

송전철탑 주변에서 전장과 자장의 측정과 분석

이복희*, 길형준*, 안창환*, 이경옥*, 박동화**, 곽희로***
 인하대학교*, 인천대학교**, 송실대학교***

Measurement and Analysis of Electric and Magnetic Fields near a Transmission Tower

B.H. Lee*, H.J.Gil*, C.H.Ahn*, K.O.Lee*, T.W.Park**, H.R.Kwak***
 Inha Univ.*, Incheon Univ.**, Sungsil Univ.***

Abstract - In this paper, measurement and analysis of ELF electric and magnetic fields due to a transmission line have been carried out and the power frequency field strength measuring system is designed. In order to evaluate electric and magnetic fields associated with 60 Hz electric power transmission and distribution lines, the actual survey near a transmission tower has been made and analyzed. It may be inferred from these results that the maximum electric and magnetic fields strength in the vicinity of a line tower do not exceed 3.5[kV/m] and 20 [μ T]. The results of the field measurements agree with limits and guidelines recommended by various authorized international institutes.

1. 서 론

최근 정보산업이 발달함에 따라 정보·통신기기 등 전자기기의 이용 증대와 함께 일반 가전기기의 생활적용폭이 더욱 넓어지는 추세이며, 양질의 전력에 대한 안정적 공급의 필요성이 한층 높아져 가고 있다. 이와 같이 생활 수준의 향상으로 전기에너지의 사용이 급증함에 따라 수용가에 양질의 전력을 공급하기 위해 송전전압은 초고압화로 운송하여 전력전송의 신뢰성과 효율성을 높이고 있으며, 더불어 전기에너지의 공간 전송 과정에서 발생하는 전자장환경(EMC)에 대한 연구의 필요성이 더욱 중요시 되고 있다. 특히, 고주파 영역뿐만 아니라, 최근에는 극저주파 영역(Extremely Low Frequency(ELF) : 3Hz~3kHz)에서의 문제가 검토되고 있다.^{[1]-[5]}

그러므로, 전력설비로부터 발생하는 상용주파수를 포함한 극저주파 영역의 전자장에 대한 평가와 그에 대한 적절한 대책을 세우기 위해서는 무엇보다도 우선 발생원으로부터 유도 또는 방사되는 전장과 자장의 정확한 계측과 분석이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 극저주파 영역의 전자장을 측정할 수 있는 전자장 센서를 이용하여 x, y, z축에 대해 3차원으로 345/154[kV] 철탑 주변에서 전장과 자장의 특성을 측정·분석하였고, 전자장 환경의 영향 평가에 응용하였으며, 앞으로의 활용 방안에 대하여 검토하였다.

2. 측정계

본 연구에서 사용한 계측장치에 대해서는 이미 상세히 보고되었다.^{[4],[5]} 상용의 전장과 자장 측정장치(HI-3604)를 보조적으로 사용하였으며, 이 측정기의 감도는 전장의 경우 1[V/m]~199[kV/m]이고, 자장의 경우 0.01[μ T]~2000[μ T]이다. 주파수 대역은 저역측 차단주파수가 25[Hz]정도이고, 고역측 차단주파수는 1050[Hz]정도이며, 상용주파수의 전장과 자장의 측정을 주 대상으로 한다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 345(kV) 철탑주변에서 전장과 자장의 특성

송전선로의 철탑 주변은 전기에너지의 전송선의 연결 부분으로서, 초고압 전력설비가 집중적으로 설치되어 있음으로 구조물의 영향과 제한높이도 비교적 낮아 전장과 자장의 세기가 높으므로 여타지역의 전자장환경을 평가하는데 기준이 될 수 있다.^{[6],[7]}

그림 1에 측정한 345[kV] 철탑(내장형)의 정면도와 평면도의 개략도를 나타내었고, 탑각 사이의 거리는 9[m]이며 최하단 전선 지상고는 23[m]이다. 또한 송전선로가 철탑의 중심에서 약 10° 정도 기울어져 있다.

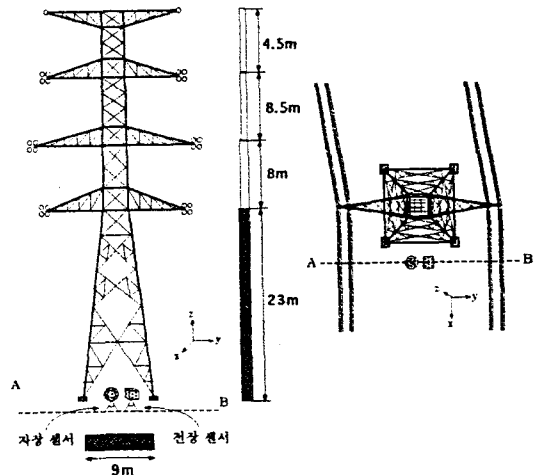


그림 1. 345(kV) 철탑의 개략도
 Fig. 1 Simple sketch 345(kV) line tower

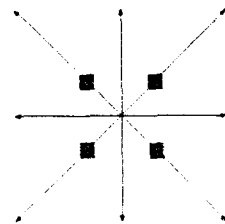


그림 2. 측정위치
 Fig. 2 Configuration of measuring position

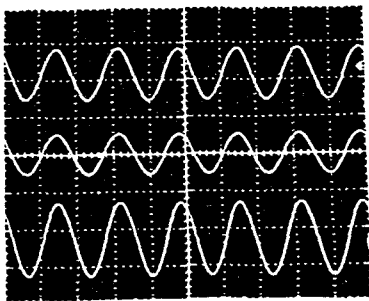
그림 2에 나타낸 것과 같이 철탑 탑각 중심에서 방사상으로 향한 화살표 선상에 각 측정 지점을 잡아 탐각사이클을 연결한 정사각형 모양과 비례하도록 하여 측정하였다. 또한 측정위치 사이의 거리는 4.5[m]로 하였고, 지표면으로부터 1[m]높이에서 측정하였다.

전장과 자장의 측정은 지표면상의 1[m] 높이에서 한 것은 우리나라 전기설비 기술기준 제 119조 3항에 명시된 허용전 자장강도가 지표상 1[m]에서의 값이고, 또한 IEEE에서도 전 자장의 측정은 지표상 1[m]에서 수행되어야 하며 전자장센서와 측정자 사이의 간격도 2.5[m] 이상이어야 한다고 규정하기 때문이며, 이러한 측정시의 규정사항을 본 연구에서는 적용하였다.^[7] 전장을 정확히 측정·분석하기 위해 고려해야 할 사항 즉, 전장의 세기와 분포에 영향을 미치는 요인은 발생원과 측정계 사이의 거리, 발생원의 형상 및 규모, 전압의 크기, 금속체를 비롯한 주변물체의 접근정도 등이며, 특히 전력선이나 송전선로 주변에 물체가 근접하면, 정전유도로 인한 공간전장 분포의 왜곡이 생길 수 있다.

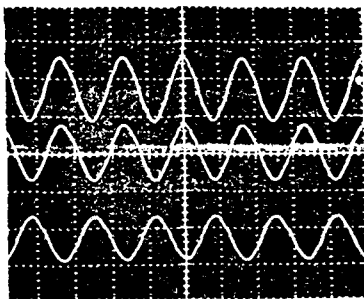
또한, 자장의 경우에 고려해야 할 사항 즉, 자장의 세기와 분포에 영향을 미치는 요인은 발생원과 측정계 사이의 거리, 발생원의 형상 및 규모, 전류의 세기, 금속체를 비롯한 주변물체의 접근정도 등이며, 특히 전력선이나 송전선로에서는 부하변동에 따라 전류가 일정하지 않으므로 측정시의 전류를 명기할 필요가 있다.^[8] 따라서, 측정시 A와 B 각 회선의 전류를 표 1에 나타내었다.

표 1 345[kV] 송전선로의 각 선에 흐르는 전류
Table 1 Each line current of 345[kV] transmission lines

A	B
609[A]	259[A]



x:3.16[kV/m/div], y:2.92[kV/m/div], z:2.55[kV/m/div]
(a) 전장



x:1.45[μ T/div], y:4.05[μ T/div], z:1.91[μ T/div]
(b) 자장

그림 3. 철탑 주변에서 측정된 전장과 자장의 피형
Fig. 3 Measured waveforms of electric and magnetic fields near a line tower

전력계통의 정상운전중에 측정된 철탑 주변에서 전장과 자장의 특성은 그림 3과 같이 주로 60[Hz] 정현파 성분만이 검출되었으며, 고조파 성분은 거의 나타나지 않았다.

그림 4는 345[kV] 철탑 주변에서 전장을 측정된 결과로서 x, y, z 축 세 방향에 대해 3차원으로 측정하여 세 방향에 대한 것을 벡터함으로 나타낸 것이다. 그림 4에서 알 수 있듯이 횡방향에 대한 전장의 분포는 송전선의 배치에 따라 지배적으로 영향을 받으며, M자형상을 보이고 있다. 또한, 철탑 부근에서의 측정치보다 송전선로 아래에서의 전장강도가 더 강하게 나타남을 알 수 있다. 따라서, 전장의 세기는 철탑보다는 송전선로 아래에서 더 영향을 받음을 알 수 있고, 철탑은 그리 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

결과적으로, 철탑의 탐각 접지 등 차폐가 잘 이루어졌음을 나타낸다.

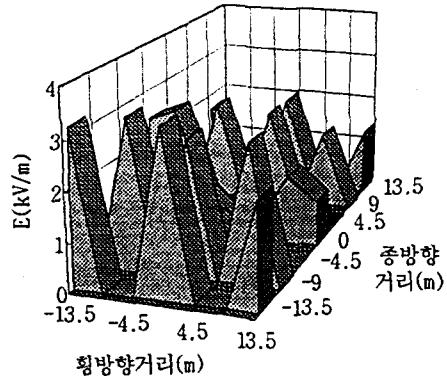


그림 4. 345[kV] 철탑 주변에서의 전장분포의 예
Fig. 4 Examples of electric field distribution near 345[kV] line tower

그림 5는 철탑 주변에서 자장을 측정된 결과로서 전장의 경우와 동일한 위치에서 측정하였으며, A회선에 더 많은 전류가 흘렀기 때문에 A회선 부근에서 더 강한 자장의 세기가 나타났다. 또한, 철탑의 중심에 대한 횡방향의 자장의 세기는 강하면서 거의 일정한 세기를 나타내었으며, 철탑 부근이 비교적 높은 자장의 세기를 보이고 있다.

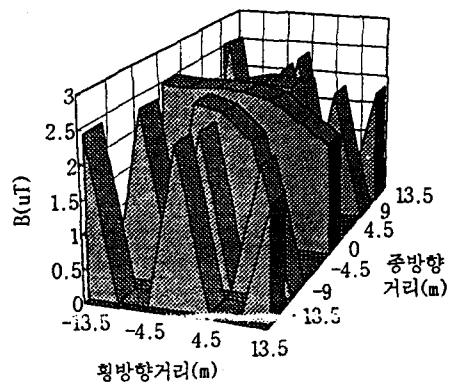


그림 5. 345[kV] 철탑 주변에서의 자장분포의 예
Fig. 5 Examples of magnetic field distribution near 345[kV] line tower

3.2 154[kV] 철탑 주변에서 전장과 자장의 특성

그림 6에 측정된 154[kV] 철탑의 개략도를 나타내었고, 탐각사이클의 거리는 6[m]이며 취하단 전선 지상고는 24[m]이다. 측정위치의 지형과 측정방법은 345[kV] 철탑과 동일하게 하였으며 측정위치 사이의 거리는 3[m]로 하였다.

그림 7에 154[kV] 철타 주변에서 전장의 분포를 나타내었다. 전장의 세기는 345[kV] 철타와 마찬가지로 송전선로 아래에서 더 많은 영향을 받는 것을 알 수 있고 철타 접지의 상태가 양호한 것으로 판단된다.

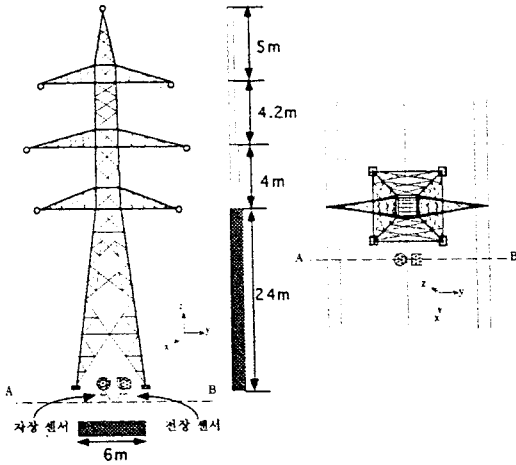


그림 6. 154[kV] 철타의 개략도
Fig. 6 Simple sketch of 154[kV] line tower

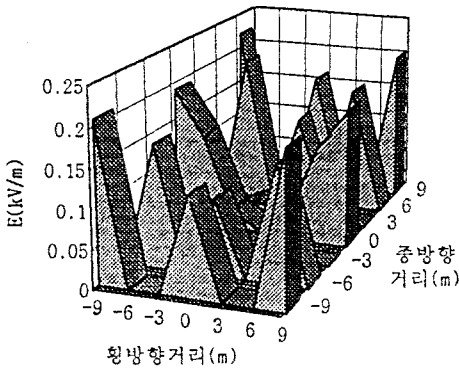


그림 7. 154[kV] 철타 주변에서의 전장분포의 예
Fig. 7 Examples of electric field distribution near 154[kV] line tower

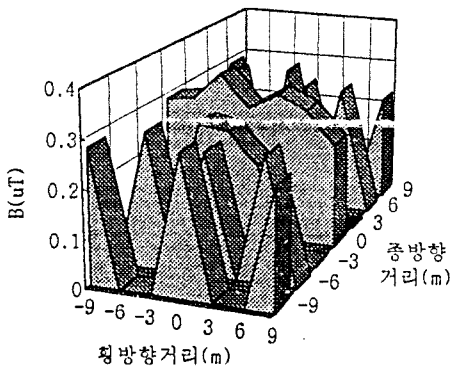


그림 8. 154[kV] 철타 주변에서의 자장분포의 예
Fig. 8 Examples of magnetic field distribution near 154[kV] line tower

자장의 경우, 거의 비슷한 약 0.2~0.3[μT]의 분포를 나타내고 있으며 그림 8에 이를 나타내었다. 이는 A회선에 흐르는 전류는 송전이었으나 B회선에 흐르는 전류는 수신회선의 방식이었으므로 두 회선에 흐르는 전류의 합성치로 인해 자장의 세기가 증폭되어 측정된 것으로 판단된다. 표 2에 각 회선에 흐르는 전류를 나타내었다.

표 2. 154[kV] 송전선로의 각 선에 흐르는 전류
Table 2. Each line current of 154[kV] transmission lines

A	B
7.5[A] : 송전	82[A] : 수신

4. 결 론

본 연구에서는 전장과 자장센서를 이용하여 345/154[kV] 철타 주변에서의 전장과 자장의 특성을 측정·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

345[kV] 철타 주변에 대한 측정결과와 전장의 세기는 최대 3.36[kV/m]이었으며, 자장의 세기는 전류 100[A]당 최대 0.45[μT]이었다. 여기서 전장의 세기는 주변물체의 영향 등이 있었으나 주로 송전선로 아래에서 강하게 나타났고 자장의 세기는 전류치가 더 큰 A회선에서 더 강하게 나타났다. 그리고, 154[kV] 철타 주변에 대한 측정결과와 전장의 세기는 최대 0.22[kV/m]이었으며, 자장의 세기는 약 0.2~0.3[μT] 정도로 전류의 합성치로 인해 증폭된 값이 측정되었다. 따라서, 본 연구의 분석결과와는 국내외의 제한·권고치를 충분히 만족시키고 있다.

대체적으로 송전철타 주변에서의 전장의 세기는 접지된 철타의 금속체의 영향으로 낮아지며, 자장의 세기는 보다 높은 분포를 나타내고 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] E. Zemman, S. Fred, et al., "Investigation of Exposition to Low Frequency Electric and magnetic Fields", 9th ISH, 8338-1~4, 1995
- [2] R. P. Corcoran, "Extremely Low Frequency Exposure Limits Relative to Military Electrical/Electronic System Environments", IEEE Int. EMC Symposium, pp. 62~67, 1992
- [3] William F. Horton, Saul Goldberg, "Power Frequency Magnetic Fields and Public Health", CRC Press, pp.5~23, 1995
- [4] 이복희, 이정기, "345/154[kV] 송변전설비 주변에서의 자장 크기의 측정과 분석", 전기학회 논문지, Vol.46, No.3, pp.414~420, 1997.
- [5] 이복희 외, "154[kV] 가공송전선 아래에서 전장분포의 측정과 분석", 조명·전기설비학회지, Vol.11, No.1, pp.92~98, 1997.
- [6] R. Maruti, K. M. Srinivasa, M. Kanyakumari, et al., "Electric and Magnetic Fields Around AC Transmission Lines and Substations", 9th ISH, 8350-1~4, 1995.
- [7] A Report of the IEEE Magnetic Fields Task Force, "An Evaluation of Instrumentation Used to Measure AC Power System Magnetic Fields", IEEE Trans. on Power Delivery Vol. 6, No. 1, January 1991
- [8] "IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines.", ANSI/IEEE Std. 644-1987, pp. 17~21, 1992