접지그리드의 접지임피던스 측정 기법

이복희, **최종혁**, 최영철, 유재덕, 백영환, 김동성, 신희경, 유양우
인하대학교 IT공대 전기공학부

Measurement method of ground impedance for the grounding grid

Bok-Hee Lee, Jong-Hyuk Choi, Young-Chul Choi, Jae-Duk Yoo, Young-Hwan Beak, Dong-Seong Kim, Hee-Kyung Shin, Yang-Woo Yoo
Inha University

Abstract - In these days, the common grounding systems are adapted in most large structures. In order to evaluate the performance of grounding system, it is needed to measure ground impedance. Measuring methods of ground impedance for a large scale grounding systems have not been yet presented in detail. In this paper, we analyze earth mutual resistance and mutual coupling of 15×15m grounding grid in different arrangements of auxiliary electrode. As a results, the auxiliary electrodes are installed where the error rate due to earth mutual resistance is less than 5%. Also, the potential lead is installed at obtuse angle from the current lead and the overlapped length between potential lead and grounding grid are minimized.

1. 서 론

최근 대형건축물의 접지시스템은 공통접지방식의 접지그리드를 채택하여 건축물의 구조체와 본딩하는 방식으로 이루어진다. 대형접지시스템의 경우 모든 접지시스템을 하나로 묶고 있기 때문에 뇌격이나 고장전류에 의한 고주파 및 EMC현상까지 고려할 수 있는 접지임피던스로 평가되어야 한다[1]. 접지시스템이 대형화될수록 접지임피던스 측정은 공간적인 제약으로 인해 정확한 평가가 어렵고, 대부분의 경우 측정시 도전유도 및 전자유도에 의한 오차가 포함되기 때문에 그러한 오차에 대한 평가가 수행되어야 한다. IEEE Std. 81.2는 대형접지시스템의 접지임피던스 측정에 관하여 보조전극을 전자유도가 없는 90도로 배치하여 접지전극의 최대 대각선에 6.5배거리에서 측정하도록 규정하고 있다.[2] 그러나 이러한 방법은 모든 접지그리드에 적용될 수 없으며 전류가 인가되는 인가점 및 보조선의 배치등에 따른 세부적인 측정방법의 제시가 필요하다. 접지그리드의 접지임피던스 측정 시 전류인가점이 접지그리드 내부에 위치한 경우 전자유도에 의한 오차를 제거할 수 없기 때문에 오차율이 가장적은 방법의 제시가 필요하다. 본 연구에서는 15×15m의 접지그리드를 시공하여 보조전극의 거리 및 측정선의 배치등에 따른 도전유도와 전자유도에 의한 오차를 분석하여 대형접지시스템에 대한 오차율을 최소화하는 접지임피던스 측정기법을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 도전유도에 의한 오차분석

접지임피던스의 측정은 측정선간의 전자유도에 의한 오차를 배제하기 위해 보조전극을 90도 배치하여 측정하게 되는데 보조전극을 90도 배치함에 따라 도전유도에 의한 오차가 발생한다. 보조전극을 90도 배치한 경우 도전유도에 의한 오차가 반드시 존재하나 보조전극의 거리가 멀어질수록 도전유도에 의한 오차는 감소하게 된다. 때문에 본 논문에서는 접지그리드에서 보조전극의 거리(D)를 접지그리드의 최대대각선의 길이(L)에 배수로 증가시키며 접지저항측정기를 이용하여 도전유도에 의한 오차를 분석하였다. 그림 1은 도전유도 분석을 위한 측정계를 나타내며, 보조전극까지의 거리를 메시전극의 최대대각선의 6.5(IEEE Std.81.2에서 90도배치시 5%의 오차를 권고)배 까지 측정하였다[2].

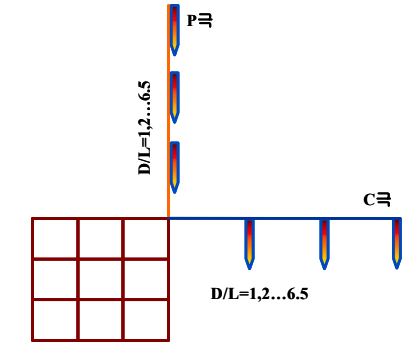


그림 1 도전유도에 의한 오차 측정 실험계의 구성

표1과 표2는 접지저항측정기를 이용하여 D/L에 따라 측정한 접지저항과 도전유도에 의한 오차율을 나타낸다. 접지그리드의 최대 대각선 길이의 6.5배의 거리에서 61.8%법을 이용해서 측정한 접지저항은 11.55Ω으로 측정되었으며 90도에서 측정된 접지저항은 모두 -의 도전오차를 나타내었다. 표 2의 오차율은 최대 대각선의 5배 이상에서 10%이내의 오차를 나타내었고, 6.5배의 거리에서 5.28%의 오차를 보였다. IEEE Std.81에서 제안되 5%오차보다 약간 높게 측정되었으며, 이것은 측정대상 접지전극이 시공된 장소의 대지저항률에 크게 영향 받기 때문인 것으로 판단된다[3].

표 1 D/L에 따른 접지저항(Ω)

D/L	1(P극)	3	5	6	6.5	61.8
1(C극)	8.39	8.48	8.52	8.56	8.53	10.17
3		9.46	9.82	9.94	9.94	10.93
5			10.43	10.67	10.70	11.00
6				10.83	10.88	11.38
6.5					10.94	11.55

표 2 D/L에 따른 도전오차(%)

D/L	1(P극)	3	5	6	6.5	61.8
1(C극)	27.36	26.58	26.23	25.89	26.15	11.95
3		18.10	14.98	13.94	13.94	5.37
5			9.70	7.62	7.36	4.76
6				6.23	5.80	1.47
6.5					5.28	

2.2 측정선의 방향에 따른 전자유도 분석

접지그리드와 같은 대형접지시스템은 대부분 공간적 제약이 따르는 도심지에 위치하고 있으며, 접지임피던스를 측정하기 위해서는 접지전극의 최대 대각선의 배수에 상응하는 보조전극의 거리가 확보되어야 한다. 이러한 공간적 제약 및 장애물로 인해 보조전극을 90도로 배치할 수 없는 경우가 발생한 경우 그에 따른 대안 및 전자유도에 의한 오차 분석이 요구된다. 이러한 보조선간의 유도 및 접지그리드와 전위보조선간의 각도에 따른 전자유도에 의한 영향을 분석하기 위해 그림 2와 같은 실험계를 구성하였다.

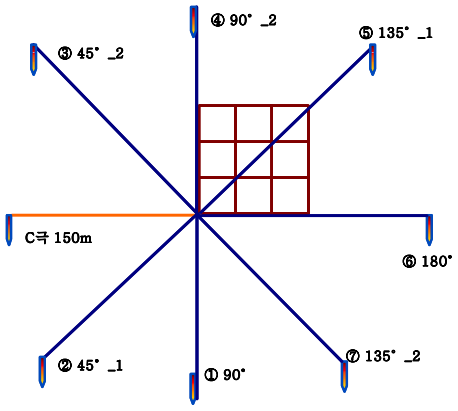
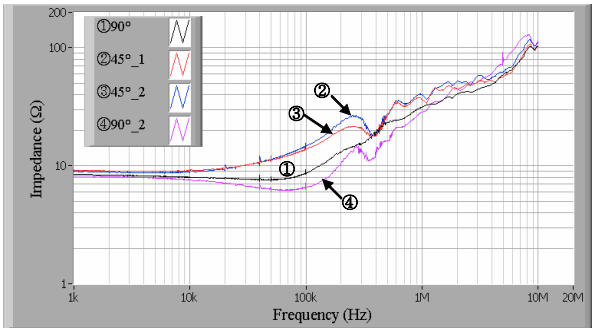


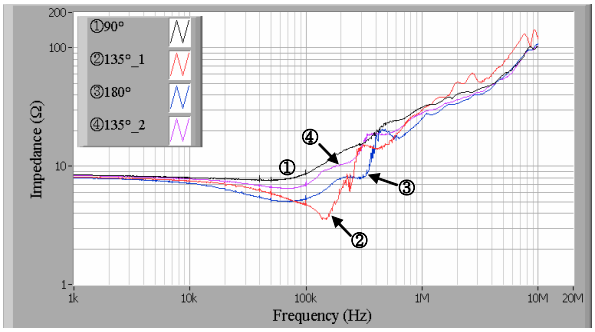
그림 2 측정선의 각도별 전자유도에 의한 오차 측정계 구성

실험계 2는 도전유도의 영향을 최소화하기 위해 보조전극의 거리를 도전유도가 5%이내인 150m로 고정하고, 전위보조전극의 각도를 전류보조전극과 45도 각도로 증가시키며 두 측정선간 또는 접지그리드와 전위보조선간의 전자유도를 분석하였다.

전류보조선과 전위보조선의 각도에 따른 접지임피던스의 주파수의존성 측정결과를 그림 3에 나타내었다. 그림 3 (a)는 예각에서의 측정결과와 전자유도가 없는 90°에서 측정된 결과를 나타낸다. 전자유도가 완전히 배제된 90°에 비해 예각인 45°에서 측정한 결과는 접지그리드의 위치와 거의 무관하게 약 10kHz이상의 주파수에서 +의 전자유도에 의한 오차를 나타내었다. 반면 동일한 90°각도이지만 전위보조선이 접지그리드 바로 위에 놓인 경우 -의 전자유도에 의한 오차를 나타내었다. 이러한 결과는 접지그리드의 측정에서 측정선간 예각을 이룰 때 +의 전자유도에 의한 오차가 발생하고 전류방향이 반대인 매설지선과 전위보조선간의 전자유도에 의한 오차는 -를 나타내는 것과 동일한 결과라 판단된다[4]. 그림 3 (b)는 둔각에서의 측정결과를 나타내며, 둔각에서의 측정결과는 모두 90°에서 측정한 결과에 비해 -의 전자유도 오차를 나타내었다. 180°에서 측정한 경우 도전유도에 의한 -오차가 가장 크게 나타나는 각도 이며, 동시에 접지그리드 위에 전위보조선이 놓여 -의 전자유도가 합해지기 때문에 큰 -오차를 나타내었다. 또한 130°_1의 경우 측정선간의 전자유도는 작게 나타나나 접지그리드와 45°각도를 이루어 약 300kHz이하의 주파수에서 매우 큰 전자유도에 의한 오차를 보이는 것으로 판단된다. 끝으로 135°_2와 같이 보조선을 접지그리드 밖에 둔각으로 설치한 경우 매설지선에서 측정된 결과와 마찬가지로 전자유도에 의한 오차가 가장 작게 나타나는 것으로 나타났다.



(a)예각의 경우



(b)둔각의 경우

그림 3 보조전극의 각도별 접지임피던스의 주파수의존성

접지그리드의 접지임피던스를 측정하기 위해서는 전자유도에 의한 오차가 발생하지 않도록 보조전극을 90°로 배치하여 측정해야 하며 이것이 불가피 할 경우 보조전극을 메시전극 외부의 둔각쪽으로 설치해야 한다고 판단된다.

2.3 접지그리드 내부의 전류인가점이 있는 경우의 측정방법

접지그리드의 전류인가점이 접지그리드 내부에 위치한 경우 접지임피던스를 측정할 때 필연적으로 전자유도에 의한 오차가 포함되게 된다. 때문에 그러한 경우에 대한 오차가 평가되어야 하며, 오차율이 가장 작은 방법의 제시가 필요하다. 그림 3은 전극내부의 점에서 전류가 인가될 때 측정선의 배치에 따른 전자유도 분석 실험계를 나타낸다. 전류보조전극과 접지그리드의 유도에 의한 측정의 영향이 없다고 할 때 인가점 5번과 4번의 경우는 어쩔 수 없이 전위보조선이 접지그리드 위에 위치하게 되기 때문에 그에 따른 측정방법의 제시가 필요하다. 본 실험에서는 Point 6번에 대하여 보조선의 배치를 Case Ⅰ, Case Ⅱ, Case Ⅲ로 구분하여 측정방법별 접지임피던스를 비교하였고, 대칭성이 있는 Point 7번과 비교하여 측정의 성능을 비교 평가하였다.

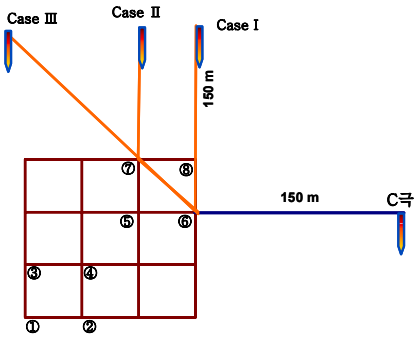


그림 4 측정선의 배치에 따른 전자유도에 의한 오차 측정계 구성

그림 5는 측정방법별 접지임피던스를 나타낸다. Point 6과 Point 7은 대칭성이 있고 동일한 전류분기점 이기 때문에 Point 7을 기준으로 평가하였다. 측정방법 Case Ⅰ의 경우가 Point 7과 거의 유사한 측정결과를 나타내었다. 2.2절의 결과와 미루어 짐작해보면 비록 측정선과 접지그리드가 나란하게 놓였지만 그 거리가 5m로 매우 짧은 경우 그에 대한 전자유도는 매우 작다는 것을 나타낸다. 반면 2.2의 결과와 마찬가지로 측정선이 접지그리드 내부에서 135°를 이루는 경우인 Case Ⅱ와 Case Ⅲ는 모두 Point 7의 접지임피던스보다 작게 측정되었다. Case Ⅲ의 측정결과는 전극과의 전자유도에 의한 -오차와 도전유도에 의한 -오차가 합해져 가장 큰 -오차를 나타내는 것으로 판단된다. 때문에 접지전극의 인출선이 그리드 내부에 위치한 경우 되도록 전위보조선과 접지그리드의 겹치는 부분을 작게 배치하고 접지그리드 외부에서는 측정선간 또는 접지그리드와 전위보조선을 반드시 90°로 배치해야 한다고 판단된다.

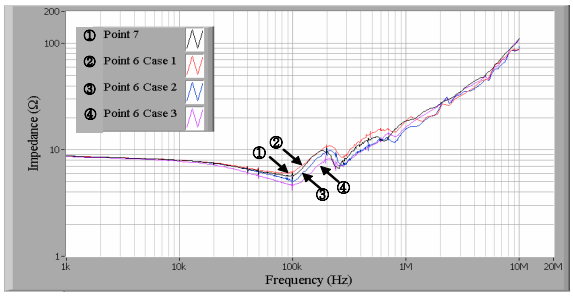


그림 5 측정선의 배치에 따른 접지임피던스의 주파수 의존성

3. 결 론

접지그리드의 접지임피던스 측정기법을 제안하기 위해 15×15m의 접지그리드를 시공하여 도전유도와 전자유도에 의한 오차를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 접지임피던스의 측정에서 전자유도에 의한 영향을 배제하기위해 보조전극을 90°로 설치해야 하며, 90° 설치 시에 필연적으로 발생하는 도전유도에 의한 오차가 5% 정도의 거리를 확보한다면 측정의 신뢰도를 얻을 수 있다고 판단된다.

(2) 측정공간의 제약으로 90° 배치가 불가능할 경우 보조선과 피측정 접지그리드를 모두 고려해야 하며, 전위보조선이 접지그리드 위에 놓이지 않게 하여 되도록 측정선간 둔각을 이루도록 측정해야 한다.

(3) 인출선이 접지그리드 내부에 위치한 경우 전위보조선과 접지그리드가 겹치는 거리를 최소로 하고 접지그리드 외부에서는 전류보조선과 90°를 이루도록 해야 한다.

[참 고 문 헌]

[1] Bok-Hee Lee, Dong-Cheol Jeong, Su-Bong Lee and Keun-Chul Chang, "Effective Impulse 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", pp.12~17, 1991.

[3] Cheng-gang Wang, Takeshi Takasima, Tadahiro Sakuta, and Yoshimasa Tsubota, "Grounding Resistance Measurement Using Fall-of-Potential Method with Potential Probe Located in Opposite Direction to the Current Probe", IEEE Trans. on PD., Vol.13, No.4, pp.1128-1135, 1998.

[4] 이복희, 최영철, 최종혁, 김동규, 이규선, 양순만, 김태기, "보조극의 배치에 따른 매설지선의 접지임피던스 측정의 정확도 평가", 한국조명전기설비학회 춘계학술대회 논문집, pp.352-355, 2009.