

22.9(kV) 배전선로 주변의 전장과 자장의 분포

이복희, 김형준, 안창환
인하대학교 공과대학 전기공학과

Profiles of electric and magnetic fields in the vicinity of 22.9(kV) Distribution Line

Bok-H Lee, Hyung-J Gil, Chang-H Ahn
Dept. of Electrical Engineering, Inha University

Abstract - In this paper, measurement and analysis of ELF electric and magnetic fields in the vicinity of 22.9(kV) distribution line have been performed. The height of measuring point from the earth's surface was 1(m), and the distance between the device and the operator was more than 3(m). The experiments have been carried out by lateral profile, and we have made use of FIELDS program for the sake of comparison the experimental data with the theoretical value. Electric and magnetic fields intensity were strong under a distribution line, and were inversely proportional to lateral distance. The profiles of electric field were M shape and those of magnetic field were \cap shape. Electric and magnetic fields intensity were increased with increasing the measurement height.

1. 서 론

전기에너지를 발전소에서 수용가까지 전송하기 위한 송배전에는 전력을 효율적으로 전송하기 위해 고전압으로 송전하고 있다. 따라서, 전력전송과정에서 수반되는 불필요한 전자파로 인한 전자·제어기기의 오동작이나 인체 유해성이 나타날 수 있다는 보고가 많이 제시되고 있다. 즉, 전자파의 영향을 받지 않을 것과 전기·전자기기의 전자파에 대한 영향을 억제하고 환경을 깨끗이 보존하는 전자환경문제(EMC)에 대한 연구의 필요성이 더욱 중요시 되고 있다. 특히, 최근에는 ELF(3Hz~3kHz) 전자기장에 대한 관심도 고조되고 있다.^{(1)~(3)} 이러한 배경으로, 고전압 전력설비에서 발생하는 전자기장의 양상이나 현상을 전자환경의 관점에서 체계적으로 해명하는 것은 전력 공급의 신뢰도를 높이는데 필수 불가결한 문제이다. 따라서, 본 논문에서는 상용 주파수의 전장과 자장을 극저주파 전자기장 계측기를 사용하여 3차원으로 22.9(kV) 배전선로에서 발생하는 전장과 자장을 측정·분석하였으며, FIELDS(프로그램명) 프로그램을 사용하여 시뮬레이션한 이론적 계산값과 측정값을 비교하여 전력시설 구조물과 전류선 전류의 불평형이 전자기장의 분포에 미치는 영향에 대하여 고찰하였고, 분포특성을 나타내었다. 또한, 전자기장 환경의 영향 평가에 응용하였으며, 향후의 활용 방안에 대하여 검토하였다.

2. 측정계

실측에서 사용한 전장과 자장측정계에 대한 측정원리와 구조는 이미 상세히 보고하였다.^{(4),(5)} 보조적으로 사용한 극저주파 측정용 전장과 자장측정계(HI-3604)의 계측가능 감도는 전장의 경우 1(V/m)~1(kV/m)이고, 자장의 경우 0.01(μ T)~2000(μ T)이다. 또한, 주파수 범위는 25(Hz)~1050(Hz)정도이고, 전력주파수(60Hz)의 전장과 자장의 세기 측정 에 주로 이용된다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 22.9(kV)-1회선 배전선로 주변의 전장과 자장의 분포특성

배전선로는 전력을 수용가로 직접 전송하는 역할을 수행하는 것으로 그 주변은 애자, 아크혼 등 금속류와 완금, 피뢰기, 추상변압기 등의 전력설비가 집중적으로 배치되어 있어 구조체의 영향과 제한높이도 비교적 낮으며, 사람이 많이 왕래하는

지역에 시설하므로 전자환경문제를 평가해 볼 필요가 있다.^{(6),(7)} 측정대상인 22.9(kV)-1회선 배전선로의 개략도(3상 1회선 수평배열 단도체 방식)를 그림 1에 나타내었고, 상도체간 이격거리 및 전선의 지상고를 표시하였다. 이 선로에서 가공지선과 중성선은 나선의 강심알루미늄연선(ACSR)이고, 전력선은 절연전선의 강심알루미늄연선(ACSR)으로 구성되어 있다.

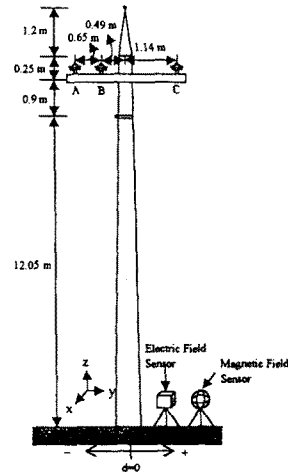


그림 1 22.9(kV)-1회선 수평배치 배전선로의 개략도
Fig. 1 Simple sketch of 22.9(kV) overhead distribution line horizontal construction single circuit

그리고, 측정에서는 22.9(kV) 배전선로 주변으로 일정한 간격을 두고 전선로를 가로지르며 측정하는 방법(Lateral Profile)으로 측정장치의 지표면에서의 높이는 1(m)이고, 측정장치와 측정자와의 거리는 3(m)이상 이격한 상태에서 측정하였다. 전장과 자장의 측정을 지표면상의 1(m) 높이에서 한 것은 우리나라 전기설비 기술기준 제 119조 3항에 명시된 허용 전자기장 강도가 지표상 1(m)에서의 값이고, IEEE에서도 측정장치의 높이에 대한 규정과 전자장센서와 측정자 사이의 간격도 2.5(m)이상이어야 한다고 규정하기 때문에, 이러한 측정시의 규정사항을 본 연구에서는 적용하였다.⁽⁷⁾

표 1 22.9(kV)-1회선 가공 배전선로의 각 상전류
Table 1 Each phase current of 22.9(kV)-single circuit overhead distribution line

A	B	C
40	50	40

전장의 측정시에는 전압의 크기, 발생원의 배치 및 형상, 주변 구조체의 영향, 정전유도에 의한 공간전장 분포의 왜곡 등을 고려하여야 하며, 자장의 경우에 고려해야 할 것은 불평형 전류 및 전류의 변동, 도체의 배치, 주변 구조체의 영향 등이

며, 특히 부하 변동에 따라 전류가 일정치 않으므로 측정시의 전류를 명기할 필요가 있다.⁽⁸⁾

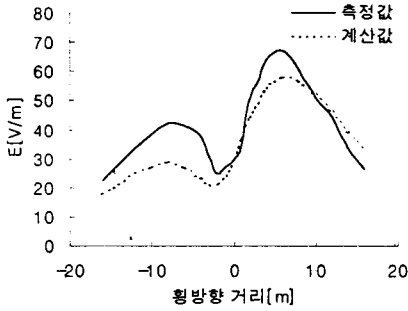


그림 2 전장의 측정값과 계산값의 비교
Fig. 2 Comparison of the measured data with the theoretical result for electric field

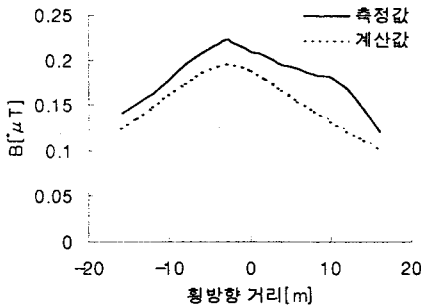
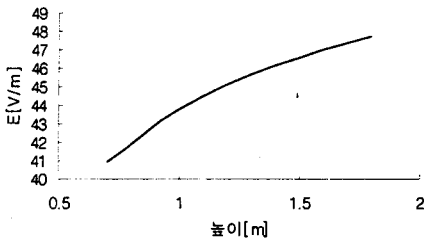
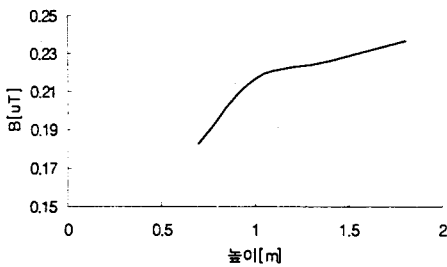


그림 3 자장의 측정값과 계산값의 비교
Fig. 3 Comparison of the measured data with the theoretical result for magnetic field



(a) 전장



(b) 자장

그림 4 전주의 중심에서 2(m) 떨어진 점에서 측정 높이에 대한 전장과 자장의 분포
Fig. 4 Electric and magnetic fields intensity as a function of the measuring height at two meter point away from the center of pole

따라서, 측정 당시 3상의 각상에 흐르는 전류를 표 1에 나타내었다. 그림 2에서 보듯이 전장의 분포는 측정 원점(전주의 중심)에서 (-)방향(왼쪽)으로 M자 형태의 중심 부분인 극소값이 이동한 것은 3상 도체의 배치가 일정한 간격이 아니며, 주변 구조체의 영향으로 말미암아 기인된 것으로 판단된다. 또한, 측정위치 및 방향의 오차, 측정기 자체의 오차, 주변 물체의 영향 등으로 계산값과 측정값이 약간 다른 분포를 보이고 있으며 (-)방향의 도체간의 간격이 가까운 지점에서 더 낮은 전장의 세기가 나타남을 알 수 있다. 자장의 분포는 그림 3과 같이 전형적인 \cap 형태를 보이고 있으며 불평형 상전류의 영향으로 대표되는 금속 중성선을 통한 귀환전류 또는 대지를 통한 귀환전류로 인하여 분포곡선의 최대치가 중심점에서 좌측으로 이동하였다. 이때, 불평형 전류에 의한 분포곡선의 변화에 상당한 영향을 주는 요인으로써 40[A]를 기준으로 하여 영상분 전류의 평형전류에 대한 크기는 약 8.3(%) 정도이며, 수용가 부하의 변동에 따라 전류변동폭이 발생하므로 비교된 값이 약간씩 다른 형상을 나타내고 있다.^{(3),(9)}

전주의 중심으로부터 (+)방향(우측)으로 2[m]지점에서 측정높이에 따른 전장과 자장의 세기를 측정한 결과를 그림 4에 나타내었으며, 높이가 증가함에 따라 전장과 자장의 세기도 증가하는 비례특성을 보이고 있는 것에 연유하여 선로의 높이를 높게 할수록 전장과 자장의 영향을 적게 받는 것을 알 수 있다.

3.2 22.9(kV)-2회선 배전선로 주변의 전장과 자장의 분포특성

1회선 배전선로와 동일한 방법으로 측정값과 계산값을 도출하였고, 선로의 구조는 완금이 2단으로 구성되어 2회선이라는 것을 제외하고는 1회선의 경우와 동일하며, 이것을 그림 5에 나타내었다.

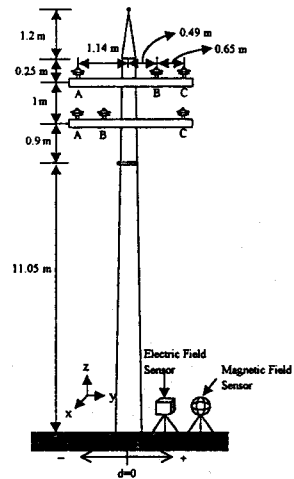


그림 5 22.9(kV)-2회선 수평배치 배전선로의 개략도
Fig. 5 Simple sketch of 22.9(kV) overhead horizontal construction double circuit

표 2 22.9(kV)-2회선 가공 배전선로의 각 상전류
Table 2 Each phase current of 22.9(kV)-double circuit overhead distribution line

상 구분	A	B	C
완금위치			
상부	50	70	60
하부	40	50	50

또한, 측정 당시의 각 상에 흐르는 전류값을 표 2에 나타내었다. 횡방향 거리에 따른 전장 분포의 특성은 그림 6과 같이 상부와 하부 완금의 2회선의 상배치 구조가 상반되어 있는 것을 볼 때, 이러한 선로 구조의 영향으로 분포 곡선이 변화하

는 양상을 보인다고 할 수 있다.

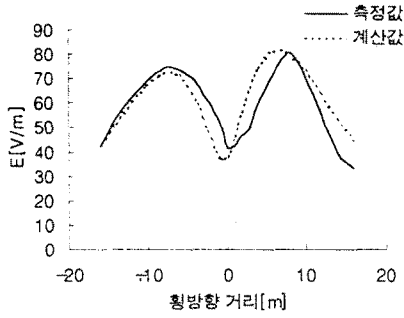


그림 6 전장의 측정값과 계산값의 비교
Fig. 6 Comparison of the measured data with the theoretical result for electric field

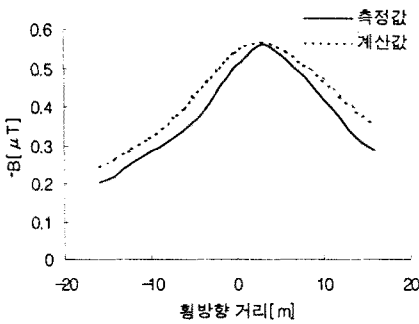


그림 7 자장의 측정값과 계산값의 비교
Fig. 7 Comparison of the measured data with the theoretical result for magnetic field

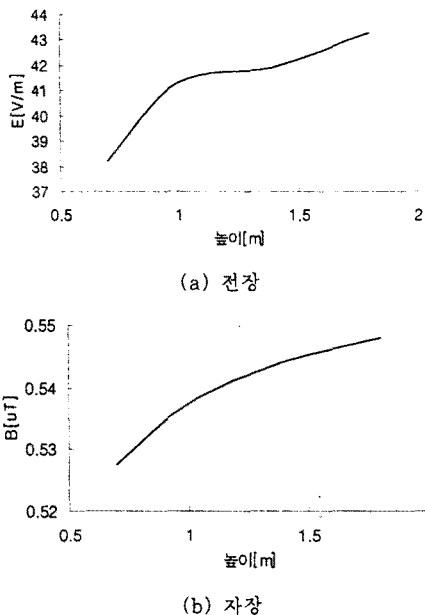


그림 8 전주의 중심에서 2(m) 떨어진 점에서 측정 높이에 대한 전장과 자장의 분포
Fig. 8 Electric and magnetic fields intensity as a function of the measuring height at two meter point away from the center of pole

선로 주변 지형의 심한 굴곡때문에 측정값과 계산값의 최대치가 나타난 지점이 오차가 발생한 것으로 사료되며 이러한 측정위치 선정은 주변 지형, 구조물 등의 영향으로 정확하게 하는 것은 대단히 곤란하고, 그 오차의 영향도 무시할 수 없다고 생각된다. 그리고, 자장의 분포 폭선은 2회선에 흐르는 전류의 불평형으로 인하여 1회선 배전선로와는 다른 양상을 나타내며, 중성선을 통하여 흐르는 영상분 전류도 매우 복잡하리라고 판단된다. 그래서, 상부와 하부의 선로로 나누어 50[A]를 기준으로 하였을 때 영상분 전류의 평형전류에 대한 크기는 각각 11.5, 6.6[%]로 나타났다. 이러한 불평형 전류에 기인한 귀환전류로 인해 분포폭선은 중심점에서 최대값이 나타난 지점이 우측으로 치우친 것을 볼 수 있다.

그리고, 측정높이에 따른 전장과 자장의 특성은 비례적으로 증가함을 알 수 있다. 따라서, 배전선로에서 발생하는 전장과 자장의 감소방안으로써 도체 배치, 도체 간격, 도체 높이 등을 고려하여 설계하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 22.9[kV] 배전선로로부터 방사되는 전장과 자장의 분포특성을 측정된 결과와 FIELDS 프로그램에 의한 계산값을 비교·검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1회선 배전선로의 경우, 전장의 세기는 도체 간격이 좁은 A상과 B상 부분이 B상과 C상 부분 보다 낮은 값이 도출된 것으로 보아 도체간의 간격이 좁을수록 전장의 세기가 크게 감소한다고 판단되며, 자장의 세기는 불평형 전류와 도체 배치의 영향으로 중심축에서 (-)방향으로 이동된 분포폭선을 나타내었다. 그리고, 2회선 배전선로에서는 도체 배치가 상부 완금과 하부 완금의 선로를 비교하였을 때 B상의 위치 변동으로 전장의 분포폭선은 중심점을 기준으로 거의 흡사한 양상을 보이고, 자장의 분포는 영상분 전류가 중성선을 통하여 흐르는 귀환전류로써의 작용으로 중심축에서 (+)방향으로 이동된 특성을 나타내었다. 또한, 측정높이가 증가하면 전장과 자장의 세기도 커지는 비례적인 분포 특성을 나타내었다. 따라서, 배전선로의 설계시 도체 간격, 도체 배치 및 도체 높이 등을 전압계급과 연계하여 고려하는 것이 전장과 자장을 효과적으로 감소시키는 데 중요한 역할을 할 것으로 판단된다. 그리고, 대체적으로 전장의 분포는 M형태, 자장의 경우는 \cap 형태를 나타내며, 측정된 결과는 국내의의 제한·권고치를 충분히 만족시키고 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] E. Zemman, S. Fred, et al., "Investigation of Ex position 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, 81~86, 193~205, 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.
- [9] 清水雅仁, "送電線周辺磁界におよぼす電力線電流條件の影響", Trans. IEE Japan, Vol.118-B, No.4, pp.437~443, 1998.