

De coaxkabel en zijn historie... ZX ronde 30 januari 2022

Een **coaxiale kabel** (kortweg **coaxkabel**) is een kabel waarvan de twee geleiders concentrisch zijn. Beide geleiders hebben dezelfde as, vandaar de naam coaxiaal. Deze kabel is al langer in gebruik als algemeen bekend is.

Fysiek is de coaxkabel uitgevoerd met een kern (binnenste koperen geleider) en de mantel (omhullende buitenste geleider) het zijn de twee stroomvoerende geleiders. Om de kern bevindt zich het elektrisch isolerende diëlektricum. Soms is dit lucht, in dat geval moeten er afstandhouders in de kabel worden aangebracht. Rondom de buitengeleider bevindt zich een kunststofmantel om de kabel tegen allerlei invloeden te isoleren en beschermen.

Zoals iedere elektrische kabel, heeft ook een coaxkabel een bepaalde karakteristieke impedantie, die bij hoogfrequente signalen van belang is. Berekent uit de elektrische spanning gedeeld door de elektrische stroom in een oneindig lange kabel.

De karakteristieke impedantie Z_k is ongeveer gelijk aan de vierkantswortel uit de inductantie over de capacitantie per lengte-eenheid.

$Z_k = \sqrt{(R + j\omega L)/(G + j\omega C)}$, met R is de weerstand van het koper en G is de geleiding (omgekeerde weerstand) van het diëlectricum.

De meeste kabels die in de handel zijn hebben een karakteristieke impedantie van: 50 ohm (voor netwerken en radiocommunicatieapparatuur) of 75 ohm (voor radio, televisie en videoapparatuur)

Om geen reflectie van het signaal te krijgen op de plaats waar de kabel aan een antenne of apparaat aangesloten wordt, moet deze een ingang impedantie hebben die gelijk is aan de karakteristieke impedantie.

Als de kabel niet aan beide einden met de juiste impedantie wordt afgesloten zal een signaal aan het eind van deze kabel teruggekaatst worden. Bij een open (oneindige weerstand) of kortgesloten (weerstand nul) uiteinde zal in theorie zelfs de gehele energie van het signaal gereflecteerd worden. Wij kennen dit als de VSWR verhouding de verhouding van de maximale en de minimale amplitude in een staande golf.

De elektrische demping per lengte-eenheid, meestal 100 meter uitgedrukt in dB. Hoe hoger deze waarde, des te meer signaal gaat er verloren in de kabel. De demping is afhankelijk van de frequentie van het signaal dat door de kabel wordt getransporteerd. Als voorbeeld de demping van 100 meter RG-58C/U-kabel een goedkope, gangbare standaardcoaxkabel 10,8 dB/100 m op 50 MHz. Voor b.v. 20 meter RG-58C/U is dit $20/100 \times 10,8 = 2,16\text{dB}$ bij 50 MHz



100-series
200-series
400-series
have a second layer
of shielding that RG
coax types do not
have.

RG174/U		NOMINAL ATTENUATION		
		MHz	db/100 ft	db/100m
50 Ohm Impedance		50	5.8	19.0
		100	8.4	27.6
		200	12.5	41.0
		400	19.0	62.3
		1000	34.0	111.5

RG316/U		NOMINAL ATTENUATION		
		MHz	db/100 ft	db/100m
50 Ohm Impedance		50	5.6	18.4
		100	8.3	27.2
		200	12.0	39.4
		400	17.5	57.4
		1000	29.0	95.1

RG58C/U		NOMINAL ATTENUATION		
		MHz	db/100 ft	db/100m
50 Ohm Impedance		50	3.3	10.8
		100	4.9	16.1
		200	7.3	23.9
		400	11.0	36.1
		1000	20.0	65.6

De 'verkortingsfactor' is wat je aan de buitenzijde van de coaxkabel meet, wanneer hier een hele golflengte op past in vergelijking met dezelfde golflengte in lucht. Dit is een praktische kijk op het verschijnsel in werkelijkheid wordt de elektromagnetische golf in het diëlectricum vertraagd, zoals licht wordt vertraagd bij het doorlopen van ander materie.

De verkortingsfactor of snelheidsfactor voor RG 58C/U is 0,66.

Laten we is terug gaan in de historie van de coaxkabel

In 1880 bestudeerde Engelse wiskundige Oliver Heaviside het zogenaamde skin-effect in telegraaftransmissielijnen, en kwam tot de conclusie dat het wikkelen van een insulaire behuizing rond een transmissielijn de helderheid van het signaal zou kunnen vergroten.

Niet alleen dat; hij ontdekte dat hij ook de duurzaamheid van de kabel kon vergroten, de voordelen waren tweeledig. Oliver patenteerde datzelfde jaar de allereerste coaxkabel in zijn thuisland.

Vier jaar later, in 1884, registreerde Siemens & Halske - een elektrotechnisch bedrijf - een patent dat opvallend veel leek op dat van Oliver. Het patent van Siemens & Halske bevond zich ondertussen in Duitsland.

Dankzij eerdere ontwikkelingen was een combinatie van technologie die is verkregen uit uitgebreid onderzoek dat in de loop der jaren is uitgevoerd, van cruciaal belang bij de constructie van de coaxkabels die zelfs vandaag nog in gebruik zijn. In de jaren 1900 patenteerden Lloyd Espenschied en Herman Affel de allereerste herkenbare coaxkabel in 1931.

Het was in opdracht van AT&T's Bell Telephone Laboratories en deze versie was de allereerste met twee transmissiedraden. Deze draden deelden dezelfde as, wat een veel groter frequentiebereik bood. Dit betekende dus een nog functioneler product.

In het begin van de 20e eeuw werden de Verenigde Staten steeds meer bedraad. Telefoon- en elektriciteitsdraden op palen begonnen kriskras door het landschap te lopen en huizen en bedrijven met elkaar te verbinden.

Naarmate het telefoonverkeer toenam, waren betere kabels nodig om de gesprekken door te voeren. AT&T, een dochteronderneming van American Bell, opgericht om telefoon- en langeafstandsdiensten te leveren, bouwde zijn eerste langeafstandsnetwerk aan het eind van de 19e eeuw uit koperen bedrading die op telefoonpalen was gemonteerd.

Gesprekken gingen door de bedrading in de vorm van analoge signalen. Voor een enkele oproep waren twee draden nodig, de eerste droeg het signaal in de ene richting, de tweede droeg het signaal in de tegenovergestelde richting. Vanwege de elektrische weerstand die de signalen ondervonden waren de telefoondraden die verre locaties met elkaar verbonden relatief dik.

Vooruitgang zoals het gebruik van repeaters verminderde de weerstand en maakte dunnere en langere telefoondraden mogelijk. Maar er was nog steeds een limiet aan het aantal telefoongesprekken dat je tegelijk via een kabel kon verzenden. Alle menselijke stemmen delen hetzelfde basis frequentiebereik en twee gelijktijdige signalen zouden elkaar overlappen en vervorming veroorzaken.

In 1918 realiseerden men zich dat je meerdere gesprekken op een enkele draad kon plaatsen als je hun frequenties kon veranderen. Ze deden dit met behulp van een gemoduleerd HF signaal met meerdere signalen op een enkele draad. Aan de ontvangende kant werden de signalen terug gedemoduleerd. Dit stond bekend als het draaggolf-systeem.

Ondanks deze verbeteringen was er een grotere doorbraak nodig. Om te voldoen aan de steeds toenemende vraag naar telefoondiensten en om kabels te hebben die geschikt is voor de zich ook ontwikkelende technologie van televisie, gingen AT&T-ingenieurs op zoek naar een beter soort kabel. Lloyd Espenschied en Herman Affel werkten in een AT&T-telefoonlaboratorium en vonden precies wat ze zochten, de coaxiaal kabel.

Ze dienden in 1929 een patent in voor een geschikte coaxkabel, dat in 1931 werd verleend. Het ontwerp was een grote verbetering ten opzichte van andere soorten draad en kabel die destijds verkrijgbaar waren. Coaxkabel ondervindt geen interferentie van andere elektromagnetische velden, noch interfereert het met hen.

Dit omdat het signaal dat door de coaxkabel wordt gedragen, beperkt is tot een elektromagnetisch veld tussen de binnenste en buitenste geleidende lagen van de kabel. Halverwege de jaren dertig richtte AT&T een experimentele coaxkabel op tussen New York en Philadelphia. Het werd gebruikt om de menselijke stem uit te zenden, maar bewegende beelden bleven niet ver achter.

In 1941 nam het bedrijf de nieuwe coaxkabel in gebruik. De eerste verbinding strekte zich uit van Minneapolis, Minnesota, tot Stevens Point, Wisconsin. Er konden 480 telefoongesprekken of een enkele tv-zender door. Met verdere verbeteringen nam de oproep- en kanaalcapaciteit aanzienlijk toe.

In 1956 maakte coaxkabel het eerste transatlantische telefoonsysteem mogelijk. De onderzeese kabel, de **TAT-1** genaamd, verbond Schotland met Newfoundland een kabel van ongeveer 2000 zeemijl lang. Dit slimme systeem, dat de steden Oban, Schotland en Clarenville, Newfoundland met elkaar verbindt, kon in totaal 36 telefoongesprekken gelijktijdig voeren. Tot 1978 is deze verbinding in gebruik gebleven.



De coaxkabel die in de zeebodem werd gelegd tussen Schotland en Newfoundland

Maar ook in 1936 - het jaar waarin de coaxkabel een belangrijke rol speelde bij het verzenden van beelden van de Spelen van de Olympische in Berlijn. Dit was het eerste grote evenement dat profiteerde van de nieuwe technologie. Via gesloten circuit konden de spelen zo'n 240 kilometer verderop in Leipzig gevolgd worden.

Dit was zo baanbrekend dat het de allereerste keer was dat grootschalige tv-beelden over een aanzienlijke afstand werden uitgezonden.

Ondertussen werd in Australië de eerste onderzeese coaxkabel gelegd, met meer dan 180 mijl coaxkabel om het eiland Tasmanië te verbinden met het Australische vasteland. In het Verenigd Koninkrijk deed het General Post Office (GPO) mee aan de coaxiale vernieuwing en legde een coaxiale telefoonkabel naar Londen en Birmingham. Het eerste in zijn soort voor het VK, het 130-mijls telefoonsysteem bood in totaal 40 individuele telefoonkanalen.

Technisch gezien waren er wel wat obstakels zoals onder ander de demping in die lange coax verbindingen. Afhankelijk van de gebruikte draaggolf frequenties moesten op een bepaalde afstand repeaters geplaatst worden in de kabel in de zeebodem.

Het nieuwe trans-Atlantische telefoonkabelsysteem is voorzien honderden speciaal ontworpen vacuümbuizen met een zeer lange levensduur die zijn ondergebracht in ingebouwde repeaters in de kabels die op de oceaانبodem liggen. Repeaters zijn geïnstalleerd met tussenpozen van ongeveer 40 mijl in elk van de twee 2000 zeemijl lange diepzeekabels tussen Newfoundland en Schotland.

Elk van de 102 repeaters heeft een circuit met 3 buizen dat wordt gebruikt om de verzwakking van de kabel te overwinnen en om de niet-lineaire

frequentierespons te egaliseren. Er zijn twee hoofdtypen buizen gebruikt. Een daarvan, de 6P12, is ontwikkeld door het British Post Office voor gebruik in het ondiepwater gedeelte van het systeem tussen Newfoundland en Nova Scotia. Elke repeater levert een versterking op van 65 dB.

De laagste transmitter frequentie is 20 kHz en de hoogste 164 kHz.

De transmissieverliezen op 164 kHz zijn 1,6 dB per nautical mile.

De karakteristieke impedantie is ongeveer 54 Ohm.

De andere, de 175HQ, werd ontwikkeld door Bell Telephone Laboratories voor gebruik in het diepzeegedeelte van het systeem tussen Newfoundland en Schotland. De diepzeebuis is ontworpen om te functioneren bij de laagste praktische operationele kathodetemperatuur.

De plaat- en schermspanningen werden teruggebracht tot de lage waarden die genoeg waren voor de performance. Bovendien werden de elektrode afstanden grote gemaakt. De gloeistroom van de buizen, die 225 ma. d.c., zijn in serie geschakeld, terwijl de plaat- en schermspanningen voor elke repeater worden verkregen uit de spanningsval (ongeveer 55 volt) over de gloeispanning in die specifieke repeater.

Daarom is het probleem met de stroomvoorziening er een van het voeden van een constante stroom van 225 ma. in de kabel. De gloeidraden van de buizen voor elke kabel hebben ongeveer 2800 volt nodig, en de daling in de kabel zelf brengt de benodigde spanning op 3900 volt gelijkstroom. Om diëlektrische spanningen te minimaliseren, wordt een serie-ondersteunende voeding aan iedere zijde van de verbinding gebruikt. (2x 1950 Vdc in serie)

De buizen die in wezen hetzelfde zijn als de buizen die worden gebruikt op land hebben ongeveer 17 jaar een levensduurtest ondergaan zonder defect en er is een redelijke kans dat deze buizen gedurende ten minste 20 jaar zonder defect zullen werken.

Schematische het in serie geschakelde voeding systeem.

