

Opracowano i wydano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej (zadanie nr 2.SP.05 pt. „Opracowanie źródła dźwięku maskującego hałas związany z komunikacją werbalną w biurowych pomieszczeniach wielkoprzestrzennych”). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

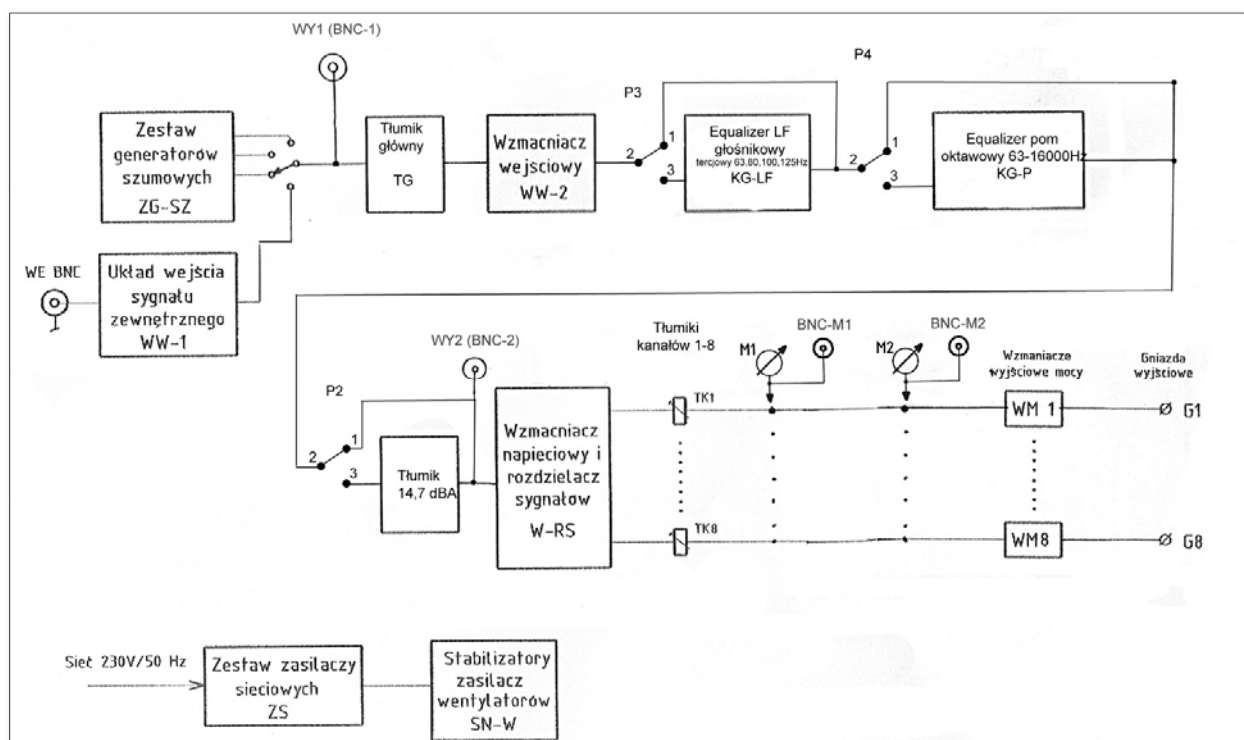
Prototyp systemu zawierającego źródła dźwięku przeznaczone do maskowania hałasu w biurowych pomieszczeniach wielkoprzestrzennych

Autor: dr hab. inż. Witold Mikulski, prof. Instytutu
2022-12-19

Opis ogólny prototypu systemu maskującego

Prototyp systemu maskującego hałas związany z komunikacją werbalną składa się z prototypów źródeł dźwięków maskujących dźwięki nieporządane. Składa się on z: prototypu generatora-wzmacniacza oraz zestawu czterech prototypowych kolumn dźwiękowych zawierających po 4 głośniki – źródła dźwięku maskującego.

Schemat blokowy prototypu generatora-wzmacniacza pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy prototypu generatora-wzmacniacza .

Sygnal maskujący wytwarzany jest w Zestawie generatorów szumowych (ZG-SZ rys. 1). W zestawie tym są: generator szumu białego, generator szumu różowego oraz generator szumu szarego. Generator wybiera się przełącznikiem SELEKTOR SYGNAŁU (rys. 1) na płycie przedniej generatora-wzmacniacza (rys.2). Jako sygnal maskujący można również zastosować inne sygnaly, przez podanie ich na wejście analogowe WE BNC (rys.1; na rys. 2 oznaczone WE1, pod przełącznikiem generatorów. Sygnal wybranego generatora można

analizować, gdyż jest on wyprowadzony na gniazdo kontrolne BNC znajdujące się na tylnej ścianie urządzenia (rys.3; oznaczone WY1 na rys. 1). Sygnał z generatora przekazywany jest na wejściowy układ regulacji poziomu sygnału. Składa się on z dwustopniowego regulowanego skokowo tłumika (Tłumik główny TG - rys. 1; TŁUMIK WEJŚCIOWY na rys. 2) oraz wzmacniacza wejściowego sygnału (WW-2, rys.1). Układ umożliwia skokową regulację poziomu sygnału w zakresie ok. 0-32 dB (pokrętko zgrubnej regulacji co ok 4,5 dB, a dokładnej co ok. 0,5 dB, rys. 2). Z układu regulacji sygnał przekazywany jest na wejście oktawowego korektora graficznego pomieszczenia (*Equalizer pom oktawowy 63-16000Hz KG-P* na rys. 1; KOREKTOR GRAFICZNY CHARAKTERYSTYKI POMIESZCZENIA na rys. 2) albo bezpośrednio, albo po korekcie (wybór przełącznikiem P3 rys. 1; WŁĄCZNIK KOREKTORA GRAFICZNEGO LF na rys. 2) w trójwymiarowym korektorze graficznym głośnikowym LF (KOREKTOR CHARAKTERYSTYKI CZĘSTOTLIWOŚCIOWEJ LF, rys. 3). Korektor graficzny LF umożliwia modyfikację charakterystyki częstotliwościowej sygnału w trójwymiarowych pasmach częstotliwości o częstotliwościach środkowych 63, 80, 100 i 125Hz w zakresie ok 0-35 dB; regulacja jest zgrubna i dokładna, obie płynne). Przełącznik P4 (schemat rys. 1; widok rys.3) umożliwia włączenie lub pominięcie w torze sygnału korekcji częstotliwościowej w oktawowych pasmach częstotliwości (63-16000 Hz) w zakresie 0-25 dB, skokowo: zgrubnie co ok. 3,0 dB i dokładnie co ok. 0,5 dB (KOREKTOR GRAFICZNY CHARAKTERYSTYKI POMIESZCZENIA, rys.2). Następnie sygnał przekazywany jest bezpośrednio do Wzmacniacza napięciowego i rozdzielacza sygnału W-RS (rys.1) lub poprzez tłumik 14,7 dB (decyduje położenie przełącznika P2, schemat rys. 1, umieszczonego na lewej ścianie urządzenia rys. 4). W rozdzielaczu sygnał jest rozdzielony na osiem identycznych torów (K1-K8 rys. 1). W każdym torze znajduje się regulator poziomu (TK1,...,TK8 na rys 1; K1,...,K8 na rys. 2), zawierający wzmacniacz mocy (moc wyjściowa 40 W/4Ω w każdym kanale), skąd sygnał przekazywany jest na gniazda wyjściowe generatora-wzmacniacza do kolumn głośnikowych. Każdy regulator poziomu umożliwia regulację skokowo w zakresie ok 19 dB (regulacja zgrubna co ok. 2 dB, dokładna co ok. 0,5 dB). Pozytcje przełączników P2, P3 i P4 umożliwiają poprzez wyjście kontrolne WY1 i WY2 na tylnej ścianie urządzenia (rys 3) analizowanie sygnałów elektrycznych każdego elementu urządzenia, aż do rozdzielacza sygnału (rys. 1; patrz wybór zgodnie z podaną pozycją przełączników - tabela 1). Wyjścia kontrolne M1 i M2 (rys. 4) umożliwiają analizowanie sygnału rozdzielacza sygnałów W-RS oraz szacunkowe kontrolowanie regulacji różnicowej sygnałów między kanałami K1,...,K8 za pomocą zewnętrznego dokładnego miernika. Kontrola różnicowania jest także możliwa szacunkowo za pomocą mierników-wskaźników VU sygnałów znajdujących się na przedniej ścianie urządzenia (rys.2).

Reasumując system umożliwia generowanie dźwięku maskującego w paśmie częstotliwości 63-8000Hz za pomocą czterech czterogłośnikowych kolumn dźwiękowych w kształcie piramid (łącznie 16 głośników-źródeł dźwięku maskującego). Każdy głośnik ma moc elektryczną 10 W. Wzmacniacz wyjściowy 8-mio kanałowy umożliwia zasilane niezależne regulowane w każdym kanale, na impedancji 4 Ω, mocą elektryczną maksymalną 40 W. Sygnał maskujący może być szumem różowym, białym lub szarym (albo innym podawanym do systemu niskonapięciowo). System umożliwia równomierne nagłośnienie pomieszczenia (w granicach 4-7 dB w zależności od kubatury pomieszczenia i liczby kolumn dźwiękowych) dźwiękiem o regulowanym poziomie dźwięku A do ok 50 dB (typowe zapotrzebowanie to ok. 35 dB). Zasilanie elektryczne systemu maskującego 220-230V. Wymiary kolumny dźwiękowej podstawa 300x300mm, wysokość 90 mm, waga 2,8kg. W systemie zastosowano kable głośnikowe miedziane o przekroju 2x1,5mm.

Tabela 1. Opis sygnału na wyjściach testowych BNC 1 i 2 w zależności od położenia przełączników dwupozycyjnych P2, P3, P4

Wyjście BNC na płycie tylnej	Przełączniki dwupozycyjne: ich położenie i ich pozycja						Sygnał na wyjściu
	P3 Płyta czołowa		P4 Płyta tylna		P2 Płyta boczna lewa		
	Lewo	Prawo	Góra	Dół	Góra	Dół	
WY 1 na górze	X						Wyjście zestawu generatorów.
WY 2 na dole	X		X		X		Wyjście wzmacniacza wejściowego WW-2. Bez tłumika 14,7 dB.
		X	X		X		Wyjście korektora graficznego LF. Bez tłumika 14,7 dB.
	X			X	X		Wyjście korektora graficznego pomieszczenia (oktawowego). Bez korektora graficznego LF. Bez tłumika 14,7 dB.
		X		X	X		Wyjście korektora graficznego pomieszczenia (oktawowego). Z korektorem graficznym LF. Bez tłumika 14,7 dB.
	X		X			X	Wyjście wzmacniacza wejściowego WW-2. Z tłumikiem 14,7 dB.
		X	X			X	Wyjście korektora graficznego LF. Z tłumikiem 14,7 dB.
	X			X		X	Wyjście korektora graficznego pomieszczenia (oktawowego). Bez korektora graficznego LF. Z tłumikiem 14,7 dB.
		X		X		X	Wyjście korektora graficznego pomieszczenia (oktawowego). Z korektorem graficznym LF. Z tłumikiem 14,7 dB.

Opis elementów sterowania prototypu generatora-wzmacniacza systemu maskującego

Widok płyty czołowej pokazano na rys. 2.

W prawej górnej części płyty czołowej jest przełącznik wyboru generatora sygnału (SELEKTOR SYGNAŁU): szum biały, szum różowy, szum szary lub sygnał dowolny podawany na wejście niskonapięciowe BNC znajdujące się poniżej i oznaczone WE1. Poniżej selektora jest regulator poziomu mocy wyjściowej jednocześnie we wszystkich ośmiu kanałach wyjściowych urządzenia. W Dolnej prawej i środkowej części płyty czołowej są regulatory poziomu 9 kanałowego oktawowego korektora graficznego charakterystyki pomieszczenia.

W lewej części urządzenia są regulatory poziomu mocy wyjściowej niezależnie w każdym z kanałów wyjściowych, kolumnowych lub głośnikowych K1,...,K8 (na gniazdach wyjściowych nr 1,...,8 rys. 3) prototypu generatora-wzmacniacza.

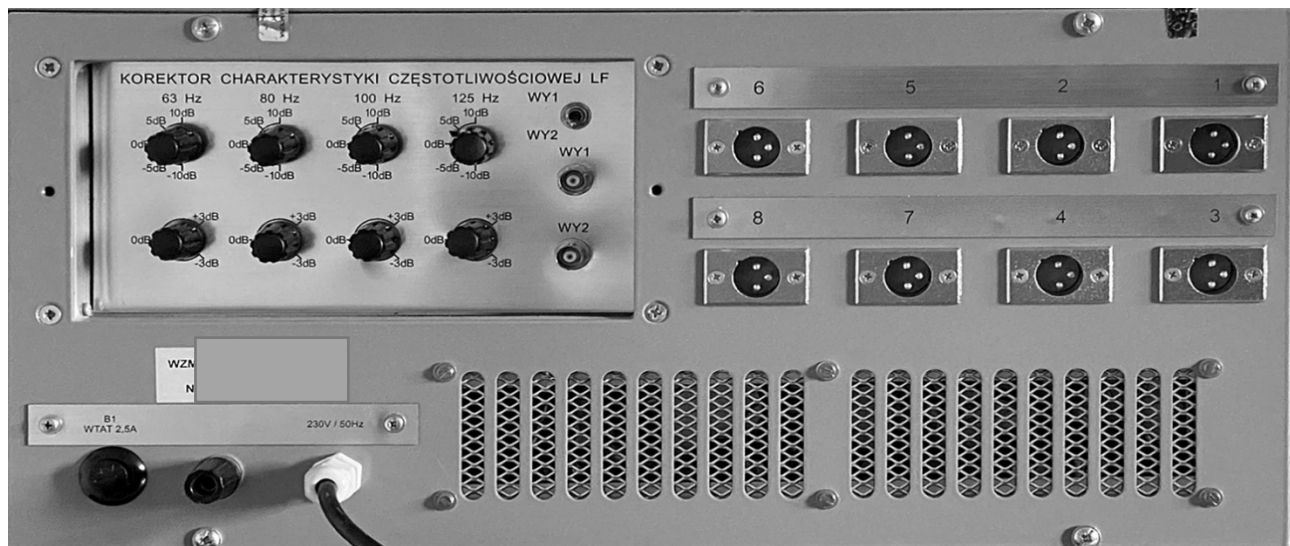
W środkowej górnej części płyty czołowej są dwa niezależnie mierniki poziomu dźwięku VU, które umożliwiają pomiar sygnału w każdym z 8 kanałów K1,...,K8 urządzenia (pokręta wybierania kanałów są pod miernikami). Po prawej stronie miernika VU jest przełącznik zakresu poziomu mierzonego mierników VU, niezbędny z powodu większej dynamiki wzmacniacza niż dynamika mierników.

W środkowej części płyty czołowej znajduje się wyłącznik korektora graficznego LF (korektor do podbicia charakterystyki częstotliwościowej sygnału, która umożliwia zrekompensowanie zmniejszonej skuteczności głośników (zastosowanych w kolumnach dźwiękowych) w zakresie niskich częstotliwości).



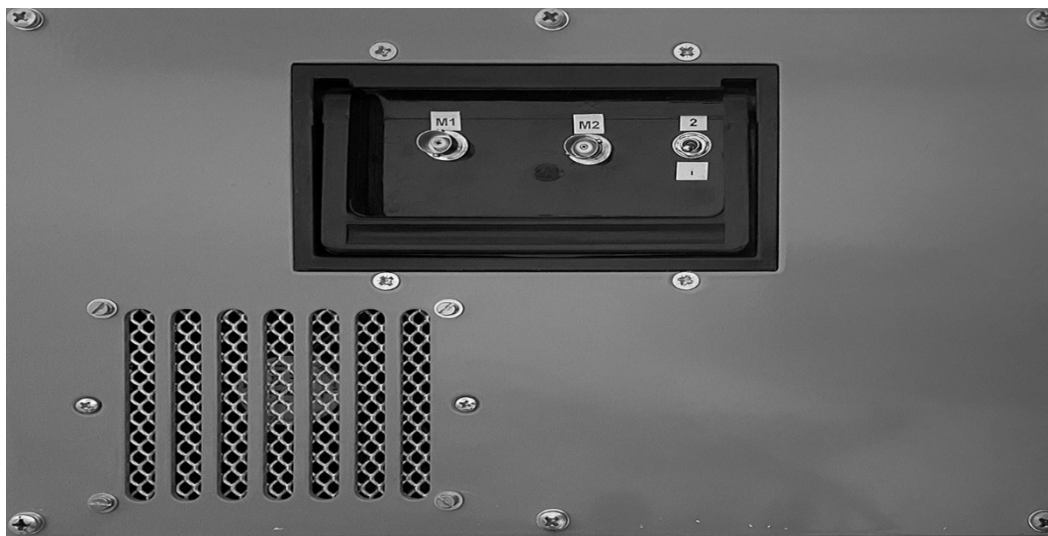
Rys. 2. Widok płyty czołowej prototypu generatora-wzmacniacza.

Widok ścianki tylnej pokazano na rys. 3. W prawej części płyty tylnej znajduje się osiem wyjść kolumnowych/głośnikowych mocy urządzenia do podłączenia kolumn dźwiękowych lub głośników. W lewej górnej części ścianki tylnej urządzenia znajdują się pokręta regulacyjne tercjowego korektora graficznego LF (pasma o częstotliwościach środkowych 63, 80, 100 i 125 Hz). Po prawej stronie korektora umieszczone są: przełącznik umożliwiający włączenie lub pominięcie oktawowego korektora graficznego pomieszczenia (patrz płyta czołowa) oraz dwa kontrolne wyjścia BNC sygnału urządzenia (tabela 1).



Rys. 3. Widok płyty tylnej prototypu generatora-wzmacniacza.

Widok ścianki lewej generatora-wzmacniacza pokazano na rys. 4. Widoczne są dwa wyjścia kontrolne BNC (M1 i M2) sygnałów podawanych na mierniki poziomu VU urządzenia. Obok znajduje się przełącznik P2 do włączenia lub wyłączenia tłumika 14,7 dB zmniejszającego moc wyjściową urządzenia jednocześnie we wszystkich 8 kanałach.



Rys. 4. Widok płyty z lewej strony prototypu generatora-wzmacniacza.

Widok ścianki bocznej prawej pokazano na rys. 5. W tej części znajduje się nieoznaczony przełącznik mniejszego lub większej prędkości wentylatora chłodzącego prototyp urządzenia. Większa prędkość jest konieczna przy wykorzystaniu pełnej mocy wzmacniacza ok 40 W, w każdym kanale K1,...,K8. Z badań akustycznych z wykorzystaniem prototypu wynika, że w praktycznym zastosowaniu urządzenia do maskowania dźwięku wystarczającą mocą będzie ok 0,25-1W w każdym kanale (dla systemu z 4 kolumnami czterogłośnikowymi).

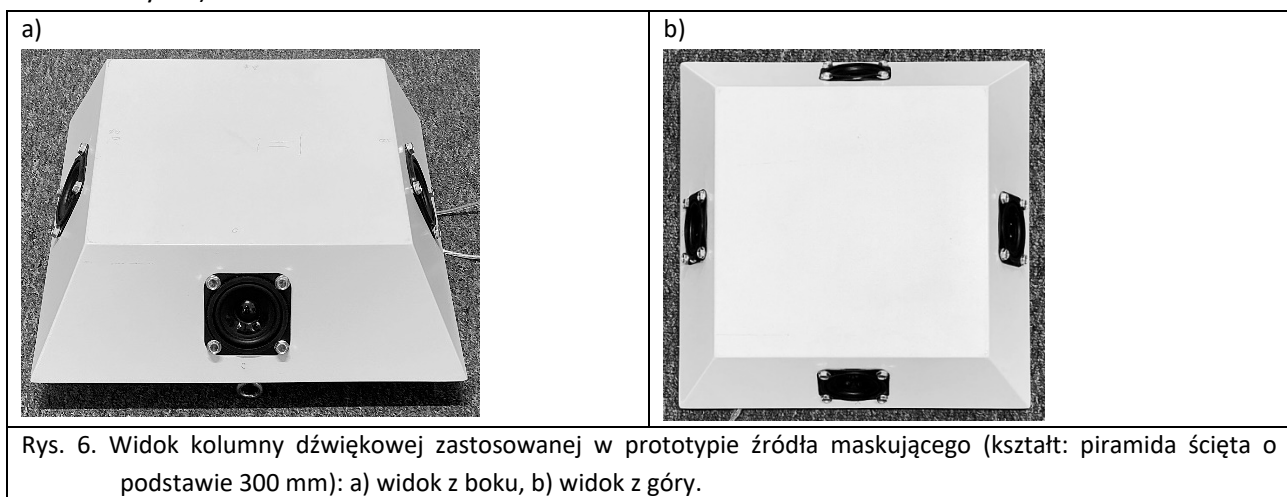


Rys. 5. Widok płyty z prawej strony prototypu generatora-wzmacniacza.

Koncepcja funkcjonalna prototypu generatora-wzmacniacza mocy została opracowana przez CIOP-PIB, a zaprojektowana i wykonana przez firmę ECO-TECH (jako prototyp na potrzeby bieżącego zadania). Kolumny głośnikowe oraz badania prototypu systemu maskującego przeprowadził CIOP-PIB.

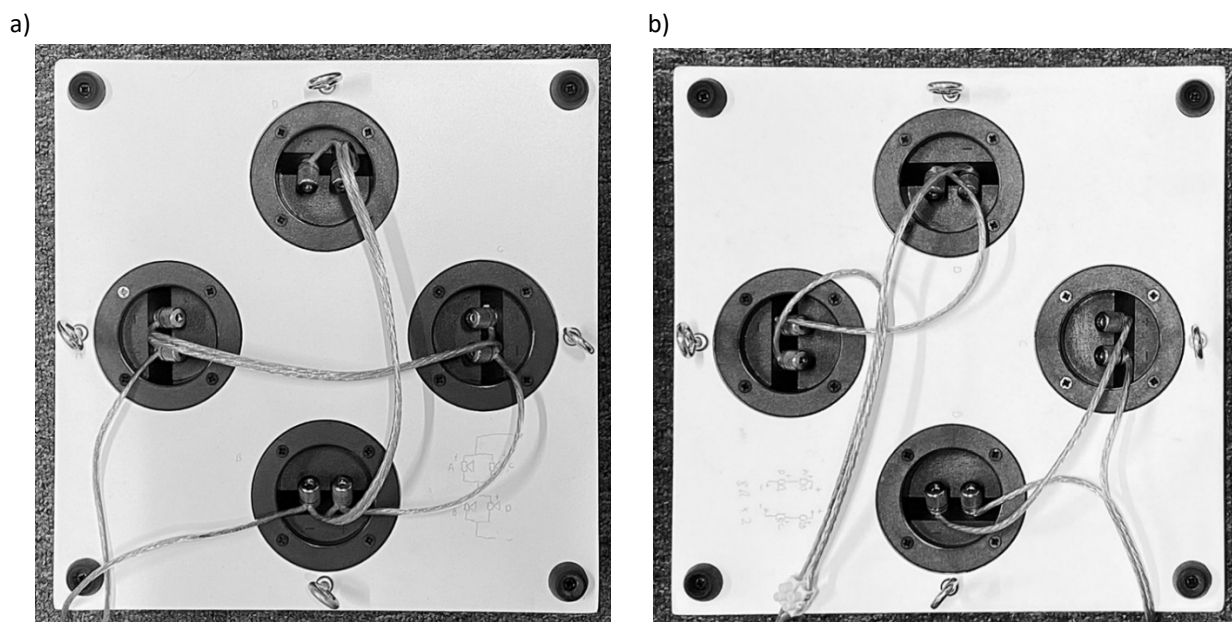
W prototypie systemu maskującego zastosowano 4 identycznej budowy (ale o różnym podłączeniu elektrycznym) kolumny dźwiękowe. Obudowy kolumn dźwiękowych (wykonane z drewna) mają kształt ostrosłupa ściętego o podstawie kwadratowej (piramida ścięta; rys. 6).

Waga kolumny dźwiękowej 2,8 kg. Maksymalna moc elektryczna 40W/4Ω. (W instalacji w suficie podwieszanym ostrosłupy mają być skierowane większą podstawą do góry; są zainstalowane odpowiednie zawiesia – rys. 7).



Rys. 6. Widok kolumny dźwiękowej zastosowanej w prototypie źródła maskującego (kształt: piramida ścięta o podstawie 300 mm): a) widok z boku, b) widok z góry.

Mimo iż kolumny głośnikowe są identyczne pod względem budowy to w celu poprawy równomierności nagłośnienia pomieszczenia można inaczej je zasilać elektrycznie (rys. 7).



Rys. 7. Kolumny dźwiękowe: a) typu A (40W/4 Ω ; głośniki połączenie szeregowo-równoległe), b) typu B (dwa zespoły po dwa sąsiednie głośniki połączone szeregowo; 2x 20W/8 Ω).

Takie połączenie pozwoliło w kolumnach dźwiękowych typu A (rys. 7a) uzyskać stosunkowo wszechkierunkową charakterystykę promieniowania w płaszczyźnie poziomej. Natomiast w kolumnach typu B (rys. 7b) charakterystykę kierunkową w płaszczyźnie poziomej można modyfikować od wszechkierunkowej (kołowej) do owalnej.

Opracowano i wydano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej (zadanie nr 2.SP.05 pt. „Opracowanie źródła dźwięku maskującego hałas związany z komunikacją werbalną w biurowych pomieszczeniach wielkoprzestrzennych”). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.