

Zdzisław KONOPKA

Instytut Podstawowych Problemów
Elektrotechniki i Energoelektroniki

UKŁAD IMPULSOWEJ REGULACJI WZBUDZENIA SZEREGOWYCH SILNIKÓW TRAKCYJNYCH LOKOMOTYWY SPALINOWO-ELEKTRYCZNEJ

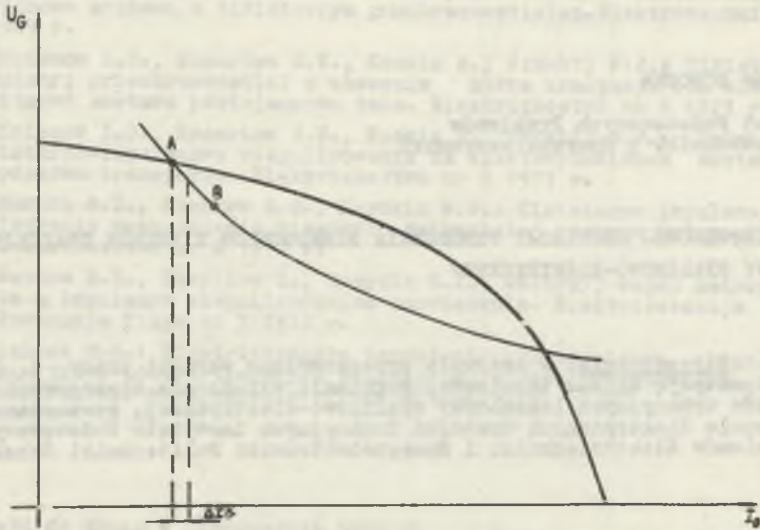
Streszczenie. W artykule przedstawiono warunki pracy i opisano koncepcję układu impulsowej regulacji wzbudzenia szeregowych silników trakcyjnych lokomotywy spalinowo-elektrycznej, opracowaną w Zespole Elektrycznych Urządzeń Trakcyjnych Instytutu Podstawowych Problemów Elektrotechniki i Energoelektroniki Politechniki Śląskiej.

Zarówno korzyści energetyczne, jak również znaczna poprawa parametrów dynamicznych, oraz warunków pracy napędów trakcyjnych, wynikające z zastosowania impulsowej regulacji wzbudzenia silników trakcyjnych, przemawiają dobitnie za zastosowaniem tego typu układów w lokomotywach spalinowo-elektrycznych. W lokomotywach tych zakłada się, że regulacja wzbudzenia silników powinna przebiegać w pobliżu punktu A charakterystyki pracy $U_G = f(I_G)$ prądnicy głównej (rys. 1), przy czym przedział zmian prądu generatora ΔI_G powinien być możliwie mały.

Można też przyjąć, że regulacja wzbudzenia silników będzie występować w punkcie pracy odpowiadającym maksymalnej sprawności układu, lub w punkcie odpowiadającym mocy ciągłej silników. Zasada działania układu regulacyjnego w wersji opisanej poniżej będzie oczywiście we wszystkich tych przypadkach taka sama. Różnica będzie dotyczyć tylko wartości parametrów regulatora.

Schemat blokowy układu regulacyjnego przedstawiono na rys. 2. Do rozważań przyjęto lokomotywę spalinowo-elektryczną typu C_0C_0 , napędzaną sześcioma silnikami szeregowymi prądu stałego w układzie szeregowo-równoległym. W przypadku innego połączenia silników zmieni się tylko ilość przerywaczy, idea układu pozostanie taka sama.

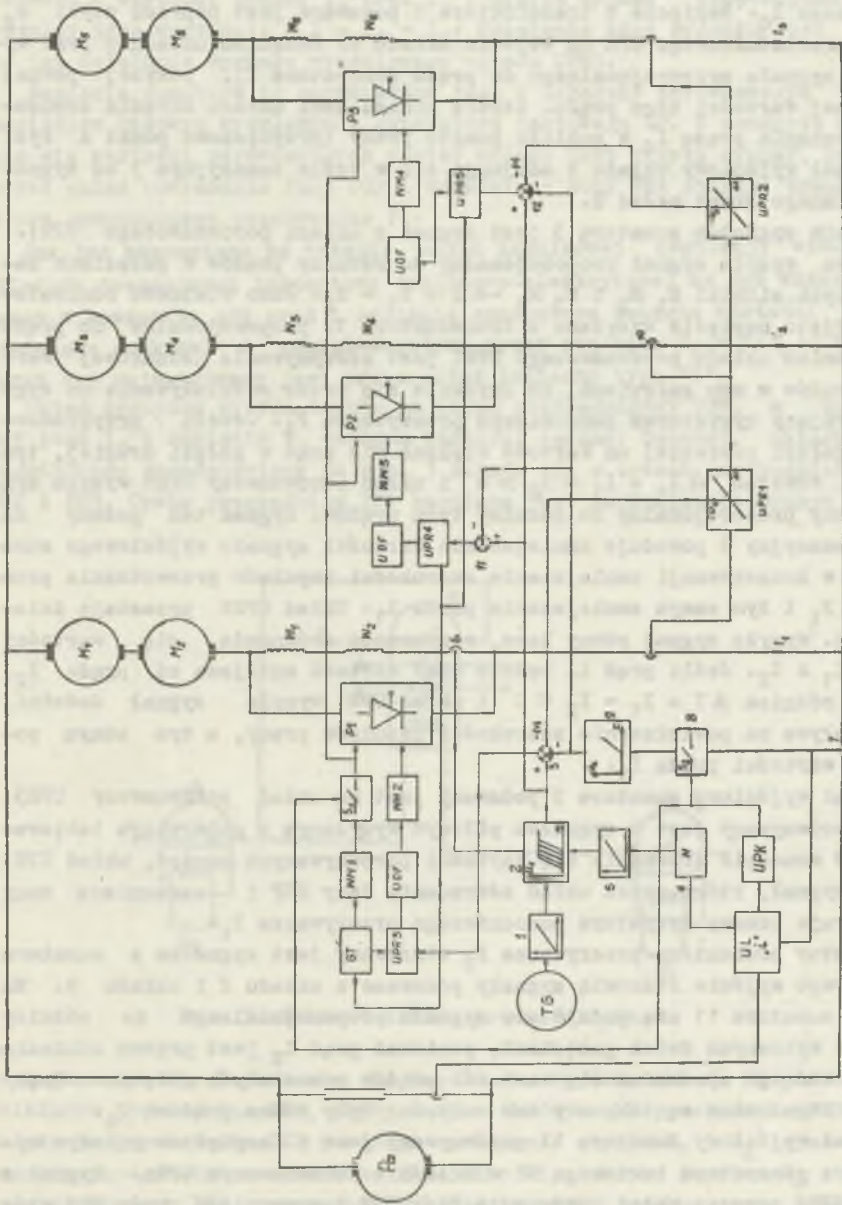
Prądnica prądu stałego Pa zasila trzy grupy szeregowo połączonych silników $M_1 M_2$, $M_3 M_4$, oraz $M_5 M_6$. Uzwojenia wzbudzenia silników bocznikowane są przerywaczami P_1 , P_2 i P_3 , które poprzez zmianę szerokości impulsów przewodzenia wpływają na zmianę strumienia magnetycznego wytwarzanego



Rys. 1. Charakterystyka pracy prądnicy głównej $U_G = f I_G$ lokomotywy spalinowo-elektrycznej

przez te uzwojenia. Tyrystor główny wszystkich trzech przerywaczy sterowany jest sygnałem wysyłanym przez generator taktowy GT, wzmacnianym odpowiednio przez wzmacniacz mocy WM1. Sygnał ten przechodzi dodatkowo przez styki S_1 układu przekaźnikowego UPK, którego rola i działanie omówione będą w dalszej części artykułu. Sygnał sterujący tyrystorem pomocniczym przerywacza P_1 jest funkcją trzech sygnałów składowych: sygnału z tachogeneratorsa TG, sygnału od prądu głównego I_G , oraz sygnału z układu porównawczego UPR1.

Sygnał z tachogeneratorsa TG, przetwarzany przez liniowy układ przekształcający 1, stanowi jedno z wejść układu przekształcającego 2. Zadaniem układu 2 jest wysyłanie sygnału proporcjonalnego do prędkości pojazdu tylko w pewnym przedziale zmian tej prędkości. Układ 2 powinien wysłać sygnał w momencie, gdy prędkość pojazdu przekroczy wartość odpowiadającą punktowi pracy A (rys. 1), tzn. prędkość określoną prądem I_G oraz napięciem U_G w tym punkcie pracy. Wartość strefy nieczułości układu 2, a więc przedziału prędkości, w którym sygnał wysyłany ma wartość zero, uwarunkowana jest położeniem nastawnika jazdy N. Sygnał z nastawnika jazdy, przetworzony przez układ liniowy 5 stanowi drugie wejście układu 2. Trzecim wejściem omawianego układu jest sygnał od prądu wzbudzenia, wysyłany przez transduktor 6. Jest to ograniczenie maksymalnej wartości sygnału ta-



Rys. 2. Schemat blokowy układu impulsowej regulacji wzbudzenia szeregowych silników trakcyjnych lokomotywy wy spalino-elektrycznej

choprądnicy, określone minimalnym stopniem osłabienia wzbudzenia. Sygnał wyjściowy układu 2 podawany jest na węzeł sumacyjny 3.

Drugim sygnałem wejściowym sumatora 3, jest sygnał pochodzący od prądu głównego I_G . Napięcie z transfuktora 7 podawane jest poprzez styki S_2 układu przekaźnikowego UPK na wejście układu 9. Zadaniem układu 9 jest wysyłanie sygnału proporcjonalnego do prądu generatora I_G , powyżej pewnej określonej wartości tego prądu. Strefa nieczułości układu określa dopuszczalne wahania prądu I_G w pobliżu punktu pracy (przykładowo punkt A rys. 1). Sygnał wyjściowy układu 9 odejmuje się w węźle sumacyjnym 3 od sygnału wysyłanego przez układ 2.

Trzecim sygnałem sumatora 3 jest sygnał z układu porównawczego UPR1. Układ ten wysyła sygnał proporcjonalny do różnicy prądów w gałęziach zawierających silniki M_1 , M_2 i M_3 , M_4 $-\Delta I = I_1 - I_2$. Jako wielkość odniesienia przyjęto napięcie wysyłane z transduktora 10 proporcjonalne do prądu I_2 . Zadaniem układu porównawczego UPR1 jest utrzymywanie jednakowej wartości prądów w obu gałęziach, co uzyskuje się przez oddziaływanie na sygnał sterujący tyristorem pomocniczym przerywacza P_1 . Jeżeli przykładowo prąd w gałęzi pierwszej ma wartość większą niż prąd w gałęzi drugiej, tzn. $I_1 > I_2$, wówczas $\Delta I_1 = I_1 - I_2 > 0$ i układ porównawczy UPR1 wysyła sygnał ujemny proporcjonalny do różnicy tych prądów. Sygnał ten podany na węzeł sumacyjny 3 powoduje zmniejszenie wartości sygnału wyjściowego sumatora, a w konsekwencji zmniejszenie szerokości impulsów przewodzenia przerywacza P_1 i tym samym zmniejszenie prądu I_1 . Układ UPR1 przestaje działać, tzn. wysyła sygnał równy zero, w momencie zrównania się wartości prądów I_1 i I_2 . Jeśli prąd I_1 będzie miał wartość mniejszą od prądu I_2 , wówczas różnica $\Delta I = I_1 - I_2 < 0$ i układ UPR1 wysyła sygnał dodatni, który wpływa na powiększenie szerokości impulsów pracy, a tym samym powiększa wartości prądu I_1 .

Sygnał wyjściowy sumatora 3 podawany jest na układ porównawczy UPR3, gdzie porównywany jest z sygnałem piłkowym wysyłanym z generatora taktowego GT. W momencie zrównania się wartości porównywanych napięć, układ UPR3 wysyła sygnał, który przez układ odwracania fazy UOF i wzmacniacz mocy WM2 steruje bramką tyristora pomocniczego przerywacza P_1 .

Tyristor pomocniczy przerywacza P_2 sterowany jest sygnałem z sumatora 11, którego wyjście stanowią sygnały podawane z układu 2 i układu 9. Na wejście sumatora 11 nie podaje się sygnału proporcjonalnego do różnicy prądów w wybranych dwóch gałęziach, ponieważ prąd I_2 jest prądem odniesienia, do którego sprowadza się wartości prądów pozostałych gałęzi. Prądy I_1 i I_3 regulowane są tak, aby ich wartości były równe prądowi I_2 .

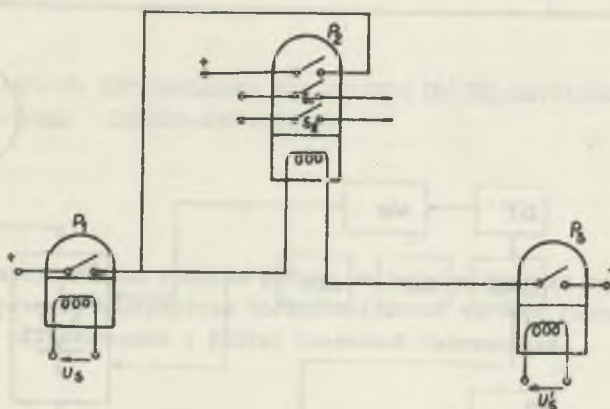
Sygnał wyjściowy sumatora 11 porównywany jest z napięciem piłkowym wysyłanym z generatora taktowego GT w układzie porównawczym UPR4. Sygnał z układu UPR4 poprzez układ odwracania fazy UOF i wzmacniacz mocy WM3 steruje bramką tyristora pomocniczego przerywacza P_2 .

Regulacja szerokości impulsów przewodzenia przerywacza P_3 odbywa się w sposób analogiczny jak w przerywaczu P_1 . Na wejście sumatora 12 podawane są sygnały z układów 2, 9 oraz układu porównawczego UPR2. Układ UPR2 porównuje wartości prądów I_2 oraz I_3 i wysyła sygnał proporcjonalny do różnicy tych wartości: $\Delta I = I_3 - I_2$. Działanie tego sygnału jest podobne jak działanie sygnału wyjściowego układu UPR1.

Napięcie sumatora 12 porównywane jest w układzie porównawczym UPR5 z napięciem piłowym wysyłanym z generatora taktowego GT. W momencie zrównania się wartości porównawczych napięć układu UPR5 wysyła sygnał, który poprzez układ odwracania fazy UOF i wzmacniacz mocy WM4 steruje bramką tyristora pomocniczego przerywacza P_3 .

Jak już wspomniano na wstępie, układ impulsowej regulacji wzbudzenia silników trakcyjnych lokomotywy spalinowo-elektrycznej ma być włączony do pracy w momencie, gdy prąd i napięcie generatora osiągną wartości odpowiadające punktowi A charakterystyki pracy prądnicy $U_G = f(I_G)$ rys. 1. Punkt ten rejestrowany jest przez układ logiczny typu "i".

Układ logiczny wysyła impuls na układ przekaźnikowy UPK, w momencie gdy prąd I_G i napięcie U_G osiągną wartości zadane. Schemat układu przekaźnikowego przedstawiony na rys. 3 składa się z trzech przekaźników PK1, PK2 i PK3. Cewka przekaźnika PK1 zasilana jest napięciem podawanym z ukła-



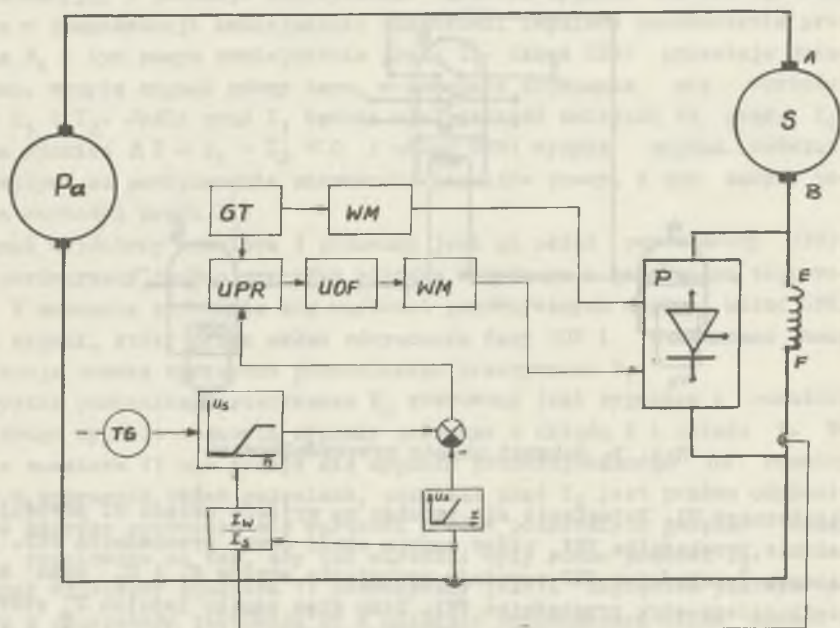
Rys. 3. Schemat układu przekaźnikowego

du logicznego UL. Pojawienie się impulsu na wyjściu układu UL powoduje zadziałanie przekaźnika PK1, który zamyka obwód cewki przekaźnika PK2. Zadziałanie przekaźnika PK2 powoduje zamknięcie styków S_1 i S_2 oraz styku bocznikującego styk przekaźnika PK1. Mimo więc zaniku impulsu U_G sterującego przekaźnik PK1, przekaźnik PK2 będzie nadal pobudzony. Zamknięcie się styków S_1 i S_2 powoduje włączenie do pracy układu impulsowej regulacji wzbudzenia silników trakcyjnych. Układ przestaje działać z chwilą po-

jawienia się impulsu U'_s sterującego cewką przekaźnika PK3. Sygnał U'_s wysyłany jest przez układ logiczny U1 z chwilą, gdy napięcie i prąd osiągną wartości odpowiadające określonemu punktowi pracy (np. punkt D rys. 1). Powyższy punkt pracy dobiera się tak, aby wartość prądu odpowiadająca temu punktowi nie przekroczyła wartości dopuszczalnej ze względu na maksymalny sygnał wysyłany przez element 9 (rys. 2). Z chwilą zadziałania przekaźnika P3, praca silników odbywa się przy pełnym wzbudzeniu. Ponieważ możliwość pracy silników trakcyjnych przy wzbudzeniu osłabionym musi zachodzić dla kilku ostatnich (określonych dla danego typu lokomotywy) położeń nastawnika jazdy, wartości sygnałów wejściowych układu logicznego U1, odpowiadające napięciom i prądom charakterystycznym punktów pracy lokomotywy (dla ostatniego stopnia położenia nastawnika jazdy są to punkty A i B) są odpowiednio określone przy pomocy nastawnika N.

Opisany powyżej układ regulacyjny jest jak widać dość rozbudowany, niemniej jednak stwarza to możliwość wyboru optymalnego punktu pracy. W praktycznej jego realizacji można zrezygnować z mniej istotnych elementów co kosztem pogorszenia niektórych efektów regulacji znacznie upraszcza układ.

Można np. dopuścić nierównomierność obciążeń poszczególnych silników i zrezygnować z układów porównawczych UPR1 i UPR2. Można też założyć, że



Rys. 4. Uproszczony schemat blokowy układu impulsowej regulacji wzbudzenia szeregowych silników trakcyjnych lokomotywy spalinowo-elektrycznej

proces osłabienia pola magnetycznego silników będzie występował począwszy od pewnej z góry określonej wartości prędkości obrotowej silników, niezależnie od położenia nastawnika jazdy. Zbędny jest wówczas układ logiczny Ul oraz układ przekaźnikowy UPK.

Schemat uproszczony układu regulacyjnego w przypadku sterowania wzbudzenia jednego silnika trakcyjnego przedstawiono na rys. 4.

W układzie tym wprowadzono dodatkowo człon ilorazowy, którego sygnał wyjściowy jest proporcjonalny do stosunku wartości średniej prądu wzbudzenia I_w i prądu silnika I_s i który ogranicza od góry główny sygnał sterujący pochodzący od tachoprądnicy.

LITERATURA

- [1] Gabryś W., Kałuża E., Konopka Z.: Impulsowa regulacja wzbudzenia szeregowych silników trakcyjnych prądu stałego lokomotyw elektrycznych Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej.

Przyjęto do druku w listopadzie 1973 r.

СИСТЕМА ИМПУЛЬСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬ-ЛОКОМОТИВОВ

Резюме

В статье представлены условия работы, а также концепция системы импульсного регулирования возбуждения последовательных тяговых двигателей дизель-локомотивов, разработанной в ИППЭИ Силезской Политехники.

PULSE CONTROL INDUCE CIRCUIT SERIES MOTORS OF ELECTRO-DIESEL LOCOMOTIVE

Summary

The working conditions and conception of pulse control induce circuit series motors of electro-diesel lokomotive worked out in IPPEIE of Silesian Technical University are given.