

접지그리드의 접지임피던스 측정의 정확도 평가

(Evaluation of the Accuracy of Grounding Impedance Measurement of Grounding Grid)

최중혁* · 최영철 · 정동철 · 김동성 · 이복희**

(Jong-Hyuk Choi · Young-Chul Choi · Dong-Cheol Jeong · Dong-Seong Kim · Bok-Hee Lee)

요 약

최근 대형 건축물들은 접지그리드를 기반으로 한 공동접지방식을 채택하고 있다. 이러한 접지시스템의 성능평가는 접지저항만으로 불충분하므로 접지임피던스의 측정이 요구된다. 대형 접지시스템의 접지임피던스에 대한 측정 방법은 IEEE standard 81.2에 기술되었으나 세부적인 평가방법들은 제시되지 못한 상태이다. 본 논문은 15[m]×15[m] 접지그리드에 대하여 수정된 전위강하법에 기반한 접지임피던스의 정확한 측정방법과 보조전극의 위치에 따른 도전유도 및 전자유도에 의한 측정오차를 기술한다. 그 결과 도전유도에 의한 오차는 보조전극의 거리가 늘어날수록 감소하였다. 전자유도에 의한 오차를 배제하기 위해서 전위측정선은 전류측정선과 90도를 이루어야 한다. 전위측정선과 전류측정선이 예각 또는 둔각을 이루었을 때 전자유도전압은 각각 + 또는 -를 나타내었다. 일반적으로 전자유도에 의한 오차는 예각에 비해서 둔각의 경로가 작게 나타났다.

Abstract

Recently, the common grounding systems are adapted in most large structures. Since the ground resistance is insufficient to evaluate the performance of grounding systems, it is needed to measure grounding impedance. Even though the methods of measuring grounding impedance of large grounding systems are presented in IEEE standard 81.2, but they have not been described in detail. In this paper, we present the accurate method of measuring grounding impedance based on the revised fall-of-potential method and measurement errors due to earth mutual resistance and ac mutual coupling depending on locating test electrodes at remote earth were examined for the 15[m]×15[m] grounding grid. As a result, the measurement error due to earth mutual resistance is decreased when the distance to auxiliary electrodes increased. To get rid of measurement errors due to mutual coupling, the potential lead should be installed at a right angle to the current lead. When the angle between the potential and the current leads is an acute angle or an obtuse angle, the mutual couple voltage is positive or negative, respectively. Generally, the measurement errors due to mutual coupling with an obtuse angle route are lower than those with an acute angle route.

Key Words : Ground Grid, Ground Impedance, Earth Mutual Resistance, AC Mutual Coupling

* 주저자 : 인하대학교 대학원 전기공학과 박사과정

** 교신저자 : 인하대학교 IT공과대학 전기전자공학과 교수

Tel : 032-860-7398, Fax : 032-860-7398, E-mail : bhlee@inah.ac.kr

접수일자 : 2009년 8월 12일, 1차심사 : 2009년 8월 19일, 심사완료 : 2009년 9월 4일

1. 서 론

최근에 설계되고 있는 대형 건축물의 접지시스템은 공통접지방식의 접지그리드를 채택하여 건축물의 구조체와 분당하는 방식으로 이루어진다. 대형 접지시스템의 경우 모든 접지시스템을 하나로 접속하고 있기 때문에 기존의 규정인 접지저항만으로 그 성능을 평가할 수 없다. 접지그리드에 대한 성능평가를 위해 접촉전압이나 보폭전압에 대한 평가가 수행되어야 하며[1], 뇌격전류나 고장전류와 같은 고주파 성분을 포함하는 전류에 대한 접지성능평가를 위해 접지임피던스에 대한 측정이 수행되어야 한다[2-3]. 접지시스템이 대형화될수록 접지임피던스 측정은 공간적인 제약으로 인해 정확한 평가가 어렵고, 대부분의 경우 측정 시 도전유도 및 전자유도에 의한 오차가 포함되기 때문에 그러한 오차에 대한 정확한 평가가 수행되어야 한다. IEEE Std. 81.2는 대형 접지시스템의 접지임피던스 측정에 관하여 보조전극을 전자유도가 없는 90[°]로 배치하고 측정대상 접지전극과 보조전극 사이의 거리를 접지전극의 대각선 길이의 6.5배로 하여 측정하도록 권장하고 있다[4]. 그러나 이러한 방법은 모든 접지그리드에 적용될 수 없으며 접지전류의 인가점 및 측정선의 배치 등에 따른 세부적인 측정방법의 제시가 필요하다. 전위보조전극과 전류보조전극을 일직선상에 배치하는 61.8[%]법을 제외한 수정된 전위강하법을 적용하면 반드시 도전유도에 의한 오차가 포함된다. 또한 접지그리드의 접지임피던스 측정시 접지전류가 인가되는 접지도선의 접속위치에 따라 전자유도에 의한 오차가 변동하기 때문에 오차율이 가장 적은 방법의 제시가 필요하다. 본 연구에서는 접지그리드의 접지임피던스의 정확한 평가기법을 제안하기 위해 방향성에 차이가 없는 정방형의 15[m]×15[m]의 접지그리드를 시공하여 보조전극의 거리 및 측정선의 배치 등에 따른 도전유도와 전자유도에 의한 오차를 분석하였으며, 그 결과 대형 접지시스템에 대한 오차율을 최소화하는 접지임피던스 측정기법을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 도전유도에 의한 오차의 평가

전위강하법은 전위보조전극을 전류보조전극과 나란한 방향으로 하여 61.8[%]법으로 접지저항을 측정하는 방법이다. 하지만 접지임피던스의 경우 고주파수의 전류가 접지전극에 흘렀을 때 측정선간의 전자유도에 의한 영향을[5] 배제하기 위해 전위보조전극과 전류보조전극을 90[°]로 배치하는 수정된 전위강하법을 사용한다. 수정된 전위강하법은 측정선간의 전자유도에 의한 오차가 배제되지만 보조전극을 90[°] 배치함에 따라 전위보조전극이 0전위점에 놓이지 않기 때문에 발생하게 되는 도전유도에 의한 오차가 발생한다[6]. 이러한 도전유도에 의한 오차는 보조전극의 거리가 멀어질수록 감소하게 된다. IEEE Std. 81.2에서는 이러한 도전유도에 의한 오차를 접지그리드의 최대대각선 길이의 6.5배에서 측정하였을 때 5[%]이내인 것으로 제시하고 있으나[4], 접지전극의 크기나 조건 등에 따라 오차는 다르게 나타날 수 있으며, 접지임피던스의 평가를 위해 선행적으로 접지저항 측정기를 이용하여 측정된 도전유도에 의한 오차의 분석이 이루어져야 한다.

본 논문에서는 접지임피던스 측정을 위해 보조전극을 90[°]로 배치하였을 때 도전유도에 의한 오차를 평가하기 위해 그림 1과 같이 피측정접지그리드(E)로 부터 보조전극까지의 거리(D)를 15[m]×15[m]의 접지그리드의 최대대각선 길이(L)인 21.2[m]의 배수로 증가시키며 접지저항을 측정하고, D/L=6.5인 138[m] 거리에서 61.8[%]법을 이용하여 측정한 접지저항을 기준으로 하여 그 오차율을 식 (1)에 의하여 산출하였다.

$$\epsilon = \frac{R_t - R_0}{R_0} \times 100 \quad [\%] \quad (1)$$

여기서 ϵ 는 오차율, R_t 는 보조전극이 90[°]를 이룰 때의 접지저항, R_0 는 접지그리드의 대각선길이의 6.5배에서 61.8[%]법을 이용하여 측정한 접지저항이다.

접지그리드의 접지임피던스 측정의 정확도 평가

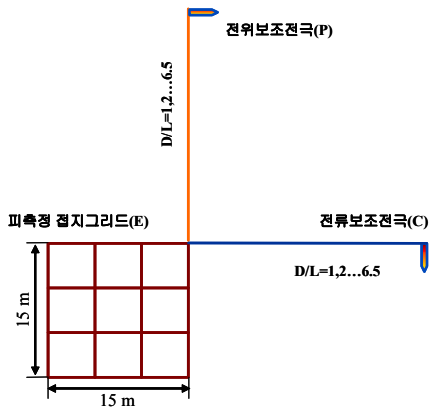


그림 1. 도전유도에 의한 오차를 평가하기 위한 실험계의 구성

Fig. 1. Experimental configuration for evaluating error due to earth mutual resistance

저주파수로 동작하는 휴대용 접지저항측정기 (TERCA II : Chauvin Arnoux)를 이용하여 그림 1 과 같은 실험계에서 D/L에 따라 측정된 접지저항과 도전유도에 의한 오차율을 표 1과 표 2에 나타내었다. 접지그리드의 대각선 길이의 6.5배의 거리에서 61.8[%]법을 이용해서 측정된 접지저항은 11.55[Ω]으로 측정되었으며 90[°]에서 측정된 접지저항은 모두 부(-)의 도전유도오차를 나타내었다. 이는 전위 보조전극이 전류보조전극과 90[°]를 이루었을 때 전위 0점이 나타나지 않게 되고 전위보조전극이 측정 대상접지전극의 전위상승의 영향으로 0전위보다 높은 전위점에 위치하게 되어 실제 접지저항보다 낮은 접지저항으로 측정되기 때문이다.

표 1. D/L에 따라 측정된 접지저항([Ω])
Table 1. Measured ground resistance as a function of D/L

D/L	P=1	2	3	4	5	6	6.5
C=1	8.39	8.37	8.48	8.51	8.52	8.56	8.53
2		8.94	9.26	9.40	9.49	9.59	9.59
3			9.46	9.67	9.82	9.94	9.94
4				9.96	10.22	10.39	10.44
5					10.43	10.67	10.70
6						10.83	10.88
6.5							10.94

표 2. D/L에 따른 도전유도에 의한 오차율(%)
Table 2. Error rates due to earth mutual resistance as a function of D/L

D/L	P=1	2	3	4	5	6	6.5
C=1	27.36	27.53	26.58	26.32	26.23	25.89	26.15
2		22.60	19.83	18.61	17.84	16.97	16.97
3			18.10	16.28	14.98	13.94	13.94
4				13.77	11.52	10.04	9.61
5					9.70	7.62	7.36
6						6.23	5.80
6.5							5.28

표 1의 접지저항값은 C극과 P극의 거리가 증가할 수록 61.8[%]법으로 측정된 실제값에 가까워지는 것으로 나타났으며 그에 따라서 오차율이 감소하였다. 하지만 동일한 거리의 전류보조전극에서 전위보조전극의 거리만을 증가시켰을 때 나타나는 오차율의 감소는 두 전극을 동시에 거리를 늘렸을 때에 비하여 크지 않는 것으로 나타났다. 표 2의 오차율은 대각선 길이의 5배 이상에서 10[%]이내의 오차를 나타내었고, 6.5배의 거리에서 5.28[%]의 오차를 보여 IEEE Std. 81.2에서 제안된 5[%]오차보다 약간 큰 오차율을 나타낸다. 이러한 오차율은 측정대상 접지전극이 설치되는 장소의 대지구조나 주변의 건축물 등에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에 정확한 접지임피던스의 평가를 위해 선행적으로 도전유도에 의한 오차의 분석이 요구된다[7].

2.2 접지도선의 접속점의 위치에 따른 측정의 정확도 평가

접지전류가 인가되는 접지도선이 접지그리드에 접속되는 위치에 따라 접지임피던스를 측정할 때 보조전극을 90[°]로 배치한다고 하여도 측정선과 접지그리드간의 전자유도에 의한 오차가 포함되게 된다. 접지도선이 접지그리드에 접속되는 위치와 측정선의 배치에 따른 오차율이 최소화 되는 방법의 제시가 필요하다. 그림 2는 접지전류가 인가되는 접지도선의 접속위치와 측정선의 배치에 따른 전자유도의 분석을 위한 실험계를 나타낸다.

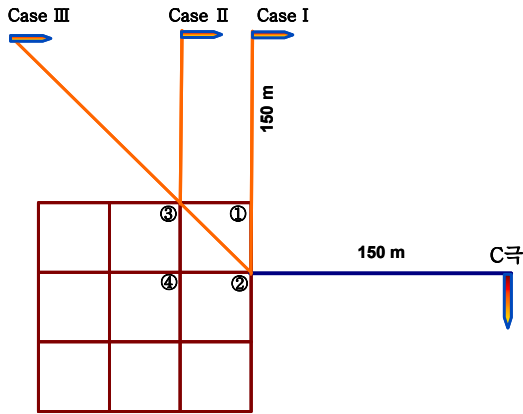


그림 2. 접지전류 인가점과 측정선의 배치에 따른 전자유도에 의한 오차를 분석하기 위한 실험계
 Fig. 2. Experimental configuration to analyze errors due to ac mutual coupling according to the ground current injection point and the measuring line routes

전류보조극과 접지그리드의 유도에 의한 측정의 영향이 없다고 할 때 ①번을 제외하고 불가피하게 전위측정선이 접지그리드 상부를 경유하게 되기 때문에 그에 따른 측정의 정확도 제시가 필요하다. 본 실험에서는 전류보조전극과 전위보조전극의 거리를 도선유도에 의한 오차가 5[%] 이하인 150[m]로 고정하였으며, 전류보조전극과 접지그리드의 배치에 따른 영향은 없는 것으로 가정하였다. Point ②번에 대하여 측정선의 배치를 Case I, Case II, Case III로 구분하여 측정방법별 접지임피던스를 비교하였고, 대칭성이 있는 Point ③번에서 전자유도가 전혀 포함되지 않은 결과와 비교하여 측정의 성능을 평가하였다.

그림 3은 측정방법별 접지임피던스의 주파수의존성을 나타낸다. Point ②와 Point ③은 대칭성이 있고 동일한 전류분기점이기 때문에 전자유도를 완전히 배제한 Point ③의 측정결과를 기준으로 평가하였다. 측정방법 Case I의 경우가 Point ③과 거의 유사한 측정결과를 나타내었다. 매설지선의 경우 접지전극과 보조전극이 나란하게 놓인 경우 접지전극과 측정선간에 전자유도에 의한 부(-)의 오차가 발생하기 때문에[7], 접지그리드의 경우에도 접지그리드와 측정선이 나란히 놓인 Case I의 경우가 접지

임피던스가 작게 나오리라 예상되었으나 접지전극과 측정선이 나란하게 놓인 거리가 5[m]로 매우 짧기 때문에 전자유도에 의한 부(-)의 오차는 거의 발생하지 않은 것으로 판단된다. 측정선이 접지그리드 내부에서 135[°]를 이루는 경우인 Case II와 Case III은 접지그리드 내부에서 측정선을 대각방향으로 놓아 대칭효과를 기대하였으나 접지그리드에 흐르는 전류에 의한 자속이 측정선에 같은 방향으로 쇄교되어 부(-)의 전자유도에 의한 오차를 나타내어 모두 Point ③의 접지임피던스보다 작게 측정되었다. Case III의 측정결과는 접지그리드와의 전자유도에 의한 부(-)의 오차와 측정선간의 135[°] 배치에 의한 도선유도에 의한 부(-)의 오차가 합쳐져 가장 큰 부(-)의 오차를 나타내는 것으로 판단된다. 때문에 접지도선의 인출선이 그리드 내부에 위치한 경우 전자유도에 의한 오차는 완전히 배제할 수 없으며 측정선을 대칭적으로 배열하여도 자속의 상쇄효과는 나타나지 않기 때문에 되도록 전위측정선과 접지그리드의 접치는 부분을 최소화하여 배치하고 접지그리드 외부에서는 측정선간 또는 접지그리드와 전위측정선을 반드시 90[°]로 배치해야 한다고 판단된다.

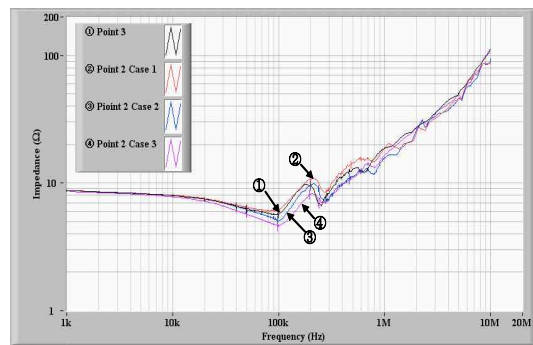


그림 3. 접지전류 인가점과 측정선의 배치에 따른 접지임피던스의 측정결과
 Fig. 3. Measured results of grounding impedance according to the measuring line routes and the ground current inject point

그림 4는 측정의 오차를 최소화 할 수 있는 방향으로 포설한 상태에서 측정된 접지전류의 인가점에 따른 접지임피던스를 나타낸다. Point 1, Point 3, Point 4는 각각 전류의 분기점이 2방향, 3방향, 4방향의 접

접지그리드의 접지임피던스 측정의 정확도 평가

지전류의 인가점을 나타낸다. 측정상의 오차를 최소화 하였을 때 접지임피던스는 약 50[kHz] 이상의 주파수에서 전류분기수에 따른 차이를 나타낸다. 분기수가 가장 많은 Point 4의 경우에서 50[kHz] 이상의 주파수에서 접지임피던스가 가장 낮게 나타났으며, 반면에 분기수가 가장 적은 Point 1의 경우 접지임피던스가 가장 높게 나타났다. 저주파수에서 측정된 접지저항과 달리 접지임피던스의 경우 전류의 분기점등에 따라 100[kHz] 이상의 주파수에서 2배 이상의 차이를 나타내기 때문에 접지그리드의 접지임피던스 측정시 전류의 인가점에 따른 접지임피던스의 측정이 필요하며, 정확한 측정을 위해 전자유도에 의한 오차를 최소화 하는 접지측정선의 배치가 요구된다.

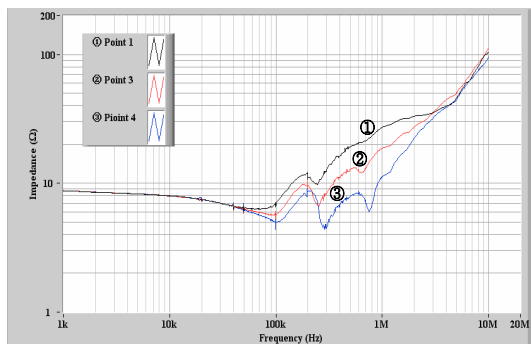


그림 4. 접지전류의 인가점별 접지임피던스의 측정결과
Fig. 4. Measured results of grounding impedance according to the ground current inject point

2.3 전자유도에 의한 오차의 분석

2.2절에서 접지전류 인가점의 위치에 따라 평가한 결과는 접지그리드와 측정선의 겹치는 길이가 매우 짧은 조건이기 때문에 측정결과에 큰 차이가 나타나지 않았다. 하지만 접지그리드의 경우 규모에 따라 메시의 간격이 더욱 큰 경우가 발생할 수 있고 이러한 경우 접지전극과 측정선간의 전자유도에 의한 오차는 크게 나타날 수 있으리라 판단된다. 따라서 2.3 절에서는 접지전극과 측정선의 겹치는 범위가 커졌을 때 각도에 따른 전자유도에 대한 분석을 수행하였다. 또한 접지그리드와 같은 대형 접지시스템은

대부분 측정공간의 제약이 따르는 도심지에 위치하고 있으며, 2.1절과 같이 접지임피던스의 측정에 있어 도전유도를 최소화하기 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[7]. 이러한 측정선간의 유도 및 접지그리드와 전위측정선간의 각도에 따른 전자유도에 의한 영향을 분석하기 위해 그림 5와 같은 실험계를 구성하였다.

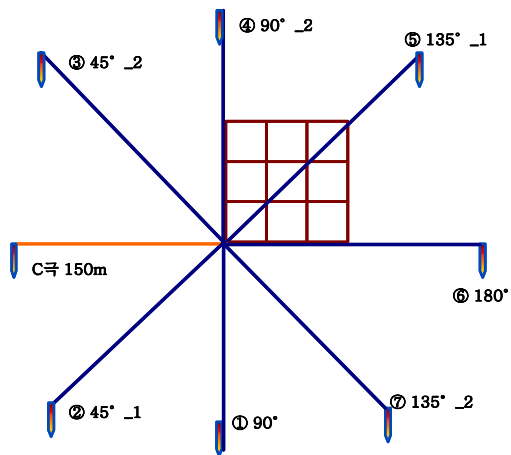


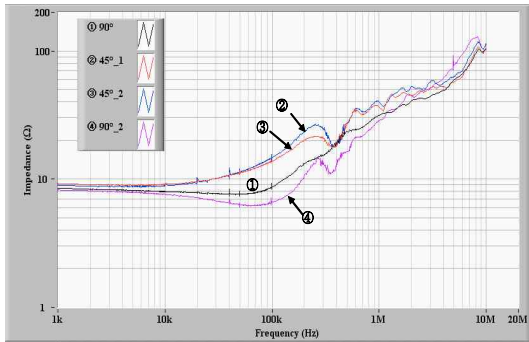
그림 5. 측정선간 또는 측정선과 접지그리드와의 각도에 따른 전자유도에 의한 오차를 평가하기 위한 실험계

Fig. 5. Experimental configuration to evaluate error due to ac mutual coupling according to the angle between the measuring lines or between the measuring lines and grounding grid

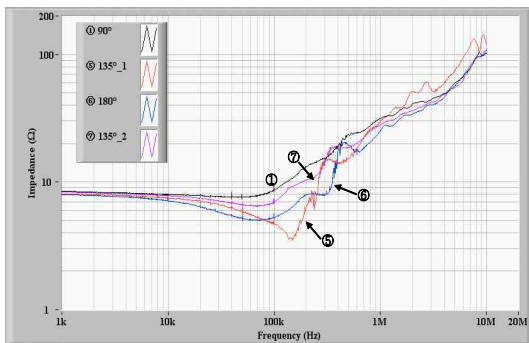
그림 5는 전위보조전극의 각도를 전류보조전극과 45도 각도로 증가시키며 두 측정선간 또는 접지그리드와 전위측정선간의 전자유도에 의한 오차를 평가하기 위한 측정계를 나타낸다. 도전유도에 의한 영향이 약 5% 정도인 보조전극까지의 거리를 150[m]로 고정하였고 전류보조전극을 고정한 상태에서 전위보조전극의 각도만을 바꾸어 가며 실험을 진행하였다.

그림 6의 (a)와 (b)는 각각 전류측정선과 전위측정

선의 각도가 예각과 둔각에서 측정된 접지임피던스의 주파수 특성을 나타낸다. 뇌격전류의 주파수 범위인 1[kHz]에서 1[MHz]까지의 주요 주파수별 접지 임피던스 값 및 전자유도가 없는 90[°]에 대한 상대 편차를 표 3과 표 4에 나타내었다.



(a) 예각의 경우



(b) 둔각의 경우

그림 6. 측정선의 각도별 접지임피던스의 주파수의존성
Fig. 6. Frequency-dependent grounding impedances in different angles between the measuring lines

그림 6 (a)는 예각에서의 측정결과와 전자유도가 없는 90[°]에서 측정된 결과를 나타낸다. 전자유도가 완전히 배제된 90[°]에 비해 예각인 45[°]에서 측정된 결과는 접지그리드의 위치와 거의 무관하게 약 10[kHz]이상의 주파수에서 정(+)의 전자유도에 의한 오차를 나타내며 100[kHz]의 주파수에서는 90[°]에서 측정된 결과와 50[%] 이상의 편차를 나타내어 접지임피던스 측정값에 대한 신뢰성이 떨어지는 것으로 나타났다. 반면 동일한 90[°]각도이지만 전위측

정선이 접지그리드 상부에 포설된 경우 부(-)의 전자유도에 의한 오차를 나타내었으나 편차율은 예각의 측정결과에 비하여 크지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 매설지선의 접지임피던스 측정에서 측정선이 나란히 놓인 61.8[%]법에 의한 측정과 보조전극이 예각을 이룰 때 정(+)의 큰 전자유도에 의한 오차가 발생하고, 전류방향이 반대인 매설지선과 전위측정선간의 전자유도에 의한 오차는 부(-)를 나타내는 것과 동일한 결과라 판단된다[8].

그림 6 (b)는 둔각에서의 측정결과를 나타내며 90[°]에서 측정된 결과에 비해 전자유도에 의한 부(-)의 오차에 의해서 접지임피던스가 작게 나타났다. 180[°]에서 측정된 경우 도전유도에 의한 부(-)의 오차가 가장 크게 나타나는 각도이며[9], 동시에 접지그리드 위에 전위측정선이 놓여 부(-)의 전자유도가 합해지기 때문에 편차율이 약 40[%]에 이르는 부(-) 오차를 나타내었다. 또한 135[°]_1의 경우 측정선간의 전자유도는 작게 나타나나 접지그리드와 45[°]각도를 이루어 약 300[kHz]이하의 주파수에서 매우 큰 부(-)의 전자유도에 의한 오차를 보이는 것으로 판단된다. 끝으로 135[°]_2와 같이 측정선을 접지그리드 밖에 둔각으로 설치한 경우 매설지선에서 측정된 결과와 마찬가지로 전자유도에 의한 편차율이 최대 20[%]로 가장 작게 나타났다.

접지그리드의 접지임피던스를 측정하기 위해서는 전자유도에 의한 오차가 발생하지 않도록 수정

표 3. 측정선의 각도별 주요 측정주파수에 대한 접지임피던스

Table 3. Grounding impedance with typical measuring frequency in different angles between the measuring lines

주파수 (kHz)	90[°]	45[°]_1	45[°]_2	90[°]_2	135[°]_1	180[°]	135[°]_2
1	8.47	8.88	8.23	8.13	8.12	8.02	8.35
5	8.21	8.93	8.76	7.86	7.77	7.63	8.03
10	8.02	9.01	8.94	7.61	7.53	7.15	7.81
50	7.72	11.42	11.32	6.39	6.13	5.21	6.39
100	8.65	13.78	14.68	6.50	4.84	5.24	6.97
500	23.46	26.79	27.73	16.33	15.19	19.28	18.61
1,000	31.42	36.44	40.06	28.69	29.65	25.24	27.77

접지그리드의 접지임피던스 측정의 정확도 평가

된 전위강하법을 이용하여 측정해야 하며 보조전극을 90[°]로 배치할 수 없는 경우 보조전극을 접지그리드와 겹치지 않는 외부의 둔각쪽으로 설치하는 것이 전자유도에 의한 오차를 최소화 할 수 있다고 판단된다.

표 4. 측정선의 각도별 주요 주파수에 대한 전자유도에 의한 오차율

Table 4. Error rates due to ac mutual coupling with typical measuring frequency in different angles between the measuring lines

주파수 (kHz)	45[°]_1	45[°]_2	90[°]_2	135[°]_1	180[°]	135[°]_2
1	4.9	-2.8	-4.0	-4.1	-5.2	-1.3
5	8.9	6.7	-4.2	-5.3	-7.1	-2.1
10	12.4	11.5	-5.2	-6.1	-10.9	-2.6
50	47.9	46.6	-17.3	-20.6	-32.5	-17.2
100	59.3	69.8	-24.8	-44.0	-39.4	-19.4
500	14.2	18.2	-30.4	-35.3	-17.8	-20.7
1,000	16.0	27.5	-8.7	-5.7	-19.7	-11.6

3. 결 론

15[m]×15[m] 접지그리드의 접지임피던스 측정에 대하여 도전유도와 전자유도에 의한 오차를 분석한 결과 아래와 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 접지그리드의 접지임피던스 측정을 위해 전자유도가 없는 수정된 전위강하법을 이용하여 측정하여야 하며, 보조전극을 90[°]로 설치하였을 때 발생하는 도전유도에 의한 오차를 최소화 한다면 측정의 신뢰도를 향상시킬 수 있다고 판단된다.
- (2) 측정공간의 제약으로 90[°] 배치가 불가능할 경우 측정선과 측정대상 접지그리드를 모두 고려해야 하며, 전위측정선이 접지그리드 위에 놓이지 않게 되도록 측정선간 둔각을 이루도록 측정 하는 것이 바람직하다.
- (3) 접지전류가 인가되는 접지도선이 접지그리드의 모퉁이에 접촉하는 경우를 제외하고 접지그리드와 전위측정선간의 전자유도를 배제할

수 없기 때문에 전위측정선과 접지그리드가 겹치는 거리를 최소로 하고 접지그리드 외부에서는 측정선을 반드시 90[°]를 이루도록 해야 한다.

- (4) 현재까지 우리나라에는 접지임피던스의 측정 방법에 대한 기준이나 지침이 존재하지 않기 때문에 본 논문에서 얻어진 결과들은 향후 접지그리드의 접지임피던스를 측정하는데 요구되는 기준이나 가이드 작성에 활용될 수 있다고 판단된다.

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

References

- [1] IEEE Std. 80-2000, "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding", pp. 23~29, 2000.
- [2] Hideki Motoyama, "Experimental and Analytical Studies on Lightning Surge Characteristics of Ground Mesh", IEEE, Vol. 160, No. 4, pp. 16-23, 2007.
- [3] J. H. Eom, T. H. Lee, S. C. Cho, Y. W. Yoo, "Transient Impedance Analysis of Grounding Electrodes Using Variable Frequency Wave and Impulse Generator", 29th ICLP, 5a-9, 2008.
- [4] 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.
- [5] Jinxi Ma, Farid P. Dawalibi, "Influence of Inductive Coupling Between Leads on Ground Impedance Measurements Using the Fall-of-potential Method", IEEE Trans. on P.D., Vol. 16, No. 4, pp.739-743, 2001.
- [6] Jinxi Ma, Farid P. Dawalibi, "Extended Analysis of Ground Impedance Measurement Using the Fall-of-Potential Method", IEEE Trans. P.D., Vol. 17, No. 4, pp. 881~ 885, 2002.
- [7] Cheng-gang Wang, Takeshi Takasima, Tadhiro 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.
- [8] 최영철, 최종혁, 이복희, 전덕규 "수직 또는 수평으로 매설된 접지전극의 접지임피던스 측정시 보조전극 위치에 따른 전자유도의 영향", KIEE, Vol. 23, No.8, pp.86-92, 2009.
- [9] 이복희, 엄주홍, 김성원, "전위강하법에 의한 접지저항측정에 미치는 전위보조전극 위치의 영향", KIEE, Vol. 15, No. 2, pp. 97~104, 2001.

◇ 저자소개 ◇

최종혁 (崔鍾赫)

1980년 5월 12일생. 2006년 2월 인하대 공대 전자공학과 졸업. 2008년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정.
Tel : (032)860-7398
Fax : (032)863-5822
E-mail : chjohy80@naver.com

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

정동철 (鄭東喆)

1964년 9월 18일생. 1989년 2월 영남대 전기공학과 졸업. 2002년 2월 고려대학교 산업대학원 졸업(석사). 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정.
Tel : (032)860-7398
Fax : (032)863-5822
E-mail : dcjeong2000@korea.com

김동성 (金東星)

1970년 3월 1일생. 2006년 인하대 공학대학원 정보전기공학과 졸업. 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정.
Tel : (032)590-6800
Fax : (032)590-6899
E-mail : kdstar92@kesco.or.kr

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 인하대공대 전자전기공학부 교수. 본학회 부회장.
Tel : (032)860-7398
Fax : (032)863-5822
E-mail : bhlee@inha.ac.kr