

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

49722

Patent dodatko-
wy do patentu: _____

Kl. 21c, 62/01

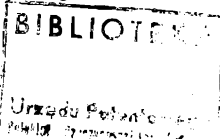
Zgłoszono: 30. V. 1964 (P 104 714)

Pierwszeństwo: _____

MKP H 02 p

UKD

5/46



Opublikowano: 25. X. 1965

Twórca wynalazku: doc. mgr inż. Józef Rabiej

Właściciel patentu: Politechnika Szczecińska (Katedra Maszyn
Elektrycznych), Szczecin (Polska)

Układ napędowy silników prądu stałego i zmiennego w połączeniu równoległym o płynnej regulacji prędkości obrotowej

1

Przedmiotem wynalazku jest elektryczny układ napędowy silnika bocznikowego prądu stałego, zasilanego z sieci prądu trójfazowego poprzez prostownik stykowy i klatkowego silnika indukcyjnego o wirującym stojanie, zasilanego z sieci prądu zmiennego, w celu uzyskania płynnej regulacji prędkości obrotowej o szerokim zakresie, od około 0 do 4500 lub 6000 obr/min w obu kierunkach wirowania.

Regulacja o szerokim zakresie prędkości obrotowej wału napędowego, w wspomnianych granicach, przede wszystkim z osiągnięciem tak wysokiej prędkości obrotowej rzędu 6000 obr/min jako górnej granicy bez pośrednictwa jakichkolwiek przekładni mechanicznej, nastrocza obecnie poważne trudności i prowadzi do skomplikowanych i drogich układów napędowych, złożonych z kilku maszyn elektrycznych. Można tutaj wymienić przykładowo tzw. układ Leonarda, złożony z trzech elektrycznych maszyn głównych, lub układy maszyn prądu stałego lub zmiennego z zastosowaniem przekształtników elektronowych ze sterowaniem siatkowym, które dotychczas budowane są w sposób tradycyjny na zakres regulacji prędkości obrotowej o granicy górnej o wiele niższej, niż proponowany w opisywanym układzie.

Układ napędowy silników prądu stałego i zmiennego w połączeniu równoległym, będący przedmiotem niniejszego wynalazku, przewidziany jest do zastosowania w napędach, wymagających płynnej

2

i szerokiej regulacji prędkości obrotowej z osiągnięciem wysokiej prędkości jako górnej granicy, przy czym jego zastosowanie powoduje uproszczenie urządzeń regulacyjnych i tym samym obniżenie kosztu całości układu. Ponadto, regulacja prędkości obrotowej w przedmiotowym układzie nie powoduje dodatkowych strat mocy i tym samym nie obniża sprawności układu. Wskutek tego opisywany układ napędowy może znaleźć szersze zastosowanie praktyczne.

Przedmiot wynalazku, a mianowicie konstrukcja i zasada działania wymienionego układu napędowego, wyjaśnione są na przykładzie wykonania przedstawionego na rysunku fig. 1 i fig. 2. Układ składa się z dwóch sprzężonych z sobą bezpośrednio maszyn elektrycznych A oraz B, pokazanych na fig. 1 rysunku. Maszyna A jest to silnik bocznikowy prądu stałego, przystosowany do regulacji swojej prędkości obrotowej, za pomocą zmniejszenia natężenia prądu wzbudzenia magnesnicy w granicach od 1500–3000 obr/min. Poza tym, silnik nie różni się od zwykłych silników bocznikowych prądu stałego. Maszyna B jest to klatkowy silnik indukcyjny, trójfazowy, różniący się od normalnych silników klatkowych tym, że jego stojan, czyli twornik 3 osadzony jest na łożyskach i może wirować tak jak jego wirnik 4. Silnik ten posiada dwie pary biegunów magnetycznych, a więc prędkość synchroniczna pola stojana, przy zasilaniu prądem trójfazowym z sieci R, S, I o częstotli-

wości 50 Hz, wynosi 1500 obr/min. Obie maszyny zasilane są równolegle z tej samej sieci normalnego prądu trójfazowego, co pokazane jest schematycznie na fig. 2, przy czym silnik prądu stałego **A** jest zasilany poprzez prostownik stykowy **Pr. 1**, a silnik indukcyjny **B** poprzez pierścienie ślizgowe **Ps** i przełącznik **Pl. 1**, ustawiony w położeniach skrajnych.

Zasada działania układu i sposób regulacji prędkości obrotowej wału napędowego są jak następuje. Silnik prądu stałego **A** posiada regulowaną prędkość obrotową w zakresie od 1500 do 3000 obr/min, natomiast silnik indukcyjny **B** nie posiada w ogóle regulacji prędkości, a pole obrotowe jego stojana wirującego **3** ma stałą prędkość obrotową 1500 obr/min. Obie maszyny **A** i **B** można tak połączyć elektrycznie, że ich obroty będą miały kierunek zgodny lub przeciwny. Połączenia te pokazane schematycznie na fig. 2 rysunku, nie wymagają bliższych wyjaśnień. W przypadku, gdy obie wspomniane maszyny połączone są przeciwsośnie, tzn. ich obroty mają przeciwne kierunki, otrzymuje się zakres regulacji prędkości od około 0 do 1500 obr/min, przy czym regulacja odbywa się przez zmianę natężenia prądu magnesnicy silnika. W przypadku tym moc pobierana jest tylko przez silnik prądu stałego **A** i oddawana jest częściowo poprzez wał silnika **B** maszynie roboczej **MR**, a częściowo zwracana jest na sieć prądu zmiennego poprzez pierścienie ślizgowe **Ps** maszyny **B**, która w tym przypadku pracuje jako prądnica asynchroniczna. Drugi zakres regulacji prędkości w granicach od 1500 do 3000 obr/min, otrzymuje się w przypadku, gdy pracuje tylko silnik prądu stałego **A**. Druga maszyna **B** musi być w tym przypadku odłączona od sieci, a jej stojan obrotowy **3** i wirnik **4** zesprężlone ze sobą, co jest możliwe na drodze mechanicznej lub elektromagnetycznej, przez zasilenie uzwojenia stojana wirującego, tj. twornika **3** prądem stałym, przez co maszyna **B** będzie pracowała teraz w charakterze sprężła elektrodynamicznego. Przełączenie to odbywa się przy pomocy przełącznika **Pl. 1**, pokazanego na rysunku fig. 2, a zasilanie jest zrealizowane prądem stałym, poprzez transformator pomocniczy **Tr** oraz stykowy prostownik pomocniczy **Pr. 2**. Trzeci zakres regulacji prędkości obrotowej w granicach od 3000 do 4500 obr/min otrzymuje się przez połączenie zasobne obu maszyn **A** i **B**, tzn. w przypadku, gdy obie te maszyny są tak połączone, że ich obroty mają ten sam kierunek. Moc pobierana jest wtedy z sieci przez obie maszyny **A** i **B**, pracujące w charakterze silników i oddawana jest wspólnie na wale napędowym maszynie roboczej **MR**. Stosując w stojanie wirującym, tj. w tworniku **3** maszyny indukcyjnej **B**, przełączenie liczby **p** par biegunów magnetycznych z $p=2$ na $p=1$, uzyskuje się jeszcze czwarty zakres regulacji, a mianowicie od 4500 do 6000 obr/min, a to w przypadku połączenia zasobnego obu maszyn **A** i **B**. Wymaga to jednak zwiększenia liczby pierścieni ślizgowych **Ps** do 6-ciu sztuk, co pokazane jest schematycznie na fig. 3 rysunku, przy czym przełączenie to odbywa się za pomocą dodatkowego przełącznika **Pl. 2**. W ten sposób możliwa jest

regulacja prędkości obrotowej w zakresie od ok. 0 do ok. 6000 obr/min z podziałem na cztery podzakresy: 0 do 1500, 1500 do 3000, 3000 do 4500 i 4500 do 6000 obr/min.

Opisany układ napędowy przeznaczony jest zasadniczo do pracy przy stałym momencie. Jego charakterystyki mechaniczne są charakterystykami wypadkowymi obu maszyn składowych i mają charakter podobny jak charakterystyki mechaniczne tych maszyn, a więc w części użytecznej wykazują charakter bocznikowy. Charakterystyki te przedstawione są w postaci wykresów na fig. 4 rysunku. Charakterystyki oznaczone liczbami od 1 do 5, są charakterystykami silnika bocznikowego prądu stałego **A** przy różnym wzbudzeniu jego magnesnicy, dla zakresu regulacji od 1500 do 3000 obr/min, przy czym symbolem M_n — oznaczono moment nominalny, a M_{zw} — moment zwarcia. Krzywe 6 i 7 są charakterystykami maszyny indukcyjnej **B** dla zasobnego i przeciwsobnego biegu tej maszyny (M_{max} — moment maksymalny). Krzywe 1' do 5' są charakterystykami wypadkowymi w przypadku pracy zasobnej obu maszyn składowych, a więc dla zakresu regulacji prędkości od 3000 do 4500 obr/min, a krzywe oznaczone liczbami od 1'' do 5'' są charakterystykami wypadkowymi przy pracy przeciwsobnego obu maszyn składowych, tj. dla zakresu regulacji od 0 do 1500 obr/min. Charakterystyki dla zakresu regulacji od 4500 do 6000 obr/min nie są pokazane na fig. 2 rysunku, lecz mogą być w podobny sposób skonstruowane.

Obie maszyny składowe **A** i **B** mogą być połączone konstrukcyjnie w jedną całość w wspólnej obudowie, tworząc w ten sposób jedną maszynę, którą można nazwać „silnikiem podwójnym prądu stałego i zmiennego”. Jedną z odmian konstrukcyjnych takiego silnika pokazano koncepcyjnie na fig. 5 rysunku w nazwanym tutaj „układzie podłużnym”, gdyż obie maszyny składowe **A** i **B** są umieszczone obok siebie na osi podłużnej. Otrzymamy w ten sposób w wspólnej obudowie; jeden stojan, oznaczony liczbą 1, którym jest magnesnica silnika **A**, oraz dwa wirniki, z których jeden utworzony jest przez sztywne połączenie bezpośrednie twornika 2 silnika **A** i twornika 3 silnika **B**, a drugim wirnikiem jest wirnik 4 silnika **B**.

Silnik posiada dwa podwójne łożyska, umieszczone po obu stronach wału, co ułatwia ich konserwację. Na fig. 6 rysunku pokazana jest koncepcyjnie druga odmiana konstrukcyjna wspomnianego silnika podwójnego, w nazwanym tutaj układzie koncentrycznym, gdyż oba silniki składowe **A** i **B** umieszczone są koncentrycznie jeden w drugim. Również i w tym przypadku otrzymujemy w wspólnej obudowie, jeden stojan 1, wirnik zewnętrzny złożony przez bezpośrednie złączenie twornika 2 maszyny **A** z twornikiem 3 maszyny **B**, oraz wirnik wewnętrzny 4 maszyny **B** osadzony bezpośrednio na wale. Łożyska zgrupowane są tutaj po obu krańcach wału, podobnie jak w poprzednio opisanym odmianie.

W przedstawionym w niniejszym opisie układzie napędowym względnie w silniku podwójnym, przyjęto dla przykładu całkowity zakres regulacji prędkości obrotowej w granicach od 0 do 6000 obr/min z podziałem na wymienione cztery podzakresy. W ogólności, możliwe jednak jest przyjęcie innych podzakresów regulacji, jak również możliwa jest, o ile jest to potrzebne, bez przełączania płynna rewersja obrotów. Ponadto możliwe jest uzyskanie stabilizacji prędkości obrotowej przez zastosowanie do sterowania magnesylnicy silnika składowego A, wzmacniacza magnetycznego lub elektronicznego ze sprzężeniem prędkościowym lub również ze sprzężeniem prądowym.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ napędowy silników prądu stałego i zmiennego w połączeniu równoległym o płynnej regulacji prędkości obrotowej, **znamienny tym**, że posiada bezpośrednio zesprzęglone ze sobą dwa silniki, z których jeden jest silnikiem bocznikowym prądu stałego (A), składającym się z magnesylnicy (1) jako stojana i twornika komutatorowego (2) jako wirnika, zasilanego z normalnej sieci trójfazowej R, S, I poprzez prostownik stykowy (Pr. 1), a drugi silnik jest klatkowym silnikiem indukcyjnym (B), posiadającym trójfazowy twornik wirujący (3), zasilany z tej samej sieci trójfazowej poprzez pierścienie ślizgowe (Ps), a ponadto posiadającym drugi wirnik klatkowy (4), przy czym regulacja prędkości obrotowej odbywa się przez zmianę natężenia prądu w magnesylnicy silnika prądu stałego.
2. Układ napędowy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że twornik wirujący (3) silnika indukcyjnego w zależności od potrzeby posiada uzwojenia o przełączalnej liczbie par biegunów w celu rozszerzenia zakresu regulacji (fig. 3).

3. Układ napędowy według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że silnik indukcyjny (B) przy pomocy przełącznika (Pl. 1) jest przyłączony zasobnie lub przeciwsobnie, a mianowicie tak, że kierunek jego obrotów jest zgodny lub przeciwny do kierunku obrotów silnika prądu stałego (fig. 2).
4. Układ napędowy według zastrz. 1, 2 i 3, **znamienny tym**, że silnik indukcyjny (B) przy pomocy przełącznika (Pl. 1) jest przyłączony do obwodu prądu stałego (Pr. 2) i pracuje w charakterze sprzęgła elektrodynamicznego.
5. Odmiana układu napędowego według zastrz. 1 do 4, **znamienna tym**, że obie maszyny składowe — silnik prądu stałego (A) i silnik indukcyjny (B) złączone są konstrukcyjnie w jedną całość i ułożone obok siebie w osi podłużnej, tworząc jedną maszynę w jednej wspólnej obudowie (fig. 5), przy czym wirujący twornik komutatorowy (2) silnika prądu stałego i wirujący twornik trójfazowy (3) silnika indukcyjnego tworzą konstrukcyjnie integralną całość jako jeden wirnik, podczas gdy drugim wirnikiem maszyny jest wirnik (4) silnika indukcyjnego.
6. Odmiana układu napędowego według zastrz. 1 do 4, **znamienna tym**, że obie maszyny składowe (A i B) złączone są konstrukcyjnie w jedną całość z ułożeniem koncentrycznym, w której silnik indukcyjny (B) wbudowany jest w silnik prądu stałego (A) tworząc jedną maszynę w jednej wspólnej obudowie, przy czym wirujący twornik komutatorowy (2) silnika prądu stałego i wirujący twornik trójfazowy (3) silnika indukcyjnego tworzą konstrukcyjnie jedną całość jako wirnik zewnętrzny, podczas gdy wirnikiem wewnętrznym maszyny jest wirnik (4) silnika indukcyjnego, a maszyna posiada dwa podwójne łożyska umieszczone na obu końcach wału.

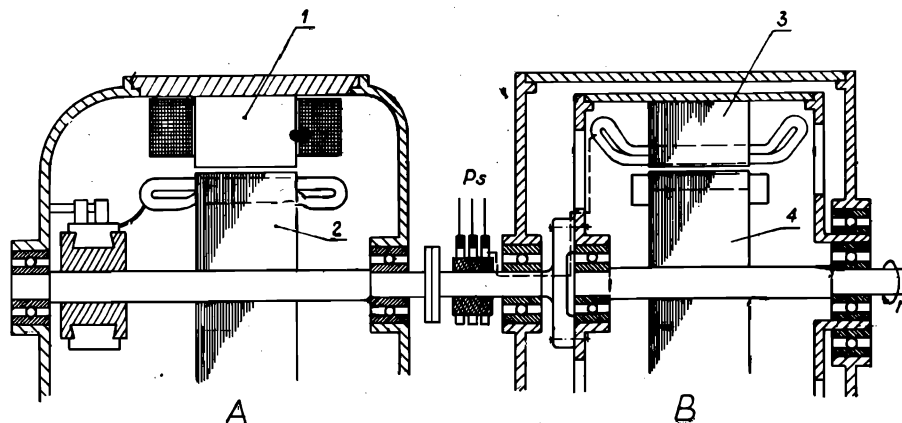


Fig. 1

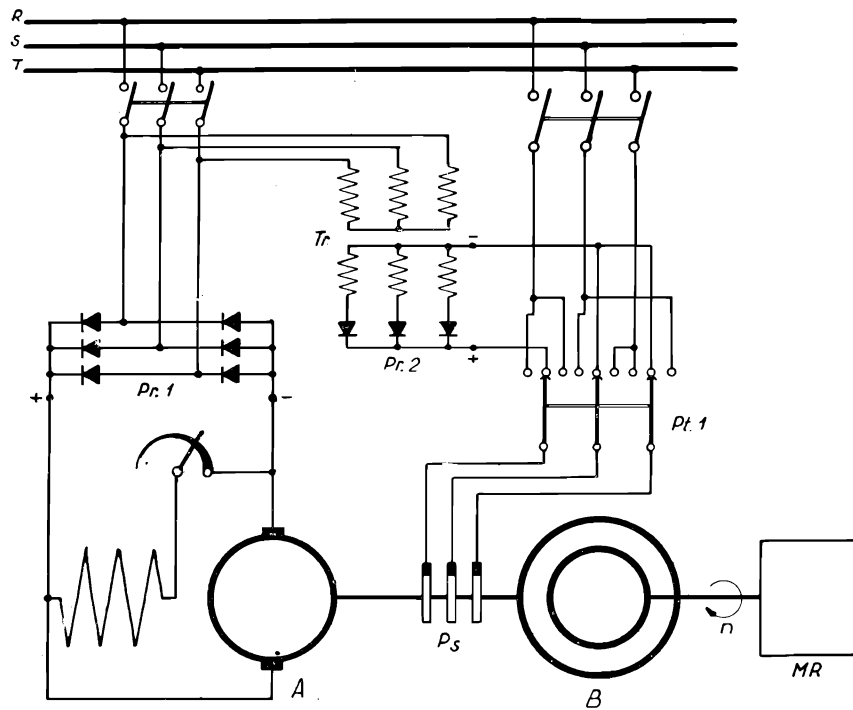


Fig. 2

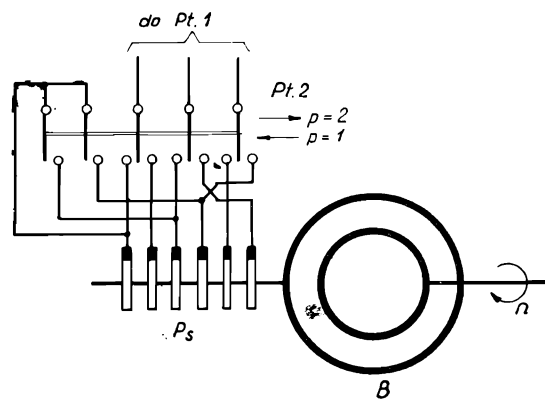


Fig. 3

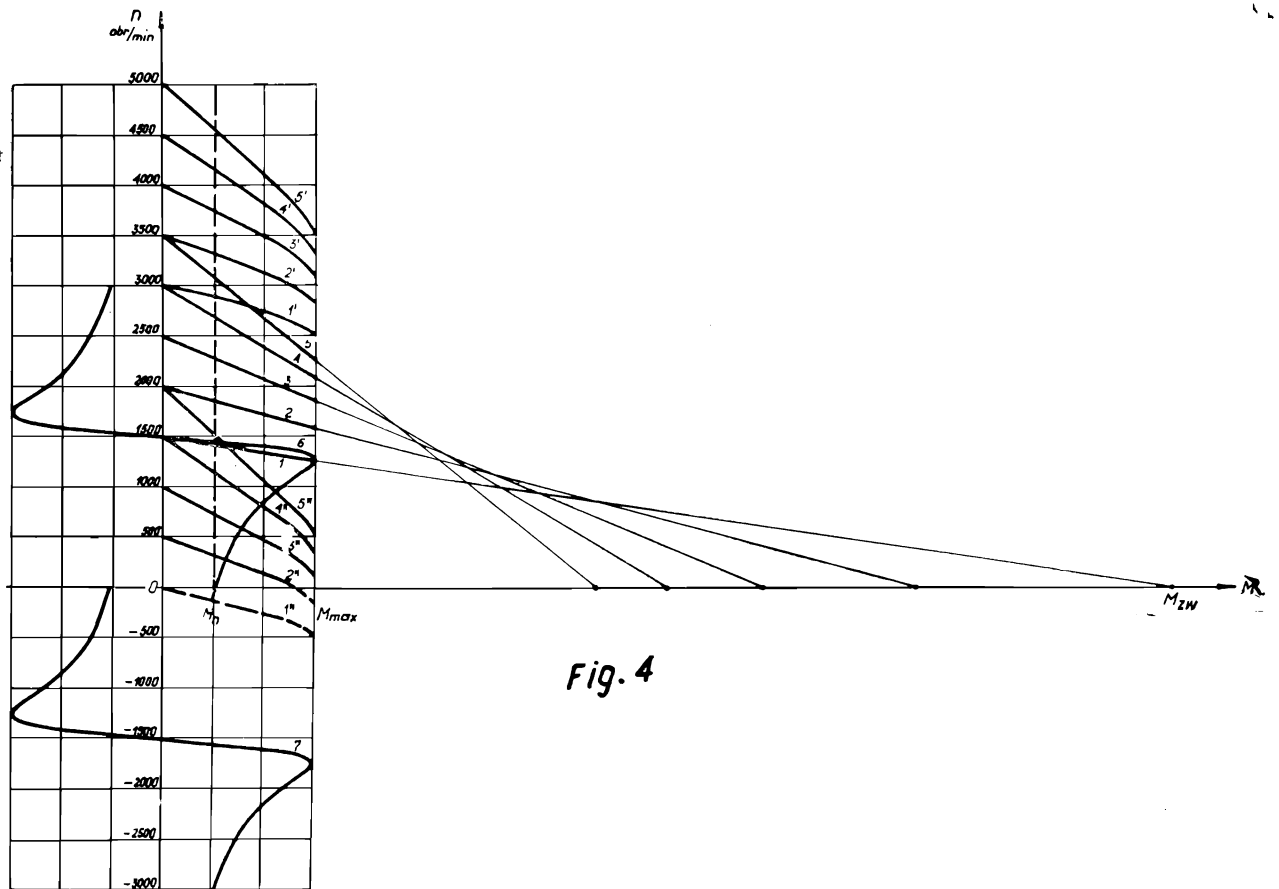


Fig. 4

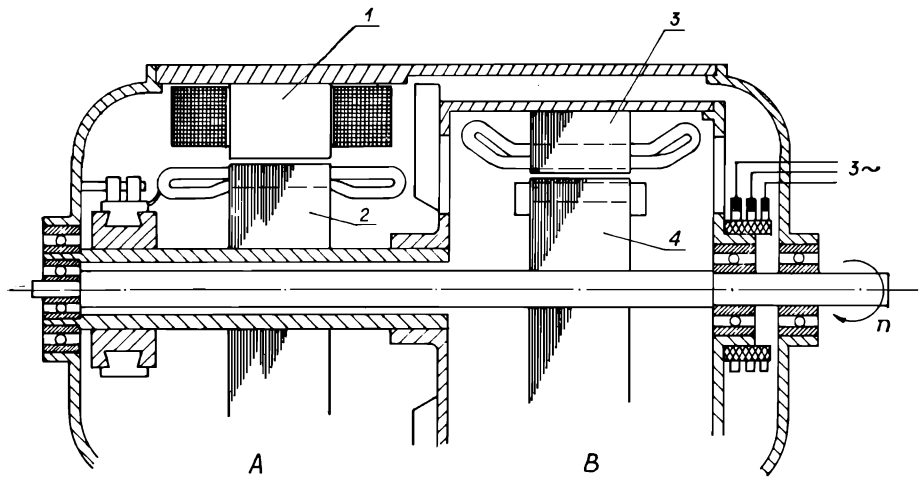


Fig. 5

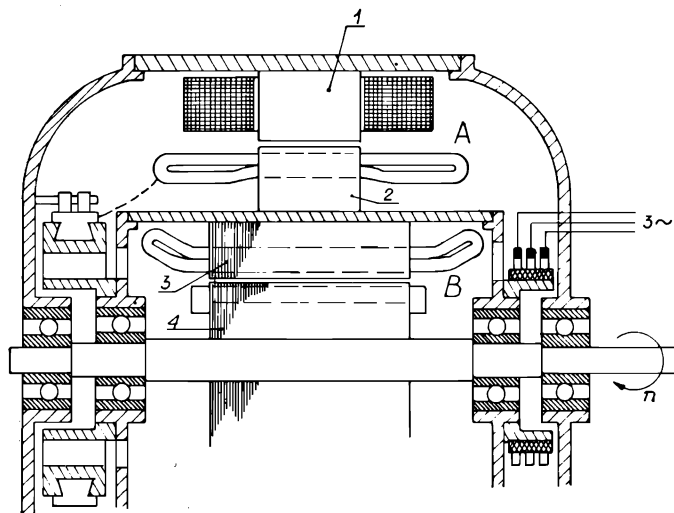


Fig. 6

BIBLIOTEKA
Urzedu Patentowego
Warszawa, Al. Niepodleglosci 14-20