

KONCEPCJA NADZORU NAD MASZYNAMI PRZEZ KOMPUTER POKŁADOWY CIĄGNIKA W CZASIE RZECZYWISTYM Z WYKORZYSTANIEM MAGISTRALI INFORMATYCZNEJ LIN

Bogusław Cieślikowski, Norbert Pedryc

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Rozwój konstrukcji ciągników i maszyn rolniczych oraz wymagania niezawodnościowe wymagają stosowania wydajnych systemów transmisji i wymiany danych w obrębie agregatu. Przykładem analizy jest system diagnostyczny mechanizmu obrotu pługa stosowany w pługach pół-zawieszanych. Zaproponowano wprowadzenie magistrali LIN, opartej na strukturze typu „master-slave”, jako uzupełnienie systemu sterująco-diagnostycznego zagregatowanych maszyn. Parametryzacja węzła „slave” odnosi się do charakterystyki zmian ciśnienia oleju w układzie hydraulicznym po przesterowaniu rozdzielacza w odniesieniu do wartości kąta obrotu ramy pługa w podstawie czasu.

Słowa kluczowe: magistrala CAN-BUS, układy mechatroniczne, magistrala LIN, ISOBUS

Wstęp

Współczesne ciągniki i maszyny rolnicze wykorzystują najnowsze technologie mechatroniczne w zarządzaniu pracą zarówno jednostki napędowej, podzespołów funkcjonalnych agregatu oraz elementów roboczych maszyn. Pierwsze układy elektroniczne pojawiły się w ciągnikach rolniczych w latach 60-tych, jednak ich wszechstronny rozwój nastąpił pod koniec lat 80-tych [Fellmeth 2003]. Zasadniczym problemem ówczesnych systemów stosowanych w ciągnikach i maszynach rolniczych pracujących w trudnych warunkach była ich niska niezawodność. Doprowadziło to w konsekwencji do wzrostu awaryjności całego agregatu spowodowanych wzrostem liczby połączeń w instalacji elektrycznej oraz długością przewodów. Najbardziej zaawansowanym urządzeniem sterującym układami funkcjonalnymi ciągnika jest centrum zarządzania pracą TMC. Zaimplementowano rozległą magistralę CAN, z której korzysta sieć pokładowa – Intellitronics [Jantos, Mamala 2007]. W ciągnikach NEW HOLLAND T7050 został zastosowany system CAN-BUS, który zmniejsza ilość przewodów instalacyjnych oraz złączy o ok. 20%. Przy dodatkowym wyposażeniu kabiny ciągnika w monitor (IntelliViev), system kontrolno-diagnostyczny stał się bardziej wydajny a zarazem łatwiejszy w obsłudze. Zawieszenie interaktywne kabiny (AutoComfort) w ciągniku Valtra Inc. dostosowuje pozycjonowanie kabiny do różnych warunków pracy ciągnika wprowadzając chwilowe wartości parametrów tłumienia drgań z wykorzystaniem magistrali CAN. Wśród elementów zawieszenia są również sprężyny gazowe za-

pewniające stałą wysokość posadowienia kabiny, niezależnie od warunków terenowych [Pawlicki, Feder 2008].

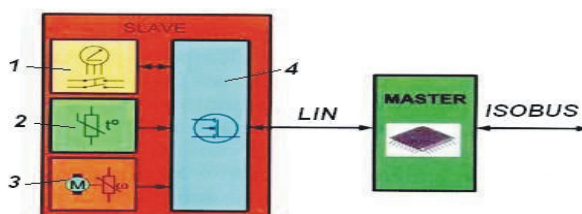
Firma TeeJet wprowadziła na rynek program FieldPilot, który kontroluje wszystkie funkcje robocze agregatu za pomocą jednej konsoli w systemie Legacy® 6000. System umożliwia regulację aplikacji cieczy, granulatu i amoniaku bezwodnego, a także kontrolowanie populacji wysiewanych nasion. Wszystkie dane o aplikacji zapisane są w systemie on-line z możliwością łatwego pobierania i raportowania po zakończeniu pracy. Takie elementy układu jak: moduł funkcji przełączania, podwójny moduł sterujący, odbiornik GPS, wyświetlacz wielofunkcyjny, moduł kompensacji wychylenia; połączone są magistralą CAN.

Zgodnie z wytycznymi normatywów, maszyny rolnicze współpracujące z ciągnikami powinny komunikować się z komputerem pokładowym agregatu uzupełniając w ten sposób parametry sterująco-diagnostyczne. W tym celu opracowana została magistrala ISOBUS ISO 11783, która pozwala na spełnienie w/w oczekiwań [Mars 2003]. Problem występuje jednak w uzupełnianiu parametrów roboczych oraz określeniu warunków brzegowych sygnałów diagnostycznych dla różnych maszyn. Obecne systemy wymagają tworzenia dużych baz danych w komputerach pokładowych (KP) ciągnika.

Koncepcja wykorzystania magistrali informatycznej LIN

Ciągniki rolnicze wyposażane są w komputery pokładowe niewielkich mocy obliczeniowych z małymi przestrzeniami pamięci. Zatem konieczne jest opracowanie sposobu wymiany informacji pomiędzy składowymi agregatu bez konieczności aktualizacji danych w KP ciągnika dla dowolnego zbioru maszyn. Rozwiązaniem tego problemu jest podłączenie KP ciągnika z odrębną siecią informatyczną wraz z własnym KP zamontowanym na maszynie. Zapisane w nim będą parametry sterująco-diagnostyczne danej maszyny. Do realizacji przesyłu danych w obrębie maszyny zaproponowano wykorzystanie mało skomplikowanych sieci informatyczne LIN, ponieważ w większości maszyn ilość danych przesyłanych będzie niewielka. Komunikacja pomiędzy odrębnymi sieciami informatycznymi powinna się odbywać za pomocą dedykowanej magistrali ISOBUS z niewielką modyfikacją kodu KP ciągnika. Pełnił on będzie rolę panela komunikacyjnego umożliwiającego wprowadzenie parametrów regulacyjnych maszyny z opcją informowania operatora o stanie niezdolności agregatu do wykonania zabiegu.

Przykładem analizy jest system diagnostyczny mechanizmu obrotu pługa stosowany w pługach pół-zawieszanych wyposażonych w dwa teleskopowe siłowniki hydrauliczne, które obracają pług o 180°. Układ obrotu pługa opatentowany przez firmę LEMKEN stosowany jest obecnie w większości pługów zawieszanych. W pługu obrotowym układ hydrauliczny odpowiada za takie operacje jak: obrót maszyny, regulację szerokości roboczej maszyny, zabezpieczenie elementów roboczych (korpusów płużnych) przed uszkodzeniem oraz regulację położenia koła kopiującego. Przedstawiony na rys.1. schemat systemu umożliwia kontrolę parametrów regulacji pługa wynikających z prawidłowo wykonanego obrotu korpusów płużnych.



Rys.1. Schemat blokowy systemu diagnostyczno-sterującego dla pługa obrotowego: 1 – układ sterujący z kontrolą ciśnienia oleju, 2 – czujnik temperatury oleju, 3 – czujnik położenia kąтового obrotnicy pługa, 4 – moduł wnioskowania

Fig. 1. Block diagram of diagnostic-control system for rotary plough: 1 – control system with oil pressure check, 2 – oil temperature sensor, 3 – angular position sensor for plough turn-table, 4 – inference module

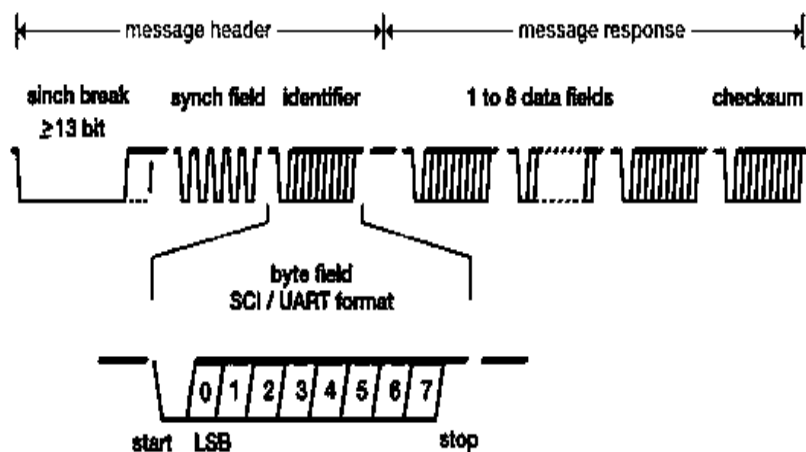
Sieci LIN (Local Interconnect Network) zostały opracowane w celu połączenia niewielkiej liczby czujników i elementów wykonawczych oraz jednego nadrzędnego sterownika w niewielką magistralę lokalną o uproszczonej strukturze [Lorenkowicz, Jukowski 2006]. Magistrala LIN jest często stosowana jako uzupełnienie sieci CAN (rys. 2), przy czym transmisja ograniczona jest wpływem zakłóceń elektromagnetycznych i nie przekracza $20 \text{ kb}\cdot\text{s}^{-1}$ [Merkisz 2007]. Uzyskano eliminację niepotrzebnego obciążenia magistrali głównej przez urządzenia, które wyłącznie pobierają informacje lub wysyłają je tylko w przypadku zapytania przez dany sterownik [Widerski 2005].



Rys. 2. Sposób podłączenia sieci LIN i CAN [Widerski 2005]

Fig. 2. Connection method for LIN and CAN networks [Widerski 2005]

Proponowana budowa magistrali LIN stanowiąca uzupełnienie systemu sterująco-diagnostycznego zagregatowanych maszyn oparta jest na strukturze typu „master-slave”. Sterownik główny „master” zostaje zaimplementowany do systemu sterującego maszyny wraz z czujnikami i elementami wykonawczymi, które stanowią strukturę podrzędną „slave”. Sterownik główny „master” przetwarza dane pośrednicząc w transmisji danych z węzłów (z wyeliminowaną zasadą arbitrażu) i komunikuje się z siecią CAN przez moduł „Getewey”, który „uzgadnia” ramki danych. Ramka danych w sieci LIN (rys. 3) zawiera klasyczny podział na strefę nagłówka (message header) i odpowiedzi węzła (message response) [Scott i in. 2004].



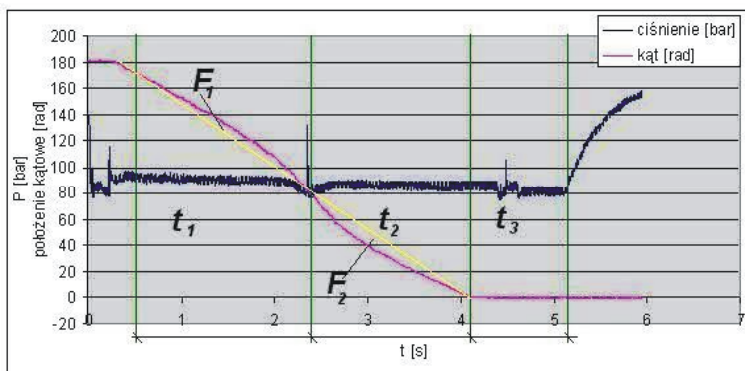
Rys. 3. Ramka danych sieci LIN [Scott 2004]

Fig. 3. Data frame for LIN network

Odpowiedź, jako druga część komunikatu może być wysyłana zarówno z węzła „slave” jak również z węzła „master”. Przykładem pierwszego rodzaju odpowiedzi jest identyfikacja położenia korpusów płuznych w rozróżnialnych dwóch położeniach skrajnych. Sterownik układu obrotu pługa wysyła wówczas nagłówek kierowany do układu sterowania siłownikiem obrotu, który odpowiada informacją o aktualnym pozycjonowaniu pługa. W przypadku konieczności obrotu pługa odpowiedź zostaje nadana przez węzeł „master” do układu pozycjonowania pługa. Odpowiedź posiada nagłówek, który określa identyfikator układu sterującego rozdzielaczem oraz informację, iż przetwarzaną wartością będzie obrót pługa w przeciwne skrajne położenie. Sygnał ten zostaje przetworzony przez układ odbiorczy sterownika rozdzielacza elektromagnetycznego w układzie hydraulicznym obrotu pługa wywołując zmianę pozycjonowania rdzenia kanałowego. Węzeł „master” rezerwuje liczbę przydziałów czasowych dla nadania nagłówka i odebrania odpowiedzi z czujnika ciśnienia oraz z czujnika temperatury oleju, przy czym każde pole zawiera 10 bitów.

Parametryzacja węzła „slave”

Parametry funkcjonalne mechanizmu zawarte są w charakterystyce zmian ciśnienia oleju w układzie hydraulicznym po przesterowaniu rozdzielacza w odniesieniu do wartości kąta obrotu ramy pługa w podstawie czasu. Wzorcowy przebieg obrotu ramy pługa w obszarze uniesienia korpusów (czas t_1) i opuszczania do pozycji roboczej (czas t_2) wyznaczony jest linią prostą na rys. 4.



Rys. 4. Przebieg charakterystyk ciśnienia oraz kąta obrotu ramy względem czasu
 Fig. 4. Trajectories of pressure characteristics and frame rotation angle relative to time

Rzeczywisty zapis charakterystyki w stosunku do teoretycznego przebiegu wyznacza pola błędów F_1 oraz F_2 opisane funkcją $d\alpha/dt$ w przedziałach czasu t_1 i t_2 . Czas t_3 odpowiada pozycjonowaniu ramy przy opuszczonych korpusach płuznych przed otwarciem zaworu przelewowego za rozdzielaczem hydraulicznym. Zapis charakterystyk uznanych za poprawne utworzy bazę danych i pozwoli na ustalenie warunków brzegowych w relacji z nadwyżkami ciśnienia dynamicznego w obwodzie hydrauliki siłowej, ze szczególnym opisem fazy przechodzenia mechanizmu przez martwy punkt. Na podstawie odczytanych sygnałów możliwa jest również diagnostyka symptomowa mówiąca o zdatności oleju w układzie hydraulicznym jako wynik koniunkcji parametrów ciśnienia oleju w reprezentatywnym przedziale charakterystyki dynamicznej, temperatury oleju oraz zmian dp/da po przesterowaniu rozdzielacza.

Podsumowanie

W komputerach wyposażonych w moduł wnioskowania diagnostycznego należy wprowadzić oprogramowanie, które na podstawie sygnałów pochodzących z narzędzia zaklasyfikuje zdatność zadaniową agregatu ciągnikowego co najmniej w dwustanowej diagnostyce. Z tego powodu lepszym rozwiązaniem wydaje się zaimplementowanie procedury wnioskowania diagnostycznego w oddzielnym module. Umieszczenie modułu w układzie mechatronicznym sterowania maszyną umożliwi w łatwy sposób odczytanie sygnałów z czujników oraz wprowadzenie ich za pomocą sieci LIN do modułu wnioskowania diagnostycznego. W module wnioskowania diagnostycznego oprócz algorytmu diagnozy funkcjonalnej agregatu zaimplementowana zostanie diagnoza elementów detekcyjnych co wyeliminuje błędy związane z awarią przetworników sygnałowych. Każde rozpoczęcie procedury diagnostycznej zacznie się od testu układu diagnostycznego. Na wyświetlaczu komputera pokładowego ciągnika zostanie wyświetlona tylko informacja w przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnych. Pełna diagnoza zapisywana będzie w pamięci modułu wnioskującego dzięki czemu serwis będzie dysponował danymi o stanie czujników jak również o wszystkich stanach przeciążenia układu.

Bibliografia

- Fellmeth P.** 2003. CAN-based tractor – agricultural implement communication ISO 11783, CAN Newsletter, September 2003. s. 6.
- Jantos J., Malama J.** 2007. Identyfikacja protokołu transmisji magistrali CAN w pojazdach rolniczych. Inżynieria Rolnicza 6(94). s. 57-63.
- Lorencowicz E., Jukowski M.** 2006. Standardy komunikacji i przesyłu danych w maszynach rolniczych. Rolniczy Przegląd Techniczny nr 9. ISSN 15078701.
- Mars D.** 2003. CANBUS Networks – Break into mainstream use controller-area-network protocol, The University of Liverpool. [Dostęp: 17-01-2010]. Dostępny w Internecie: <http://www.liverpool.ohcampus.com>
- Merkisz J., Mazurek S.** 2007. Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych. WKŁ. s. 1-32.
- Pawlicki T., Feder S.** 2008. Międzynarodowe targi Mechanizacji rolnictwa „Polagra –premiery”. [Dostęp: 17-01-2010]. Dostępny w Internecie: http://www.pimr.poznan.pl/trol2_2008/PF_2_2008.pdf
- Scott A. Shearer, Timothy S.** 2004. Stombaugh, Matthew Veal, Matthew Darr, Carl R. Dillon: Precision Agriculture: CAN-Based Precision Seed Placement, Kentucky Agricultural Experiment Station, University of Kentucky. s. 8.
- Widerski T.** 2005. Samochodowe sieci informatyczne. Poradnik Serwisowy. Nr 5. ISSN 1643-4609.

THE CONCEPT OF MACHINERY SUPERVISION AND CONTROL BY TRACTOR ON-BOARD COMPUTER IN REAL TIME, CARRIED OUT USING LIN COMPUTER BUS

Abstract. Development of tractor and farm machinery structures as well as reliability requirements demand efficient transmission and data exchange systems to be used within a unit. An example of the analysis is a diagnostic system for plough rotation mechanism used in half-suspended ploughs. It was proposed to introduce the LIN bus based on “master-slave” type structure to supplement the control-diagnostic system for machines combined in units. Parameterisation of the “slave” node applies to characteristics of changes in oil pressure in hydraulic system after divider overloading with reference to the value of plough frame rotation angle in time basis.

Key words: CAN-BUS bus, mechatronic systems, LIN bus, ISOBUS

Adres do korespondencji:

Norbert Pedryc; e-mail: Norbert.Pedryc@ur.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków