

Projektowanie geometrii sensorów piezoelektrycznych - elektryczna odpowiedź elementu piezoelektrycznego na wymuszenie mechaniczne

JAN SZYMENDERSKI^{1,*} AND PRZEMYSŁAW SAŁAPATA^{2,**}

¹ Politechnika Poznańska, Wydział Elektryczny, pl. Marii Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań

* e-mail: jan.szymenderski@put.poznan.pl

** e-mail: przemyslaw.salapata@student.put.poznan.pl

Copyright 28 listopada 2018

Do napisania streszczenie artykułu.

1. WPROWADZENIE

TODO Do napisania wprowadzenie. Zjawisko piezoelektryczne. Artykuł ma pokazać metodykę projektowania sensorów na konkretnym przykładzie.

[przykład linka Google](#)

2. ZAŁOŻENIA PROWADZONYCH BADAŃ

Źródłem wymuszeń mechanicznych są owalne ciała (bryły sztywne) o masie $m_s = 0.03 \div 1.10\text{g}$ poruszające się torem ruchu przedstawionym na Rys.1. Tor wykonany jest ze stalowej rury i w obszarze A (patrz: Rys.1) następuje sprężysty kontakt ze ścianą toru. Należy nadmienić, że w obszar A uderza 98% poruszających się ciał. W odrębnych badaniach ustalono również, że prędkość ciała w momencie kontaktu wynosi $v_s = 3.0 \div 7.0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Wymuszenia mogą pojawiać się minimalnie w odstępach $T_{smin} = \text{TODO}$.

TUTAJ RYSUNEK TORU RUCHU ZIARNA

Rys. 1. Zakładany tor lotu ciała fizycznego

Założono, że miejscem montażu przetwornika jest obszar A na Rys.1, który stanowi okrąg o średnicy $d_p = \text{TODOmm}$. Dodatkowo promień ugięcia płaszczyzny A wynosi $R_A = \text{TODOmm}$, a kąt padania ciała na tę powierzchnię $\delta_p = 135^\circ$.

Tak ściśle i ciekawie przedstawione założenia stały się dobrym punktem wyjścia do szerzej rozumianych badań. Artykuł na naszkicowanym już przykładzie ukazuje zależność odpowiedzi elektrycznej wybranych przetworników PVDF z energią wymuszenia mechanicznego a przede wszystkim konstrukcją (zwaną także geometrią) układu.

3. METODYKA BADAŃ

Jednym z najważniejszych aspektów badań było ich zaprojektowanie. Tu najlepiej sprawdza się metoda burzy mózgów. Można rzec, że była ona nieodłącznym elementem każdego etapu badań. Na Rys.2. przedstawiono efekt prac nad sposobem realizacji celu eksperymentów. Ważniejszym etapom poświęcono osobny akapit artykułu. Natomiast niewymagającym komentarza napisano krótkie wyjaśnienie.

4. STANOWISKO BADAWCZE

Konstrukcję stanowiska badawczego uzależniono od kilku czynników:

- prostota budowy,
- powtarzalność pomiarów,
- separacja zewnętrznych czynników mogących mieć wpływ na przebieg odpowiedzi elektrycznej,
- możliwość wymiany modelu przetwornika (patrz: Rys.3),
- łatwa zmiana mocowania przetwornika,
- możliwość regulacji energii i pędu wymuszenia mechanicznego w zakresie $E = 0.24 \div 14.4$ oraz $p = 0.12 \div 4.8$ obliczonym na podstawie zależności na pęd i energię kinetyczną z fizyki klasycznej 1.

$$E_s = \frac{m_s \cdot v_s^2}{2} \quad (1)$$

$$p_s = m_s \cdot v_s \quad (2)$$

,gdzie: m_s - masa źródła, v_s - prędkość źródła, E_s - energia kinetyczna źródła, p_s - pęd źródła.

Po podstawieniu danych zawartych w 2 do zależności 1 oraz otrzymano odpowiednio:

$$E_{smin} = \frac{m_{smin} \cdot v_{smin}^2}{2} = \frac{0.03 \cdot 4^2}{2} = 0.24mJ$$

$$p_{smin} = m_{smin} \cdot v_{smin} = 0.03 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0.12 \cdot 10^{-3} \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

$$E_{smax} = \frac{m_{smax} \cdot v_{smax}^2}{2} = \frac{0.80 \cdot 6^2}{2} = 14.4mJ$$

$$p_{smax} = m_{smax} \cdot v_{smax} = 0.80 \cdot 6 = 4.8 \cdot 10^{-3} \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

Biorąc pod uwagę powyższe założenia zdecydowano o zastosowaniu napędu sprężynowego w projektowanym stanowisku. Z tego powodu rozpoczęto pracę od doboru sprężyny. Głównymi kryteriami doboru były współczynnik sprężystości sprężyny oraz jej długość. Na podstawie zależności 3 Wybrano sprężynę o $k = 0.17 \frac{N}{mm}$ i długości $l = 80mm$. Następnie zaprojektowano ¹układ przedstawiony na Rys.3. Element symulujący źródło impulsu mechanicznego przewidziano wykonać z drewnianej sklejki o masie $m_s = 3.60g$. Na zdjęciu Rys.4 przedstawiono również realizację wspomnianego stanowiska.

$$E_s = E_p = k \cdot x^2 \quad (3)$$

,gdzie: E_p - energia potencjalna sprężystości k - współczynnik sprężystości, x - odkształcenie sprężyny.

TUTAJ PROJEKT STANOWISKA

Rys. 3. Projekt stanowiska badawczego.

TUTAJ ZDJĘCIE STANOWISKA

Rys. 4. Realizacja stanowiska badawczego.

Tak skonstruowane stanowisko pozwoliło uzyskać charakterystyki mechaniczne $E(x)$ i $p(x)$ przedstawione na Rys.5. Gdyby wziąć pod uwagę możliwość wymiany sprężyny oraz elementu wprawianego w ruch otrzymanoby całą rodzinę charakterystyk, a przez to większą uniwersalność urządzenia.

CHARAKTERYSTYKA

Rys. 5. Charakterystyka mechaniczna stanowiska badawczego.



Rys. 2. Infografika obrazująca metodykę prowadzonych badań.

¹Szczegółowy projekt stanowiska dostępny pod [adresem](#)

5. SELEKCJA CZUJNIKA

Równolegle z pracami nad stanowiskiem badawczym przeprowadzono przegląd dostępnych na rynku przetworników piezoelektrycznych. Uwagę skoncentrowano przede wszystkim na przetwornikach PVDF^[1]² Do badań wybrano 6 konkretnych produktów (patrz: Rys.6.):

1. Czujnik TODO
2. Czujnik TODO
3. Czujnik TODO
4. Czujnik TODO
5. Czujnik TODO
6. Czujnik TODO

TUTAJ ZDJĘCIE CZUJNIKÓW

Rys. 6. Badane przetworniki piezoelektryczne.

Aby dokonać selekcji przetwornika wybrano najprostszy układ geometryczny (patrz: Rys. 7)

TUTAJ RYSUNEK GEOMETRII CZUJNIKA

Rys. 7. Konstrukcja pozwalająca na selekcję przetwornika piezoelektrycznego.

6. OPTIMALIZACJA UKŁADU GEOMETRYCZNEGO

7. PODSUMOWANIE

LITERATURA

1. F. S. Ingraham and D. F. Wooley, "Polyvinylidene fluoride," Ind. & Eng. Chem. **56**, 53–55 (1964).

²Polifluorek winylidenu - materiał piezoelektryczny charakteryzujący się elastycznością.