

dr inż. LESZEK MORZYŃSKI  
mgr inż. GRZEGORZ SZCZEPAŃSKI  
Centralny Instytut Ochrony Pracy  
– Państwowy Instytut Badawczy  
Kontakt: lmorzyns@ciop.pl  
DOI: 10.5604/01.3001.0009.8780

# Model systemu zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy

Fot. EzumeImages/Bigstockphoto



Szkodliwe czynniki wibroakustyczne, czyli hałas i drgania mechaniczne występują powszechnie w środowisku pracy, przyczyniając się do powstawania wywołanych nimi chorób zawodowych. Podejmowanie działań profilaktycznych chroniących pracowników przed nadmiernym narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne wymaga wiedzy na temat stanu zagrożenia tymi czynnikami w zakładzie pracy. Umożliwić to mogą systemy monitorowania zagrożeń wibroakustycznych w środowisku pracy. W artykule przedstawiono opracowany w CIOP-PIB model systemu, będący bezprzewodową siecią sensorową do monitorowania zagrożeń wibroakustycznych. Do zasilania układów pomiarowych sieci wykorzystano odnawialne źródła energii. Rozwiązanie takie zwiększa autonomię układów pomiarowych oraz zmniejsza koszty użytkowania systemu. W artykule opisano główne założenia i koncepcje systemu, omówiono budowę układu modelowego tego systemu oraz przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów wykonanych przy jego użyciu. Zbiorczą prezentację wyników w centrali odbierającej sygnały z kilku czy kilkunastu punktów pomiarowych będzie przedmiotem przyszłych publikacji.

*Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii, sieci czujników, hałas, drgania mechaniczne, monitoring*

## Model of the wireless monitoring of noise and vibration in the working environment's system

Vibroacoustic harmful factors, namely noise and vibration, are common in the working environment, contributing to the formation of occupational diseases. Taking preventive measures to protect workers from exposure to excessive noise or vibration requires knowledge of the state of hazards in the workplace. This can be gained utilizing systems for monitoring noise and vibration in the working environment. The paper presents the system's model developed in CIOP-PIB, which is a wireless sensor network for monitoring noise and vibration hazards. In the abovementioned model renewable energy sources are used for powering noise and vibration meters. This solution increases the autonomy of the meters and reduces the cost of the system maintenance. The article describes the main principles and concepts of the system, discusses the construction of a model of the system and provides examples of the results of measurements taken with its use. Summary presentation of results from the central receiving signals from several or even more sources will be a matter of future publications.

*Keywords: renewable energy sources, sensor networks, noise, vibration, monitoring system*

## Wstęp

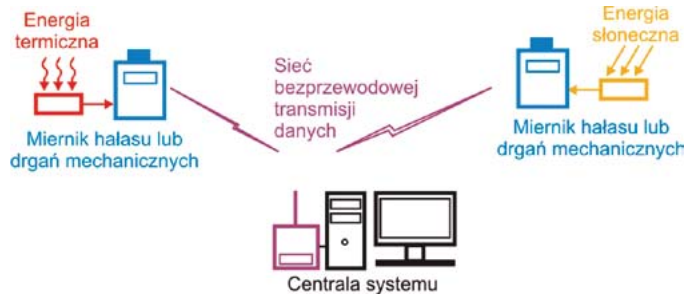
Występowanie hałasu i drgań mechanicznych [1-3] w środowisku pracy jest zjawiskiem powszechnym. Według raportów GUS [4] w 2015 r. w warunkach zagrożenia hałasem pracowało ponad 187,1 tys. osób, natomiast zagrożenie drganiami dotyczyło ponad 14,6 tys. pracowników. W tym samym roku odnotowano 176 przypadków chorób zawodowych, będących wynikiem narażenia na nadmierny hałas lub drgania mechaniczne [5]. Powszechność występowania w środowisku pracy szkodliwych czynników wibroakustycznych oraz możliwe następstwa zdrowotne narażenia na nie powodują, że konieczne jest regularne badanie stanu środowiska pracy poprzez odpowiednie pomiary wielkości charakteryzujących hałas i drgania mechaniczne w nim występujące, a także podejmowanie działań profilaktycznych pozwalających na ograniczanie związków z nimi zagrożeń i ekspozycji na nie pracowników.

Niestety, w praktyce zdarza się, że działania te są zaniedbywane, bądź prowadzone w sposób niewłaściwy. Wynika to m.in. z braku dostatecznej świadomości pracodawców i pracowników odnośnie do występujących zagrożeń i ich skutków dla zdrowia. Natężenie czynników wibroakustycznych<sup>1</sup> może również wzrastać np. w wyniku zmian parametrów procesu pracy, czy też w wyniku zużywania się maszyn i narzędzi, powodując zwiększenie poziomu ryzyka dla pracowników.

Zaproponowanym rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie bieżącego monitoringu występujących w środowisku pracy czynników, opisywanych określonymi parametrami, pod kątem występowania zagrożeń spowodowanych hałasem oraz drganiami mechanicznymi. Pozwala to na podjęcie odpowiednich działań profilaktycznych.

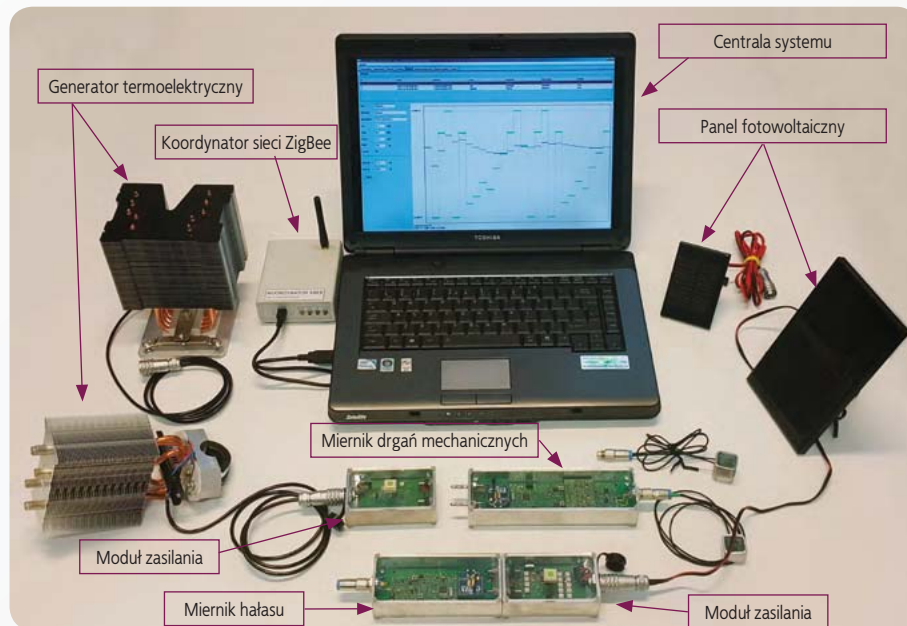
W artykule przedstawiono główne założenia i koncepcje systemu zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy, omówiono budowę modelu tego systemu oraz przykładowe wyniki pomiarów wykonanych przy jego użyciu.

<sup>1</sup> Określenie „natężenie” zostało w tym miejscu użyte w znaczeniu ogólnym, określającym wartości wielkości charakteryzujące czynniki fizyczne w środowisku pracy – tak jak to ma miejsce w nazwie „Międzyresortowej Komisji do Spraw Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy”.



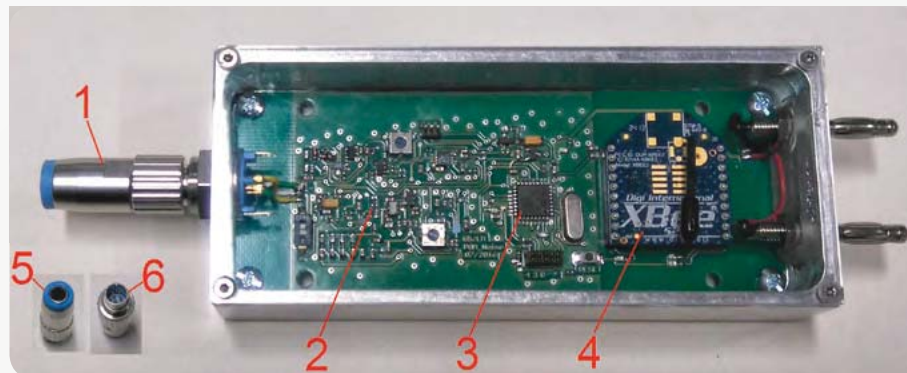
Rys. 1. Schemat struktury systemu zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy

Fig. 1. Schematic structure of the system or wireless monitoring of noise and vibration in the working environment



Fot. 1. Elementy składowe modelu systemu zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy

Photo 1. The components for the model of the system for wireless monitoring of noise and vibration in the working environment



Fot. 2. Model układu pomiarowego hałasu (1 – mikrofon, 2 – układy analogowe, 3 – mikrokontroler, 4 – moduł radiowy XBee). Wstawka w ramce – widok mikrofonu od strony wkładki elektretowej (5) i od strony złącza (6)

Photo 2. The model of noise measuring unit (1 – Microphone 2 – BGA ICs, 3 – microcontroller, 4 – XBee radio module). The inset in the frame – microphone seen from electret microphone side (5) and from the connector side (6)

## Model systemu zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy z wykorzystaniem energii odnawialnych do jego zasilania

Tytułowy system ukierunkowany jest na stały monitoring obszarów przedsiębiorstwa, w którym występują lub mogą występować zagrożenia wibroakustyczne. Liczba użytych w nim mierników hałasu i drgań mechanicznych oraz obszar, który należy objąć monitoringiem jest zdeterminowana

różnymi czynnikami, takimi jak: branża, wielkość powierzchni przedsiębiorstwa (w tym ewentualnych hal produkcyjnych), liczba pracowników, stosowane środki produkcji oraz ich rozmieszczenie, rozmieszczenie stanowisk pracy i inne.

Z tego względu zdecydowano się na stworzenie rozwiązania cechującego się niskim kosztem, a jednocześnie wyposażonego w autonomiczne układy pomiarowe o długim czasie bezobsługowej pracy. Autonomiczność układów osiągnięto poprzez zasilanie ich z wykorzystaniem odnawialnych źródeł

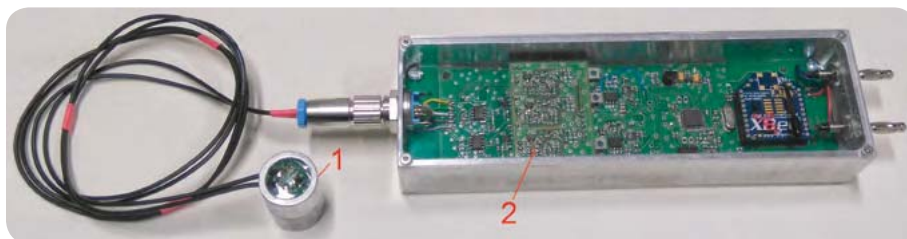
energii (OZE), [6]. Rozwijana współcześnie intensywnie technika *energy harvesting* [7,8] umożliwia pozyskiwanie niewielkich ilości energii elektrycznej do zasilania autonomicznych układów sensorowych. W technice tej najczęściej wykorzystuje się energię słoneczną i termiczną.

Podstawową strukturę systemu (opracowanego w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym) przedstawiono na rys. 1., elementy składowe jego modelu na fot. 1. W skład systemu wchodzi mierniki hałasu i drgań mechanicznych oraz centrała systemu, komunikujące się ze sobą za pomocą sieci bezprzewodowej transmisji danych. Mierniki, zasilane z wykorzystaniem OZE i działające w sposób autonomiczny, rozmieszczone w wybranych lokalizacjach w przedsiębiorstwie, mają za zadanie monitorować w sposób ciągły parametry wibroakustyczne środowiska pracy i otrzymane w ten sposób dane przesyłać do centrali systemu poprzez sieć bezprzewodowej transmisji danych, działającą na bazie protokołu ZigBee [8]. Centrala systemu oraz opracowane pod jej kątem oprogramowanie, gromadzi i przetwarza dane o zagrożeniach wibroakustycznych, umożliwiając ich wizualizację na odpowiednich wykresach i w tabelach, co umożliwia osobie nadzorującej warunki pracy wykrywanie potencjalnych zagrożeń dla pracowników.

Zastosowany do bezprzewodowej transmisji danych protokół ZigBee umożliwia tworzenie sieci o niewielkiej przepustowości (do 250 kb/s), lecz o dużej liczbie urządzeń działających jednocześnie w ramach sieci (teoretycznie do  $2^{16}$ , czyli 65536 urządzeń, jednak w praktyce stworzenie sieci zawierającej powyżej 1000 urządzeń napotyka pewne bariery fizyczne). Jest to zatem protokół odpowiedni do zastosowania w systemie zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy, gdy system ten wymaga zbudowania sieci transmisji danych obejmującej wiele urządzeń (mierników), z których dane pomiarowe przesyłane są okresowo do centrali w niewielkich pakietach o wielkości 42 bajtów. Za prawidłową transmisję i odbiór tych pakietów odpowiada protokół ZigBee, połączony z centralą systemu. Oprogramowanie centrali pozwala na prawidłową interpretację i przetwarzanie otrzymanych pakietów danych, gdyż każdy z nich jest powiązany (poprzez adres sieciowy) z konkretnym układem pomiarowym, jak również zawiera informację o rodzaju przesyłanych danych.

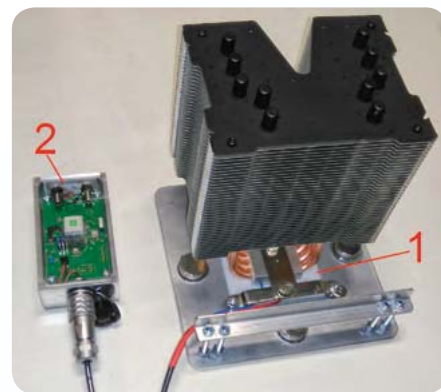
Jak podano wcześniej, w systemie może funkcjonować jednocześnie wiele mierników każdego z dwóch rodzajów zagrożeń: hałasu i drgań mechanicznych. W dalszym opisie przyjęto, że każdy miernik składa się z dwóch podstawowych elementów: układu pomiarowego (hałasu lub drgań) i układu zasilania.

Fot. 2. przedstawia modelowy układ pomiarowy hałasu. Detektorem pomiarowym jest w nim mikrofon, zbudowany na podstawie elektretowej wkładki mikrofonowej. Pierwszy etap przetwarzania sygnału pomiarowego odbywa się z wykorzystaniem elektronicznych układów analogowych. Takie podejście pozwala na ograniczenie zużycia energii elektrycznej przez układ pomiarowy, co ma istotne znaczenie przy zasilaniu z użyciem odnawialnych źródeł energii. Przetwarzanie sygnału pomiarowego ma na celu wyznaczenie parametrów danego czynnika – w tym przypadku hałasu – charakteryzujących go w środowisku pracy. W przypadku hałasu konieczne jest w szczególności uzyskanie sygnałów skorygowanych charakterystykami częstotliwości-



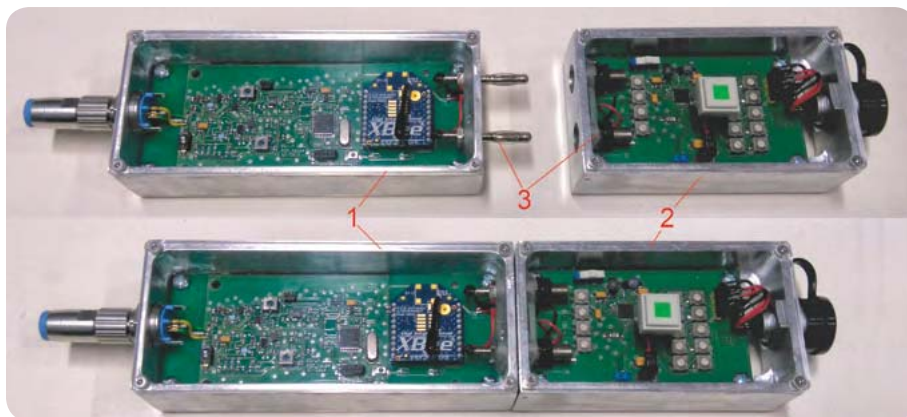
Fot. 3. Model układu pomiarowego drgań mechanicznych (1 – akcelerometr, 2 – układy analogowe, 3 – mikrokontroler, 4 – moduł radiowy XBee)

Photo 3. The model of vibration measuring unit (1 - accelerometer, 2 - PCB of correction filters, 3 – microcontroller, 4 – Xbee radio module)



Fot. 4. Generator termoelektryczny podłączony do układu zasilania (1 – generator termoelektryczny, 2 – układ zasilania)

Photo 4. Thermoelectric generator connected to a power supply system (1 – neodymium magnet, 2 – power supply unit)



Fot. 5. Miernik hałasu przed i po połączeniu układu pomiarowego z układem zasilającym (1 – układ pomiarowy hałasu, 2 – układ zasilający, 3 – złącza bananowe)

Photo 5. Noise meter before and after the connection of the measuring unit with the power supply unit (1 – noise measuring unit 2 – the power supply unit, 3 – banana connector)

wymi A i C. Pozwala to wyznaczać wartość poziomu równoważnego dźwięku A (i w konsekwencji – ekspozycję na hałas odniesioną do 8-godzinnego dnia pracy) oraz ocenić czy przekroczona została wartość dopuszczalna szczytowego poziomu dźwięku C.

Kolejnym elementem wchodzącym w skład każdego układu pomiarowego jest mikrokontroler STM32F030. Układ ten ma za zadanie przetwarzać pomiarowy sygnał analogowy na postać cyfrową, wykonywać na próbkach sygnału niezbędne obliczenia oraz nadzorować przesyłanie wyników pomiarów do centrali systemu. Elementem odpowiedzialnym za przesył sygnałów siecią bezprzewodową jest moduł radiowy XBee, umieszczony w każdym z układów pomiarowych. Moduły te pracują w paśmie częstotliwości 2,4 GHz. Mikrokontroler układu pomiarowego zaprogramowany jest w taki sposób, aby w określonych odstępach czasu (od ułamków sekundy do godzin) próbkować wielkość mierzoną (która w torze analogowym przetwarzana jest w sposób ciągły), a następnie wykonywać na niej operacje arytmetyczne. Od częstotliwości tego próbkowania zależy z jednej strony dokładność pomiaru, w szczególności dla hałasów zmiennych oraz impulsowych, z drugiej zaś zużycie energii elektrycznej, gdyż każdą próbkę należy odpowiedni przetworzyć i przesłać do centrali.

Na fot. 3. pokazano modelowy układ pomiarowy drgań mechanicznych. Czujnikiem pomiarowym jest w nim akcelerometr typu MEMS, umieszczony w aluminiowej obudowie. Układy pomiarowe drgań w swojej konstrukcji wewnętrznej mają trzy tory przetwarzania sygnału pomiarowego – niezależne w odniesieniu do każdego kierunku drgań. W stosunku do każdego rodzaju drgań, działających przez kończyny górne (nazywanych drganiami miejscowymi) oraz o działaniu ogólnym – dokonuje

się innych korekt częstotliwościowych sygnałów pomiarowych w celu wyznaczenia wielkości charakteryzujących dane zagrożenie. Ponieważ w zaproponowanym rozwiązaniu korekcja częstotliwościowa odbywa się na etapie przetwarzania analogowego i korekty są inne dla każdego rodzaju drgań (charakterystyka korekcyjna  $W_h$  dla drgań miejscowych oraz charakterystyki  $W_g$  i  $W_k$  dla drgań ogólnych), konieczne było opracowanie niezależnych układów pomiarowych dla drgań miejscowych i ogólnych.

Każdy z układów pomiarowych zasilany jest z wybranego źródła energii odnawialnej (słonecznej lub termicznej). W przypadku energii słonecznej generatorem energii elektrycznej jest powszechnie znany panel fotowoltaiczny, czyli bateria słoneczna. Z kolei zamiana energii termicznej na elektryczną odbywa się za pomocą generatorów termoelektrycznych. Badania opracowanych układów modelowych wykazały, że średni pobór prądu przez układ pomiarowy mieści się w zakresie od 15 do 30 mA. Elementami konstrukcji o największym poborze energii elektrycznej są: moduł radiowy (w chwilach, w których włączony zostaje nadajnik i transmitowane są dane pomiarowe) oraz mikrokontroler. Zapotrzebowanie na energię elektryczną może być zatem minimalizowane poprzez dobór czasu pomiędzy transmisjami pakietów danych oraz wprowadzanie modułu radiowego i mikrokontrolera w stan uśpienia w okresach bezczynności.

W opracowanym modelu układem wytwarzającym energię elektryczną jest ogniwo Peltiera. Przykład generatora opartego na takim ogniwie zaprezentowano na fot. 4. Moc elektryczna takiego układu zależy od różnicy temperatur pomiędzy jego stroną ciepłą a zimną. Z tego względu jedna jego strona została wyposażona w płytę aluminiową, wspomagającą przepływ energii cieplnej ze źródła, natomiast

drugą stronę zaopatrzone w chłodzący ją radiator. W podstawie generatora zamocowano magnesy neodymowe, umożliwiające przytwierdzenie generatora do gorącej powierzchni.

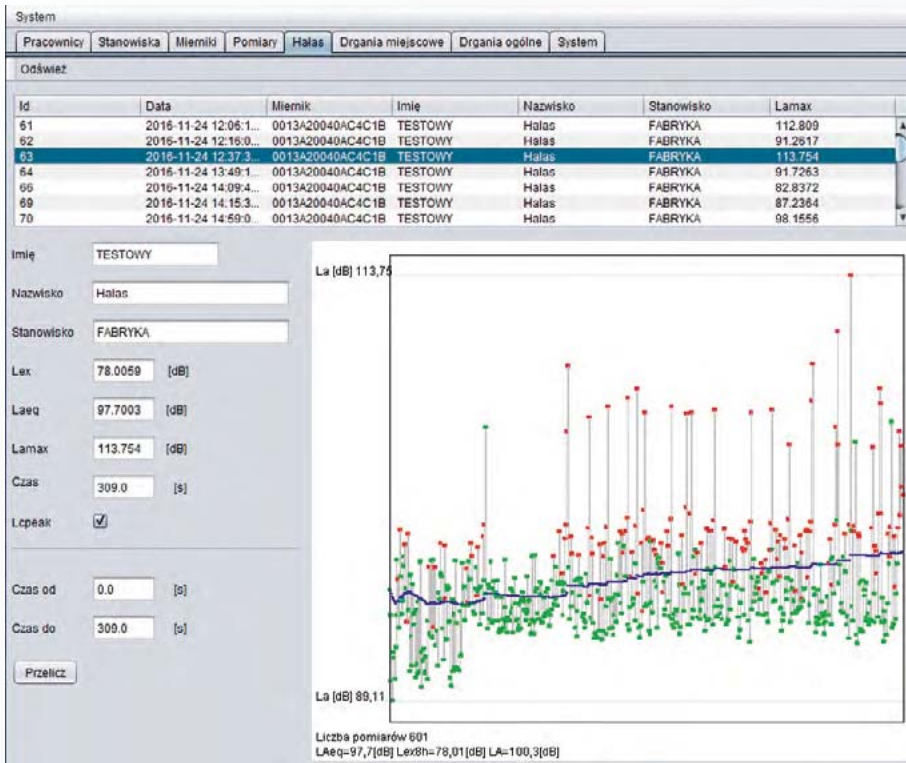
Generatory energii elektrycznej wykorzystujące różne rodzaje OZE cechują się różnymi parametrami napięciowo-prądowymi, których wartości są często zmienne w czasie (zasilanie układów pomiarowych systemu z wykorzystaniem OZE omówiono szerzej w poprzednim artykule [9]) – dlatego każdy z nich musi współpracować z układami przetwarzania i gromadzenia energii elektrycznej. Na podstawie takich układów wykonane zostały modele układów zasilających panele fotowoltaiczne i generatory termoelektryczne. W zaproponowanym modelu układy pomiarowe można łączyć z zasilającymi za pomocą złączy bananowych, zapewniających im jednocześnie połączenie elektryczne i mechaniczne (fot. 5).

Ważnym elementem systemu jest oprogramowanie jego centrali. Umożliwia ono gromadzenie i przetwarzanie wszelkich danych niezbędnych do długoterminowej oceny parametrów wibroakustycznych środowiska pracy. Oprogramowanie centrali systemu zostało napisane w języku Java przy wykorzystaniu środowiska programistycznego NetBeans. Centrala systemu przy gromadzeniu i przetwarzaniu danych korzysta z oprogramowania bazodanowego MySQL i serwera Apache.

## Badania w warunkach rzeczywistych

Model systemu poddano badaniom w warunkach rzeczywistych w celu weryfikacji jego właściwości. Badania w zakresie hałasu przeprowadzono w dużym zakładzie przemysłowym, sprawdzając jednocześnie w warunkach przemysłowych prawidłowość funkcjonowania sieci bezprzewodowej transmisji danych oraz praktycznych możliwości zasilania układów pomiarowych ze źródeł odnawialnych.

Badania działania sieci bezprzewodowej transmisji danych w warunkach przemysłowych polegały na ocenie zaniku sygnału na obszarze hali produkcyjnej. W trakcie tych badań centrala systemu z układem odbiorczym znajdowała się w środkowym punkcie hali (o nieregularnym kształcie i maksymalnych wymiarach 75 x 55 m), miernik hałasu był przemieszczany po jej terenie, a na mo-



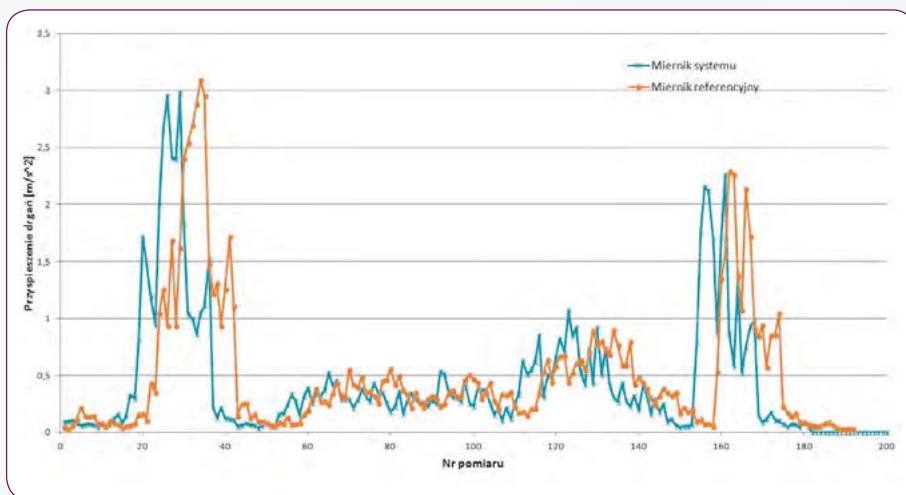
Rys. 2. Przykładowy wygląd okna oprogramowania centrali systemu z wynikami przeprowadzonych pomiarów (wykres obrazuje zmiany poziomu dźwięku A w czasie pomiaru, natomiast po lewej stronie znajdują się wyliczone wartości pozostałych parametrów)

Fig. 2. The example of the systems central program's window showing results of noise measurements at the workplace (changes of the A level of noise during the measurement are visible to the right, whereas to the left values of such noise can be seen)

Tabela. Wyniki pomiarów hałasu

Table. The results of noise measurements

Pomiar	$L_{Amax,o}$ [dB]	$L_{Amax}$ [dB]	$\Delta L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq,o}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$\Delta L_{Aeq}$ [dB]
1	99,6	101,5	1,9	95,5	94,2	-1,3
2	88,2	91,7	3,5	82,2	82,1	-0,1
3	110,2	112,8	2,6	103,6	96,4	-7,2
4	90,2	91,2	1	86,1	85,3	-0,8
5	116,1	113,7	-2,4	104,7	97,7	-7



Rys. 3. Przykładowe wyniki pomiarów drgań mechanicznych ogólnych w pojeździe – wyniki w stosunku do kierunku Z (pionowego)

Fig. 3. The example of the results of whole-body vibration measurements in vehicle – results for the Z direction

nitorze centrali systemu obserwowano, czy łączność bezprzewodowa z miernikiem nie została zerwana.

Przeprowadzone testy wykazały, że zasięg komunikacji bezprzewodowej wynosi ponad 50 m,

co należy uznać za dobry rezultat, zważywszy na niekorzystne warunki propagacji fal elektromagnetycznych występujące w miejscu badań. W warunkach hali przemysłowej sprawdzono

też możliwości wykorzystania OZE. Jako źródła energii termicznej wykorzystano piece do obróbki termicznej wytwarzanych w zakładzie wyrobów. Temperatura obudowy pieca w zależności od położenia zawierała się w zakresie od 41 do 60 °C, co pozwalało na uzyskanie mocy elektrycznej generatora dochodzącej do 26 mW. Badania z użyciem panelu fotowoltaicznego wykazały, że w zastanych warunkach oświetlenia (świetliki dachowe i oświetlenie świetłówkami lub lampami LED) nie stanowiły one efektywnego źródła zasilania, a ich moc elektryczna nie przekraczała 5 mW. Natomiast na zewnątrz hali moc elektryczna panelu wzrastała do 170 mW (warunki pomiaru: listopad, godz. 13:00, duże zachmurzenie), co pokazuje, że ten rodzaj zasilania powinien być stosowany głównie na zewnątrz pomieszczeń.

Na rys. 2. przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów hałasu w warunkach przemysłowych. Źródłem hałasu w hali przemysłowej były maszyny do produkcji wyrobów z metali. Część z tych maszyn wytwarzała hałas o charakterze impulsowym i wysokich poziomach ciśnienia akustycznego (wartość szczytowego poziomu dźwięku C w pobliżu maszyny przekraczała 135 dB). W ramach badań przeprowadzono również pomiary w trakcie przerw w pracy, podczas których źródłem hałasu były wentylatory i pompy maszyn zainstalowanych w hali.

Wyniki uzyskane za pomocą opracowanego systemu porównano z wynikami uzyskanymi za pomocą miernika odniesienia klasy 1. Porównanie to przedstawiono w tabeli, gdzie podano wartości maksymalnego poziomu dźwięku A zmierzone miernikiem odniesienia ( $L_{Amax,o}$ ), miernikiem systemu ( $L_{Amax}$ ) i ich różnicę ( $\Delta L_{Amax}$ ) oraz wartości równoważnego poziomu dźwięku A za czas pomiaru zmierzone miernikiem odniesienia ( $L_{Aeq,o}$ ), miernikiem systemu ( $L_{Aeq}$ ) i ich różnicę ( $\Delta L_{Aeq}$ ). W mierniku systemu czas pomiędzy kolejnymi próbkami wielkości mierzonej ustalono na 0,5 s. Pomiar nr 2 wykonywany był w trakcie przerwy w pracy, podczas której nie pracowały maszyny wytwarzające hałas impulsowy. Pomiar nr 4 był wykonywany w części hali, w której nie prowadzono procesu produkcyjnego.

Wyniki badań pokazują, że w przypadku hałasów, w których nie występują składowe impulsowe, opracowany system cechuje się dużą dokładnością. Równoważny poziom dźwięku A, wyznaczony za czas pomiaru, różni się od wyniku referencyjnego o mniej niż 1 dB. Znacznie gorszą dokładność system wykazuje w przypadku hałasu, w którym występują silne impulsy akustyczne. W tym przypadku różnica wskazań w odniesieniu do pięciominutowego pomiaru dochodziła do 7,2 dB. Zmniejszenie tego błędu w przypadku hałasu impulsowego jest możliwe poprzez skrócenie czasu pomiędzy kolejnymi próbkami wielkości mierzonej, jednak zwiększa to zapotrzebowanie miernika na energię elektryczną.

Przykładowe wyniki badań drgań mechanicznych przedstawiono na rys. 3. Wyniki pomiaru drgań mechanicznych ogólnych pochodzą z pomiaru wykonanego w samochodzie poruszającym się po nierównej nawierzchni (kostka brukowa o uszkodzonej powierzchni). Jest to jedno z podstawowych źródeł drgań ogólnych w środowisku pracy.

W przypadku pomiaru przedstawionego na rys. 3. dokładność oceny wartości skutecznej drgań w porównaniu do miernika referencyjnego była nie gorsza niż 3%. Badania z wykorzystaniem sygnałów sinusoidalnych wykazały, że dla sygnałów o częstotliwościach

z zakresu środkowej części pasma przenoszenia filtrów korekcyjnych błęd pomiaru nie przekraczał 5%. Dla częstotliwości leżących na skrajach pasma przetwarzania, dla których filtry korekcyjne wprowadzają znaczne tłumienie sygnału pomiarowego, błąd pomiaru w najgorszym przypadku wynosił 60%.

Przeprowadzone badania wykazały, że układ działa w sposób prawidłowy i, pomimo pewnych akceptowalnych błędów pomiarowych, umożliwia oszacowanie zagrożenia hałasem i drganiami mechanicznymi w środowisku pracy. Błędy pomiaru hałasu i drgań mechanicznych wynikają z zastosowanych rozwiązań technicznych, w tym z ograniczonej dynamiki przetwarzania zastosowanych detektorów hałasu i drgań mechanicznych oraz zastosowanych metod zasilania układów pomiarowych, mających również wpływ na dynamikę przetwarzania. Takie rozwiązania były podyktowane m.in. potrzebą opracowania systemu, który byłby tani w produkcji i użytkowaniu, co pozwoliłoby na jego szerokie praktyczne wykorzystanie. Na dalszych etapach prac nad systemem błędy pomiarowe mogą zostać zredukowane poprzez wprowadzenie odpowiednich modyfikacji układów pomiarowych. W szczególności w przypadku układów pomiarowych drgań pożądane jest zastosowanie detektora drgań o większej dynamice przetwarzania.

## Podsumowanie

Zaprezentowany w artykule model systemu zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy umożliwi lepszy nadzór nad zagrożeniami czynnikami wibroakustycznymi. Główną zaletą rozwiązania jest możliwość realizacji zdalnych pomiarów w wielu lokalizacjach na terenie przedsiębiorstwa równocześnie. System bazuje na wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii do zasilania układów pomiarowych hałasu i drgań mechanicznych. Zastosowanie źródeł energii odnawialnej w układach pomiarowych niesie ze sobą również dodatkowe korzyści, zarówno dla środowiska, jak i ekonomiczne, ponieważ pozwala na wyeliminowanie konieczności stosowania baterii, które – niewłaściwie utylizowane stanowią zagrożenie dla środowiska, a ponadto znacząco wpływają na koszt użytkowania i konserwacji systemów pomiarowych.

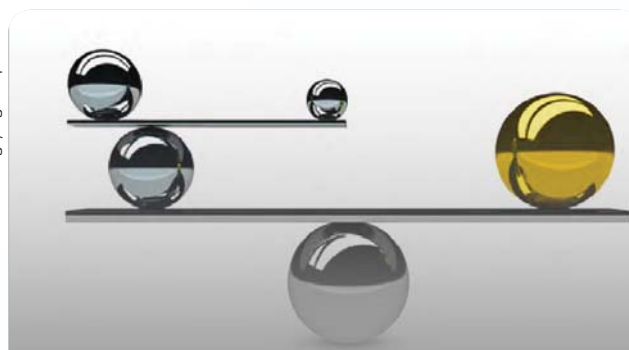
Wdrożenie do praktyki opracowanego systemu umożliwi lepszy nadzór nad zagrożeniami wibroakustycznymi w środowisku pracy, a w konsekwencji pozwoli na uruchomienie działań zapobiegawczych pracowników na hałas i drgania mechaniczne. Dzięki systemowi monitoringu możliwe będzie niezwłoczne reagowanie na pojawiające się nowe zagrożenia wibroakustyczne lub zmiany natężeń czynników charakteryzujących hałas i drgania mechaniczne już istniejących. Dane na temat zagrożeń wibroakustycznych występujących w przedsiębiorstwie, zbierane w wielu jego punktach i w dłuższym czasie, pozwoliłyby również na odpowiednie projektowanie procesów pracy czy zabezpieczeń przeciwhałasowych i przeciwdrganiowych, ograniczających narażenie pracowników na te czynniki.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Engel Z., Koradecka D., Augustyńska D., Kowalski P., Morzyński L., Żera J. *Zagrożenia wibroakustyczne* [w:] D. Koradecka (red.): *Bezpieczeństwo i Higiena Pracy*, CIOP-PIB, Warszawa 2008
- [2] Serwis internetowy „Bezpieczniej” <http://www.ciop.pl/bezpieczniej>
- [3] Augustyńska D., Pleban D., Radosz J. *Zagrożenia hałasem na stanowiskach pracy w Polsce i innych państwach Unii Europejskiej*. „Medycyna Pracy” 2012, 63, 6
- [4] Główny Urząd Statystyczny. *Warunki pracy w 2015 r.*, Warszawa 2016
- [5] Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra med. Jerzego Nofera. Dane o zapadalności na choroby zawodowe: [http://www.imp.lodz.pl/home\\_pl/o\\_inстыtucie/reg\\_and\\_databases/work\\_dissises1/dane\\_o\\_zapadalnosci/](http://www.imp.lodz.pl/home_pl/o_inстыtucie/reg_and_databases/work_dissises1/dane_o_zapadalnosci/)
- [6] Lewandowski W.M. *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. Wydawnictwo WNT, Warszawa 2012
- [7] <http://www.energyharvesting.net>
- [8] ZigBee Alliance <http://www.zigbee.org>
- [9] Morzyński L. *System zdalnego monitorowania parametrów wibroakustycznych z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii*. „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” 2015, 530, 11:13-17

*Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*

Fot. NiroDesign/Bigstockphoto



Współcześnie, biorąc pod uwagę tempo naszego życia oraz technologie pozwalające niemal non stop być w pracy, wyzwaniem staje się znalezienie właściwej równowagi między pracą i życiem codziennym (domem, rodziną, życiem osobistym). Równowaga praca – życie jest przedmiotem wielu opracowań naukowych, popularno-naukowych, a także tematem wielu debat i dyskusji. Przyczyną tak dużego zainteresowania tym tematem jest niestety problem braku równowagi w życiu, z którym zmagają się coraz więcej osób. Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących postrzegania równowagi praca – życie przez pracowników oraz zaleceń dotyczących ułatwienia godzenia tych dwóch sfer.

*Słowa kluczowe: równowaga praca – życie, pracownicy, zalecenia*

## Work-life balance in the opinion of employees

Today we live very quickly. Thanks to many advanced technologies, we can almost constantly be at work. In these circumstances, the most important challenge is to find an optimal balance between work and life (family, home, private life). A work-life balance is nowadays a topic of many scientific papers, social debates and discussions. This popularity of the subject is triggered by the lack of work-life balance among the workforce. This paper presents the results of a survey on the perception of the work-life balance by employees and recommendations on how those two domains of our lives can be reconciled.

*Keywords: work-life balance, employees, recommendations*

## Wstęp

Możliwość harmonijnego połączenia pracy, obowiązków rodzinnych i życia osobistego jest istotna dla dobrego samopoczucia nie tylko pracownika, ale także wszystkich domowników. Dla większości Polaków (82%) rodzina stanowi najważniejszą wartość w życiu [1]. Praca, poza tym, że jest źródłem dochodów, bywa jednocześnie miejscem samorealizacji, zaspokajania własnych aspiracji, a przy tym może przynosić satysfakcję.

Te dwie najważniejsze sfery życia stają się niestety niejednokrotnie przyczyną konfliktu ról społecznych, np. rodzica i pracownika. Z każdą z ról wiąże się inne obowiązki, które niekiedy trudno pogodzić, głównie z powodu czasu, poświęcanego na ich wypełnianie. Zła organizacja czasu – zarówno pracy, jak i zajęć poza nią – jest jedną z najczęściej wskazywanych przyczyn braku równowagi praca – życie. Oprócz tego wymienia się: samotne rodzicielstwo i brak pomocy w prowadzeniu gospodarstwa domowego, niedobór instytucjonalnej opieki nad dziećmi, a także starszymi członkami rodziny itd.