

HARDWARE AND SOFTWARE OF DIAGNOSTIC SYSTEM OF WHEELED TRACTORS

HARDWER I SOFTWER SYSTEMU DIAGNOSTYCZNEGO CIĄGNIKÓW KOŁOWYCH

Ryszard Arendt ¹, Ryszard Michalski ²

¹ Politechnika Gdańska, ² Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

E-mail: r.arendt@ely.pg.gda.pl; ryszard.michalski@uwm.edu.pl

Abstract: The design and construction of a diagnostic device requires the development of a system for the acquisition and processing of measurement data, numerous cable connections and an on-board computer. The key component of a diagnostic system was the Fujitsu FUTRO S100 on-board computer in shock and vibration-proof housing, with passive cooling and a 16 GB Compact Flash memory card. The computer was provided with a NVOX LCD 10" VGA/FVAT touch screen. The following software was used: Windows XP-2000, USB/DeviceNet interface module and a diagnostic program. The computer was connected to the I-7565USB/DeviceNet master device via the USB port. The CAN bus connected the interface module with three slave devices collecting data from sensors installed in various locations of a wheeled tractor.

Keywords: Diagnostic system, information technology, wheeled tractor

Streszczenie: Podstawowym elementem systemu diagnostycznego jest komputer pokładowy Fujitsu FUTRO S100 z chłodzeniem pasywnym w wykonaniu odpornym na drgania i wstrząsy, z pamięcią Compact Flash 16Gb. Do komputera dołączony jest monitor dotykowy NVOX LCD 10" VGA/FVAT. Oprogramowanie komputera obejmuje system operacyjny Windows XP-2000, driver konwertera USB/DeviceNet oraz opracowany program diagnostyczny. Komputer połączony jest łączem USB z konwerterem protokołu USB na DeviceNet, typu I-7565 pracującym jako „master”. Sieć CAN łączy konwerter z trzema urządzeniami akwizycji danych (urządzenia „slave”) czujników zainstalowanych w wybranych punktach ciągnika kołowego.

Słowa kluczowe: System diagnostyczny, technologie informatyczne, ciągnik kołowy

1. Wstęp

W projekcie systemu diagnostycznego ciągnika kołowego zwrócono uwagę na monitorowanie, wykrywanie i lokalizowanie uszkodzeń podzielonych na klasy związane z następującymi skutkami [1, 2, 7]: funkcjonalnymi (u_f), emisyjnymi (u_e), zagrażającymi bezpieczeństwu ruchu (u_s) oraz pogarszającymi dynamikę (u_d) pracy ciągnika.

Budowa systemu diagnostycznego ciągnika kołowego wiąże się z opracowaniem systemu akwizycji i przetwarzania danych pomiarowych, a więc z dużą liczbą połączeń kablowych i zastosowaniem komputera pokładowego i z tego powodu wskazane jest zastosowanie aplikacji sieciowej.

W pojazdach samochodowych przyjęto standard przemysłowej sieci transmisyjnej CAN (ang. Controller Area Network) [5, 9]. Standard CAN zawiera szeregowy protokół komunikacyjny i ma następujące właściwości:

- możliwość tworzenia przemysłowych systemów rozproszonych, pracujących w czasie rzeczywistym – połączenia zasilania i komunikacji łączą węzły sieci;
- dużą odporność na błędy transmisji;
- transmisję danych sięgającą 1Mb/s (CANopen) i 0,5Mb/s (DeviceNet);
- otwartość struktury – łatwą możliwość wstawienia nowego węzła;
- komunikację rozgłoszeniową o strukturze Master – Slave.

W praktyce zastosowanie znalazły specjalizowane sieci oparte na protokole CAN, najważniejsze z nich to: CANopen oraz DeviceNet.

Wersja CANopen została zgłoszona do europejskiej organizacji standaryzującej jako EN50325-4. Sieci CANopen znalazły zastosowanie w systemach obsługi maszyn i urządzeń pracujących jako systemy wbudowane. Sieci CANopen są stosowane w pojazdach, zwłaszcza samochodach, na kolei, na statkach i samolotach, w układach sterowania i kontroli małych obiektów, choć obserwuje się coraz większe ich stosowanie w złożonych liniach produkcyjnych.

DeviceNet powstał na bazie CAN w 1989 r. w firmie Honeywell jako standard SDS (ang. Smart Distributed System). Specyfikacja protokołu DeviceNet jest wynikiem połączenia protokołu CAN z protokołem CIP (ang. Common Industrial Protocol) i opracowana została w 1994 roku przez firmę Allen-Bradley. SDS zdobył popularność w USA i jest wykorzystywany w automatyzacji linii produkcyjnych oraz sterowaniu i kontroli podzespołów pojazdów.

Rozważono budowę rozproszonego systemu diagnostyki ciągnika, ze względu na prostotę okablowania i możliwość łatwej komunikacji z istniejącymi systemami OBD (On – Board Diagnostics).

W systemie można wykorzystywać do 64 węzłów akwizycji danych bądź sterowania dwustanowego lub analogowego. Można dołączać kolejne węzły „slave” sieci o specjalizowanym zastosowaniu, jak np.: moduły termopar, czujników przyspieszenia i inne.

Przy normalnej pracy sieci z protokołem DeviceNet przesyłane są dane o stanie wejść i wyjść urządzeń (I/O messages). Są to krótkie komunikaty, które



wymagają szybkiego i częstego przesyłania. W polu arbitrażu przesyłanej ramki stosuje się identyfikatory o wysokim priorytecie. Pole danych ramki jest ograniczone do 8 bajtów i w przypadku konieczności przesyłania większej ilości danych, protokół DeviceNet dokonuje ich fragmentację na 7 bajtowe komunikaty. Wtedy pierwszy bajt danych zawiera informację o długości komunikatu.

Drugi typ komunikatów EM (Explicite Messages) służy do przesyłania danych o charakterze ogólnym, statusowym i konfiguracyjnym. Często przesyłana informacja jest dzielona na kilka ramek, które mają identyfikatory o niskim priorytecie. Stosowane są również komunikaty z żądaniem odpowiedzi. Można również komunikatami EM przysyłać dane o stanie wejść i wyjść urządzeń.

Protokół DeviceNet przewiduje następujące sposoby wymiany danych:

- PM (Poll Messages) – cykliczne odpytywanie poszczególnych urządzeń,
- BSM (Bit Strobe Messages) – cykliczne odpytywanie skierowane do wszystkich urządzeń,
- COSM (Change of State Messages) – przesyłanie informacji przy zmianie stanu urządzenia,
- CM (Cyclic Messages) – cykliczne przesyłanie informacji przez wybrane urządzenie.

Komunikacja wykorzystująca mechanizm PM realizowana jest poprzez cykliczne łączenie się „mastery” z urządzeniami „slave” wskazywanymi adresami. Na żądanie „mastery” dane urządzenie „slave” przysyła ramkę danych.

Przy realizacji mechanizmu BSM „master” wysyła w sieć sygnał strobojący. Wysłane dane mogą być odebrane przez wszystkie urządzenia sieci. Urządzenia skonfigurowane do obsługi wiadomości BS, kolejno (zgodnie z adresem) przysyłają do „mastery” ramkę danych.

Mechanizm COSM wykorzystuje łącze jedynie wtedy, gdy stan urządzenia uległ zmianie. Typowa transmisja COSM odbywa się tylko w jedną stronę i ma charakter „jeden do wielu”. Odmianą mechanizmu COS jest cykliczna wymiana danych o zdefiniowanym okresie powtarzania danych CM.

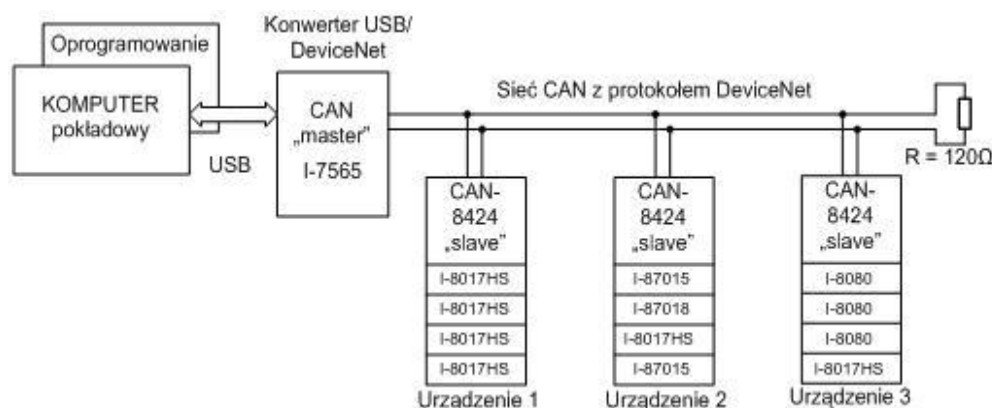
W pracy przedstawiono strukturę hardwarową, zastosowane elementy, zbierane informacje o obiekcie i oprogramowanie opracowanego modelu urządzenia diagnostycznego ciągników kołowych.

2. Struktura hardwarowa urządzenia diagnostycznego

Podstawowym elementem systemu diagnostycznego (rys. 2) jest komputer pokładowy Fujitsu FUTRO S100 z chłodzeniem pasywnym w wykonaniu odpornym na drgania i wstrząsy, z pamięcią Compact Flash 16Gb. Do komputera dołączony jest monitor dotykowy NVOX LCD 10” VGA/FVAT. Oprogramowanie komputera obejmuje system operacyjny Windows XP-2000, driver konwertera USB/DeviceNet oraz opracowany program diagnostyczny. Zainstalowana karta pamięci jest wystarczająca do pracy urządzenia diagnostycznego.

Komputer połączony jest łączem USB z konwerterem protokołu USB na DeviceNet, typu I-7565 pracującym jako „master”. Sieć CAN łączy konwerter

z trzema urządzeniami akwizycji danych (urządzenia „slave”) czujników zainstalowanych w wybranych punktach ciągnika kołowego. Urządzenia spełniają funkcję koncentratorów danych. Każde z urządzeń rozróżniane jest przez adres ID i wyposażone jest w cztery karty pomiarowe wejść (wyjść), dobrane stosownie do zakresów i typów mierzonych sygnałów.



Rys. 1 Struktura modelu urządzenia diagnostycznego ciągników kołowych

Zastosowano urządzenia sieciowe i moduły akwizycji danych firmy ICP DAS o dużej odporności na zmiany temperatury ($-25^{\circ} \div +75^{\circ}\text{C}$) i wstrząsy. W urządzeniu diagnostycznym przyjęto wykorzystanie 4 typów modułów akwizycji danych:

- I-8017HS – moduł wejść analogowych; umożliwia zbieranie danych 8 sygnałów analogowych o wartościach: $\pm 10\text{V}$, $\pm 5\text{V}$, $\pm 2,5\text{V}$ oraz $\pm 20\text{mA}$ lub 16 sygnałów analogowych bez uwzględnienia ujemnych wartości;
- I-87015 – moduł wejść analogowych czujników temperatury RTD; umożliwia zbieranie danych 7 sygnałów analogowych czujników rezystancyjnych różnych typów i o różnych zakresach temperaturowych; zastosowano czujniki Pt100 o zakresie $0^{\circ} \div +200^{\circ}\text{C}$;
- I-87018 – moduł wejść analogowych; umożliwia zbieranie 8 sygnałów analogowych o różnych zakresach, w tym z zakresu napięć wyjściowych termopar; zastosowano termopary typu K o zakresie $-270^{\circ} \div +1372^{\circ}\text{C}$;
- I-8080 – moduł wejść impulsowych; umożliwia zbieranie 4 (8) sygnałów dwustanowych, zliczanie impulsów w górę, w dół oraz pomiar częstotliwości, wykorzystany do pomiaru prędkości obrotowej wałów poprzez czujniki typu „pick up”.

Budowane urządzenie diagnostyczne ma charakter naukowo-badawczy i w dużym stopniu ma nadmiarowe możliwości akwizycji danych, w stosunku do potrzeb urządzenia diagnostycznego standardowego wyposażenia ciągnika. Maksymalna liczba dostępnych danych analogowych wynosi 144 czujniki. Prędkość przesyłania danych w sieci CAN z protokołem DeviceNet jest dość duża i osiąga 500kb/s.

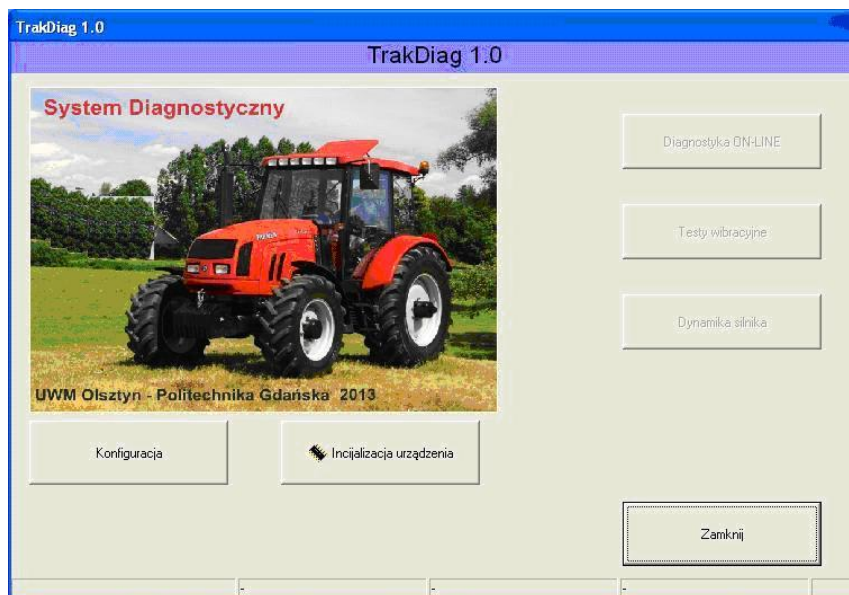
Duża koncentracja danych w trzech urządzeniach akwizycji danych spowodowała, że utracono wiele interesujących właściwości definiowania komunikacji protokołu DeviceNet opisanych ww wstępie. Mechanizmy komunikacji COS, BS i PO dla trzech urządzeń są w stanie przesłać 3 ramki po 8 bajtów, czyli dane tylko 12 czujników. Przy tworzeniu programu diagnostycznego należało zastosować mechanizmy komunikacji Explicite messages.

3. Struktura interfejsu programu diagnostowania ciągnika kołowego

Na obecnym etapie prac przewidziano wykorzystanie następujących procedur diagnostycznych:

- diagnostyka on-line – cykliczna praca programu akwizycji danych z odczytem danych z czujników co okres $T = 1s$ (wartość domyślna), prowadzenie diagnostyki, generacja kodów ewentualnych błędów;
- testy wibracyjne – zebranie pliku danych z czujników przyspieszeń, wykorzystanie procedury szybkiej transformaty Fouriera i specjalizowanych procedur diagnostycznych;
- testy dynamiki silnika – zebranie pliku danych z czujników prędkości obrotowej wałów, obliczenie przebiegu prędkości i przyspieszenia w określonych warunkach pracy ciągnika – wykorzystanie wiedzy o dynamice silnika w diagnostyce.

Na rysunku 2 pokazano okno główne programu diagnostycznego.



Rys. 2 Widok okna głównego programu diagnostycznego

Po przejściu do okna diagnostyki lub testu możliwa jest konfiguracja systemu akwizycji danych, bądź rozpoczęcie procedur diagnostycznych i testowych.

Podprogram konfiguracyjny

Podprogram konfiguracyjny jest pierwszym etapem konfiguracji systemu akwizycji danych opartego na urządzeniach sieciowych CAN-8424 i obejmuje zdefiniowanie parametrów sprzętu i organizacji przesyłanych danych pomiarowych. W tym celu wykorzystywany jest program SlaveUtility (ICP DAS). Użytkownik definiuje typy modułów zainstalowanych w kolejnych łączówkach urządzenia CAN oraz określa funkcje poszczególnych wejść, ewentualnie zakresy czułości poszczególnych wejść danego modułu. Wybór wejść używanych danych (podłączonych czujników) i kolejność ich odczytu jest definiowana w warstwie programowej sieci CAN „Assembly Object”. Jedna ramka danych może zawierać do 8 bajtów, istnieje możliwość opisu do 16 ramek. Dane zestawione przez użytkownika zapisywane są w pliku EDS (Electronic Data Sheet) używanych do konfiguracji modułu CAN-8424. Dodatkowo tworzony jest plik tekstowy dostępny dla użytkownika.

Czytane dane zawierają informacje pomiarowe – po dwa bajty na jeden pomiar. Zadaniem podstawowym podprogramu konfiguracyjnego jest przyporządkowanie pomiarom nazwy własnej elementu pomiarowego, procedury zamiany bajtów na wartość liczbową w przyjętych jednostkach MKSE oraz przypisanie obliczonej wartości zmiennej o nazwie elementu pomiarowego. Pole bez nazwy oznacza pominięcie danego pomiaru.

Na ekranie podprogramu konfiguracyjnego (rys. 3) użytkownik wprowadza dane:

- adres MAC ID urządzenia,
- konfigurowany moduł,
- nazwy własne urządzeń pomiarowych,
- jednostka pomiarowa w MKSE,
- współczynnik wzmocnienia sygnału,
- numer procedury zamiany bajtów na wartość liczbową.

Bajt 1-2	Bajt 3-4	Bajt 5-6	Bajt 7-8	Bajt 9-10	Bajt 11-12	Bajt 13-14	Bajt 15-16
Opis 1	Opis 2	Opis 3	Opis 4	Opis 5	Opis 6	Opis 7	Opis 8
.	allah	allah	.	.	.	.	.
Jednostka	Jednostka	Jednostka	Jednostka	Jednostka	Jednostka	Jednostka	Jednostka
.	V	V	.	.	.	.	.
Wsp 1	Wsp 2	Wsp 3	Wsp 4	Wsp 5	Wsp 6	Wsp 7	Wsp 8
1	1	1	1	1	1	1	1
Procedura	Procedura	Procedura	Procedura	Procedura	Procedura	Procedura	Procedura
0	40	40	0	0	0	0	0

Rys. 3 Widok ekranu podprogramu konfiguracji danych pomiarowych

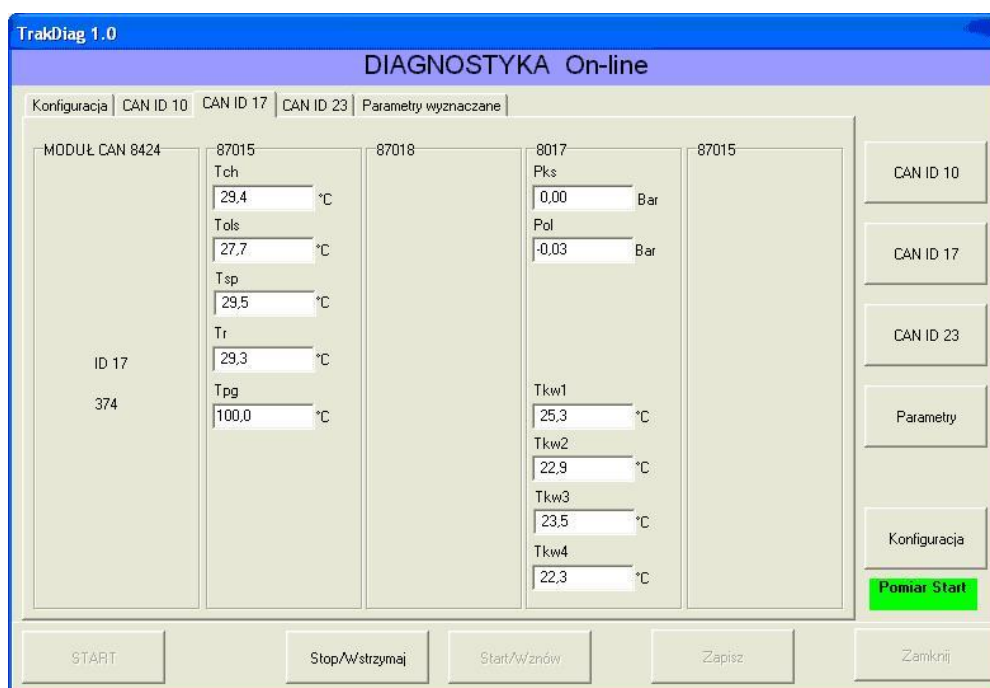
Konwersja danych pomiarowych

Wykorzystywane moduły pomiarowe mają różnorodną reprezentację danych pomiarowych w bajtach. Przy konwersji danych pomiarowych należy wziąć pod uwagę:

- liczbę bajtów reprezentacji danych – używa się 2, 4 i 6 bajtów,
- liczbę bitów reprezentacji danych w dwóch bajtach – używa się zakresów 14 i 16 bitów,
- maksymalną wartość zakresu reprezentacji danych w dwóch bajtach, np.: 7FFFh, 1FFFh,
- minimalną wartość zakresu np.: 0000 h, dla zakresu ujemnego 2000 h,
- maksymalne i minimalne fizyczne zakresy pomiarowe czujnika odpowiadające wartościom zakresów w bajtach,
- użyteczny zakres pomiarowy $4 \div 20$ mA, dla stosowanego zakresu ± 20 mA,
- przeliczanie jednostek fizycznych.

Do konwersji danych pomiarowych opracowano 11 procedur obliczeniowych. Wybór procedury wskazywany jest przez nazwę urządzenia pomiarowego.

Podczas diagnostyki „on-line” możliwy jest podgląd mierzonych parametrów ciągnika kołowego (rys. 4). Również można obejrzeć obliczane wartości parametrów, niedostępne w bezpośrednim pomiarze (inne okno).



Rys. 4 Okno pomiarów parametrów ciągnika kołowego

Wybrane algorytmy programu

Przy diagnostyce „on-line” chwile dokonywania odczytów wyznacza wątek sterowania zegarem czasu rzeczywistego. Co okres czasu T wywoływana jest procedura odczytu danych. Zapisane w tablicy bajty przetwarzane są w procedurze konwersji danych na wartości fizyczne przypisane zmiennym o nazwie czujnika pomiarowego. Na bazie zarejestrowanych danych i pamiętanych parametrów obliczane są wartości fizyczne zmiennych ciągnika niedostępne w bezpośrednich pomiarach. Zarejestrowane i obliczone wartości wykorzystywane są w procedurze diagnostycznej i mogą być wyświetlane na ekranie. Zachodzące zależności przyczynowo-skutkowe pomiędzy stanami niezdatności określonych elementów ciągnika, a symptomami identyfikowane są jako uszkodzenia i sygnalizowane określonymi kodami błędów.

Wątek sterowania zegarem czasu rzeczywistego

Pomiary czasu rzeczywistego z użyciem systemu Windows wiążą się z trudnością zachowania stabilnego czasu i częstotliwości próbkowania. Dostępne podstawowe instrumenty programistyczne dowolnych języków nie pozwalają na stabilne i dokładne odmierzenie czasu i w takich sytuacja jedyną możliwość rozwiązania problemu daje nam wykorzystanie biblioteki *WinApi*.

Dla zapewnienia dokładności odmierzenia czasu pomiędzy poszczególnymi pomiarami w aplikacji wydzielono niezależny wątek pomiarowy, o podwyższonym priorytecie (*tpHighest*) wykonywania. Zwiększenie dokładności odmierzenia czasu pomiędzy próbkami pomiarów otrzymano poprzez wykorzystanie funkcji służącej do zwiększania dokładności i rozdzielczości taktowania zegara systemu Windows (funkcję tą wykorzystuje się w obsłudze aplikacji czasu rzeczywistego oraz systemach multimedialnych) *timeBeginPeriod*. Parametrem funkcji jest wartość oczekiwanej stabilnej rozdzielczości odmierzenia czasu podanej w milisekundach. Funkcję wywołujemy bezpośrednio przed użyciem innych funkcji związanych z odmierzeniem czasu i pomiarami wymagającymi stabilnej pracy zegara czasu rzeczywistego.

Do dokładnego pomiaru czasu wykorzystuje się funkcję *QueryPerformanceCounter*, która zwraca jako parametr numer wykonywanego przez procesor cyklu zegara oraz funkcję *QueryPerformanceFrequency* podającą aktualną częstotliwość cykli zegarowych.

W celu kontroli odmierzenia czasu i określania momentu jego upływu wykorzystano tzw. *waitable timer object* czyli obiekt służący do synchronizacji zadań czasowych. Po utworzeniu „obiektu synchronizacji czasu”, mamy możliwość kontroli i wskazywania momentów upływu kolejnych nastawionych



interwałów czasowych. Interwały czasowe można ustawiać zgodnie z dokumentacją Windows ze skokiem minimalnym 100 ns.

Procedura odczytywania danych

Informacje zestawione w podprogramie konfiguracji systemu akwizycji danych obejmują dla warstwy Assembly Object: numer adresu urządzenia MAC ID oraz liczbę wierszy (kolejne numerów adresów Instance ID począwszy od 0x64), co umożliwia cykliczne wczytywanie danych w pętli z wykorzystaniem komend Explicite Message.

Procedura odczytywania danych wywoływana jest cyklicznie co czas T podany w podprogramie konfiguracyjnym. Dwa bajty danych łączone są w słowa typu Word i wpisywane są kolejno do tablicy. Identyczne wskaźniki ma tablica z wprowadzonymi nazwami czujników pomiarowych w podprogramie konfiguracyjnym.

Procedura konwersji danych pomiarowych

Kolejno przeglądana jest tablica z nazwami czujników pomiarowych. Przy braku nazwy element tablicy jest pomijany. Wystąpienie danej nazwy powoduje wywołanie przypisanej do nazwy procedury. Indeks tablicy z nazwami wskazuje również skąd pobrać dane pomiarowe, które zostają przesłane do procedury. Obliczona wartość fizyczna pomiaru zostaje przypisana zmiennej z nazwą czujnika.

Procedura obliczania wartości fizycznych niedostępnych w bezpośrednim pomiarze

Nie wszystkie wielkości fizyczne są mierzone w bezpośredni sposób i w razie potrzeby należy je wyznaczyć poprzez wykonanie obliczeń. Najważniejsze z nich to: N_e – moc efektywna silnika i M_e – moment efektywny. Do obliczeń wykorzystano metodę mechaniczną, zależności (1) ÷ (5):

$$V = \frac{\Pi n_k r_d}{30} \text{ [m/s]}, \quad (1)$$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \text{ [m/s}^2\text{]}, \quad (2)$$

$$F = ma \text{ [N]}, \quad (3)$$

$$N_e = FV \text{ [kW]}, \quad (4)$$

$$M_e = \frac{Fr_d}{i\eta_c} \text{ [Nm]}, \quad (5)$$

gdzie:

- V – prędkość pojazdu wg odbiornika GPS,
- n_k – uśredniona prędkość kół napędowych,
- a – przyspieszenie ciągnika,
- F – siła bezwładności,
- η_c – sprawność całkowita układu napędowego,
- $i = \frac{\Pi r_d n_s}{30V}$,
- m – masa ciągnika,
- r_d – promień dynamiczny,
- n_s – prędkość obrotowa wału silnika,
- i – przełożenie całkowite.

Obliczanie względnego poślizgu kół osi tylnej S_{ot} w procentach:

$$S_{ot} = \left(\frac{n_{kl} + n_{kp}}{n_{zl} + n_{zp}} - 1 \right) 100\% . \quad (6)$$

Wyznaczanie poślizgu na podstawie pomiarów z odbiornika GPS:

$$s = \frac{V - \omega R}{V} , \quad (7)$$

gdzie:

- $\omega = 2\Pi n_k/60$ – prędkość kątowna kół napędowych,
- ωR – prędkość obwodowa opony koła napędowego.

Procedura diagnostyczna

Dla wybranych stanów pracy silnika sprawdzane są wartości parametrów. Przy poprawnej pracy ciągnika mierzone wartości powinny być zawarte w określonych przedziałach. Wystąpienie uszkodzenia powoduje zmianę wartości mierzonych parametrów ciągnika – dając „symptom diagnostyczny” [3, 4].



Przy tworzeniu systemu diagnostycznego przyjęto definicję, że uszkodzenie jako każde zdarzenie destrukcyjne wpływa na pogorszenie jakości i efektywności funkcjonowania ciągnika i powinno być wykrywane w procesie diagnozowania [6, 7]. Stan niezdatności S_N ciągnika jest wynikiem wystąpienia jednego z czterech klas uszkodzeń $\{u_f, u_e, u_s, u_d\}$, co można wyrazić zależnością (8):

$$S_N \Rightarrow \{u_f \cup u_e \cup u_s \cup u_d\} \neq 0. \quad (8)$$

Diagnozowanie sprowadza się do określenia relacji R między „uszkodzeniem” (stanem niezdatności), a „symptodem diagnostycznym” o określonych własnościach. Dla zdefiniowanych zależności przyczynowo-skutkowych pomiędzy stanami niezdatności $f_i \in F$ określonych elementów ciągnika, a symptomami s_j reprezentowanymi przez zbiór S , na podstawie zachodzącej relacji (9) lub (10):

$$R: \{s_j\} \Rightarrow f_i, \quad (9)$$

$$R: \{s_j\} \Rightarrow \{f_i\}_{jk}, \quad (10)$$

można zidentyfikować konkretne uszkodzenie (9) lub wskazać możliwy zbiór uszkodzeń (10) – relacja wieloznaczna.

Zbiory uszkodzeń są reprezentowane przez kody błędów, które wyświetlane są na monitorze urządzenia diagnostycznego ciągnika.

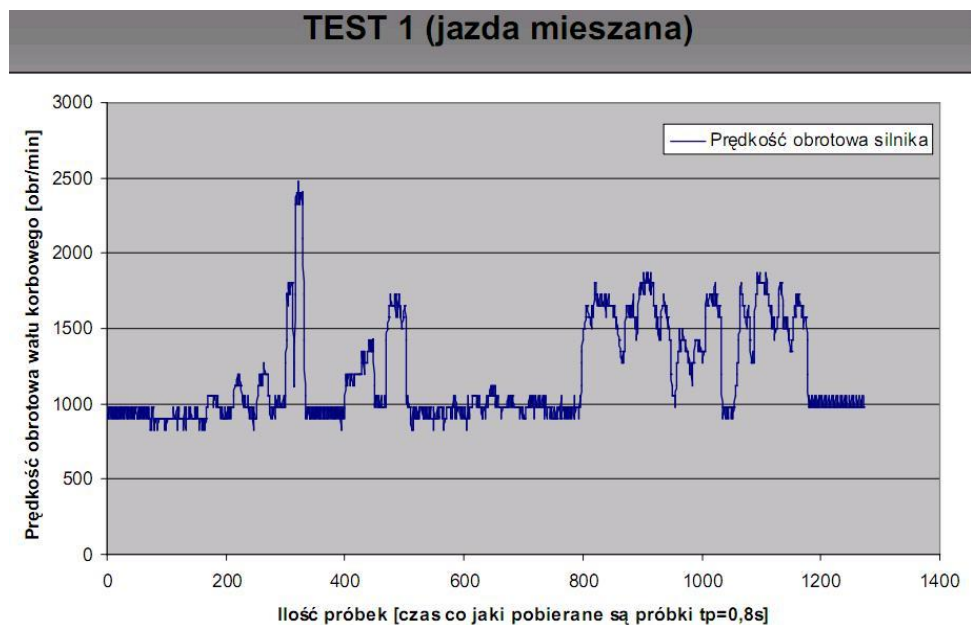
Aktualnie prowadzone prace dotyczą prowadzenia testów diagnostycznych ciągnika i identyfikacji zachodzących zależności przyczynowo-skutkowych między uszkodzeniem (stanem niezdatności) a symptomem (wartościami wybranego zbioru mierzonych fizycznych wartości ciągnika).

4. Wybrane pomiary ciągnika kołowego

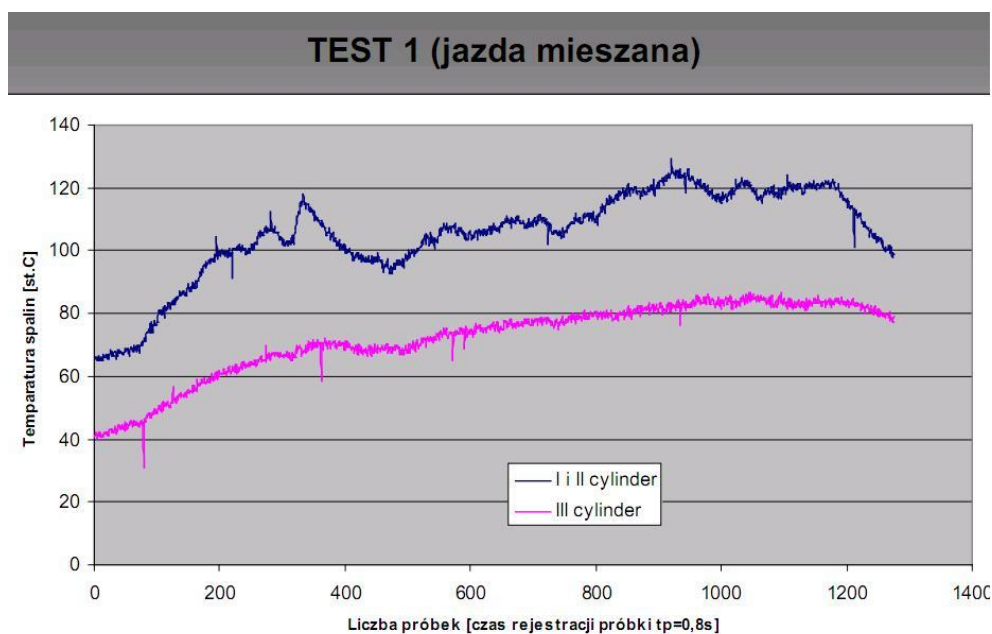
Urządzenie diagnostyczne zostało zainstalowane na ciągniku kołowym i połączone z czujnikami. Przedstawione wyniki testów dotyczą jazdy ciągnika ze zmienną prędkością i zmiennym obciążeniem mocy silnika. Przyjęto okres próbkowania sygnałów $T = 0,8s$. Na rysunku 5 pokazano prędkości obrotowe wału korbowego silnika w obr/min. Na podstawie osiągniętych przyrostów prędkości obrotowej w czasie można wyznaczyć przyspieszenia kątowe wału silnika.

Kolejnymi pomiarami testowymi były pomiary temperatury gazów wylotowych z cylindrów silnika (rys. 6). Jak widać temperatury gazów wylotowych z cylindrów 1 i 2 różnią się od temperatury gazów wylotowych z cylindra 3, co może wskazywać na występowanie usterki wpływającej na proces spalania w cylindrze 3.

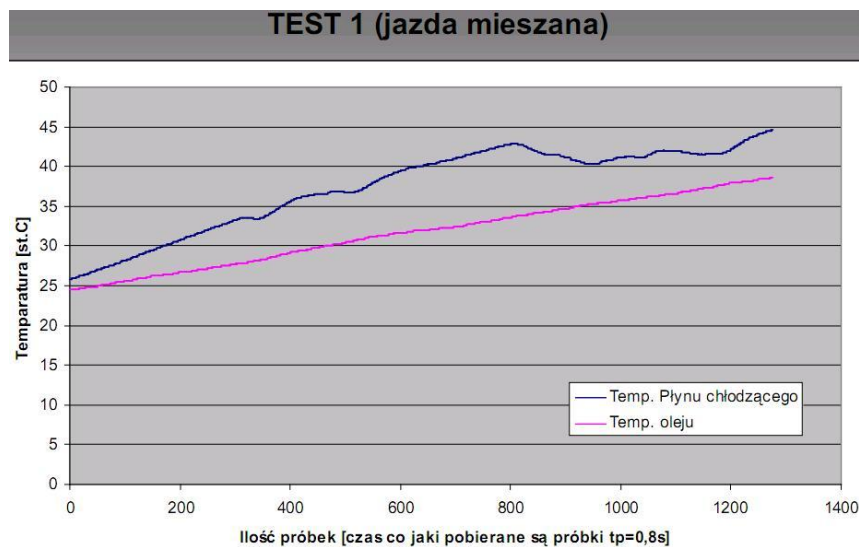
Jednym z parametrów diagnostycznych silnika ciągnika kołowego są temperatury płynu chłodzącego i oleju smarowego (rys. 7). Na rysunku można zauważyć korelację czasu jazdy i prędkości obrotowej wału silnika z tempem wzrostu płynu chłodzącego i oleju.



Rys. 5 Pomiary prędkości obrotowej wału silnika ciągnika kołowego podczas jazdy testowej



Rys. 6 Pomiary temperatury gazów wylotowych z cylindrów silnika ciągnika kołowego podczas jazdy testowej



Rys. 7 Pomiary temperatury płynu chłodzącego i oleju silnika ciągnika kołowego podczas jazdy testowej

5. Podsumowanie

Do budowy urządzenia diagnostycznego ciągnika kołowego wykorzystano najnowsze dostępne technologie tj. układ informacyjny CAN pracujący z protokołem DeviceNet opracowany w latach 2008 ÷ 2010. Budowa urządzenia diagnostycznego napotyka duże trudności: dokumentacja ICP DAS jest niekompletna, nie objaśnia napotkanych problemów.

Zbudowany system przechodzi aktualnie testy na ciągniku, które mają na celu określenie związków przyczynowo-skutkowych między symptomami, a występującymi uszkodzeniami, z wyróżnieniem czterech klas uszkodzeń. Dla diagnostyki wibracyjnej prowadzone prace mają ustalić użyteczne pasmo rejestrowanych częstotliwości – czas trwania testu ma wpływ na ocenę najniższych częstotliwości, a okres próbkowania ma wpływ na najwyższe analizowane częstotliwości drgań.

Acknowledgment: Praca jest realizowana w ramach projektu badawczego Nr N N504 513740 Narodowego Centrum Nauki w Krakowie .

6. Literatura

- [1] Arendt R., Michalski R.: Struktura systemu diagnostycznego ciągnika kołowego. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów, 2012, nr 3 (89).s.5-12,
- [2] Arendt R., Michalski R.: Functional structure of diagnostics system for wheeled tractors. Pomiary Automatyka Robotyka, 2012, nr 12, s. 117-120,.

- [3] Kościelny J. M.: Diagnostyka zautomatyzowanych procesów przemysłowych. Wyd. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT; Warszawa 2000
- [4] Korbicz J., Kościelny J. M., Kowalczyk Z., Cholewa W.: Diagnostyka procesów, modele, metody sztucznej inteligencji, zastosowania. WNT, Warszawa 2002
- [5] Merkisz J., Mazurek S.: Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych. WKŁ, Warszawa 2000
- [6] Michalski R.: Diagnostyka maszyn roboczych. Wyd. ITE Radom – Olsztyn, 2004
- [7] Michalski R., Gonera J., Janulin M., Arendt R.: Structural analysis of wheeled tractor oriented towards damage diagnostics. Monografie, studia, rozprawy “Selected problems of mechanical engineering and maintenance” M29, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2012 s. 16-30,
- [8] Natke H. G., Cempel C. Model-Aided Diagnosis of Mechanical Systems: Fundamentals, Detection, Localization, Assessment. Berlin. Springer-Verlag 1997
- [9] Zimmermann W., Schmidgall R.: Magistrala danych w pojazdach. Protokoły i standardy, WKi 2008.



Dr hab. inż. Ryszard Arendt jest profesorem nadzwyczajnym na Wydziale Elektrotechniki I Automatyki Politechniki Gdańskiej, G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska. Obecnie interesuje się zagadnieniami: zastosowania elementów sztucznej inteligencji przy projektowaniu automatyki systemów statków, mechatronicznymi systemami oraz diagnostyką elementów i układów sterowania.



Prof. dr hab. inż. Ryszard Michalski jest profesorem zwyczajnym na Wydziale Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Oczapowskiego 11, 10-736 Olsztyn, Polska. Obecnie interesuje się: diagnostyką techniczną, niezawodnością, budową i eksploatacją pojazdów, maszyn samojezdnych i urządzeń roboczych.