

765kV 송전선로 전자계 예측계산 및 실측치 비교

맹종호*, 이호권**, 이현중**, 안희성*
기초전력연구원*, 한전 전력연구원**

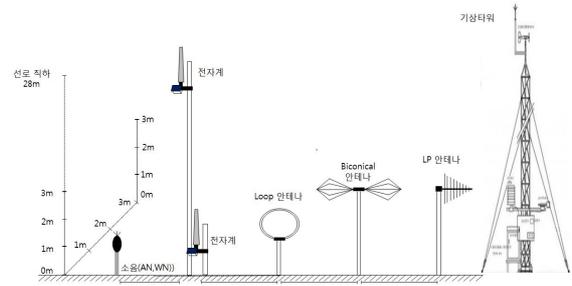
A comparison of calculated and measured values for the electric and magnetic field of 765 kV overhead transmission line

JongHo Maeng*, HoKwon Lee**, HyunJoong Lee**, HunHeeSung Ahn*

Korea Electrical Engineering & Science Research Institute*, Korea Electric Power Corporation Research Institute**

Abstract - 한국의 송전선로는 154kV, 345kV, 765kV로 분류할 수 있으며, 이 중 765kV급 송전선로는 2000년대 초반 도입된 이래 대규모 발전단지 및 부하밀집 지역을 잇는 주요한 설비로 자리잡아 현재까지 안정적으로 운용되고 있다. 그러나 최근 건강을 중요시 여기는 사회적 트렌드와 전자계에 대한 일반 대중들의 관심 증가로 밀양 765kV 송전선로의 건설이 지연되어 적기 건설 및 운영에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해 송·변전설비 주변지역의 보상 및 지원에 관한 법률이 2014년 7월 29일부터 시행되어 전력설비 인근 지역에 거주하는 주민들의 보상을 법으로 보장하고, 원활한 관련 문제 해소를 위해 다양한 Risk Communication 방안이 검토되고 있다. 또한 송전선로에서 주로 이슈가 되는 전기환경영향에 대해 장기 전기환경 측정시스템을 구축하여 상용선로에서 1년 이상의 전기환경 DB를 집록할 예정이다. 전력설비의 전기환경은 크게 전파장해, 소음, 전자계로 구분할 수 있으며 참고 데이터로 기상요소를 측정하는데 장기 전기환경 측정시스템에서는 이 모든 전기환경 데이터를 취득할 수 있는 설비를 갖추고 있으며, 본 논문에서는 구축된 설비를 간단하게 설명하고 해당 부지에서의 전자계 값을 모의하고 실측한 결과를 수록하였다.

터로 기상요소 측정을 위한 기상타워는 풍향, 풍속, 온도, 습도, 기압, 강우량, 일사량을 아날로그 방식으로 측정할 수 있는 센서로 구성되어 10 m의 철탑이 설치되었다.



〈그림 1〉 장기 전기환경 측정시스템 구성

1. 서 론

한국의 2015년 경제 성장률은 3% 이상 될 것으로 전망된다. 비교적 낮은 포인트의 성장률에도 불구하고 밤에도 활동인구가 늘어나는 소비패턴의 변화, 휴대폰, 모바일 장치 등 소형 전기사용 기기의 증가 등으로 인하여 국내 전력수요는 수렴구간에 미치지 못한 채 지속적으로 증가하고 있다. 또한 2011년 9월 15일에 발생한 대규모 광역정전과 같은 참사를 예방하고, 적정 수준의 예비력 확보를 위해 장기적인 전력수급 기본계획을 수립하고 있다. 한국의 인구밀도는 km당 497명으로 다른 국가에 비해 매우 높은 편이며, 국토 대부분이 산악 지역이기 때문에 송전선로 경로지 확보에 큰 어려움을 겪고 있다. 이러한 상황에서 수도권과 같은 대단위 부하밀집 지역에 전력이 원활하게 공급되기 위해서는 송전효율이 높고 손실이 적은 강건한 송전망이 구축되어 있어야 한다.

2. 본 론

실제 부하가 흐르는 상용선로에서의 장기 전기환경 데이터를 취득하기 위해 765kV 선로에서의 전기환경 측정시스템을 구축하였다. 측정 대상 선로는 위성사진 검토 및 현장답사의 통해 결정되었으며 약 1년 6개월 정도 전기환경 데이터를 취득하여 분석에 활용할 예정이다.

2.1 측정 대상 선로

장기 전기환경 측정시스템의 대상이 되는 선로는 765kV 신서산 2회선 T/L #25 첩탑 - #26 첩탑 구간이다. #25 첩탑은 내장형 첩탑으로 첩탑의 최대 높이는 86 m이며, #26 첩탑은 현수형 첩탑으로 첩탑의 최대 높이는 108 m이다. 선로의 구성으로 전력선은 ACSR/AW 480SQ 6도체가 3상 2회선, 가공지선은 AWS 200SQ, OPGW 200SQ 2조가 설치되어 있다. 양 첩탑 경간은 482 m이며 경간 중앙에서의 지상고는 31 m이다.

2.2 측정시스템 구성

상용선로 장기 전기환경장해 측정시스템은 장기간 연속으로 측정되기 위해 안전성, 정확성, 효율성, 신뢰성 등을 고려하여 구축되어야 한다. 따라서 각 항목의 측정시스템간의 직·간접적인 간섭이 없어야 하며 시운전을 통한 계측센서의 위치선정이 필수적이다. 장기 전기환경 측정시스템은 전자계 센서 4대와 전파장해를 측정하기 위한 라디오 장해(RI) 안테나 3기, 텔레비전 장해(TVI) 안테나 3기, 디지털 방송(및 모바일 기기) 장해(DTVI) 안테나 3기와 안테나를 스위칭하고 수신 데이터를 취득할 수 있는 OSP 1대, EMI 계측기 1대로 구성된다. 소음의 경우 가청소음(AN), 풍소음(WN)용 마이크로폰이 총 6대 설치 되었다. 참고 데이

2.2.1 전자계

765kV 상용선로에서 발생하는 전자계를 측정하기 위해 가공 송전선로 국제 측정기준인 IEC 62110[1]을 준용하여 지표면 1 m에 총 3대의 전자계 센서를 설치 하였다. 프로브는 등방성 3축 합성 전자계 측정 방식으로 외함 내부에 전계와 자계 센서가 별도로 설치되어 있어 동시 측정이 가능한 형태이다. 센서의 측정 주파수 범위는 10 Hz - 5 kHz로 60 Hz 이외의 주파수 대역에서 일부 고조파가 발생되기는 하나 99%의 측정치는 60 Hz 주파수의 송전선로에서 발생된다. 전계 측정 분해능은 0.1 V/m, 자계 측정 분해능은 1 nT이다. 그리고 남은 하나의 전자계 센서는 765kV 환경설계기준의 전계 기준치인 3.5 kV/m의 기준 높이가 되는 지상고 28 m에 배치되도록 하였다.

2.2.2 전파장해

송전선로에서 발생하는 전파장해를 측정하기 위해 선로 직하 연면거리 15 m에 상용주파수 특성, 라디오 장해, 텔레비전 장해를 관측할 수 있는 안테나가 설치되어 방사잡음을 측정할 수 있도록 구성하였다[2]. 측정 조건에 따라 안테나의 위치가 결정되며, 통상적으로 첩탑이 평지, 산악, 도로 등에 설치가 되어 접근이 어려운 경우가 많으나 장기 전기환경 측정부지의 경우 평지이며, 안테나 및 조형물간의 상호 간섭을 최소화 하도록 센서 간 배치를 하였다.

〈표 1〉 상용주파수 전파장해 측정용 안테나의 종류 및 측정범위

종류	측정 항목	주파수 범위	기준 주파수
Active Loop	RI	9 kHz - 30 MHz	47.5kHz
Biconical	TVI	20 MHz - 300 MHz	75MHz
Log-periodic	DTVI	80 MHz - 2 GHz	-

2.2.3 소음

송전선로에서 발생하는 소음은 크게 기계적 소음과 전기적 소음으로 구분할 수 있다.

○ 기계적 소음

- 저주파대역 소음(전선,항공구,첩탑등이 바람의 마찰에 의해 발생)
- 고주파대역 소음(바람의 진행방향과 반대방향의 전선과 부딪혔을 때 뒷면에서 발생하는 와류에 의해 발생)
- 전선이 바람에 의해 수직으로 요동치면서 생기는 소음

○ 전기적 소음

- 전선표면에 발생하는 국부방전(코로나),에자표면이 염전해로 에자의 시멘트와 금속부의 접합부에서 발생하는 갭방전에 의한 소음

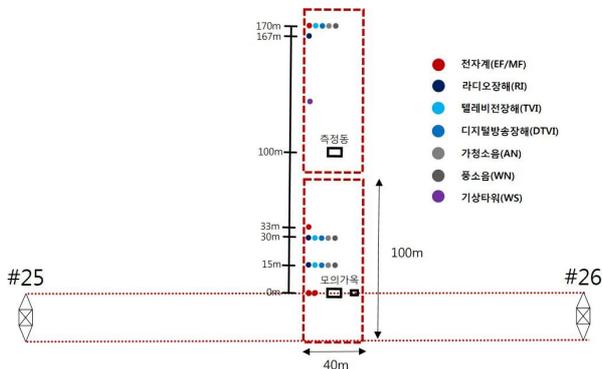
상용선로에 대해 항공장애구, 코로나방전에 의한 가정소음 및 풍소음을 측정하기 위하여 6개의 마이크로폰을 설치하였다. 각각의 마이크로폰에서 측정된 신호는 케이블을 통해 측정동에 설치된 DAS(Data Acquisition System) 서버로 보내지고, 별도의 전용 S/W에 의해 추가 저장하여 옥타브 분석, 이벤트 기록 등 상세한 분석을 수행할 수 있도록 구성하였다. 마이크로폰의 높이는 국제 측정 기준에 따라 지상 1.5 m에 설치되었다[3].

2.3 측정시스템 배치

장기 전기환경 측정시스템을 구축하기 위해 계측용 센서의 위치선정은 국내의 기준들을 참고하여 표 2를 토대로 선정하였다. 송주법에 기반하였기 때문에 최외각의 센서들은 180 m에 설치되어야 하지만, 부지 입차 문제로 170 m에 설치되었으며 배경장해량을 측정하는 것이기 때문에 180 m의 측정 값과 수치상의 큰 차이는 없을 것으로 판단하고 있다.

〈표 2〉 주요 측정센서 배치선정 및 관련근거

센서 종류	전자계	소음 전파장해	전자계	전자계
이격거리	0 m	15 m	33 m	180 m
선정 근거	선로 직하	CISPR 18-2 IEEE Std 656-1992	송주법 (재산적 보상지역)	송주법 (주택매수 청구지역)



〈그림 2〉 장기 전기환경 측정시스템 배치도

기준 측정위치 이외 설치된 센서는 송전선로 이격에 따른 감쇄효과와 배경장해량을 측정하기 위해 설치되었다.

3. 전자계 예측계산 및 실측

765 kV 송전선로에서의 전자계 실측값을 비교하기 위해 Narda STS社가 개발한 전자계 해석 상용 S/W인 EFC-400을 이용하였으며, 실측은 Enertech에서 개발한 EMDEX-II 전자계 측정장비를 이용하였다.

3.1 전자계 인체노출 기준치

국내에서 적용하고 있는 송전선로 전자계 인체노출 기준치는 국제비전리방사보호위원회(CISPR)의 노출기준치 준용하여 2004년 전기설비기술기준으로 제정되었다. 2010년 CISPR에서는 전자계 기준치에 대한 개정을 일부 하였으나 국내에서는 현재까지도 1998년 발간된 가이드라인의 기준치를 적용하고 있다[4].

〈표 3〉 국제 전자계 인체노출 기준치(ICNIRP)

전자계 [kV/m]		자기계 [uT]		비고
일반인	직업인	일반인	직업인	
4.2	8.4	83.3	416.6	1998년 제정
4.2	8.4	200	1,000	2010년 개정

〈표 4〉 국내 전자계 인체노출 기준치(전기설비기술기준 제 17조)

전자계 [kV/m]	자기계 [uT]	비고
3.5	83.3	2004년 2월 제정

3.2 전자계 예측계산 및 실측결과 비교

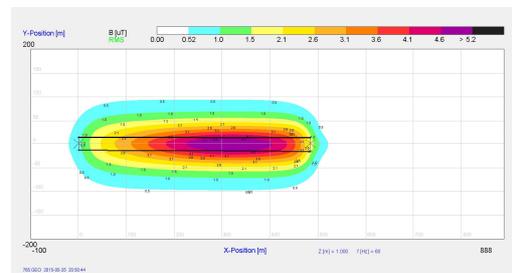
장기 전기환경 측정시스템의 구축 및 운용에 앞서 해당 부지에서의 전자계 예측계산 및 실측을 수행하였다. 예측계산은 기하학적인 선로형

상 좌표와, 도체 등의 정보를 입력하였으며 회선 당 1,650 A의 전류가 흐른다고 가정하였다. 전자계 실측 값은 3월 11일 11시경 센서가 배치되는 주요 지점과 사람이 지나다닐 수 있는 농로에서 측정되었다.

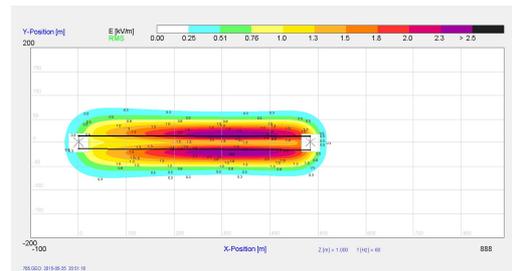
〈표 5〉 전자계 예측계산 및 실측결과 비교

이격거리[m]	전자계[kV/m]		자기계[uT]	
	실측치	예측계산	실측치	예측계산
0(직하)	2.336	2.405	3.60	4.380
3	2.400	2.433	3.48	4.170
15	2.057	1.958	2.72	3.193
33	0.964	0.826	1.62	1.912
65(농로)	0.080	0.082	0.56	0.763
170	0.032	0.027	0.09	0.088

전자계의 경우 실측치와 예측계산 결과 차이는 크게 나타나지 않았으며, 자기계의 경우 최대 0.78uT의 오차가 발생하는데 이는 전류의 영향으로 실제 부하전류와 예측계산 시 입력한 전류의 차이에 따른 것으로 분석된다.



〈그림 3〉 765kV 송전선로 자기 분포도



〈그림 3〉 765kV 송전선로 전자계 분포도

3. 결 론

기준 전기환경 데이터의 경우 실제 부하를 고려하지 않은 시험선로에서 측정이 이루어지거나, 단기 측정을 통해 민원을 해소하고자 하였다. 이번 연구의 장기 전기환경 측정시스템은 실제 상용선로에서 장기 전기환경 측정을 하며, 2015년 5월 대부분의 하드웨어 구축이 완료되어 시운전 중에 있다. 이 시스템으로 통해 장기 전기환경 DB가 1년 6개월 가량 집록할 예정이며, 실제 기능원이 상주하며 상용운전 중 발생하는 전기환경 데이터를 현장에서 종합적으로 장기 취득하므로 단편적으로 측정되었던 결과와 실제 민원인들이 현장에서 접하는 전기환경에 대한 인식의 차이를 줄이고 유연하게 관련 민원에도 대처할 수 있을 것으로 판단하고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC, Electric and magnetic field levels generated by AC power systems - Measurement procedures with regard to public exposure, IEC International standard 62110, 2009
- [2] CISPR TR 18-2, Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits, 2010
- [3] IEEE, IEEE Standard for the Measurement of Audible Noise from Overhead Transmission Lines, IEEE Std 656-1992, 1992
- [4] ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz). Health Physics 74(4), 494-522, 1998