

Lukov Nikolay, Babel Marek, Woszczyzna Bartosz

Przekładnia elektryczna lokomotywy spalinowej prądu zmiennego z prądnicą synchroniczną i asynchronicznymi silnikami pierścieniowymi

Zastosowanie w lokomotywach spalinowych trakcyjnych prądnic prądu zmiennego pozwala opracować przekładnie elektryczne prądu zmiennego, polepszające wskaźniki techniczno-ekonomiczne lokomotyw. Przedstawiono opis zasady działania, schematy, właściwości i charakterystyk opracowanej przekładni elektrycznej, składającej się z prądnicy synchronicznej, asynchronicznych silników trakcyjnych pierścieniowych, autonomicznego trakcyjnego falownika prądu o prostej konstrukcji i prostowników niesterowanych. W opracowanej przekładni energia poślizgu silników trakcyjnych oddawana jest do ich uzwojeń stojana.

Słowa kluczowe: lokomotywa spalinowa, przekładnia elektryczna, prądnicą synchroniczną, asynchroniczny silnik trakcyjny pierścieniowy.

Budowa

Zmniejszenie ceny, wymiarów gabarytowych, masy, zużycia energii na chłodzenie przekładni elektrycznej oraz zwiększenie niezawodności i sprawności przekładni można osiągnąć na drodze zastosowania: trakcyjnej prądnicy synchronicznej, asynchronicznych silników trakcyjnych pierścieniowych, autonomicznego falownika prądu o prostej konstrukcji i prostowników niesterowanych, co pozwala oddawać energię poślizgu silników trakcyjnych do zwojeń stojana.

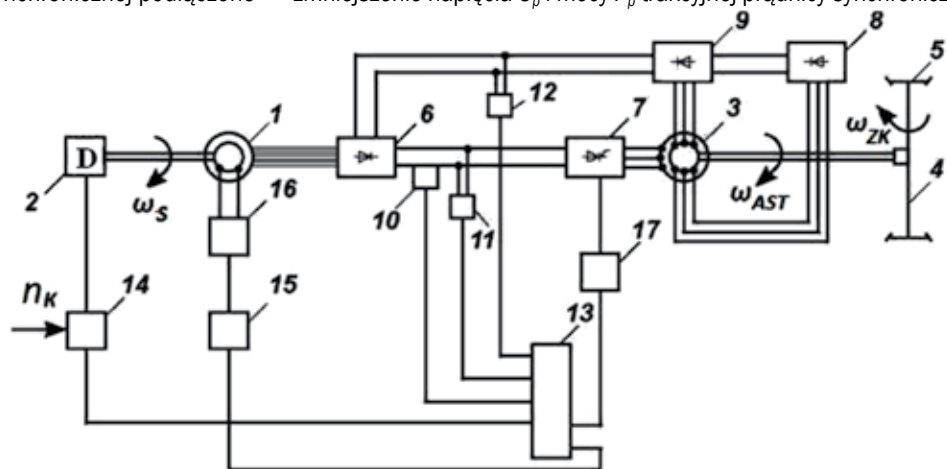
Opracowana przekładnia elektryczna lokomotywy spalinowej prądu zmiennego (rys. 1) w odróżnieniu od przekładni elektrycznej, opisanej w pracy [6], składa się nie z asynchronicznej lecz sześciofazowej trakcyjnej prądnicy synchronicznej 1, napędzanej silnikiem spalinowym 2, asynchronicznego silnika trakcyjnego pierścieniowego 3, posiadającego dwa uzwojenia trójfazowe. Wał silnika trakcyjnego 3 połączony jest z osiami 4 zestawów kołowych 5. Uzwojenia stojana trakcyjnej prądnicy synchronicznej podłączone są do pierwszego prostownika niesterowanego 6, do którego, w kolejności, podłączony jest autonomiczny falownik prądu 7. Uzwojenia stojana prądnicy synchronicznej 3 podłączone są do autonomicznego falownika prądu 7, a 2 jego trójfazowe uzwojenia wirnika za pośrednictwem drugiego 8 i trzeciego 9 prostowników niesterowanych podłączone są do pierwszego prostownika niesterowanego 6. Do pierwszego prostownika niesterowanego 6 podłączone są także czujniki prądu 10 i pierwszy czujnik napięcia 11. Do trzeciego prostownika niesterowanego 9 podłączony jest drugi czujnik napięcia 12. Wyjścia czujnika prądu 10, pierwszego 11 i drugiego 12 czujników napięcia podłączone są do sterownika mikroprocesorowego 13. Do sterownika mikroprocesorowego 13 podłączone są także pierwszy, drugi i trzeci blok sterowania 14, 15 i 17.

także pierwszy blok sterowania 14 (nastawnik maszynisty), powiązany z silnikiem spalinowym 2, drugi blok sterowania 15, powiązany z blokiem wzbudzenia trakcyjnej prądnicy synchronicznej 16, i trzeci blok sterowania 17, połączony z autonomicznym falownikiem prądu 7. W ten sposób, autonomiczny falownik 7 połączony jest szeregowo z pierwszym 6, drugim 8 i trzecim 9 prostownikami niesterowanymi.

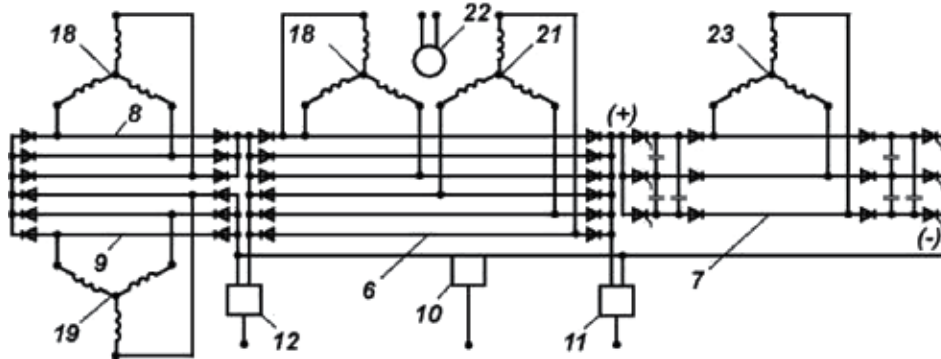
Na rys. 2 pozycjami 18 i 19 oznaczono pierwsze i drugie uzwojenia wirnika asynchronicznego silnika trakcyjnego 3, pozycjami 20 i 21 – pierwsze i drugie uzwojenia stojana trakcyjnej prądnicy synchronicznej 1, a pozycją 22 – uzwojenie wirnika trakcyjnej prądnicy synchronicznej 1 i pozycją 23 – uzwojenie stojana silnika trakcyjnego.

Do pomiaru prędkości obrotowej wału zespołu silnik-prądnic ω_{SP} zastosowano czujnik 2, zabudowany na silniku spalinowym 2 (w regulatorze prędkości obrotowej wału korbowego), a sygnał wyjściowy z tego czujnika jest jednocześnie sygnałem prędkości obrotowej wału ω_{SP} i częstotliwości f_p napięcia trakcyjnej prądnicy synchronicznej 1. Jak przedstawiono na rys. 1 i 2, do autonomicznego falownika prądu 7 doprowadzane jest sumaryczne wyprostowane napięcie od pierwszego 6, drugiego 8 i trzeciego 9 prostowników niesterowanych. Czujnik 12 realizuje dwie funkcje. Pierwsza jego funkcja polega na tym, że dla określenia napięcia trakcyjnej prądnicy synchronicznej 1 U_p , sygnał wyjściowy z czujnika 12 odejmowany jest od sygnału wyjściowego z czujnika 11.

Druga funkcja polega na tym, że przy przeciążeniu napięciowym, w wyniku różnych przyczyn, uzwojeń wirnika silnika trakcyjnego 3 (to znaczy, i prądowym), sterownik mikroprocesorowy 13 zgodnie z zaprogramowanym algorytmem pracy podaje sygnał na drugi blok sterowania 15, a ten, z kolei, na blok wzbudzenia 16 prądnicy synchronicznej 1, który zmniejsza prąd wzbudzenia I_{wp} , co wpływa na zmniejszenie napięcia U_p i mocy P_p trakcyjnej prądnicy synchronicznej.



Rys. 1. Schemat przekładni elektrycznej lokomotywy spalinowej prądu zmiennego: 1 – trakcyjna prądnicą synchroniczna; 2 – silnik spalinowy; 3 – asynchroniczny silnik trakcyjny; 4 i 5 – zestaw kołowy; 6, 8 i 9 – pierwszy, drugi i trzeci prostownik niesterowany; 7 – autonomiczny falownik prądu; 10 – czujnik prądu; 11 i 12 – pierwszy i drugi czujnik napięcia; 13 – sterownik mikroprocesorowy; 14, 15 i 17 – pierwszy, drugi i trzeci blok sterowania; 16 – blok wzbudzenia trakcyjnej prądnicy synchronicznej



Rys. 2. Schemat ideowy obwodu głównego części elektrycznej przekładni lokomotywy prądu zmiennego z trakcyjną prądnicą synchroniczną i asynchronicznymi silnikami trakcyjnymi pierścieniowymi

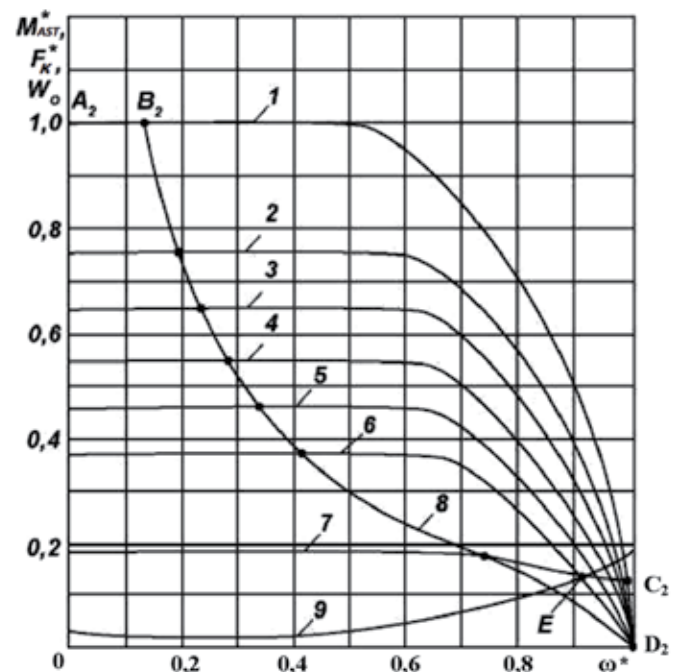
nej 1. Napięcie i prąd obciążenia trakcyjnej prądnicy synchronicznej w przekładni elektrycznej mierzone są po stronie prądu stałego również dlatego, iż dokładność pomiaru wielkości elektrycznych prądu zmiennego jest znacznie mniejsza od dokładności pomiaru tychże wielkości prądu stałego [3]. Z powodu braku w przekładni elektrycznej prądów wyrównawczych, zwieranych przez diody drugiego 8 i trzeciego 9 prostowników niesterowanych, z pominięciem uzwojeń silnika trakcyjnego 3, prądy w uzwojeniach wirnika i stojana silnika trakcyjnego 3 są równe między sobą i równe prądowi obciążenia trakcyjnej prądnicy synchronicznej 1. W skład przekładni elektrycznej wchodzi układ kaskadowo-parametryczny napędu asynchronicznego [8, 9]. Przy tym energia poślizgu asynchronicznego silnika trakcyjnego 3 nie jest oddawana do prądnicy synchronicznej 1, lecz bezpośrednio do uzwojeń stojana silnika trakcyjnego 3, przechodząc przy tym przez drugi 8, trzeci 9 i pierwszy 6 prostowniki niesterowane i autonomiczny falownik prądu 7. Uzwojenia stojana i wirnika silnika trakcyjnego 3 podłączone są do ogólnego obwodu elektrycznego, co pozwala jednocześnie sterować prądami uzwojeń stojana i wirnika silnika trakcyjnego przez zmianę prądu obciążenia i napięcia prądnicy synchronicznej 1, realizującej funkcje zasilania przekładni elektrycznej z regulacją U_p i f_p na jej wyjściu. W ten sposób, połączenie szeregowe uzwojeń stojana i wirnika silnika trakcyjnego 3 za pośrednictwem diod pozwala realizować sterowanie przekładnią elektryczną za pomocą ogólnego ogniwa prądu stałego.

Charakterystyki

W przekładni elektrycznej wykorzystywany jest autonomiczny falownik prądu 7 z nieregulowaną, zmieniającą się stopniowo (w zależności od pozycji nastawnika maszynisty – pierwszego bloku sterowania 14, tj. od częstotliwości napięcia f_p prądnicy synchronicznej) częstotliwością wyjściową f_r . Takie falowniki są najprostsze, niedrogie i posiadają bardzo prosty schemat układu pracy [2]. Oprócz tego, zadawanie zgodnie z programem (wg pozycji n_k nastawnika maszynisty – pierwszego bloku sterowania 14) sygnału sterowania częstotliwością f_r bez zamkniętej pętli regulacji tej częstotliwości, znacznie upraszcza układ sterowania autonomicznego falownika prądu 7 [2]. W celu zmniejszenia amplitudy pulsacji napięcia i zwiększenia ich częstotliwości uzwojenia stojana trakcyjnej prądnicy synchronicznej przesunięte są względem siebie o 30° elektrycznych. Każde z uzwojeń stojana podłączone jest do oddzielnej gałęzi pierwszego mostka prostowniczego prostownika niesterowanego 6. Po stronie prądu stałego mostki połączone są równolegle (rys. 2). Przy tym amplituda składowej zmiennej sygnału napięcia wyprostowanego jest bliska zeru i prąd na wyjściu pierwszego prostownika 6 jest praktycznie wygładzony.

W celu zmniejszenia pulsacji prądu wyprostowanego w uzwojeniach wirnika silnika trakcyjnego w przekładni elektrycznej silnik trakcyjny 3 wykonany jest z dwoma uzwojeniami wirnika (i sześcioma pierścieniami), które przesunięte są względem siebie o kąt α_p , równy 30° lub 90° elektrycznych. Przy kącie przesunięcia uzwojeń wirnika $\alpha_p = 0$ pulsacje wyprostowanego napięcia na wyjściu drugiego 8 i trzeciego 9 prostowników niesterowanych sumują po fazie. Na wyjściu trzeciego prostownika 9 otrzymywana jest podwojona amplituda pulsacji o tej samej

częstotliwości (odpowiadającej prostownikowi sześciofazowemu). Przy wykonaniu przesunięcia uzwojeń wirnika o 30° elektrycznych ($\alpha_p = 30^\circ$) pulsacje wyprostowanego napięcia dwóch prostowników 8 i 9 są przesunięte po fazie także na 30° . Chociaż suma wyprostowanych napięć (średnia wartość napięcia na wyjściu prostowników 8 i 9) pozostaje taka sama, jak i w przypadku $\alpha_p = 0$, częstotliwość zmiennej składowej wzrasta podwójnie, a jej amplituda ulega znacznemu zmniejszeniu. W ten sposób, poprzez przesunięcie uzwojeń trójfazowych wirnika silnika trakcyjnego 3 osiągane są pulsacje napięcia wyprostowanego jak w układzie prostowniczym dwunastofazowym. W tym przypadku nie ma konieczności stosowania kondensatora wygładzającego na wyjściu trzeciego prostownika 9. Przekładnia elektryczna przeznaczona jest do tego, aby przy stałych prędkościach obrotowych wału silnika spalinowego $2\omega_s$,



Rys. 3. Statyczne charakterystyki mechaniczne asynchronicznego silnika trakcyjnego przy zadanej częstotliwości napięcia zasilającego i przy różnych względnych prądach obciążenia ($MAST$ – względny moment silnika trakcyjnego): 1 – 1,0; 2 – 0,8; 3 – 0,7; 4 – 0,6; 5 – 0,5; 6 – 0,4; 7 – 0,2; 8 – charakterystyka trakcyjna lokomotywy $F_k(V_p)$ (linia $A_2B_2C_2D_2$) podczas pracy silnika spalinowego na zadanej pozycji nastawnika maszynisty; 9 – opory ruchu lokomotywy W_o ; ω^* – względna prędkość kątowa wału silnika trakcyjnego

jego mocy P_s i momentu obrotowego M_s , prędkość obrotowa zestawów kołowych ω_{zk} i moment obrotowy M_{zk} na nich mogły zmieniać się w szerokim zakresie zgodnie z wymaganymi charakterystykami trakcyjnymi lokomotywy, które posiadają 3 charakterystyczne odcinki [5].

Pierwszy odcinek charakterystyk od prędkości 0 do V_{min} (zazwyczaj jest to około $0,15 V_{max}$) uzależniony jest występowaniem ograniczenia maksymalnej siły pociągowej F_k , warunkami przyczepności zestawów kołowych z szynami przy ruszaniu (rozruchu) i rozpędzaniu się lokomotywy.

Drugi odcinek charakterystyk – hiperboliczny, uwarunkowany jest występowaniem ograniczenia stałej mocy silnika spalinowego przy zadanej prędkości obrotowej ω_s jego wału. Trzeci odcinek charakterystyk uwarunkowany jest występowaniem ograniczenia odnośnie maksymalnej prędkości V_{max} . Zgodnie z tymi właściwościami charakterystyk trakcyjnych, także sterowanie przekładni elektrycznej musi być realizowane w różny sposób dla prędkości jazdy, odpowiadających tym różnym odcinkom charakterystyk trakcyjnych [4]. Opracowana PE (rys. 1.) działa w następujący sposób. Prędkość obrotowa wału asynchronicznego silnika trakcyjnego 3 zmieniana jest dwoma sposobami.

Przy pierwszym sposobie prędkość obrotowa ω_{AST} wału silnika trakcyjnego 3 zmieniana jest przez stopniową (zaprogramowaną) zmianę częstotliwości napięcia na wyjściu falownika prądu 7, wartość której zależy od pozycji n_k nastawnika maszynisty – sygnału pierwszego bloku sterowania 14 i określana jest przez algorytm pracy przekładni elektrycznej, wprowadzony do sterownika mikroprocesorowego 13. Każdej pozycji n_k nastawnika maszynisty 14 odpowiada swoją częstotliwość napięcia f_p trakcyjnej prądnicy synchronicznej. Wartość napięcia prądnicy synchronicznej 1 określana jest przez prąd wzbudzenia tej prądnicy i zależy od prędkości obrotowej ω_s wału silnika spalinowego 2 i prądu obciążenia I_p prądnicy synchronicznej 1. Prąd na wejściu do autonomicznego falownika prądu I_{fp} równy jest prądowi obciążenia prądnicy synchronicznej 1 I_p , tj. prądowi pierwszego prostownika niesterowanego 6. Przy ruszaniu i rozpędzaniu się lokomotywy prąd obciążenia I_p prądnicy synchronicznej 1 osiąga maksymalną wartość, jednakże jest on ograniczany układem regulacji napięcia prądnicy synchronicznej 1 i nie przekracza wartości I_{pmax} [4]. Prąd drugiego 8 i trzeciego 9 prostowników niesterowanych proporcjonalny jest do poślizgu S asynchronicznego silnika trakcyjnego 3. Przy ruszaniu i rozpędzaniu się lokomotywy wartość poślizgu S silnika trakcyjnego 3 jest największa oraz największe są prądy w uzwojeniach stojana i wirnika silnika trakcyjnego 3, które równe są prądowi obciążenia prądnicy synchronicznej 1. Przy tym energia poślizgu wirnika silnika trakcyjnego 3 nie jest oddawana do uzwojeń stojana prądnicy synchronicznej 1, a bezpośrednio do uzwojeń stojana asynchronicznego silnika trakcyjnego 3 (rys. 1 i 2). W tych warunkach silnik trakcyjny 3 dysponuje największym momentem obrotowym (rys. 3), a lokomotywa rozwija największą siłę pociągową F_k przy zadanej prędkości obrotowej wału ω_s i mocy P_s silnika spalinowego 2.

Przy drugim sposobie prędkość obrotowa ω_{AST} wału silnika trakcyjnego 3 ulega zmianie w wyniku zmiany prądu obciążenia trakcyjnej prądnicy synchronicznej 1.

W przekładni elektrycznej lokomotywy występują 3 tryby pracy silnika trakcyjnego.

W pierwszym trybie pracy silnik trakcyjny 3, tj. przy ruszaniu i rozpędzaniu się lokomotywy (na odcinku A_2B_2 charakterystyki trakcyjnej lokomotywy, rys. 3), prąd uzwojeń wirnika silnika trakcyjnego utrzymywany jest na stałym poziomie równym prądowi I_{pmax} prądnicy synchronicznej 1, dlatego prąd magnesowania, strumień

magnetyczny i moment obrotowy silnika trakcyjnego 3 pozostają praktycznie na stałym poziomie.

Po osiągnięciu prędkości lokomotywy V_{min} (punkt B_2 na charakterystyce trakcyjnej, rys. 3) w wyniku zwiększenia się przeciwnej SEM silnika trakcyjnego 3, prąd obciążenia I_p prądnicy synchronicznej zaczyna się zmniejszać, a jego napięcie U_p zwiększać (zgodnie z charakterystyką układu regulacji napięcia prądnicy synchronicznej) [5, 4].

W tych warunkach następuje drugi tryb pracy silnika trakcyjnego 3 (hiperboliczny odcinek B_2C_2 charakterystyki trakcyjnej, rys. 3). Na odcinku B_2C_2 charakterystyki trakcyjnej (rys. 3) w wyniku zmniejszenia prądu obciążenia i zwiększenia napięcia prądnicy synchronicznej 1 moment obrotowy M_{AST} silnika trakcyjnego 3 (i siła pociągowa) zmniejsza się, a prędkość obrotowa wału ω_{AST} (prędkość jazdy) zwiększa się. Proces ten trwa do momentu, kiedy siła pociągowa F_k nie będzie równa sile oporów ruchu W_o (punkt E na rys. 3). W przypadku osiągnięcia określonej prędkości obrotowej wału ω_{AST} silnika trakcyjnego 3 przy przejściu na obszar roboczy powstają prądy wyrównawcze, zwierane przez diody drugiego 8 i trzeciego 9 prostowników niesterowanych, włączonych do obwodu uzwojeń wirnika. Prądy wyrównawcze przepływają w układzie silnika trakcyjnego 3, kiedy występuje w nim poślizg S mniejszy od pewnej wartości granicznej S_{gr} (trzeci tryb pracy silnika trakcyjnego 3).

Przy trzecim trybie pracy asynchronicznego silnika trakcyjnego 3 SEM uzwojeń wirnika równoważy tylko spadek napięcia na rezystancji i indukcyjności uzwojeń wirnika. W drugim trybie, kiedy poślizg S jest większy od pewnej wartości granicznej S_{gr} , silnik trakcyjny 3 pracuje w typowym trybie asynchronicznej kaskady [9, 8]. W trzecim trybie (na odcinku C_2D_2 charakterystyki trakcyjnej (rys. 3), kiedy poślizg S jest mniejszy od pewnej wartości granicznej S_{gr} , drugi 8 i trzeci 9 prostowniki niesterowane w obwodzie uzwojeń wirnika są zwierane. Przy całkowicie zwartych prądami wyrównującymi uzwojeniami wirnika silnika trakcyjnego 3 pracuje on jako asynchroniczny silnik trakcyjny zwarty.

Charakterystyki statyczne przekładni elektrycznej są podobne do charakterystyk przekładni elektrycznej prądu stałego. Ponieważ sterowanie przekładni elektrycznej odbywa się w obwodzie prądu stałego, to można przyjąć, że w danym przypadku przekładnię elektryczną można sterować jak przekładnię prądu stałego. Lokomotywa z opracowaną przekładnią elektryczną posiada nieliniowe charakterystyki trakcyjne (rys. 3).

W przekładni elektrycznej zastosowano nieregulowany autonomiczny falownik prądu 7 (rys. 1) z ustaloną częstotliwością wyjściową f_f odpowiadającą pozycji n_k nastawnika maszynisty 14 lub prędkości obrotowej wału ω_s silnika spalinowego 2 i częstotliwości napięcia f_p trakcyjnej prądnicy synchronicznej 1. Cechą szczególną autonomicznego falownika prądu 7 jest to, że jest on zasilany ze źródła prądu stałego, na wyjściu którego pulsacje są nieistotne (jak w opracowanej przekładni elektrycznej). Bezsporną zaletą takiego falownika jest jego prosty układ obwodu głównego, brak dławików komutacyjnych, względnie prosty układ sterowania, natomiast zastosowanie falownika napięcia wymaga wykorzystania specjalnego elektronicznego szybko działającego zabezpieczenia, a także urządzenia do stabilizacji napięcia na kondensatorach komutacyjnych [2].

Sterowanie

Do sterowania asynchronicznym silnikiem trakcyjnym celowym jest wykorzystanie zasady sterowania częstotliwością i prądem, wtedy głównym kontrolowanym parametrem nie jest napięcie a prąd. Jedną z reguł sterowania asynchronicznego silnika trakcyjnego przez

zmianę częstotliwości jest reguła stałego strumienia magnetycznego we wszystkich obszarach pracy. W tych warunkach udaje się w maksymalnym stopniu wykorzystać układ magnetyczny silnika trakcyjnego i otrzymać przy wszystkich częstotliwościach roboczych wysoką zdolność przeciążeniową, przewyższającą o 2–2,5 razy zdolność przeciążeniową asynchronicznego silnika trakcyjnego przy naturalnej charakterystyce [2]. Sterowanie przy stałym strumieniu magnetycznym obarczone jest wadą związaną ze zwiększonymi stratami w polu magnetycznym przy małych wartościach momentu obrotowego silnika trakcyjnego. W celu usunięcia tej wady należy zmniejszyć wartość strumienia magnetycznego przy zmniejszeniu się momentu obciążenia. W przekładni elektrycznej warunek ten jest spełniany przez zmniejszenie prądu obciążenia silnika trakcyjnego 3 przy zmniejszeniu siły pociągowej lokomotywy.

Wynik, który może zostać osiągnięty po wdrożeniu opracowanej przekładni elektrycznej, sprowadza się do zmniejszenia kosztów, wymiarów gabarytowych i masy, zwiększenia niezawodności, sprawności oraz zmniejszenia zużycia energii do chłodzenia elementów przekładni elektrycznej, co osiągnięte jest poprzez zmniejszenie ilości agregatów przekładni, takich jak silniki trakcyjne prądu stałego, asynchroniczne silniki trakcyjne z obrotowym stojanem, prostownik sterowany, transformator harmonizujący i reaktancję na pełną moc asynchronicznego silnika trakcyjnego, reaktancję wygładzającą w obwodzie uzwojeń wirnika asynchronicznego silnika trakcyjnego.

Bibliografia:

1. Babel M., Zwiększenie efektywności pracy lokomotyw spalinowych SM31 w eksploatacji, „Technika Transportu Szybnowego” 2012, nr 1–2.
2. Biernshtejn A.I.A., *Tiristornyje priobrazovatieli tshastoty v elektropriwodie*, „Energia” 1980.
3. Biezikovitch A.I.A., *Izmierenie elektritshieskoj moschnosti v zvukovom diapazonie tshastot*, „Energia” 1980.
4. Lukov N.M., *Avtomatitsheskie sistemy upravlenia lokomotivov*, GOU, Moskva 2007.
5. Lukov N.M., *Pieriedatshi moschnosti tieplovozov*, „Transport” 1987.
6. Lukov N., Babel M., *Przekładnia elektryczna lokomotywy spalinowej prądu zmiennego z asynchronicznymi silnikami trakcyjnymi zwartymi bez falowników trakcyjnych*, „Pojazdy Szybnowe” 2015, nr 3.
7. Marciniak Z., *Dotychczasowe projekty modernizacji lokomotywy spalinowych w Polsce*, „Technika Transportu Szybnowego” 2005, nr 9.
8. Mieschieriakov V.N.H., *Dinamika elektromiehanitsheskih sistem podiemno-transportnyh miehanizmov s asynhronnym eliektroprivodom*, LGTU, Lipieck 2002.
9. Mieschieriakov V.N., *Sistemy eliektroprivoda s asynhronnym dvigateliem s faznym rotorom*, LGTU, Lipieck 1999.
10. Stokowy B., *Elektroniczny układ regulacji przekładni elektrycznej zmodernizowanej lokomotywy spalinowej SM42*, „Technika Transportu Szybnowego” 2001, nr 1–2.

Autorzy:

prof. dr hab. inż. **Nikolay Lukov** – Moskiewski Państwowy Uniwersytet Komunikacji (MIIT)
dr hab. inż. **Marek Babel** – Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu, Instytut Techniczny
mgr inż. **Bartosz Woszczyzna** – Politechnika Krakowska, Katedra Trakcji i Sterowania Ruchem

Alternating – current electric transmission of the diesel locomotive with synchronous generator and asynchronous traction slip-ring motors

The use of alternating-current generators on diesel locomotives allows for development of alternating-current transmissions to improve the technical and economical indicators relating to the locomotives. A description of the operation principle, schematics, parameters and characteristics of the developed electric transmission, consisting of a synchronous generator, asynchronous traction slip-ring motors, an autonomous traction inverter of a simple construction and non-controlled rectifiers. was presented In the developed transmission, the slip energy of the traction motors is transferred to their stator windings.

Key words: diesel locomotive, electric transmission, synchronous generator, asynchronous traction slip-ring motors.



Tadeusz Dyr, Karolina Ziółkowska

Rozwój infrastruktury ekonomicznej jako czynnik konkurencyjności regionów

ISBN 978-83-62805-47-1

Liczba stron: 192

Format: B5

Oprawa: twarda

Rok wydania: 2017

Cena 39,00 zł (w tym 5% VAT)

W publikacji tej, na tle rozważań teoretycznych, przedstawiono wyniki badań, przeprowadzonych z wykorzystaniem modeli ekonometrycznych i narzędzi statystycznych, dotyczących zróżnicowania przestrzennego konkurencyjności regionów i rozwoju infrastruktury ekonomicznej oraz współzależności występujących pomiędzy tymi kategoriami. Stanowić może ona zatem źródło wiedzy dla ekspertów, w tym pracowników administracji publicznej, zajmujących się problematyką rozwoju regionalnego oraz programowania inwestycji infrastrukturalnych. Odbiorcami mogą być także pracownicy naukowcy i studenci kierunków takich jak ekonomia, gospodarka przestrzenna, logistyka i transport oraz inne osoby zainteresowane zagadnieniami konkurencyjności regionów.