

ANALIZA PROCESU DRGANIOWEGO TARCZY ROZSIEWACZA NAWOZOWEGO

Bogusław Cieślukowski

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Akademia Rolnicza
ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: cibogdan@poczta.onet.pl

Streszczenie. W procesie drganiowym korpusu przekładni kątowej napędu tarczy rozsiewacza wyróżnić można dwie główne składowe amplitudowo-częstotliwościowe drgań:

- niewyrównoważenia tarczy,
- wtórnego niewyważenia tarczy wynikającego z punktowego dozowania strumienia masy nawozowej.

W wyniku istnienia tych składowych drgań oraz luzów łożyskowania przekładni kątowej rozsiewacza występuje zjawisko precesji postępowej wału zgodnie z kierunkiem obrotów tarczy. Parametry drgań stanowią podstawę metodyki wnioskowania odnośnie symetrii powierzchniowego rozkładu wysiewu. Przeprowadzone analizy wskazują na konieczność zainstalowania przetworników sygnału drganiowego w strefach opraw łożysk wału tarczy rozsiewacza w celu ciągłej kontroli stanu technicznego przekładni. Rozpoznane parametry drgań w strefie napędu tarczy posłużą do realizacji funkcji diagnostyki pokładowej jakości pracy maszyny.

Słowa kluczowe: drgania, rozsiewacz, model dynamiczny, charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa.

WSTĘP

Równomierność rozsiewania nawozów nabiera szczególnego znaczenia w odniesieniu do zasad rolnictwa precyzyjnego. W procesie drganiowym korpusu przekładni kątowej napędu tarczy rozsiewacza wyróżnić można dwie główne składowe amplitudowo-częstotliwościowe drgań:

- niewyrównoważenia tarczy,
- wtórnego niewyważenia tarczy wynikającego z punktowego dozowania strumienia masy nawozowej.

Sygnal drganiowy tj. prędkość drgań przy zadanej prędkości obrotowej wału napędzającego tarczę (przełożenie 17/18 przy $n = 540 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$), oraz kąt fazowy niewyważenia przy zadanym położeniu i wielkości otworu dozującego granulát, stanowią podstawę metodyki wnioskowania odnośnie symetrii powierzchniowego rozkładu wysiewu.

Niewyrównowazenie tarczy rozsiewacza wywołuje drgania o częstotliwości f_n , oraz amplitudzie drgań proporcjonalnej do masy niewyważenia m_n na mimośrodku e :

$$A(f_n) \approx m_n \cdot e \quad (1)$$

Niewyrównowazenie można wyznaczyć z przyrównania sił bezwładności masy m_n na promieniu r oraz masy wirnika m_w powiększonej o m_n na mimośrodku ε zgodnie z zapisem:

$$\varepsilon = \frac{m_n \cdot r}{m_w + m_n} \approx \frac{m_n}{m_w} e \quad ; \quad m_w \gg m_n \quad (2)$$

Niewyrównowazenie powoduje precesję postępową wału zgodnie z kierunkiem obrotów. Metody oceny amplitudowej zakładają, że amplituda drgań łożyska jest wprost proporcjonalna do wielkości niewyważenia zlokalizowanego w płaszczyźnie korekcji położonej w pobliżu strefy łożyskowania [2,4]. W metodzie amplitudowo-fazowej zakłada się dodatkowo, że wartość opóźnienia fazowego, tj. kąta fazowego pomiędzy wektorem niewyważenia i maksimum amplitudy drgań wywołanej tym niewyważeniem, dla danej prędkości obrotowej, jest stała i nie zależy od wielkości niewyważenia. Amplituda drgań reprezentuje wielkość niewyważenia przez co zakładany jest liniowy charakter opisu modelu drganiowego [5,6].

MATERIAŁ I METODY

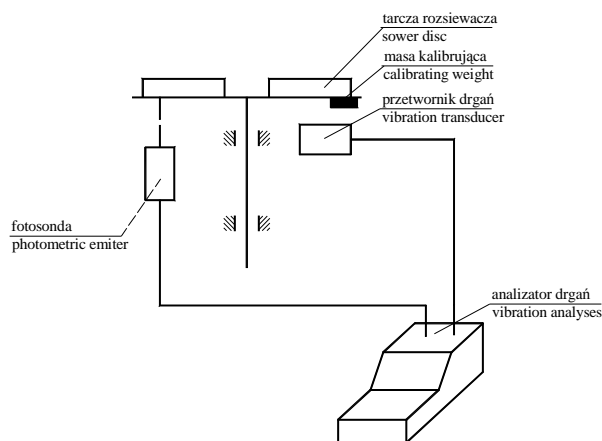
Proces pomiarowy drgań strefy łożyskowania wirnika tarczy rozsiewacza przebiegał z wykorzystaniem oprzyrządowania:

- miernik drgań model 811 firmy IRD Mechanalysis Ltd. przystosowany do pomiaru drgań w jednostkach przemieszczeń, prędkości lub przyspieszeń z czujnikiem drgań (model 970) wraz z torem pomiarowym prędkości drgań zgodnie z normą ISO [3]. Dodatkowo realizowano pomiar w dziedzinie częstotliwości systemem SPIKE ENERGY w procesie oceny stanu technicznego łożysk tocznych i przekładni zębatych wg procedury pomiarowej opatowanej przez firmę IRD,
- analizator wyważenia model 246 firmy IRD pozwalający na ocenę strefową wielkości niewyważenia wg procedury pomiarowej stosowania wzorcowych mas kalibracyjnych. Wyposażenie analizatora stanowi czujnik

drzań-model 544, fotosonda-210 wraz z uchwytem magnetycznym, program komunikacyjny z PC [3].

Przeprowadzone pomiary wyrównoważenia własnego tarczy rozsiewacza posłużyły do dokonania oceny stanu dynamicznego układu napędowego maszyny na podstawie zarejestrowanych parametrów drzań zestawem pomiarowym przedstawionym na rysunku 1. Wyznaczono wielkość i położenie kątowne masy wyrównoważenia wykorzystując fotosondę przyrządu IRD i znacznik wykonany z odblaskowej taśmy na dolnej powierzchni tarczy rozrzutnika. Fotosonda zainstalowana została na złączu przegubowym w strefie przekładni kątownej rozsiewacza.

Pomiar niewyważenia własnego tarczy rozsiewacza wykonano w trakcie napędzania wału bez dozowania granulatu jak również podczas ponownego uruchomienia z masą kalibracyjną wprowadzając do pamięci analizatora opcję podparcia wału tarczy. Wprowadzenie masy wzorcowej stanowi przykład uczący dla procedury wnioskowania programu analizatora drzań w procesie wyznaczenia masy i kąta fazowego niewyważenia. Trafność doboru masy kalibracyjnej jest podstawowym problemem procedury wyważania. Przyjęcie zbyt małej masy nie wywołuje zauważalnych zmian amplitudy drzań – natomiast zbyt duża masa prowadzi do możliwości przejścia charakterystyki drzań poza zakres liniowy [1]. Wielkość masy niewyważenia wyniosła 78 g dla kąta fazowego 36° na kierunku przestrzeni międzyłopatkowej tarczy. Łącznie z pomiarami niewyważenia wyznaczono amplitudę prędkości drzań – RMS we współrzędnych kąta fazowego niewyważenia.



Rys. 1. Układ pomiarowy analizatora drzań zainstalowany w strefie przekładni kątownej tarczy rozsiewacza nawozowego

Fig. 1. System of measuring of vibration transducer mounted in the zone of the drive gear of sower disc

Pomiar prędkości drgań w układzie trzech współrzędnych na korpusie przekładni kątowej rozsiewacza przy wyłączonym zasilaniu tarczy granulatem wykazał wartości poniżej $5,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Uzyskane wyniki nie przewyższają wartości granicznych prędkości drgań wg klasyfikacji IRD przypisanej tej grupie maszyn wirnikowych. Jednak ze względu na konieczność rozróżnienia stanu dynamicznego wirnika przy zmiennym zasilaniu granulatem dokonano wyważenia tarczy rozsiewacza mocując dodatkową masę jako odcinek stalowej taśmy spawanej do dolnej powierzchni tarczy.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wyznaczono zmienność kąta fazowego wektora niewyważenia dla zmienności masy dozowanego granulatu. Dla przyjętych z tabeli nastawów wielkości dawki wysiewu odpowiadających położeniom tarcz dozujących wyznaczono każdorazowo wartości prędkości drgań i kąta fazowego niewyważenia. Nastawy dolnej i górnej dźwigni dozownika ustawiano wstępnie wg danych producenta dla nawozów granulowanych z zalecanym przesunięciem szczeliny dozującej względem otworu w dnie zbiornika nawozowego w kierunku zgodnym z obrotem tarczy, przez wstępne ustawienie dolnej dźwigni na poz. 0, a górnej na poz. 20. Producent rozsiewacza wprowadza możliwość zmiany miejsca zasilania tarczy ze względu na konieczność utrzymania symetrycznego wysiewu nawozów w stosunku do osi ruchu agregatu przy różnych dawkach i rodzajach nawozów. Uzyskane wyniki pomiarów parametrów drgań dla zmienności dawkowania nawozu POLIFOSKA 8 zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry drgań w strefie napędu tarczy rozsiewacza (Polifoska 8)

Table 1. Parameters of vibrations in the zone of the drive gear of sower disc (Polifoska 8)

Lp. No.	Wielkość szczeliny dozującej Size of dosing slit	Wartość wysiewu Value of sowing ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Prędk.obr. tarczy Rotational speed of disc ($\text{obr}\cdot\text{min}^{-1}$)	Prędkość drgań dla składowych X,Y,Z Components of vibration velocity X,Y,Z ($\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$)			Kąt faz. niewyważ Phase angle of imbalance (deg)	Masa niewyw. Imbalance mass (g)
				V_x	V_y	V_z		
				1	4	35		
2	7	130	548	2,4	6,1	1,1	63,5	286
3	12	200	540	4,2	8,1	1,9	76,5	370
4	16	320	545	6,3	9,8	2,4	85,5	480

Zamieszczone wyniki badań wskazują na zmienność składowych prędkości drgań i kąta fazowego niewyważenia w odniesieniu do stopnia zasilania tarczy przy tym samym położeniu symetrii otworu dozującego nawóz. Największą zmienność wykazują składowe poziome prędkości drgań:

- pozioma X na kierunku prostopadłym do toru jazdy agregatu,
- pozioma Y na kierunku osi podłużnej agregatu.

Równoczesny wzrost składowej pionowej Z przekłada się na zmienność zasięgu rzutu zebranej masy nawozu w przestrzeni międzyłopatkowej. Wartość zerową kąta fazowego wektora niewyważenia przyjęto w osi symetrii podłużnej ciągnika. Zamieszczone wyniki wskazują na możliwość zmiany powierzchniowego rozkładu wysiewu masy nawozowej. Wykazano, że w przypadku zwiększania szczeliny dozującej, z zachowaniem niezmienności położenia osi symetrii otworu dozującego względem osi podłużnej ciągnika, następuje przemieszczanie kąta fazowego wektora niewyważenia w kierunku przeciwnym do kierunku obrotów tarczy rozsiewacza.

Praktyka regulacji równomierności wysiewu wskazuje na potrzebę dokonania każdorazowej kontroli równomierności dozowania dawki na powierzchnię wysiewu, co pokrywa się z wytycznymi eksploatacyjnymi, które zostały zamieszczone w instrukcji fabrycznej rozsiewacza. Użytkownik rozsiewacza wg subiektywnej oceny jakości rozsiewania granulatu dokonuje każdorazowo własnej korekty zestawów regulacyjnych szczeliny dozującej. Obecnie projektowany jest układ automatycznej kontroli i naprowadzania szczeliny dozującej na kierunek zapewniający symetrię rozkładu wysiewanego granulatu.

WNIOSKI

1. Sygnał drganiowy opraw łożysk tarczy rozsiewacza nawozowego jest sygnałem użytecznym w procesie określenia kierunkowości a tym samym stopnia równomierności dozowania granulatu nawozowego na powierzchnię wysiewu.

2. Istnieje zatem potrzeba automatycznego naprowadzania położenia szczeliny dozującej granulatu na kierunek wyznaczony położeniem wektora niewyważenia względem osi podłużnej agregatu ciągnikowego, co stanowi przedmiot opracowania prototypowego układu automatyki w ramach prac badawczych KIMiA.

3. Dla potrzeb oprogramowania układu automatycznego naprowadzania szczeliny dozującej należy wykonać zestawienie wskazanych w tabeli 1 parametrów drgań w zależności od nastawu dawki i rodzaju nawozu w warunkach równomiernego rozkładu wysiewu.

PIŚMIENNICTWO

1. **Basista G., Cieślowski B.:** Pomiar niewyważenia bębna młócającego kombajnu metodą IRD. Inżynieria Rolnicza, Nr 6/2002, 131-136, 2002.
2. **Cieślowski B.:** Ocena stanu dynamicznego central grzewczo-nawiewnych. Oprac. dla Wydziału Zgrzewalni Karoserii FIAT AUTO POLAND S.A., 2001.
3. **Dziana A., Michniewicz M., Niedźwiedzki A.:** Przekładnie zębate. PWN, 1995.
4. **Linke H.:** Breitenlastverteilung bei Verzahnungen – Berechnung und Diskussion. Maschinenbautechnik N41, Berlin, 1994.
5. Materiały inf.: Metric machinery vibration severity chart. IRD Mechaanalysis Ltd, 1998.
6. Normy: PN-90/N – 0153 Drgania. Metody pomiarów i oceny drgań maszyn, ISO-2372 Dopuszczalne poziomy drgań.

ANALYSIS OF THE VIBRATION PROCESS
OF A FERTILIZER SPREADER DISC*Bogusław Cieślowski*

Department of Mechanical Engineering and Agrophysics, University of Agriculture
ul Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: cibogdan@poczta.onet.pl

Abstract. In the vibration process of the disc drive gear casing of a fertilizer spreader two main amplitude-frequency components of the vibration can be determined:

- disc imbalance,
- secondary imbalance of the disc resulting from point-wise dosage of fertilizer flow.

As a result of the imbalance process there occurs a change in the fertilizer particle trajectory. This has direct influence on the throw range and uniform fertilizer sowing depending on mass quantity of the fertilizer supply to the spreader disc. Analyses carried out show the necessity of fitting vibration signal transducers near the bearing housings of fertilizer spreader disc shaft for continuous monitoring of the condition of the system. Identified vibration parameters in the area of the disc drive will permit the implementation of onboard diagnostics of the quality of the machine operation.

Keywords: vibrations, fertilizer spreader, dynamic model, amplitude-frequency characteristics