

Högtalare i Installation-serien

YAMAHA CORPORATION
PA·DMI Division,
Advanced System Development Center

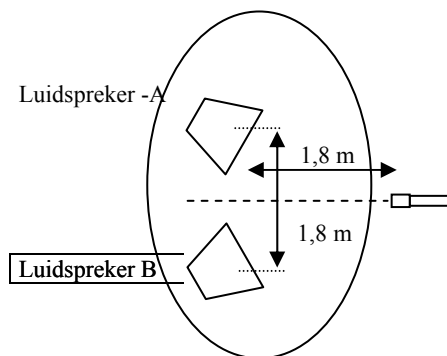
Faktablad
om
högtalare i Installation-serien

1. Inledning

Det är av högsta betydelse för ljudfirmor och ljudingenjörer att ett högtalarsystem enkelt kan justeras så att det matchar egenskaperna i en viss lokal. På samma sätt som en konstnärs målarduk måste vara vit för att den verkliga kulören hos färgerna ska synas, måste ett högtalarsystem vara en vit duk så att det ger en korrekt återgivning av de vågformer som går igenom systemet, och att det svarar på ett linjärt sätt vid frekvenskorrigering – i ljudtermer innebär det att det måste ge ett "rakt svar". De två vanligaste orsakerna till ett ojämnt svar är "kamfilter" som beror på installationen eller på arkitektoniska egenskaper, och "variationer i högtalarnas faseegenskaper". Det förra måste tas i beaktande vid systemutformningen, till exempel när det gäller högtalarens vinkel.

Det senare bör räknas som huvudanledningen till att göra Yamahas högtalarsystem till en "vit duk".

<Figur 1: Mätvillkor för högtalare>



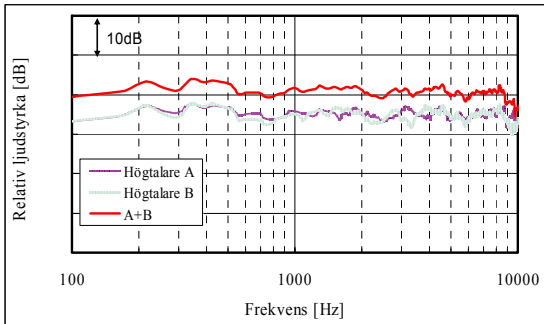
Vi utförde ett enkelt test för att mäta faseegenskaper med hjälp av ett 2-vägs högtalarsystem.

I figur 1 visas uppställningen. Högtalarsystem A har 60 grader \times 40 grader (horisontellt \times vertikalt) av spridningen för högfrequens och högtalarsystem B har 90 \times 50 grader. Amplitudsvaren är nästan identiska. När de båda högtalarsystemen med samma faseegenskaper körs samtidigt ökar den relativa ljudstyrkan med 6 dB på samtliga frekvenser enligt figur 2.

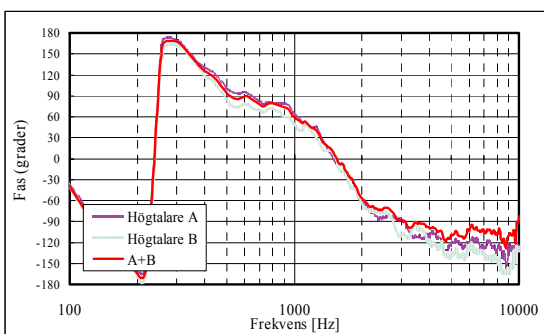
Därefter ändrade vi faseegenskaperna för högtalarsystem B och gjorde en ny mätning. Resultatet visas i figur 3. I det frekvensintervall där fasskillnaden är mer än 120 grader kan man se ett tydlig bortfall i amplitudsvaret (du ser bortfallet i det intervall där fasskillnaden ligger mellan 120 och 140 grader). I det frekvensintervall där man kan observera utfasning svarar inte en equalizer linjärt, så det är mycket svårt att förbättra frekvensegenskaperna med hjälp av frekvenskorrigering.

<Figur 2: Användning av två högtalarsystem med samma fasegenskaper>

Amplitud

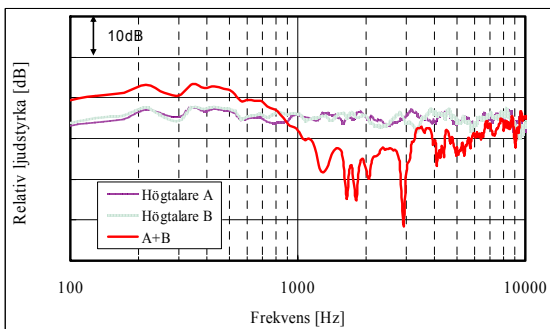


Fas

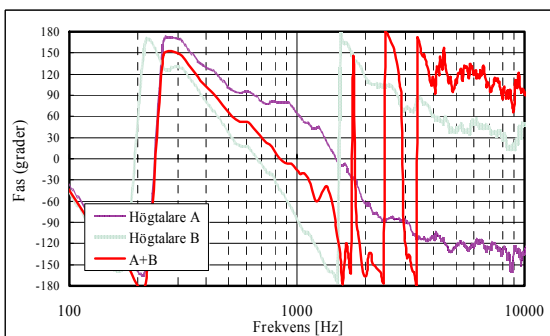


<Figur 3: Användning av två högtalarsystem med olika fasegenskaper>

Amplitud



Fas



Det här problemet uppstår inte bara mellan högtalare av samma modell utan även vid användning av olika högtalarmodeller.

På livekonserter är det till exempel vanligt med högtalarkluster där man använder flera högtalarsystem av samma typ. I en fast installation är det däremot vanligare att man använder olika högtalarmodeller tillsammans.

På Yamaha tyckte utvecklarna att vi borde kunna erbjuda en ”vit duk” även om man använder olika högtalarmodeller i ett system, och därför uppmärksammade de fasegenskaperna i syfte att få gemensamma fasegenskaper i hela serien.

När det gäller ljudkvaliteten satsade vi både på rent tal (PA) och på förstärkning av naturtrogen ljudåtergivning av sång och musikinstrument, samtidigt som grundkonceptet var att förena tonfärgen (Family Sound Concept – familjekoncept) för alla produkter i serien. Vi lade även stor vikt vid att återge de naturliga dimensionerna i ljudbilden.

Med andra ord måste storleken på en bild vara en korrekt återgivning av originalet, framför allt när det gäller tal. I korthet är designkonceptet för "Installation"-serien att förverkliga koncepten för fasegenskaper och tonfärg.

Nedan följer en detaljerad förklaring av konceptet och hur det ska förverkligas.

2. Högtalarnas fasegenskaper

I en design för "Installation"-serien undersökte vi först hur högtalarnas fasegenskaper påverkade svaren vid mottagarpunkterna.

1) Om fasegenskaper mellan element

Även ett högtalarsystem med en enda högtalare kan ha problem med motfas (till exempel mellan hög- och lågfrekvensselement i ett 2-vägs högtalarsystem).

I figur 4 visas fassvaret för ett 2-vägs högtalarsystem. Brytfrekvensen är 1,5 kHz både för högpassfiltret (18 dB/okt, BW) och för lågpassfiltret (18 dB/okt, BW).

Nu fokuserar vi på frekvensen 1,5 kHz.

I diagrammet över amplitudsvår ser du att frekvensen 1,5 kHz återges av både hög- och lågfrekvensselementen. I diagrammet över fassvar ser du att fasskillnaden mellan hög- och lågfrekvens är 180 grader. Signalnivåerna är lika stora, så de tar ut varandra, och till följd av det skapas en sänkning i amplitudegenskaperna.

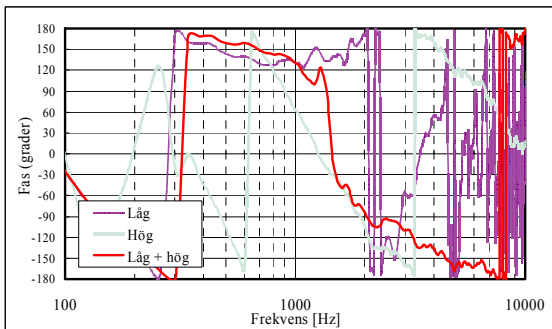
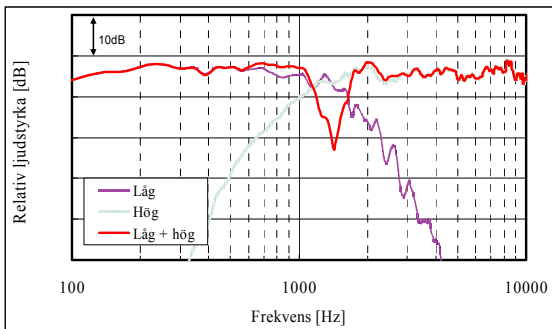
I diagrammet över det totala fassvaret ser du att fasen plötsligt förändras mellan 1 kHz och 2 kHz. Det innebär att högtalarsystemet har dåliga fasegenskaper vid delningsfrekvensen.

I figur 5 visas fassvaret för samma 2-vägs högtalarsystem som i figur 4, men högtalarsystemet har här justerats

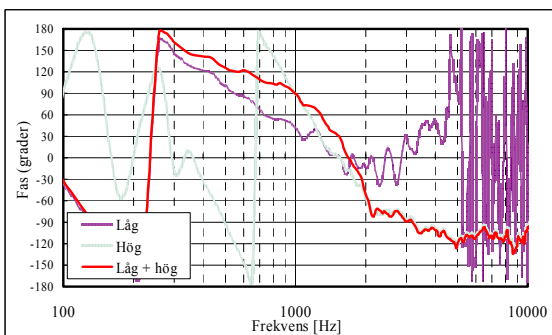
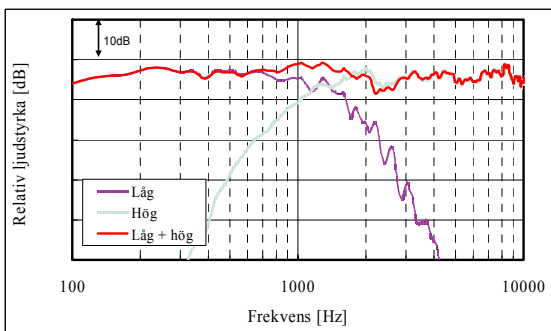
för att minska fasskillnaden i intervallet mellan 1 kHz och 2 kHz inom 90 grader. Lutningen för fasegenskaperna är konstant över hela intervallet, så den negativa påverkan på amplitudegenskaperna minimeras.

"Installation"-serien har ett mjukt fassvar med konstant lutning genom hela intervallet.

<Figur 4: Fasskillnadens påverkan på amplitudsvaret>



<Figur 5: Svar i ett högtalarsystem med enheter som är i fas>



2) Diskussion om fassvar vid användning av flera högtalarsystem

Vid installationer i en stor sal, teater, kyrka eller liknande kan man behöva arrangera högtalare i kluster. Under sådana villkor kan det uppstå problem i överlappande områden som täcks av mer än en högtalare. Det innebär att det kan uppstå en sänkning i amplitudsvaret, som beskrivs under 2-1) ovan.

Detta beror på fasskillnaden, som orsakas av skillnaden i avstånd mellan högtalarens och åhörarens position. Med hänsyn till systemdesignen är det därför mycket viktigt att minska överlappande områden, även om det är svårt att helt eliminera dem.

I en situation där två högtalare används på det sätt som visas i figur 6, visar tabell 1 relationen mellan "avståndsskillnad" och "frekvens ur fas". Avståndsskillnaden visar skillnaden i avstånd mellan högtalarna och testpunkten. Frekvensen visar den punkt där fasskillnaden som orsakas av avståndsskillnaden är 90 grader. Parametern θ är vinkeln mot mittaxeln.

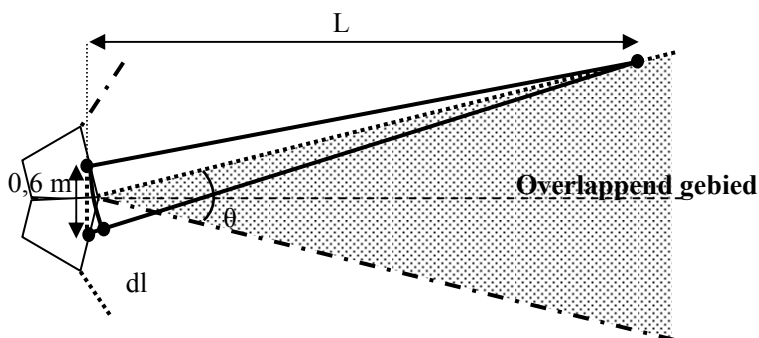
I tabell 1 visas följande.

När det överlappade området ligger inom 10 grader ligger den fasskillnad som orsakas av avståndsskillnaden i det överlappade området inom 90 grader, vid en frekvens på 1 kHz eller lägre, oavsett avståndet till ljudkällan. När det överlappade området ligger inom 20 grader ligger fasskillnaden inom 120 grader vid en frekvens på 1 kHz eller lägre.

Vid den här fasskillnaden anses man kunna ignorera interferensen. I den här situationen är det därför viktigt att matcha faseegenskaperna mellan de båda högtalarna för att få amplitudegenskaper utan en sänkning (som i den tidigare beskrivna diskussionen kring faseegenskaper mellan elementen).

(Observera att du i praktiken måste tänka på både frekvens, riktning och avstånd eftersom en högtalares spridning förändras beroende på frekvensen.)

<Figur 6: Beaktande av egenskaperna i det överlappade området>



<Tabell 1: Relationen mellan avståndskillnaden och frekvensen ur fas i det överlappade området>

θ	L = 6 m	L = 12 m	L = 24 m
5	0,174 / 3 252 Hz	0,174 / 3 249 Hz	0,174 / 3 248 Hz
10	0,347 / 1 627 Hz	0,347 / 1 626 Hz	0,347 / 1 626 Hz
15	0,517 / 1 087 Hz	0,517 / 1 086 Hz	0,518 / 1 085 Hz
20	0,683 / 817 Hz	0,684 / 816 Hz	0,684 / 816 Hz

Fasskillnad = 90 grader

θ	L = 6 m	L = 12 m	L = 24 m
5	0,087 / 4 336 Hz	0,087 / 4 332 Hz	0,087 / 4 331 Hz
10	0,174 / 2 170 Hz	0,174 / 2 168 Hz	0,174 / 2 167 Hz
15	0,261 / 1 449 Hz	0,261 / 1 448 Hz	0,261 / 1 447 Hz
20	0,347 / 1 089 Hz	0,347 / 1 088 Hz	0,347 / 1 088 Hz

Fasskillnad = 120 grader

För att bekräfta våra överväganden utförde vi följande test.

Vi använde Yamaha SREV1 och skapade fasskillnader på 90, 120 och 150 grader vid 2 kHz genom att simulera impulssvar med en annan inklinering i fasegenskaperna i frekvensintervallet.

Sedan jämförde vi frekvenssvaret vid testpunkten.

I figur 7 visas testvillkoren medan resultaten visas i figur 8.

Testpunkten är helt fristående från väggen. Vi använde en tryckzonsmikrofon för att undvika effekten av reflekterat ljud från väggar och golv.

Samtliga resultat standardiserades genom resultatet då $\theta = 0$ och det inte finns någon fasskillnad.

Båda högtalarna har en spridning på 60x40 grader och gradantalet för sidovinkeln är 15 grader.

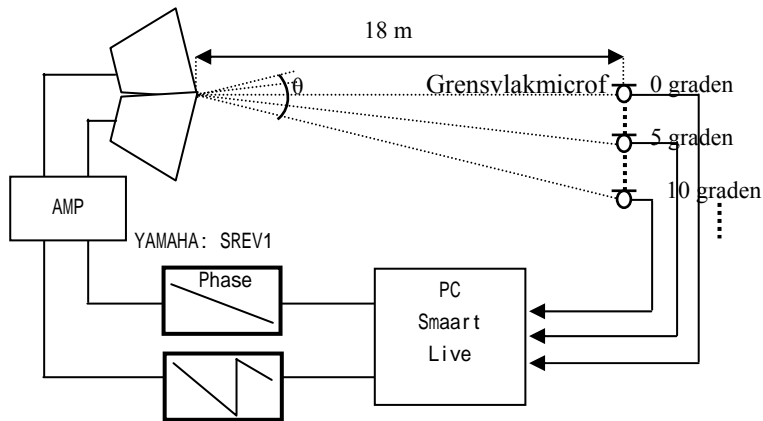
När det inte finns någon fasskillnad, och θ är 15 grader eller mindre, ligger nivåskillnaden vid 2 kHz eller lägre inom 3 dB. Om θ är 25 grader eller mindre ligger nivåskillnaden upp till 1 kHz inom 3 dB.

När fasskillnaden ökar utökas det område som påverkas av den sänkning som orsakas av interferensen, och frekvenssänkningen blir lägre.

När fasskillnaden är 90 grader, och θ är 15 grader eller mindre, ligger nivåskillnaden upp till 1 kHz inom 3 dB.

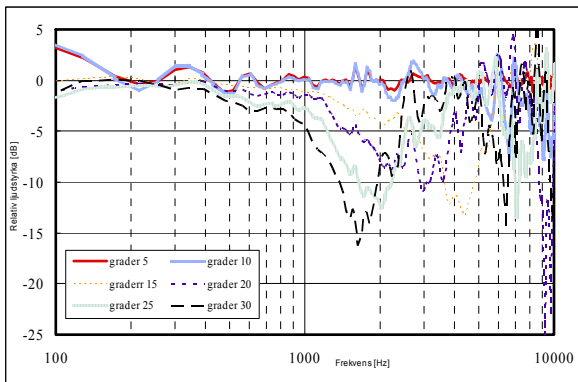
När fasskillnaden är 150 grader ligger nivåskillnaden upp till 1 kHz på mer än 6 dB, även om θ är 0 grader eller mindre. Resultaten visar att när du använder mer än en högtalare är det mycket viktigt att matcha högtalarnas fasegenskaper för att få samma svar på samtliga positioner i rummet.

<Figur 7: Testvillkor>

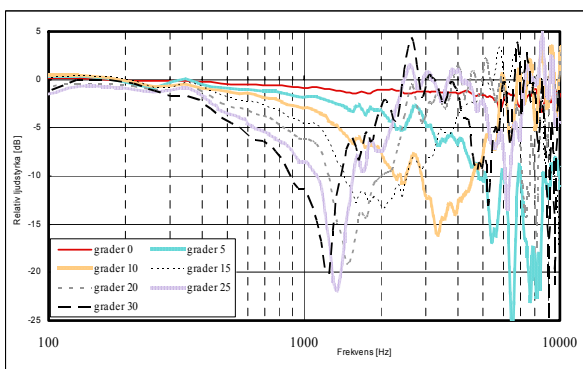


<Figur 8: Egenskaper i det överlappade området>

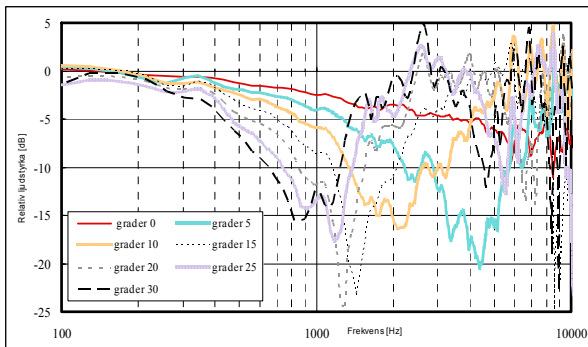
Fas 0 grader



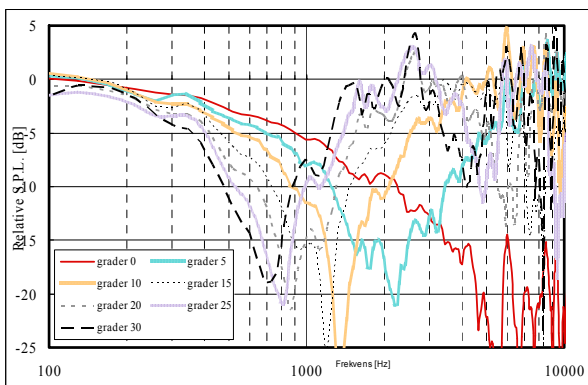
Fas 90 grader



Fas 120 grader



Fas 150 grader



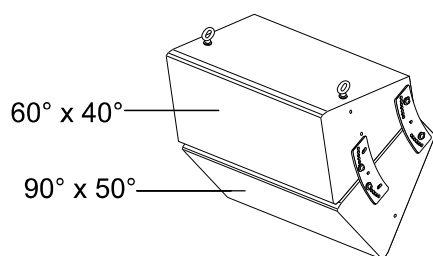
Vid installation av högtalare i en teaterlokal eller liknande används vanligen flera högtalarmodeller med olika spridning beroende på det nödvändiga täckningsområdet.

Det kan även finnas flera högtalare med olika kombinationer av effekthantering (se figur 9).

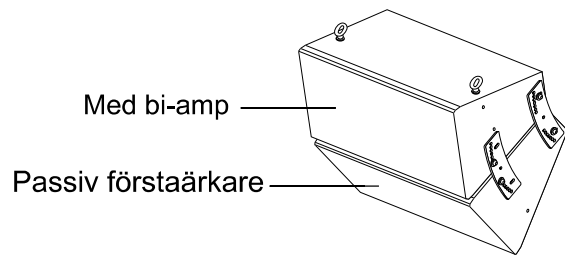
När högtalarna i "Installation"-serien konstruerades fokuserade Yamaha på den här punkten och ansåg att det var mycket viktigt att matcha fasegenskaperna, inte bara mellan likadana högtalarmodeller utan även mellan olika modeller.

<Figur 9: Variationer på högtalarkombinationer>

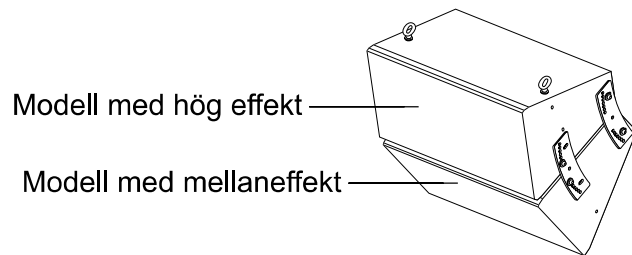
<Samma låda, olika spridning>



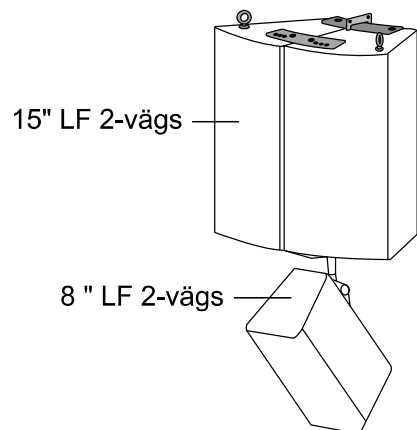
<Samma låda, olika förstärklägen>



<Samma låda, olika effektmodeller>



<Kombination av högtalarlådor i olika modeller>



3. Designkoncept

I experimentet ovan värderade vi faskontroll som en av de viktigaste faktorerna. Därefter fokuserade vi särskilt på balansen mellan fas- och tonkontroll och satsade på att förverkliga både In Phase Concept och Family Sound Concept. Här följer detaljerna för de båda koncepten.

1) Faskontroll

(1) In Phase Concept

Enligt resultaten ovan måste alla högtalare i den här serien ha samma fasegenskaper.

- Samma fasegenskaper för modeller med olika spridning i samma låda.
- Samma fasegenskaper för passiva modeller och modeller med bi-amp i samma låda.
- Samma fasegenskaper mellan modeller med hög- och mellaneffekt (kommer under hösten 2005) i samma låda.
- Samma fasegenskaper mellan olika lådmodeller.
- Fasskillnaden mellan högtalare måste ligga inom 90 grader vid 2 kHz.

(2) Användning av typen för minsta fasändring

Det finns två metoder för kontroll av fasegenskaper för ett högtalarsystem med flera riktningar.

A. Typ för minsta fasändring

Den här metoden har som syfte att minimera fasändringen mellan 20 Hz och 20 kHz. Den förverkligar mjukt förändrade fasegenskaper inom en cykel (180 grader till -180 grader).

Det är sannolikt att det uppstår problem med lägre nivå för amplitudegenskaperna i det frekvensintervall där låg- och högfrequenselementen möter varandra.

B. Typ för samma fasminskning

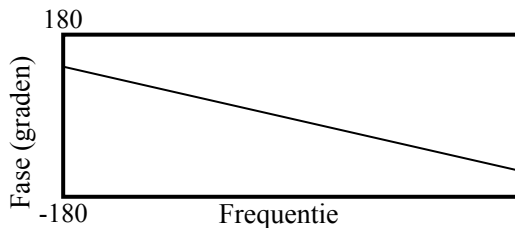
Den här metoden har som syfte att det ska bli en mjuk fasändring i hela frekvensintervallet. Syftet är inte att minimera fasändringen.

Genom att lägga till en fördröjning till lågfrekvenselementet för att matcha fasminskningen för lågfrekvenselementet med minskningen för högfrequenselementet, kan fasegenskaperna för de båda

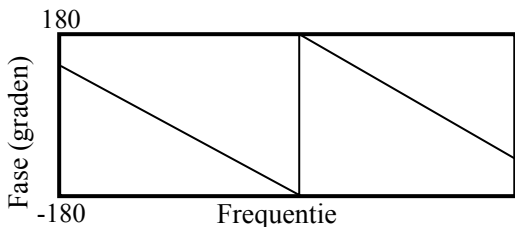
elementen förenas.

Med den här metoden blir fasskillnaden 360 grader vid gränsen för fasegenskaperna för de båda elementen. Men med hänsyn till förstärkning/försvagning av amplitudegenskaperna kan det räknas som samma fas, vilket minskar problemet med nivå-sänkningen i skärningsintervallet. Den här metoden är enklare än typen för minsta fasändring även om fasen förändras avsevärt genom hela intervallet.

<Figur 10: "Typen för minsta fasändring" och "typen för samma fasminskning"



Typ för minsta fasändring



Typ för samma fasminskning

Innan konstruktionsarbetet med "Installation"-serien påbörjades gjorde vi prototyper både av typen för minsta fasändring och typen för samma fasminskning och genomförde ett lyssnar-/jämförelsetest. Nedan visas resultatet.

Vid test med en högtalare med bi-amp och användning av DSP (ljudkort för digital signalbehandling) är det svårt att säga vilken metod som var bäst, även om det var skillnader i skärningsintervallet.

Vid test med en passiv högtalare gav typen för minsta fasändring med en enkel nätverkskrets bättre ljud.

Det fanns även en rädsla för att modellerna skulle få olika lång tidsförskjutning för lågfrekvens-elementet om alla högtalare i "Installation"-serien justeras med metoden för "samma fasminskning". Detta skulle kunna orsaka problem vid användning av mer än en högtalare.

På grund av orsakerna ovan bestämde vi oss för att använda "typen för minsta fasändring".

2) Kontroll av tonkvalitet

(1) Målljud

Vi satte huvudmålen för "Installation"-serien till salar, teaterlokaler och kyrkor.

I den typen av lokaler kan man ha konferenser, musikkonserter, musikaler, föreläsningar m.m. Därför är ett minimikrav att ljudförstärkningssystemet erbjuder klart och bra ljud, och att hörbarhetsnivån är tillräcklig överallt i lokalen. Det skulle även erbjuda naturtrogen ljudåtergivning för röst och musikinstrument, samt för uppspelning av musik eller bakgrundsljud.

När det gäller tonkvaliteten för produkter i "Installation"-serien var målsättningen, förutom de raka amplitudegenskaperna, därför följande,

- Taluppfattbarhet
- Välbalanserade och separerade toner för musiken
- Ingen färgning av ljudet oavsett den totala nivån
- Samma klang på alla positioner inom spridningsområdet
- Tillräcklig storlek på ljudbilden för varje källa

(2) Family Sound Concept

För en anläggning i en sal, teaterlokal eller kyrka kan man använda ytterligare högtalare, till exempel under balkongen eller längst fram, som tillägg till huvudhögtalarna.

Ljuden som genereras från de tillagda högtalarna blandas i utrymmet i rummet/salen. Det visade sig däremot vara svårt att få samma klang överallt i rummet/salen på grund av att alla högtalare har olika klang, beroende på storlek och modell (även om det är samma tillverkare).

Nu introducerar Yamaha ett familjekoncept. Enligt det konceptet ska alla högtalarmodeller i en serie ha samma tonfärg.

- Enhet i tonfärgen mellan de olika spridningsmodellerna i samma låda
- Enhet i tonfärgen mellan passivt läge och bi-amp för samma modell
- Enhet i tonfärgen mellan modeller med hög- och mellaneffekt i samma låda
- Enhet i tonfärgen mellan olika lådmodeller

(3) Minimerad elektronisk kompensation

Operationen för frekvenskorrigering kompenserar amplitudsvaret, men orsakar å andra sidan försämrade fasegenskaper. Ju mer du kompenserar för amplitudsvaret, desto mer förändras fasen.

Vi satsade därför på att minimera den elektroniska kompensationen med hjälp av frekvenskorrigering.

Målsättningen var att inte alls använda frekvenskorrigering, framför allt i skärningsintervallet.

(4) Samarbete med en extern högtalardesigner

Vi bestämde oss för att konstruera högtalarna i samarbete med en extern högtalardesigner.

Ledare för Yamahas team för högtalarutveckling var Akira Nakamura. Han har utvecklat den storsäljande hifi-högtalaren "NS1000M", standardhögtalaren för studioanvändning "NS10M" och de effektfulla monitorhögtalarna i MSP-serien.

Vi anlidade Michael Adams som extern högtalardesigner. Adams är inte bara en meriterad högtalardesigner utan har också lång erfarenhet som ljudingenjör och är för närvarande chefsdesigner för "Audio Composite Engineering", ett amerikanskt företag inom högtalardesign.

Han förstod att Yamahas koncept kunde vara svårt att förverkliga. Michael Adams är den enda högtalardesignern som har en mixares gyllene öron.

4. Design och formutveckling

Designen och utvecklingen av en prototyp gjordes i tre separata steg.

I det första steget utvecklades Proto 1 för den första ljudutvärderingen. I det andra steget utvecklades Proto 2 som drog nytta av resultaten från utvärderingen av Proto 1. Den grundläggande designen för högtalarlådan och hornet, samt urvalet av element, gjordes av "Audio Composite Engineering".

Yamaha utförde de detaljerade datamätningarna och lyssnartesten, både i ett ekofritt rum och i en verklig miljö. Därefter rapporterades de analyserade resultaten samt översikter över problem och lösningar till "Audio Composite Engineering" för feedback.

I det tredje steget, som byggde på Proto 2, gjordes förproduktionen i den fabrik där slutprodukten skulle tillverkas, med samma delar och material som används vid massproduktion. Detta var testtillverkningssteget för att kontrollera kvaliteten på de slutliga masstillverkade produkterna.

Vi tillverkade olika lådor i olika material och olika färger. Diverse komponenter monterades på lådorna och testades.

Nedan följer rapporter av den aktuella situationen för varje komponent.

- Horn

Vi utvärderade horn genom mätning av data som fas- och amplitudsvar och lyssnartest, för att kontrollera klarhet, upplösning, ljudbildens storlek osv.

Hornet med en 1,4 tums hals som används för 15- och 12-tumsmodeller förbättrade ljudskärpan och upplösningen. Det är det största hornet som får plats i lådan. Materialet är glasfiberförstärkt FRP som dämpas genom tillägg av vibrationsfritt material.

Alla horn kan roteras 90 grader.

- Kompressionselement för högfrequensintervallet

Efter upprepade lyssartest för att försöka hitta ett familjeljud valde vi element. Resultatet är att de utvalda elementen kommer från samma tillverkare.

Elementen som används för 15- eller 12-tumsmodellen har en 3-tums talspole och titanmembran. Membranet är integrerat med kanten, och kanten är vinkelrät för bättre hållbarhet och tonkvalitet.

- Bashögtalare för lågfrekvensintervallet

För att förhindra att ljudbilden kollapsar vid högre effekter används 4 tums talspoler i 15- och 12-tumsbashögtalarna.

Bashögtalaren är noggrant utvald med tanke på följande:

- Den ska erbjuda både en hög dämpningsfaktor och mjukt lågfrekvenssvar
- Ljudmatchning med lådan
- Mjuk övergång till högfrequens

I magnetkretsen används en stor järnmagnet för att förstärka den magnetiska styrkan, vilket ger ett klart och tydligt ljud.

- Låda

Efter lyssnartesten beslutade vi oss för att använda 11-skikts finsk björk som lådmaterial.

Avstämningensfrekvensen är inställd till den punkt där ljudstyrkan från porten mest effektivt påverkar svaret från de låga frekvenserna.

Vi tillverkade en prototyp där punkten för avstämningensfrekvens räknades ut via datorsimulering och utförde upprepade lyssnartest för att kontrollera matchningen mellan lådan och bashögtalaren, och skapade sedan utrymme för förändring.

När det gäller lådans form gav vi sidopanelen och baffeln samma höjd för att behålla ett klart ljud. Då elimineras ljudreflektionerna från sidopanelen, vilket annars kan göra ljudet oklart.

Vi förstärkte insidan med stag med tanke på styrkan och resonansen. Resultatet blev att vi säkrade en klar tonkvalitet utan oljud från högtalarlådan.

I lådan användes 22 mm glasfiber som ljudabsorptionsmaterial, vilket ger ett välbalanserat lågfrekvent ljud som är tätt men obrutet.

För att få bättre ljudskärpa är 63 % av metallgallret öppet.

- Nätverk

För att förhindra att ljudet försämras när nätverket kopplas in är nätverket mycket enkelt.

För lågfrekvensnätverket för 15- och 12-tumsmodellerna fästs en spole med 1,65 mm² koppartråd mot en stor kärna i silikonstål och en stor filmkondensator med liten förlustfaktor, som garanterar hög ljudupplösning även vid hög effekt.

För att få samma fas- och amplitudsvar som vid operation med bi-amp, utförde vi upprepade datasimuleringar och faktiska mätningar tills nätverksdesignen var fullständig.

Vi kunde på så sätt uppnå målen både för In Phase Concept och Family Sound Concept. Vi kunde minimera fasändringen över hela intervallet och få lätt sluttande fasegenskaper utan någon plötslig fasändring samt smidiga amplitudegenskaper.

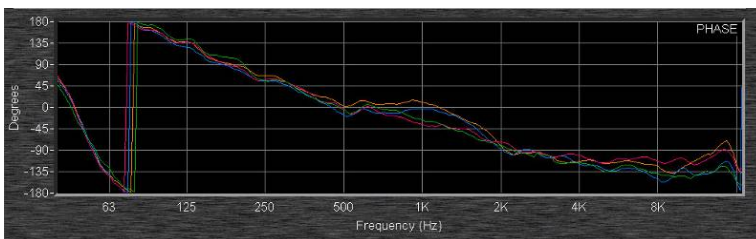
5. Fasegenskaper för "Installation"-serien

I följande diagram visas fasegenskaperna för "Installation"-serien och den konkurrerande modellen. I diagrammen ser du att fasegenskaperna för "Installation"-serien är i stort sett desamma oavsett spridning, förstärkarläge och modell.

<Figur 11: Jämförelse av fasegenskaper>

YAMAHAS INSTALLATION-SERIE

Jämförelse mellan olika spridningsmönster



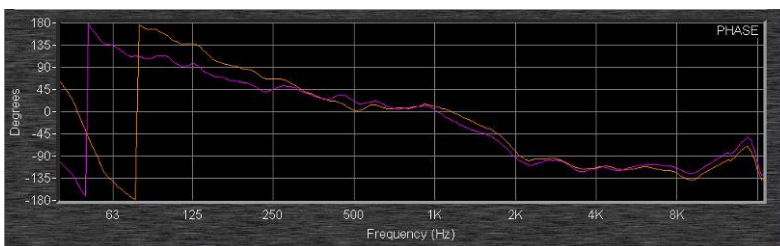
Orange: IF2115/64/bi-amp

Blå: IF2115/95/bi-amp

Röd: IF2115/99/bi-amp

Grön: IF2115/AS/bi-amp

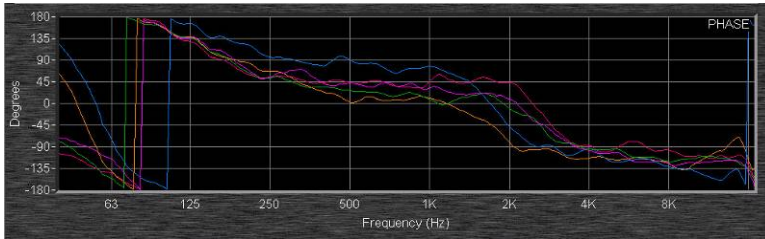
Jämförelse mellan olika förstärkarlägen



Orange: IF2115/64/bi-amp

Lila: IF2115/64/passiv

Jämförelse mellan modeller



Orange: IF2115/95 bi-amp

Blå: IF2112/95 bi-amp

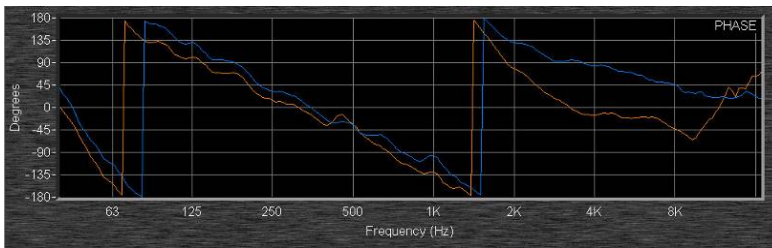
Grön: IF2208

Lila: IF2108

Röd: IF2205

Den konkurrerande modellen

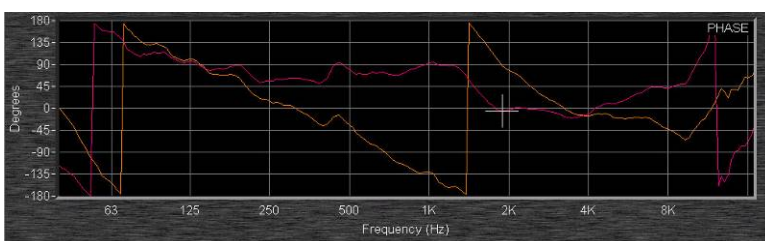
Jämförelse mellan olika spridningsmönster



Orange: Konkurrentmodellen, 15-tums lågfrekvens, 2-vägs 60 × 40 bi-amp

Blå: Konkurrentmodellen, 15-tums lågfrekvens, 2-vägs 90 × 50 bi-amp

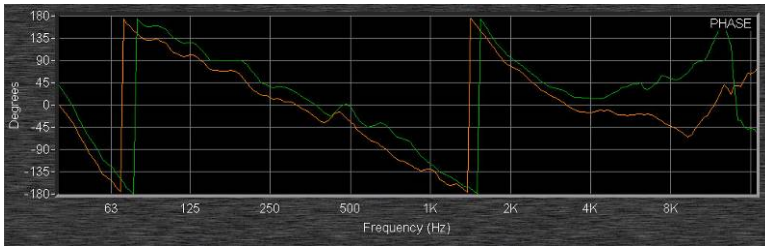
Jämförelse mellan olika förstärkarlägen



Orange: Konkurrentmodellen, 15-tums lågfrekvens, 2-vägars 60 × 40 bi-amp

Röd: Konkurrentmodellen, 15-tums lågfrekvens, 2-vägs 60 × 40 passiv

Jämförelse mellan modeller



Orange: Konkurrentmodellen, 15-tums lågfrekvens, 2-vägars 60 × 40 bi-amp

Grön: Konkurrentmodellen, 12-tums lågfrekvens, 2-vägs 60 × 40 bi-amp

6. Sammanfattning

Hösten 2004 bjöd vi in bedömare till ett möte på "Audio Composite Engineering" för att utvärdera tonkvaliteten för den slutliga prototypen.

Det gjordes en noggrann utvärdering med cd-skivor och mikrofoner som bedömarna själva tog med. Mötet avslutades med kraftiga applåder.

Vi hade ett liknande möte för utvärdering av tonkvaliteten i Japan.

Vid båda mötena försäkrades vi om att "Installation"-serien förverkligar designkoncepten och ger ett ljud med högsta kvalitet. Förverkligandet av konceptet med familjeljud togs särskilt väl emot. Genom taltest med mikrofon på engelska och japanska kunde det visas det att produkterna i serien mycket tydligt kunde förstärka röster på båda språken.

Yamahas högtalare för lokaler i "Installation"-serien löser de problem som uppstår vid användning av flera högtalare. Vi hoppas verkligen att du kan bekräfta tonkvaliteten och matchningen i tonfärg vid användning av mer än en högtalare, den linjära reaktionen vid frekvenskorrigering m.m.

Yamaha planerar att i framtiden lägga till en 3-vägsmodell och en 2-vägsmodell med mellaneffekt i serien. Yamaha planerar också att i slutet av 2005 lansera en digital högtalarprocessor.

När det gäller DSP-behandling för att kunna köra "Installation"-serien kan du använda vanliga högtalarprocessorer eftersom det inte används några särskilda 2-vägsfilter för delningsfrekvenserr och frekvenskorrigering i seriens produkter. Vi tror däremot att Yamahas "DME24N/64N" är den bästa kombinationen vad gäller tonkvaliteten. Vi kommer inom kort att visa data för DSP-inställningarna och EASE

på Yamahas webbplats. Observera att vi använde en förstärkare i Yamahas PC-01N-serie under slutbehandlingen av tonjustering.

Parallellt med utvecklingen av hårdvara för de här artiklarna arbetar vi med att utveckla programvara för simulering som enkelt kan användas vid design av ljudsystem. Det enda du behöver göra är att mata in data för rummets storlek, form och ljudstyrka vid lyssnarpositionen. Utifrån angivna data rekommenderar programmet den bästa klusterkonfigurationen. Det gör även att du kan simulera frekvenskorrigeringsprogram för att kompensera för egenskaper i ett kluster. Resultatet av korrigeringsprogrammet kan sparas som en katalogfil i Yamaha DME24N/64N.

Genom att använda simuleringsprogrammet tillsammans med Yamaha "Installation"-serien kan du spara mycket tid vid justering av inställningar.

Till sist vill vi tacka Audio Composite Engineering och Michael Adams.

Referenser:

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