

Vårluft om høsten, Current drive (?) m/tilbehør.

Forord.

Bakgrunnen for denne tittel er så enkel, at det, de siste 25 år, har vært "fy" å påpeke det enkle faktum at en elektrodynamisk høyttaler er strømstyrt, og *ikke* spenningsstyrt, man kunne jo komme til å forstyrre høyttalerens forenklete regnemodeller, og svekke noens autoritetstro og spre forvirring !

Jeg vil også presisere at hva jeg kommer til å si i dette forum, ikke må betraktes som belæring om absolutte sannheter, men en oppfordring til å stille spørsmål, ikke av mistanke, men i undring. Lyd, og ørets evne til å oppfatte ikke målbare nyanser, og tolke disse, er for fantastiske til at de kan beskrives med 4.ordens differensialligninger ! (selv om disse kan være meget nyttige for delforståelse), men igjen, rikdommen i lyd og lydoppfattelse er så hinsides dagens målemetoder og beskrivende verktøyer, at man må ta galskapen i bruk for å få med seg det siste !!!!!!!

Men for å gå tilbake til hovedkomponentene, kraftforsterker og høyttaler i denne omgang: hvorledes har utviklingen vært siden 2. verdenskrig ?

Vel, de første 10 år var det rolig, vi hadde en teknologi med rørforsterkere. Dette var normalt single ended klasse-A forsterkere, rør var rene strømgeneratorer, hvor anodestrøm varierte når gitterspenning ble endret, uttrykt i mA/V, typisk i størrelsesorden 1.5 - 15 mA/V. Foruten glødespenning, opererte rør med en anodestrømforsyning i størrelsesorden 90 - 350 volt i hjemmeutstyr. Dette ga en utgangsimpedans i størrelsesorden 3 - 15 kohm. Det var upraktisk å lage høyttalere med så høy svingspolemotstand, dessuten var det en DC-komponent å bli kvitt, så en utgangstransformator var saken. Denne innførte noen praktiske begrensninger, både m.h.t. frekvensområde. max effekt, samt at den hadde såpass fasedreining at feedback i praksis var umulig. Derfor måtte hvert enkelt trinn designes til å gi minimal forvrengning. I praksis hadde vi et frekvensområde 100 - 7000 Hz før FM-tiden, effekt var normalt 2 - 4.5 watt for nettdrevet hjemme-utstyr, og 0.05 - 0.25 W for transportabelt

Denne situasjon på forsterkersiden, medførte at høyttalere måtte ha høy virkningsgrad, samt at kabinetter/kasser måtte designes slik at høyttalerens egenresonans var under rimelig god kontroll, da man ikke hadde noen form for hjelp fra forsterkerens "dempningsfaktor".

Svært Magne radiofabrikker lages selv sine høyttalere, og det ga en fantastisk kultur; det samme miljø, og ofte de samme folk, hadde en samlet forståelse av kjeden forsterker - høyttaler, og optimerte denne kjede samlet !!!!!!!

Min første lærer i radioteknikk (1950) hadde en gylden regel, all vellyd sentrerte omkring 800 Hz. (i oktaver). f.eks. 200 - 3200 Hz (2 oktaver på hver

side av 800 Hz), det er telecom-området. Neste er 100 - 6400 Hz, det er AM lyd, optisk kinolyd.

En gang sist på 50-tallet var det en eller annen idiot som tok høyttaleren ut av radioen, noe som på sikt medførte at disiplinene å designe forsterkere, og å designe høyttalere, ble delt, og at det etterhvert oppsto 2 adskilte kulturer, men minimal kommunikasjon.

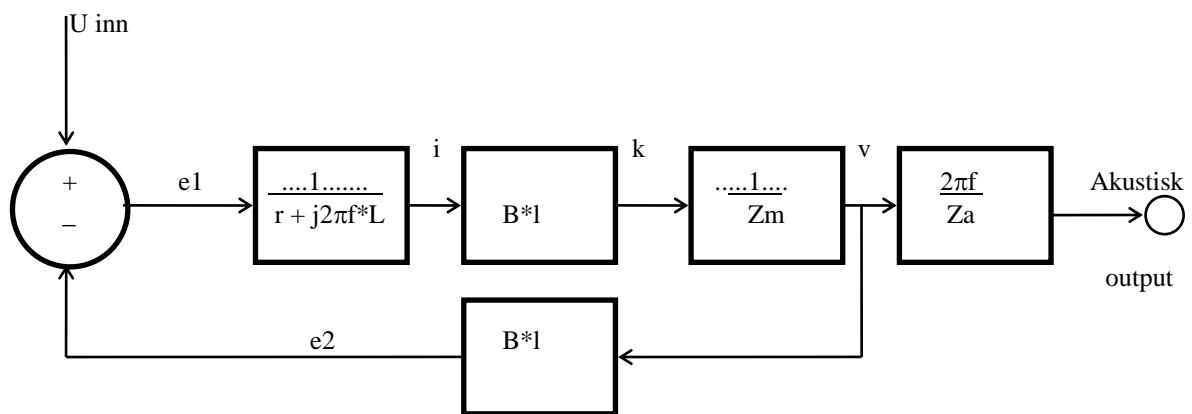
Nogenlunde synkront med dette ble transistorene tilgjengelige, og watt ble billige. Vi fikk ett potensjag i "watt", uten tanke på hva det kom ut av lyd. Typisk virkningsgrad på kinohøyttalere fra Altec og RCA lå i størrelsesorden 75%, og typiske forsterkere på større kinoer var 15 watt. Dette ga en akustisk effekt på 11.25 W. Dagens hjemmehøyttalere har virkningsgrad 0.3 % (TL) til 3% (CervinVega), og så har vi noen få hornkonstruksjoner, som fortsatt holder sin fane høyt, med noe i størrelsesorden 50%. Det betyr at man, med et 250W hjemmekraftverk, klarer 0.75 - 7.5 akustiske watt. Hornhøyttalere hoder vi utenfor, de tåler ikke 250W. (Paul Klipsch uttalet for mange år siden: What the world need, is a good 2 watt amplifier!)

Dagens situasjon er at vi, p.g.a. wathysteriet, har gumpetunge høyttalere og forsterkere, omtrent som "Belgian blue". Vi aksepterer ganske grove forvrengninger, bare det er "Watt" nok. Naturligvis finnes det mange unntak, bl.a. de fleste av de tilstedeværende, går jeg ut fra. Men holdninger og designfilosofi fra massemarkedet preger også spesialmarkedet, samt de læreanstalter som utdanner våre ingeniører og teknikere. Uansett hvor spesielle vi ønsker å være, må vi leve under det som standardisering og industri m/blåruss bestemmer. Men hvor ille er det ? vi begynner med det som er nærmest:

Høyttaleren:

Med dette mener jeg den elektrodynamiske høyttaler, med magnetsystem, svingspole og membran, samt noe mekanikk som holder dette sammen, og på plass. Hvorfor denne gammeldagse konstruksjon? Vel, det er et par enkle fakta; En ringformet luftspalte inne i en magnetvei, en svingspole med en viss utstrekning i denne spalte, gir en optimal utnyttelse av en magnetenergi som koster penger, og sist, men ikke minst, det er en grei produksjonsteknologi, som vi behersker. Vi kommer nok til å leve med denne foreldede konstruksjon, så lenge som forbrenningsmotorer har stempler ! Derfor må vi se litt på den, og hva vi har nådd på ca. 100 år ! Oliver Lodge fikk patent på systemet med en spole i et sirkulært gap i en jernvei i et magnetfelt, For ca.100 år siden, men teknikken var kjent ca. 20 år i forveien, men ikke patentert.

Jeg velger å se på høyttaleren via det alminnelig aksepterte flytdiagram, som også danner grunnlaget for de regnemodeller vi har levd under de siste 20 år



Flytdiagram for en høyttaler.

Dette er i grove trekk det flytdiagram som regnemodeller for en elektrodynamisk høyttaler er basert på. . Følgende skjer:

1: En klemmespenning U_{inn} kommer inn i summasjonspunktet, og resulterer i en spenning e over svingspolen

2: Denne spenning går inn i første kasse. Der møter den svingspolemotstanden r , og svingspoleinduktiviteten L . Dette resulterer i en strøm

$$i = e / (r + j * 2\pi f * L)$$

3: Denne strømmen, danner sammen med kraftfaktoren $B \cdot l$, kraften k

4: Denne kraft skal overvinne høyttalerens mekaniske impedans (motstand), som består av masse og fjær, og vil resultere i en membran/svingspolehastighet v .

5: Når svingspolen beveger seg med en hastighet v i et magnetfelt B , vil det dannes en induert spenning e_2 , som er motsatt rettet spenningen som påtrykkes svingspolen. Den vil derfor trekkes fra påtrykt spenning U_{inn} . Dette virker også slik at omkring høyttalerens egenresonans, vil hastigheten være høy, spenningen e_2 høy, og reel input e_1 til svingspole være lav, d.v.s. at den drivende kraft avtar. Under noen forhold kan motindusert spenning e_2 være større en påtrykt spenning, og høyttalerens bevegelse bremses. Dette kalles magnetisk demping, og betingelsen for denne er at U_{inn} virkelig er 0, d.v.s. at drivende forsterker har meget lav utgangsimpedans. (Høy dempingsfaktor).

6: Hastigheten v , vil også via membranets akustiske impedans, forårsake den lyd vi alle søker etter !

Så enkel er verden for de som elsker å regne og simulere, og så enkel har verden vært de siste 20 år ! Så er da også lyden blitt deretter !

Hvis vi nå, sånn ganske stille, setter oss ned og ser på hver enkelt komponent i denne modell.

1: Svingspolens ohmske motstand r:

Denne står stemplet på høyttaler, eller i datablad, og skal normalt være f.eks. 8 ohm , og $\pm 20\%$ er tillatt, derfor er den oftest 6.4 ohm, da det gir mest følsomhet. De 6.4 ohm er bare noe vi tror. I dag, hvor høyttalere skal tåle høy effekt, skjer dette ved at svingspole er konstruert til å tåle meget høye temperaturer, modifisert polyimidlakk (durobond) holder normalt opp til 250 - 300 grader. Fint ! Men koppper har en temperaturkoeffesient $0.4\% / ^\circ\text{C}$, det høres jo snilt ut. La oss se, vi skal være snille, og si at temperaturen stiger fra 25 til 200 grader. motstanden blir da

$$r = 6.4 * 1.004^{175} = 12.87 \text{ ohm (!)}$$

altså en fordobling, eller en kompresjon på ca. 6 db ! Dette forbedres ikke av at bas/mellomtone/diskant har forskjellig termisk tidskonstant, slik at diskanten blir først varm, hvis ellers program-materialet inneholder energi i alle 3 bånd. Lydbildet vil bøye seg bakover som et tre i vind, med toppen først.

2a: svingspoleinduktiviteten L:

Dette er ett av de høyttalerens store mareritt. Selve L-verdien gjør at motstanden er større, meget større i diskant enn i bas. Dette kompenseres det for ved å lage membranene feil, slik at de spreller mer i diskantområdet, og hever dette, slik at det målemessig ser pent ut.

2b: Jern i spolen 1.

Normalt er spolen mer eller mindre fylt med et jern polstykke, + at det også ligger noe jern omkring. Jamen, hva betyr det ? Når det går en strøm i spolen magnetiseres jernet, og dets magnetiseringskurve er langt fra lineær. Da jernet er massivt, dannes det også kraftige virvelstrømmer, noe som også gir meget ulineære tap. Typisk er forvrengningen av L, p.g.a. jernet, i størrelsesorden $0.5 - 3\%$, vesentlig 3 - 5 - 7 harmoniske.

Jern i spolen 2.

Når det kommer jern i en spole , stiger selvinduksjonen. OK, hvis spolen står stille, er det noe som kan beregnes, og taes hensyn til. Men når høyttaleren skal spille musikk, vil den flytte på seg, og selvinduksjonen L vil variere, og forårsake at en lavfrekvent tone, som gir amplitude, vil modulere en mellomtone, hvis drivende strøm er avhengig av L. En av de verre, var bassen i AR3a, der modulerte en 20Hz tone, v/10W input, en 600Hz tone ca. 50% !!!!! Slikt låter surt !

Dette er også et delefilters mareritt, en L, som sammen med C'er i filter danner resonanskretser, som ikke engang kan stå stille.

Jern i spole 3.

Når det går strøm i en spole, vil den tiltrekke jern, og svingspole vil derfor søke mot midten av polstykke. Typisk vil en 42mm spole med 100 vindinger, som utsettes for et 10Amp strømstøt, trekke innover med en kraft . 1.3 kg, uavhengig av strømretning.

3a: Magnetisk induksjon B:

Den ene av disse mekanismer er så kjent at den ofte omtales, og regnes med. . Når en svingspole beveger seg i et magnetfelt, vil en større eller mindre del av magnetfeltet gå igjennom spolens vindinger, avhengig av hvor den befinner seg, den effektive B-verdi endrer seg med svingspolens posisjon. Når spole og magnetfelt er like brede, vil effektiv B-verdi falle så fort spole beveger seg ut fra sin senterposisjon. Det vanligste tricks for å gjøre BI produktet mer lineært, er å lage spole bredere enn magnetfelt (overhang), men også underhang, hvor en smal spole opererer i et bredt magnetfelt, har vært benyttet.

3b Magnetisk induksjon B.

Den annen mekanisme er stort sett fraværende i litteraturen. Men hvis vi tenker oss den samme spole som i "Jern i spole 3", og slipper et strømstøt 10 amp gjennom den, så vil den , sammen med polstykke , danne en magnet. La oss se, 100 vind, 10 amp gir 1000 ampvind over spolens viklebredde 18mm., Dette gir en feltstyrke lik $1000/0.018 = 55.555 \text{ A/m}$, eller ca 55kA/m, eller det samme som en AlNiCo-plugg !!!! Dette er så en magnet som vi legger inn i magnetvei, vekselvis med eller mot høyttalerens faste magnet !!!! Dette vil flytte arbeidspunktet på den faste magnet, og magnetsystemets B-verdi vil moduleres. Når vi slår sammen skjevtrekk under pkt jern i spole 3 og dette punkt, vil det beskrevne system med 42mm spole trekke ca 22% kraftigere inn enn den skubber ut !

4: trådlengde l.

Endelig en parameter som er tilnærmet konstant.

De siste 2 kasse inneholder også en del forvrengningsmekanismer, med det vil føre for vidt å gå inn på disse her, det var jo strømstyring vi skulle vurdere.

Strømstyring ??

Velger vi å styre høyttaleren med en ren og forvrengningfri strøm, kan vi fjerne den første kasse i flytdiagrammet, med innhold. Forvrengninger under pkt. 1, 2a, 2b/jern i spole 1 og 2, forsvinner.

Samtidig forsvinner feedbackloop via BI-kasse, slik at vi ikke får magnetisk demping. Vi må derfor kontrollere høyttalerens bassresonans på annen måte, helst å ta den der den oppstår. Jeg vil komme tilbake til dette senere.

Stømsstyrte forsterkere, er de vanskelige ??

Den største vanskelighet ved å konstruere strømstyrte forsterkere, er å frigjøre seg fra de siste 40 års vanetenking. Både rør, bipolare transistorer og MOSFETER er fra naturens side strømgeneratorer. Rør og MOSFETER har riktignok spenning inn/strøm ut, men det kan jo være praktisk, de fleste programkilder har spenningsutgang, dog er mange D/A konvertere også strømgeneratorer, hvor man ved hjelp av en opamp konverterer til spenning. Det burde egentlig være enklere å lage gode strømforsterkere enn gode spenningsforsterkere. Det er bare en annen innfallsvinkel.

Var det ikke MOTOROLA som hadde emittere mot + og - rail, og collektorer sammen til belastning, i sin første applikasjonsnote for komplementære bipolare transistorer? den var jo født strømforsterker, selv om de prøvde å bøte på det med en feedback-loop.

Med strømforsterker skal vi tenke litt forskjellig. Akkurat som en kortslutning får en spenningsforsterker i kne, fordi den bare prøver å gi på med strøm for å holde den spenning som inngangen sier den skal gi, så vil strømforsterkeren være flegmatisk ovenfor lave impedanser og kortslutninger, hvis inngangen sier at den skal gi 1 Amp, så gjør den det ! Men den vil også prøve å gjøre det hvis impedansen blir høy, eller det blir brudd, og den vil da prøve å gi på spenning til det blir 1 Amp utgangsstrøm. Derfor er det viktig å ha spenningsheadrom for å imøtegå høye impedanser, eller det vil være viktig å unngå for høye impedanser, for at forsterkeren ikke skal gå i taket.

Men er det realistisk med strømforsterkere ?

Vel, vi fjerner ett sett problemer, og skaper et par nye. D.v.s. vi skaper ingen nye, men vi avdekker et par problemer som alltid har vært der.

1: For det første, høyttalerens bassresonans. den blir nå meget synlig, da den magnetiske demping forsvinner, og vi blir nødt til å løse problemet der det er, nemlig resonansens Q-faktor, jeg skal komme tilbake til mulige løsninger senere.

2: Når vi driver med strøm, vil høyttalerens høye del av frekvens-spekteret bli hevet, da strøm gjennom svingspole vil være like kraftig ved alle frekvenser (hvilket den ikke er ved spennings-styring). Vi har, med andre ord, de siste 30 år tilstrebet å lage membraner med diskantheving, for å kompensere for tapene i svingspolens induktivitet. Nå må vi tilstrebe å lage membranene "riktig" isteden.

3: Det vil være naturlig å integrere en strømforsterker i kabinett hvor høyttalerenheter sitter, og lage en "lydkilde" med nettplugg og signalinngang, elektrisk eller optisk, analogt eller digitalt. Igjen, dette krever litt nytenkning, og at man kan fri seg fra noen vaner. La oss se, det som virkelig koster i en forsterker, er power og finish. Noen ekstra kanaler, f.eks.

Bas/mellomtone/diskant er forholdsvis rimelige, aktive filtre er billigere en passive delefilter. Det burde være ganske naturlig å tenke "lydkilder".

Men "hva så".

Lykkes vi i å strømstyre høyttalere, la oss si at det går bra med forsterkeren, og at vi klarer å belaste høyttaleren slik at bassresonans ikke "slår igjennom",

hvor langt er vi da kommet ? Vel forvrengningsmekanismene 1, 2a, 2b Jern i spole 1 og 2, forsvinner, og det burde være en betydelig gevinst. Men skal vi så hvile på våre laurbær?

Fortsatt har vi "jern i spole 3", og modulasjonen av magnetfelt B tilbake på motorsiden, + at vi ikke har sett på membran med oppheng og omgivelser.

Det kan igjen være fristende å ta ett skritt tilbake til 50-tallet, for å få litt oversikt. Hvorfor holdt vi utsalg på virkningsgraden ? Og hvorfor ble allting så tungt ?

Vel, vi får ta en titt på høyttalerens forvrengningsmekanismer igjen, og utvide området litt, med fare for å gjenta et par ting fra forrige kapittel.

Forvrengningsmekanismer i høyttaleren:

Membran.

Dette er et så stort emne, og vil kreve så mye tid, og ligger så langt fra emnet current drive, at jeg bare vil kort nevne et par elementære ting, som er lett å overse.

Membranet har 2 sider, en forside og en bakside. Begge de to sider utstråler den samme lyd, men i motfase. Membranet er samtidig akustisk transparent, d.v.s. at lyd inne fra kabinettet trenger rimelig godt ut gjennom membranet. (prøv å sette 2 høyttalere i ett hull i et kabinett, en med magnetsystem utad, med kortsluttede terminaler, og en med magnetsystem innad, koble til den innerste, og spill på den, og hør på det som kommer igjennom fronthøyttaleren). Rett bak membranet sitter den første, reflektor, som regel et ferritmagnetsystem, med diameter i samme størrelsesorden som membranet, så kommer kabinett bakvegg, og ellers refleksjonsmønster inne i kabinettet. Det er lett å glemme høyttalerens bakside, den opplever vesentlig mer enn det som beskriver i Thiele-Small- ligningene.

Det er også lett å glemme at lydens transmisjonshastighet i membranmaterialet er forskjellig fra den i luft, papir ligger omkring 800 - 1200 m/sek, med en åpningsvinkel i størrelsesorden 120°, passer det nogenlunde med at lyd utstrålt fra midten av membran. kommer samtidig med lyd fra membranets kant. Bruker man samme membranform til et kullfibermebran, hvor lydforplantingshastigheten kan være opp mot 12000 m/sek, har man et alvorlig problem, da lyden fra membrankant kommer før den fra midten, og vi får en bølgefront som "klapper sammen".

Motor / magnetsystem /svingspole .

Dette er den delen av høyttaleren, som er i mer eller mindre direkte kontakt med forsterkeren, og som i virkeligheten ikke kan skilles fra denne. Her er det mange feil/forvrengningsmekanismer ute å går.

Ulineæritet som oppstår ved at magnetfelt ikke er lineært.

Når svingspole flytter på seg, vil den bevege seg ut fra magnetfeltets sentral del, og ut i magnetfeltets periferi, som er svakere. Denne mekanisme er så mye omtalt, at den bare nevnes.

Oppvarming av svingspole, termisk kompresjon.

Koppertråd, som svingspolen normalt er viklet av, har en positiv temperaturkoeffesient på 0.4%/°C. Dette høres ikke så ille ut, men en rask kalkulasjon sier at når svingspoletemperatur stiger fra f.eks. 25°C til 200°C, d.v.s. 175°, vil de 8 ohm bli til $8 \times (1.004)^2 = 16.01$ ohm ! Når høyttaler påtrykkes en fast spenning, vil strøm falle til det halve, og akustisk output halveres (-6db). Videre: Bas, mellomtone og diskant høyttalere har forskjellig termisk tidskonstant, diskant høyttalere typisk 0.15 sek, mellomtoner i størrelsesorden 1 sek, mens basser har ganske mange sekunder. Det vil si, at ved en plutselig påvirkning, vil lydbildet "velte" bakover, med diskant først. Festlig, hva ?

Hvis høyttaler hadde vært strømstyrt, ville strøm vært det den skulle være, uansett temperatur, og lydbildet ville ikke tippet av denne årsak.

Effekter av svingspole selvinduksjon:

En svingspole består av en del vindinger, som er mer eller mindre omgitt av jern. Bare det et vi har en induktiv komponent, burde skremme oss, det er en reaktiv komponent, som kan lagre elektrisk energi. Når det gjelder verdier, tar jeg utgangspunkt i en av mine gamle synder, Scanspeak W42-systemet, som typisk har en 42mm svingspole, 18mm bred, og med ca, 100 vind. Den har en selvinduksjon ca. 1.2 mH (!). Men så enkelt er det heller ikke, når den flytter seg, vil den fylles mer og mindre med jern, når den ligger i innerstilling vil L være 1.8 mH, og i ytterstilling 0.6mH. Nå skal vi holde tunga rett i munnen, hva vil nå skje ?

1: Det burde skremme vannet av en filterdesigner, som jo skal være så nøyaktig. Han vil ofte legge en kondensator i filtre, som har en tendens til å lage en resonanskrets samme med spoleinduktansen, med den angitte verdi, typisk noen hundre Hz. Og ikke bare det, den vil variere når høyttaleren flytter seg.!

2: Det er ikke bare filteret som blir forvirret, den stakkars strømmen som skal gi kraften til membranet. Forsterkeren gir f.eks en spenning 8 volt, og regner med at det vil forårsake 1 Ampere spolestrøm. Men dengang ei. OK, ved 100 Hz skjer det ikke all veden, reaktansen av $L = ca. 0.6$ ohm, men ved 1 kHz er reaktansen 6.3 ohm (induktiv, 90° ute av fase med den resistive). så må vi summere med Pythagoras, nominell impedans blir da i størrelsesorden 9 ohm. Men dette er bare en begynnelse, hvis vi forestiller oss at høyttaleren skal gjengi 2 toner samtidig, f.eks. 20 Hz og 1 kHz, så vil 20 Hz-tonen få membranet til å flytte seg ± 5 mm, d.v.s. L vil variere fra 0.6mH til 1.8 mH, eller en 3-faktor, eller fra 7.15 til 13.6 ohm, d.v.s. at 1 kHz strømmen vil variere 1.12 til 0.59 Amp. Hvis dette hadde vært en forsterker, ville vi sagt at den hadde ca **50% intermodulasjon**, men det er for ubehagelig for høyttalerdesignere å snakke om intermodulasjon, derfor betraktes den som

ikke eksisterende. Men man kan se på et par klassikere, som er blitt utsatt for omtanke, f.eks. 9710M7 fra Philips, og 165 BK fra Tandberg, blir man fylt av beundring, etterhvert som man går fram med skalpellen.

Igjen, hvis vi hadde brukt strømstyring istedenfor spenningsstyring, ville man hoppet bukk over dette problem, men det er klart, forsterkeren ville fått en spenningsmessig hard jobb.

Selv imøtegikk jeg disse forvrengningmekanismer ved å utstyrt polen i magnetsystemet med en koppersylinder, som var så lang at spoleinduktivitet var kortsluttet i alle spolens posisjoner. Systemet, kalt symmetric drive, eller DTL, brukes fortsatt av Scanspeak, Dynaudio og Morel.

Svingspolen som magnet !

La oss ta svingspolen ut av magnetsystemet, sammen med senterpolen, og tre spolen litt over halvveis inn på polen, i normalposisjon, sette strøm på den og observere hva som skjer: 2 ting observeres:

1: Spole hopper midt inn på polen, med en anseelig kraft. Vi har gjenoppfunnet solenoiden, eller trekkmagneten. Dette er en av mekanismene som gjør at svingspolen har tendens til å trekke innad ved kraftig utstyring. På 50-tallet, hvor det fortsatt var personer som observerte og undret seg over fenomener, og Cunnigham skrev om dette .

2: Skrutrekkere, og annet jernskrammel på bordet, hopper bort på pol, vi har en ganske kraftig magnet. Sier vi at vi gir den en kort strømstøt på 10 Amp, gir dette , med 100 tørn, 1000 At. Spolen, som er 18mm lang betyr at vi har en feltstyrke lik $1000 \times 1000/18 = 55.555 \text{ A/m}$, eller 55kA/m, eller noe i retning vanlig AlNiCo5 ! Vi kan jo filosofere litt over hva som skjer hvis vi erstatter de fremre 18mm av senterpolen med en AlNiCo-magnet, som vi snur henholdsvis med eller mot magnetsystemets magnetretning. Jeg har prøvd å legge dette inn i en BEM-simulator, modellere opp W42-systemet med 120mm ferritt, og legge inn en spole med 1000AT, hvor jeg snur strømretningen.

Jeg må sitere 91 Stomperud : "Huff a mich !". Ved + 10Amp viser simulatoren at spolen trykker ut med en kraft 79.7 N, og snus strømmen til -10Amp, drar den inn med en kraft 97N, altså en skjevhet i størrelsesorden 21%. !!!!! Ikke så rart at ferritt ikke lyder godt !

Vi ser litt på hvor mekanismene ligger, i simulatoren er alt så greit, vi kan bare klikke på magnetens arbeidspunkt, vel, den ligger på 2490 Gauss når den blir motarbeidet, og 2790 Gauss når den får hjelp, d.v.s. at magneten gir seg 11%. Hvis vi slår av magneten, og ser på systemet som en solenoide, vil den ved 10 amp, trekke 13.9 N innad ! De to hovedårsakene til det skjeve trekk, er geometrien i systemet, hvor vi har en "solenoid", som trekker inn, uansett strømretning. Som mekanisme 2 har vi så modulasjon av magnetens arbeidspunkt. Det som kalles "undercut", som bl.a. SEAS bruker, reduserer denne effekt noe, men gir samtidig mindre effektivt areal av polstykke, og derved vanskeligheter hvis man vil jage mange kraftlinjer igjennom luftspalte.

The AlNiCo-sound .

Man kommer i hu en del annonser fra begynnelsen av 70-tallet, hvor ferritt gikk sin seiersgang. JBL ble standhaftig ved å produsere med AlNiCo-magneter, på tross av at disse var dyrere enn ferritt. Mange rystet på hodet av disse stabeiser, som ikke erkjente den nye tid, men hevdet at det når noe som het "The AlNiCo-sound".

Hvorledes var det nå JBL's systemer så ut på begynnelsen av 70-tallet ? Jo, de hadde en 4" kantviklet svingspole. inne i den lå det et skivepolstykke, og en AlNiCo-ring, inne i en potte, som dannet returnagnetvei fram til en forplate, som dannet den ytre del av luftgapet. Egentlig lignet det en hel del på det vi andre laget på denne tiden, bare at vi andre var litt med beskjedne, og nøyde oss med 1" eller 1½" systemer. Selv slo jeg ut med armene, og brukte en 40mm AlNiCo-plugg, og en 42mm spole. Og hva er den vesentlige forskjellen til dagens systemer. ?

AlNiCo har permeabilitet nær 1, altså tett på luft, og jernet i spolen ligger symmetrisk midt i spole i dens nøytralstilling. Vi har altså minimal solenoide-effekt ! Videre har AlNiCo magneten et arbeidspunkt over 10000 Gauss, selv om vi drar 2 - 300 Gauss i dette, blir det ikke mange %.

The Neodym-sound ?

Da AlNiCo er vanskelig tilgjengelig, og meget dyrt, og med stigende tendens, ser vi på et moderne materiale, med noen av de samme egenskaper. Fyre opp under simulatoren igjen, modellerer opp et 42mm system, med samme luftspalte og svingspole som 1. simulering, men med et 8mm tykt skivepolstykke, og en $\varnothing 42 \times 10$ mm Neodym-magnet. . Igjen ± 10 Amp i spole. Nå trekker den 83.8N, og dytter 80.3N, altså en asymmetri i størrelsesorden 4% ! (Mot 21% i ferrittsystem) Som for AlNiCo, Neodym permeabilitet ligger omkring 1. og vi har minimal solenoide-effekt ca. 1,8N, eller 2.1%. Denne skyldes nok vesentlig den utvendige potte, som ligger meget tett på spole.

Magnetsystemets frontareal:

Vi husker fra før at et høyttalermembraner utstråler samme lyd på begge sider (i motfase), og at de er akustisk transparente. Et ferrittsystem har ofte tilnærmet samme diameter som membranet, og danner som oftest en kraftig reflekterende flate rett bak dette. Dette gir motfase-informasjoner, med en anelse tidsforsinkelse. Den gangen vi gikk over til ferritt, var det ett tilbakeskritt, vi fikk aldri den klarheten vi var vandt med. Dette kan ha mange årsaker, men det er sannsynlig at den reflekterende flate var en av dem. (derfor er det lettere å få dype kabinetter til å synge pent, en de flate. Vi har i de dype en lengre vei, og plass til mer demping av første refleksjon fra bakvegg.)

Sammendrag av de siste 30 års elendighet .

Vel, vi får også nevne positive framskritt. Thiele kom med sine analyser av høyttalerbokser i 1971, og Small fulgte på med en julegave i 1972, hvor Thiele (og Bensons) teorier ble presentert i en fattelig form, samt at vi fikk regnekraft til å nyttiggjøre oss dette. Det ga oss en reell forståelse av

hvorledes samspillet var mellom høyttalerparametre og boksparemetre. Design av bassrefleks ble avmystifisert.

Problemet er bare at vi aldri blir ferdig med nye innfallsvinkler på denne avmystifisering, og dette har forhindret oss i å komme videre når det gjelder høyttalerenheter..

Det er naturligvis lett å være etterpåklok, dog er det bedre å være dette, enn ikke å være noe i det hele tatt ! Vi trekker derfor pusten, tar ett skritt 30 år tilbake, og prøver å se hva vi burde ha gjort den gangen. Det som hendte var jo ganske primitivt, det handlet stort sett om kraft og potens, ikke noe særlig om musikk ! Vi fikk billige watt, vi laget tunge høyttalere som tålte en masse watt. Prisen for dette var dårlig virkningsgrad og en elendighet jeg har beskrevet.

Men vi hadde noen få, gode tilløp. Philips laget en undersøkelse av datidens akustiske musikk, og fant ut av at det var ganske enorme spisser i et heller beskjedent lydende programmateriale, så vidt jeg husker var det crest faktor 7, altså at spisseffekt var 7 ganger høyere enn rms-effekt. Videre at spisser sjelden hadde utstrekning utover 150 millisekunder. Dette var fortsatt i rør-perioden, og de mishandlet sine rør (EL86/EL84) ut fra den filosofi at et overbelastet skjermgitter hadde en tidskonstant 150 millisekunder før det begynte å lyse. De kalt denne kortvarige effekt de kunne ta ut for musikkeffekt. Forsterkerne hadde noen fine musikk-egenskaper, men de hadde data som virket støtende, det med den høye musikkeffekten ble ikke tålt, og iallfall ikke fra Philips. De fleste anmeldere kjørte forsterkere på musikkeffekten med sinus, og ødela utgangsrør. Og så forsvant musikkeffekten etterhvert.

Dog hadde vi ett nytt forsøk omkring 1973-74. Barney Oliver, som var lab-mann hos TEKTRONIX, laget en fin forsterker, med et lite nurk av en nettransformator i det ene hjørnet, 2 bøtter av noen elektrolytter som dagens fantaster ville blitt grønne av misunnelse over, jeg tror det var 33000 uF/100volt. Utgangstransistorene var 50 Amp typer, men uten heatsink, de var bare montert i sjassis. Spisseffekt 500W/kanal, rms-effekt noe under 10W/kanal-. Det var ikke noe råskinn, men den var deilig luftig. Men i mellomtiden var normer for HiFi-forsterkere kommet på plass, og de spesifiserte rms-effekt, jeg tror det var over noen timer, altså et varmekraftverk ! Snipp-snapp snute!

Det hjørnet vi etterhvert har kjørt oss opp i, heter elektriske watt! Vi aksepterer mange feil, for å oppnå høye tall for "watt". Den billigste måte er, som sagt. å lage tunge svingspoler, og tykke, tunge membraner. Dette medfører mye jern, og mange vindinger på svingspoler, som igjen gir elendighetene med modulasjon av magnetfelt, solenoide-effekt, termisk kompresjon, høy induktivitet som moduleres, og forårsaker intermodulasjon, og rot for delefilter.

Hvis vi nå kunne øke virkningsgrad, til noe lik det vi hadde for 30 år siden, og så modernisere og forbedre ut fra dette, ville mange ting være annerledes. La oss først se på formelen for virkningsgrad:

$$\eta = \frac{0.0546}{Re} \frac{S_D \cdot Bl}{M_{MS}}^2$$

hvor Re er spolemotstand S_D er membranareal Bl er kraftfaktor og M_{MS} er dynamisk masse.

Tallene inne i parentesen veier tungt, vi kan øke membranareal og kraftfaktor Bl , og minske dynamisk masse for å øke virkningsgrad. La oss se:

Membranareal S_D :

Dette veier tungt m.h.t. virkningsgrad, men det har noen bieffekter vi må huske på. Hver kvadratcentimeter veier noe, det blir vanskeligere å styre m.h.t. oppbrytninger, og utstrålingskarakteristikken blir smalere.

Kraftfaktor Bl :

Her har vi et par håndtak å dra i, å øke B er greit, det har ingen direkte negative bieffekter, bortsett fra at magnetfelt koster kroner. Trådlengden l , her er det masse å spille på, vi kan ha en lang tråd, d.v.s. mange vindinger forholdsvis tykk tråd, for å få 8 ohm. Da får vi en bred spole, som rager utenfor magnetfelt på begge sider, kalt overhang. Denne er tung!. Det at den rager utenfor gir bedre lineær bevegelse, og er som oftest dagens metode for å redusere forvrengning som skyldes at spole beveger seg i magnetfelt. . Prisen er de forvrengningsmekanismer beskrevet foran, med modulasjon av magnetfelt og induktivitet, solenoide-effekt og tap av virkningsgrad p.g.a. høy masse.

Vi kan også gå den annen vei, bruke tynnere tråd, og lage spole smalere enn magnetfelt. (Underhang). Denne løsning har en del karakteristika: Den koster mer i magnet for det samme Bl -produkt, da magnetfeltet skal være så mye bredere enn spolen, at denne blir i feltet under normale arbeidsforhold. Spolens oppbygning gir færre amperevindinger, og mindre forstyrrelse av magnets arbeidspunkt. Spolen ligger forholdsvis symmetrisk i forhold til jern, og den vil alltid være like mye fylt med jern. Dette nesten fjerner solenoide-effekten, induktiviteten vil være tilnærmet konstant, og vi reduserer eller fjerner mange av de mest ondartede forvrengningsmekanismer. Den lavere dynamiske masse vil gi høyere virkningsgrad, og derved lavere behov for tilført kraft for samme lydtrykk. Vebjørn Tandberg tenkte disse ting igjennom, da han konstruerte sin 165-høytaler i 1945 ! Dette er en klassiker, en av de få høytalere hvor det er tenkt intermodulasjon. Virkningsgrad, selv med beskjedne magnetstørrelse, er 2%. Man skal lete lenge for å finne så høy virkningsgrad i dagen høytalere.

Gamle hr. Schmidt hos Philips/Wien, tenkte også tilsvarende tanker, da han konstruerte 9710M7 sist på 40-tallet, men i tillegg tilføyte han et koppersylinder over magnetpol, som kortsluttet svingspoleinduktiviteten. Dette var en referansehøytaler i mange år.

Dynamisk masse M_{ms} .

Igjen, denne skal være så lav som praktisk mulig, men igjen, ting henger sammen, lager vi membran for svakt, vil det bryte opp, selv ved lave påtrykk..

En enkel måte å redusere dynamisk masse på, er å vikle svingspole med aluminiumstråd istedenfor koppertråd. Alu-tråd har en spesifikk vekt lik 2,7, og spesifikk motstand 2.82, mens kopper har spesifikk vekt 8.89 og spesifikk motstand 1.72 . Hvis vi har en viss trådlengde av samme diameter, vil alutråden veie 1/3 av koppertråden, men vil ha 1.64 ganger høyere motstand. Vi må altså øke diameter noe, for å få samme motstand. Hvis vi ser på produktet av spesifikk vekt og motstand for de to materialer, vil vi for aluminium få 7.6 og for kopper få 15.2, d.v.s. at vi i et gitt magnetfelt tjener en 2-faktor på å bruke alu-tråd, når det gjelder forholdet kraft/masse. SEAS gamle 87H 1½" dome tweeter ville ikke vært mulig med koppertråd. Men vi må huske på at membran og svingspole skal ha ca. samme masse, veier membranet 10 gram, hjelper det ikke noe å redusere spole fra 6 til 3 gram !

Membran igjen:

En mulig vei ut av membrandilemma, kan være å lage et membran som kobler av, istedenfor å bryte opp, d.v.s. at etterhvert som frekvens stiger, blir en stadig mindre del av membranet aktivt. Derved blir effektiv membrandiameter mindre ved høye frekvenser, dynamisk masse blir lavere, og utstrålingskarakteristikk blir bedre. Vi gjør det idag, med soft domer, der står faktisk midtpartiet av membranet stille ved høye frekvenser, mens der er aktivt ved de lave. I 1973 laget Josef Manger en konstruksjon med et flatt, mykt membran, som bestod av en tynn nylonvev, noe som lignet på en damestrømpe. Denne var så impregnert med et latexmateriale. Det var en bredbåndsenhet, og den eneste høyttaler jeg kjenner, som kunne gjengi utgangsspenningen fra en funksjonsgenerator uten å forvrengte kurveform. Den kunne sinus/trekant/firkant. Men membranet koblet av så hurtig, at det effektive areal ble så lite at virkningsgraden ble for dårlig. Man skulle ha et par hundre watt for å spille med stuestyrke. Dessuten var den håpløs å produsere. Men tanken bak den var god, det ligger noen løse tråder å spinne videre på.

Peerless hadde også en periode noe de kalte S-membraner, som var et papirmembran, altfor tynt, som var dopet i acryl i selve støpeprosessen. Det var mange gode tak i dette membran, og prosessen var industrialisert, muligvis noe å spinne videre på.