

차기 초고압 송전선로의 도체방식 선정을 위한 환경설계 연구

박동옥, 안희성, 양광호
한국전기연구소

김정부, 정상진, 민석원
한국전력공사 기술연구원

An Environmental Design Study for selecting Conductor Configurations of the next Extra High Voltage Transmission Line

D.W.Park, H.S.Ahn, K.H.Yang
KERI Trans. Lab.

J.B.Kim, S.J.Chung, S.W.Min
KEPCO Research Center

ABSTRACT

The corona interference of extra high voltage (EHV) transmission lines has to be considered as an important design factor for establishing an electrical environmental countermeasure at a basic line design stage.

This paper describes the conductor selection procedure through both corona performance test result in corona cage and its evaluation by the design criterion. It is known that three conductor configurations including 6 x 810mm² (spacing: 40 cm) are the suitable conductor bundle for the environmental preservation around both 2-circuits and 1-circuit T/L.

1. 서론

최근의 경제성장에 따른 전력수요의 급증추세와 발전설비의 대용량화 및 전원입지의 구득난과 원격화에 대처하기 위한 방안으로 차기 초고압 송전에 의한 대전력의 장거리 송전이 예상되고 있다. 그러나 초고압 송전선로의 출현으로 인한 각종 코로나 장애는 선로 주변의 인체 및 물체에 전기적인 환경영향을 미치게 되므로 선로의 기본설계 단계에서 중요한 설계요소로 고려하여 환경장애대책을 수립할 필요가 있다.

본 연구는 국내의 800kV급 초고압 송전에 대비한 환경대책수립의 일환으로 초고압 송전에 적합한

도체방식 선정을 목표로 하는 것으로, 당 연구소의 Corona Cage에서 후보도체방식 별 코로나 장애 특성 시험을 실시하고 무한장 송전선로에서의 환경장애량을 예측하는 프로그램의 개발, 적용을 통하여 도체방식 별 환경영향 평가를 위한 Data Base를 작성하였다. 한편 해외의 초고압 송전선로 설계경험과 운전실적을 조사하고 이를 토대로 765kV 송전선로의 코로나 소음 환경설계목표(AN Design Guide)를 설정하였으며, 선로 전자파 잡음에 의한 RI, TVI 장애 정도를 평가하여 종합적인 환경대책 면에서 2회선 및 1회선 송전선로에 적합한 도체방식을 제안하였다.^{(1), (2)}

2. 코로나 장애 발생 및 예측기법

송전선로의 코로나 방전현상과 발생이론을 체계화하고, 환경장애항목(AN, HUM, RI 및 TVI)의 발생특성 및 선로 주변의 분포특성을 고려하여 케이지 측정치를 이용한 무한장 송전선로에서의 환경장애량 예측 프로그램을 개발하였다. 교류 송전선 코로나 騒音(Audible Noise)의 주된 요소는 펄스형태의 코로나 인 Negative Trichel Pulse와 Positive Breakdown Streamer인 것으로 조사되었다. 그림 1은 코로나 소음의 선로 주변 분포특성의 예로서 소리energy의 감쇠 효과를 볼 수 있다. 라디오 雜音(Radio Interference)의 예측에는 단위길이당 발생한 잡음전류량을 나타내는 발생함수(excitation function)를 이용하는 해석법을 적용했다.⁽³⁾

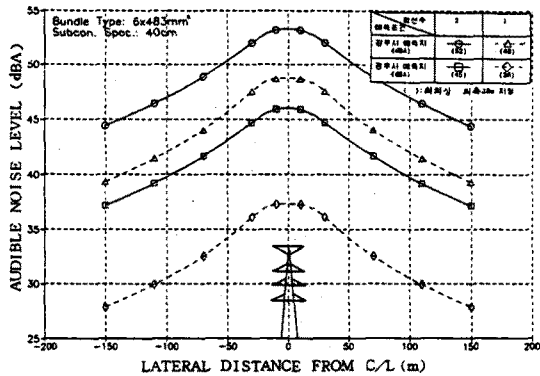


그림 1. 코로나소음의 선로주변 분포특성에

3. 초고압 송전선로의 환경설계목표

송전선의 설계, 건설, 운용에 있어서 주변의 자연, 사회환경에 대한 영향을 충분히 검토하고 환경보전을 위한 대책을 강구할 필요가 있다. 이의 방안으로써 초고압 송전선로의 環境設計目標 (Design Guide)를 설정하기 위해 해외 기설 송전선로의 설계경험과 온전실적에 의한 설계목표현황 및 관련 규제법규를 조사하였다. 800kV급 송전선로의 코로나 소음에 관한 설계목표는 각국의 추천사항을 고려하여 그림2의 흐름도에 따라 선로 최외상 직하로부터 15m 및 지상 1.5m의 설계 기준지역에서 降雨時의 50%値인 L_{50} 이 50 dB(A) 이하 되도록 설정하였다. 또한 라디오 잡음의 경우는 국가마다 각각 다른 측정조건에서의 설계목표치 또는 규제치를 정하고 있으며, 일반적으로 맑은 날씨 (Fair)의 기상조건, 0.5 - 1 MHz의 측정주파수, 측정거리 15 - 30 m인 측정조건에서 약 45 - 50 [dB re. 1 μ V/m]의 허용목표를 적용하고 있다. (4), (5)

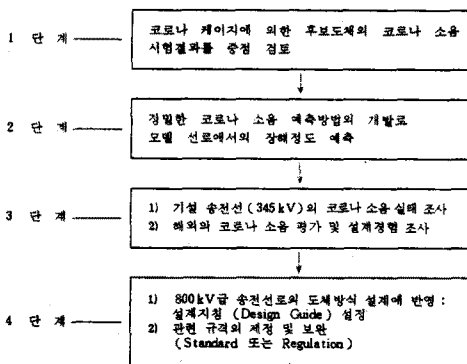


그림 2. 코로나 소음 설계목표치의 설정 흐름도

4. 차기 초고압 후보 도체방식 검토

Corona Field Effects 측면, 회선당 부하수준에 따른 경제성 평가 및 地表面 電界強度(5kV/m), 코로나 騒音(降雨時 55dBA) 등의 허용기준을 고려할 때 6 x 410mm² 이상의 bundle 규모가 적합한 것으로 나타나, 코로나 케이지에서 시험할 도체방식으로서 810mm² 등 4종류 전선의 총 8개 방식을 선정하였다.

전선의 경년기간과 표면상태는 경우상황과 더불어 초고압 송전선로에서의 코로나 발생에 주된 요인이 된다. 경년상태는 降雨時 전선표면의 물방울 형성 (water drops formation)에 의한 코로나 발생점 (corona points)을 결정하기 때문이다. (6) 이러한 측면에서 코로나 케이지 시험용 전선들의 표면상태를 조사, 분석하고 경년(Aging)을 판정하여 그 경년효과를 관찰했다.

5. 코로나 케이지

단상모의 시험선로인 코로나 케이지(Corona Cage)는 코로나 소음 등 Line Noise에 관한 코로나 장해 특성시험을 수행하기 위한 시험설비로써 정방형으로 설계, 제작 되었으며 개략적인 구조는 그림 3과 같고 가선장치, 주수장치, 전원설비 및 코로나 장해 계속 시스템 등의 부속설비를 갖추고 있다. 인공주수장치는 선로의 여러 경우상황을 모의하기 위한 것이며, 시험전압은 당 所의 상용주파 내전압 시험설비를 이용하여 線路電位傾度 (Bundle Gradient)를 중심으로 상하 6 단계 Gradient를 모의토록 인가되었다.

한편 코로나 케이지를 이용해서 실제 송전선로에서의 코로나 장해 특성을 연구하기 위해서는, 코로나 케이지의 시험도체 길이가 매우 짧고 또한 코로나 방전이 매우 불규칙적인 현상이기 때문에 특수한 측정기법이 필요하다. 본 연구에서는 코로나 장해 측정장치, 측정조건 및 측정기법을 검토하여 장해항목의 발생특성이 고려된 計測시스템을 구성하고 측정실을 갖추었다.

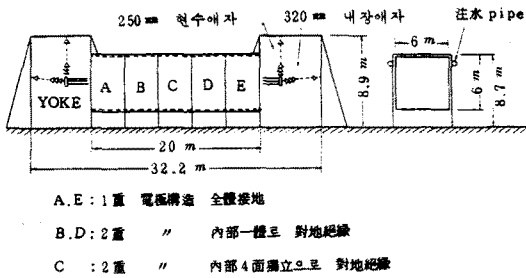


그림 3. 코로나 케이지의 구조

6. 코로나 실험 특성시험 결과분석

코로나 케이지에서의 도체방식 별 코로나 장애 특성시험은 총 8개 도체방식에 대한 소도체 간격 변화시험과 강우강도 특성시험으로 구분된다. 시험 결과 수집된 측정데이터를 활용하여 코로나 장애 예측기법에 따라 그림 4와 같은 초고압 모델 송전선로 주변에서의 분포특성 조사와 현상 파악으로 송전 도체방식에 따른 환경장애 발생량을 평가하고, 환경설계목표에 적합한 자기 초고압 송전용 도체방식을 선정할 수 있었다.

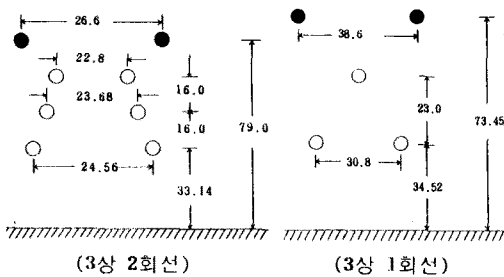


그림 4. 765kV 초고압 모델 송전선로 배치(7)

(1) 모델 송전선로의 코로나 장애특성

선로에서의 강우상황은 코로나 장애의 정도를 좌우하는 주된 요인의 하나이다. 코로나 騒音은 강우 강도가 커지면 그 발생량이 커지는 경향이 있고, 보통 강우강도의 대수에 직선적으로 증가한다. 그림 5는 765kV 2회선 송전선로에서의 코로나 소음 예측 발생량의 강우강도 특성을 종합한 것이다. 한편 1회선의 코로나 소음장애는 모든 강우상황에서 50dBA 이하로 분포하고 2회선에 비해 5 dBA 이상 낮으며, 그림 6은 1회선 선로 부근에서 환경문제의 발생 가능성이 낮음을 보이고 있다.

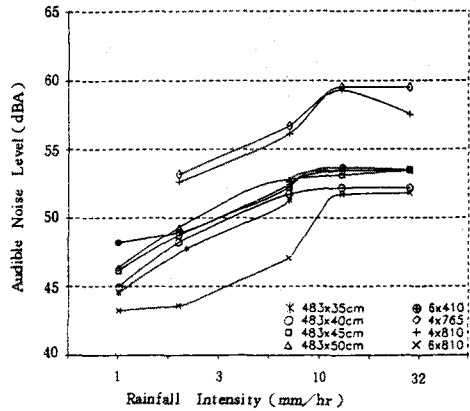


그림 5. 코로나 소음 발생량의 강우강도 특성

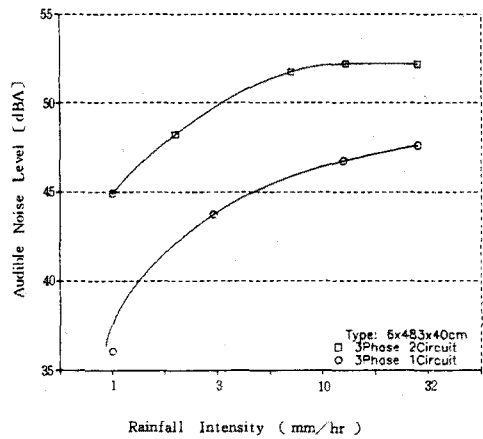


그림 6. 회선 별 코로나 소음 강우강도 특성

진원주파수의 정배수인 저주파수 純音(120 Hz) 성분의 코로나 Hum음은 계절, 기상조건 및 기온변화에 의해 선로 주변에서 복잡한 시공간 분포특성을 갖는다. 800kV급 송전선로에서의 코로나 형음 발생량은 45 dB(A)를 초과하지 않는 것으로 예측되었다. 그림 7은 코로나 소음과 형음의 주파수 분포 특성을 관찰한 것이다. 또한 전자파 잡음에 의한 라디오, 텔레비전의 수신장애정도를 예측하고 BPA 에서 제안된 예측식의 계산결과와 비교, 평가하였다.

(2) 765kV 송전도체방식 선정

765kV 2회선 및 1회선 송전도체방식은 코로나 騒音을 主 設計項目으로 하여 선정하고, 환경설계 목표를 만족하는 것을 제안했다. 2회선에 적합한

도체방식으로는 $6 \times 810\text{mm}^2$ 와 $6 \times 483\text{mm}^2$ (소도체 간격: 40cm)를 채택할 수 있으며, 4복도체 방식은 설계목표치를 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 1회선의 경우는 이 2개 방식 외에도 $4 \times 810\text{mm}^2$ 의 채택이 가능한 것으로 평가되었다. 제안된 도체방식들의 전자파 수신 장애정도를 信號 野 雜音比(SNR)로 평가한 결과, 라디오 수신품질(Reception Quality)은 C급 (19 dB) 이상이며, 또한 TV 수신에 적합한 SNR 40dB 이상의 기준을 만족하는 것으로 나타나 심각한 장애문제는 발생되지 않을 것으로 예상되었다.

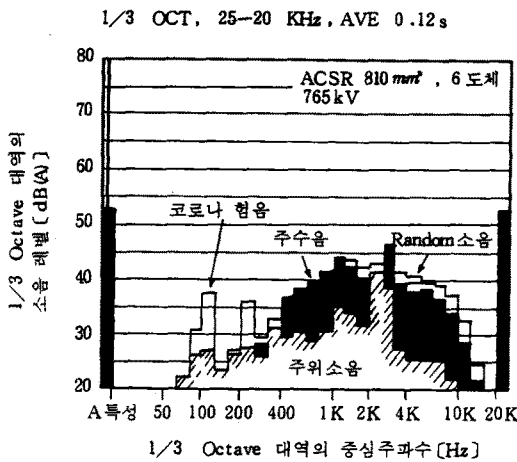


그림 7. 코로나소음의 주파수 스펙트럼 (降雨時 5%值)

7. 결 론

본 연구에서는 국내 송전전압의 격상시 예상되는 초고압 가공 송전선로의 환경장해에 대한 대책 수립을 위해 주로 아래사항을 수행하였으며,

- Corona Cage에 의한 8개 후보 송전도체방식의 코로나 장해 Data Base 작성
- 2회선 및 1회선 초고압 모델 송전선로에서의 환경 장해량 예측 및 분석
- 초고압 송전선로의 환경설계목표 설정
- 765kV 송전선로에 적합한 도체방식 선정

주요한 연구결과를 요약하면 아래와 같다.

- 1) 코로나 케이지 측정치를 이용한 무한장 송전

선로에서의 환경장해량 예측프로그램을 개발하였다.

- 2) 2회선 및 1회선 모델 선로에서의 환경장해량을 예측하고, 발생량의 전압특성, 주파수특성 및 강우강도 특성을 분석하였다.
- 3) 해외의 초고압 송전선로 설계경험과 운전실적을 통하여 765kV 송전선로의 코로나 소음에 관한 환경설계목표 (Design Guide)를 $L_{50}0$ 50dB(A) 이하 되도록 설정하였다.
- 4) 765kV 초고압 송전선로의 도체방식으로써 $6 \times 810\text{mm}^2$ 등 3개 방식을 선정, 제안하였으며, 2회선의 경우는 4복도체 방식이 부적합한 것으로 나타났다.
- 5) 제안된 도체방식들의 전자파 잡음에 의한 라디오 및 텔레비전 수신품질은 양호한 것으로 분석되었다. 단, 1회선의 경우 TV 수신 면에서 $4 \times 810\text{mm}^2$ 방식은 부적합한 것으로 평가되었다.
- 6) 765kV 송전선로의 실용화를 위한 2단계의 실증적인 연구개발의 수행과 이를 위한 시험송전선로 (Test Line)의 필요성을 도출하였다.

참 고 문 헌

1. 한국전기연구소 보고, "차기 초고압 송전용 실증선로 기초연구", 1989. 2.
2. 한국전력공사 기술연구원 보고, "초고압 송전에 관한 연구 (V)", KRC-84S-J11, 1989. 9.
3. EPRI, "Transmission Line Reference Book - 345 kV and Above - ", 1982.
4. F.M. Dietrich, N. Kolcio, "Corona and Electric Field Effects at the Apple Grove Project and an 800kV Line in USA", CIGRE Paper 31-08, 1976.
5. IEEE Radio Noise and Corona Subcommittee Reports, "Review of technical consideration on limits to interference from power lines and stations", IEEE PAS Vol.PAS-99, No.1 Jan/Feb. 1980.
6. 한국전력공사 기술연구원 보고, "초고압 송전에 관한 연구 (III)", KRC-84S-J11, 1988. 4.
7. 한국전력공사 기술연구원 보고, "초고압 송전에 관한 연구 (IV) - 765kV 송전선로용 철타설계에 관한 연구 -", KRC-84S-J11, 1989. 6.
8. 電力中央研究所, "187kV - 1100kV의 交流架空送電線 電氣의 設計 Hand Book", 1987.