ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1983

Seria: TRANSPORT z.1

Dariusz BADURA
Jerzy MIKULSKI

Instytut Transportu Kolejowego
Politechniki Śląskiej

PROGRAMOWE MODUŁY MIKROKOMPUTEROWEGO SYSTEMU STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Streszczenie. Artykuł przedstawia ogólny opis zblokowanego systemu sterowania ruchem kolejowym, a następnie omawia metodę transformacji istniejącego zblokowanego systemu przekaźnikowego na logiczne i programowe funkcje automatów, które realizowane są przez poszczególne moduły systemu. Metoda wykorzystywana jest do generowania sygnałów sterujących urządzeniami zewnętrznymi, przesyłem informacji o sytuacji ruchowej do sąsiednich bloków oraz przekazywaniem tych informacji personelowi obsługującemu.

Przedyskutowana jest również postać logiki i programu rozpatrywanego automatu w pamięci systemu mikrokomputerowego. Podana jest metoda realizacji automatu w mikrokomputerze oraz metoda łączenia programowych modułów w bloki realizujące określoną funkcję sterowania urządzeniami zewnętrznymi.

1. Wstęp

Od wielu lat rozwijane są w technice sterowania ruchem kolejowym systemy zwane zblokowanymi. Systemy te pod względem budowy schematów można zaliczyć do systemów geograficznych, które konstrukcyjnie charakteryzują się budową modularną. Układy te, oparte na technice przekaźnikowej posiadają szereg wad: duże gabaryty, złożoność procesu montażu, duża liczba połączeń i stosunkowo niska niezawodność.

Obecnie, gdy technika cyfrowa oparta na elementach scalonych znajduje coraz szersze zastosowanie w transporcie kolejowym, komputerowe systemy sterowania mają dużą szansę wyparcia konwencjonalnej techniki przekaźnikowej. W chwili obecnej pracują już minikomputerowe systemy śledzenia ruchu pociągów [1], system awizacji pociągów [2], a podejmuje się prace nad wykorzystaniem systemów komputerowych do sterowania Centralną Magistralą Kolejową [3] i sterowania stacją rozrządową [4].

Poniżej przedstawiono krótki opis proponowanego mikrokomputerowego systemu sterowania ruchem kolejowym (srk) opartego na systemie MERA-60, w którym moduły złożone z zestawów przekaźnikowych systemu srk zastąpiono modułami programowymi. Zapis funkcji logicznych i programowych modułów został dostosowany do specyficznego problemu sterowania przez

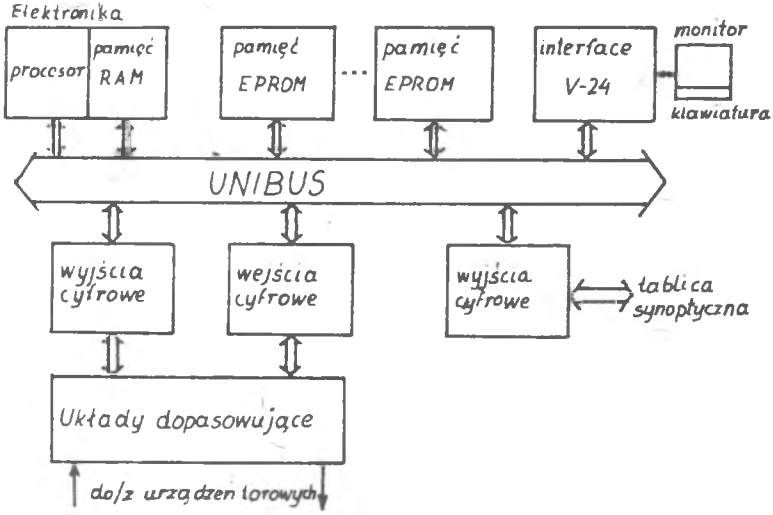
zblokowany system geograficzny (odzwierciedlenie rzeczywistego układu urządzeń zabezpieczenia ruchu kolejowego).

Tak realizowany system korzysta z metod projektowych opracowanych dla systemu zblokowanego i zaprojektowanych dla niego urządzeń wykonawczych.

Istotnym problemem tego rozwiązania jest sposób połączenia modułów programowych, analogiczny do realizowanego w systemie srk.

2. Opis konstrukcji systemu

System sterowania stacją za pomocą zblokowanego systemu srk proponuje się zastąpić systemem mikrokomputerowym MERA-60 (rys.1).



Rys.1. Proponowana konfiguracja systemu.

W skład systemu włączono następujące standardowe moduły systemu:

- procesor ELEKTRONIKA, sterujący operacjami na magistrali UNIBUS,
- pamięć reprogramowalna EPROM, zawierająca program nadzorujący i moduły programowe sterowania urządzeniami zewnętrznymi (stacyjnymi),
- pamięć RAM zawierająca dane i tablice,
- interfejs szeregowy V-24 dla podłączenia monitora ekranowego (alfanumerycznego) i klawiatury,

oraz moduły specjalne dla:
- wprowadzania i wyprowadzania sygnałów informacyjnych i sterujących do/z urządzeń torowych, oraz
- wyprowadzania informacji na tablicę synoptyczną.

Dla dużych stacji proponuje się włączyć dodatkowo moduły: stacji papierowej (czytnik, perforator) oraz adapter pamięci dyskowej, zapewniające łatwiejsze uruchamianie, restart i serwis systemu. Wielkość pamięci RAM i EPROM uzależniona jest od wielkości stacji, tzn. od wielkości podprogramów oraz liczby danych i tablic.

Tak jak w zblokowanym systemie srk na tablicy synoptycznej zostaje schematycznie przedstawiony układ torowy stacji wraz z podejściami szlakowymi, uzupełniony powtarzaczami sygnalizatorów stacyjnych i niektórych sygnalizatorów liniowych. W ten schematyczny układ stacji wkomponowane są elementy świetlne przekazujące informacje o stanie urządzeń torowych. Funkcje przycisków służących do inicjowania działania tych urządzeń przejmuje klawiatura monitora alfanumerycznego.

3. Ogólny opis zblokowanego geograficznego systemu srk

Przy konstruowaniu zblokowanego systemu srk (systemy geograficzne o budowie modułowej) schematy wykonywane są zgodnie z układem torowym stacji, a układy umieszczone w poszczególnych modułach spełniają wszystkie funkcje odnośnie do danego elementu terenowego (zwrotnica, sygnalizator itp.). Dzięki temu każdy moduł jest wykorzystywany we wszystkich przebiegach, w których uczestniczy odpowiadający mu element torowy.

Moduły łączone są z pulpitem nastawczym, urządzeniami zewnętrznymi oraz zasilającymi i innymi modułami.

Dotychczas produkowane moduły zabudowywane są na stojakach i zawierają przekaźniki, których liczba w jednym module może przekraczać sto.

3.1. Struktura urządzeń zblokowanego systemu srk

Każdy z obwodów wewnątrz modułu może przyjąć informację o realizowanej funkcji jednostkowej w celu zrealizowania odpowiednich czynności wykonawczych przez urządzenia terenowe, z którymi dany moduł współpracuje, bądź też umożliwia transmisję tej funkcji do następnych modułów.

Moduły opisywanego systemu zblokowanego są przystosowane do realizacji i transmisji 20 różnych funkcji. Każdej z nich przyporządkowano w systemie określoną ścieżkę w kablu geograficznym oraz - opatrzony tym samym numerem w każdym module - zacisk wejścia i wyjścia.

Każdy z modułów jest przystosowany do odbioru i transmisji funkcji w obu kierunkach i w związku z tym każda ścieżka występuje w module dwukrotnie, co umożliwia realizację funkcji przy przekazywaniu informacji w obu kierunkach [5] .

W urządzeniach systemu srk realizowane są następujące funkcje jednostkowe [6] :

1) wybieranie drogi jazdy; realizacja funkcji definiuje drogę jazdy pojazdu ograniczoną modułem początku i końca przebiegu, niezależnie od jego rodzaju,

2) kontrola wybranej drogi jazdy przebiegu manewrowego; polega na sprawdzeniu, czy droga jazdy odpowiada warunkom bezpieczeństwa wymaganym dla jazdy manewrowej,

3) kontrola wybranej drogi jazdy przebiegu pociągowego; polega na sprawdzeniu, czy droga jazdy odpowiada warunkom bezpieczeństwa wymaganym dla jazdy pociągowej,

4) sterowanie obwodami nastawczymi zwrotnic; realizuje proces nastawiania zwrotnic do położeń zdefiniowanych w czasie realizacji funkcji wybierania drogi jazdy,

5) szukanie ochrony bocznej; inicjuje funkcję szukania i nastawiania elementu, który chroni drogę jazdy przed najechaniem "z boku",

6) utwierdzenie drogi bocznej; realizuje utwierdzenie elementów chroniących "z boku" drogę jazdy na czas utwierdzenia zwrotnicy leżącej w drodze jazdy,

7) kontrola utwierdzenia ochrony bocznej; realizuje przesłanie do modułu elementu drogi jazdy informacji o prawidłowym przeprowadzeniu ochrony bocznej,

8) utwierdzenie drogi jazdy dla pociągu; realizacja przebiega kolejno od modułu końca do modułu początku przebiegu,

9) kryterium utwierdzenia drogi przebiegu oraz przeniesienie informacji o obrazie sygnałowym V = 40 km/h na następnym semaforze i o jeździe na tor niewłaściwy lub właściwy,

10) pełna kontrola uzależnień drogi przebiegu; obejmuje sprawdzenie wszystkich warunków koniecznychdo podania sygnału "droga wolna" na semaforze,

11) informacja o możliwości podania na semaforze wskazania o prędkościach niższych,

12) informacja o możliwości podania na semaforze wskazania o prędkościach wyższych,

13) zamknięcie drogi jazdy dla manewru oraz przekazanie kryterium na wyświetlenie sygnału "manewrowanie dozwolone"; zamknięcie modułów przyporządkowanych elementom drogi jazdy manewru przebiega od modułu końca do modułu początku przebiegu,

14) utwierdzenie modułów drogi ochronnej; realizacja przebiega od modułu końca przebiegu pociągowego "w przód" i kończy się w module drogi ochronnej, stanowiącym ostatni jej element,

15) przesłanie informacji o utwierdzeniu drogi ochronnej; informacja jest przesyłana od modułu końca do modułu początku przebiegu tylko w tym przypadku, gdy odcinki izolowane wchodzące w skład drogi ochronnej są wolne, a zwrotnice "na ostrze" są ustawione w sposób właściwy,

16) zwolnienie automatyczne i ręczne drogi przebiegu pociągowego i manewrowego,

17) zwolnienie niewykorzystanej części drogi przebiegu pociągowego i zwolnienie drogi ochronnej,

18) lokalne nastawianie zwrotnic,

19) skrócona droga hamowania; informacja powoduje wyświetlenie na dwóch kolejnych semaforach, stojących przed drogą jazdy odpowiednich wskaźników,

20) powtórzenie kryteriów zajętości odcinka izolowanego.

Liczba torów naturalnych odpowiadających przesyłowi jednobitowej informacji jest większa od liczby funkcji jednostkowych gdyż realizacja części funkcji jednostkowych związana jest z przesyłem większej ilości informacji.

3.2. Rodzaje modułów zblokowanego systemu srk

Każdy obiekt zewnętrzny srk jest reprezentowany w urządzeniach wewnętrznych przez moduł. Z punktu widzenia działania modułów wyodrębnione są dwie cechy charakterystyczne:

- każdy moduł systemu jest przystosowany do realizacji funkcji jednostkowych. Realizacja funkcji polega na odbiorze, przetwarzaniu i transmisji informacji do następnego modułu,
- każdy moduł ma powiązania z elementami terenowymi oraz z pulpitem nastawczym. Powiązania te umożliwiają: magazynowanie informacji o aktualnym stanie obiektu zewnętrznego i stanie elementów inicjujących pulpitu nastawczego oraz przesyłanie poleceń do obiektu i na pulpit.

W zblokowanym systemie srk występuje 13 typowych, powtarzalnych modułów:

- moduł zwrotnicy nastawialnej centralnie,
- moduł zwrotnicy nastawialnej lokalnie,
- moduł skrzyżowania torów,
- moduł semafora wjazdowego,
- moduł semafora wyjazdowego,
- moduł tarczy manewrowej,

- moduł drogi ochronnej,
- moduł powiązania z samoczynną blokadą liniową,
- moduł powiązania z blokadą liniową półsamoczynną,
- moduł przejazdu drogowego w poziomie szyn,
- moduł obwodu torowego,
- moduł powtarzaczy obwodu torowego,
- moduł samoczynności przez stację po torach głównych.

4. Przekształcanie funkcji zabezpieczenia na funkcje logiczne i programowe

Przekształcanie funkcji zabezpieczenia systemów srk na funkcje logiczne i programowe dokonywane jest w dwojaki sposób:

- poprzez zastosowanie metody syntezy automatów dla poszczególnych jednostkowych funkcji modułów[7,8] ,
- poprzez zapis funkcji logicznych obwodów przekaźnikowych modułów opisanego wcześniej systemu zblokowanego srk.

W pierwszej metodzie należy na podstawie kolejowych przepisów ruchu zaprojektować od podstaw zależności logiczne pomiędzy sygnałami jednostkowych funkcji modułów. Metoda ta nie będzie w związku z tym obarczona nawykami projektantów systemów przekaźnikowych, a rozwiązania powinny być prostsze od dotychczasowych.

Druga metoda nie wymaga znajomości ruchowych przepisów kolejowych, gdyż korzysta ze sprawdzonych już realizacji funkcji zabezpieczenia. W metodzie tej należy przekształcić w pierwszym etapie bezpośrednio dotychczasowe obwody na funkcje logiczne z uwzględnieniem wszystkich realizowanych opóźnień w danym module. Drugi etap obejmuje uproszczenie uzyskanych funkcji logicznych i czasowych.

Opóźnienia w zestawach przekaźnikowych realizowane są dla:

- uniknięcia szkodliwych zjawisk (przy realizacji programowej funkcji logicznych mogą być zastąpione odpowiednią kolejnością wykonywanych operacji logicznych) oraz
- realizacji opóźnień sygnałów zewnętrznych (muszą być uwzględnione w programowej realizacji),

Programowe opóźnienia wymagają wprowadzenia do systemu mikrokomputerowego zegara systemowego.

Sygnałami, dla których opisywane będą funkcje logiczne, są:

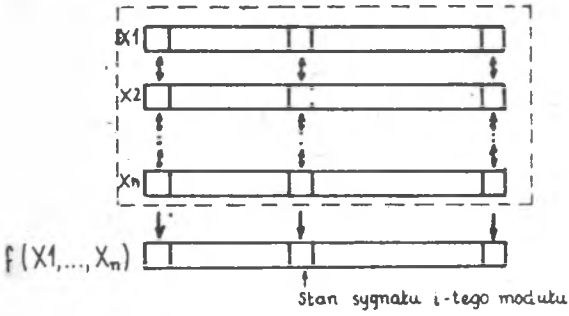
- stany przekaźników zestawów wchodzących w skład modułu,
- sygnały wyjściowe funkcji jednostkowych modułu,
- sygnały sterujące i informacyjne urządzeń torowych.

Pewna liczba przekaźników z istniejących zestawów może zostać pominięta, co wynika z tego, iż część obwodów w module jest dublowana w poszczególnych zestawach przekaźnikowych. Przekaźniki remanencyjne zastępowane są przekaźnikami s-r [9] .

5. Postać logiki i programu w pamięci mikrokomputera

Poszczególne funkcje logiczne funkcji jednostkowych danego modułu zapisane są w postaci podprogramów zawierających ciąg instrukcji operacji logicznych odpowiadających zapisowi tych funkcji.

Dla określonego modułu systemu obliczanie wartości logicznych funkcji realizowane jest równolegle (rys. 2), a liczba słów przypisana określonej funkcji jest zależna od liczby modułów w systemie. Jedno słowo maszynowe (16 bitów) może opisywać wartości logiczne wybranej funkcji maksymalnie 16 modułów.



Rys.2. Równoległe operacje logiczne.

Oprogramowanie systemu obejmuje:

- program główny,
- moduły programowe (MP1, MP2, ... MP13),
- program obsługi zleceń operatora,
- program łączący moduły programowe (PŁMP) oraz
- program obsługi urządzeń torowych.

Wykonanie poszczególnych modułów programowych nadzoruje program główny. Przejmuje on informacje z programu obsługi zleceń operatora i na ich podstawie inicjuje pracę modułów programowych oraz decyduje o jej zakończeniu.

Stan modułu opisują:

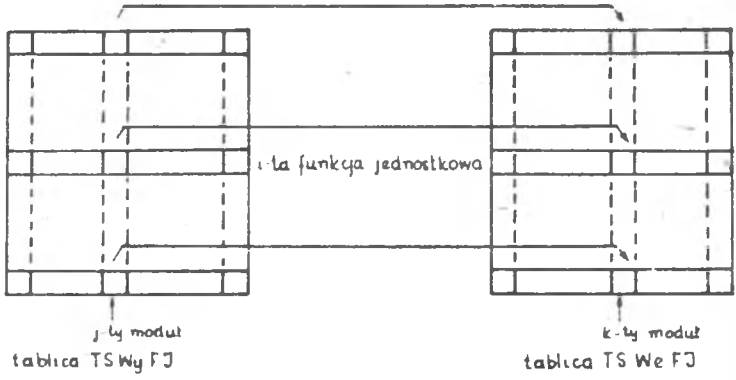
- sygnały odpowiadające torom naturalnym między modułami systemu erk, potrzebne do zrealizowania wszystkich funkcji jednostkowych. W programie odpowiada to tablicom: stanów wejść funkcji jednostkowych (TSWeFJ) i-tego modułu i stanów wyjść funkcji jednostkowych (TSWyFJ) i-tego modułu,
- stany wewnętrzne automatów, którym w programie odpowiada tablica stanów wewnętrznych (TSWew) i-tego modułu,
- sygnały sterujące urządzeniami torowymi, którym w programie odpowiada tablica stanów sygnałów wyjściowych (TSSWy),

- sygnały informacyjne z urządzeń torowych, którym odpowiada w programie tablica stanów sygnałów wejściowych (TSSWe).

Na podstawie wyników przeprowadzonych obliczeń określone zostają kolejne stany modułów wyznaczając tym samym stany funkcji jednostkowych każdego z modułów. Równoległe prowadzenie obliczeń funkcji logicznych przyspiesza proces realizacji operacji logicznych.

Aby móc łączyć moduły programowe ze sobą, dane pomiędzy podprogramami funkcji logicznych modułów muszę być dostępne dla poszczególnych modułów (w zblokowanym systemie srk odpowiada to łączeniu modułów ze sobą kablami geograficznymi). W procesie obliczeń funkcji logicznych tworzona jest tablica TSWyPJ, która odpowiada stanom realizacji funkcji jednostkowych poszczególnych modułów i jest "łącznikiem" dla odpowiednich modułów programowych (moduły sąsiednie). Aby rezultaty tych obliczeń były użyteczne dla następnej równoległej realizacji programu modułów programowych, niezbędne jest przekształcenie tej tablicy dla uzyskania równoległej informacji bitowej o stanie funkcji jednostkowych sąsiednich modułów - tablica TSWePJ.

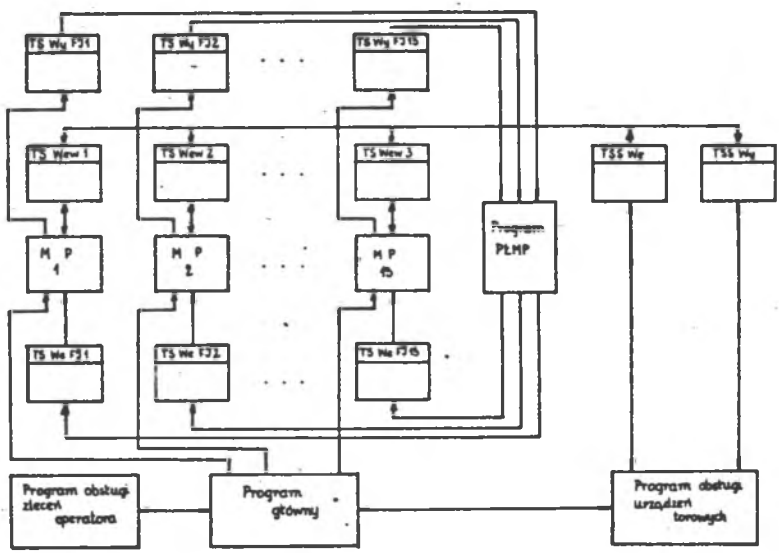
Jeżeli w zblokowanym systemie srk j-ty moduł połączony jest z k-tym modułem, to informacja z j-tej kolumny tablicy TSWyPJ zostanie przeniesiona do kolumny k-tej tablicy TSWePJ (rys. 3).



Rys. 3. Programowe łączenie modułów.

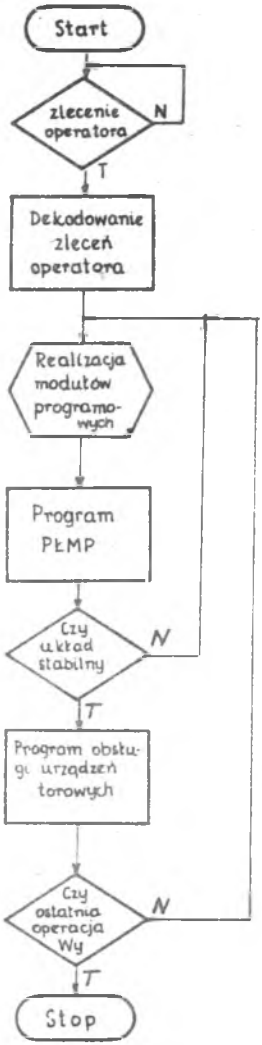
Program łączący moduły programowe (PŁMP), tzn. przekształcający tablicę TSWyPJ w tablicę TSWePJ poszczególnych typów programowych modułów jest blokiem zmiennym - indywidualnym dla każdej stacji. Jakakolwiek zmiana w układzie torowym stacji wymaga zmiany jedynie programu łączącego, opisującego układ torowy urządzeń stacyjnych.

Każdy moduł programowy korzysta z danych odpowiadającej mu tablicy stanu wewnętrznego TSSWew oraz z danych odpowiedniej tablicy stanów funkcji jednostkowej typu TSWeFJ. Na rys. 4 przedstawiony został schemat blokowy struktury oprogramowania, na którym pokazano możliwość dostępu dowolnego modułu programowego do wybranej tablicy funkcji jednostkowych (poprzez program łączący moduły programowe).



Rys.4. Struktura oprogramowania systemu.

Rysunek 5 prezentuje ogólny algorytm sterowania ruchem kolejowym na stacji przez omawiany system mikrokomputerowy.



Rys.5. Algorytm sterowania ruchem kolejowym

Podsumowanie

Koncepcja proponowanego systemu srk oparta została na zasadach budowy geograficznych systemów zblokowanych. Modularność tego systemu ułatwia projektowanie i jego serwis, tym bardziej że odpowiada on rzeczywistemu układowi torowemu urządzeń stacyjnych.

Prostota przejścia z systemu zblokowanego na opisywany system mikrokomputerowy polega na zastąpieniu zestawów przekaźnikowych modułami programowymi, realizującymi funkcje zabezpieczenia. Dodatkowo pozostają aktualnymi opracowane dla systemu zblokowanego srk metody projektowe układów sterowania.

Zaletami opisanego systemu mikrokomputerowego są:

- jego prostota konstrukcji,
- przejrzystość programowa,
- odpowiedniość z istniejącymi systemami,
- wysoka niezawodność, wynikająca z zastosowania elementów średniej i dużej skali integracji,

- elastyczność systemu sterowania stacją oraz
- łatwość usuwania uszkodzeń systemu przez wymianę modułu systemu.

Dodatkowym natomiast warunkiem wprowadzenia mikrokomputerowego systemu do sterowania ruchem kolejowym jest zapewnienie wymaganego przepisami ruchu kolejowego odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa, W tym celu należy:

- w przerwach ustawiania drogi przebiegu (pociągowego lub manewrowego) przeprowadzać samotestowanie pamięci (programu i danych),
- w przypadku wykrycia uszkodzenia powodować wymuszenie bezpiecznych stanów elementów wykonawczych,
- w przypadku uszkodzenia całego systemu powodować blokadę sygnałów sterujących elementami wykonawczymi.

L I T E R A T U R A

[1] Dokumentacja Systemu Kontroli Dyspozytorskiej. Biuro Projektów Kolejowych. Katowice 1977.

[2] System komputerowego sterowania ruchem pociągów i pracą stacji - System awizacji pociągów dla sterowania pracą stacji. Zakład Systemów Transportowych Instytutu Systemów Sterowania. Katowice 1980.

[3] Algorytmy komputerowego sterowania ruchem pociągów na CMK, Prace Naukowo-badawcze i Rozwojowe Centralnego Ośrodka Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa. Warszawa 1979.

[4] Celiński K., Jakuszko R. : Mikroprocesorowy system sterowania rozrządzaniem wagonów stacji Płock-Rafineria. Publikacje Konferencji nt. "Mikroprocesory i ich zastosowanie". Katowice 1980.

[5] Miksza E. i in.: Zblokowany system sterowania ruchem kolejowym na stacjach typu IZH 111. WKŁ,Warszawa 1979.

[6] Apuniewicz S.i in.: System zblokowanych urządzeń sterowania ruchem kolejowym - urządzenia stacyjne IZH 111. Skrypt uczelniany WSI nr 3,Radom 1979.

[7] Apuniewicz S.: Zasady modelowania matematycznego obiektów i procesów sterowania ruchem kolejowym. Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej T-5, Kielce 1977.

[8] Traczyk W.: Układy cyfrowe automatyki. WNT,Warszawa 1974.

[9] Skorwider J.: Testowanie zestawów przekaźnikowych. Automatyka Kolejowa, nr 5-6 1981.

[10] Dąbrowa-Bajon M., Borkowski W.: Organizacja i oprogramowanie komputerów do bezpośredniego sterowania ruchem kolejowym. Automatyka Kolejowa, nr 2 1980.

[11] Eckhouse R.: Systemy minikomputerowe, organizacja i oprogramowanie. WNT,Warszawa 1979.

[12] Mikulski J., Badura D.: Mikrokomputerowy system testujący parametry elektryczne zestawów przekaźnikowych. Materiały II Krajowej Konferencji "Zastosowanie komputerów w przemyśle", Szczecin 1981.

Recenzent:
Prof. dr hab. inż. Ferdynand Wagner

PROGRAM MODUL FOR MIKROCOMPUTER TRAIN CONTROL SYSTEM

Summary

Paper presents transformation the geographical relays system into logic and program automata functions. This method is used to:
- generation of peripheral units control signals,
- block traffic information transfer, and
- display.

It was discuss the logic and program form of consider automata in memory and was given the realisation method.

ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Резюме

Статья содержает описание блочной системы управления железнодорожным движением. Рассматривается метод трансформации существующей блочно-релейной системы на логические и программные функции автоматов, которые осуществляется с помощью отдельных модулей системы. Этот метод использован для генерирования сигналов, управляющих наружным оборудованием, передачи в соседние блоки информации о движении проездов на данном отрезку, а также передачи этой информации обслуживающему персоналу.

Оговариваются описание логики и программы рассматриваемого автомата в памяти микропроцессорной системы. Указывается метод осуществления автомата с помощью микро-ЭВМ, а также метод соединения программных модулей в блоки реализурующие данную функцию управления наружным оборудованием.