

KONTROLA POŚLIZGU GRANICZNEGO KÓŁ CIĄGNIKA ROLNICZEGO W ASPEKTCIE WYMAGAŃ ROLNICTWA PRECYZYJNEGO

Bogusław Cieślikowski

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Akademia Rolnicza w Krakowie

Andrzej Długosz

Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. Zaprezentowano koncepcję wprowadzenia układu kontroli poślizgu granicznego kół napędowych ciągnika z napędem na dwa koła. Opracowano algorytm wnioskowania diagnostycznego w celu zaprogramowania jednostki centralnej komputera pokładowego ciągnika. Wskazano dwa etapy procedury kontroli poślizgu kół napędowych w celu estymacji parametru diagnostycznego.

Słowa kluczowe: poślizg kół, mechanizm różnicowy, algorytm wnioskowania diagnostycznego

Wstęp

Idea rolnictwa precyzyjnego wyraża ogólny trend w rozwoju techniki, dążącej w każdym przypadku do optymalnych rozwiązań, coraz dokładniej dostosowanych do specyficznych wymagań realizowanych procesów agrotechnicznych. W rolnictwie oznacza to ściśle dostosowanie parametrów zabiegów agrotechnicznych do specyficznych miejscowych wymagań gleby i roślin w zależności od przebiegu pogody i warunków pracy agregatu. Obecnie w rolnictwie brak jest systemów, które mogłyby poprawić efektywność pracy ciągnika rolniczego w odniesieniu do kontroli poślizgu kół napędowych w systemie on-line w warunkach realizowanych prac polowych. W odniesieniu do zasad rolnictwa precyzyjnego proponowany system kontroli ma doniosłe znaczenie przy takich zabiegach jak orka, siew czy też opryskiwanie. Istnieje zatem potrzeba nie tylko ograniczenia poślizgu kół napędowych ciągnika lecz również wprowadzenia korekty parametrów realizowanego procesu agrotechnicznego ze względu na znaną wartość poślizgu.

Praca ciągnika podczas opryskiwania przy dużym poślizgu może mieć niekorzystny wpływ na ochronę roślin i środowisko naturalne. Nadmierny poślizg względny kół napędowych w trakcie orki przyspiesza zużycie mechanizmu różnicowego. Uruchomienie mechanizmu różnicowego następuje wówczas gdy różnica momentów napędowych na obu półosiach jest równa lub większa od podwójnej wartości momentu tarcia. Wraz ze zmianami prędkości kątowych półosi w stosunku do prac w warunkach bezpoślizgowych zachodzi zmiana prędkości rzeczywistej ciągnika oraz zmiana toru jazdy wynikająca z warto-

ści średniej kątów znoszenia kół mostu napędowego ciągnika. Niekorzystny stan dynamiki ciągnika nasila się wraz z obniżeniem momentu tarcia w mechanizmie różnicowym [Dajniak 1985]. Realizacja zabiegów agrotechnicznych z użyciem agregatu ciągnikowego na odcinku prostoliniowym, może przebiegać ze znacznymi pulsacjami prędkości roboczej. Włączenie mechanizmu nastąpi w wyniku ograniczenia siły napędowej na jednym kole siłą przyczepności. Dokład różnica między stycznymi reakcjami podłoża jest zbyt mała aby pokonać moment tarcia wewnętrznego MT i wprawić w ruch elementy wewnętrzne mechanizmu różnicowego, tak długo oba koła mają jednakową prędkość kątową. W tym przypadku momenty obrotowe na obu półosiach mogą się wahać w granicach wyznaczonych zapisem:

$$M_{\min} = 0,5 M_o - 0,5 MT$$

$$M_{\max} = 0,5 M_o + 0,5 MT$$

Przeprowadzane pomiary poślizgu kół ciągnika rolniczego MF235 zestawem radarowym LH5000, na trzech rodzajach podłoża, oraz weryfikacja wyników wartości poślizgu kół napędowych wyznaczonych czujnikiem impulsowym oraz użyciem kamery video wykazały, iż różnice pomiędzy średnimi poślizgami kół ciągnika są statystycznie nieistotne [Budyń, Kielbasa 2003].

Koncepcja systemu oceny poślizgu kół ciągnika

Prowadzone badania mają na celu opracowanie koncepcji systemu elektronicznego pomiaru i sygnalizacji granicznego poślizgu kół napędowych ciągnika w trakcie realizowanych zabiegów agrotechnicznych. Wykorzystanie rozwiązań konstrukcyjnych systemów diagnostyki funkcjonalnej pojazdów o charakterze ciągłym umożliwi adaptację niektórych elementów układów kontroli trakcji w układzie napędowego ciągnika rolniczego. Jednocześnie występuje brak możliwości wykorzystania układów ABS, EDS, ESP, TC i inn. do realizacji funkcji projektowanego systemu ze względu na specyfikę trakcji ciągnika odmienną od zasad eksploatacji samochodów.

Prezentowana koncepcja stanowi ukierunkowanie prac nad dostosowaniem agregatu ciągnikowego z napędem na 2 koła do wymagań rolnictwa precyzyjnego. Zakres analiz nad opracowaniem proponowanego systemu wyraża się następującymi etapami:

- analiza podatności diagnostycznej obiektu technicznego,
- dobór elementów diagnostyki (przetworników) w oparciu o istniejące rozwiązania,
- przedstawienie algorytmu wnioskowania diagnostycznego.

Podatność diagnostyczna jest ważnym elementem diagnozowania, mającym istotny wpływ na szybkość i dokładność, a także na koszty wynikające z modyfikacji konstrukcyjnych diagnozowanego układu. Podatność diagnostyczna obiektu określa ocenę technologiczną i minimalizację kosztów procesu diagnostycznego wyrażoną przez [Cieślukowski 2001]:

- dostępność do strefy sygnału diagnostycznego,
- możliwość zainstalowania przetworników,
- minimalizację modyfikacji konstrukcyjnych obiektu i obróbki sygnału w procesie pozyskania sygnału użytecznego,

Kontrola poślizgu granicznego...

- możliwość zabezpieczenia przetworników sygnałów przed działaniem niekorzystnych warunków pracy pojazdu rolniczego.

Konstruktorzy pominęli przystosowanie ciągników do wprowadzania elektronicznego systemu diagnostyki o charakterze ciągłym. Wprowadzanie nowoczesnych technik diagnostowania wyznacza potrzebę wykonania dodatkowego osprzętu zawierającego przetworniki sygnałów. Modyfikacje dotyczą strefy piast półosi napędowych, piast kół przednich oraz wału kolumny kierowniczej. Jako obiekt do badań wybrano ciągnik typu Massey Ferguson 235, o nominalnej mocy silnika 28,5 kW, rozstawie kół 1500 mm, ogumieniu kół przednich 6,00-16", tylnych 12,4/11-28".

Modyfikacja konstrukcyjna w/w stref obejmuje zainstalowanie indukcyjnych czujników prędkości kół, zaadaptowanych z układów ABS samochodu, oraz tarcz jako znaczników impulsów obrotu kół. W piastach kół przednich (rys. 1) rdzeń biegunowy czujnika znajduje się wprost nad kołem impulsowym o średnicy zewnętrznej 118 mm i liczbie zębów 40.



Rys. 1. Czujnik wraz z kołem impulsowym piasty przedniego koła

Fig. 1. Sensor with impulse wheel of front wheel hub

W piastach kół tylnych wykorzystano wewnętrzną stronę bębna hamulcowego do zainstalowania tarczy koła impulsowego średnicy 225 mm i 80 zębami (rys. 2). Czujnik obrotów koła tylnego zamocowany został do tarczy kotwicznej szczęk hamulcowych a tym samym znajduje się wewnątrz bębna hamulcowego, co stanowi pełne zabezpieczenie przed uszkodzeniem.



Rys. 2. Tarcza impulsowa tylnego koła
Fig. 2. Back wheel impulse disk

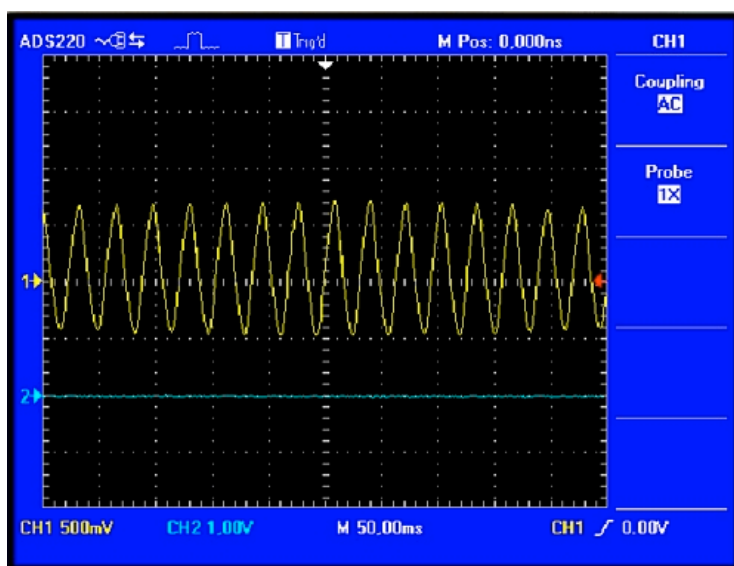
Dokonano zapisu przebiegów indukowanych napięć na charakterystyce czasowej obrotów kół ciągnika przyjmując zakres najniższych prędkości roboczych na biegach pełzających (rys. 3). Zarówno częstotliwość jak i amplituda napięcia zmiennego są proporcjonalne do prędkości obrotowej kół [Kwaśniewski 1993].

Rozpoznanie kierunku jazdy na wprost oraz jazdy na łuku o zadanym promieniu realizowane jest z wykorzystaniem przetwornika ESP zainstalowanego do wału kolumny kierowniczej ciągnika. Pomiar geometrii układu kierowniczego na stacji diagnostycznej pojazdów Wydziału Agrotechnologii AR w Krakowie pozwolił na wyznaczenie relacji kątowych pomiędzy kątem skrętu kół jezdnych ciągnika a wskazaniem przetwornika sygnału skrętu.

Wyznaczenie toru jazdy oraz poślizgów względnych kół tylnych odniesionych do rzeczywistej prędkości agregatu - jako sygnału obrotów kół przednich, posłuży do wyznaczenia wynikowej wartości poślizgu kół napędowych w zaistniałych warunkach prac polowych.

Przedstawione etapy modyfikacji ciągnika rolniczego umożliwiły uzyskanie sygnałów wejściowych, służących jako podstawa do opracowania metody wnioskowania diagnostycznego. Na podstawie tych sygnałów urządzenie sterujące realizuje etapy przepływu i obróbki danych zapewniając poprawne funkcjonowanie systemu kontroli poślizgu. W tym celu został opracowany algorytm, który posłuży do zaprogramowania jednostki centralnej

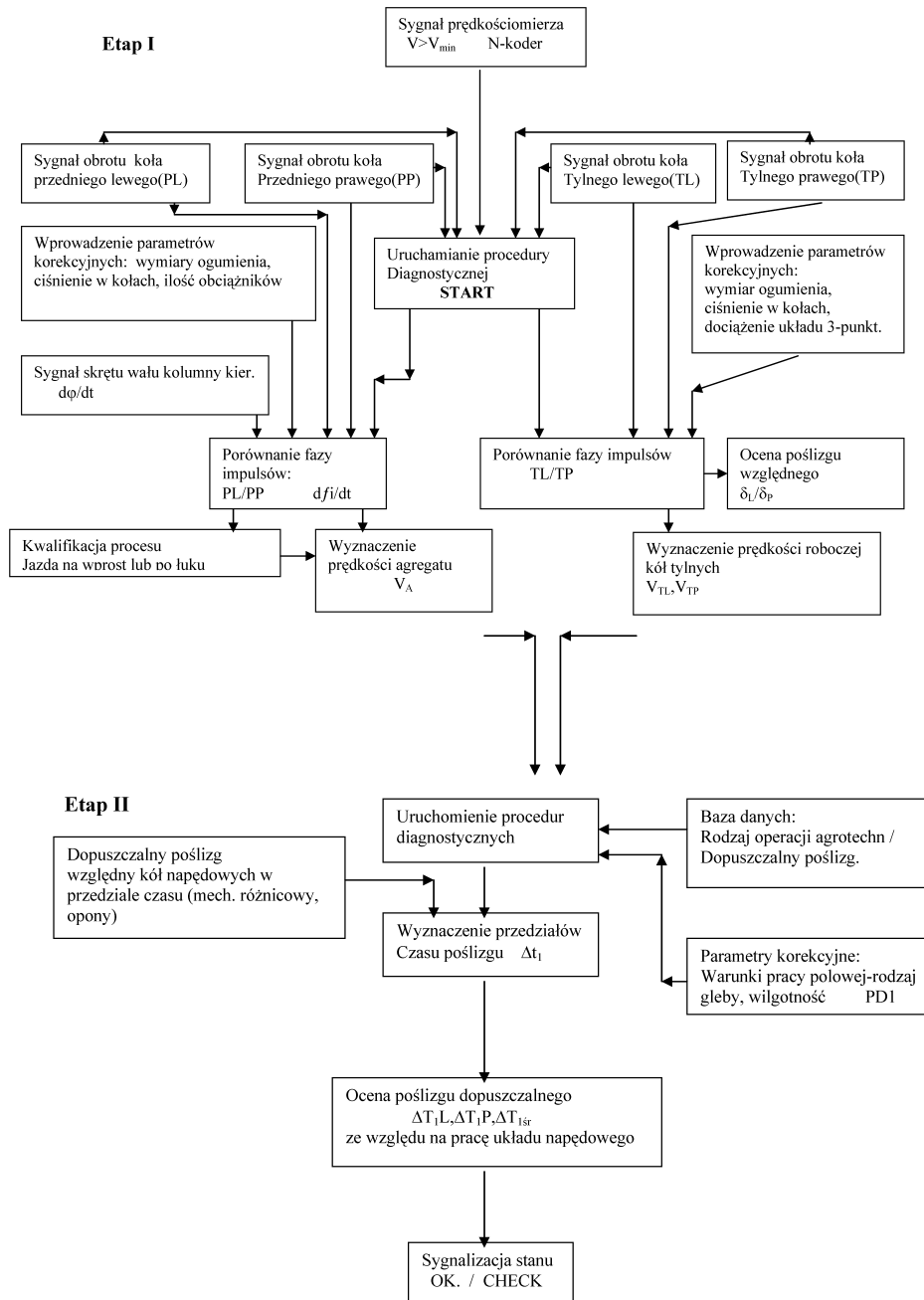
sterującej układem kontroli poślizgu. Algorytm został podzielony na kilka etapów. Przedmiotem publikacji jest zaprezentowanie dwóch początkowych etapów przepływu informacji diagnostycznej: etapu estymacji sygnału diagnostycznego a następnie wyznaczenia poślizgu kół napędowych agregatu ciągnikowego. Należy zwrócić uwagę, iż ocena poślizgu kół napędowych jest funkcją pewnej założonej stałej czasowej obserwowanego zjawiska istotnej do kwalifikacji zaistniałego stanu w odniesieniu do realizowanej operacji agrotechnicznej. Istotne znaczenie w diagnostycznych badaniach stanu dynamicznego realizowanego procesu ma ergodyczność uzyskiwanego sygnału. Procesy stacjonarne są procesami ergodycznymi, jeżeli charakterystyki statystyczne takie jak: wartość oczekiwana, funkcja korelacji i in. są zgodne z charakterystykami uśrednienia jednej dostatecznie długiej realizacji.



Rys. 3. Charakterystyka czasowa prędkości jazdy koła ciągnika

Fig. 3. Time characteristic of tractor wheel driving speed

Przedstawiony algorytm obrazuje cykl wnioskowania diagnostycznego, na podstawie którego zostanie opracowany program układu kontroli poślizgu kół napędowych ciągnika. Implementacja układu do ciągnika rolniczego pozwoli na dokonanie weryfikacji proponowanego algorytmu estymacji parametru diagnostycznego i określi możliwości zastosowania w praktyce projektowanego systemu. Istnieje również możliwość rozbudowy układu kontroli poślizgu o dodatkowe elementy sterowania, na przykład dawką paliwa pompy wtryskowej w dostosowaniu do odpowiedniej prędkości bądź automatycznego włączania wzmacniacza momentu obrotowego.



Rys. 4. Algorytm cyklu wnioskowania diagnostycznego
Fig. 4. Diagnostic inference cycle algorithm

Wnioski

1. Istnieje możliwość wprowadzenia systemu kontroli poślizgu przy ciągnikach rolniczych z napędem na dwa koła w systemie on-line.
2. Wyznaczona prędkości jazdy agregatu z uwzględnieniem chwilowej wartości poślizgu pozwoli dokonać korekty realizowanych procesów technologicznych w systemie napędu zależnego elementów roboczych maszyn.
3. Algorytm wnioskowania wskazuje na wszechstronny charakter pozyskanej informacji diagnostycznej oraz możliwość oprogramowania jednostki centralnej komputera pokładowego ciągnika lub stosowania niezależnych układów diagnostycznych.

Bibliografia

- Basista G, Cieślukowski B.** 2005. Stabilizacja prędkości roboczej agregatu ciągnikowego ze względu na moment tarcia mechanizmu różnicowego. *Inżynieria Rolnicza* 14(74). s. 23-28.
- Budyn P, Kielbasa P.** 2003. Pomiar poślizgu kół napędowych ciągnika. *Inżynieria Rolnicza* 2(51). s. 43-51.
- Dajniak H.** 1985. Ciągniki – teoria ruchu i konstruowanie, WKL Warszawa. ISBN 83-206-0518-0.
- Kwaśniewski J.** 1993. Wprowadzenie do inteligentnych przetworników pomiarowych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa.

CONTROL OVER LIMIT SKID OF FARM TRACTOR WHEELS IN THE ASPECT OF PRECISE AGRICULTURE REQUIREMENTS

Abstract. The paper presents a concept of introducing a control system for limit skid of drive wheels in a two-wheel drive tractor. The researchers developed a diagnostic inference algorithm to program central processing unit of the tractor on-board computer. The paper points out two stages of the drive wheel skid control procedure allowing to estimate a diagnostic parameter.

Key words: wheel skid, differential gear, diagnostic inference algorithm

Adres do korespondencji:

Bogusław Cieślukowski; e-mail:bcieslikowski@ar.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Akademia Rolnicza w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków