mocy 24, 25, 26, 27, 28, 29.

Aktywny magnetyczny zespół łożyskujący, według wynalazku, znajduje zastosowanie jako łożysko magnetyczne w maszynach wirnikowych do łożyskowania wirników o konstrukcji pierścieniowej całościowo lub fragmentarycznie w węźle łożyskowym. Może także być wykorzystywany jako węzeł transmisyjny do pozycjonowania elementów lewitujących.

Natomiast w przypadku zastosowania wirnika z eliptycznym otworem osiowym, aktywny magnetyczny zespół łożyskujący może być stosowany jako maszyna bezsilnikowa służąca jako napęd i/lub generator.

Zastrzeżenia patentowe

1. Aktywny magnetyczny zespół łożyskujący, zawierający stojan, z którego rozciągają się promieniowo nabiegunniki, na których nawinięte jest uzwojenie cewek, obrotowy wirnik usytuowany wspólnie ze stojanem oraz układ sterowania zawierający regulator, którego wyjścia są połączone elektrycznie z cewkami nabiegunników, a wejścia są połączone z układami pomiarowymi zespołu łożyskującego, **znamienny tym**, że stojan (2) jest usytuowany wewnątrz utworzonego w wirniku (18) otworu osiowego (17; 19) w kształcie elipsy i zawiera sześć nabiegunników (1) rozciągających się na zewnątrz względem osi stojana (2), a wyjścia regulatora (23) są połączone z cewkami (4, 6, 8, 10, 12, 14) nabiegunników (1) stojana (2) za pośrednictwem sterowników mocy (24, 25, 26, 27, 28, 29), z których każdy zawiera układ pomiarowy prądu i napięcia w cewkach (4, 6, 8, 10, 12, 14) nabiegunników (1), połączony z wejściami regulatora (23), a ponadto układy pomiarowe zespołu łożyskującego zawierają układ pomiaru odległości obejmujący lokalizator położenia (21) wału połączony z wyjściami czujników odległości (16) do określania położenia wirnika (18) względem stojana (2) i połączony swoim wyjściem z wejściem regulatora (23) układu sterowania oraz układ pomiaru pola magnetycznego obejmujący blok detektora indukcji pola magnetycznego (22) połączony z wyjściami czujników indukcji pola magnetycznego (3, 5, 7, 9, 11, 13) i połączony swoim wyjściem z wejściem regulatora (23) układu sterowania.

2. Zespół łożyskujący według zastrz. 1, **znamienny tym**, że oś wielka i oś mała elipsy wewnętrznego osiowego otworu (17) wirnika (18) są sobie równe.

3. Zespół łożyskujący według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że każdy sterownik mocy (24, 25, 26, 27, 28, 29) zawiera stopień mocy połączony odpowiednio z zaciskami pierwszego wyjścia (Wy11, Wy12, Wy13, Wy14, Wy15, Wy16) sterownika mocy (24, 25, 26, 27, 28, 29) oraz poprzez układ pomiarowy prądu obciążenia z drugim wyjściem (Wy21, Wy22, Wy23, Wy24, Wy25, Wy26) sterownika mocy (24, 25, 26, 27, 28, 29), przy czym jedno wejście stopnia mocy połączone jest ze źródłem napięcia stałego, zaś drugie wejście z wyjściem przetwornika mocy, którego jedno wejście jest połączone z wyjściem regulatora (23), a drugie wejście jest połączone z drugim wyjściem (Wy21, Wy22, Wy23, Wy24, Wy25, Wy26) sterownika mocy (24, 25, 26, 27, 28, 29).

4. Zespół łożyskujący według zastrz. 1–3, **znamienny tym**, że z jednym wyjściem regulatora są połączone równolegle dwa sterowniki mocy (24, 25, 26, 27, 28, 29) uzwojeń (4, 6, 8, 10, 12, 14) nabiegunników (1) stojana (2).

5. Zespół łożyskujący według zastrz. 1–3, **znamienny tym**, że każde z wyjść regulatora (23) układu sterowania jest połączone z jednym sterownikiem mocy (24, 25, 26, 27, 28, 29).

6. Zespół łożyskujący według zastrz. 2–5, **znamienny tym**, że lokalizator położenia (21) wału jest połączony z wyjściami dwóch czujników odległości (16).

7. Zespół łożyskujący według zastrz. 1, 3–5, **znamienny tym**, że lokalizator położenia (21) wału jest połączony z wyjściami sześciu czujników odległości (16).

8. Zespół łożyskujący według zastrz. 6 albo 7, **znamienny tym**, że czujniki odległości (16) są usytuowane promieniowo względem osi stojana (2), w przestrzeniach pomiędzy uzwojeniami (4, 6, 8, 10, 12, 14) nabiegunników (1) stojana (2).

9. Zespół łożyskujący według zastrz. 6 albo 7, **znamienny tym**, że czujniki odległości (16) są usytuowane promieniowo względem osi stojana, w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny stojana (2),

a współpracująca z czujnikami powierzchni pomiarowa (20) jest utworzona na wirniku (18), w płaszczyźnie usytuowania czujników odległości (16).

10. Zespół łożyskujący według zastrz. 2-5, **znamienny tym**, że z wejściem regulatora (23) układu sterowania połączone są, za pośrednictwem bloku detektora indukcji pola magnetycznego (22), trzy czujniki indukcji pola magnetycznego (3, 7, 11) usytuowane na końcach nabiegunników (1) stojana (2).

11. Zespół łożyskujący według zastrz. 1, 3-5, **znamienny tym**, że z wejściem regulatora (23) układu sterowania połączonych jest, za pośrednictwem bloku detektora indukcji pola magnetycznego (22), sześć czujników indukcji pola magnetycznego (3, 5, 7, 9, 11, 13) usytuowanych na końcach nabiegunników (1) stojana (2).

12. Zespół łożyskujący według zastrz. 1-11, **znamienny tym**, że końce nabiegunników (1) stojana (2) są proste, a powierzchnie czołowe nabiegunników mają kształt łuku o promieniu odpowiadającym promieniowi stojana (2).

13. Zespół łożyskujący według zastrz. 1-11, **znamienny tym**, że końce nabiegunników (1) stojana (2) są rozszerzone, a powierzchnie czołowe nabiegunników mają kształt nadany z zastosowaniem krzywych Beziea.

14. Zespół łożyskujący według zastrz. 1-13, **znamienny tym**, że zawiera układ krosujący 36 i układ łączący 37 usytuowane pomiędzy regulatorem (23) i cewkami.

Rysunki

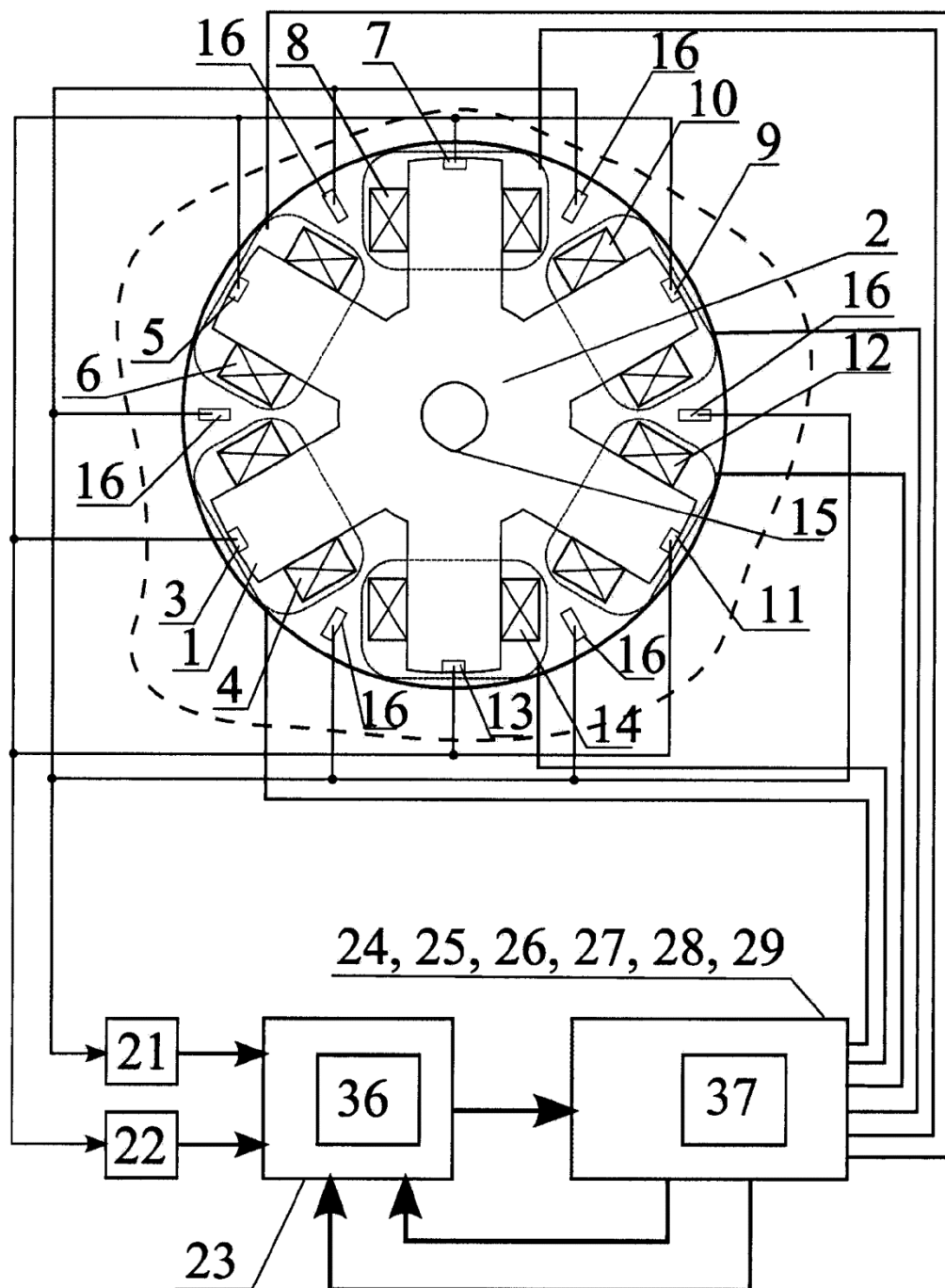


Fig. 1

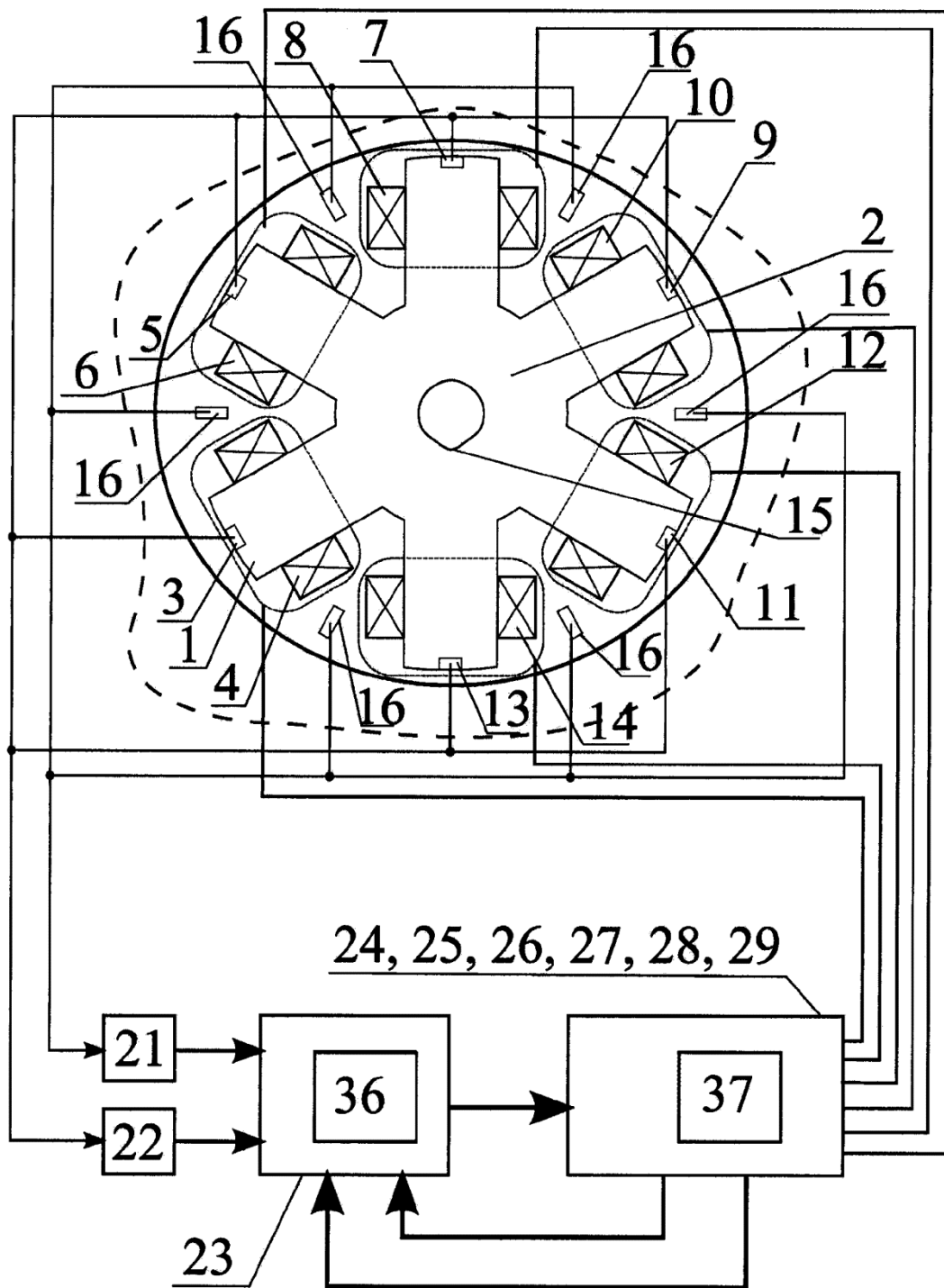


Fig. 2

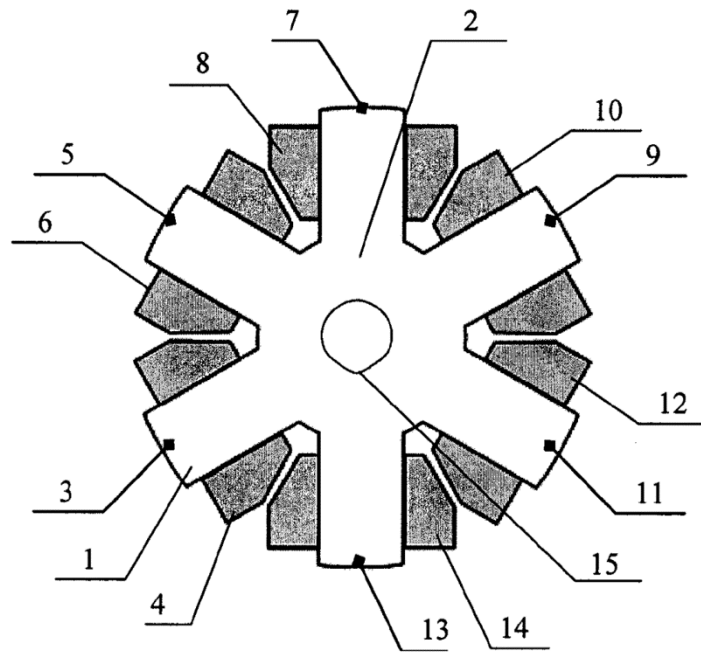


Fig. 3

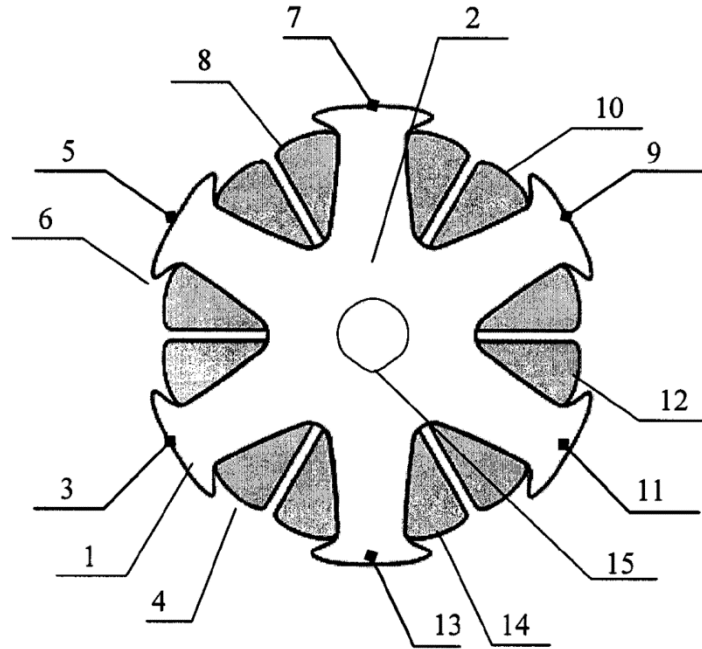
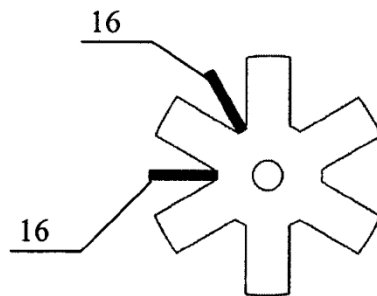
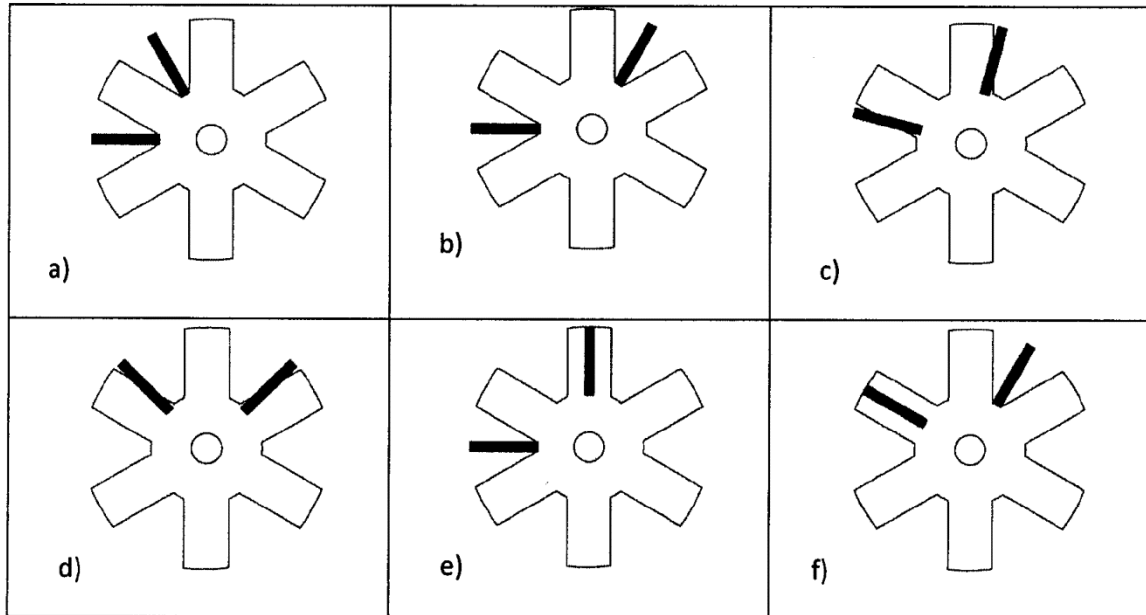
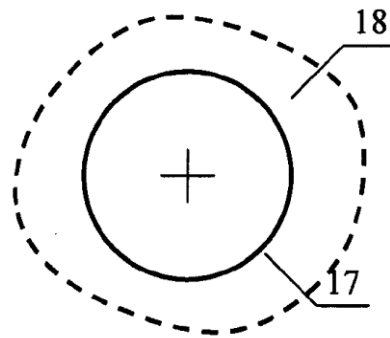
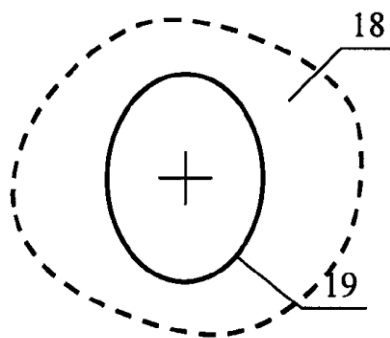
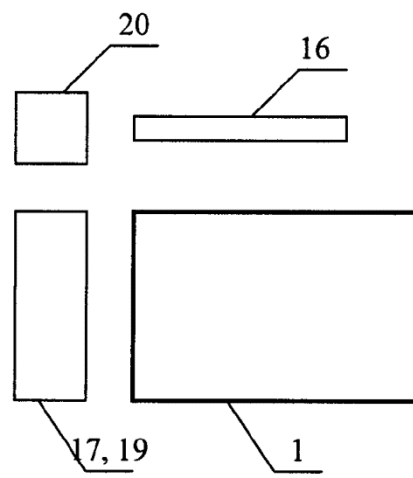
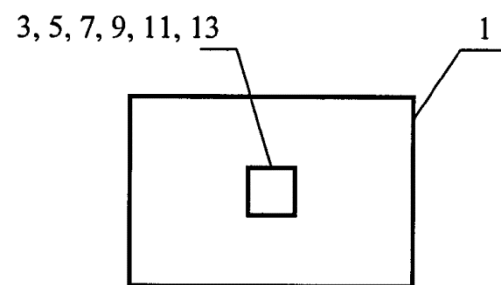


Fig. 4

**Fig. 5**

**Fig. 6****Fig. 7**

**Fig. 8****Fig. 9**

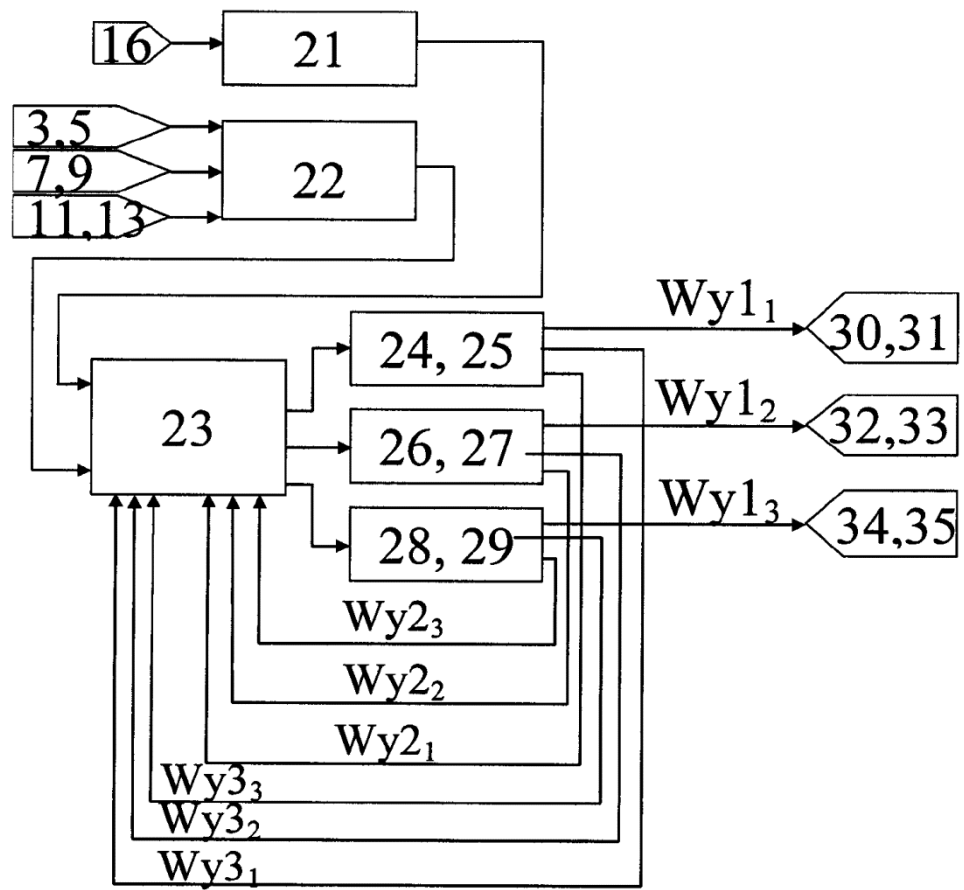
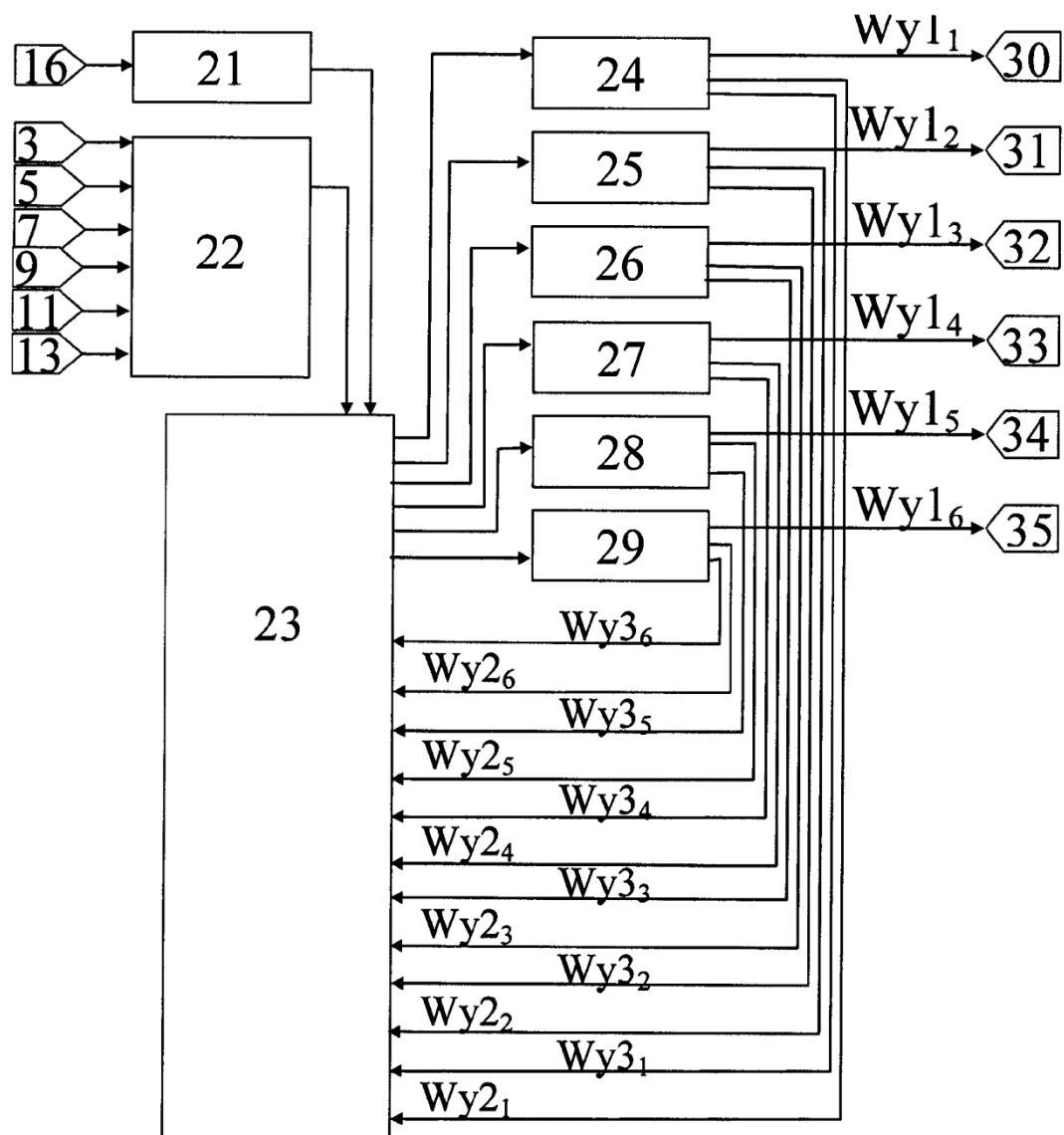


Fig. 10

**Fig. 11**

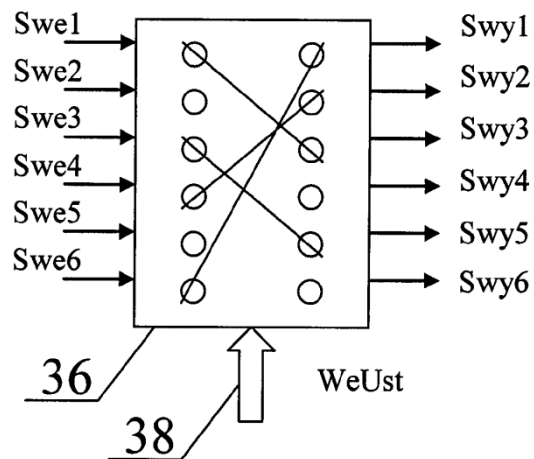


Fig. 12

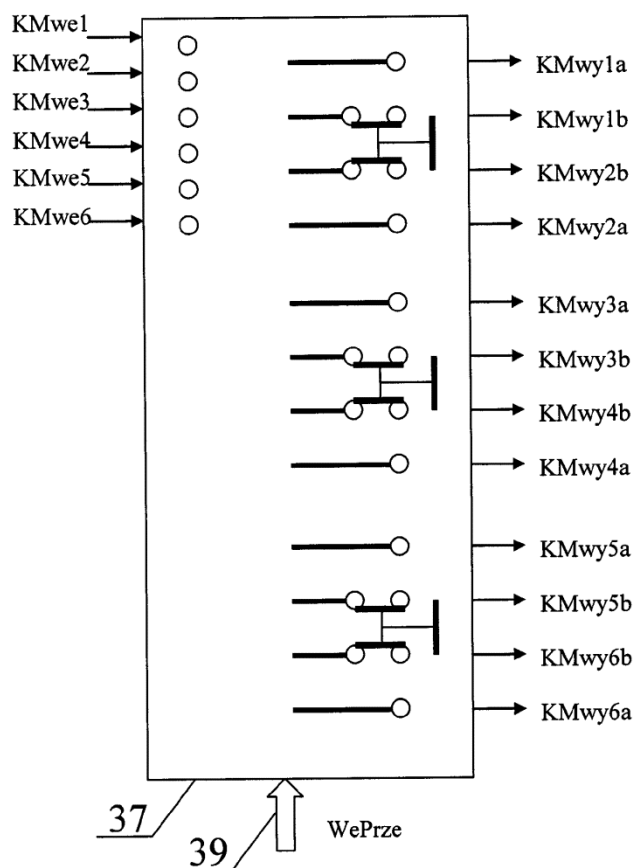


Fig. 13

