

URZĄD PATENTOWY w WARSZAWIE OPIS PATENTOWY

Nr 28810.

Kl. 20 1, 4/02.
3601 9/20

Ganz és Társa Villamossági, Gép-, Waggon- és Hajógyár R. T., Budapest.

Sposób pracy elektrycznych pojazdów kolejowych, zasilanych jednofazowym przewodem napowietrznym, i urządzenie do stosowania tego sposobu.

Zgłoszono 16 września 1936 r.

Udzielono 7 lipca 1939 r.

Pierwszeństwo: 19 września 1935 r. dla zastrz. 1—14 i 19—30; 6 listopada 1935 r. dla zastrz. 15—18 (Węgry).

Przy pracy kolei elektrycznych, zasilanych jednofazowym przewodem napowietrznym, ze względu na prostotę i pewność pracy stosuje się trójfazowe silniki indukcyjne prądu zmiennego, przy czym wchodzi w grę pośrednie włączanie odpowiedniego urządzenia przetworniczowego; jednak rozruch i regulacja ilości obrotów tych urządzeń ze względu na straty omowe, występujące we wtórnym obwodzie silników w stopniu zależnym od poślizgu, nie są dostatecznie ekonomiczne nawet w tym przypadku, gdy uzwojenie pierwotne silników umożliwia pojedyncze lub wielokrotne przełączanie biegunów, a więc umożliwia kilka stopni szybkości. Straty omowe, po-

wodujące powstawanie ciepła, wpływają przy tym szkodliwie wskutek wzrostu temperatury nie tylko na pewność pracy, lecz także np. uniemożliwiają zastosowanie silników zwartych.

Wynalazek niniejszy dotyczy sposobu pracy i urządzenia, usuwających praktyczne wady, przy czym można zastosować liczne rozwiązania. W tym celu przy pracy pojazdu postępuje się według następujących punktów zasadniczych.

A) Zmieniająca się, stosownie do warunków pracy, liczba obrotów wirnika silnika jeźdnego jest utrzymywana przynajmniej podczas części okresu przyspiesze-

nia, jako synchroniczna lub prawie synchroniczna z liczbą obrotów pola wirowego (przez zasilanie silnika prądem zmiennym o częstotliwości zmieniającej się odpowiednio do szybkości, którą ma osiągnąć. Dzięki temu przy różnych szybkościach, a wraz z tym i podczas przynajmniej części okresów przyspieszeń, wirnik silnika może biec z prawie synchroniczną liczbą obrotów w stosunku do wzbudzonego przez pierwotne uzwojenie pola wirującego o zmiennej szybkości kątowej; ponadto poślizg i związane z nim straty energii są nadzwyczaj małe.

B) Zasilający silnik prąd zmienny o częstotliwości, zmieniającej się według szybkości jazdy, jest wytwarzany w pojeździe przez zespół silnik-prądnica, zasilany jednofazowym przewodem napowietrznym; wielofazowa prądnica tego zespołu jest napędzana równocześnie przynajmniej dwoma silnikami, a mianowicie jednofazowym silnikiem głównym o zasadniczo stałej liczbie obrotów oraz silnikiem pomocniczym o zmiennej liczbie obrotów, który może być napędzany i hamowany w obu kierunkach. W ten sposób pole wzbudzające prądnicy może biec z różnymi liczbami obrotów względem uzwojenia prądnicy, w którym wytwarza się prąd, przy czym, stosownie do potrzeby, otrzymuje się prąd o zmiennej częstotliwości, mniejszej lub większej niż częstotliwość prądu dopływającego do przewodu zasilającego.

Na każdym pojeździe można oczywiście zastosować jeden lub kilka silników jezdnych, a dla wszystkich silników jezdnych — jeden wspólny zespół silnikowo-prądnicowy, względnie dla każdego silnika jezdnego lub każdej grupy silników jezdnych — jeden lub kilka wspólnych zespołów silnikowo-prądnicowych.

Napędzanie prądnicy prądu zmiennego, korzystnie trójfazowego, wytwarzającej prąd o zmiennej częstotliwości do zasilania silników jezdnych, może się np. odby-

wać w ten sposób, że wspomniany silnik główny o stałej liczbie obrotów napędza jedną część prądnicy, np. „wirnik“, silnik zaś pomocniczy obraca około tego samego wału „stojan“ prądnicy. Należy zaznaczyć, że pojęcie „wirnik“ i „stojan“ są zapożyczone dla prostoty z normalnych prądnic, chociaż w danym przypadku także i stojan się obraca; pojęcia te można oczywiście zamienić między sobą. Zmianę częstotliwości można osiągnąć także i w ten sposób, że jeden silnik, np. silnik główny, stale utrzymuje w obrocie wirnik prądnicy, której wielofazowe wzbudzenie jest uskuteczniane specjalną prądnicą, napędzaną ze zmienną liczbą obrotów względnie ze zmiennym kierunkiem obrotów innym silnikiem (pomocniczym). Oba silniki mogą mieć celowo różne liczby biegunów względnie obrotów, przy czym ich role mogą być także zamieniane. W tym przypadku obrót pola wirującego o zmiennej częstotliwości dodaje się do stałego obrotu wirnika lub odejmuje od tego ostatniego, przez co w uzwojeniu prądnicy wznieca się prąd o zmiennej częstotliwości. Gdy silnik pomocniczy, napędzający prądnicę służącą do wzbudzenia prądnicy głównej, nie obraca się lub gdy obraca się bardzo powoli, to oczywiście nie może być dostarczony potrzebny prąd wzbudzenia; w tym przypadku wzbudzenie musi być przełączane, celowo samoczynnie, na prąd stały (pole stojące), dostarczany np. prądnicą, napędzaną silnikiem głównym.

Do wytwarzania zmiennej częstotliwości prądu zmiennego, najkorzystniej trójfazowego, można zastosować także i taki układ, w którym wirnik prądnicy jest napędzany np. wirnikiem jednego silnika, którego stojan obracany jest wirnikiem drugiego silnika. W tym przypadku układ może być tak wykonany, że oba silniki, z których stojan pierwszego także się obraca, umieszczone są obok siebie; można jednak także zastosować taki układ, że oba

silniki są umieszczone jeden naokoło drugiego, tj. „stojan“ pierwszego silniki i „wirnik“ drugiego są ukształtowane jako wspólny wirnik pośredni.

Zastosowanie dwóch silników według wynalazku umożliwia przynajmniej podczas części okresu przyspieszenia wytwarzanie dla silnika pojazdu prądu zmiennego o częstotliwości, dostosowanej do każdorazowej szybkości jazdy. W tym celu wystarczy naregulować liczbę obrotów silnika pomocniczego, co przy zastosowaniu odpowiedniego typu silnika może być uskutecznione w prosty sposób i z bardzo małymi stratami ze względu na to, że silnik pomocniczy w porównaniu z silnikiem głównym jest jednostką celowo o mniejszej mocy i nie musi być już zasilany z przewodu napowietrznego.

Stosownie do powyższych rozważań poszczególne rodzaje sposobu według wynalazku względnie postacie rozwiązania urządzenia do stosowania tego sposobu mogą się różnić względem siebie co do silnika głównego i pomocniczego, prądnicy i silnika jezdnego.

Silnik główny, biegnący w pewnych okresach pracy zasadniczo ze stałą liczbą obrotów i zasilany bezpośrednio lub pośrednio z przewodu napowietrznego prądem o częstotliwości równej częstotliwości sieci, jest w każdym razie silnikiem jednofazowym, a mianowicie silnikiem synchronicznym lub asynchronicznym o zwartym obwodzie prądu wtórnego, ewentualnie synchronizowanym silnikiem asynchronicznym. W przypadku wysokiego napięcia pierwotne uzwojenie silnika może posiadać izolację olejową lub izolację z masy, tak aby bez pośredniego włączania transformatora silnik mógł być bezpośrednio włączany na wysokie napięcie; można również zastosować transformator między przewodem zasilającym i silnikiem głównym. Uzwojenie pierwotne może być także zaopatrzone w zaczepty do pobierania

jednofazowego prądu niskiego napięcia; w tych przypadkach silnik główny może służyć nie tylko do napędu prądnicy, lecz także jako transformator względnie autotransformator. Pobierany w ten sposób prąd niskiego napięcia może np. służyć jako energia do ogrzewania lub do różnych celów pomocniczych.

Jeśli pojazd biegnie na odcinkach toru zasilanych różnymi rodzajami prądu, to celowe jest takie ukształtowanie silnika głównego, by mógł on być także zasilany różnymi rodzajami prądu. Ponieważ dla ruchu kolejowego stosuje się najczęściej prąd o $16\frac{2}{3}$, 25 lub 50 okr/sek, więc zaleca się tak ukształtować silnik główny, by mógł on być także zasilany prądami o różnych częstotliwościach. Poza tym wykonywa się go tak, aby mógł być włączany jednocześnie na zmienione lub niezmienione napięcie, np. tak, by z 15 000 V i 50 okr/sek można go było przełączać na 15 000 V i $16\frac{2}{3}$ okr/sek. Np. sześciobiegunowe silniki przy przejściu z 50 na $16\frac{2}{3}$ okr/sek przełącza się na dwa bieguny tak, że można włączać je na to samo napięcie zaciskowe, np. również na 15 000 V; w podobny sposób z zachowaniem stosunków odpowiadających zmianie częstotliwości należy włączać silniki przy odcinkach toru o 25 okr/sek.

Jeśli główny silnik jest silnikiem synchronicznym względnie synchronizowanym silnikiem asynchronicznym, to w tym przypadku należy także odpowiednio przełączać liczbę biegunów uzwojenia wzbudnicy prądu stałego; można także zastosować takie rozwiązanie, że silnik główny przy jednej częstotliwości, np. przy 50 okr/sek pracuje jako synchronizowany silnik asynchroniczny, a przy innej częstotliwości, np. przy $16\frac{2}{3}$ okr/sek — jako silnik asynchroniczny zwarty.

Rozruch jednofazowego silnika głównego może się odbywać w dowolny znany sposób, np. przy rozruchu z zastosowaniem pomocniczej fazy można otrzymać przesun-

nięcie fazowe za pomocą kondensatora; w tym przypadku kondensator może być włączony także i podczas normalnej pracy, a mianowicie dla polepszenia współczynnika mocy. W tym celu, zwłaszcza przy niesynchronizowanym silniku głównym, oprócz kondensatora potrzebnego do rozruchu można oczywiście zastosować także i inne kondensatory.

Silnik pomocniczy może być silnikiem jedno lub wielofazowym; ten ostatni przypadek nie natrafia na żadne szczególne trudności, gdyż silnik pomocniczy na prąd wielofazowy może być zasilany prądnicą, zasilającą silniki jezdne, lub silnikiem głównym. W przypadku np. synchronicznego silnika głównego postępuje się w ten sposób, że stojan silnika głównego zaopatruje się w uzwojenie wielofazowe, a silnik pomocniczy jest zasilany prądem wzniecanym w tym uzwojeniu magniesnicą, obracającą się w taktie synchronicznym. W tym przypadku napięcie prądu zasilającego silnik pomocniczy może być oczywiście znacznie niższe niż napięcie przewodu zasilającego. Ze względów konstrukcyjnych silnik pomocniczy może być celowo jedno lub wielofazowym silnikiem komutatorowym, np. repulsyjnym dającym się regulować przez przesuwanie szczotek lub przez regulację napięcia. Silnik ten może być również pierścieniowym silnikiem asynchronicznym prądu zmiennego, którego liczba obrotów może być regulowana zmiennym opornikiem, gdyż straty energii na grzanie, występujące tutaj przy regulacji, są w myśl poprzednich rozważań stosunkowo małe. Jeśli zastosuje się asynchroniczny silnik pomocniczy, to przy zmianie częstotliwości sieci celowe jest zastosowanie przełączania biegunów nie tylko przy silniku głównym, ale i przy silniku pomocniczym; odpowiednio do tego powinno być także ukształtowane uzwojenie silnika pomocniczego.

Rozruch silnika pomocniczego musi się

odbywać przy pełnym momencie, gdyż na uzwojenie napędzane tym silnikiem działa pełny moment. Silnik pomocniczy musi być zatem silnikiem o rozruchu pod obciążeniem, co daje się uzyskać przy zastosowaniu silnika komutatorowego lub wielofazowego asynchronicznego.

Jeśli jako silnik pomocniczy zastosuje się silnik asynchroniczny, to liczbę obrotów można zmieniać przez regulację oporu; ponieważ jest to jednak oczywiście połączone ze stratą, więc silnik pomocniczy podczas pracy ciągłej w jednym lub drugim kierunku powinien celowo pracować z prawie synchroniczną liczbą obrotów lub też pozostawać w spoczynku. Wskutek tego pojazd nie może biec bez strat z każdą dowolną szybkością, lecz oprócz szybkości, wyznaczonej zmianą liczby biegunów silników napędzających prądnicę i pojazd, posiada trzy stałe szybkości, odpowiednio do stanu nieruchomego silnika pomocniczego względnie jego obrotu w dwóch różnych kierunkach.

Jeśli zastosuje się silnik komutatorowy, to szybkość jego można regulować bez strat, dzięki czemu pojazd może biec bez strat z każdą dowolną szybkością. Równocześnie także przebiegi przyspieszenia i opóźniania odbywają się bez strat, co jest bardzo ważne szczególnie przy pojazdach, biegnących na małych odcinkach z częstym rozruchem i częstym hamowaniem. Mianowicie w ten sposób usuwa się straty nie tylko przy rozruchu, lecz także podczas zwalniania pojazdu przy hamowaniu z odzyskiwaniem mocy. Także i przy stałej szybkości, np. przy jeździe w dół, można odzyskiwać moc, a mianowicie w przypadku asynchronicznego silnika pomocniczego przy pewnych stopniach szybkości, w przypadku zaś komutatorowego silnika pomocniczego — przy wszelkich szybkościach.

Inna korzyść zastosowania komutatorowego silnika pomocniczego polega na tym, że w ten sposób można sprzęgać i

ewentualnie wspólnie rozrządzać dwa lub więcej wozów motorowych, przy czym, pomimo niejednakowego ścierania się obręczy kół, poszczególne wozy nie wytwarzają niejednakowych sił pociągowych o dających się odczuć różnicach, co przy napędzie o charakterze synchronicznym lub prawie synchronicznym ze z góry wyznaczoną szybkością byłoby przy pracy ciągłej połączone z dużymi trudnościami.

W pewnych okresach pracy silnik pomocniczy może także przejściowo pracować jako prądnica; np. w układzie, w którym silnik ten obraca stojan prądnicy w przypadku obrotu w tym samym kierunku co silnik główny, silnik pomocniczy zamiast obracać stojan prądnicy umożliwia, by stojan ten był właściwie obracany z pewną szybkością w kierunku obrotu silnika głównego przez sam silnik główny; w wyniku tego prądnica przez obrót swego stojana napędza silnik pomocniczy, a więc dla silników jezdnych prądnica pracuje rzeczywiście jako prądnica, lecz dla silnika pomocniczego — jako silnik. Okoliczność tę można wyzyskać w znacznym stopniu do zmiany liczby okresów prądu wytworzonego przez prądnicę. Jeśli mianowicie silnik pomocniczy pracuje jako prądnica, to częstotliwość prądu zasilającego silniki jezdne jest mniejsza niż częstotliwość prądu w przewodzie napowietrznym, przy pracy zaś w przeciwnym kierunku, tj. przy pracy jako silnik, — większa niż ta ostatnia. Jeśli silnik pomocniczy względnie także stojan prądnicy są nieruchome, to częstotliwość wytworzonego prądu jest równa częstotliwości prądu w przewodzie napowietrznym. Należy tu zaznaczyć, że gdy silnik pomocniczy jest silnikiem asynchronicznym, to może on pracować jako prądnica tylko powyżej synchronicznej liczby obrotów; jeśli więc chce się przyspieszać począwszy od tej szybkości, to trzeba odwrócić kierunek prądu w stojanie tego silnika i wówczas silnik pomocniczy biegnie

z poślizgiem 200%, co powoli zmniejsza się do 100% (stan nieruchomy wirnika), a następnie osiąga poślizg normalny.

Przejście poślizgu z 200% na 100% można osiągnąć na drodze mechanicznej przez zastosowanie dowolnego hamulca. Zastosowanie hamulca jest zresztą potrzebne w większości przypadków do utrzymania silnika pomocniczego w stanie spoczynku.

Jeśli silnik pomocniczy jest silnikiem asynchronicznym, to liczbę biegunów można przełączać oprócz w celu wspomnianym poprzednio jeszcze w tym celu, by silnik pomocniczy mógł się obracać z wieloma stałymi szybkościami, gdyż w ten sposób można otrzymać wiele częstotliwości.

W tym ostatnim celu względnie w celu otrzymania wielu stałych szybkości jazdy można także zmieniać liczbę biegunów prądnicy względnie silnika (lub silników) jezdnych, lub też silniki jezdne mogą być włączone kaskadowo względem siebie. W tych przypadkach może być celowym, by zmiana liczby biegunów względnie połączenia kaskadowego była dokonywana nie równocześnie przy wszystkich silnikach, lecz przynajmniej w dwóch grupach silnikowych jedna po drugiej, dzięki czemu można osiągnąć to, że podczas przełączania siła pociągowa nie całkowicie ustaje. Należy bowiem zaznaczyć, że przejściowe ustanie siły pociągowej prowadzi przy jeździe w górę do zwolnienia.

Urządzenie przełącznikowe, służące do zmiany liczby biegunów silników jezdnych, jest mniej kosztowne, gdy przełączanie odbywa się bez obciążenia, a więc prawie bez prądu. W tym celu przełącznik może być tak ukształtowany, że przy przełączaniu uprzednio usuwa wzbudzenie prądnicy, przełączanie odbywa się dopiero po usunięciu wzbudzenia, po czym ponowne wzbudzenie prądnicy odbywa się samoczynnie. Ponieważ jednak każde takie przełączanie biegunów warunkuje skok w biegu syn-

chronicznym, dla którego nie jest jeszcze odpowiednia wypadkowa liczba obrotów układu napędzającego prądnicę, a składającego się z silnika głównego i pomocniczego, więc korzystne jest zaopatrzenie przełącznika także w takie urządzenie samoczynne, które podczas trwania przełączania biegunów silników jezdnych (usuwanie wzbudzenia, przełączanie i powtórne wzbudzenie) równocześnie także tak zmienia liczbę obrotów silnika pomocniczego, by biegł on z odpowiednio nową liczbą obrotów lub też by mógł ją osiągnąć po powtórным wzbudzeniu w możliwie krótkim czasie. By szybkość pojazdu nie zmniejszała się zbyt podczas trwania przełączania, jest rzeczą celową, by wszystkie przełączenia odbywały się bardzo szybko i by wskutek tego prądnica względnie jej wzbudzenie były tak wykonane, by usuwanie wzbudzenia i powtórne wzbudzenie mogły być uskutecznione podczas bardzo krótkiego czasu, możliwie podczas kilku dziesiątych sekundy.

Dwa powyższe warunki, według których po pierwsze podczas przełączania silników jezdnych siła pociągowa nie powinna przejściowo ustać, a z drugiej strony przełączanie biegunów powinno być uskuteczniane bez prądu, przy usunięciu wzbudzenia prądnicy, mogą być spełnione równocześnie tylko wtedy, gdy każda z grup silników jezdnych, przełączanych jedna po drugiej przy przełączaniu biegunów, zasilana jest osobną prądnicą.

Celowe jest zaopatrzenie prądnic w taką samoczynną regulację wzbudzenia, żeby z jednej strony silniki pracowały stale z najlepszą sprawnością odpowiadającą obciążeniu, a z drugiej strony podczas przyspieszeń względnie hamowań aby wytwarzały żądany korzystny moment.

Obwód wtórny silników jezdnych jest celowo zwarty (wirnik z twornikiem klatkowym), przy czym w celu powiększenia pojemności cieplnej uzwojenia, uzwojenie wir-

nika (względnie sam twornik klatkowy) może być połączone ze specjalnymi masami metalu bezpośrednio lub przynajmniej tak, że połączenie to dobrze przewodzi ciepło. W ten sposób przejściowy wzrost poślizgu w silniku jezdny nie może wywołać nadmiernego rozgrzania.

Jeśli stosuje się kilka silników jezdnych, to może się zdarzyć, że wskutek nierównomiernego ścierania się obręczy kół pobieranie prądu i wytwarzanie momentu przez silniki nie jest jednakowe, co powoduje przeciążenie jezdnych silników, a złe wykorzystanie innych. Nierówne obciążenie poprawia się przez to, że uzwojenia stojanów silników jezdnych włącza się szeregowo względem siebie, gdyż w ten sposób ten sam prąd musi przepływać przez wszystkie silniki. W przypadku silników włączonych niezależnie, wszystkie silniki mogą być zaopatrzone w przyrząd wykazujący występowanie nierównych obciążeń, a ewentualnie może być dodane urządzenie zapobiegające występowaniu tych nierówności; urządzenie to może także wyłączać przeciążony silnik powyżej pewnej wartości nierównomierności obciążeń lub też zwiększać poślizg tego silnika przez włączenie oporności.

W każdym okresie czasu pracy, w którym szybkość jazdy odpowiada jeździe synchronicznej, przynależnej do częstotliwości prądu w przewodzie zasilającym, lub też różni się od niej tylko w takim stopniu, jaki jest praktycznie dopuszczalny pod względem strat, silniki jezdne mogą być przy wyłączonej prądnicy i silniku pomocniczym zasilane także bezpośrednio prądem przez silnik główny lub z silnika głównego. Tę część pracy można urzeczywistnić według dwóch różnych sposobów: silniki jezdne, włączone jako jednofazowe silniki asynchroniczne, mogą być np. zasilane prądem pobranym z odpowiednich, o niskim napięciu zaczepów silnika głównego lub transformatora, a w tym przypad-

ku uzwojenie silnika głównego włączone do przewodu zasilającego pracuje jako autotransformator; silniki jezdne mogą jednak być dalej utrzymywane w ruchu jako wielofazowe silniki asynchroniczne za pomocą wielofazowego prądu pobranego z silnika głównego, pracującego jako prądnica względnie przetwornica fazowa. Wskutek wspomnianego przejściowego włączenia prądnicy znacznie polepsza się w tych okresach czasu pracy całkowity współczynnik sprawności urządzenia; przy zastosowaniu silników jezdnych o dających się przełączać biegunach można wyznaczyć także kilka takich korzystnych okresów pracy, odpowiednio do liczby możliwych przełączeń biegunów.

Oprócz tego uproszczenia i polepszenia pracy można osiągnąć dalszą korzyść w budowie silników jezdnych przez napędzanie wału kół jezdnych pojazdu za pomocą silników pojazdu poprzez zmniejszającą szybkość przekładni kół zębatach. Mianowicie silnik może być znacznie tańszy, jeśli jest zbudowany jako silnik szybkobieżny, a więc silnik o małej ilości biegunów, np. dwubiegunowy lub czterobiegunowy; liczbę obrotów, a wraz z tym potanień budowy można jednak także zwiększyć przez zastosowanie wyższej częstotliwości. Koszty przekładni nie zmieniają się zasadniczo, jeśli zwykle stosowany stosunek przekładni powiększy się, np. powiększy się do 1:2 zamiast 2:3; w ten sposób zmniejszają się koszty całkowite. By osiągnąć oszczędność zadowalającą z tego punktu widzenia, wystarczy napędzać pojazd przynajmniej w jednym stopniu szybkości silnikiem, pracującym przy częstotliwości wyższej niż 60, za pomocą przekładni zębatej.

Inna ważna postać wykonania urządzenia według wynalazku polega zasadniczo na tym, że przy zachowaniu jednofazowego silnika głównego o stałej liczbie obrotów, silnik pomocniczy o zmiennej liczbie obrotów nie jest silnikiem prądu zmiennego,

lecz komutatorowym silnikiem prądu stałego. Ten pomocniczy silnik prądu stałego może być zresztą zastosowany w ten sam sposób co przy poprzednio opisanych silnikach prądu zmiennego, np. do napędu pomocniczej prądnicy prądu zmiennego względnie do obracania „stojana” silnika głównego.

Prąd stały, zasilający silnik pomocniczy, może być najkorzystniej pobierany z prądnicy napędzanej silnikiem głównym ze stałą liczbą obrotów; można jednak oczywiście zastosować do tego celu oddzielny silnik napędowy. To ostatnie rozwiązanie wchodzi ewentualnie w grę wtedy, gdy przestrzeń do pomieszczenia zespołu jest ograniczona, np. przy bezpośrednim umieszczeniu zespołów maszynowych na półwozku obrotowym; w tym przypadku prądnica (ewentualnie ze wzbudnicą) napędzana specjalnym silnikiem jest umieszczona oddzielnie na drugim półwozku obrotowym. Silnik pomocniczy może mieć np. celowo taki układ, że „stojan” prądnicy jest wykonany w ten sposób, że równocześnie tworzy bezpośrednio wirnik silnika pomocniczego; można jednak zastosować napęd kołami zębatymi lub dowolne inne podobne urządzenie napędowe.

Regulacja liczby obrotów odbywa się najlepiej w znany sposób tak, że silnik pomocniczy ma wzbudzenie zasadniczo stałe, ewentualnie połączone z osłabianiem wzbudzenia, przy czym zmiana liczby obrotów w obu kierunkach odbywa się głównie przez regulację wzbudzenia prądnicy, biegnącej ze stałą liczbą obrotów. Przy biegu w przeciwnym kierunku z zastosowaniem poprzedniego wzbudzenia zmienia się kierunek energii, a silnik pomocniczy pracuje wtedy jako prądnica. Zamiast w silniku można oczywiście utrzymywać stałe wzbudzenie w prądnicy względnie można równocześnie zmieniać wzbudzenie obu tych maszyn.

Dużą korzyść postaci wykonania z po-

mocnym silnikiem prądu stałego polega na rozruchu bez strat i na hamowaniu z odzyskiwaniem mocy, oraz na tym, że pojazd może biec i odzyskiwać moc przy wszelkich szybkościach bez powstawania znacznych strat. Rozruch, jazda przy stałych stopniach szybkości i regulacja pozostają zresztą zasadniczo bez zmiany.

Grupa prądnicowa, napędzana silnikiem głównym i pomocniczym, oraz zastosowany ewentualnie transformator powinny być umieszczone celowo nie w skrzyni wozu motorowego, lecz bezpośrednio na półwózku obrotowym; czyni się to z jednej strony dlatego, by skrzynia wozu nie musiała być projektowana z uwzględnieniem ciężaru urządzenia, a więc drożej, a z drugiej strony, by możliwie oddalić od wnętrza wozu drgania i hałasy tworzące się w zespole i transformatorze. Przy rozmieszczaniu urządzenia maszynowego na półwózkach obrotowych można celowo obrać taki układ, że na jednym półwózku umieszczona jest prądnica, napędzana silnikiem głównym, i ewentualnie silnik pomocniczy, a na drugim półwózku umieszcza się transformator lub silnik pomocniczy i napędzaną nim drugą prądnicę. Silniki jezdne mogą być umieszczone na jednym lub na obu półwózkach obrotowych stosownie do danej przestrzeni i z uwzględnieniem naciśku na osie.

Oczywistym jest, że podane przykłady zastosowania silnika głównego i pomocniczego prądnicy, silników jezdnych, oraz połączeń tych części zasadniczych nie wyczerpują wszystkich możliwości według wynalazku, gdyż oprócz tych przykładów można jeszcze również urzeczywistnić najrozmaitsze rozwiązania. Możliwe są np. także układy z wieloma silnikami głównymi i pomocniczymi, chociaż rozważane poprzednio przykłady z jednym silnikiem głównym i jednym pomocniczym są w ogólności zadowalające już chociażby ze względu na prostotę. Możliwe jest np. rozwią-

zanie z jednym silnikiem głównym i dwoma pomocniczymi, przy czym jeden silnik pomocniczy napędza np. stojan prądnicy asynchronicznej, zasilającej silniki jezdne, a drugi — wirnik wzbudnicy, zasilającej wielofazowym prądem wzbudzącym wirnik prądnicy asynchronicznej. Można także zastosować dwa oddzielne silniki główne i jeden tylko silnik pomocniczy w takim układzie, że silniki główne o jednakowych lub różniących się od siebie stałych liczbach obrotów napędzają oddzielnie stojan prądnicy asynchronicznej zasilającej silniki jezdne, a silnik pomocniczy utrzymuje w ruchu ze zmienną liczbą obrotów wzbudnicę, zasilającą wielofazowym prądem wirnik lub stojan prądnicy asynchronicznej; wielofazowy prąd zasilający silniki jezdne jest pobierany przy tym z drugiej części prądnicy asynchronicznej. W tym przypadku jeden z obu silników głównych może być silnikiem synchronicznym, a drugi — asynchronicznym, a jeśli stałe liczby obrotów tych dwóch silników nie są równe sobie, to przez zatrzymanie głównego silnika synchronicznego, a następnie przez jednoczesne odwrócenie kierunku obrotów silnika asynchronicznego można uzyskać nawet bez przełączania biegunów dwie dalsze stałe częstotliwości dla silników jezdnych; asynchroniczny silnik główny, zasilany specjalnym wielofazowym uzwojeniem wzbudzącym synchronicznego silnika głównego, może być przy tym silnikiem wielofazowym o niższym napięciu i mniejszej mocy. Zarówno w tym przypadku jak i w innych przypadkach podobnych w celu zmiany częstotliwości prądu wielofazowego, zasilającego silniki jezdne, można także odwrócić wzbudzenie prądnicy asynchronicznej.

Jeśli do napędu silnika pomocniczego stosuje się prąd stały, to można oczywiście zastosować rozmaite urządzenia prądu stałego, np. kombinacje silników główniko-

wych. Zamiast prądnicy prądu stałego, napędzającej silnik pomocniczy prądu stałego, mogą także wchodzić w grę przetwornice prądu zmiennego na stały, np. przetwornice jednotwornikowe albo jeszcze lepiej przetwornice nieruchome, np. prostowniki rtęciowe czy zawory elektryczne z rozrządem siatkowym lub bez tego rozrządu.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Sposób pracy elektrycznych pojazdów kolejowych, zasilanych jednofazowym przewodem napowietrznym i napędzanych za pośrednictwem urządzenia przetwornicowego, zawierającego silniki i prądnice, za pomocą wielofazowych silników asynchronicznych zwartych, znamienne tym, że w prądnicę urządzenia przetwornicowego, otrzymującej napęd i ewentualnie zależnej pod względem swego wzbudzenia od jednego lub kilku silników jednofazowych, zwanych tu silnikami głównymi, biegnących zasadniczo ze stałą liczbą obrotów, oraz od jednego lub kilku silników, zwanych tu silnikami pomocniczymi, o rozruchu z przynajmniej normalnym momentem, a mogących obracać się ze zmienną liczbą obrotów w obu kierunkach, wytwarza się wielofazowy prąd, którego częstotliwość jest zmieniana przez zmianę liczby obrotów silnika pomocniczego, a szybkość jazdy reguluje się przez zmianę liczby obrotów silnika pomocniczego lub silników pomocniczych względnie przez zmianę częstotliwości prądu zasilającego silniki jezdne, przy czym praca silników jezdnych przynajmniej podczas części okresów przyśpieszeń jest utrzymywana w pobliżu synchronizmu, odpowiadającego każdorazowej liczbie obrotów silników jezdnych.

2. Sposób według zastrz. 1, znamienne tym, że silniki jezdne przynajmniej podczas części czasu pracy przy wyłączeniu urządzenia przetwornicowego są zasilane

bezpośrednio albo z transformatora, albo z silnika głównego, tj. poprzez silnik główny, prądem o częstotliwości równej częstotliwości sieci.

3. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1, 2, znamienne tym, że zawiera przynajmniej jeden zwarty asynchroniczny silnik jezdny, biegnący przy różnych częstotliwościach, oraz jedną lub kilka prądnic, które przynajmniej podczas części czasu pracy względnie okresów przyśpieszenia zasilają ten silnik jezdny przy prawie synchronicznej liczbie jego obrotów prądami o różnych częstotliwościach, przy czym prądnice te są napędzane przynajmniej jednym jednofazowym silnikiem głównym, biegnącym zasadniczo ze stałą liczbą obrotów, i przynajmniej jednym silnikiem pomocniczym o zmiennej liczbie obrotów i o dowolnej liczbie faz, posiadającym rozruch z przynajmniej normalnym momentem i mogącym się obracać względnie być hamowanym w obu kierunkach.

4. Urządzenie według zastrz. 3, znamienne tym, że silnik główny jest zwartym silnikiem asynchronicznym.

5. Odmiana urządzenia, według zastrz. 3, znamienne tym, że silnik główny jest silnikiem synchronicznym lub asynchronicznym synchronizowanym.

6. Urządzenie według zastrz. 4, 5, znamienne tym, że silnik główny posiada uzwojenie wysokiego napięcia, zaopatrzone w izolację olejową lub w izolację z masy, przyłączone bezpośrednio, tj. bez pośredniego włączania transformatora, do przewodu zasilającego.

7. Urządzenie według zastrz. 4 — 6, znamienne tym, że liczba biegunów silnika głównego daje się przełączać, a w przypadku silnika synchronicznego lub asynchronicznego silnika synchronizowanego również uzwojenie wzbudzające tego silnika daje się przełączać odpowiednio do każdorazowej liczby biegunów stojana.

8. Urządzenie według zastrz. 4 — 7,

znamiennie tym, że silnik główny jest zaopatrzone w uzwojenie z zaczepami do pobierania jednofazowego prądu niskiego napięcia w celu np. ogrzewania lub wykonywania różnych innych prac pomocniczych.

9. Urządzenie według zastrz. 3, znamienne tym, że silnik pomocniczy jest silnikiem asynchronicznym, zaopatrzonym w twornik pierścieniowy z opornikową regulacją liczby obrotów.

10. Urządzenie według zastrz. 9, znamienne tym, że silnik pomocniczy posiada bieguny dające się **przełączać**.

11. Odmiana urządzenia według zastrz. 3, znamienne tym, że silnik pomocniczy jest silnikiem komutatorowym, dającym się regulować przez przesuwanie szczotek lub zmianę napięcia.

12. Urządzenie według zastrz. 9 — 11, znamienne tym, że silnik pomocniczy może pracować również jako prądnica.

13. Urządzenie według zastrz. 9 — 11, znamienne tym, że silnik pomocniczy jest zasilany wielofazowym prądem z silnika głównego.

14. Odmiana urządzenia według zastrz. 9 — 11, znamienne tym, że silnik pomocniczy jest zasilany wielofazowym prądem z wielofazowej prądnicy zasilającej silniki jezdne.

15. Odmiana urządzenia według zastrz. 3, znamienne tym, że silnik pomocniczy jest silnikiem prądu stałego.

16. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tym, że silnik prądu stałego jest zasilany prądnicą prądu stałego, bezpośrednio napędzaną przez silnik główny przy stałej liczbie obrotów.

17. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tym, że pomocniczy silnik prądu stałego jest zasilany przez urządzenie przetwornicowe, np. przez prostownik rtęciowy czy też zawór elektryczny ze sterowaniem siatkowym lub bez tego sterowania.

18. Urządzenie według zastrz. 3, zna-

miennie tym, że liczba biegunów prądnicy urządzenia przetwornicowego daje się **przełączać**.

19. Urządzenie według zastrz. 3, znamienne tym, że zwarte uzwojenia wtórne asynchronicznych silników jezdnych w celu zwiększenia pojemności cieplnej znajdują się w bezpośredniej łączności lub też w dobrze przewodzącym połączeniu ze specjalnymi masami metalu.

20. Urządzenie według zastrz. 3, znamienne tym, że asynchroniczne silniki jezdne posiadają przełączalne bieguny.

21. Urządzenie według zastrz. 3, znamienne tym, że asynchroniczne silniki jezdne są połączone kaskadowo względem siebie.

22. Urządzenie według zastrz. 20, znamienne tym, że zawiera urządzenie, służące do przełączania biegunów silników jezdnych, za pomocą którego to urządzenia można szybko usuwać samoczynnie wzbudzenie wielofazowej prądnicy przed przełączeniem i z powrotem wzbudzić tę prądnicę po przełączeniu.

23. Urządzenie według zastrz. 20, znamienne tym, że zawiera urządzenie przełącznikowe, za pomocą którego równocześnie z przełączaniem biegunów silników jezdnych można także w ten sposób nastawiać ilość obrotów silnika pomocniczego, aby w biegu synchronicznym lub prawie synchronicznym silników jezdnych nie mogło powstać odchylenie, przekraczające praktycznie dopuszczalne granice.

24. Urządzenie według zastrz. 20 i 21, znamienne tym, że posiada przynajmniej dwie grupy silników jezdnych, w obrębie których włączanie kaskadowe silników lub przełączanie ilości ich biegunów może być uskuteczniane równocześnie, a oddzielnie w każdej grupie.

25. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 2, znamienne tym, że posiada urządzenie przełącznikowe, za pomocą którego silniki jezdne mogą być bez-

pośrednio włączone do zaczepów silnika głównego lub transformatora i utrzymywane w pracy jako jednofazowe silniki asynchroniczne.

26. Odmiana urządzenia do stosowania sposobu według zastrz. 2, znamienna tym, że silnik główny posiada wielofazowo wzbudzane specjalne uzwojenie, do którego mogą być przyłączone silniki jezdne za pomocą urządzenia przełącznikowego, przy czym zachowują one wówczas charakter wielofazowych silników asynchronicznych.

27. Urządzenie według zastrz. 3 — 26, znamienne tym, że silniki jezdne są zbudowane do zasilania przy stałej szybkości prądem o częstotliwości większej niż 60 okr./sek, przy czym silniki te posiadają przekładnię kół zębatach o stosunku przekładni, wynoszącym przynajmniej 2:3.

28. Urządzenie według zastrz. 3, znamienne tym, że wielofazowa prądnica jest zbudowana w ten sposób, że jedna jej część, np. wirnik, jest obracana silnikiem głównym, a mogąca się obracać druga

część, np. stojan — silnikiem pomocniczym.

29. Odmiana urządzenia według zastrz. 3, znamienna tym, że wielofazowa prądnica jest zbudowana w ten sposób, że jej wirnik jest obracany przez silnik główny, a wielofazowo nawinięte uzwojenie wzbudzające jest wzbudzane specjalną wielofazową wzbudnicą, napędzaną silnikiem pomocniczym.

30. Urządzenie według zastrz. 3, znamienne tym, że prądnica wraz z napędzającym ją silnikiem głównym i pomocniczym oraz ewentualnie zastosowany transformator są umieszczone bezpośrednio na półwózku obrotowym wozu motorowego.

G a n z é s T á r s a

V i l l a m o s s á g i,

G é p-, W a g g o n- é s H a j ó g y á r

R. T.

Zastępca: inż. J. Wyganowski,
rzecznik patentowy.