

고발포 동축케이블의 전송특성 The Properties of Transmission in the High Foamed Coaxial Cable

김성탁*, 박대희*, 김용주**

Sung-Tag Kim, Dae-hee Park, Young-Ju Kim

Abstract

Recently, extending the local broadcasting and increasing lots of informations. The low-loss communication cable is required in proportion as frequency. The reason of transportation loss causes to using the high frequencies like hundreds of MHz or decades of GHz. For the low transportation loss. It is required the developing-technology of foaming and the high foamed insulator with the dielectric ratio of the nearest to 1. Therefor, there is the purpose of developing the insulating materials for the low dielectric ratio. Also it is important to measure the attenuation, which is one of the important parameters. sa the evaluation of transportation characteristic with frequency in the communication cable. In this paper, the result showed that the dielectric ratio(1.4) of the nearest to 1 and low attenuation with high frequency were very related to the transportation and reflection characteristics such as propagation velocity (82.27%). Delay time and voltage standing wave ratio(VSWR).

1. 서 론

최근에 지역방송의 확대로 전송로인 동축케이블의 수요가 크게 증가되고 있으며, 많은 정보를 전달하기 위해 전송로의 대용량화와 함께 주파수의 대역폭이 높아지고 있다. 기존의 동축케이블로서는 많은 손실이 발생되어 저손실의 통신케이블이 요구되고 있다. 많은 정보를 전달하기 위하여 사용주파수가 수백 MHz 혹은 수 GHz의 고주파화가 되어 가고 있다. 통신케이블에 있어서 사용주파수가 높아짐과 함께 손실이 적은 절연체가 요구되어 지고 있으며 지금까지 사용되고 있는 동축케이블의 절연체는 유전율이 높아 고주파대역에서 사용하면 전송 손실이 발생되는 한계가 있다.

따라서 저손실화를 위해 절연체를 발포 시킴으로서 유전율을 최대한 저감시키고, 이에 따

라 고발포의 절연재료가 사용되고 있다. 발포재로 고분자를 base로 하고 발포제를 적당하게 첨가 시킴으로써 발포를 시키고 있다.

이와 같이 절연재료의 발포는 절연체의 유전율을 낮게함으로 고주파대역에서 전송손실이 저감되도록 하는데 목적이 있으며, 현재 절연재료의 고발포화는 아직도 많은 부분에서 미흡한 실정으로, 많은 연구가 진행되고 있다. 통신케이블은 폭 넓은 주파수 대역에서 사용하기 위해서는 각 주파수에서의 감쇄량의 평가가 요구되고 있다.

따라서 본 논문에서는 가장 많이 사용되고 있는 CATV용 고발포 동축케이블의 감쇄량과 전파속도 등의 전송특성을 평가하고자 한다.

* 원광대학교 전기전자공학과

** 충주대학교 전기공학과

2. 본 론

2.1 시료 및 측정방법

본 실험에 사용한 케이블은 그림 1 과 같은 고 발포 5C Coaxial Cable 을 사용하였으며 300(m) 의 길이에 대하여 각각 측정하였다.

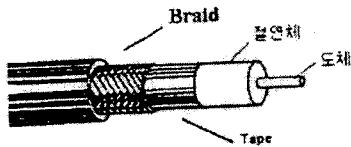


그림 1. 고발포 CATV 용 동축케이블의 구조

Fig 1. The Structure of the High Foamed Coaxial Cable

감쇄량과 전달특성 등을 평가하기 위한 장비는 NETWORK/SPECTRUM ANALYZER MS620J(ANRITSU CORP)를 사용하였다. 또한 시료에 대한 유전율 값을 구하기 위해 LCR METER 를 사용하였다. 케이블의 단말은 BNC 를 각각 접속부로서 이용하였다.

2.2 결과 및 고찰

1) 주파수 대역에 따른 감쇄량의 특성

케이블의 감쇄량은 도체의 고주파 저항에 의한 도체 손실과 도체를 지지하고 있는 절연체의 고주파 유전체 손실의 합으로 이루어진다. 일반적으로 VHF 주파수대에서의 감쇄량은 도체의 저항감쇄정수가 지배적으로 대부분을 나타내며 유전체손실은 거의 없다. 본 실험을 통한 시편의 감쇄량 특성 변화를 표 1 과 그림 2 에 나타내었다.

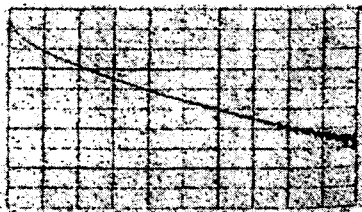


그림 2. 주파수(5MHz ~ 1GHz)에 따른 감쇄량 특성 곡선

Fig 2. Attenuation property curve as a function of frequencies.

주파수	측정치	감쇄량
5 MHz	-5.30	17.38
100.52 MHz	-20.07	65.80

200.02 MHz	-27.63	90.59
301.51 MHz	-34.32	112.52
401.01 MHz	-40.29	132.09
500.51 MHz	-45.24	142.32
600.01 MHz	-50.69	166.19
701.5 MHz	-53.89	176.68
801.00 MHz	-58.53	191.90
900.5 MHz	-63.79	209.14
1 GHz	-70.51	231.18

표 1. 주파수에 따른 감쇄량 특성

Table 1. Attenuation properties as a function of frequencies

그림 2 에서 보는 바와 같이 감쇄량은 주파수의 제곱근에 거의 비례하여 증가하며 주파수가 300MHz 이상의 UHF 대에서 유전체 손실이 증가하기 시작하여 600MHz 이상에서는 유전체 손실의 큰 증가로 감쇄량 특성곡선의 굴곡은 실제로 신호대 잡음 비율(S/N Ratio)과 delay time 를 증가시켜 통신의 저해 요인이 되며, 영상신호의 경우 잔상(ghost)을 발생시키는 요인이 된다.

2) 감쇄량과 delay time 과의 관계

일반적으로 동축케이블에 가해지는 속도는 $1 \mu\text{sec}$ 당 200 ~ 250m 이기 때문에 (케이블 종류에 따라 다름) 100m 의 케이블에서 반사가 일어나면 왕복에서 $0.8 \sim 1 \mu\text{sec}$ 늦어진다. TV 신호의 경우 이와 같은 늦어진 신호는 화면에 고스트가 되어 나타나나, 보이는 상태는 지연시간에 따라 달라 $1 \mu\text{sec}$ 이내 이면 눈에 띄지 않는다. 다시 $0.3 \mu\text{sec}$ 이내로 되면 고스트로서가 아니고 해상도가 저하되어 나타난다. 이와 같이 반사손실이 커지게 되면 즉 반사손실에 의한 감쇄량값이 커지면 커질수록 delay time 값이 역시 커져서 영상신호의 잡음, 왜곡 등으로 발생하게 된다. 표 2 와 그림 3 에서는 시료에 대한 감쇄량과 delay time 과의 관계를 나타냈으며, 주파수에 따라 감쇄량값이 큰 곳에서 delay time 값이 크게 나타나고 있고 있는 것을 보여 주고 있다.



그림 3. 감쇄량과 delay time 과의 관계

Fig3. The relation between attenuation and delay time as a function of frequencies.

주파수	delay time[ns]	감쇄량
5 MHz	1252	-6.36
100.52 MHz	1244	-20.99
200.02 MHz	1212	-28.46
301.51 MHz	1260	-35.07
401.01 MHz	1212	-40.40
500 MHz	1216	-46.08
550 MHz	1356	-48.73
600.01 MHz	1404	-50.86
650 MHz	1084	-52.35
701.5 MHz	1140	-53.65
750 MHz	1568	-57.50
801.00 MHz	1660	-60.90
825 MHz	1536	-62.27
850 MHz	1128	-61.02
868 MHz	2684	-67.63
875 MHz	644	-61.07
900 MHz	1148	-60.03
910 MHz	2368	-68.58
926 MHz	636	-62.59
944 MHz	2788	-69.74
950 MHz	1404	-62.19
974 MHz	3600	-71.26
976 MHz	1004	-61.23
1 GHz	1356	-66.93

표 2. 주파수에 따른 감쇄량과 delay time 값

Table2. The data between attenuation and delay time as a function of frequencies

3) 전파속도(Propagation Velocity)

자유공간에서 신호 전달 속도인 전파속도 (Propagation Velocity)는 전자기파 형태로 빛의 속도로 전달된다. 그러나 실제 동축케이블에서는 감쇄가 일어난다. 일반적으로 자유공간에서 전파속도의 percentage 로 나타낸다. 우선, 시료를 LCR meter 로 capacitance 값을 측정하였다. 측정된 capacitance 값은 아래식(1),(2)로부터 유전율값을 구할 수 있으며, 식(3)으로부터 전파속도를 구할 수 있다.

Capacitance 값을 이용한 유전율값

$$C = \frac{10^3 \epsilon}{18 \log_{10} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)} = \frac{24.12 \epsilon}{\log \left(\frac{d_2}{d_1} \right)} \text{ (nF/km)} \dots (1)$$

d_1 : 내부도체의 외경(mm)

d_2 : 외부도체의 내경(mm)

d_1 과 d_2 의 값은 각각 1.02[mm]와 4.57[mm]이다. 이때 capacitance 값은 16.732[nF/305[m]]이었다. 이 C 값으로부터

$$\epsilon = \frac{C \log \left(\frac{d_2}{d_1} \right)}{24.12} \dots (2)$$

$$= \frac{16732 \times 3.27 \log \left(\frac{4.57}{1.02} \right)}{2412} = 1.47744$$

전파속도 v 는

$$v = \frac{2\pi f}{\beta} = \frac{3 \times 10^5}{\sqrt{\epsilon}} \dots (3)$$

$$= \frac{3 \times 10^5}{\sqrt{1.47744}}$$

$$= 246812 \text{ [km / s]}$$

따라서, 시료에 대한 전파속도 v 는 빛의 속도 3×10^5 의 82.27%에 달함을 알 수 있었다.

3) VSWR(Voltage standing Wave Ratio)

일반적으로 반사특성을 나타낼 때 다음의 4가지로 표시할 수 있다. 반사계수(Γ), 반사손실(SRL), 전압정재파비(VSWR), 전파속도(v) 또는 파장단축율(k), 여기서 반사계수는 입력신호 전압에 대한 반사파 전압의 비로 나타내며, 반사손실은 이 반사계수를 decibel 로 표시한 것이다. 또한 전압정재파비는 반사로 인해 케이블내에서 발생하는 전압의 최대치와 최소치의 비를 나타낸다.

특히, 반사손실(Strutural Return Loss)은 불균등 반사손실을 뜻하는데, 일반적으로 케이블의 선로는 엄밀하게 말하자면 균등하지 못하고 부분적으로 다소의 편차를 갖는다.

동축케이블은 제조과정에 있어서 케이블 구조상의 오차 즉, 내부도체경, 절연외경, 절연체의 유전율 등의 수치 변동(편차)으로 인하여 케이블의 특성임피던스가 부분적으로 불균등하게 되어 전송신호를 가했을 경우 이들 부분에서 전송신호의 반사가 생기게 된다. 즉, 전송계 내의 임피던스 부정합에 따라 반사파가 발생하게 된다. 동축케이블에서는 이를 주로 VSWR(전압정재파비)로 표시하며 SRL(불균등 반사손실)로도 나타낸다. 이와 같이 반사파는 부하로 최초에 가한 신호 즉 회망파 보다도 케이블을 왕복하는 시간만큼 늦어서 부하에 나타나게 된다. 아래 표 3은 시료에 대한 VSWR 특성을 보여주고 있으며, 제조상의 관리 우수성에 따라 다르나 VSWR 1.1(2.7[db])이내이면 우수한 것으로 판단된다. 따라서 본 시표에 대한 VSWR 값은 1.0~1.2로 매우 양호한 것으로 나타났다.

주파수	반사계수	전압정재파비 (VSWR)
5 MHz	0.0566	0.9434
50 MHz	0.0592	1.1259
100.02 MHz	0.0762	1.1596
150.27 MHz	0.0588	1.1249
200.01 MHz	0.0128	1.0259
249.77 MHz	0.0417	1.0870
299.52 MHz	0.0728	1.1570
351.26 MHz	0.0663	1.1420
401.01 MHz	0.0277	1.0569
450.76 MHz	0.0325	1.0672
500.51 MHz	0.0679	1.1457
550.26 MHz	0.0702	1.1510
600.01 MHz	0.0392	1.0816
649.76 MHz	0.0156	1.0317
699.51 MHz	0.0593	1.1260
801 MHz	0.0457	1.0958
850.75 MHz	0.0062	1.0082
900.5 MHz	0.0486	1.1022
950.25 MHz	0.0668	1.1432
1 GHz	0.0526	1.1110

표 3. 반사계수에 따른 전압정재파비

Table3. VSWR as the value of reflection coefficiency

3. 결 론

본 시험을 통해 고발포 동축케이블의 전송특

성을 평가한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 동축케이블의 감쇄량은 고주파일수록 유전체에 의한 감쇄량이 현저하게 크게 나타났으며, UHF 대의 고주파수 영역에서 감쇄량과 delay time 이 비례적으로 현저히 증가했다.
- 2) 전파속도를 알기 위해 LCR meter 를 이용해 시료의 capacitance 값(16.7[nF])을 측정하고, 이 값으로 유전율값(1.47744)을 계산하여 동축케이블의 전파속도를 계산할 수 있었다. 그 결과 전파속도는 빛의 속도 3×10^8 의 82.27%에 달했다.
- 3) 동축케이블의 반사특성에 있어서 VSWR 값은 1/0~1.2로 매우 양호했다. 따라서 향후 고주파를 이용한 통신 케이블에 있어서 유전체 손실에 의한 감쇄량을 최대한 줄이기 위해 절연재료의 개선이 절실히 요구되고 있으며, 그에 따른 전파속도의 향상이 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] R.Perelman, J.Lanoué, “ The importance of coaxial cable to base station performance “. Mobile Radio Technology.Vol.15,No.1, pp20~24,26,1997
- [2] Satio O.:Ohnuma T:Ohtsuka H. “고발포 전경 동축 Cable”. 제 98 호, pp56~61, 1995
- [3] Vazhdauv V. A.: Katayev I.G. : Krotov I.D. “ 동축 케이블의 비접촉 신호 유도 및 직접 측정”.SOV ICOMMUN TECHNIL ELECTRON(USA),제 38 호, pp14~20,1990
- [4] Morita Y.” 고발포 동축 Cable 절연용 신압출 재료”,미스비시 전기공업시보, 제 83 호, pp7~12,1992