

Elektrolyt-kondensatorer – myter og forklaring

Af: Henrik Skinbjerg - 6/9-2015

Nerds.dk's egen tekniker har lavet en praktisk gennemgang af elektrolytkondensatoren

Lytter – el-lytter - øldåser – kondensatorer... kært barn har mange navne, men elektrolyt-kondensatorer i forstærkeres strømforsyning er et omdiskuteret emne. Ofte er diskussionen i danske internet-fora og på sociale medier mere baseret på myter og rygter end på egentlige facts, og det er der faktisk slet ikke nogen grund til for der er masser af teoretisk materiale at dykke ned i.



Jeg vil her prøve at give en praktisk beskrivelse i menigmands sprog, men hvis du er interesseret i en lidt dybere gennemgang i selve kondensatorens virkemåde, så er der lige her et par links til dig:

http://youtu.be/VrXIsEZ_BgQ

http://da.wikipedia.org/wiki/Elektrisk_kondensator

Datablad for KEMET (RIFA) PEH169 105C:

http://www.kemet.com/Lists/ProductCatalog/Attachments/376/KEM_A4038_PEH169_105C.pdf

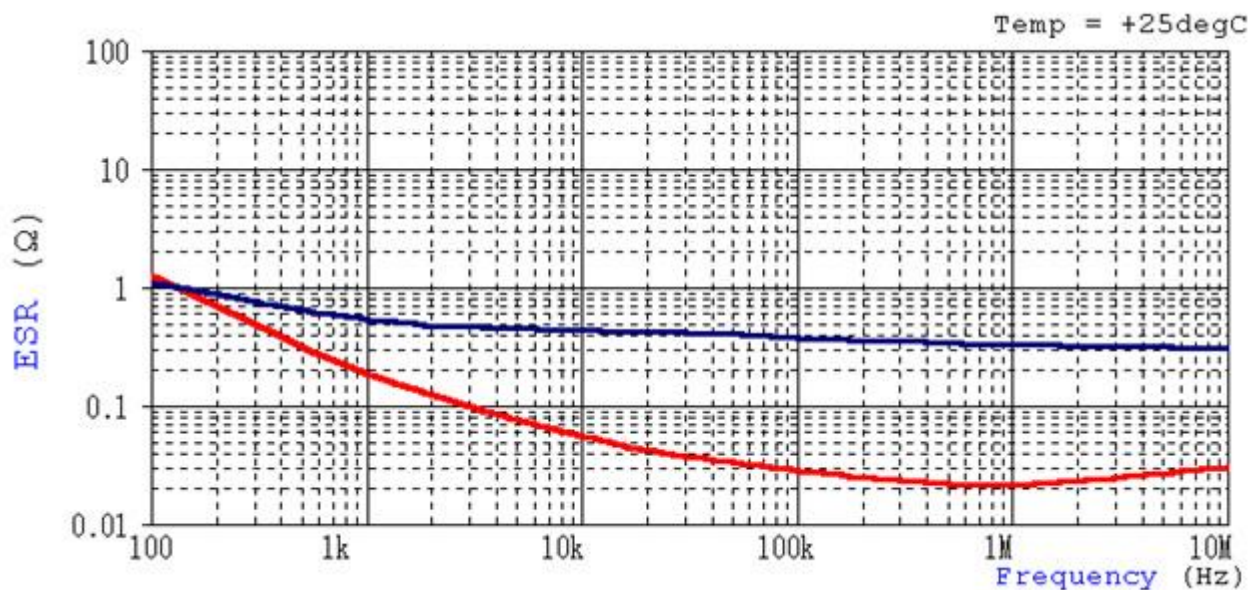
NB: selvom der ofte er andre elektrolyt-kondensatorer i en forstærker handler denne artikel kun om

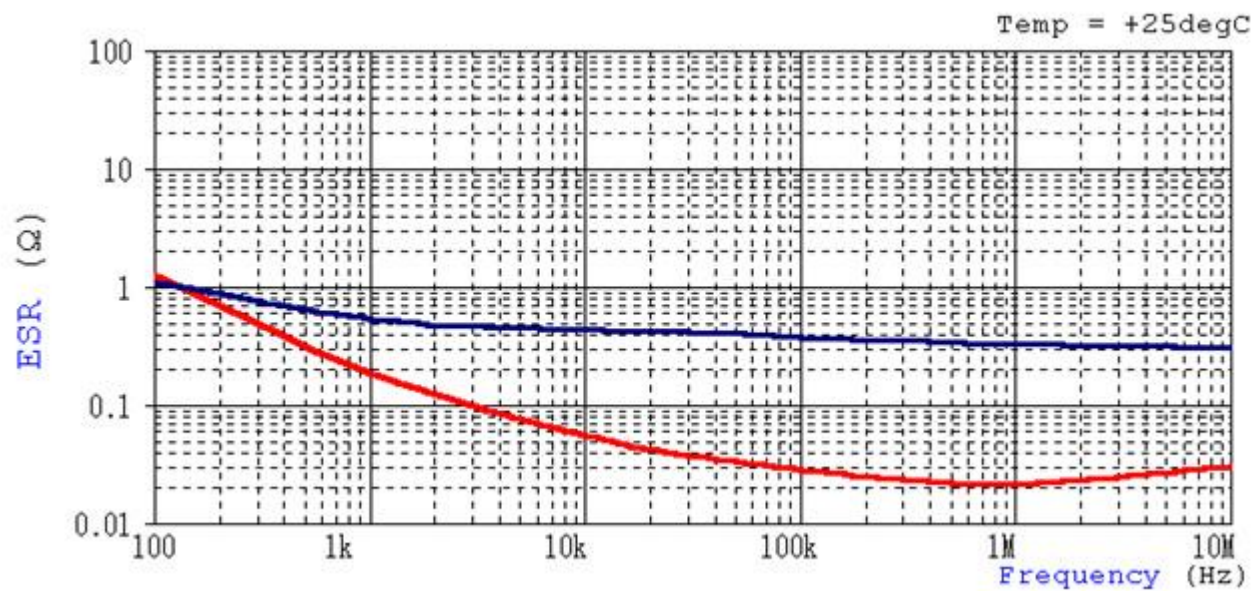
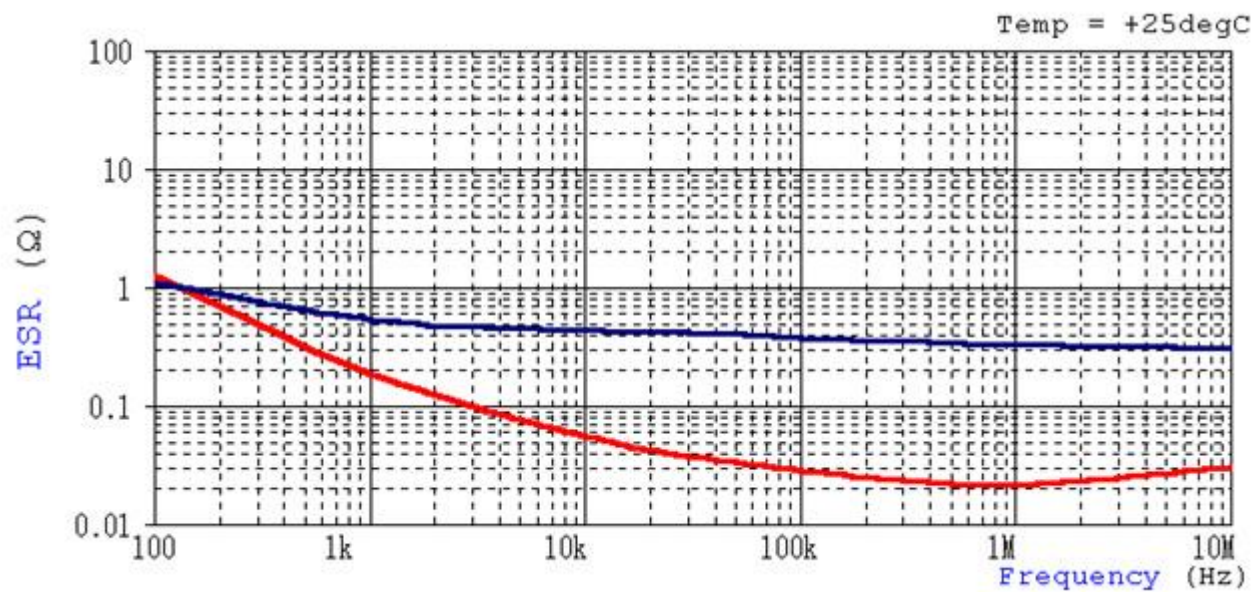
de primære udglatnings-lytter i strømforsyningen, og kun om den traditionelle lineære slags (ikke switchmode).

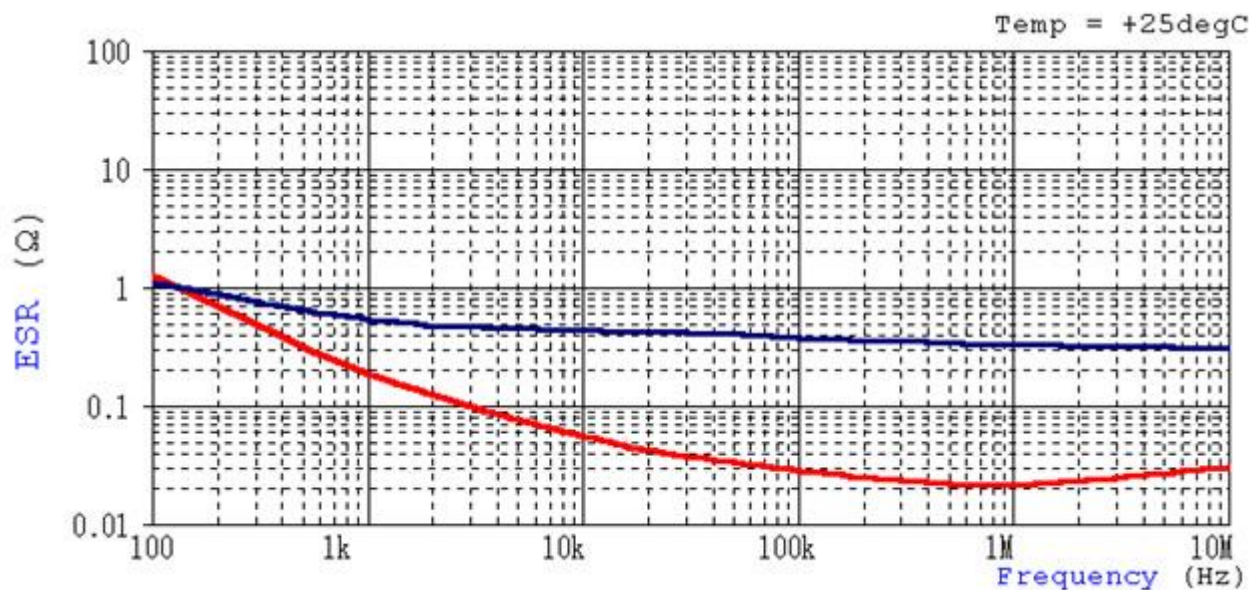
Kapacitet og seriemodstand

Kapacitiv værdi måles i Farad (efter Michael Faraday) – og angives normalt i MicroFarad (eller uF) som er 0,000001 Farad. Da kondensatorerne skal opbevare energi som forstærkeren kan sende videre til højttalerne, så er en høj værdi (som kan opbevare mere energi end en lav værdi) selvfølgelig bedre til at trække tunge højttalere, og til generelt at sikre det 'headroom' der gør at lyden ikke påvirkes i negativ retning.

Men det er ikke kun selve den capacitive værdi der er vigtig, men også den interne serie-modstand (ESR). ESR opstår som følge af modstanden i materialerne og spolevirkningen af at kondensatoren er rullet sammen, og ESR varierer lidt med frekvensen. Det giver selvfølgelig god mening at når den lagrede strøm skal ud af kondensatorerne igen og sendes til højttalerens svingspoler, at dette så kan ske med så lav modstand som muligt. Og kondensatorens serie-modstand er rent faktisk en del af signalvejen. På kurven herunder ses ESR for to forskellige typer elektrolyt-kondensatorer:







<http://www.low-esr.com/esrfreqperfcures.asp>

Man skal selvfølgelig have en så lav ESR som muligt for at sikre god strømavgivelse, og selvom vi her kommer ned i værdier på 0,02 ohm så har det selvfølgelig stadig en betydning når vi snakker om højttaler impedanser på 8-4 ohm eller lavere.

For at opnå en lavere impedans ses det ofte at man kobler flere mindre kondensatorer parallelt i stedet for at bruge en enkelt stor – f.eks. 3 x 10.000 uF i stedet for en enkelt på 30.000 uF – og på den måde får man en teoretisk set en lavere samlet ESR.





Densen B310 med 3 x 10.000 μ F til både + og - forsyningen (altså 6 x 10.000 μ F i alt) for at få lavere ESR.

Det Schweiziske high-end firma FM ACOUSTICS siger at de faktisk mindst går lige så meget op i ESR som den capacitive værdi, og de benytter derfor kobber-skiner som 'kabel' og monterer dem med korrugerede spændeskiver der graver sig ned kobberet for at sikre den største kontaktoverflade, og dermed lavest mulige serie-modstand.



En tekniker hos FM ACOUSTICS monterer elektrolyt-kondensatorer.
<http://www.fmacoustics.com/company/production/4-power-supply-assembly/>

Store lytter er lig med god lyd ... eller hvad?

Det sker ind i mellem på hi-fi messer og i hi-fi butikker at man oplever hi-fi nørder der kaster et hurtigt blik ned i en given forstærker, og fnyser over de 'alt for små' kondensatorer uden overhovedet at vide noget om hvordan elektronikken virker.

Faktisk er store lytter i strømforsyningen slet ikke en garanti for hverken god lyd eller stram bas! Forstærker-kredsløbets topologi (sammensætning), feedback kredsløbet, gain i indgangstransistorer og den samlede dæmpningsfaktor betyder langt mere for den samlede lyd kvalitet og baskontrol end store kondensatorer i strømforsyningen.

Det er selvfølgelig klart at hvis kondensatorerne er decideret underdimensionerede, så forstærkerkredsløbet ikke har adgang til en tilfredsstillende mængde strøm ved en given udgangsspænding, så bliver lyd gengivelsen hæmmet. Men det er altså kun et problem ved decideret mismatch af alt for svage forstærkere og alt for tungtdrevne højttalere.

Samtidig findes der bestemt også eksempler på forstærkere med kæmpe trafo og overdimensionerede elektrolytter som alligevel har upræcis og ulden bas.

Så altså - giv forstærkeren en chance selvom den ikke har overdimensionerede lytter, den kan sagtens lyde helt fantastisk og have dyb, stram og magtfuld bas alligevel.

Men hvor mange uF er egentlig nok i praksis?

Det er god latin i alt andet elektronik end audio er at man dimensionerer med 1.000 uF per 1 Ampere, for at sikre mindst mulig ripple-strøm og dermed mindre brum, samt rigeligt med energi overskud.

Men selvfølgelig er mere lig med bedre, og meget mere er lig med meget bedre. Med endnu større lytter kan man sikre at forstærkerkredsløbet har adgang til et endnu større strøm-reservoir, altså et kæmpe lager af elektroner der kan 'pumpes' ud i højttalerne.☐

I en normal forstærker på 2 x 100 Watt vil ca 6.800 uF i hver forsyningshalvdel (+ og - Volt) som regel være et fint niveau, og det ses da også ofte i mid-fi segmentet.

Men i de lidt bedre forstærkere omkring de 100 Watt pr. kanal ser man typisk 2 x 10.000 uF eller mere.

Hvis man nu skal undersøge hvor stor forbedring det giver at øge kapaciteten, så kan man eksperimentere ved at sætte flere og/eller større lytter i forstærkeren. (Hvis man gør det selv så husk også at skifte sikringer og eventuelt diodebro, samt lige passe på at man ikke overskrider trafo'ens og ledningsnettets strømkapacitet.)

Mine erfaringer er at i en integreret mid-fi forstærker på ca 2 x 100 Watt med 2 x 10.000 uF der gav det et tydeligt løft i kontrol og dynamik med en fordobling af kapaciteten til 2 x 20.000 uF.

Men den næste fordobling op til 2 x 40.000 uF gav næsten ingen forskel.

Selvfølgelig afhænger det af de benyttede højttalere (her var det 2-vejs basreflex) og selve forstærkerkredsløbet, og andre personer i andre situationer vil måske synes at den ekstra fordobling bestemt er tydelig - og rent teknisk er det da også endnu bedre.

Men eksemplet giver både en realistisk forventningsafstemning samt visheden om at der altså er en øvre grænse for hvor mange uF man reelt har behov for.

Komponent tolerancer

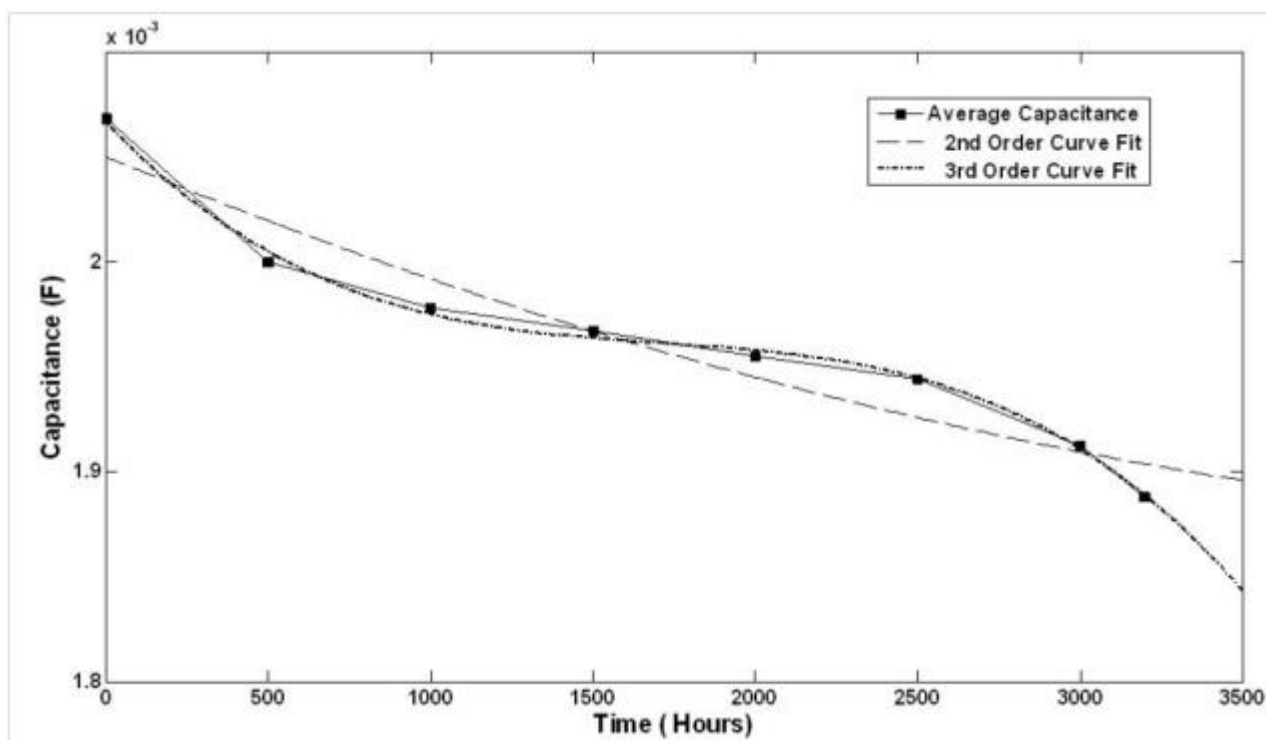
Tolerancen for værdien er for elektrolyt-kondensatorer ret stor, og selv de bedste af slagsen tillader afvigelser på +/-20 % af den påtrykte værdi. (På modstande og film-kondensatorer er tolerancen typisk 5 % eller 1 %.) Men da den eksakte værdi af de mange tusinde uF sjældent er kritisk for forstærkerens stabilitet eller ydelse, så er det i praksis ikke noget problem.



-10 + 50 % tolerance?! Det er helt normalt – "Live with it!"

Ældning ...og tilspilning

Det er sikkert og vist at elektrolyt-kondensatorer ældes, og med tiden vil den kapacitive værdi falde og seriemodstanden vil stige. Det sker ved at den væske der ligger i isolationsmaterialet stille og roligt forsvinder ved kemisk omdannelse når der er spænding på elektrolyt-kondensatorerne og arbejdstemperaturen i dem stiger. Dette er faktisk den reelle årsag til at forstærkere skal "spilles til"; De øvrige komponenter i en forstærker ændrer ikke egenskaber og er derfor ikke en del af tilspilnings-processen, men over de første ca 300-500 timer i brug falder elektrolyt-kondensatorernes kapacitive værdi adskillige procent. Mens dette sker så kan lyden i forstærkeren ændre sig en anelse, afhængig af hvor følsomt selve forstærkerkredsløbet er for dette. Efter de ca. 300-500 timer og de næste mange tusinde timers brug falder værdien ikke så meget og elektrolyt-kondensatorerne kan regnes for at være stabile.



NASA test for ældning af elektrolyt-kondensatorer. I denne test er de udsat for en pæn belastning (switchmode med 1% ripple-spænding), hvor en audio-forstærker med lineær forsyning er noget mere skånsomt og et lidt blødere forløb kan forventes.

https://www.phmsociety.org/sites/phmsociety.org/files/phm_submission/2010/phmc_10_030.pdf

På det seneste er ældning af elektrolyt-kondensatorer blevet beskrevet på diverse fora som årsag for næsten enhver fejl i forstærkere (uanset symptomer), og mirakelkuren mod alt er blot at skifte dem. Dette er heldigvis meget sjældent sandt, og hvis elektrolytterne virkelig har givet helt op så vil forstærkeren være decideret ubrugelig, da kondensatoren enten vil kortslutte og springe sikringen eller være kollapsede til næsten ingen værdi så der kommer 100 Hz net-brum med meget høj lydstyrke på udgangen.

Måske er den fejlagtige forklaring også blevet hjulpet på vej af de berygtede switchmode strømforsyninger i LCD-tv, hvor en beskeden ældning af absolut spids-kalkulerede elektrolytter direkte er årsagen til at apparatet holder op med at virke - gerne præcis 2 år og en dag efter købsdatoen.

Tilsyneladende er der også eksempler på high-end grej som efter sigende slider kondensatorer op

pænt hurtigt. Her tænkes på studie-grej og navngivne high-end forstærkere med 5 cifrede prislapper i den høje ende som simpelthen har fået ry for at skulle have skiftet lytter ca. lige så ofte som tandremmen på ejerens Ferrari F348. Men det må enten skyldes et overfortolket petitesse-ønske om at ens forstærker skal top-performe, eller også er der tale om forkert brug med for høje temperaturer til følge. Studiegrej står ofte tændt 24-7 pakket inde i et 19" rack, så det kan jo godt passe.

Levetid og langtidsholdbarhed afhænger af arbejdstemperatur og ripplestrøm (som afhænger af belastningen), men f.eks. lover den kendte RIFA PEH169 serie op til 18.000 timer ved +105 °C, og ved lavere temperaturer er det selvfølgelig en meget længere levetid der er tale om. Faktisk er 20 år eller længere ikke noget problem. Jeg har f.eks. haft en 33 år gammel Accuphase mellem hænderne hvor elektrolytterne stadig var indenfor deres angivne tolerance da jeg målte på dem, og en 36 år gammel Audio Research transistor effektforstærker der også stadig havde masser af "juice" tilbage i elektrolytterne.

Rygterne om elektrolyt-kondensatorers tidlige død er altså stærkt overdrevne.

Så nu ved vi at...

Når det gælder elektrolyt-kondensatorer i strømforsyningen til forstærkere, så regn roligt med at:

- gode data er som altid vigtigt (både kapacitet og seriemodstand)
- store lytter ikke er en garanti for dyb, stram eller magtfuld bas
- der er en øvre grænse for hvor meget overdimensionering er nødvendig
- effekten af ældning behøver man ikke ligefrem ligge søvnløs over

Elektrolyt-kondensatorer er heller ikke helt så slemme eller utilregnelige som man nogle gange kan få indtrykket af når man læser på internet-fora. Så hvis din forstærker enten går i stykker eller hvis du bare ikke synes at den leverer stram nok bas, så behøver du ikke mistænke elektrolytterne i strømforsyningen som det første, for der kan sagtens være mange andre grunde til begge dele.