

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245742 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **436791**

(22) Data zgłoszenia: **2021.01.27**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.08.01 BUP 31/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.10.07 WUP 41/2024**

(51) MKP:

H02K 47/20 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
BRYLIŃSKI DARIUSZ, Wołomin, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
DARIUSZ BRYLIŃSKI, Wołomin, PL

(54) Tytuł:

Elektryczna maszyna hybrydowa

PL 245742 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest maszyn hybrydowa, złożona z dwóch elektrycznych, synchronicznych maszyn elektrycznych: prądnicy i silnika.

Znane są zespoły elektromaszynowe złożone z synchronicznej prądnicy i synchronicznego silnika. Stosowane są do napędu jednostek pływających – wał elektryczny. Prądnicę napędza silnik spalinyowy a energię elektryczną z prądnicy kieruje się przez połączenie elektryczne na silnik elektryczny napędzający śrubę okrętową. Maszyny składowe wału elektrycznego połączone są tylko elektrycznie.

Inne znane zespoły elektromaszynowe mają zastosowanie w spawalnictwie. Trzyfazowy silnik elektryczny napędza prądnicę której charakterystyka dopasowana jest do zasilania łuku spawalniczego. W tym wypadku wirniki prądnicy i silnika napędowego umieszczone są na wspólnym wale. Mają połączenie mechaniczne, bez połączenia elektrycznego. Sprawność tradycyjnych zespołów elektromaszynowych równa jest iloczynowi sprawności maszyn składowych, prądnicy i silnika i jest mniejsza od sprawności poszczególnych elektrycznych maszyn składowych. Wszystkie znane sposoby przetwarzania energii w zespołach elektromaszynowych polegają na współpracy maszyn odwracalnych.

Znany jest synchroniczny silnik elektryczny, opisany w zgłoszeniu patentowym nr P.430710. Charakteryzuje się tym, że nie wytwarza, w przeciwieństwie do tradycyjnych silników, indukowanej siły elektromotorycznej rotacji SEM. Jest on zasilany prądem przemiennym przez przetwornik DC/AC sterowany położeniem wirnika. Częstotliwość napięcia zasilającego, podanego na silnik jest ściśle zależna (wprost proporcjonalnie) od prędkości obrotowej wału. Prąd płynący przez uzwojenie twornika takiego silnika jest ilorazem napięcia zasilającego i impedancji uzwojenia twornika tak samo w pracy jałowej jak i pod obciążeniem. Silnik ten jest maszyną nie odwracalną i zasilany jest tylko energią bierną jeśli można pominąć rezystancję uzwojenia twornika, straty mechaniczne i magnetyczne (prądy wirowe i straty z histerezy), w obwodzie elektrycznym zachowuje się jak dławik. Dla źródła zasilającego jest obciążeniem indukcyjnym.

Znana jest również elektryczna, synchroniczna maszyna odwracalna o odwrotnym, w stosunku do tradycyjnej maszyny, kierunku indukowanej siły elektromotorycznej rotacji SEM. Opisana jest w zgłoszeniu patentowym nr P.425324. Maszyna ta w pracy prądnicowej, generatorowej, charakteryzuje się tym, że w stanie zwarcia, przy największym prądzie twornika, potrzebny mechaniczny moment napędowy jest tylko trochę większy (rezystancja uzwojenia) od momentu napędowego w stanie pracy jałowej a każde obciążenie indukcyjne, podłączone do zacisków prądnicy, powoduje zmniejszenie tego momentu. Moment napędowy zwiększa się aby pokryć straty związane z przepływem prądu zwarcia. Prądnica synchroniczna w stanie zwarcia wytwarza tylko energię bierną przy założeniu, że rezystancja uzwojenia i pozostałe straty są równe zero.

Elektryczna maszyna hybrydowa charakteryzuje się tym, że maszyny składowe: sekcja prądnicowa i sekcja silnikowa, mają po dwie koncentryczne magneśnice, dwie koncentryczne szczeliny powietrzne i elektrycznie połączone w obwód zamknięty uzwojenia tworników przy czym wirniki obu maszyn osadzone są na wspólnym wale.

Ponad to, osie biegunów magnetycznych magneśnic maszyn składowych lub osie biegunów magnetycznych tworników sekcji składowych przesunięte są względem siebie o elektryczny kąt środkowy $\pi/2$.

Dodatkową cechą charakterystyczną elektrycznej maszyny hybrydowej jest wzbudzenie sekcji prądnicowej prądem stałym.

Maszyna hybrydowa według wynalazku jest pokazana w pół przekroju podłużnym na Fig. 1, a na Fig. 2 widać przekroje poprzeczne sekcji silnikowej i sekcji prądnicowej maszyny w wersji bez rdzenia. Na Fig. 3 pokazane są te same przekroje maszyny w wersji z twornikami wyposażonymi w rdzenie ferromagnetyczne a na Fig. 4 wspólne uzwojenie klatkowe sekcji silnikowej i sekcji prądnicowej na tle wzbudnic wewnętrznych i przebiegi generowanego prądu i napięcia w klatkach. Fig. 5 przedstawia elektromagnetyczne wzbudzenie sekcji prądnicowej. Na Fig. 6 pokazany jest inny wariant kształtowania połączonych uzwojeń sekcji prądnicowej i silnikowej a na Fig. 7 wersja z innym rozstawem biegunów magnetycznych tworników i związaną z tym, większą liczbą par biegunów magnetycznych na magneśnicach.

Maszyna hybrydowa, według wynalazku, pokazana jest w pół przekroju podłużnym na Fig. 1. Zamknięta jest w korpusie 4 w którego skład wchodzi tuleje: wewnętrzna 19 i zewnętrzna 20. Korpus maszyny wykonany jest z materiału ferromagnetycznego. Tuleja wewnętrzna 19 zamknięta jest elementem 18 a zewnętrzna 20 dekletem 5 zawierającym łożysko 7 wału 6. Maszyna hybrydowa składa się

z sekcji prądnicowej 2 i sekcji silnikowej 3. Obie maszyny: sekcja prądnicowa 2 i sekcja silnikowa 3 mają wspólny twornik 17. Wał 6 wirnika maszyny hybrydowej mający oś obrotu 1, pracuje na łożyskach 7 i 8. Na wale 6 umieszczony jest wspólny twornik 17 zawierający uzwojenia 25 i 26 tworników sekcji prądnicowej 2 i silnikowej 3. Na tulei wewnętrznej 19 osadzona jest magneśnica wewnętrzna 9 sekcji prądnicowej 2 z magnesami 21 i magneśnica wewnętrzna 11 sekcji silnikowej 3 z magnesami 23 a na tulei zewnętrznej magneśnica zewnętrzna 10 sekcji prądnicowej 2 z magnesami 22 i magneśnica zewnętrzna 12 sekcji silnikowej 3 z magnesami 24. W przestrzeni między magneśnicami wewnętrznymi 9 i 11 oraz-zewnętrznymi 10 i 12 znajduje się wspólny, dla sekcji prądnicowej 2 i sekcji silnikowej 3 twornik 17. Oddzielony jest od magneśnic 9 i 10 sekcji prądnicowej 2 szczelinami powietrznymi 13 i 14 a od magneśnic 11 i 12 sekcji silnikowej 3 szczelinami powietrznymi 15 i 16. Wewnętrzną budowę wspólnego twornika 17, magneśnic 9, 10 sekcji prądnicowej 2 i magneśnic 11, 12 sekcji silnikowej 3 pokazuje Fig. 2. Są to przekroje poprzeczne maszyny w rozwiniętym przekroju B-B sekcji silnikowej 3 i przekroju A-A sekcji prądnicowej 2 z linią rozcięcia 30. Na Fig. 2 przedstawiona jest wersja maszyny hybrydowej z bez rdzeniowym twornikiem 17. Magneśnice sekcji prądnicowej 2 składają się z magnesów trwałych 21 i 22 namagnesowanych w kierunku promieniowym i ułożonych biegunami przemiennie. Magnesy te umieszczone są na tulei wewnętrznej 19 i zewnętrznej 20 korpusu 4 maszyny. Twornik 17 sekcji prądnicowej 2 ma uzwojenie klatkowe 25. Elektryczny kąt środkowy 28 między bokami uzwojenia 25 sekcji prądnicowej 2 wynosi 3π a kąt środkowy 29 między bokami uzwojenia 26 sekcji silnikowej 3 wynosi 2π . Magnesy stałe 23 i 24 wzbudnic wewnętrznej 11 i zewnętrznej 12 sekcji silnikowej 3 ułożone są na tulejach wewnętrznej 19 i zewnętrznej 20 korpusu 4 maszyny tak samo jak w sekcji prądnicowej 2 ale przesunięte są o elektryczny kąt środkowy 27 wynoszący $\pi/2$. Przesunięcie o kąt 27, wynoszące $\pi/2$, osi biegunów magnetycznych magneśnic lub osi biegunów magnetycznych tworników obu sekcji służy synchronizacji momentu wystąpienia maksymalnego prądu w tworniku sekcji prądnicowej 2 z najlepszym, optymalnym, położeniem biegunów magnetycznych twornika względem biegunów magnetycznych magneśnic 11 i 12 sekcji silnikowej 3. Wtedy moment mechaniczny wytworzony przez sekcję silnikową 3 jest maksymalny a połączone uzwojenia 25 i 26 sekcji silnikowej 3 i prądnicowej 2 są symetryczne. W innym wariantcie wykonania pokazanym na Fig. 6, przy braku przesunięcia o kąt 27 między biegunami magnetycznymi magneśnic 14 i 12. oraz 9 i 10 sekcji silnikowej 3 i prądnicowej 2, połączone uzwojenia 25 i 26 są nie symetryczne. Natomiast przesunięcie kątowe między osiami uzwojeń 25 i 26 sekcji silnikowej 3 i prądnicowej 2 jest takie samo jak kąt 27 między magneśnicami sekcji silnikowej 3 i prądnicowej 2 z Fig. 2 i wynosi $\pi/2$. Wariant bez przesunięcia biegunów magnetycznych magneśnic sekcji prądnicowej 2 i silnikowej 3 i nie symetrycznym, połączonym uzwojeniem sekcji prądnicowej 2 i silnikowej 3 pokazuje Fig. 6. Elektryczny kąt środkowy 29 między bokami uzwojenia 26 twornika 17 sekcji silnikowej 3 wynosi 2π a kąt środkowy 28 między bokami uzwojenia 25 twornika 17 wynosi 3π . Drugi przykład wykonania maszyny, w wersji z twornikiem 17 zawierającym rdzenie ferromagnetyczne 31 w sekcji prądnicowej 2 i rdzenie ferromagnetyczne 32 w sekcji silnikowej 3 widać na Fig. 3. Połączenia elektryczne między uzwojeniami 25 sekcji prądnicowej 2 i uzwojeniami 26 sekcji silnikowej 3 pokazuje Fig. 4. Widać na nim również przebiegi czasowe indukowanej SEM w uzwojeniu 25 sekcji prądnicowej 2 i prądu 1. Każde uzwojenie 25 sekcji prądnicowej 2 połączona jest z uzwojeniem 26 sekcji silnikowej 3. Prąd I opóźniony jest w stosunku do napięcia indukowanego SEM w sekcji prądnicowej 2 o kąt elektryczny równy $\pi/2$ przy założeniu, że można pominąć wpływ sumy rezystancji uzwojeń twornika 17 lub obroty są odpowiednio duże. Prąd w uzwojeniu twornika 17 jest wprost proporcjonalny do strumienia wzbudzającego w sekcji prądnicowej 2 a odwrotnie proporcjonalny do indukcyjności uzwojenia twornika 17. Na Fig. 5 widać przykład wykonania sekcji prądnicowej 2 w wersji z wzbudzeniem elektromagnetycznym. Zastosowanie tego rozwiązania umożliwia regulację prądu wzbudzenia sekcji prądnicowej 2 i mocy maszyny hybrydowej. Zamiast magnesów 21 i 22 wzbudzających w sekcji prądnicowej 2 zastosowane są dwa magnetowody 33 i 34 z uzwojeniami 35 i 36 przedstawionymi schematycznie. Uzwojenia 35 i 36 zasilane są prądem stałym z regulacją prądu. Położenie biegunów magnetowodu wewnętrznego 33 i zewnętrznego 34 powinno odpowiadać położeniu biegunów wzbudzenia sekcji prądnicowej 2 w wersji z magnesami trwałymi z Fig. 2.

Działanie maszyny hybrydowej, zaczyna się od wprawienia w ruch obrotowy wału 6 wirnika zewnętrznym impulsem mechanicznym. Działanie maszyny będzie opisane przy założeniu, że straty mechaniczne, elektryczne i magnetyczne są małe i będą pominięte. Ruch uzwojeń 25 i 26 twornika 17 między magneśnicami 9, 11 i 10, 12 powoduje indukowanie siły elektromotorycznej rotacji SEM w uzwojeniu 25 sekcji prądnicowej 2. Napięcie to wymusza przepływ prądu w połączonych oczkach uzwojeń 26 sekcji prądnicowej 2 i silnikowej 3. W uzwojeniu 26 sekcji silnikowej 3, w każdym położeniu względem

magneśnicy 11 i 12, wypadkowy strumień wzbudzenia równy jest zero. Uzwojenie 26 o elektrycznym kącie 29 środkowym 2π obejmuje dwa sąsiednie bieguny magnetyczne magneśnic 11 i 12 o przeciwnych kierunkach namagnesowania i których strumienie znoszą się. Sekcja silnikowa 3 nie wytwarza indukowanej siły elektromotorycznej SEM. Uzwojenie 26 sekcji silnikowej 3 jest czysto indukcyjnym obciążeniem dla uzwojenia 25 sekcji prądnicowej 2. Sekcja silnikowa 3 zachowuje się w obwodzie prądu zmiennego jak dławik. Jego impedancja zależy od częstotliwości prądu (obrotów) płynącego w uzwojeniu 26 twornika 17 a płynący prąd od ilorazu napięcia indukowanego SEM i tej impedancji. Stała wartość prądu twornika 17 oznacza stały moment obrotowy nie zależnie od obrotów (brak SEM). Sekcja silnikowa 3 sterowana jest napięciem zasilającym z sekcji prądnicowej 2. Moment obrotowy wytwarzany przez sekcję silnikową 3 wynika z oddziaływania biegunów magnetycznych magneśnic 11 i 12 silnika 3 ze strumieniem twornika 17 sekcji silnikowej 3. Twornik sekcji silnikowej 3 zasilany jest bezpośrednio z twornika 25 sekcji prądnicowej 2. Pokazuje to Fig. 4 razem z połączeniami elektrycznymi uzwojeń 25 i 26 obu sekcji 2 i 3 maszyny. Poniżej jest wykres prądu płynącego w połączonych uzwojeniach twornika 17 obu sekcji: prądnicowej 2 i silnikowej 3 maszyny hybrydowej. W sąsiednich uzwojeniach maszyny płynie prąd o przeciwnych kierunkach. Zewnętrzny, rozruchowy impuls mechaniczny powinien zapewnić początkową prędkość obrotową wału 6 na tyle dużą aby wpływ rezystancji połączonych uzwojeń 25 i 26 sekcji prądnicowej 2 i sekcji silnikowej 3 można było pominąć. Przy odpowiednio dużych obrotach prąd w połączonych uzwojeniach 25 i 26 sekcji prądnicowej 2 i silnikowej 3 jest stały i równy ilorazowi indukowanej SEM i sumie impedancji uzwojenia 25 sekcji prądnicowej 2 i uzwojenia 26 sekcji silnikowej 3. Stały prąd w połączonych uzwojeniach 25 i 26 oznacza stały i maksymalny moment napędowy sekcji silnikowej 3. Jest on większy od momentu mechanicznego, hamującego, sekcji prądnicowej 2 i wał 6 pozostaje w ruchu. Sekcja prądnicowa 2 nie stawia oporu mechanicznego ponieważ przy każdej wartości prądu twornika 17 sekcji prądnicowej 2 siły obwodowe działające na wirnik znoszą się. Styczna do obwodu wirnika, wypadkowa siła oddziaływania trzech biegunów magneśnic 9 i 10 ze strumieniem twornika 17 równa się zero. Stały i maksymalny moment mechaniczny sekcji silnikowej 3 sprawia, że regulacja wielkości prędkości obrotowej wału 6 jest nie możliwa i celowym jest zastosowanie elektromagnetycznego wzbudzenia sekcji prądnicowej 2. Ten wariant konstrukcji pokazuje Fig. 5. Magnetowody z materiału ferromagnetycznego wzbudnic wewnętrznej 9 i zewnętrznej 10 mają uzwojenia 35 i 36. Regulując prąd wzbudzenia w uzwojeniu 35 i 36 uzyskuje się płynną regulację wytworzonego strumienia głównego a tym samym momentu mechanicznego i obrotów wału 6.

Na Fig. 7 przedstawiony jest inny przykład wykonania uzwojeń 25 i 26 maszyny hybrydowej. Składa się ono z oddzielnych uzwojeń (klatek). Odstęp kątowy między kłatkami wynosi π .

Tak zbudowana maszyna hybrydowa może służyć jako jednostka napędowa. Maszynę hybrydową można wykonać jako jedno i wielofazową.

Zastrzeżenia patentowe

1. Elektryczna maszyna hybrydowa złożona z elektrycznej prądnic synchronicznej i elektrycznego silnika synchronicznego, **znamienna tym**, że prądnic (2) i silnik (3), mają po dwie koncentryczne magneśnice (9), (10) i (11), (12), po dwie koncentryczne szczeliny powietrzne (13), (14) i (15), (16) i elektrycznie połączone w obwód zamknięty uzwojenia (25), (26) tworników a wirniki maszyn składowych prądnic (2) i silnika (3) osadzone są na wspólnym wale (6).
2. Elektryczna maszyna hybrydowa, według zastrzeżenia 1, **znamienna tym**, że bieguny magnetyczne magneśnic lub osie biegunów magnetycznych tworników obu maszyn składowych są przesunięte względem siebie o elektryczny kąt środkowy (27) wynoszący $\pi/2$.

Rysunki

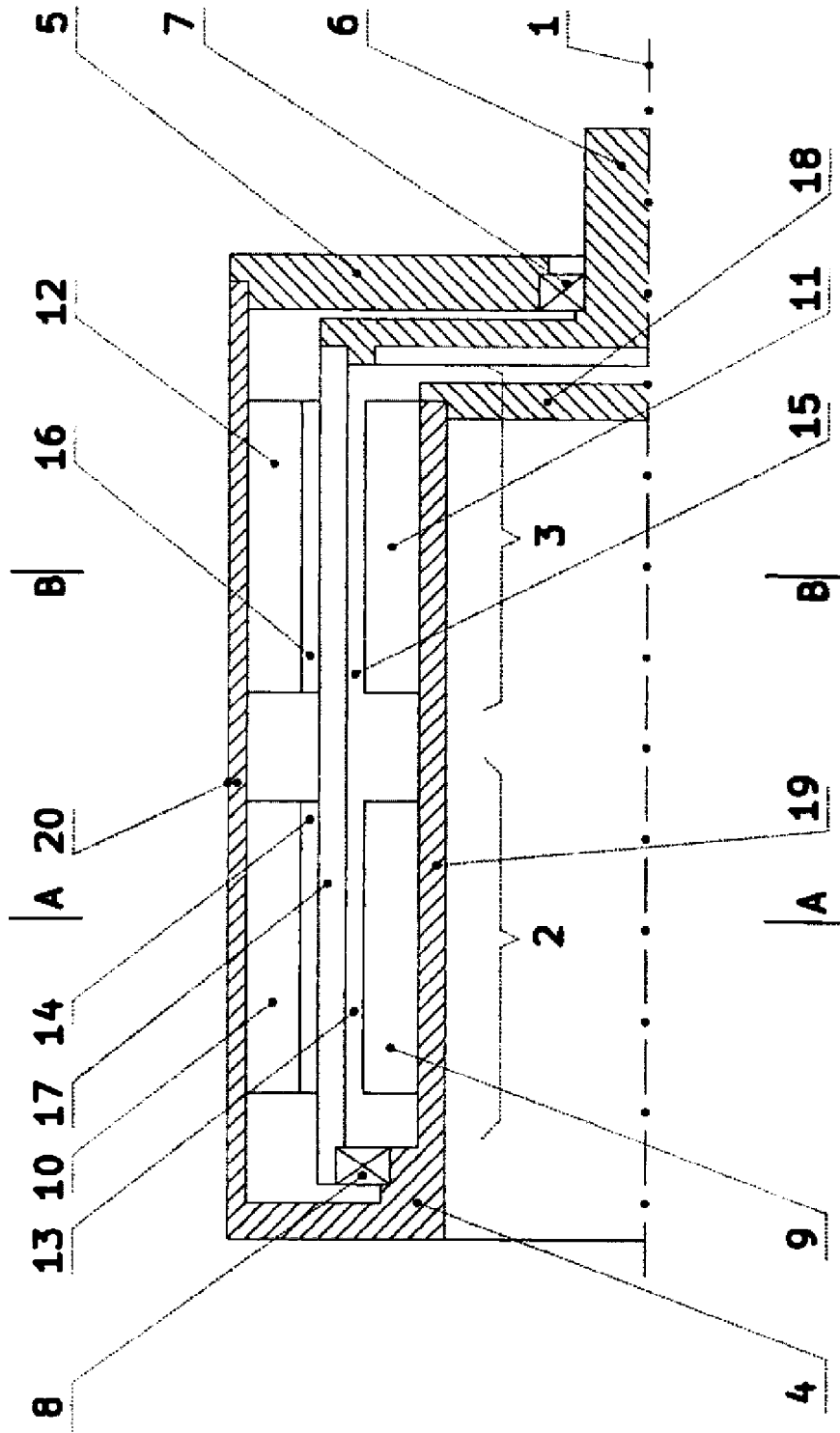


Fig. 1

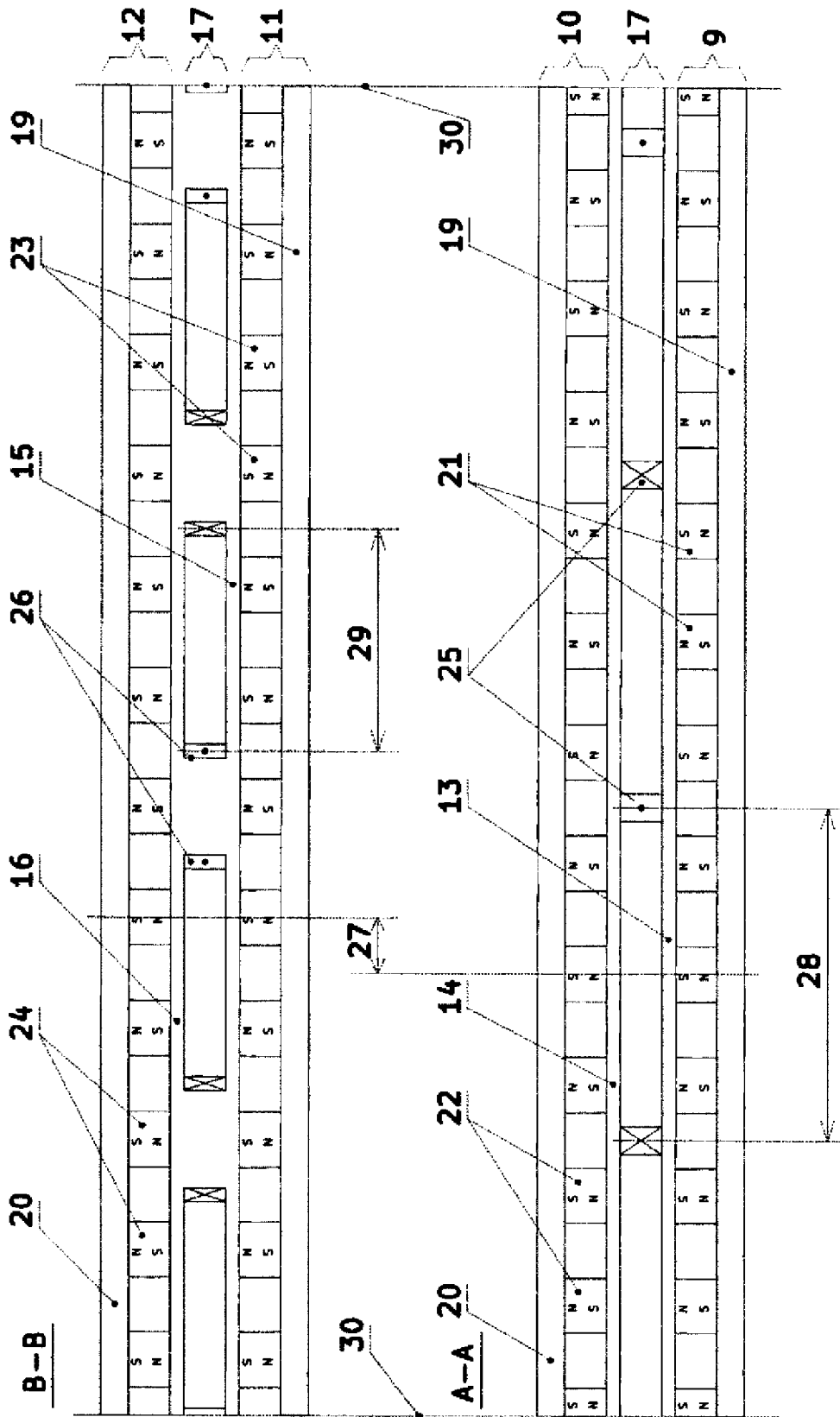


Fig. 2

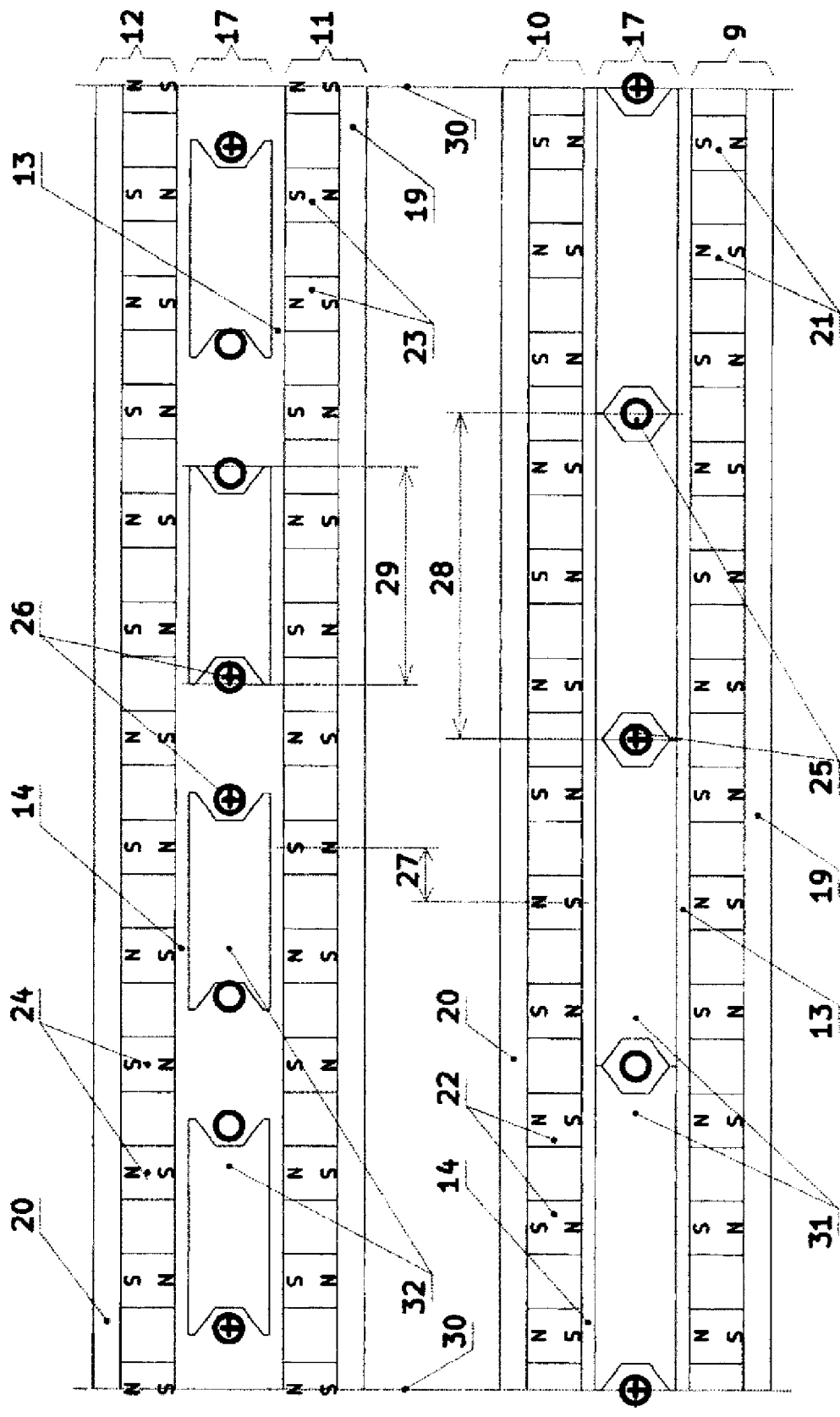


Fig. 3

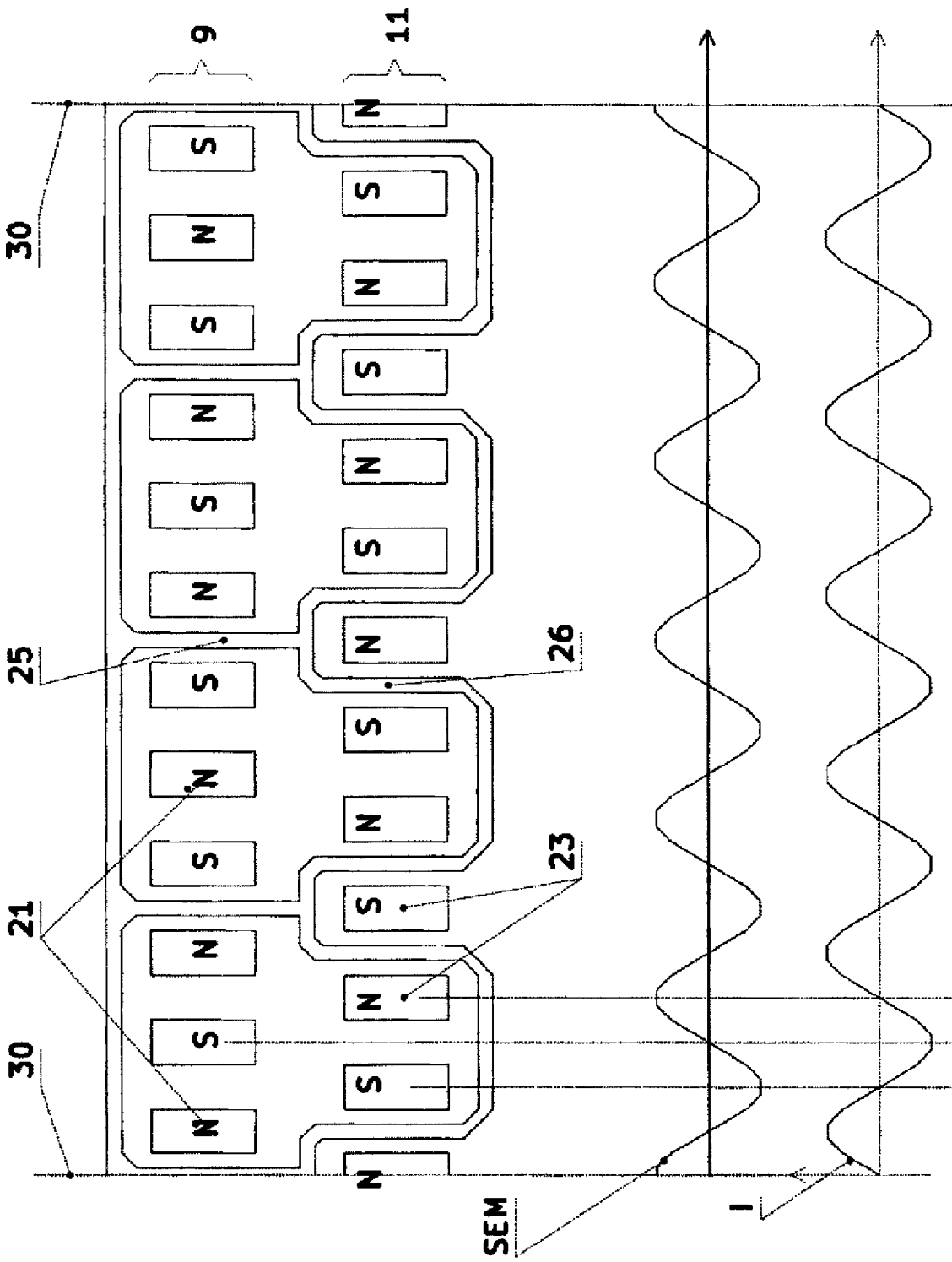


Fig. 4

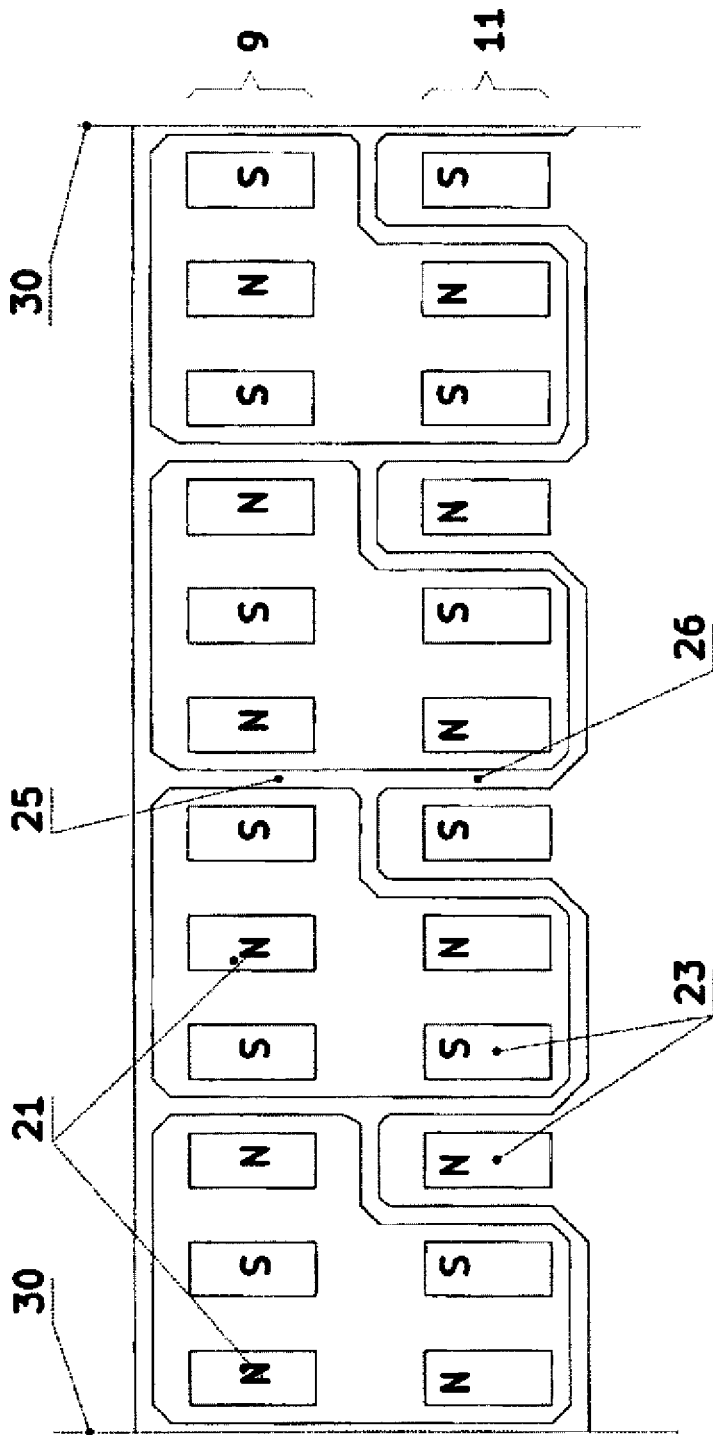


Fig. 6

