

BADANIE MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PRZETWORNIKA
PIEZOELEKTRYCZNEGO W BADANIACH UDAROWYCH
ZIARNIAKÓW

A. Boguta, W. Pietrzyk

Wydział Elektryczny Katedra Elektrotechniki Ogólnej, Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 38a, 20-618 Lublin
e-mail: artbog@elektron.pol.lublin.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono budowę stanowiska pomiarowego do rejestracji przebiegu siły podczas zderzenia ziarniaka z przeszkodą stałą, oraz opisano metodykę przeprowadzania takich pomiarów. Ponadto zawarto w niej wyniki symulacji zachowania się przetwornika piezoelektrycznego podczas uderzenia, sposób minimalizacji błęd przetwarzania zastosowanego przetwornika, oraz wyniki pomiarów uderzeniowych wybranych nasion.

Słowa kluczowe: przetwornik piezoelektryczny, uderzenie, nasiona, współczynnik restytucji.

WSTĘP

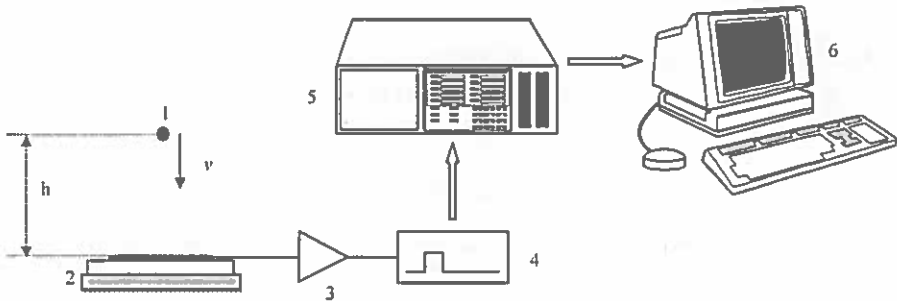
W niektórych procesach technologicznych mamy do czynienia z siłami uderzeniowymi, które działając na obiekt w ciągu bardzo krótkiego przedziału czasu osiągają duże wartości.

Metody obliczeniowe procesu uderzenia muszą opierać się na znajomości właściwości fizycznych zderzających się ciał. W przypadku materiału, jakim są np.: nasiona roślin jest to bardzo trudne, ponieważ mają one strukturę niejednorodną i warstwową, oraz ich właściwości mechaniczne są uzależnione od wilgotności.

W pracy podjęto próbę opracowania i realizacji układu pomiarowego, pozwalającego na rejestrację przebiegu siły, wyznaczenie współczynnika restytucji, i zminimalizowanie błędów metody pomiarowej.

STANOWISKO POMIAROWE

Układ pomiarowy przedstawiono na rysunku 1. Badany obiekt umieszczano na wysięgniku. Wysokość wysięgnika można było regulować w granicach od 5mm do 500mm.



Rys. 1. Schemat blokowy układu pomiarowego siły i czasu zderzenia: 1 - badany obiekt, 2 - przetwornik piezoelektryczny, 3 - wzmacniacz pomiarowy, 4 - układ wyzwalający, 5 - oscyloskop cyfrowy, 6 - komputer system rejestracji wyników.

Fig. 1. Flow chart diagram of the measuring system and impact time: 1 - impact object, 2 - piezoelectric converter, 3 - measuring amplifier, 4 - starting system, 5 - digital oscilloscope, 6 - computer PC.

Zarejestrowany na oscyloskopie cyfrowym (OS4030) przebieg czasowy siły uderzeniowej był zapisywany na dysku komputera. Następnie był on przetwarzany za pomocą programu Grapher oraz Matcad. W programie Grapher wyznaczano wielomian opisujący przebieg siły. Natomiast w programie Mathcad całkowano otrzymany wielomian w określonych przedziałach czasowych, i obliczano stosunek pola S'' do pola S' , który jest współczynnikiem restytucji k [3]:

$$k = S''/S', \quad (1)$$

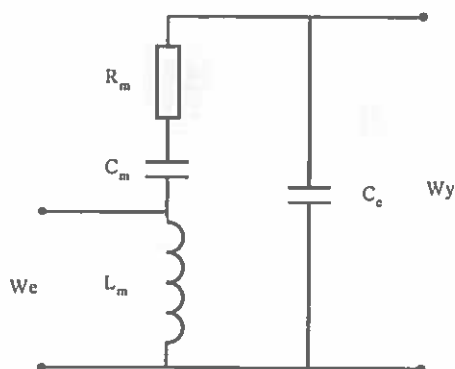
gdzie: S' - impuls siły pierwszej fazy uderzenia,
 S'' - impuls siły drugiej fazy uderzenia.

SYMULACJE I POMIARY

Na rysunku 2 przedstawiono model przetwornika piezoelektrycznego pozwalający na przeprowadzenie symulacji zachowania się przetwornika podczas uderzenia [4,5,6].

Parametry elektryczne elementów składowych przetwornika piezoelektrycznego wyznaczono podczas pomiarów laboratoryjnych i poddano wstępnej symulacji oraz strojeniu w programie SPICE, tak, aby odpowiedź modelu w dziedzinie częstotliwości i czasu odpowiadały rzeczywistemu przetwornikowi pomiarowemu [1,2].

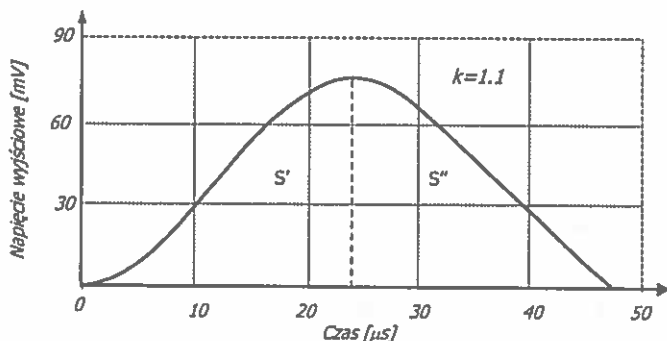
Podczas symulacji odpowiedzi modelu przetwornika na impuls odpowiadający impulsowi siły w uderzeniu sprężystym, stwierdzono odstępstwo od przebiegów teoretycznych.



Rys.2. Schemat zastępczy przetwornika pomiarowego.

Fig.2. Piezoelectric transducer equivalent diagram.

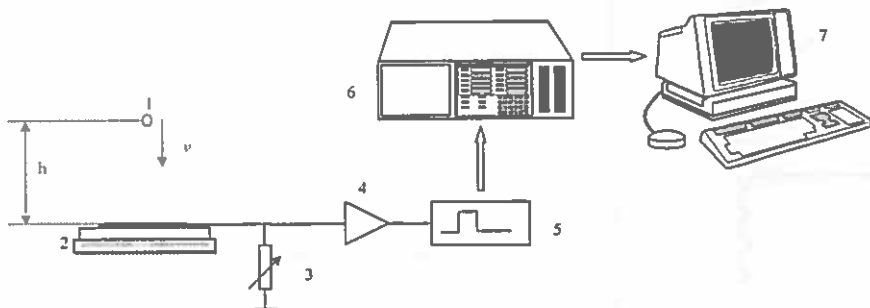
Polegało ono na tym, że obliczony współczynnik restytucji był większy od jedności. Świadczy to o błędzie przetwarzania modelu przetwornika, oraz sugeruje, że taki błąd może wystąpić podczas pomiarów w układzie rzeczywistym. Przykładową symulację odpowiedzi przetwornika na uderzenie przedstawiono na rysunku 3.



Rys.3. Odpowiedź modelu przetwornika na impuls siły.

Fig.3. Piezoelectric transducer model response to force impulse.

Podczas symulacji zauważono, że na wielkość współczynnika restytucji wpływa rezystancja obciążająca przetwornik, co prawdopodobnie wiąże się ze zmianą dolnej częstotliwości granicznej przetwornika. W związku z tym wykonano szereg pomiarów uderzeniowych dla kulki stalowej o stałej energii w chwili uderzenia, dla różnych wartości rezystancji obciążającej przetwornik. Z otrzymanych przebiegów czasowych siły wyznaczono współczynnik restytucji, dla danej rezystancji z przedziału od 500Ω do $1M\Omega$. Pomiarzy przeprowadzono w układzie przedstawionym na rysunku 4.

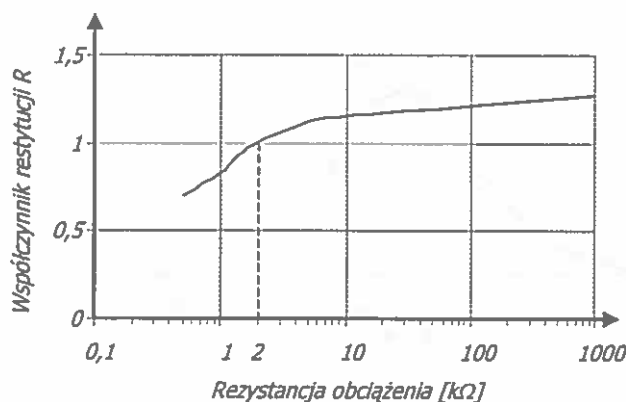


Rys. 4. Układ do pomiaru wpływu obciążenia przetwornika piezoelektrycznego na wartość współczynnika restytucji: 1-kulka stalowa, 2-przetwornik piezoelektryczny, 3-regulowana rezystancja 4-wzmacniacz pomiarowy, 5-układ wyzwalający, 6-oscyloskop cyfrowy, 7-komputer.

Fig. 4. The measuring system for the influence of piezoelectric transducer load on restitution coefficient values. 1. Steel ball, 2. piezoelectric transducer, 3. Adjusted resistance, 4. Measuring amplifier, 5. Trigger system, 6. Digital oscilloscope, 7. Computer.

W pracy przyjęto, że podstawą kalibracji układu jest współczynnik restytucji, który dla uderzenia sprężystego wynosi $k=1$.

Na rysunku 5 przedstawiono wpływ obciążenia przetwornika na wartość współczynnika restytucji. Wynika z niego, że najmniejsze błędy przetwarzania występują przy obciążeniu przetwornika rezystancją $R = 2k\Omega$. Ponadto zauważono, że zewnętrzną rezystancją można korygować błąd pomiarowy wartości współczynnika restytucji. Należy dobrać ją w zależności od użytego przetwornika piezoelektrycznego.

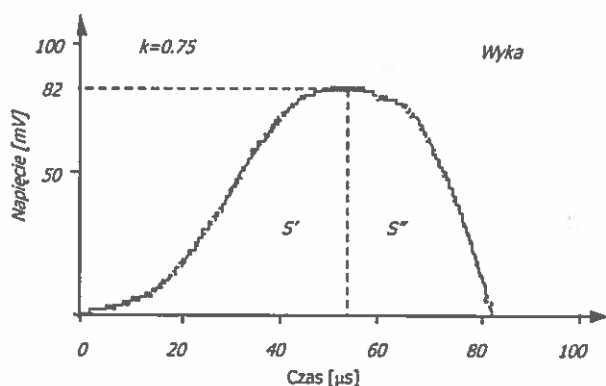


Rys. 5. Wpływ rezystancji obciążenia przetwornika piezoelektrycznego na wartość współczynnika restytucji.

Fig. 5. Presents the influence of transducer load on restitution coefficient values.

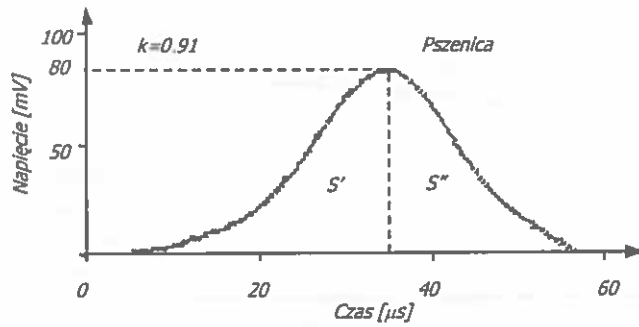
APLIKACJA PRZETWORNIKA PIEZOELEKTRYCZNEGO

Badaniom poddano nasiona roślin uprawnych takich jak: wyka, pszenica, rzepak, i groch. Do pomiarów zastosowano układ pomiarowy przedstawiony na rysunku 4. Pomiarów wykonano w seriach po 30 uderzeń dla każdego z nasion, zrzucającego ze stałej wysokości ($h = 0,2m$). Następnie wyniki zostały uśrednione. Pomiarów zostały wykonane z rezystancją obciążającą przetwornik piezoelektryczny o oporności $2k\Omega$. Otrzymane wyniki pomiarów na rysunkach 6, 7, 8 i 9 wskazują, że wartość współczynnika restytucji nie przekracza jedności. Zauważono ponadto, że wraz ze zmianą wilgotności zmienia się amplituda sygnału otrzymywanego podczas uderzenia, oraz współczynnik restytucji [6].

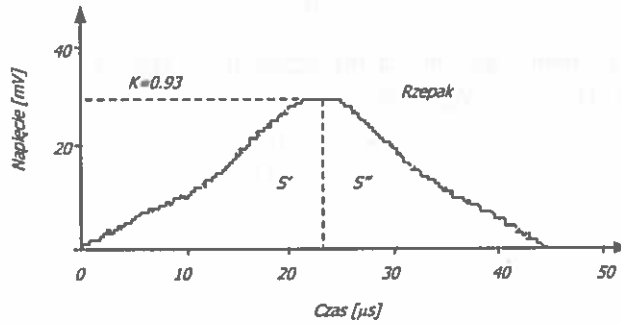


Rys. 6. Przebieg napięcia na zaciskach przetwornika dla uderzenia nasion wyki.

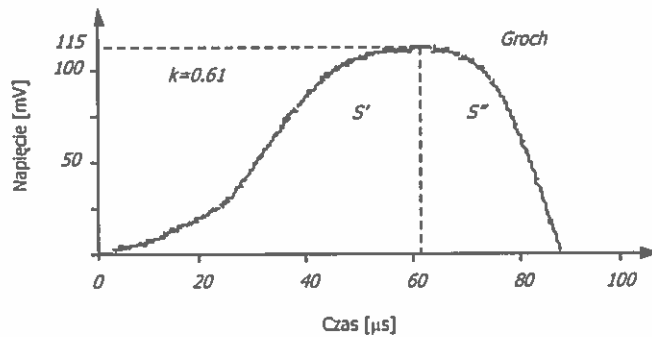
Fig. 6. Voltage waveform at transducer terminals for vetch seed.



Rys. 7. Przebieg napięcia na zaciskach przetwornika dla uderzenia ziarna pszenicy.
Fig. 7. Voltage waveform at transducer terminals for wheat seed.



Rys. 8. Przebieg napięcia na zaciskach przetwornika dla uderzenia nasion rzepaku.
Fig. 8. Voltage waveform at transducer terminals for rape seed.



Rys. 9. Przebieg napięcia na zaciskach przetwornika dla uderzenia nasion grochu.
Fig. 9. Voltage waveform at transducer terminals for pea seed.

WNIOSKI

- Przedstawione stanowisko pomiarowe pozwala na rejestrację przebiegu siły w procesie uderzenia.
- W żadnym z trzech przedstawionych przypadków wartość współczynnika restytucji k nie przekracza jedności.
- Z przeprowadzonych testów wynika, że na dokładność pomiarów mają wpływ parametry układu pomiarowego. W szczególności dotyczy to rezystancji obciążającej przetwornik (rezystancja wejściowa wzmacniacza pomiarowego).
- Zastosowanie dodatkowej rezystancji obciążającej wpływa na zmniejszenie błędu pomiarowego współczynnika restytucji.

PIŚMIENNICTWO

1. Hagel R., Zakrzewski J. Miernictwo dynamiczne. WNT, Warszawa 1984.
2. Szumilewicz B., Słomski B., Styburski W. Pomiary elektroniczne w technice. WNT, Warszawa 1982.
3. Lejko J. Mechanika ogólna. Dynamika. PWN, Warszawa 1997.
4. Gniewińska B., Klimek C. Rezonatory i generatory kwarcowe. WKiŁ. Warszawa 1980.
5. Jagodziński Z. Przetworniki ultradźwiękowe. WKiŁ. Warszawa 1997.
6. Boguta A., Szwed G., Horyński M. Reflection factor changes in some seeds depending on their moisture. TAE 99. Praga, 20-24, 1999.

STUDY ON PIEZOELECTRIC CONVERTER APPLICATIONS IN IMPACT TEST OF GRAIN

A. Boguta, W. Pietrzyk

Department of Electrical Engineering, Technical University,
Nadbystrzycka 38a, 20-618 Lublin
e-mail: artbog@elektron.pol.lublin.pl

Summary: The paper presents the structure of a test stand to register force waveforms during collisions between grain and a solid ousted and the methodology of tests. Moreover, it prades simulation results for piezoelectric converter behaviour during collisions, the method for minimalization of conversion error for the used converter and selected results of grain impact.

Keywords: piezoelectric converter, impact, restitution factor, seeds.