

DE COAXIALE KABEL EN CONNECTOR

I. INLEIDENDE BEGRIPPEN

Een coaxiale voedingslijn wordt het meest gebruikt om een antenne te verbinden met een ontvanger of zender. De kabel is opgebouwd uit een geleidende kern, een concentrisch er omheen liggende isolator en een geleidende afscherming, soms dubbel uitgevoerd. In deze lijn wordt energie getransporteerd. De hoogfrequent stroom vloeit aan de buitenzijde van de binnengeleider en aan de binnenzijde van de buitengeleider.

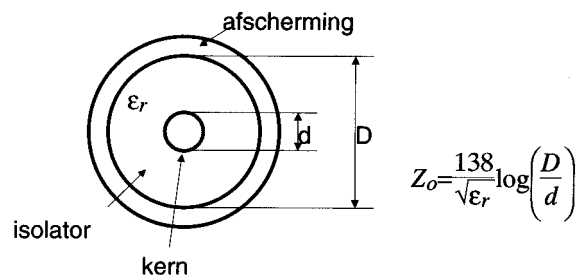
Een voedingslijn wordt gekenmerkt door een aantal specifieke parameters:

- ☞ De karakteristieke impedantie Z_0
- ☞ De verzwakking α in dB/100m.

II. DE KARAKTERISTIEKE IMPEDANTIE

Het gaat hier niet om een meetbare weerstand, maar de schijnbare impedantie dat het invallend signaal vanuit de bron 'ziet'. De impedantie van deze kabel is onafhankelijk van de frequentie op voorwaarde dat de beide uiteinden van de kabel afgesloten zijn met de dezelfde impedantie. De bron en belastingsimpedantie moeten gelijk zijn aan de kabelimpedantie.

De karakteristieke impedantie Z_0 , uitgedrukt in Ω , wordt gegeven als:



Opbouw van de coaxiale kabel en zijn karakteristiek impedantie Z_0 .

Het tussenliggende isolatiemateriaal heeft een relatieve diëlektrische constante ϵ_r . De constante 138 in de formule wordt bepaald door de Z_0 in de vrije ruimte met de bijbehorende eigenschappen van lucht. Als isolatiematerialen worden gebruikt:

- PTFE (teflon)
- Polystyreen
- Combinatie van plastic met lucht: Poly-ethyleen schuim.

Om zo min mogelijk verliezen te krijgen moet de diameter d zo groot mogelijk gekozen worden. Lucht is de beste isolator maar houdt de kern niet concentrisch binnen de afscherming. Om deze reden wordt de kabel soms vervaardigd met isolerende schijfjes op vast afstand van mekaar. Ze zijn enkel toegepast op plaatsen waar grote vermogens moeten getransporteerd worden en hebben een zeer vaste structuur.

TV-kabels hebben goede eigenschappen tot 860MHz. Om deze eigenschappen te verbeteren voor het transport van satelliet signalen tot 2150MHz wordt de isolatie gemaakt uit polystyreen-schuim of PTFE-kabels.

Merk op: Sommige isolatiestoffen zijn WEL frequentieafhankelijk waardoor de Z_0 waarde in beperkte mate afhankelijk wordt van de frequentie en bijkomende verzwakking t.g.v. misaanpassing tot gevolg heeft.

Bij satelliettelevisie wordt in het algemeen gebruik gemaakt van impedanties van 75Ω . Dit houdt in dat de bron, de LNB een uitgangsimpedantie heeft van 75Ω en dat de ingang van de ontvanger dezelfde waarde moet hebben. Op deze wijze is het volledige circuit afgesloten.

III. DE KABELVERZWAKKING

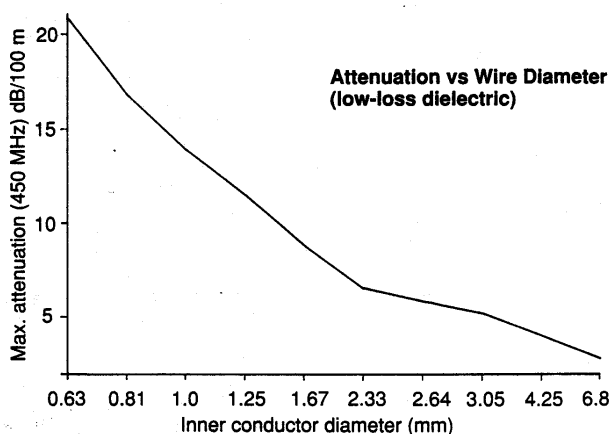
De belangrijkste frequentie afhankelijke eigenschap van de kabel is de demping. Deze demping neemt toe met de stijgende frequentie en is zo groot dat ze uitgedrukt wordt in dB/100m in plaats van dB/km. De demping is de som van alle verliezen in de geleider en de isolatie die het exponentieel verlies bepaalt bij de frequentie f .

De verzwakking α kan berekend worden door:

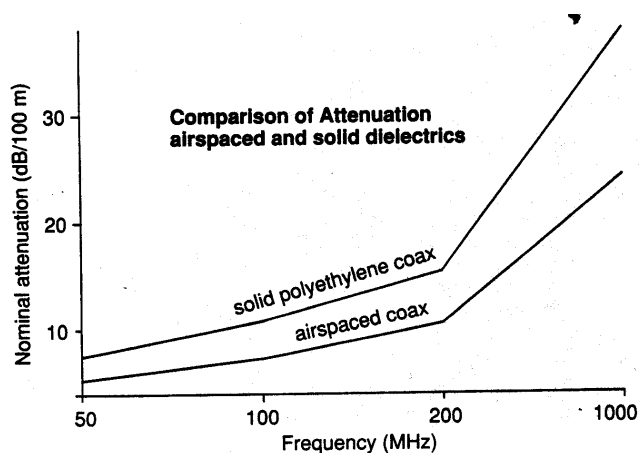
$$\alpha = \frac{1,43.R}{Z_0} A + 9,15 \sqrt{\epsilon_r} \cdot f \cdot \text{tg}\delta \text{ in dB/100m waarbij } A = 25,4 (1/d + 1/D) \cdot \sqrt{f}.$$

Hierin zijn:

- ρ_c = soortelijke weerstand van de geleider
- Z_0 de karakteristieke impedantie
- f = gebruikte frequentie in de kabel
- d = buitendiameter binnengeleider en D = binnendiameter buitengeleider
- ϵ_r = diëlektrische constante van de isolatie
- $\text{tg}\delta$ = de verlieshoek van het diëlektricum
- R = weerstand van de geleider bij de frequentie f .



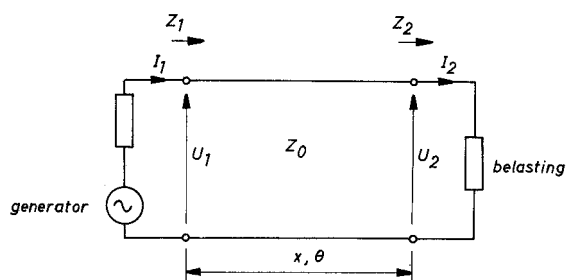
Verzwakking (dB/100m) bij $f = 450\text{MHz}$ voor kabel met type schijfisolatoren en $d = 0,63\text{mm}$ $D = 6,8\text{mm}$.



Verskil in verzwakking tussen kabel met airspaced - en vol polyethyleen isolatie.

IV. MISAANPASSING EN STAANDE GOLFVERHOUDING

De schematische voorstelling van een transmissielijn wordt als volgt weergegeven:



Voorstelling van een transmissiesysteem.

- Z_o = karakteristieke impedantie van de lijn.
- Z_1 = impedantie gezien vanuit de bron richting lijn.
- Z_2 = impedantie gezien vanuit de lijn naar de verbruiker.
- $Z_1 = Z_2 = Z_o$: perfecte afsluiting van bron naar verbruiker.

Bij perfecte aanpassing is de energieoverdracht maximaal verzekerd terwijl het rendement slechts 50% is. In alle andere configuraties waar de bron- en/of de belastingsimpedantie \neq karakteristieke lijnimpedantie Z_o wordt er vermogen teruggekaatst naar de bron. Er ontstaat een spanning-stande-golf-verhouding $S = (1 + |R|) / (1 - |R|)$ (voltage standing wave ratio - VSWR) met R de reflectie-coëfficiënt. De reflectiecoëfficiënt is de verhouding van de buikspanning E_{max} en de knoopspanning $E_{min} = E_{max} / E_{min}$. De weerkaatsing is nul als $R = 0$. Dit betekent dat een maximum aan energie wordt doorgegeven. De staande-golf-verhouding is dan 1 en ideaal. Als de R -waarde toeneemt, zal de S -waarde groter worden en streven naar oneindig als $R = 1$ is. Dit houdt in dat alle energie weerkaatst wordt en er geen energie in de belasting komt. Dit is het geval bij een kortgesloten lijn of een open lijn.

In dB uitgedrukt: $S_{dB} = 20 \log (1 + |R|) / (1 - |R|)$.

In de praktijk hebben goede aanpassingen een VSWR van 1,2 tot 1,5.

In functie van de impedanties van bron, geleider en belasting wordt de reflectiecoëfficiënt als volgt berekend:

$$R = \frac{Z_x - Z_o}{Z_x + Z_o}$$

Misaanpassing: Als of de generator of de belastingsimpedantie niet juist is aangepast aan Z_o en de andere is wel aangepast, dan is het verlies als gevolg van deze misaanpassing:

$$P_m/P = 1/(1-R^2) = (S+1)^2/4S \text{ in dB uitgedrukt: } = 10 \log P_m/P \text{ (dB)}.$$

- Hierin zijn: P_m : geleverd vermogen bij perfecte afsluiting
- P : geleverd vermogen met misaanpassing
- R : reflectie coëfficiënt
- S : staande golf verhouding.

Rekenvoorbeeld: Lijn met $Z_o = 50\Omega$ wordt afgesloten met impedantie R_l van 75Ω dan is de bijkomende verzwakking: $= 10 \log(1,5+1)^2/4 \times 1,5 = 0,1773 \text{ dB}$.

Treedt aan de beide zijden van het systeem misaanpassing op, dan wordt de berekeningswijze van de totale verzwakking complex. In eerste instantie ziet de bron niet de karakteristieke lijnimpedantie Z_o maar een impedantie $Z_x (R_x \pm jX_x)$ die afhankelijk is van de lengte van de lijn en de belasting $Z_l \neq Z_o$. Ten tweede zal de lijnverzwakking α stijgen tengevolge van deze misaanpassing. Deze bijkomende verzwakking zorgt voor een demping van de misaanpassing.

Praktisch: Bij het gebruik van een coaxiale kabel waarvan Z_0 niet gelijk is aan de bron- en belastingsimpedantie telt de verzwakking twee maal mee.

Is $Z_{bron} = 75\Omega$, de lijnimpedantie $Z_0 = 50\Omega$ en de belasting $Z_l = 75\Omega$, dan is de misaanpassingsverzwakking $= 2 \times 0,1773 = 0,354\text{dB}$. Deze berekeningswijze wordt juist naarmate de lijn langer wordt. Hier moet uiteraard nog de totale verzwakking van de lijn opgeteld worden!

V. TYPES COAXIALE KABELS

Als verbindingkabel tussen LNC en satelliet tuner is uitsluitend hoogwaardige coaxkabel met (tenminste) dubbele afscherming geschikt. Een kabeldiameter tot ongeveer 6mm is bruikbaar. Dikkere kabels geven problemen bij het verleggen (buigstraal), het monteren van de connectoren, en zijn bovendien zwaar en onhandig – nog helemaal afgezien van de hogere prijs.

Type	LCD61	LCD80	LCD81
<u>Diameter (mm)</u>			
Ader	0.75	0.72	0.4
Binnenisolatie	4.74	4.6	2.75
Afscherming	PE	PE	PE
	5.5	5.5	3.3
Buitenisolatie	2-voudig	2-voudig	2-voudig
	6.8	6.8	4.25
	PVC	PE	PVC
	Wit	Zwart	Wit
<u>Buigstraal (mm)</u>	35	10	10
<u>Demping (dB/100m), 20° C:</u>			
50 MHz	7	6	10
100 MHz	9	9	14
200 MHz	13	13	19
300 MHz	15	16	23
450 MHz	19	20	29
800 MHz	26	28	40
1000 MHz	30	31	45
1350 MHz	36	36	55
1750 MHz	41	42	64
<u>Reflectiedemping (dB)</u>			
50 ..450 MHz	20	26	23
450...862 MHz	20	26	23
862.....1750 MHz	20	20	23
<u>DC-weerstand (Ω/km)</u>	140	45	630
<u>Afscherming (dB)</u>			
50...100 MHz	70	80	80
100...500 MHz	75	80	80
500...1000 MHz	70	80	80
1000...1750 MHz	65	70	70
<u>Temperatuurbereik (°C)</u>	-25°C;;+85°C		
<u>Gewicht (kg/100 m)</u>	4.6	4.6	3.0

Kabels voor satellietontvangst (Kathrein).

	COAXVOOR KABEL-TV			AANSLUITKABELS			COAXVOOR SAT-TV				
	COAX 3SL	COAX 6	COAX 12	H12	RG59	H43	COAX 12 BGB	H109	H121	H125	
Demping (dB/100m) op:	10 MHz	0,56	1,10	2,40	4,30	3,70	1,20	n.b.	3,00	3,00	2,30
	50 MHz	1,30	2,60	5,60	9,60	n.b.	2,60	2,80	4,40	5,90	4,70
	100 MHz	1,84	3,80	8,10	13,70	11,3	3,70	3,90	6,40	8,00	6,40
	470 MHz	4,35	8,40	18,30	29,60	n.b.	8,50	9,00	13,60	18,00	14,10
	860 MHz	6,27	11,90	25,00	40,60	n.b.	11,70	12,60	20,50	24,70	18,80
	1000 MHz	8,80	12,90	27,00	44,00	40,00	12,80	13,00	22,60	26,80	21,20
	1350 MHz	7,90	15,30	31,70	51,50	n.b.	15,90	16,00	26,30	31,50	25,00
	1750 MHz	9,50	17,30	35,60	59,30	n.b.	17,40	18,60	29,80	35,20	27,80
Diameter kern (mm)		3,4	1,6	0,7	7 x 0,2	0,58	1,66	0,9	1,0	0,8	1,0
Diameter over diëlectricum (mm)		14,9	7,55	4,6	3,5	3,7	7,15	4,8	4,7	3,5	4,8
Materiaal diëlectricum*		SAS	SAS	Massief PE	Massief PE	Massief PE	Spiraal	Massief PE	5 Ster	Schuim	Schuim
Buitengeleider folie		Koperfolie	Koperfolie	Koperfolie	n.a.	n.a.	Koperfolie	Alu folie	Alu folie	Alu folie	Alu folie
vechtwerk		n.a.	Koper 0,12	Koper 0,12	Koper 0,12	Koper 0,12	Koper 0,12	Vertind koper	Koper 0,10	Koper 0,10	Koper 0,10
Dekkingspercentage		60	70	56	90	95	51	n.b.	50	40	40
Diameter over buitenmantel (mm)		PE (groen)	PE (groen)	PE (groen)	PVC (zwart)	PVC (zwart)	PE (zwart)	PVC (grijs)	PVC (zwart)	PVC (zw/wi)	PVC (zw/wi)
		PVC (zw/wi)	PVC (zwart)	PVC (grijs)							
Materiaal buitenmantel		19,3	11,1 (PE)	7,1 (PE)	5,6	6,15	9,8	6,8	6,3	5	6,8
			11,0 (PVC)	6,8 (PVC)							

Overzicht van diverse types coaxiale kabels voor gebruik in de kabelwereld en satelliettoepassingen.

OMSCHRIJVING: coaxiale satellietkabels, 75 Ohm

CONSTRUCTIE:

kern:

isolatie:

afscherming:

buitenmantel:

TECHNISCHE GEGEVENS:

impedantie:

capaciteit:

voortplantingssnelheid:

demping (db/100M)
bij 20 °C

200 MHz

600 MHz

800 MHz

1000 MHz

1350 MHz

1750 MHz

COAX TC6AC

koper
Ø 1,0 mm
polyethyleen
Ø 4,70 mm
aluminiumband +
vertinde kopervlecht
PVC, wit
Ø 6,9 mm

75 Ohm
54 pF/m
80 %

8,0
11,3
16,0
20,2
23,4
26,0

COAX T11AC

koper
Ø 1,63 mm
polyethyleen
Ø 7,30 mm
aluminiumband +
vertinde kopervlecht
PE, zwart
Ø 10,3 mm

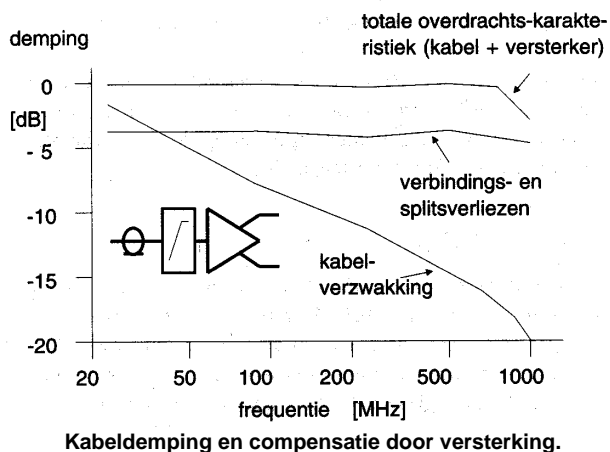
75 Ohm
54 pF/m
80 %

6,0
12,0
14,0
17,0
19,0
22,0

Twee coaxiale kabels specifiek voor satelliet installaties.

VI. DE LIJNVERSTERKER

Bij kabellengtes tot 25 meter is tussenversterken niet nodig. Bij langere kabels kan voor elke 20 meter lengte een versterker tussen geschakeld worden. Deze versterker, line-amplifier of blokversterker, wordt gevoed door de satelliettuner-antenne-ingang waarvan altijd een gelijkspanning van 15...20 V staat voor de LNC-voeding. De versterking mag uitgerekend enkel het verlies van de kabel compenseren. Het over-versterken, ten gevolge van het meer versterken dan de kabel verzwakt, van satelliet signalen, waar meerdere kanalen dicht naast mekaar liggen, leidt tot bijkomende storingen in de ontvanger.



Signaalniveau	Onderdeel	Demping
75 dB μ V		
74 dB μ V (73,5 dB μ V)	5 m kabel Sat 699	1 dB bij 1000MHz (1,5dB bij 2000MHz)
68 dB μ V (67,5 dB μ V)	SVB	6 dB
61 dB μ V (58,5 dB μ V)	30m kabel Sat 699	6,25 dB bij 1000MHz (9,0dB bij 2000MHz)
59,75 dB μ V (56,5 dB μ V)	Aansluitdoos	2 dB
57,75 dB μ V (54,5 dB μ V)	satellietontvanger	AKF 250 2 dB

Satellietontvanginstallatie voor meerdere gebruikers:
Het "ingangssignaal" van 75 μ V heeft op de ingang van de ontvanger bij de gebruiker een niveau gekregen van 57 μ V.

De tegenwoordig gebruikte LNB heeft een frequentiebereik van 950 tot 2150MHz, een bandbreedte van 1200MHz. Hoe meer programma's in dit frequentiegebied worden doorgegeven, des te gemakkelijker kan dan in de ontvanginstallaties met meerdere gebruikers tot ontvangstoringen leiden. Bij een zo grote bandbreedte moet naast de derde-orde-produkten rekening gehouden worden met de tweede-orde-produkten. Om deze reden moet, net als in de breedband-verdeler-techniek, niveaureductie worden toegepast. De maximale uitsturing op de ontvangeringang is meestal opgegeven voor twee kanalen of frequenties. Wordt het niveau bij meer kanalen niet verminderd, dan kunnen intermodulatie en kruismodulatie voorkomen. Bij satellietontvangers uiten de storingen zich als felwitte stippen (spikes) in alle beeldintensiteiten en niet, zoals bij te zwakke ingangssignalen in de sterk verzadigde kleuren. Ze treden niet steeds op in alle zenders, maar slechts bij één of twee ontvangfrequenties.

Het toegelaten ingangsniveau van deze ontvanger is 47 tot 77dB μ V (specifiek aan de ontvanger). Dit heeft echter betrekking op 2 kanalen. Omdat bij ontvangst via satelliet meerdere kanalen ontvangen worden (24, 32, 48 of meer) moet het maximum niveau evenredig verlaagd worden. De reductie wordt gegeven door: $7,5 \times \log(C-1)$ waarin $C > 2$ het aantal aangeboden kanalen betreft.

Voor 24 kanalen is de reductie 10,5dB, voor 48 kanalen is de reductie 12,5dB.

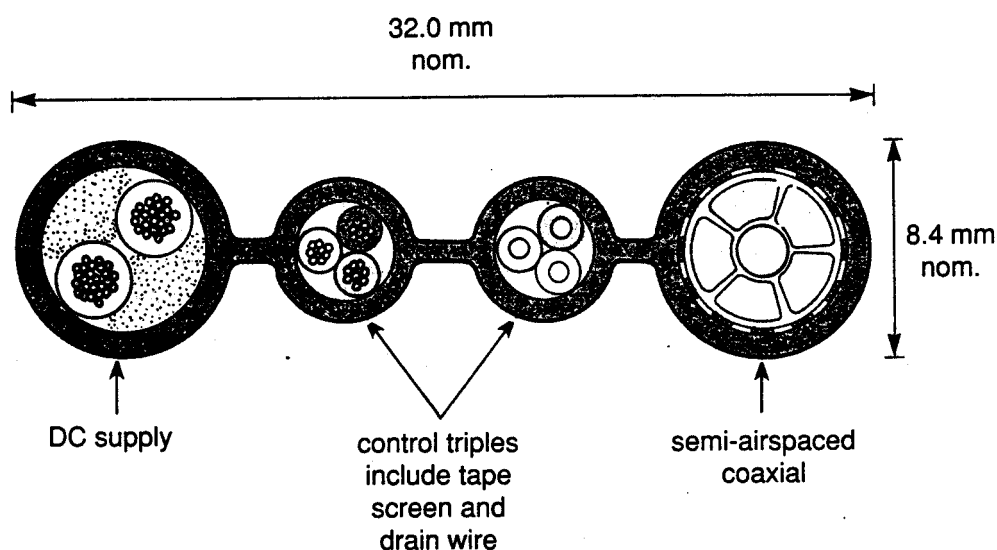
In dit voorbeeld zou voor de overdracht van 24 kanalen het maximum ingangsniveau $77 - 10,5 = 66,5\text{dB}\mu\text{V}$ mogen zijn. Vanwege de eigen verzwakking van de kabels en de splitter blijft het aangeboden niveau van 57,75dB μ V onder met maximum toegelaten niveau van de ontvanger.

Bij het toepassen van de lijnversterkers in cascade moet een bijkomende reductie van 3dB toegevoegd worden. Wanneer de uitgangsspanning na de LNB te hoog is kan dit verholpen worden door het toevoegen van een verzwakker, hetzij regelbaar of in trappen instelbaar tussen bijvoorbeeld 2 tot 20dB. Via een satelliet antennemeter kan uiteraard steeds het ingangsniveau aan de ontvanger gemeten worden.

VII. COAX MET VERMOGENGELEIDERS

DC vermogen is nodig bij antenne installaties die gestuurd worden met een motor (draaibare installaties). Signalisatiedraden zijn noodzakelijk om de stand van de motor door te geven aan de ontvanger. Daarenboven kunnen een aantal bijhorende signalisatiedraden van nut zijn voor het sturen van een magnetische of impuls polarisator.

Deze signalen en vermogensturing kunnen onmogelijk door dezelfde coaxiale kabel geleid worden. Daarom bestaan er kabeltypes die de coaxgeleider, de vermogendraden en bijhorende signalisatiedraden als één geheel integreert als één brede platte kabel. Hierbij heeft ieder component in de kabel zijn eigen afscherming.



Samenstelling van een multifunctionele coaxkabel met vermogen en stuurdraden.

VOLEX RAYDEX REFERENCE	ATTENUATION MAX (dB/100m)									RLR (dB min)		
	40 Mhz	100 Mhz	200 Mhz	400 Mhz	860 Mhz	1000 Mhz	1200 Mhz	1500 Mhz	1750 Mhz	10-450 MHz	450-1000 MHz	1000-1800 MHz
CT100	4.0	6.4	9.1	13.0	19.7	21.0	23.2	26.0	28.3	20	18	17
CT125	3.3	5.2	7.4	10.7	16.1	17.4	19.2	21.7	23.6	20	18	17

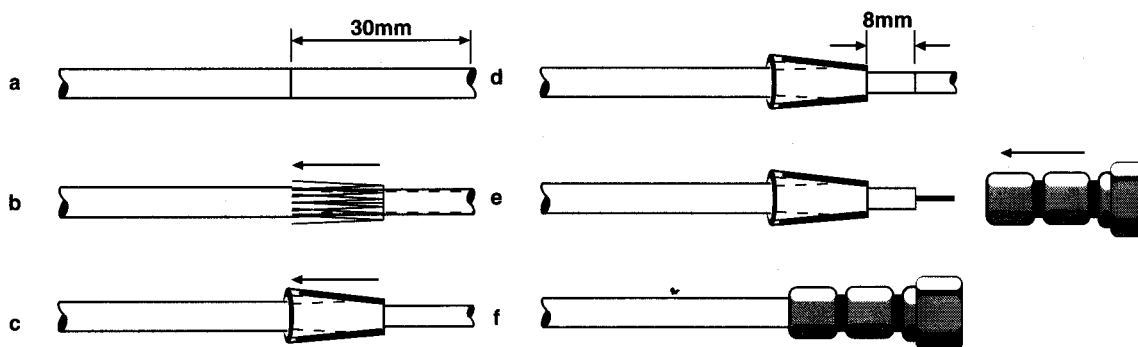
VOLEX RAYDEX REFERENCE	Characteristic Impedance (ohms)	Overall Diameter (mm)	Weight (kg)
CT100	75 ± 3	6.65	49
CT125		7.80	69

Elektrische eigenschappen van twee types multifunctionele kabels.

VIII. DE STEKKER OF CONNECTOR

Al geruime tijd heeft bij satellietinstallaties de F-connector zich tot standaard-connector ontwikkeld. Deze connector is uitsluitend geschikt voor 6mm-kabels en heeft als voordeel dat hij snel en eenvoudig zonder speciaal gereedschap kan worden gemonteerd. F-stekers zijn niet waterdicht.

Bij de F-steker wordt het uiteinde van de coaxkabel van de buitenisolatie ontdaan over een lengte van ongeveer 30mm. De afscherming van de kabel over ongeveer 15mm terugvouwen. Verwijderen van de binnenisolatie over een lengte van 7...8mm. Schroeven van de F-steker, die zelf geen inwendige contactstift heeft, en dus feitelijk gewoon een huls is, op het zo geprepareerde uiteinde van de kabel. De binnenader van de coax moet gelijkliggen met het uiteinde van de steker.



Montage van de F-stekker.

- de buitenisolatie van de coaxkabel over een lengte van 30mm verwijderen;
- de buitenste afscherming (gevlochten mantel) over de halve gestripte lengte terugvouwen;
- de binnenste afscherming (aluminiumfolie) wordt eveneens teruggevouwen;
- de binnenisolatie wordt over 7...8mm verwijderd, zodat ongeveer 8mm blijft zitten;
- de steker wordt op de kabel geschoven en rechtsom op de teruggevouwen afscherming geschroefd;
- de compleet gemonteerde steker.

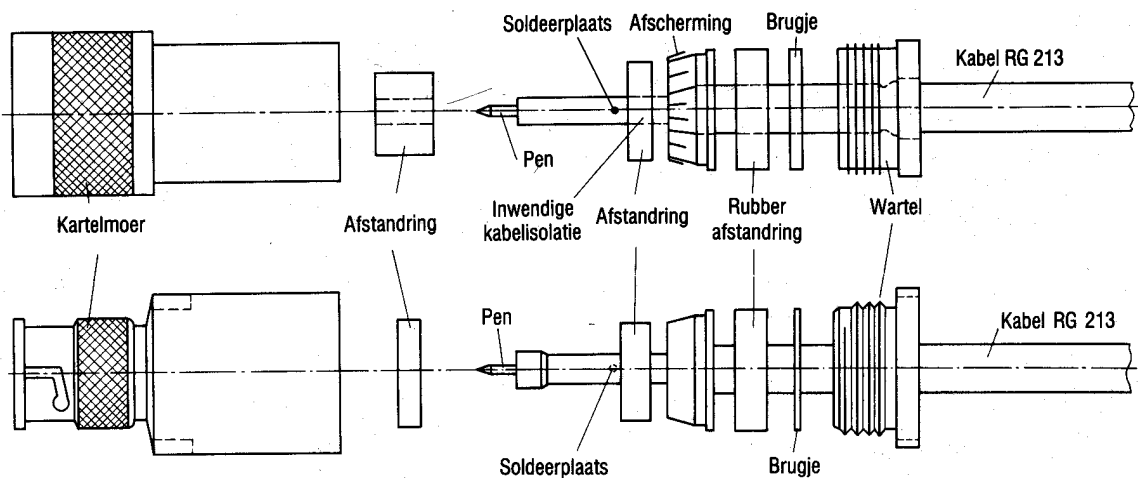
F-stekers hebben geen trekontlasting. Ze moeten derhalve steeds met een ontlastingslus verbonden worden aan de LNB. Steker en kabel mogen (moeten?) met vulcaniserend plakband worden omwikkeld om het binnendringen van water te voorkomen.

Andere types connectoren en hun aankoppelingswijze



De onderdelen van BNC- (links) en HPL connectoren (rechts).

Boven: HPL-stekker



Onder: BNC-stekker

Montagevoorbeeld van BNC en HPL stekkers. Hier wordt de pen gesoldeerd aan de ader van de coaxkabel. Controleer na het solderen op kortsluitingen teneinde de ontvanger niet te beschadigen.

IX. RESUME

- ✓ De coaxkabel moet de karakteristieke impedantie van 75Ω hebben.
- ✓ Het moet een speciale kabel, ontwikkeld voor satellietontvangst, zijn.
- ✓ De kabel moet een radiofrequente dichte afscherming hebben die dubbel uitgevoerd is.
- ✓ De verzwakking van de kabel en de misaanpassingen hebben invloed op het eindresultaat van de beeldkwaliteit en moeten minimaal gehouden worden.
- ✓ De buitenmantel moet UV (zonlicht) bestendig zijn.
- ✓ Bij gebruik van 'dikke' coaxkabel moet een aangepaste F-connector toegepast worden.