

송전선로의 전자계 크기 측정 및 분석

김상범, 조성배, 신구용, 이동일, 김정부
한전 전력연구원

Measurement and Analysis of Electric and Magnetic Fields Near Overhead Transmission Lines

Sang-Beom Kim, Seong-Bae Cho, Koo-Yong Shin, Dong-Il Lee, Jeong-Boo Kim
KEPRI (Korea Electric Power Research Institute)

Abstract - The electric and magnetic fields (EMFs) near 345/154 kV overhead transmission lines were measured. The average values of maximum electric field and magnetic field for 44 transmission lines were 1.11 kV/m and 24.5 mG, respectively. These values were lower than any standards of advanced countries. The EMFs of distribution lines and substation, and electric appliances were also measured and compared with those of transmission lines.

1. 서론

1979년 Wertheimer와 Leeper가[1] wire code를 이용한 역학(Epidemiology) 연구에서 전력선과 인체 질병과의 연관성을 보고한 이래 전자계에 대한 관심이 높아지게 되었다. 특히 국내에서도 최근 늘어나는 전력 수요에 대처하기 위하여 송전계통의 초고압화 추세에 따라 전력 설비에서 발생할 수 있는 전자계에 대한 지역 주민들의 거부감으로 설비의 원활한 포설과 운전이 지장을 주고 있는 것도 사실이다. 그러나 Wertheimer와 Leeper[1] 이후 그들과 동일한 실험을 수행한 Savitz의[2] 결과에서는 전력선의 전자계가 영향을 주지 않는 것으로 나타났고 이후 미국을 포함한 선진국에서 많은 연구를 [3,4] 수행하였으나 전자계가 인체에 영향을 줄 수 있다는 근거를 찾아내지 못하였다.

그럼에도 불구하고 각국에서는 국민 보건 위생 차원에서 전자계 노출에 대한 규제 혹은 권고안을 마련하고 있으며 국내의 한국전력공사에서도 전자계 발생량을 규제하고 있다. 그러나 국내에서는 일반인들이 노출될 수 있는 전자계에 대한 폭넓은 평가가 아직까지 없었다. 따라서 본 연구에서는 일반인들이 노출되고 있는 전자계의 현황을 파악하고 이를 각국의 노출 기준과 비교하고자 하였다. 이를

위하여 송전선로, 배전선로, 변전소 등에서 발생하는 전자계를 실측하고 그 크기를 평가하였다. 아울러 항시 노출되는 전자계 크기를 파악하기 위하여 가정에서의 전기기기에서 발생하는 전자계도 측정하였으며 이들을 서로 비교하였다.

2. 측정 방법

측정에 사용된 계측기는 최근 미국의 EPRI와 Enertech Consultant사에서 공동으로 개발한 모델명 EMDEX II 였다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 3축 방향의 자계를 각각 측정하여 resultant 값으로 액정화면에 표시하도록 되어있다. 전계를 측정하기 위해서는 두 개의 평형 금속판으로 구성된 probe를 별도로 연결하여야 하고 1축 방향의 값을 측정한다. 계측기의 사양은 표 1에 나타내었다.

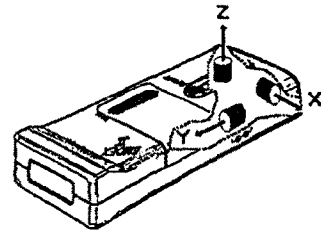


그림 1. 계측기의 센서 설치도

표 1. 계측기의 사양

Specification	EMDEX II	
	Magnetic Field	Electric Field
Dimension	16.8×6.6×3.8 cm	
Weight	341 g	
Frequency Bandwidth	40 ~ 800 Hz	
Measurement Method	True RMS	
Temperature Range	0 ~ 60°C	
Field Range	0.1 ~ 3000 mG	0 ~ 19.66 μA
Resolution	0.1 mG	1 V/m
Accuracy	± 1.1 %	± 4 %
Max. Sampling Rate	1.5 sec	3.0 sec

송전선로에서의 전자계는 전력선으로부터 횡방향으로 측정이 이루어졌다. 2회선 선로의 중앙을 기

점으로 하고 자계는 30 cm 간격, 전계는 2 m 간격으로 측정하였다. 전계를 측정할 경우 측정자와 계측기간의 거리가 가까우면 전계 차폐 효과로 인하여 정확한 값을 얻기 어려우므로 본 연구에서는 2 m 정도의 간격을 유지하면서 측정하였다. 또한 송전선로와 배전선로에서의 전자계 값은 지표면으로부터 1 m 떨어진 지점에서 측정된 것이다.

3. 결과 및 고찰

그림 2와 3은 각각 전형적인 345 kV 송전선로의 전계와 자계의 횡방향 분포를 나타낸 것이다.

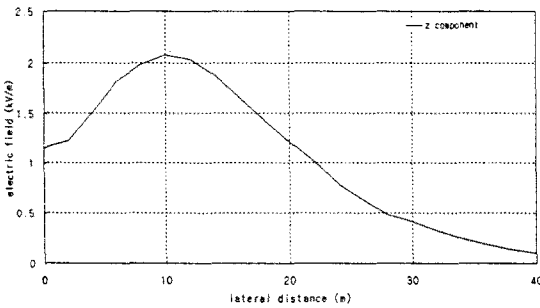


그림 2. 전형적인 345 kV 송전선로의 횡방향 전계분포

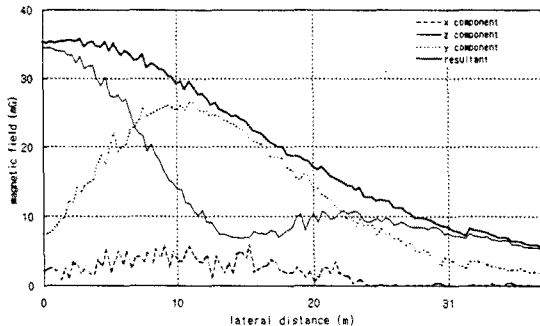


그림 3. 전형적인 345 kV 송전선로의 횡방향 자계분포

그림 4는 전형적인 345 kV 송전선로의 형태를 나타낸 것으로 전자계는 2회선 송전선로의 중앙에서부터 멀어지면서 측정되었고 대체로 선로 중앙을 중심으로 양쪽이 대칭을 이룬다. 그러나 양 회선에서 흐르는 전류가 차이난다든지 전압이 불균형을 이루고 있으면 대칭을 이루지 않는다.

전계의 크기는 선로의 중앙에서 극소값을 보이다가 345 kV 선로의 경우 10 m 되는 지점에서 극대값을 보이고 다시 거리가 멀어질수록 감소한다. 154 kV의 경우는 대략 6 m 지점에서 극대값을 보였는데 선로의 직하 부근이다. 차이가 나는 원인은 이들 선로의 배치가 서로 다르기 때문이다.

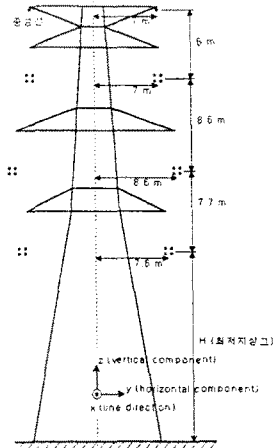


그림 4. 전형적인 345 kV 송전선로의 형태

그러나 자계는 345 kV, 154 kV 송전선로에 관계없이 선로의 중앙에서 최대값을 보였다. 그림 3에는 각 측방향으로의 성분도 함께 표시하였는 바, z 성분 즉 지표면과 수직인 성분은 중앙에서 최대, 20 m 지점에서 극대값을 나타낸다. 반면 선로와 수직인 방향인 y 성분은 선로의 중앙에서 극소, 10 m 지점에서 극대값을 보인다. 송전선로와 길이 방향인 x 성분은 원칙적으로 0의 값을 나타내어야 하나 실제 측정하는 동안 계측기가 정확히 3 축 방향으로 정렬되지 않아 0보다 큰 수치를 보이고 있다.

이와 같이 송전선로별로 전계와 자계의 횡방향 분포를 측정된 다음 각각의 최대치만을 분류하여 표 2와 3에 나타내었다.

표 2. 345 kV 송전선로의 전자계 최대치

선로명	부하전류 (A)	최대전계		최대자계		전선높이 (m)	비고
		크기(kV/m)	위치(m)	크기(mG)	위치(m)		
신보령	630	2.07	10	35.8	3	21	
청군	85	2.14	10	8.44	1	21	
보령	1700	1.22	8	66.8	1	21	
보령	800	-	-	25.8	4	25	
아산	920	-	-	56	0	13	
신남원	630	1.1	2	21.4	0	30	
무주양수	360	-	-	46.4	8	25	
서대구	470	-	-	48.3	0	25	
삼천포	-	-	-	24	3	20.8	
동서울	250	-	-	4.7	3	27	
영청	-	1.3	0	39.9	0	11	
영청	-	1.13	0	21.2	0	30	
신안천	350	0.47	0	15.1	0	16	
신시흥	600	0.85	0	19.2	0	16	4C
한보	450	-	-	32.3	0	25	
영청	550	1.8	10	28.2	0	17.5	
영서	200	1.74	8	10.7	0	17	
신영서	200	1.7	8	44.6	0	14	
서청	400	2.04	8	23.3	0	15.5	
신시흥	600	1.001	12	34.8	10	22.7	4C

표 2와 3은 각각 345 kV, 154 kV 송전선로의 전자계 최대치를 나타낸 것이다. 당연히 전계는 극대값을 찾은 것이고 자계는 선로의 중앙에서 측정된 값이 최대치가 된다.

표 2와 3에는 전자계의 최대치가 나타나는 위치도 표시하였는데, 전계의 경우 선로의 바로 아래 근처에서 최대치를 보여야 하나 그렇지 않은 선로

표 3. 154 kV 송전선로의 전자계 최대치

선로명	무대전류 (A)	최대전계		최대자계		전선높이 (m)	비고
		크기(kV/m)	위치(m)	크기(mG)	위치(m)		
정주고항	-	0.26	5	0.75	0	-	-
정주고항	-	0.27	0	1.58	0	-	-
침철	100	-	-	4.85	0	23	-
침물	600	-	-	2	8	32	-
마산	-	-	-	18.2	0	15.8	-
시화	850	1.19	0	40	0	17	4C
당진	95	-	-	7.5	0	11	-
서산	280	-	-	6.1	0	21	-
온천2	840	-	-	16.6	0	15	-
성거	410	-	-	5.5	0	16	2C2B
천안2	230	-	-	7	-	13	1B
세원	160	-	-	12.6	0	11	1C1B
한국유리	65	-	-	9.3	0	13	-
기아복수강	400	-	-	33.6	0	13.5	*
이군	1000	-	-	58.6	0	17	2C2B
이군	1000	1.73	0	86.6	0	14	-
한솔임산	-	0.54	0	3.8	0	14	1C1B
새원	300	0.43	6	11.6	0	11	-
삼봉	260	2.01	4	49.2	0	6	-
서부	150	0.38	6	6.3	0	13	-
의왕	450	0.47	6	16.4	0	14	-
성천	650	0.145	0	3.08	14	37.5	2C
과천	820	0.172	10	18.95	0	27.2	2C
시화	850	1.65	0	52.8	0	18.4	4C

도 있는데 이는 2 회선 중 1회선에 전압이 인가되지 않았기 때문으로 추정된다. 자계의 경우도 양 회선의 전류가 불균형이면 중앙이 아닌 지점에서 최대값을 보일 수 있다.

한편, 일반 가정에서 사용하는 전기기기에서 발생하는 자계도 측정하였고 이를 표 4에 나타내었다. 기기마다 실제 사용하는 타당한 거리를 기준으로 대표적인 수치로 사용하였다. 예컨대 전기면도기나 헤어드라이어는 인체에 가까이 사용하는 것이어서 3 cm 위치에서의 자계를 대표치로 간주하였고 나머지는 30 cm의 수치를 대표치로 간주하였다.

표 4. 가정용 전기기기의 자계

기기 종류	3 cm	30 cm
TV	74	8.9
냉장고	3.8	2.0
전자레인지	372	36
가정용 강압기	242	0.8
충전식 전기면도기	18.6	-
헤어드라이어	50.6	-
VTR	11	1.4
오디오	11	1.2
백열등	-	0.1
형광등	-	2.9
다리미	-	0.3
진공청소기	-	27
PC 모니터	290	29

특히 TV, 냉장고, PC모니터는 제작회사나 측정위치에 따라 큰 차이가 있었으나 후면은 실제 사람들이 행동하는 곳이 아니므로 제외하고 나머지 방향의 평균치를 대표값으로 하였다.

이들 가정용 전기기기의 자계평균치와 송전선로, 배전선로, 변전소 등에서 측정된 전자계의 평균치를 표 5에 요약하였다. 일반인들이 가정에서 노출되는 자계의 크기는 14 mG로서 송전선로와 배전선로의 자계에 비해 유사한 수준임을 알 수 있다.

이와 같이 측정된 전자계의 수치를 세계 각국의 노출기준과 비교하여 보았다. 각국의 노출기준은 한전의 보고서를[5] 기초로하여 표 6에 요약하였다.

송전선로에서 발생하는 전계와 자계의 평균 크기는 각각 1.11 kV/m와 24.5 mG로서 표 6에 나타난 각국 권고치에 비해 매우 낮은 값을 알 수 있다.

표 5. 전자계의 비교

구분	평균	중간값	L5	
전계(kV/m)	송전선로	1.11	1.13	2.06
	변전소	0.89	0.72	1.8
자계(mG)	송전선로	24.5	19.1	58.1
	배전선로	4.3	3.7	9.7
	가정	50	21	177
		14	2.9	41

표 6. 각국의 전자계 권고(기준)치

기관 및 국가	전계(kV/m)	자계(mG)	비고
국제방사선보호협회	5	1,000	24시간 상시노출
미국	1~11	150~250	지상권 경계
일본	3	50,000	
영국	-	20,000	
호주	2	1,000	전계:지상권경계
한국(한전)	3.5	1,000	전기설비기술기준

특히 미국의 경우 지상권에서의 전자계를 기준으로 하였는데 측정된 송전선로의 최대치를 지상권 경계(선로 중앙에서 약 20 m 지점) 지역의 수치로 환산하면 불과 0.7 kV/m, 15 mG밖에 되지 않는다.

4. 결론

전국의 송전선로 44군데, 배전선로 13군데에서 측정된 전자계의 평균치는 가정의 전기기기에서 발생하는 전자계의 평균치와 유사한 수준임을 알 수 있었다. 특히 사람의 왕래가 빈번한 전력선인 배전선로의 자계는 송전선로에 비해서도 1/5 정도되는 낮은 수치를 보였다. 국내의 송전선로에서 발생하는 전자계는 세계 각국의 노출기준과 비교하여도 현저히 낮은 값을 확인할 수 있었다.

[참고 문헌]

- [1] N. Wertheimer and E. Leeper, "Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer", Am. J. Epidemiol., 111(4), 461-2 (1979).
- [2] D. A. Savitz and J. Chen, "Association of Childhood Cancer with Residential Traffic Density", Scandinavian Journal of Work and Environmental Health", 15, 360-3 (1989).
- [3] S. London, D. Thomas, J. Bowman, E. Sobel, and J. Peters, "Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields and Risk of Childhood Leukemia", Am. J. Epidemiol., 134, 923-37 (1991).
- [4] M. Feychting and A. Ahlbom, "Magnetic Fields and Cancer in People Residing Near Swedish High-Voltage Power Lines", Am. J. Epidemiol., 138, 467-81 (1993).
- [5] 한국전력공사, "송전선로의 전자계 영향 연구 (I)", 중간보고서, 37-40 (1997).