

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **233852**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **420144**

(51) Int.Cl.
H02K 21/14 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **09.01.2017**

(54)

Bezkomutatorowy silnik prądu stałego

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

16.07.2018 BUP 15/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.12.2019 WUP 12/19

(73) Uprawniony z patentu:

**SOBOLEWSKA JOANNA PAULINA,
Plewiska, PL
SOBOLEWSKA NATALIA JULIA, Plewiska, PL
SOBOLEWSKI MAREK JULIUSZ, Plewiska, PL
SOBOLEWSKI MICHAŁ AMADEUSZ,
Plewiska, PL
SOBOLEWSKI DARIUSZ STANISŁAW,
Plewiska, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**JOANNA PAULINA SOBOLEWSKA,
Plewiska, PL
NATALIA JULIA SOBOLEWSKA, Plewiska, PL
MAREK JULIUSZ SOBOLEWSKI, Plewiska, PL
MICHAŁ AMADEUSZ SOBOLEWSKI,
Plewiska, PL
DARIUSZ STANISŁAW SOBOLEWSKI,
Plewiska, PL**

PL 233852 B1

Opis wynalazku

Obecny stan techniki, to zgłoszenie patentowe pt. „Bezkomutatorowy silnik elektryczny prądu stałego” zarejestrowane w Urzędzie Patentowym RP pod numerem P.419679, którego autorami są autorzy niniejszego zgłoszenia patentowego.

Zgłoszenie patentowe P.419679 ujawnia konstrukcję bezkomutatorowych silników elektrycznych prądu stałego charakteryzujących się tym, że nie wymagają stosowania komutatorów elektronicznych i falowników.

Ujawniony w silnikach obwód magnetyczny wymaga optymalizacji z uwagi na jego silną zależność od zastosowanych szczelin takich jak szczelina powietrzna pomiędzy nabiegownikami a wirnikiem oraz szczelina wypełniona izolatorem elektrycznym wykonanym z materiałów nieferromagnetycznych pomiędzy nabiegownikami a korpusem stojana silnika – ta szczelina nie została uwidoczniowana na rysunkach w zgłoszeniu patentowym P.419679, ponieważ jest oczywista z uwagi na konieczność izolacji elektrycznej nabiegowników.

Sprawność i właściwości nowego typu silników silnie zależą również od kształtu nabiegowników.

Bezkomutatorowy silnik elektryczny prądu stałego według wynalazku, charakteryzuje się tym, że zbudowany jest z wału mocowanego za pomocą łożysk do elementów stojana, które mocowane są do korpusu stojana wykonanego z ferromagnetyka miękkiego za pomocą śrub, a do pierścienia osadzonego na wale wykonanym z ferromagnetyka miękkiego przymocowano magnesy trwałe namagnesowane promieniowo bądź przymocowano je do wewnętrznych powierzchni pierścienia mocowanego do korpusu stojana wykonanego z ferromagnetyka miękkiego bądź zastąpiono pierścień wraz z magnesami odpowiadającymi im elektromagnesami, do którego to pierścienia przymocowano magnesy trwałe, ..., namagnesowane promieniowo bądź zwiększono średnicę zewnętrzną pierścienia w obszarze osadzenia tych magnesów, przy czym w przypadku zastosowania dwóch serii magnesów zwroty namagnesowania dla serii magnesów są przeciwne do zwrotu namagnesowania dla serii magnesów, natomiast w korpusie stojana osadzono elementy pierścienia wykonane z materiałów nieferromagnetycznych i nie przewodzących prądu elektrycznego, w którego prowadnicach osadzono elementy wykonane z ferromagnetyka miękkiego przewodzącego prąd elektryczny o profilach dwóch połączonych ze sobą wycinków pierścieni, zaokrąglonych na swoich ostrych krawędziach, za pomocą wycinka tarczy uzyskanego cieciami wzdłuż jego promieni, do których to końcówek elementów podłączono źródło zasilania prądu stałego w ten sposób, że prąd płynący przez każdy z elementów ma ten sam zwrot i jest zorientowany osiowo względem wału silnika.

Bezkomutatorowy silnik elektryczny prądu stałego według wynalazku, charakteryzuje się tym, że elementy Fe1, ..., Fe36 łączone są szeregowo przewodem miedzianym w izolacji.

Bezkomutatorowy silnik elektryczny prądu stałego według wynalazku, charakteryzuje się tym, że elementy Fe1, ..., Fe36 łączone są równoległe przewodem miedzianym w izolacji.

Bezkomutatorowy silnik elektryczny prądu stałego według wynalazku, charakteryzuje się tym, że elementy Fe1, ..., Fe36 chłodzone są cieczą przepływającą przez wężyk teflonowy nawinięty na nie osiowo.

Rozwiązanie ma na celu zwiększenie sprawności bezszczotkowych i bezkomutatorowych silników prądu stałego poprzez zastosowanie odpowiednio wyprofilowanych elementów stojana Fe1, ..., Fe36 wykonanych z ferromagnetyka miękkiego oraz elementów pierścienia P3.

Przedmiot wynalazku w przykładach wykonania jest uwidoczniowany na rysunkach, na których przedstawiamy:

Fig. 1–3 Rzuty bezkomutatorowego silnika elektrycznego,

Fig. 4 Rzut bezkomutatorowego silnika elektrycznego z zaznaczonym przekrojem A-A przedstawionym na rysunku Fig. 5,

Fig. 6–8 Rzuty elementów stojana wraz z łożyskami i wałem,

Fig. 9–11 Rzuty elementów pierścienia P3 mocowanego do korpusu stojana St2,

Fig. 12–14 Rzuty elementów pierścienia P4 mocowanych do elementów Fe1, ..., Fe36,

Fig. 15–17 Rzuty wirnika silnika,

Fig. 18 Przekrój poprzeczny elementu stojana St2 w przykładzie realizacji, w której zamiast pierścienia P1 i mocowanych do niego magnesów trwałych Mf1, ..., Mf12 zastosowano elektromagnesy,

Fig. 19 Zasilanie równoległe silnika,

Fig. 20 Zasilanie szeregowe silnika.

Na rysunku fig. 1–3 przedstawiono rzuty bezkomutatorowego silnika prądu stałego, na którym uwidoczniono korpus stojana St2 wykonany z ferromagnetyka miękkiego na przykład ze spracowanych blach elektrotechnicznych odizolowanych od siebie elektrycznie.

W korpusie stojana St2 wyfrezowano otwory o przekroju trapezów, co uwidoczniono symbolicznie na rysunkach fig. 1–3, fig. 4–5 i fig. 6–8 – zastosowano cięcie wzdłuż promieni, co prowadzi do kątów pomiędzy ramionami trapezu a jego podstawami bliskimi kąta prostego.

W przypadku zastosowania blachy elektrotechnicznej do budowy korpusu stojana otwory w kształcie trapezów wycina się laserowo bądź wyrzyna całość przekroju za pomocą kształtki.

W otworach w kształcie trapezów korpusu stojana St2 umieszcza się elementy pierścienia P3 wykonane z materiałów nieferromagnetycznych i nieprzewodzących prądu elektrycznego np. z tworzywa sztucznego.

Grubość pierścienia łączącego wszystkie elementy pierścienia P3 w kształcie litery „T” jest rzędu jednego milimetra i zależy od gabarytów silnika, co oznacza, że w innych przykładach realizacji te elementy pierścienia P3 redukują się do elementów niezależnych stanowiących podkładki pod elementy Fe1,..., Fe36 wykonane z ferromagnetyka miękkiego.

Osadzone elementy pierścienia P3 w korpusie stojana St2 tworzą przewodnice umożliwiające mocowanie do stojana elementów Fe1, ..., Fe36 wykonanych z ferromagnetyka miękkiego o dużej przenikalności magnetycznej i małej rezystywności (np. z żelaza) poprzez wsunięcie ich w te otwory – fig. 1–3 i fig. 9–11.

Elementy Fe1,..., Fe36 mogą być dłuższe od pierścienia P3, co umożliwi ich dodatkowe mocowanie do korpusu stojana St2 za pomocą odizolowanych od nich elektrycznie (np. stosowanie podkładek teflonowych) pierścieni wykonanych z materiałów nieferromagnetycznych mocowanych do korpusu stojana St2, co nie zostało pokazane na rysunkach z uwagi na to, że jest to znane rozwiązanie konstrukcyjne.

Do korpusu stojana St2 mocowane są podstawy stojana wykonane z materiałów nieferromagnetycznych St1 i St3 za pomocą śrub – fig. 1–3.

W podstawach stojana osadzone są łożyska R1 i R2 w tradycyjny sposób np. poprzez nagrzanie podstaw St1 i St2 i umieszczenie schłodzonego łożyska w otworach mocujących – fig. 1–3.

Do korpusu stojana St2 mocowany jest również pierścień P1 wykonany z ferromagnetyka miękkiego za pomocą pióro wpustów fig. 1–3, fig. 4–5, fig. 6–8, przy czym samych pióro wpustów nie przedstawiono na rysunkach z uwagi na różne możliwe konfiguracje silnika w obszarze pierścienia P1.

W innym przykładzie realizacji zamiast pierścienia P1 tworzy się nabiegunki elektromagnesów Eli, ..., Eli2, poprzez wycinanie z blach tworzących korpus stojana St2 blach o przekrojach przedstawionych na rysunku fig. 18. W żłobkach korpusu stojana umieszcza się bezkarkasowe uzwojenia wykonane z przewodnika miedzianego w izolacji Cu1, ...Cu12, które to uzwojenia są podłączone do źródła prądu stałego w ten sposób, że elektromagnesy E11, ..., E112 wytwarzają strumień pola magnetycznego zorientowany promieniowo o tym samym zwrocie – w takim przypadku pierścień P2 wykonany z ferromagnetyka miękkiego może mieć w obszarze elektromagnesów średnicę zewnętrzną powiększoną o grubość magnesów trwałych Mf1, ..., Mf12, które są zbędne w takiej konstrukcji ale mogą pozostać pod warunkiem, że wzmacniają strumień pola magnetycznego elektromagnesów o orientacji promieniowej – należy zwrócić uwagę na zwrot wektora magnetyzacji tych magnesów, który powinien być zgodny ze zwrotem linii sił pola magnetycznego elektromagnesów.

W kolejnym przykładzie realizacji, do wewnętrznych powierzchni pierścienia P1 mocuje się magnesy Mf1, ..., Mf12, co nie zostało przedstawione na rysunkach z uwagi na oczywistość takiego rozwiązania.

Na rysunkach fig. 9–11 przedstawiono pierścień P3 wykonany z materiałów nieferromagnetycznych mocowany do korpusu stojana St2, który izoluje elektrycznie elementy Fe1, ..., Fe36 od korpusu stojana St2.

Na rysunkach fig. 12–14 przedstawiono elementy pierścienia P4 wykonane z materiałów nieferromagnetycznych będących jednocześnie dobrymi izolatorami elektrycznymi np. wykonane z tworzywa sztucznego. Elementy pierścienia P4 mogą być połączone z elementami pierścienia P3 co nie zostało zaznaczone na rysunkach.

Elementy pierścienia P4 oddziałują i izolują od siebie elementy Fe1, ..., Fe36 pozycjonując je symetrycznie wokół osi silnika oraz zapewniając przenoszenie działającego na nie momentu siły na korpus stojana St2 za pośrednictwem elementów pierścienia P3 – fig. 1–3, fig. 4–5, fig. 12–14.

Na rysunkach fig. 15–17 przedstawiono rzuty wirnika stojana zbudowanego z pierścienia P2 wykonanego z ferromagnetyka miękkiego, który jest osadzony na wale silnika O1 za pomocą np. połączenia wpustowego.

Do pierścienia P2 mocuje się dwa rzędy, tworzące pierścienie, magnesów trwałych Mf1, ..., Mf12 i Mi1, ..., Mi12 namagnesowanych promieniowo. Zwrot wektora magnetyzacji dla magnesów z danego pierścienia Mf1, ..., Mf12 i Mi1, ..., Mi12 jest ten sam i zwrócony albo do wewnątrz pierścienia P2 albo na zewnątrz. Ważnym jest, aby zwrot wektora magnetyzacji magnesów Mf1, ..., Mf12 był przeciwny do zwrotu wektora magnetyzacji magnesów Mi1, ..., Mi12 – fig. 15–17.

W innym przykładzie realizacji wirnik silnika nie posiada magnesów trwałych Mi1, ..., Mi12 oraz Mf1, ..., Mf12, ponieważ magnesy Mf1, ..., Mf12 mocuje się do wnętrza pierścienia P1 i rezygnuje całkowicie z zastosowania magnesów Mi1, ..., Mi12 – w takim przypadku należy zwiększyć średnicę zewnętrzną pierścienia P2 w obszarze tych magnesów tak by średnica zewnętrzna wirnika w tym obszarze pozostała niezmieniona. Opisany przykład realizacji umożliwia uzyskanie silników ultra wysoko obrotowych, których jedynym ograniczeniem prędkości obrotowej jest wytrzymałość materiałów, z których zbudowany jest wirnik.

Zasilanie elementów silnika Fe1, ..., Fe36 jest doprowadzone przewodem miedzianym fig. 19 i fig. 20 w izolacji przez otwory technologiczne, które nie są pokazane na rysunkach.

W przypadku równoległego zasilania elementy Fe1, ..., Fe36 łączone są elektrycznie przewodem miedzianym z każdej ze stron a pojedyncze przewody wyprowadzone są na zewnątrz przez Z1 i Z2.

W obszarze otworów technologicznych przewody powinny być umieszczone w pierścieniu wykonanym z ferromagnetyka miękkiego oraz odseparowane szczeliną magnetyczną (można zastosować w tym celu tworzywa sztuczne) od ścianek stojana St2.

W przypadku szeregowego łączenia elementów Fe1, ..., Fe36 należy przewody miedziane łączące pręty wyprowadzać na zewnątrz stojana St2 za pomocą otworów technologicznych, których nie pokazano na rysunkach — fig. 20.

Łączenie przewodów miedzianych z elementami Fe1, ..., Fe36 może być zrealizowane za pośrednictwem elementów miedzianych o przekroju równym przekrojowi poprzecznemu elementów Fe1, ..., Fe36, które z jednej strony zapewniają dobre połączenie z elementami Fe1, ..., Fe36, a z drugiej posiadają końcówki umożliwiające podłączenie przewodu miedzianego o np. kołowym przekroju poprzecznym, którego polew powierzchni może być nawet sześciokrotnie mniejsze od pola powierzchni przekroju jednego z elementów Fek.

Silnik może być chłodzony cieczą. Wystarczy w tym celu opleść osiowo elementy Fe1, ..., Fe36 wężykiem wykonanym z teflonu a końcówki wężyka wyprowadzić na zewnątrz i podłączyć do obiegu cieczy chłodzącej, której obieg wymuszany jest pompą cyrkulacyjną.

W bezkomutatorowym silniku prądu stałego BLDC tworzy się zamknięty obwód magnetyczny zbudowany z elementów ferromagnetycznych Fe1, ..., Fe36 wykonanych z ferromagnetyka miękkiego, szczeliny magnetycznej elementów pierścienia P3, która w przypadku zastosowania tworzyw sztucznych jest równoważna zastosowaniu szczeliny powietrznej o tych samych wymiarach, korpusu stojana St2, pierścienia P1, szczeliny powietrznej pomiędzy pierścieniem P1 a wirnikiem, magnesów trwałych Mf1, ..., Mf12, pierścienia P2, magnesów trwałych Mi1, ..., Mi12 i szczeliny powietrznej pomiędzy wirnikiem silnika a elementami stojana Fe1, ..., Fe36.

Obwód magnetyczny silnika, w którym znajdują się magnesy trwale, wymusza przepływ strumienia pola magnetycznego zorientowanego promieniowo przez elementy Fe1, ..., Fe36, przez które płynie prąd stały w kierunku osiowym. W wyniku przepływu prądu przez elementy stojana Fe1, ..., Fe36 znajdujące się w polu magnetycznym działa na nie siła – powstaje gradient energii potencjalnej. Momenty sił działające na poszczególne pręty Fe1, ..., Fe36 mają tę samą wartość i są tego samego znaku.

Bezpośrednio z zastosowania trzeciej zasady dynamiki wynika, że na wirnik działa moment siły o tej samej wartości lecz przeciwnie skierowany.

Wartość indukcji magnetycznej w prętach Fe1, ..., Fe36 może być większa od 1T nawet w przypadku zastosowania magnesów stałych, ponieważ dochodzi do redukcji przekroju poprzecznego tych elementów, a nadto, zastosowano drugi rząd magnesów stałych Mf1, ..., Mf12.

Wstępne obliczenia dla silników wykazały, że silnik o wymiarach wirnika rzędu 30 mm daje moment siły rzędu 10 Nm przy zasilaniu prądem o wartości 259 A, co można przeliczyć na tradycyjny silnik z 50 zwojami uzwojeń o przekroju 1 mm², w których płynie prąd rzędu 5 A.

Zasilanie elementów Fe1, ..., Fe36 wykonanych na przykład z żelaza jest pokazane na rysunku fig. 19 i fig 20, gdzie oprócz prętów pokazano przewody miedziane w izolacji.

Wybór jednego ze sposobów zasilania silnika jest zależny od tego jakim źródłem prądu stałego dysponujemy. Należy podkreślić, że w przypadku zastosowania silnika w urządzeniach mobilnych zasilanie jest realizowane za pomocą akumulatorów. Nie ma zatem żadnego problemu z zasilaniem silnika dużymi prądami, ponieważ źródło zasilania jest położone bardzo blisko silnika – nie ma zatem dużych strat na przewodach zasilających.

Znacznie większa rezystywność żelaza, z którego są wykonane elementy Fe1, ..., Fe36 w jednym z przykładów realizacji nie jest większą przeszkodą dla konstruktora, ponieważ wystarczy zwiększyć ich przekrój poprzeczny co umożliwia konstrukcja silnika.

Wzrost masy silnika przy zastosowaniu większych przekrojów poprzecznych elementów Fe1, ..., Fe36 nie prowadzi do znaczącego zwiększenia masy silnika w porównaniu z obecnie istniejącymi konstrukcjami, ponieważ w tradycyjnych konstrukcjach masa stojana jest znacząco zwiększona koniecznością budowy żłobków.

Możliwość bezpośredniego chłodzenia cieczą elementów grzejnych silnika Fe1, ..., Fe36 umożliwia zwiększenie jego klasy sprawności, co gwarantuje jego zastosowanie w przemyśle.

Bezkomutatorowy silnik elektryczny znajdzie zastosowanie w konstrukcjach mobilnych zasilanych bateriami akumulatorów bądź ogniwami paliwowymi jak również w kolejnictwie jako silnik trakcyjny.

Zastrzeżenia patentowe

1. Bezkomutatorowy silnik elektryczny prądu stałego zbudowany z wału (O1) mocowanego za pomocą łożysk (R1) i (R2) do elementów stojana (St1) i (St3), które mocowane są do korpusu stojana (St2) wykonanego z ferromagnetyka miękkiego za pomocą śrub, **znamienny tym**, że do pierścienia (P2) osadzonego na wale (O1) wykonanym z ferromagnetyka miękkiego są przymocowane magnesy trwałe (Mf1),..., (Mf12) namagnesowane promieniowo bądź są przymocowane do wewnętrznych powierzchni pierścienia (P1) wykonanego z ferromagnetyka miękkiego bądź zastąpiono pierścień (P1) wraz z magnesami (Mf1),..., (Mf12) odpowiadającymi im elektromagnesami (E1), ..., (E112), do którego to pierścienia (P2) są przymocowane magnesy trwałe (Mi1),..., Mi12) namagnesowane promieniowo bądź zwiększono średnicę zewnętrzną pierścienia (P2) w obszarze osadzenia tych magnesów, przy czym w przypadku zastosowania dwóch serii magnesów zwroty namagnesowania dla serii magnesów (Mf1),..., (Mf12) są przeciwne do zwrotu namagnesowania dla serii magnesów (Mi1), ..., (Mi12), natomiast w korpusie stojana (St2) są osadzone elementy pierścienia (P3) wykonane z materiałów nieferromagnetycznych i nie przewodzących prądu elektrycznego, w którego prowadnicach są osadzone elementy (Fe1), ..(Fe36) wykonane z ferromagnetyka miękkiego przewodzącego prąd elektryczny o profilach dwóch połączonych ze sobą wycinków pierścieni, zaokrąglonych na swoich ostrych krawędziach, za pomocą wycinka tarczy uzyskanego cieciami wzdłuż jego promieni, do których to końcówek elementów (Fe1), (Fe36) podłączono źródło zasilania prądu stałego w ten sposób, że prąd płynący przez każdy z elementów (Fe1), ..., (Fe36) ma ten sam zwrot i jest zorientowany osiowo względem wału silnika.
2. Bezkomutatorowy silnik elektryczny prądu stałego według zastrz. 1, **znamienny tym**, że elementy (Fe1), ..., (Fe36) łączone są szeregowo przewodem miedzianym w izolacji.
3. Bezkomutatorowy silnik elektryczny prądu stałego według zastrz. 1, **znamienny tym**, że elementy (Fe1), ..., (Fe36) łączone są równolegle przewodem miedzianym w izolacji.
4. Bezkomutatorowy silnik elektryczny prądu stałego według zastrz. 1, **znamienny tym**, że elementy (Fe1), ..., (Fe36) chłodzone są cieczą przepływającą przez wężyk teflonowy nawinięty na nie osiowo.

Rysunki

Fig. 1

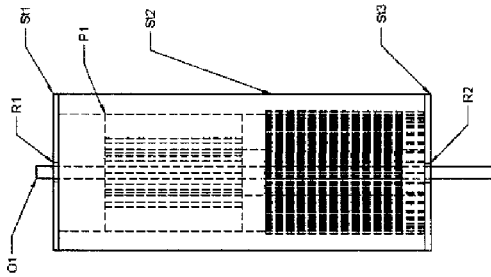
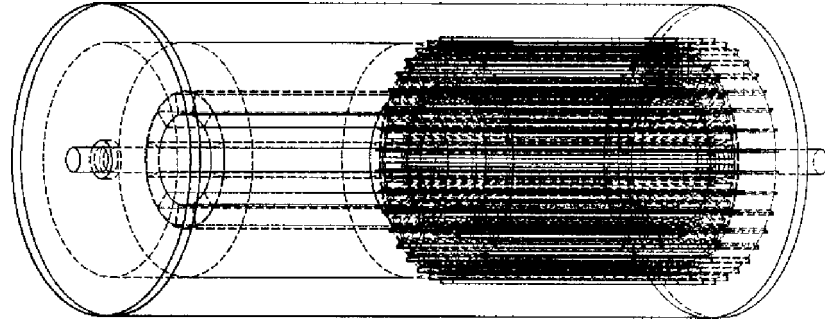
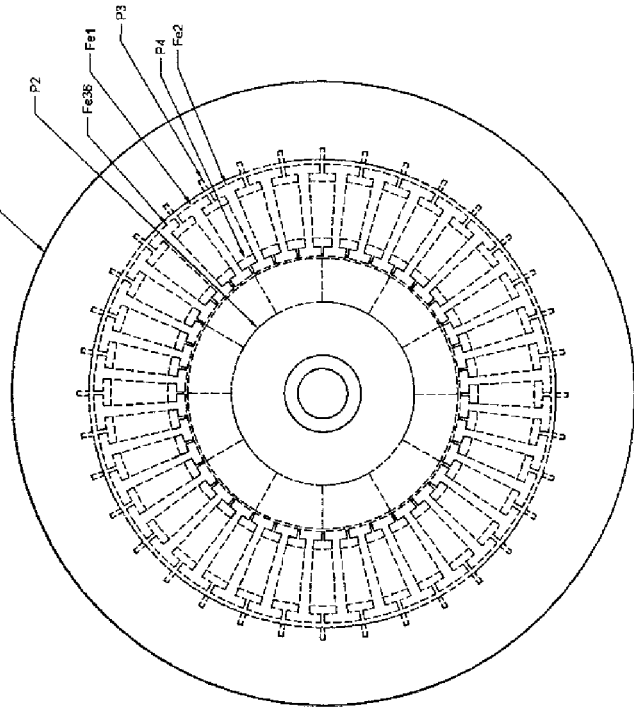


Fig. 2

Fig. 3



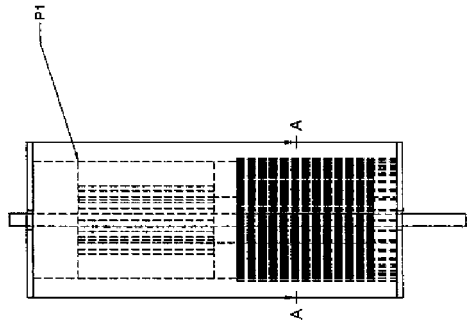


Fig. 4

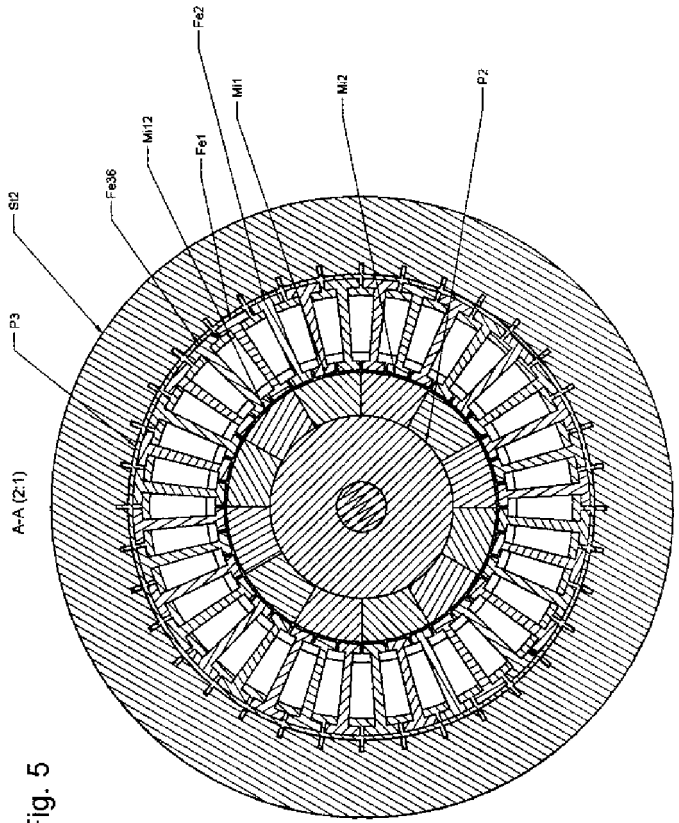


Fig. 5

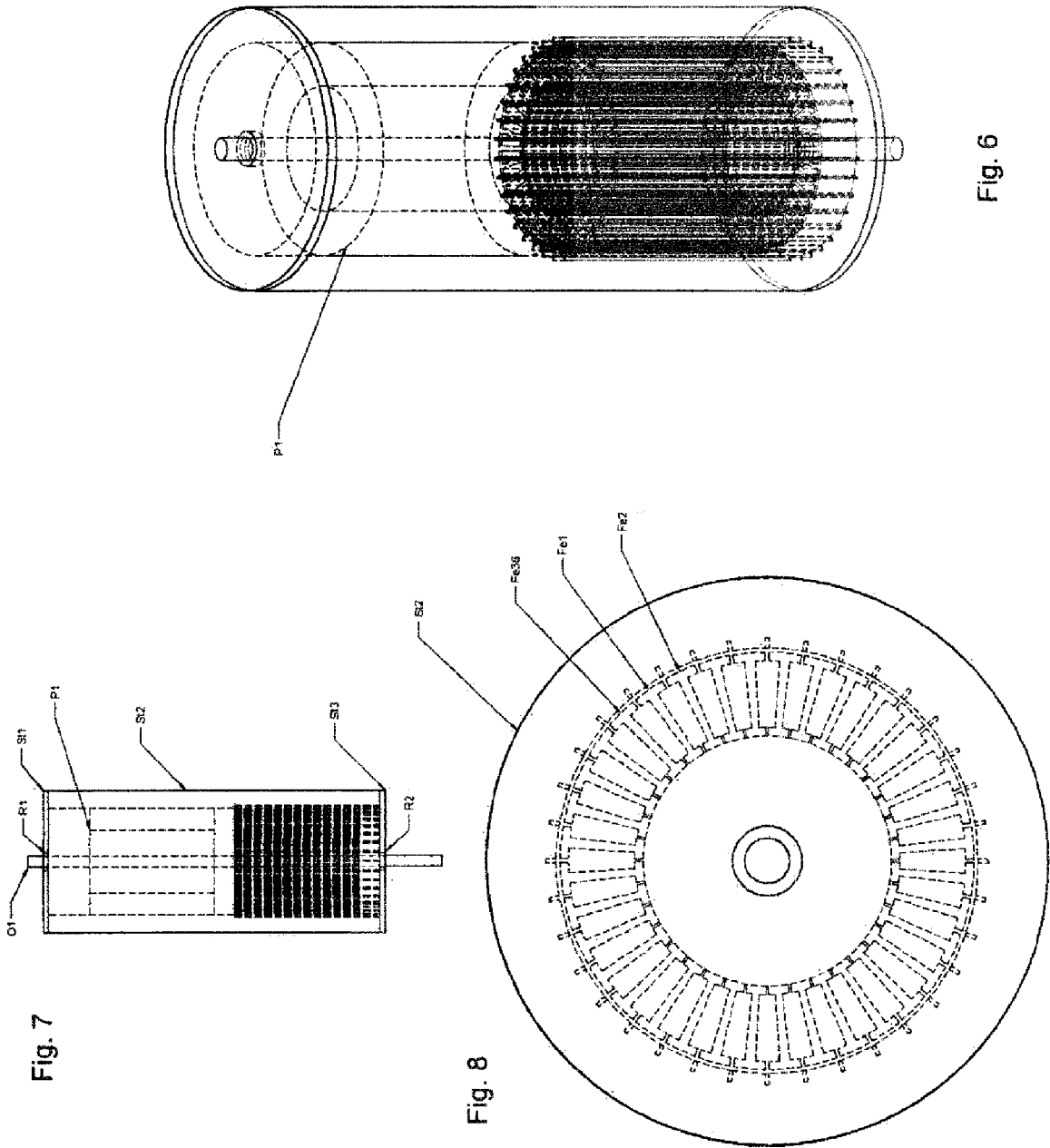


Fig. 7

Fig. 8

Fig. 6

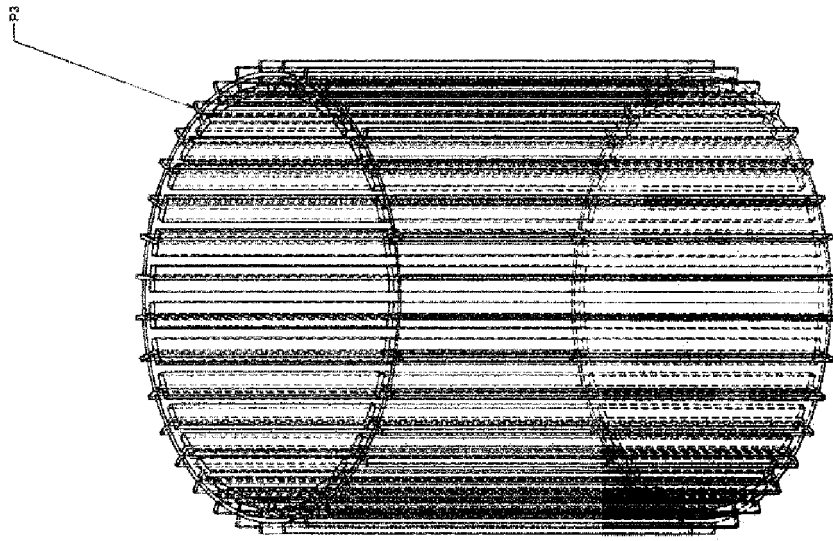


Fig. 9

Fig. 10

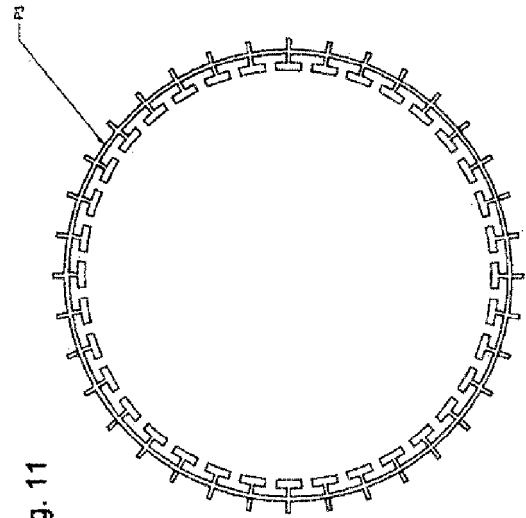
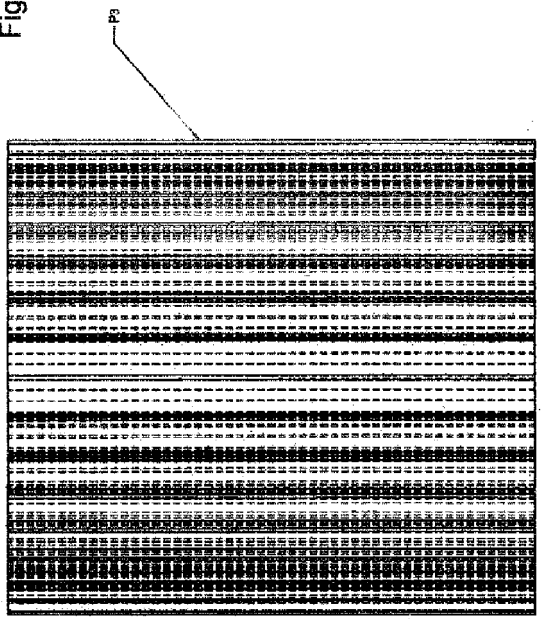


Fig. 11

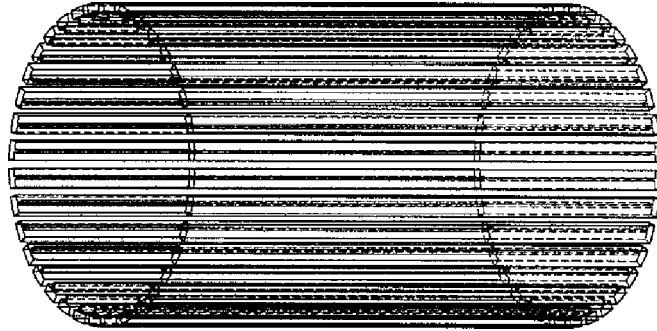


Fig. 12

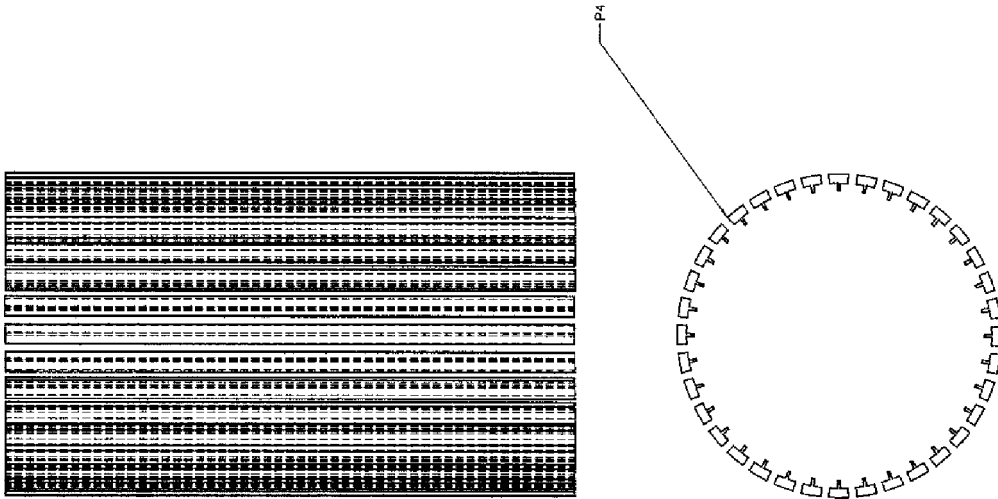


Fig. 13

Fig. 14

Fig. 15

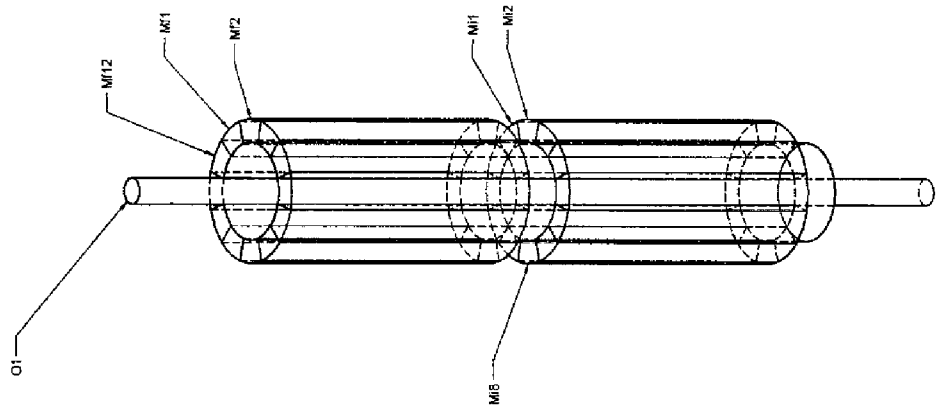


Fig. 16

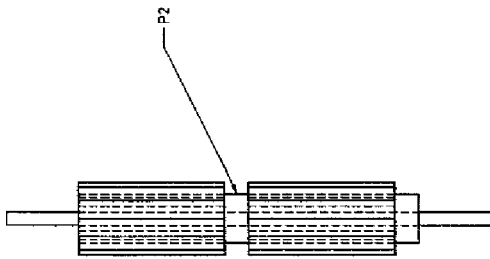
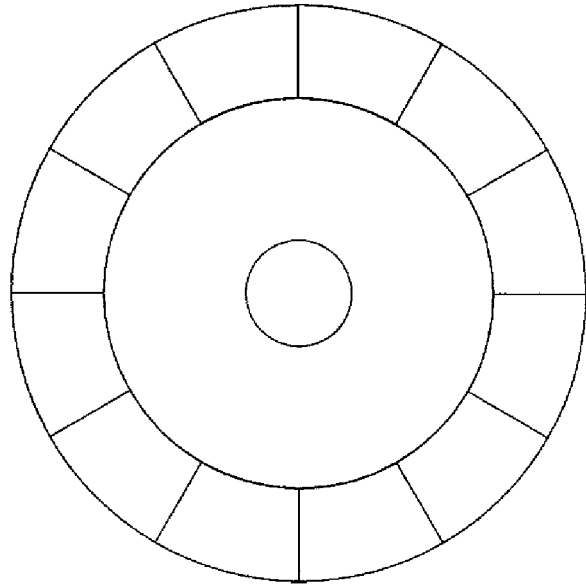


Fig. 17



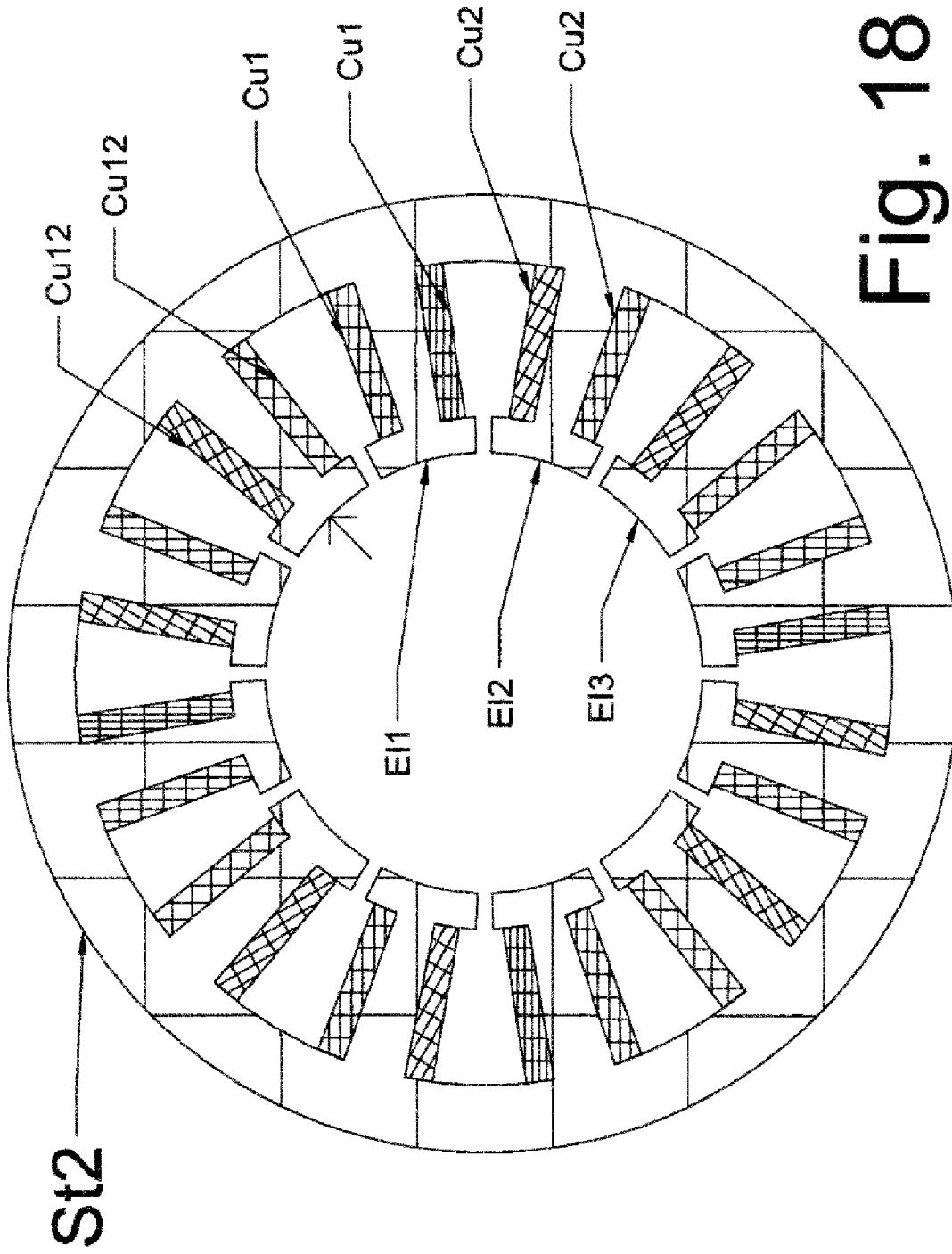


Fig. 18

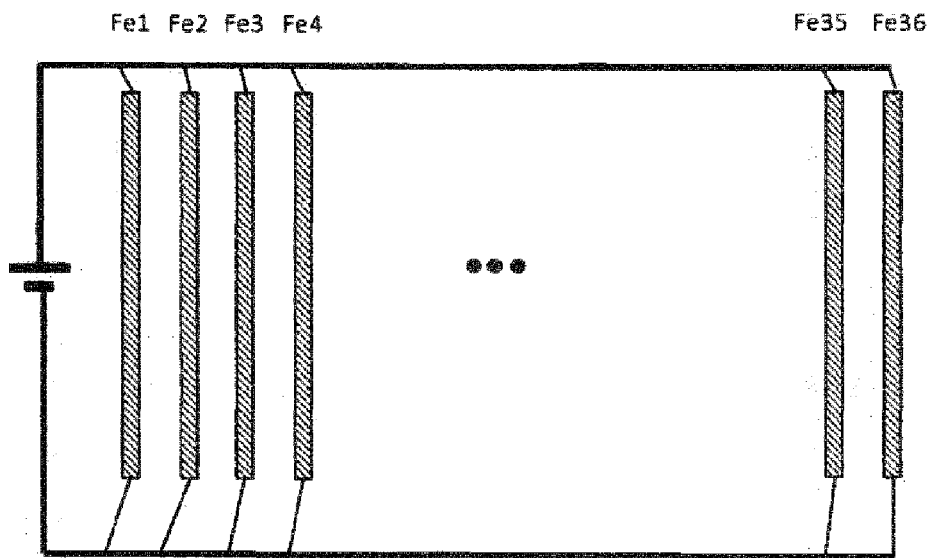


Fig. 19

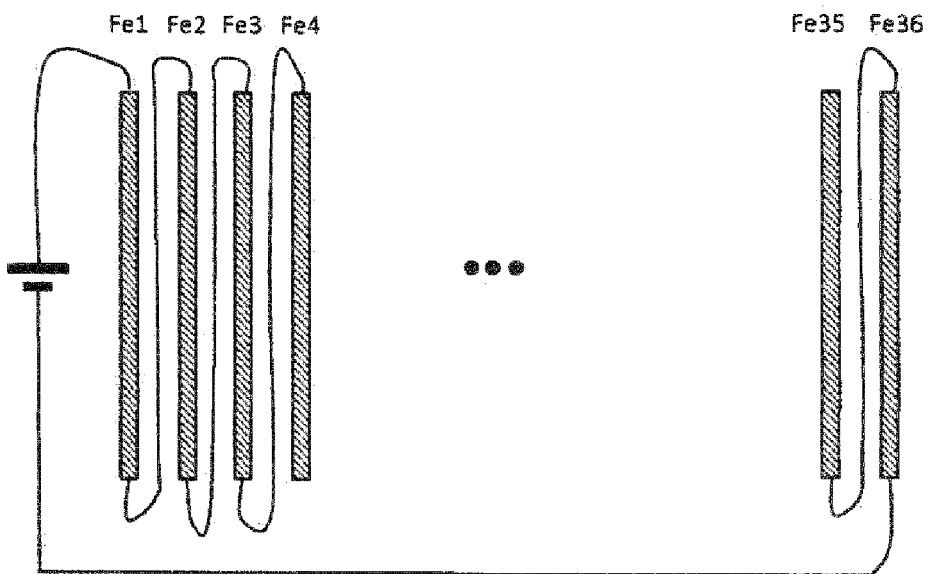


Fig. 20

