

Wetenswaardigheden over coaxkabel

In nagenoeg iedere zend- en ontvanginstallatie wordt coaxkabel gebruikt om de antenne op de apparatuur aan te sluiten. Over coaxkabel is tot nu toe weinig gepubliceerd. Toch is juist die kabel erg belangrijk, vooral bij hogere frequenties. Er zijn talloze soorten elk met hun specifieke eigenschappen. Meestal staat op de kabel een codenummer, dat aangeeft om welk type kabel het gaat. Er duiken echter ook nog eens partijen coax bij verkopen of in de dump op, waarop niets staat. Zoek dan maar eens uit om welk type coax het gaat. Daarvoor is een oplossing. In dit artikel leest u er alles over...

Onbekende coax

Aanleiding tot dit artikel was vraag: Bestaat er een mogelijkheid om er achter te komen wat de karakteristieke impedantie is van onbekende coax kabel? Tja, met peperdure meetapparatuur kun je dat meten, maar welke amateur kan daarover beschikken? Reden voor ons om eens diep in de coaxkabeltechniek te duiken. Voor ik u nu gaan vertellen hoe je coax kunt herkennen, eerst maar een wat algemene informatie over coaxiaal kabel.

Enkele draad

Allereerst moeten we een ding afspreken. In dit verhaal zullen we het hebben over zenders, die via coaxkabel verbonden zijn met de antenne. Die hele situatie is ook omkeerbaar, namelijk een ontvanger, die via coaxkabel is verbonden met de antenne. Aangezien kabels verlies opleveren, betekent dit in het ene geval minder uitgestraalde energie, in het tweede geval verlies van door de antenne opgevangen energie zodat de signalen bij de ontvanger zwakker zijn, waardoor ver weg gelegen zenders niet meer hoorbaar worden. De transmissielijn theorie is dus omkeerbaar. Misschien hebt u zich wel eens afgevraagd waarom we niet een gewoon stuk draad gebruiken tussen zender en antenne of tussen antenne en ontvanger. De reden ziet u in figuur 1.

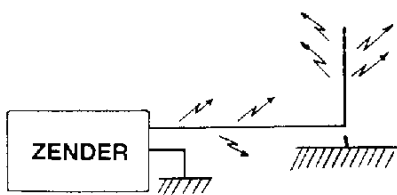


Fig. 1. Bij enkeldraadsverbinding gaat de voedingsdraad zelf ook stralen.

Uit de elektriciteitstheorie is bekend dat elke geleider, waar stroom doorheen loopt, een magnetisch en elektrisch veld opwekt. Het gevolg van het toepassen van een enkele draad is dan ook, dat de draad zelf ook zendenergie gaat uitstralen. Niet alleen komt er daardoor minder energie terecht op de plaats waar we dat willen (de antenne), maar die door de toevoerdraad uitgestraalde energie vervormt ook het stralingspatroon van de antenne en kan zorgen voor storingen op radio- TV en andere elektronische apparatuur bij de burens. Laten we het toch maar even omkeren: gebruiken we zo'n enkele draad tussen antenne en ontvanger, dan wordt het signaal dat de antenne opvangt verzwakt aan de ontvanger geleverd. Daarnaast gaat de verbindingdraad ook zelf straling opvangen. Niet alleen van andere zenders, maar ook de stoorsignalen die de computer, de stofzuiger en andere apparaten bij de burens produceren. Doordat de draad ook als antenne gaat fungeren wordt het stralingspatroon (ontvangstpatroon) van de antenne zelf ook nog eens vervormd. Allemaal redenen om snel van die 'enkele-draad techniek', die vroeger veel werd gebruikt (in het bijzonder voor ontvangers) af te stappen.

Coaxiale constructie

In figuur 1 werd de grond als retourleiding gebruikt, want zoals u weet kan er alleen maar energie door een geleider lopen wanneer een heengaande (naar de antenne) en een teruggaande geleiding is. Bij een coaxiale kabel heeft men nu de teruggaande geleider uitgevoerd als een metalen buis. Geïsoleerd en in het midden daarvan loopt de heengaande geleider. Het aardige van dit systeem is nu, dat de metalen buis verhindert, dat de energie die de heengaande geleider uitstraalt naar buiten komt. Want denk niet, dat die heengaande geleider, die we voortaan de kern zullen noemen, opeens niet meer straalt.

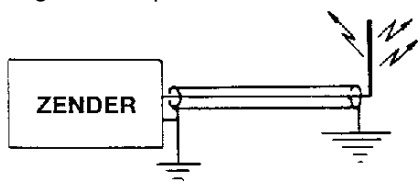


Fig. 2. Bij gebruik van coaxkabel straalt de voedingskabel niet.

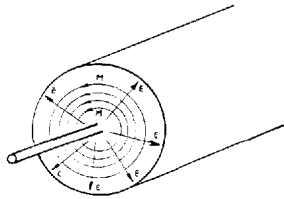


Fig. 3. Bij coaxkabel blijft het magnetische (M) en elektrische (E) veld opgesloten binnen de mantel en komt niet naar buiten.

In figuur 3 hebben we dat getekend: het magnetisch veld cirkelvormig om de kern, en het elektrisch veld tussen de kern en de metalen buis, die we voortaan afscherming zullen noemen. Het magnetische- en elektrische veld kunnen alleen niet meer naar buiten. Dat betekent bij zenders dus dat de kabel zelf niet meer gaat stralen bij ontvangst betekent dit, dat stoorsignalen niet meer door de kabel opgepikt kunnen worden. Zo'n geleider in een geleider noemt men een coaxiale constructie.

Karakteristieke impedantie

In figuur 3 kunt u al zien, dat de coaxiale constructie niet zonder gevolgen is. De kern en de buitenmantel vormen samen namelijk een condensator. Daarnaast heeft de kerndraad en in geringere mate ook de buitenmantel zelfinductie.

In fig. 4 hebben we dat getekend. Uiteraard is de condensator, de capaciteit, gelijkmatig verdeeld over de kabel, evenals de zelfinductie (spoel). In fig. 4 hebben we het vervangingsschema getekend: steeds een stukje zelfinductie en weer een condensator naar aarde.

Die LC combinaties vormen een laag doorlaatfilter: boven een bepaalde frequentie wordt de schijnbare weerstand van de spoeltjes zo groot en de schijnbare weerstand van de condensators zolaag dat de verliezen zijn toegenomen tot oneindig. De spoel/condensator combinatie heeft een eigen, karakteristieke impedantie: Z (de weerstand) is de wortel uit L gedeeld door de C . U ziet de formule in figuur 4.

Duidelijk zal zijn, dat wanneer de afstand tussen kern en buitenmantel klein is, de C (capaciteit) groot is. Z , de karakteristieke impedantie (de schijnbare wisselstroomweerstand) van de coax kabel is dan laag.

Maken we de kerndraad heel dun, dan zal de zelfinductie L groot worden. Z , de karakteristieke

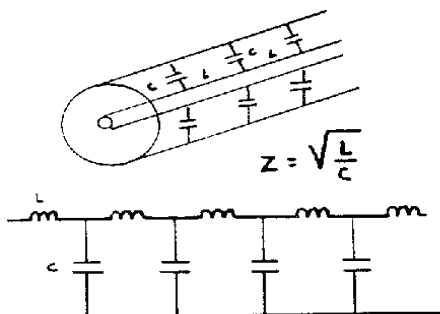


Fig. 4. Een coaxkabel heeft zelfinductie (L) en capaciteit (C). De wortel uit de L/C verhouding bepaalt de karakteristieke impedantie.

impedantie, wordt dan hoog. U ziet dus dat we door het

veranderen van de afmetingen, de karakteristieke impedantie kunnen beïnvloeden. Van deze wetenschap zullen we straks gebruik maken bij het herkennen van coaxkabels van

onbekende herkomst. Let er overigens op, dat die karakteristieke impedantie een schijnbare weerstand is voor wisselstroom en dat die frequentie onafhankelijk is. In de formule komt 'f' de frequentie die door de kabel loopt, namelijk niet voor. Het signaalverliezen die coax geeft zijn wel frequentie afhankelijk, maar daarover verderop meer. Het gaat er maar om dat u niet denkt dat u met een ohmmeter de karakteristieke impedantie kunt meten, want u meet (met gelijkspanning) gewoon de ohms weerstand van het koperdraad.

Verschillende impedanties

Met het veranderen van de afmetingen van binnen- en buitengeleider (kern en mantel) kunnen we dus de karakteristieke impedantie beïnvloeden. Dat veranderen van die verhoudingen heeft ook tot gevolg dat de verliezen van de kabel veranderen. Het blijkt nu, dat minimale verliezen optreden wanneer een coaxiale constructie een impedantie heeft van 77,95 ohm. Maximale spanningsvastheid treedt echter op bij een karakteristieke impedantie van 30 ohm. Een aardig gemiddelde daartussen is 50 ohm, een waarde waarop veel kabels gestandaardiseerd zijn. Toch zijn er allerlei andere waarden in gebruik. In de TV techniek en zeker kabel TV gaat het om zo gering mogelijke verliezen. In de 60 en 70'er jaren was men in W-Duitsland gestandaardiseerd op 60 ohm kabel. Daarna is de hele Tv-wereld overgestapt naar een nieuwe norm: 75 ohm, dat geeft nog lagere verliezen. Voor zend- en ontvang toepassingen gebruikt men over het algemeen 50 ohm kabel. Voor meetdoeleinden of andere toepassingen waar men afgeschermd kabel met een zeer geringe capaciteit nodig heeft, gebruikt men kabel met een zeer dunne kerndraad. Die heeft dan een impedantie van 125 of 135 ohm. Dat soort kabel wordt ondermeer gebruikt bij auto antennes en als kabel bij oscilloscoop probes. Door al dit soort toepassingen is een hele reeks standaard impedanties ontstaan. De meest voorkomende waarden zijn 50 tot 53 ohm 60-ohm 75 ohm-93 ohm, 125 ohm en 135 ohm.

Aanpassing

Waarom is het nu zo belangrijk te weten wat de karakteristieke impedantie is van een kabel? Goed, een lagere impedantie kan een hogere spanning voeren voor hij doorslaat en een hoog impedantie kabel heeft een geringere capaciteit, maar in veel gevallen zijn die specifieke eigenschappen niet nodig. (Daarom hebben erg veel kabels ook de gemiddelde waarde van 50 ohm). Die karakteristieke impedantie moeten we weten omdat in een systeem waar doorheen energie loopt (van zender naar antenne of van antenne naar ontvanger) alle impedanties gelijk moeten zijn om geen extra verlies te krijgen. In fig. 5 hebben we zo'n energie overdracht systeem getekend. A is de bron van de energie, bij zenden de zender en bij ontvangst de antenne. De inwendige weerstand van de bron is 50 ohm. B is de belasting, ook met een inwendige weerstand van 50 ohm. Bij zenden is dat de antenne bij ontvangst is dat de ontvanger. Wanneer de coax nu ook 50 ohm is, zijn alle impedanties gelijk en wordt alle energie van de bron aan de belasting overgedragen. Wanneer we in plaats van 50 ohm coax nu 75 ohm coax zouden gebruiken dan kloppen de impedanties niet meer.

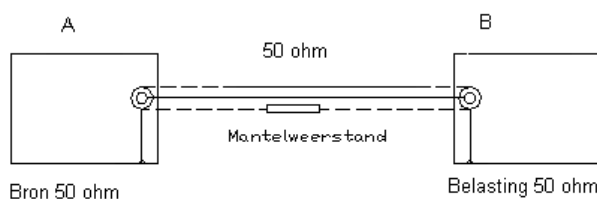


Fig. 5. Alleen wanneer de impedanties in een overdrachtsysteem gelijk zijn, vindt maximale energie overdracht plaats.

De bron kan dan niet alle energie meer kwijt in de belasting, die in feite bestaat uit de coax plus de antenne (bij zenden) of de ontvanger (bij ontvangen). We hebben het even voor u nagerekend. In zo'n geval treedt 14% spanningsverlies op. Dus wanneer de antenne bij ontvangst bijvoorbeeld een signaaltje levert van 1 microvolt bij gebruik van 50 ohm kabel aan de ontvanger en u vervangt de 50 ohm coax door een type met een karakteristieke impedantie van

75 ohm, dan krijgt de ontvanger nog maar 0,86 microvolt toegevoerd! Let wel, dit heeft dus niets te maken met de verliezen in de coaxkabel zelf, het is een extra verlies dat ontstaat door de foute aanpassing! Vandaar dat het zaak is, in een 50 ohm systeem ook 50 ohm kabel, en in een 75 ohm systeem ook 75 ohm kabel te gebruiken. Voornamelijk voor video toepassingen luistert dat nogal nauw. De energie die door het impedantie verschil niet afgegeven kan worden aan de belasting, wordt namelijk gereflecteerd. Dit kan bij video toepassingen zorgen voor een schaduwbeeld. Men ziet dan bij verticale lijnen er twee naast elkaar. Ook bij VHF-UHF ontvangst kan zo'n verkeerde impedantie problemen geven. Ook daar treden reflecties op. Dat heeft tot gevolg dat de energie niet meer gelijkmatig door de kabel loopt. Er treden knopen en buiken' op. De gereflecteerde energie verzwakt dan plaatselijk de heengaande energie. De plaats van zo'n verzwakking hangt samen met de lengte van de kabel en de frequentie. Het toeval wil natuurlijk altijd dat uw kabel zo lang is, dat er net verzwakking optreedt. Op een andere frequentie is dat weer anders en daar kan het dan net goed gaan. Het gevolg is: frequentie gebiedjes, waarde ontvangst slechter is dan op andere frequenties. Bij FM ontvangst treedt door die reflecties nog een ander verschijnsel op. De sterkte van het signaal gaat variëren met de modulatie. Dat noemt men equivalente AM modulatie. Wanneer de FM ontvanger geen zeer hoge AM onderdrukking (meer dan 60 dB) heeft, wordt dat hoorbaar als een soort lispelen en ritselen. Vooral bij FM omroepontvangst, waar het gaat om hoge kwaliteit is dat hinderlijk. Wie wel eens naar een FM autoradio heeft geluisterd kent dat 'gelispel' wel, want bij auto's treedt extra reflectie op door de gebouwen waar men langsrijdt. Enfin, meer voorbeelden zal ik niet aanhalen, want de boodschap zal duidelijk zijn: coax gebruiken met dezelfde karakteristieke impedantie als in de rest van het systeem.

Verliezen

Het woord verlies is al een paar keer gevallen. Coax kabels geven namelijk verlies: er komt minder energie aan het einde uit dan je er aan het begin instopt. Dat verlies wordt in warmte omgezet. Dat verlies ontstaat door verschillende oorzaken. Als eerste noemen we stralingsverlies. Uit het begin van dit verhaal weet u nog, dat om de kerndraad een elektrisch- en een magnetisch veld ontstaat. Veel coaxkabels hebben een gevlochten mantel van fijne koperdraadjes. Die mantel is niet 100% hoogfrequent dicht. Daardoor lekt er een deel van het hoogfrequent veld naar buiten en gaat verloren. Aan de 'dichtheid' van de gevlochten afscherming kan men al goed slechte kabels herkennen. Koper is namelijk duur en die heel goedkope coax die hier en daar wordt aangeboden heeft dan ook vaak een afscherming waar je zowat door heen kunt kijken. Dan mag er 100.000 keer RG58/U of RG 8/U opstaan: die soort kabel heeft een veel groter verlies dan kabels met een fijn gevlochten mantel. Voor professioneel en militair werk worden

dan ook veel kabels toegepast die een dubbele omvlechting hebben (gele 50 ohm ethernetkabels). Tegenwoordig wordt in de kabel-tv wereld nog vrijwel uitsluitend kabel toegepast die een geheel gesloten koperfolie als afscherming heeft. Welke op zijn beurt weer overtrokken is met een grof gevlochten mantel (H50 en H 100 coax). Het grootste verlies van coax kabel wordt echter niet veroorzaakt door stralingsverlies maar door het skin-effect. Wanneer een gelijkstroom door de kabel wordt gevoerd, loopt de stroom door de hele kerndraad. Bij hogere frequenties echter, vloeit de stroom steeds meer aan de oppervlakte van de draad en niet meer door het midden. Hoe hoger de frequentie hoe minder diep de stroom in de draad dringt. Bij hogere frequenties is er dus minder koper beschikbaar voor de stroom. De weerstand is dus groter. Die weerstand veroorzaakt door het skin-effect is te berekenen: $R=8,4/d \times \sqrt{f}$ (in ohm/km) = 8.4/dikte(in cm)x de wortel uit de frequentie (in MHz).f.

Nu is dat uitrekenen bij coaxkabel erg moeilijk, omdat we niet alleen de kern draad, maar ook de afscherming in de berekening moeten betrekken. Omdat die afscherming uit min of meer fijn gevlochten draadjes bestaat wordt dat erg lastig. In ieder geval gaan de ohmse verliezen door dit skin effect een belangrijke rol spelen, die groter wordt naarmate de frequentie hoger is. Het verlies van een coaxkabel neemt dus toe bij hoger wordende frequenties. Overigens zult u nu ook duidelijk zijn dat dikkere kabels minder verlies geven dan dunne: de oppervlakte van kerndraad en binnenkant mantel zijn veel groter bij dikke kabels dan bij dunne. Sommige kabels hebben een verzilverde kern. Dat scheelt iets in verlies voor de hoge frequenties. Let echter op: de goedkope witte tv-coax is vertind (!) en dat glimt net zo mooi als zilver. Tot slot nog een verliesgevende zaak: de isolatie. Daarover hebben we net nog niet gehad maar het zal duidelijk zijn dat we de kerndraad niet zonder meer los in de mantel kunnen laten zwerven Er is steun nodig, en daarom is de ruimte tussen de kern en de mantel opgevuld meteen isolatiemateriaal.

Drie typen materiaal worden daarvoor gebruikt:

Poly-ethylene, PFTE en poly-uretheaanschuim. Polyethyleen kortweg PE. wordt het meest toegepast: geheel massief of met luchtkamers. Foly-uretheaanschuim zie je niet zoveel meer: het is wit en gemakkelijk samen drukbaar, waarna het weer terugveert. Voor dunnere kabels wordt tegenwoordig ook wel het dure poly-tetrafluorethaan (PFTE) gebruikt dat de meeste van u kennen onder de handelsnaam Teflon. Op die isolatie materialen komen we nog terug maar voorlopig noemen we één eigenschap: ze geven verlies. Dat is uitermate klein bij gelijkstroom maar dat neemt toe naarmate de frequentie hoger wordt. Ook hier weer de frequentie afhankelijkheid. Het verlies door het skin-effect in het koper, het stralingsverlies en het verlies in de isolatie tussen kern en mantel zorgen er samen voor, dat er steeds meer energie in de coaxkabel verloren gaat, naarmate de frequentie hoger wordt.

Fabrikanten geven het verlies van hun kabels op in dB per 100 meter, bij één of meerdere frequenties. U ziet dat in de tabellen van de diverse kabels. De type aanduiding bij kabels voor kabel-tv (75 ohm) zoals coax 12 coax 6. coax 3 en de polsdikke coax 1 .5 is afgeleid van de demping per 100 meter bij 200 MHz. dus respectievelijk 1 2-6-3-en 1,5 dB.

Verkortingsfactor

Zoals gezegd, vormen de mantel en de kern samen een condensator. Doordat isolatie gebruikt moet worden om de kern in het midden van de mantel te bevestigen, wordt die condensator groter in waarde dan bij lucht. De mate waarin de capaciteit toeneemt ten opzichte van lucht, noemt men de diëlectrische constante. Voor de meest gebruikte isolatie: polyethyleen (PE) is die 2,3. Voor teflon (PFTE) is die 2 en voor P.U. schuim is die 1,56. De diëlectrische constante noemt men ϵ_r .

Voor lucht is die natuurlijk 1. Willen we nu de karakteristieke impedantie van een coaxkabel hetzelfde houden als bij lucht, dan moet de kabel dunner worden, want de verhouding L/C moet dan constant zijn. Dunnere kabels geven echter grotere verliezen, dat hebben we net gezien. Vandaar dat men toch ook probeert lucht als isolator toe te passen. Een typisch voorbeeld is de H100 kabel. Die bestaat uit een dikke (2,5 mm) kern. De mantel (folie + vlechtwerk) zit om een dun wandige PE buis. In de buis zit een spiraal van PE, die de kerndraad op zijn plaats houdt. Zo heeft men met zo min mogelijk isolatie materiaal toch een stevige bevestiging gekregen. Een andere manier om de kerndraad met zo min mogelijk isolatie materiaal te bevestigen. Door het mengsel van lucht ($\epsilon_1=1$) en PE ($\epsilon_2=2,3$) verandert ook de diëlectrische constante afhankelijk van de constructie. Een bijzonder effect van alle isolatie materialen is dat het ervoor zorgt dat de elektrische energie in de kabel zich niet meer voortplant met de lichtsnelheid, zoals wel het geval is in lucht. Dat is iets waarbij in sommige toepassingen rekening mee gehouden moet worden.

Met coaxkabel zijn namelijk allerlei grapjes uitte halen. Een lus van coax met een $\frac{1}{2}$ lengte van golf kan als transformator worden gebruikt. Die bijvoorbeeld een antenne impedantie van 200 ohm symmetrisch

terugbrengt naar 50 ohm asymmetrisch. Een stuk coaxkabel van $\frac{1}{4}$ golf fungeert als een serie resonantie kring. Sluiten we de onderzijde kort, dan gedraagt dat stuk kabel zich als een parallel resonantie kring. Voor dit soort toepassingen zijn dus stukken coax nodig met een lengte van golf een halve golf of een hele golflengte. Doordat de elektriciteit in de coaxkabel zelf zich minder snel voortplant dan in de lucht is er verschil tussen de elektrische lengte en de mechanische lengte. Dat verschil noemt men de verkortingsfactor. Die verkortingsfactor V wordt verkregen door het cijfer 1 te delen door de wortel uit de diëlectrische constante van het isolatie materiaal. $V = 1/\sqrt{\epsilon_r}$

Voor vol polyethyleen (PE) dat het meest wordt toegepast, is de diëlectrische constante 2,3. V, de verkortingsfactor, wordt daardoor 0,66. Een voorbeeld. Stel dat we voor 100 MHz een stuk coax nodig hebben met een lengte van een $\frac{1}{2}$ golf. De golflengte van 100 MHz = $300/100 = 3$ meter. Een $\frac{1}{2}$ golfstuk is dus 1,5 meter. We gebruiken vol-PE kabel, bijvoorbeeld RG 58/ U. De verkortingsfactor daarvan is 0,66. We moeten de kabel dus afknippen op een lengte van $0,66 \times 1,50 = 99$ cm. Dat stuk kabel gedraagt zich dus als een stuk met een elektrische lengte van een $\frac{1}{2}$ golf. Elk isolatie materiaal heeft een andere diëlectrische constante. Zeker wanneer kabel met gedeeltelijk PE en lucht isolatie wordt gebruikt (H100. bamboekabel) hangt de diëlectrische constante en dus de verkortingsfactor erg af van de constructie die is toegepast. In het onderstaande tabelletje leest u de verkortingsfactoren voor de diverse typen isolatie. U ziet dat er nogal wat variatie inzit, zodra we hebben te maken met een kunststof/lucht isolatie. In de praktijk rekent men met de rekenwaarde maar voor zeer precieze toepassingen is het nodig met meetapparatuur vast te stellen op welke frequentie een $\frac{1}{2}$ of $\frac{1}{4}$ golflengte stuk resoneert

Verkortingsfactoren		
Kabelisolatie	grenswaarde	rekenwaarde
Massief PE	0,65-0,67	0,66
PFTE	0,69-0,71	0,7
PU schuim	0,78-0,89	0,8
PE met lucht	0,80-0,90	0,84

Typen coaxkabel

Het aantal typen coax kabel is zeer groot. Gelukkig is er een standaardisatie, gebaseerd op Amerikaanse MIL-spec's. Al die gestandaardiseerde kabels hebben een RG nummer. Overigens is er ook een internationale IEC standaardisatie maar die wordt niet zoveel gebruikt. Die kabels hebben dan bijvoorbeeld het volgende type nummer: 50-10-4. Dat betekent: 50 ohm karakteristieke impedantie 10 mm diameter van de isolatie om de kern en volgnummers vlg IEC recommanatie 78: nummer 4.

Verder zijn er nog de W-Duitse DIN normen: DIN 47264 voor 50 ohm kabel, DIN 47265 voor 60 ohm kabel en DIN 47269 voor 75 ohm kabel. Ondanks die DIN normen houden veel fabrikanten toch hun eigen type nummers aan: de 2 YCY kabels in de tabel zijn Siemens typen volgens DIN 47265 en

AEG/Telefunken/Kabelmetal noemt diezelfde kabel weer AL 1/4,3 en HFE 1,5/6,5. POPE heeft met zijn H50 kabel (75 ohm) en H 100 kabel (50 ohm) zelf maar wat bedacht net als andere fabrikanten zoals NKF die hun kabels voor centrale antenne installaties gewoon coax 12, coax 6 en coax 3 noemen.

Kortom: een zootje. Gelukkig houden de meeste fabrikanten de RG type aanduiding aan.

De meest voorkomende typen coaxkabel hebben we in de overzichtstabel samengevat.

U ziet niet alleen de impedantie maar ook de opbouw van de kern en de buitendiameter.

Dat is dus inclusief de zwarte PVC mantel om de afscherming. Verder de soort isolatie waarbij we het schuim uitvoeringen van de bekende typen RG 8, RG 58 en RG 59 onderaan hebben gezet.

Vervolgens ziet u de verkortingsfactor Zoals die door de fabrikant wordt opgegeven evenals de capaciteit van de kabel per meter. Vervolgens de verliezen bij 10, 30, 100, 200 en 500MHZ per 100 meter.

Nu zal niet iedereen 100 meter kabel tussen antenne en ontvanger hebben zitten maar terugrekenen is eenvoudig: stel dat u 25 meter gebruikt. Dat is van 100 meter. De demping is dan ook deel van de waarde gegeven in de tabel en met behulp van het verlies grafiek kunt u dan weer zien hoeveel % u van uw zendenergie of van uw antennesignaal (bij ontvangst over houdt.

Herkennen van onbekende coax

Zoals in de inleiding gezegd duiken er hier en daar nogal eens partijen coax op. Staat er een type nummer op. Dan kunt u kijken of die in de tabel is terug te vinden. Nu zijn partijen coax vaak wat ouder en er kan een typenummer ontstaan dat niet in de tabel voorkomt. Er zijn in de loop der jaren nogal wat RG nummers vervallen of veranderd. Daarom hier een lijstje van oude typen en hun nieuwere equivalent. Staat er geen typenummer op de drum of op de kabel zelf, dan wordt het moeilijker. Veelal zijn de kabels toch wel conform een RG norm. De kolommen met de opbouw van de kern, het isolatie buitendiameter kunnen dan als houvast dienen.

Meten van de karakteristieke impedantie

Om de werkelijke karakteristieke impedantie van een stuk coaxkabel vast te stellen is of een hoogfrequent impedantie meetbrug, of een netwerk analyseer nodig. De meeste amateurs zullen daar wel niet over beschikken. Wie echter een capaciteitsmeter heeft, komt een heel eind. In de tabel kunt u namelijk zien, dat 50 ohm kabel met vol-PE isolatie een capaciteit heeft die tussen de 95 en 102 PF per meter ligt, ongeacht de overige eigenschappen zoals diameter en verliezen. Wie dit soort capaciteiten kan meten is gauw klaar: een stuk van precies een meter afknippen, meetklemmetjes op de kern en mantel en u weet of het 50 ohm kabel is of een andere waarde. Voor alle duidelijkheid hebben we weer een tabelletje gemaakt met diverse capaciteiten per kabeltype

Capaciteit van diverse groepen kabels		
impedantie	soort isolatie	capaciteit PF/m
50 ohm	VOL-PE	95-101
75 ohm	VOL-PE	65-70
60 ohm	VOL-PE	80-85
93 ohm	PE/lucht	40-45
125 ohm	PE/lucht	30-35
50 ohm	PE/lucht	78-82
50 ohm	PFTE	92-97
75 ohm	PFTE	62-66
95 ohm	PFTE	48-51
50 ohm	PU schuim	82-87
75 ohm	PU schuim	53-57

Metten met de schuifmaat

Nu zal niet iedereen een capaciteitsmeter hebben waarmee dit soort lage waarden goed te meten zijn. Bovendien kun je vaak moeilijk op een dump of een rommelmarkt even gauw een stukje afknippen, gauw naar huis hollen, meten en dan weer teruggaan of te vertellen of je de kabel wilt kopen of niet. We hebben daarom gezocht naar een gemakkelijker methode, en die gelukkig gevonden. Zoals u in het begin van dit verhaal heeft gelezen, hangt de impedantie van een coaxkabel af van de verhouding tussen kern en mantel en de soort isolatie daar tussen. Weet men die gegevens, dan kan men de impedantie berekenen volgens de volgende formule:

$$Z_{\text{imp}} = \frac{60}{\sqrt{E_r}} \times \ln \frac{D}{d}$$

Hierbij is E_r de diëlectrische constante van het isolatie materiaal: 2,3 voor polyethyleen(FE), 2,04 voor teflon (PFTE). Voor schuim 1,56 en voor PE/ lucht is 1,42 een gemiddelde waarde \ln is de natuurlijke logaritme (niet de Briggse) en D is de diameter van de binnenzijde van de afscherming, die dus gelijk is aan de diameter van de isolatie tussen kern en mantel. Verwar deze diameter niet met de buitendiameter van de coaxkabels uit de tabel d is de diameter van de kern. Wanneer u dus de diameter van de kern en de diameter van de isolatie om de kern opmeet met een goede schuifmaat of beter nog een micrometer (u moet echt op 0,1 mm zuiver meten) dan is de impedantie eenvoudig uit te rekenen mits men beschikt over een zakrekenmachine of een computer want u moet de natuurlijke logaritme van de diameter verhouding berekenen. Voor degenen die een computer bezitten heb ik een simpel Basic programmaatje geschreven dat zowel bruikbaar is voor een MSX als op een PC met GW Basic. Commodore bezitters kunnen het ook gebruiken wanneer ze de afronding door 'print using weg laten in regel 30, 40, 190 en 200. Met de computer is het allemaal erg eenvoudig: u meet zo nauwkeurig mogelijk de kern diameter en de

isolatiedikte, voert die in, evenals de soort isolatie en de computer vertelt u welke impedantie de kabel heeft en wat de verkortingsfactor is. Simpel kan het niet dachten we.

10. REM karakteristieke impedantie van coaxkabel
20. REM door W.Bos voor RAM
30. A\$="###.##"
40. B\$="#.##"
50. INPUT "isolatie? (pe=1 / pft=2 / schuim=3 / lucht/pe=4 / lucht=5)";A
60. INPUT "dikte ader (mm)";B
70. INPUT "dikte isolatie (mm)";C
80. IF A=1 then D=2.3
90. IF A=2 then D=2.04
100. IF A=3 then D=1.56
110. IF A=4 then D=1.42
120. IF A=5 then D=1
130. E=SQR (D)
140. F=60/E
150. G=LOG (C/B)
160. H=F*G
170. L=SQR (1/D)
180. PRINT " ".PRINT " "
190. PRINT "impedantie A\$; H ; PRINT"ohm"
200. PRINT "verkortingsfactor "; B\$;L

Hoewel, wie loopt er met een computer op zak? Daarom nog een extra service:

We hebben voor u uitgerekend binnen welke grenzen de diameterverhouding moet liggen om bij een bepaalde isolatie een bepaalde impedantie te krijgen. Dat hebben we nog eens in een tabelletje samengevat. De diameterverhouding is dus de dikte van de isolatie gedeeld door de kerndiameter. Meet u bij een bepaalde kabel dus een isolatie dikte van 2,6 mm en een kerndiameter van 0,7 mm dan is de verhouding daar tussen $2,6/0,7 =$ ongeveer 3,5. Zowel bij teflon als bij vol-PE kabel moet dat dan 50 ohm kabel zijn. Simpel, nietwaar? Maak dus een fotocopie van dit tabelletje, steek een goede schuifmaat bij u en de impedantie van onbekende coax is voor u geen probleem meer!

Impedantie afgeleid uit diameters		
Type coax	Impedantie	D/d verhouding
VOL-PE	50 ohm	3tot4
VOL-PE	60 ohm	4,5tot5
VOL-PE	75 ohm	6tot7
Teflon	50 ohm	3,3- 3,6
Teflon	60 ohm	4- 4,5
Teflon	75 ohm	5,7- 6
PE/lucht	50 ohm	2,6- 2,9
PE/lucht	60 ohm	3,3- 3,6
PE/lucht	75 ohm	4,3- 4,8
PE/lucht	93 ohm	6,2- 6,8
PE/lucht	125 ohm	11,2-12,5
PE/lucht	135 ohm	14,2-15,2

Op de site van de VRZA afd 23 Zuid Limburg vindt je een rekentool om de karakteristieke impedantie uit te rekenen. Ga naar <http://www.pi4zlb.nl>

Enkele tips

We hebben verschillende keren gesproken over de isolatie: polyethyleen (PE), polytetrafluoretheen en (PFTE teflon) en poly-urethane schuim. Die soorten zijn makkelijk te herkennen. PE is een matig gladde halfdoorschijnende kunststof. U kunt het herkennen doordat het lijkt op water, waar een scheutje melk doorheen zit. Om helemaal zeker te zijn dat het gaat om PE, moet u even uw aansteker eronder houden. PE smelt namelijk op een bepaalde manier. Het wordt aan de snijrand eerst bruinzwart en vervolgens begint het te branden met een blauwig vlammetje met een geel puntje. Terwijl het brandt, wordt PE vrijwel glashelder. Blaast u het vlammetje uit dan blijft PE enigszins vervormbaar. Daar na stolt het, waarbij de melkachtige doorschijnend held terug keert. Teflon is zo op het oog wat lastiger te herkennen. Het is meestal doorschijnend. Dan is het een stuk helderder dan PE, maar teflon (PFTE) wordt ook in wit, ondoorschijnend gemaakt. Teflon voelt erg glad wat glibberig aan, net een kaars. De aansteker brengt hier ook de oplossing: teflon smelt pas boven de 300°. Je kunt een aansteker er veel langer onder houden. Het teflon zal zwart worden van het roeten van de aansteker, maar het zal niet gaan branden zoals PE. PU schuim is wel heel eenvoudig te herkennen: het is wit en sponsachtig. Verder nog een goede raad bij het kopen van coax uit oude legerdumps enz. Vaak zijn het metalen vaten waarin de coax zit, maar er zijn ook complete haspels te koop. De meeste fabrieken garanderen hun coax niet langer dan een jaar of tien, mits droog bewaard. Bij oude partijen, zeker uit legerdumps, kun je er niet zeker van zijn, dat de coax goed bewaard is. Het probleem is dat de luchtvochtigheid langzaam de kabel binnendringt. Niet zozeer via de kern, maar wel via de gevlochten mantel: die zuigt waterdamp op. U kunt daar een indruk van krijgen door op zijn minst een meter van het uiteinde een stuk van de meestal zwarte of witte PVC buitenmantel te halen, zodat u de gevlochten afscherming kunt zien. Die afscherming moet glanzen. Is ze mat en groenig (bij koperkleur) of dofgruis (bij vertinde afscherming) of donker met zwart (verzilverde kabel), houd dan uw centen maar in uw zak. De kabel is dan geoxideerd waardoor de verliezen enorm zijn toegenomen. Bij kabel met lucht/PE isolatie. Zoals RG 62A/U (93 ohm) is het helemaal oppassen: de kern zuigt zich vol water! Wanneer u nieuwe kabel (H100 wordt tegenwoordig veel gebruikt) monteert, dan is het ook zeer aan te bevelen de isolatie te verhitten (met soldeerbout of aansteker) en dan terwijl de PE nog vervormbaar is. Het samen te drukken rond de kern, desnoods ook iets naar binnen, zodat een waterdichte afsluiting ontstaat. Een andere methode die ik altijd gebruik bij het monteren van connectors is de holle kern een stukje vol te spuiten met siliconenkit. U moet daarvoor de heldere halfdoorschijnende soort nemen die gebruikt wordt voor het afdichten van aquaria. Smeer dan voor de definitieve montage van de connector ook nog even de rand tussen isolatie en buitenmantel in zodat vocht niet in de mantel kan dringen. Vergeet niet: het gaat niet om regenwater, maar om luchtvochtigheid en geen enkele connector is luchtdicht (en de meeste zelfs niet eens waterdicht). Hebt u uw antenne-installatie meer dan 3 jaar op het dak staan, dan is het aan te bevelen eens een stukje van een halve meter of zo van de kabel af te knippen en een nieuwe connector te monteren. Zeker bij hogere frequenties kan dat een flink stuk schelen in ontvangst van zwakke stations. Hopelijk is uw antennekabel niet te kort: ik leg altijd een lus van één of twee windingen onder de antenne zodat de kabel lang genoeg is om deze handeling een of meerdere keren uit te voeren.

Note: dit verhaal is bewerking van een eerder verschenen artikel in het blad RAM door Willem Bos

Connectoren

 <p>7-16 plug</p>	 <p>BNC plug</p>	 <p>Cinch plug</p>	 <p>Dezfix</p>
 <p>F connector</p>	 <p>FME plug</p>	 <p>PL 259 plug</p>	 <p>MC plug</p>
 <p>MCX plug</p>	 <p>N plug</p>	 <p>PAL plug</p>	 <p>SMA plug</p>
 <p>reverse SMA</p>	 <p>SMB plug</p>	 <p>SMC plug</p>	 <p>TNC plug</p>

Vervang typenummers	
OUD	NIEUW
RG5/U...B/U	RG212/U
RG6/U	RG6A/U
RG8/U...A/U	RG123/U
RG9/U...A/U	RG2I4/U
RG10/U...A/U	RG215/U
RG11/U	RG11A/U
RG12/U	RG12A/U
RG13/U...A/U	RG216/U
RG14/U...A/U	RG217/U
RG15/U	RG11A/U
RG17/U...B/U	RG218/U
RG18/U...A/U	RG219/U
RG19/U...A/U	RG220/U
AG20/U...A/U	RG221/U
RG21/U...A/U	RG222/U
RG22/U...A/U	RG22B/U
RG23/U	RG23A/U
RG24/U	RG24A/U
RG29/U	RG58C/U
RG34/U...NU	RG34B/U
RG35/U...NU	RG35B/U
RG58/U...B/U	RG58C/U
RG59...A/U	RG59B/U
RG621U...C/U	RG62A/U
RG63/U...A/U	RG63B/U
RGB65/U	RG65A/U
RG71/U...A/U	RG71B/U
RG74/U...A/U	RG224/U
RG79/U...A/U	RG79B/U
RG87/U...A/U	RG225/U
RG108/U	RG108A/U
RG111/U	RG111A/U
RG115/U	RG115A/U
RG116/U	RG227/U
RG133/U	RG133A/U
RG142/U..A/U	R6142B/U
RG159/U	RG142B/U
RG174/U	RG174A/U
RG178/U..A/U	RG178B/U
RG179/U..A/U	RG179B/U
RG180/U..A/U	RG180B/U
RG211/U	RG211A/U
RS228/U	RG228A/U
RG307/U	RG307A/U