



Urządzenie do pozyskiwania energii elektrycznej z drgań mechanicznych

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do pozyskiwania energii elektrycznej z drgań mechanicznych.

5

Dotychczas znane rozwiązania konstrukcyjne piezoelektrycznych układów do pozyskiwania energii z drgań mechanicznych koncentrują się na wykorzystaniu drgań do generowania napięcia w czujniku piezoelektrycznym. Najczęściej stosowane są układy oparte na belkach z przymocowanymi do nich piezoelektrykami, które przekształcają energię drgań mechanicznych na energię elektryczną dzięki efektowi piezoelektrycznemu. W ostatnich latach rozwijane są również bardziej złożone struktury, takie jak układy rezonansowe, układy wielowarstwowe lub układy sprzężone, które pozwalają na efektywniejsze pozyskiwanie energii.

10

W opisie patentowym [KR102141074B1](#) przedstawiono piezoelektryczny system pozyskiwania energii z drgań mechanicznych, wykorzystujący magnetyczne sprzężenie belek w celu poszerzenia zakresu częstotliwości pracy układu. Dzięki zastosowaniu dodatkowych magnesów system może efektywnie dostrajać się do różnych częstotliwości drgań, co zwiększa jego wydajność w zmieniających się warunkach pobudzenia. Magnetyczne sprzężenie belek dodatkowo stabilizuje układ, co prowadzi do zwiększenia ilości generowanej energii. Pomimo że każda z belek charakteryzuje się inną częstotliwością własną, dzięki sprzężeniu magnetycznemu, gdy jedna z belek drga przy częstotliwości rezonansowej, pozostałe sprzężone belki również wpadają w drgania niegasnące. Taka praca układu pozwala na generowanie energii w szerszym zakresie częstotliwości. W zależności od konfiguracji, układ może działać z belkami ustawionymi poziomo lub pionowo. Dodatkowym atutem systemu jest możliwość generowania energii nie tylko dzięki efektowi piezoelektrycznemu, ale także z pola magnetycznego wytwarzanego przez magnesy tworzące sprzężenie magnetyczne.

15

20

25

W opisie zgłoszenia patentowego [KR20230072090A](#) przedstawiono piezoelektryczny układ do pozyskiwania energii z drgań mechanicznych wykorzystujący w swoim działaniu sprzężenie mechaniczne pomiędzy poszczególnymi elementami belkowymi. Kluczowym aspektem tego rozwiązania jest to, że belki połączone są w taki sposób, aby mogły pracować synchronicznie uzyskując w ten sposób większą ilość pozyskanej energii z otoczenia. W tym celu, belki zamontowane są na wspólnym wsporniku, dlatego wprowadzenie go w drgania, powoduje ruch oscylacyjny przymocowanych do niego belek z czujnikami piezoelektrycznymi. Dodatkowo, zastosowane sprzężenie mechaniczne belek pomaga w adaptacji do zmiennych warunków pobudzania i uzyskiwanie dużej porcji energii przy różnych częstotliwościach pobudzenia. W zależności od zastosowania układu w praktyce, istnieje możliwość konfiguracji belek, np. poprzez dostosowanie ich długości oraz kierunku montażu wpływając w ten sposób na zmianę momentu gnącego działającego na układ belkowy. Dodatkowo, adaptacja częstotliwości rezonansowej belek składowych odbywa się poprzez umiejscowienie dodatkowych mas na ich powierzchni.

30

35

W publikacji H.K. Zou i inni „Design and experimental investigation of a magnetically coupled vibration energy harvester using two inverted piezoelectric cantilever beams for rotational motion”, Czasopismo Energy Conversion and Management nr 148, 2017, s. 1391-1398 przedstawiono układ piezoelektryczny do pozyskiwania energii z drgań mechanicznych wykorzystujący w swoim działaniu sprzężenie magnetyczne pomiędzy dwoma elementami belkowymi, na końcach których umieszczone są magnesy stałe. Obydwa elementy belkowe umieszczone są do siebie naprzeciwległe, oraz dodatkowo ich końce zamocowane są do wspólnej belki, której środek ciężkości jest przymocowany do wałka silnika elektrycznego. Zatem, w układzie sprzężenie magnetyczne belek jest wspomagane poprzez ruch obrotowy silnika potęgując efekt nieliniowy podczas interakcji magnetycznych. Zastosowany zabieg ma na celu znalezienie optymalnej prędkości obrotowej, przy której nastąpi największy uzysk energii elektrycznej.

W publikacji B. Ambrożkiewicz i inni „Ceramic-Based Piezoelectric Material for Energy Harvesting Using Hybrid Excitation”, Materials nr 14, 2021, 5816 przedstawiono układ piezoelektryczny do pozyskiwania energii z drgań mechanicznych i przepływu powietrza wykorzystujący w swoim działaniu zmienny przekrój oscylatora, który zmieniał się wzdłuż tworzącej z kwadratu w okrąg. Belka, na której zamontowany był oscylator była zamontowana jednostronnie do wzdłużnego elementu przymocowanego do wzbudnika drgań mechanicznych. Układ do pozyskiwania energii jak i sama belka, do której był on zamocowany znajdowały się w komorze badawczej tunelu aerodynamicznego. Wówczas możliwe były testy z dwoma rodzajami pobudzenia w formie drgań mechanicznych o zmiennej częstotliwości oraz poprzez kontrolowaną zmianę prędkości przepływu powietrza. Zewnętrzne pobudzenie w hybrydowej formie daje pewną elastyczność dla układu i wykorzystania jego pełnego potencjału poprzez zmaksymalizowanie pozyskanej energii z czujnika piezoelektrycznego wskutek dopasowania częstotliwości drgań i prędkości przepływu powietrza do częstotliwości rezonansowej oscylatora.

W publikacji R. Roy i inni „Nonlinear dynamics of magnetically coupled double beam based piezoelectric energy harvester under galloping excitation”, Sensors and Actuators: A. Physical nr 371, 2024, 115288 przedstawiono układ piezoelektryczny do pozyskiwania energii z drgań mechanicznych wykorzystujący w swoim działaniu sprzężenie magnetyczne pomiędzy dwoma elementami belkowymi, które są do siebie zamocowane w sposób prostopadły. Sprzężenie magnetyczne wywołane jest przez magnesy zamontowane na powierzchni górnej i dolnej oscylatorów. Siła sprzężenia magnetycznego i jej pozytywny efekt zależy od prędkości wiatru od odległości pomiędzy magnesami, dzięki czemu generowane jest napięcie o większej amplitudzie. Dzięki swojej konstrukcji i możliwości jej dostosowania do zmiennych warunków pobudzenia, układ może również pracować przy niskich prędkościach wiatru.

W opisie zgłoszenia patentowego [CN109039156A](#) przedstawiono piezoelektryczny układ do pozyskiwania energii z drgań mechanicznych wykorzystujący w swoim działaniu sprzężenie mechaniczne pomiędzy dwoma elementami belkowymi, w którego pracy wykorzystywane są dwa typy obciążeń, tj. zginanie i skręcanie. Połączenie dwóch typów obciążeń powoduje zwiększanie amplitudy drgań układu a w efekcie prowadzi do zwiększenia ilości pozyskanej energii. Głównym założeniem pracy

układu jest możliwość regulacji długości belki oraz pozycji sprzężonych z nimi mas, tak aby dostosować w elastyczny sposób częstotliwość rezonansową układu do częstotliwości wymuszenia. Występowanie dwóch mas w układzie prowadzi do występowania zjawiska podwójnego rezonansu, którego wartość jest odmienna dla obydwu z nich. Urządzenie jest przeznaczone zarówno do drgań mechanicznych oraz wymuszeń powstałych wskutek przepływu powietrza. Dzięki możliwości dostosowania konstrukcji do zmiennych warunków pobudzania, układ może również pracować przy niskich prędkościach wiatru.

Problemem o charakterze technicznym wymagającym rozwiązania jest nieefektywne zginanie materiału piezoelektrycznego stosowanego w układach do pozyskiwania energii elektrycznej z drgań mechanicznych. Zaleca się, aby w trakcie drgań oscylatora następowało zginanie materiału piezoelektrycznego na całej jego długości z jak największym odkształceniem (w granicach jego wytrzymałości).

Rozwiązania proponowane do tej pory umożliwiały mocowanie lub przyklejanie materiałów piezoelektrycznych na belkach, które podczas drgań oscylatora wyginały się bardziej w miejscach poza działaniem materiału piezoelektrycznego a sam materiał piezoelektryczny na swojej długości był poddawany zróżnicowanym naprężeniom co wpływało na nieefektywną jego pracę. Natomiast, sam układ w przypadku równomiernego zginania belki na całej swojej długości, mógłby generować potencjał elektryczny o znacznie większej wartości.

Celem wynalazku jest zwiększenie efektywności pracy materiałów piezoelektrycznych stosowanych w urządzeniach do pozyskiwania energii elektrycznej z drgań mechanicznych poprzez opracowanie mechanizmu intensyfikującego zginanie belek z materiałami piezoelektrycznymi.

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do pozyskiwania energii elektrycznej z drgań mechanicznych posiadające maszt, z zamocowaną do niego poprzecznie belką główną, na której końcu zamocowany jest wzbudnik drgań.

Istotą wynalazku jest to, że do belki głównej pomiędzy jej końcami zamocowana jest oś, która zamocowana jest swoimi końcami do skrzydeł ramy, ułożonych równoległe do belki głównej w ten sposób, że połączenie to jest obrotowe. Do każdego skrzydła ramy zamocowana jest swoim końcem belka, która swoim drugim końcem zamocowana jest do osi wspólnej, do której pomiędzy belkami, zamocowany jest obrotowo drugi koniec belki głównej. Skrzydła ramy zamocowane są na sztywno do masztu tudzież do belki zamocowany jest element z materiałem piezoelektrycznym. Belka główna wykonana jest z materiału o większej sztywności niż materiał belek. Natomiast długość belki głównej pomiędzy mocowaniem wzbudnika drgań a zamocowaniem osi jest większa od odległości pomiędzy mocowaniem osi a mocowaniem osi wspólnej.

Opcjonalnie:

- belka zamocowana jest do skrzydła ramy na sztywno albo obrotowo.
- belka połączona jest z osią wspólną połączeniem obrotowym albo sztywnym.
- oś wspólna połączona jest z belką główną połączeniem obrotowym albo sztywnym.

- pierwszy element z materiałem piezoelektrycznym zamocowany jest do pierwszej belki od pierwszej strony, zaś drugi element z materiałem piezoelektrycznym zamocowany jest do drugiej belki od przeciwnej strony.
- elementy z materiałem piezoelektrycznym zamocowane są do belek po obydwu ich stronach.

5

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest uzyskanie prawidłowego zginania materiałów piezoelektrycznych oraz zwielokrotnienie siły zginającej belki, na których zamocowane są materiały piezoelektryczne. Ponadto, montaż zginanych belek na wspólnej osi powoduje jego płynne działanie a dodatkowo montaż dwóch elementów piezoelektrycznych zwiększa dwukrotnie generowany potencjał elektryczny.

10

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania jest uwidoczniony na rysunku, na którym poszczególne figury przedstawiają:

fig. 1 – Widok izometryczny urządzenia w pozycji nieodkształconej,

15 fig. 2 – Widok izometryczny urządzenia w pozycji odkształconej,

fig. 3 – Widok z boku urządzenia w pozycji nieodkształconej,

fig. 4 – Widok z boku urządzenia w pozycji odkształconej,

fig. 5 – Przekrój urządzenia w pozycji nieodkształconej wzdłuż linii A-A z fig. 3,

fig. 6 – Przekrój urządzenia w pozycji odkształconej wzdłuż linii B-B z fig. 4.

20

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania składa się z masztu 1, z zamocowaną do niego poprzecznie i belką główną 2, na której końcu zamocowany jest wzbudnik drgań 3. Do belki głównej 2 pomiędzy jej końcami zamocowana jest oś 4, która zamocowana jest swoimi końcami do skrzydeł ramy 5.1, 5.2, ułożonymi równoległe do belki głównej 2. Połączenie pomiędzy belką 2 a skrzydłami ramy 5.1, 5.2 jest obrotowe. Do każdego skrzydła ramy 5.1, 5.2 zamocowana jest swoim końcem belka 6.1, 6.2, która swoim drugim końcem zamocowana jest do osi wspólnej 7, do której pomiędzy belkami 6.1, 6.2, zamocowany jest obrotowo drugi koniec belki głównej 2. Skrzydła ramy 5.1, 5.2 zamocowane są na sztywno do masztu 1. Do belki 6.1, 6.2 zamocowany jest połączeniem klejowym element z materiałem piezoelektrycznym 8.1, 8.2.

30 W różnych odmianach wykonania belka 6.1, 6.2 zamocowana jest do skrzydła ramy 5.1, 5.2 na sztywno albo obrotowo. Belka 6.1, 6.2 połączona jest z osią wspólną 7 połączeniem obrotowym albo sztywnym. Oś wspólna 7 połączona jest z belką główną 2 połączeniem obrotowym albo sztywnym.

Pierwszy element z materiałem piezoelektrycznym 8.1 zamocowany jest do pierwszej belki 6.1 od pierwszej strony. Drugi element z materiałem piezoelektrycznym 8.2 zamocowany jest do drugiej belki 35 6.2 od przeciwnej strony albo elementy z materiałem piezoelektrycznym 8.1, 8.2 zamocowane są do belek 6.1, 6.2 po obydwu ich stronach.

Działanie urządzenia do pozyskiwania energii elektrycznej z drgań mechanicznych polega na tym, że drgania wzbudnika drgań 3 powodują kątową zmianę położenia drugiego końca belki głównej 2 względem osi 4 a jednocześnie powoduje to zmianę położenia osi wspólnej 7 poprzez jej przemieszczenie w kierunku poprzecznym do płaszczyzny skrzydeł ramy 5.1, 5.2. Zmiana położenia osi wspólnej 7 powoduje zginanie belek 6.1, 6.2 pomiędzy ich mocowaniem w ramie a osią wspólną 7. Zginanie belek 6.1 i 6.2 podczas drgań wzbudnika drgań 3 powodują jednoczesne zginanie elementu z materiałem piezoelektrycznym 8.1 i 8.2. Odległość R_1 pomiędzy osią wspólną 7 a osią 4 jest mniejsza niż długość belek 6.1 i 6.2. Połączenie ze sobą końców belki głównej 2 oraz końców belki 6.1 i 6.2 za pomocą osi wspólnej 7 powoduje zwiększenie ugięcia belek 6.1 i 6.2, które muszą w podanym układzie podążać po mniejszym promieniu R_1 z uwagi na większą sztywność i wytrzymałość belki głównej 2. Dodatkowym efektem opracowanego urządzenia jest zwielokrotnienie siły zginającej belki 6.1 i 6.2 z zamocowanymi elementami z materiałem piezoelektrycznym 8.1 i 8.2. Ze względu na to, że część belki głównej 2 mierzona pomiędzy wzbudnikiem drgań 3 a osią 4 jest dłuższa od jej drugiej części mierzonej od osi 4 do osi wspólnej 7 to siły działające na wzbudnik drgań 3 są przełożone na zginanie belek 6.1 6.2 z wartością tyle razy większą ile razy większa jest część po stronie wzbudnika drgań 3.

RZECZNIK PATENTOWY

Maciej Nowicki
mgr inż. Maciej Nowicki

Nr wp. 3476

Wykaz oznaczeń:

- 1 maszt
- 2 belka główna
- 3 wzbudnik drgań
- 4 oś
- 5.1 skrzydło ramy
- 5.2 skrzydło ramy
- 6.1 belka
- 6.2. belka
- 7 oś wspólna
- 8.1 element z materiałem piezoelektrycznym
- 8.2 element z materiałem piezoelektrycznym
- 9 mocowanie masztu
- 10.1 docisk
- 10.2 docisk