

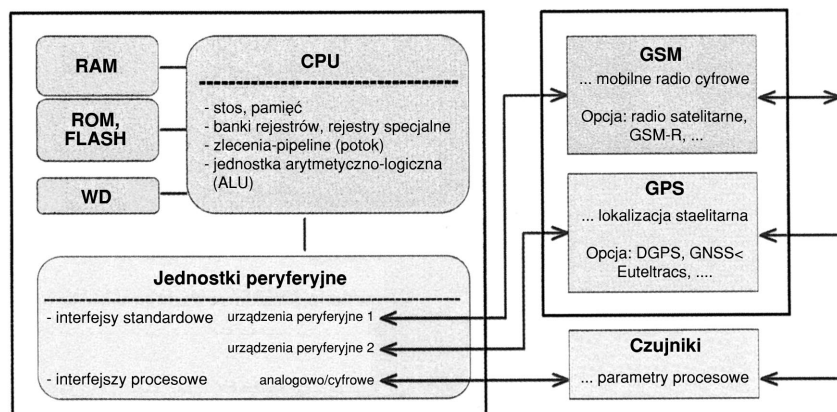
# Samowystarczalny system pomiarowo-diagnostyczny do zastosowań w pojazdach szynowych

**Racjonalna i przy niskich kosztach eksploatacja pojazdów szynowych jest dzisiaj, z powodu złożoności ich budowy i wysokich wymagań stawianych pojazdom odnośnie zastosowania techniki informatycznej, zdominowana poprzez szerokie zastosowanie systemów z wykorzystaniem komputerów pokładowych.**

Podczas gdy w lokomotywach dużej mocy systemy te instalowane są powszechnie, a częściowo nawet w zbyt bogatej postaci [1], to w wagonach pasażerskich i towarowych, z małymi wyjątkami, prawie ich się nie stosuje.

Wagony, w większości przypadków, poza pracą w jednogrupowych pociągach towarowych, rozpatrywane być muszą jako pojedyncze jednostki, które wchodzić w skład różnych zmiennych zestawów pociągów. Jednym z rozwiązań tego problemu byłoby stworzenie systemu samowystarczalnego, opartego na komputerze pokładowym. System ten nie wymagałby żadnego specjalnego sprzężenia z magistralą pociągu i współpracowałby z cyfrową siecią radiową.

Z zakresu lokalizacji pojazdu i logistyki oferowanych jest obecnie wiele rozwiązań, zwłaszcza dla wagonów towarowych. Oprócz logistyki, kluczowym punktem rozważań jest również utrzymanie pojazdu w dobrym stanie technicznym.



Rys.1. Komponenty systemowe samowystarczalnego systemu pomiarowo-diagnostycznego

Pierwsze rozwiązania zostały już zaprezentowane w [2, 3 i 4]. Stąd też wynikają następujące obszary zastosowań prezentowanego systemu pomiarowo-diagnostycznego.

□ Poprawa zarządzaniem wagonami towarowymi poprzez śledzenie czasu i drogi przebiegu wagonu, jak również poprawa obsługi klienta poprzez będące na bieżąco do dyspozycji konkretne informacje dotyczące położenia wagonu i czasu.

□ Poprawa zarządzaniem środkami utrzymania pojazdu w dobrym stanie technicznym oraz poprawa techniki zabezpieczeń poprzez nadzór i techniczne diagnozowanie. Przede wszystkim należy wymienić diagnozowanie pod względem funkcjonalnym i diagnozowanie stanu zużycia, przy czym to ostatnie ma szczególne znaczenie dla metody utrzymania pojazdu w dobrym stanie technicznym, bazującej na bieżąco przeprowadzanych pomiarach stanu technicznego podzespołów.

Opracowany na HTW (Wyższa Szkoła Techniki i Gospodarki) w Dreźnie, w Katedrze Miernictwa i Laboratorium Maszyn, samowystarczalny system pomiarowo-diagnostyczny, z cyfrową łącznością radiową i lokalizacją satelitarną, stanowi propozycję spełniającą wcześniej postawione zadania. Z powodu wypracowania dużej liczby interfejsów procesowych, system ten jest szczególnie przydatny do spełnienia zadań nadzorowania procesami i techniki diagnostycznej, w celu utrzymania pojazdu w dobrym stanie technicznym, na podstawie bieżących informacji o stanie pojazdu.

## Samowystarczalny system pomiarowo-diagnostyczny

Przyjmując za punkt wyjścia postawione zadania, system wspomagany komputerem pokładowym musi spełniać cały szereg wymagań w odniesieniu do sprzętu (hardware). Szczególnie należy uwzględnić trudne warunki pracy związane z eksploatacją na kolei. Należy uwzględnić następujące elementy systemu:

□ modułowy system czujników, o solidnej budowie, do pomiarów ważnych wielkości procesowych (np. droga przebiegu, masa załadowania, przyspieszenie, temperatura itp.),

□ komputer pokładowy ściśle zorientowany na badanie procesów (kontroler mikroprocesorowy, duża liczba interfejsów wejścia-wyjścia, wystarczająca pojemność pamięci, wysoka niezawodność),

□ system lokalizacji satelitarnej i system cyfrowej łączności radiowej,

□ stabilny układ zasilania w energię.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat blokowy systemu składającego się z opisanych modułów.

Odpowiednio do wymienionych celów, zadaniem pokładowego systemu z komputerem jest pozyskanie wielkości procesowych za pomocą zestawu wysokowydajnych czujników, montowanych na stałe na wagonie. Dobór czujników zależy na charakter całego systemu. Czujnikowanie wykonywane jest w zakresie odpowiednim do wymagań klienta i określa jakość wielkości mierzonych, jak i zasadniczo wpływa na jakość ca-

tego systemu. Wielkości mierzone poddawane są następnie analizie danych procesowych. Wymagania stawiane czujnikom do zastosowania w kolejnictwie i ich badania przedstawiają odrębne, szczególne pole działań i temat ten nie będzie podejmowany w ramach tego artykułu. Należy tylko dodać, że na ten temat prowadzone są na HTW w Dreźnie (FH) eksperymentalne prace dotyczące czujników drogi przebiegu, masy ładunku, przyspieszenia i temperatury.

W dotychczasowych pracach badawczo-rozwojowych położono główny nacisk na zaprojektowanie od strony sprzętowej układu komputera pokładowego, odznaczającego się możliwością dalszej rozbudowy, jak również na opracowanie metody uzyskiwania danych procesowych i ich przetwarzania [5]. W wyniku prowadzonych prac powstał prototyp samowystarczalnego systemu pomiarowo-diagnostycznego, charakteryzujący się następującymi cechami:

- modułowa struktura hardware, który spełniając wysokie wymagania stawiane układom stosowanym na kolei, daje również możliwości zastosowania go w innych dziedzinach;
- wysoki standard techniczny i uzyskanie niskich kosztów wykonania poprzez zastosowanie urządzeń OEM (original equipment manufacture – sprzęt komputerowy bezpośrednio od producenta);
- niski pobór energii przez zastosowanie systemu zarządzania zasilaniem pokładowego systemu komputerowego (system i urządzenia peryferyjne);
- wysoki stopień odporności na czynniki otoczenia (np. temperatura, wilgotność, korozja, wibracje, zakłócenia elektromagnetyczne oraz inne wymagania, zgodne z badaniami według DIN IEC 68 [6]) i wysoka niezawodność.

### Komputer pokładowy

Jako komputer pokładowy wybrano układ, który odznacza się dużą wydajnością sprzętową oraz stawia do dyspozycji dla zastosowania na pojeździe szczególną strukturę interfejsów. Sercem układu jest 16-bitowy, taktowany z częstotliwością 20 MHz mikroprocesor typu SAB 80 C167 produkcji firmy Siemens. Najistotniejsze cechy wybranego komputera, przy maksymalnym stopniu rozbudowy, to:

- sprzęt:
  - 32 wejścia/wyjścia, cyfrowe, 28 wejść/wyjść analogowych, odpornych na zwarcie i podlegających diagnozowaniu,
  - 1 port szeregowy RS232, 1 port typu CAN (specyfikacja 2.0B, pełny CAN),
  - 512 kB pamięci programu, 512 kB pamięci operacyjnej, 16 kB pamięci danych,
  - świadectwo sprawdzenia zgodnie z DIN IEC 68/6/ oraz klasą wymagań TÜV 4 (Technischer Überwachungsverein – Stowarzyszenie Nadzoru Technicznego), skuteczne ekranowanie od zakłóceń elektromagnetycznych, temperatura stosowania  $-40 \div +85^{\circ}\text{C}$ ;
- oprogramowanie
  - wielozadaniowy system operacyjny pracujący w czasie rzeczywistym oraz konfigurowalny BIOS,
  - zintegrowany system zarządzania poborem energii oraz funkcje zabezpieczające,

- programowanie sprzętu za pomocą języka C (standard ANSI),
- program kompilujący, dopuszczony przez TÜV do zastosowania na pojazdach.

### Radiowy system łączności

Przy porównaniu różnych systemów łączności radiowej GSM, operator sieciowy D2 – Mannesmann Mobilfunk prezentuje interesujące zalety. W taryfie danych D2 oferuje on szczególne cechy wydajności, które zapewniają duży stopień bezpieczeństwa danych i dużą szybkość transmisji danych. Wraz z wprowadzeniem GSM-R (GSM-R – system GSM do zastosowań na kolei) oczekuje się jeszcze korzystniejszych taryf.

Transmisja danych następuje za pomocą modemu radiowego z następującą specyfikacją:

- 1 port szeregowy RS232,1 interfejs SIM dla autoryzowanego dostępu (4-pozycyjny PIN),
- standardowy zestaw zleceń AT dla modemu oraz specjalny protokół do korekcji błędów,
- badania zgodne z DIN IEC 68/6/, temperatura zastosowania  $-20 \div +55^{\circ}\text{C}$ ,
- ochrona przeciw zakłóceniom od promieniowania elektromagnetycznego.

Komunikacja z najbliższą komórką bazową D2 zapewniowana jest poprzez kombinowaną antenę GPS/GSM. Pasywna gałąź GSM, zbudowana jako promiennik 8/4, ma bardzo małe wymiary.

Możliwe jest również przywiązanie urządzenia końcowego do wspomaganego przez satelitę systemu łączności. Jednakże ten wariant struktury sprzętowej, ze względu na stosunkowo duże zapotrzebowanie na energię jednostek nadawczo-odbiorczych, nie jest przewidywany.

### Satelitarny system lokalizacji

Z porównania różnych systemów lokalizacyjnych na czoło wybijają się zalety amerykańskiego systemu NAVSTAR GPS (GPS...Global Positioning System – globalny system lokalizacji). Zastosowanie innego systemu satelitarnego (np. GLO-NASS) lub usługi kombinowane (np. Argos, Eutelsat) nie jest obecnie zalecane, ze względu na: konieczność rozbudowy sieci, technikę sprzętową, dyspozycyjność oraz zapotrzebowanie na energię.

Obecnie używany jest odbiornik GPS, który charakteryzuje się następującymi parametrami:

- wysoka czułość stopnia wejściowego, 12 kanałów,
- mały pobór energii, krótki czas reinstalacji, równy 15 s (czas do momentu uzyskania dyspozycyjności dla określenia położenia),
- dwa szeregowo porty RS232 (format danych NMEA 0183, przetwarzanie danych z poprawą błędów),
- skuteczne ekranowanie przeciw zakłóceniom elektromagnetycznym, temperatura zastosowania  $-30 \div +85^{\circ}\text{C}$ .

Dane podawane są do dyspozycji w standardowym formacie NMEA (NMEA – Narodowe Elektroniczne Stowarzyszenie Morskie). W przyszłości istnieje możliwość korekcji danych położenia za pomocą systemu D-GPS (D-GPS – róż-

nicowy GPS). Dokładność określenia położenia zwiększa się wówczas ze 100 m do 5 m. W obecnie wykorzystywanym zastosowaniu korekta taka nie jest konieczna. Aktywna gałąź GPS kombinowanej anteny jest zasilana z odbiornika.

Alternatywnym rozwiązaniem do wspomaganego satelitarne systemu lokalizacji jest system lokalizacji w oparciu o sieć GSM. Ze względów jednak na niewystarczający promień zasięgu komórek systemu oraz małą liczbę komórek bazowych, wariant ten do określenia położenia wagonu jest zbyt niedokładny.

### System zasilania w energię elektryczną i wykonanie mechaniczne

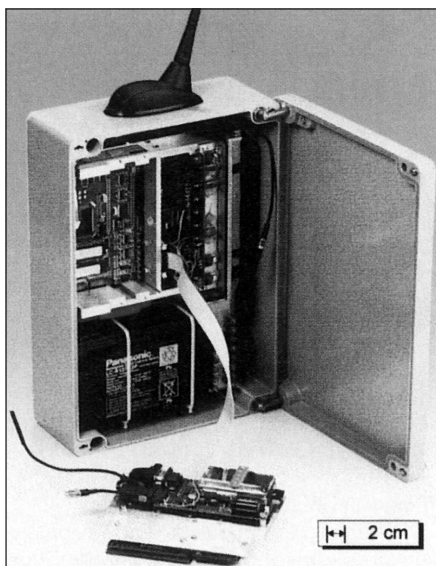
Pozyskiwanie energii następuje poprzez obracającą się oś pojazdu szynowego, za pomocą generatora osiowego. W opisywanym przypadku chodzi o zastosowanie wykonania, które zostało już na kolei sprawdzone w eksploatacji. Do gromadzenia energii wykorzystywany jest akumulator o dużej trwałości i solidnej budowie.

Zapotrzebowanie na energię zależy od rodzaju zastosowanego sprzętu oraz oprogramowania komputera. Jednostki peryferyjne dołączane są jedynie na konieczny okres. Po zakończeniu przyjmowania danych pomiarowych i ich przetworzeniu, komputer pokładowy przełączany jest w stan „czuwania”.

Całe urządzenie umieszczone jest w solidnej aluminiowej obudowie, wykonanej jako odlew ciśnieniowy. Hermetyczne uszczelnienie chroni wewnętrzne komponenty układu od wpływów czynników zewnętrznych. Wszystkie połączenia z komputerem pokładowym (przewody zasilające, podłączenia czujników, wyprowadzenia wyjść przełączających) realizowane są poprzez wspólne złącze wtykowe.

### Nadzór nad procesem i diagnostyka techniczna

Zadania dla samowystarczalnego systemu pomiarowo-diagnostycznego przeznaczonego dla transportu szynowe-



Rys. 2. Praktyczne wykonanie samowystarczalnego systemu pomiarowo-diagnostycznego; na pierwszym planie planie moduły lokalizacji satelitarnej i cyfrowej łączności radiowej

garzuczone są poprzez wewnętrzne i zewnętrzne oddziaływania badanych procesów. Do najważniejszych należy zaliczyć:

**Nadzorowanie procesu** (kontrola zagrzewania łożysk, zderzenia, nadwyżki ładunku itp.) przy transporcie towarów niebezpiecznych lub wartościowych, czy też szybko psujących się, np. pod wpływem oddziaływania termicznego, lub mechanicznego.

**Diagnostyka techniczna** w sensie diagnozowania funkcjonalnego i diagnozowania zużycia pojedynczych elementów, jak też całych podzespołów pojazdu szynowego, np. układu jezdnego.

Liczba danych procesowych pochodzących z układu jest zazwyczaj w stosunku do postawionego zadania i koniecznego czasokresu pozyskiwania danych zbyt obszerna i często niepotrzebna do oceny stanu technicznego. Dopiero przy odchyleniach parametrów od wartości występujących w czasie normalnego stanu eksploatacji lub przy przekroczeniu wartości granicznych, w następstwie złego działania lub nie-normalnego stanu pracy, np. przy silnym zderzeniu, konieczne staje się zapamiętanie wartości danych procesowych. Jest to ważne ze względów na śledzenie i wykrycie powstania usterki, określenie miejsca i czasu jej wystąpienia i ma duże znaczenie przy ewentualnym przeciwdziałaniu powstaniem szkód lub ich ograniczeniu. Niezmiernie ważną rzeczą jest możliwość, w wyniku przeprowadzenia diagnozy zużycia, przewidzenia wystąpienia uszkodzenia, a przez to możliwość zareagowania i zapobieżenia w stosownym czasie awarii i związanych z jej wystąpieniem szkód.

Podczas gdy przyczyny przekroczenia wartości granicznych w procesie nadzorowania, jak również poprzez diagnozę funkcjonalną mogą być stosunkowo szybko przyporządkowane i rozpoznane, rozpoznanie stanu zużycia poprzez diagnostykę zużycia jest w wielu przypadkach skomplikowane. Warunkiem skutecznego diagnozowania stanu zużycia jest znajomość odpowiednich parametrów diagnozowania, które często można pozyskać z danych procesowych dopiero poprzez badania w dłuższym okresie i na podstawie obliczeń matematycznych.

Do pozyskania dla efektywnego procesu diagnozowania danych procesowych, w komputerze pokładowym wykorzystywany jest specjalny moduł pamięci (rys. 3). Uzyskane dane procesowe zostają „przesunięte” w zorientowanej czasowo pamięci, przewartościowane i po krótkim czasie skasowane, aby stworzyć miejsce do przyjęcia nowych danych.

Ocena wartości danych procesowych odnosi się do określonych zdarzeń, które można podzielić na zdarzenia krótkotrwałe i procesy długotrwałe. Te ostatnie np. charakteryzują zużywanie się podzespołów w normalnym procesie eksploatacji. Dla zabezpieczenia danych zdarzeń przeznaczona jest specjalna pamięć zdarzeń. Dane te zostają następnie uzupełnione w dane odnośnie miejsca i czasu zdarzenia (nazywane tutaj jako stempel danych) i poprzez mobilną cyfrową łączność radiową mogą być odczytane przez terminale komputerowe w celu dalszej oceny i analizy techniką komputerową, np. w warsztacie napraw wagonów towarowych. W przypadku wystąpienia awarii, np. przy niebezpiecz-

nym przekroczeniu wartości granicznej jakiegóś parametru, musi nastąpić automatyczne wysłanie zgłoszenia od komputera pokładowego do maszynisty lub stanowiska nadzoru ruchu, np. na pewnej stacji towarowej.

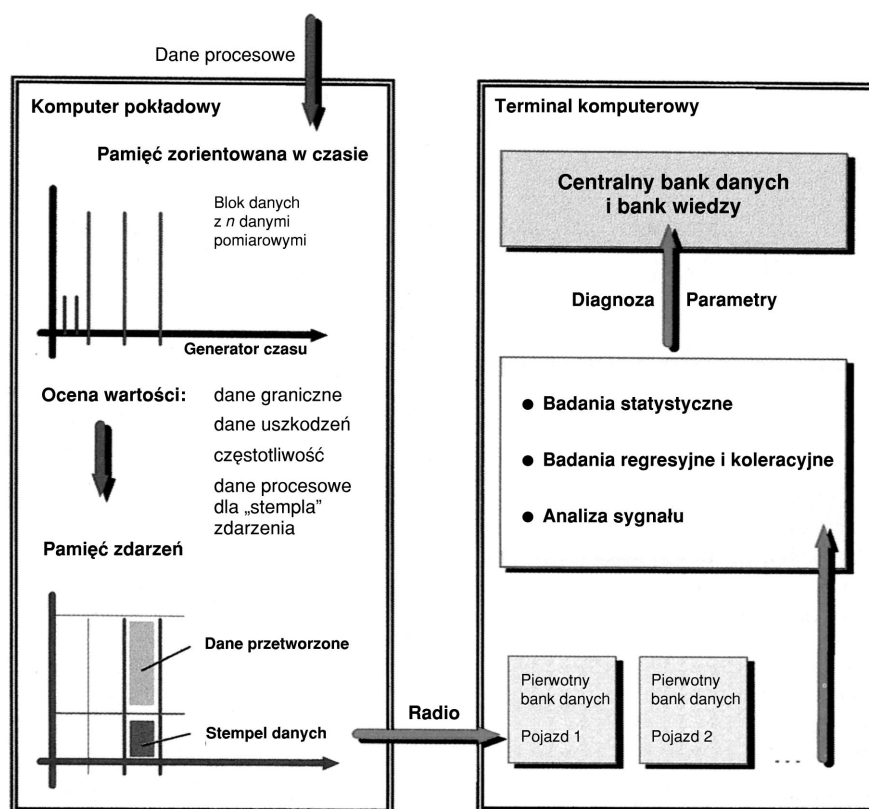
Zapamiętanie danych procesowych związanych ze zdarzeniem następuje na terminalu komputerowym (rys. 3), w pierwotnym banku danych, w miejscach specyficznych dla danego pojazdu.

Na takich komputerach możliwe jest dokonanie szerokiej matematycznej analizy wartości i danych parametrów procesowych. Otrzymane wyniki mogą zostać pobrane oraz zmagazynowane w bankach naukowych i być wykorzystywane w systemach eksperymentalnych.

### Podsumowanie

Wraz z postępującymi możliwościami techniki w dziedzinie komputerów pokładowych, w systemie lokalizacji satelitarnej GPS i łączności radiowej GSM, pojawiają się również nowe możliwości racjonalizacyjnych rozwiązań w technice szynowego transportu towarowego. Podczas gdy w procesie zarządzania wagonami towarowymi są już znane pierwsze pojedyncze przykłady zastosowań opisanych metod pomiarowo-diagnostycznych, to w dziedzinie utrzymania pojazdów w dobrym stanie technicznym zainteresowanie odpowiednimi inwestycjami jest jednakże minimalne. Przyczyna tego stanu rzeczy leży głównie w konieczności dużych nakładów czasowych oraz finansowych na opracowanie parametrów diagnostycznych w celu umożliwienia przeprowadzania diagnostyki stanu technicznego, np. zużycia.

Za pomocą przedstawionego rozwiązania technicznego problemy tego typu mogą być rozwiązywane w znacznie racjonalniejszy sposób. Pojazd szynowy staje się jeżdżącym laboratorium pomiarowym dla badanych procesów. Jeżeli tego typu systemy nadzorujące procesy zostaną połączone np. z transportem materiałów niebezpiecznych, to inwestycja na pewno będzie opłacalna. Ponadto systemy te powinny być wdrażane ze względu na rosnące wymagania związane z poprawą bezpieczeństwa ruchu pojazdów szynowych. Opisanie w artykule rozwiązania sprzętowe i programowe z sukcesem przechodzą pierwsze próby praktyczne. Prace badawcze w tym kierunku są nadal kontynuowane.



Rys. 3. Komputer pokładowy i terminal komputerowy/przebieg przetwarzania modułu pamięci

- [3] Deutsche Bahn AG: *SANDY – Das System zur Ortung und Überwachung von Fahrzeugen*. Informationsschrift des Forschungs- und Technologiezentrums der Deutschen Bahn AG. Monachium.
- [4] Bastin A., Buczynski J.: *Waggons an der (Daten) Leine*. Der Eisenbahningenieur 7/1995.
- [5] Mrowka J., Schilbach P., Neumann G.: *Der Autarke Innovative Güterwagen*. Der Eisenbahningenieur 4/1998.
- [6] DIN IEC68, Teil 2. Elektrotechnik, Mechanik, *Grundlegende Umweltprüfverfahren*.

*Autarkes Meß- und Diagnosesystem für den Einsatz auf Schienenfahrzeugen*  
Der Eisenbahningenieur 10/1999

□ Artykuł oparty jest na wykładzie, który autorzy wygłosili na konferencji „Koło/Szyna” w 1999 r. w Dreźnie

### Literatura

- [1] Böhm H i inni: *Elektrische Ausrüstung der ICE-Triebköpfe BR401*. ICE, Zug der Zukunft, Verlag Hestra, Darmstadt, 1991.
- [2] Krupp Timtec Telematik: *Cargo View – Das Komplettsystem für Disposition und Logistikcontrolling*, Anzeiger. Der Eisenbahningenieur 6/1999.

Autorzy  
prof. dr inż. Jürgen Mrowka  
mgr inż. Gunther Naumann  
Wyższa Szkoła Techniki i Gospodarki w Dreźnie (FH),  
Katedra Budowy Maszyn i Techniki Procesowej,  
specjalizacja: technika pomiarów i laboratorium maszyn.