

SYSTEM AUTODIAGNOZY ZESPOŁU PRZEKŁADNIOWEGO KOMBAJNU ZBOŻOWEGO

Streszczenie

Zaprezentowano możliwość wprowadzenia systemu autodiagnozy w odniesieniu do klasycznego zespołu przekładniowego kombajnu Z058. Konsultacje z producentem maszyny - firmą CHN New Holland w Płocku oraz przeprowadzona analiza dokumentacji układu napędowego kombajnu, ze względu na ocenę podatności diagnostycznej, stanowiły podstawę do dokonania selekcji metod diagnozowania oraz wyboru sygnałów diagnostycznych. Proces autodiagnozy realizowany jest z udziałem komputera pokładowego w systemie ciągłym w trakcie eksploatacji kombajnu w warunkach prac polowych.

Słowa kluczowe: autodiagnoza, komputer pokładowy, algorytm diagnostyczny

Wprowadzenie

W pracach badawczych KIMiA podjęto temat wprowadzenia systemu autodiagnozy w klasycznej skrzyni przekładniowej kombajnu zbożowego Z058. Brak skutecznych metod i procesów diagnozowania zespołów przekładniowych kombajnów rolniczych dały podstawę do rozwoju metod diagnostyki funkcjonalnej z wykorzystaniem istniejącego komputera pokładowego kombajnu. Kombajn Z56 wyposażony jest obecnie w komputer pokładowy typu LH 965 AGRO z mikrokontrolerem SAB (C)535 – obecnie (C)552, firmy Siemens, posiadającym wyświetlacz graficzny LCD. Komputer wykonuje głównie pomiar parametrów pracy kombajnu, tj. prędkość jazdy, prędkości obrotowe dla siedmiu podzespołów roboczych oraz pomiar strat ilościowych ziarna. Każde przekroczenie wartości granicznej parametru sygnalizowane jest operatorowi akustycznie i świetlnie. Ponadto komputer przetwarza sygnały z przetworników pomiarowych silnika, sygnał położenia hedera oraz rejestruje wyniki dziennej i sezonowej pracy kombajnu [Materiały inf. 2002].

Podatność diagnostyczna zespołu przekładniowego kombajnu jest ważnym zagadnieniem procesu diagnozowania, mającym istotny wpływ na

szybkość i dokładność procesu, a także na koszty wynikające z rozszerzenia funkcji komputera i ewentualnych modyfikacji konstrukcyjnych diagnozowanego układu. Podatność diagnostyczna obiektu określa ocenę technologiczności procesu diagnostycznego [Michalski i in. 1997].

Technologiczność diagnostyczna zespołu przekładniowego uwzględnia cechy obiektu i wyraża się przez:

- dostępność do miejsc diagnozowania,
- możliwość zainstalowania przetworników,
- minimalizację modyfikacji konstrukcyjnych związanych z pozyskaniem sygnału użytecznego,
- możliwość ochrony przetworników sygnałów przed działaniem niekorzystnych warunków pracy kombajnu,
- minimalizację pracochłonności i kosztów diagnozowania.

Proces diagnozowania zespołów przekładniowych kombajnu

Podatność diagnostyczna układu napędowego kombajnu została dostosowana do wymogów diagnostyki obsługowej z wykorzystaniem serwisu naprawczego po zakończeniu kampanii żniwnej. Procesy zużycia determinują jakość funkcjonowania obiektu technicznego, przez wyjście dyssypacyjne energii, gdzie obserwujemy różne procesy resztkowe towarzyszące pracy układu takie jak: procesy termiczne, wibracyjne, akustyczne, elektromagnetyczne itp. Do grupy metod diagnostycznych stosowanych w procesie oceny stanu technicznego przekładni zaliczyć można, oprócz metod wibroakustycznych, również metody wyodrębnienia produktów zużycia zespołu zawartych w oleju przekładniowym.

Zasadniczym problemem upowszechnienia metod wibroakustycznych jest proces analizy złożonego sygnału przypisanego do istnienia wielopunktowych źródeł emisji drgań. Proces wydzielenia składowych sygnału jako nośnika informacji diagnostycznej zostaje odniesiony do identyfikacji stanu technicznego obiektu, co wymaga opracowania złożonych metod wnioskowania diagnostycznego.

Zastosowanie metod diagnostyki termicznej w zespołach przekładniowych związane jest z trudnościami rozdzielenia sygnałów z sąsiednich par kinematycznych. Zastosowanie termometrii kontaktowej do pomiaru zabudowanych łożysk przekładni dostarcza jedynie uśrednionego sygnału przy dużych trudnościach dostępu do punktów pomiarowych. Informacje źródłowe producenta kombajnu Z-058 określają poprawny stan techniczny łożysk przekładni w stanie równowagi cieplnej w zakresie 43–48°C, dla czasu nagrzewania powyżej 200s w zakresie temperatur 30–42°C [Materiały inf. 2002].

Zastosowanie metod ferrograficznych w diagnostyce zespołów przekładniowych związane jest z potrzebą okresowego pobierania próbek oleju do analizy. Przedział czasu pomiędzy wystąpieniem i narastaniem udziału produktów zużycia w oleju może być zbyt długi do wyraźnego rozdzielenia prognozy oceny stopnia zużycia zespołu. Często metoda ferrograficzna stanowi sposób identyfikacji uszkodzenia gdy wystąpiły inne znaczące symptomy uszkodzenia zespołu, jak np. silne drgania lub nietypowy hałas towarzyszący pracy przekładni [Żółtowski 2002].

Ze względu na charakter i warunki pracy przekładni (wysokie temperatury, drgania przenoszone z układu żniwnego, wytrząsacze, rozdrabniacze słomy) należy wyeliminować typowe metody diagnozowania przekładni, tj. metody wibroakustyczne lub diagnostyki termicznej. Konstruktorzy kombajnu pominęli przystosowanie zespołów przekładniowych kombajnu do wprowadzenia systemu diagnostyki funkcjonalnej o charakterze ciągłym. Wprowadzenie nowoczesnych technik diagnozowania wyznacza potrzebę wykonania dodatkowego osprzętu zawierającego przetworniki sygnałów. Modyfikacje konstrukcyjne dotyczą zamocowania przetworników do zespołu przekładniowego oraz wprowadzenia zmian konstrukcji korpusu przekładni z dostępem do stref pomiarowych.

Wybór metody diagnozowania obiektu wyznacza zakres zmian konstrukcyjnych w strukturze dotychczas produkowanego zespołu przekładniowego kombajnu.

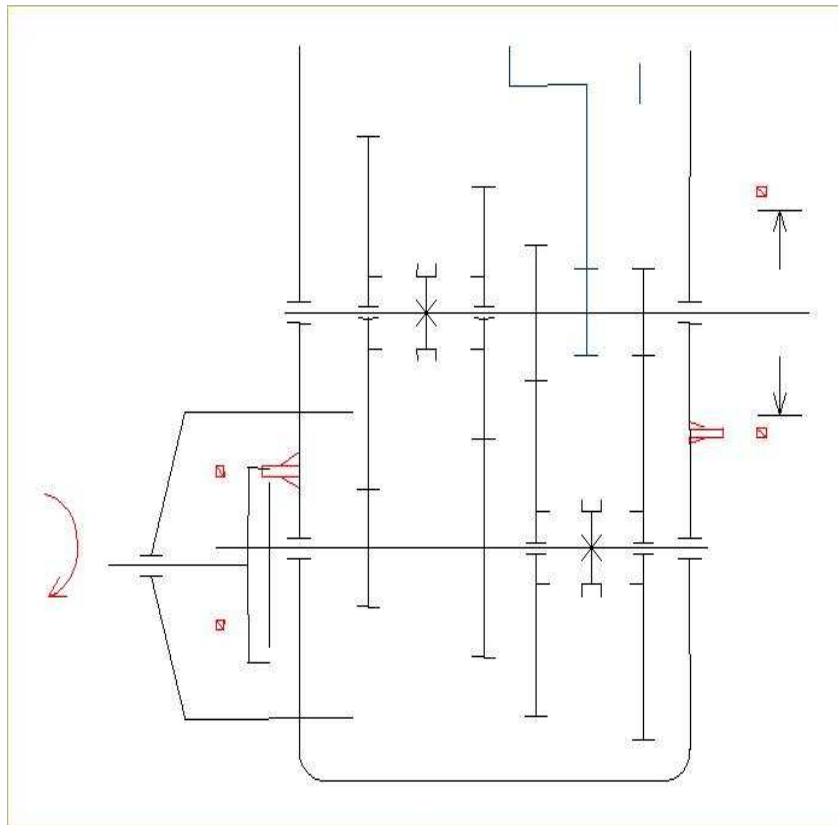
Zwrócono uwagę na możliwość wprowadzenia geometrycznych parametrów oceny stanu technicznego przekładni przez ciągły pomiar luzu skrętnego wałów w czasie wykonywania prac polowych. Kontrolne pomiary parametrów geometrycznych wykonywane są zazwyczaj w warunkach statycznych przy niepracujących zespołach kombajnu w odróżnieniu od metod diagnozowania dynamicznego, realizowanych w trakcie obciążeń eksploatacyjnych. Pomiary statyczne mogą stanowić bazę danych wyjściowych do dalszej oceny pracy zespołu przekładniowego na podstawie analizy procesów dynamicznych.

W wyniku analizy stosowanych metod diagnozowania zaproponowano diagnostykę zespołu przekładniowego kombajnu opartą na pomiarze i ocenie luzów skrętnych wałów wejścia i wyjścia napędu z przekładni. Istnieje możliwość rozszerzenia funkcji diagnostycznych komputera pokładowego kombajnu o zagadnienia ciągłego procesu autodiagnozy zespołu przekładniowego kombajnu. Ocenę parametryczną przeprowadzono na podstawie pomiaru względnego przemieszczenia kąтового wału wyjściowego po stronie bębna hamulcowego w stosunku do położenia kąтового wału napędowego skrzyni przekładniowej,

uwzględniając podatność skrętną układu na wybranym przełożeniu dla zakresu obciążeń roboczych kombajnu.

Opis obiektu diagnostycznego

Klasyczna skrzynia przekładniowa (rys. 1) kombajnu Z058, tj. bez silnika hydrostatycznego na wejściu, została poddana analizie konstrukcyjnej ze względu na wybór miejsc odbioru sygnałów diagnostycznych. Brak wydzielonych miejsc montażowych przewidzianych przez producenta dał podstawy do opracowania projektu modyfikacji obudowy sprzęgła, bębna hamulcowego. Zainstalowanie czujnika nr1 wymaga wykonania nadlewu w korpusie osłony sprzęgła wraz z wykonaniem gwintowanego otworu w dostępnym miejscu montażowym.



Rys. 1. Schemat skrzyni przekładniowej kombajnu Z058 wraz z zaznaczonymi miejscami montażowymi czujników

Fig. 1. Scheme of gear box in Z-058 combine harvester with marked mounting points of the sensors

Tarcza korpusu sprzęgła wyposażona zostanie w pierścień zewnętrzny z 39 zębami o zarysie prostokątnym i wymiarach 38x5x3mm. Do celów badawczych posłużono się taśmą zębatą mocowaną na obrysie zewnętrznym sprzęgła, jak również zamocowano czujnik bezpośrednio w otworze obudowy sprzęgła. Czujnik nr2. zamocowany został na wsporniku przykręconym do korpusu skrzyni, natomiast bęben hamulca wyposażono w wieniec zębaty o zębach prostokątnych w liczbie i wymiarach jak dla czujnika nr1.

Sygnalizację wyboru przełożenia w skrzyni rozpoznaje układ pomiarowy w wyniku rejestracji sygnału o wydłużonym czasie w stosunku do kolejnych impulsów prostokątnych. Jest to wynikiem wprowadzenia znacznika pełnego obrotu bębna o zwiększonej podziałce międzyzębnej pomiędzy dwoma kolejnymi zębami dodatkowego pierścienia mocowanego na bębnie hamulcowym. W ten sposób uniknięto wykonania stykowego znacznika wyboru przełożenia skrzyni zlokalizowanego na pokrywie z wodzikami.

Pomiar wartości sumarycznych luzów skrętnych przekładni

Proces oceny zużycia eksploatacyjnego skrzyni przekładniowej kombajnu odniesiony zostaje do pomiarów statycznych luzu skrętnego, wynikającego z montażowych luzów międzyzębnych przekładni na poszczególnych biegach oraz technologicznych wartości luzów sprzęgieł kłowych i łożysk. Oprócz wykorzystania informacji producenta, wykonano pomiary statyczne kątów skręcania wałów przy uniesionych kołach napędowych kombajnu z wytworzeniem momentu skręcającego na bębnie hamulcowym, kasując luzy na poszczególnych biegach.

Pomiary przeprowadzono na skrzyni przekładniowej uznanej za w pełni sprawną, tj. po wykonanej naprawie głównej i bezpośredniej ocenie stanu technicznego elementów przekładni. Największe wartości luzu wstępnego zaobserwowano dla przełożenia I i IV biegu w granicach $6^{\circ} 30'$. Pomiar dynamiczny przyrostu luzu skrętnego na poszczególnych stopniach przełożeń wymaga porównywania przesunięcia fazowego sygnałów dochodzących z obu czujników przy spełnieniu dodatkowych warunków pomiarów w zaproponowanej metodzie wnioskowania diagnostycznego.

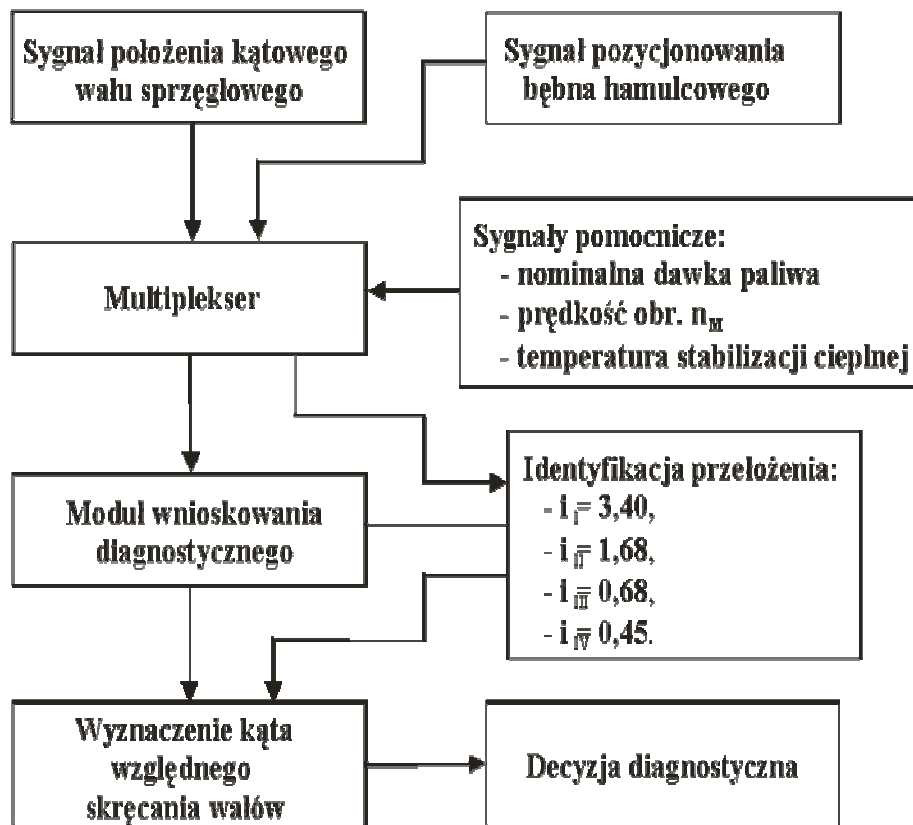
Analiza doboru czujników położeń kątowych wałów została dokonana na podstawie przyjętej grupy kryteriów z uwzględnieniem dokładności pomiarowej, rozdzielczości, odporności na uszkodzenia, warunków montażu, gabarytów oraz ceny jednostkowej. Ostatecznie wybrano czujnik pojemnościowy serii OMRON E2K-X dostosowany do zasilania z instalacji pokładowej kombajnu, dający na wyjściu impuls prostokątny. Czujnik dostosowany jest do współpracy z podziałką zębatą z odległości nie większej niż 4 mm.

Warunkiem pomiaru przesunięć kątowych wałów przekładni jest uzyskanie nominalnego obciążenia zespołu przekładniowego, tj.:

- obrotów momentu maksymalnego silnika,
- dawki nominalnej paliwa – sygnał z zainstalowanego przepływomierza wirnikowego,
- właściwej temperatury oleju przekładniowego – sygnał z czujnika termistorowego.

Przeprowadzone badania wstępne wykazały względny przyrost kąta skręcania wałów kombajnu w przyjętych warunkach pomiaru:

- dla I biegu o ok. $4^{\circ}30'$,
- dla biegu IV o ok. 6° .



Rys.2 Algorytm wnioskowania diagnostycznego w odniesieniu do oceny stanu technicznego zespołu przekładniowego kombajnu zbożowego

Fig. 2. Algorithm of diagnostic inference with reference to evaluation of technical state of the combine harvester gear box

Przepływ informacji diagnostycznej został przedstawiony na rysunku 2 z uwzględnieniem możliwości wnioskowania diagnostycznego wg przyjętej skali odniesienia stanu obiektu badanego do wzorca. Algorytm wnioskowania diagnostycznego na podstawie zależnych parametrów diagnostycznych zespołu przekładniowego wprowadza zasadę modyfikacji programu komputera pokładowego kombajnu. Wyznaczenie granicznych wartości kątów fazowych wymaga dokonania pomiarów luzów skrętnych po uprzedniej weryfikacji stanu technicznego elementów przekładni. Zaproponowany algorytm wyklucza subiektywność oceny stanu technicznego zespołu przekładniowego, co pozwoli na właściwe planowanie napraw sprzętu i wyeliminowanie awarii w okresie prac polowych [Cieślikowski 2001].

Wnioski

1. Przeprowadzone badania wstępne wykazały możliwość wprowadzenia systemu autodiagnozy klasycznego układu napędowego kombajnu zbożowego z możliwością rozszerzenia funkcji stosowanego komputera pokładowego LH 965 AGRO.
2. Przyjęta metoda diagnostyczna nie wymaga zasadniczych modyfikacji w układzie napędowym kombajnu. Istnieje możliwość wykorzystania handlowych przetworników sygnałów diagnostycznych, co znacznie obniży koszty wprowadzenia poszerzonego systemu diagnostyki funkcjonalnej kombajnu.
3. Proponowany system autodiagnozy wyklucza subiektywność oceny stanu technicznego zespołu przekładniowego przez operatora kombajnu.
4. Proces diagnozowania realizowany jest każdorazowo w trakcie wystąpienia przyjętych obciążeń roboczych kombajnu zgodnie z przedstawionym algorytmem wnioskowania diagnostycznego.

Bibliografia

Cieślikowski B. 2001. Metodyka wnioskowania diagnostycznego dla potrzeb diagnostyki pokładowej na przykładzie kombajnu rolniczego. Rozprawa habilitacyjna. Inżynieria Rolnicza, 6(26)

Materiały inf. 2002. CHN New Holland

Michalski R. i in. 1997. Mikroprocesorowe systemy nadzoru stanu technicznego kombajnu zbożowego, II Konf. Naukowa nt. Systemy mikroprocesorowe w rolnictwie

Niziński S., Michalski R. 2002. Diagnostyka obiektów technicznych. WiZPITE Radom

AUTODIAGNOSTIC SYSTEM OF THE GEAR BOX IN A COMBINE HARVESTER

Summary

Paper discussed the possibility of an autodiagnostic system application to classical gear box of Z-058 combine harvester. The consultations with machine manufacturer (CHN New Holland, Płock) as well as the analysis of combine harvester driving system documentation in respect of its diagnostic ability, were the basis to select the diagnostic methods and to choose the diagnostic signals. The autodiagnostic process is realized in continuous mode with the use of a board computer during operation of combine harvester under field conditions.

Key words: autodiagnosics, board computer, diagnostic algorithm

Recenzent – Adam Krysztofiak