

Ström, inte spänning!

Dämpfaktor är båg! Det verkliga felet är att moderna förstärkare driver högtalare med spänning, inte ström! Så rungar Esa Meriläinen i boken *Current Driving of Loudspeakers* (2008). H&M har pratat med författaren. **Text** Kari Nevalainen

Ju högre dämpfaktor en förstärkare har, desto bättre kan den kontrollera högtalarelementen. Alla som inte hört det här påståendet någon gång räcker upp en hand! Och gissa hur många audiofiler världen över som tagit det här för en absolut sanning. Visst är det sant att man genom att dividera den nominella högtalarimpedansen med förstärkarens utgångsimpedans får ett metriskt värde. Men om siffran skulle ha någon faktiskt fysisk mening är en helt annan sak.

"Så kallad dämpfaktor är inte ett värde från någon relevant ekvation. I verkligheten står inte dämpning av ett element i någon som helst proportion med dämpfaktorn – ofta med värden på tio- till hundralet." Det här slår Esa Meriläinen fast i sin ingä-

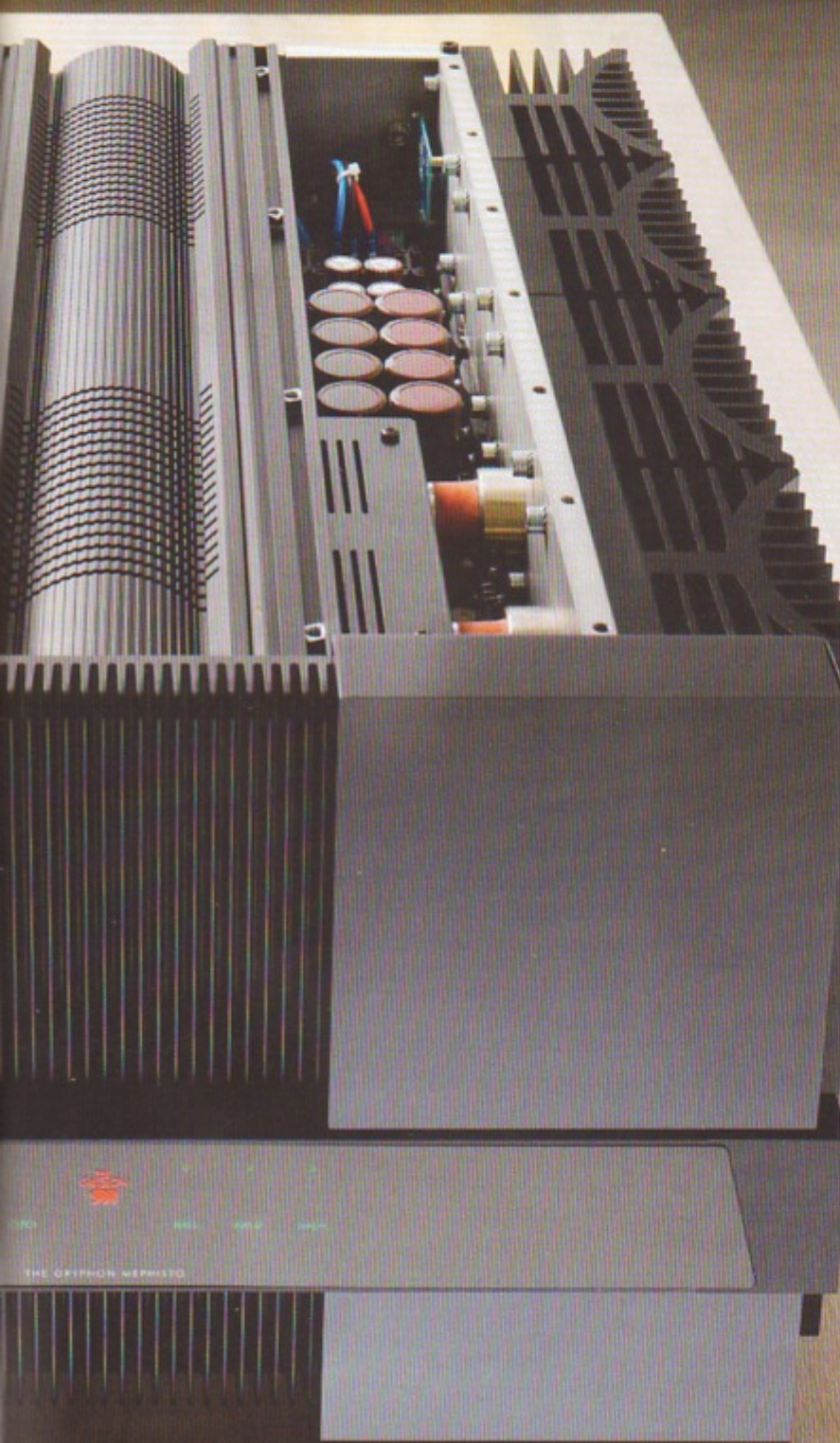
ende bok om spännings- kontra strömdrift av högtalare. Idén om att det krävs låg impedans hos en förstärkare för att styra konrörelsen hos ett högtalarelement är för Esa bara ett av alla hifivärldens många villfarelser och en idé som inte är baserad på vetenskaplig analys.

Så vad är då fel med tanken att en förstärkarens låga utgångsimpedans, och alltså höga dämpfaktor, är nödvändig för att kontrollera konrörelsen? Faktum är – och det är verkligen ett faktum – att den elektromagnetiska kraft som går tillbaks till förstärkaren från högtalaren, så kallad mot-EMK, bara dämpas när den är i fas med den utgående signalen och därmed minskar strömmen. Men, vid normalt bruk är högtalarkonens rörelse nästan 180-grader ur fas i förhållande till

Ingen lek! Spänningsförstärkare blir rejäla bestar om de skall byggas rätt.

Old school. Innanmätet i Muscial Fidelity AMS100. 470W i 1 ohm i klass A.





Spänning regerar trots allt: Magnifika Gryphon Mephisto – 108 kilo drömförstärkare.

såväl spänning som ström vilket innebär att konrörelsen inte alls följer spänningen.

Vid spänningsdrift, alltså så som det helt överväldigande flertalet alla förstärkare är konstruerade, sker viss dämpning bara i närheten av elementets resonansfrekvens.

Försumbar effekt

I sin bok visar Esa att dämpeffekten är helt försumbar redan två oktaver ovanför resonansfrekvensen. I takt med att frekvensen ökar blir mot-EMK snart motsatt resistiv spänning och ström och mindre än resistansen, vilket typiskt sker runt 150Hz. Från lägsta mellanregister och uppåt dämpar inte förstärkarens låga utimpedans någonting alls utan fungerar istället som en okontrollerad brusgenerator i elementets spänning-/strömmomvandling.

Dessutom ligger förstärkarens utimpedans i elektrisk serie med både elementets och alla mellanliggande impedanser som spoltrådar, kablar och delningsfilter. Eftersom alla serieresistenser ger samma effekt spelar inte förstärkarens låga impedans någon särskild roll i att styra/dämpa högtalarelementen.

Samma effekt som dämpfaktorn när det gäller att kontrollera en högtalarresonans (alltså sänka resonansens Q-värde) kan fås på andra sätt, till exempel med mekanisk dämpning genom att välja rätt kommaterial och kraftig chassikonstruktion. Även när elektrisk dämpning är relevant ger en ökning av dämpfaktorn långt över tiotalen ingen extra dämpeffekt. "När audiofiler påstår att en dämpfaktor under 50 är dålig och att det måste till värden på 500 eller 5000 för att verkligen styra elementen så är det bara nonsens" dundrar Esa.

Hög dämpfaktor

Men fördelarna med hög dämpfaktor är inte det enda missförståndet i audiovärlden. Det finns två andra som Esa särskilt vill nämna. För det första tror audiofiler intuitivt att trycket som sprids av en högtalarkon följer dess rörelse när det i själva verket följer konens acceleration.

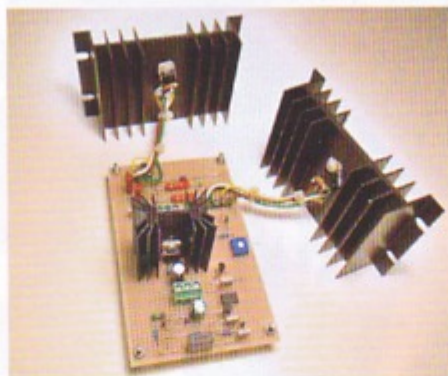
Esa är övertygad om att den här missuppfattningen tillsammans med den om att musiksигнаlen består av snabba kast och stopp har skapat en mängd onödiga föreställningar. Det har till och med skapats forskning och utveckling för hur membran kan konstrueras för att följa signalens tvära kast.

Det är därför en vanlig föreställning att låg massa hos ett högtalarmembran skulle ge bättre transientegenskaper. I själva verket påverkar massan bara känsligheten, alltså den acceleration konen får av en signalgenererad kraft.

"En högtalares transientegenskaper bestäms uteslutande av dess frekvensomfång vilket visas av Fourier-transformationen. Att



Ett av Esa Meriläinens gör det själv-projekt: en 12-liters 2-vägare med möjlighet till aktiv justering av basen. Dessutom två av författarens olika strömförstärkarprojekt.



minimera membranmassan och förstärkarens utimpedans har alltså inget med det här att göra", sammanfattar Esa.

Den allmänna synen på kopplingen mellan förstärkarimpedans och högtalare förutsätter att förstärkaren fungerar som en spänningskälla. Praktiskt taget alla förstärkare på marknaden styr spänningen som går till högtalarkontakterna, och spänningen får ström att passera i elementen. Det är som om förstärkaren försöker pressa in spänning som följer musiksignalen till högtalarkontakterna, men helt ignorera hur strömmen i högtalarlasten kommer att bli. Men fysiken säger oss att det är strömmen, och bara den, som får ett dynamiskt högtalarelement att accelerera. Och det är den här rörelsen som skapar ljudet.

Talspolen

I sin bok argumenterar Esa övertygande om att konventionell spänningsdrift av en vanlig högtalare är i grunden felaktig. Felaktig eftersom den frekvensberoende impedansen som uppstår när högtalarens talspole rör sig i magnetfältet, ihop med mot-EMK och den med ökad frekvens förhöjda induktansen hos talspolen, sammantaget är mycket oberäkneligt. Därför är den övergripande impedansen ifrån mellanregistret upp i högfrekvens full av okontrollerbara faktorer som påverkar och hindrar elementets spänning/strömmomvandling.

Orsaken till dessa impedansgenererade och motverkande effekter är många:

Talspolen fungerar som mikrofon för de ljudvågorna inuti högtalarlådan som tas upp av konens baksida. Talspolen fungerar också

som mikrofon för ljud från närliggande element;

Lufttrycks och mekaniska störningar hos de rörliga delarna skapar okontrollerbar mot-EMK.

Variationer i elektromagnetisk kraftfaktor (BI) ger växlingar i impedansens fasvinklar och därmed fasmodulering av ström i mellanregisterområdet.

Talspolens lägesavhängiga induktans både amplitud- och fasmodulerar strömmen.

Talspolens induktans påverkas av signalnivån och ger IM-distorsion (Intermodulationsdistorsion).

Som om inte allt detta vore nog tillkommer också resistansförändringar på grund av både temperaturväxling och tolerans avvikelser tillsammans med signalberoende förändringar i kontaktresistans hos kontakter och omkopplare.

"Den sammantagna magnituden av alla olika effekter kan mätas och är av potentiellt skadlig nivå. Vissa effekter är sådana att de lätt ses i distorsionsmätningar medan andra är tidsrelaterade och kan påminna om effekterna av till exempel läddiffraction", förklarar Esa.

Men eftersom ett högtalarelement bara rättar sig efter strömmen som flyter genom det går det att minimera alla de beskrivna motverkande effekterna genom att driva högtalaren med ström. Enligt Esa är till exempel IM-distorsionen vid 1 watt hos en typisk hifi-

förstärkare runt 3-5%, men bara bråkdelen så hög under strömdriftsförhållanden.

Newtons lag

Esas bok är visserligen väl argumenterad och övertygande men det finns dessutom en del indirekta tecken som visar att han har rätt. Bristerna hos spänningsdrift skulle kunna vara en förklaring till varför rörförstärkare numera börjat bli så populära.

Ingen förstärkare kan helt hindra de interna motarbetande spänningskomponenterna i ett högtalarelement, men deras inverkan på ljudet hos kombinationen högtalare/förstärkare kan minskas rejält om man har tillräckligt hög impedans hos källan. Hos en typisk rörförstärkare ligger utgångsimpedansen Zo på några få ohm vilket ger en dämpning av motströmmar från högtalaren med 3 dB.

Samma problem skulle också kunna förklara varför elektrostat- och magnetostat-högtalare är omtyckta av vissa läger. Till skillnad från dynamiska högtalare gillar nämligen en elektrostatiske högtalare att drivas av spänning, och är därför befriade från de störningsfaktorer som kommer av alla spänningsrelaterade elektromotoriska krafter som dynamiska element har.

Och kom ihåg att membranets låga massa inte har något med det här att göra. Samma Newtons lag, $F=ma$, som avgör hur ett dynamiskt element beter sig gäller för en elektrostatiske högtalare.

Meriläinens recept på en bättre koppling av förstärkare till högtalare och därmed bättre

"Men fysiken säger oss att det är strömmen, och bara den, som får ett dynamiskt högtalarelement att accelerera."

lyssningsupplevelse heter "current drive" eller strömdrift. Hans bok visar nya konstruktionstillämpningar och ger exempel på kretsar som driver högtalaren genom att kontrollera strömmen istället för spänningen.

"Det är bara strömdrift som kan se till att förstärkare och högtalare verkligen blir anpassade till varandra – dilemmat som spänningsdrift så länge försökt komma runt", säger Esa bestämt.

Ny klass A-förstärkare

Boken ger olika rekommendationer för hur man skapar strömkontroll på rätt sätt. Skall man till exempel konstruera en högtalare är det bäst att enbart använda kretssimulering och simulera högtalarens frekvensgång från elementens elektriska kretsekvivalens.

Det lönar sig att använda ett "strömdriftsindex", men också att skraddarsy talspolarnas induktans (boken ger flera mätmetoder för att exakt mäta upp talspolers kapacitans och induktans liksom läge och temperatur). Man kan använda två seriekopplade element för att jämma ut responsen och så vidare.



En av tidningens referenser: Burmester 956 Mk.II. Nu undrar vi bara när Dieter Burmester kommer med en strömförstärkare i samma division?

I boken visar Esa olika högtalarprojekt, som en 12-liters 2-vägare med aktiv justering av basresponsen och en 8-liters 1½-vägare med ett 4½-tumselement. Men boken presenterar förstås också olika förstärkarkretsar inklusive Esas eget förstärkarprojekt med justerbar korrektion av högtalarens basresonans. Esa har också utvecklat en ny klass A-förstärkare som bygger på en transkonduktans-princip och de aktiva komponenterna är justerbara spänningsregulatorer.

"En av många fördelar med strömdrift är att det går att göra klass A-förstärkare med försumbart effekttutflyde jämfört med en traditionell spänningsförstärkare i klass A", tillägger Esa.

Kontrollera resonanserna

Så långt, allt bra. Men om nu strömdrift är enda sättet som sörjer för perfekt matchning mellan förstärkare och högtalare, varför ser vi inte mer av den här tekniken? Är det så att inte heller strömdrift är helt fritt från nackdelar?

"Eftersom alla befintliga, dynamiska högtalare och element är gjorda för spänningsdrift så är deras Qm-värden – det mekaniska Q-värdet – vanligtvis på tok för höga för vanlig strömdrift. Men jag tror inte att det skulle ta vare sig mycket tid eller kraft för någon att utveckla självdämpande högtalarelement om någon verkligen tog sig an uppgiften. Det finns

till exempelvis silikonämnen som kan ge betydligt lägre Qm-värden i frifält", förklarar Esa.

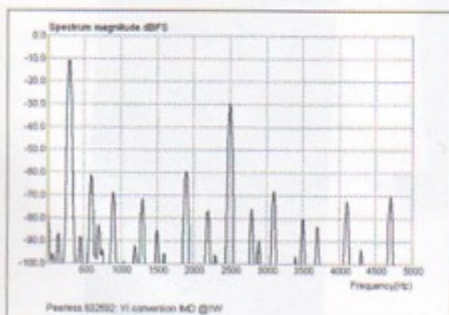
Den kanske viktigaste orsaken till varför det kommit så lite fullregisters audioutrustning konstruerat enligt strömdriftsprincipen beror på att det anses svårt att verkligen kunna kontrollera resonanserna hos baselement med den här förstärkartekniken. I sin bok ringar Esa in problemen och kommer med nya praktiska metoder och kretsar för att hantera svårigheterna med att dämpa basresonanser.

Både aktiva kretsar med bara motstånd eller utjämnande RCL-länkar (resistans, kapacitans, induktans) som enbart kompenserar vid resonansen eller sätt att sänka Q-värdet genom att proppa högtalarlådorna fulla av bomull.

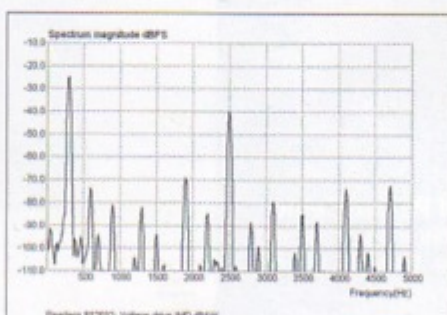
Men största förklaringen till varför vi inte ser någon strömdrift är att spänningsdriften blivit en vedertagen industristandard. Att gå över till strömdrift kan därför vara ett alltför stort steg för både vetenskapvärlden och industrin men också för alla hobbykonstruktörer. Det är lättare att hålla sig till något som redan finns, men den ökande användningen av aktiv högtalarteknik kan ändra på det här.

Vad säger då Esa till alla som menar att fördelarna med strömdrift visserligen är uppenbara, men att det inte ger så väldigt mycket bättre resultat än spänningsdrift? Att det klingande resultatet av spänningsdrifts-tekniken redan är rätt bra, ja i vissa fall till och med förbluffande bra.

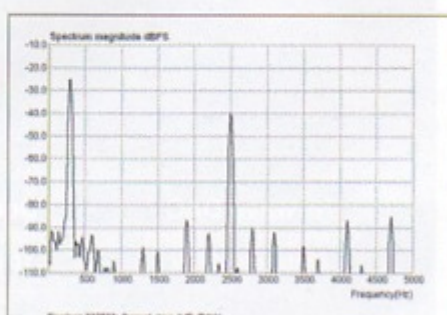
"Spänningsdriftsapparater gör bra ifrån sig i sin egna kategorier och det är det som alla är vana vid. Men i absoluta termer och jämfört med levande musik så är det ingen som helst match. Inga verkligt stora tekniska framsteg har gjorts i högtalarkonstruktion på mycket, mycket länge och hobbybyggarna blir bara färre och färre. Så är det därför inte hög tid att göra något åt det hela? Särskilt som fördelarna man skulle kunna uppnå med strömdrift är betydligt mer konkreta än det man får med uppgraderingar och fintrimning." **HM**



Intermodulationsdistorsion (IMD) hos en 5-tumsbas (Peerless) i slutna låda, med konventionell spänningsförstärkning. Testsignal 300Hz/2.5 kHz.



5-tummaren i slutna låda men akustiskt uppmätt på 20 centimeters avstånd vid spänningsförstärkning. Det ger 5% IMD och mycket tydliga distorsionsrester.



Samma element akustiskt mätt på 20 centimeter men med strömförstärkning. Det ger bara 1.0 % IMD och en dramatisk reduktion i övertonsrester.