

新設 345KV 送電線에 의한 電波雜音

〈電氣技術士〉

梁 培 德*

<차 례>

- | | |
|----------------------|-----------------|
| 1. 서 론 | 코로나 雜音 |
| 2. 送電線으로부터의 電波雜音 | 5. 雜音 레벨에 대한 考察 |
| 3. 導體(電線)의 코로나 雜音 | 6. 결 론 |
| 4. 新設 345KV 送電線에 있어서 | 참고문헌 |

1. 서 론

효율적인 電力輸送을 위하여 送電電壓을 높이는 것은 세계적인 추세로 各國에서 新設되는 送電線의 送電電壓은 해가 갈수록 높아지고 있다.

현재 500KV級 送電線이 선진국에서는 主된 超高壓 送電線으로 이용되고 있으며 1,500KV級 送電線路를 建設하기 위한 조사연구가 진행되고 있는 상태이다.

이렇게 送電電壓을 높이므로써 문제점으로 대두되는 것은 선로에서 생기는 氣中放電에 의한 電波雜音과 電力損失이 문제된다. 이러한 氣中放電이 최악의 기상조건에서 어느 정도의 電波雜音으로 나타날 것인가를 예측하는 것은 이후 送電線建設을 위하여 필요한 일이다.

본고에서는 우리나라 345KV 送電線 直下의 코로나雜音 레벨을 예측하고 실측치와 비교 검토한 결과를 보고하고자 한다.

2. 送電線으로부터 電波雜音

送電線의 電壓인가 부분은 導體 및 碍子裝置 부분이며 이곳에서 氣中放電이 생기게 마련이다 送電線 설계시 導體(電線)는 코로나 개시 전위

경도 이하가 되도록 굵은 導體이거나 多導體로 설계된다. 따라서 설계상으로는 코로나방전이 어느 범위 이상 일어나지 않도록 고려하지만 架設時 導體의 표면손상 또는 눈, 빗방울, 먼지등 부착물 때문에 전계의 집중을 초래하고 이로 인하여 코로나방전이 생긴다. 코로나방전이 일어나면 그 절에서 전자파가 복사되며 도체중에는 잠음전류가 흐르게 된다. 이렇게 하여 생긴 잠음을 코로나雜音이라 하며 수 백 KHz에서 수십 MHz까지 분포되고 있다. 이 잠음전자파가 라디오 수신기에 영향을 주는 것은 500KHz~1,500KHz 범위이며 잠음강도도 이 주파수대에서 가장 강하다. 높은 주파수 범위에서는 그 강도가 급격히 떨어져 VHF대에서의 강도는 1MHz의 잠음전계강도보다 40dB 정도 감소된다.

또 碍子 또는 金具에서 일어나는 放電이 있다 그 하나는 碍子表面에서 일어나는 연면 코로나방전이며 또 두번째는 아아크 혼이나 클램프 등 金具에서 일어나는 코로나로 전술한 導體로부터의 코로나 방전과 같은 성질의 것이다.

세번째로 핀과 쉘의 접속부, 기계적인 헐거움 또는 지지물의 부식, 碍子連의 불평형, 荷重에 의한 불완전 접속 등으로 국부적인 불꽃방전이 생긴다. 이 경우에는 대단히 급준한 펄스 형태의 電磁波를 발생시키며 그 레벨도 높고 주파수에 따른 감쇄현상도 없으며 VHF대까지 영향을

*韓國科學技術研究所先任研究員

주게 된다.

이와 같이 송전설비에서 생긴 氣中放電은 직접 雜音電波를 발생하거나 線路에 雜音電流를 흐르게 하여 雜音電磁界를 만드는 동시에 送電線이 안테나 작용을 하여 雜音電磁波를 복사하게 한다.

이 雜音이 라디오, TV 또는 기타 무선 수신기에 침입하여 신호강도가 약한 경우에 수신장애를 일으킨다.

3. 導體(電線)의 코로나 雜音

도체의 코로나 雜音은 도체의 표면상태, 인가 전압, 또는 도체의 표면 전위경도, 기상조건 등에 의하여 크게 좌우된다.

3.1 도체표면 전위경도

送電線 도체는 주로 연선이 사용된다. 도체표면의 전계는 소선에 의한 凹凸을 생각해야 되겠지만 일반적으로 그 包絡圓의 직경을 외경으로 하는 円筒導體로 취급한다.

單導體의 경우는 円周上의 부분이 균일하다고 보아 표면 전위경도는 다음 식으로 계산한다.

$$G = \frac{V}{r \ln \frac{D}{r}} \text{ (KV/cm)} \quad (1)$$

단, V: 대지간 전압(KV)

r: 도체의 반경(cm)

D: 등가 선간거리(m)

多導體의 경우에는 円周上을 따라서 그 전위경도는 아주 다르게 되며 이것을 엄밀히 계산한다는 것은 매우 복잡하다. 그러나 送電線은 導體의 지상고 h(혹은 상간거리 D), 素導體의 간격을 S라고 할 때

$$\text{hor } D \gg S \gg 2r \quad (2)$$

의 관계가 성립되므로 實用的 계산이 가능해진다. 이의 계산은 어떠한 방법¹²⁾으로 유도하여도 최종적인 결과는 다음과 같다.

$$G_0 = \frac{1 + \frac{r}{s} \cos \theta \cdot K_1}{nr \ln \frac{D}{Re}} \cdot V \text{ (KV/cm)} \quad (3)$$

단, G_0 : 도체의 표면전위 경도(KV/cm)¹⁾

V: 다도체의 대지간 전압(KV)

D: 등가상간거리(cm)

n: 소도체 수

r: 소도체 반경(cm)

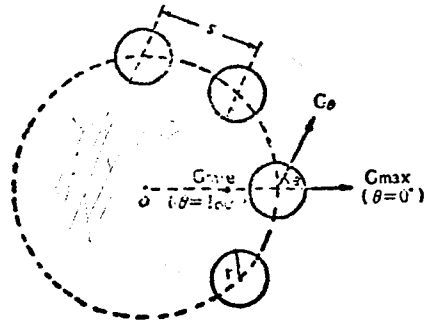
S: 소도체간 간격(cm)

$Re = n \sqrt{rS^{n-1}} \cdot K_2$ = 다도체 등가반경 (cm)²⁾

θ : 그림 참조

$$K_1: 2(n-1) \sin \frac{\pi}{n}$$

$$K_2: n \sqrt{n / \left(2 \sin \frac{\pi}{n} \right)^{n-1}}$$



3.2 코로나 雜音레벨

送電線의 코로나 雜音 예측 계산식에 대해서는 학문적으로 또 試驗的으로 20여년 전부터 研究되어 왔다. 그 몇가지 계산식을 소개하면 다음과 같다.

가. 電氣試驗所方法

1) 晴曇天時의 코로나 雜音

電線 地上高 10m, 주파수 1MHz의 電線直下에 있어서 코로나 雜音電界強度는 다음과 같다.

$$N = 70(G/G_0 - 1.1) + 77 + N_r + N_b +$$

$$20 \log \frac{10}{h} + 20 \log \frac{1}{f} \text{ [dB]} \quad (4)$$

단, N: 외경 2r의 송전선 직하에 있어서 코로나 雜音電界強度 [dB]

G: 도체표면 전위경도(KV/cm), 복도체의 경우는 최대표면 전위경도로 한다.

G_0 : 코로나 임계 전위경도 (KV/cm) 다음 식으로 구한다.

$$G = m \frac{30}{\sqrt{2}} \left(1 + \frac{0.3}{\sqrt{r}} \right), \quad m = \frac{n+10}{n+13}$$

N_r : 도체 외경에 의한 雜音補正量 [dB] 값

선 외경 30mmφ인 경우를 0dB이며, -10 ~ +10dB 범위

N_b : 복도체에 대한 코로나 雜音補正量 4, 3, 2, 導體에 대하여 3, 2, 0 [dB]

h : 送電地上高(m)

f : 주파수[MHz] $f \geq 1$ $f < 1$ 인 경우는 1로 한다.

2) 雨天時의 코로나 雜音

일반 표면 전위경도에서 최고 25dB, 보통 강우시에는 10~20dB를 상계산식에 加한다.

나. 電氣協同研究會의 方法

1) 晴曇天時의 코로나 雜音

$$N = N_s + 3.5(E-15) + N_d \text{ [dB]} \quad (5)$$

단, N : 도체의경(복도체에 있어서는 素導體 半徑) $d(=2r)$ 전선의 EKV/cm에 있어서 코로나 雜音레벨로서 보통 43±2[dB]임

N_d : 도체 외경에 따른 補正量으로 「가」항과 같다.

2) 雨天時의 코로나 雜音

上記式에 보통 10~20dB, 최고 25dB를 가하면 雨天時의 개략계산이 된다.

다. 電力中央研究所方法

1) 晴曇天時의 코로나 雜音

3相 垂直配置形 送電線 下相導體 直下 10m 지점에 있어서 周波數 1MHz의 코로나 雜音 전계 강도(N_d)는 다음과 같다.

$$N_d = [3.7G_{max} - 12.2 + K_d] \pm 3 \text{ [dB]} \quad (6)$$

단, 여기서 G_{max} 는 導體의 최대 전위경도이다 K_d 는 코로나 雜音레벨의 導體 外徑에 대한 補正量으로서 다음과 같다.

$$K_d = 40 \log_{10} \frac{2r}{2.53} \text{ [dB]} \quad (7)$$

단, r 는 導體半徑을 표시한다. 復導體인 경우는 素導體의 半徑으로 한다.

2) 雨天時의 코로나 雜音

送電線 導體直下 10m 地點에 있어서 雨天時의 코로나 雜音電界強度 N_p 는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$N_p = \frac{N_m - N_o}{\frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{2.53}{2r} \right)^2 + 1} + N_o \text{ [dB]} \quad (8)$$

단, β 는 강우량(mm/Hr)이다. 또 N_m 는 雨天時 최대 코로나 雜音 電界強度로 다음과 같이

계산한다.

$$N_m = - \left(\frac{G_{max} K}{2} \right)^2 + 10.5 G_{max} K - 31 + Kd \text{ [dB]} \quad (G_{max} K < 17 \text{KV/cm}) \quad (9)$$

$$N_m = - \left(\frac{G_{max} K}{4} \right)^2 + 17.5 \left(\frac{G_{max} K}{4} \right) + 19.5 + Kd \text{ [dB]} \quad (G_{max} K \geq 17 \text{KV/cm}) \quad (10)$$

$$N_o = -0.16(G_{max} K)^2 + 9.5 G_{max} K - 50.5 + Kd \text{ [dB]} \quad (11)$$

$$\alpha = -0.16 G_{max} / K + 3.72$$

$$K = GP / G_{max}, 0.92 \sim 0.97 (G_p \text{는 導體下面의 전위경도})$$

3.3 코로나雜音의 周波數特性

送電線의 導體에 의한 코로나雜音周波數 스펙트럼의 측정예(6)는 다음과 같다.

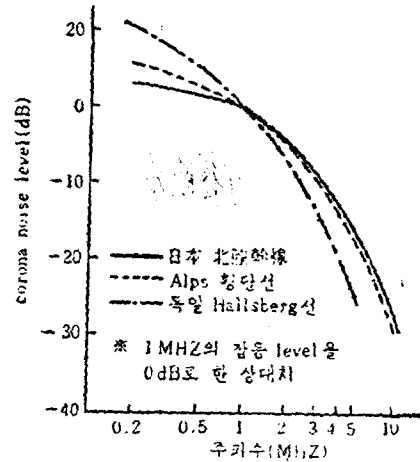


그림 1. 각종송전선 Corona 잡음주파수

즉, VHF대 이하의 낮은 주파수 범위에서는 $f_{1/2}$ 에 비례하여 감소하고 더 높은 VHF대에서는 f^2 에 비례하여 감소한다.

1MHz의 雜音레벨에 대한 다른 주파수의 補正量 계산식은 다음과 같이 된다.⁷⁾

$$K_f = -12(\log f)^2 - 17 \log f \text{ (dB)} \quad (12)$$

단, K_f : 주파수 補正量(dB)

f : 주파수(MHz)

4. 新設 345KV 送電線에 있어서 코로나雜音

4.1 제 원

도체 : Bundle(480mm²×2) Al45/3.7, St7/2.
41, 上記 復導體를 垂直配置한 3相 1回線 또는 2回線(서서울 T/L)으로 되어 있으며 導體 地上 高는 10m 이상으로 유지되고 있다. 復導體의 素導體 直徑(2r)은 2.961cm이며 素導體간 간격 S는 18"로 42.72cm이다.

4.2 코로나雜音 電界의 예측계산

345KV 復導體 "Bundle"의 표면 전위 경도는 다음과 같다.

1) 導體와 대지간의 전압

$$V = \frac{345}{\sqrt{3}} \times 1.05 = 209.15 \text{ [KV]}$$

2) 素導體 外徑

$$2r = 2.961 \text{ [cm]}$$

3) 素導體間 간격

$$S = 18" = 45.72 \text{ [cm]}$$

4) 相間거리

$$D = 913 \text{ [cm]}$$

5) 等價半徑 $Re = \sqrt{rS} = 8.24 \text{ [cm]}$

따라서

$$G_0 = 15(1 + 0.0648 \cos\theta) \text{ [KV/cm]}$$

$$\therefore G_{\max} = 15.968 \text{ [KV/cm]}$$

$$G_{\min} = 15.0 \text{ [KV/cm]}$$

이다.

표면 전위경도는 표준 범위내에 있다. 이때의 코로나雜音 전계강도를 식(6)으로부터 구하여

보면 다음과 같다.

1) 晴曇天時

$$N = [(3.7G_{\max} - 12.2) \pm 3\text{dB}] +$$

$$40 \log \frac{2.961}{2.53}$$

$$\therefore N = 49.6 \pm 3\text{dB}$$

2) 雨天時

$$N_p = \frac{N_M - N_0}{\frac{\alpha}{P} + 1} + N_0$$

K값을 0.933 하면

$$\alpha = 0.9813$$

$$\therefore N_M = 72.22$$

$$N_0 = 58.27$$

따라서

$$\therefore N_p = \frac{72.22 - 58.27}{0.098 + 1} + 58.27 = 70.57 \text{ (dB)}$$

그러므로 新設 345KV 送電線의 導體 直下 10m 지점에 있어서 1MHz이 코로나 電界는 최소 49.6dB에서 최대 71dB까지 변화될 것으로 계산된다.

4.3 현지 측정

1) 측정기기(測定機器)

日本協立製作所製 KNM402A 雜音電界強度測定器

2) 측정장소(測定場所)

人工雜音이 없는 장소로서 交通 및 전원사정을 고려하여 서서울 T/L No.195~226 사이에서 조사하였다.

3) 측정결과(測定結果)

코로나雜音은 Strip Chart Recorder로 自動記錄토록 하였으며 그 결과는 그림 2과 같다.

(표 1) 측정결과 및 예측치 비교표

측 정 위 치	하상도체와 측정 위치 높이 (h)	직 이 격 거 리 (m)	측정주파수	측정치(dB)	예 측 치	기 상 조 건	비 고
서서울 T/L No. 195	24	0	500KHz	42~48	46±3	23°C 1004mmbar 71%	중대마을
			1MHz	39~41	42±3		
" No. 216	12	18	500KHz	40~43	42±3	28°C 1006mmbar 67%	새터마을
			1MHz	38~39	38±3		
" No. 226	19	4	500KHz	46	48±3	23°C 1004mmbar 71%	기와집골
			1MHz	29~30	28.6±3		

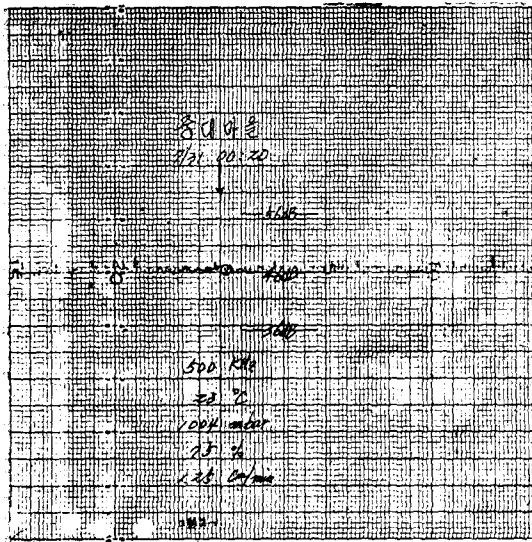


그림 2-1

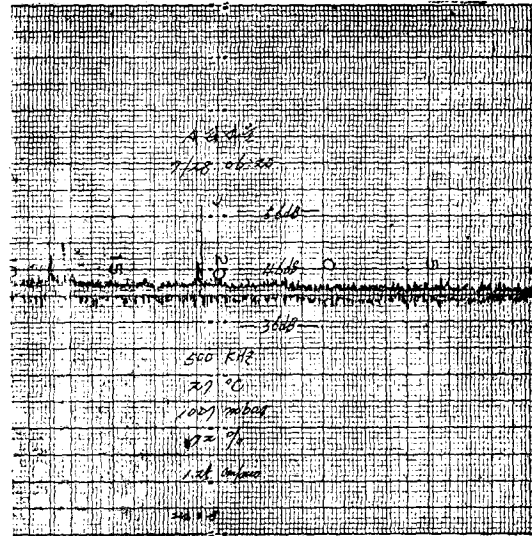


그림 2-2

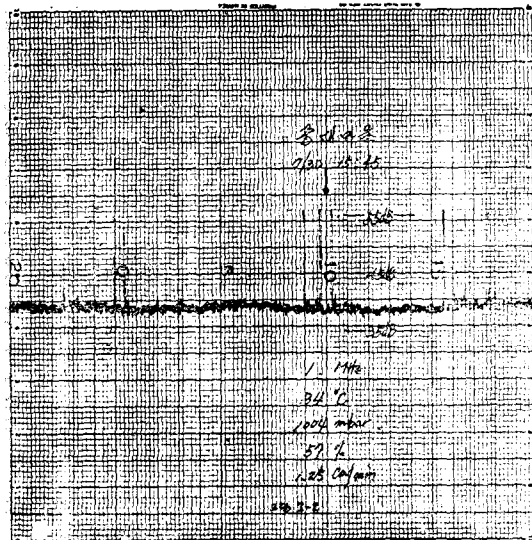


그림 2-3

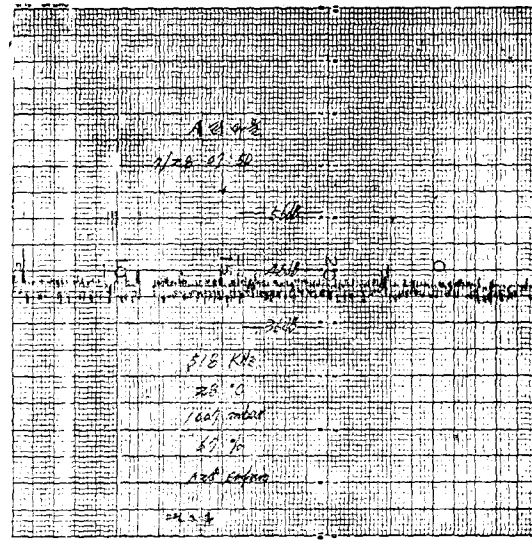


그림 2-4

이를 整理한 것이 表(1)이다.

※ 예측치 계산은 하상도체와 높이차(m)가 10m 이외의 경우는 $K_h = -20 \log \frac{h}{10}$ 를 가하여 보상하고 직각 이격거리가 0m 이외의 경우는 $K_l = 20 \log \frac{1}{(1 + \frac{x^2}{h^2})}$ 를 가하여 보정하였다.

5. 雜音레벨에 대한 考察

라디오 또는 무선 수신기의 수신 품질 저하에 대한 허용 코로나雜音 크기는 방송수신점에 있

표 2. 불쾌감을 갖지 않을 S/N비

누적 빈도	성우낭독(남자)	음 악
50%	18.5dB 이상	19.8dB 이상
60	20.4	20.8
70	22.4	22.0
80	24.6	23.4
90	27.8	25.4

어서 잡음측정기로 측정된 방송 전파강도와 코로나 전파강도의 비, 즉 신호대 잡음비(S/N비)로 결정된다. 대다수의 사단(80%)이 送電線 코로나 잡음에 대하여 불쾌감을 갖지 않을 S/N비

는 23~25dB이며 또 약 50% 사람이 불쾌감을 갖지 않을 비는 표 (2)와 같이 20dB로 보고되고 있다. (7)(8)

따라서 코로나雜音が 우리에게 영향을 주는 것은 어디까지나 상대적이기 때문에 Signal 강도가 문제가 된다는 것을 알 수 있다.

방송구역의 전계강도를 60dB 이상으로 보면 晴曇天時 코로나雜音은 최대 40dB로 보아도 S/N비는 20dB 이상을 유지하므로 문제되지 않는다고 하겠다. 그러나 雨天時 코로나雜音레벨이 送電線直下에서 70dB를 나타내게 되므로 이때는 상당한 거리까지 영향을 주게 될 것임을 알 수 있다.

6. 결 론

가. 우리나라의 345KV 送電線의 雜音레벨은 晴曇天時 送電線直下 10m에서는 $39\text{dB} \pm 3\text{dB}$ 로 예측되며 이 예측값은 실측한 값과 오차범위내에서 잘 일치한다.

나. 예측계산식은 다음과 같으며 코로나雜音 전계강도를 3.7dB/KV/cm의 비율로 계산한 값이다.

$$N_d = (3.7G_{\max} - 10.84) \pm 3\text{dB}$$

다. 雨天時 雜音 전계강도는 晴曇天時보다 30dB 가량 높아지므로 이로 인하여 晴曇天時 수신장해가 없더라도 雨天時에 장해를 줄 수도 있다.

7. 참고문헌

(1) G.E. Adams; "Voltage gradient on high

voltage transmission lines" TRANS. AIEE Vol. 74 pt. III p. 5~11 (1955)

(2) H.B.Dwight; "Some aspects of surface, voltage gradient on power transmission lines" TRANS, AIEE (power apparatus & systems) p. 1217~1219. (1957)

(3) 近藤; "超高壓送電線のコロナ特性に関する研究" 電氣試驗所研究報告 No. 604 (1961. 8)

(4) 電氣協同研究會; "400KV級 送電線" 電氣協同研究 Vol. 19, No. 2 (1962. 7)

(5) 澤田; "送電線のコロナ雜音 level算定法とその送電線設計への 應用" 電研技術報告 No. 68005 (1968. 4)

(6) CIGRE Report No. 416; "Measurement of Radio disturbances due to corona Effect on Extra high voltage lines" (Report presented in the name of study committee No. 9) (1956)

(7) 梁培德; "신설 345KV 초고압 송전선주변지역 전과장해 예측" 전기학회지 Vol. 24, No. 1 p. 16~20. (1975)

(8) G.W.Juette; "Evaluation of Television Interferences from high voltage transmission lines" IEEE Trans on power apparatus & systems, Vol.No. PAS-91, No. 3, p. 865~873. (1972)

저 자

梁培德(1937년 12월 8일생)

1961년 2월 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸

1966년 2월 서울대학교 대학원 졸(공학석사)

1974년 12월 고전압 및 전기재료분야 기술사합격

1977년 10월 현재 KIST 선임연구원