

초고압 송전선로용 저풍소음 전선 개발을 위한 전기환경 시험

이동일\* . 신구용\* . 이성두\* 양광호\*\* . 주문노\*\*  
\*전력연구원, \*\*전기연구원

Electric Environmental test for Low Wind Noise Conductor Development in UHV T/L

Dong I. Lee, Koo Y. Shin, Seong D. Lee Kwang H. Yang Mun N. Ju  
KERPI KERI

Abstract - 본 논문에서는 765kV 송전선로의 일부구간에서 발생되고 있는 풍소음의 대책으로 개발된 저풍소음 도체를 소개하고 이 도체방식을 개발하기 위해 수행된 전기환경상태 및 풍소음 저감 영향에 대한 시험결과를 제시하고 있다.

저풍소음 도체는 우수한 풍소음 저감기능을 가지면서도 기존 전선에 비해 추가적인 전기환경 문제가 발생되지 않아야 하는데, 기존 전선과 달리 전선 주위에 돌기부가 있어서 선계 집중에 따른 환경장애 발생의 우려가 있다. 이러한 이유 때문에 전기환경 모의시험설비인 코로나 케이지를 이용한 코로나 발생 특성 시험을 수행하여 환경 설계기준 만족 여부를 확인하였으며, 실규모 시험선로란 이용한 상기 선증시험을 실시하여 송전선로 주변에서 실제 발생 가능한 라디오 장애와 같은 전기환경 장애량에 대한 평가를 실시하여 풍소음 저감효과와 환경설계기준에 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.

1. 서 론

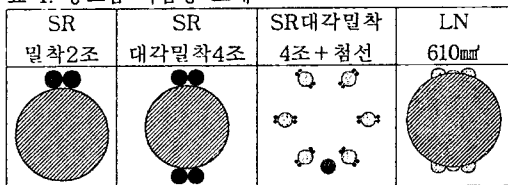
송전선로에서 발생하는 대표적인 풍소음은 전선에서 발생하는 소음이다. 이러한 전선 풍소음 저감을 위한 대책으로 기존전선에 Spiral Rod를 취부하는 방식과 특수형상의 저풍소음 전선의 두 가지 방안이 검토되었다. 어떤 방식을 채용하더라도 우수한 풍소음 저감기능을 가지면서 기존 전선에 비해 전기적인 환경장애 문제가 추가적으로 유발되지 않아야 한다.

2. 본 론

2.1 풍소음 저감을 위한 도체방식

일반적인 송전용 전선은 여러가닥의 소선으로 구성된 원통형태의 연선을 사용하고 있어 바람에 의해 와류를 발생시켜서 특정주파수대의 소음을 발생시키게 된다. 이러한 소음은 송전선로 주변 지역에 민원을 야기시키는 주된 원인이 되므로 이에 대한 대책이 반드시 필요하다. 표 1은 풍소음 저감을 위해 채택한 도체방식들을 나타내고 있다. 도체방식은 크게 2가지로 나눌 수 있는데, 첩선을 포함하여 기존 전선에 Spiral Rod를 설치하는 방식과 풍소음 저감을 위해 새롭게 개발된 저풍소음 전선(LN-Grackle)이 그것이다.

표 1. 풍소음 저감용 도체



2.2 도체방식별 전기환경모의시험

풍소음 저감형 도체는 일반적인 송전선에 비해 표면상태가 불균일하다. 이러한 도체에 대한 전계(bundle

gradient)를 계산하기 위해서 전하중첩법(CSM, Charge Simulation Method)에 의한 계산프로그램을 개발하고 이를 활용하여 <표 2>과 같이 코로나 케이지에서의 시험전계와 765kV 모델 송전선로 각 상의 도체표면전위경도(conductor surface gradient)를 계산하였다. 이 데이터를 이용해 단상 코로나 케이지 시험값을 3상 모델 선로를 환산하여 코로나 소음 및 라디오 잡음을 예측하게 된다. <표 3>은 765kV 상용선로 도체(cardinal 480mm)에 대해 풍소음 저감형 도체들의 도체표면전계강도를 비교한 것이다.

표 2. 특수 Bundle의 코로나 케이지 시험전계와 765kV 현수형 상용선로 각상의 도체표면전위경도 계산결과

특수 Bundle의 종류	Bundle Gradient [kV/cm]		
	Corona Cage 시험전압별 Gradient	765kV 현수형 상용선로 Gradient	
		각상	3상 평균치
480mm×6B	250kV - 13.95	A상 - 14.02	13.97
	268kV - 14.96	B상 - 13.93	
	286kV - 15.96	C상 - 13.96	
SR대각밀착4조×6B	250kV - 21.40	A상 - 22.76	22.68
	268kV - 22.94	B상 - 22.61	
	286kV - 24.48	C상 - 22.66	
SR대각밀착4조×6B + 첩선	250kV - 20.07	A상 - 21.05	21.02
	268kV - 21.51	B상 - 20.96	
	286kV - 22.95	C상 - 21.04	
LN 610mm×6B	250kV - 19.98	A상 - 20.35	20.27
	268kV - 20.90	B상 - 20.21	
	286kV - 22.31	C상 - 20.25	

표 3. Cardinal×6B 대비 G<sub>max</sub> 증가율

Cardinal × 6B	SR 밀착2조	SR 대각 밀착4조	SR대각밀착 4조+첩선	LN 610mm
1.0	1.76	1.62	1.50	1.45

풍소음 대책 도체들의 추가적인 전기환경장애를 평가하기 위해 그림 1과 같은 코로나케이지를 이용한 전기환경 모의시험을 실시하였다. 그림 2는 케이지에서 측정된 데이터를 이용해 선로의 라디오 장애량을 예측하는 알고리즘을 보여주고 있다. 이러한 알고리즘을 이용해 코로나 케이지에서 얻은 단상 모의 시험값을 765kV 현수형 상용선로 모델로 환산하여 선로 중심에서 29.5m 되는 지점에서의 코로나 소음과 라디오 잡음 발생량을 예측계산한 결과는 <표 4>, <표 5>와 같다.

그림 3은 예측한 청명시 라디오 잡음의 lateral profile을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 밀착 2조의 경우, 다른 도체방식에 비해 잡음발생량이 커서 실증시험 후

도체에서 제외하였고, 대각밀착 4조의 경우, 라디오 잡음량이 다소 높았지만 침선을 통한 저감효과를 확인하기 위해 실증시험 후보도체에 포함하였다.

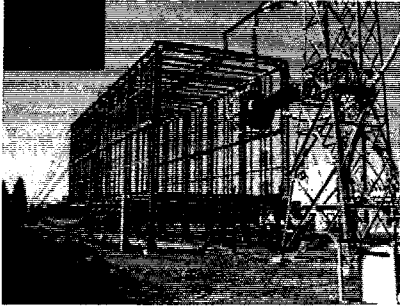


그림 1. 전기환경모의시험설비(코로나 케이지)

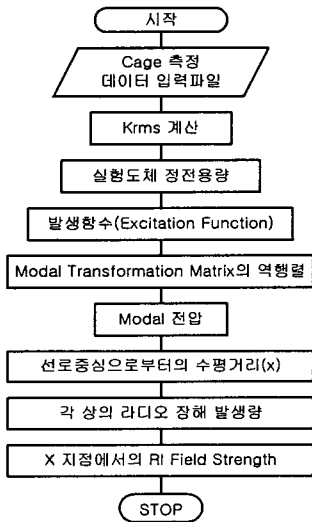


그림 2. 라디오 장애 예측계산 알고리즘

표 4. 코로나 소음 예측량 (29.5m 지점)

도체 잡음량	Cardinal ×6B	밀착 2조	대각밀착 4조	대각밀착 4조+침선	LN 610mm <sup>2</sup>
청명 (dBA)	40.6	39.5	39.4	39.6	38.0
강우 (dBA)	50.3	51.6	47.3	49.0	49.0
경우 (dBA)	42.9	48.3	43.4	42.3	44.1

표 5. 라디오 잡음 예측량 (29.5m 지점)

도체 잡음량	Cardinal ×6B	밀착 2조	대각밀착 4조	대각밀착 4조+침선	LN 610mm <sup>2</sup>
청명 (dBμV/m)	44.9	64.2	52.9	48.9	46.0
강우 (dBμV/m)	67.6	75.6	69.5	62.2	71.3
경우 (dBμV/m)	61.3	76.4	68.0	57.3	67.9

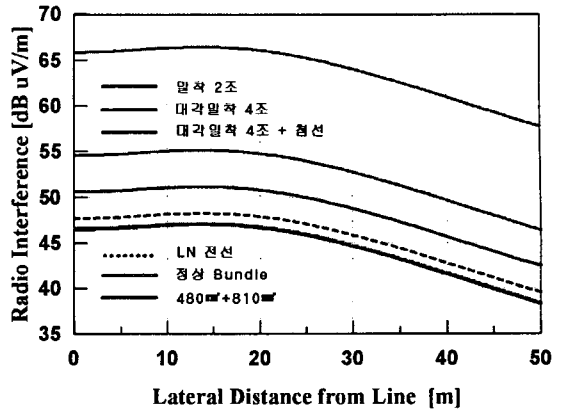


그림 3. 청명시 라디오 잡음 Lateral Profile

## 2.3 실규모 시험선로를 이용한 실증시험

### 2.3.1 실규모 시험선로

실규모 시험선로를 이용한 실증시험은 코로나 케이지에서의 모의시험을 통해 선정된 Cardinal (480mm<sup>2</sup>)전선과 SR 대각밀착 4조, SR 대각밀착 4조의 침선방식 및 LN-Grackle(610mm<sup>2</sup>)전선방식에 대해 이루어졌다. 그림 4는 실증시험이 이루어진 고창 765kV 실규모 시험선로 및 센서에 대한 배치도이다.

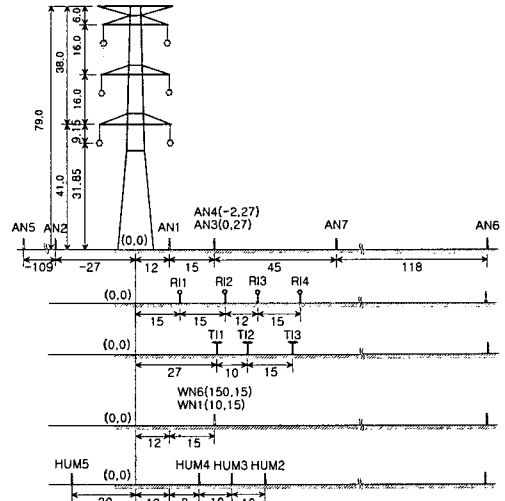


그림 4. 고창 765kV 실규모 시험선로 센서 배치도

표 6은 전기환경장해항목별로 측정 Sensor Code와 환경설계 기준(안)을 나타내고 있다.

표 6. 시험항목별 환경설계 기준(안)

측정항목	측정 Sensor Code	환경설계 기준(안)
코로나 소음 [dBA]	AN3	50 이하
코로나 허용 [dBA]	HN2~5	50 이하
라디오 장애 [dBμV/m]	RI2	47 이상 (SNR 24이상)
TV 장애 [dBμV/m]	TI1	14 이상 (SNR 40이상)
전선 풍소음 [dBA]	WN1, WN3	50 이하
철타 풍소음 [dBA]	WN6	50 이하

2.3.2 풍소음 실증시험 결과

1995년 10월부터 2001년 9월까지 이루어진 도체별 실증시험에서 얻어진 데이터로부터 유효판정기준에 따라 통계 처리된 풍소음 분석결과를 <표 7>에 나타내고 있다. 분석 결과에서 알 수 있듯이 첩선 방식을 제외하고 SR대각밀착 4조와 LN-Grackle방식은 환경설계기준(안)인 50 dBA를 만족하는 것을 확인할 수 있다.

표 7. 실증시험 풍소음

Bundle의 종류	풍속정보, %		풍소음, dBA	
	L5%	L50%	L5%	L50%
Cardinal*6B	13.4	9.4	60.2	50.8
SR 대각밀착4조	12.5	9.3	57.8	48.8
SR대각밀착4조+첩선	18.6	10.0	68.9	54.3
LN-Grackle*6B	11.1	8.8	56.5	47.8

그림 5는 실증시험을 통한 풍소음 저감효과에 대한 분석결과를 보여준다. L5% 스펙트럼에서 LN과 SR은 특히 Cardinal의 탁월주파수(100Hz)에서의 첩두치가 약 8~10dB 낮아졌음을 볼 수 있다. 결과적으로 High level의 풍소음치가 주로 분포하는 L5% 스펙트럼의 광대역에서 고루 저감됨에 따라 SR과 LN 대책첩선의 풍소음압이 2~3 dB 저감되는데 기여한 것으로 판단된다.

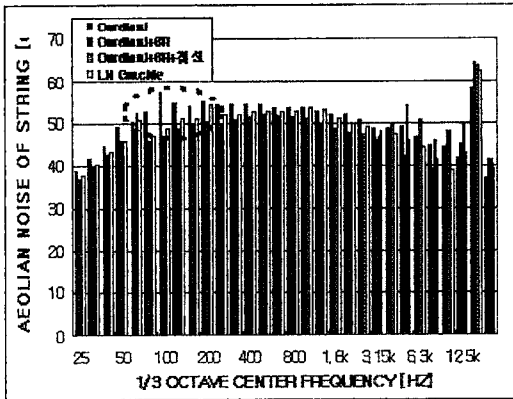


그림 5. L5% 풍소음 주파수 스펙트럼

2.3.3 전기환경장해량 실증시험 결과

실규모 시험선로를 이용한 장기 실증시험을 통해 실제 선로에서 발생될 수 있는 전기환경장해 잡음량을 장기측정하고 통계처리하여 <표 8>과 <표 9>와 같은 결론을 얻었다. 코로나 소음의 경우 4가지 경우에 대해 모두 기준치인 50dBA를 만족하고 있다.

표 8. 도체방식 별 코로나 소음 실증시험결과

시험도체방식	강우시 [dBA]		청명시 [dBA]	
	L5%	L50%	L5%	L50%
Cardinal*6B	52.6	47.3	51.4	42.8
SR 대각밀착4조	53.3	49.2	51.4	43.3
Spiral Rod 대각밀착4조+첩선	51.7	46.8	50.7	43.2
LN Grackle*6B	52.6	48.3	50.5	42.5

라디오 잡음의 경우, SR대각밀착 4조 및 첩선, LN-Grackle\*6B 세 도체방식의 SNR이 Cardinal\*6B보다 약 3dB 낮아 설계목표치 24dB(B등급)를 불만족하는 수준이지만, FCC, IEEE 기준에 의하면 청취가 양호한 C등급(SNR 19dB 이상)의 수신 품질이며, 상용 송전선로의 지상고는 실증시험선로에 비해 높게 설계되므로 실질적인 라디오 수신장애 문제는 발생되지 않을 것으로 판단된다.

표 9. 도체방식 별 라디오 장애실증시험결과

도체방식	청명 [dBμV/m]	강우 [dBμV/m]
	라디오 잡음	라디오 잡음
Cardinal*6B	46.7	62.9
SR 대각밀착 4조	50.3	63.2
SR 대각밀착 4조 + 첩선	49.7	66.0
LN Grackle*6B	50.5	64.5

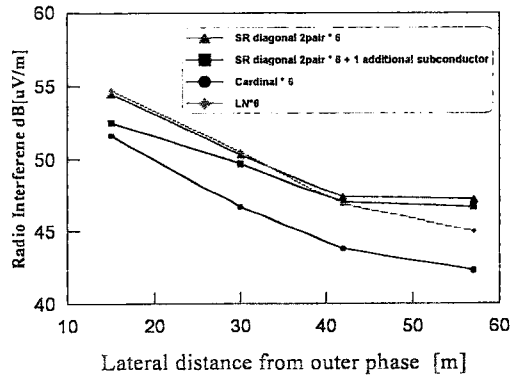


그림 4. 청명시 라디오 장애 Lateral Profile

3. 결 론

본 연구를 통해 풍소음 대책용 전선과 평가기준이 되는 기존의 cardinal\*6B 방식의 환경특성을 비교 평가하여 저풍소음 전선의 실용화 가능성과 환경설계기준 만족 여부를 확인하였다. 이로부터 풍소음 대책용 후보 전선방식과 실규모 시험선로 가설편식들을 선정할 수 있었고, 시험선로에서의 실증시험을 거쳐 풍소음 대책의 실용화 기반기술을 마련할 수 있었으며, 궁극적으로 국내환경에 적합한 저풍소음 전선의 상용화 개발을 위한 교두보를 확보하였다.

따라서 향후 신설되는 초고압 송전선로 경과지 중에 환경민원 발생이 우려되는 지역의 특성에 따라서 풍소음과 라디오 잡음의 환경적, 경제적인 협조설계를 적절히 적용한다면 효과적인 환경친화송전선로 건설방안의 수립이 가능할 것이다.