

765kV 송전선로의 전기 환경장애 설계

자료제공/한전 765kV 건설처

1. 서론

송전전압이 500kV 이상이 되면 강우시 도체표면 전계강도가 주변 공기의 코로나 임계전계치 이상이 되어 주변공간의 공기절연이 극부적으로 파괴되는 코로나현상이 발생한다. 이로 인하여 빛, 가청소음, 라디오장애, TV장애, 도체진동 그리고 오존 등이 발생하고 이와 같은 발생원의 에너지는 공급되는 전력의 손실로서 코로나손이 되며, 또한 높은 전압에 의한 정전유도와 큰 부하전류에 의한 전자유도가 발생된다.

따라서 765kV 송전선의 도체 선정에서는 단순한 전류용량 뿐만아니라 이러한 코로나에 의한 전기장해 재해를 만족하는 도체의 선정, 송전선의 최적 상(相)배치, 적절한 지상고를 유지토록 하여야 하며, 이러한 환경장애 요소들의 정확한 해석과 대책강구가 부족할시는 송전선로 건설후 선로 인근주민의 불평을 야기시키므로 이에 대한 대책으로 도체의 표면전계강도를 낮추기 위하여 굵은 도체나 복도체방식의 채택, 2회선 송전선의 역상 배열, 인가지역 송전선로의 높은 지상고 유지 등을 고려한다. 이러한 검토는 송전선로가 건설되는 지역의 기압, 강우강도, 풍속 등의 기후조건과 채용하는 전압방식, 송전철탑 구성 등을 고려하여 외국의 유사한 경우를 참고하여 이론적인 예측도 가능하지만, 우리나라는 765kV와 같이 다른 나라에서 사용한 예가 없는 765kV 수직배열 2회선 송전방식에서는 이론적 방법만으로 검토하는 것이 한계가 있어 단순히 외국의 자료를 인용하지 않

고, 한전에서는 단상 모의 시험선로인 코로나 케이지(Corona Cage)와 실규모 실증시험선로를 건설하여 장기간의 실증시험을 통한 연구결과를 토대로 현재 건설되고 있는 765kV 선로의 전기환경설계를 하였다.

2. 송전선로 설계와 환경장애

초고압 대형송전선로로 인한 환경문제는 크게 코로나 방전 및 유도에 의한 전기적 환경장애와 철탑 구조물의 대형화에 따른 기계적 환경장애로 표 1과 같이 구분할 수 있다.

표 1의 장애항목중 전기적 장애가 주 검토항목이며 지역조건과 기후에 따라 기계적 장애항목도 중요한 검토항목이 될 수 있으며, 전기적 항목중 오존은 지금까지의 연구결과로는 영향이 미비한 것으로 조사되었다. 가장 중요한 항목으로는 전기적 장애중 코로나 소음이며, 이것은 765kV 송전선로의 도체 선정에서 가장 고려하는 항목으로 전자파장애와 더불어 주 연구 항목으로 취급되었다.

3. 송전선로 장애항목

한전 765kV 1차 송전선로의 환경장애 검토에서는 송전선 설계의 가장 기본이 되는 최적도체 선정을 위하여서는 가청소음과 전자파 잡음을 검토하였으며, 송전선로의 지상고 결정을 위하여 지표면 전계강도 즉, 정전유도 항목을 그리고 극부적인 환경장애 문제로 예견되는 환경장애 항목인

765kV 송전선로의 전기 환경장해 설계

<표 1> 송전선로 환경장해 분류

분 류	발생원	장 해 증 류	대 상	장 해 현 상
전 기 직 장 해	전 압	코로나 소음 전자파 잡음	인간, 동물 TV수상기 라디오 수신기	Random/Hum음장해 화 상 장 해 청 취 장 해
		오 존	인간, 동식물	광화학 Oxidant농도변화
		정전유도	인간, 동식물	전압, 전류에 의한 감지
	전 류	코로나 손		전력손실
기계적 장 해	설 비	전자유도	인간, 동식물	전류에 의한 영향
		TV 전파장해	TV 수상기	방송수신품질 저감
		풍 소 음 경관장해	인 간 인 간	탁월음 장해 시 각 장 해

TV 전파장해와 풍소음의 대책을 위한 검토·연구가 계속되고 있다. 따라서 이러한 한전 765kV 1차 송전선로 각각의 환경장해 항목이 송전선 설계에 어떻게 적용되었고, 국내의 환경장해 기준은 물론 외국의 기준과 비교 검토하여 보았다.

가. 가청소음(Audible Noise)

보통 송전시스템에서 발생하는 소음은 일반적인 자동차, 항공기의 소음에 비해 문제가 되지 않고 있으나, 765kV와 같은 초고압 송전선로에서는 송전도체에서 발생하는 코로나나 갭방전에 의한 소음이 관심의 대상이 되고 있다. 이중 주관심 대상인 코로나 소음은 맑은 날씨에서는 도체표면 전계강도가 코로나 임계전계강도 이하로 되어 별 문제가 되지 않으나 비가 오는 경우는 임계 전계강도 이상으로 되어 도체표면에 많은 코로나의 발생으로 인한 가청소음이 발생된다.

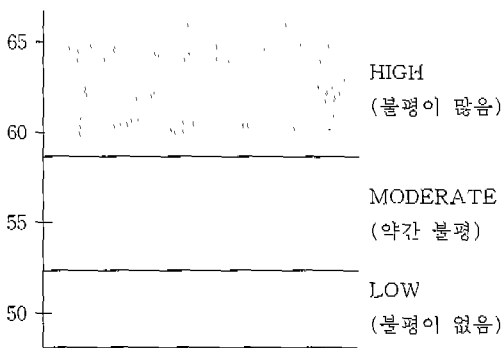
이 코로나 소음의 주파수특성은 그림 2와 같이 20[Hz]~20[kHz]의 인간의 가청 주파수영역에서 광범위하게 발생되므로 Random Noise라고도 불리우며 특히, 상용주파수의 배수가 되는 120[Hz]의 소음이 유난히 크고 저주파인 관계로 차음이나 거리감쇄효과가 적어서 Hum Noise로 분리하여 검토하기로 한다. 그림 1의 송전선로의 코로나 소음에 대한 사회적 불평도에서 나타난 것과 같이 53[db A] 이하에서는 거의 코로나 소음에 대한 불평이 없음을 알 수 있다.

그러나 소음에서 느끼는 불평도는 발생빈도와 시간, 주변의 소음레벨 등에 따라 달라진다.

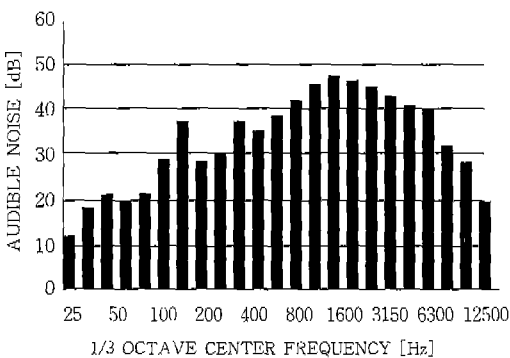
표 2~6은 각국의 소음기준을 나타내고 있다.

나. 라디오 장해(Radio Interference)

라디오 잡음이란 전력설비에서 발생하는 바람직하지 못한 전자파로 인해 발생하는 라디오 방송주



<그림 1> 코로나 소음과 사회적 불평도



<그림 2> 코로나 소음의 Frequency Spectrum(Rain)

<표 2> 미국 EPA 소음 기준

영향	허용 기준	적용 지역
외	$L_{dn} \leq 55\text{dB(A)}$	주택지, 농지, 사람들의 활동시간이 다양한 지역, 기본적으로 정숙해야 하는 지역
	$L_{eq}(24) \leq 55\text{dB(A)}$	운동장에서 교정같이 제한된 시간을 보내는 지역
실내	$L_{dn} \leq 45\text{dB(A)}$	주택지의 실내
	$L_{eq}(24) \leq 45\text{dB(A)}$	사람들이 활동하는 지역

<표 3> 미국 각주의 주거지역 소음규칙

주	주거지의 최대허용소음		비고
	주간	야간	
Colorado	55	50	
Oregon	60	55	사유지
New Jersey	65	50	Octave band level
Illinois	55	45	Class A 소음권(주택지)
	55	45	Class B (상업지역)
	61	51	Class C (공업지역)

<표 4> 일본 환경 평음기준[dB(A)]

지역	시간구분		
	주간	조식	야간
정숙을 요하는 지역	45 이하	40 이하	35 이하
주거용 지역	50	45	40
상공업 지역	60	55	50

<표 5> 한국의 환경 평음기준

지역구분	적용대상지역	기준	
		낮 6:00 ~ 22:00	밤 22:00 ~ 00:00
일반지역	녹지지역, 학교&병원 50m 이내 등	50	40
	도시계획법상 주거지역 등	55	45
	도시계획법상 상업&준공업지역	65	55
	도시계획법상 공업지역	70	65
도도반반지역	녹지지역, 학교&병원 50m 이내 등	65	55
	도시계획법상 주거지역 등	65	55
	도시계획법상 상업&준공업지역	70	60
	도시계획법상 공업지역	75	70

과수 대역에서 발생하는 잡음으로 주로 AM 방송 주파수 대역인 535~1605[kHz]가 문제가 된다.

라디오장해는 송전선로와 수신기간의 거리, 수신안테나 방향, 송전선 구조, 기후조건 등에 따라 결정되어진다.

IEEE 소위원회에서는 SNR(Signal to Noise Ratio)로 라디오장해 방송수신품질을 평가하는데 SNR=24[dB] 이상이면 방송수신 품질면에서 아주 양호함을 알 수 있어 한전 765kV는 이 기준에 따랐다. SNR의 산정은 표 7과 같은 우리나라 방송 구역 전계강도중 라디오 표준방송을 하는 방송국의 저잡음 지역을 신호강도(Signal : 71[$\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$])로 하여 송전선에서 발생한 라디오 장해과와의 차이로 구한다.

다. 텔레비전 장해(TV Interference)

텔레비전 잡음이란 라디오 잡음과 마찬가지로 전력설비에서 발생하는 바람직하지 못한 전자파로 인해 발생하는 텔레비전 방송주파수 대역에서 발생하는 잡음으로 UHF와 VHF주파수 대역인 MHz 대역이 문제가 된다. 텔레비전장해도 라디오장해와 마찬가지로 송전선로와 수신기간의 거리, 수신안테나 방향, 송전선 구조, 기후조건 등에 따라 결정되어진다. 텔레비전장해 방송수신품질을 평가하는데도 라디오장해의 경우와 같은 방식이며 SNR = 40[dB] 이상이면 방송수신 품질면에서 수신에 방해가 되지 않음을 EPRI의 자료에서 알 수 있어 한전 765kV의 텔레비전장해 기준도 이 기준을 따랐다. SNR의 산정은 표 7과 같은 우리나라 방송 구역 전계강도중 텔레비전방송 및 텔레비전 문자 방송을 하는 방송국 VHF대역의 저잡음 지역을 신호강도(Signal : 54[$\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$])로 하여 송전선에서 발생한 텔레비전 잡음과와의 차이로 구한다.

4. 한전 765kV 전기환경 설계기준

환경장해 기준은 그 나라의 경제수준과 사회적 상황을 반영하여 결정되는 관계로 한전의 765kV 송전선로의 전기환경 설계기준도 좁은 국토에 건설되는 초고압선로인 관계로 다른 선진

765kV 송전선로의 전기 환경장해 설계

<표 6> 각국의 코로나 소음기준

국 가	기 관	코 로 나 소 음 목표치 [dB(A)]	코 로 나 소 음 으 로 인 한 불 평	대 책
미 국	BPA	ROW 경계에서 $L_{50} = (53 \pm 2)$	초기의 500kV 송전선 (63.5mm ϕ 단도체)에서 발생	63.5mm ϕ 단도체를 3x30.5mm ϕ 로 변경(주책이 많은 지역)
	PASNY	ROW부근주책 침실 : 35dB(A)이하 선로중심으로 부터 125ft지점 : $L_{50} \approx 53$	345kV 선로에서는 전혀 없었으나 765kV 송전선에 서 36건 발생	침실소음이 35dB(A)를 초과 금지, 주민들의 요구에 따라서 는 매주 또는 이전에 응함
이탈리아	ENEL	$L_{50} \approx 58 \sim 59$ $L_{50} \approx 52 \sim 53$	400kV 송전선에서는 없음	불평이 발생하면 설득하거나 ROW를 매수할 것을 고려중
영 국	CEGB	없 음	400kV 2도체 송전선의 경 우시 발생	2도체를 4도체로 변경해서 저감
일 본	TEPCO	$L_{50} = 50$	500kV 이상 송전선에서 발생	저공소음 보강 등 대책 강구
한 국	KEPCO	$L_{50} = 50$	345kV 송전선에서는 없음	765kV 대비 대책 강구

<표 7> 잡음 등급별 방송구역 전계강도기준

방 송 국	방 송 구 역 전 계 강 도 [mV/m] (dBuV/m)			비 고
	고잡음 지역	중잡음 지역	저잡음 지역	
표준방송을 하는 방송국	7.0(77)	5.0(74)	3.5(71)	초단파 및 TV방송을 하는 방송국 의 전계강도(TV 방송의 경우 등 기신희파형의 침투치에 의한다)의 측정은 지상 4m 높이를 기준으로 한다.
초단파 및 초단파 다중방송을 하는 방송국	31.6(70)	1.0(60)	0.25(48)	
TV 방송 및 문자방송을 하는 방송국	VHF	5.0(74)	2.5(68)	
	UHF	31.6(70)		

국의 기준과 국내외 환경법규를 근거로 하여 765kV 실증시험선로의 실증을 거쳐 표 8과 같이 마련되었다.

지상고 결정에 적용되는 지표면 전계강도는 기존의 송전선로 지상고 기준을 준용하여 적용하였으며, 표 8의 기준은 한전의 765kV 송전선로는 세계에서 처음으로 건설되는 수직배열 2회선이고 우리나라가 협소한 국토에 인구밀도가 높은 관계로 송전선인근의 인가에 근접할 우려가 높아 다른 나라의 기준에 비하여 다소 엄격한 면을 내포하고 있다.

5. 결론

1. 765kV 1차 사업용 송전도체 방식으로 선정된 480mm(Cardinal)×6 도체/相 도체배열방식을 고창 765kV 실증시험장에 가선하여 장기간 시험한 결과 표 9에서 알 수 있는 바와 같이 표 8의 765kV 송전선로 전기환경 설계기준을 만족함을 알 수 있다.
2. 분석결과에서도 알 수 있듯이 강우시 소음은 기준 50[dBA]를 초과하므로 기준치 이하로 유지할 필요가 있다.

<표 8> 765kV 송전선로 전기환경 설계기준

평가분야	적용지역 구분	설계허용 목표	적용조건
코로나 소음	주거지역 준주거지역 기타지역	50dBA 이하 55dBA 이하 60dBA 이하	· 강우시 L _{50%} 치 · 선하용지 보상경계 및 지상 1.5m
라디오 장애	전지역	SNR 24dBA 이상 (F.I./Q.P.)	· 평명시 L _{50%} 치 · 선하용지 보상경계 및 지상 2m · 측정주파수 : 0.5±0.1MHz · 신호강도 : 저잡음 지역방송 · 전계강도, 71dB μ V/m
TV 장애	전지역	SNR 40dBA 이상 (F.I./Q.P.)	· 강우시 L _{50%} 치 · 선하용지 보상경계 및 지상 3m · 측정주파수 : 73.5±1.5MHz · 신호강도 : 저잡음 지역방송 · 전계강도, 54dB μ V/m
전계강도	사람의 출입이 빈번한 지역	3.5kV/m 이하	· 최대치
	기타지역	7.0kV/m 이하	· 송전선하, 지상 1m

<표 9> 765kV 송전선로 전기환경 실증시험 분석결과

측정항목	측정 센서명	전천후시			환경설계 기준(안)	평가 결과
		강우시		청명시		
		L5%	L50%	L50%		
코로나 소음[dBA]	AN3	52.7(52.8)	48.1	42.0(42.1)	50 이하	만족
코로나 소음[dBA]	HN2~5	40.8(38.8)	29.7(31.0)	23.8(27.6)	<50 이하>	만족
라디오 장애[dB μ V/m]	R12	69.4(71.1)	62.1(64.6)	SNR26	SNR24 이상	만족
TV 장애[dB μ V/m]	T11	17.7(21.5)	SNR40	9.6(15.6)	SNR40 이상	만족
전선풍소음[dBA]	WN1	L5% = 48.0, L50% = 41.0			<50 이하>	만족
철탑풍소음[dBA]	WN6	L5% = 54.3, L50% = 44.7				
지표면 전계강도 [kV/m]	이동용 측정기	시험선로실측치 = 5.8(5.6) 현수형 상용선로 계산치 \approx 3.5			3.5 이하	-

3. 일본의 1000kV 3차 사업에서 인가부근을 통과하는 전루트에 전부 저풍소음 도체방식을 사용한 예로 비추어 보아 서울 인근을 지나는 송전선로에서는 765kV 송전선로와 같은 대형철탑에서의 바람에 의한 풍소음이 우려되므로 현재 연구원에서 진행중인 풍소음 연구결과에 따라 저풍소음 도체의 채용의 필요성이 제기된다.



편안히 살게 해달라고 기도하지 말라.
 강한 사람이 되기를 기도하라.
 함께 알맞은 일을 달라고 기도하지 말라.
 일을 해낼 수 있는 힘을 달라고 기도하라.