

Możliwości zastosowania czujników samozasilających się przeznaczonych do pracy w podziemiach kopalń

W artykule odniesiono się do sposobu zasilania czujników używanych do monitorowania inteligentnych maszyn i budynków. Omówiono coraz częściej stosowane czujniki z „autozasilaniem”, które wykorzystują do zasilania swoich struktur energię wygenerowaną podczas zjawisk fizycznych, takich jak: przepływ ciepła, drgania lub promieniowanie słoneczne (ang. energy harvesting – pozyskiwanie energii). Przedstawiono możliwości wdrożenia systemu czujników samozasilających się w odniesieniu do maszyn stosowanych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, w tym w systemach automatyki oraz diagnostyki maszyn i urządzeń górniczych.

1. WPROWADZENIE

Rozwój systemów monitorowania oraz automatyzacji maszyn i urządzeń górniczych wymusza opracowywanie i wdrażanie inteligentnych rozwiązań. W przypadku pracy urządzeń w przestrzeniach zagrożonych wybuchem wymagane jest stosowanie specjalnych konstrukcji, zgodnych z wymaganiami dyrektywy ATEX. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. (Dz. U. Nr 263, poz. 2203) urządzenia i systemy ochronne przeznaczone do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem muszą posiadać odpowiednie zabezpieczenia w postaci budowy przeciwwybuchowej. W tym zakresie aktem prawnym, obowiązującym w całej Unii Europejskiej, jest Dyrektywa 94/9/WE (ATEX). Wymagania ogólne dotyczące konstrukcji urządzeń elektrycznych stosowanych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem zawarto w normie PN-EN 60079-0, zharmonizowanej z dyrektywą ATEX. Obecnie coraz popularniejsze stają się rozproszone systemy sterowania, bazujące na sieciach przemysłowych (np. zbudowanych w oparciu o magistralę CAN), które umożliwiają ograniczenie liczby przewodów. W praktyce konieczne jest jednak prowadzenie przewodu sieciowego oraz zasilającego (często w jednym kablu). Stosowane są również czujniki,

które komunikują się za pomocą sieci bezprzewodowej, wymagają jednak również prowadzenia przewodu zasilającego (opcjonalnie zasilane są bateryjnie).

W układach monitorowania maszyn i inteligentnych budynków coraz popularniejsze stają się czujniki z „autozasilaniem”, wykorzystujące do zasilania energię generowaną podczas zjawisk fizycznych, takich jak przepływ ciepła, drgania czy promieniowanie słoneczne (ang. energy harvesting – pozyskiwanie energii). Przeprowadzona analiza stosowanych rozwiązań wykazała, że istnieją możliwości ich wykorzystania w systemach automatyki oraz diagnostyki maszyn i urządzeń dla górnictwa. Można wskazać następujące możliwości ich zastosowania [1]:

- modernizacja istniejących układów sterowania,
- przesyłanie sygnałów pomiarowych z ruchomych elementów maszyn,
- przenośne zestawy diagnostyczne.

2. METODY POZYSKIWANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ WYKORZYSTYWANE W KONSTRUKCJI CZUJNIKÓW

Przeprowadzona analiza dostępnej literatury [3, 4] oraz istniejących rozwiązań nieprzeznaczonych do urządzeń pracujących w przestrzeniach zagrożonych

wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego [5, 8, 9, 10, 11] wskazała na możliwości budowy systemu czujników samozasilających się. W zakresie pozyskiwania energii z drgań mechanicznych przeanalizowano rozwiązania przetworników elektromagnetycznych oraz piezoelektrycznych jako potencjalnych źródeł zasilania czujników wchodzących w skład systemu [5, 7, 8, 9, 10, 11]. Przeanalizowano również rozwiązania z zakresu przetworników termoelektrycznych oraz fotowoltaicznych [2].

Przetwornik elektromagnetyczny wykorzystuje prawo Faradaya mówiące o tym, że w przewodniku umieszczonym w zmiennym polu magnetycznym indukuje się siła elektromotoryczna. Zmienne pole magnetyczne wytwarzane jest najczęściej przez poruszające się magnesy, natomiast rolę przewodnika pełnią odpowiednio zbudowane układy cewek. Firma Tremont Electric przedstawiła sposób zastosowania

przetwornika elektromagnetycznego w formie przenośnej ładowarki nPower® PEG (rys. 1a) [10], która może być wykorzystana jako ładowarka w trakcie marszu (podczas minimalnego ruchu wytwarza sygnał o mocy 1 mW).

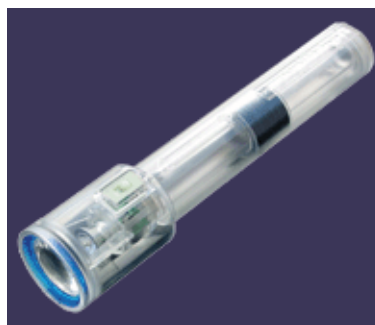
Kolejnym przykładem zastosowania przetwornika elektromagnetycznego są latarki elektromagnetyczne [11] (*Electromagnetic Flashlight* – rys. 1b), niewymagające stosowania zasilania bateryjnego. Generowana energia elektryczna jest gromadzona w kondensatorze. Wadą urządzenia jest potrzeba gwałtownego potrząsania nim przez przynajmniej dwie minuty w celu naładowania kondensatorów. Zgromadzona energia wystarcza na kilka minut świecenia.

Przykładem urządzenia wykorzystującego działanie przetwornika elektromagnetycznego jest również czujnik drgań PMG17 firmy Perpetuum (rys. 2) [9]. Wykorzystuje on drgania mechaniczne maszyn zasilanych napięciem przemiennym.

a)

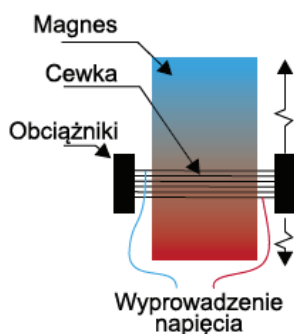


b)



Rys. 1. a) nPower® PEG [10], b) latarka elektromagnetyczna (*Electromagnetic Flashlight*) [11]

a)



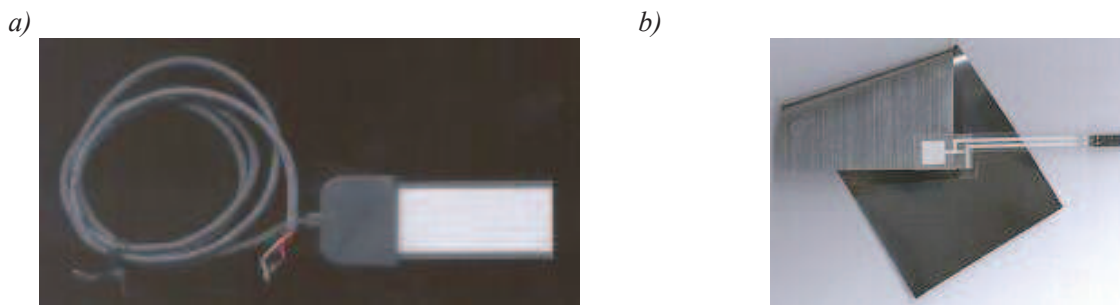
b)



Rys. 2. Czujnik drgań PMG17 [9]: a) schemat działania PMG17; b) widok ogólny

Przetworniki piezoelektryczne wykorzystują zjawisko polegające na wytwarzaniu, pod wpływem naprężeń mechanicznych, ładunków elektrycznych na powierzchni materiału piezoelektrycznego. Element piezoelektryczny jest umieszczany w urządzeniu w taki sposób, aby zapewnić maksymalne wykorzystanie energii zjawisk mechanicznych wstępujących

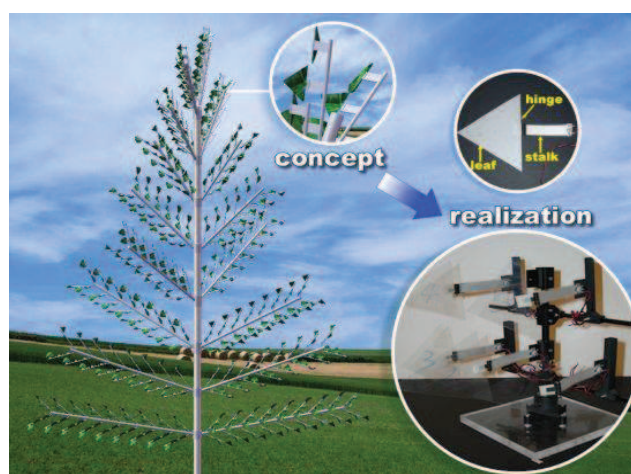
w urządzeniu [3, 4]. Na rys. 3. przedstawiono elementy piezoelektryczne wykorzystywane do generowania energii w wyniku odkształceń mechanicznych, tj. czujnik z piezolaminatu przeznaczony do monitorowania maszyn, detekcji emisji akustycznej i ponadakustycznej, czyli wykrywania drgań i uderów (3a), oraz folię z piezolaminatu (3b).



Rys. 3. Czujnik do wykrywania drgań i uderzeń: a) czujnik z piezolaminatu [5]; b) piezofolia [8]

Ciekawostką z zakresu możliwości zastosowania przetworników piezoelektrycznych jest koncepcja

„piezoelektrycznego drzewa” generującego energię podczas podmuchu wiatru (rys. 4) [7].



Rys. 4. Piezoelektryczne drzewo [7]

Przetworniki fotoelektryczne stanowią kolejną grupę, która może zostać zastosowana w procesie budowy elementów systemu. Przetworniki fotoelektryczne przetwarzają energię promieniowania słonecznego w energię elektryczną w wyniku zjawiska fotowoltaicznego, które polega na przemieszczeniu na złączu p-n nośników ładunków elektrycznych pomiędzy pasmami energetycznymi pod wpływem fotonów. Przemieszczenie się ładunków powoduje powstanie różnicy potencjałów, a tym samym – napięcia elektrycznego.

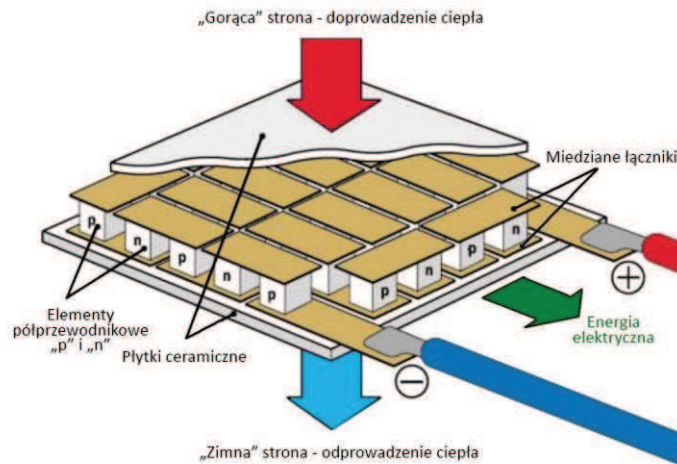
Przetworniki te znajdują zastosowanie w ogniwach fotowoltaicznych. Wykorzystuje się je do budowy baterii słonecznych. Składają się one z połączonych szeregowo ogniw w liczbie, która pozwala generować prąd o użytecznym natężeniu.

Przetworniki termoelektryczne – rekuperacja energii cieplnej. Zjawisko rekuperacji polega na odzyskiwaniu energii cieplnej [2]. Do przetworzenia np. energii cieplnej na elektryczną wykorzystuje się termogeneratory – urządzenia, które produkują energię elektryczną na skutek różnicy temperatur i wywołanej tą różnicą przepływu strumienia energii ciepl-

nej. Można wyróżnić dwa główne typy termogeneratorów – oparte o efekt Seebecka (ogniwa Peltiera) oraz wykorzystujące zjawisko zachodzące w silniku Stirlinga.

Ogniwa Peltiera bazują na zjawisku termoelektrycznym Seebecka (efekt Seebecka), polegającym na powstawaniu siły elektromotorycznej (zwanej też siłą termoelektryczną) w obwodzie złożonym z dwóch różnych materiałów, których styki mają różne temperatury [2]. Jest ono wynikiem zależności kontaktowej różnicy potencjałów między materiałami od temperatury. Napięcie kontaktowe powstaje wskutek dyfuzji przez powierzchnię kontaktu elektronów z jednego materiału do drugiego [2].

Współczesne ogniwo Peltiera to dwie cienkie płytki z termoprzewodzącego materiału izolacyjnego (ceramika tlenków glinu), pomiędzy którymi umieszczono szeregowy stos elementarnych półprzewodników, naprzemiennie typu „p” i „n” (rys. 5). Półprzewodniki, w formie „słupków” wykonanych z tellurku bizmutu zmieszanego odpowiednio z antymonem i selenem, połączone są szeregowo dzięki miedzianym ścieżkom na wewnętrznych powierzchniach płytek, stanowiących ceramiczną obudowę.



Rys. 5. Budowa i zasada działania ogniwa Peltiera [2]

3. WYKORZYSTANIE WARUNKÓW PRACY MASZYN

Projektowanie oraz modernizacja układów sterowania maszyn górniczych wymaga opracowania nowatorskiego sposobu prowadzenia przewodów zasilająco-sterowniczych, w odpowiedniej przestrzeni, bez ryzyka ich uszkodzenia. Sposobem na rozwiązanie takich wymagań może być zastosowanie czujników z „autozasilaniem”, wykorzystujących np. energię ruchu obrotowego, drgań mechanicznych lub z przepływu ciepła.

Wytworzenie energii może wynikać z [1]:

- ruchu obrotowego części maszyn – i być wykorzystane do określania:
 - temperatury krążników przenośnika taśmowego – energia wynikająca z obrotu krążnika służy do zasilania czujnika temperatury (prądnica wewnątrz krążnika); czujnik taki może mieć duże znaczenie w ochronie przeciwpożarowej,
 - położenia ładowarki kombajnu ścianowego – ze względu na ograniczenia związane z prowadzeniem przewodu można zastosować enkoder absolutny, zasilany energią powstającą w wyniku ruchu obrotowego ładowarki; ze względu na niewielki kąt przemieszczania ładowarki oraz duży moment obrotowy wymagane będzie wykonanie przekładni multiplikującej obroty,
 - położenia wysięgnika kombajnu chodnikowego – podobnie jak w przypadku ładowarki kombajnu ścianowego, możliwe jest zastosowanie samozasilającego się enkodera mierzącego położenie wysięgnika (konieczna multiplikacja obrotów),
 - położenia czepaka ładowarki – podobnie jak w wyżej wymienionych przypadkach, możliwe jest zastosowanie samozasilającego się enkodera absolutnego mierzącego położenie czepaka (konieczna

multiplikacja obrotów); dodatkowo czujnik mógłby zostać wyposażony w układ tensometryczny lub element do pomiaru ciśnienia, służący do określania masy urobku transportowanej w czepaku,

- energii drgań mechanicznych – i być wykorzystane do określania:
 - temperatury wybranych węzłów konstrukcyjnych maszyn – w przypadku maszyn możliwe jest wykorzystanie energii drgań do zasilania sensorów mierzących temperaturę; stwarza to możliwość pomiaru temperatury w dowolnym miejscu oraz zmianę położenia czujnika w trakcie eksploatacji maszyny,
 - ciśnienia w układzie hydraulicznym – wykorzystanie energii generowanej w wyniku drgań do zasilania czujników ciśnienia,
 - drgań (wibrodiagnostyka) – możliwość budowy samozasilającego się czujnika mierzącego drgania pracującej maszyny na potrzeby układu wibrodiagnostycznego,
 - naprężenia łańcucha przenośnika zgrzeblowego – możliwość zabudowy elementu przetwarzającego energię w wyniku naprężeń w specjalnie skonstruowanym ogniwie pomiarowym, wyposażonym w układ piezoelektryczny.

4. KONCEPCJA SYSTEMU CZUJNIKÓW SAMOZASILAJĄCYCH SIĘ

Opracowanie systemu czujników samozasilających się, przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, poprzedzono przeprowadzeniem analizy z zakresu potrzeb rynku i możliwości technicznych wykonania projektu. Na jej podstawie ustalono, że konieczne jest rozstrzygnięcie m.in. następujących kwestii:

- Jakie ograniczenia w zakresie stosowania proponowanego systemu wynikają z zastosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego?
- Jakie są wymagania w zakresie częstotliwości nadawania sygnału pomiarowego przez czujnik?
- Jakie sposoby zabudowy przetworników należy zastosować, by spełnić wymagania przepisów?
- Jakie można zastosować sposoby montażu czujników do maszyny/urządzenia?
- Jak rozwiązać problem transmisji radiowej (w kontekście obudowy czujnika)?
- W jaki sposób dokonywać strojenia przetwornika piezoelektrycznego do wymaganych częstotliwości pracy?

- W jaki sposób zapewnić odpowiednią różnicę temperatury po obu stronach przetwornika termoelektrycznego?

Koncepcja systemu czujników samozasilających się zakłada instalację dowolnej liczby czujników bezprzewodowych na konstrukcji maszyny/urządzenia (rys. 6), przesyłających komunikaty drogą radiową do odbiornika. W przypadku stacjonarnego układu monitorowania odbiornik może być instalowany na stałe i podłączony do kopalnianej sieci telekomunikacyjnej. W przypadku mobilnego systemu monitorowania odbiornikiem może być np. palmtop z radiowym modułem komunikacyjnym.



Rys. 6. Ogólna struktura systemu [1]

Zastosowanie systemu czujników samozasilających się umożliwi opracowanie innowacyjnego układu monitoringu wybranych parametrów pracy maszyny lub urządzenia. System przeznaczony będzie do zastosowania w kopalniach – w przestrzeniach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. W przypadku urządzeń elektronicznych najlepszym sposobem zabezpieczenia jest budowa iskrobezpieczna, mająca za zadanie ograniczenie energii elektrycznej w urządzeniu (wraz z jego przewodnictwem), posiadającą kontakt z atmosferą potencjalnie wybuchową, do takiego poziomu, który nie może spowodować zapłonu w wyniku zarówno iskrzenia, jak i nagrzewania się. Wymagania dotyczące tego rodzaju budowy określa norma PN-EN 60079-11. Przeprowadzono wstępną analizę możliwości zastosowania czujników samozasilających się wyposażonych w przetworniki piezoelektryczne. Norma EN 60079-11:2007 mówi o konieczności przeprowadzenia prób mechanicznych urządzeń zawierających elementy piezoelektryczne:

„Należy zmierzyć zarówno pojemność elementu, jak i napięcie występujące na nim, gdy odporność na uderzenia każdej części urządzenia, dostępnej podczas eksploatacji, jest badana w temperaturze $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ (...). Jako wartość napięcia należy przyjąć większą wartość uzyskaną jako wynik z dwóch prób tej samej próbki. (...) Maksymalna energia zmagazynowana przez pojemność kryształu przy maksymalnym zmierzonym napięciu nie powinna przekraczać następujących wartości: w przypadku urządzenia **grupy I** $1500 \mu\text{J}$ ” (EN 60079-11:2007 pkt 10.7). Jeśli maksymalna wartość energii wyjściowej danego urządzenia przekracza wartość określoną w punkcie 10.7 normy EN 60079-11:2007, proponuje się zabudowę elementu piezoelektrycznego w obudowie hermetycznej, a następnie zalanie jej specjalną zalewą i umieszczenie w obudowie odpornej na warunki mechaniczne, tj. zapewniającej spełnienie warunków kategorii M1 (o poziomie zabezpieczenia „ia” – praca ciągła urządzenia w obecności metanu).

5. KONCEPCJA CZUJNIKA BEZPRZEWODOWEGO ZASILANEGO PRZETWORNIKIEM PIEZOELEKTRYCZNYM

Koncepcję czujnika bezprzewodowego zasilanego przetwornikiem piezoelektrycznym przedstawiono na rys. 7.

Czujnik składa się z czterech modułów:

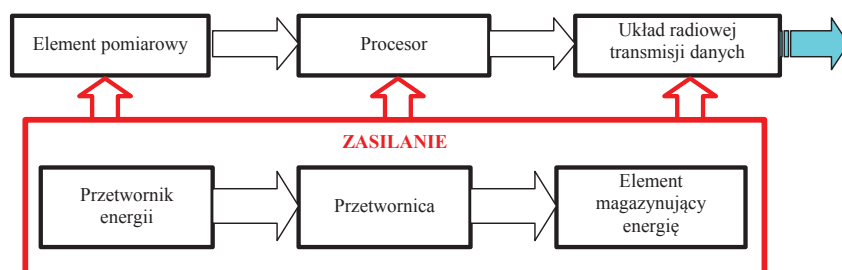
- elementu pomiarowego – w zależności od typu czujnika może to być np. piezoelektryczny element do pomiaru drgań, sił lub ciśnień, termopara do pomiaru temperatury itp.,
- procesora – parametr fizyczny mierzony przez czujnik jest przetwarzany z postaci analogowej na postać cyfrową, co umożliwia przesłanie go drogą radiową,
- układu radiowej transmisji danych – na podstawie analizy obecnych na rynku systemów transmisji danych stwierdzono, że standardem radiowej wy-

miany danych, który najbardziej nadaje się do zastosowania w czujnikach bezprzewodowych, jest standard ZigBee; układ transmisji radiowej ma za zadanie przesłanie przetworzonego sygnału cyfrowego do odbiornika,

- zasilania – w typowych czujnikach bezprzewodowych stosowane jest zasilanie akumulatorowe; w ramach opracowanej koncepcji zaproponowane zostało alternatywne (bazujące na przetwornikach piezoelektrycznych) źródło zasilania wszystkich podzespołów czujnika.

Zasilanie czujnika, w przypadku aplikacji *energy harvesting*, składa się z trzech podstawowych modułów:

- przetwornika energii (piezoelektryczny, indukcyjny, ogniwo Peltiera, fotowoltaiczny),
- przetwornicy przeznaczonej do aplikacji *energy harvesting*,
- elementu magazynującego energię (superkondensator, akumulator).



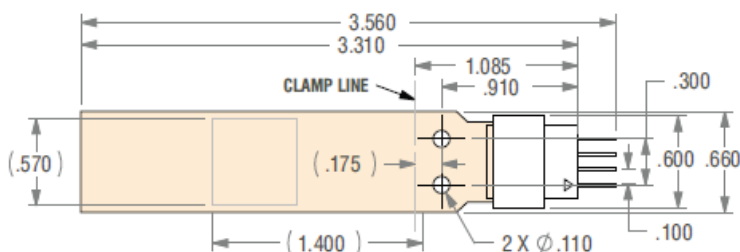
Rys. 7. Schemat czujnika bezprzewodowego [1]

5.1. Dobór przetwornika piezoelektrycznego

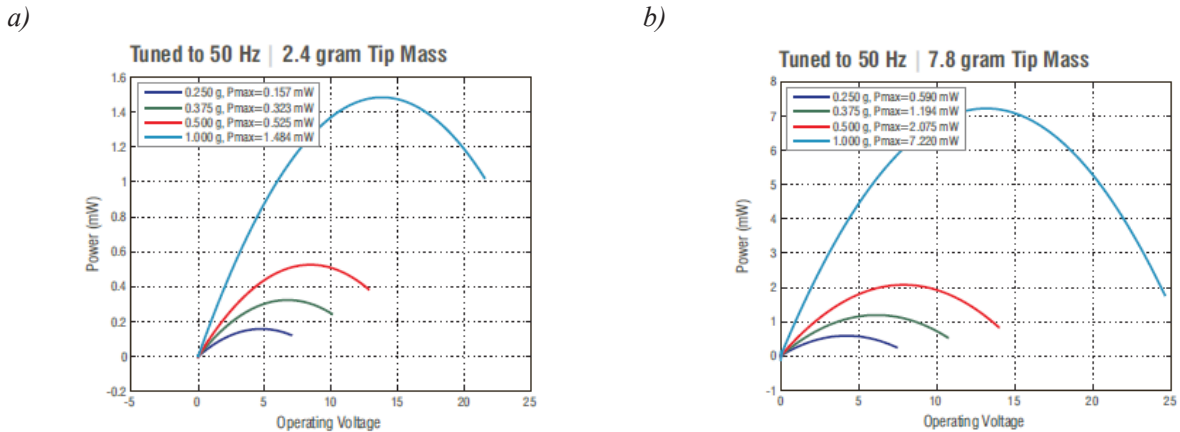
Przetworniki piezoelektryczne, przeznaczone do aplikacji *energy harvesting*, najczęściej posiadają parametry dostosowane do odzyskiwania energii drgań niskoczęstotliwościowych, od 30 do 100 Hz.

W ramach prac koncepcyjnych wytypowano przetworniki piezoelektryczne, mogące znaleźć zastosowanie w konstrukcjach układów zasilania czujników bezprzewodowych. Przetworniki wybrano na podstawie przeglądu poświęconej zagadnieniu literatury oraz doświadczeń specjalistów Zakładu Systemów Mechatronicznych KOMAG-u [1, 6]:

- **V21BL-ND** (produkcji firmy MIDE, rys. 8) – przetwornik charakteryzuje się wąskim zakresem częstotliwości rezonansowej i jest dostrajany do konkretnej częstotliwości rezonansowej poprzez dodanie masy sejsmicznej na końcu listka. Napięcie generowane przez przetwornik zmienia się w zależności od częstotliwości pracy oraz wychylenia przetwornika. Na rys. 9a przedstawiono zależność mocy od napięcia, przy częstotliwości pracy 50 Hz. W karcie katalogowej przetwornika zdefiniowano masę, jaką należy obciążyć przetwornik, oraz amplitudę wychylenia, potrzebne do osiągnięcia określonego napięcia wyjściowego.



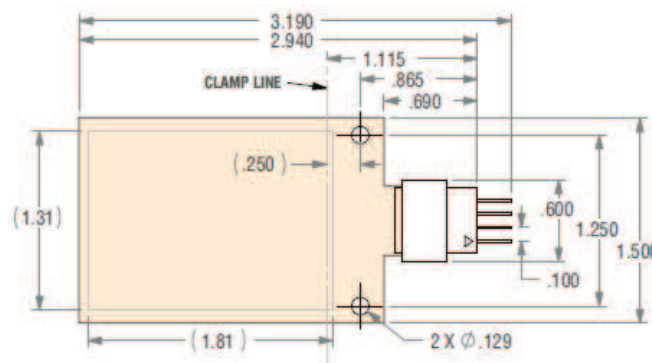
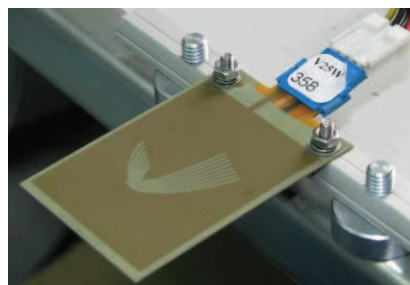
Rys. 8. Przetwornik piezoelektryczny V21BL-ND (wymiar w calach) [6]



Rys. 9. Charakterystyki pracy przetworników piezoelektrycznych przy 50 Hz [6]:
a) V21BL-ND; b) V25W-ND

- **V25W-ND** (produkcji firmy MIDE, rys. 10) – parametry przetwornika, podobnie jak V21BL-ND, dostępne są karcie katalogowej producenta. Na rys. 9b przedstawiono zależność mocy wytwarzanej od napięcia, przy częstotliwości pracy 50 Hz.

Wstępne testy laboratoryjne wyspecyfikowanych przetworników, przeprowadzone w Instytucie KOMAG, potwierdziły ich przydatność w projektowanym systemie czujników. Z uwagi na gabaryty przetworników w dalszych pracach koncepcyjnych skupiono się na przetworniku V21BL-ND.



Rys. 10. Przetwornik piezoelektryczny V25W-ND (wymiar w calach) [1, 6]

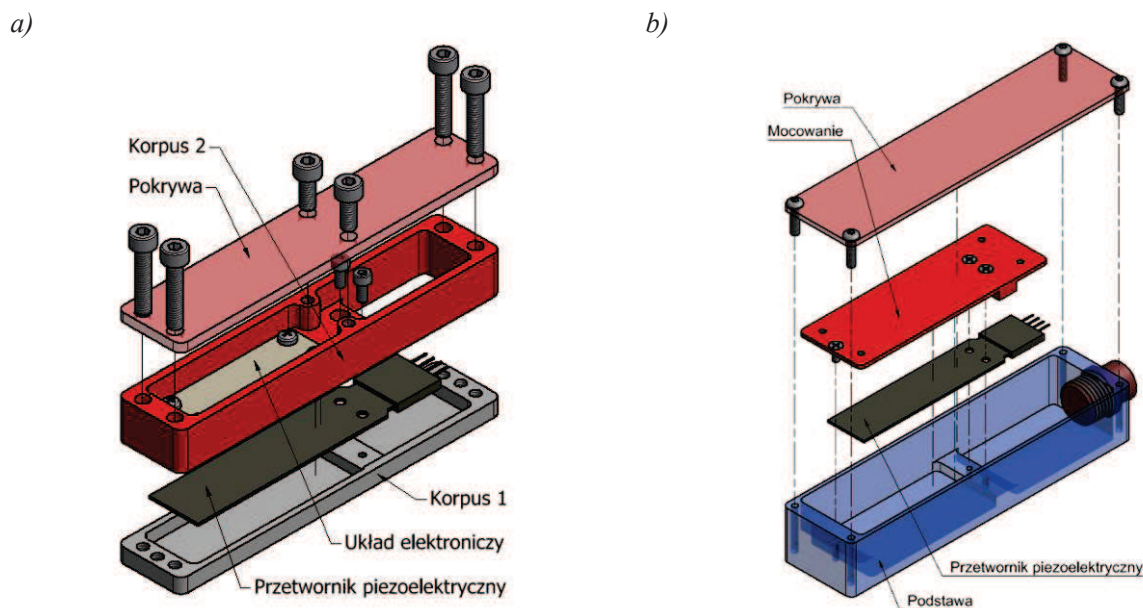
5.2. Koncepcja zabudowy przetwornika piezoelektrycznego

Projekt obudowy czujnika wykonano w dwóch wersjach. Pierwsza uwzględniała zminimalizowane wymiary układu elektronicznego. Na rys. 11a przedstawiono model 3D czujnika oraz sposób jego montażu.

Sposób zabudowy przetwornika piezoelektrycznego w wersji 1. jest korzystny ze względu na jego

obsługę, natomiast przeprowadzona analiza poświęcona wykonaniu czujnika w wersji iskrobezpiecznej wykazała, że obudowa powinna stanowić całość i należałoby ją zalać odpowiednią zalewą do układów elektronicznych, eliminując na stałe dostęp do układu elektronicznego oraz przetwornika piezoelektrycznego. Zmiany takie wprowadzono w wersji 2. czujnika (rys. 11b):

- zwiększono wymiary układu elektronicznego,



Rys. 11. Model 3D czujnika bezprzewodowego [1]: a) wersja 1.; b) wersja 2.

- wykonano obudowę czujnika jako jeden element (istnieje możliwość zalania obudowy zalewą żywiczną),
- wyizolowano komorę przetwornika piezoelektrycznego,
- przewidziano wykonanie pokrywy z tworzywa sztucznego, umożliwiającej działanie układu radiowego.

6. PODSUMOWANIE

Projektowanie inteligentnych układów sterowania maszyn górniczych wymaga rozwiązania problemu prowadzenia przewodów zasilająco-sterowniczych w odpowiedniej przestrzeni bez ryzyka ich uszkodzenia. Sposobem na rozwiązanie wskazanego problemu może być zastosowanie czujników z „autozasilaniem”, wykorzystujących energię generowaną w wyniku: ruchu obrotowego, drgań mechanicznych lub przepływu ciepła.

W artykule przedstawiono możliwości zastosowania systemu czujników samozasilających się w odniesieniu do maszyn pracujących w przestrzeniach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Zaprezentowana koncepcja systemu czujników samozasilających się oraz czujnika zasilanego przetwornikiem piezoelektrycznym uwzględnia wymagania związane z pracą systemu w tych przestrzeniach, tj. spełnia kryteria kategorii M1. W wyniku jej wdrożenia możliwe będzie monitorowanie parametrów, których do tej pory nie mierzono ze względu na trudności techniczne, a które mają m.in. istotne znaczenie

w kontekście bezpieczeństwa pracy. Przykładem może być pomiar temperatury krążników przenośnika taśmowego.

Literatura

1. Jasiulek D. i in.: *Alternatywne źródło zasilania czujników stosowanych w górnictwie*, Opracowanie ITG KOMAG, Gliwice 2012, niepublikowane.
2. Woszczyński M., Stankiewicz K.: *Perspektywy rozwoju systemów rekuperacji i konwersji energii cieplnej w maszynach górniczych napędzanych silnikami spalinowymi*, KOMTECH 2009, Monografia ITG KOMAG, Gliwice 2009.
3. Xu-rui Chen, Tong-qing Yang, Wei Wang, Xi Yao: *Vibration energy harvesting with a clamped piezoelectric circular diaphragm*, *Ceramics International* 38S (2012), pp. 271-274, Available online 5 May 2011.
4. Hui Shena, Jinhao Qiu, Marco Balsi: *Vibration damping as a result of piezoelectric energy harvesting*, *Sensors and Actuators A* 169 (2011), pp. 178-186.
5. Karta katalogowa przetwornika piezoelektrycznego Measurement Specialties LDT0-028K.
6. Karta katalogowa przetworników piezoelektrycznych MIDE Vulture.
7. Strona internetowa <http://www.environmentteam.com/2010/02/06/piezoelectric-tree-to-produce-electricity-from-wind-energy/>.
8. Strona internetowa <http://www.powerauditing.com/piezolaminaty/czujniki/>.
9. Strona internetowa firmy PERPETUUM: <http://www.perpetuum.com>.
10. Strona internetowa firmy Power PEG: <http://www.npowerpeg.com>.
11. Strona internetowa firmy NightStarCanada: <http://www.nightstarcanada.com/>.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.