

반구형 접지모의시스템을 이용한 접지전극의 형상에 따른 대지전위상승의 분석

論 文
54C-7-5

The Analysis of Ground Potential Rise for Shapes of Grounding Electrode Using Hemispherical Grounding Simulation System

吉亨准[†] · 崔忠錫^{*} · 李福熙^{**}
(Hyoung-Jun Gil · Chung-Seog Choi · Bok-Hee Lee)

Abstract - In order to analyze ground potential rise of grounding system installed in buildings, the hemispherical grounding simulation system has been designed and fabricated as substantial and economical measures. Ground potential rise(GPR) has been measured and analyzed for shapes of grounding electrode using the system in real time. The system is apparatus to have a free reduced scale for conductor size and laying depth of a full scale grounding system and is constructed so that a shape of equipotential surface is nearly identified a free reduced scale with a real scale when a current flows through grounding electrode. The system was composed of a hemispherical water tank, AC power supply, a movable potentiometer, and test grounding electrodes. The test grounding electrodes were fabricated through reducing grounding electrode installed in real buildings such as rod type, mesh grid type. When a mesh grid type was associated with a rod type, GPR was the lowest value. The proposed results would be applicable to evaluate GPR in the grounding systems, and the analytical data can be used to stabilize the electrical installations and prevent the electrical disasters.

Key Words : Ground Potential Rise, Grounding Simulation System, Reduced Scale, Test Grounding Electrode, Electrical Disaster

1. 서 론

전기는 현대산업 개발에 있어 중요한 역할을 수행하여 왔으나, 전기에너지는 위험하여 매년 많은 감전사고가 발생하여 왔다. 한국전기안전공사 소속의 전기기술자에 의한 현장 실태조사에 근거한 통계자료에 따르면, 1997년부터 2001년 사이에 667명의 사망자를 포함한 4399명의 감전사고가 발생하였다. 감전사망자는 매년 증가하고 있으며 이러한 감전사고를 방지하기 위해 전기설비기술기준, 안전지침, 감독 등에 의한 수동적 방법에 의존하고 있으나, 감전사고는 수동적 방법만으로는 감소되지 않는다. 건설현장의 임시전력설비는 부적합한 작업환경, 최소한의 안전장치의구비 등 여러 가지 요인에 의해 많은 감전위험요소가 존재한다. 한국전기안전공사의 1997~2001년의 통계자료에 의하면, 임시전력설비에서의 감전재해자는 년당 110명 정도이고 이는 전체 설비에서 15[%]의 높은 점유율을 차지하였으며, 2003년도 임시전력설비 점검 및 검사에서 나타난 결과 부적합 설비의 유형을 살펴보면 가장 높은 부적합률을 나타낸 항목은 시공불량으로 접지설비, 전선류, 배전반 등의 설비로 나타났다[1-6].

이러한 임시전력설비에서 다양한 위험요소들이 있겠지만

그 중에서도 접지설비는 매우 중요하다고 할 수 있다. 접지설비는 다른 설비에 비해 단지 부속설비처럼 안이하게 취급하는 경우가 많다. 그러나 접지설비는 전력설비의 사고나 절연불량, 전원회로나 전자장치에 뇌서지 또는 개폐서지와 같은 과도이상전압이 침입할 때 취급자를 감전사고로부터 보호하고, 설비기기의 절연파괴를 방지할 뿐만 아니라 정보, 통신설비에서 잡음을 제거하여 정보 전송의 양질화를 이룩하는 기능을 향상시키는 역할을 한다. 그러므로, 접지시스템의 성능을 단지 접지저항이 아니라 접촉전압, 보폭전압, 메시전압, 이행전압 등 위험전압으로 평가하는 것이 바람직하다[5][7][8]. 실제 규모의 접지계를 구성하여 최적배치 구조를 찾는 것은 현실적으로 매우 힘들기 때문에 용이하게 실규모 접지계를 해석하여 안전한 전기설비의 구축에 필요한 접지시스템을 제시하도록 축소모델인 반구형 접지모의시스템이 설계 및 제작되었고 이를 통해 접지전극의 형상에 따른 대지전위의 해석이 이루어졌고 접지해석 프로그램(CDEGS : Current Distribution, Electromagnetic Interference, Grounding and Soil Structure, Canada)을 이용하여 비교하였다[9][10]. 향후 분석된 자료는 대지전위상승에 따른 감전사고의 감소뿐만 아니라 설비의 안정화 측면에서도 활용될 수 있을 것이다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 축소모델의 원리

축소모델인 반구형 접지모의시스템은 실규모 접지계의 도

[†] 교신저자, 正 會 員 : 電氣安全研究院 課長
E-mail : fa523@paran.com

^{*} 正 會 員 : 電氣安全研究院 그룹장

^{**} 正 會 員 : 仁荷大學 電子·電氣工學科 教授

接受日字 : 2005年 2月 23日

最終完了 : 2005年 4月 27日

체 크기와 매설깊이를 임의의 축척으로 줄이고, 접지계에 전류가 흐를 때 생기는 등전위면의 형상이 실규모 접지계와 동일하게 유지할 수 있도록 하는 장치이다. 균등한 대지면 근처에 매설된 유한 전극에서 등전위면은 관측점이 전극과 멀어질수록 반구면이 된다. 이 등전위면에 도전면을 대체하더라도 전계의 양상은 동일하다. 따라서 본래의 전위를 유지시켜주는 어떤 전원을 이면에 접속하면 면(Tank) 외부의 영역을 제외하더라도 면 내부의 전계는 일정하게 된다. 이와 같은 원리를 수조 탱크에 적용하여, 그림 1과 같이 준 무한대의 표면에 반경이 r_1 인 반구가 있다고 하면

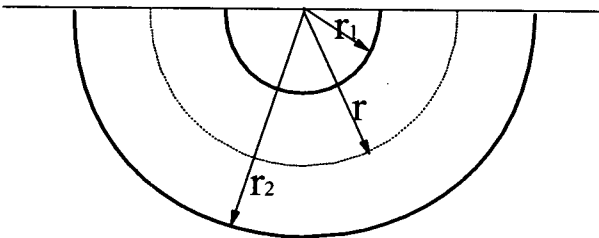


그림 1 준무한대지에서 반구형 접지전극 주변의 등전위선
Fig. 1 Equipotential lines around hemispherical electrode in the semi-infinite earth

무한점으로부터 이 반구까지 전압을 인가하면 모든 등전위면은 반구가 된다. 반경 r_2 의 반구를 설치하더라도 등전위면은 변하지 않는다. 이들 두 반구간의 저항은

$$R_{12} = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (1)$$

이 된다. 비슷하게 $r_2 \rightarrow \infty$ 이고, r_1 을 r_2 로 대체하면 무한점에 대한 r_2 의 저항은

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi r_2} \quad (2)$$

이며, 두 반구간에 V_{12} 의 전압을 인가하면 이때 흐르는 전류는

$$I_{12} = \frac{V_{12}}{R_{12}} = \frac{2\pi V_{12}}{\rho} \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} \quad (3)$$

따라서, 무한점에 대한 임의의 거리 r 의 전위 V_r 은 탱크의 외벽에 대한 r 점의 전위 즉, 측정전압 V_m 과 무한대에 대한 탱크의 전위 V_{r_2} 의 합으로

$$V_r = V_{r_2} + V_m = \frac{I_0}{2\pi r_2} + V_m \quad (4)$$

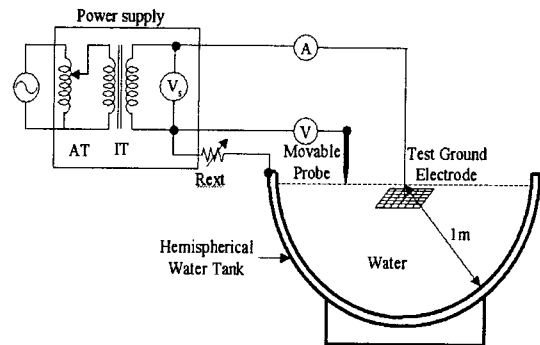
이 된다.

위 예에서 r_1 은 모의하고자 하는 전극을 반구전극으로 등가화했을 때의 반지름이며, r_2 는 그 내부에서 전계 왜형

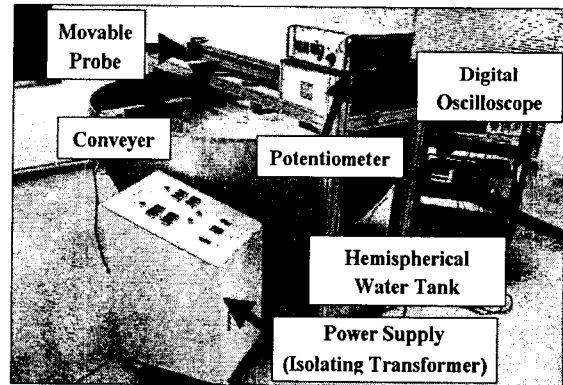
이 발생되지 않는 r_1 보다 큰 수조통의 반지름이다. 무한장의 실제 접지계를 한정된 공간으로 축소하기 위한 이상적인 모델은 고장전류에 의해 형성되는 전위값이 동일한 등전위점이 이루는 윤곽선을 가진 형체이다. 이와 같은 조건을 만족하는 형상은 봉형 접지전극, 매설지선, 판접지전극 및 이들의 조합인 망상형 접지전극 등 대부분의 실제 접지전극으로부터 이격된 제한된 거리에서부터 형성되는 반구의 형상이다[11][12].

2.2 측정시스템 구성 및 실험방법

본 접지모의시스템은 지락전류를 일정하게 발생하기 위한 교류전원공급장치, 측정점의 궤적과 대지전위상승을 측정하는 이송형 전위계측장치, 반구형 수조탱크 및 시험접지극으로 구성하였다. 그림 2는 반구형 접지모의시스템 측정계의 측정 원리도 및 외형을 나타내고 있다.



(a) 측정회로



(b) 외형

그림 2 반구형 접지모의시스템의 측정회로 및 외형
Fig. 2 Measuring circuit and shape of hemispherical grounding simulation system

반구형 수조탱크의 재질은 스테인레스이며 직경은 2[m]이다. 수조탱크 외함은 인체감전보호 및 설비 안정화, 노이즈제거를 위해 접지를 시설하였다. 220[V]의 전원계로 고장전류의 분리 및 측정시 안전을 고려하여 절연변압기를 사용하였고, 고장전류의 가변을 위한 전압조정기(AT : Auto-Transformer)가 포함되어 있다. 그림 2(a)에서 가변저항은

교류전원발생장치에서 지락전류 발생시 전류를 제한하기 위해 설치한 것으로 7.64[Ω]로 설정하였다. 인가전압을 지시하는 전압계(Vs)는 시험접지극과 무한점간의 전압이 얼마인지를 모의하기 위한 것이며 전압계(V)는 프로브와 무한점간의 대지전위를 나타낸다. 또한 전류계(A)는 시험접지극과 무한점 사이에 흐르는 전류를 나타내며, V/I의 비로서 준무한 대지에 매설된 접지전극의 접지저항이 구해진다. 대지전위를 측정하기 위한 프로브는 물의 표면 혹은 내부의 전위를 측정하기 위한 것으로 콘베이어를 통해 이송되며, 전위계측장치에서 프로브의 이동경적이 표시된다. 측정시의 물의 저항률은 42[Ω·m]이며 수저항률계(CM-21P, TOA·DKK, Japan)로 측정하였다.

그림 3은 지락전류를 발생시키는 교류전원공급장치의 회로도이며 절연변압기(IT), 전압조정기(AT), 배선용차단기(MCCB), 누전차단기(RCD) 등으로 구성되었다. 그림 4는 이송형 전위계측장치의 개략도이다. 모터의 가변속도범위는 0~0.01[m/s]이며 Probe의 이송에 따른 위치 및 전압을 측정한다. 콘베이어는 프로브 이송 수단으로서 반구형 수조탱크의 직경 거리를 가로질러 이송이 가능하며 프로브의 재질은 직경 5.1[mm]의 동봉을 사용하였으며 프로브를 지지물로 완전히 고정시켜 이송시 흔들림이나 기울어짐이 발생하지 않도록 하였다.

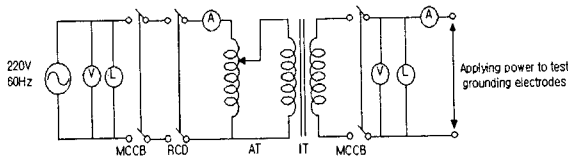


그림 3 교류전원공급장치의 회로도
Fig. 3 Circuit of AC power supply

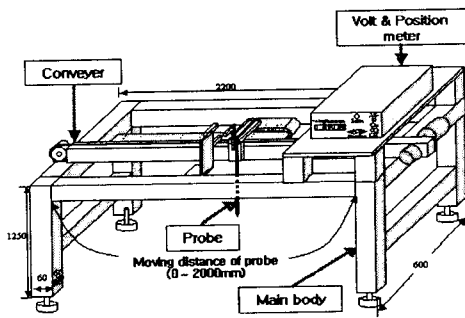


그림 4 전위계측장치의 개략도
Fig. 4 Schematic diagram of potentiometer

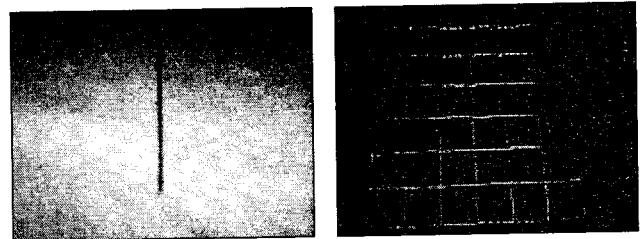
시험접지극을 구성하기 위해 실제 건설현장에서 시설중인 접지계를 모의하였다. 실제접지계와 실제 접지계를 80:1로 축소된 모델을 표 1에 나타낸다. 모양의 특성을 모의하기 위해 측정이 용이한 지하수를 수조탱크내에 채웠으며 시험접지극은 해석 대상 접지계를 80:1로 축소된 크기로서 시험접지극을 제작하는데 어려움과 9.5[mm] 깊이의 수조 내부에 고정시 편의를 위해 두께 1[mm]의 스테인레스 도체를 이용하였다. 그 이유는 접지도체의 두께는 저항값과 대지전위상

승에 미치는 영향이 적으므로 80:1의 축적에 적용하지 않았다. 또한, 시험접지극을 수면 아래 9.5[mm]에 장착한 이유는 전기설비기술기준에서 접지전극은 지표면에서 0.75[m] 이하에 시설하도록 규정하고 있으며 이를 80:1로 축소한 값이기 때문이다.

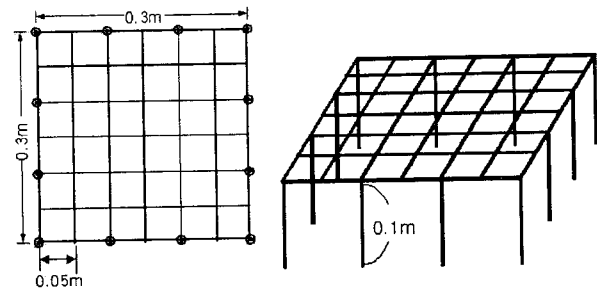
표 1 실제 모델과 80:1의 축소모델

Table 1 A full scale model and a reduced scale model of one-eightieth

항목	실제 모델	축소 모델
접지전극의 매설깊이	0.76m	9.5mm
망상형 접지전극의 크기	24m×24m	0.3m×0.3m
망상형 접지전극의 직경	0.01m	1mm
봉형 접지전극의 길이	8m	0.1m
봉형 접지전극의 직경	0.0127m	1mm



(a) 봉형 (b) 망상형



(c) 조합형

그림 5 시험접지극의 일례

Fig. 5 An example of test grounding electrode

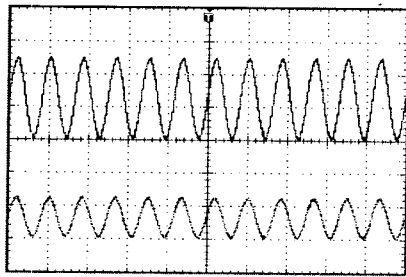
시험접지극으로는 봉형, 망상형, 봉형과 망상형이 조합된 조합형의 3가지 유형에 대해 제작이 이루어졌으며 그림 5는 그 예를 나타낸다. 이러한 시험접지극을 수조탱크의 중앙 수면 아래 9.5[mm]에 장착하고 지락전류를 시험접지극 중심부에 흘린 후 프로브가 수조탱크 직경방향으로 이송하며 대지전위상승을 실시간으로 측정하게 된다.

3. 결과 및 고찰

3.1 봉형 접지전극의 대지전위분포

전원계통의 1선 접지고장, 낙뢰, 절연파괴 등에 의해 지락

사고가 발생하여 접지전극에 고장전류가 유입하게 되면 접지전극은 물론이고 접지전극 주변의 대지표면의 전위가 상승하게 된다. 접지고장에 기인한 접지전류에 의해서 형성되는 대지표면의 전위분포는 다른 설비에의 영향과 인체에 대한 감전사고 등을 고려하여 일반적으로 대지표면에서의 값으로 나타낸다. 접지전극과 주변의 대지표면의 전위상승은 접지전극의 형상, 대지 구조나 토양의 성분과 성질 및 균질성, 접지전류의 크기 및 지속시간 등 이에 영향을 미치는 요소가 많을 뿐만 아니라 그 특성 또한 매우 복잡하고, 불확실하여 정확한 수식에 의한 계산은 대단히 어렵다[7][8][13][14]. 또한 접지전극의 전위가 상승하게 되면 인체에 대한 감전 뿐만 아니라 공통으로 접지를 한 설비에 영향을 미치게 되며, 경우에 따라서는 절연파괴, 기기의 오동작이나 파손을 가져오게 된다. 뿐만 아니라 접지전극 주변의 대지표면의 전위상승은 접지설비의 근본 목적인 안전성과 직접적으로 관련되므로 접지 설계에 있어서 대단히 중요한 고려사항중의 하나이다. 따라서, 본 논문에서는 접지전극의 형상에 따른 대지전위상승을 분석하기 위해 봉형, 망상형, 조합형의 축소모델 시험접지극이 제작되었고 각각에 따른 대지전위의 분포가 측정 및 분석되었다.



상부 : 인가전압, 90[V/div], 20[ms/div]
하부 : 대지전위상승, 15[V/div], 20[ms/div]

그림 6 인가전압 및 대지전위상승의 파형
Fig. 6 The waveforms of applied voltage and ground potential rise

우선, 봉상 접지전극에 대해 살펴보면, 봉상 접지전극을 수조탱크 중앙에 위치시킨후 1[A]의 지락전류를 흘려주어 대지전위상승을 측정하였다. 그림 6은 800[mm]의 위치에서 측정된 입력전압 및 대지전위상승을 나타내는 파형이고 실험치로 측정되었다. 그림 6에서 알 수 있는 바와 같이, 수조탱크 외함의 접지시설, 프로브의 확실한 고정, 신호선의 차폐 등으로 노이즈가 저감된 정현파가 측정되었다. 그림 7은 봉형 접지전극이 설치된 경우, 0~2000[mm]의 거리에 대해 측정된 대지전위의 분포 곡선이며, 거리에 따른 대지전위상승을 2차원적으로 표현하였다. 최대값은 수조탱크의 중심점인 1000[mm] 지점에서 발생하였으며 그 값은 1[A]당 105[V]이다. 이 때 인가전압은 224[V]이다. 그림 7에 나타낸 바와 같이, 봉형 접지전극의 경우 전위경도는 매우 가파른 양상을 나타냈으며 1000[mm] 지점을 중심으로 대칭인 분포를 나타내었다. 그림 8은 해석프로그램을 이용한 수치해석 결과이다. 수조모델 측정값과 이론적 계산값이 거의 유사한 대지전위 분포곡선을 나타내었고 실험시의 주변 금속체의

영향, 시험접지극 지지물의 영향 등 주변 환경에 의해 실험값과 계산값 사이에 약간의 차이가 발생한 것으로 판단되며 이를 통해 측정값과 이론값은 상당한 신뢰성이 있다고 할 수 있다. 이론적 계산값으로 해석된 접촉전압 및 보폭전압에 있어서, 접촉전압은 지락지점으로부터 거리가 멀어질수록 전위는 증가하다가 거의 일정해지는 분포를 나타내었고 보폭전압은 지락지점에서 약간의 완만한 전위경도를 나타내다가 거리 증가에 따라 감소하는 양상을 나타내었다.

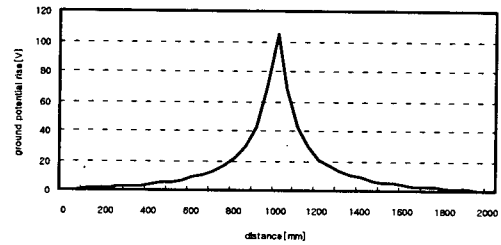
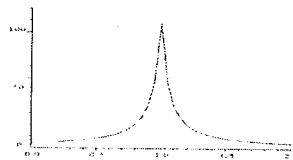
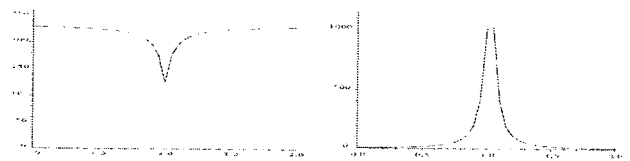


그림 7 봉형 접지전극의 대지전위분포
Fig. 7 Profile of ground potential for rod type



(a) 대지전위분포



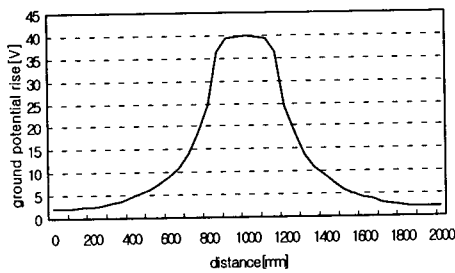
(b) 접촉전압 (c)보폭전압

그림 8 봉형의 프로그램 해석결과
Fig. 8 The analytical result through program on the rod type

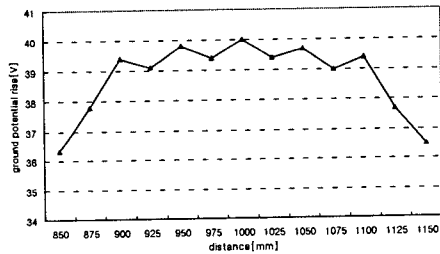
3.2 망상형 접지전극의 대지전위분포

전원설비나 대형 건축물의 접지설비에서 대단히 낮은 접지저항이 요구되거나 대지표면의 전위분포를 등전위로 할 필요가 있는 경우에 망상형 접지전극을 이용하는 접지시스템이 많이 활용되고 있다. 최근 변전소용 접지설비로는 대부분 망상형 접지전극을 사용하고 있다. 접지전극에 낙뢰 또는 지락고장에 의해 접지전류가 유입되었을 때 접지전극 또는 접지전극이 매설된 주변의 대지표면에 나타나는 전위상승에 의한 감전에 대한 위험의 정도는 일반적으로 작업자의 인체에 대한 접촉전압, 보폭전압 등으로 평가한다. 접촉전압이란 사람이 접지를 한 시설물 또는 구조물에 접촉하였을 때 접촉한 구조물의 전위와 사람이 서 있는 지점의 대지표면의 전위 사이의 전위차를 말하며, 접지전극 또는 접지를 한 구조물 주변에서의 인체의 안전에 대한 중요한 척도로서 뇌격전류나 지락전류 등으로 접지전극 부근에 전위차가 발

생하였을 때 사람의 양쪽 다리 사이에 형성되는 전위차를 보폭전압이라고 한다. 따라서, 전위경도가 작을수록 접촉전압, 보폭전압이 낮아져 감전사고를 감소시킬 수 있다 [15-17]. 그림 9는 망상형 접지전극의 대지전위 분포를 나타낸다. 그림 9(a)는 전체 분포도를 나타내고 그림 9(b)는 망상형 접지전극이 시설된 부분인 850[mm]부터 1150[mm]까지의 확대 분포도를 나타낸다. 봉형 접지전극과 마찬가지로 1[A]의 지락전류를 인가하였으며 이 때 인가전압은 43.2[V]이다. 그림 9에 나타난 바와 같이, 접지전극을 중심으로 대칭 분포를 나타내었으며 최대값은 1[A]당 40[V]이다. 접지전극이 시설된 850[mm]와 1150[mm] 사이에서 거의 전위분포가 일정한 양상을 나타내었다. 이는 망상형 접지전극이 시설될 경우 등전위화가 이루어짐을 입증하는 것이다.

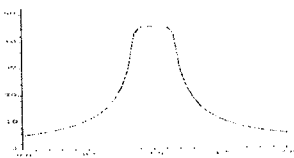


(a) 전체 분포도

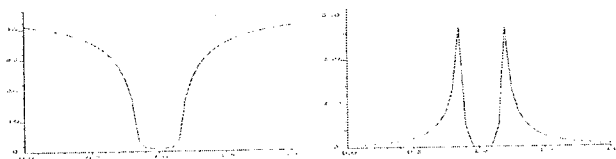


(b) 확대 분포도

그림 9 망상형 접지전극의 대지전위분포
Fig. 9 Profile of ground potential for mesh grid type



(a) 대지전위분포



(b) 접촉전압

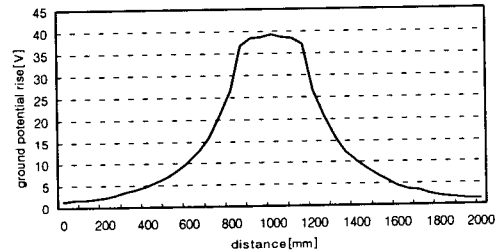
(c) 보폭전압

그림 10 망상형의 프로그램 해석결과
Fig. 10 The analytical result through program on the mesh grid type

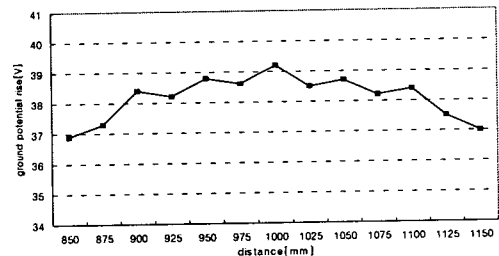
그림 10은 프로그램 해석을 통한 결과이다. 대지전위분포는 측정값과 계산값이 거의 일치하는 것으로 판단되며 접촉전압은 대지전위와 반대되는 분포곡선이며 보폭전압은 접지전극의 경계면에서 최대값이 발생하고 접지전극이 시설된 부분에서 낮은 분포곡선을 나타내었다. 따라서, 망상형 접지전극이 시설된 부분에서는 접촉전압 및 보폭전압이 매우 낮아져 감전사고가 감소될 수 있음을 알 수 있다.

3.3 조합형 접지전극의 대지전위분포

최근 대형 건축물의 접지설비로 가장 많이 사용되는 것이 망상형 접지전극과 봉형 접지전극을 결합시킨 유형이다. 그래서 본 연구에서도 2종류의 접지전극이 결합된 형태를 제작하였으며 그림 11은 망상형 접지전극과 봉형 접지전극이 결합된 형태에 대한 대지전위 분포를 나타낸다. 그림 11(a)는 전체 분포도를 나타내고 그림 11(b)는 조합형 접지전극이 시설된 부분인 850[mm]부터 1150[mm]까지의 확대 분포도를 나타낸다. 인가전압은 42.3[V]이며 대지전위의 최대값은 1[A]당 39.2[V]이며 3가지 유형중 가장 낮은 대지전위상승을 나타내었다. 또한 그림 12는 조합형 접지전극의 프로그램 해석 결과이다. 측정값과 이론적인 계산값의 비교 및 분석결과 전체적으로 대지전위분포 양상은 매우 흡사하였으며 이를 통해 측정값과 계산값은 상당한 신뢰성이 있다고 판단된다.



(a) 전체 분포도



(b) 확대 분포도

그림 11 조합형 접지전극의 대지전위분포
Fig. 11 Profile of ground potential for combined type

그림 13(a)는 3가지 접지전극의 유형을 비교 및 분석한 것이다. 거리별 전위경도가 봉형 접지전극에서 가장 크게 나타남을 알 수 있고, 망상형 및 조합형 접지전극의 경우 접지전극이 시설된 부분에서 거의 등전위가 이루어짐을 알 수 있다. 또한 그림 13(b)에 나타난 바와 같이, 망상형과 조합형의 비교에 있어서 접지전극이 시설된 거리 850[mm]와 1150[mm] 사이 및 대지전위상승값 35[V]와 40[V] 사이를

비교했을 때 조합형 접지전극의 전위경도가 더 완만함을 나타내었다. 특히, 850[mm]와 900[mm] 사이 및 1100[mm]와 1150[mm] 사이의 접지전극의 경계부분에서 조합형 접지전극이 망상형 접지전극보다 더 완만한 전위경도를 나타내었다. 이를 통해 봉형과 망상형 접지전극이 결합된 형태가 설비 안정화 및 인체 감전 보호 측면에서 가장 적합한 것으로 판단된다.

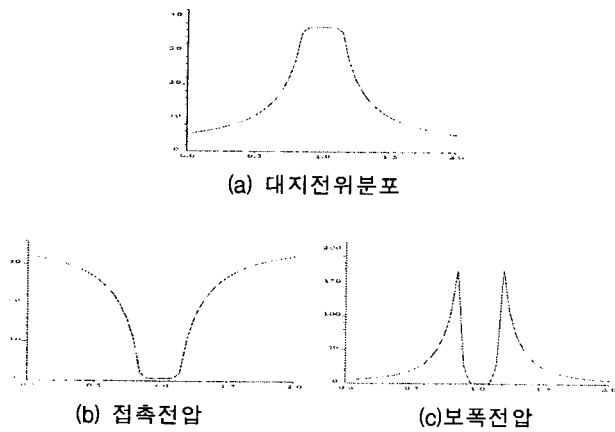


그림 12 조합형의 프로그램 해석결과
Fig. 12 The analytical result through program on the combined type

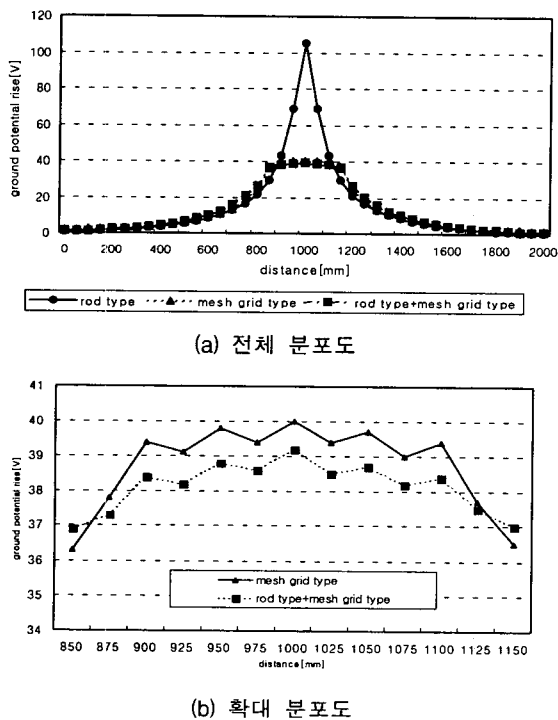


그림 13 3가지 유형의 대지전위분포
Fig. 13 Profile of ground potential for three types

망상형 접지전극의 경우 대지표면의 전위분포는 메시를 이루는 도체에 의해 형성되며 메시내에서의 전위경도는 접지망을 이루는 도체 사이의 간격을 좁게 하면 줄일 수 있다. 즉, 메시 도체 사이의 간격을 좁게 할수록 접촉전압, 보

폭전압 등을 낮게 할 수 있어 감전보호 측면에서 바람직하다. 특히 메시의 가장자리에 외측으로의 전위경도가 크기 때문에 높은 접촉전압 또는 보폭전압이 나타나므로 감전의 위험을 초래할 수도 있으며 접지 설계에 있어서 특별한 주의가 필요하다. 따라서, 이에 대한 방지대책으로는 망상형 접지전극의 경계부분에 울타리를 2층으로 설치하고, 2개의 울타리 사이에 매설깊이가 다른 접지전극을 설치하여 전위경도를 줄일 수 있는 전위완충영역(potential buffer zone)을 만들어 주는 것이 효과적이다[8][16].

4. 결 론

본 논문에서는 축소모델인 반구형 접지모의시스템을 이용한 접지전극의 형상에 따른 대지전위상승의 측정 및 분석이 수행되었으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 실규모 전기설비에 대한 인체보호 및 설비 안정성 확보에 필수적인 접지시스템의 용이한 해석을 위해 축소모델인 반구형 접지모의시스템이 설계 및 제작되었다.
- (2) 반구형 접지모의시스템은 반구형 수조탱크, 교류전원 공급장치, 이송형 전위계측장치, 시험접지극으로 구성되며, 시험접지극은 실규모 접지계를 80:1로 축소하여 봉형, 망상형, 조합형으로 제작되었다. 또한, 외함의 접지, 탐침의 완벽한 고정, 측정시의 신호선의 차폐를 통해 노이즈가 제거되었다.
- (3) 봉형 접지전극의 대지전위분포에 있어 전위경도는 날카롭고 1000[mm] 지점을 중심으로 대칭적 분포를 나타내었으며, 망상형 및 조합형 접지전극의 대지전위상승을 측정하였을 때 등전위는 접지전극 주변에서 형성되었다.
- (4) 조합형 접지전극이 가장 낮은 대지전위상승을 나타내었고, 전위경도도 가장 완만한 유형을 나타내었으며, 특히, 850[mm]와 900[mm] 사이 및 1100[mm]와 1150[mm] 사이의 접지전극의 경계부분에서 조합형 접지전극이 망상형 접지전극보다 더 완만한 전위경도를 나타내었다. 이를 통해 봉형과 망상형 접지전극이 결합된 형태가 설비 안정화 및 인체 감전 보호 측면에서 가장 적합한 것으로 판단된다. 또한 축소모델을 이용한 측정값과 프로그램을 이용한 이론적 계산값의 비교에 있어서 매우 흡사한 대지전위 분포곡선을 나타내었으며 이를 통해 측정값과 계산값이 상당한 신뢰성을 갖고 있음을 입증하였다.
- (5) 상기한 분석자료는 단일 토양에서의 적합한 접지시스템을 결정하는데 이용될 수 있고, 건축물, 전력설비 등의 접지시스템 설계에 기술자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 현대사회에서 전기에너지의 효과적이고 안전한 사용과 정보화·국제화 시대의 사회환경에 적합한 접지시스템의 구축을 위한 과학적, 실질적, 합리적 규격과 기술의 개발이 요구되며, 향후 이 분야에 대한 지속적인 연구를 추진할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] Chung-Seog Choi, Hyoung-Jun Gil, Ki-Boong Han, Woon-Ki Han, "The Statistical Analysis and Investigation of Field Condition about Electrical Shock Accidents and Risk Factors in Temporary Power Installations", International Journal of Safety, Vol.2, No.2, pp.22-28, 2003.

[2] 길형준, 한운기, 김향근, 최충석, "건설현장의 수전설비 및 배·분전반의 현장실태 분석", 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집, pp.335-340, 2004.

[3] Chung-Seog Choi, Woon-Ki Han, Hyoung-Jun Gil, Ki-Boong Han, "The Fire Characteristics of MOF Insulation Cover Used in 22.9kV Class Temporary Power Installations", Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, pp.711-716, 2004.

[4] 한운기, 한기봉, 길형준, 최충석, "임시전력설비 감전재해 발생현황 분석에 관한 연구", 한국산업안전학회 추계 학술발표회 논문집, pp.118-123, 2003.

[5] 한국전기안전공사, "22.9kV 수·변전설비에서의 감전위험성 연구", pp.11-33, 2002.

[6] 한국전기안전공사, "전기재해 통계분석", pp.27-63, 2003.

[7] Ronald P. O'Riley, "Electrical grounding", Delmar Thomson Learning, pp.1-29, 2002.

[8] 이복희, "접지의 핵심기초기술", 의제, pp.113-124, 2000.

[9] F. Dawalibi, D. Mukedkar, "Optimum Design of Substation Grounding in a Earth Structure : Part I-Analytical Study", IEEE Trans. PAS., Vol.PAS-94, No.2, pp.252-261, 1975.

[10] F. Dawalibi, D. Mukedkar, "Optimum Design of Substation Grounding in a Earth Structure : Part II-Comparison between Theoretical and Experimental results", IEEE Trans. PAS., Vol.PAS-94, No.2, pp.262-266, 1975.

[11] A.P. Meliopoulos, R.P. Webb, "Touch and Step Calculation for Substation Systems", IEEE PES Winter meeting, A79 052-2.

[12] R. Cadecott, D.G. Kasten, "Scale Model Studies of Station Grounding Grids", IEEE Trans. PAS., Vol.PAS-102, No.3, pp.558-566, 1975.

[13] Yaqing Liu, Nelson Theethayi, Rajeev Thottappillil, Raul M. Gonzalez and Mihael Zitnik, "An Improved Model for Soil Ionization around Grounding System and its Application to Stratified Soil", Journal of Electrostatics, Vol.60, Issues 2-4, pp.203-209, 2004.

[14] V. Cooray, M. Zitnik, M. Manyahi, R. Montano, M. Rahman and Y. Liu, "Physical Model of Surge-Current Characteristics of Buried Vertical Rods in the Presence of Soil Ionization", Journal of Electrostatics, Vol.60, Issues 2-4, pp.193-202, 2004.

[15] A.P. Meliopoulos, "Power System Grounding and Transients", Marcel dekker Inc., 1988.

[16] IEEE Standards Board, "ANSI/IEEE Std 80-1999; An American National Standard/IEEE Guide for

Safety in AC Substation Grounding", The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., pp.31-48, 1986.

[17] 이복희, 이승철, 임주홍, 김효진, "보조접지전극의 시설에 의한 대지표면전위경도의 저감", 한국조명·전기설비학회 논문지, Vol.16, No.2, pp.121-129, 2002.

저 자 소 개



길형준 (吉亨准)

1969년 8월 5일생. 1997년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. 2000년~현재 전기안전연구원 전기재해연구그룹 과장.

Tel : 031-580-3034

Fax : 031-580-3045

E-mail : fa523@paran.com



최충석 (崔忠錫)

1961년 9월 19일생. 1991년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993년 나고야대학 초청연구원. 1994~95년 구마모토대학 객원연구원. 1997년~현재 전기안전연구원 전기재해연구그룹 그룹장.

Tel : 031-580-3030

Fax : 031-580-3045

E-mail : enetek@naver.com/
ccseog@kesco.or.kr



이복희 (李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~89년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기컴퓨터공학부 교수.

Tel : 032-860-7398

Fax : 032-863-5822

E-mail : bhlee@inha.ac.kr