

### 수직 접지전극 주변에서 전위간섭 영향분석

조용승\*, 양순만\* 유양우\* 이복희\*  
인하대학교\*

### An Analysis of Potential Interference Effects in the Vicinity of a Vertical Ground Rod

Yong-Seung Cho\*, Soon-Man Yang\*, Yang-Woo Yoo\*, Bok-Hee Lee\*  
InHa University\*

**Abstract** - 인접한 독립 접지전극에 접지전류가 인가된 경우 접지전극 상호간 전위간섭을 일으키게 된다. 상용주파수 접지전류에 대한 전위간섭은 많은 분석이 이루어 졌으나, 뇌서지와 같은 고주파수를 포함하는 접지전류에 대한 전위간섭의 분석은 충분히 수행되지 못하였다. 본 논문에서는 상호간 영향을 줄 수 있는 길이 4 m인 수직 접지전극을 대상으로 주파수에 따른 전위간섭의 영향을 분석하였으며, 수직 접지전극의 주변에 나타나는 대지표면전위와 함께 상호 비교·분석하였다. 그 결과, 전위간섭은 접지임피던스의 변화에 의존하는 경향성을 나타내었으며, 수직 접지전극 길이의 1.5배에 해당하는 이격거리에서 접지전극의 전위와 대지표면전위가 거의 일치하는 것으로 나타났다.

#### 1. 서 론

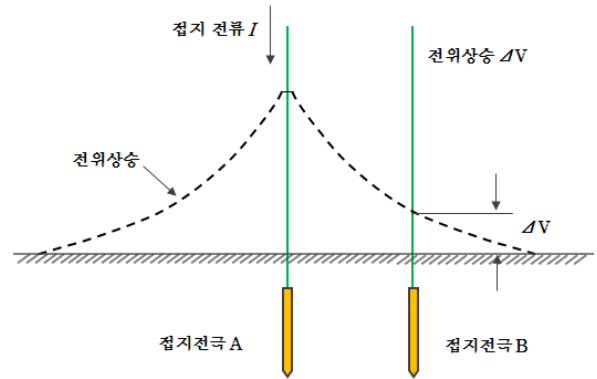
이상적인 독립접지는 인접한 접지전극에 접지전류가 아무리 흘러도 다른 쪽 접지전극에 전혀 전위상승을 일으키지 않는 장점이 있으나 접지전극을 무한대의 거리만큼 떨어지도록 하지 않으면 완전한 독립이라 할 수 없다. 독립접지는 인접한 접지전극의 영향 없이 독립적으로 장비나 설비를 보호할 수 있다는 장점이 있으나, 시공 시 각각의 접지전극 간에 충분한 이격거리를 두어야 하며, 실제의 경우 이격거리의 제한과 큰 고장전류 또는 뇌전류가 유입될 때 전위차가 발생하여 전자장비나 제어설비에 손상을 주거나 오동작을 유발하는 단점이 있다[1]. 고·저압 접지시스템이 인접되어 있는 경우 고압시스템의 전위상승이 저압시스템에 영향을 미치므로 고·저압접지시스템은 서로 접속하거나 완전히 분리시켜야 한다. 제한된 공간에 접지전극이 분리되어 접지된 경우 필연적으로 전위간섭이 발생하기 때문에 인접한 독립 접지전극 사이에 발생하는 전위간섭에 대한 평가가 이루어져야 하며, 고주파수를 포함하는 고장전류 또는 서지전류가 접지전극에 유입되었을 때 나타나는 전위간섭의 변동특성을 분석할 필요가 있다. 현재까지 전위간섭에 대한 연구는 주로 상용주파수의 고장전류에 대하여 수행되었으며, 일부 고주파수에서의 전위간섭영향을 다루고 있다[1,2]. 접지전극에 대한 전위간섭의 영향분석에 있어 전자계해석을 통한 분석은 복잡하고 시간이 많이 소요되며, 대지표면전위를 이용한 간이적 방법을 통해 분석할 수 있다[3]. 본 논문에서는 수직 접지전극의 주파수변화에 따른 전위간섭을 분석하기 위해 수직 접지전극에 접지전류가 인가되었을 때 인접한 접지전극의 전위상승과 수직 접지전극의 주변에 나타나는 대지표면전위의 측정결과를 상호 비교·분석하였다. 또한 수직 접지전극에 대한 접지임피던스의 주파수의존성을 분석하여 접지임피던스와 전위간섭계수의 상관성 및 대지표면전위의 상관성을 분석하였다.

#### 2. 접지전극 상호간 전위간섭의 정의

독립접지는 그림 1과 같이 접지전극 A에 접지전류가 유입하였을 때 다른 접지전극에서 전위상승을 전혀 일으키지 않는 것이 가장 바람직하나 도심지에서는 접지전극의 설치에 있어서 충분히 이격시키는 것이 현실적으로 불가능하기 때문에 전위상승의 일정한 범위에 접지전극이 매설되게 되어 접지전극 B처럼 ΔV 만큼의 전위상승이 일어나게 되므로 서로 완전히 독립되었다고 볼 수 없다. 따라서 접지시스템을 시설할 때 도전유도에 의한 전위간섭을 충분히 고려하여 설계하고 시공하여야 한다.

접지전극 A의 전위상승에 의해 접지전극 B가 간섭을 받는 것을 전위간섭이라 하고, 접지전극 B에 미치는 전위간섭의 정도를 평가하는 척도로서 전위간섭계수 K를 식 (1)과 같이 정의한다[4].

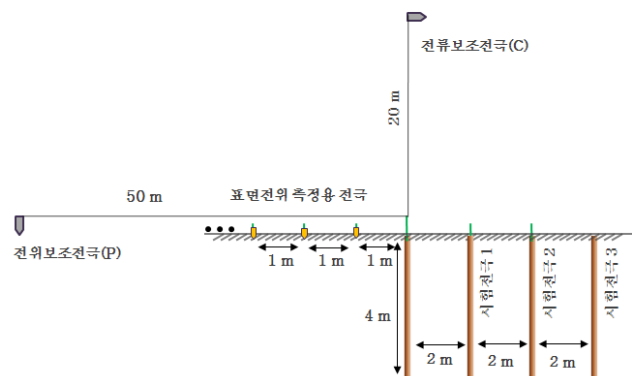
$$\text{전위간섭계수 } K = \frac{\text{접지전극 B의 전위}}{\text{접지전극 A의 전위}} \quad (1)$$



<그림 1> 접지전극간의 전위간섭

#### 3. 실험

대지표면전위를 기반으로 수직 접지전극의 전위간섭을 분석하기 위해 길이 4 m 반경 7 mm의 수직 접지전극을 설치한 후 2 m 간격으로 3개의 동일한 시험전극을 설치하였으며, 이격거리는 수직접지전극 길이의 0.5, 1, 1.5배에 해당한다. 대지표면전위는 전위보조전극 방향으로 1 m씩 이격하여 10 m 까지 측정하였다. 그림 2는 접지전극간의 전위간섭의 분석과 대지표면전위의 측정을 위해 설치한 수직 접지전극과 측정계의 구성을 나타낸 것이다. 전위간섭 및 대지표면전위의 측정에 앞서 측정대상인 길이 4 m 수직 접지전극의 접지임피던스를 측정하기 위해 IEEE Std. 81.2-1991에서 제안하고 있는 수정된 전위강하법을 사용하였으며 [5], 전위보조전극과 전류보조전극을 수직 접지전극 길이의 각각 10배, 5배로 하여 도전유도에 의한 오차를 작게 하였다[6]. 80 MHz까지 인가할 수 있는 함수발생기와 DC-250 MHz의 주파수 대역을 갖는 전력증폭기를 이용하여 접지전류를 측정대상 수직 접지전극과 전류보조전극 사이에 인가하였으며, 전위보조전극과 수직 접지전극의 전위차를 측정하여 접지임피던스의 주파수의존성을 분석하였다. 인가된 접지전류는 20 MHz의 측정주파수 대역을 갖는 전류프로브로 측정하였으며, 측정대상인 수직 접지전극의 전위와 각 접지전극과 전위차는 25 MHz의 주파수 대역을 갖는 능동형 차동전압프로브 4개를 사용하여 동시에 전위차를 측정하였다. 그림 2와 같은 측정계에서 수직접지전극을 모두 설치한 후 각 위치에 따른 분석을 수행하여도 접지전극과 시험전극의 전위간섭을 측정 및 평가하는데 거의 영향을 주지 않는다[2].

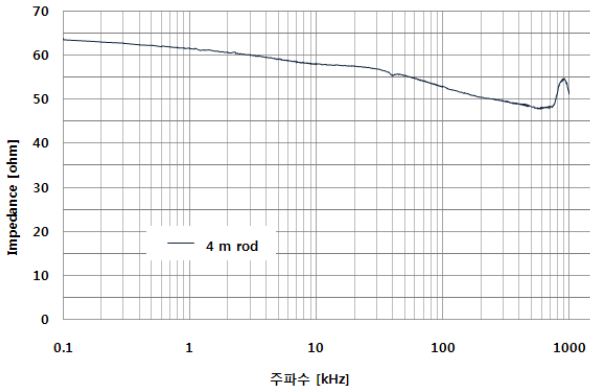


<그림 2> 실험계의 구성

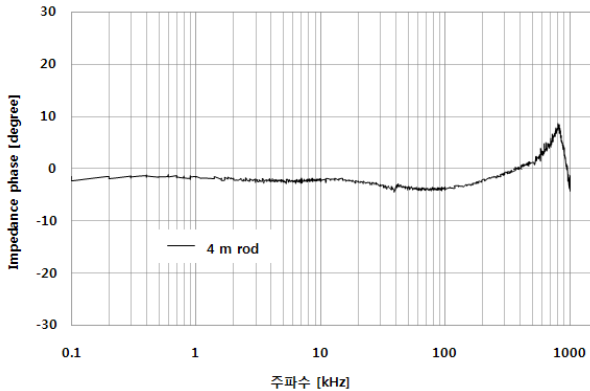
## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 수직 접지전극의 접지임피던스와 위상차의 주파수의존성

접지전극의 전위상승은 접지임피던스와 직접적으로 상관성을 가지므로 먼저 길이 4 m인 측정대상 수직 접지전극의 접지임피던스와 위상차를 측정하였다. 접지임피던스는 PC기반 접지임피던스 분석기를 통하여 데이터를 정리하였다. 그림 3은 측정대상인 4 m 수직 접지전극의 접지임피던스와 위상차를 100 Hz에서 1 MHz까지 주파수를 변화시키며 측정된 결과를 나타낸다. 100 Hz에서 측정된 4 m 수직 접지전극의 접지저항은 63.5 Ω을 나타냈으며, 주파수가 500 kHz까지 증가함에 따라 접지임피던스가 47.6 Ω까지 감소하였다. 또한 접지임피던스는 900 kHz까지 증가하였다가 감소하였다. 위상차의 경우 약 400 kHz까지 전류의 위상이 전압에 앞서는 용량성 특성을 나타내었으며 약 900 kHz까지는 유도성 특성을 나타내었다.



(a) 접지임피던스 [ohm]



(b) 위상각 [degree]

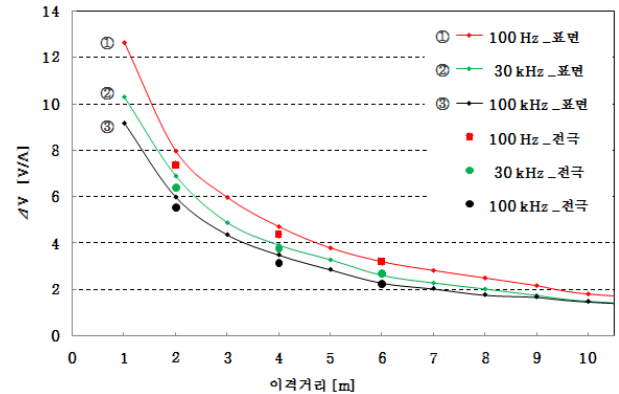
〈그림 3〉 4m 수직 접지전극의 접지임피던스와 위상차의 주파수의존성

### 4.2 수직 접지전극 주변에서 전위상승 및 전위간섭계수

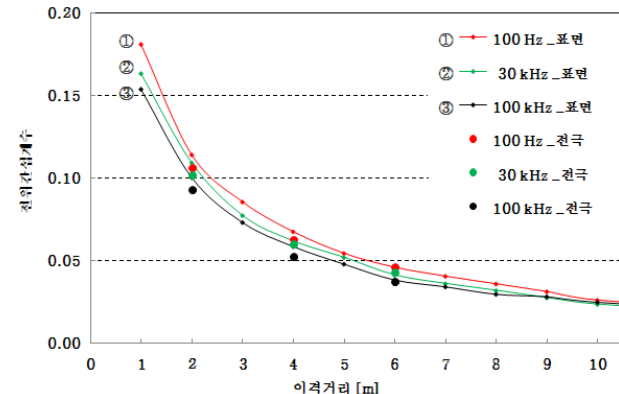
그림 4 (a)에는 대지표면전위를 기반으로 수직 접지전극의 전위간섭 영향을 분석하기 위해 주파수가 각각 100 Hz, 30 kHz, 100 kHz인 경우 4 m 수직 접지전극 주변의 시험전극의 전위상승 및 대지표면전위상승을 이격거리에 따라 1 A당의 전위로 나타낸 것이다. 길이 4 m인 수직 접지전극 주변의 대지표면전위분포는 주파수가 증가함에 따라 감소하였으며, 이는 그림 3 (a)의 접지임피던스의 측정결과에서 나타났듯이 측정 주파수가 각각 100 Hz, 30 kHz, 100 kHz로 증가함에 따라 접지임피던스가 접지저항에 비해 감소하기 때문에 동일한 1 A의 전류를 인가하였을 때 접지전극의 전위와 마찬가지로 대지표면의 전위 역시 감소하여 나타난 것이라 판단되며, 도선유도에 의한 시험전극의 전위상승 또한 주파수가 증가함에 따라 접지임피던스의 감소로 인해 전위상승이 감소한 것으로 판단된다. 시험전극의 전위와 대지표면전위의 측정결과 수직 접지전극의 길이의 0.5, 1배에서 해당하는 2, 4 m에서 측정된 대지표면전위가 시험전극의 전위상승보다 다소 낮아 차이가 발생하는 것으로 나타났지만 전극 길이의 1.5배에 해당하는 6 m에서는 거의 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 100 Hz, 30 kHz, 100 kHz의 각각 주파수에서 일치하는 결과를 얻을 수 있었다.

그림 4 (b)의 전위간섭계수는 식 (1)을 이용하여 산출한 결과를 나타낸 것으로 그림 5 (a)의 시험전극전위와 대지표면의 전위상승을 수직 접지전극의 전위로 나눈 값이며, 이 전위간섭계수는 그림 (a)의 전위상

승과 마찬가지로 접지임피던스에 의존하는 것으로 나타났다. 접지 임피던스가 가장 크게 나타난 100 Hz에서 가장 높았으며, 30 kHz와 100 kHz순으로 나타났다. 수직 접지전극의 길이의 0.5, 1배에서 해당하는 2, 4 m에서는 수직 접지전극전위와 시험전극전위의 비로 나타낸 전위간섭계수가 수직 접지전극의 전위와 대지표면전위의 비로 나타낸 전위간섭계수보다 작게 나타났지만, 접지전극 길이의 1.5배에 해당하는 6 m에서는 일치하는 결과를 얻을 수 있었다.



(a) 전위상승



(b) 전위간섭계수

〈그림 4〉 시험전극과 대지표면의 전위상승 및 전위간섭계수

## 5. 결 론

본 논문에서는 접지전류의 주파수별 길이 4 m인 수직 접지전극 상호간의 전위상승과 대지표면전위를 측정된 결과를 상호 비교·분석을 통해 대지표면전위를 기반으로 하는 수직 접지전극의 전위간섭 영향을 분석하였다. 그 결과 전위간섭의 크기는 접지전극으로부터 거리가 멀어짐에 따라 급격하게 감소하는 것으로 나타났으며, 접지임피던스가 감소함에 따라 전위간섭계수가 감소하였다. 또한 길이 4 m인 수직 접지전극의 경우 접지전극 길이만큼의 이격거리에서는 접지전극의 전위와 대지표면전위가 다소 차이가 발생 했지만 1.5배에 해당하는 이격거리에서는 접지전극의 전위와 대지표면전위가 일치하는 결과를 나타내었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 이복희, 이수봉, 이태형, 정현욱, 길형준, “봉상 접지전극 상호간의 전위간섭에 대한 평가”, 조명·전기설비학회논문지, Vol. 20, No. 5, pp.92-98, 2006.
- [2] 최중혁, 최영철, 성장훈, 김동성, 김태기, 이복희, 안창환, “매설지선 상호간 전위간섭계수의 주파수의존성 분석”, 2010년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1442-1443, 2010.
- [3] 이복희, 이강수, 성장훈, 최중혁, “수직 접지전극 주변에서 전위간섭의 분석”, 조명·전기설비학회논문지, Vol. 25, No. 5, pp.1-5, 2011.
- [4] “接地·等電位ボンディング設計の實務知識”, オーム社, pp.94, 2003
- [5] IEEE Std. 81.2-1991, IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems, pp.12-17, 1991.
- [6] 최중혁, 최영철, 이복희, “수직 접지전극의 접지임피던스 측정에서 도선유도에 의한 오차 평가”, 대한전기학회논문지, Vol. 58, No. 9, pp.1778-1783, 2009.