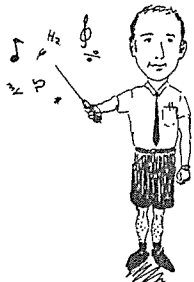


—Tonkurvemätningar på LTS-högtalaren—



I denna artikel redovisas de tonkurvemätningar som gjorts främst på högtalaren LTS-F1, som tillsammans med sina syskon S1 och S2 presenterades som byggprojekt i föregående nummer av Musik & Ljudteknik. Om inte annat så skall det väl framgå att begreppet tonkurva inte är helt okomplicerat...

Mätkurvor för S1 och S2

I artikeln i det följande redovisas i stort sätt bara tonkurvorna för huvudmodellen LTS-F1. Att därur få veta hur de andra två modellerna mäter är dock en lätt match.

Mätkurvorna för S1 är så gott som identiska med de redovisade med undantag av basens tonkurva under 80 Hz.

Vad gäller S2 är tonkurva rakt fram och i sida identiska med de för S1, så när som på att känsligheten är 6 dB högre. I övrigt så skiljer sig spridningen vertikalt, så tillvida att registret 500 - 2000 Hz har högre riktverkan hos LTS S2. Framförallt i efterklangsrika miljöer är detta en fördel hos S2-modellen, som förmår att behålla sin klarhet och tydlighet under sämre akustiska förutsättningar. Speciellt på röster kan det vara märkbart. Spridningsmönster liknande de som S2-modellen ger brukar förespråkas i kvalificerade hemmabiosystem. En ytterligare liten modifiering (i nästa nummer av MoLt) kan dock optimera hemmabiobruket ytterligare.

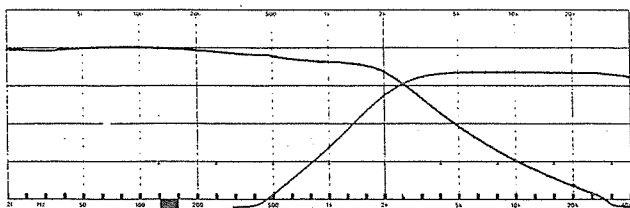
Känslighet på systemen

I förra numret av MoLt angavs en ungefärlig känslighet om 87 dB för F1 och S1, medan S2 angavs till 93 dB. Att mäta absolut känslighet är dock en betydligt osäkrare manöver än att mäta frekvensberoendet, alltså tonkurvan/frekvensgången. Temperatur, luftfuktighet med flera faktorer kan ge mätosäkerheter på över en dB om man inte utför en absolutnivåkalibrering före varje mättillfälle. När jag räknar fram och tillbaka kommer jag fram till att känsligheten nog bör ligga runt 1 dB lägre än angivet, d v s 86 dB för F1 och S1, 92 dB för S2. Även kompletterande mätningar gjorda helt nyligen antyder att 86 resp 92 dB nog är en god angivelse.

Nu spelar ju inte en enstaka dB någon större roll, så i mätredovisningarna i det följande använder jag de ursprungliga frammätta absolutgraderingarna, men den som är noga skall veta att känsligheten i verkligheten kan vara någon dB lägre än vad som står på kurvorna. Detsamma gäller möjligen även mätningarna på NHT 1.5 och Carlsson OA 50 i föregående nummer.

Delningsfiltrets tonkurva

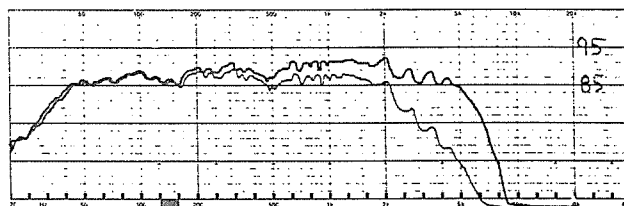
Mätning av tonkurvan i delningsfiltret ser ut på följande sätt:



Som synes ligger diskanten ca 6 dB dämpad medan basen har ett succesivt fall från 200 Hz upp till dryga 2 kHz där fallet inledningsvis sker med 12 dB/oktav vikt mot högre frekvenser sjunker till 6 dB/oktav. Helt i överensstämmelse med avsikterna. Intressantare än filtrets elektriska tonkurva är dock självfallet vad som kommer ut akustiskt ur respektive högtalarelement.

Baselementet med och utan filter

Här visas basens tonkurva med och utan delningsfilter, uppmätt på 50 cm avstånd:



Här kan man notera några avvikelser från en helt rät tonkurva. Om vi börjar nedifrån i frekvens så ser vi att tonkurvan på denna mätning faller under 50 Hz. Det beror på att vi är betydligt närmare baselementet än basreflexporten varför porten lågfrekventa bidrag inte kommer in med rätt styrka i mätningen.

Vidare kan vi se att de finns en liten svacka på någon dB runt 150 Hz. Den beror på att fasförhållandet mellan basreflexporten och baselementet börjar överstiga 120 grader, d v s de förstärker inte varandra längre. Orsaken är tvåfaldig, dels ökar portens akustiska branthet över ca 130 Hz, vilket ger ökad fasvridning (se senare separatmätning på porten). Även det längre avståndet till porten kommer in, vid vanlig lyssning på avstånd framför högtalaren är svackan avsevärt mindre.

Nästa detalj som kan vara intressant att kommentera är svackan vid ca 500 Hz. Den har nämnts även i originalartikeln och beror på att membranet börjar bryta upp. Svackan är det enda i högtalarens tonområde som ger avvikelser större är +/- 1,5 dB från en helt rät tonkurva vid lyssning på normalt avstånd.

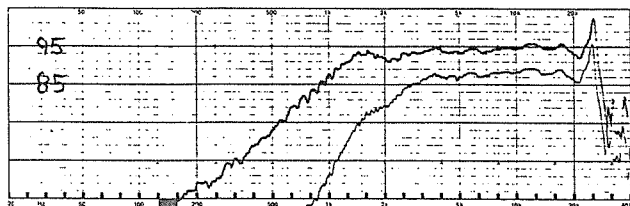
Går vi vidare uppåt i frekvens så ser vi att tonkurvan från delningen och däröver faller lite trappstegsformat. Avvikelserna från en helt idealisk tonkurva är ca +/- 2,5 dB. När basen får hjälp av diskanten blir sammanlagda tonkurvefelet inom +/- 1,5 dB dock.

I övrigt ser man här och där lite "smågrus" på tonkurvan. Det har ingenting med själva högtalaren att göra, utan är uteslutande reflexer från träd, mark och husväggar som kommit med i mätningen. Mätningarna är gjorda utomhus med högtalaren lyft 1,5 meter över marken och ett antal meter ifrån ett hus som står på tomten. Mätomständigheterna kan alltså i stort sätt rubriceras som frifältsmässiga (ekofria) fast med små

störreflexer. Jag har här valt att inte presentera mätningarna i "reflex-rensad" form, utan istället berätta för den intelligenta läsaren vad som orsakar smågruset på mätningarna.

Mätningar på diskantelementet

Nästkommmande mätkurvor gäller diskantelementet. Mätningen är även denna gjord utan respektive med filter, på ca 50 cm avstånd:

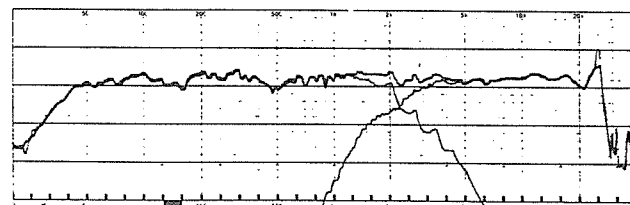


Denna kurva finns det väl egentligen inte så mycket att säga om. Den övre kurvan visar ett diskantelement som i stort sätt saknar avvikelser från en rät tonkurva inom det tänkta arbetsområdet (2,2 - 20 kHz). Enda avvikelsen är en liten svacka vid ca 2 kHz. Den beror inte på diskantelementet själv, utan är en effekt av högtalarens baffelstorlek, form och reflexion i baselementets kant (se även senare mätningar på diskantens närfältstonkurva).

Vad gäller diskantens tonkurva med delningsfiltret anbringat finns om möjligt ännu mindre att kommentera. Nivån har minskats från 92 dB till 86 i arbetsområdet (fast mätutrustningen vid tillfället tyckte att känsligheten efter filtret låg på ca 87 dB).

Samarbete runt delningen

Nästa mätning visar hur basens och diskantens ut signaler adderas runt delningsfrekvensen:



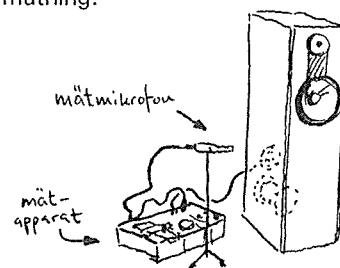
En absolut perfekt integrering mellan registren medför att nivån precis i delningen stiger med 6 dB när elementen samverkar med lika nivå (vid 2,2 kHz). När det skiljer 10 dB mellan basens och diskantens nivå (vid 1,6 kHz och vid 2,95 kHz) skall summan ligga 2,38 dB över den starkaste av dem, om integrationen är perfekt.

Som synes är fasskillnaden mellan registren mycket låg vid och omkring delningen i högtalaren. Mäter man riktigt noga så kan man dock se att summan vid 2,95 kHz ligger någon mindre än 2,38 dB över diskantens nivå dock. Detta är fullt avsiktligt och ger skraddarsydda vertikala spridningsegenskaper i överensstämmelse med de önskemål om fri höjdplacering av lyssnaren som framfördes i förra numret (se även senare mätningar på vertikal spridning).

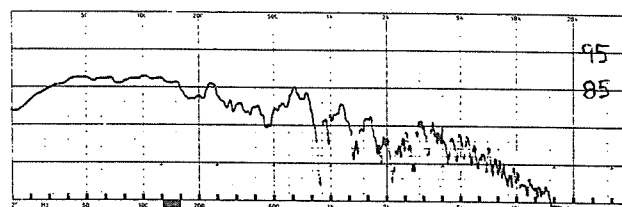
Vid föregående mätning var mätavståndet 50 cm, med mätmikrofonen placerad mitt framför/mellan bas- och diskantelementen.

Samarbete port - baselement

För att visa även basreflexportens bidrag på korrekt nivå har en kompletterande mätning gjorts med mikrofonen placerad på lika avstånd, fortfarande 50 cm, till basreflexport och baselement. På lådans geometri måste mikrofonen placeras vid sidan av lådan vid denna mätning:



Av denna orsak är tonkurvan över 150 Hz begränsad av spridningsegenskaperna hos baselementet. Så här ser kurvan ut:



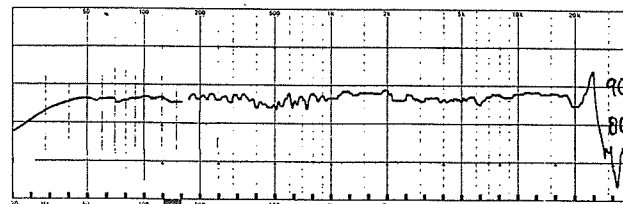
Som synes är tonkurvan exemplariskt rak och fin ned till 30 Hz (-3 dB) och med ett mjukt och fint fall ned till under 20 Hz. Enligt DIN-normen (-8 dB) är undre gränstrekvensen imponerande 19 Hz.

Över 170 Hz har jag lagt in mätkurvan tagen 50 cm mitt mellan/framför bas- och diskantelement så att man lätt kan se hur väl nivåerna överensstämmer. När golvreflexen kommer med kommer dock basnivån att ligga totalt sett lite för högt om högtalaren används i ett i övrigt väldämpat rum. Detta är orsaken till den något varma grundklang som kännetecknar LTS-högtalaren och gör den lämplig till spelning i normala akustiskt obehandlade vardagsrum.

Större mätavstånd ger exaktare tonkurva

50 cm är ett mätavstånd som, på en högtalare av LTS-F1's trots allt ganska rimliga storlek, är att betrakta som en nästan riktig fjärfältsmätning med mätfel mindre än tonkurvefelen från en normal högtalare (basregistret undantaget givetvis).

Enmedan LTS-högtalaren är så osedvanligt tonkurvelinjär har jag dock kompletterat med en mätning gjord 89 cm från högtalaren. Då blir tonkurvan faktiskt ännu något rakare:



Frekvensområdet upp till 160 Hz har här mätts ekvidistant mellan port och baselement, medan registret över 160 Hz mätts ekvidistant mellan bas och diskant. Ännu en gång vill jag påpeka att de känslighetsangivelser som finns på mätkurvorna troligen är ca 1 dB för höga.

Fortfarande ligger tonkurvan inom +/- 1,5 dB med undantag av den lilla svackan vid 500 Hz på - 2 dB. Totalt sett är jämnheten t o m ännu högre än på 50 cm avstånd, speciellt i det höga diskantområdet.

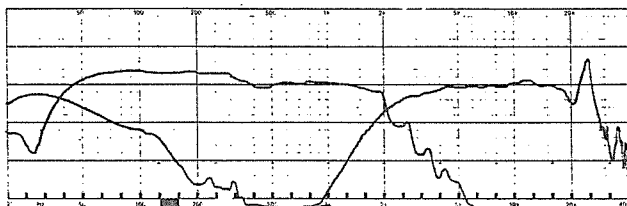
Närfältsmätningar

för att göra sig av med den lilla "grusighet" som kan finnas på mätkurvorna p g a reflexer från föremål några meter ifrån högtalaren under de mätomständigheter som varit för handen, alltså detaljer i mätkurvorna som egentligen inte har med högtalarna att göra, så kan man göra närfältsmätningar på respektive högtalarelement.

Om man i närfältmätta tonkurvor kan se våldsamma kast, tvära språng eller liknande ruggigheter kan man vara nästan säker på att högtalaren inte låter något vidare. Kvaliteten och jämnheten på närfältskurvorna berättar mycket om huruvida högtalarelementen i sig har problem med svåra uppbyggnader, resonanser i anslutningstrådar, chassien eller liknande.

Finns det några ojämnheter under 200 Hz så är det ett säkert tecken på att man har problem med reflexer och/eller resonanser i själva högtalarlådan.

Så här ser närfältsmätningarna ut på ITS-F1:



Som synes är kurvorna nästan så nära idealet man kan komma. Den lilla svackan som i närfältmätning på baselementet yttrar sig vid 450 Hz är orsakad av den försiktiga begynnande membranuppbyggnaden, alltså samma fenomen som syns som en minimal svacka vid 500 Hz i tonkurvan på avstånd från högtalaren. Även i närfältet kan man se den lilla vågigheten från baselementet över 2 kHz. Porten saknar som synes alla typer av elakartade resonanser. Diskantelementet saknar alla typer av oegentligheter.

Spridningsegenskaper

Nu när LTS-F1's kanske viktigaste tonkurva, den i riktning rakt fram, behandlats utförligt kommer vi till hur det låter i andra riktningar.

Det har lagts ned mycket stor omsorg på en grupp egenskaper i LTS-högtalaren, nämligen dess spridningsegenskaper, helt enkelt för att de spelar stor roll för hur högtalaren uppfattas när man använder den i ett vanligt lyssningsrum.

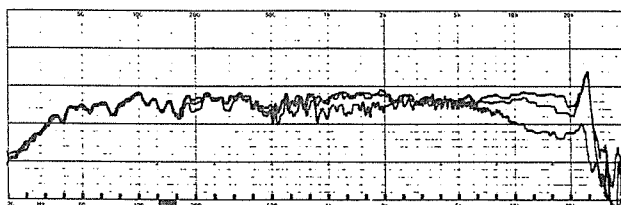
Ett av grundkraven var att tonkurvan skulle vara jämn och fri från hack och utsläckningar i alla horisontella riktningar. Detta för att reflexer i sidoväggar (bl a) skall få en så ofärgad klang som möjligt. Inom ett snävt intervall, +/- 30 grader skall förändringarna i tonkurvan vara extremt små, så att flera lyssnare bredvid varandra skall kunna njuta av musik samtidigt.

Ytterligare ett krav var att energikurvan skulle vara så rak som möjligt. Detta betyder att man måste väga olika spridningsvinklar mot varandra. Om högtalaren (som hos LTS-F1) uppvisar lite bättre spridning i registret 2 - 5 kHz horisontellt är det bra om samma register har lite sämre spridning vertikalt. På så vis blir även den lite fördröjda efterklngen i lyssningsrummet

jämn och frekvensoberoende. Speciell hänsyn måste givetvis tas till vissa särskilt viktiga vertikala vinklar, framförallt 45 grader uppåt, dvs en strålningsvinkel som via studs i tak kommer att kunna nå lyssnarens öron mycket kort efter direktljudet. Ljud som stål nedåt är en relativt sett mindre intressant, eftersom man i de flesta fall har ett soffbord eller liknande framför sig och troligen även en matta på golvet. Båda mildrar effekten av golvreflexen i det högre frekvensområdet. Det är dock ett absolut krav att ljudet ned mot golvet inte är starkare än det som går raka vägen till lyssnaren.

Horisontella strålningsvinklar

Vi börjar med 0, 30 och 60 grader:



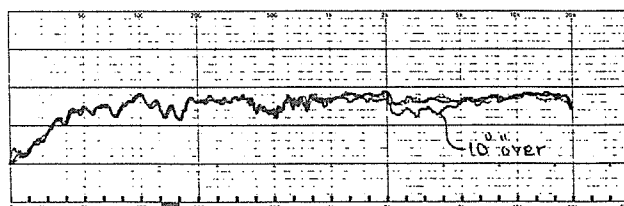
Skillnaderna mellan 0 och 30 grader är minimala. Verkligen trevligt, för alla i soffan. På 60-graderskurvan kan vi ana att spridningen mellan 2 och 5 kHz (inte oväntat) är något bättre än i regitret över och under. Orsaken är givetvis att diskanten är synnerligen rundstrålande i sitt lägre register. Vissa begränsningar i den vertikala spridningen i detta register skulle således inte skada. Strax över till dessa mätningar.

Notera att ingen av de horisontella kurvorna uppvisar så mycket som en tillstymmelse till utsläckningar.

Vertikalt då?

Vertikalt är kraven mera komplicerade än horisontellt. Dels skall vi ju ha en svacka i registret runt 3 kHz om vi ställer oss upp, för att på så vis "lura" vår hörsel att tycka att ljudet fortfarande kommer från ljudbilden bakom högtalarna snarare än från högtalarna själva (högtalarna skall alltså kompensera för effekter från våra ytteröron och för reflexerna från våra axlar. Se den mera detaljerade beskrivningen i förra numret). Dessutom får inte takreflexen vara klangligt färgad.

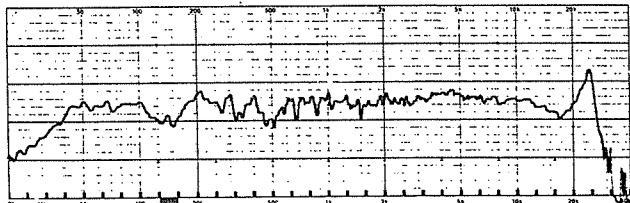
Så här ser tonkurvan ut rakt fram, 10 grader ovanför högtalarens mittaxel, samt (streckad) 10 grader under:



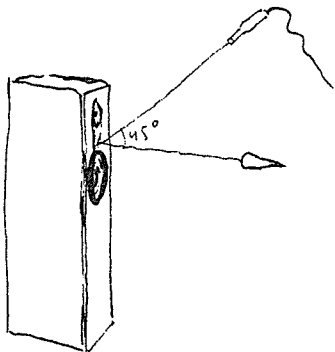
Som synes har vi en väl fungerande svacka centrerad runt 3 kHz (det går att göra ännu bättre höjdkorrektion i mera avancerade (och dyrare) högtalarkonstruktioner. Fenomenet/möjligheterna är dock helt outforskade i såväl hifi-branschen som bland psykoakustikforskare. Av outgrundlig anledning har sistnämndas studier, då det gäller ytteröronens värde i riktningkodningssammanhang, i stort sett uteslutande inriktats på halvsfären över lyssnarens huvud. Så några för stående lyssnare fungerande höjdkorrektioner förekommer överhuvud-

taget inte på marknadens högtalare, annat än oavsiktligt då förstås... (Ino Audio's högtalare undantagna, givetvis!).

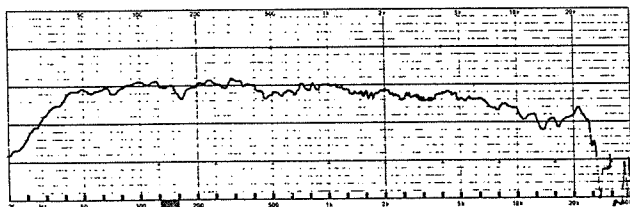
Så långt mycket bra således, men hur ser det ut i riktning mot taket? Jo, så här:



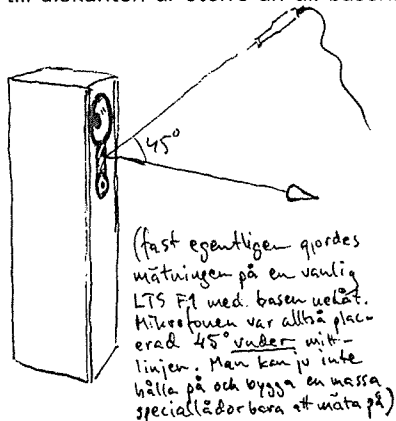
Som synes är skarven mellan bas- och diskantelement perfekt även i denna mätvinkel! Nivån i registret över 2,2 kHz kan synas vara något för hög, men det beror på mätomständigheterna. Eftersom mätningen skett på begränsat avstånd (ca 1 meter) blir diskantnivån till mikrofonen något högre än basnivån. Dessutom blir vinkeln till diskantelementet något mindre än 45 grader (vilket ju är vinkeln till mittpunkten mellan elementen):



Skulle man välja att använda sin högtalare uppåt (se förra numret) så skall givetvis takreflexen fortfarande sakna interferenser i delningsområdet om det skall låta bra. Så här ser det ut i vinkel 45 grader "nedåt":



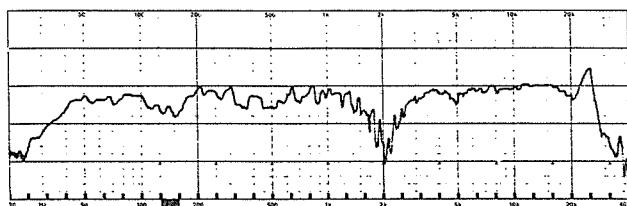
Som synes är samarbetet lika bra i denna vinkel som i vinkel uppåt. Av samma skäl som tidigare är dock inte den verkliga vinkeln till diskanten 45 grader, utan i detta fall något mer än 45 grader, samtidigt som avståndet till diskanten är större än till basen:



Hur det sett ut med normal elementplacering

Om man för skojs skull tänker sig att man flyttar ihop elementen så att de som hos en konventionell högtalare är så nära varandra som möjligt, d v s 16 cm istället för 24 cm, hur skulle tonkurvan upp i taket se ut då?

För att få svar på denna fråga har jag givetvis inte byggt en extra högtalare med 16 cm mellan högtalarelementen. Det intressanta är ju relativa avstånden till de två elementen. Om man räknar lite så kommer man fram till att man i 28 graders mätvinkel har samma relativa avstånd till elementen placerade 24 cm isär, som i 45 graders vinkel om det vore 16 cm mellan elementen. Så här hade alltså takreflexen klingat om elementen placerats med 16 cm avstånd centrum till centrum:



En nästan perfekt utsläckning (vilket inte är perfekt!) uppstår. Så här ser nästan alla normala tvåvägssystem (en bas plus en diskant) ut då man mäter på dem.

Den klurige läsaren tänker nu förstås att så här måste det ju se ut även från LTS-S2. Men det gör det faktiskt inte, trots att avståndet till basarna är ca 16 cm i båda riktningarna från diskanten.

En orsak är att baselementen avsiktligt inte arbetar i perfekt fas med diskanten. På så vis sker inte utsläckning mellan den ena respektive andra basen vid samma frekvens. Dippen blir betydligt mindre brant. Ett annat, viktigare skäl, är att baselementen faktiskt börjar interferera med varandra redan vid några hundra Hz! I 45 graders vinkel motarbetar de varandra nästan helt vid 750 Hz. Hos LTS-S2 är alltså hela mellanregisterområdet från 400 Hz och uppåt riktat. Det uppstår aldrig någon ensam, ravindjup dip vid en enskild frekvens, utan energin från taket är totalt sett betydligt lägre. Undantaget är dock diskantområdet där spridningen fortfarande är god från S2.

I nästa (troligen) nummer kommer därför ett par tips om vad man kan göra om man ytterligare önskar att förbättra återgivningen från sina S2-högtalare. Speciellt torde det kunna vara intressant för dem som vill använda dem i hembiosammanhang, och som inte har spämt vävtak...

Ing Öhman



—ATB, vad är det? Automatisk tilläggsbanan?

—Impedansmätningar på LTS-högtalaren—

Här redovisas de impedanskurvemätningar som gjorts på högtalaren LTS-F1. Ett förslag på möjlig konjugatlänk presenteras även, samt en förklaring varför den normalt inte behövs alls och aldrig behöver sitta i själva högtalaren...

Impedansmätningar

Först lite generellt om impedansmätningar.

Som säkert alla vet berättar en impedanskurva hur mycket ström en högtalare drar vid olika frekvenser.

Om man vill förenkla det hela lite så kan man utgå ifrån det maximala spänningssvinget från den drivande förstärkaren (40 volt för en förstärkare på 100 watt) och dela denna spänning med högtalarens lägsta impedans (ca 6,5 ohm för LTS-F1) och på så vis få veta hur mycket ström högtalaren maximalt kommer att dra från förstärkaren. $40 / 6,5 = 6,15$ A toppvärde. Effektivvärdet (det man får om man mäter med en vanlig amperemätare ställd på AC) är roten ur två gånger mindre, d v s 4,35 A.

Om man inte vill förenkla så mycket blir det plötsligt komplicerat. Det är nämligen på det viset att en högtalare med mycket reaktiv impedans (tvåra språng) kan dra betydligt mera ström än så, förutsatt att man lyckas hitta den "rätta" testsignalen (även uppåtgående impedanstoppa medverkar till ökad maxström, trots att medelströmmen minskar). Att hitta den riktigt svåra testsignalen som får högtalaren att dra jätteströmmen är dock så svårt att man får hålla på flera timmar om man inte vet hur impedanskurvan ser ut. Det gör inte musik. Vet något om impedanskurvor alltså.

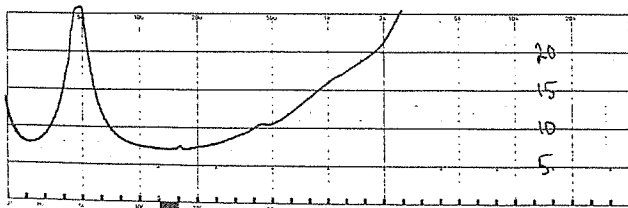
Mäter man på en verklig högtalare kopplad till en verklig förstärkare spelande verklig musik kan man konstatera att högtalaren inte drar mera ström än spänningen in till den delat med minimpedansen. Hur detta kan vara möjligt trots att man kan tillverka en mätsignal som får högtalaren att dra kanske två - tre ggr högre ström tänker jag inte gå in på här, men förklaringen innehåller såväl sannolikhetskalkyler som lite filosofi. Musikinspelningsfilosofi...

Hur som helst är inte ens 3 ggr 6,15 A några enorma strömmar för dagens (transistor)förstärkare. NAD 208 kan t ex lämna 100 A om den behöver. De flesta kan leverera flera gånger mer än de behöver. På rimligt konstruerade högtalare är alltså egentligen inte impedanskurvan så speciellt intressant ur "musikinspelningssynpunkt".

Då den kan vara tekniskt intressant för den som, till skillnad från mig, är lagd åt det hållet, så kommer här mätningarna ändå. Några intressanta detaljer kan man kanske ändå kommentera.

Baselementet

Vi börjar nedifrån i frekvens, alltså basen först:



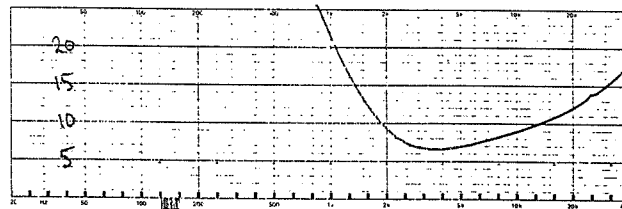
Impedanskurvan ser ut som man kunde vänta sig från ett basreflexsystem avstämt till ungefär 27 Hz. Tre små detaljer kan vara intressanta att kommentera. Den första ser vi vid 160 Hz. En mycket smalbandig liten topp i impedanskurvan. Jag har inte analyserat orsakerna till den eftersom det inte finns ett spår av tonkurvelen vid frekvensen i baselementets närfält. Möjligen kan den härröra från höjdresonansen i högtalarlådan (1/2 våglängd om ljudhastigheten i den dämpade lådan ligger på 309 m/s, vilket är rimligt). Knycken skulle också kunna bero på en liten resonans i baselementets upphängning eller anslutningstrådar.

Nästa effekt i impedanskurvan ser vi vid 450 - 500 Hz. Fenomenet beror på basmembranets första uppbyggnad. Vid knappa 500 Hz rör sig talspolen mer än membranet i genomsnitt och lite extra EMK produceras.

Den stigande impedansen upp till ca 2 kHz antyder att baselementets känslighet ökar mot stigande frekvens (beroende på främst baffelverkan), varefter impedansen stiger brant över 2 kHz för att ge en elektrisk delning, alltså avskärning av baselementet.

Diskantelementet

Om vi sedan tittar på diskantelementet så ser vi denna kurva:

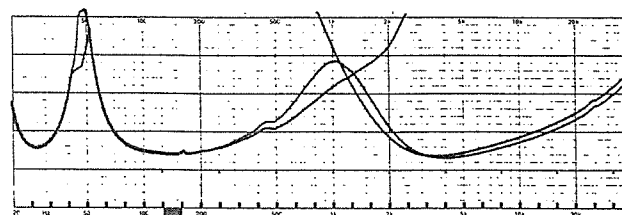


Under 2,5 kHz stiger impedansen som följd av delningen. Över 4 kHz stiger impedansen svagt som följd av elementets egeninduktans samt den i delningsfiltret ingående seriespolen.

Vid 26 kHz tittar vi den egentligen enda roligheten hos impedanskurvan, nämligen en liten knäcka som orsakas av lite ökad EMK från diskantens talspole vid aluminiummembranets HF-resonans.

Gemensam impedans

När man lägger ihop filterhalvorna och mäter på dem tillsammans får man följande kurva:



Den i ellära oinvidde tycker säkert att det är märkligt att sammanlagda impedansen för bas plus diskant är högre (d v s drar mindre ström från förstärkaren) än för bas

och diskant var för sig i registret 300 - 3000 Hz. Det beror på att fasskillnaden mellan bas- och diskantimpedans är så stor att de faktiskt hjälper varandra att leverera ström. Den ena ger ström under den del av perioden när den andra tar och vice versa.

Man kan även observera att impedansen över 3000 Hz minskar något när basens belastning läggs till diskantens. Det beror på att de inte kan hjälpa varandra längre eftersom de båda är induktiva (drar ström samtidigt på vågen).

Att basens inkoppling syns i impedanskurvan hela vägen upp till 40 kHz beror på att den använda delningsfilterspolen inte är rent induktiv. Seriekapacitansen till diskanten är däremot en förhållandevis ren kapacitans, sålunda syns inga effekter alls av diskantens inkoppling under ca 300 Hz.

En högtalares medelimpedans får inte vara lägre än den angivna nominella impedansen. Enligt gällande normer för högtalare får heller inte lägsta impedansen ligga lägre än 80% av nominell impedans. Hos en "äkt" 8 ohms högtalare får alltså impedansen inte vid någon frekvens över 20 Hz sjunka under 6,4 ohm.

LTS-högtalaren (F1 och S1) är någon så ovanligt som äkta 8 ohms högtalare! (LTS-S2 är en äkta 4 ohms)

Användning tillsammans med rörförstärkare (eller andra förstärkare som av olika skäl har dålig dämpfaktor)

LTS-högtalaren är en högtalare som säkert kommer att användas tillsammans med en mängd olika förstärkare. Det är ju en högtalare för "musikalskaren" snarare än en monitor för den professionella användaren som måste ha en absolut sann återgivning.

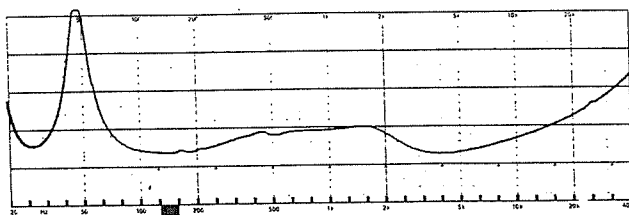
Troligen finns det många som har en egen favoritförstärkare, utvald på helt subjektiva grunder, som man inte vill byta ut bara för att man bytt högtalare.

Om man har en rörförstärkare som favorit så är det troligt att man kommer att få hörbara klangliga förändringar hos högtalaren, p g a impedanskurvan. Mest hörbar brukar nivåhöjningen vid 1 kHz bli. Subjektivt kan den upplevas som en ökas klarhet i klangen, men givetvis är det objektivt sett en tveklös färgning.

Den som vill använda rörförstärkare men vill eliminera klangförändringen i mellanregisterområdet måste bygga sig en konjugatlänk. Om förstärkaren dessutom uppvisar ökad distorsion i mellanregisterområdet då den belastas reaktivt så kommer man även att kunna glädja sig åt en distorsionsminskning när konjugatlänken adderas.

Parallellt över högtalare skall läggas en länk som består av tre seriekopplade komponenter; en kondensator på 15 uF, en spole på 1,6 mH (0,8-tråd) samt två motstånd på tillsammans 18,2 ohm (10 + 8,2).

Med impedanskorrektionslänken (konjugatlänken) applicerad ser impedanskurvan ut så här:



Som synes ligger nu impedansen mellan 6,4 ohm och 10 ohm vid alla frekvenser mellan 68 Hz och 15 kHz.

Om vi förmodar att förstärkarens dämpfaktor ligger på 4 (utimpedans 8/4 = 2 ohm) så kommer förstärkaren att ge tonkurvefelen hos högtalaren på mindre än 0,8 dB topp till topp om konjugatlänk används.

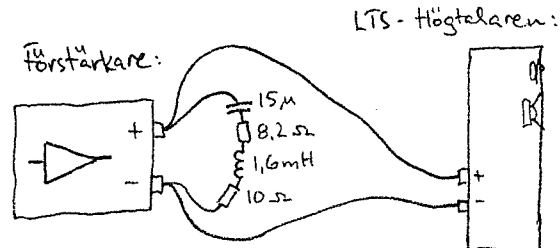
Även en förstärkare som nästan helt saknar dämpning (Nästan bara oemotkopplade triodförstärkare uppvisar utimpedanser över 20 Ω) kommer att ge tonkurvefel mindre än +/- 1 dB med konjugatlänk. Utan konjugatlänk blir tonkurvefelen med en sådan förstärkare 9,45 dB T-T.

Använder man en transistorförstärkare är vinsten med en konjugatlänk i regel ohörbar, men någon skada gör den sällan, annat än möjligen då i plånboken, om man tycker att 120:- för två kondensatorer, två spolar och fyra motstånd är svårt att bära. Nödvändig är den knappast. Ljudtekniska Sällskapetets eget par LTS-F1 saknar t ex konjugatlänk.

Var skall konjugatlänken kopplas in?

Som nämnts tidigare skall konjugatlänken kopplas in Parallellt med högtalaren rent elektriskt, men det säger ju ingenting om var. Även effektförstärkaren som driver högtalaren är ju parallellkopplad med högtalaren. I princip kan konjugatlänken kopplas in var som helst längs högtalarkabeln och fortfarande satisfiera villkoret att vara parallellkopplad med högtalaren.

Och nu kommer något kul; en lämplig placering av konjugatlänken är direkt på utgången av förstärkaren som driver högtalaren! Det finns ju inget skäl att strömmen som passerar konjugatlänken skall gå fram och tillbaka genom högtalarkabeln. Länken finns ju där för förstärkarens skull, inte för högtalarens! Den kan givetvis placeras i högtalaren, men det är alltså inte alls nödvändigt, tvärtom:



Så kan det se ut om man vill använda konjugatlänk till sin LTS-F1. Det är alltså inte nödvändigt att konjugatlänken sitter i själva högtalaren, bara att den är anpassad till högtalaren.

Lycka till! /ing Öhman



P.S. Uttrycket "konjugatlänk" kommer av att en dylik utformas så att det matematiska uttrycket för länkens impedans så väl som möjligt beskriver konjugatet till hela eller en del av högtalarens, eller ett högtalarelement, impedans. Imaginärdelarna (reaktanserna) släcker sålunda ut varandra så att endast den frekvensoberoende realdelen återstår:

$(A+jB)(A-jB) = A^2+B^2$ Detta leder, om man räknar lite fram och åter, till att om seriekretsen $10 \Omega + 1 \text{ mH}$ parallellkopplas med $10 \Omega + 10 \mu\text{F}$ fås impedansen 10Ω rent resistiv!

Alltså:

$10-j/\omega 1E-3 \parallel 10+j\omega 1E-5 = 10$ Räkna själv så får ni se!