

Janusz Bowszyc, Jarosław Tomczykowski
Katedra Inżynierii Procesów Rolniczych
Uniwersytet Warmińsko Mazurski w Olsztynie

BADANIA PARAMETRÓW URZĄDZENIA DO NAPEŁNIANIA SIŁOSU ZASILANEGO PRZEMIENNIKIEM CZĘSTOTLIWOŚCI

Streszczenie

Zbadano możliwość zastosowania przemiennika częstotliwości napięcia do sterowania pracą urządzenia rozrzucającego ziarno w silosach. Eksperyment przeprowadzono na stanowisku badawczym zasypując pszenicą silos o średnicy 6m z wydajnością $2,2 \text{ Mg}\cdot\text{h}^{-1}$. Pomiary wykonano dla trzech wersji: urządzenia nieobciążonego, dociążonego rynną oraz obciążonego rynną z masą ziarna. Stwierdzono, że układ silnik – przemiennik stosowany do napędu urządzenia w zakresie prędkości niższych od znamionowej jest wrażliwy na zmianę obciążenia ziarnem, czego efektem jest istotne zmniejszenie prędkości kątovej. Przemiennik częstotliwości jest przydatny do płynnej regulacji prędkości kątovej urządzeń rozrzucających. Można go instalować w zastępstwie przekładni mechanicznych.

Słowa kluczowe: silosy zbożowe, samosortowanie ziarna, urządzenie rozrzucające

Wstęp

Podczas napełniania silosów występuje zjawisko samosortowania nasion. Negatywny wpływ samosortowania to niejednorodny rozkład zanieczyszczeń oraz nierówna powierzchnia warstwy. Wpływa to na nierównomierny przepływ powietrza, co pogarsza efektywność zabiegów takich jak: suszenie, schładzanie i przewietrzanie. W kraju produkowane są silosy o średnicy 6–12 m, które należy wyposażać w urządzenia rozrzucające. Przeprowadzone badania nad nierównomiernością zasypu pneumatycznego, grawitacyjnego, z zastosowaniem stożków rozsypowych nie potwierdziły oczekiwań co do przydatności tych urządzeń [Jayas 1987; Kowalski 1988]. Równomierny rozkład zanieczyszczeń oraz równą warstwę nasion można uzyskać poprzez stosowanie mechanicznych urządzeń rozrzucających

[Bowszys, Rogowski 2001]. Urządzenie rozrzucające musi posiadać możliwość płynnej regulacji prędkości kątovej rynny rozrzucającej. Zasięg rzutu ziarna podczas napełniania silosu musi być mniejszy od promienia silosu. Zasypywane ziarno nie może uderzać o wewnętrzną powierzchnię płaszcza silosu. Uderzenia nasion powodują ich uszkodzenia mechaniczne oraz ścieranie płaszcza silosu. Silosy zbożowe są urządzeniami uniwersalnymi do przechowywania zbóż, rzepaku, bobiku, kukurydzy. Nasiona tych roślin istotnie różnią się cechami fizycznymi mającymi wpływ na zasięg rzutu poziomego (współczynnik tarcia o rynnę, tarcia wewnętrznego oraz masę właściwą). Przeprowadzone przez Bowszysa, Rogowskiego [2000] badania urządzenia (rys. 1) wykazały, że przy prędkości kątovej 11rad/s dla pszenicy w silosie o średnicy 6 m uzyskano największą równomierność zasypu. Spośród metod stosowanych do zmiany prędkości kątovej silników indukcyjnych najbardziej przydatną do płynnej regulacji rynny rozrzucającej jest metoda zmiany częstotliwości napięcia, którą uzyskujemy poprzez zastosowanie przemiennika częstotliwości [Plamitzer 1992]. Stosując jeden przemiennik częstotliwości można sterować pracą kilku urządzeń rozrzucających zainstalowanych w każdym z silosów magazynu. W przypadku zastosowania przekładni mechanicznych zamontowanych do każdego z urządzeń znacznie zwiększy się koszt inwestycyjny. Zmieniając częstotliwość napięcia przemiennikiem należy znać charakterystykę urządzenia, czyli zmianę prędkości kątovej i mocy w zależności od częstotliwości napięcia.

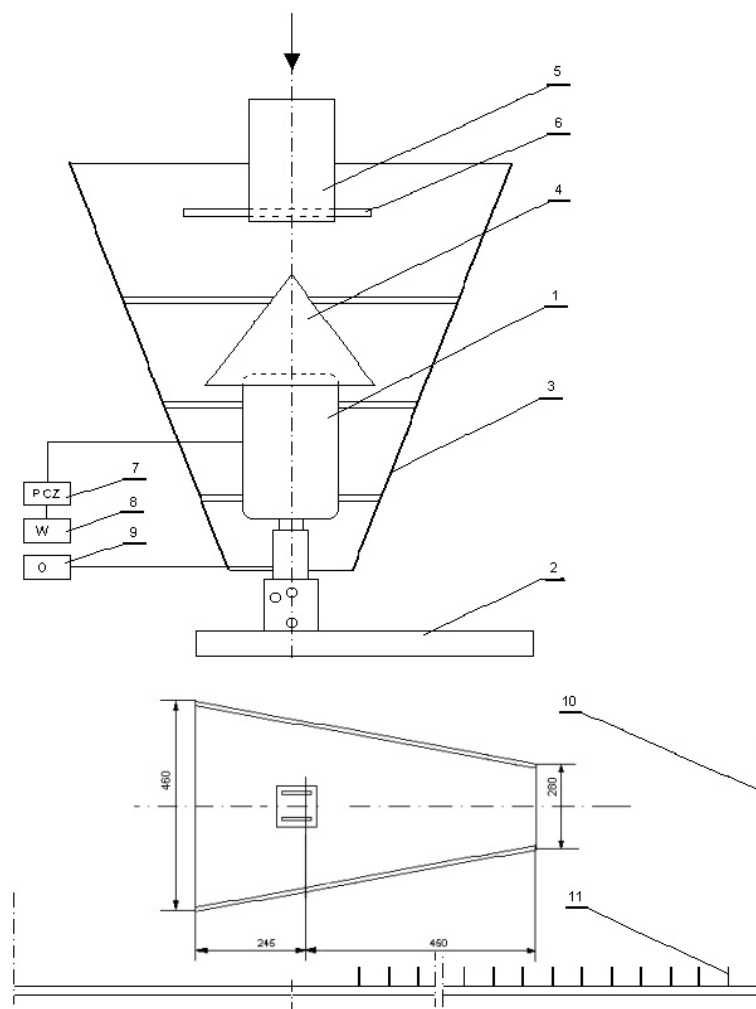
Celem badań było określenie zmiany prędkości kątovej oraz mocy poboru prądu urządzenia rozrzucającego zasilanego przetwornikiem w zależności od częstotliwości. Istotnymi parametrami urządzenia rozrzucającego są funkcje określające zależności:

- prędkość kątową wału silnika od częstotliwości napięcia $n=f(f)$,
- moc prądu pobieranego przez silnik od prędkości kątovej wału silnika $P_0=f(n)$,
- moc prądu pobieranego przez silnik od częstotliwości napięcia $P=f(f)$.

Przebieg funkcji $n=f(f)$, $P_0=f(n)$ oraz $P=f(f)$ wyznaczono dla silnika bez obciążenia oraz obciążonego masą rynny i ziarna.

Metodyka

Do urządzenia rozrzucającego zastosowano przemiennik częstotliwości produkcji krajowej Ośrodka Badawczo Rozwojowego Urządzeń Sterowania Napędów w Toruniu. Po analizie danych technicznych typoszeregu przemienników, wybrano przemiennik PC2110. Posiada on moc znamionową 1,1 kW przy prądzie fazowym 5,7 A, możliwość regulacji częstotliwości w zakresie od 0 do 120 Hz przy rozdzielczości 0,1 Hz. W ramach pracy skonstruowano i wykonano urządzenie rozrzucające z przemiennikiem PC2110, którego budowę przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska do badań równomierności rozrzutu. 1-silnik elektryczny, 2-rynna rozrzucająca, 3-kosz zasypowy, 4-osłona silnika, 5-zasyp, 6-regulator wydajności zasypu, 7-przemiennik częstotliwości, 8-watomierz, 9-obrotomierz, 10-płaszcz silosu, 11-listwa do pomiaru rozkładu masy

Fig. 1. Figure of the testing bench for the spreading regularity study: 1 – an electrical motor, 2 – a spreading chute, 3 – a batching basket, 4 – a motor shield, 5 – batching, 6 – batching efficiency regulator, 7 – a frequency alternator, 8 – a watt meter, 9 – a tachometer, 10 – a silos coat, 11 – a board for weight distribution measurement

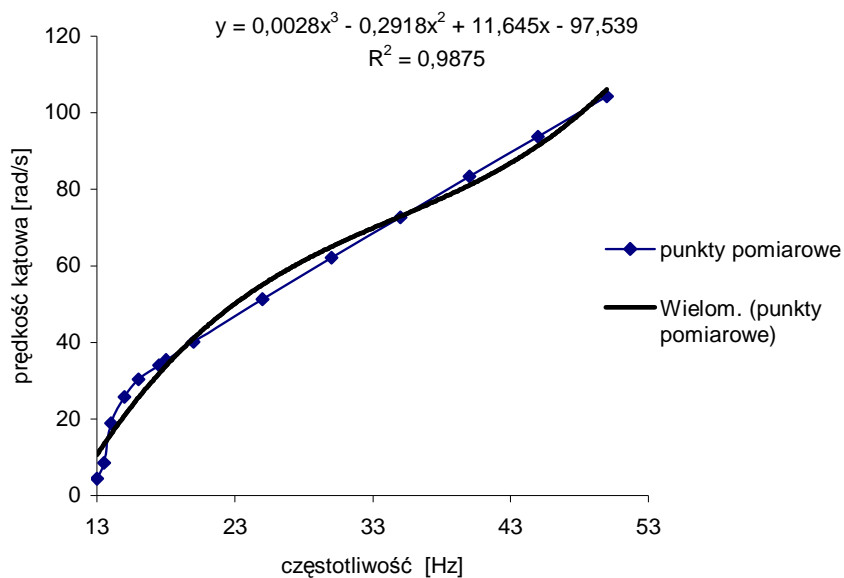
Rynna rozrzucająca (2) napędzana jest silnikiem indukcyjnym (1) o mocy 0,53 kW i prędkości znamionowej 94,2 rad/s. Ziarno zasypywane jest do pojemnika (5), które następnie spływa po stożku (4). Rynna wykonana jest ze stali węglowej o długości ramion 0,45 i 0,25 m. Istnieje możliwość zmiany kąta nachylenia rynny względem osi obrotu. Silnik zasilany jest poprzez przemiennik częstotliwości (7) umożliwiający płynną regulację prędkości obrotowej od 2,1 do 94,2 rad/s. Do pomiaru prędkości kątowej zastosowano obrotomierz DT-2236 o dokładności pomiaru 0,1 rad/s. Moc elektryczną mierzono watomierzem LW-1 z dokładnością do 4 W. Częstotliwość napięcia odczytywano z przemiennika z dokładnością 0,1 Hz. Urządzenie rozrzucające dokładnie scharakteryzowali Bowszys i Rogowski [1999]. Badania parametrów urządzenia wykonano w zakresie częstotliwości napięcia od 13 do 50 Hz.

Materiałem użytym do badań była pszenica „ELENA” o wilgotności względnej 11,1%, masie właściwej 732 kg/m^3 . Kąt naturalnej sypkości materiału wynosił $22,1^\circ$ a tarcia o powierzchnię rynny 22° . Badania prowadzono przy poziomym ustawieniu rynny rozrzucającej. Stosując rynnę dwuramienną (rys. 1) ziarno rozsypywało się pod działaniem siły odśrodkowej w dwóch przeciwnych kierunkach, przez co uzyskiwano zadowalającą równomierność rozrzutu wzdłuż osi symetrii silosu. W badaniach stosowano stałą wydajność zasypu 2,2 Mg/h.

Wyniki badań

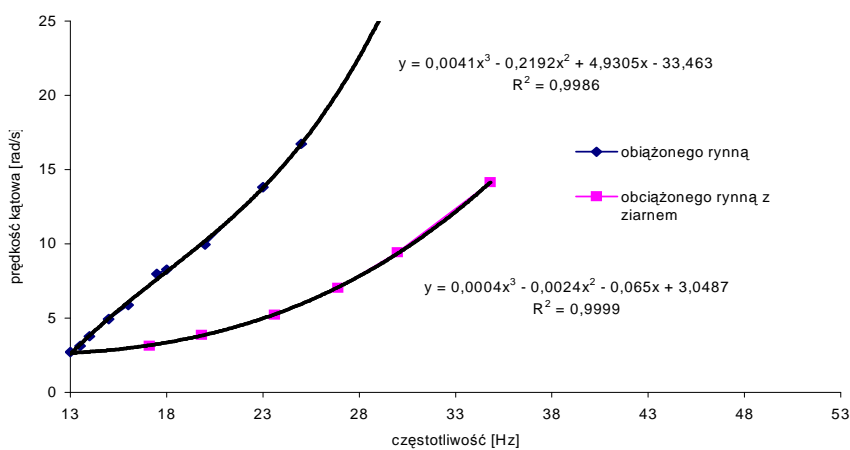
W zakresie częstotliwości 13–50 Hz prędkość kątowa nieobciążonego wału silnika zmieniała się od 4,5 do 104,3 rad/s. Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 2. Obciążając silnik masą rynny rozrzucającej w zakresie zmiany częstotliwości od 13 do 25 Hz prędkość kątowa wału zmieniała się od 2,7–16,8 rad/s. Porównując wyniki z danymi bez obciążenia (rys. 2) stwierdzono, że na skutek obciążenia masą rynny przy częstotliwości 25 Hz nie uzyskano prędkości 51,9 a tylko 16,8 rad/s. Obciążając dodatkowo rynnę masą nasion przy częstotliwości 25 Hz prędkość obrotowa zmniejszyła się do 6,1 rad/s (rys. 3). Analizując przebieg funkcji $n = f(f)$ przedstawionych na rysunku 2 i 3 stwierdzono dużą podatność silnika zasilanego przemiennikiem na obciążenie.

W zakresie niskich prędkości obrotowych przemiennik pracuje z mocą wyjściową niższą od znamionowej zależną od częstotliwości [dokumentacja techniczna 1994]. Zmianę mocy wyjściowej w zależności od częstotliwości napięcia i prędkości obrotowej wału silnika bez obciążenia przedstawiono na rysunku 4. Charakterystykę mocy wyjściowej przemiennika zasilającego silnik obciążony rynną oraz masą ziarna w zależności od prędkości przedstawiono na rysunku 5.



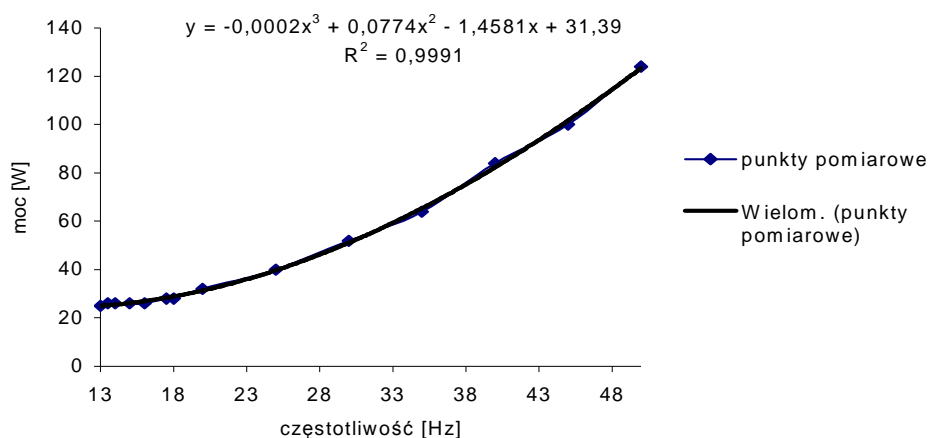
Rys. 2. Zmiana prędkości kątowej wału silnika nieobciążonego w zależności od częstotliwości napięcia

Fig. 2. Changes of the angular velocity of a not-loaded engine shaft according to the voltage frequency



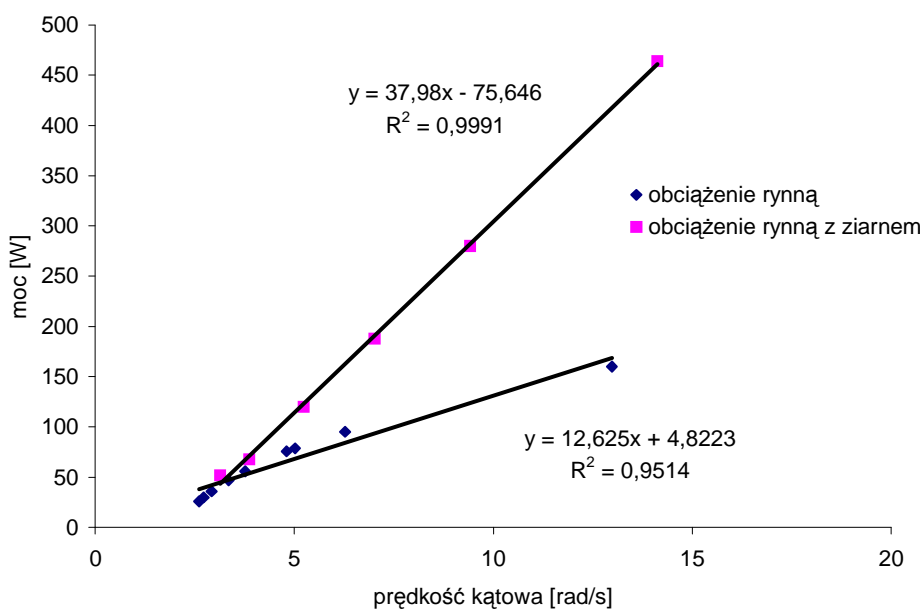
Rys. 3. Zmiana prędkości kątowej wału silnika obciążonego w zależności od częstotliwości napięcia

Fig. 3. Changes of angular velocity of a loaded engine shaft according to the voltage frequency



Rys. 4. Zmiana mocy poboru prądu pobieranego przez układ napędowy w zależności od częstotliwości napięcia zasilającego silnik nieobciążony

Fig. 4. Changes of a power intake by a power transmission according to the frequency of the input voltage of a not- loaded engine



Rys. 5. Zależność między prędkością kątowną a mocą silnika obciążonego

Fig. 5. Relationship between the angular velocity and a power of a loaded engine

Badania wykazały, że prędkość kątowna rynny nie jest wprost proporcjonalna do częstotliwości. Stosując przemiennik do sterowania prędkością urządzenia należy jej wartość ustalać na podstawie funkcji przedstawionych na rys. 3. W zakresie prędkości od 2,7 do 16,8 rad/s silnik pracuje z mocą, której wielkość można obliczyć z zależności przedstawionej na rys. 5. Urządzenie obciążone ziarnem charakteryzowało się kilkukrotnym zwiększeniem mocy pobieranego prądu w porównaniu ze stanem bez obciążenia.

Wnioski

1. Urządzenie rozrzucające zasilane przemiennikiem częstotliwości wykazuje dużą podatność na obciążenie ziarnem, czego efektem jest wyraźne zmniejszenie prędkości kątowej.
2. Do pomiaru prędkości kątowej rynny należy instalować obrotomierze uzupełniając pomiar częstotliwości.
3. Przemiennik częstotliwości jest przydatny do płynnej regulacji prędkości kątowej urządzeń rozrzucających instalowanego w silosach zbożowych. Można go stosować z zastępstwem zębatego przekładni mechanicznych, co zmniejsza koszt budowy magazynu zbożowego.

Bibliografia

Bowszys J., Rogowski J. 1999. Stanowisko do badań równomierności rozrzutu ziarna przy napełnianiu silosów zbożowych. Międz. Konf. Efekt. Ekspl. Systemów Techn. ART. Olsztyn: 380-385.

Bowszys J., Rogowski J. 2000. Badania nad równomiernością zasypu silosów zbożowych z wykorzystaniem rynny rozrzucającej. III Międz. Konf. Nauk. UWM Olsztyn: 29-33.

Bowszys J., Rogowski J. 2001. Preliminary studies on the application on the spreading chute for batching large cereal silos. Acta. Acad. Agricult. Techn. Ols. Technical Sciences. 2: 5-11, Olsztyn.

Dokumentacja techniczna. 1994. Przemiennik częstotliwości. Ośrodek Badawczo Rozwojowy Urządzeń Sterowania Napędów. Toruń.

Jayas. D. S. 1987. Distribution of foreign material in canola bins filled using a spreader or spout. Canadian Agricultural Engineering.2, 172-176.

Kowalski M. 1988. Wstępne badania urządzeń rozrzucających do silosów. Inst. Bud. Mech. i Elektr. Rol. Warszawa, Symbol dok. XXII/990.

Plamitzer A. M. 1972. Maszyny elektryczne. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.

THE STUDIES ON THE PARAMETERS OF THE MACHINE FOR FILLING THE ELEVATOR SUPPLIED WITH FREQUENCY CONVERTER

Summary

The studies focused on the possibility of the application of the voltage frequency converter as the tool for controlling the seed spreading machine in a silo. The experiment was carried out during the process of filling, with the efficiency of $2,2 \text{ Mg}\cdot\text{h}^{-1}$, the silo of a 6 m diameter with wheat. Measurements were done for three different types of machine: not loaded device, the device loaded by a chute or loaded by a chute with seed mass. It was found that the engine – converter system applied as the drive within the range of velocity lower than the rated speed is sensitive to the seed load variations what resulted in the significant decrease of the angular velocity. The frequency converter appeared to be useful for a fluent regulation of the angular velocity of a seed spreading machine. Therefore it could be successfully installed instead of mechanic gear.

Key words: wheat silo, seeds self-sorting, spreading machine