

## 345/154kV 초고압 송변전설비 주변에서의 전장의 측정과 분석

이정기\*, 안창환, 이복희, 길경석\*, 박동화\*\*  
인하대, 한국해양대\*, 시립인천대\*\*

### Measurement and Analysis of Electric Field near 345/154kV UHV Overhead Transmission Lines and Substations

J.G. Lee\*, C.H. Ahn, B.H. Lee, G.S. Kil\*, D.H. Park\*\*  
Inha Univ., Korea Maritime Univ.\*, Incheon Univ.\*\*

#### Abstract

In this paper, measurements and analyses of ELF electric fields in the vicinity of UHV overhead transmission lines and substations have been conducted. Planar-type sensors have been developed with special consideration of picking up lower frequency and spatial components without any distortion. So finally the electric field measuring system has the frequency bandwidth of 7[Hz] to 2.7[MHz] and the response sensitivity of 0.094[mV/V/m]. A brief description of design rules of the measuring system and measurement procedures is introduced.

The actual survey near 154 and 345[kV] overhead transmission lines and power substations was carried out and analyzed. It may be inferred from these results that the electric field intensity exceeds 7[kV/m] only in very few cases particularly at the substations so that the field measurements meet almost limits or guidelines that various authorized international institutes recommend.

#### 1. 서론

최근 정보화 시대가 진행되고 산업이 발전함에 따라서 정보·통신기기 등 전자기기의 이용증대와 함께 일반 가전기기의 생활적용폭이 더욱 넓어지는 추세이며, 양질의 전력에 대한 안정적 공급의 필요성이 한층 높아져 가고 있다. 이와 같이 생활수준의 향상으로 전기에너지의 사용이 급증함에 따라 전력전송의 신뢰성과 효율성을 높이기 위해 송전전압을 초고압화로 운용하게 되었고, 더불어 에너지의 공간전송 과정에서 발생하는 전자기장환경(EMC)에 대한 연구의 필요성이 더욱 중요시되고 있으며, 특히 고주파 영역뿐만 아니라, 최근에는 극저주파영역(Extremely Low Frequency (ELF) : 3Hz~3kHz)에서의 문제도 심각히 대두되었다.<sup>[1]-[3]</sup>

따라서 본 연구에서는 초고압 송변전설비 주변에서의 시변성 공간전장을 직접 측정할 수 있도록 응답감도가 우수한 평판형 센서를 이용하여 3차원 전장측정계를 구성하고, 345/154[kV] 초고압 송변전설비 주변에서의 전장특성을 측정·분석하였으며, 앞으로의 활용방안에 대하여 검토하였다.

#### 2. 측정계의 구성

자유공간에 존재하는 전장의 수직성분을 산란없이 정확히

측정하기 위해서는 응답감도가 우수한 평판형 센서가 가장 적합하므로, 본 연구에서는 감지면이 대지면에 대하여 평행으로 놓일 수 있는 평판형 센서를 이용하여 전장측정계를 구성하였으며, 이의 개략도를 그림 1에 나타내었다. 평판형 센서는 x, y, z축에 대해 3차원 결합이 가능하도록 한 번의 길이가 20[cm]인 정육면체구조로 제작하였다.

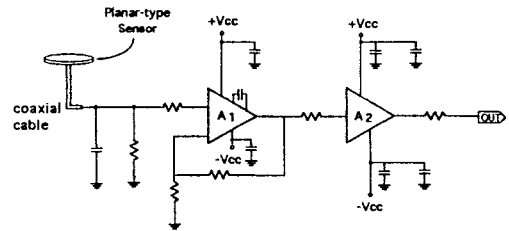


그림 1. 전장측정계의 개략도

Fig. 1. Schematic diagram of the electric field measuring system

센서의 재료로는 0.034[mm]의 두께로 동박막을 입힌 비유전율 5.14의 유리에폭시기판을 사용하여, 감지전극의 반경과 전극사이의 간격을 각각 8[cm], 1.6[mm]로 설계하였다. 평판형 전장센서에 의해서 감지된 신호는 전속의 변화에 대한 시도함수로 나타나므로, 실신호로 출력시키기 위해 수동성적분기와 증폭회로로써 신호처리회로를 구성하였으며, 신호전송용 케이블로는 고주파 특성이 우수하고 특성임피던스가 50[Ω]인 동축케이블(RG-58A/U)을 사용하였다. 또한, 감지부 이외의 부분은 모두 차폐함내에 넣어서 외부잡음에 의한 신호의 왜곡을 최소화하였다.

측정계의 응답감도와 주파수대역 등 계측기로서의 고유응답특성을 산출하기 위해서 교정실험을 수행하였다.<sup>[4]</sup> 그 결과 전장측정계의 단위계단응답특성 즉, 직각과 입력신호에 대한 전장측정계의 순수상승시간은 약 129.93[ns]이고, 감쇠시정수가 22.3[ms]인 특성을 얻었다. 따라서, 측정계의 주파수대역은 7[Hz]~2.7[MHz]이며, 단위전장에 대한 측정계의 출력으로 산출되는 응답감도는 52.1[V/m]의 균일전장을 측정계에 인가했을때 측정계의 출력이 4.92[mV]이므로, 0.094[mV/V/m]가 된다.<sup>[5]</sup>

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 전력소 구내에서의 전장특성

초고압 전력설비가 한정된 공간에 집중되어 있어서 발생하는 전장의 세기가 높을 것으로 예상되는 전력소의 전장특성을 분석하되, 여타지역의 전자기환경을 평가하는데 기준이 될 수 있다.

그림 2에 나타낸 것과 같이 345[kV]를 1차측으로 하는 단상변압기(345/154kV, 166.7MVA) 3대를 Y결선하여 운영하는 전력소를 대상으로 전장을 측정하였다. 변압기를 중심으로 345[kV]측과 154[kV]측의 모선에 대해 지표면으로부터 대략 18[m]와 16[m]의 높이에 수평배열되어 있는 상선중에서 b상선 아래의 대지 1점을 원점으로 정하여 수평거리이동에 따라 변화하는 전장의 세기와 측정높이에 따른 세기변화를 측정하였다. 이때, 수평거리이동(lateral profile)에 대한 전장의 측정은 지표면으로부터 1[m] 높이에서 이루어졌다.

전장의 측정을 1[m] 높이에서 한 것은 우리나라 전기설비 기술기준 제 119조 3항에 명시된 허용전장강도가 지표상 1[m]에서의 값이고, 또한 IEEE에서도 전장의 측정은 지표상 1[m]에서 수행되어야 하며 전장센서와 측정자사이의 간격도 2.5[m]이상이어야 한다고 규정하기 때문이며, 이러한 측정시의 규정사항을 본 연구에서는 준수하였다.<sup>[6]</sup>

전장을 정확히 측정·분석하기위해 고려해야 할 사항 즉, 전장의 세기와 분포에 영향을 미치는 요인은 발생원과 측정제사이의 거리, 발생원의 형상 및 규모, 전압의 크기, 금속체를 비롯한 주변물체의 접근정도 등이며, 특히 전력설비나 송전선로 주변에 물체가 근접하면, 정전유도로 인한 공간전장 분포의 왜곡이 생길 수 있다.

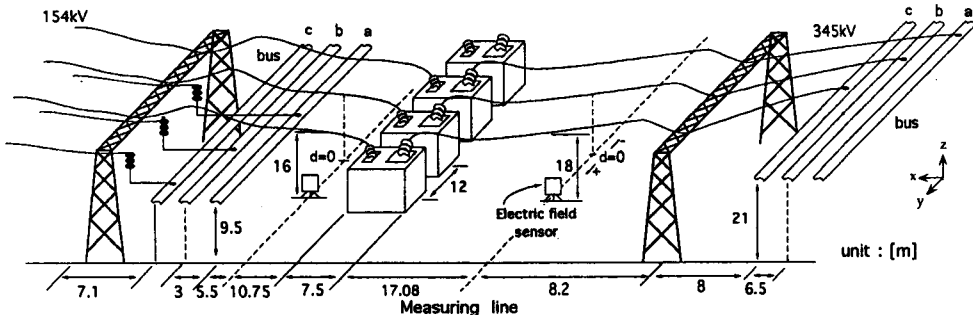


그림 2. 전력설비의 배치와 측정위치의 개략도

Fig. 2. Sketch of measuring points and configuration of power equipments

그림 3은 관계자와의 일반인은 출입이 통제되어 있는 154/345[kV] 변전설비 주변에서 측정한 결과로서, 전장의 특성은 b상선 아래의 원점을 중심으로 대칭적인 분포(M자형)를 보이고 있는데, 그 이유는 3상평형상태의 계통운용중에서 수평배열되어 있는 각 상선에 의한 공간전장분포의 벡터합이 b상선 아래에서는 서로 상쇄되어 낮게 나타나기 때문이다.

또한, 그림 4의 154[kV] 모선측 전장의 경우 원점을 중심으로 비대칭 특성 등 그림 3과 비교할때 다른 분포양상을 보이는 것은 인접한 모선의 연결구조물형태의 고전압도체가 돌출되어 있어 측정계와의 거리가 상대적으로 가까워지므로, 이러한 구조물의 영향에 기인한다.

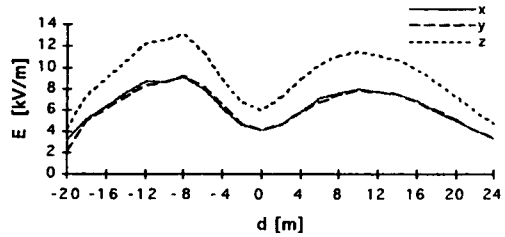


그림 3. 전력소구내 345(kV) 모선측의 전장분포의 예

Fig. 3. Examples of electric field distribution of 345(kV) busbar side in a power substation

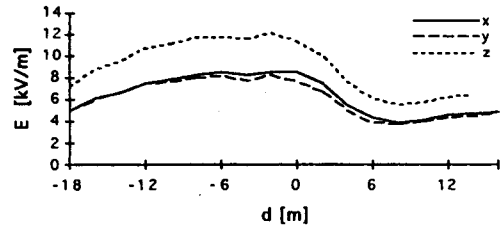


그림 4. 전력소구내 154(kV) 모선측의 전장분포의 예

Fig. 4. Examples of electric field distribution of 154(kV) busbar side in a power substation

#### 3.2 가공송전선로 아래에서의 전장특성

전기에너지의 전송경로로서 넓은 범위로의 경로로 인해 실생활에 밀접한 관계를 가지므로, 최근 송전선로에 대한 전

장환경의 평가에 관심이 고조되고 있다.<sup>[7],[8]</sup> 본 연구에서는 농경지를 지나는 그림 5와 같은 구조의 345[kV] 송전선로(4도체 2회선 역상수직배열)와 154[kV] 송전선로(단도체 2회선 역상수직배열)를 대상으로하여 가공송전선로에서 발생하는 전장을 측정하였다.

그림 6, 7에 345[kV], 154[kV] 가공송전선로에 대한 전장의 특성을 나타내었다. 2회선 방식의 송전선로에서 발생하는 전장특성을 보다 심도있게 분석하기 위해서는 각 회선에 대한 측정을 하는 것도 필요하겠으나, 정상적인 계통운용상 현실적으로 어려움이 따르므로 2회선 송전선로의 총체적 특성만을 분석하였다.

그림 6의 345[kV] 가공송전선로의 경우 송전선로와 철탑

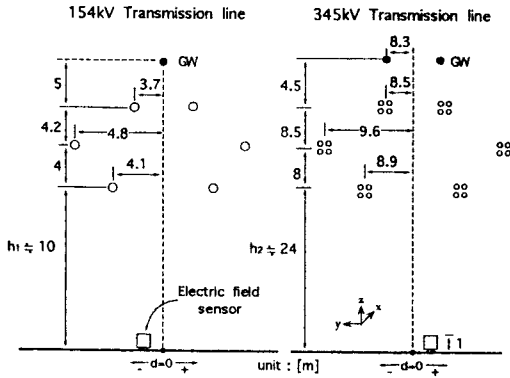


그림 5. 가공송전선로의 배치와 측정위치  
Fig. 5. Configuration of overhead transmission lines and measuring points

을 주변물체와 충분한 이격거리를 두고 시설하였기 때문에, 측정위치에서는 발생원자체의 영향만으로 인한 대기구조의 전장분포를 보이고 있으며, 가공지선의 위치가 각 회선과 동일축상에 있으므로 원점부근에서 전장분포의 세기가 최대로 나타나게 된다.

그림 7에 나타낸 154[kV] 가공송전선로에 대한 측정결과를 보면, 측정위치 주변에 있는 금속체를 사용한 건축물에 정전유도된 성분과 345[kV] 송전선로에 비해 상대적으로 가까운 회선간의 이격거리, 또한 양 회선의 중앙에 위치한 가공지선의 영향이 공간전장분포를 왜곡시키므로, 측정된 전장특성이 그림에서와 같이 어느 정도 비대칭적인 분포를 보이게 된다.

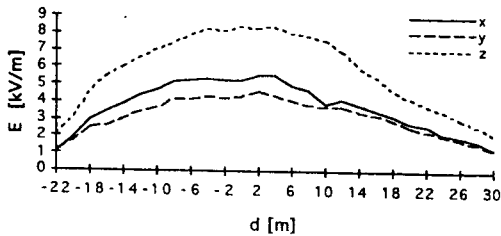


그림 6. 345(kV) 가공송전선로 아래에서의 전장분포의 예  
Fig. 6. Example of electric field distribution under 345(kV) overhead transmission lines

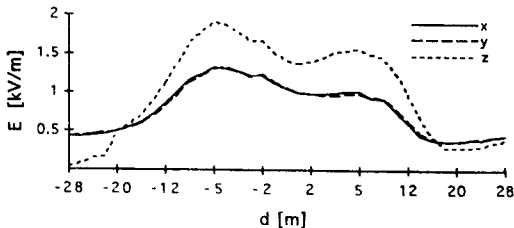


그림 7. 154(kV) 가공송전선로 아래에서의 전장분포의 예  
Fig. 7. Examples of electric field distribution under 154(kV) overhead transmission lines

#### 4. 결 론

본 연구에서는 평판형 센서를 이용한 3차원 전장측정계를 구성하고, 초고압 송변전설비 주변에서의 전장특성을 측정·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 본 연구에서 사용된 전장측정계의 주파수대역과 응답감도는 각각 7[Hz]~2.7[MHz], 0.094[mV/V/m]로서 극저주파영역의 전장성분을 정확히 측정할 수 있었다.
- (2) 345/154[kV] 변전설비를 운영하는 전력소의 전력기기 주변에서 발생하는 전장의 특성을 측정하였다. 또한, 사람의 빈번한 출입이 없는 345[kV] 송전선로(4도체 2회선 역상수직배열)와 154[kV] 송전선로(단도체 2회선 역상수직배열) 아래에서의 전장의 세기는 각각 최대 8.43, 1.93[kV/m]로서, 일반인의 출입이 제한되어 있는 전력기기의 주변이나 전력설비의 밀집에 의한 전장발생원의 복합적 영향으로 해석되는 장소를 제외한 본 연구에서의 분석결과는 국내외의 제한·권고치를 대체로 만족시키고 있다.
- (3) 정육면체구조의 평판형 센서를 이용하여 3차원 전장측정계를 실현함으로써, ELF 공간전장의 변화를 왜곡 없이 측정하고 종합적으로 분석하는 것이 가능하므로, 향후 전자장환경의 기초연구에 적용될 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] W. Köhler, "Measurement and Calculation of 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, 주문노, 길경석, 안창환, 광희로, "고전압임펄스 발생기의 주변에서 발생하는 과도전계의 측정과 평가", 대한전기학회, 춘계학술대회논문집, pp. 38~41, 1995
- [5] 백용현, 이복희, 안창환, "전계측정용 센서의 개발", 대한전기학회 논문지, Vol. 40, No. 6, pp. 630~637, 1991. 6
- [6] "IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines.", ANS/IEEE Std. 644-1987, pp.17-21, 1992
- [7] 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
- [8] A. A. Al-Arainy, N. H. Malik, "Electromagnetic Interference from Transmission Lines Located in Central Region of Saudi Arabia", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 4, No. 1, January 1989