

Slip dine pickupper fri med en "ZERO CAP"



Fig. 1: En rørdrevet katodefølger med "guarded" kabeltilslutning.

De fleste el-guitarister er klar over, at summen af mange materialer og komponenter giver det hørbare lydindtryk, der til sidst kommer fra højttaleren.

Guitarens træ, hardware, forarbejdning, strenge, elektronik, kabler, evt. effekter, forstærkeren og til sidst højttaleren bidrager alle til det samlede lydbillede.

Hvad mange nok ikke ved er, at kablet fra guitaren til eventuelle effekter eller direkte i forstærkeren har en målbar og hørbar indflydelse, der ændrer det signal, der kommer fra guitarens pickupper. Det gælder også, selv om man bruger et dyrt kvalitetskabel. (Dette er gældende for guitar og bas uden elektronik indbygget).

Med en rørdrevet katodefølger kan denne påvirkning stort set elimineres, og pickupperne "slippes fri".

Som et yderlige plus kan man vælge at bruge et "guarded" kabel mellem guitaren og katodefølgerens indgang. Et guarded kabel er et kabel med én leder og to uafhængige skærme. Med et sådant kabel bliver pickupperne endnu mere frigjorte. En fyldigere, smukkere og bredere lyd er resultatet, og det kan både høres og måles.

Da vi startede med at arbejde med katodefølgerens fortrinlige egenskaber i forbindelse med guitarer, fik vi et hint fra John G. Petersen (Tube Tech/ Lydkraft), der har erfaringer med fintfølende, professionelt måleudstyr og studieudstyr. John foreslog os at prøve at anvende et dobbeltskærmet (guarded) kabel i stedet for et almindeligt gitarkabel for at beskytte det sarte pickupsignal imod den uønskede kapacitet, der forekommer i alle kabler. (se Fig. 4.) Det har vi gjort... med stort held!

Hvordan hænger det nu sammen?

Der er lavet rigtig mange undersøgelser og beskrivelser af de forskellige komponenter, der skaber den elektriske guitars lyd.

Oftest beskrives hvert enkelt led separat i lyd-kæden.

Det synes at være helt utilstrækkeligt kun at tillægge en komponent årsagen til en given lydforandring, da de mange led og forhold i lyd-kæden har direkte indflydelse på hinanden. Lydforandringen kan sagtens opstå over flere trin ved en ændring af blot et af dem! Det gælder f.eks.: Impedans, kapacitet, linearitet, induktans, stray-kapacitet, Millerkapacitet, load, kabel, frekvens, harmoniske svingninger, forvrængning, eddy-strøm, resonanser, o.s.v.

I vores artikel vil vi prøve at vise de endelige resultater "holistisk" - altså fra streng til højttaler og ører.

Vi har fundet, at de mest beskrivende kurver af hele kædens lydbillede kan ses i nærfeltsmålinger foretaget på den anvendte guitarforstærkers højttaler.

Både sweep og spektrumanalyse.

Vi har tilstræbt at fjerne så mange årsager, der kan begrænse eller forandre signalet fra pickupperne, som muligt. Derefter har vi foretaget målinger, som vi har holdt op mod vores subjektive vurdering af lyden for at undersøge, om der skulle være overensstemmelse mellem det målte og det hørte. Vi har ikke modificeret forstærker eller pickupper, men vi er i vores session gået uden om volumenkontrol og tonekontrol på guitaren således, at vi kun har pickuppen tilsluttet.

(Vi har anvendt en standard "Vision", Japansk strat med single coil, midterpickup)

Når guitarstrengen aktiveres (pull off), dannes der via pickuppernes magneter og spoler en elektrisk spænding med svingninger, der ligner strengenes, dog ikke helt lig med! Der kommer blandt andet noget af guitarens egenlyd med, og alle frekvenser fra strengen bliver heller ikke genereret lineært.

Optimering af signaloverførsel:

Den første overførsel er strengens lyd/svingning til pickuppens magnetpole. Er strengen tæt på magneten, vil der godt nok induceres mere spænding, men strengens sving bremses hurtigere af pickuppens magnet, så dens oversvingninger (harmoniske) bliver påvirket og "skæve". Er strengen langt fra pickuppen, falder signalstyrken, og strengen svinger friere, længere og overtonerne bliver "renere". Dynamikken falder også med afstanden. Dog ikke lineært! Strengen svinger ikke kun ind og ud fra magnet og spole, men også på tværs og cirkulært!

Magnetisme og afstand: Sådan *kan* det se ud.

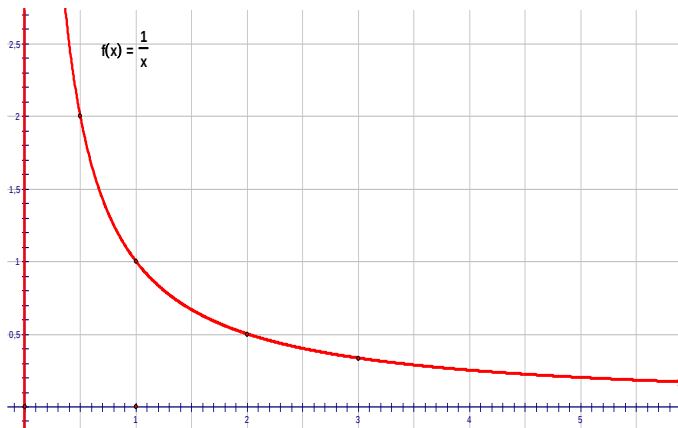


Fig. 1: Lodret er magnetisme. Vandret er afstand.

Hvor tæt, strengen skal være i forhold til pickuppen, er en smagssag.

Næste problem er, at spolen omkring magneten ikke er en ren induktans, men består også af en modstand og en kapacitet (kondensator).

Dette betyder, at pickuppen bl.a. får en egenresonans. Alt efter pickuptype har den en

egenresonans ved en bestemt frekvens. Frekvensen af denne egenresonans er yderligere afhængig af guitarkablets kapacitet. Herefter skal kablet enten tilsluttes en effektenhed eller direkte til en af forstærkerens indgange. Begge disse situationer vil **igen** have indflydelse på pickuppens linearitet og på egenresonansens størrelse og frekvens. De omtalte egenresonanser ses på kurverne som peaks.



Fig. 3: Den rørdrevne katodefølger



Fig. 4: Dobbelt-skærmet, "guarded" kabel

Standard guitarkabler er bygget op med en inderleder (signal) og en skærm isoleret fra inderlederen. Skærmen er en del af retur signalvejen, den forbinder guitarens jord/stel til forstærkerstel og virker samtidig som skærm mod udefra kommende elektrisk brum og støj. Sammen med alt det "gode" skærmen gør, så er den også med til at ændre lyden. Inderlederen og skærmens nærhed til hinanden skaber en kapacitet/ kondensator. Dennes størrelse er afhængig af afstanden mellem skærm og inderleder samt kablets længde. Et kabel på 3,5 m kan sagtens komme op på en kapacitet på 7-800 pF (pico Farad). Denne kapacitet skal lægges til pickuppens egen kapacitet og resultatet er normalt (med en højimpedanset guitar signalvej) **en signifikant beskæring af de lyse toner/ overtoner.**

Vi flytter både på egenresonansen og dens størrelse. Er kablet længere, evt. det dobbelte (7 m), sker der endnu mere...14-1600 pF!!

I **Fig. 5.** Viser et dobbeltskærmet kabel med forskellige tilslutninger.

(*"Thomas Holm- Sweep"*). Signalet sendes via en transducer, gennem pickuppen og kablet til katodefølger, måleprobe og måleudstyr).

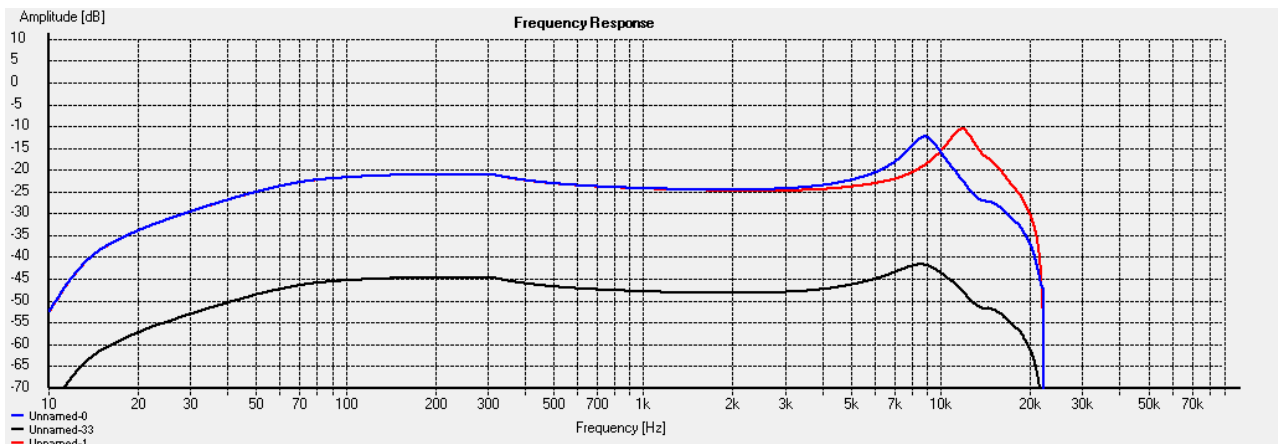


Fig. 5: Kurveblad: Rød kurve, "guarded", blå er kun katodefølger, og sort er direkte.

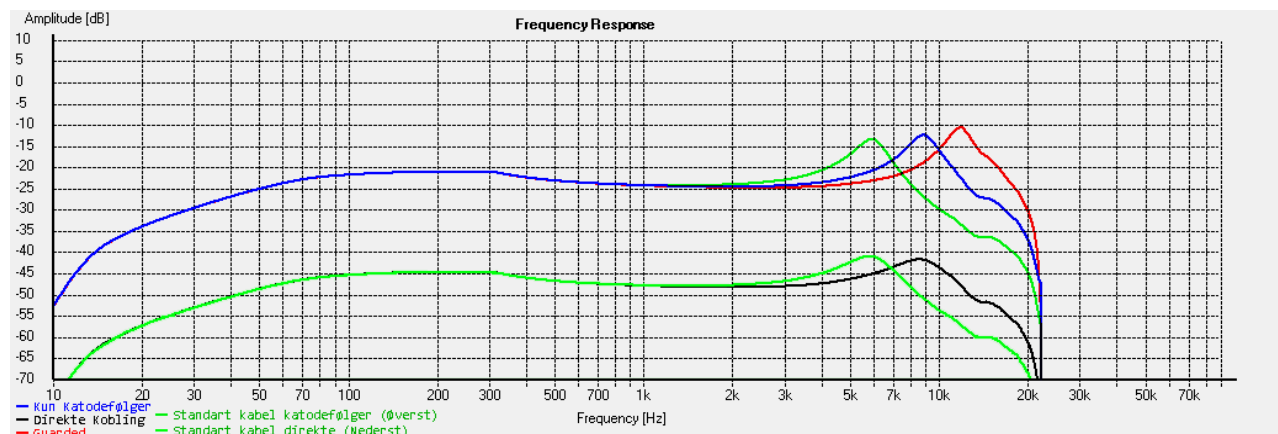


Fig. 6: Viser samtidig et standard gitarkabel til sammenligning (Grønne kurver).

Guitarens volumen-tonekontroller ikke i brug (strippet).

Det to kurveskemaer er identiske, blot er der på **fig.6.** indtegnet kurveforløbet af et **standardkabel** (3,5m og kapacitet på 700 pF). **Grønne kurver**

Det fremgår med al tydelighed, at det dobbeltskærmede "guardedede" kabel (**rød kurve**) overfører væsentlig flere høje frekvenser end katodefølgeren alene gør (**blå kurve**), og som den direkte kobling (**sort kurve**) uden katodefølger til prøveprobe med load-modstandstilpasning gør.

I **fig.6.** er der anvendt standardkabel. Den øverste (**grøn kurve**) er tilsluttet katodefølgeren (ikke "guarded" da kun én skærm) og den nederste **grønne kurve** er direkte koblet til måleproben med loadmodstandstilpasning.

Signalet bliver svagere, når det **ikke** går gennem katodefølgerens "aktive" impedanstilpasningen, men via en modstandstilpasning, der simulerer en forstærkerindgang. Placeringen af pickuppens signalpeak er primært frekvensmæssigt betinget af kabelkapaciteten! Signalstyrken er betinget af impedanstilpasning og load.

Gennem forstærkeren:

Som det næste led i kæden skal kablet tilsluttes en guitarforstærker. I vores tilfælde en Fender Deluxe 1959 5E3.!

I selve forstærkerindgangen (ved jackstikket) sidder der modstande, der belaster signalet (de foregående led i kæden), på henholdsvis ca. 140k Ohm (i lo-gain) og 1M Ohm. (i hi-gain). Her sker en begrænsning. En gammel tommelfingerregel siger, at et signal fra en signalkilde med impedansen Z mindst skal "kigge" ind i en impedans, der er $10 \times Z$ og gerne mere. En Fender Stratocaster pickup kan godt have en impedans Z på 100k Ohm ved ca. 1400 Herz, i den høje ende af E- strengen og meget højere ved overtonerne. Ifølge tommelfingerreglen skal impedansen i forstærkerens indgang så være minimum $100K \text{ ohm} \times 10 = 1M \text{ Ohm}$ og gerne mere! Den er kun 140k Ohm i lo-gain indgangen, hvilket dæmper overtonerne fra ca. 3000Hz og op efter!

Lidt bedre går det i Hi-gain indgangen, da den er lidt over 1M ohm, men det er ikke godt nok for overtonerne - de overliggende harmoniske svingninger!

Det var det næste angreb på vor "stakkels" svingning fra strengene! Som om dette ikke er nok, sker der mere endnu i forstærkerindgangen!!!

Lige efter modstandene i indgangen kommer det første forstærkerrør, og så er signalet endelig sluppet "helskindet" ind i den glødende elektronik... eller er det?

På grund af det generelle ønske om stor forstærkning (= højt gain), er det første rør i indgangen sat til at yde stor forstærkning. Typisk i 1M Ohm- indgangen, med f.eks. et ECC83/ 12AX7 er forstærkningen oppe på 60 gange (lidt mindre med 12AY7 i Fender 5E3). Selv inde i rørets glødende indre er der uønskede kapaciteter/ kondensatorer (og stray kapacitet), ret små ganske vist, MEN en af kondensatorerne, nemlig kapaciteten mellem rørets gitter og anode skal multipliceres med rørets forstærkning (Miller effekten) - altså **gange 60!!**

Igen typisk for ECC83/ 12AX7, vil kondensatoren så blive ca. 150 pF!

Kondensatoren i røret vil, sammen med de led af lydkæden, der udgøres af pickup, kabel og modstande, danne et filter (low-pass). Det får stor indflydelse på guitarens øvre toneområder.

Hvis du som læser ikke allerede er "stået af", vil du i hvert fald, som de fleste andre finde sagen meget kompleks. Og det er den også!

Derfor har vi valgt at beskæftige os med, hvor meget... og hvor lidt vi kan gøre ved nogle af faktorerne for at få en anden (bedre?) lyd.

Vi prøver at optimere lydkædens led fra pickup til forstærker, og så prøver vi at se holistisk på -og lytte til det, der kommer ud af højttaleren!

- 1) Vi startede med at gå uden om guitarens volumenkontrol og tonekontrol.
(Der er nok ikke mange guitarister, der ønsker dette, men vi gør det for at undgå en variabel med et utal af indstillinger, der vil gøre det hele endnu mere kompliceret).
- 2) Vi fjernede stort set al kapacitet i kablet fra pickup til forstærker.
- 3) Vi forøgede impedansen Z (modstanden) som guitar via kablet blev tilsluttet. Z blev forøget til 13,15M Ohm, så pickuppen ikke "opdagede", at den blev tilsluttet katodefølgeren.
- 4) Vi gjorde impedansen, der fødte guitarforstærkerens indgang, meget lav ca. 147 Ohm. Dette ændrede tilslutningsforholdet fra 1:1 ved indgang lo-gain/ 1:10 hi-gain *til henholdsvis ca. 1:900 og 1:6800.*
For at udtrykke det konservativt, så er det temmelig meget bedre end de 1:10, der er tommelfingerregelen som minimum og de 1:20 som ønske!!!
- 5) Vi reducerede Miller- og lavpasfilter-effekt til et minimum for kredsløbet.

Hvad er der så kommet ud af alt dette?

Det kan kun vurderes subjektivt, lydmæssigt!

Vores oplevelse:

Man kan bedst sammenligne situationen som følger:

"Du får meget mere lyd, især liv, fyldighed og overtoner".

Du får også mere attack og dynamik blandt andet på grund af bedre linearitet i det udvide frekvensområde.

Omskrevet lidt lyrisk, så skifter du fra et hobby-værktøjssæt, eller - kunstmalerpalet, til et fuldt professionelt værktøj. Spørgsmålet er så, hvad du vil med alle de nye muligheder?

Om du overhovedet kan lide dem?

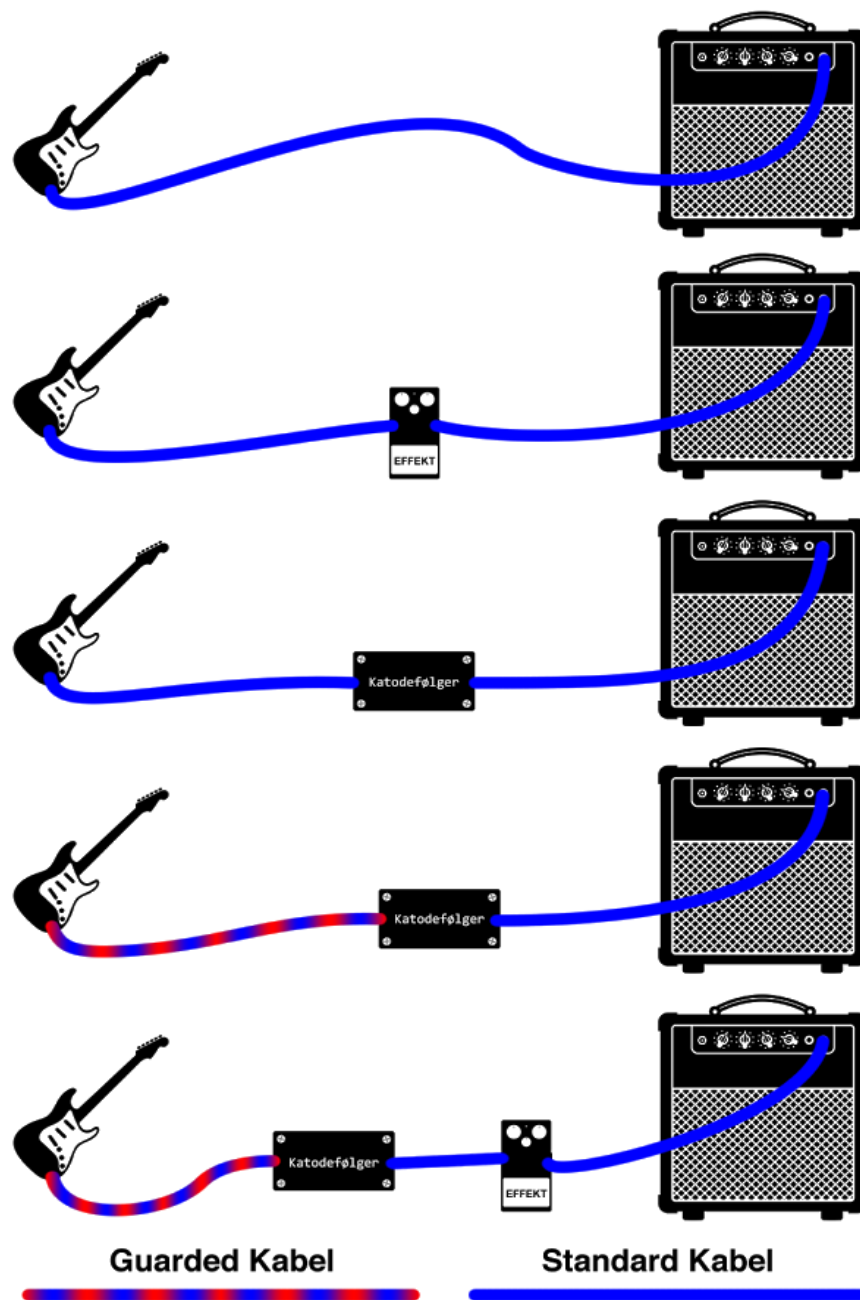


Fig. 7: 5 af de i testen beskrevne kabelsituationer.

Guitarist: Svend Jørgensen:

"Den subjektive oplevelse af den rørdrevne katodefølger parret med det guardedede kabel er, at man ganske enkelt får en fyldigere, varmere og bredere lyd. Det er på toppen af lydbilledet, forskellen er mest markant, hvilket kan både høres og måles. Første gang man slår en akkord an med dette set-up, kan man høre forskellen.

Man behøver ikke længere at bruge en buffer - selv ved brug af ret lange kabler, da katodefølgeren virker som en rørdrevet buffer."

Teknik: Jørgen Gylling

Som nævnt er internettet fyldt med gode undersøgelser af alle enkeltdele, kabler, pickupper, forstærkere m.v.

Vi har derfor valgt at vise og kommentere det endelige resultat, når hele lydkæden er med.

Det skal lige understreges, at resultaterne, som vi viser, **vil** se anderledes ud med andre pickupper og forstærkere!

På **fig. 5.** side 5., viser vi signalets frekvensforløb fra pickup til forstærkerens guitarindgang.

Kablet er et høj kvalitet dobbeltskærmet kabel, henholdsvis med en "guarded" tilslutning og en standard katodefølger tilslutning. Desuden en direkte modstandstilpasset tilslutning til analogdigitalkonverter (måleudstyret). Indgangsimpedans 27K Ohm i serie med 180K. (Giver et væsentligt lavere signalniveau).

Først kommentarer til et **guarded** kabel:

Det er en måde at anvende et dobbelt-skærmet kabel (**Fig. 4.**) på, og skærmene **skal** være helt isolerede fra hinanden og fra inderlederen. I guitarenden tilsluttes kablet med et almindelig godt jackstik (mono) med inderlederen til spidsen, og **yderskærmen** tilsluttes steldelen af stikket som normalt!!

I katodefølgerindgangen forbindes kablet til et jack-**stereostik** med inderlederen til spidsen og inder-skærmen tilsluttes **stereo-ringen**, og endelig skal yderskærmen tilsluttes steldelen af stikket. Ingen af disse tre ledere må røre hinanden eller være i elektrisk kontakt med hinanden. Stereostikket sættes i katodefølger-indgangen. I katodefølgerindgangen tilsluttes midterskærmen til katodefølgerens **udgangssignal**.

(Se diagrammet side s.10 den stiplede orange forbindelse)

Dette signal er kun ca. 97% af indgangssignalet, men ellers helt ens i fase, og signalet er så lavimpedanset (kun 147 Ohm), at kondensatoreffekten mellem inder-skærm og yderskærm ikke påvirker lyden målbart, om så kablet var 10 meter langt! Man skal faktisk op på end **½kilometer** kabel (med kapacitet på 100pF/ pr. meter = et godt standardkabel) før der sker et fald på -3dB i signalstyrken ved omkring 20kHz!

Der "forsvandt" kabelkapaciteten!!! Hvad så med " Miller effekten"???

I **fig. 9.** har vi med en målegenerator via en transducer sendt et sweep-signal gennem **pickuppen** i frekvensområdet 20Hz til 20kHz. Det skulle være mere end rigeligt til at dække alle overtoner og mere til, da guitarstrengenes grundtoner strækker sig fra den lave løse E streng (82,40 Hz) til den høje løse E streng (329,6Hz). Disse målinger er lavet som nærfeltsmåling på guitarhøjttaleren. De viser resultaterne af de påvirkninger af signalet, vi ønsker at illustrere. Kurveskemaet viser signalets forløb fra **guitar til højttaler**, og det er dette, man lytter til, når der spilles.

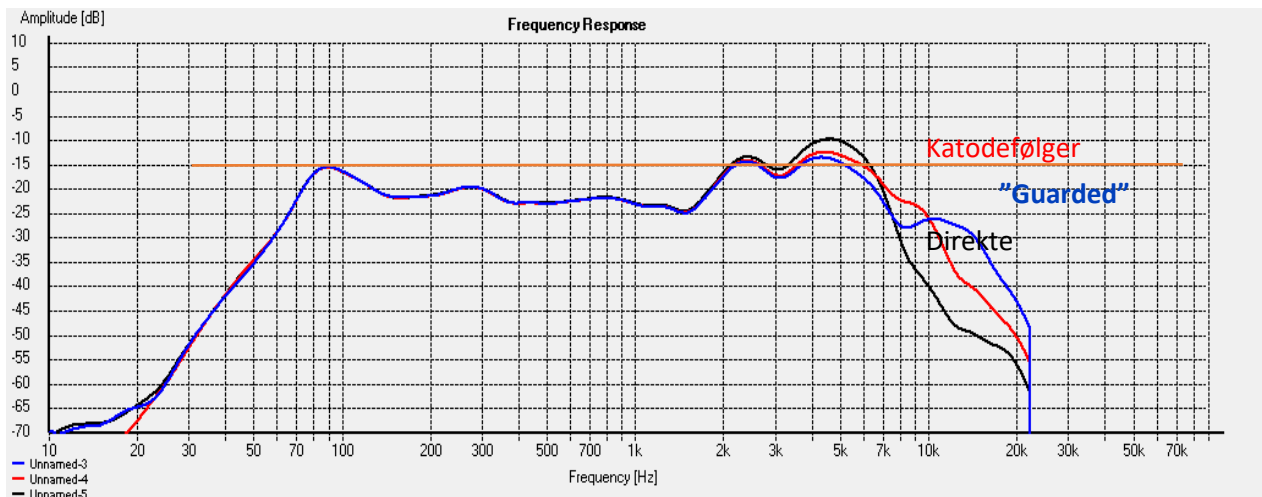


Fig 9.: Blå kurve er "guarded" kabeltilslutning. Rød kurve er katodefølger alene. Sort er standardtilslutning direkte til forstærkerindgang. Samme kabel i de tre tilslutninger.

Vi har highlighted kurveforløbet af det "guarded" signal med en **blå** markering. Her ses igen en kraftig udvidelse af frekvensforløbet og et noget mere lineært kurveforløb, og dette kan måske yderligere bearbejdes med forstærkerens tonekontroller.

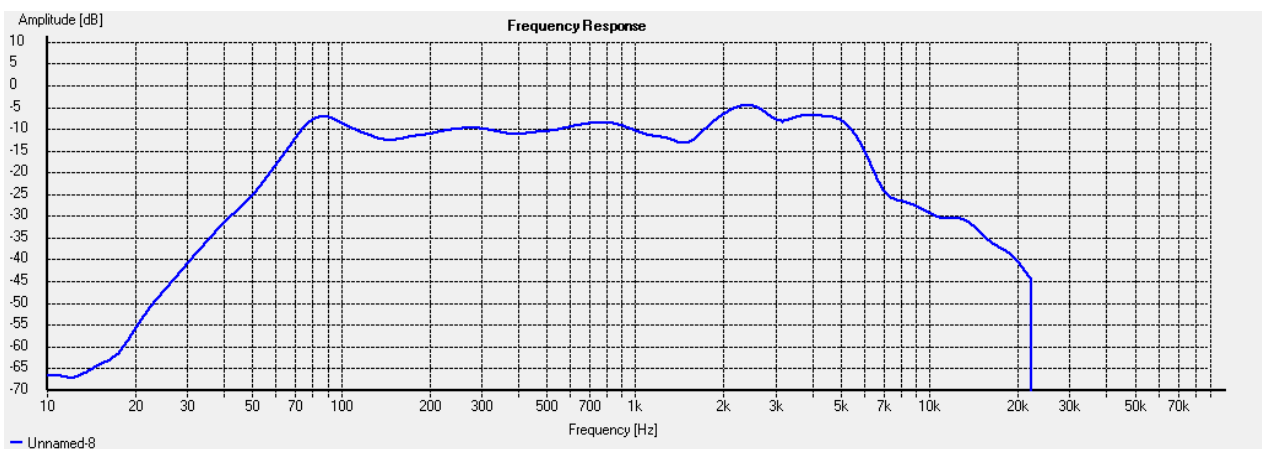


Fig. 10: Denne kurve viser **kun** forstærkerens frekvensgang med et direkte sweep 20Hz- 20kHz

I **fig. 9.** går sweepsignalet gennem en transducer til pickuppen. **Blå kurve** ("guarded") viser forskellen mellem niveauet ved 80Hz og niveauet ved 15kHz på ca. -13dB.

I **fig. 10.** viser **blå kurve** sweepsignalet direkte fra målegenerator til forstærkeren. Dette viser **forstærkerens** "sande" frekvensgang. Forskellen mellem niveauet ved 80Hz og niveauet ved 15 kHz ca. - 25 dB. Det svarer til en forskel på de to målinger på ca. 10-16 gange med **forstærker alene**, i forhold til **guitar, "guarded" kabel, katodefølger og forstærker i frekvensområdet 7kHz-15kHz.**

De følgende tre kurveblade **fig. 11, 12 og 13** viser spektrumanalyser af den høje, løse "E"-streng med ens pull off! Nærfeltsmålinger med målemikrofon.

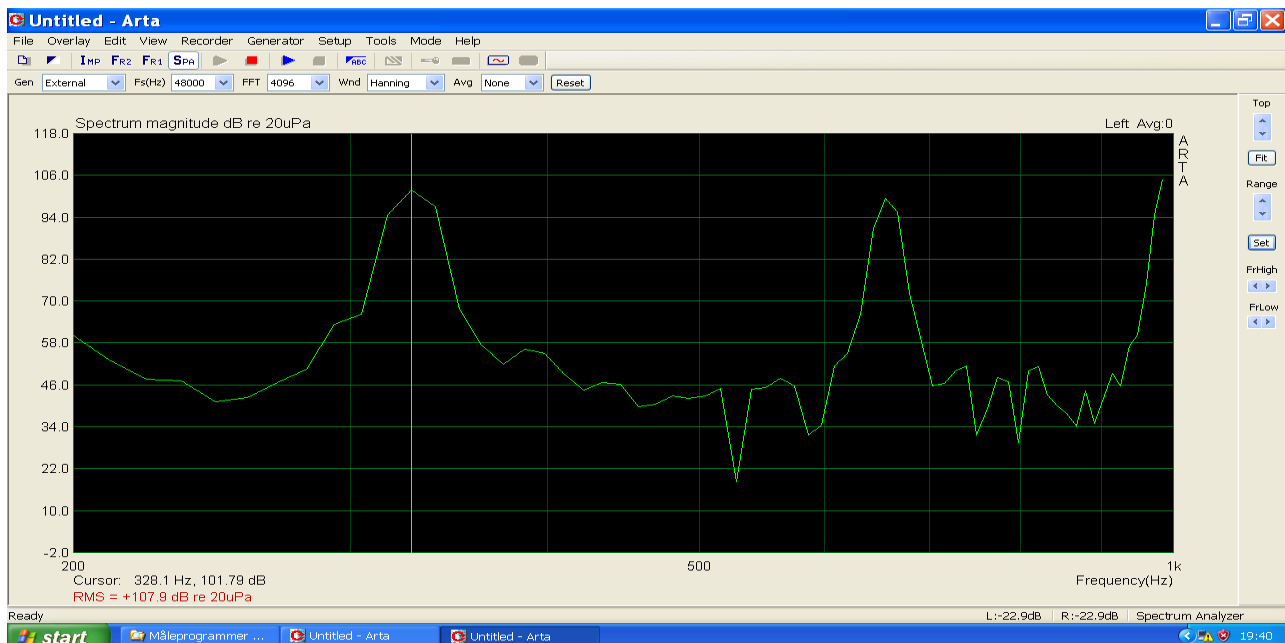


Fig. 11: Akustisk måling. Løs, høje E streng, lyden går direkte fra streng til målemikrofon.
(Grundtone og 2.harmoniske)

I **fig. 12.** går strengens signal via pickup (midt) og gennem et standardkabel (3,5m og 700pF kapacitet) til guitarforstærkerens low-gain normal indgang. Volumen og tonekontroller på forstærkeren er stillet, som Svend normalt anvender dem.

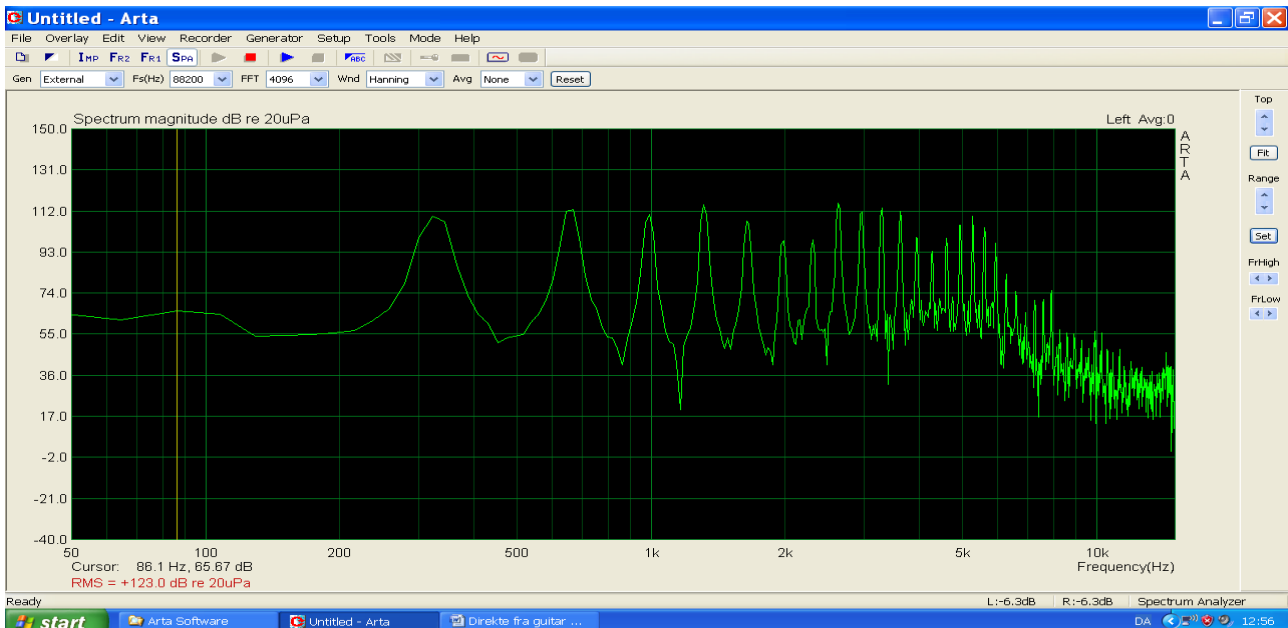


Fig. 12: Elektrisk måling, løse høje E, fra guitar til amp. med standardkabel og uden katodefølger (ca. 80Hz -15kHz).

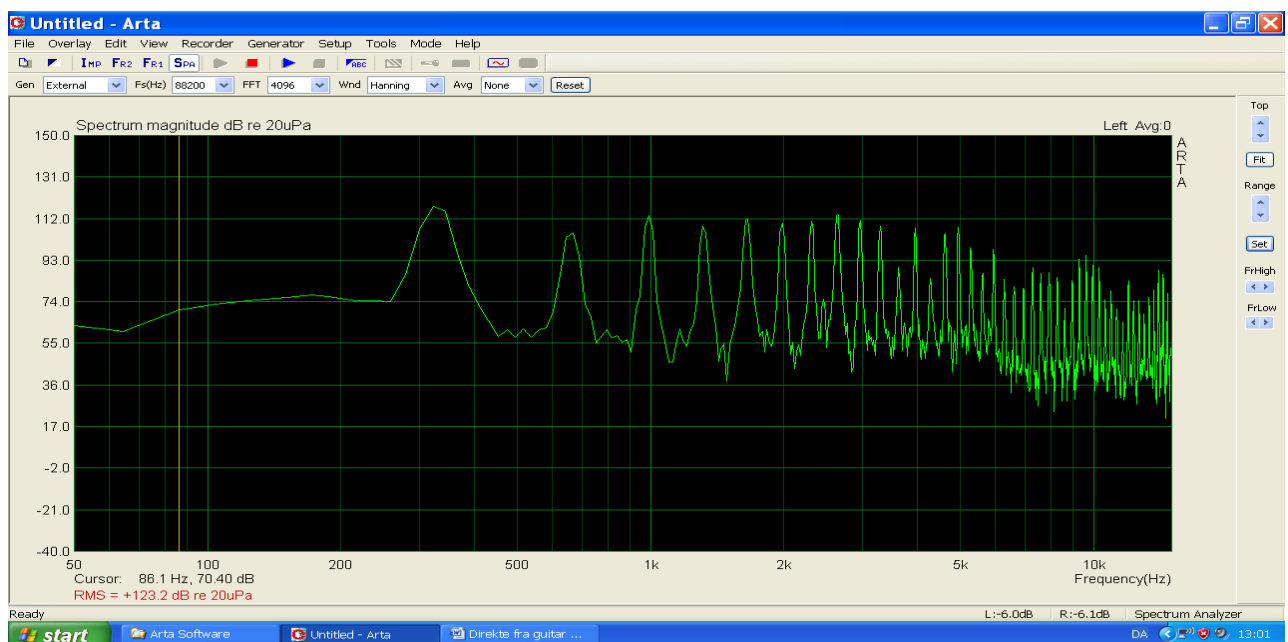


Fig. 13: Elektrisk måling, løst høje E, men med katodefølger og "guarded" kabelføring (ca. 80Hz-15kHz).

Målingen i **fig. 13** er foretaget med "guarded" kabeltilslutning til katodefølgeren, der er tilsluttet forstærkerens lo-gain indgang. (Samme indstilling af tonekontrollen).

Kurverne taler tydeligt "for sig selv"... bedre linearitet og flere overtoner, men hvordan lyder det egentlig??

En smagssag! (Som alt andet i denne verden)

Spørgsmål og svar:

1) Kan det dobbeltskærmede kabel bruges som almindeligt guitarkabel?

Ja, sætter man det i en almindelig guitarforstærkerindgang, fungerer det som et standard kvalitetskabel.

2) Kan man sætte standard guitarkabel til en katodefølger og opnå forbedring?

Ja, det kan man. Det vil ikke virke i "guarded" mode, men som almindelig katodefølger-mode.

3) Er det kun dobbelt skærmet kabel, der kan anvendes til "guarded" mode?

Ja, et enkeltskærmet kabel vil kortslutte katodefølgerudgangen. Den bliver blot tavs, men der sker ingen skader!

4) Kan en katodefølger lave støj?

Ja, det er en meget følsom indgang! Den skal tilsluttes en guitar eller effekt, ellers samler den let støj op og hvis røret er slidt eller beskadiget, kan det blive mikrofonisk, som alle rør kan det.

5) Kan man købe katodefølger, (buffer) med "guarded" kabel-mode?

Nej det tror vi ikke, men vi sender gerne et diagram. Man skal være erfaren hjemmebygger af rørkonstruktioner. Find en sådan, hvis man ikke selv er det!

6) Kan man købe færdige kabler?

Både ja og nej. Selve kablet kan købes hos komponent/-kabelvirksomheder, og kablet kan monteres med jackstik af en tekniker. Kan man bruge en loddekolbe, kan man også selv, selvom det er lidt drilsk med en leder og to isolerede skærme.

7) Kan jeg være sikker på, at det beskrevne system nu også lyder godt?

Nej, som før nævnt er det en smagssag, om man synes om det udvidede lydregister eller ej.

Den eneste måde, man kan få det afklaret på, er at prøve med en katodefølger med "guarded"- kabeltilslutning på sit eget grej!

Men husk, at det kan være nemmere at opnå den ønskede lyd med et pickupsignal, der ikke er begrænset, end det vil være at forsøge sig med et, der allerede er "amputeret".



Artikel af Jørgen Gylling Nielsen og Svend Jørgensen.

Teknisk korrektur af John G. Petersen