

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242551 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **438147**

(22) Data zgłoszenia: **2021.06.14**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.12.20 BUP 38/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.03.13 WUP 11/2023**

(51) MKP:

H02K 16/00 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

F03D 9/25 (2016.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA,
Częstochowa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**MAREK LIS, Częstochowa, PL
ANDRZEJ POPENDA, Częstochowa, PL**

(54) Tytuł:

Generator elektryczny specjalnego wykonania z silnikowym napędem wewnętrznym

PL 242551 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest generator elektryczny specjalnego wykonania z silnikowym napędem wewnętrznym.

Typowa maszyna elektryczna zawiera zespół stojana, który jest konstrukcją stacjonarną, oraz zespół wirnika wraz z wałem napędowym, który porusza się ruchem obrotowym względem zespołu stojana. Stojan konwencjonalnej maszyny prądu przemiennego, indukcyjnej lub synchronicznej, zawiera uzwojenia, podczas gdy wirnik, w zależności od typu maszyny, zawiera magnesy trwałe lub elektromagnesy albo uzwojenia w postaci cewek lub klatki. Znane są również maszyny elektryczne o odwróconych rolach stojana i wirnika, do których należy zaliczyć m.in. konwencjonalne maszyny prądu stałego. Stojan i wirnik maszyny synchronicznej lub indukcyjnej są skonfigurowane do współpracy ze sobą w celu wytwarzania wirującego pola magnetycznego, które indukuje napięcia w uzwojeniach maszyny.

Jedną z wad konwencjonalnych maszyn elektrycznych prądu przemiennego jest to, że napięcie indukowane w uzwojeniach oraz jego częstotliwość są bezpośrednio lub blisko skorelowane z prędkością obrotową wirnika, co oznacza, że w celu zwiększenia wartości napięć indukowanych oraz ich częstotliwości należy stosować maszyny o znacznej prędkości obrotowej, co pociąga za sobą wzrost energii mechanicznej dostarczanej do wału i może przyczynić się do spadku sprawności maszyny elektrycznej. Analogiczne problemy związane z korelacją prędkości obrotowej i napięcia indukowanego dotyczą maszyn prądu stałego. Inną wadą jest to, że sterowanie wysokoobrotowymi maszynami elektrycznymi jest skomplikowane, ponieważ im wyższa prędkość obrotowa, tym bardziej skomplikowana jest jej regulacja i/lub utrzymywanie na stałym poziomie.

Znane są również napędy generatorów elektrycznych, np. turbiny wiatrowe, które charakteryzują się niską prędkością obrotową i w celu jej podwyższenia trzeba stosować przekładnię mechaniczną. Istnieje zatem zapotrzebowanie na maszyny elektryczne, które umożliwiają generowanie napięć o odpowiedniej wartości i częstotliwości przy niskich prędkościach obrotowych.

Oprócz opisanych maszyn jednowirnikowych o zwiększonej prędkości obrotowej znane są również z opisów patentowych dwuwirnikowe maszyny elektryczne np. z DE 10002092, w których występuje efekt zwiększenia napięcia indukowanego w uzwojeniach oraz jego częstotliwości. Są to maszyny napędzane przeciwbieżnie dwiema niezależnymi turbinami np. GB 2447283, DE 19543458 czy w lub przekazujące napęd z wału jednego wirnika na drugi za pośrednictwem przekładni mechanicznej np. w WO 2019142221 i US 2012068472. W drugim rozwiązaniu efekt zwiększenia napięcia indukowanego w uzwojeniach oraz jego częstotliwości osiągnięto poprzez zastosowanie rotacji przeciwnej między przewodnikiem a polem magnetycznym, zwiększając w ten sposób prędkość względną, przy jednoczesnym utrzymaniu niskiej prędkości wału. W związku z tym, poprzez obrót w przeciwnych kierunkach, zwiększono wydajność maszyny ze względu na to, że to samo napięcie wyjściowe jest wytwarzane przy niższej prędkości wejściowej. Wprowadzenie opartego na przekładni mechanicznej zespołu napędowego do generatora dwuwirnikowego o jednym wale napędowym zapewniło uzyskanie większej prędkości względnej obu wirników w porównaniu do prędkości względnej między stojanem a wirnikiem w generatorze konwencjonalnego typu, przy zachowaniu tej samej prędkości obrotowej wału napędowego. Jednocześnie zwiększona prędkość względna wirników w generatorze dwuwirnikowym, przy zachowaniu równoważnego momentu obrotowego na wale generatorów obu typów, zwiększyła moc wyjściową generatora dwuwirnikowego w porównaniu z generatorem konwencjonalnym.

Niniejszy wynalazek pozwala zwiększyć wydajność maszyny w sposób wyłącznie elektryczny, tj. bez potrzeby stosowania podwójnego napędu zewnętrznego lub przekładni mechanicznej. Zastąpienie przekładni mechanicznej napędem elektrycznym skutkuje redukcją niekorzystnych zjawisk związanych z zastosowaniem przekładni mechanicznej, np. luzów czy strat energii w przekładni, szczególnie przy podwyższaniu prędkości.

Ogólnie wiadomo, że zwiększenie napięcia maszyn elektrycznych prądu przemiennego, powiązane z jednoczesnym zwiększeniem częstotliwości, pozwala na uzyskanie większej mocy wyjściowej przy zachowaniu tych samych parametrów konstrukcyjnych obwodu magnetycznego oraz uzwojenia twornika, tj. liczby zwojów i przekroju przewodów, a w rezultacie nie ulegają zmianie wymiary geometryczne maszyny.

Celem wynalazku jest opracowanie takiej konstrukcji generatora elektrycznego specjalnego wykonania z silnikowym napędem wewnętrznym, który będzie miał wyższą wydajność w porównaniu z konwencjonalnymi generatorami prądu przemiennego, polegającej na uzyskaniu wyższych wartości generowanego napięcia i częstotliwości bez konieczności podwyższania prędkości obrotowej wału lub

na uzyskaniu tego samego napięcia i częstotliwości przy niższej prędkości wejściowej, oraz o odmiennym sposobie uzyskania wyższej wydajności niż w generatorach dwuwirnikowych znanych z opisów patentowych.

Istotą wynalazku jest generator elektryczny specjalnego wykonania z silnikowym napędem wewnętrznym charakteryzujący się tym, że na wale z jedną końcówką napędową osadzony jest nieruchomo względem wału wirnik pierwszej struktury prądnicowej (pakietowany rdzeń z uzwojeniem trójfazowym prądnicy pomocniczej), wokół którego nieruchomo względem korpusu generatora elektrycznego umocowany jest cylindrycznie stojan pierwszej struktury prądnicowej (lity rdzeń stojana prądnicy pomocniczej z magnesami trwałymi). Na wale jest również osadzony, nieruchomo względem wału, wirnik, na którym umiejscowiony jest pakietowany rdzeń z uzwojeniem trójfazowym wewnętrznej struktury silnikowej. Wokół wirnika obrotowo względem korpusu generatora elektrycznego zamontowany jest cylindrycznie wirnik, na którym na wewnętrznej powierzchni umiejscowiony jest, w zależności od wariantu, pakietowany rdzeń z uzwojeniem klatkowym (fig. 1) lub lity rdzeń z magnesami trwałymi (fig. 2) wewnętrznej struktury silnikowej, a na zewnętrznej powierzchni wirnika umiejscowiony jest lity rdzeń z magnesami trwałymi 6 drugiej struktury prądnicowej (prądnicy głównej). Wokół wirnika nieruchomo względem korpusu generatora specjalnego wykonania umiejscowiony jest cylindrycznie stojan drugiej struktury prądnicowej (pakietowany rdzeń stojana z trójfazowym uzwojeniem twornika prądnicy głównej), od którego są wyprowadzone poza korpus generatora specjalnego wykonania przewody zasilające. Korzystnie trójfazowe uzwojenie twornika pierwszej struktury prądnicowej (prądnicy pomocniczej) jest połączone elektrycznie poprzez wiązkę przewodów łączących z trójfazowym uzwojeniem wewnętrznej struktury silnikowej, co skutkuje prędkością obrotową wirnika drugiej struktury prądnicowej (lity rdzeń wirnika prądnicy głównej z magnesami trwałymi) będącą sumą prędkości obrotowej wału generatora specjalnego wykonania i własnej prędkości obrotowej struktury silnikowej. Wyższe wartości generowanego napięcia i częstotliwości w porównaniu z konwencjonalnymi generatorami prądu przemiennego uzyskuje się bez podwyższania prędkości obrotowej wału lub liczby biegunów maszyny. Korzystnie posiada jeden wał napędowy oraz dwa wirniki, które obracają się współbieżnie z różnymi prędkościami obrotowymi. Transmisja mocy mechanicznej do drugiego wirnika jest realizowana na drodze elektrycznej, tzn. bez udziału przekładni mechanicznej.

Wynalazek został uwidoczniiony na rysunku na którym fig. 1 przedstawia generator elektryczny specjalnego wykonania z silnikowym napędem wewnętrznym – wariant z silnikiem indukcyjnym, a fig. 2 generator elektryczny specjalnego wykonania z silnikowym napędem wewnętrznym – wariant z silnikiem synchronicznym.

Fig. 1 przedstawia generator, gdzie: 1 – uzwojenie trójfazowe silnika wewnętrznego umieszczone w żłobkach, 2 – uzwojenie klatkowe silnika wewnętrznego, 3 – trójfazowe uzwojenie twornika prądnicy głównej umieszczone w żłobkach, 4 – korpus generatora specjalnego wykonania, 5 – pakietowany rdzeń stojana prądnicy głównej, 6 – magnes trwały przymocowany do wirnika prądnicy głównej, 7 – lity rdzeń wirnika prądnicy głównej, 8 – przewody zasilające, 9 – wirnik prądnicy głównej, 10 – wirnik zespolony z wałem generatora specjalnego wykonania, 11 – wał generatora specjalnego wykonania, 12 – pakietowany rdzeń wirnika prądnicy pomocniczej, 13 – lity rdzeń stojana prądnicy pomocniczej, 14 – pakietowany rdzeń silnika wewnętrznego z uzwojeniem klatkowym, 15 – pakietowany rdzeń silnika wewnętrznego z uzwojeniem trójfazowym, 16 – magnes trwały przymocowany do stojana prądnicy pomocniczej, 17 – trójfazowe uzwojenie wirnika prądnicy pomocniczej, 18 – łożysko wału generatora specjalnego wykonania (drugie łożysko znajduje się po przeciwnej stronie wału), 19 – łożysko wirnika prądnicy głównej (drugie łożysko znajduje się po stronie napędowej generatora specjalnego wykonania), 20 – przewody łączące.

Fig. 2 przedstawia generator, gdzie 2 – magnes trwały silnika wewnętrznego, 14 – lity rdzeń silnika wewnętrznego z magnesami trwałymi, a pozostałe oznaczenia jak na fig. 1.

Generator elektryczny specjalnego wykonania z silnikowym napędem wewnętrznym, będący przedmiotem wynalazku, jest maszyną elektryczną wielostrukturalną o jednym wale, z dwiema strukturami prądnicowymi i jedną strukturą silnikową. Obie struktury prądnicowe są opisane jako, odpowiednio, prądnica główna i prądnica pomocnicza. Istotą wynalazku jest uzyskanie zwiększonej prędkości obrotowej wirnika drugiej struktury prądnicowej w stosunku do zadawanej z zewnątrz prędkości obrotowej wirnika pierwszej struktury prądnicowej. Wynalazek pozwala zatem na uzyskanie wyższych wartości generowanego napięcia i częstotliwości niż w przypadku konwencjonalnych generatorów prądu przemiennego bez konieczności podwyższania prędkości obrotowej wału.

Przykład I

Opisy poszczególnych struktur generatora elektrycznego specjalnego wykonania oraz pól wirujących jak również zależności między prędkościami pola wirującego a częstotliwościami napięć indukowanych w uzwojeniach oparto na literaturze oraz własnej wiedzy autorów. Konstrukcję generatora elektrycznego specjalnego wykonania z silnikowym napędem wewnętrznym – wariant z silnikiem indukcyjnym przedstawiono na fig. 1. Prądnicę główną tworzą pakietowany rdzeń stojana 5 z uzwojeniem trójfazowym 3 osadzony w korpusie 4 oraz lity rdzeń wirnika 7 z magnesami trwałymi 6 osadzony na zewnętrznej powierzchni wirnika 9. Silnik wewnętrzny tworzą pakietowany rdzeń 15 z uzwojeniem trójfazowym 1 osadzony na zewnętrznej powierzchni wirnika 10 zespolonego z wałem 11 oraz pakietowany rdzeń 14 z uzwojeniem klatkowym 2 osadzony na wewnętrznej powierzchni wirnika 9. Prądnicę pomocniczą tworzą pakietowany rdzeń wirnika 12 z uzwojeniem trójfazowym 17 osadzony na wale 11 oraz lity rdzeń stojana 13 z magnesami trwałymi 16 osadzony w korpusie 4 generatora specjalnego wykonania. Wirniki 9 i 10 są zamontowane obrotowo w korpusie 4 poprzez łożyska, odpowiednio, 18 i 19 oraz odpowiadające im łożyska po stronie napędowej generatora specjalnego wykonania.

Pakietowany rdzeń wirnika 12 jest oddzielony szczeliną powietrzną od litego rdzenia stojana 13 z magnesami trwałymi 16. W trójfazowym uzwojeniu 17, poruszającym się ruchem obrotowym w stałym polu magnetycznym wzbudzonym magnesami trwałymi 16, indukują się napięcia o częstotliwości $f_1 = p_1 n_1 / 60$, gdzie n_1 – prędkość obrotowa wału 11 generatora specjalnego wykonania, p_1 – liczba par biegunów prądnicy pomocniczej. Wartość napięcia indukowanego w uzwojeniu 17 jest proporcjonalna do prędkości n_1 . Uzwojenie trójfazowe 17 jest połączone elektrycznie trzema przewodami łączącymi 20 z uzwojeniem trójfazowym 1. Napięcie z uzwojenia trójfazowego 17 jest doprowadzone poprzez te przewody do uzwojenia trójfazowego 1, które wytwarza pole magnetyczne wirujące z prędkością $n_1 + n_{1s}$, gdzie $n_{1s} = 60f_1/p_s$, p_s – liczba par biegunów silnika wewnętrznego. Pakietowany rdzeń 15 z uzwojeniem trójfazowym jest oddzielony szczeliną powietrzną od pakietowanego rdzenia 14 z uzwojeniem klatkowym. Pole wirujące indukuje w prętach klatki 2 napięcia, które wymuszają przepływ prądu w zamkniętym uzwojeniu klatkowym. W wyniku oddziaływania pól magnetycznych powstaje moment elektromagnetyczny, który napędza wirnik 9 z prędkością obrotową $n_1 + n_s$, gdzie n_s – prędkość obrotowa silnika wewnętrznego zależna od momentu elektromagnetycznego zgodnie z charakterystyką mechaniczną silnika. Lity rdzeń 7 z magnesami trwałymi 6 jest zamocowany na zewnętrznej powierzchni wirnika 9 i wiruje z prędkością obrotową $n_1 + n_s$. Jest on oddzielony szczeliną powietrzną od pakietowanego rdzenia 5 stojana prądnicy głównej. W uzwojeniu trójfazowym 3 indukują się napięcia wskutek oddziaływania wirującego pola magnetycznego wzbudzonego magnesami trwałymi 6. Częstotliwość napięcia indukowanego w uzwojeniu 3 wynosi $f_2 = p_2(n_1 + n_s)/60$, gdzie p_2 – liczba par biegunów prądnicy głównej. Ponadto wartość napięcia indukowanego w uzwojeniu 3 jest proporcjonalna do sumy prędkości $n_1 + n_s$.

Przykład II

Konstrukcję generatora elektrycznego specjalnego wykonania z silnikowym napędem wewnętrznym – wariant z silnikiem synchronicznym przedstawiono na fig. 2. Prądnicę główną tworzą pakietowany rdzeń stojana 5 z uzwojeniem trójfazowym 3 osadzony w korpusie 4 oraz lity rdzeń wirnika 7 z magnesami trwałymi 6 osadzony na zewnętrznej powierzchni wirnika 9. Silnik wewnętrzny tworzą pakietowany rdzeń 15 z uzwojeniem trójfazowym 1 osadzony na zewnętrznej powierzchni wirnika 10 zespolonego z wałem 11 oraz lity rdzeń 14 z magnesami trwałymi 2 osadzony na wewnętrznej powierzchni wirnika 9. Prądnicę pomocniczą tworzą pakietowany rdzeń wirnika 12 z uzwojeniem trójfazowym 17 osadzony na wale 11 oraz lity rdzeń stojana 13 z magnesami trwałymi 16 osadzony w korpusie 4 generatora specjalnego wykonania. Wirniki 9 i 10 są zamontowane obrotowo w korpusie 4 poprzez łożyska, odpowiednio, 18 i 19 oraz odpowiadające im łożyska po stronie napędowej generatora specjalnego wykonania.

Pakietowany rdzeń wirnika 12 jest oddzielony szczeliną powietrzną od litego rdzenia stojana 13 z magnesami trwałymi 16. W trójfazowym uzwojeniu 17, poruszającym się ruchem obrotowym w stałym polu magnetycznym wzbudzonym magnesami trwałymi 16, indukują się napięcia o częstotliwości $f_1 = p_1 n_1 / 60$, gdzie n_1 – prędkość obrotowa wału 11 generatora specjalnego wykonania, p_1 – liczba par biegunów prądnicy pomocniczej. Wartość napięcia indukowanego w uzwojeniu 17 jest proporcjonalna do prędkości n_1 . Uzwojenie trójfazowe 17 jest połączone elektrycznie trzema przewodami łączącymi 20 z uzwojeniem trójfazowym 1. Napięcie z uzwojenia trójfazowego 17 jest doprowadzone poprzez te przewody do uzwojenia trójfazowego 1, które wytwarza pole magnetyczne wirujące z prędkością $n_1 + n_{1s}$, gdzie $n_{1s} = 60f_1/p_s$, p_s – liczba par biegunów silnika wewnętrznego. Pakietowany rdzeń 15 z uzwojeniem trójfazowym jest oddzielony szczeliną powietrzną od litego rdzenia 14 z magnesami trwałymi. W wyniku

oddziaływania pól magnetycznych powstaje moment elektromagnetyczny, który napędza wirnik 9 z prędkością obrotową $n_1 + n_{1s}$. Lity rdzeń 7 z magnesami trwałymi 6 jest zamocowany na zewnętrznej powierzchni wirnika 9 i wiruje z prędkością obrotową $n_1 + n_{1s}$. Jest on oddzielony szczeliną powietrzną od pakietowanego rdzenia 5 stojana prądnicy głównej. W uzwojeniu trójfazowym 3 indukują się napięcia wskutek oddziaływania wirującego pola magnetycznego wzbudzonego magnesami trwałymi 6. Częstotliwość napięcia indukowanego w uzwojeniu 3 wynosi $f_2 = p_2(n_1 + n_{1s})/60$, gdzie p_2 – liczba par biegunów prądnicy głównej. Ponadto wartość napięcia indukowanego w uzwojeniu 3 jest proporcjonalna do sumy prędkości $n_1 + n_{1s}$.

Zastrzeżenia patentowe

1. Generator elektryczny specjalnego wykonania z silnikowym napędem wewnętrznym, **znamienny tym**, że:
 - na wale z jedną końcówką napędową 11 osadzony jest nieruchomo względem wału wirnik pierwszej struktury prądnicowej pakietowany rdzeń 12 z uzwojeniem trójfazowym 17 prądnicy pomocniczej, wokół którego nieruchomo względem korpusu generatora elektrycznego 4 umocowany jest cylindrycznie stojan pierwszej struktury prądnicowej lity rdzeń stojana 13 prądnicy pomocniczej z magnesami trwałymi 16,
 - na wale 11 jest również osadzony, nieruchomo względem wału, wirnik 10, na którym umiejscowiony jest pakietowany rdzeń 15 z uzwojeniem trójfazowym 1 wewnętrznej struktury silnikowej,
 - wokół wirnika 10 obrotowo względem korpusu 4 generatora elektrycznego zamontowany jest cylindrycznie wirnik 9, na którym na wewnętrznej powierzchni umiejscowiony jest, w zależności od wariantu, pakietowany rdzeń 14 z uzwojeniem klatkowym 2 lub lity rdzeń 14 z magnesami trwałymi 2 wewnętrznej struktury silnikowej, a na zewnętrznej powierzchni wirnika 9 umiejscowiony jest lity rdzeń 7 z magnesami trwałymi 6 drugiej struktury prądnicowej prądnicy głównej,

a wokół wirnika 9 nieruchomo względem korpusu 4 generatora specjalnego wykonania umiejscowiony jest cylindrycznie stojan drugiej struktury prądnicowej pakietowany rdzeń stojana 5 z trójfazowym uzwojeniem twornika 3 prądnicy głównej, od którego są wyprowadzone poza korpus 4 generatora specjalnego wykonania przewody zasilające 8.
2. Generator wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że trójfazowe uzwojenie twornika 17 pierwszej struktury prądnicowej (prądnicy pomocniczej) jest połączone elektrycznie poprzez wiązkę przewodów łączących 20 z trójfazowym uzwojeniem 1 wewnętrznej struktury silnikowej, co skutkuje prędkością obrotową wirnika drugiej struktury prądnicowej (lity rdzeń wirnika 7 prądnicy głównej z magnesami trwałymi 6) będącą sumą prędkości obrotowej wału generatora specjalnego wykonania 11 i własnej prędkości obrotowej struktury silnikowej.
3. Generator wg zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że posiada jeden wał napędowy oraz dwa wirniki, które obracają się współbieżnie z różnymi prędkościami obrotowymi.

Rysunki

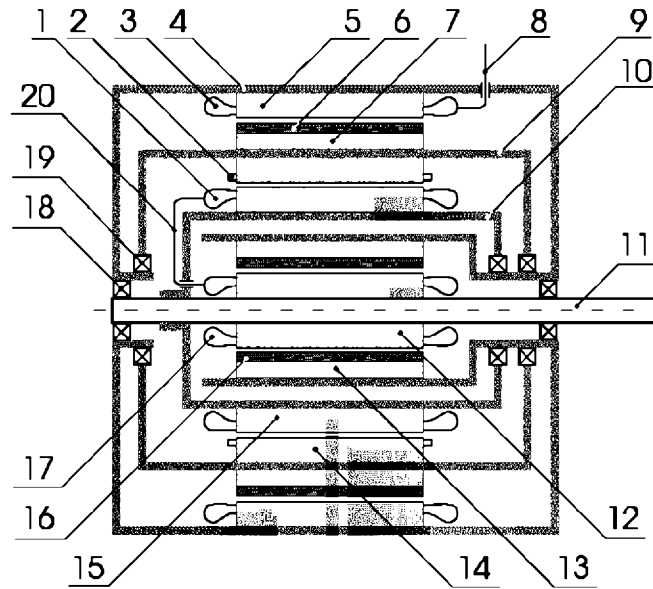


Fig. 1

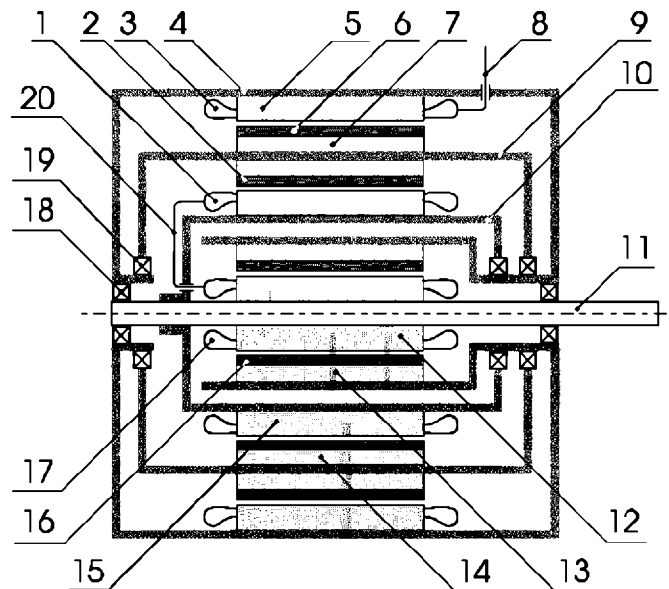


Fig. 2