

## 22.9[kV] 배전선로 주변의 전장과 자장의 분포

(Profiles of Electric and Magnetic Fields around 22.9 [kV] Distribution Lines)

이복희\* · 박종순\*\* · 길형준\*\*\*

(Bok-Hee Lee · Jhong-Soon Park · Hyoung-Jun Gil)

### 요 약

최근 전자환경은 가전 제품의 보급과 전력소비의 증가와 더불어 변화되고 있다. 대부분 관심이 집중되고 있는 자료들은 전력 주파수의 전장과 자장이 노출된 인체에 미치는 영향에 대해 많은 관심이 집중되고 있으며, 이에 대한 정확한 측정과 분석이 요구되고 있다. 본 논문에서는 22.9[kV] 배전선로에서 발생하는 극저주파 영역의 전장과 자장의 측정과 분석이 수행되었고, 배전선로를 가로지르는 방법으로 측정하였으며, 측정값과의 비교를 위해 FIELDS 프로그램을 사용하여 이론적으로 계산하였다. 전장과 자장의 세기는 배전선로 아래에서 강하였고, 횡방향 거리에 반비례하여 감소하였다. 전장의 분포곡선은 M자 형태이고 자장은  $\cap$ 자 형태이었으며, 측정값은 이론값과 거의 흡사한 양상을 보였다. 그리고, 전장과 자장의 세기는 모두 측정높이가 증가함에 따라 강하게 나타남을 알 수 있었다. 전장의 분포는 3상 도체의 배치에 의해 영향을 받으며, 자장의 분포 특성은 상전류의 불평형에 의해 최대값이 중앙점으로부터 이동되는 것을 알았다.

### Abstract

In recent years, the electromagnetic environments are varied with the increase of power consumption and the spread of household electric appliances. Most of the interests to date have concentrated in the area of human health effects associated with exposure to power frequency electric and magnetic fields, and thus the precise measurement and analysis are required. In this paper, the measurements and analysis of the extremely low frequency(ELF) electric and magnetic fields produced by actual 22.9[kV] distribution lines were performed. The experiments have been carried out by lateral profile, and the theoretical analyses were made by use of FIELDS program for the sake of comparison with the experimental data. Electric and magnetic field intensity were strong under power distribution lines, and were inversely proportional to lateral distance. The profiles of electric and magnetic fields were M and  $\cap$  shapes, respectively, and the measured data were good in agreement with the theoretical results. Both the electric and magnetic field intensity were increased with increasing the measurement height.

\*정회원 : 인하대 공대 전자전기컴퓨터공학부 교수  
\*\* 정회원 : 인하대 대학원 전기공학과 박사과정  
접수일자 : 1999년 1월 13일

\*\*\* 정회원 : 법무법인 한미 특허부

The electric field profiles were influenced by arranging three phase conductors, and the maximum value of the magnetic field profiles was shifted from a center point by the effect of unbalance in phase current amplitudes.

## 1. 서 론

21세기 정보화 구축에 따른 정보처리의 고속화, 대용량화, 산업의 고도화 및 생활의 현대화로 인하여 전력사용이 급증하면서 전력 공급 규모도 점차 고전압, 대용량화되고, 전력계통과 전력설비가 복잡해지고 있다. 특히 컴퓨터, 제어기기, 정보·통신기기 등 전자기기를 비롯하여 가전기기의 이용이 일반화되었다. 이에 따라 전력의 안정적 공급과 작업환경의 개선 등으로 쾌적한 생활을 할 수 있는 사회적 요구가 높아져 가고 있다. 전압변동이 일어나면 텔레비전이나 정보화 기기 및 컴퓨터의 모니터의 영상이 일그러져 작업자에게 불편감을 줄뿐만 아니라 건강을 해치고 작업능률을 저하시키게 된다. 따라서 전압변동이 거의 없는 양질의 전력을 안정적으로 공급하기 위해 송배전 전압은 초고압화되고 가스절연개폐장치를 사용하며 배전선로의 지중화에 따라 전자장 환경도 변화되고 있다. 더불어 전력 전송과정에 수반되어 발생하는 전장 또는 자장의 영향으로 전자·제어기기가 소손 또는 오동작하거나 인체 유해 가능성이 나타날 수 있다는 보고가 많이 제시되고 있다. 즉, 전기·전자기기의 전자파에 대한 영향을 억제하고 환경을 깨끗이 보존하는 전자환경문제에 대한 연구의 필요성이 더욱 제기되고 있다. 현재 미국, 스웨덴, 일본 등을 비롯하여 세계 여러 나라에서 전자계의 영향에 대한 연구를 수행하고 있으나[1]~[5], 국내에서는 선진 외국에 비해 미흡한 편이며 전자장 환경의 영향과 평가에 대한 연구가 시급히 요구되고 있다.

특히 22.9[kV] 배전선로는 가옥이나 건물에 근접되어 있으므로 사람이 접근하기 쉬운 상태로 시설되어 있다. 인체는 배전선로를 비롯하여 전원선, 가전기기, 정보·통신기기, 컴퓨터, 사무자동화 기기 등에서 발생하는 전자장에 항시 노출되어 있다고 할 수 있고, 이러한 전자장 환경의 영향과 안전성의 평가 측면에서 배전선로 부근에서의 전장과 자장의 세기를 정확하게 측정하고 평가하는 것은 매우 중요하다. 또한 배전선로 주변의 특성은, 3상으로 이루어진 각 상의 배치가 일정하지 않고, 주변 구조물의 영향을 많이 받기 때문에 전

장과 자장의 분포가 대단히 복잡하다. 특히 수요의 변동에 따른 배전선 전류조건의 영향을 검토한 연구는 거의 없는 실정이다. 배전선로로부터 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 선행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 가정용 전자기기를 비롯하여 초고압 송변전설비에서 발생하는 전장과 자장의 세기의 측정에 적용할 수 있고, 응답감도와 저주파 응답특성이 우수한 평판형 전장센서와 멀티턴 루우프형 자장센서를 이용하여 22.9[kV] 배전선로 주변에서의 전장과 자장분포를 측정·분석하였고, FIELDS 프로그램을 이용하여 이론적 계산 결과를 산출하여 측정된 전장과 자장의 세기와 비교하였으며, 전자장 환경의 영향 평가에 관련하여 측정결과를 국제 제한 규정의 제한치와 비교하여 검토하였다.

## 2. 측정장치 및 실험방법

### 2.1 측정장치

본 연구의 실험에 적용된 정전유도법을 이용한 3차원 전장측정기와 전자유도작용의 이론을 적용한 멀티턴 자장측정기의 동작원리와 구조, 특성에 대해서는 이미 상세히 보고하였다.[6]~[8]

또한, 상용 전자장측정기를 보조적으로 사용하여 측정의 신뢰도를 확보하였으며, 본 실험에 사용한 측정기의 전기적 특성량을 표 1, 2에 나타내었다.

표 1. 3차원 전장 및 자장측정기의 특성  
Table 1. Specifications of measuring devices of 3-dimensional electric and magnetic fields

전 장	구조	원판형(직경 177[mm])
	주파수대역	7[Hz] ~ 900[kHz]
	응답감도	10.31[V/m/mV]
자 장	구조	공심원형(직경 약 200[mm])
	주파수대역	8[Hz] ~ 53[kHz]
	응답감도	0.195[ $\mu$ T/mV]

22.9(kV)배전선로 주변의 전장과 자장의 분포

표 2. 1차원 전장과 자장측정기의 특성  
Table 2. Specifications of measuring devices of 1-dimensional electric and magnetic fields

전 장	구조	원관형(직경 260[mm])
	주파수대역	25[Hz] ~ 1.05[kHz]
	응답감도	1[V/m] ~ 199[kV/m]
자 장	구조	공심원형(직경 약 260[mm])
	주파수대역	25[Hz] ~ 1.05[kHz]
	응답감도	0.01[ $\mu$ T] ~ 2[mT]

2.2 실험 방법

배전선로는 전력을 수용가로 직접 전송하는 역할을 수행하는 것으로 그 주변은 애자, 아크혼 등 금구류와 전주, 완급, 피뢰기, 주상변압기 등의 전력기기가 집중적으로 배치되어 있어 구조체의 영향을 받기 쉽다[9]~[14]. 본 연구에서는 비교적 사람이 많이 왕래하는 지역에 시설되어 있는 배전선로를 측정대상으로 하였다. 측정대상인 22.9[kV]-1회선 배전선로의 개략도(3상 1회선 수평배열 단도체 방식)를 그림 1에 나타내었고, 상도체간 이격거리 및 전선의 지상높이를 표시하였다. 이 선로에서 가공지선과 중성선은 나선의 강심알루미늄연선(ACSR)이고, 전력선은 절연전선의 강심알루미늄연선으로 구성되어 있다.

22.9[kV] 배전선로 주변으로 일정한 간격을 두고 전선로를 가로지르며 측정하는 방법(Lateral Profile)으로 하였다. 측정기의 지표면에서의 높이는 1[m]이고, 측정장치와 측정자와의 거리는 2.5[m]이상 이격한 상태에서 측정하였다. 전선로를 따라 평행하게 일정한 간격으로 측정하는 방법(Longitudinal profile)도 있으나, 다상 다회선 전력전송방식의 계통 운용에 있어서 각 상선사이의 공간적 영향이나 전장과 자장의 분포 특성을 파악하기 위해서는 전자의 방식이 더 적합하므로, 본 실험에서는 횡방향 분포의 측정방식을 채택하였다. 그리고, 측정기의 지표면상 높이와 측정장치와 측정자와의 이격거리는 우리나라 전기설비 기술기준 제 119조 3항과 IEEE의 규정을 따랐다.[11]

전장의 세기는 전압의 크기, 발생원인 도체의 배치 및 형상, 주변 구조체의 영향, 정전유도에 의한 공간전장 분포의 왜곡 등이 일어나게 된다. 자장의 세기와 분포는 부하전류의 변동과 불평형 전류, 도체의 배치, 주변 구조체의 영향을 받게 되며, 특히 부하 변동에 따라 전류에 자장의 세기가 변화하므로 측정시의 전류를 명

기할 필요가 있다.[12]

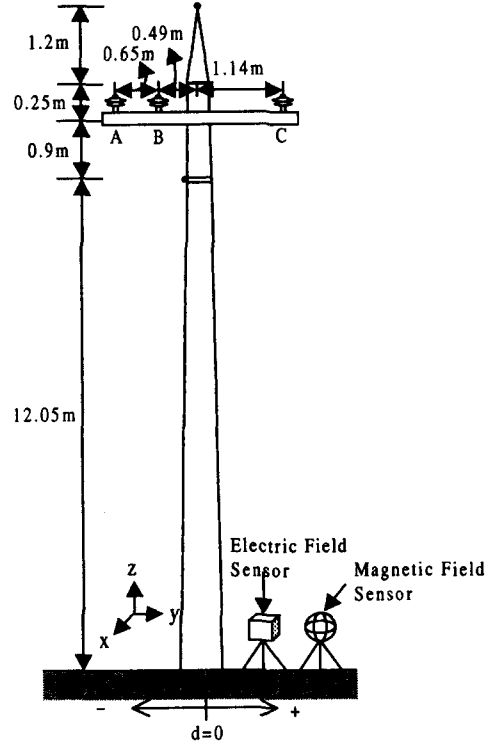


그림 1. 22.9 [kV] -1회선 수평배치 배전선로의 개략도  
Fig. 1. Simple sketch of 22.9 [kV]-single circuit overhead distribution lines with horizontal construction

따라서, 자계의 측정과 동시에 배전선 각상의 전류를 측정하였으며, 측정 당시의 A, B 및 C상의 전류값을 표 3에 나타내었다. 이와 같이 전장과 자장의 측정값에 영향을 미치는 요인은 대단히 많으며, 또한 이들 요인이 복합적으로 작용하므로 영향의 정도를 정량적으로 평가하기에는 매우 곤란한 문제점을 내포하고 있다.

표 3. 22.9 [kV] -1회선 가공배전선로의 각 상전류  
Table 3. Each phase current of 22.9 [kV]-single circuit overhead distribution lines

A	B	C
40[A]	50[A]	40[A]

2회선 배전선로는 도체의 배치가 상단과 하단이 상반되는 구조이며, 이것을 그림 2에 나타내었다. 도체의 배치는 완금이 2단으로 구성되어 2회선이라는 것을 제외하고는 1회선의 경우와 동일하였다. 그리고, 전주 중심으로부터 (+)방향(우측)이 (-)방향(좌측)보다 지형이 완만한 경사로 더 높은 지형으로 되어 있다.

2회선 배전선로에서의 전장과 자장의 경우도 1회선 배전선로의 경우와 마찬가지로 동일한 방법에 의해 측정하였으며 이를 이론적으로 산출한 계산 결과와 비교하였다.

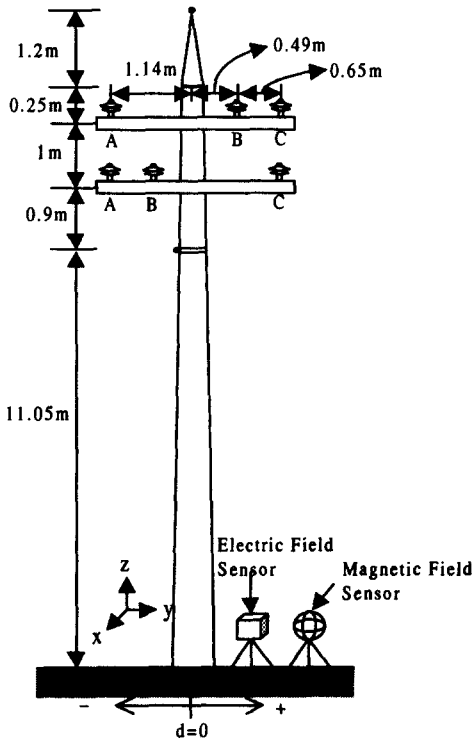


그림 2. 22.9 [kV]-2회선 수평배치 배전선로의 개략도  
Fig. 2. Simplified sketch of 22.9 [kV]-double circuit overhead distribution lines horizontal construction

또한, 측정 당시의 각 상에 흐르는 전류값을 상부와 하부 완금으로 나누어 표 4에 나타내었으며, 상부 선로에 흐르는 각상의 전류가 모두 다르게 나타났다.

표 4. 22.9 [kV]-2회선 가공배전선로의 각 상전류  
Table 4. Each phase current of 22.9 [kV]-double circuit overhead distribution lines

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

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 22.9 [kV]-1회선 배전선로 주변의 전장과 자장의 분포특성

배전선 주변에서의 전장과 자장의 분포에 영향을 미치는 주요한 요인으로는 전력선, 가공지선, 중성선의 배치, 각상에 인가된 전압 및 각 도체에 흐르는 전류, 구조물의 형상과 배치 등이 고려되어진다.

그림 3에 나타난 바와 같이 전장의 횡방향 분포는 측정 원점(선로의 중심점)에서 (-)방향(좌측)으로 M자 형태를 취하며, 중심 부근에서 극소값을 나타내고 전선로부터 멀어질수록 전장의 세기는 점차적으로 감소하였다. 도체 간격이 좁은 쪽에서 낮은 전장의 세기를 보였으며, 측정점과 도체사이의 거리가 멀어질수록 감쇠가 급격하게 일어났다.

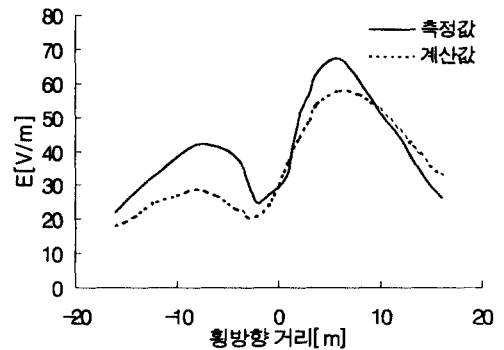


그림 3. 전장의 세기의 측정값과 계산값의 비교 (22.9 [kV]-1회선 배전선로 아래)  
Fig. 3. Comparison of the measured data with the theoretical result of electric field intensity (under 22.9 [kV]-single circuit overhead distribution lines)

이와 같이 전장의 분포가 비대칭적으로 나타난 것은 그림 1에 나타난 바와 같이 3상 도체의 수평배치가 일

22.9(kV)배전선로 주변의 전장과 자장의 분포

정한 간격이 아닌 것과 주변 구조체의 영향으로 말미암아 기인된 것으로 판단된다. 또한 계산값과 측정값의 분포의 형상은 비슷하지만 극대값 부근과 도체간의 간격이 좁은 위치에서 더 큰 차이를 보이고 있다. 상도체사이의 간격이 좁을수록 상호간의 간섭효과 때문에 전장의 세기는 감소하며, 이론적 계산에 있어서 주변 구조물의 영향을 정확하게 고려할 수 있는 요소의 적용이 이루어지지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 전장의 세기와 분포는 각 상도체의 전압과 도체의 배치간격, 구조물의 영향을 크게 받으므로 적절한 도체와 구조물의 배치를 고려하면 상당한 전장 차폐 효과를 얻을 것으로 사료된다.[15],[16]

자장의 분포는 그림 4와 같이  $\cap$ 형태를 보이고 있으며, 전장의 분포와는 다르게 각 상도체에 흐르는 전류 자체에 의한 영향보다는 3상 도체 및 중성선에 흐르는 전류의 영향이 합성적으로 나타남을 알 수 있다.

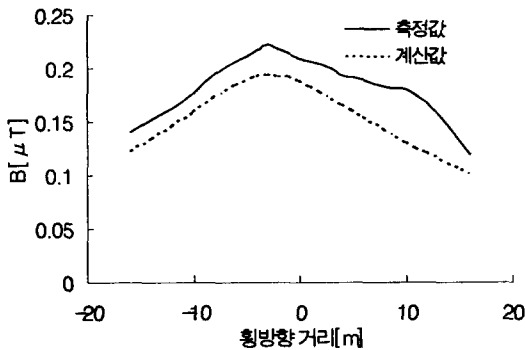


그림 4. 자장의 세기의 측정값과 계산값의 비교 (22.9 [kV]-1회선 배전선로 아래)  
Fig. 4. Comparison of the measured data with the theoretical result of magnetic field intensity (under 22.9 [kV]-single circuit overhead distribution lines)

또한 측정점과 도체사이의 거리가 멀어짐에 따라 서서히 감소하며, 전장의 분포에 비해서 감소의 정도가 완만하다. 특히 3상 도체에 흐르는 전류가 동일하지 않기 때문에 불평형 상전류의 영향을 대표하는 중성선을 통해 흐르는 전류의 영향이 지배적으로 나타날 것으로 예상된다. 자장분포곡선의 최대값은 도체간격이 좁은 쪽 즉, 중심점에서 좌측으로 이동하였다. 특히 전력선 주변에서의 자장의 세기는 3상 도체에 흐르는 전류에

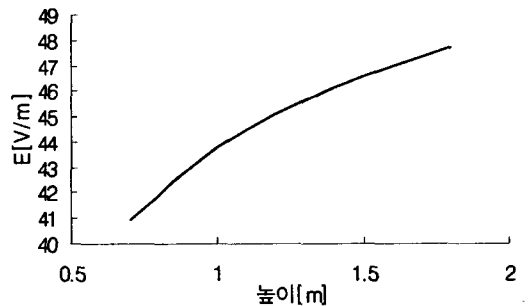
의한 자장의 벡터적 합으로 나타나므로 자장분포곡선의 변화에 가장 큰 영향을 주는 요인은 불평형 전류에 의한 영상분 전류이며, 본 실험조건에서의 불평형 부하에 대한 영상전류의 크기는 다음 식과 같이 표현된다.[3]

$$\begin{aligned} \vec{I}_0 &= \frac{1}{3}(\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C) \\ &= \frac{10}{3} \angle 0^\circ \text{ [A]} \end{aligned}$$

여기서,  $\vec{I}_A, \vec{I}_B, \vec{I}_C$  는 각각 A, B, C상의 전류값이다. 영상분 전류의 크기는 3.33[A]이고, A상의 전류 40[A]를 기준으로 하여 영상분 전류의 평형전류에 대한 크기는 약 8.3[%] 정도이다. 수용가 부하의 변동에 따라 각상에 흐르는 전류의 변동폭이 달라질 수 있으므로 자장분포의 형상이 변화될 수 있다.[3],[15] 이와 같은 관점에서 보면 배전선에 흐르는 전류에 의한 자장의 분포는 부하전류의 변동에 비해서 부하의 불평형에 따라 민감하게 변화됨을 예상할 수 있다.

전주의 중심으로부터 (+)방향(우측)으로 2[m]지점에서 측정높이에 따른 전장과 자장의 세기를 측정한 결과를 그림 5에 나타냈다. 높이가 증가함에 따라 전장과 자장의 세기도 점차적으로 증가하는 특성을 보였다. 특히 전장의 세기는 배전선로의 높이에 비례적으로 증가하지만 자장의 세기는 증가가 완만하게 나타나며 측정 거리에 따른 영향이 적게 나타남을 알 수 있다.

이와 같이 배전선로 주변에서의 전장과 자장의 분포는 통상 실제의 배전설비의 운용상 3상 도체에 전류에 부하평형전류만을 흘릴 수 없으며, 도체의 배치가 3차원으로 되어 있기 때문에 부하의 상태 및 설비조건에 따라 매우 다양하고 복잡한 분포를 나타내게 된다.



(a) 전장

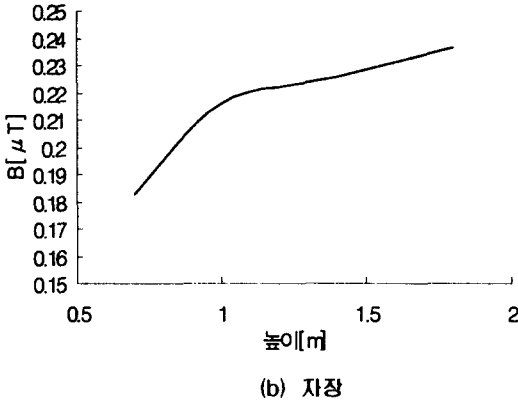


그림 5. 전주의 중심에서 우측으로 2(m) 떨어진 점에서 측정점의 높이에 대한 전장과 자장의 분포 (22.9(kV)-1회선 배전선로 아래)  
 Fig. 5. Electric and magnetic field profiles as a function of the measuring height at 2(m) away to the right of the central point (under 22.9(kV)-single circuit overhead distribution lines)

또한 지지물, 전력설비 등의 구조물의 영향을 정확하게 정량적으로 파악할 수 없기 때문에 고정도의 이론적 해석결과를 얻기가 대단히 어렵다.

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

횡방향 거리에 따른 전장분포의 특성은 그림 6과 같이 상부와 하부 완급의 2회선의 상배치 구조가 상반되어 있는 것을 볼 때, 이러한 선로 구조의 영향으로 분포곡선이 변화하는 양상을 보인다고 할 수 있다.

선로 주변 지형의 심한 굴곡 때문에 측정값과 계산값의 최대치가 나타난 지점이 오차가 발생한 것으로 생각되며, 이러한 측정위치 선정은 주변 지형, 구조물 등의 영향으로 정확하게 평가하는 것은 대단히 곤란하고, 그 오차의 영향도 무시할 수 없다고 생각된다. 그리고, 자장의 분포곡선은 2회선에 흐르는 전류의 불평형으로 인하여 1회선 배전선로와는 다른 양상을 나타내었으며, 중성선을 통하여 흐르는 영상분 전류도 매우 복잡하리라고 판단된다. 그래서, 영상분 전류의 크기는 각 회선에 흐르는 상전류중에서 50[A]를 기준으로 하였을 때 상부 완급에 설치한 회선에 5.75[A], 하부 완급에 설치한 회선에 3.3[A]이었으며, 영상분 전류의 비

율은 각각 상부 회선은 11.5[%], 하부 회선은 6.6[%]로 나타났다.

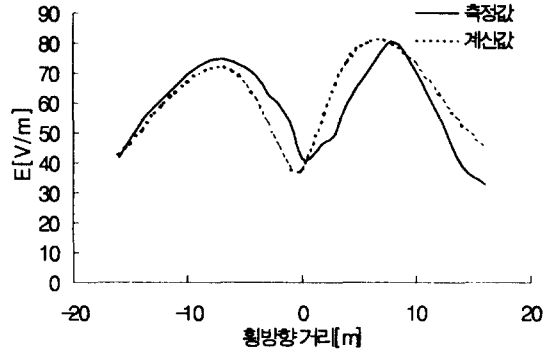


그림 6. 전장의 세기의 측정값과 계산값의 비교 (22.9(kV)-2회선 배전선로 아래)  
 Fig. 6. Comparison of the measured data with the theoretical result of electric field intensity (under 22.9(kV)-double circuit overhead distribution lines)

이러한 불평형 전류에 의해서 자장의 분포곡선의 최대값이 나타난 지점이 중앙점에서 우측으로 치우친 것을 볼 수 있다. 그러므로, 이러한 불평형 상전류의 영향으로 자장의 분포 양상은 크게 변화되며, 중앙점을 기준으로 하여 양방향으로 대칭적인 분포를 나타내는 것이 아니라 한 쪽으로 치우쳐 편중된 분포를 보이고 있다.

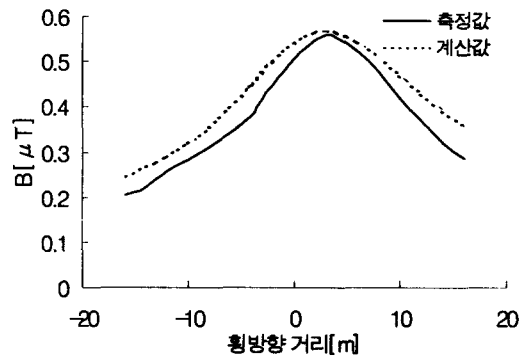
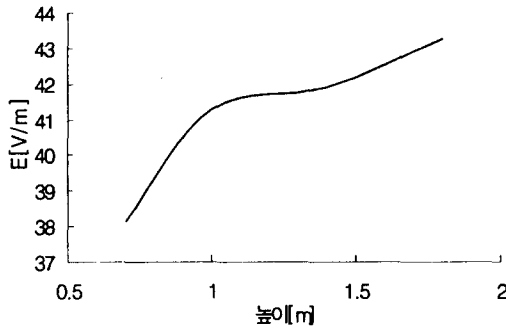


그림 7. 자장의 세기의 측정값과 계산값의 비교 (22.9(kV)-2회선 배전선로 아래)  
 Fig. 7. Comparison of the measured data with the theoretical result of magnetic field intensity (under 22.9(kV)-double circuit overhead distribution lines)

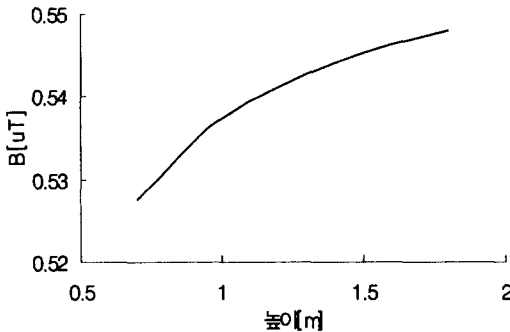
## 22.9(kV)배전선로 주변의 전장과 자장의 분포

또한 그림 6, 7에서 2회선의 경우 전장과 자장의 분포는 평형성이 좋으므로 1회선에 비해서 측정데이터와 이론적 계산결과가 보다 잘 일치하는 경향을 보이고 있다. 그리고, 측정높이에 따른 전장과 자장의 특성은 그림 8과 같이 1회선의 경우와 마찬가지로 비례적으로 증가함을 알 수 있다.

그리고, 1회선 배전선로와 비교하여 2회선인 경우의 전장과 자장의 특성은 분포 양상과 크기 및 선로 구조 면에서 약간씩 다른 양상을 보이지만, 대체적으로 1회선에서와 마찬가지로 전장의 분포는 횡방향 거리에 따라 M자 형상을 나타내고, 자장의 특성은  $\Pi$ 자 형상을 나타내었다.



(a) 전장



(b) 자장

그림 8. 전주의 중심에서 우측으로 2 [m] 떨어진 점에서 측정 높이에 대한 전장과 자장의 분포 (22.9 [kV]-2회선 배전선로 아래)

Fig. 8. Electric and magnetic field profiles as a function of the measuring height at 2 [m] away to the right of the central point (under 22.9 [kV]-double circuit overhead distribution lines)

측정값과 이론적인 계산값의 비교·분석 결과, 전체적으로 분포 양상은 유사하였으며 지형 구조, 주변 물체, 불평형 전류 등으로 인하여 약간의 오차를 나타내고 있다. 그리고, 배전선로 주변에서의 전장과 자장의 값은 전주 및 완금 등 금구류의 배치상태에 따라 영향을 받으므로 완금, 피뢰기, 애자장치 등을 설계 및 배치할 때에 전장과 자장의 분포를 고려하여 설계하는 것이 합리적이라고 생각된다.

### 3.3 측정결과에 대한 고찰과 대책

측정결과에 대한 전장의 세기의 최대값은 1회선의 경우에 원점으로부터 (+)방향(우측)으로 6[m]인 지점에서 67.07[V/m], 2회선의 경우에는 (+)방향(우측)으로 8[m]인 지점에서 80.65[V/m]로서 국내와 세계 여러 나라의 제한·권고치인 수 ~ 수십[kV/m]보다 훨씬 낮은 것으로 나타났다. 자장의 경우도 1회선은 원점으로부터 (-)방향(좌측)으로 3[m]인 지점에서 0.22[μT], 2회선은 (+)방향(우측)으로 3[m]인 지점에서 0.56[μT]로서 아주 낮은 값을 보였다. 따라서, 22.9[kV] 배전선로의 전자기 환경이 아직까지는 양호한 상태에 있다고 할 수 있으나, 전압의 계급이 높아질수록, 불평형 전류 성분이 많아질수록 환경이 악화될 수 있으므로, 전장과 자장의 분포특성에 영향을 미치는 요인을 정확히 파악하고 저감대책에 심혈을 기울여야 할 것이다. 그리고 측정높이에 따른 전장과 자장의 특성이 모든 경우에 비례적으로 증가된 결과를 통해, 배전선로에서 발생하는 전장과 자장의 감소방안으로써 도체 배치, 도체 간격, 도체 높이 등을 고려하여 설계하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

송전선로와 배전선로 주변에서의 전장과 자장의 분포에 영향을 미치는 요인으로는 상도체 배열방식, 상도체 사이의 간격, 선로의 지상 높이, 선로의 형상이나 재질, 구조, 규모 등이 있다. 특히 자장의 경우에는 더 복잡하고 다양한 요인이 있으며, 이것을 도식적으로 그림 9에 나타내었다.[15],[16]

한편, 전력기기 및 송배전선로의 주변에서 발생하는 전장과 자장의 세기를 저감시키기 위해서는 발생원으로부터 공간상으로 전장과 자장이 진행하는 것을 억제하는 방법과 반대로 외부로부터 피보호물에 영향을 주지 않도록 차폐시키는 방법으로 분류할 수 있다. 차폐하는 방법으로는 비투자율이 매우 큰 Mu 메탈이나 실리콘 스틸 등과 같은 자성체와 도전성이 우수한 금속

재료를 접지기술과 병행하면 정전유도와 전자유도현상을 최소화하여 전장과 자장의 세기를 감소시킬 수도 있다. 또한, 자장의 세기를 줄이는 방법으로는 전선의 상간 거리를 작게 하는 방법과 트위스트 구조로 꼬아 피치(꼬인 마디사이의 간격)를 작게 하는 방법 즉, 반대 방향의 전류로 인해 자장이 서로 상쇄되는 역자장을 발생시키는 방법이 있을 수 있다.

- ▷ 전선의 이도를 줄인다.
- ▷ 전선을 트위스트 구조로 꼬아 피치를 작게 한다.
- ▷ 3상 선로를 일괄한다.
- ▷ 선로에 흐르는 전류의 고조파 함유를 최소화한다.

#### 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.

22.9[kV] 배전선로의 횡방향 측정시의 전장과 자장의 분포는 각각 M자 형상과  $\cap$ 자 형상을 나타냈으며, 전장의 세기는 상도체사이의 간격에 따라, 자장의 세기는 불평형 전류에 기인한 영상분 전류 효과가 분포특성에 영향을 미쳤다. 3상 1회선 배전선로의 경우, 불균등한 도체 배치의 영향으로 전장의 분포곡선이 중심점에서 이동된 분포곡선을 나타내었다. 반면에, 2회선 배전선로에서는 상대적으로 1회선의 경우보다 중심점을 기준으로 대칭적 양상을 보였으며, 측정값과 이론적 계산값의 비교에 있어서도 1회선에 비해서 각 회선간의 평형작용 때문에 측정값과 이론적 계산값이 보다 잘 일치하였다. 자장의 분포는 1회선과 2회선의 경우 모두 영상분 전류의 영향으로 중심점에서 이동된 특성을 나타내었다. 전장과 자장의 세기 모두가 국내외의 제한·권고치보다 대단히 낮은 값을 나타내었으며, 측정 높이에 따른 분포는 높이가 높아질수록 전장과 자장의 세기도 증가하는 경향을 나타내었다.

따라서, 배전선로의 설계시 도체 간격, 도체 배치 및 도체 높이 등을 전압계급과 연계해 고려하는 것이 전장과 자장을 효과적으로 감소시키는데 중요한 역할을 할 것으로 판단된다. 특히 자장의 세기를 낮추기 위해서는 위에서 고려한 도체의 기하학적 배치와 형상뿐만 아니라 각 상의 전류가 거의 균등하게 되는 부하의 평형운전이 가장 효과적이다.

#### [참 고 문 헌]

- (1) E. Zenman, S. Fred, et al., "Investigation of Exposition to

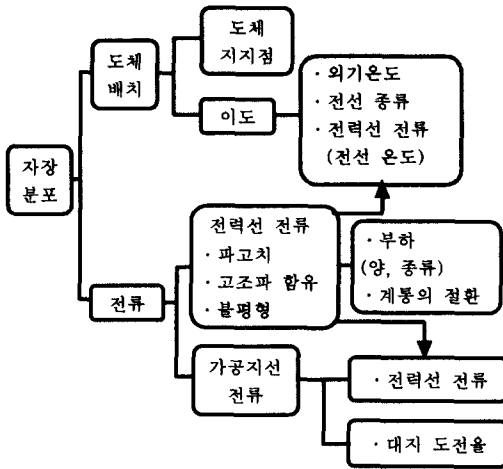


그림 9. 자장분포에 영향을 미치는 요인  
Fig. 9. Influencing sources on magnetic field distribution

이러한 저감대책은 전장과 자장의 세기를 낮추기 위한 목적, 저감대상, 범위, 경제성 등을 고려해서 수립해야 할 것이다. 일반적으로 전력설비 및 가공송전선로 주변에서의 전장과 자장을 저감시키는 기법으로는 다음과 같은 방법들이 제안되어 있다.[3],[15]~[18]

- ▷ 상도체의 수평배열 방식보다 역상 삼각형 수직배열로 한다.
- ▷ 도체간의 간격을 전압계급을 고려하여 줄인다.
- ▷ 선로의 지상높이를 경제성과 지형을 고려하여 가능한 범위에서 높게 한다.
- ▷ 불평형 상전류에 의한 가공지선이나 대지를 통해 흐르는 영상분 전류를 최소화한다.
- ▷ 전력설비에 접지장치와 외함을 설치함으로써 전장을 크게 감소시킬 수 있다.
- ▷ 비자성체보다는 자성을 가지는 금속이 자장에 대한 차폐효과가 우수하다.



22.9(kV)배전선로 주변의 전장과 자장의 분포

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] W. Kohler, "Measurement and Calculation of Low Frequency Electric and Magnetic Fields", 9th ISH, 8338-1~4, 1995

[5] AC fields working group of the IEEE, "An Evaluation of Instrumentation Used to Measure AC Power System Magnetic Fields", IEEE Trans. PD, Vol. 6, No. 1, 1991

[6] 이복희, 이정기, "345/154(kV) 송변전설비 주변에서의 자장 크기의 측정과 분석", 전기학회 논문지, Vol.46, No.3, pp.414~420, 1997

[7] 이복희 외, "154(kV) 가공송전선 아래에서 전장분포의 측정과 분석", 조명·전기설비학회지, Vol.11, No.1, pp.92~98, 1997

[8] 이복희 외 4인, "멀티턴 루우프형 센서를 이용한 3차원 ELF 자장측정계", 센서학회지, Vol.5, No.2, pp.29~36, 1996

[9] Ronald B. Standler, "Protection of Electronic Circuits from Overvoltages", John Wiley & Sons, pp.209~213, 376~380, 1989

[10] 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

[11] 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

[12] "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

[13] T. Vihn, T. L. Jones, C. H. Shih, "Magnetic Fields near Overhead Distribution Lines - Measurements and Estimating Technique", IEEE Trans. PD, Vol. 6, No. 2, 1991

[14] A. A. Al-Arainy, N. H. Malik, L. N. Abdul-Aal, "Electromagnetic Interference from Transmission Lines Located in Central Region of Saudi Arabia", IEEE Trans. PD, Vol. 4, No. 1, 1989

[15] 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

[16] 山崎健一, "各種電線路における交流磁界分布と磁界遮へい方策に関する検討", Trans. IEE Japan, Vol.118-B, No. 6, pp.635~641, 1998

[17] David K. Cheng, "Electromagnetics", Addison Wesley, pp. 304~312, 1994

[18] J. R. Stewart, S. J. Dale, "Magnetic Field Reduction Using High Phase Order Lines", IEEE Trans. PD, Vol. 8, No. 2, 1993

◇ 저자소개 ◇

이복희 (李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988년~1989년 일본 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1999년 미국 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기컴퓨터공학부 교수.

박종순 (朴鍾鎭)

1971년 4월 19일생. 1996년 인천대 공대 전기공학과 졸업. 1998년 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정

길형준 (吉亨準)

1969년 8월 27일생. 1997년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1998년 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 법무법인 한미 특허부 근무