

배전선로하의 전자계 분포 실태

장태인*, 이정필*, 이성두*, 이동일*, 유연표**, 정익중**
전력연구원*, 한국전력**

Distribution Condition of Electrical and Magnetic Fields
under Distribution Line

T. I. Jang, J. P. Lee, S. D. Lee, D. I. Lee, Y. P. Yoo, I. J. Jeong
KEPRI, KEPCO

Abstract - This paper presents the measurement results and the statistical analysis of electrical and magnetic fields in the vicinity of overhead distribution lines. The maximum values of electrical and magnetic fields are 0.042kV/m and 8.3mG. The median values are 0.005kV/m and 1.3mG. The electrical and magnetic fields of distribution lines are compared to those of transmission lines and home appliances.

1. 서 론

최근 생활수준의 향상으로 인하여 환경 및 건강에 대한 문제가 사회적으로 크게 부각됨으로써 전력설비로부터 발생하는 전자계(Electric and Magnetic Fields)에 사람들이 빈번히 노출됨으로 인하여 인체에 미치는 유해성에 관한 논란과 더불어 전기환경문제 개선에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있는 실정이다.

그러나 극저주파(Extremely Low Frequency : ELF) 영역에서 발생하는 전자계가 인체에 미치는 유해성 여부에 대한 연구의 결과[1]로부터 어느 정도의 크기에 대한 전계 및 자계에 대해서 단시간 낮은 수치로 노출될 경우 인체에 미치는 영향이 거의 없다는 것이 대부분의 연구 결과로서 알려지고 있다. 따라서, 최근에는 인체가 전계 및 자계에 장시간 노출될 경우에 인체에 미치는 영향에 대해서 관심이 고조되고 있으며 이에 대한 연구가 진행되고 있다[2].

그러므로 일반인들이 평소 가장 근접하여 노출되고 있는 배전선로에 대한 전자계 분포가 어느 정도인가에 대한 평가가 선행 되어야 한다. 즉, 현대 도시의 일상생활에서 접하고 있는 배전선로로부터 방출되는 전계 및 자계의 세기를 파악하여 전자파관련 연구의 기초 자료로써 측정 자료를 데이터 베이스화 하여 측정결과를 분석하고 일반인들이 평소 배전선로로부터 노출되는 수준을 평가 할 필요가 있다.

본 연구에서는 대전시대 50여개소의 배전선로를 선정하여, 1회선 및 2회선으로 구성된 배전선로에 대한 전계 및 자계를 측정 하였다. 본 연구를 위해 사용된 계측기는 미국의 EPRI와 Enertech Consultant사에서 공동으로 개발한 EMDEX II를 이용하였다. 측정은 지표면으로부터 1.5m의 높이에서 이루어 졌으며, 각각의 배전선로의 직하에서부터 선로와 수직 방향으로 1m 간격으로 10m까지 전자계의 분포를 측정하였다. 각각의 측정값으로부터 가장 큰 값을 그 선로의 대표값으로 선정하여 이를 통계적인 방법을 이용하여 분석하였다. 또한, 이러한 값들이 일반인들에게 어느 정도 수준인가를 평가하기 위해서 송전선로에서 발생하는 전자계와 일반 가전제품에서 발생하는 전자계의 측정값들[3]과 비교하여 나타내었다.

2. 본 론

2.1 전자계 계산이론

n개의 도체 N_1, N_2, \dots, N_n 의 전위를 각각 V_1, V_2, \dots, V_n 이라 하고, 전하량을 Q_1, Q_2, \dots, Q_n , 각 도체의 좌표를 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ 이라 할 때 전위는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_i = \sum_j P_{ij} Q_j \tag{1}$$

여기서, P_{ij} 는 전위계수(Potential Coefficient)이며 식 (2)와 같다.

$$P_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{2Z_i}{d_i}\right) \quad (i \neq j)$$

$$= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{(Y_i - Y_j)^2 + (Z_i + Z_j)^2}{(Y_i - Y_j)^2 + (Z_i - Z_j)^2}\right) \quad (i = j) \tag{2}$$

이때, Y_i, Z_i 는 각각 i 번째 도체의 지표면 기준점에 대한 수평거리 및 수직거리를 나타내며, d_i 는 도체의 직경, ϵ_0 는 유전율을 나타낸다. 식(2)와 식(1)을 이용하여 전계는 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$E_i = \frac{Q_j}{2\pi\epsilon_0 R_i} \tag{3}$$

여기서 R_i 는 임의의 점과 도체와의 거리이다.

이때 전계는 벡터량이므로 전계의 크기는 벡터의 합으로 식(4)와 같이 계산된다.

$$E = \left[\left(\sum_{i=1}^n E_{i,x}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n E_{i,y}\right)^2 \right]^{1/2} \tag{4}$$

각각의 도체에 전류 I_1, I_2, \dots, I_n 가 흐를 때 자계는 식 (5)와 같이 계산된다.

$$B_i = \frac{\mu_0 I_i}{2\pi R_i} \tag{5}$$

이때 자계의 x 성분과 y 성분은 식 (6), (7)과 같으며, 자계의 크기는 벡터의 합으로 식 (8)과 같이 계산된다.

$$B_x = \frac{\mu_0 I_i}{2\pi} \frac{(Y_i - Y_p)}{(X_p - X_i)^2 + (Y_p - Y_i)^2} \quad (6)$$

$$B_y = \frac{\mu_0 I_i}{2\pi} \frac{(X_p - X_i)}{(X_p - X_i)^2 + (Y_p - Y_i)^2} \quad (7)$$

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \quad (8)$$

여기서, (X_p, Y_p) 는 임의의 측정좌표를 나타낸다.

2.2 전자계 측정 방법

본 연구에서는 대전시내 54개소의 배전선로를 선정하여, 1회선 및 2회선으로 구성된 배전선로에 대한 전계 및 자계를 측정 하였다. 배전선로의 전자계측정은 선로의 수직방향으로 측정하였으며, 선로 직하에서부터 1[m]간격으로 10[m]까지 측정하였다. 측정 높이는 인체의 중심이라 할 수 있는 지표면으로부터 1.5[m]되는 지점으로 선정하였다.

본 연구를 위해 사용된 계측기는 미국의 EPRI와 Enertech Consultant사에서 공동으로 개발한 EMDEX II를 이용하였으며, 외형은 그림 1과 같고 세부 사양은 표 1에 나타내었다. 전계와 자계는 벡터량으로 3축으로 측정해야 하는데 자계는 내장된 3개의 센서를 이용하여 x, y, z축 성분을 모두 측정되지만 전계는 별도로 제공되는 외부센서를 이용하여 전계의 크기를 1축으로 밖에 측정할 수 없기 때문에 x, y, z축 3방향으로 측정한 다음 $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ 를 계산하여 합성치를 구해야 한다. 그러나 지표면 1m 근처에서 지표면에 수직 한 방향의 값은 실제 3축의 전계값과 크게 다르지 않다. 따라서 본 실험에서 계측된 전계는 지표면과 수직 한 방향의 값을 나타낸다.

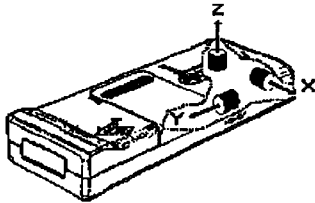


그림 1. EMDEX II 외형

표 1. 계측기의 사양

Specification	EMDEX II	
	Magnetic Field	Electric Field
Dimension	168× 6.6× 3.8cm	
Weight	341g	
Frequency Bandwidth	40-800 Hz	
Measurement Method	True RMS	
Temperature Range	0-60℃	
Field Range	0.1-3000mG	0.001-200kV/m
Resolution	0.1mG	1V/m
Accuracy	±1%	±3%
Max. Sampling Rate	1.5 sec	3.0 sec

2.2 측정결과 및 고찰

각각의 배전선로에 대하여 1[m]간격으로 10[m]까지 측정된 데이터 중에서 가장 큰 값을 그 선로의 대표값으로 선정하였으며, 각 선로의 대표값을 이용하여 1회선 및 2회선으로 구성된 배전선로의 전자계 측정값을 통계적 수치로 나타내었다. 2회선 배전선로가 1회선 배전선로 보다는 전계 및 자계의 수치가 높게 나타났다.

표 2. 1회선 배전선로의 전계 및 자계측정치

구분	평균	표준편차	중간값	최대값
전계 (kV/m)	0.0081	0.0065	0.005	0.04
자계 (mG)	1.53	1.22	1.25	5.7

표 3. 2회선 배전선로 전계 및 자계의 측정치

구분	평균	표준편차	중간값	최대값
전계 (kV/m)	0.015	0.01147	0.013	0.042
자계 (mG)	3.33	2.45	2.65	8.3

그림 2는 전체 배전선로 자계에 대한 도수분포를 나타내었다. 측정된 전체 배전선로 중 70%가 2mG이하로 측정되었다.

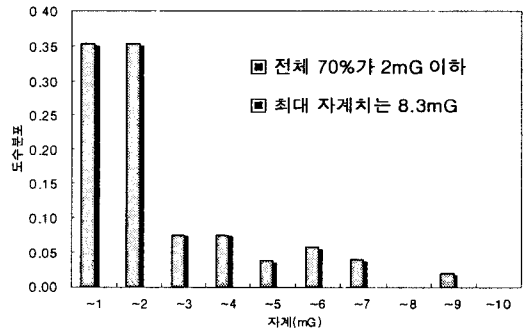


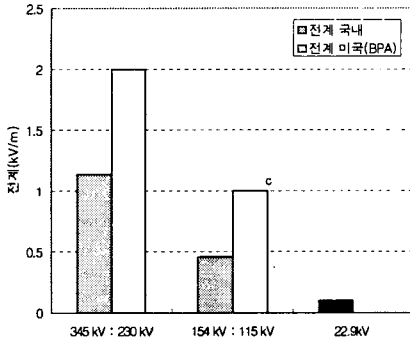
그림 2. 측정된 자계 최대치의 도수분포

또한 배전선로의 전자계가 일반인들에게 노출되는 정도를 파악하기 위하여 송전선로에서 발생하는 전자계 및 일상생활에서 흔히 접하는 가전제품 및 사무기기에서 발생하는 전자계 측정치와 비교하였다. 표 4는 송전선로 및 배전선로에서 측정된 전자계를 비교하여 나타내었다. 배전선로의 전계 및 자계의 측정치가 송전선로에 비해 매우 낮게 나타났다.

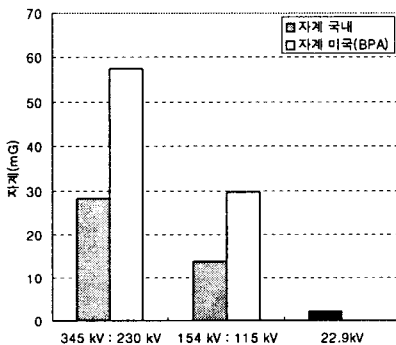
표 4. 송전선로와 배전선로의 전자계 비교

구분		측정개수	평균	중간값	최대	
전계 (kV/m)	송전선로	345kV	70	1.13	1.00	3.16
		154kV	90	0.46	0.35	2.01
		66kV	2	0.96	-	1.5
		전체	162	0.75	0.50	3.16
	배전선로	22.9kV	54	0.01	0.005	0.042
자계 (mG)	송전선로	345kV	81	28.2	23.0	125
		154kV	122	14.0	8.8	86.6
		66kV	5	8.7	3.6	22.8
		전체	208	19.4	12.6	125
	배전선로	22.9kV	54	2.06	1.3	8.3

그림 3은 배전선로를 대상으로 측정된 전자계의 평균치와 국내 송전선로의 전계와 미국 BPA(Bonneville Power Administration) 전력회사가 1994년 발표한 송전선로의 전자계 평균치와 비교하여 나타내었다. 배전선로의 전계 및 자계의 측정치가 송전선의 그것보다 매우 낮음을 알 수 있다.



(a) 전계



(b) 자계

그림 3. 배전선로와 송전선로의 전자계 측정치 비교

그림 4는 가전제품에서 발생하는 자계의 크기와 송전선로에서 발생하는 자계의 크기 및 배전선로에서 발생하는 자계의 크기를 쉽게 비교할 수 있도록 나타내었다. 이때 표시된 각각의 측정값들은 중간값을 이용하여 나타내었다. 배전선로에서 발생하는 자계의 값은 송전선로의 값보다 현저히 낮은 값이며, 가전제품 중에는 컴퓨터 모니터에 해당하는 값을 가진다.

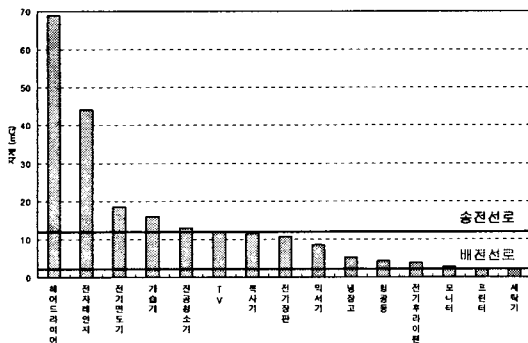


그림 4. 가전제품, 송전선로 및 배전선로의 자계크기 비교

본 연구에서 측정된 데이터는 대전지역의 54개소에서 행하여졌기 때문에 우리나라의 전체 배전선로의 대표치로서 간주하기에는 무리가 있다. 따라서 향후 전국적인 배전선로의 전자계 측정을 통하여 이를 데이터베이스화 하고 측정결과를 분석하여 더욱 신뢰성 있는 대표치 산출이 필요하다.

전계와 자계에 대한 우리나라의 국가적인 규제는 아직 까지 없지만, 각국에서는 국민의 보건 차원에서 권고치나 기준치를 정하고 있으며, 특히 세계 보건 기구(WHO) 산하 기관인 국제 비 전리 방사선 보호 위원회 ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)에서는 1997년에 전계와 자계에 대한 권고치를 우리나라와 같이 상용 주파수 60[Hz]를 사용하는 경우 일반인에 대하여 전계 4.16[kV/m], 자계 833mG를 권장하고 있다[4]. 또한 국내의 한전에서는 전계 기준치로서 일반인의 통행이 빈번한 지역 3.5[kV/m], 빈번치 않은 지역 7[kV/m]를 사용하고 있으며 자계의 기준치는 1,000[mG]를 사용하고 있다. 이러한 기준에 비추어 볼 때 배전선로에서 발생하는 전계와 자계의 크기는 매우 낮은 값을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 일상생활에서 가장 근접하여 있는 배전선로 부근의 전계 및 자계의 크기를 평가하기 위하여 대전시내 54개소의 전계와 자계를 측정하였다. 2회선으로 구성된 배전선로가 1회선 선로보다 전계 및 자계의 측정치가 다소 크게 나타났다.

또한, 배전선로의 전계와 자계의 수준이 어느 정도 수준 인가를 평가하기 위해 송전선로와 가전제품에서 발생하는 전자계와 비교 하였다. 배전선로에서 발생하는 전자계는 송전선로에 비해 현저히 낮은 수준이었으며, 가전제품 중에는 컴퓨터 모니터에서 발생하는 정도의 수준이었다. 국제방사선 보호협회의 권고치나 한전의 기준치와 비교해 볼 때 매우 낮은 수치임을 알 수 있었다.

향후 전국적인 배전선로의 전자계 측정을 통하여 이를 데이터 베이스화 하고 측정결과를 분석하여 더욱 신뢰성 있는 대표치 산출이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] S. London, D. Thomas, J. Bowman, "Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia", Am. J. Epidemiol, 134, pp. 923-937, 1991
- [2] John E. Vena et al, "Risk of premenopausal breast cancer and use of electric blankets", Am J Epidemiol, 140, 974-979, 1994.
- [3] 한국전력공사 전력연구원, "송전선로 전자계 영향연구 (I)", 기술보고서, TR.96EJ29.J1999.243, 1999
- [4] International Radiation Protection Association / International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields up to 300 GHz", ICNIRP Guidelines, 1997