

Głośniki z serii Installation

YAMAHA CORPORATION

PA·DMI Division,

Advanced System Development Center

Dokumentacja

dotycząca

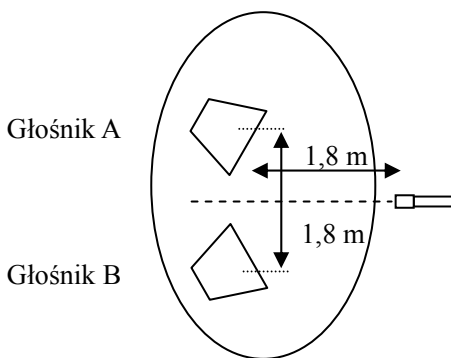
głośników z serii Installation

1 Wstęp

Dla naszych kontrahentów i inżynierów najważniejsza jest łatwość, z jaką systemy głośnikowe można dopasować do pozostałych, potrzebnych elementów. Kanwa musi być biała, aby malarz mógł pokazać prawdziwe kolory farb. Podobnie jest z systemem głośnikowym: musi być „białą kanwą”, to znaczy dokładnie odtwarzać kształt fali sygnału wejściowego i liniowo reagować na korekcję. W terminach audio oznacza to, że musi zapewniać „płaską odpowiedź”. Dwie najczęstsze przyczyny nierównoległej reakcji to „filtr grzebieniowy” (comb filter) będący efektem wadliwej instalacji lub warunki architektoniczne i „różnica między charakterystykami fazowymi głośników”. Pierwszy element należy wziąć pod uwagę podczas projektowania systemu (np. kąta głośnika).

Drugi powód zakłóceń jest istotny, jeśli system głośnikowy firmy Yamaha ma pełnić funkcję „białej kanwy”.

<Rys. 1: Warunki pomiaru głośników>



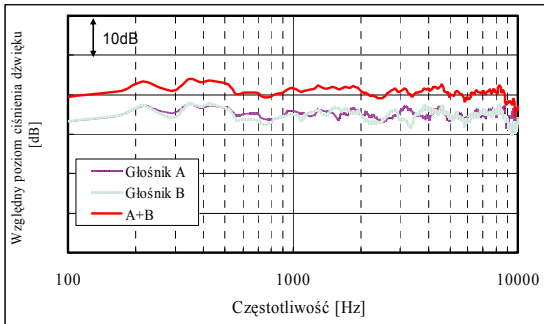
Przeprowadziliśmy prosty test w celu zmierzenia charakterystyk fazowych z wykorzystaniem dwóch dwudrożnych systemów głośnikowych.

Ustawienie przedstawiono na rys. 1. W przypadku wysokich częstotliwości kierunkowość systemu głośnikowego A wynosi 60 x 40 stopni (poziom x pion), natomiast systemu B — 90 x 50 stopni. Amplituda odpowiedzi jest prawie taka sama. Jeśli równocześnie działają oba systemy głośnikowe o takich samych charakterystykach fazowych, względny poziom ciśnienia dźwięku (SPL) wzrasta o 6 dB w przypadku wszystkich częstotliwości, tak jak pokazano na rys. 2.

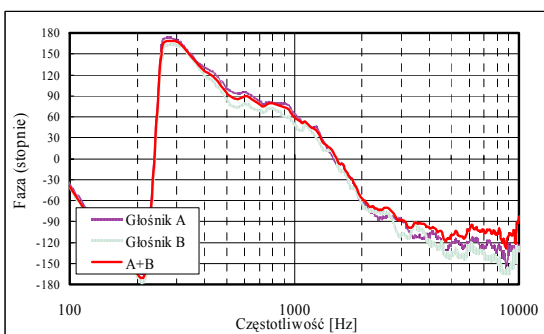
Następnie zmieniliśmy charakterystyki fazowe systemu głośnikowego B i przeprowadziliśmy pomiary. Wynik jest pokazany na rys. 3. W zakresie częstotliwości, w którym różnica fazy wynosi więcej niż 120 stopni, zaobserwowano znaczne wygaszenie odpowiedzi amplitudowej (można zaobserwować to wygaszenie w zakresie, w którym różnica fazy wynosi od 120 do 240 stopni). W zakresie częstotliwości, w którym wykryto wygaszenie, korektor brzmienia nie daje liniowej odpowiedzi, więc bardzo trudno użyć go do poprawy charakterystyk częstotliwości.

<Rys. 2: Działanie dwóch systemów głośnikowych o takich samych charakterystykach fazowych>

Amplituda

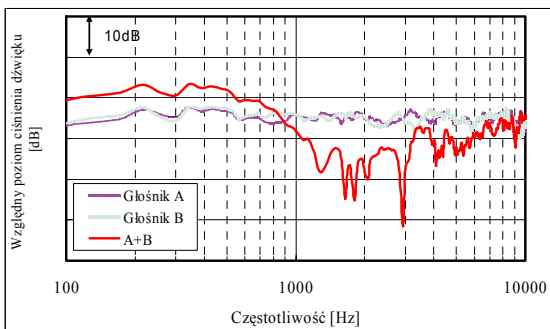


Faza

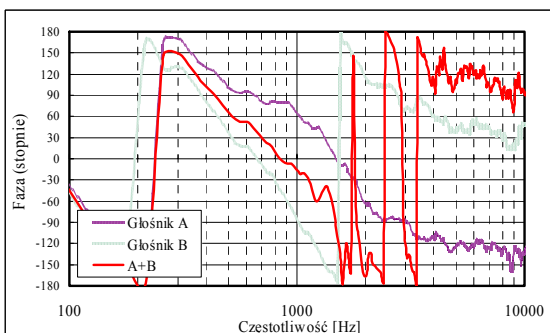


<Rys. 3: Działanie dwóch systemów głośnikowych o różnych charakterystykach fazowych>

Amplituda



Faza



Ten problem nie dotyczy wyłącznie takich samych modeli głośników, ale także występuje w przypadku różnych modeli.

Na przykład w czasie koncertu na żywo macierz głośników często składa się z wielu takich samych systemów głośnikowych. Dla ułatwienia często równocześnie stosuje się różne modele głośników.

W firmie Yamaha stwierdzono, że nawet jeśli system jest złożony z różnych modeli głośników, należy zaoferować „białą kanwę” i zwrócić uwagę na charakterystykę fazową w celu jej ujednoczenia w całej serii.

W przypadku jakości dźwięku dążyliśmy do tego, aby zapewnić zarówno zrozumiałość mowy (PA), jak i wysoką jakość wzmocnienia dźwięku wokalu i/lub instrumentów oraz wyrównać barwę brzmienia (Family Sound Concept) wszystkich produktów w serii.

Wiele wysiłku włożyliśmy także w odtworzenie naturalnych wymiarów obrazu dźwięku.

Innymi słowy, wymiar obrazu musi być dokładnym przedstawieniem źródła, zwłaszcza jeśli chodzi o mowę.

Można powiedzieć w skrócie, że główne założenie przyjęte podczas projektowania serii Installation polegało na realizacji pomysłów związanych z charakterystykami fazowymi i barwą brzmienia.

Poniżej wyjaśniono szczegóły naszej koncepcji oraz sposób jej realizacji.

2 Omówienie charakterystyk fazowych głośnika

W czasie projektowania serii Installation w pierwszej kolejności prześledziliśmy wpływ charakterystyk fazowych głośników na ich reakcje w punktach odsłuchu.

1) Informacje o charakterystykach fazowych w zależności od przetwornika

Nawet w przypadku pojedynczego systemu głośnikowego mogą wystąpić problemy z przesunięciem fazy (na przykład między przetwornikami HF i LF głośnika dwudrożnego).

Na rys. 4 przedstawiono odpowiedź fazową dwudrożnego systemu głośnikowego. Częstotliwość odcięcia wynosi 1,5 kHz zarówno w przypadku HPF (18 dB/okt, BW), jak i LPF (18 dB/okt, BW).

Skupmy się teraz na częstotliwości 1,5 kHz.

Z wykresu reakcji amplitudowej wynika, że dźwięk odpowiadający częstotliwości 1,5 kHz jest wytwarzany zarówno przez przetwornik HF, jak i LF. Wykres reakcji fazowej wskazuje, że różnica fazy między HF i LF wynosi 180 stopni. Oba poziomy sygnały są równe, więc jeden znosi drugi i w rezultacie w charakterystykach amplitudowych pojawia się spadek.

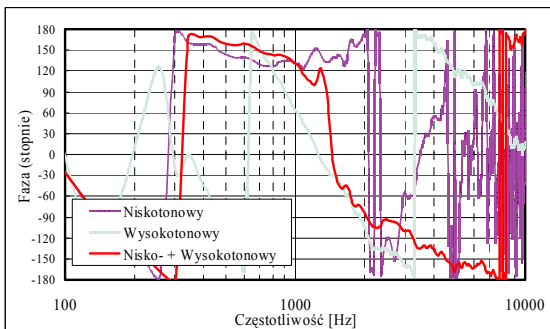
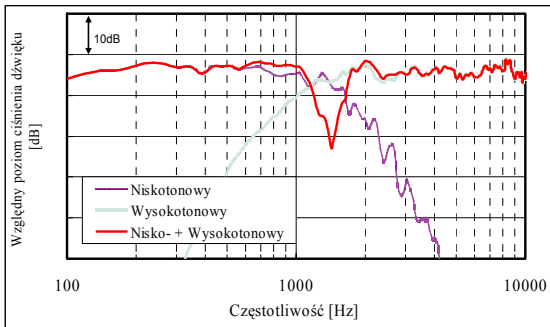
Na wykresie ogólnej odpowiedzi fazowej można również zauważyć, że między 1 kHz i 2 kHz faza nagle się zmienia. W rezultacie system głośnikowy ma złą charakterystykę fazową mniej więcej w punkcie podziału.

Na rys. 5 pokazano odpowiedź fazową tego samego systemu głośnikowego, co na rys. 4. Ten system głośnikowy został jednak wyregulowany w celu skrócenia różnicy fazy w zakresie od 1 kHz do 2 kHz w

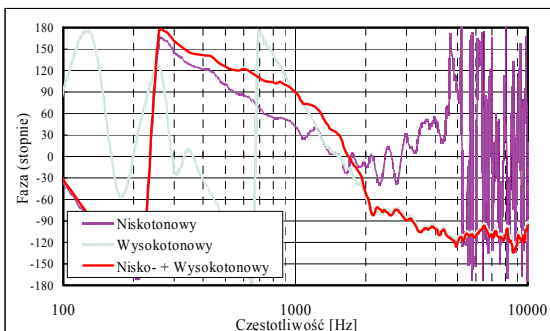
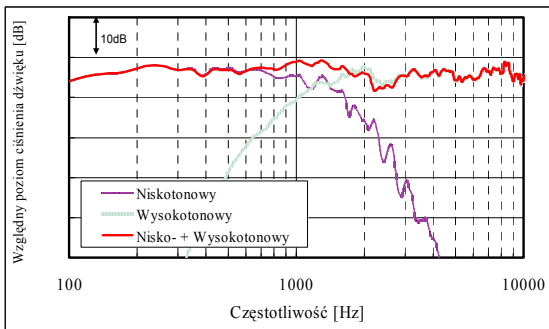
granicach 90 stopni. Nachylenie charakterystyk fazowych jest stałe w całym zakresie, co pozwoliło zminimalizować zły wpływ na charakterystykę amplitudową.

Seria Installation cechuje się płynną odpowiedzią fazową, która jest tak samo nachylona w całym zakresie.

<Rys. 4: Wpływ różnicy fazowej na odpowiedź amplitudową>



<Rys. 5: Odpowiedź systemu głośnikowego z jednostkami w fazie>



2) Omówienie odpowiedzi fazowej, gdy jest używany system wielogłośnikowy

W salach koncertowych, teatrach, kościołach itp. stosuje się wiele głośników zestawionych w macierz. W takich warunkach może wystąpić problem nakładania się obszarów pokrywanych przez pojedyncze głośniki. Zgodnie z opisem w punkcie 2-1) powyżej, w odpowiedzi fazowej może pojawiać się spadek. Jest to spowodowane różnicą fazową, której przyczyną jest różnica odległości między położeniem głośnika i położeniem miejsca odsłuchu. Z tego powodu podczas projektowania systemu bardzo ważne jest zredukowanie obszaru nakładania się. Jego całkowite wyeliminowanie jest jednak bardzo trudne.

W tab. 1 przedstawiono relację między „różnicą odległości” i „częstotliwością wychodzenia z fazy”, gdy dwa głośniki są tak ustawione, jak na rys. 6. Różnica odległości przedstawia różnicę między odległościami od głośników do punktu odsłuchu. Częstotliwość wskazuje punkt, w którym różnica faz spowodowana różnicą odległości wynosi 90 stopni.

Parameter θ to kąt do osi środkowej.

Na podstawie danych z tab. 1 można wyciągnąć następujące wnioski.

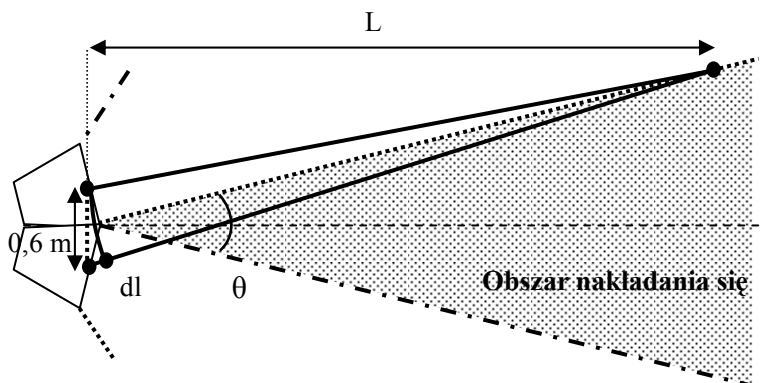
Jeśli obszar nakładania nie przekracza 10 stopni, różnica faz spowodowana różnicą odległości w obszarze nakładania należy do zakresu 90 stopni przy częstotliwości równiej 1 kHz lub mniejszej, niezależnie od odległości od źródła dźwięku.

Gdy obszar nakładania się nie przekracza 20 stopni, różnica faz należy do zakresu 120 stopni przy częstotliwości równiej 1 kHz lub mniejszej.

Uważa się, że przy takiej różnicy faz interferencję można zignorować. Dlatego w takiej sytuacji bardzo ważne jest dopasowanie charakterystyk fazowych dwóch głośników w celu uzyskania charakterystyk amplitudowych bez spadków (tak jak w przypadku przedstawionego wcześniej omówienia charakterystyk fazowych w zależności od przetwornika).

(Warto zwrócić uwagę, że trzeba uwzględnić częstotliwość, kierunkowość i odległość, ponieważ kierunkowość głośnika zmienia się zależnie od częstotliwości).

<Rys. 6: Rozważania dotyczące charakterystyk w obszarze nakładania się>



<Tab. 1: Zależność między różnicą odległości i częstotliwości wychodzenia z fazy w obszarze nakładania się>

θ	L=6,6 m	L=13,2 m	L=26,4 m
5	0,174/ 3252 Hz	0,174/ 3249 Hz	0,174/ 3248 Hz
10	0,347/ 1627 Hz	0,347/ 1626 Hz	0,347/ 1626 Hz
15	0,517/ 1087 Hz	0,517/ 1086 Hz	0,518/ 1085 Hz
20	0,683/ 817 Hz	0,684/ 816 Hz	0,684/ 816 Hz

Różnica faz = 90 stopni

θ	L=6,6 m	L=13,2 m	L=26,4 m
5	0,087/ 4336 Hz	0,087/ 4332 Hz	0,087/ 4331 Hz
10	0,174/ 2170 Hz	0,174/ 2168 Hz	0,174/ 2167 Hz
15	0,261/ 1449 Hz	0,261/ 1448 Hz	0,261/ 1447 Hz
20	0,347/ 1089 Hz	0,347/ 1088 Hz	0,347/ 1088 Hz

Różnica faz = 120 stopni

Aby potwierdzić poprawność naszych rozważań, przeprowadziliśmy następujący test.

Korzystając z systemu Yamaha SREV1, utworzyliśmy różnice fazowe 90, 120 i 150 stopni przy częstotliwości równej 2 kHz w celu symulowania odpowiedzi impulsowej, która ma inne nachylenie charakterystyki fazowej w zakresie częstotliwości. Następnie porównaliśmy odpowiedź częstotliwościową w punkcie testowym.

Na rys. 7 pokazano warunki testowe, a na rys. 8 uzyskany rezultat.

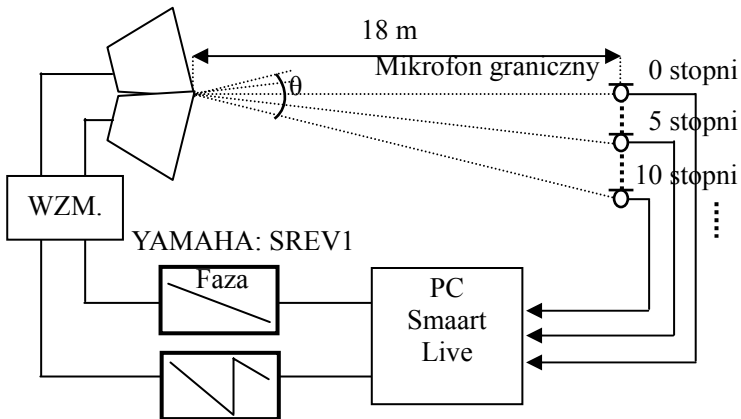
Punkt testowy jest w pełni odsunięty od ściany. Korzystaliśmy z mikrofonu granicznego, aby uniknąć efektu odbicia dźwięku od ściany i podłogi.

Wszystkie wyniki znormalizowano według wyniku uzyskanego, gdy parametr $\theta = 0$ i nie występowała różnica faz. Kierunkowość obu głośników to 60 x 40, a ich zbieżność wynosi 15 stopni.

Gdy nie ma różnicy fazowej, jeśli θ ma 15 stopni lub mniej, różnica poziomu przy częstotliwości 2 kHz lub mniejszej mieści się w zakresie 3 dB. Jeśli θ ma 25 stopni lub mniej, różnica poziomu przy częstotliwości 1 kHz lub mniejszej mieści się w zakresie 3 dB. Gdy różnica faz wzrasta, obszar, na który wpływa spadek wywołany przez interferencję, rozszerza się, a częstotliwość spadku obniża się.

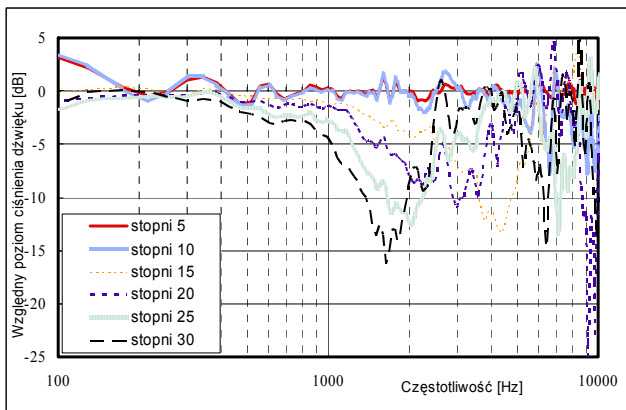
Gdy różnica faz wynosi 90 stopni, jeśli parametr θ wynosi 15 stopni lub mniej, różnica poziomu przy częstotliwości 1 kHz lub mniejszej należy do zakresu 3 dB. Gdy różnica faz wynosi 150 stopni, nawet jeśli parametr θ wynosi 10 stopni lub mniej, różnica poziomu przy częstotliwości 1 kHz lub mniejszej jest większa niż 6 dB. Na podstawie tych wyników można stwierdzić, że w przypadku używania więcej niż jednego głośnika bardzo ważne jest dopasowanie charakterystyki fazowej głośników w celu uzyskania tej samej odpowiedzi w każdym punkcie pokoju.

<Rys. 7: Warunki testowe>

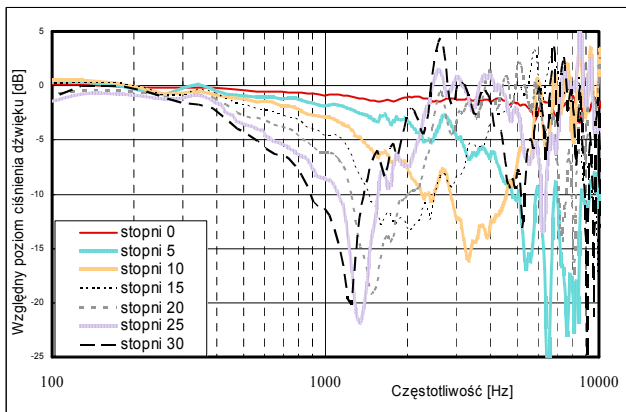


<Rys. 8: Charakterystyka w obszarze nakładania się>

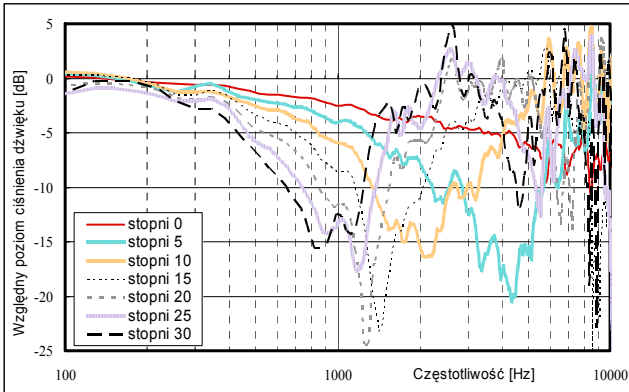
Faza 0 stopni



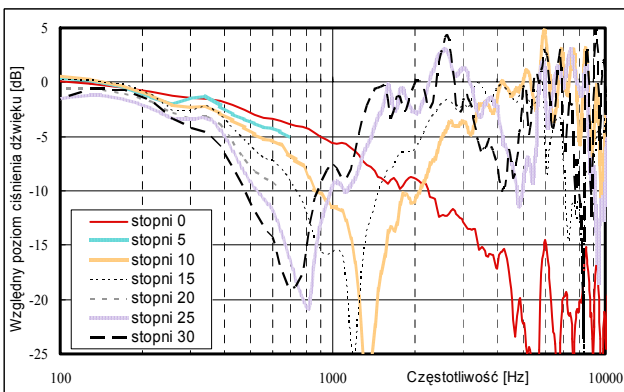
Faza 90 stopni



Faza 120 stopni



Faza 150 stopni



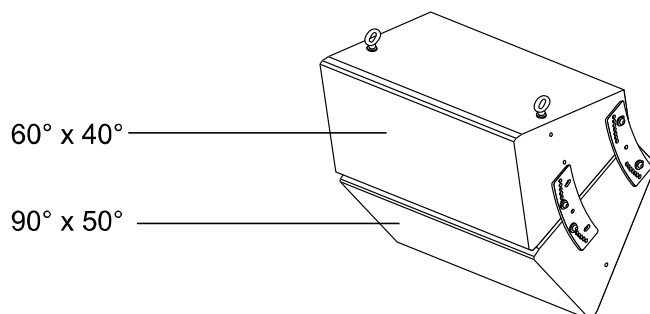
W miejscu, gdzie rzeczywiście instaluje się głośniki, np. w teatrze, często wykorzystuje się kilka modeli głośników z różną kierunkowością, odpowiednio do koniecznego zakresu działania.

Zdarza się także, że stosowane są głośniki o różnych mocach (zobacz rys. 9).

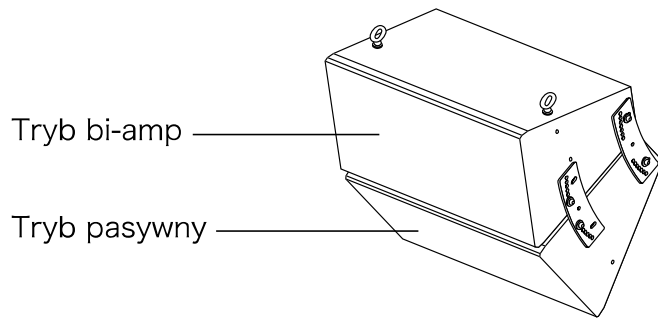
Podczas projektowania głośników z serii Installation firma Yamaha zwróciła uwagę na to zagadnienie. Uznano, że bardzo ważne jest dopasowanie charakterystyki fazowej nie tylko tych samych, ale także różnych modeli głośników.

<Rys. 9: Połączenia różnych modeli głośników>

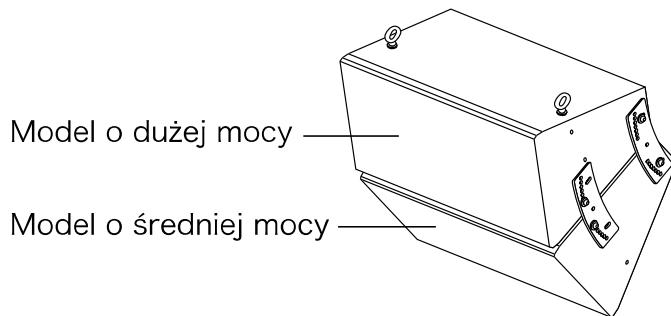
<Te same obudowy, różne kierunkowości>



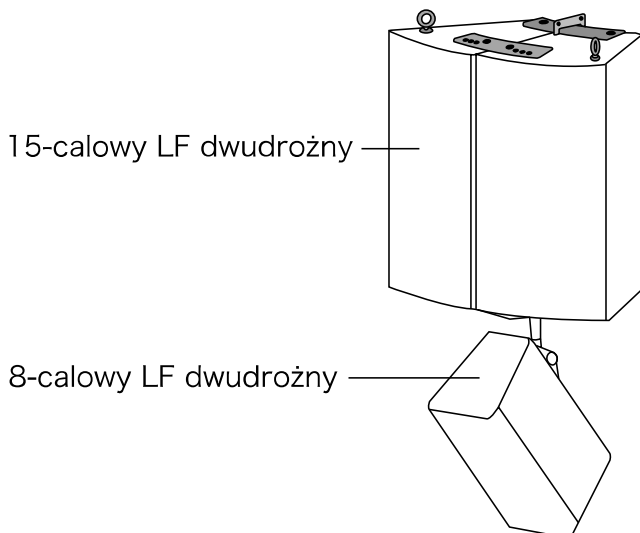
<Te same obudowy, różne tryby działania>



<Te same obudowy, modele o różnej mocy>



<Połączenie modeli w obudowach o różnych rozmiarach>



3 Idea projektu

Po przeprowadzeniu opisanych wcześniej doświadczeń uznaliśmy, że jednym z najważniejszych czynników jest konieczność kontrolowania fazy. Następnie zwróciliśmy szczególną uwagę na zrównoważenie kontroli fazy i brzmienia. Naszym celem było zrealizowanie koncepcji „tej samej fazy” (In Phase Concept) i „dźwięku rodzinnego” (Family Sound Concept). Poniżej przedstawiono szczegółowe informacje o tych pomysłach.

1) Kontrola fazy

(1) Koncepcja tej samej fazy

Na podstawie przedstawionych wyników doświadczeń można stwierdzić, że charakterystyka fazowa wszystkich głośników w serii musi być taka sama.

- Taka sama charakterystyka fazowa modeli, które mają tę samą obudowę, a inne kierunkowości.
- Taka sama charakterystyka fazowa modeli typu pasywnego i bi-amp, które mają tę samą obudowę.
- Taka sama charakterystyka fazowa modeli o dużej i średniej mocy (będą dostępne jesienią 2005 r.) w tej samej obudowie.
- Taka sama charakterystyka fazowa modeli w różnych obudowach.
- Różnica fazy głośników przy częstotliwości równej 2 kHz musi mieścić się w zakresie 90 stopni.

(2) Korzystanie z typu o minimalnej zmianie fazy

Istnieją dwie metody kontrolowania charakterystyki fazowej systemów wielogłośnikowych.

A. Typ minimalnej zmiany fazy

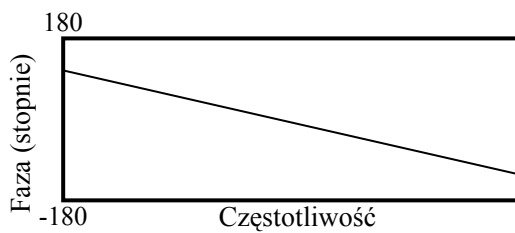
Ta metoda polega na zminimalizowaniu zmiany fazy w zakresie od 20 Hz do 20 kHz. Pozwala uzyskać płynnie zmieniającą się charakterystykę fazową w obrębie jednego okrążenia (od 180 do -180 stopni). Istnieje możliwość wystąpienia problemu opadania poziomu charakterystyki amplitudowej w zakresie częstotliwości, w którym krzyżują się częstotliwości przetwornika nisko- i wysokotonowego.

B. Typ tego samego nachylenia fazowego

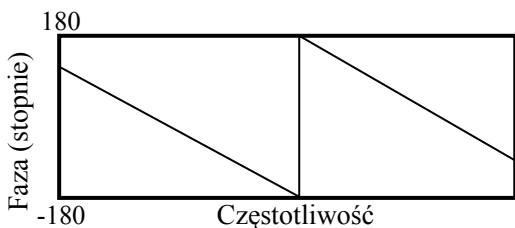
Ta metoda pozwala uzyskać płynną zmianę fazy w całym zakresie częstotliwości. Nie polega na zminimalizowaniu zmiany fazy.

Dzięki dodaniu opóźnienia do przetwornika o niskiej częstotliwości w celu dopasowania nachylenia fazy tego głośnika do nachylenia przetwornika o dużej częstotliwości można płynnie połączyć ich charakterystyki fazowe. W tej metodzie na granicy charakterystyki fazowej dwóch przetworników różnica faz wynosi 360 stopni. Z punktu widzenia wzmocnienia/obcięcia charakterystyki amplitudowej można uważać, że jest to ta sama faza, co pozwala uniknąć problemu opadania w zakresie podziału. Ta metoda jest prostsza i łatwiejsza w zastosowaniu niż metoda typu minimalnej zmiany fazy, ale w całym zakresie wprowadzane są znaczne zmiany.

<Rys. 10: „Typ minimalnej zmiany fazy” i „typ tego samego nachylenia fazowego”



Typ minimalnej zmiany fazy



Typ tego samego nachylenia fazowego

Przed rozpoczęciem projektowania serii Installation wykonaliśmy prototypy obu typów, czyli „minimalnej zmiany fazy” i „tego samego nachylenia fazowego”, a następnie przeprowadziliśmy test odsłuchu i porównania. Uzyskano następujące wyniki.

Na podstawie testowania głośnika bi-amp przy użyciu metody DSP trudno powiedzieć, który typ jest lepszy, mimo wystąpienia pewnych niuansów w zakresie podziału.

Podczas testów z głośnikiem pasywnym lepiej brzmiał głośnik typu minimalnej zmiany fazy z prostym obwodem sieciowym.

Obawiano się jednak, że każdy model może mieć inny czas opóźnienia przetwornika o niskiej częstotliwości w przypadku wyregulowania głośników z serii Installation zgodnie z metodą tego samego nachylenia fazowego. Może to być przyczyną problemów, gdy jednocześnie wykorzystywany jest więcej niż jeden głośnik.

Po rozważeniu wszystkich argumentów zdecydowaliśmy się zastosować „typ minimalnej zmiany fazy”.

2) Kontrola jakości brzmienia

(1) Dźwięk docelowy

Seria Installation została zaprojektowana pod kątem wykorzystania głównie w salach koncertowych, teatrach i kościołach.

W takich miejscach mogą odbywać się konferencje, koncerty, wykłady itp. System nagłośnienia musi więc spełniać minimalne wymagania polegające na zapewnianiu czystego i dobrego dźwięku o odpowiedniej słyszalności w każdym położeniu. Wymagana jest także wysoka jakość dźwięku w przypadku wokalu i instrumentów muzycznych, a także podczas odtwarzania muzyki lub dźwięku otoczenia.

Pracując nad jakością brzmienia produktów z serii Installation, oprócz płaskiej charakterystyki amplitudowej, chcieliśmy osiągnąć następujące cele:

- Zrozumiałość mowy.
- Dobrze zrównoważone i rozdzielone brzmienie muzyki.
- Brak koloryzowania dźwięku, niezależnie od całkowitego poziomu.
- Ta sama barwa dźwięku w każdym miejscu w całym zakresie kierunkowości.
- Odpowiedni wymiar obrazu audio w przypadku każdego źródła.

(2) Koncepcja dźwięku rodzinnego

W salach koncertowych, teatrach czy kościołach oprócz głośników głównych stosuje się głośniki pomocnicze, np. głośniki pod balkonami lub przednie głośniki na widowni.

Dźwięk generowany przez głośniki miesza się w przestrzeni danej sali. Bardzo trudno uzyskać tę samą barwę dźwięku w każdym miejscu sali, ponieważ barwy dźwięku głośników — jeśli użyto różnych modeli głośników oraz głośników o różnych rozmiarach — są różne (nawet jeśli wykorzystano urządzenia tego samego producenta).

Firma Yamaha wprowadziła obecnie koncepcję „dźwięku rodzinnego” (Family Sound Concept). Zgodnie z tym zamierzeniem, wszystkie modele głośników z tej samej serii mają mieć tę samą barwę dźwięku.

- Ujednolicenie barwy dźwięku głośników o różnej kierunkowości i takiej samej obudowie.
- Ujednolicenie barwy dźwięku trybu pasywnego i bi-amp danego modelu.
- Ujednolicenie barwy dźwięku modeli o dużej i średniej mocy, mających taką samą obudowę.
- Ujednolicenie barwy dźwięku głośników w różnych obudowach.

(3) Minimalizowanie kompensacji elektronicznej

Działanie korygujące kompensuje odpowiedź amplitudową, ale także pogarsza charakterystyki fazowe. Im bardziej kompensowana jest odpowiedź amplitudowa, tym bardziej zmienia się faza.

Spowodowało to, że naszym celem stało się zminimalizowanie kompensacji elektronicznej wykonywanej przy użyciu korektora.

Staraliśmy się unikać wykorzystywania korektora zwłaszcza w zakresie podziału.

(4) Współpraca z projektantami głośników innych firm

Zdecydowaliśmy się projektować głośniki we współpracy z projektantami z innych firm.

W firmie Yamaha zespołem projektantów kierował Akira Nakamura. Wcześniej pracował on nad głośnikami hi-fi NS1000M, które od dawna są obecne na rynku, serią NS10M, która stała się standardem studyjnym, a także nad monitorami z serii MSP.

Stanowisko zewnętrznego eksperta objął Michael Adams. Jest on nie tylko bardzo doświadczonym projektantem głośników, ale także długo pracował jako inżynier systemów dźwiękowych. Aktualnie jest głównym projektantem w amerykańskiej firmie Audio Composite Engineering.

Zrozumiał on koncepcję firmy Yamaha, która wydawała się być bardzo trudna do zrealizowania. Michael Adams jest jedynym projektantem głośników, który ma doskonały słuch inżyniera dźwięku.

4 Styl projektowania i rozwoju

Projektowanie, podobnie jak tworzenie prototypu, składało się z trzech oddzielnych etapów.

Na początku powstał model Proto 1, opracowany w celu pierwszej oceny dźwięku. Na drugim etapie przygotowano model Proto 2, uwzględniając wnioski płynące z oceny modelu Proto 1. Firma Audio Composite Engineering opracowała podstawowy projekt obudowy i tuby, a także dobrała przetwornik.

Firma Yamaha wykonała szczegółowe pomiary danych i testy odsłuchu. Były one przeprowadzane nie tylko w komorze akustycznej pochłaniającej, ale także w normalnym środowisku działania. Następnie przeanalizowano wyniki, a zestawienie problemów i proponowanych rozwiązań zostało przesłane firmie Audio Composite Engineering w celu uzyskania jej opinii.

Na trzecim etapie na podstawie modelu Proto 2 wstępnie wyprodukowano urządzenia w fabryce, w której powstają produkty finalne, z zastosowaniem części i materiałów używanych w produkcji masowej. Etap produkcji próbnej umożliwił sprawdzenie jakości finalnych produktów masowych.

Obudowy zostały wykonane z różnych materiałów i pomalowane na różne sposoby. Następnie montowano w nich poszczególne elementy głośników i poddawano je testom.

Poniżej przedstawiono aktualne wyniki dotyczące każdego składnika.

- Tuba

Ocena tuby była dokonywana na podstawie pomiaru danych, takich jak odpowiedź fazowa i amplitudowa. Przeprowadziliśmy także testy odsłuchu w celu sprawdzenia czystości, rozkładu, wymiaru obrazu audio itp. Tuba z wylotem równym 1,4 cala, zastosowana w modelach 15- i 12-calowych, zapewniała lepszą penetrację dźwięku i rozdzielczość. Jest to maksymalny rozmiar tuby, jaką można umieścić w obudowie. Wykorzystano laminat FRP wzmocniony włóknem szklanym i wyizolowany akustycznie za pomocą materiału tłumiącego drgania.

Wszystkie tuby można obrócić w zakresie 90 stopni.

- Kompresyjny przetwornik do wysokich częstotliwości

Przetworniki zostały wybrane po przeprowadzeniu wielokrotnych testów odsłuchowych w poszukiwaniu dźwięku rodzinnego. Okazało się, że wszystkie pochodzą od tego samego producenta.

Przetwornik zastosowany w modelu 15- i 12-calowym ma 3-calową cewkę drgającą i tytanową membranę. Krawędź i membrana są zespolone. Zastosowano krawędź typu stycznego, aby zapewnić większą trwałość głośników i lepszą jakość brzmienia.

- Woofery do niskich częstotliwości

Aby zapobiec zanikaniu obrazu dźwiękowego przy większej mocy, w 15- i 12-calowym woofery zastosowano 4-calowe cewki drgające.

Woofery zostały dobrane bardzo starannie, z uwzględnieniem następujących kryteriów.

- Oferowanie wysokiego czynnika tłumienia oraz płynnej odpowiedzi przy niskich częstotliwościach.
- Dźwiękowe dopasowanie do obudowy.
- Płynne przejście do wysokich częstotliwości.

W obwodzie magnetycznym zastosowano duży magnes ferrytowy w celu zwiększenia gęstości magnetycznej i uzyskania klarowniejszego i bardziej zdecydowanego dźwięku.

- Obudowa

Po przeprowadzeniu testów odsłuchu zdecydowaliśmy, że obudowa będzie wykonana z 11-warstwowego fińskiego drewna brzoźowego. Częstotliwość dostrojenia została ustawiona w punkcie, w którym ciśnienie dźwięku portu najskuteczniej wpływa na odpowiedź w zakresie niskich częstotliwości.

Sporządziliśmy prototyp, którego punkt częstotliwości dostrojenia został obliczony na podstawie komputerowej symulacji, i wielokrotnie przeprowadziliśmy testy, aby sprawdzić dopasowanie obudowy do woofera. Następnie dokonaliśmy zmian w celu wprowadzenia ulepszeń.

Kształt obudowy jest uwarunkowany tym, że panel boczny i ekran akustyczny znajdują się na tej samej wysokości. Ma to na celu zachowanie czystości dźwięku. Takie ustawienie pozwoliło wyeliminować odbicie dźwięku od panelu bocznego, przez które dźwięk może stać się mniej czysty.

Wnętrze zostało wzmocnione przy użyciu usztywnień i z uwzględnieniem wytrzymałości i rezonansu. W efekcie możemy zapewnić doskonałą jakość czystego brzmienia bez zakłóceń emitowanych przez kolumny. Jako materiał absorbujący dźwięk zastosowano 25-milimetrową wełnę szklaną. W efekcie otrzymano dźwięk o dobrze zrównoważonych niskich częstotliwościach — napięty, ale przedłużony.

W celu uzyskania wyższej penetracji dźwięku 63% metalowej maskownicy jest otwarte.

- Obwód elektryczny

Zastosowano bardzo prosty obwód elektryczny, aby zapobiec pogorszeniu się dźwięku.

Obwód niskiej częstotliwości użyty w modelach 15- i 12-calowych to cewka z drutu miedzianego 15 AWG (1,65 mm²), połączona z dużym płaskim rdzeniem ze stali krzemowej i dużym kondensatorem foliowym o małym tgδ, co zapewnia wysoką rozdzielczość dźwięku nawet przy dużej mocy wejściowej.

Aby uzyskać tę samą odpowiedź fazową i amplitudową, jak w trybie bi-amp, korzystaliśmy z symulacji komputerowej i dokonywaliśmy wielokrotnych pomiarów rzeczywistych, aż do zakończenia projektowania obwodu. W końcu udało nam się zrealizować zarówno „koncepcję tej samej fazy”, jak i „koncepcję dźwięku rodzinnego”. Udało się nam zminimalizować zmiany fazy w całym zakresie i uzyskać delikatnie opadającą charakterystykę fazową bez nagłych zmian, a także płynną charakterystykę amplitudową.

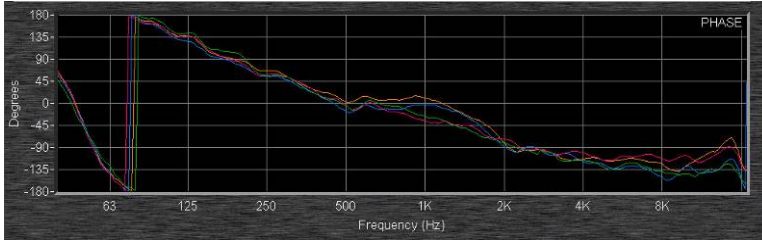
5 Charakterystyka fazowa serii Installation

Na następujących wykresach przedstawiono charakterystyki fazowe serii Installation oraz modelu wyprodukowanego przez konkurencyjną firmę. Z danych wynika, że charakterystyki fazowe serii Installation są prawie takie same, niezależnie od kierunkowości, trybu działania i modelu.

<Rys. 11: Porównanie charakterystyk fazowych>

SERIA INSTALLATION FIRMY YAMAHA

Porównanie różnych wzorów kierunkowości



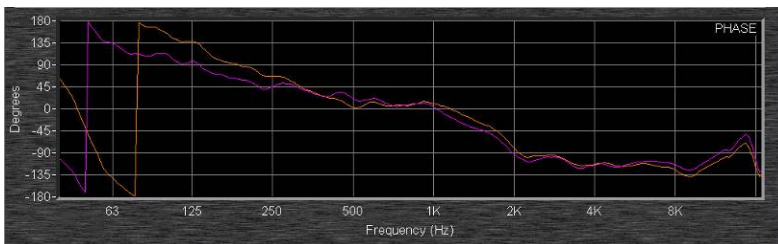
Pomarańczowy: IF2115/64/bi-amp

Niebieski: IF2115/95/bi-amp

Czerwony: IF2115/99/bi-amp

Zielony: IF2115/AS/bi-amp

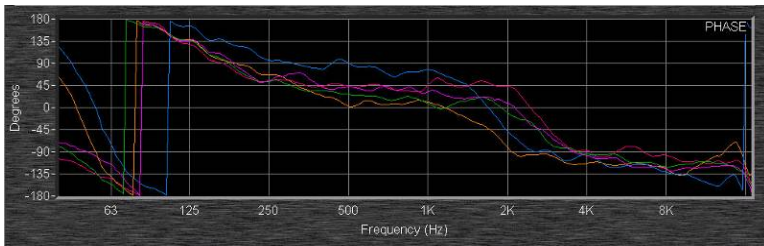
Porównanie różnych trybów działania



Pomarańczowy: IF2115/64/bi-amp

Purpurowy: IF2115/64/pasywny

Porównanie modeli



Pomarańczowy: IF2115/95 bi-amp

Niebieski: IF2112/95 bi-amp

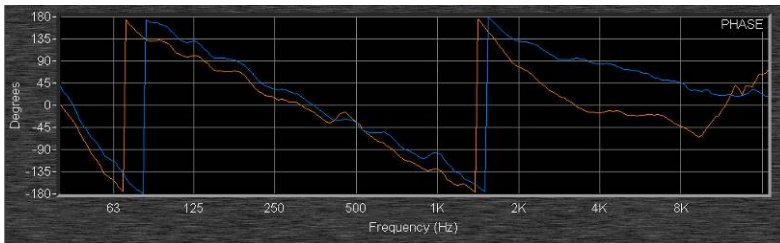
Zielony: IF2208

Purpurowy: IF2108

Czerwony: IF2205

Model konkurencji

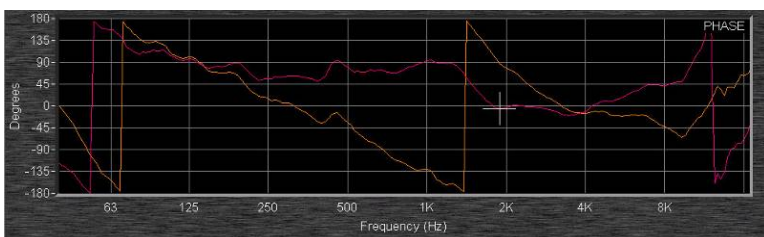
Porównanie różnych wzorów kierunkowości



Pomarańczowy: Głośnik konkurencyjnej firmy, 15-calowy, LF, dwudrożny, 60 x 40, bi-amp

Niebieski: Głośnik konkurencyjnej firmy, 15-calowy, LF, dwudrożny, 90 x 50, bi-amp

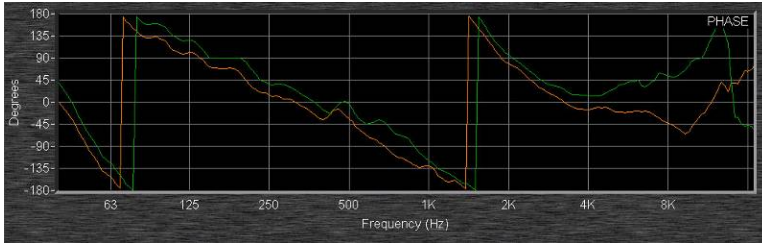
Porównanie różnych trybów działania



Pomarańczowy: Głośnik konkurencyjnej firmy, 15-calowy, LF, dwudrożny, 60 x 40, bi-amp

Czerwony: Głośnik konkurencyjnej firmy, 15-calowy, LF, dwudrożny, 60 x 40, pasywny

Porównanie modeli



Pomarańczowy: Głośnik konkurencyjnej firmy, 15-calowy, LF, dwudrożny, 60 x 40, bi-amp

Zielony: Głośnik konkurencyjnej firmy, 12-calowy, LF, dwudrożny, 60 x 40, bi-amp

6 Podsumowanie

Jesienią 2004 r. zaprosiliśmy ekspertów na spotkanie w firmie Audio Composite Engineering w celu oceny jakości brzmienia ostatecznego prototypu.

Ocena była dokonywana bardzo starannie, z wykorzystaniem odtwarzaczy CD i mikrofonów przyniesionych przez ekspertów. Pod koniec spotkania rozległy się burzliwe oklaski.

Podobne spotkanie, mające na celu ocenę jakości brzmienia, odbyło się również w Japonii.

Dzięki tym spotkaniom upewniliśmy się, że seria Installation jest zgodna z naszymi koncepcjami projektowymi i zapewnia dźwięk najwyższej jakości. Bardzo dobrze oceniono realizację koncepcji dźwięku rodzinnego. Testy mowy w języku angielskim i japońskim, przeprowadzone przy użyciu mikrofonu, wykazały, że po wzmocnieniu przez głośniki mowa w obu językach brzmi bardzo zrozumiale.

Seria głośników Installation firmy Yamaha, przeznaczona do zastosowania w różnych obiektach, rozwiązuje problemy powodowane przez równoczesne zastosowanie wielu głośników. Mamy nadzieję, że uzyskają Państwo efekty potwierdzające zapewnianą przez nas jakość brzmienia, dopasowanie barwy brzmienia w przypadku stosowania więcej niż jednego głośnika, liniowej odpowiedzi korektora itp.

Firma Yamaha planuje w przyszłości dodanie do serii modelu trzydrożnego i dwudrożnego o średniej mocy. Pod koniec 2005 r. planowane jest także wprowadzenie procesora głośnika cyfrowego.

W głośnikach z serii Installation wykorzystywane jest przetwarzanie DSP można więc używać procesorów głośnikowych ogólnego stosowania, ponieważ nie został użyty żaden specjalny filtr podziału ani korektor. Uważamy jednak, że najlepszą jakość brzmienia zapewnia procesor DME24N/64N firmy Yamaha. W

najbliższej przyszłości planujemy udostępnienie w witrynie internetowej firmy Yamaha danych dotyczących ustawienia DSP oraz danych EASE. Należy zwrócić uwagę, że w końcowym procesie regulacji brzmienia korzystaliśmy ze wzmacniacza mocy z serii PC-01N firmy Yamaha.

Aktualnie, równolegle z opracowywaniem sprzętu, tworzymy aplikacje służące do generowania symulacji komputerowych, które bez problemów będą mogły być używane w fazie projektowania systemu dźwiękowego. Użytkownik będzie musiał jedynie wprowadzić dane: kształt i rozmiar pomieszczenia oraz poziom ciśnienia dźwięku w punkcie odsłuchu. Na podstawie tych danych aplikacja zaleci najlepszą konfigurację macierzy. Dzięki temu możliwe będzie symulowanie korekcji w celu kompensacji charakterystyk macierzy. Wynik symulacji korekcji może być przechowywany w urządzeniu DME24N/64N firmy Yamaha w postaci pliku biblioteki.

Dzięki wykorzystaniu oprogramowania do symulacji oraz głośników z serii Installation firmy Yamaha można znacznie skrócić czas przygotowań i konfiguracji.

Na koniec chcielibyśmy bardzo serdecznie podziękować firmie Audio Composite Engineering i panu Michaelowi Adamsowi.

Bibliografia:

- [1] G. Davis, R. Jones, „Sound Reinforcement Handbook, Second Edition”, Yamaha, 1989
- [2] D. Davis, C. Davis, „Sound System Engineering, Second Edition”, Focal Press, 1997