ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: TRANSPORT z. 56 Nr kol. 1658

Przemysław GORCZYCA

WYKORZYSTANIE RADIOWYCH SIECI KRÓTKIEGO DYSTANSU DLA POTRZEB SYSTEMU DIAGNOSTYKI URZĄDZEŃ STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono koncepcję budowy systemu diagnostycznego urządzeń sterowania ruchem kolejowym opartego na sieciach bezprzewodowych krótkiego zasięgu. Urządzenie to pozwoli na prowadzenie diagnostyki on-line, co znacznie uprości proces diagnostyczny przy jednoczesnym podwyższeniu bezpieczeństwa. Koncepcję przedstawiono na przykładzie diagnostyki napędu zwrotnicowego.

REMOTE DIAGNOSTIC SYSTEM OF INTERLOCKING WITH USAGE OF SHORT DISTANCE WIRELESS NETWORKS

Summary. The article deals with the conceptions of the diagnostic system of interlocking with usage a short distance wireless network. The system will allow providing online diagnostics, what makes such a diagnostic process much easier and improves safety at the same time.

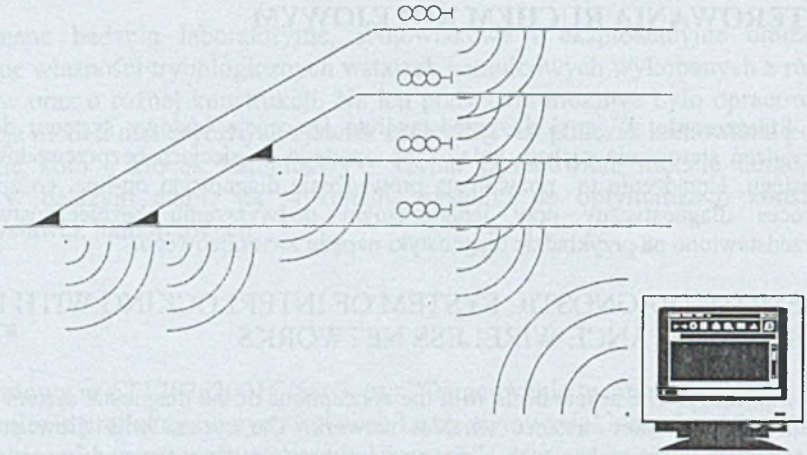
1. WSTĘP

Celem projektu jest stworzenie elastycznego systemu zdalnej diagnostyki urządzeń zabezpieczenia ruchu oraz nakreślenie granic stosowalności cyfrowej łączności krótkiego zasięgu w pasmach i zakresie mocy dopuszczonych do użytku bez konieczności ubiegania się o pozwolenie ministra infrastruktury.

Wdrażanie zaawansowanych technologicznie systemów sterowania ruchem kolejowym oraz modernizacja istniejących ma na celu zwiększenie przepustowości linii, zwiększenie prędkości maksymalnych oraz poprawę bezpieczeństwa. Systemy te wymagają ciągłego nadzoru, mającego wpływ nie tylko na proces eksploatacji, ale również na bezpieczeństwo prowadzenia ruchu. Tym samym konieczne są prace koncepcyjne nad scentralizowanymi systemami diagnostyki, zapewniającymi ciągły nadzór, pozwalającymi na uniknięcie sytuacji niebezpiecznych, wspomagającymi proces eksploatacji oraz pozwalającymi na zapis i późniejszą analizę parametrów pracy urządzeń w dłuższym okresie czasu. Szczególnie ważna dla bezpieczeństwa prowadzenia ruchu jest diagnostyka pracy napędów zwrotnicowych i rozjazdów.

2. ZAŁOŻENIA SYSTEMU

Założeniem projektowanego systemu diagnostycznego jest zdalny pomiar możliwie dużej liczby parametrów urządzeń srk i przesył informacji diagnostycznych do centralnego komputera diagnostycznego za pośrednictwem sieci bezprzewodowych krótkiego zasięgu.



Rys.1. Przykładowy schemat systemu diagnostycznego. Źródło: materiały własne
Fig.1. Exemplary diagram of diagnostic system. Source:author's material

Podczas prac koncepcyjnych nad poszczególnymi urządzeniami pomiarowymi należy rozważyć następujące kwestie:

- rodzaj i zakres mierzonych parametrów;
- wybór czujników pomiarowych z uwzględnieniem warunków środowiskowych;
- sposób komunikacji z urządzeniami nadrzędnymi (rejestracja, analiza, wizualizacja);
- sposób zasilania układu;
- gabaryty urządzenia uwzględniające możliwie dużą rodzinę urządzeń.

Ze względu na dużą różnorodność urządzeń mających wpływ na bezpieczeństwo prowadzenia ruchu do wstępnych rozważań koncepcyjnych skupiono się na diagnostyce urządzenia wymagającego szczególnej uwagi służb eksploatacji – diagnostyce napędu zwrotnicowego.

3. DIAGNOSTYKA NAPĘDU ZWROTNICOWEGO

Parametry pracy napędu zwrotnicowego szczególnie ważne dla procesu diagnostycznego to:

- prądy nastawcze,
- napięcia nastawcze,
- prąd kontrolny,
- napięcie kontrolne.

Do prawidłowej interpretacji otrzymanych wartości parametrów pracy niezbędny jest:

- pomiar wilgotności wnętrza napędu,
- pomiar temperatury,
- pomiar drgań.

4. ELEMENTY SYSTEMU

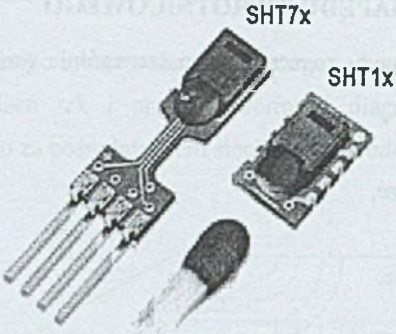
Różnorodność mierzonych parametrów wskazuje na konieczność zastosowania jednostki przetwarzającej otrzymane sygnały i pozwalającej na kapsulacje danych, przed wysłaniem ich do komputera diagnostycznego.

Należy więc określić minimalne wymagania stawiane jednostce przetwarzającej, tym samym już na etapie wstępnym należy dokonać wstępnego przeglądu czujników.

4.1. Czujnik temperatury i wilgotności

Dopuszczalna temperatura wewnątrz napędu zwrotnicowego powinna wahać się w zakresie -30° do + 70°C [1], natomiast wilgotność w zakresie od 0 do 90%.

Ze względu na konieczność minimalizacji okablowania pomiarowego wybrano czujnik SHT7x firmy Sensirion, realizujący pomiar wilgotności w zakresie od 0 do 100% z oraz pomiar temperatury w zakresie od –40°C do 120°C. Z uwagi na współpracę z jednostką przetwarzającą ważną zaletą czujnika jest cyfrowe 2-liniowe wyjście układu, znacznie ułatwiające współpracę i przetwarzanie danych.



Rys.2. Czujnik SHT7x do pomiaru temperatury i wilgotności
Źródło: dokumentacja techniczna czujników SHT1x/SHT7x
Fig.2. SHT7x sensor for temperature and humidity measurement
Source: Datasheet Humidity Sensors SHT1x/SHT7x

4.2. Czujnik drgań

Zastosowanie czujnika drgań pozwoli określić wpływ oddziaływań ze strony taboru na parametry pracy napędu zwrotnicowego w funkcji czasu, co dzięki zebranym doświadczeniom umożliwi usprawnienie procesu eksploatacji i eliminację zagrożeń płynących z nieskorelowania obsług technicznych z rzeczywistym stanem napędów.

Dodatkowo pomiar drgań dokonywany podczas przestawiania napędu zwrotnicowego pozwoli na dalszą analizę, wskazującą na prawidłowość lub nie pracy poszczególnych elementów napędu, takich jak: silnik, przekładnia, układ przeniesienia napędu czy stan rozjazdu..

Dopuszczalny poziom drgań dla urządzeń zabezpieczenia ruchu powinien wynosić od 0 do 200G. Ze względu na specyfikę napędu zwrotnicowego pomiar powinien obejmować trzy osie, a zakres rejestrowanych przyspieszeń powinien zawierać się w zakresie 0 do 30G .

Czujnik umożliwiający pomiar we wskazanym zakresie przyspieszeń TO-5 firmy PCB Piezotronics pozwala na pomiar częstotliwości w zakresie od 0,32Hz do 10kHz.

Liczba czujników pomiarowych oraz wybór miejsc pomiarowych będzie przedmiotem dalszych rozważań i zależna będzie od przeprowadzonych badań poligonowych na wybranych typach napędów zwrotnicowych.

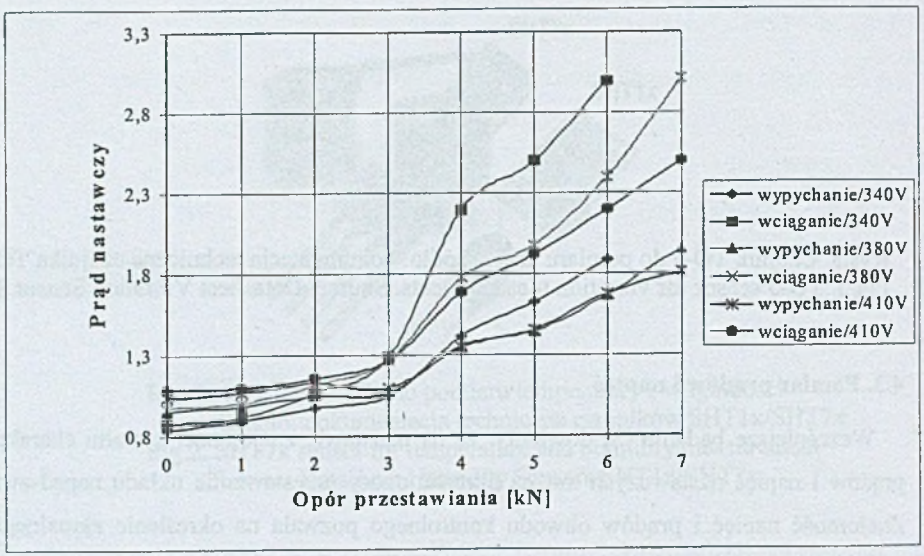
Rys.3. Czujnik TO-5 do pomiaru drań. Źródło: dokumentacja techniczna czujnika TO-5
Fig.3. TO-5 sensor for vibration measurements. Source: Datasheet Vibration Sensor TO-5

4.3. Pomiar prądów i napięć

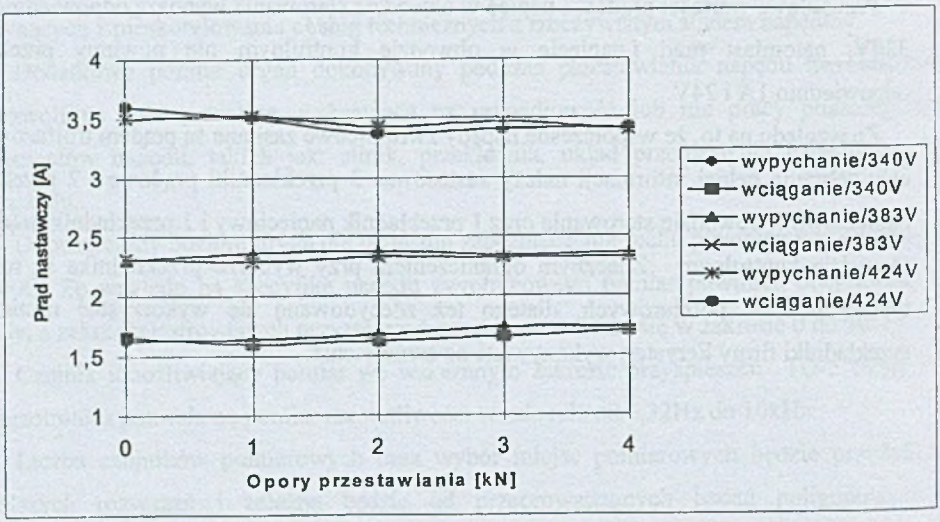
Wcześniejsze badania [3] dowiodły, że na podstawie znajomości kształtu charakterystyk prądów i napięć nastawczych można określić opory przestawiania układu napęd-zwrotnica. Znajomość napięć i prądów obwodu kontrolnego pozwala na określenie aktualnego stanu napędu i kondycji połączeń kablowych. Pełna wiedza o charakterystykach prądów i napięć w funkcji innych parametrów (np. drgań) zdobyta w trakcie testów eksploatacyjnych systemu pozwoli na dalszą interpretację wyników, umożliwiającą np. stwierdzenie faktu rozprucia rozjazdu.

Prawidłowe wartości prądów i napięć w obwodzie sterowania wynoszą odpowiednio 20A i 380V, natomiast prąd i napięcie w obwodzie kontrolnym nie powinny przekroczyć odpowiednio 1A i 24V.

Ze względu na to, że współczesne napędy zwrotnicowe zasilane są prądem trójfazowym, w celu zebrania pełnej informacji należy zastosować 3 przekładniki prądowe i 2 przekładniki napięciowe w obwodzie sterowania oraz 1 przekładnik napięciowy i 1 przekładnik prądowy w obwodzie kontrolnym. Znacznym ograniczeniem przy wyborze przekładnika są rozmiary typowych sond pomiarowych, dlatego też zdecydowano się wykorzystać miniaturowe przekładniki firmy Feryster, wykonywane na zamówienie.



Rys.4. Wartość prądu nastawczego w funkcji oporów przestawiania dla napędu EEA-4
Źródło: [3]
Fig.4. Value of set current in the function of resistance mismatch for the EEA-4 drive.
Source: [3]

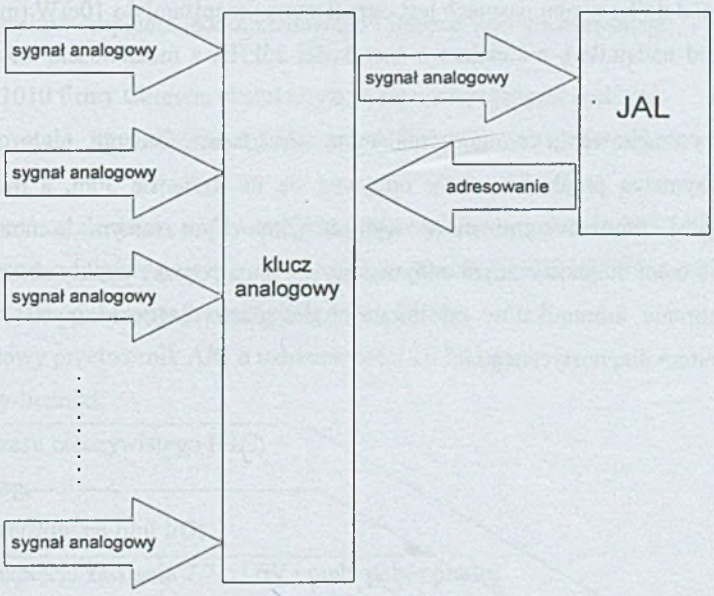


Rys.5. Wartość prądu nastawczego w funkcji oporów przestawiania dla napędu EEA-5
Źródło: [3]
Fig.5. Value of set current in the function of resistance mismatch for EEA-5 drive
Source: [3]

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono przykładowe charakterystyki prądowe dla napędów zwrotnicowych EEA-4 i EEA-5 –znaczne różnice kształtów charakterystyk wskazują na konieczność potraktowania każdego z typów napędów zwrotnicowych indywidualnie.

4.4. Przetwarzanie sygnałów i transmisja

Zastosowane przekładniki prądowe i napięciowe oraz czujniki drgań wymagają łącznie 10 wejść analogowych, co w praktyce oznacza konieczność kluczowania 10 sygnałów analogowych do jednego lub dwóch wejść analogowych jednostki przetwarzającej.



Rys.6. Kluczowanie sygnałów analogowych. Źródło: materiały własne
Fig.6. Analog multiplexer implementation. Source:author's material

Dzięki takiemu rozwiązaniu ilość wejść a/c jednostki arytmetyczno-logicznej nie stanowi decydującego parametru mającego duży wpływ na wybór konkretnego układu.

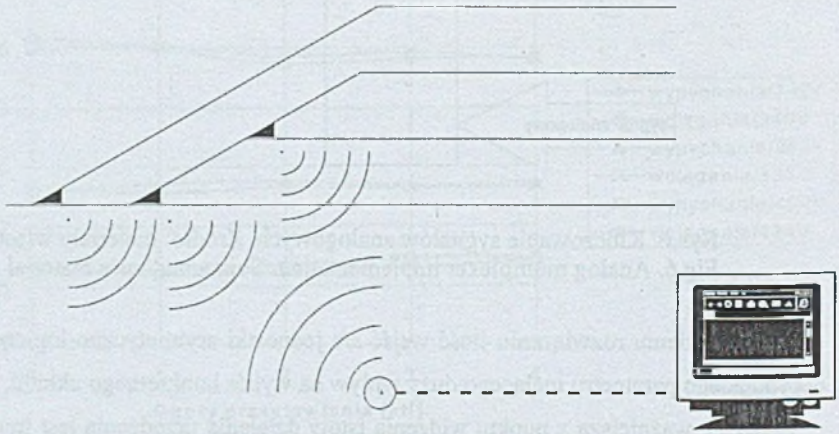
Znacznie ważniejsza z punktu widzenia istoty działania urządzenia jest transmisja danych do komputera diagnostycznego.

Transmisja danych z urządzeń telemetrycznych nie wymaga stosowania mechanizmów zabezpieczających dane przed sfałszowaniem (szyfrowanie), dezaktulizacją (stempel czasowy) czy naruszeniem sekwencyjności (numery sekwencyjne). Również wysoki poziom niezawodności na poziomie medium transmisyjnego nie należy traktować jako podstawowe kryterium, gdyż przy braku ograniczenia na czas dostarczenia danych z urządzeń

pomiarowych niezawodność może być realizowana poprzez takie mechanizmy, jak wielokrotne powtórzenia z potwierdzeniami, aż do uzyskania prawidłowej informacji. Zgodnie ze wstępnymi założeniami w rozważanym systemie, transmisja ze względu na rozproszony charakter oparta będzie na radiowych sieciach krótkiego zasięgu. Poza redukcją kosztów wdrożenia i utrzymania systemu pozwoli to na dużą elastyczność rozbudowy systemu o kolejne urządzenia diagnostyczne poprzez nadanie unikalnego adresu, jednoznacznie identyfikującego element systemu.

W oparciu o [2] do celów transmisji danych wybrano dwa zakresy częstotliwości: w paśmie amatorskim 430,00-433,05MHz oraz w paśmie telemetrycznym 433,05-434,79MHz. Moc nadajnika w obu pasmach jest ograniczona przepisami do 10mW (mierzona w odległości 10m od nadajnika), z kanałem o szerokości 25kHz, z możliwością stosowania dołączanych anten.

Przy zachowaniu ograniczenia mocy urządzenie cechuje mały zasięg - transmisja z maksymalną prędkością może odbywać się na dystansie 50m, a maksymalna odległość pomiędzy transceiverami może wynosić 2km. Tym samym komunikacja z centralnym komputerem diagnostycznym odbywać się powinna poprzez punkty zbiorcze, odpowiedzialne za zebranie komunikatów od lokalnych urządzeń diagnostycznych i przekazanie ich do komputera diagnostycznego.



Rys.7. Schemat systemu diagnostycznego z punktami zbiorczymi. Źródło: materiały własne
Fig.7. Diagram of diagnostic system with cumulative points. Source:author's material

Wybór medium komunikacyjnego i protokołu komunikacyjnego dla łączności pomiędzy punktami zbiorczymi a komputerem diagnostycznym będzie przedmiotem późniejszych rozważań.

Zakres 430,00-433,05MHz został wybrany do wstępnych testów systemu – częstotliwość 433MHz jest obsługiwana przez wiele fabrycznych modułów transceiverów, gotowych do działania bez skomplikowanych procedur strojenia.

Zakres 433,05-434,79MHz należy traktować jako docelowy – jest to zakres przeznaczony do celów telemetrycznych i nie jest tak obciążony jak zakres 430,00-433,05MHz.

Z uwagi na oba zakresy częstotliwości wybrano układ CC1010 firmy Chipcon, będący połączeniem mikrokomputera jednoukładowego i transceivera uniwersalnego.

Układ CC1010 firmy Chipcon charakteryzuje się następującymi cechami:

- zintegrowanie transceivera z układem mikrokomputera jednoukładowego (rodziny 8051);
- możliwość ustalenia częstotliwości pracy transceivera w zakresie 300-1000MHz;
- fabryczne moduły w oparciu o układ na częstotliwość 315/433/868/915 MHz;
- sprzętowy moduł kryptograficzny (algorytm DES);
- 3-kanałowy przetwornik A/C o rozdzielczości 10 bitów;
- 4 timery-liczniki;
- zegar czasu rzeczywistego RTC;
- watchdog;
- 26 uniwersalnych linii I/O;
- niskie napięcie zasilania 2,7...3,6V i mały pobór prądu;
- możliwość pracy w zakresie temperatur -40...+85°C;
- pamięć programu o pojemności 32kB typu Flash;
- pamięć danych o pojemności 2 kB.

Dodatkowo zastosowano w układzie popularne scalone multi/demultipleksery analogowe serii 4051, pozwalające na swobodne przełączanie ośmiu źródeł sygnału do jednego wejścia analogowego poprzez adresowanie za pomocą 3 wejść cyfrowych.

5. PODSUMOWANIE

W chwili obecnej trwają dalsze prace koncepcyjne nad systemem oraz powstaje urządzenie prototypowe pracujące w paśmie 433MHz, które pozwoli na zweryfikowanie poprawności przyjętych założeń konstrukcyjnych oraz określi zakres możliwej realizacji studium koncepcyjnego układu. Projektowane urządzenie pozwoli na podniesienie poziomu bezpieczeństwa prowadzenia ruchu, usprawnienie procesu diagnostycznego i eksploatacyjnego oraz zwiększenie zakresu mierzonych parametrów.

Dotychczasowe badania [3][4][5] w tym zakresie wykazały celowość usprawnienia diagnostyki napędu zwrotnicowego, a brak kompleksowych rozwiązań w skali światowej stanowi ważny argument przemawiający za powstaniem opisanego urządzenia.

Literatura

1. Wymagania bezpieczeństwa dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym. CNTK, Warszawa 1998.
2. Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 6 sierpnia 2002 roku (Dz.Ust. nr 138) „w sprawie urządzeń radiowych nadawczych lub nadawczo-odbiorczych, które mogą być używane bez pozwolenia".
3. Mikulski J., Młyńczak J.: Drive Points Remote Control. I Międzynarodowa konferencja Telematyka Systemów Transportowych, Ustroń 2001.
4. Mikulski J., Młyńczak J.: Komputerowa diagnostyka napędu zwrotnicowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport z. 43, Gliwice 2001.
5. Mikulski J.: Zawodność urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Analiza usterkowości urządzeń zasilających. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z.44, Gliwice 2004.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Abstract

In conjunction with the increase of maximal speed on the railway lines, at the same time of modernizing the appliances for automatic train operation there is a need of development the diagnostics' systems- both whole systems and the single elements.

The diagnostics of point mechanisms and point switches is especially important for safety of traffic guidance. In the article the proposal of complex system is presented to diagnose of the point mechanism with usage of short distance wireless networks.

Praca wykonana w ramach: BW-443/RT4/2004.