



Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 18.X.1962 (P 99 870)

Pierwszeństwo: 20.X.1961 Szwajcaria

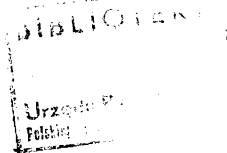
Opublikowano: 5.III.1966

Kl. 20 1, 7/02

MKP ~~B-61~~

13602 15/20

UKD



Właściciel patentu: Roland Adoutte, Karl Schneider, Max Baumgartner
Carouge Genewa (Szwajcaria)

Układ samoczynnej regulacji maszyn elektrycznych trakcji
spalinowo-elektrycznej

1

W trakcji spalinowo-elektrycznej, zawierającej wysokoprężny silnik spalinowy, prądnice prądu stałego oraz jeden lub więcej silników elektrycznych zasilanych z tej prądnicy, zastosowanej na przykład na lokomotywie, moc wysokoprężnego silnika spalinowego musi być całkowicie wykorzystywana i to przy całym zakresie prędkości jazdy lokomotywy. Ponadto pewnej prędkości wysokoprężnego silnika spalinowego powinna odpowiadać ściśle określona dostarczana przez niego moc. Oznacza to, że moc elektryczna dostarczana przez prądnicę i pobierana przez silniki elektryczne powinna być stała dla danej prędkości wysokoprężnego silnika spalinowego.

Regulowanie maszyn elektrycznych trakcji spalinowo-elektrycznej polega zatem na nadaniu charakterystyce momentu obrotowego w funkcji prędkości napędu elektrycznego, postaci hiperbolicznej. Uzyskuje się to na ogół przez oddziaływanie na napięcie prądnicy za pomocą jej wzbudzenia. Z drugiej strony w celu umożliwienia zwiększenia zakresu prędkości dla danej wielkości wymiarowej prądnicy przewiduje się elementy umożliwiające osłabianie pola magnetycznego silników.

Silniki elektryczne stosowane na ogół w znanych układach trakcji spalinowo-elektrycznej są silnikami szeregowymi. Prądnice są na ogół zaostrzone w uzwojenia wzbudzające równoległe i szeregowo przeciwdziałające, jak również w uzwojenie o wzbudzeniu obcym, na które oddziały-

2

wuje się w celu regulowania mocy. O ile chodzi o silniki to osłabienie ich pola jest na ogół używane za pomocą styczników zwierających części uzwojeń wzbudzających.

5 Jest oczywiste, że tego rodzaju układ daje samoczynną i ciągłą regulację trudną do realizacji, przy czym liczba stopni bocznikowania jest z konieczności ograniczona. Z drugiej strony powinny być przedsięwzięte środki ostrożności w celu uniknięcia przeciążeń w chwili bocznikowania, co stanowi częsty powód ognienia silnika. Automatyzacja tego bocznikowania wymaga aparatury, której skomplikowanie wzrasta wraz z liczbą stopni tego bocznikowania.

15 Istnieją również inne rozwiązania przeznaczone do osłabiania pola silników szeregowych. Polegają one na stosowaniu dodatkowych uzwojeń wzbudzających o przeciwnym kierunku w stosunku do uzwojeń szeregowych, ale zrealizowane urządzenia tego rodzaju są stosunkowo skomplikowane.

20 Jest to jeden z powodów zaproponowania silników o wzbudzeniu obcym. Silniki te ponadto odznaczają się dodatnią cechą samozabezpieczenia się od poślizgu, dzięki swym charakterystykom momentu obrotowego w funkcji prędkości. A mianowicie wzrost prędkości w przypadku poślizgu prowadzi do gwałtownego zmniejszenia się natężenia prądu, a zatem i momentu obrotowego.

25 Ponadto silniki te umożliwiają usunięcie urządzenia nawrotnego w obwodzie mocy, przy czym

zmiana kierunku obrotu może być wykonywana w obwodach wzbudzenia. Wreszcie stosowanie silników o obcym wzbudzeniu umożliwia znaczne zmniejszenie wielkości prądnicy głównej, wykonując jako równoważnik bocznikowania włączone równolegle silniki szeregowo bez stycznika. Przekazywanie napięcia prądnicy na jeden tylko z zasilanych przez nią silników szeregowych może być uzyskane przez osłabienie stopniowe i całkowite pola innych silników.

Pomimo tych zalet, charakterystyki silników o wzbudzeniu obcym mają pewne wady, zwłaszcza takie wady, które polegają na znacznym niezrównoważeniu natężeń prądów przepływających przez silniki zasilane równolegle, spowodowanym przez różnice w wykonaniu silników, niedopuszczalne zużycie kół lokomotywy itd.

Celem niniejszego wynalazku jest uproszczenie regulacji maszyn tego typu z jednej strony, oraz usunięcie wymienionych wyżej wad związanych nierozłącznie z ich charakterystykami z drugiej strony. Przedmiotem tego wynalazku jest stworzenie układu regulacyjnego maszyn elektrycznych trakcji spalinowo-elektrycznej, który składa się z wysokoprężnego silnika spalinowego, prądnicy prądu stałego, zasilającej jeden lub więcej silników, przy czym prądnica i silniki mają uzwojenia wzbudzenia zasilane za pośrednictwem sterowanych prostowników, i który odznacza się tym, że prostowniki te są sterowane za pomocą sygnału będącego funkcją różnicy mocy pomiędzy zadaną mocą, odpowiadającą określonej prędkości wysokoprężnego silnika spalinowego i mocy dostarczanej przez prądnicę, za pośrednictwem dwóch generatorów funkcji, jednego przeznaczonego dla prostownika prądnicy, drugiego przeznaczonego dla prostowników silników, przy czym obydwa generatory dopóty wysyłają sygnały, pierwszy z nich — sygnał proporcjonalny do wspomnianego wyżej sygnału różnicy mocy, drugi — sygnał o maksymalnej amplitudzie, dopóki sygnał różnicy mocy nie przekroczy wartości wyznaczonej, przy czym powyżej tej wartości pierwszy generator funkcji wysyła sygnał o maksymalnej i stałej amplitudzie, a drugi — sygnał, którego amplituda zmniejsza się liniowo wraz z wzrostem amplitudy sygnału różnicy mocy, wywołując samoczynnie i w sposób ciągle osłabienie pola silników, przy czym przewidziane są elementy przeznaczone do samoczynnego utrzymywania na zasadniczo równym poziomie natężeń prądu we włączonych równolegle silnikach.

Rysunek przedstawia tytułem przykładu ideowy schemat układu samoczynnej regulacji maszyn elektrycznych trakcji spalinowo-elektrycznej oraz charakterystyki regulacyjne, przy czym fig. 1 przedstawia wymieniony schemat ideowy, a fig. 2 pokazuje charakterystyki regulacyjne.

Jak to widoczne jest z fig. 1, układ napędowy spalinowo-elektryczny zawiera prądnicę prądu stałego G , napędzaną przez wysokoprężny silnik spalinowy D , oraz uzwojenie wzbudzące 1, zasilane za pośrednictwem prostownika sterowanego 2, utworzonego na przykład z prostowników sty-

kowych, zasilanych ze źródła trójfazowego prądu zmiennego, za pomocą linii zasilającej 3.

Wysokoprężny silnik spalinowy D jest doprowadzany do określonych obrotów za pomocą znanych elementów, które nie są pokazane na rysunku, z wyjątkiem elementu 4 sterującego jego prędkością obrotową. Prądnica zasilą równolegle dwie grupy silników, z których każda zawiera dwa silniki o wzbudzeniu niezależnym a mianowicie odpowiednio silniki M_1, M_2, M_3, M_4 . Uzwojenia wzbudzające 5 i 6 pierwszej grupy silników są zasilane szeregowo z linii 7 za pośrednictwem sterowanego prostownika 8. Tak samo ma się sprawa z uzwojeniami wzbudzającymi 9 i 10 drugiej grupy silników zasilanych z linii 11 za pośrednictwem sterowanego prostownika 12.

Prostowniki 2, 8, 12 są sterowane za pomocą impulsów wysyłanych przez nie pokazane na rysunku generatory, sterowane przez sygnały wysyłane przez generatory funkcji 13 i 14, z których pierwszy wysyła sygnały sterujące prostownikiem 2, a drugi wysyła sygnały sterujące prostownikami 8 i 12. Generatory 13 i 14 wysyłają sygnały w zależności od sygnału wejściowego wysyłanego przez urządzenie różnicowe 15, będące różnicą pomiędzy sygnałem odpowiadającym mocy elektrycznej prądnicy G a sygnałem odniesienia odpowiadającym mocy wysokoprężnego silnika spalinowego.

Urządzenie 15 jest w rzeczywistości sumatorem algebraicznym dodającym dwa sygnały o przeciwnych znakach, a mianowicie dodatni sygnał odniesienia wytwarzany przez generator tachometryczny 16 i trzeci generator funkcji 17, oraz ujemny sygnał wytwarzany przez powielacz elektronowy 18.

Urządzenie 15 jest połączone generatorami 13 i 14 za pośrednictwem czwartego generatora funkcji 19 i drugiego urządzenia różnicowego 20, których działania zostaną podane w dalszym ciągu opisu.

Generator 13 wysyła sygnał wprost proporcjonalny do sygnału wejściowego dopóty, dopóki sygnał wejściowy nie osiągnie wartości odpowiadającej maksymalnemu wzbudzeniu prądnicy G , po czym amplituda sygnału pozostaje stała pomimo wzrastania amplitudy sygnału wejściowego.

Natomiast generator 14 dopóty wysyła sygnał o amplitudzie stałej i maksymalnej, odpowiadającej maksymalnemu wzbudzeniu silników M_1, M_2, M_3, M_4 , dopóki amplituda sygnału wejściowego jest niższa od amplitudy, dla której generator 13 wysyła sygnał o amplitudzie maksymalnej. Powyżej tej wartości sygnału wejściowego generator 14 wysyła sygnał, którego amplituda maleje liniowo wraz ze wzrostem amplitudy sygnału wejściowego.

Dwa wejścia powielacza elektronowego 18 są połączone odpowiednio z urządzeniem 21, mierzącym napięcie prądnicy G , i z komparatorem 22. Komparator ten porównuje wartości natężeń prądów, które przepływają przez dwie grupy silników, a mianowicie M_1, M_2 i M_3, M_4 , i które są mierzone odpowiednio za pomocą urządzeń 23 i 24, a następnie wysyła wartość większą. Wyjście z komparatora 22 jest również połączone z drugim wejściem urządzenia różnicowego 20, którego pierwsze

wejście jest połączone z wyjściem generatora funkcji 19.

Generator ten dopóty wysyła sygnał proporcjonalny do sygnału wejściowego, tzn. do sygnału wytworzonego przez urządzenie 15, dopóki sygnał ten pozostaje poniżej pewnej wartości zmiennej i wyznaczanej w zależności od położenia elementu 4, sterującego prędkością wysokoprężnego silnika spalinowego. Powyżej tej wartości sygnału wejściowego generator 19 wysyła sygnał o amplitudzie stałej. Wynika z tego, że dla każdego położenia elementu sterującego 4, sygnał różnicy mocy wytwarzany przez urządzenie 15 jest ograniczony do wartości wyznaczonej przez generator 19.

Każde z dwóch urządzeń 23 i 24, mierzących natężenia prądów w obydwóch grupach silników, jest połączone z jednym z dwóch wejść drugiego komparatora 25. Komparator ten jest przewidziany do tego, aby wysyłał dwa sygnały o amplitudzie równej i ograniczonej, a o znakach przeciwnych, proporcjonalne do różnicy natężeń prądów mierzonych przez urządzenia 23 i 24. Dwa wyjścia urządzenia 25 są połączone odpowiednio z prostownikiem 8 i prostownikiem 12.

Urządzenie różnicowe 15 zawiera trzecie wejście 26, przeznaczone do połączenia z nie pokazanym na rysunku integratorem wysyłającym sygnał odpowiadający całce różnicy pomiędzy rzeczywistym wtryskiem wysokoprężnego silnika spalinowego i wtryskiem odniesienia, odpowiadającym określonej prędkości wysokoprężnego silnika spalinowego. Znaczenie tego sygnału zostanie wyjaśnione w dalszym ciągu opisu.

Opisany wyżej układ regulacji działa w sposób opisany poniżej.

Podczas uruchamiania układu napędowego ograniczenie natężenia prądu jest uzyskiwane przez ograniczenie różnicy mocy, przedstawianej za pomocą sygnału na wyjściu urządzenia 15. Ograniczenie sygnału różnicy mocy jest uzyskiwane za pomocą generatora funkcji 19 w taki sposób, że maksymalna amplituda wysyłanego sygnału zmienia się wraz z położeniem organu sterującego 4.

Sygnał na wyjściu z generatora 19 odwzorowuje prąd, który powinien być dostarczany przez prądnicę G. Sygnał wysyłany przez komparator 22, doprowadzony do drugiego wejścia urządzenia 20 i odpowiadający większemu z dwóch natężeń prądów płynących przez dwie grupy silników, odejmuje się od sygnału wysyłanego przez generator 19, tworząc w ten sposób sprzężenie zwrotne.

Z podanego wyżej opisu wynika, że ograniczenie natężenia prądu, podczas okresu uruchamiania jest uzyskiwane przez ograniczanie zasilania prądem głównego obwodu elektrycznego. Wartość tego ograniczenia prądu zależy od położenia elementu sterującego 4, co umożliwia uzyskanie dozowania obciążeń rozruchu w funkcji położenia elementu sterującego 4, który jest obsługiwany przez maszynistę.

Tego rodzaju regulacja uzależniona od prądu następuje aż do prędkości ω_1 (fig. 2). Od tej prędkości rozpoczyna się samoczynna regulacja, która jest uzależniona od mocy głównego obwodu elek-

trycznego i w ten sposób otrzymuje się wymaganą charakterystykę paraboliczną (fig. 2).

W pierwszym okresie działania w normalnych już warunkach pracy, tzn. poczynając od prędkości ω_1 aż do prędkości ω_2 (fig. 2), regulacja jest uzyskiwana przez oddziaływanie na napięcie prądnicy za pomocą jej wzbudzenia. Dla zadanej prędkości wysokoprężnego silnika spalinowego, moc elektryczna, wyrażana za pomocą sygnału na wyjściu z powielacza elektronowego 18, jest stale porównywana z mocą wysokoprężnego silnika spalinowego, wyrażaną za pomocą odpowiedniego sygnału, wysyłanego przez generator 17. Różnica między tymi dwoma sygnałami przedstawia różnicę mocy, która w postaci sygnału na wyjściu z urządzenia 15, jest przekazywana przez generator 19 i urządzenie 20 do generatora 13.

Generator ten wysyła sygnał sterujący do prostownika 2 modyfikując natężenie prądu wzbudzenia, a zatem napięcie prądnicy, w taki sposób, że prądnica daje moc elektryczną równą mocy odniesienia. W tym okresie działania, strumień magnetyczny silników jest maksymalny i stały.

W drugim okresie działania w normalnych warunkach pracy, zawartym pomiędzy prędkością ω_2 i prędkością $\omega_{\max}$ (fig. 2) regulacja jest uzyskiwana przez oddziaływanie na wzbudzenie silników. Skoro tylko wzbudzenie prądnicy osiągnęło swe maksimum, tzn. skoro różnica mocy przekracza wartość, dla której generator 13 wysyła sygnał odpowiadający temu maksymalnemu wzbudzeniu, to generator 14 wysyła sygnał zmniejszający się wraz z wzrostem różnicy mocy i wywołujący zmniejszenie natężeń prądów wzbudzenia silników przez oddziaływanie na prostowniki 8 i 12.

Układ równowagi obciążeń w dwóch grupach silników działa jak opisano poniżej.

Przyjmując, że natężenie prądu płynącego w silnikach M_1 i M_2 jest większe niż prądu płynącego w silnikach M_3 i M_4 , komparator 25 wysyła sygnał dodatni na wyjściu, połączonym z prostownikiem 8 i sygnał ujemny o tej samej amplitudzie na wyjściu, połączonym z prostownikiem 12. Następuje dodanie sygnału wysyłanego przez komparator 25 do sygnału wysyłanego przez generator 14, a zatem zwiększenie wzbudzenia silników M_1 i M_2 , co powoduje z jednej strony zmniejszenie natężenia prądu przez nie przepływającego, oraz odjęcie sygnału wysyłanego przez komparator 25 od sygnału wysyłanego przez generator 14, a zatem zmniejszenie wzbudzenia silników M_3 i M_4 i zwiększenie natężenia prądu przepływającego przez nie z drugiej strony.

Fakt używania do sprzężenia zwrotnego większego z dwóch natężeń prądów płynących przez dwie grupy silników umożliwia w przypadku poślizgu silnika w jednej z grup utrzymanie natężenia prądu przepływającego przez silniki drugiej grupy poniżej przyjętej wartości maksymalnej ($I_{\max}$ na fig. 2). Dzięki temu ograniczeniu moc napędowa może być podana do silników, które nie mają poślizgu, tak że może nastąpić rozruch, podczas gdy poślizg samoczynnie zanika. Jest oczywiste, że to samo zjawisko odbywa się w przypadku poślizgu przy którejkolwiek bądź prędkości roboczej.

Wynika z tego, że we wszystkich warunkach pracy układu możliwe jest maksymalne wykorzystywanie przyczepności kół lokomotywy.

Samoczynne zabezpieczenie wysokoprężnego silnika spalinowego przed przeciążeniem, mogącym 5 pochodzić od uszkodzeń mechanicznych lub od obciążenia reprezentowanego przez obwody pomocnicze, jest zapewnione w sposób opisany poniżej.

Skoro rzeczywisty wtrysk paliwa jest większy 10 od wtrysku odniesienia, odpowiadającego określonej prędkości wysokoprężnego silnika spalinowego, nie pokazany na rysunku integrator wysyła sygnał 26 o znaku przeciwnym niż sygnał wysyłany przez generator 17, na przykład sygnał ujemny, jeżeli ten ostatni sygnał jest dodatni, w taki sposób, 15 ażeby zmniejszyć zadaną moc wysokoprężnego silnika spalinowego. Sygnał 26 znika dopiero wówczas, gdy rzeczywisty wtrysk paliwa spadnie z powrotem poniżej wtrysku odniesienia, tzn. skoro zniknie przyczyna przeciążenia.

Jak widać opisany wyżej układ regulacji umożliwia samoczynną regulację maszyn elektrycznych trakcji spalinowo-elektrycznej wykorzystując 20 tylko obwody elektroniczne, bez korzystania z jakiegokolwiek ruchomego elementu sterującego.

Z drugiej strony umożliwia on stosowanie silników o oddzielnym wzbudzeniu ze wszystkimi 25 ich zaletami, eliminując jednakże ich wady przede wszystkim dzięki układom wyrównującym obciążenia i ograniczającym natężenia ich prądów.

Co się tyczy różnych urządzeń elektronicznych, składających się na zespół urządzenia regulacyjnego według wynalazku, takich jak generator 30 funkcji, sumatory algebraiczne, komparatory, prostowniki sterowane i powielacz elektronowy, które nie stanowią przedmiotu wynalazku, a zatem nie są opisane szczegółowo, to mogą one być typu dowolnego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ samoczynnej regulacji maszyn elektrycznych trakcji spalinowo-elektrycznej, składający 35 się z wysokoprężnego silnika spalinowego, z prądnicy prądu stałego i silników z obcym wzbudzeniem o uzwojeniach zasilanych za pomocą sterowanych prostowników, **znamienny**

tym, że zawiera prostowniki (2, 8, 12), które są sterowane za pomocą sygnału, przedstawiającego różnicę mocy pomiędzy zadaną mocą, odpowiadającą określonej prędkości wysokoprężnego silnika spalinowego (D), a mocą dostarczaną przez prądnicę (G), za pośrednictwem 40 dwóch generatorów funkcji (13) i (14), jednego przeznaczonego dla prostownika (2) prądnicy, drugiego przeznaczonego dla prostowników (8 i 12) silników, przy czym obydwa generatory (13 i 14) dopóty wysyłają sygnały, generator (13) — sygnał proporcjonalny do wspomnianego 45 wyżej sygnału różnicy mocy, a generator (14) — sygnał o amplitudzie maksymalnej i stałej, dopóki sygnał różnicy mocy nie przekroczy wyznaczonej wartości, powyżej której generator funkcji (13) wysyła sygnał o amplitudzie maksymalnej i stałej, a generator (14) wysyła sygnał, którego amplituda zmniejsza się liniowo 50 wraz ze wzrostem sygnału różnicy mocy, wywołując samoczynnie i w sposób ciągły osłabienie pola silników, przy czym układ zawiera również elementy (23, 24, 25) przeznaczone do samoczynnego utrzymywania na zasadniczo 55 równym poziomie natężeń prądów w włączonych równolegle silnikach.

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zawiera generator funkcji (17) i sumator algebraiczny (15), przeznaczone do przekazywania 60 sygnału różnicy mocy do generatorów funkcji (13 i 14) i do ograniczania sygnału na wejściu do generatorów (13 i 14) w zależności od położenia elementu (4) sterującego prędkością wysokoprężnego silnika spalinowego, i od większego z natężeń prądów przepływających przez 65 silniki zasilane równolegle i to w taki sposób aby uzyskać ograniczenie tego prądu.
3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zawiera komparator (25), przeznaczony do porównywania natężeń prądów płynących przez 70 dwa obwody równolegle zasilające silniki oraz do wysyłania dwóch sygnałów o tej samej amplitudzie ale o znakach przeciwnych, przy czym sygnał dodatni jest przeznaczony do zwiększania wzbudzenia silników, przez które płynie 75 prąd o mniejszym natężeniu, i to w taki sposób, aby uzyskać wyrównanie tych natężeń prądów.

