

ANALIZA PRZEBIEGU SIŁY NAPĘDOWEJ CIĄGNIKA ROLNICZEGO

Leszek Gomółka, Jerzy Jantos, Jarosław Mamala
Katedra Pojazdów Drogowych i Rolniczych, Politechnika Opolska

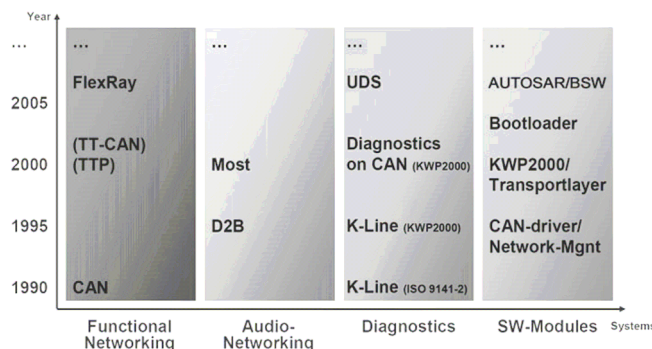
Streszczenie: Nowoczesne ciągniki rolnicze coraz częściej są wyposażane w urządzenia mechaniczne współpracujące z elektronicznymi sterownikami, które są połączone między sobą cyfrową siecią komunikacyjną. Wielofunkcyjność tych układów i dostępność sygnałów pozwoliła na wykorzystanie sygnałów sterujących pracą podzespołów ciągnika do innych celów, między innymi wykorzystuje się je do diagnostyki poszczególnych podzespołów, bieżącej analizy parametrów roboczych oraz ich archiwizacji, czy określenie zmienności tych parametrów w czasie przyszłym. To tego celu wykorzystuje się najnowsze osiągnięcia techniki w zakresie przesyłu danych np. GPS, Wireless, GSM. Analiza w ten sposób z archiwizowanych danych pozwala również na ocenę pracy operatora ciągnika w rzeczywistych warunkach pracy.

Słowa kluczowe: siła napędowa, ciągnik rolniczy, obciążenie silnika, warunki ruchu, diagnostyka, magistrala danych

Wprowadzenie

W ostatnich latach producenci pojazdów rolniczych i maszyn przemysłu ciężkiego zaczęli montować coraz bardziej skomplikowane układy mechaniczno-elektroniczne określane mianem urządzeń mechatronicznych [Fellmeth 2003]. Urządzenia te połączone ze sobą przez systemem cyfrowej komunikacji danych przyczyniło się do: zmniejszenia długości i liczby przewodów, zmniejszenia liczby łącz i połączeń pomiędzy sterownikami, lepsze dopasowanie układu co zwiększyło szybkość transmisji, zwiększenie odporności na zakłócenia przez zwiększenie udziału sygnałów cyfrowych, w wymianie informacji, lepszą diagnostykę instalacji pomiarowej i wykonawczej [Mars 2003]. Wprowadzona metoda cyfrowej transmisji informacji magistrali CAN BUS uprościła strukturę i stworzyła otwarty system [Scott 2004]. System ten jest wciąż rozwijany i na jego fundamentach opracowano nową sieć określoną mianem „FlexRay”, która charakteryzuje się szybszą transmisją danych, wyższym wskaźnikiem przesyłu danych i zwiększoną odpornością na zakłócenia. Transmisja informacji może osiągnąć prędkość do 10 Mbit·s⁻¹.

Warstwą fizyczną jest dwukanałowa komunikacja, której bazą jest wielopoziomowa architektura gwiazdista. Na rysunku nr 1 przedstawiono tendencję rozwojową używanych magistrali danych na przełomie ostatnich piętnastu lat.



Źródło: Frank i inni 2006

Rys. 1. Najważniejsze aplikacje sieciowe i diagnostyczne w ostatnim 15-leciu
 Fig. 1. The most important network and diagnostic applications in 15 years

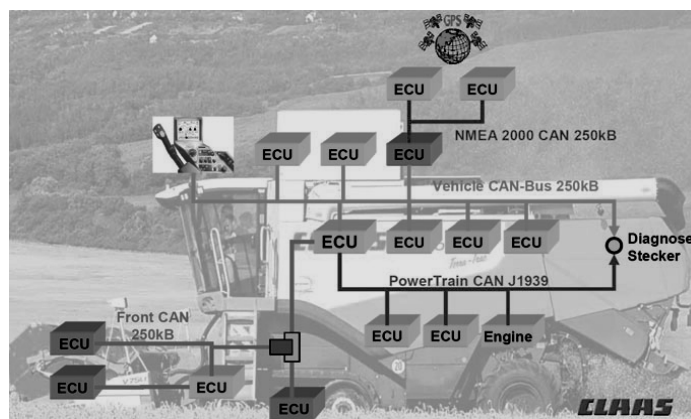
Możemy rozróżnić cztery podstawowe klasy magistral, które różnią się pod względem szybkości przesyłu informacji i urządzeń do niej podłączonych. Standardem jest połączenie siecią CAN ale o różnych prędkościach transmisji, ponieważ dla sterowania np. silownikami nie potrzeba szybkiej magistrali – szybkość przesyłu $< 10 \text{ kb}\cdot\text{s}^{-1}$ [Lorencowicz 2006]. Z kolei dla sterowania pracą silnika jest pożądanym transfer w czasie rzeczywistym na poziomie $250 \text{ kb}\cdot\text{s}^{-1} - 1 \text{ Mb}\cdot\text{s}^{-1}$. Urządzenia wymagające transmisji ok. $40 \text{ kb}\cdot\text{s}^{-1}$ to układ klimatyzacji. Przesył dużej ilości danych jakim charakteryzuje się komunikacja multimedialna jest w granicach od $100 \text{ kb}\cdot\text{s}^{-1} - 10 \text{ Mb}\cdot\text{s}^{-1}$, wykorzystuje się ją do obserwacji narzędzi pracujących poza zasięgiem pola widzenia operatora.

Nowy system komunikacji określonym mianem AUTOSAR (Automotive Open System Architecture), tworzy układ wymiany informacji o otwartej strukturze. W sieci tej za pomocą prostych procedur można pobierać zarchiwizowane dane dotyczące pracy tego pojazdu czy maszyny.

Przykład zastosowań kilku magistral CAN do sterowania kombajnu firmy Class pokazano a rysunku 2. Wymagania stawiane jakości pracy tej maszyny są duże, świadczą o tym takie dane jak: 350 złączy z 3 000 elektrycznych styków, 3 000 metrów miedzianych przewodów sygnałowych, zwiększona liczba sterowników do 25 ECU, liczne optoelektryczne zabezpieczenia. Wszystkie te komponenty muszą niezawodnie działać i współtworzyć razem stabilny system komunikacyjny maszyny. Zastosowane rozwiązanie topologii sieci pozwala na skuteczne sterowanie kombajnem, ale również rozwinięto w nim system precyzyjnej diagnostyki on-line. Niektóre sterowniki służą nie tylko do precyzyjnej lokalizacji położenia maszyny na polu, ale mogą być diagnozowane w czasie rzeczywistym z warsztatu za pośrednictwem sieci WEB [Frank 2007].

Ważniejszym zadaniem tego systemu jest odczyt pełnego statusu pracy maszyny, generowanie raportów pracy, możliwość zmiany parametrów regulacyjnych w maszynie podczas pracy operatora. System sterowania i diagnostyki zastosowany w kombajnie odgrywa bardzo ważną rolę w procesie eksploatacji i w znaczący sposób wpływa na efektywność pracy maszyny rolniczej. Realizowane jest to poprzez odpowiedni dobór parametrów roboczych maszyny rolniczej czy ciągnika (np. optymalne obciążenie zespołu młóścącego), czy

kontrola ilości zużytego paliwa, która jest głównym czynnikiem decydującym o kosztach eksploatacji. Znaczący wpływ na ilość zużytego paliwa przez pojazd ma sterujące działanie operatora, który oddziałując na urządzenia nastawcze pojazdu może doprowadzić do pracy pojazdu w niekorzystnych warunkach pracy.



Źródło: Frank i inni [2006].

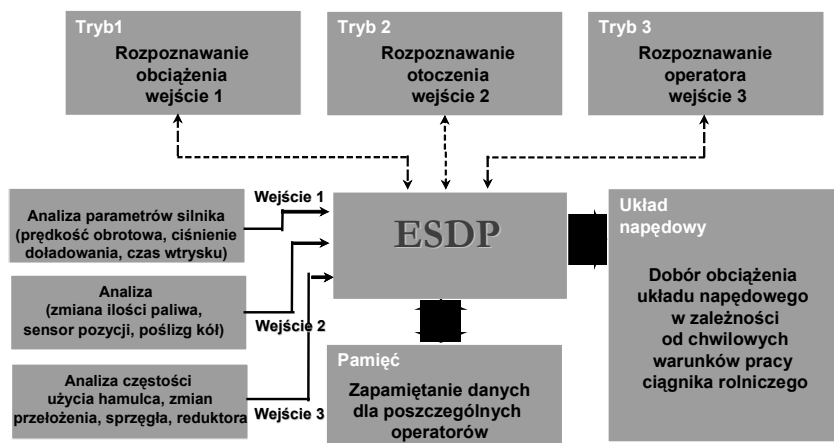
Rys. 2. Komunikacja w oparciu o protokoły danych CAN w kombajnie firmy Class
Fig. 2. Communication on the basis of CAN data protocol in Class combine harvester

System ESDP

Koncepcja systemu rozwijana na Politechnice Opolskiej w Katedrze Pojazdów Drogowych i Rolniczych (rys. 3) opiera się na wykorzystaniu sygnału z magistrali CAN do oceny pracy operatora i parametrów pracy ciągnika rolniczego. Do tego celu można wykorzystać interfejs firmy SYS – TEC GW002 – 010 znajdujący się na wyposażeniu katedry. Monitorując i kontrolując zadziaływanie układów wspomagających pracę operatora, można wyznaczyć zależności opisujące parametry robocze maszyny oraz na ich podstawie przewidzieć zmianę tych parametrów w niedalekiej przyszłości. Przykładowo licząc ilość zużytego paliwa na hektar oraz kontrolując poziom paliwa w zbiorniku, możemy precyzyjnie prognozować czas pracy ciągnika, tak aby nie doprowadzić do unieruchomienia ciągnika w polu.

Ocena taka musi zostać przeprowadzona hierarchistycznie i powinna obejmować pojazd, maszynę oraz otoczenie w którym pracuje:

- obciążenie przez analizę takich sygnałów jak np.: monitorowanie prędkości obrotowej silnika, obciążenia silnika, poślizgu kół napędzanych, ilość wyłączeń sprzęgła itd..
- warunki otoczenia (gleba sucha-mokra, pole płaskie czy na zboczu) zmiana wskazanie ilości paliwa w zbiorniku, sensora pozycji (żyroskopu), poślizgu kół napędzanych, ilości zmian położenia TUZ itd.,
- operator (dobór przełożenia, obciążenia silnika) ilość zmian położenia dźwigni sterujących obciążeniem silnika, odchylenie chwilowego punktu pracy silnika od obszaru optymalnego itd.

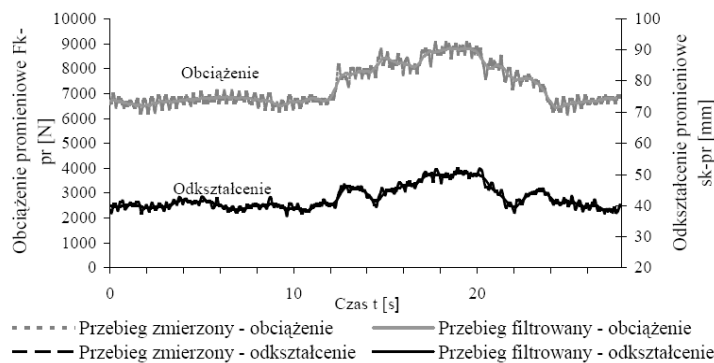


Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Schemat blokowy Eksperskiego Systemu Diagnostyki Predykcyjnej
 Fig. 3. Block diagram of Expert Prediction Diagnosis System

Analiza przebiegu siły napędowej

Analiza przebieg czasowego siły napędowej w czasie pracy ciągnika może dać szereg informacji o obciążeniu silnika i stylu pracy operatora. Przez odpowiedni dobór obciążenia silnika i przełożenia w układzie przeniesienia napędu, operator może zminimalizować zużycie paliwa i emisję substancji szkodliwych do środowiska.

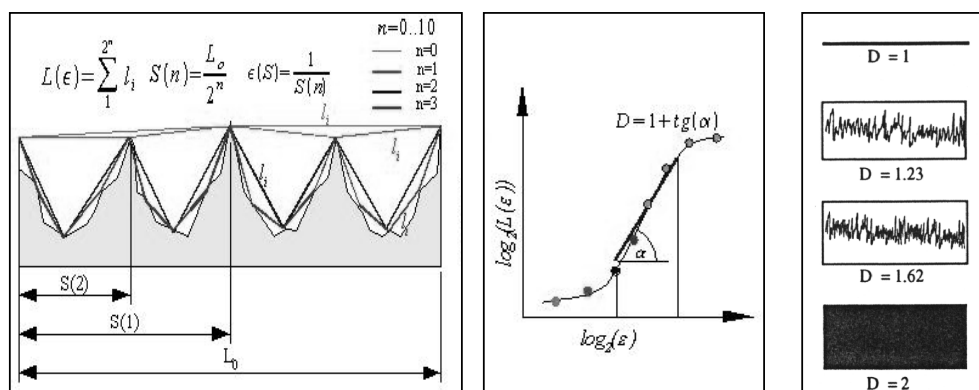


Źródło: Kolator [2006]

Rys. 4. Przebiegi czasowe obciążenia promieniowego i odkształcenia promieniowego napędowego koła ogumionego ciągnika rolniczego

Fig. 4. Time functions of radial load and deformation for tractor driving wheel

W celu określenia zmienności profilu siły napędowej (rys. 4) lub innego parametru w zakresie jego zmienności można skorzystać z analizy fraktalnej, gęstości czasowej, analizy średnio okresowej.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Etapy diagnozy zmienności profilu siły napędowej
 Fig. 5. The stages of driving force variability profile diagnosis

Analiza fraktalna dwu wymiarowa polega na podzieleniu przebiegu na elementarne odcinki w celu określenia tendencji zmienności profilu (rys. 5). Dla wartości współczynnika $D=1$ profil siły napędowej jest niezmienny w czasie, wartość pożądana dla ciągnika. Współczynnik $D=2$ oznacza bardzo dużą zmienność, co w rzeczywistości odpowiada ciągłej zmianie obciążenia silnika czy przełożenia w układzie przeniesienia napędu.

Podsumowanie

Podczas pracy ciągnika rolniczego siła napędowa na koła nie jest stała, jej zmienność bezpośrednio zależy od warunków w jakich pracuje ciągnik czy maszyna. W prowadzenie Eksperskiego Systemu Diagnostyki Pokładowej może przyczynić się do poprawy efektywności wykorzystania ciągnika i jest pojęciem nowym dotyczącym kompleksowej oceny warunków pracy ciągnika. Wprowadzenia takiego systemu umożliwi subiektywną ocenę pracy operatora ciągnika.

Bibliografia

Augustynowicz A., Hepner W., Hetmańczyk I., Mamala J. 2006. Koncepcja systemu kompleksowej oceny pracy pojazdu i kierowcy samochodu ciężarowego, Materiały Konferencyjne - IV Konferencji Telematyka i Bezpieczeństwo Transportu. Tom I. Katowice. s. 187-196.

- Fellmeth P.** 2003. CAN-based tractor – agricultural implement communication ISO 11783. CAN Newsletter. September 2003. Dostępny w internecie: <http://www.cannewsletter.com>.
- Frank H., Schmidts U.** 2007. Vehicle diagnostics – the whole story, Elektronik Automotive, 2. Dostępny w internecie: <http://www.vector-worldwide.com>.
- Kolator B.** 2006. Wybrane zagadnienia odkształceń napędowego koła pneumatycznego ciągnika rolniczego. MOTROL Lublin. s. 118-124.
- Lorencowicz E., Jukowski M.** 2006. Standardy komunikacji i przesyłu danych w maszynach rolniczych. Rolniczy Przegląd Techniczny. Nr 9. s. 46-53.
- Marsh D.** 2003. CANBUS Networks – Break into mainstream use controller-area-network protocol, The University of Liverpool, Dostępny w internecie: <http://www.edn.com>.
- Scott A. Shearer, Timothy S. Stombaugh, Matthew Veal, Matthew Darr, Carl R. Dillon.** 2004. Precision Agriculture: CAN-Based Precision Seed Placement, Kentucky Agricultural Experiment Station, University of Kentucky. s. 53-62.

ANALYSIS OF TRACTOR DRIVING FORCE TRAJECTORY

Abstract. More and more frequently modern tractors are equipped with mechanical devices cooperating with electronic controllers, which are connected to each other by a digital communication network. Multifunctionality of these systems and availability of signals allows to use signals controlling the work of tractor subassemblies for different purposes. Among other things they are used to diagnose individual subassemblies, or for current analysis and archiving of working parameters, or determination of variability of these parameters in future. The latest achievements of the data transmission technology including GPS, Wireless, and GMS are used for these purposes. Analysis of data recorded in this way also allows to evaluate tractor operator's work in real work conditions.

Key words: driving force, tractor, engine load, motion condition, diagnostics, data bus

Adres do korespondencji:

Jarosław Mamala; e-mail: j.mamala@po.opole.pl
Katedra Pojazdów Drogowych i Rolniczych
Politechnika Opolska
ul. Mikołajczyka 5
45-271 Opole