

DIAGNOSTYKA PREDYKCYJNA CIĄGNIKÓW ROLNICZYCH

Jarosław Mamala, Jerzy Jantos, Andrzej Augustynowicz
Katedra Pojazdów Drogowych i Rolniczych, Politechnika Opolska

Streszczenie: W pracy przedstawiono wybrane problemy związane z diagnostyką predykcyjną w ciągnikach rolniczych. Zwrócono uwagę na obszerność zagadnienia oraz możliwości wykorzystania protokołu transmisji CAN BUS do tego procesu. Rozpoznanie i zidentyfikowanie protokołu transmisji CAN BUS daje nowe możliwości, nie tylko w zakresie kontroli warunków pracy ciągnika rolniczego czy agregatu, ale również w kwestii oceny poprawności warunków pracy czy procesu diagnostyki.

Słowa kluczowe: diagnostyka predykcyjna, ciągnik rolniczy, protokół CAN BUS

Wprowadzenie

Powszechnie wprowadzenie w ciągnikach rolniczych elektronicznych systemów zarządzających pracą poszczególnych układów z jednej strony ułatwiło i polepszyło jakość sterowania a z drugiej strony skomplikowało budowę tych zespołów. Zatem powszechnie wprowadzono systemy elektronicznej diagnostyki ciągników rolniczych za pomocą czytników kodów usterek. Istnieje również inna możliwość diagnostyki ciągnika przez wykonanie specjalnego testu przy pomocy panela operatora, ale funkcja ta jest dostępna w większości ciągników o mocy powyżej 100 kW. Taka diagnostyka pozwala jednak tylko na określenie stanu technicznego ciągnika rolniczego w chwili badania, bez możliwości śledzenia parametrów wstecz np. w chwili wystąpienia awarii czy też predykcji parametrów pracy ciągnika w niedługim okresie czasu. Określenie tych parametrów pracy ciągnika, może mieć kluczowe znaczenie dla jego bez awaryjnej pracy podczas prac polowych, co jest marzeniem każdego producenta.

Inną kwestią jest analiza efektywności pracy operatora (kierowcy) ciągnika rolniczego, gdyż od niego w bezpośredni sposób zależą osiągane parametry robocze ciągnika w tym np. siła uciągu na kołach napędowych czy przede wszystkim koszty eksploatacji. Podczas pracy ciągnika, operator może dobrać tak obciążenie silnika i przełożenie łożyska napędowego, aby w danych warunkach pracy ciągnika rozwijana była korzystna siła napędowa na kołach a jednocześnie może on doprowadzić swoim działaniem do obniżki zużycia paliwa. Dla przykładu ten sam ciągnik rolniczy może mieć różne zużycie paliwa dla takich samych warunków (to samo pole, ten sam zabieg) ale różni operatorzy. Jeszcze bardziej zróżnicowane zużycie paliwa, możemy otrzymać dla ciągnika pracującego w zmieniających się warunkach pracy (deszcz, różna klasa gleby, rzeźba terenu), gdy każdy operator w sposób subiektywny dobiera parametry regulacyjne ciągnika do zaistniałych warunków polowych.

Niemniej jednak w każdym z tych skrajnie różnych warunkach pracy ciągnika, operator może dostosować parametry regulacyjne ciągnika w sposób optymalny z punktu widzenia kosztów eksploatacji czy siły napędowej na kołach.

Dlatego w ostatnim czasie pojawiła się nowa metoda diagnostyki ciągnika określona mianem diagnostyki predykcyjnej, na którą składa się analiza pracy operatora i ciągnika podczas jego pracy. Do analizy wykorzystywane są nowe techniki analizy z wykorzystaniem sztucznej inteligencji włącznie. W opracowaniu przedstawiono koncepcję diagnostyki predykcyjnej dla ciągnika rolniczego.

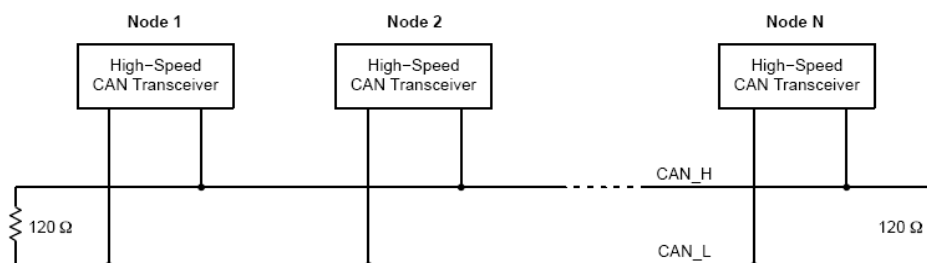
Zarys koncepcji

Ciągnik rolniczy jest dobrze wykorzystany jeśli pracuje wydajnie i ma niskie koszty eksploatacji. Zatem każde zmniejszenie ilości zużytego paliwa przez ciągnik, powoduje nie tylko oszczędności w procesie eksploatacji, ale również zmniejszenie jego negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne przez zmniejszenie emisji substancji szkodliwych do atmosfery. Dlatego wzajemna relacja pomiędzy operatorem a parametrami regulacyjnymi ciągnika jest kluczowa dla zagadnienia optymalizacji zużycia paliwa w różnych warunkach ruchu i wymaga kompleksowej oceny pracy całego zespołu złożonego z ciągnika sprzężonego z maszyną oraz operatora.

Jest to możliwe w nowoczesnych ciągnikach rolniczych, które są wyposażone w coraz bardziej zaawansowane pokładowe systemy diagnostyki, które są wsparte nowymi standardami przesyłu informacji np. CAN BUS czy FlexRay. Systemy te wykorzystują informacje z wielu podzespołów, a dzięki wykorzystaniu magistrali CAN informacje te na bieżąco, w czasie rzeczywistym, są przesyłane pomiędzy sterownikami. Dzięki temu większość podzespołów ciągnika i maszyny rolniczej jest sterowana i kontrolowana przez wyspecjalizowane sterowniki, które powiązane są ze sobą jedną wspólną magistralą CAN BUS a przede wszystkim pracują na tych samych informacjach pochodzących z czujników ciągnika czy maszyny. Zaletą tych systemów jest jego prosta budowa, gdyż do jego działania potrzebne są tylko dwa przewody a przy okazji posiada ona wiele zalet m.in.: zmniejszenie rozmiarów i ilości przewodów, zmniejszenie ilości łącz i połączeń pomiędzy sterownikami, poprawa procesu diagnostyki ciągnika i maszyny rolniczej, mniejsze zapotrzebowanie mocy obliczeniowej sterowników, ułatwiona produkcja, co pozwala na znaczne skrócenie czasu montażu oraz obniżenie jej kosztów, zwiększenie udziału sygnałów cyfrowych w wymianie danych oraz zwiększenie odporności na zakłócenia zewnętrzne, zmniejszenie liczby czujników w wyniku ujednoczenia przesyłanych informacji.

Najprostsza magistrala CAN BUS składa się jak już wspomniano dwóch przewodów oraz przynajmniej z dwóch układów nadajnik/odbiornik (Transceiver), którego parametry muszą być zgodne z przyjętym standardem przesyłu danych [Philips 2004, ExportControl 1998]. Układ podłączony jest do magistrali CAN BUS odpowiednio do linii CAN_H (Can High) oraz do linii CAN_L (Can Low) jak na rysunku 1. Magistrala jest zakończona po obu brzegach odpowiednią impedancją, najczęściej 120 Ω .

Informacje przesyłane są przez odpowiednie sygnały oparte na dwóch poziomach napięć, odpowiadających logicznemu 0 lub 1, generowane w układzie nadajnik/odbiornik/odbiornik.



Źródło: SYS TEC 2004

Rys. 1. Sposób podłączenia układu nadajnik/odbiornik do magistrali CAN BUS

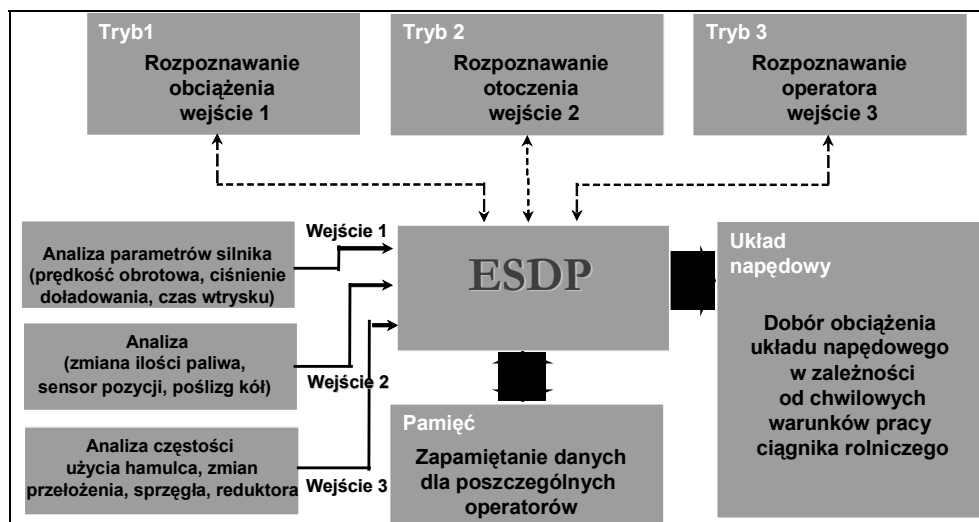
Fig. 1. How to connect the transmitter/receiver system to the CAN BUS

Sygnal cyfrowy oparty na liczbach zerojedynkowych, jaki występuje w magistrali, jest pozbawiony opóźnień, przekłamań w przekazywanych informacjach oraz łatwy do dalszej rozbudowy. Daje to możliwość podłączenia dodatkowych wysoko wyspecjalizowanych zewnętrznych urządzeń do analizy napływających informacji. Analiza tak pozyskanych sygnałów jest podstawą diagnostyki predykcyjnej i pozwala na określenie nie tylko stanów awaryjnych ale również możliwa jest ich archiwizacja i śledzenie w czasie rzeczywistym np. przez system Telematics.

Pozyskanie danych jest możliwe dzięki standaryzacji protokołu transmisji CAN BUS, a opracowana norma ISO 11783 pt. *An Electronic Communications Protocol for Agricultural Equipment*, odpowiada on niemieckiemu standardowi DIN 9684 oraz amerykańskiemu SAE J1939 co ujednocila przesyłane informacje. Informacje te są odczytywane za pomocą specjalistycznych interfejsów CAN np. takich firm jak SYS-TEC, Vector, Klaser, National Instruments czy Bosch.

Koncepcja systemu (rys. 2) opiera się na wykorzystaniu sygnału z magistrali CAN do oceny pracy operatora i całego ciągnika rolniczego. Ocena taka musi zostać przeprowadzona hierarchistycznie i powinna obejmować, poszczególne obszary pracy ciągnika tj.:

- obciążenie silnika przez analizę takich sygnałów jak np.: monitorowanie prędkości obrotowej silnika, ciśnienia powietrza w układzie dolotowym, poślizgu kół napędzanych, ilości zmian przełożenia, reduktora czy pedału sprzęgła, hamulca,
- warunki pracy (gleba lekka ciężka, pole płaskie czy na zboczu) zmiana wskazania ilości paliwa w zbiorniku, sensora pozycji (żyroskopu) poślizgu kół, ilości zmian pozycji układu hydraulicznego (TUZ),
- kierowca przez analizę wzajemnego dopasowania obciążenia silnika do panujących warunków pracy. W tym celu musi być prowadzony bieżący monitoring i analiza warunków pracy przez analizę np. fractalną, wykorzystaną do określającą zmienność przebiegu siły napędowej na kołach napędowych. Analiza fractalna dwu wymiarowej (2D) pozwoli na określenia bezwymiarowego współczynnika zmienności, którego zakres zawiera się w granicach od 1 do 2. Wartość 1 odpowiada sytuacji w której nie zmienia się siła napędowa a wartość 2 określa nieskończenie dużą zmienność. Informacja o zmienności siły napędowej może informować kierowcę o złym doborze obciążenia silnika do panujących warunków.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Schemat blokowy Ekspertycznego Systemu Diagnostyki Predykccyjnej
 Fig. 2. Block diagram of Expert Predictive Diagnostics System

Podsumowanie

Tematyka poruszona w niniejszym opracowaniu jest poruszana niezwykle rzadko, zarówno w dokumentacji serwisowej jak i czasopismach fachowych. Natomiast spotkać można szereg opracowań na temat perspektywicznego rozwoju systemów do kompleksowego zarządzania pracą całego agregatu np. system LBS czy system ISOBUS [Fellmeth 2003, Lorencowicz 2006].

Wprowadzenie systemu diagnostyki predykccyjnej dla ciągników rolniczych, przy obecnym stanie techniki jest możliwe. Przez zastosowanie odpowiednio zaprogramowanego urządzenia analizującego, zawierającego algorytm ESDP i podłączonego do sieci CAN, można doprowadzić do zmniejszenia zużycia paliwa przez co może się przyczynić do poprawy ekonomii jego pracy i lepszego wykorzystania całego ciągnika. Zastosowanie takiego systemu ESDP umożliwi obiektywną ocenę pracy samego operatora ciągnika.

Bibliografia

- Fellmeth P.** 2003. CAN-based tractor – agricultural implement communication ISO 11783. CAN Newsletter. September 2003.
- Lorencowicz E., Jukowski M.** 2006. Standardy komunikacji i przesyłu danych w maszynach rolniczych. Rolniczy Przegląd Techniczny. Nr 9.
- Mars D.** 2003. CANBUS Networks – Break into mainstream use controller-area-network protocol, The University of Liverpool, Dostępny w Internecie: <http://www.liverpool.ohcampus.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.
- ExpertControl. 1998. Dokumentacja techniczna, Biuletyn elektroniczny firmy ExpertControl GmbH – Materiały serwisowe, Germany 1998-2003.
- Philips. 2004. Philips Semiconductors: CAN Transceiver Application Note AN96116, Biuletyn elektroniczny firmy Philips – Materiały serwisowe.
- SYS TEC 2004, USB-CANmodul GW-002 Systems Manual Edition, Biuletyn elektroniczny firmy SYS TEC electronic GmbH – Materiały serwisowe.

PREDICTIVE DIAGNOSTICS FOR FARM TRACTORS

Abstract. The paper presents selected problems related to predictive diagnostics for farm tractors. The authors focused their attention on an extensive character of the issue, and potential to use the CAN BUS transmission protocol in this process. Recognition and identification of the CAN BUS transmission protocol gives new potential, not only in the scope of control of farm tractor or unit operating conditions, but also as regards evaluation of correctness of operating conditions or the diagnostic process.

Key words: predictive diagnostics, farm tractor, CAN BUS protocol

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