

Kondensatoren zijn er in vele soorten en uitvoeringen. Slechts weinig audio-liefhebbers beseffen hoe groot de invloed van de condensatoren in de hele audio-keten op de geluidskwaliteit kan zijn, van koppel-kondensator tot filter-elko. Daarom leek het ons eens tijd te worden om er een uitgebreid artikel aan te wijden, waarin de belangrijkste condensator-zaken aan de orde komen. Bovendien werd een groot aantal condensatortypen in het Elektuur-lab uitgebreid getest.

Kondensatoren

een kwaliteitsonderzoek

Bipolaire elko, MKT, MKP, Styroflex, gladde folie, ruwe folie... Hebt u zich ook wel eens afgevraagd wat dat nu allemaal om het lijf heeft bij condensatoren? De meesten van ons weten intussen waarschijnlijk wel dat er kwaliteitsverschillen zijn tussen diverse condensatortypen. Maar waaruit bestaan die verschillen, zijn ze meetbaar en wat is nu de beste condensator voor welke toepassing? In een uitgebreid onderzoek

hebben we gepoogd een antwoord op al deze vragen te vinden. Daarbij zijn de meest gangbare condensatortypen van de bekendste fabrikanten bekeken, in totaal meer dan 25 stuks. Maar het gaat er in dit artikel niet alleen om een absoluut kwaliteitsoordeel te geven. We willen u ook laten zien welke factoren allemaal een rol spelen bij een condensator en welk type speciaal in een luidsprekerfilter de beste resulta-

ten geeft. Een apart artikel in deze Luidspreker-Special is verder geheel gewijd aan de wijze waarop condensatoren het beste kunnen worden ingezet in scheidingsfilters.

Opbouw en werking van de condensator

We zullen niet te diep ingaan op de principiële werking van de condensator, maar enkele basiszaken moeten toch wel besproken worden.

Een condensator bestaat in principe uit twee elektrisch geleidende platen met daartussen een isolator, genaamd het diëlektricum. De grootte van deze capaciteit is:

$$C = \epsilon_r \times A / d \times 8,85 \times 10^{-12} \text{ [F]}$$

ϵ_r = relatieve diëlektrische konstante van de isolator

A = oppervlakte van elke plaat (in m²)

d = afstand tussen platen (in m)

U ziet al aan deze formule dat de capaciteit vergroot kan worden door de afstand tussen de platen te verkleinen, door de platen groter te maken of een materiaal voor het diëlektricum te kiezen dat een grotere diëlektrische konstante heeft. In tabel 1 zijn de diëlektrische konstantes van verschillende materialen gegeven. De plaat-af-



stand en het toegepaste diëlektricum bepalen de doorslagspanning van de condensator. De afmetingen van een condensator worden dus niet alleen bepaald door de capaciteit, maar zijn ook afhankelijk van de werkspanning en het gebruikte diëlektricum (en bovendien de konstruktie).

Een ideale condensator zou zich precies volgens de in de elektronica-boeken gegeven formules moeten gedragen, zijn reaktantie zou dus moeten zijn:

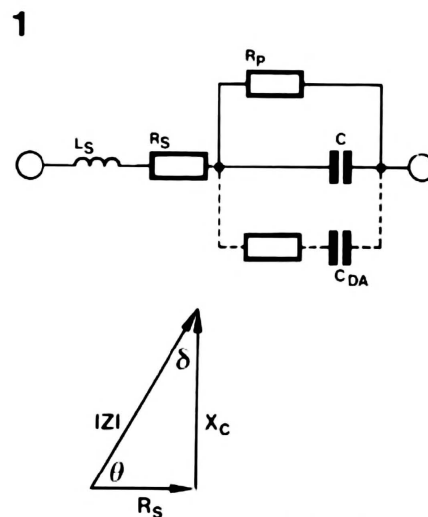
$$X = 1 / 2\pi fC$$

Helaas is de werkelijkheid iets complexer. In figuur 1 is een vervangingsschema getekend voor een real-live-kondensator. In praktisch alle literatuur over condensatoren wordt dit schema gehanteerd. Alleen de gestippelde componenten zijn minder bekend, maar toch spelen die bij de klankkwaliteit een belangrijke rol (er zijn overigens nog veel complexere vervangingsschema's voor condensatoren, waarbij o.a. rekening wordt gehouden met een hysteresisverschijnsel in het diëlektricum, maar hier is zo weinig wetenschappelijk onderzoek aan verricht dat we ons daar verder niet mee bezig houden). De eigenlijke condensator is hier C. Parallel daaraan staat een weerstand R_p ; dat is de isolatieweerstand van het diëlektricum. Gewoonlijk heeft R_p een waarde van vele tientallen mega-ohms of nog meer, zodat we die voor onze toepassingen rustig kunnen verwaarlozen. In serie hiermee staat een weerstand R_s , die de minimale overgangsweerstand aansluitdraad-plaat-diëlektricum-plaat-aansluitdraad vertegenwoordigt. De minimale impedantie van de condensator kan nooit lager worden dan deze R_s . Vooral bij laagohmige schakelingen waar wat grotere stromen lopen (zoals bij luidspreker-filters), speelt deze weerstand een belangrijke rol. Als laatste van het "normale" vervangingsschema hebben we nog een serie-inductie L_s , waarvan de waarde bepaald wordt door de konstruktie van de condensator (vaak opgerolde platen), de aansluitdraden en de wijze waarop deze draden met de platen verbonden zijn (op één punt of over een groot gedeelte van de platen).

De gestippelde componenten (C_{DA}

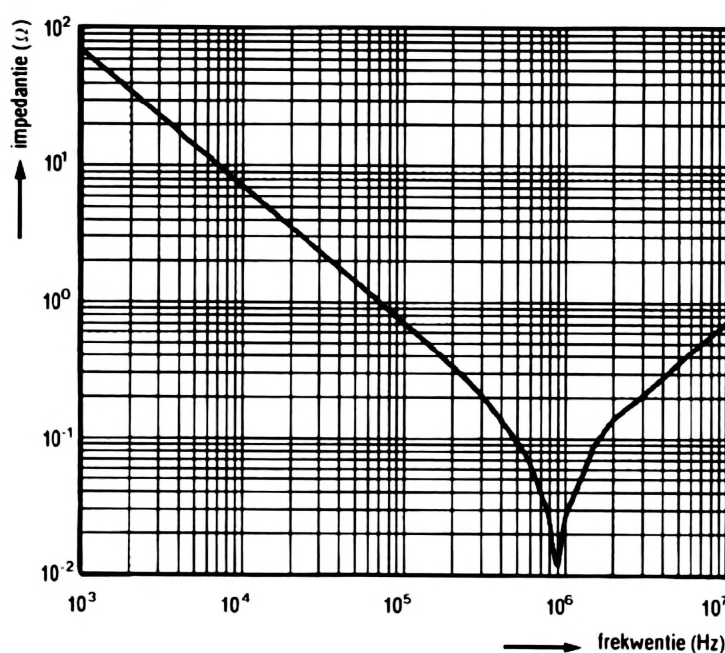
Tabel 1. Relatieve diëlektrische konstante van verschillende materialen.

stof	ϵ_r
aluminium-oxide	7...8
keramiek	10 en hoger
glas	4...10
lucht	1,0001
mica	6...8
papier	2...5
pertinax	5
polycarbonaat	3
polyester	3...3,2
polypropyleen	2,1...2,3
polystyreen	2,5
porselein	4...8
tantaal-oxide	11
teflon	2,0...2,1



902004 - 05- 11

2



902004 - 05- 12

en R_{DA}) in figuur 1 vertegenwoordigen de diëlektrische absorptie (DA), een wat minder bekende eigenschap van condensatoren. Het gaat hierbij om een ladingsverplaatsingsprobleem van elektronen in het diëlektricum, waardoor een soort geheugenwerking, een vertraagde afgifte van opgenomen energie, ontstaat. Dit fenomeen is al jaren bekend, maar toch zijn er slechts weinig condensatorfabrikanten die een DA-waarde voor hun produkten opgeven. Diëlektrische absorptie heeft een belangrijke invloed op de "geluidskwaliteit" van een condensator. In figuur 2 ziet u het impedantieverloop van een condensator. Bij toenemende frekwentie neemt de impedantie continu af, totdat het resonantiepunt (f_r) wordt bereikt.

Deze frekwentie wordt bepaald door C en L_s ($f_r = 1 / 2\pi\sqrt{L_s \cdot C}$). Daarna gaat de impedantie weer oplopen door de aanwezigheid van L_s . Het impedantieminimum bij f_r is ongeveer gelijk aan R_s . Hierbij moeten we echter meteen opmerken dat de meeste "kompo-

Tabel 1. De diëlektrische konstante van verschillende materialen die in condensatoren worden toegepast.

Figuur 1. Het vervangingsschema van een condensator. Er onder is het vektordiagram afgebeeld.

Figuur 2. Het impedantieverloop van een goede film-kondensator (in dit geval een exemplaar van 2,2 μF).

nenten" in het vervangingsschema enigszins frekwentie-afhankelijk zijn.

Bij de specificaties van een condensator treft u gewoonlijk de volgende gegevens aan:

- De dissipatiefactor D of $\tan \delta$. Dit geeft de verliezen in de condensator aan ten gevolge van R_s . Ook wordt wel gewerkt met de Q -factor

($D = 1 / Q = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot R_s = \tan \delta$).

- De isolatieweerstand (R_p).

Meestal zeer hoog.

- De vermogensfactor (meestal de Engelse term power factor, $PF = \sin \delta = R_s / Z$).

Deze heeft dus ook betrekking op de serieweerstand.

- Het temperatuurgedrag. We komen daar bij de bespreking van de gebruikte materialen nog op terug.

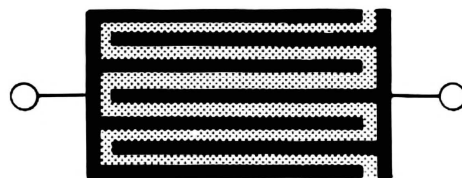
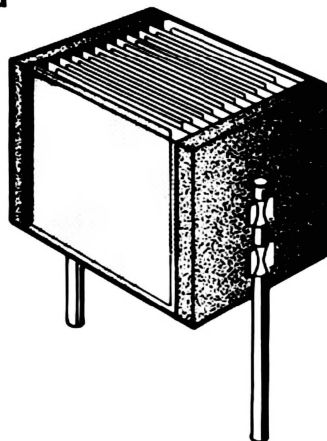
- Natuurlijk ook de capaciteitswaarde, meestal gemeten bij 1 kHz (voor HF-C's is dat natuurlijk een hogere frekwentie).

- Bij grote elko's wordt ook vaak de ekwivalente serieweerstand R_s opgegeven (Engelse term: ESR, equivalent series resistance).

Kondensator-konstrukties

In de praktijk hebben we natuurlijk weinig aan een condensator die bestaat uit twee grote platen met daartussen een diëlektricum. De fabrikanten hebben verschillende oplossingen bedacht om zoveel mogelijk capaciteit in een zo compact mogelijk behuizing te stop-

3a



diëlektricum
elektrodes

902004-5-13a

pen. We beperken ons hier tot condensatortypen die voor audio interessant zijn, dus geen keramische condensatoren e.d.

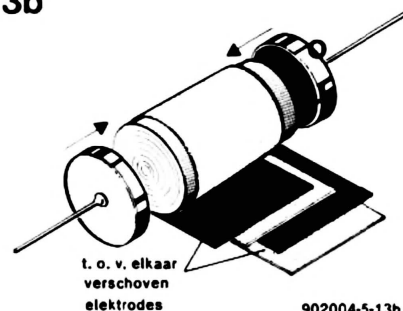
Meestal is een moderne condensator opgebouwd uit een aantal op elkaar gestapelde of in elkaar gedraaide lagen. Bij filmkondensatoren bestaan de elektrodes gewoonlijk uit een dunne metalen folie of een geleidende laag die direct op het diëlektricum is gedampt (de laatste worden gemetaliseerde-film-typen genoemd).

Door de elektrodes bij het wikkelen of stapelen iets te laten verspringen, ontstaat aan elke kant van de condensator een uitstekend stukje elektrode waar de aansluitdraad op aangesloten kan



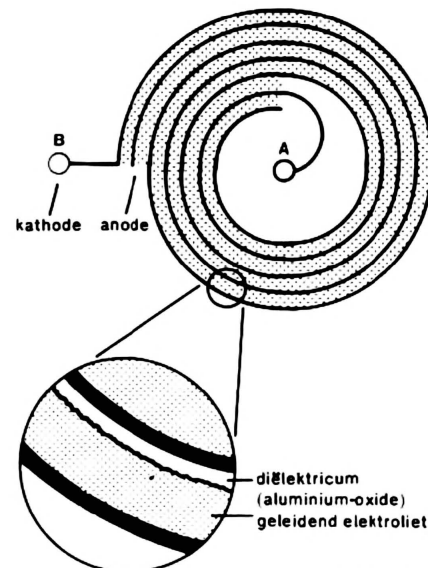
Figuur 3. De mechanische opbouw van een condensator: a) gestapelde filmkondensator, b) gerolde filmkondensator, c) aluminium-elko.

3b

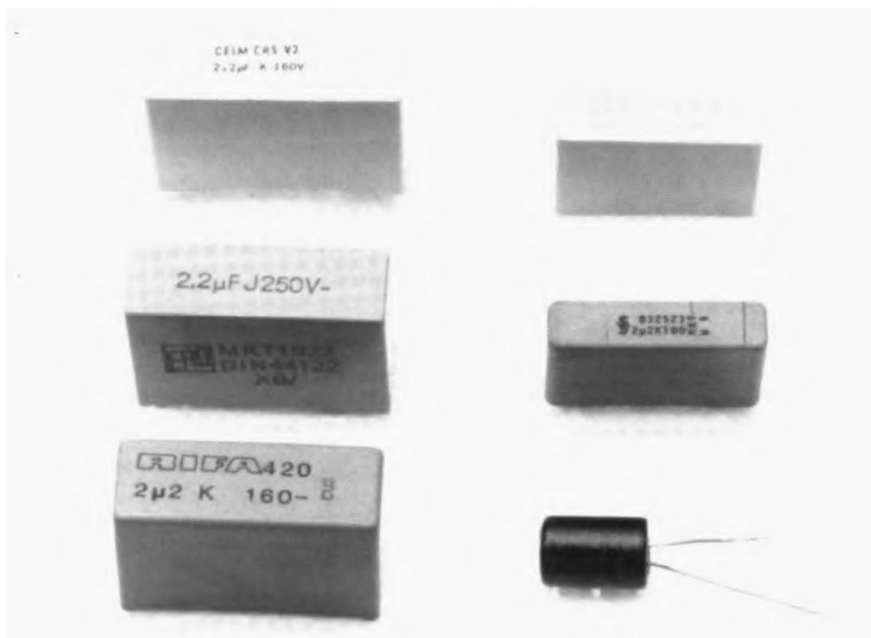


902004-5-13b

3c



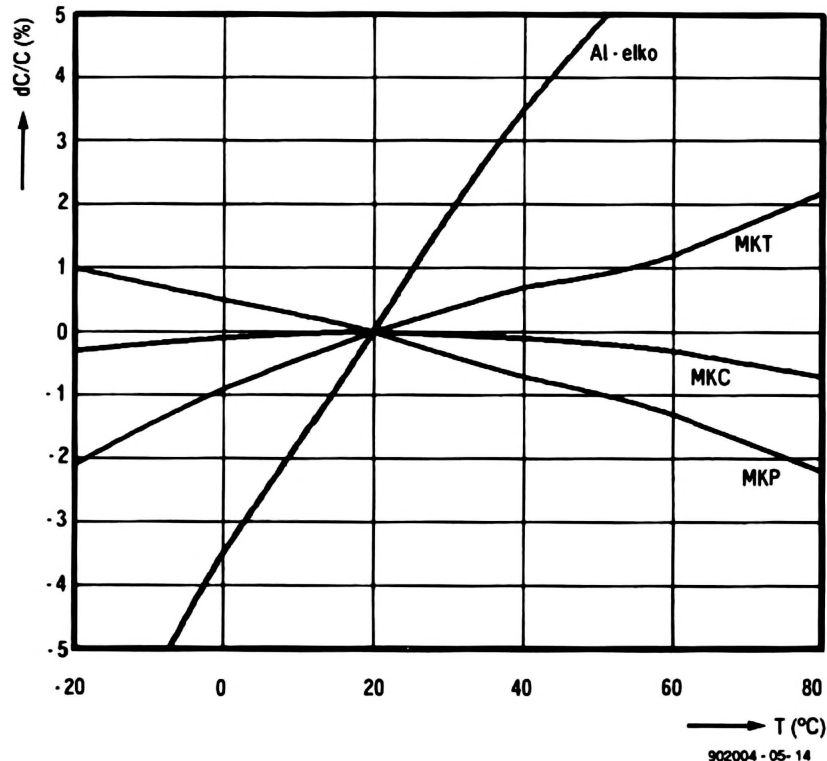
902004-5-13c



worden. Bij moderne filmkondensatoren wordt de aansluitdraad met het hele uitstekende gedeelte van de elektrode verbonden (dus niet slechts op één punt), zodat opgerolde exemplaren niet meer zelfinductie hebben dan typen met gestapelde lagen.

Elektrolytische condensatoren hebben de grootste capaciteit per volume-eenheid. Ze bestaan uit twee elektrodes met daartussen een (gedeeltelijk) vloeibare elektrolyet. Een van de elektrodes is voorzien van een laagje aluminium-oxyde dat het diëlektricum vormt. Deze laag kan op verschillende manieren worden gemaakt. Bij een elko met een zogenaamde ruwe folie bevat het aluminium-oxyde een langs chemische weg opgeruwde bovenkant, waardoor de totale oppervlakte zeer groot is en zodoende een hoge capaciteit wordt verkregen. Bij een elko met een gladde folie is de oppervlakte natuurlijk veel kleiner, die heeft bij dezelfde afmetingen dus een kleinere capaciteit. Tenslotte willen we volledigheidshalve nog de tantaalkondensator noemen. Hier hebben we te maken met een anode met een tantaal-oxyde-laag die bedekt is met een vaste elektrolyet van mangaan-dioxyde die tevens de kathode vormt. Vroeger werden tantaal-C's vaak toegepast in de signaalwegen van audio-apparatuur,

4



maar daarvoor zijn ze totaal ongeschikt door hun halfgeleider-effecten. Alleen toepassen in voedingslijnen!

De verschillende materialen

We kunnen de normaal verkrijgbare condensatortypen verdelen in enkele grote groepen die zich onderscheiden wat betreft het soort materiaal voor het diëlektricum:

- film-kondensatoren
- keramische condensatoren
- mica-kondensatoren
- elektrolytische condensatoren
- papier-kondensatoren

Papier-kondensatoren zijn een beetje uit de tijd en nauwelijks nog verkrijgbaar; vroeger werden ze veelvuldig toegepast in luidsprekerfilters. Keramische condensatoren zijn in verband met de verkrijgbare waarden niet interessant voor laagfrequent-toepassingen (hoewel er typen zijn tot enkele μF , maar ze zijn niet bepaald vervormingsarm). Mica-kondensatoren zijn er ook alleen in heel kleine waarden (tot circa 10 nF). Al deze soorten zullen verder niet meer ter sprake komen.

Bij de film-kondensatoren is het polyester-type (ook wel mylar genoemd) de meest voorkomende en goedkoopste soort met de kleinste afmetingen (C's van poly-

etheenterephthalaat vallen ook onder deze groep). Ze hebben redelijk goede eigenschappen en kunnen overal worden ingezet waar een goede kwaliteit vereist wordt. Ze zijn tegenwoordig verkrijgbaar in waarden tot circa 100 μF .

Polycarbonaat zie je in de audiowereld niet veel, maar toch is het een uitstekend diëlektricum dat zelfs wat betere eigenschappen heeft dan polyester. Het capaciteitsverloop als functie van de temperatuur is veel geringer dan bij polyester (zie figuur 4).

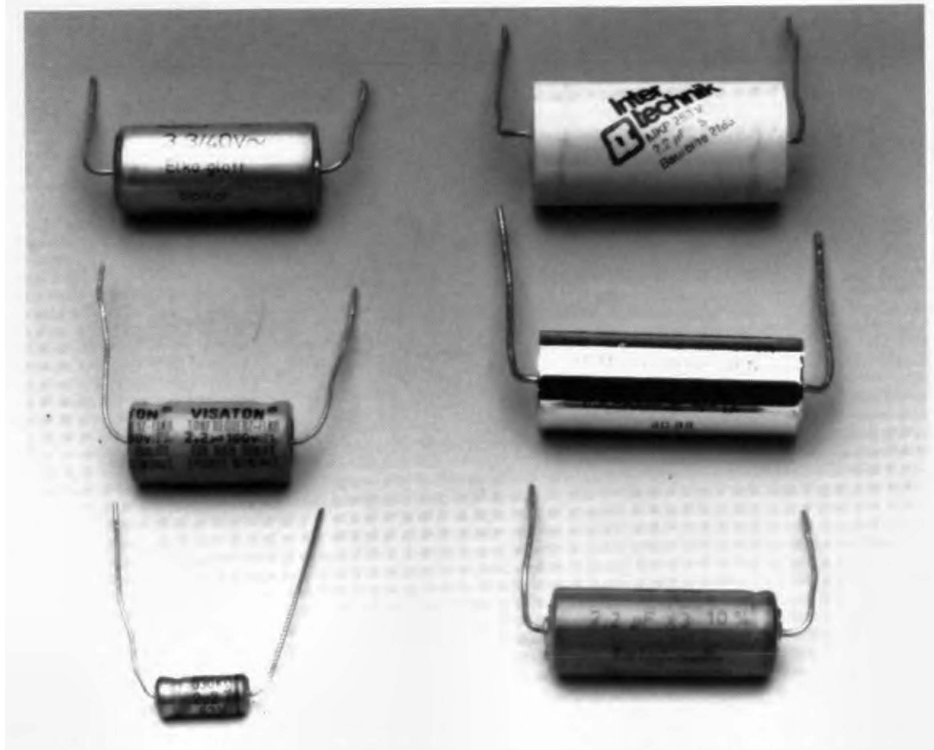
Polypropyleen heeft nog betere eigenschappen dan de twee voorgaande, maar door de lagere diëlektrische konstante worden de afmetingen van deze condensatoren ook wel wat groter. Zowel de $\tan \delta$ als de diëlektrische absorptie is geringer dan bij de andere twee. Ze hebben bijna even goede eigenschappen als polystyreen-C's. Polystyreen-kondensatoren (veelal bekend onder de merknaam Styroflex) zijn zonder twijfel de beste film-kondensatoren in dit rijtje. Een uitstekend temperatuurgedrag, lage verliezen en een zeer geringe diëlektrische absorptie maken ze geschikt voor de meest kri-

Figuur 4. De capaciteitsverandering van verschillende materialen als functie van de temperatuur.

tische toepassingen. Ze hebben echter één nadeel: Ze zijn alleen verkrijgbaar in kleine waarden (tot circa $0,5 \mu\text{F}$) en hebben relatief grote afmetingen.

De meeste film-kondensatoren zijn in diverse toleranties leverbaar, van 1 tot 20%.

In de elektronica kent men van de elektrolytische condensatoren vrijwel alleen de gewone natte aluminium-elko's. Ze zijn door hun eigenschappen uitsluitend geschikt voor lage frekwenties en niet-kritische toepassingen. De toleranties zijn asymmetrisch en lopen van circa +80 tot -20%. Een matige stabiliteit en beperkte levensduur maken ze niet geschikt voor serieuze toepassingen. Voor een goed functioneren hebben ze ook nog een gelijkspanning nodig. Naast de gewone unipolaire elko's (met een plus- en min-kant) kennen we ook nog bipolaire elko's (niet gevoelig voor de polariteit van een aangesloten gelijkspanning). Die zijn nog eens onderverdeeld in twee soorten, met een ruwe en met een gladde folie. Beide hebben geringere (meestal symmetrische) toleranties (gewoonlijk $\pm 10\%$) en betere eigenschappen dan de normale elko's (vooral de typen met gladde folie, als we de kenners mogen geloven). De tan δ en vooral de diëlektrische absorptie van alle elektrolytische typen is vrij groot. Tantaal-kondensatoren vallen ook onder de groep elko's, maar zoals



we al gezegd hebben, zijn ze niet geschikt voor audio-toepassingen en zeker niet voor luidspreker-filters. Ze zijn ook alleen maar in unipolaire uitvoeringen verkrijgbaar.

Zijn de verschillen meetbaar?

Na deze lange inleiding kunnen we nu gaan kijken hoe de momenteel op de markt verkrijgbare condensatortypen zich gedragen. De vraag hierbij is, wat er gemeten moet worden en hoe sommige eigenschappen zich manifesteren in de weergave-kwaliteit.

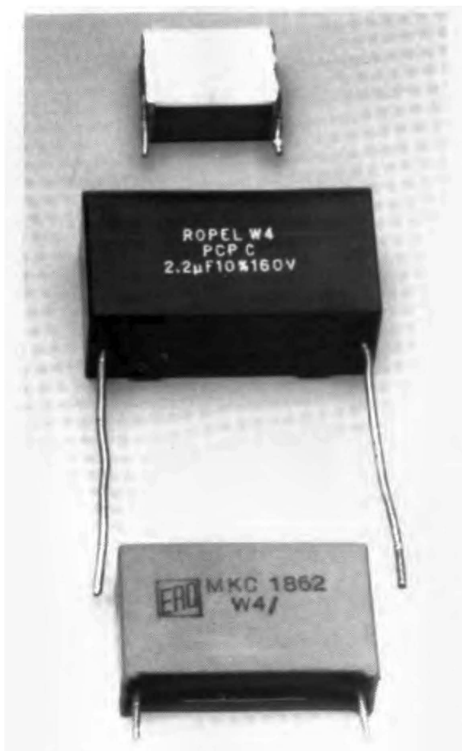
Een eerste vereiste voor zo'n test is natuurlijk zeer goede meetapparatuur. In ons eigen lab konden we beschikken over een Audio Precision System One analyzer met ingebouwde FFT-analyzer voor de vervormingsmetingen, terwijl voor de impedantiecurves een HP 3325A synthesizer-functiegenerator werd gebruikt. Het nauwkeurig meten van capaciteit, dissipatiefactor en serieweerstand leek in het begin een probleem te vormen, want de voor dit artikel gemeten waarden moesten zeker zo nauwkeurig zijn als die van de fabrikanten. Gelukkig bleek Hewlett Packard Nederland zo vriendelijk om ons enkele dagen een exemplaar van hun uitgebreidste (en duurste) LCR-meter van het type 4284A ter beschikking te willen

stellen, een apparaat waar waarschijnlijk menige condensatorfabrikant jaloers op zal zijn (een complete set ligt rond de 40 mille). Ondanks al deze apparatuur duurde het in totaal toch enkele weken voordat we alle relevante metingen compleet hadden.

In tabel 1 ziet u alle gemeten condensatoren op een rijtje, met daarbij de belangrijkste meetwaarden. We hebben zoveel mogelijk dezelfde capaciteitswaarde aangehouden, namelijk $2,2 \mu\text{F}$. Voor zover bekend zijn bij elke condensator het type en de werkspanning aangegeven. De condensatoren zijn gerangschikt in groepen met hetzelfde diëlektricum en binnen elke groep weer alfabetisch. Aan het einde staan nog een aantal interessante condensatoren met afwijkende waarden.

Bij elke condensator is de werkelijke waarde bij 1 kHz vermeld. R_s (zie vervangingsschema figuur 1) en de dissipatiefactor (D oftewel $\tan \delta$) zijn gemeten bij 100 Hz, 1 kHz en 10 kHz. In principe kan R_s berekend worden uit D , maar zo kun je in één oogopslag zien welke invloed de serieweerstand van een condensator in een filter heeft.

De harmonische vervorming is gemeten bij 250 Hz als de condensator wordt opgenomen in een hoogdoorlaat-RC-filter ($f_c = 1 \text{ kHz}$). Hoogstwaarschijnlijk ontstaat de vervorming door het frequentieafhankelijke gedrag van de capaci-



Tabel 2. Meetgegevens condensatoren.

merk en type (kapaciteit 2,2 μ F, tenzij anders vermeld)	kapaci- teit (μ F)	R_s (Ω)			D			THD (%) (3 V)	DA (%)
		100 Hz	1 kHz	10 kHz	100 Hz	1 kHz	10 kHz		
MKP:									
Celm, CRS, 160 V	2,24	0,11	0,025	0,02	0,0004	0,0002	0,0026	<0,001	0,01
SCR Chateauroux, 150/250 V	2,19	0,12	0,02	0,01	0,0002	0,0003	0,0017	<0,001	0,01
Eton Cap, 100/160 V	2,21	0,15	0,015	0,01	0,0002	0,0002	0,0015	<0,001	<0,01
Intertechnik, 2163, 250 V	2,19	0,12	0,015	0,01	0,0002	0,0002	0,0014	<0,001	0,01
Rifa, PHE 420, 160 V =	2,20	0,10	0,015	0,01	0,0001	0,0002	0,0017	<0,001	<0,01
Ropel blok, PCP, 160 V	2,19	0,11	0,02	0,01	0,0001	0,0003	0,0016	<0,001	<0,01
Ropel rond, PSR, 250 V	2,30	0,10	0,02	0,015	0,0002	0,0003	0,0023	<0,001	<0,01
Solen, MKP-FC, 250 V $\approx$	2,22	0,12	0,015	0,01	0,0002	0,0002	0,0015	<0,001	<0,01
Div. diëlektrica:									
Wonder Cap 2 μ F, 7502A, 425 V	2,14	0,15	0,055	0,05	0,0002	0,0007	0,0065	<0,001	<0,01
Ero polycarb., MKC1862, 100 V =	2,19	0,42	0,07	0,02	0,0006	0,0010	0,0031	<0,001	0,03
MKT:									
Ero, 1822, 250 V =	2,26	1,24	0,33	0,08	0,0017	0,0046	0,011	<0,001	0,05
Intertechnik, 2210, 100 V	2,20	1,22	0,29	0,075	0,0017	0,0041	0,0099	<0,001	0,11
Matsushita, 400 V	2,14	1,42	0,36	0,08	0,0019	0,0049	0,011	<0,001	0,05
Monacor, 250 V	2,17	1,27	0,32	0,075	0,0017	0,0044	0,010	<0,001	0,09
Philips, 344, 100 V	2,12	1,33	0,35	0,09	0,0018	0,0046	0,012	<0,001	0,09
Siemens, B32523 (blauw), 100 V	2,03	1,29	0,315	0,075	0,0017	0,004	0,0096	<0,001	0,06
Siemens, B32563 (kaal), 100 V	2,28	1,22	0,31	0,075	0,0018	0,0046	0,011	<0,001	0,11
Visaton, 250 V	2,07	1,12	0,285	0,07	0,0015	0,0037	0,009	<0,001	0,08
Elko's:									
Philips gewone elko, 63 V	2,37	30,5	3,88	2,4	0,047	0,058	0,35	0,025	1,6
Roe gewone elko, 63 V	2,62	12,8	3,24	1,5	0,022	0,054	0,24	0,015	2,1
Visaton bip. glad, 35 V $\approx$	2,21	44,9	3,86	0,40	0,069	0,053	0,052	0,012	3,3
Visaton bip. ruw, 100 V	2,32	15,5	5,43	0,92	0,024	0,08	0,117	0,003	0,63
Wego bip. glad, 35 V $\approx$	2,15	35,7	3,14	0,28	0,052	0,042	0,036	0,011	2,5
Afwijkende waarden:									
Elko MKT 22 μ F, 100 V =	22,1	0,13	0,04	0,02	0,0018	0,0057	0,022	-	0,16
Elcap bip. 30 μ F, 50 V	31,5	1,32	0,37	0,27	0,027	0,074	0,5	-	5,7
Intertech. bip. glad 47 μ F, 40 V $\approx$	47,2	0,43	0,06	0,03	0,013	0,017	0,081	-	7,8
Roe bip. glad 3,3 μ F, 40 V $\approx$	3,28	9,7	0,84	0,18	0,021	0,017	0,037	-	2,9
Siemens Styroflex KS 47 nF, 63 V	46,8 n	31	0,22	0,03	0,0001	0,0001	0,0001	-	<<0,01
Visaton bip. glad 100 μ F, 35 V $\approx$	103,4	0,33	0,07	0,05	0,022	0,046	0,307	-	12,1
Wima MKP4 4,7 μ F, 160 V =	4,50	0,07	0,015	0,01	0,0002	0,0004	0,0028	-	0,02

teitswaarde (vooral bij elko's) en door krachten die tussen de folies ontstaan door de optredende ladingsverschillen.

De diëlektrische absorptie is als laatste vermeld in procenten. Het gaat hierbij om een statische test, waarbij de condensator eerst lange tijd wordt opgeladen, dan in enkele seconden geheel ontladen en vervolgens de zich weer opbouwende restspanning wordt gemeten.

Van elk type zijn enkele exemplaren gemeten, waarbij de metingen aan het beste exemplaar zijn vermeld. Alle waarden zijn afgerond, omdat de tabel anders onoverzichtelijk zou worden door al die lange getallen. We waarschuwen u er voor om de getallen niet te absoluut met elkaar te vergelijken.

Tussen een D van 0,0002 en 0,0003 zit nauwelijks verschil, dat kan in de fabrikage-toleranties vallen. Als het verschil in D een faktor 5 of 10 bedraagt, dan geeft dit wel duidelijk een kwaliteitsonderscheid aan.

Bij het meten viel ons op dat er

diverse condensatoren tussen zaten die een faktor 3 tot 5 slechter scoorden dan andere exemplaren van hetzelfde merk. Sommige fabrikanten schijnen toch nogal wat spreiding in hun fabrikage te hebben. Maar, zoals gezegd, zijn in de tabel alleen de beste condensatoren vermeld en bleken de verschillen tussen de goede exemplaren van één merk gering.

Van alle condensatoren is ook de zelfinductie L_s gemeten. Deze is echter niet in de tabel vermeld omdat de inductie van alle 2,2- μ -typen kleiner was dan 50 nH en daarmee echt verwaarloosbaar in scheidingsfilter-toepassingen. De zelfinductie werd overigens grotendeels bepaald door de vorm van de aansluitdraden en niet door de condensator zelf.

De interpretatie van de gegevens in tabel 2 is eenvoudig: De beste condensator is er eentje met een zo laag mogelijke serieweerstand oftewel een zo klein mogelijke dissipatiefaktor, en met een zo laag mogelijk diëlektrische absorptie. Wat kunnen we konkluderen uit

al deze gegevens? De MKP-kondensatoren zijn zonder meer het beste, waarbij de kwaliteitsverschillen tussen de verschillende merken minimaal zijn. Sommige exemplaren lijken kwa meetgegevens en ook uiterlijk wel tweelingbroertjes van elkaar. Wilt u een MKP-kondensator gebruiken, dan is het verstandig om eerst eens de prijzen te vergelijken. Daar zitten namelijk flinke verschillen in. Wat de mechanische opbouw betreft, konden we alle exemplaren als goed tot zeer goed beoordelen.

Op de tweede plaats komen de MKT-kondensatoren, ook nog heel goed maar vooral kwa R_s en DA toch duidelijk wat minder (een faktor 5 tot 10). Tussen deze twee groepen zitten twee vreemde eenden, namelijk de Wonder Cap condensator en de Ero polycarbo-



Tabel 2. De vele meetgegevens van de geteste condensatoren zijn hier overzichtelijk gerangschikt.

naat. De laatste is beslist een aanrader, hij heeft duidelijk betere eigenschappen dan MKT's. De Wonder Cap maakt zijn extravagante prijs (circa f 45,- voor een 2- μ F-exemplaar) meettechnisch in elk geval niet waar, alle MKP's doen het beter voor een fractie van dat geld. Alleen voor buizen-freaks is dit een interessante condensator vanwege zijn hoge werkspanning van 425 V.

Onder de MKT's komt een groep bipolaire condensatoren. Voor de aardigheid zijn ook enkele gewone elko's meegenomen in de test. De meetresultaten zijn niet in overeenstemming met de verhalen die we in de luidspreker-sektor gewoonlijk daarover horen. Er wordt altijd beweerd dat bipolaire elko's met een gladde folie veel betere eigenschappen hebben dan de typen met ruwe folie. Uit onze metingen bleken sommige ruwe-folie-exemplaren het juist beter te doen dan de gladde-folie-typen. Enige extra vervormingsmetingen onder zware kondities (laag-ohmige belasting, ingangsspanning variërend over een flink spanningsbereik) en aan meer soorten dan in de tabel zijn opgesomd, bevestigden dat de eigenschappen tussen de beide soorten sterk wisselden. Er bleken typen met gladde folie te zijn die veel meer vervorming produceerden dan ruwe-folie-exemplaren, maar er waren er ook die net zo goed of zelfs iets beter functioneerden. Een gericht advies is hierbij moeilijk te geven. Voor vrij lage fre-

kwenties (tot zo'n 500 Hz) kunt u naar eigen inzicht kiezen voor een elko met gladde of ruwe folie, het maakt weinig verschil. Ze zijn allemaal relatief slecht en de vervorming loopt bij grotere wisselspanningen over de condensator ($10 V_{eff}$ en meer) op tot meer dan 0,1%. En dan hebben we het nog niet gehad over de DA! Bipolaire elko's moeten alleen maar worden toegepast als het echt niet anders kan.

Onder in de tabel vindt u nog een mengelmoes van typen die ons ook wel leuk leken om nog te vermelden. Vooral de Styroflex is interessant, maar zoals straks al gezegd is dit type alleen in kleine waarden leverbaar. De bipolaire elko's met grote waarden blijken nog akseptabele waarden voor R, en D te hebben, maar de DA is ronduit slecht te noemen. Helaas zijn zulke waarden in scheidingsfilters vaak niet te vermijden en is vervanging door bijv. MKT prijstechnisch nauwelijks mogelijk.

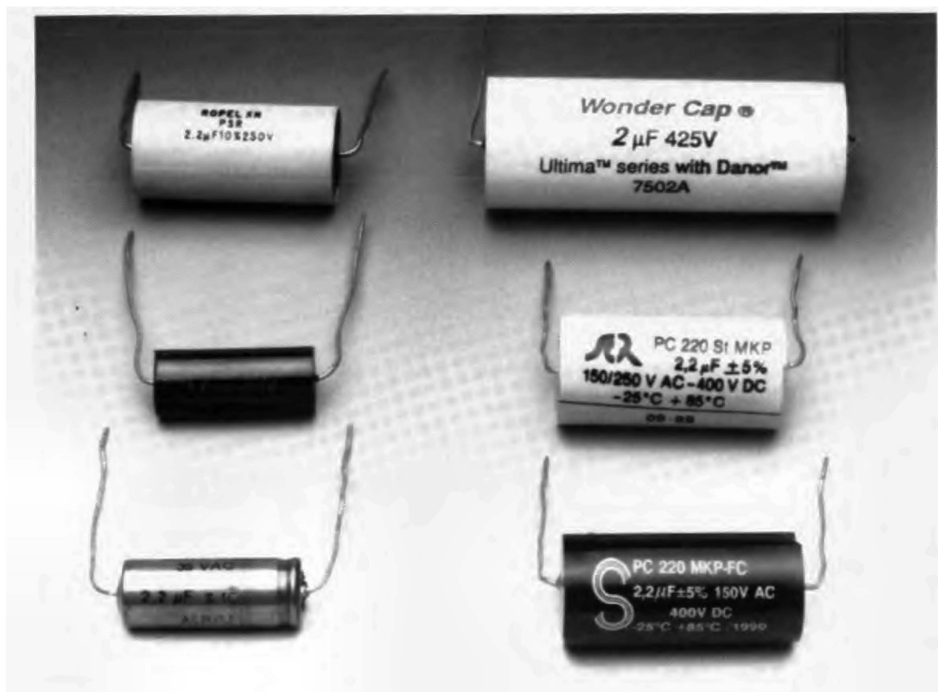
Konklusies

Eigenlijk hebben we alle belangrijke zaken al verteld, maar we zullen het voor de duidelijkheid nog eens samenvatten. De kwaliteitsvolgorde van condensatoren is van hoog naar laag: MKP, MKC, MKT en tot slot bipolaire elko's (als we ons alleen beperken tot soorten voor scheidingsfilters). Zowel elko's met een gladde als met een ruwe folie blijken t.o.v. de film-typen beroerd slechte meet-

waarden te geven, reden om ze alleen op onkritische plaatsen toe te passen.

Een ander opvallend punt dat we al even aangeroerd hebben, is de sterke homogeniteit binnen de groepen. Alle MKP's blijken ongeveer dezelfde meetwaarden op te leveren, evenals alle MKT's. Verhalen die we wel eens horen dat iemand het verschil tussen bijvoorbeeld een I.T.-MKP- en een Solen-kondensator in een filter kan horen, lijken ons dan ook zwaar overtrokken en meer iets om eens door een psycho-akoesticus onderzocht te worden. Wij blijven liever met beide benen op de grond. Ons advies: gebruik condensatoren met verstand (lees ook het artikel "Toepassen van condensatoren") en kijk in uw beurs hoeveel geld u er voor kunt uitgeven. Daarbij moet het ook weer niet zo zijn dat u f 500,- aan filtercomponenten uit geeft en f 250,- aan luidsprekers. Een slechte luidspreker kan die door het scheidingsfilter zo perfect verwerkte signalen toch niet korrekt weergeven.

(902004-5)



Onze vriendelijke dank aan Hewlett-Packard Nederland voor het ter beschikking stellen van een LCR-meter-kombinatie van het type 4284A/42841A, waarmee de metingen voor C, R, en D met grote precisie konden worden verricht.