DBpia

〈論 文〉

345 KV 送電線에 의한 CORONA 雜音 電波障害 研究

A Study on the Radio Interference due to the Corona Noise of 345 KV Transmission Line

崔 基 浩*
Choi Ki Ho

(1979. 12. 25 接受 · Received Dec. 1979)

<目 次>

要 約
Ⅰ. 序 論
Ⅱ. 345kv 송전선에 의한 Corona 잡음
Ⅲ. Corona 雜音測定 및 考察
Ⅳ. 結 論

〈 要 約 〉

신설된 345KV 송전선에 의해 야기되는 corona 잡음은 송전선 직하 10m 지점에서 주파수 1MHz 시 相間의 간섭을 무시하면 최대 강우시 72dB, 젖은 도체는 63dB이고, 3상 전체의 corona noise 합성시는 제일 level 이 큰 相이 지배적이다. 측정 결과 직각 거리 특성은 이론치와 잘 일치하고 기후 특성으로는 강우, 강설시 corona level 이 제일 높았고 비온 전후로 수 시간이 경과해야 안정한 상태와 같아진다. 주파수 특성은 측정치와 보정식이 비교적 잘 일치한다.

측정된 corona 잡음으로 수신장해 정도를 나타내기 위해서는 통계적인 방법의 S/N 비 정량화가 필요하다. ITU, IEEE 위원회, 일본 NHK 등은 장시간에 걸친 시험 평가로 각각 품질등급에 따라 평가기준을 정의하고 있는데 우리나라에서도 수신품질에 대한 평가기준을 확립할 필요가 있다.

= Abstract =

The corona noise level at the place 10m and the frequency 1MHz from the new 345KV transmission line is 72dB in the maximum rain-fall and 63dB due to the wet conductors. The synthesized corona noise level of all 3 phases dominantly depends on the phase which has maximum corona level among them. The measured characteristic of the variation with distance from the line coincided well with the theoretically calculated value in this paper.

The corona noise level was the highest level in rainy weather or snow-fall. It takes a few hours for the corona noise to be stable after a rain-fall or snow-fall. The measured value of the corona noise level corresponds quite well with the formula for the corona noise level revision.

It was necessary to quantize S/N ratio into radio reception quality for the radio interference due to the transmission line. Some regulations for radio reception quality were defined through long term experiments and ratings by ITU, IEEE comittee, NHK in Japan and others. Fixing our own regulation about radio reception quality should be required.

* 正會員 · 光云工科大學 專任講師

www.dbpia.co.kr

Ⅰ. 서 론

産業發達로 전력수요의 증대에 따른 발전용량과 전력수송망은 점차 대규모화되고 있다. 美國 Canada 등에서는 700 kv 送電이 實用되고 가까운 日本에서도 500kv 송전이 운전되고 있다. 이같이 송전전압이 높아짐에 따라 送電線으로부터의 Corona 방전은 전파잡음을 크게 야기시키고 송전설비의 규모가 커짐에 따라 전파의 간섭 또는 차폐현상은 여러가지 電波障害形態로 대두하게 된다.

우리나라에서는 새로운 전력 수송 수단으로 345kv 초고압 송전선이 4년전에 등장되었다. 전국 방방곡곡으로 통신망이 확대되고 라디오 및 TV가 대량 보급된 이 때 우리나라와 같이 산악이 많은 지형조건과 지역적으로 협소한 곳에서, 이러한 전력설비와 상호 인접할 기회는 必然的이다. 따라서 일반 공중에 미칠 각종 電波障害 問題는 앞으로 하나의 公害問題로 등장할 수 있다.

本 論文에서는 電波障害의 한 부분을 차지하고 있는 送電線에 기인한 中波放送 周波數帶근방에서의 Corona 잡음 장해특성을 論했다. 송전선에 의한 Corona 雜音은 전선 금구류나 배전선 지지물의 부식, 기계적 이완 등 접촉불량으로 전극간의 放電으로 因하여 생기는

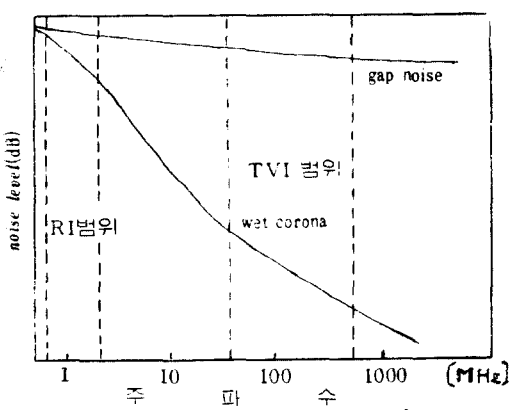

그림 1. **gap-noise와 corona noise**

gap-noise 와는 달리 周波數 增加에 따라 減衰가 매우 심하여 라디오 장해(Radio Interference)만 일으킨다[1][11]. Corona 잡음 크기는 송전전압, 도선직경과 架線形態, 表面電位傾度 등 각종 기본인자와 기타 기상조건, 도체지상고, 수신지점과의 수평이격거리, 수신주파수 특성 및 주파수대역 등 여러 보정사항들이 감안되어야 한다. 여기서는 우리나라에 가설된 345 kv 송전선을 토대로 理論的인 雜音크기, 주파수 특성 및 거리특성 예측에 따른 측정형태로서, 특정 주파수에서의 시간특성, 날씨 및 직각거리특성과 주파수특성을 측정하였다.

Ⅱ. 345V 송전선에 의한 Corona 잡음

우리나라의 신설된 345kv 송전선은 3상 복도체수직배치형 2회선으로, 송전선 각 도체는 단면적 480mm² Al.45/3.7 St.7/2.47, 직경 29.61mm인 A.C.S.R.(Aluminium Cable Steel Reinforced) 線이다.

여기서 1μV/m를 0dB로 기준하고 대역폭 10KHz인 Radio noise meter를 사용하여 준첨두치 값으로 나타내었을 경우, 예측된 Corona 잡음의 크기는 주파수 1MHz, 下相導體 直下 10m의 地面에서 最大 降雨時 72dB, 젖은 도체에서 58dB이고, 맑은날 49dB이다[2]. 이 값을 相間의 간섭을 무시하고 C.H. Gary[3]의 방법으로 계산하면

$$E=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0\alpha}}\ \frac{H}{(H^2+x^2)\ln(2H/r)}\ \Gamma \quad \cdots\cdots(1)$$

Γ: Corona 발생함수(A/$\sqrt{m}$)
ϵ_0: 공기의 유전율 (F/m)
μ_0: 공기의 투자율 (H/m)
α: 선로의 감쇠정수 (m^{-1})
H: 도체의 높이 (m)
x: 직하점으로 부터의 거리 (m)
r: 도체의 유효반경 (m)

上記 式으로부터 Γ가 최대 강우시 42dB, 젖은 상태에서 33dB이고 나머지 값은 $\sigma=5\times10^{-3}$v/m로 가정하면 30dB에 해당하므로 Corona 잡음은 최대 강우시 72dB, 젖은 상태에서는 63dB가 된다. 상기의 값들을 비교하면 최대 강우시는 두 값이 잘 일치하나, 젖은상태에서는 5dB 차이가 나는 것을 알 수 있다. 그 까닭은 초고압선로의 경우에는 도체의 표면 전위경도가 커질수록 최대 강우시와 젖은 상태에서의 코로나 발생의 차이가 줄어들어 표현 전위경도가 어느 이상이면 오히려 젖은 상태에서의 코로나 발생이 더 커지기 때문이다[4].

식 (1)에서 減衰定數 α는 송전선의 경우 중파대에서

$$\alpha\approx\frac{R+\omega L_i}{2}\sqrt{\frac{C}{L_r}} \quad \cdots\cdots(2)$$

R: 송전선 단위길이당 저항 (Ω/m)
$L=L_r-jL_i$: 송전선 단위길이당 inductance(H/m)

www.dbpia.co.kr

C: 송전선 단위길이당 용량 (F/m)

로 구하여지고 L과 C는

$$L=L_r-jL_i \approx \frac{\mu_0}{2\pi}\left\{\ln\frac{2H}{r}-j\frac{\sqrt{2}}{S}\left(1-\frac{2}{S}+\frac{1}{S^2}+\frac{3}{S^4}\right)\right\} \quad \cdots\cdots(3)$$

$$C=\frac{2\pi\epsilon_0}{\ln\frac{2H}{r}} \quad \cdots\cdots(4)$$

단, $S=2\sqrt{\omega\mu_0\sigma}\,H$ 이고, σ는 대지의 도전율(V/m)이며 $S\geq 4$일 때이다.

따라서 α는 대략 $L_i/\ln\frac{2H}{r}$에 비례한다.

上記한 α의 계산과 식(1)로 부터 도체의 높이 및 도체 직하로부터의 거리에 따른 보정은 H=10m, $\sigma=5\times10^{-3}$ V/m를 기준으로 할 때 그림 2와 같이 계산되므로 S, H, x를 알면 보정치를 구할 수 있다. 3상 전체에 의한 corona 잡음의 크기는 各 相에 의한 corona 잡음을 合成하면 되는데 random한 雜音의 경우는 두 雜音의 level이 같을 때 合成雜音이 3dB 커진다. 그러나 corona 잡음은 各 相電壓이 最高値에 가까울 때 커지기 때문에 두 相에 의한 corona 잡음의 합성치와 한 상의 corona 잡음의 차이는 준 첨두치의 경우 3dB 이하가 된다. 따라서 3상 전체에 의한 corona 잡음 중 최대값을 택하여도 오차는 거의 없으며 2회선의 경우도 마찬가지다.

corona 雜音의 주파수 특성은 주파수 1MHz를 기준

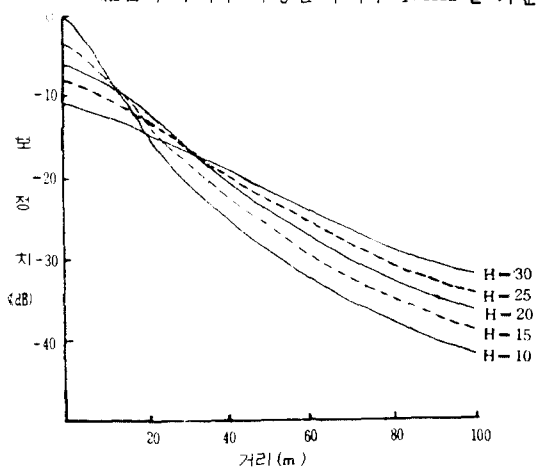

그림 2. 도체 높이 및 직하점으로 부터의 거리에 따른 보정치

으로 다른 주파수의 잡음 level을 구하기 위한 보정식[2]

$$K_f=-12(\log_{10}f)^2-17\log_{10}f\,[\mathrm{dB}] \quad \cdots\cdots(5)$$

로 부터 얻을 수 있다. 여기서 K_f는 주파수 보정량이고 f는 MHz 단위로 1MHz의 잡음 level을 0dB로한 相對的인 값이다. 독일의 Göteborg-Hallsberg 선은 송전전압이 380KV이며 도체는 복도체로서 우리나라의 345KV 송전선과 비슷한데, (5)식에 의한 계산치는 Göterborg-Hallsberg 선에 있어서 실측치와 ±3dB 범위내에서 잘 일치하고 있다. 이 결과로부터 1MHz의 Corona 잡음 0dB는 10MHz의 경우 −29dB에 해당함을 알 수 있다.

Ⅲ. Corona 雜音 測定 및 考察

1. 測定 方法

1) 측정기준

Corona noise level 측정 방법으로 가장 널리 이용되고 있는 준 첨두치계(Quasipeak meter)를 사용하고 Strip Chart Recorder를 사용하여 그 때의 값을 기록했고, 준 첨두치계는 일본의 JRTC(Japan Radio Technical Council) 규격에 맞는 測定器를 택하였다.

2) 主要 測定裝備

- Radio interference and field industry meter
  Kyoritsu Electrical Works Ltd., Japan: KNM-402 Frequency range : 0.15~30MHz
  Bandwidth : 10KHz
  Quasi-peak value charge : 1ms
  Discharge : 600ms
- Strip Chart recorder
  Hewlett Packard, U.S.A. : Morseley 7101BM
  Chart Speed : 5cm/sec~2.5cm/h
  Voltage range : 1mV~100V

3) 측정 위치

경기도 안성군 금광면 금광의 3개소

송전선과의 표고차 : 12m~24m

4) 측정조건

청명, 강우, 강설 및 안개 등 10여회

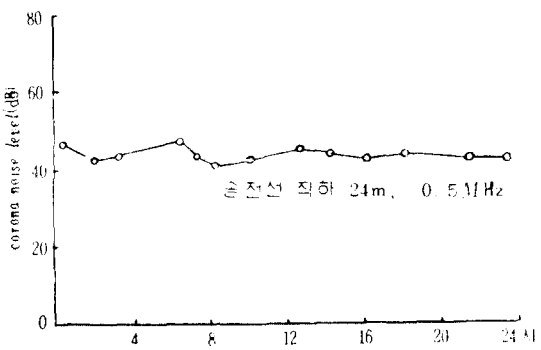

그림 3. 시간 특성

www.dbpia.co.kr

2. 측정 결과 및 고찰

1) 시간 특성

여름의 맑은 날 Corona 잡음의 하루중 시간에 따른 변화는 그림 3과 같아서 시간과 특별한 상관 관계가 없는 것으로 보인다. 그러나 장기간의 기록에 의하면 계절에 따른 변화는 인지할 수 있어서 일반적으로 겨울철에 Corona 잡음이 작은 것으로 보고되고 있다[5][6].

2) 날씨와의 관계

도체 표면의 전위경도가 낮을때는 시간 당 강우량과 Corona 잡음에 상관 관계가 상당히 크다고 할 수 있으나[7][8] 시간당 강우량의 측정의 오차가 심하여 비오기 전과 그친 뒤의 Corona 잡음의 변화를 기록하였다. 기록 결과는 그림 4와 같고 이러한 변화는 外國의 報告[1]와도 잘 일치한다.

이 밖에 온도에 따른 변화는 일률적으로 말하기는 힘들며 습도에 따른 변화도 비오기 직전이나 직후에 잡음이 크다는 것 외에는 변화가 심하여 수식화 할수 없었다. 날씨 변화에 따른 측정 결과를 요약하면 비와눈이 올 때 Corona level이 제일 높으나 바람이 심하면 낮아지고, 안개, 우박 시에는 여름철 습한 날씨 정도로 눈이나 비만큼 큰 영향을 주지 못했으며, 건조한 날씨에는 level이 최하위로 떨어지며 대기음과의 차이가 약 10dB 정도 밖에 되지 않을 때도 있다.

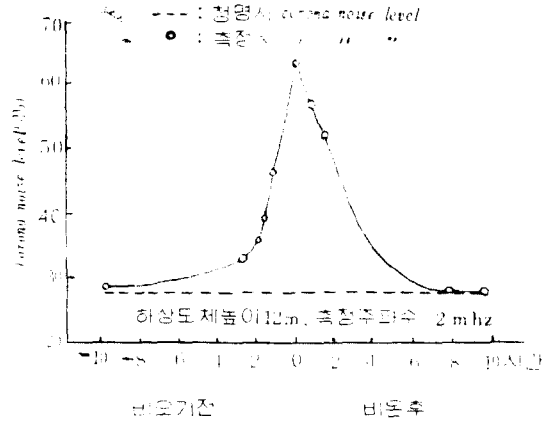

그림 4. 비오기 전, 후의 corona noise

3) 주파수 특성

주파수에 대한 보정량으로

$$K_f = -12(\log f)^2 - 17\log f \ [\mathrm{dB}]$$

(1MHz 기준, f: MHz)

를 적용하면 계산치와 실측치가 그림 5과 같이 일치하는 것을 알 수 있었다.

4) 직각 거리 특성

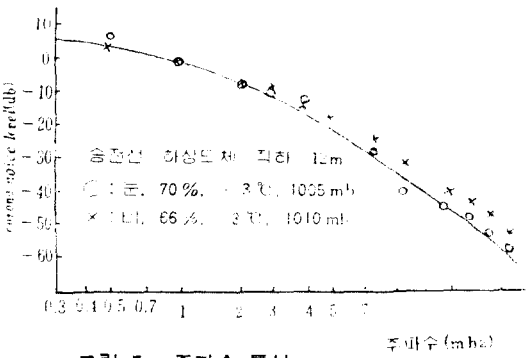

그림 5, 주파수 특성

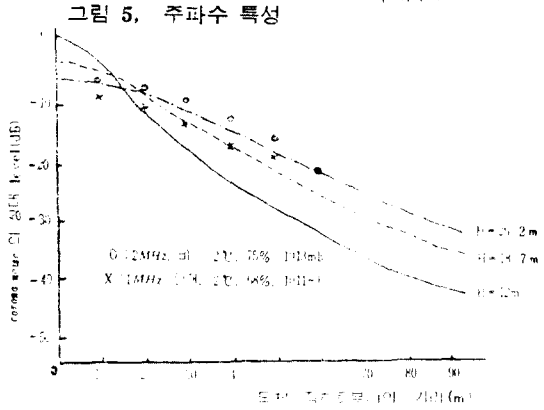

그림 6. Corona noise의 직각거리 특성

Corona 잡음의 직각 거리 특성은 그림 6과 같아서 식 (1)에 의한 補正値를 사용하여 계산한 경우 最大値와 거의 일치함을 보여주고 있다.

3. 檢 討

전파장해도의 效果는 최종적으로 사람이 시청했을때의 주관적 감각으로 좌우되기 때문에 이의 定量化에는 상당한 어려운 점이 있다. 똑같은 S/N比 인지라도 사람마다 受信狀態의 品質評價는 각양각색으로 表現된다. 따라서 누구나가 납득할 수 있는 보편화된 평가기준을 定義한 다음 많은 사람에 대한 수차에 걸친 시청 시험을 통해서 수신품질에 대응한 S/N比 효과를 통계적으로 평가해야 한다.

중파방송의 評價基準의 定義에 對한 代表的 例는 국제전기통신연맹(ITU)에서 5개 품질 등급으로 SINPO Code 또는 SINPFEMO Code를 정하고 있다[9]. 그런데 SINPFEMO Code는 평가인자가 많아 복잡하기 때문에 통상 SINPO Code를 많이 활용하고 있다.

www.dbpia.co.kr

한편 IEEE위원회(Institute of Electrical and Electronics Engineers Committee)는 시청자를 대상으로 평가한 결과 送電線의 雜音으로 인한 AM 放送受信品質에 대해 순신두치계를 使用한 S/N비의 특성곡선을 그림 7, 표 1과 같이 제시했다[10].

평가기준에 대한 정의는 연구자와 수신전파의 종류에 따라 여러가지 안이 제시되고 있으나 품질 등급에 대한 종류는 국제적 관례상 5개 등급이 보편적이며 表 1의 6개 등급중 B4와 C3를 통상 單一化하고 있다. 表 2는 일본의 NHK (일본방송협회)에서 제안한 중파방송 수신시의 송전선에 의한 Corona 잡음의 영향을 평가한 것이다. 여기서는 잡음허용한계를 2로 규정하고 있다.

우리나라에서는 아직 자체의 수신품질 평가기준이확

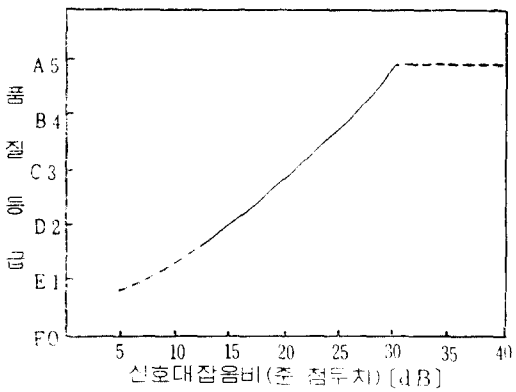

그림 7. 중파 방송 수신의 품질등급과 신호대 잡음비

표 1. **AM Radio Reception Quality vs. S/N Ratio**

품질등급	평가기준의 정의
A5	Entirely satisfactory
B4	Very good, background unobtrusive
C3	Fairly satisfactory, background plainly evident
D2	Background very evident but speech easily understood
E1	Speech understandable with severe concentration
FO	Speech unintelligible

표 2. **NHK의 잡음 평가**

품질등급	평가 기준의 정의	
	Group 1	Group 2
4	잡음을 인지할 수 없다	완전히 만족할 수 있다
3	잡음을 약간 인지할 수 있다	만족할 수 있다
2	잡음을 인지할 수 있지만 귀에 거슬리지 않는다.	불쾌감을 거의 느끼지 않는다.
1	잡음이 귀에 거슬린다	때때로 불쾌감을 느낀다
0	잡음이 커서 알아 들을 수 없다.	불유쾌 하다

립되지 않았으므로 앞으로 장시간에 걸친 시험평가로 평가기준의 정의 및 확립이 필요하다.

Ⅳ. 結 論

本 論文에서는 現在 우리나라에 운전되고 있는 345 KV 초고압 송전선에 의한 코로나잡음 크기의 거리 및 높이에 따른 예측식을 유도하였고, 직각거리특성, 주파수특성, 기후특성, 시간특성을 측정함으로서 측정결과와 일치함을 밝혔다.

또 이러한 잡음레벨을 갖는 송전선에 의한 Corona 잡음의 S/N비의 평가 필요성을 外國의 評價基準 例를 들어 밝혔다. 여기서 IEEE의 평가 例를 기준으로 한다면 S/N比가 16dB이하이면 수신장해를 일으킨다고 말할 수 있다.

現在 世界 各國은 전력수송의 극대화를 기하기 위하여 EHV 또는 UHV 송전을 하고 있고 또 보다 次上位의 송전선 건설을 위해 관련된 많은 문제점을 연구하고 있으며, 전파장해에 관해서는 특히 RI, TVI에 관해 많이 연구 발표되고 있다. 앞으로 우리나라도 次上位의 송전선 운전이 불가피하게 될 것이며, RI, TVI, 생물체에 미치는 영향, 정진유도현상 등 많은 연구 과제를 안고 있다.

www.dbpia.co.kr

引 用 文 獻

1) Kolcio, N., "Accurate data essential for reducing RI and TVI", Electrical World, 183, 45, (1975.1.1)
2) 한국과학기술연구소, "345KV 송전선로 주변의 방송전파강도 측정 및 잡음전파강도 측정을 위한 용역: 송전선에 의한 전파장해 예측과 대책" 1975, 12.
3) Gary, C.H., "The theory of the excitation function: A demonstration of its physical meaning," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, PAS-91, 305—310, (1972)
4) Electric Power Research Institute, Transmission line reference book-345KV and above, Chapter 5, Calif. (1975)
5) Laforest, J.J., "Seasonal Variations of fair weather radio noise," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, PAS-87 (4), 928—931 (1968)
6) Cortina, R. et al., "Radio interference long term recording on an operating 420KV line," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, PAS-89, 881—892 (1970)
7) 澤田嘉剛 外, 交・直流架空送電線の 電波障害 および 誘導障害, 電力中央硏究所 技術第一硏究所(綜合報告 No. 23) 東京 (1973)
8) Sawada, Y. "Calculating method of radio noise level and its application to design of AC power transmission line," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, PAS-89(5), 844—853 (1970)
9) Appendix 14 to Radio Regulation, General Secretariat of the International Telecommunication Union, Geneva (1959)
10) IEEE Committee Report, "Transmission System radio interference," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems PAS-84 (8), 714—724 (1965)
11) Sebsta, D., "RI performance of 400KV line evaluated" Electrical World, March 15, 146—147 (1978)

www.dbpia.co.kr