

URZĄD PATENTOWY  
w WARSZAWIE H02j 11/00  
OPIS PATENTOWY

Nr 31085

Kl. 21 d<sup>a</sup>, 1/01

Heinz Honnef, Berlin

**Siłownia elektryczna z dużymi turbinami, napędzanymi wiatrem**

Zgłoszono 31 lipca 1937

Udzielono 2 listopada 1942

Przy budowie siłowni elektrycznych napędzanych wiatrem trzeba stosować bardzo duże koła wietrzne, umieszczone wysoko ponad powierzchnią ziemi, by otrzymać dostatecznie stałą moc oraz zadowalającą sprawność. Proponowano zatem nadanie tym siłowniom wietrznym mniej więcej kształtu, przedstawionego schematycznie na fig. 1.

Fig. 1 przedstawia połowę dużej wieży *A* o wysokości około 300 m, dźwigającej oś *D* za pomocą wysięgnic *B*, *C*. Na osi *D* obracają się w odwrotnych kierunkach oba współśrodkowo umieszczone koła wietrzne *E* i *F*, z których zewnętrzne ma średnicę 60—180 m. Każde z tych kół wietrznych jest zaopatrzone w wieniec kołowy *G* względnie *H*. Jeden z tych wien-

ców *G*, *H* dźwiga wieniec biegunów, wytwarzających pole magnetyczne, a drugi—wieniec uzwojeń, w których wytwarza się prąd przez indukcję.

Wynalazek niniejszy dotyczy zasadniczego ulepszenia tego rodzaju dużych prądnic wietrznych, połączonego z szeregiem dalszych możliwości ulepszeń całej siłowni. Według wynalazku wieniec uzwojeń, w których wytwarza się prąd, jest podzielony przynajmniej na osiem, a korzystnie na 20—50 elektrycznie oddzielonych od siebie grup uzwojeń, wewnątrz których poszczególne uzwojenia są połączone szeregowo; obwody prądu tych grup są połączone za pomocą oddzielnych pierścieni ślizgowych z nieruchomą częścią siłowni wietrznej. Rozdział na grupy powoduje tę

dużą korzyść, że otrzymuje się układ elektryczny, który działa tak, jak gdyby jedną zbyt dużą prądnicę zastąpiono większą liczbą synchronicznie biegnących prądnic o mniejszej mocy. Jest rzeczą oczywistą, że w ten sposób nie tylko ułatwia się utrzymanie pracy przy małych uszkodzeniach, lecz także ułatwia się znacznie elektrotechniczne opanowanie wytworzonych napięć i prądów. Dalej podział według wynalazku dużej prądnicy wietrznej na elektrycznie oddzielne grupy uzwojeń, działające na podobieństwo oddzielnych, ale synchronicznie biegnących prądnic, umożliwia wprowadzenie dużej ilości ulepszeń, opisanych bliżej w dalszym ciągu opisu i usuwających wszystkie wady elektrotechniczne, które dotychczas utrudniały stosowanie w praktyce dużych siłowni wietrznych.

Fig. 2 przedstawia schematycznie część turbiny wietrznej, opisanej na wstępie. Około osi 1 obracają się w kierunku przeciwnym oba koła wietrzne 2a i 2b. Koło wietrzne 2a jest zaopatrzone w wieniec kołowy 3, koło zaś wietrzne 2b — w wieniec kołowy 4. Ten ostatni dźwiga skierowany ku wewnątrz wieniec biegunów elektromagnetycznych, wytwarzających pole magnetyczne. Wieniec kołowy 3 dźwiga wieniec skierowanych na zewnątrz uzwojeń, w których wytwarza się prąd i które według wynalazku są podzielone na osiem grup uzwojeń, oznaczonych cyframi I—VIII; grupy te są oddzielone elektrycznie od siebie, a ich końce są połączone z nieruchomymi częściami siłowni wietrznej poprzez oddzielne pierścienie ślizgowe.

W ten sposób zbyt duża prądnica jest podzielona elektrycznie na osiem prądnic I—VIII, osadzonych na wspólnej osi; prądnice te mogą być traktowane elektrotechnicznie jak osiem oddzielnych synchronicznie biegnących prądnic.

Całkowita synchroniczność opisanych „częściowych prądnic“ umożliwia otrzyma-

nie dokładnie określonego kąta fazowego między prądami zmiennymi, dostarczany-  
mi przez te prądnice. Dla osiągnięcia tego rodzaju przesunięć fazowych, wystarczy przesunąć względem siebie poszczególne grupy fazowe I—VIII uzwojeń na wieniec kołowym 3 każdorazowo o odpowiednią część podziałki biegunowej. Jeżeli np. odstęp między dwiema grupami uzwojeń jest każdorazowo o 12,5% większy od podziałki biegunowej, to w poszczególnych grupach uzwojeń powstają prądy zmienne o fazach każdorazowo przesuniętych względem siebie o  $\pi/4$ . Liczbę grup uzwojeń obiera się przy tym celowo tak, by średnicowo przeciwległe grupy uzwojeń były wzbudzone pod tym samym kątem fazowym, a to w tym celu, by zrównoważyć siły, działające na oś, a powstające od oddziaływania magnetycznego. Jeśli wspomniane grupy uzwojeń połączy się w gwiazdę z uziemionym punktem zerowym, a wierzchołki gwiazdy połączy się według fig. 3 z anodami prostownika rtęciowego 5, to w obwodzie obciążenia, położonym między uziemieniem i katodą, prądy poszczególnych faz dodają się według wykresu na fig. 4 i tworzą dobrze wyrównany prąd stały. Szczątkowa falistość tego prądu stałego będzie oczywiście tym mniejsza, im większa jest obrona liczba przesuniętych fazowo względem siebie grup uzwojeń (I—VIII). W przedstawionym na rysunku przykładzie wykonania liczba grup jest ograniczona do ośmiu tylko ze względu na przejrzystość rysunku.

Za pomocą transformatora 7, którego uzwojenie wtórne jest zwarte opornikiem 8, można częściowo usunąć z prądu stałego szczątkową składową prądu zmiennego i zamienić ją na ciepło, użyte np. do celów ogrzewania. Inny sposób usunięcia szczątkowej falistości wytworzonego prądu stałego polega na tym, że szeregowo z prostownikiem 5 (fig. 5) łączy się maszynę

wyrównawczą 9, wytwarzającą krzywą prądu według fig. 6 za pośrednictwem silnika synchronicznego 11, zasilanego przez grupę 10 uzwojeń, przewidzianą dodatkowo na wieńcu 3. Jest rzeczą widoczną, że nałożenie na siebie krzywych prądu, przedstawionych na fig. 4 i 6, daje prąd stały, bez składowej zmiennej.

Podczas gdy prąd zmienny, wytwarzany bezpośrednio w siłowni wietrznej, nie nadaje się do zasilania sieci odbiorczej dlatego, że jego częstotliwość zależy od siły wiatru, to prąd stały, wyworzony w układach według fig. 3—5, może być doprowadzany do sieci bezpośrednio lub po zamianie na prąd zmienny o stałej częstotliwości. Przemiana prądu stałego na prąd zmienny o stałej częstotliwości wymaga jednak znacznego wydatku na maszyny i przyrządy, jeśli chce się do tego zastosować dotychczasowe środki.

Okazało się, że podział według wynalazku prądnicy wietrznej na cały szereg sztywno sprzężonych i przesuniętych w fazie prądnic częściowych umożliwia szczególnie proste rozwiązanie także i tego zagadnienia, jeśli zastosuje się odpowiednio ukształtowany i w nowy sposób rozrządzany przyrząd wyładowczy.

Tego rodzaju układ jest przedstawiony na fig. 7. Przekształtnik 12, wyposażony w siatki rozrządcze przy anodach, jest połączony podobnie jak na fig. 3 i 5 z wierzchołkami grup I—VIII uzwojeń, połączonych gwiazdowo.

Poszczególne siatki rozrządcze posiadają w stanie spoczynku wstępne napięcie ujemne względem katody rtęciowej, doprowadzone przez oporniki 13 i baterię 14. Ponadto przez układ pierścieni ślizgowych 15 siatki te są połączone z wycinkami komutatora 16, napędzanego silnikiem synchronicznym 17, przyłączonym do pomocniczego uzwojenia 10 i biegnącym w takt częstotliwości bezpośrednio wytwarzanej przez

prądnicę wietrzną. Komutator 16 współpracuje z drugim komutatorem 18, napędzanym innym silnikiem synchronicznym 19 i biegnącym w takt z częstotliwością rozrządczą, doprowadzaną do zacisków 20. Ze społy szczotek obu komutatorów 16, 18 są połączone ze sobą.

Przez opisane urządzenie kontaktowe poszczególne siatki rozrządcze przyrządu wyładowczego 12 są łączone w różnych momentach z katodą tego przyrządu lub z odpowiednio obranym potencjałem dodatnim, dostarczonym przez baterię 21 napięcia wstępnego. Odpowiednio do położenia obu komutatorów względem swych szczotek, w pewnych momentach następuje przerwanie wyładowania ku poszczególnym anodom i w ten sposób przez nałożenie przesuniętych względem siebie w fazie krzywych prądu poszczególnych grup uzwojeń prądnicy wietrznej zbudowana zostaje krzywa prądu tętniącego o stałej częstotliwości, która w uzwojeniu wtórnym transformatora wytwarza prąd zmienny o stałej częstotliwości, jeśli ten prąd tętniący doprowadza się do uzwojenia pierwotnego transformatora.

Fig. 8 przedstawia odpowiedni wykres krzywych prądu, przy czym krzywe prądu poszczególnych grup uzwojeń I—VIII prądnicy są przedstawione liniami przerywanymi, krzywa prądu częstotliwości rozrządczej (w powiększeniu — linią kreskowaną-kropkowaną, a otrzymana krzywa obwiednia — linią pełną. Z rysunku widać, że nawet podział na osiem tylko grup uzwojeń, obrany ze względu na uproszczenie rysunku, daje już prąd tętniący o krzywej prawie sinusoidalnej, który w uzwojeniu wtórnym transformatora 22 wytwarza prąd zmienny, który może być przenoszony, najlepiej po usunięciu niepożądanych harmonicznych, bezpośrednio na sieć odbiorczą.

Ta okoliczność, że częstotliwość wyj-

ściowa, doprowadzona do transformatora 22, przy układzie tego rodzaju jest rzeczywiście niezależna od wahań częstotliwości, którą dostarcza napędzana wiatrem prądnica, wynika z następującego rozważania.

Jeśli częstotliwość napędzanej wiatrem prądnicy wzrasta, to zaznaczone liniami przerywanymi krzywe na fig. 8 zgęszczają się w kierunku osi czasu  $t$ . Równocześnie jednak wzrasta w odpowiedniej mierze szybkość obrotowa kolektora 16 tak, że na nieruchomych szczotkach kolektora istnieją tak jak i poprzednio te same fazy siatkowe, które kolektor rozrządczy 18, obracający się ze stałą częstotliwością zużytkowuje do wytworzenia krzywej obwiedniej. Otrzymuje się zatem jeszcze lepiej wyrównaną krzywą obwiednią; metodą rysunkową można łatwo dowieść, że także i silne zmiany częstotliwości wejściowej, doprowadzanej do przyrządu wyładowczego 12, nie mogą nigdy wpływać na częstotliwość krzywej obwiedniej, a jedynie wpływają na zawartość w niej wyższych harmonicznych, i że ta zawartość wyższych harmonicznych jest tym mniejsza, im większa jest obrona ilość grup uzwojeń, na które według wynalazku dzieli się układ uzwojeń prądnicy wietrznej.

W celu ułatwienia równoległego łączenia siłowni wietrznej z innymi sieciami, korzystne jest wyposażenie przynajmniej jednego z obu obracających się narządów rozrządczych 16, 18 w znane środki do nastawnego przesuwania fazy obrotu danego narządu względnie fazy częstotliwości napędowej. W tym celu można np. zastosować kółko ręczne 23, które za pomocą przekładni ślimakowej umożliwia obracanie całego silnika synchronicznego 19 koło jego osi. Widać od razu, że takie obracanie musi spowodować przejściowe niewielkie wyprzedzanie względnie opóźnianie częstotliwości krzywej obwiedniej, dzięki czemu fazę tej krzywej można łatwo uzgo-

dnić z falą równoległe włączanej sieci. Ten sam wynik można osiągnąć przez jednocześnie obracanie obu zespołów szczotek względem osi kolektorów 16, 18.

Wyrównanie prądu, dostarczanego oddzielnymi pod względem elektrycznym grupami uzwojeń, odbywa się najlepiej przez regulowanie szerokości wolnej szczeliny powietrznej, położonej między wieńcami obu kół (fig. 2). W tym celu poszczególne grupy uzwojeń, celowo powtórnie rozdzielone na grupy, zostają umieszczone na poprzeczkach, dających się przestawiać względem dźwigającego wieńca kołowego 3 w kierunku wspomnianej szczeliny powietrznej (strzałka  $P$  na fig. 2). Przystawianie odbywa się przy tym korzystnie za pomocą elektrycznie napędzanej prowadnicy ślimakowej dla każdej poprzeczki i jest rozrządzane za pomocą przewodów elektrycznych, które przez odpowiednie pierścienie ślizgowe są połączone z nieruchomymi częściami silnika wietrznego. W ten sposób uzyskuje się równocześnie tę korzyść, że wyrównuje się powstające podczas pracy zmiany szerokości szczeliny powietrznej, która w momentach szczególnie dużego mechanicznego obciążenia turbin wietrznych, np. w czasie burzy, może być zwiększona, co zmniejsza niebezpieczeństwo mechanicznego zniszczenia wieńców kół wskutek ich zetknięcia ze sobą.

Szczególne korzyść podziału elektrycznego dużych prądnic napędzanych wiatrem polega na tym, że dla reperacji można w szczególnie prosty sposób przeprowadzić szybkie i pewne zahamowanie turbiny wietrznej. W tym celu poszczególne uzwojenia częściowe zostają oddzielnie zwarte poprzez odpowiednie oporniki. W celu utrzymywania prądów zwarcia zdaleka od układu pierścieni ślizgowych, zwieranie to odbywa się celowo poprzez przełącznik, umieszczony przy samym kole wietrznym i obracający się wraz z nim. W tym przy-

padku przez układ pierścieni ślizgowych wystarczy przeprowadzić tylko przewody dla rozrządu tego przełącznika. W celu utrzymywania stałego momentu hamującego przy zmniejszającej się szybkości obrotowej oporności zwarciove zostają stale lub stopniowo zmniejszane, celowo za pomocą regulatora, zgodnie ze zmniejszającym się napięciem względnie liczbą obrotów.

Fig. 9 przedstawia schematycznie wycinek koła wietrznego 3, dźwigającego wieńiec, zaopatrzony w uzwojenia. W wydrążone skrzydło wietrzne 24 wbudowany jest wyłącznik zwarciovy 25, który może być uruchomiany w centrali siłowni wietrznej za pomocą przewodu rozrządczego 26. Wyłącznik zwarciovy 25 jest połączony szeregowo z przełącznikiem odśrodkowym, którego ramię włączające 27 jest poddane naciskowi sprężyny 28 w kierunku strzałki 29. Przy obracającym się kole wietrznym ramię włączające 27 przyjmuje położenie przedstawione na rysunku, tak że schematycznie zaznaczone uzwojenia 30 zostają zwarte przez cały opornik 31, gdy tylko uruchomi się wyłącznik zwarciovy 25 za pomocą przewodu rozrządczego 26. Przy zmniejszającej się szybkości obrotowej prądniczy ramię włączające 27 porusza się w kierunku strzałki 29 pod wpływem nacisku sprężyny 28 i w ten sposób odłącza stopniowo opornik 31, aż dochodzi do kontaktu 33, który całkowicie zwiera opornik 31, doprowadzając prąd do przewodu 34. Oporniki 31 mogą być chłodzone prądem powietrza, prowadzonym w kierunku strzałki 32 przez puste skrzydło wietrzne 24.

Opisany podział uzwojeń elektrycznych czyni koniecznym dostosowanie do przenoszenia prądu na nieruchomą część siłowni wietrznej układu pierścieni ślizgowych, zawierającego dosyć znaczną liczbę tych pierścieni; przy tym trzeba zapewnić bardzo dokładny obrót pierścieni dokoła

ich osi, by pierścienie te mogły pracować w sposób pewny i bez iskrzenia. Jednak umieszczenie takiego układu pierścieni ślizgowych na kołach wietrznych o średnicy 60—180 m jest połączone z bardzo znacznymi trudnościami. Jeśliby nawet udało się prawidłowo ułożyć masę takiej turbiny wietrznej, ważące wiele tysięcy tonn, to przy bardzo dużych rozmiarach takich łożysk, trzeba się liczyć z pewnym luzem w łożysku, co nie jest dopuszczalne dla układu pierścieni ślizgowych.

Trudność tę można usunąć w ten sposób, że układ pierścieni ślizgowych ułożyskowuje się oddzielnie od turbiny wietrznej na tej samej osi, i łączy z kołem wietrznym za pomocą podatnych narządów. Układ pierścieni ślizgowych posiada przy tym postać nie walców, lecz tarcz. Jeśli turbina wietrzna składa się z dwóch współosiowo położonych jedno za drugim przeciwbieżnych kół wietrznych (fig. 1), to obie przynależne tarcze z pierścieniami umieszcza się celowo między obu kołami wietrznymi. Można wtedy zastosować mostek do odbierania prądu wspólny dla obu tarcz, zaopatrzonych w pierścienie ślizgowe.

Fig. 10 przedstawia przekrój przez oś *D* siłowni wietrznej według fig. 1. Oś ta jest wykonana ze starannie okratowanej rury stalowej 35, dźwiganej przez części *B*<sub>1</sub> i *B*<sub>2</sub> widełkowatej wysięgnicy *B* (fig. 1). Naokoło rury stalowej 35 umieszczone są cztery pierścieniowe podwójne szyny 36, na których spoczywa cały szereg podwozi, rozdzielonych równomiernie na obwodzie piasty i dźwigających koła wietrzne 37, 38. W przedstawionym na fig. 10 przekroju przedstawione jest tylko sześć podwozi 39, 39*a*, 40, 40*a*, 41, 41*a*. Między obu podwójnymi pierścieniami szynowymi 36, przynależnymi do każdego koła wietrznego, znajdują się podwójne pierścienie szynowe 42; po pierścieniach tych toczą się pomocnicze koła 44 i 45, których promieniowa oś jest

przymocowana do rury stalowej 35. Koła te przejmują siły ścinające, pochodzące od ciśnienia wiatru, a działające na koła wietrzne w kierunku osiowym.

Koła wietrzne 37, 38 jeżdżą zatem w pewnej mierze na około rury stalowej 35 na wieloosiowych pojazdach szynowych; widoczne jest, że w ten sposób można pewnie ułożyskować bardzo duże masy koła wietrzego o średnicy np. 150 m. Widać jednak także, że przy takiej konstrukcji osi nie można uniknąć pewnego luzu między osią i piastą.

Według wynalazku luz ten nie występuje w urządzeniach do odbierania prądu dzięki temu, że biegą one na oddzielnych łożyskach 46 i 47. Na łożyskach tych osadzone są tarcze 48 i 49, dźwigające pierścienie ślizgowe i umieszczone po obu stronach mostku 50 między kołami wietrznymi 37, 38. Mostek ten dźwiga zespoły szczepek 51 i 52. Tarcze 48, 49 są połączone mechanicznie z przynależnymi kołami wietrznymi za pomocą elastycznych narzędów 53. Do połączenia elektrycznego służą giętkie kable 54, zaznaczone na fig. 11.

Fig. 11 przedstawia przekrój poprzeczny osi 35 i tarczy 48 z pierścieniami ślizgowymi według linii *a—b* na fig. 10. Przed tym przekrojem poprzecznym uwidoczniły jest odpowiedni przekrój poprzeczny mostku 50 do odbierania prądu. Ze względu na przejrzystość rysunku przedstawiono na nim jedynie trzy pierścienie ślizgowe 55, 56, 57 z przynależnymi odbieraczami prądu 58, 59, 60, lecz w praktyce trzeba się liczyć w przybliżeniu z 50—100 współśrodkowymi pierścieniami ślizgowymi na każdej tarczy.

Celowe połączenie powyższych narzędów umożliwia wytwarzanie w siłowniach wietrznych prądu zmiennego o stałej częstotliwości i o tak znacznej pewności pracy, oraz tak małych przerwach, że siłownie wietrzne mogą być zastosowane

wprost do zasilania normalnych sieci odbiorczych i jako szczególnie tanie źródło prądu mogą stanowić konkurencję dla dotychczasowych siłowni wodnych i parowych.

#### Zastrzeżenia patentowe.

1. Siłownia elektryczna z dużymi turbinami napędzanymi wiatrem, w której każde koło wietrzne dźwiga jeden wieniec biegunów lub uzwojeń samowzbudzonej prądnicy o bardzo dużej średnicy, znamienna tym, że wieniec uzwojeń, w których wytwarza się prąd, jest rozdzielony przynajmniej na osiem, a korzystnie na więcej niż dziesięć elektrycznie oddzielonych od siebie grup (*I—VIII*) uzwojeń, wewnątrz których poszczególne uzwojenia są włączone szeregowo, a końce poszczególnych grup uzwojeń są połączone z nieruchomymi częściami siłowni wietrznej za pomocą oddzielnych pierścieni ślizgowych.

2. Siłownia według zastrzeżenia 1, znamienna tym, że poszczególne grupy uzwojeń (*V—VIII*) są tak przedstawione względem siebie na obwodzie koła, że są wzbudzane pod różnymi, stopniowo wzrastającymi kątami fazowymi, przy czym jednak grupy uzwojeń (np. *I* i *V*), położone średnicowo przeciwległe na obwodzie, są wzbudzane zawsze z tą samą fazą.

3. Siłownia według zastrz. 2, znamienna tym, że grupy uzwojeń są połączone w gwiazdę, której punkt węzłowy jest uziemiony, a wierzchołki gwiazdy są przyłączone do anod przyrządu wyładowczego (5, 12), którego katoda jest uziemiona przez obwód obciążenia.

4. Siłownia według zastrz. 3, znamienna tym, że przyrząd wyładowczy (5) ma postać prostownika, i że w jego obwodzie obciążenia włączony jest transformator (7), który usuwa z tego obwodu obciążenia składową prądu zmiennego.

5. Siłownia według zastrz. 3, znamien-

na tym, że przyrząd wyładowczy (5) ma postać prostownika i że jego obwód obciążenia jest połączony szeregowo z maszyną wyrównawczą (9), napędzaną silnikiem synchronicznym (11), zasilanym przez grupę (10) uzwojeń prądnicy wietrznej.

6. Siłownia według zastrz. 2, znamien- na tym, że poszczególne końce uzwojeń są połączone z anodami rozrządzanego siatkami przyrządu wyładowczego (12), stanowiącego przekształtnik, którego siatki są rozrządzane przez przyrząd kontaktowy z dwoma komutatorami (16, 18), włączonymi jeden za drugim przez nieruchome szczotki, przy czym jeden z tych komutatorów jest napędzany silnikiem synchronicznym (17), biegnącym synchronicznie z prądnicą wietrzną, a drugi — silnikiem synchronicznym (19), biegnącym synchronicznie ze stałą częstotliwością rozrządzającą.

7. Siłownia według zastrz. 1, znamien- na tym, że poszczególne grupy uzwojeń celowo jeszcze raz rozdzielone na mniejsze grupy uzwojeń, są umieszczone na poprzeczkach, które są przestawiane w kierunku (*P*) szczeliny powietrznej, istniejącej między wieńcem biegunów a wieńcem uzwojeń, za pomocą urządzeń przestawiających, napędzanych elektrycznie i rozrządzanych ze stałych części siłowni.

8. Siłownia według zastrz. 1, znamien- na tym, że na obracającej się części koła wietrznego umieszczone są wyłączniki

zwarceniowe (25), zwierające poszczególne grupy uzwojeń poprzez oporniki (31), i rozrządzane przez przewody (26), poprowadzone do nieruchomych części koła wietrznego.

9. Siłownia według zastrz. 1, znamien- na tym, że wyłączniki zwarceniowe (25) są połączone szeregowo z regulatorami (27), które zmniejszają czynną część oporników zwarceniowych (31) odpowiednio do zmniejszającej się liczby obrotów.

10. Siłownia według zastrz. 1, znamien- na tym, że przenoszenie prądu na nieruchome jej części odbywa się za pomocą układów (48, 49) pierścieni ślizgowych, które są ułożyskowane oddzielnie od kół wietrznych (37, 38), lecz na wspólnej osi (35), na specjalnych łożyskach (46, 47) i są połączone z kołami wietrznymi (37, 38) za pomocą elastycznych narządów (53).

11. Siłownia według zastrz. 10, z dwoma kołami wietrznymi, umieszczonymi przeciwbieżnie na wspólnej osi, znamien- na tym, że tarcze z pierścieniami ślizgowymi (48, 49) są umieszczone między kołami wietrznymi (37, 38) po obu stronach nieruchomego mostku (50) dźwigającego szczotki (58, 59, 60) odbierające prąd.

H e i n z H o n n e f  
Zastępca: inż. J. Wyganowski  
rzecznik patentowy





