

Zbigniew ŁUKASIK, Waldemar NOWAKOWSKI

OPROGRAMOWANIE SYMULATORA PULPITU MASZYNISTY

Streszczenie

Wydział Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu wraz z firmą MEDCOM Sp. z o.o. zrealizował projekt pt. „Organizacja i wyposażenie laboratorium systemów sterowania pojazdów szynowych współpracujących z fotowoltaicznym układem zasilania” dla Ukraińskiej Akademii Transportu Kolejowego w Charkowie. Projekt był współfinansowany w ramach programu polskiej współpracy rozwojowej przez Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP. Wynikiem realizacji projektu było wyposażenie laboratorium systemów sterowania i diagnostyki pojazdów szynowych w nowoczesny symulator pulpitu maszynisty. Projekt symulatora obejmował nie tylko praktyczną konstrukcję obwodów elektrycznych pulpitu maszynisty, ale także programową i sprzętową symulację wybranych układów oraz przygotowanie oprogramowania sterującego. W artykule opisano budowę symulatora pulpitu maszynisty, główne moduły oprogramowania symulatora oraz jego obsługę.

WSTĘP

Współpraca pomiędzy Uniwersytetem Technologiczno-Humanistycznym w Radomiu a firmą MEDCOM z siedzibą w Warszawie przyczyniła się do zrealizowania projektu współfinansowanego w ramach programu polskiej współpracy rozwojowej przez Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP. Firma MEDCOM jest jednym z producentów systemów klasy TCMS (ang. *Train Control and Monitoring System*) [3, 5]. Projekt polegał na zaprojektowaniu i zbudowaniu symulatora pulpitu maszynisty, w który następnie wyposażone zostało laboratorium systemów sterowania i diagnostyki pojazdów szynowych Akademii w Charkowie [1, 2, 4]. Laboratorium umożliwiło zapoznanie studentów Ukraińskiej Akademii z budową i zasadą działania systemów sterowania i diagnostyki pojazdów szynowych, obsługą pulpitu maszynisty elektrycznego zespołu trakcyjnego oraz nauką programowania specjalizowanych sterowników PLC.

1. SYSTEMY STEROWANIA I DIAGNOSTYKI POJAZDU TRAKCYJNEGO

Systemy sterowania i diagnostyki pojazdu trakcyjnego (TCMS) spełniają zwykle następujące funkcje [6, 7]:

- sterowanie napędem elektrycznego zespołu trakcyjnego,
- sterowanie układami pomocniczymi (kontrola drzwi, sterowanie oświetleniem, ogrzewaniem, klimatyzacją, wentylacją),
- transmisja danych,
- diagnostyka pracy układów,
- rejestracja zdarzeń.

W przypadku systemu TCMS produkcji firmy MEDCOM sterowanie napędem jest realizowane poprzez sterownik nadrzędny, którego zadaniem jest wypracowywanie sygnału momentu rozruchowego i hamującego dla napędu. Na pulpicie maszynisty znajduje się m.in. panel sterowania, a także nastawnik jazdy i nastawnik hamulca. Zadawanie momentu rozruchowego podczas normalnej jazdy realizuje maszynista, przemieszczając dźwignię nastawnika jazdy.

2. SYMULATOR PULPITU MASZYNISTY

Symulator pulpitu maszynisty wykorzystuje technologię MAS szwajcarskiej firmy Selectron, która oferuje bardzo wydajną platformę do zastosowań w przemyśle kolejowym. Moduły platformy MAS spełniają wysokie wymagania norm EN 50155 i EN 50121. Cechą charakterystyczną rozwiązań firmy Selectron jest implementacja w produktach otwartych protokołów komunikacyjnych takich jak: Ethernet, CAN, MVB, WTB, RS485.

Do budowy symulatora wykorzystano następujące elementy platformy MAS (rys. 1):

- jednostka sterująca – sterownik PLC (CPU831-TG),
- moduły rozszerzenia (AAT732-TG/16B, DDT 732-TG/05A, DIT732-TG).



Rys. 1. Sterownik PLC i moduły rozszerzeń symulatora

Na pulpicie symulatora umieszczony został panel sterowania (terminal Deuta-Werke) oraz ekran komputera z zainstalowanym środowiskiem programistycznym Selectron CAP1131, umożliwiającym pisanie, analizowanie i poprawianie programu sterującego. Dodatkowo na pulpicie umieszczono nastawniki jazdy i hamowania, a także zestaw przelączników i wskaźników analogowych (rys. 2).



Rys. 2. Widok symulatora pulpitu maszynisty

Ponieważ symulator jest uproszczoną wersją oryginalnego systemu TCMS dlatego też niektóre elementy, takie jak układ pneumatyczny czy instalacja wysokonapięciowa, zostały zastąpione prostymi układami elektrycznymi lub zasymulowane programowo odpowiednimi procedurami w programie sterownika głównego. Na przykład, czynności takie jak podniesienie pantografów, załączenie sprężarki pomocniczej, czy włączenie wyłącznika szybkiego symulowane jest przez układ przekaźników. Pozwala to m.in. na sprawdzenie poprawności uwzględnionych w programie zależności. Nastawnik hamulca, który w prawdziwym pociągu jest elementem sterującym układem pneumatycznym, zastąpiony został nastawnikiem przekształcającym wychylenie na sygnał prądowy. Manometry zastąpiono wskaźnikami wskazówkowymi sterowanymi napięciowo przez sterownik główny. Symulacja prawidłowej pracy systemu hamulcowego zrealizowana została programowo w sterowniku głównym. Poszczególne moduły symulatora pulpitu maszynisty połączono przy wykorzystaniu sieci CAN (ang. *Controller Area Network*). W rzeczywistych układach sterujących pojazdami wykorzystuje się różne sieci do komunikacji z poszczególnymi urządzeniami na pojeździe i do łączności z wagonami tj.: WTB, MVB i CAN. Sterownik główny i panel sterowania symulatora komunikują się zgodnie z protokołem CANOpen. W ramach badań laboratoryjnych będzie można do magistrali CAN dołączać nowe urządzenia, w tym projektowane przez studentów, a użyta platforma sprzętowo-programowa posłuży do sprawdzenia ich zgodności z różnymi protokołami standardu CAN.

2.1. Oprogramowanie symulatora

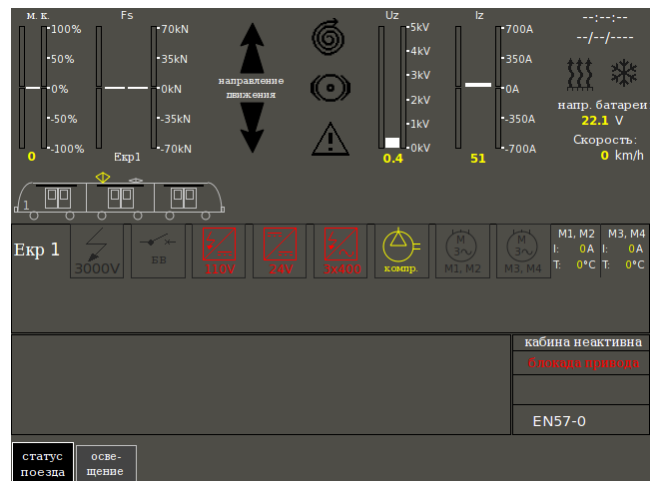
Oprogramowanie symulatora zostało podzielone na trzy części:

1. Symulacja

Oprogramowanie symulacyjne odpowiada za symulację programową układów, których nie udało się odtworzyć za pomocą zespołu przekaźników. Zawiera ona uzależnienia pracy układu pneumatycznego oraz ruchu pojazdu - steruje wskazaniem zegarów manometrów i prędkościomierza.

2. Sterowanie

Oprogramowanie sterujące jest najważniejsze dla przyjętych w projekcie celów dydaktycznych. Zawiera m.in. procedury poprawnego uruchamiania pojazdu, podnoszenia pantografów, czy załączania wyłącznika szybkiego. W tej części znajdują się także procedury sterownia i monitorowania poprawnej pracy urządzeń i parametrów ich pracy, jak na przykład właściwego ciśnienia w przewodach hamulcowych, napięcia trakcji – czyli parametrów wypracowanych w części symulacyjnej (rys. 3).



Rys. 3. Ekran główny panelu sterowania – „Статус поезда”

Zmiana aktywnej strony programu sterującego odbywa się przez naciśnięcie przycisku umieszczonego w dolnej części ekranu. W przypadku symulatora aktualnie dostępne jest tylko „Освещение”. Do ekranu głównego, który jest automatycznie ładowany po aktywacji kabiny maszynisty, można powrócić wybierając przycisk „Статус поезда”.

3. Komunikacja

Oprogramowanie komunikacyjne odpowiada za komunikację z panelem sterowania oraz monitorowanie poprawnej pracy układu wejść/wyjść dyskretnych i analogowych.

2.2. Obsługa symulatora

Na obsługę symulatora składają się z następujące czynności:

a) Załączenie baterii akumulatorów

Załączenie baterii akumulatorów powoduje wzbudzenie przekaźników i dostarczenie napięcia zasilania 24V do urządzeń symulatora.

b) Załączenie sprężarki pantografów

Załączenie sprężarki pantografów wykonujemy z pulpitu maszynisty za pośrednictwem przekaźników podnoszenia pantografów. Stan pracy sprężarki pantografów sygnalizowany jest komunikatem: „Комплексом пантографов работает”. Sprężarka została zastąpiona przekaźnikiem z nastawianym opóźnieniem.

c) Aktywacja kabiny maszynisty

Aktywacja kabiny maszynisty ma na celu wybór stanowiska sterującego, z którego realizowana będzie jazda. Do aktywacji służy przełącznik umieszczony na pulpicie maszynisty. Po aktywacji kabiny maszynisty następuje wyświetlenie na panelu sterowania stanu urządzeń oraz aktywowane zostają wszystkie układy niezbędne do realizacji jazdy i hamowania. Po wykonaniu aktywacji można podnieść pantografy. Pojawienie się napięcia trakcji zostanie zasygnalizowane na panelu sterowania.

4. Załączenie wyłącznika szybkiego

Załączenie wyłącznika szybkiego umieszczonego na pulpicie maszynisty, możliwe jest dopiero po sprawdzeniu przez sterownik główny następujących warunków:

- wyłącznik szybki jest w stanie wyłączenia,
- kabina maszynisty jest aktywna,
- zmierzone napięcie trakcji zawiera się w przedziale od 2000V do 4500V DC,
- nastawnik kierunku i nastawnik jazdy znajdują się w położeniu „Zero”,
- brak aktywnych błędów komunikacji CAN.

5. Uruchomienie falowników trakcyjnych
Uruchomienie falowników trakcyjnych następuje automatycznie po załączeniu wyłącznika szybkiego, po spełnieniu następujących warunków:
 - kabina maszynisty jest aktywna,
 - wyłącznik szybki jest załączony,
 - brak aktywnych błędów komunikacji CAN.
6. Uruchomienie przetwornicy
Uruchomienie przetwornicy następuje automatycznie po załączeniu wyłącznika szybkiego i falownika trakcyjnego. Wszystkie stany pracy: załączenia, alarmy, wyłączenia podzespołów napędu, wyświetlane są na panelu sterowania symulatora za pomocą właściwych ikon i komunikatów. Falownik trakcyjny i przetwornica statyczna symulowane są przez przekaźniki, które połączono w taki sposób, że włączenie przekaźnika przetwornicy statycznej jest możliwe dopiero, kiedy załączony zostanie falownik trakcyjny.
7. Uruchomienie sprzężarki głównej
Sterowanie sprzężarką główną odbywa się automatycznie w momencie gdy ciśnienie, wypracowane w części symulacyjnej programu i prezentowane na wskaźniku analogowym, spadnie poniżej pewnej ustalonej wartości. Praca sprzężarki sygnalizowana jest wyświetleniem odpowiedniej ikony na panelu sterowania.
8. Wybór kierunku jazdy
Kolejną czynnością jest wybór kierunku jazdy, który zasygnalizowany zostanie wyświetleniem właściwej ikony na panelu sterowania. Zmiana kierunku jazdy jest możliwa gdy pojazd stoi.
9. Sprawdzenie gotowości do jazdy
Stan gotowości do jazdy sygnalizowanej odpowiednim komunikatem jest możliwy po sprawdzeniu następujących warunków:
 - drzwi automatyczne są zamknięte,
 - wyłącznik szybki jest sprawny i załączony,
 - przetwornica statyczna jest sprawna i załączona,
 - ciśnienie powietrza w instalacji pneumatycznej pantografów jest właściwe,
 - wybrany jest kierunek jazdy,
 - falownik trakcyjny potwierdza gotowość do jazdy,
 - brak aktywnych błędów komunikacji CAN.
10. Obsługa nastawnika jazdy i hamowania
Wychylenie do przodu dźwigni nastawnika jazdy i hamowania powoduje rozpoczęcie jazdy. Stopień wychylenia dźwigni nastawnika sygnalizowany jest na terminalu i wskazuje na moment (prąd) rozruchowy silników trakcyjnych. Wychylenie dźwigni nastawnika jazdy do tyłu rozpoczyna hamowanie. Natomiast przemieszczenie dźwigni zadajnika jazdy i hamowania w maksymalne położenie „ku sobie” powoduje wdrożenie hamowania nagłego.
11. Obsługa nastawnika hamulca pneumatycznego
Ze względu na brak rzeczywistego układu pneumatycznego w symulatorze pulpitu maszynisty, nastawnik hamulca pneumatycznego został zastąpiony nastawnikiem proporcjonalnym. Wychylenie nastawnika, umieszczonego na pulpicie maszynisty, zostaje odczytane przez program symulacyjny i przetworzone na odpowiednie zmiany ciśnienia i sił hamujących pojazd.

PODSUMOWANIE

W Polsce w ostatnich latach nastąpił rozwój systemów sterowania i diagnostyki pojazdów szynowych. Przykładem takiego rozwiązania może być systemem TCMS opracowany przez firmę

MEDCOM. Współpraca UTH w Radomiu i firmy MEDCOM przyczyniła się do zrealizowania projektu, współfinansowanego przez Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP, którego wynikiem było wyposażenie laboratorium systemów sterowania i diagnostyki pojazdów szynowych Ukraińskiej Akademii Transportu Kolejowego w Charkowie, w nowoczesny symulator pulpitu maszynisty. Projekt symulatora obejmował nie tylko praktyczną konstrukcję obwodów elektrycznych systemu TCMS, ale także programową i sprzętową symulację wybranych układów oraz przygotowanie oprogramowania sterującego. Dostarczony wraz z symulatorem program sterujący pojazdem może posłużyć jako punkt wyjścia dla tworzenia własnych aplikacji przez pracowników i studentów Akademii w Charkowie.

BIBLIOGRAFIA

1. Łukasik Z., Nowakowski W., Ciszewski T.: *Train Control And Monitoring System Simulator*, INDIAN JOURNAL OF APPLIED RESEARCH (IJAR), Volume 4, Issue 12, December 2014, pp. 221-223, ISSN - 2249-555X
2. Łukasik Z., Nowakowski W., Wojciechowski J.: *Wyposażenie laboratorium systemów sterowania i diagnostyki pojazdów szynowych w symulator pulpitu maszynisty*, Logistyka 6/2014, str. 6917–6921, ISSN 1231-5478
3. Kaska J., Łukasik Z., Nowakowski W., Wojciechowski J.: *Nowoczesny układ sterowania asynchronicznego napędu trakcyjnego*, Logistyka 6/2014, str. 5252-5257, ISSN 1231-5478
4. Ciszewski T., Nowakowski W., Wojciechowski J.: *Symulator pulpitu maszynisty*, Logistyka 4/2015, str. 2819-2824, ISSN 1231-5478
5. Łukasik Z., Nowakowski W., Kuśmińska-Fijałkowska A.: *Asynchronous drive control of a traction vehicle using TCMS system*, INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH IN ENGINEERING & TECHNOLOGY (IJARET), Volume 6, Issue 2, February (2015), pp. 80-85, ISSN 0976 - 6480 (Print), ISSN 0976 - 6499 (Online)
6. G. Neil: *On board Train Control and Monitoring Systems*, Electric Traction Systems (2012), IET Professional Development Course on, pp 223-246, 2012
7. Changyuan Liu, Xiaoming Li, Panpan Yang: *Train Control Management System Safety Assessment*, Proceedings of the 2013 International Conference on Electrical and Information Technologies for Rail Transportation (EITRT2013)-Volume II, Lecture Notes in Electrical Engineering Volume 288, pp 583-591, 2014
8. Kuśmińska-Fijałkowska, A., Z. Łukasik. *Koordinowanie działań w organizacji w odniesieniu do systemu zarządzania jakością*, Logistyka 3 (2014): 3570-3576.
9. Kuśmińska-Fijałkowska A., Łukasik Z.: *Information and Communication Technologies in the Area with a Complex Spatial Structure*, Information, Communication and Environment / Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, str. 131-134, CRC Press/Balkema
10. Kozyra J.: *Rozwiązania techniczne współpracy podstacji trakcyjnej z systemem elektroenergetycznym*, Logistyka 3 (2012)

SOFTWARE OF TRAIN DRIVER DESK SIMULATOR

Abstract

Faculty of Transport and Electrical Engineering Kazimierz Pułaski University of Technology and Humanities in Radom in cooperation with MEDCOM Ltd, carried out a project "Organizing and equipping the laboratory of TCMS (Train Control and Monitoring System) of railway vehicles cooperating with photovoltaic power supply" for the Ukrainian Academy of Railway Transport in Kharkov. The project was co-financed by the Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Poland within the development cooperation programme. The result of the project was to a rolling stock diagnostic control systems laboratory with the most updated training simulator. The project of the simulator included not only practical design of electrical circuits, but also software and hardware simulation and preparation of selected control software. The article describes the construction of the train driver desk simulator, the main modules of the software simulator and its use.

Autorzy:

prof. dr hab. inż. **Zbigniew Łukasik** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, 26-600 Radom, ul. Malczewskiego 29, e-mail: z.lukasik@uthrad.pl

dr inż. **Waldemar Nowakowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, 26-600 Radom, ul. Malczewskiego 29, e-mail: w.nowakowski@uthrad.pl