

## 수직 또는 수평으로 매설된 접지전극의 접지임피던스 측정시 보조전극 위치에 따른 전자유도의 영향

(Effects of Ac Mutual Coupling According to Location of Auxiliary Electrodes In Measuring the Ground Impedance of Vertically or Horizontally Buried Ground Electrode)

최영철\* · 최중혁 · 이복희 · 전덕규\*\*

(Young-Chul Choi · Jong-Hyuk Choi · Bok-Hee Lee · Duk-Kyu Jeon)

### 요 약

접지임피던스의 측정에서는 교류의 전자유도결합을 최소화시키기 위해 보조전극을 직각으로 설치하며, 측정공간이 제한되는 경우 대안적 방법이 적용되고 있다 이때 접지임피던스의 측정에서는 교류 상호결합과 도전유도에 의한 측정오차를 검토할 필요가 있다. 본 논문에서는 수직 또는 수평으로 매설된 접지전극의 접지임피던스를 측정할 때 전류와 전위보조전극의 위치에 따른 측정의 정확도에 관한 것으로 전자유도결합에 의한 측정오차를 평가하였다. 결과적으로 교류 전자유도의 영향은 수직 접지전극보다 수평접지전극의 경우 크게 나타났으며, 교류 전자유도결합에 의한 측정오차는 전류와 전위보조선이 평행하게 배치되는 경우 가장 크게 나타났으며, 결국 61.8[%]법은 접지임피던스 측정에는 부적합하다. 이론적으로 전류와 전위보조전극을 90[°]로 배치하면 전자유도결합은 나타나지 않는다. 측정공간의 제한으로 전류와 전위보조전극을 90[°]로 배치할 수 없는 경우 전자유도에 의한 오차를 저감시키기 위해서는 보조전극을 예각보다는 둔각으로 배치하는 것이 바람직하다.

### Abstract

In order to minimize ac mutual coupling, the auxiliary electrode are located at a right angle in measuring ground impedance. In case that the measurement space is limited, the alternative method is employed. At that time, it is necessary to investigate the measurement errors due to ac mutual coupling and earth mutual resistance in measuring the ground impedances. This paper presents the measurement accuracy according to the location of the current and potential auxiliary electrodes in measuring ground impedance of vertically or horizontally buried ground electrode. The measurement errors due to ac mutual coupling were evaluated. Consequently, the effect of ac mutual coupling on the measurement accuracy for horizontally buried ground electrode is greater than that for vertically buried ground electrode. Measurement errors due to ac mutual coupling is the largest when the current and potential auxiliary electrodes are located in parallel. The 61.8[%] rule is inappropriate in measuring ground measurement. Theoretically, in case that the angle between the current and potential auxiliary electrodes is 90[°], there is no ac mutual coupling. If it is not possible to route the current and potential auxiliary electrodes at a right angle with limitation of measurement space, the location of these electrodes with an obtuse angle is preferred to that with an acute angle in reducing the measurement errors due to ac mutual coupling.

Key Words : Ground Rod, Counterpoise, Ground Impedance, Ground Resistance, Frequency-Dependent Ground Impedance, Ac Mutual Coupling

\* 주저자 : 인하대학교 대학원 전기공학과 석사과정

\*\* 교신저자 : 서울산업대학교 공대 자동차공학과 부교수

Tel : 02-970-6349, Fax : 02-979-7032, E-mail : dukkyu@snut.ac.kr

접수일자 : 2009년 4월 30일, 1차심사 : 2009년 5월 11일, 심사완료 : 2009년 7월 2일

## 1. 서 론

현재 우리나라의 접지시스템을 평가하는 기준으로는 128[Hz] 정도의 저주파수에서 측정된 접지저항이 사용되고 있다. 접지시스템에 전류가 인가될 경우 접지저항에 비례한 전위상승이 접지시스템 주변의 인체 및 장비에 피해를 주게 된다. 이에 접지저항이 낮은 접지시스템이 좋은 접지시스템이라 평가를 받아왔다. 하지만 접지시스템에 인가되는 과도전류의 대부분은 고주파 전류 성분이거나 급격하게 변화하는 뇌격전류 등이다. 이러한 전류에 대한 접지시스템의 성능을 접지저항으로 평가하는 것은 의미가 없으며, 임피던스 차원의 고려가 필요하다[1]. 하지만 현재까지 접지임피던스의 측정에 대한 정확한 방법이 제시되어 있지 않다. 접지임피던스의 측정에는 고주파수의 측정전류가 인가되므로 접지저항을 측정할 때 사용하는 61.8[%]의 전위강하법은 그 보조전극의 설치에서 측정용 전류보조선과 전위보조선이 평행하게 배치되므로 전자유도의 영향으로 부적합하다. 따라서 IEEE Std 81.2에 따르면 대형접지시스템의 경우 접지시스템의 대각선 길이의 6.5배에 전류보조전극과 전위보조전극을 90[°]로 배치하여 접지임피던스를 측정할 경우 약 95[%]의 정확도를 갖는다고 기술되어 있다[2]. 하지만 수평접지전극이나 수직접지전극에 대한 정확한 접지임피던스 측정방법이 제시되어 있지 않으며, 접지시스템의 대형화 추세에서 대각선 길이의 6.5배라면 수백[m]의 이상의 이격 거리가 필요하기 때문에 도심지 등에서 접지임피던스의 정확한 측정이 불가능하며, 주변의 지형지물에 의하여 접지임피던스 측정에 필수적인 90[°] 배치가 불가능한 경우가 발생할 수 있다.

측정용 전류 및 전위보조극을 90[°] 배치하게 되면 반드시 도전유도에 의한 측정오차가 포함되므로 이에 대한 평가가 필요하다. 도전유도에 의한 오차는 피측정전극과 보조전극사이의 거리만의 영향으로 나타나며 이에 대하여는 별도로 검토하였다[3]. 본 연구에서는 접지임피던스의 현장 측정 시 보조전극의 직각배치가 불가능한 경우 전자유도에 의한 측정오차의 평가와 이를 저감시킬 수 있는 측정조건을 제시하기 위하여 KS C IEC 62305-3[4]에서 정의되

어진 A형 접지전극의 일종인 수직 및 수평접지전극의 접지임피던스 측정 시 전자유도에 의한 오차의 영향을 분석하였다. 이를 위하여 10, 30, 50[m] 수직 접지전극과 10, 30, 50[m] 수평접지전극을 시공하고, 이들 접지전극에 대하여 가변주파수 임피던스 측정기를 사용하여 보조전극의 배치에 따른 전자유도에 의한 오차를 분석함으로써 접지임피던스 측정의 정확도 및 평가방법에 대하여 검토하였다.

## 2. 실험계의 구성

그림 1-(a)와 같이 10, 30, 50[m] 수직접지전극을 설치하였다. 수직접지전극은 직경이 54[mm]의 동관으로 지면으로부터 0.5[m] 깊이에 천공기법을 사용하여 시설하였다, 단면적 35[mm<sup>2</sup>]의 GV전선을 접지도체로 사용하였으며, 전류인가위치는 접지도체의 영향을 최소화하기 위하여 접지전극 상단으로 하였다[4].

접지임피던스의 측정을 위해 실증시험장에서 그림 1-(b)와 같이 10, 30, 50[m]의 수직접지전극의 길이와 동일한 수평접지전극을 실증시험장에 설치하였다. 수평접지전극은 단면적이 25[mm<sup>2</sup>]의 구리연선으로 지면으로부터 0.5[m] 깊이에 매설하고, 단면적 25[mm<sup>2</sup>]의 GV전선을 접지도체로 사용하였으며, 전류인가위치는 수평접지전극의 끝단으로 하였다. 각 접지전극간의 상호 간섭을 배제하기 위해서 충분한 이격거리를 두고 시설하였다[5].

A형 접지전극의 접지임피던스 측정을 위해 80[MHz]까지 전류를 인가할 수 있는 함수발생기와 주파수대역이 DC~250[MHz]이고 최대 출력이 75[W]인 전력증폭기를 이용하여 1[kHz]에서 10[MHz]까지 정현파 전류를 인가하였고, DC~50[MHz]의 주파수대역을 갖는 능동형 전류프로브와 고전압 차동프로브를 사용하여 전압과 전류를 검출하였다. 측정된 신호는 100[MS/s]의 샘플링레이트를 갖는 A/D 변환기를 통하여 PC에 전송되며, 디지털 필터를 이용하여 노이즈가 제거되며, 측정된 전압과 전류 크기의 비를 이용하여 임피던스를 산출하였다.

수직 또는 수평으로 매설된 접지전극의 접지임피던스 측정시 보조전극 위치에 따른 전자유도의 영향

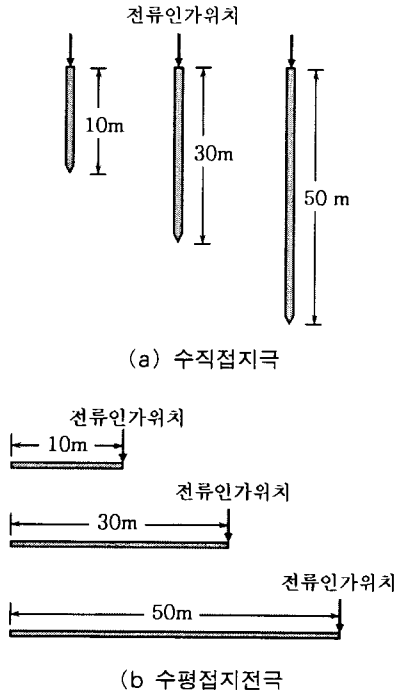


그림 1. 측정대상 접지전극의 형상  
Fig. 1. Configurations of the ground electrode under measurement

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 수직접지전극에서의 전자유도에 의한 측정 오차

수직접지전극에서 전자유도에 의한 오차를 평가 하기 위하여 그림 2와 같이 전위보조전극을 전류보조전극과 같은 방향의 61.8[%]지점 및 45, 90, 135, 180[°] 방향에 배치하였다. 전자유도에 의한 오차의 영향을 최소화하기 위해 전위보조전극과 전류보조전극이 90[°]로 배치되었을 때 접지저항 측정기로 측정한 도전유도에 의한 오차가 5[%] 이하가 되는 거리를 선정하여 동일한 거리에서 실험을 진행하였다. 이 때 도전유도에 의한 측정오차는 도전유도의 영향이 없는 61.8[%]법으로 측정된 접지저항을 기준으로 산출하였다. 10[m] 수직접지전극에서는 보조전극의 거리를 15[m]로 하였을 때 도전유도에 의한 오차가 5[%]가 나타났으며, 30[m] 수직접지전극에서는

20[m], 50[m] 수직접지전극에서는 50[m]의 거리에서 동일한 도전유도에 의한 측정 오차가 나타났다. 각 수직접지전극에서 보조전극의 방향을 바꾸어 가며 1[kHz]에서 10[MHz]까지 주파수를 변화시키면서 접지임피던스를 측정하였다.

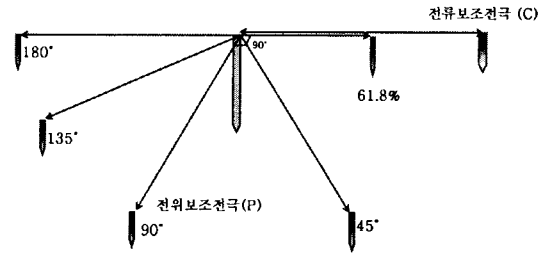


그림 2. 보조전극의 방향에 따른 수직접지전극의 접지임피던스 측정계

Fig. 2. Measurement arrangements of the ground impedance of ground rod as a function of direction of auxiliary electrodes

도체에 전류가 흐르면 전류가 흐르는 도체 주위에 는 반드시 자계가 형성된다. 이러한 경우에 도체에 흐르는 전류를 변화시키면 자속과 회로의 자속 쇄교 수가 변화하여 도체 내에는 자속의 변화를 방해하는 방향으로 기전력이 유도되게 된다[6].

보조전극을 90[°]로 배치한 경우 전류보조전극에 연결된 측정선에 흐르는 전류에 의해 발생한 자속이 전위보조전극 측정선에 쇄교하지 못하며 수직접지전극에 흐르는 전류에 의해 발생한 자속 또한 전위보조전극 측정선에 쇄교하지 못하기 때문에 전자유도에 의한 오차가 발생하지 않는다. 보조전극의 각도가 90[°]를 이루지 않는 경우 수직접지전극에 흐르는 전류에 의해 발생한 자속은 전위보조전극 측정선에 쇄교하지 못하지만 전류보조전극에 흐르는 전류에 의해 발생된 자속의 일부가 전위보조전극 측정선에 쇄교하므로 전자유도에 의한 오차가 발생하게 된다.

그림 3은 각 수직접지전극에서 주파수를 변화시키면서 측정한 접지임피던스의 결과로 전자유도에 의한 오차의 영향을 보여준다. 수십 [kHz] 이상의 주파수에서 임피던스가 급격하게 증가하기 때문에 저주파 영역에서부터 그 차이가 표현될 수 있도록 주파

수와 임피던스 값을 로그스케일로 나타내었다.

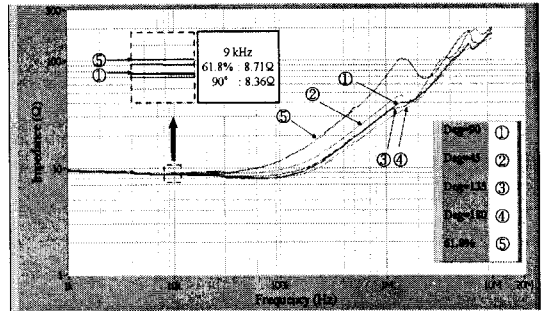
그림 3-(a)에서 보는 바와 같이 수 [kHz]에서 90° 배치로 측정된 접지임피던스는 61.8%법으로 측정된 접지임피던스와 5% 이내의 도전유도에 의한 오차를 계속적으로 포함하는 것을 볼 수 있다. 61.8% 측정법은 전자유도에 의한 오차만을 포함하며, 90° 배치의 측정은 도전유도에 의한 오차만을 포함하게 되는데 전자유도에 의한 오차는 낮은 주파수에서는 거의 영향을 미치지 못하기 때문에 128[Hz]로 측정된 도전유도에 의한 오차율이 계속적으로 영향을 미치는 것으로 판단된다.

61.8%법으로 접지임피던스를 측정할 때에는 수십 [kHz] 주파수에서 이미 큰 전자유도를 포함하는 것으로 나타났으며, 보조전극을 90°로 배치하여 측정된 결과와의 오차율이 10[m] 수직접지전극의 경우 최대 380%까지 나타났다. 이는 전류보조전극과 전위보조전극이 나란히 놓임으로써 전류보조전극의 측정선에 흐르는 전류에 의한 자속이 전위보조전극 측정선에 쇄교하여 측정 전위에 큰 영향을 주기 때문이라 판단된다. 이에 따라 접지저항 측정 시 도전유도에 의한 오차가 포함되지 않아 가장 정확한 방법인 61.8%법은 접지임피던스 측정에 사용하는 것은 매우 부적합하다고 판단된다.

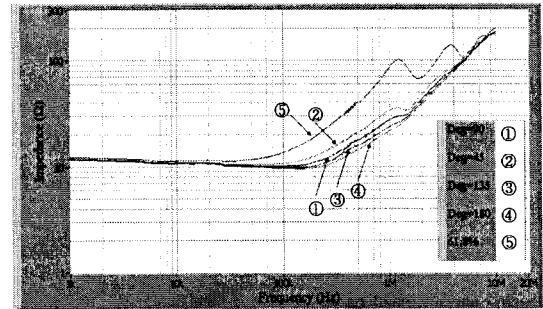
예각인 45° 배치의 경우 61.8%법과 마찬가지로 90°에서 측정된 접지임피던스보다 크게 나타났으며 주파수가 높아질수록 그 오차는 크게 증가하였다. 반면에 둔각인 135, 180°로 보조전극을 배치한 경우 이와 반대로 90°에서 측정된 접지임피던스보다 작은 접지임피던스를 나타내었으며, 이는 전자유도에 의한 전위보조선에 유도된 전압의 극성이 부(-)인 것을 의미한다. 둔각의 경우 측정선간의 유도는 매우 작은 것으로 판단되며 도전유도에 의한 오차와 결합되어 접지임피던스의 측정결과가 실제값에 근접한 값으로 측정된다고 판단된다. 오차율을 살펴보면 예각인 45° 배치 시에는 최대 90% 이상의 오차율을 나타냈지만 둔각인 135° 배치의 경우 3가지 수직접지전극 모두에서 45° 배치에 비하여 작은 오차율을 나타내었다.

180° 배치의 경우 도전유도에 의한 오차에 의하여 낮은 주파수에서부터 90°법으로 측정된 값과 오

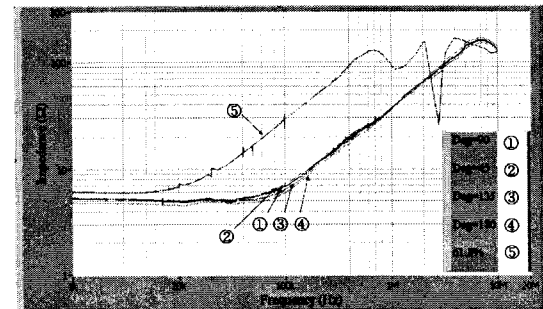
차가 발생하기는 하지만 고주파수까지도 45° 배치로 측정된 값에 비하여 더 작은 오차를 나타냈다. 이에 따라 도전유도에 의한 오차를 고려한 상태에서는 45° 배치 및 예각으로의 배치보다 둔각으로 보조전극을 배치하여 측정하는 것이 정확한 접지임피던스를 측정할 수 있는 배치라고 판단된다.



(a) 10(m) 수직접지전극



(b) 30(m) 수직접지전극



(c) 50(m) 수직접지전극

그림 3. 보조전극 방향에 따른 수직접지전극의 접지임피던스의 주파수 의존성  
 Fig. 3. Frequency-dependent ground impedances of vertically driven ground rods as a function of direction of auxiliary electrodes

수직 또는 수평으로 매설된 접지전극의 접지임피던스 측정시 보조전극 위치에 따른 전자유도의 영향

전반적인 접지임피던스의 주파수의존성은 100 [kHz] 이하의 주파수에서는 미약한 용량성 특성을 나타내었으나 100[kHz]를 초과하는 주파수 범위에서는 유도성으로 주파수와 더불어 접지임피던스는 증가하는 경향을 나타내었다.

3.2 수평접지전극에서의 전자유도에 의한 측정 오차

수평접지전극의 전자유도에 의한 오차가 보조전극의 방향에 따라 접지임피던스에 어떠한 영향을 미치는지를 파악하기 위하여 그림 4와 같이 실험계를 구성하여 주파수 변화에 따른 접지임피던스를 측정하고 오차를 평가하였다.

수직접지전극과 마찬가지로 보조전극을 90[°]로 배치하여 보조전극의 거리에 따른 오차율을 평가한 결과 10[m] 전극의 경우 20[m]에서 5[%]의 오차율을 보였으며 30[m]와 50[m] 수평접지전극의 경우 모두 75[m]에서 5[%] 이내의 도전유도에 의한 오차가 나타났다.

수평접지전극의 경우 전류보조전극과 전위보조전극을 90[°] 방향으로 배치하는 2가지 방법이 존재하나 그림 4와 같이 전류보조전극을 수평접지전극의 길이 방향에 위치시키는 것이 전류의 흐름으로 인해 전위보조전극의 전위에 미치는 영향이 작기 때문에 본 연구에서는 모든 전류보조전극의 위치를 그림 4와 같이 수평전극에 길이방향에 위치하도록 설치하였다[7].

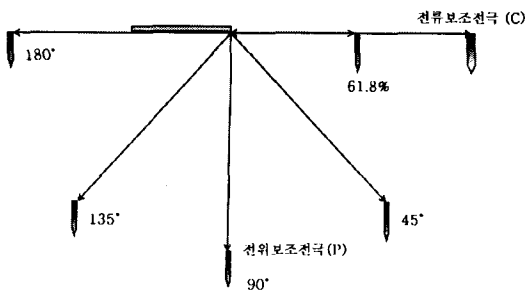


그림 4. 보조전극의 방향에 따른 수평접지전극의 접지 임피던스 측정계  
 Fig. 4. Measurement arrangements of the ground impedance of counterpoise according to direction of auxiliary electrodes

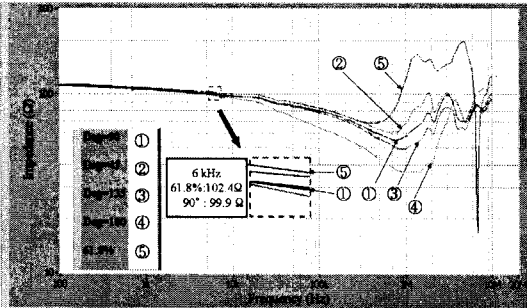
그림 5는 보조전극의 방향에 따른 접지임피던스의 주파수 의존성을 나타낸 결과이다. 그림 5-(a)를 살펴보면 수직접지전극과 같이 수평접지전극에서도 수 [kHz]까지 도전유도에 의한 오차가 계속적으로 영향을 미쳐 90[°] 배치로 측정한 접지임피던스와 61.8[%]법으로 측정한 접지임피던스가 약 5[%] 이내의 오차율을 보이는 것을 알 수 있다.

대부분의 보조전극의 배치에서 수평접지전극에서의 전자유도에 의한 오차는 수직접지전극에서의 전자유도에 의한 오차보다 더 크게 나타났다. 이는 수직접지전극의 경우 보조전극이 어떠한 배치에서도 접지전극과 측정보조선이 90[°] 배치가 되어져 전류보조전극에 의한 전자유도만을 고려하면 되지만 수평접지전극은 전류보조전극에 흐르는 전류에 의한 전자유도뿐만 아니라 수평접지전극에 흐르는 전류에 의해서도 전위측정용 보조선에 전자유도 현상이 나타나기 때문이라 판단된다.

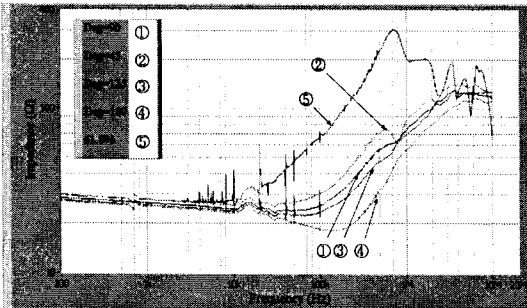
전위강하법에 의한 접지저항을 측정하는 방법인 61.8[%]법을 사용하여 접지임피던스를 측정할 경우 10, 30, 50[m] 수평접지전극 모두에서 90[°]법으로 측정하였을 때와 비교하면 가장 많은 오차를 나타냈다. 90[°]법을 기준으로 한 오차율을 계산할 경우 최대 400[%]에 가까운 오차를 보임으로써 고주파수에서 측정결과에 신뢰성이 없는 것으로 나타났다. 이는 전위보조전극의 측정선이 전부 전류보조전극의 측정선과 겹쳐져서 전자유도현상을 크게 일으키기 때문이다. 또한 180[°]로 측정한 경우에는 3가지 수평접지전극 모두에서 90[°]로 측정했을 때보다 값이 매우 작게 나타났다. 이러한 결과는 61.8[%]법과 달리 180[°]에서는 수평접지전극에 흐르는 전류와 전위보조선과의 유도현상에 의해 발생하며, 전류의 방향이 전류보조선에 흐르는 방향과 반대이기 때문에 90[°]에서 측정된 값보다 작게 나타나는 것으로 분석된다.

10[m] 수평접지전극과 30[m] 수평접지전극의 경우 전류가 흐르는 전선이 나란하게 놓인 길이가 작아 자속이 쇄교되는 부분이 61.8[%]법에 비하여 상대적으로 작고, 수평접지전극이 지면으로부터 약 0.5[m] 이상 땅 속에 묻혀 있어 자계의 세기가 작기 때문에 61.8[%]법으로 측정했을 때에 비하여 전자유도에 의한 영향이 작게 나타난다고 판단된다. 하지

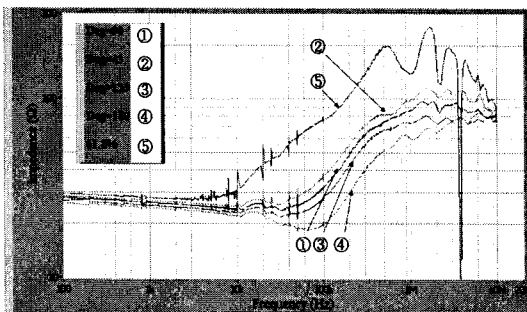
만 180[°]로 보조전극을 배치하였을 때에도 90[°]법으로 측정된 값과 최대 50[%] 이상의 오차가 일어나기 때문에 측정에 정확도가 떨어져 접지임피던스 측정법으로 부적합하다고 판단된다.



(a) 10(m) 수평접지전극



(b) 30(m) 수평접지전극



(c) 50(m) 수평접지전극

그림 5. 보조전극 방향에 따른 수평접지전극의 접지임피던스의 주파수 의존성

Fig. 5. Frequency-dependant ground impedance of counterpoise as a function of direction of auxiliary electrodes

135[°]로 측정된 경우에는 앞의 두 경우보다 오차가 적은 것으로 나타났으며 90[°]로 측정된 값과 가

장 유사한 데이터 추이를 나타냈다. 45[°]로 측정된 경우 90[°]로 측정된 값보다 크게 나타났다. 이는 61.8[%]법으로 측정했을 때와 같은 전류보조전극 측정선에 의한 전자유도현상이 일어나기 때문이다. 고주파수로 갈수록 전자유도현상이 심해져 90[°]로 측정된 값과의 오차가 최대 30[%]까지 나타나는 것으로 나타났다.

수평접지전극의 경우 보조전극을 45[°]와 135[°]로 측정하는 것이 90[°]로 측정된 값과 가장 오차가 작게 나타났다. 45[°]로 측정할 경우 전자유도에 의한 정(+)오차에 의해 측정된 결과보다 크게 나타나고, 135[°]의 경우 전자유도에 의한 부(-)오차를 보인다. 하지만 대부분의 경우 측정선간의 전자유도가 고주파로 갈수록 가장 큰 영향을 주기 때문에 45[°]로 고주파에서의 신뢰성이 많이 낮아지므로 90[°]로 보조전극을 설치하지 못할 경우 최대한 90[°]에 가까운 둔각으로 측정하는 것이 접지임피던스를 측정하는데 있어서 신뢰성을 얻을 수 있다고 판단된다. 또한 접지임피던스의 주파수의존성은 접지전극의 길이에 따라 다르게 나타났으며 접지전극의 길이가 짧을수록 용량성 특성이 크게 나타났다. 즉 10[m] 접지전극의 경우 약 1[MHz]까지 접지임피던스는 용량성을 나타내었으나 30[m], 50[m] 접지전극의 경우 접지임피던스는 수십 [kHz]에서 용량성에서 유도성으로 전이되는 특성을 나타내었다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 측정보조전극의 위치에 따른 전자유도가 수직형 및 수평형 접지전극의 접지임피던스 측정의 정확도에 미치는 영향을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 수직접지전극과 수평형 접지전극 모두 61.8 [%]법으로 보조전극을 배치하여 측정 시 매우 큰 전자유도에 의한 오차를 포함하게 되므로 접지임피던스의 측정방법으로는 부적합하다.
- (2) 수직접지전극의 경우 예각으로 측정하는 것보다는 둔각으로 측정하는 것이 더 작은 전자유도에 의한 오차를 나타내기 때문에 90[°] 측정이 불가한 경우 보조전극을 둔각으로 위치시

수직 또는 수평으로 매설된 접지전극의 접지임피던스 측정시 보조전극 위치에 따른 전자유도의 영향

켜 접지임피던스를 측정하는 것이 바람직하다.

- (3) 수평접지전극의 경우 측정용 전류보조선에 흐르는 전류 외에 측정대상 접지전극에 흐르는 전류에 의한 전자유도작용이 측정의 정확도에 영향을 미치므로 측정용 보조극의 배치를 더욱 신중하게 고려해야 한다.

본 연구는 지식경제부 지원에 의하여 한국전기안전공사 (과제번호 : R-2007-1-014) 주관으로 수행된 과제임.

### References

- [1] Bok-Hee Lee, Dong-Cheol Jeong, Su-Bong Lee and Keun-Chul Chang, "Effective Impedances of Deeply Driven Grounding Electrodes", KIEE International Trans on EA, Vol. 4-C, No. 5, pp. 207~214, 2004.
- [2] IEEE Std 81.2-1991, "IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems", IEEE Inc., pp. 4~15, 1991.
- [3] 최중혁, 최영철, 이복희, "수직형 접지전극의 접지임피던스 측정에서 도전유도에 의한 오차 평가", 대한전기학회 논문지, 투고중.
- [4] KS C IEC 62305-3 : 2007, "피뢰시스템 제3부 : 구조물의 물리적 손상 및 인명위험", 기술표준원, pp. 19~20, 2007.
- [5] 김태기 외, "심매설 접지전극의 접지임피던스의 주파수의존성", 한국조명설비학회 춘계학술대회 논문집, pp. 70~73, 2008.
- [6] 이복희, "전력시스템공학", 인하대학교 출판부, pp. 81~86, 2007.
- [7] Masanobu Tsumura, Yoshihiro Baba, "FDTD Simulation of a Horizontal Grounding Electrode and Modeling of its Equivalent Circuit", IEEE Trans. on EC, Vol.48, No.4, pp. 817-825, 2006.

### ◇ 저자소개 ◇

#### 최영철 (崔泳喆)

1980년 6월 28일생. 2008년 8월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.  
Tel : (032)860-7398  
Fax : (032)863-5822  
E-mail : babocyc@hotmail.com

#### 최중혁 (崔鍾赫)

1980년 5월 12일생. 2006년 2월 인하대 공대 전자공학과 졸업. 2008년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.  
Tel : (032)860-7398  
Fax : (032)863-5822  
E-mail : chjohy@naver.com

#### 이복희 (李福熙)

1954년 6월 29일생 1980년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대IT공대 전자전기공학부 교수. 본 학회 부회장.  
Tel : (032)860-7398  
Fax : (032)863-5822  
E-mail : bhlee@inha.ac.kr

#### 전덕규 (全德圭)

1962년 2월 9일생 1985년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년~현재 서울산업대학교 공대 자동차공학과 부교수.  
Tel : (02)970-6349  
Fax : (02)979-7032  
E-mail : dukkyu@snut.ac.kr