

Aktywny ochronnik słuchu z zewnętrznym układem zasilania

Praca wykonana w ramach Programu Wieloletniego (b. SPR-1) pn. „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych

Centralny Instytut Ochrony Pracy jest jedną z nielicznych placówek badawczych w kraju, w których prowadzone są prace nad zastosowaniem metod aktywnych do redukcji hałasu. Metody aktywne są stosowane tam, gdzie skuteczność metod tradycyjnych jest niewystarczająca, czyli dla hałasów niskoczęstotliwościowych. Zasadę działania aktywnej redukcji przedstawiono na rys. 1.

Przykładem zastosowania metody aktywnej w akustyce jest ochronnik słuchu

Rys. 1. Zasada działania aktywnej redukcji hałasu

Rys. 2. Schemat ochronnika słuchu z układem aktywnej redukcji: 1 – mikrofon sygnału odniesienia, 2 – głośnik (źródło sygnału kompensującego), 3 – obudowa

z układem aktywnej redukcji hałasu. Potrzeba skonstruowania takiego ochronnika wynika z małej skuteczności tradycyjnych (pasywnych) ochronników słuchu w zakresie niskich częstotliwości.

Schemat ochronnika słuchu z układem aktywnej redukcji hałasu, który skonstruowano w pracowni Aktywnych Metod Redukcji Hałasu Centralnego Instytutu Ochrony Pracy w Warszawie przedstawiono na rys. 2 [1]. Część sterującą układu wykonano w technologii montażu powierzchniowego, co pozwoliło na umieszczenie jej wewnątrz czaszy ochronnika (każda z czasz ma oddzielny układ aktywnej redukcji hałasu). Zasilanie jest dostarczane przez pojedynczy przewód z noszonej przy pasie baterii akumulatorów.

Skuteczność tłumienia aktywnego ochronnika słuchu z wyłączonym i włączonym układem aktywnej redukcji hałasu przedstawiono na rys. 3 i 4. Skuteczność tłumienia aktywnego ochronnika określono jako algebraiczną różnicę, w dB, między poziomem ciśnienia akustycznego zmierzonym mikrofonem testera z wykorzystaniem wąskopasmowego analizatora 2144 firmy B&K, bez ochronnika słuchu a poziomem ciśnienia akustycznego z nałożonym ochronnikiem słuchu z zastosowaniem pozostałych warunków. Układ aktywnej redukcji hałasu w zakresie od 100 Hz do 500 Hz zwiększa skuteczność tłumienia o 5–10 dB, a w zakresie od 380 Hz do 410 Hz nawet o ponad 15 dB, co pokazano na rys. 5. Zastosowanie metod aktywnych w połączeniu z metodami pasywnymi tłumienia hałasu może znacznie podnieść skuteczność ochronników słuchu, przy jednoczesnym obniżeniu ich masy, rozmiarów i siły docisku.

Jednym z zasadniczych problemów jest zapewnienie takiemu ochronnikowi odpowiedniego zasilania. Istnieją modele ochronników z wewnętrznymi bateriami, ale z uwagi na problemy z ładowaniem lub wymianą baterii zasilających,

a także zwiększoną masą samych ochronników takie rozwiązania można stosować tam, gdzie nie ma możliwości skorzystania z innego źródła zasilania. Zasilanie może być doprowadzone także za pomocą przewodu z baterii akumulatorów (noszonej np.: przy pasku przez użytkownika) lub zewnętrznego źródła zasilania. W wyniku prowadzonych wdrożeń w Pracowni Aktywnych Metod Redukcji Hałasu w CIOP wykonano serię prototypowych aktywnych ochronników słuchu. Ochronniki te zostały przekazane do badań użytkowych w warunkach rzeczywistych w hutach „Ferrum” i „Łabędy”. W czasie badań pracownicy zwrócili uwagę na zbyt ciężką i niewygodną baterię zasilającą.

W nowej konstrukcji ochronnika słuchu zmieniono więc źródło zasilania – element decydujący o właściwościach użytkowych aktywnego ochronnika. Dość znaczna masa zasilacza wynikająca z ilości i pojemności ogniw zasilających niezbędnych do poprawnego funkcjonowania układów aktywnej redukcji hałasu zmniejsza komfort użytkowania ochronnika. Cykl eksploatacyjny takiego zasilacza wymaga także odpowiednio częstego ładowania ogniw zasilających, co niewątpliwie komplikuje jego obsługę. Stacjonarne stanowiska pracy zapewniają dostęp do różnego typu źródeł napięcia, które mogą być użyte do zasilania aktywnego ochronnika słuchu. Na stanowiskach tych dostępne są napięcia zasilające z akumulatorów pojazdu. Przystosowując aktywny ochronnik słuchu do pracy na tych stanowiskach należało zaprojektować i zbudować urządzenie zapewniające odpowiednią, ustaloną wartość napięcia wyjściowego niezależnie od zmieniających się napięć wejściowych. Przyjęto, że napięcie wyjściowe będzie równe 9 V lub 12 V (napięcia stosowane w dotychczas konstruowanych ochronnikach), a napięcia wejściowe mogą zmieniać się w zakresie od 10 V do 30 V.

Elementem decydującym o możliwości zastosowania aktywnych ochronników słuchu z zewnętrznym zasilaniem na danym stanowisku pracy jest przewód łączący ochronnik z zasilaniem. Przewód ten może być powodem niebezpiecznych sytuacji, a nawet wypadków na stanowisku pracy. Dlatego należy ograniczyć zakres stosowania takich ochronników do stanowisk, gdzie nie ma wirujących części maszyn, a pracownik nie ma możliwości zaczepienia o wystające części tego stanowiska.

Biorąc pod uwagę wszystkie te kryteria można stwierdzić, że optymalnym stanowiskiem pracy do zastosowania aktywnych ochronników z zewnętrznym zasilaniem słuchu są stanowiska stacjonarne, ze względu na możliwość wykorzystania zasilania bezpośrednio ze stanowiska, a także takie, gdzie nie ma niebezpieczeństwa wypadku związanego z przewodem. Do tej grupy można zaliczyć m.in.: kabiny stanowiska operatorów koparek, kierowców samochodów ciężarowych. Na tych stanowiskach możliwe jest przeniesienie części elementów z ochronników na stanowisko pracy, a także możliwe jest wykorzystanie elementów cyfrowych (rys. 6).

Do określenia optymalnego zastosowania ochronników na stacjonarnych stanowiskach pracy można wykorzystać *Bazę Stacjonarnych Stanowisk Pracy* [5]. Zadaniem powstałej bazy danych jest usystematyzowanie wiedzy na temat stacjonarnych stanowisk pracy i zgromadzenie syntetycznych danych dotyczących hałasu występujących na tych stanowiskach i innych danych istotnych z punktu widzenia konstruktora aktywnych ochronników słuchu. Dzięki powstałej bazie danych można określić najbardziej odpowiednią konstrukcję ochronnika słuchu i jego zasilacza dla danego stanowiska stacjonarnego. Korzystając z *Bazy Stacjonarnych Stanowisk Pracy* można też określić wymaganą charakterystykę skuteczności aktywnych ochronników słuchu, co jest szczególnie istotne wtedy, gdy hałas na stanowisku ma charakter wąskopasmowy. Dla ułatwienia pracy z bazą, na użytek Pracowni Aktywnych Metod Reduk-

cji Hałasu ograniczono pojęcie stacjonarności stanowiska pracy do takich stanowisk, gdzie nie tylko pracownik nie porusza się, ale także nie ma bezpośrednio dostępnych wirujących części, ponieważ ochronnik należy podłączyć do zasilania przewodem. Przy takich stanowiskach pracownik może korzystać z zasilania bezpośrednio z obsługiwanego urządzenia, bez narażania go na niebezpieczeństwo wypadku z powodu przewodu łączącego ochronnik z zasilaniem, np. stanowisko kierowcy pojazdów (ciężarówek, koparek itd.). Pracują oni w znacznym hałasie, gdzie dominuje hałas niskoczęstotliwościowy, trudny do ograniczenia metodami tradycyjnymi.

Bazę Stacjonarnych Stanowisk Pracy napisano w programie Microsoft Access, który jest systemem zarządzania bazami danych. Podobnie jak inne tego typu produkty umożliwia przechowywanie i pobieranie danych, prezentowanie informacji i automatyzowanie powtarzających się czynności. Można w nim przygotowywać proste w użyciu formularze do wprowadzania danych np.: na rys. 7 pokazano stronę główną formularza omawianej bazy. Program Microsoft Access ma ponadto możliwość zapisywania formularzy w postaci dokumentów HTML i wymianę danych w sieci Internet. Obsługuje system QBE (Query by Example – kwerenda, na podstawie której możliwe jest wybieranie, sortowanie i wyszukiwanie danych) [8, 9].

Baza Stacjonarnych Stanowisk Pracy składa się z dwóch tabel: „stacjonarne stanowiska pracy”, „literatura” i dwóch odpowiadającym im formularzy. W pierwszej tabeli umieszczono dane dotyczące stacjonarnych stanowisk pracy. Znalazło się w niej pole „stanowisko”, gdzie opisano typ stanowiska i charakter pracy. W polu „opis” znalazły się informacje dodatkowe charakteryzujące stanowisko np.: miejsce lub sposób pomiaru. W kolejnych polach umieszczono wartości poziomów ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 1,6–250 Hz, oktaowych od 2 Hz do 4000 Hz, a także poziom ciśnienia aku-

Skuteczność [dB]

Skuteczność [dB]

Poprawa skuteczności [dB]

Skuteczność [dB]

Częstotliwość [Hz]

Rys. 3. Skuteczność aktywnego ochronnika słuchu z wyłączonym układem aktywnej redukcji hałasu

Częstotliwość [Hz]

Rys. 4. Skuteczność aktywnego ochronnika słuchu z włączonym układem aktywnej redukcji hałasu

Częstotliwość [Hz]

Rys. 5. Poprawa skuteczności aktywnego ochronnika po włączeniu układu aktywnej redukcji hałasu



Rys. 6. Aktywny ochronnik słuchu przeznaczony do pracy na stacjonarnych stanowiskach pracy

Rys. 7. Główny formularz bazy danych stacjonarnych stanowisk pracy

Poziom ciśnienia akustycznego [dB]

Częstotliwość w pasmach oktaowych [Hz]

Rys. 8. Poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych walcarki Skoda-Cherus typ WG 7650

Poziom ciśnienia akustycznego [dB]

Częstotliwość w pasmach oktaowych [Hz]

Rys. 9. Poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych stacji sterowania młynów „Buhler”

Poziom ciśnienia akustycznego [dB]

Częstotliwość w pasmach oktaowych [Hz]

Rys. 10. Poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych na stanowisku kierowcy ładowarki „Fadroma”

stycznego mierzony na charakterystyce Lin oraz poziomy ciśnienia akustycznego skorygowane charakterystykami A i G. Ponadto podane są informacje dotyczące charakteru hałasu występującego na stanowisku pracy (ustalony lub nie ustalony). Ostatnia pozycja tabeli jest powiązana z drugą tabelą „literatura”. Tabela ta zawiera spis literatury wykorzystanej do stworzenia opisywanej bazy. Formularze umożliwiają prezentowanie danych zawartych w tabelach.

Podczas tworzenia *Bazy Stacjonarnych Stanowisk Pracy* wykorzystano przede wszystkim ogólnie dostępne publikacje z wynikami pomiarów, m.in. *Rejestr przemysłowych i transportowych źródeł hałasu infradźwiękowego* autorstwa Małgorzaty Pawlaczyk-Łuszczynskiej [7]. W tworzeniu bazy wykorzystano także wyniki pomiarów prowadzonych przez pracowników Zakładu Zagrożeń Elektromagnetycznych i Akustycznych Centralnego Instytutu Ochrony Pracy [6].

Bazę *Stacjonarnych Stanowisk Pracy* można wykorzystać do określenia wymaganych parametrów ochronnika aktywnego do konkretnego stanowiska pracy. Na rys. 8, 9 i 10 pokazano poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych, występujących na stacjonarnych stanowiskach pracy wykreślone na podstawie danych zawartych w prezentowanej bazie. Rysunek 8 przedstawia poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych o częstotliwościach środkowych od 2 Hz do 4000 Hz oraz poziomy ciśnienia akustycznego skorygowane charakterystykami Lin, A i G zmierzone na stanowisku kierowcy walcarki Skoda-Cherus. Rysunki 9 i 10 przedstawiają poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych od 2 Hz do 500 Hz oraz poziomy ciśnienia akustycznego skorygowane charakterystykami Lin i A zmierzone w stacji sterowania młynów „Buhler” i na stanowisku kierowcy ładowarki „Fadroma”. Charakterystyki te wybrano porównując z charakterystyką ochronnika – rys. 4. Są to charakterystyki stacjonarnych stanowisk pracy, na których ochronnik będzie

najskuteczniejszy. Na etapie projektowania ochronnika aktywnego istnieje możliwość takiego dobrania elementów, aby ochronnik mógł być wykorzystany w przypadku jak największej liczby stanowisk pracy umieszczonych w bazie. Należy tylko określić jaka częstotliwość jest częstotliwością dominującą w widmach hałasu.

W przyszłości planuje się stworzenie oprogramowania komputerowego wspomagającego dobór grup stanowisk pracy do konkretnego aktywnego ochronnika. Istnieje także projekt oprogramowania dobierającego parametry części ochronnika, a w przypadku cyfrowych ochronników parametry algorytmu sterującego.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Engel Z., Kowal J.: *Sterowanie procesami wibroakustycznymi*. Kraków 1995
- [2] Makarewicz G., Zawieska W.: *Ochronnik słuchu z aktywnym tłumieniem*. Bezpieczeństwo Pracy nr 7-8 1994
- [3] Makarewicz G.: *A prototype of hearing protector with an active noise reduction system*. Proc. Inter-Noise'98, Krynica 1998
- [4] Makarewicz G., Zawieska W.: *Raport końcowy projektu badawczego nr 608259101 Optymalizacja skuteczności ochronników w zakresie niskich częstotliwości na drodze aktywnego tłumienia*. Warszawa 1994
- [5] Morzyński L., Makarewicz G., Zawieska W.M., Engel Z., Górski P.: *Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego 03.8.17 Aktywny ochronnik słuchu z systemem łączności wewnętrznej przeznaczony do stosowania na stacjonarnych stanowiskach pracy, punkt kontrolny 1*. Warszawa 2000
- [6] *Ochrona przed hałasem i drganiami w środowisku pracy*. Red. D. Augustyńska, W. M. Zawieska, CIOP, Warszawa 1999
- [7] Pawlaczyk-Łuszczynska M.: *Rejestr przemysłowych i transportowych źródeł dźwięku hałasu infradźwiękowego*. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1997
- [8] Prague C.N., Irwin M.R.: *Access biblia*. 1998
- [9] Valentine St.: *Access – Potęga programowania*. 1996
- [10] *Wibroakustyka maszyn i środowiska*. Red. Z. Engel, Wiedza i Życie, Warszawa 1995
- [11] Zawieska W.M., Makarewicz G., Morzyński L., Matuszewski G., Wiszniewski M.: *Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego III.18.4 Ochronnik słuchu z układem aktywnej redukcji hałasu. Punkty kontrolne 1–3*. Warszawa 1995–1997