

접지전극 형상에 따른 대지표면전위분포

백영환*, 이복희, 이봉, 양순만, 이규선
인하대학교 IT공과대학 전기공학부

Surface Potential Distribution according to Grounding Electrode Shapes

Young-Hwan Baek*, Bok-Hee Lee, Feng Li, Soon-Man Yang, Kyu-Sun Lee

Abstract - This paper presents the surface potential rise distribution near grounding electrodes produced by ground fault currents. The small-scale model with the foundation pedestal in hemispherical tank was used to simulate the ground fault condition of the electrical installations for street lamps. When entering the fault current through the test ground electrode, surface potential rise, potential gradient, touch and step voltages for different grounding electrode shapes were measured, and the results obtained were discussed.

1. 서 론

급속도로 변화되고 있는 현대산업에서 전기에너지는 일상생활에 편리함을 제공하고 있으며 인간에게는 매우 중요한 에너지로 전기에너지의 사용이 증가되고 있다. 하지만 최근 조사자료 및 보도자료에 의하면 전기설비에 의한 감전재해가 증가하고 있어 감전방지에 대한 사회적 관심이 높아졌다. 특히 전기로 인한 감전재해는 일반재해 건수에 비하여 재해비율은 낮으나 감전으로 인한 사망률은 다른 재해보다 높게 나타나고 있어 감전재해가 그 만큼 위험한 재해라고 할 수 있다.

접지를 한 전기시설물 또는 구조물에 사고전류가 흘렀을 때, 사람이 접촉하게 되면 구조물의 전위와 사람이 서 있는 대지표면의 전위차로 인한 전압이 발생하는데 이를 접촉전압이라 정의하며, 보폭전압은 사람 양발사이에 인가되는 전압으로 정의한다. 지락고장 등에 의해서 접지전극에 고장전류가 유입되면 접지전극이 매설된 주변에 전위경도가 형성되며 접촉전압과 보폭전압이 나타나게 된다. 이 때, 접지전극으로 유입된 접지전류의 경로 및 전류선의 밀도는 대지저항률과 대지의 구조에 따라 변하기 때문에 대지표면의 전위분포에 대한 산출이 어렵다.

현재 국내에서의 접지설비는 발·변전소의 대규모 접지시스템을 제외하고는 법규상으로 규제되어 있는 접지저항을 얻을 수 있는 설계 및 시공이 이루어지고 있다. 그러나 미국의 IEEE에서는 접지설비의 전위나 접지저항의 값을 제한하지 않고, 접촉전압이나 보폭전압 등을 안전규제 값 이하가 되도록 대지표면의 전위경도의 저감대책을 제시하고 있다. 최근 제정된 국제규격 IEC 62305-3에서도 접촉전압과 보폭전압에 의한 인체상해방지규정이 강화되었으며, 감전사고의 원인인 접촉전압과 보폭전압 즉 위험전압에 의한 위험성에 대한 관심이 국내에서도 증가하고 있다.

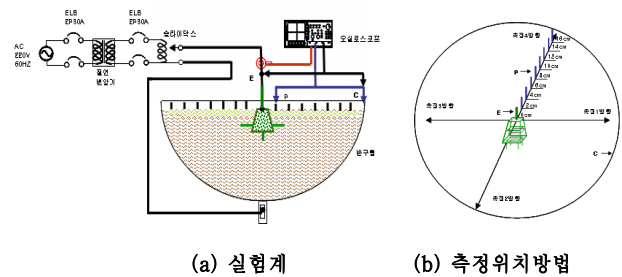
이에 본 논문에서는 국내에서 규정하고 있는 접지극의 매설깊이를 기준으로 하여 접지전극 형상에 따른 대지표면주변의 전위분포를 측정하여 전기시설물의 접지전극 주변에 나타나는 전기적 특성을 분석하고, 인체가 구조물에 접촉하였을 때 인체에 인가되는 접촉전압 및 보폭전압을 알아보고 향후 접지시스템의 설계 및 시공에 개선 방향을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 방법

본 실험에서는 반구형 실험용기에 동일한 모양으로 도로에 설치되는 가로등주를 지지하는 구조물(기초좌대)을 축소모델로 하여 접지전극 형태에 따라 대지표면의 전위 및 전위경도의 측정에 대한 실험을 하였으며, 실험계통도를 그림 1(a)에 나타내었다. 실제의 조건을 10분의 1로 축소시켜 접지봉은 4 [mm], 10 [cm] 크기로 7.5 [cm] 깊이로 매설하였으며, 비교측정 대상구조물도 내부에 철근을 본딩 한 후 접지전극으로 사용할 수 있도록 접지전극 형태로 제작하여 동일한 모양에 매설하였다. 측정방법은 그림 1(b)에서 나타내었다. 구조물 중심으로 대지표면에 4방향 기준으로 각 방향으로 대지표면전위의 측정간격은 2 [cm] 간격으로 측

정하였으며, 측정조건은 접지전류 0.2 [A]를 흘려 접지전극 형태별로 대지에 나타나는 전위분포를 측정하였다.



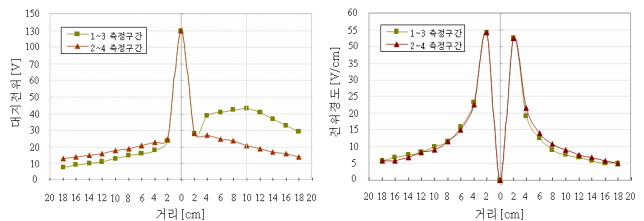
〈그림 1〉 대지전위분포를 측정하기 위한 실험계통도 및 측정방법

또한 우천 등으로 인한 전기시설물 또는 구조물이 물에 잠겨 있는 수중상태와 정상상태를 동일한 조건에서 접지전류를 흘려 대지에 나타나는 전위분포와 전위경도를 알아보고 접지전극 형태에 따른 접촉전압 및 보폭전압의 영향에 대하여 검토하였다.

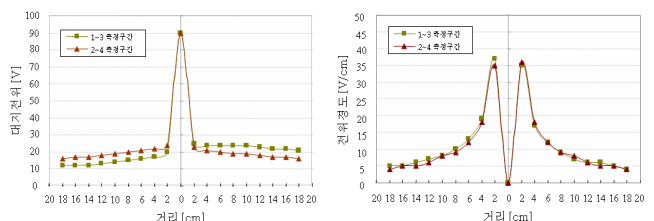
2.2 접지극 형태에 따른 대지표면전위분포 및 전위경도

2.2.1 봉형 접지전극

우리나라의 전기설비기술기준에서는 봉형 접지전극을 0.75 [m] 이상의 깊이에 설치하도록 규정되어 있다. 접지전극의 매설 깊이를 7.5 [cm]로 매설한 경우 정상상태에서 접지전극의 주변에서 측정된 대지표면전위와 전위경도에 대한 결과를 그림 2에 나타내었다.



〈그림 2〉 봉형접지전극 7.5 [cm]의 정상상태



〈그림 3〉 봉형접지전극 7.5 [cm]의 수중상태

측정구간은 1~4방향으로 1방향이 접지전극이 매설된 방향이며 2, 3, 4방향은 매설된 접지전극의 시계방향으로 구간을 정하여 측정하였다. 방향별, 거리별에 따라 측정된 전위를 살펴보면 봉형 접지전극이 매설된 1방향 거리의 10 [cm] 지점에서 전위가 가장 높게 나타났으며, 2, 3, 4방향에서는 거리별 전위가 비교적 비

슷한 양상이 나타났다. 또한 전위경도는 1방향의 10 [cm] 지점의 주위에는 작게 나타났다. 그림 3에는 봉형 접지전극이 매설된 상태에서 시설물 또는 구조물에 접촉되어 있는 접지전극이 물에 잠긴 상태의 대지표면전위 및 전위경도를 나타내었다. 정상상태와는 달리 수중상태의 전위분포는 접지전극이 매설되어 있는 1방향이나 2, 3, 4방향의 대지전위치가 모두 거리별로 균일하게 나타났으며, 전위경도 또한 정상상태보다 작게 나타났다.

2.2.2 수평 접지전극

구조물을 수평 접지전극 형태로 제작하여 동일한 토양에 매설한 후 동일한 조건으로 정상상태와 수중상태의 대지표면전위와 전위경도를 측정하였다.

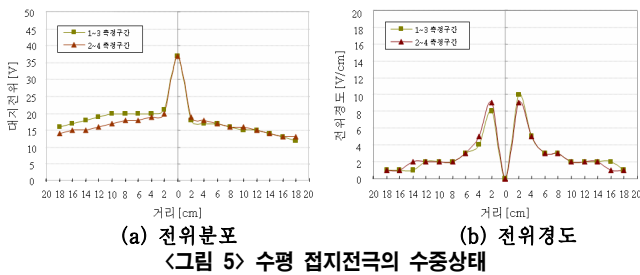
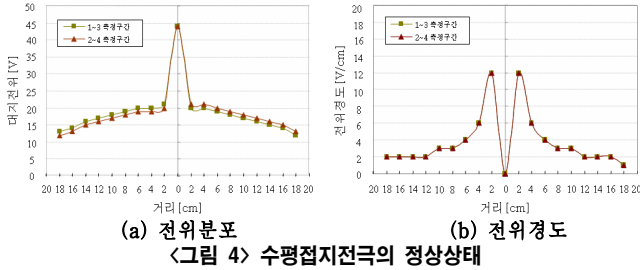
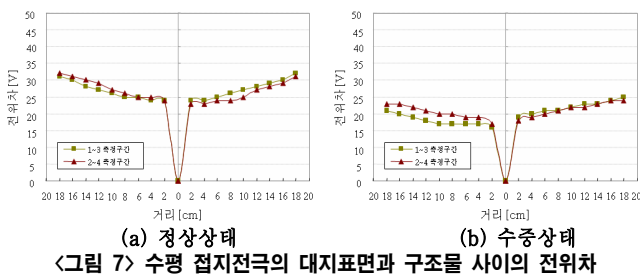
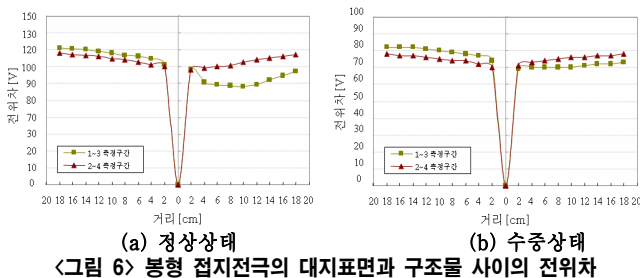


그림 4에 나타난 방향별, 거리별 대지표면전위분포를 보면 4방향 모두 균일한 전위분포로 구조물과 가까운 거리에서는 4방향 모두 대지표면전위가 다소 높게 나타났으며, 전위경도는 0점 위치인 구조물을 기준으로 2 [cm] 주위에서는 매우 가파른 양상이 거리가 멀어질수록 균일한 분포가 나타났다. 그림 5에는 접지접속점이 수중에 놓인 상태로 동일한 방법으로 측정된 데이터 값을 그래프로 나타낸 것으로 정상상태나 수중상태의 대지표면전위분포 및 전위경도 측정값이 비슷하게 나타났다.

2.3 위험전압에 대한 검토

2.3.1 접촉전압

사람이 접지를 한 시설물 또는 구조물에 접촉하였을 때 접촉한 구조물의 전위와 사람이 서 있는 대지표면의 사이(통상 1 [m]을 기준)의 전위차를 접촉전압이라고 하며, 이 전위차가 크게 되면 감전 사고를 일으키게 된다.

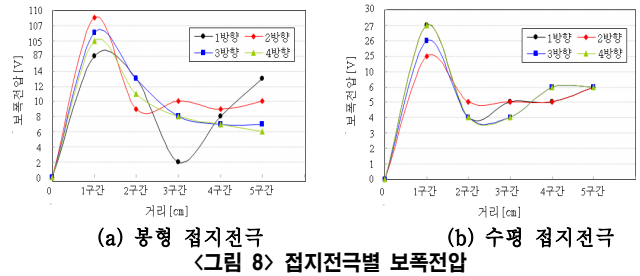


구조물과 대지표면 사이의 거리별 전위차를 접지접속점이 정상상태와 물에 잠긴 수중상태를 동일조건으로 측정된 데이터 값을 그림 6과 그림 7에 그래프로 나타내었다. 수중상태는 정상상태 보다 전위차가 낮게 나타났으며 접지전극 매설과는 상관없이 4 방향 모두 균일한 상태의 전위차가 나타났다. 또한 정상상태의 봉형 접지전극과 수평 접지전극의 전위차는 구조물에서부터 10 [cm] 지점의 접촉전압을 방향별로 살펴보면 1 방향에서는 약 63 [V] 정도 2, 3, 4 방향에서는 약 85 [V]로 큰 차이로 나타났다.

2.3.2 보폭전압

접지전극 또는 접지를 한 구조물 주변에서 인체의 안전에 대한 중요한 척도로서, 뇌격전류나 지락전류 등으로 접지전극 부근에 전위차가 발생하였을 때 사람의 양발 다리사이에 형성되는 전위차를 생각할 수 있으며 이때의 양발 사이의 전위차를 보폭전압이라고 하며 양발 사이의 거리(통상 1 [m]을 기준)에 나타나는 대지표면에서 전위차로 정의한다.

그림 8에서는 구조물을 기준(0점)으로 하여 거리별 1구간 0~10 [cm], 2구간 2~12 [cm], 3구간 4~14 [cm], 4구간 6~16 [cm], 5구간 8~18 [cm]으로 거리구간을 정하여 보폭전압을 그래프로 나타내었다. 구조물을 기준으로 하여 1구간 거리에서 보폭전압이 높게 나타났으며, 그림 8(a) 1방향 즉, 봉형 접지전극이 매설된 방향에서는 2, 3, 4방향 보다 오히려 낮게 나타났다. 또한 수평 접지전극이 봉형 접지전극보다 1구간에서 보폭전압의 차이가 무려 약 80 [V] 정도로 접지전극 형태에 따라 많은 차이가 나타났다.



3. 결 론

접지전극 주변의 위험전압에 대한 영향은 접지점에서 고장전류가 흐를 때 대지표면에 나타나는 전위분포와 위험전압을 접지전극 형상에 따라 위치별, 거리별 분석을 위한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 봉형 접지전극이 매설되어 있는 지점에서는 대지표면에서의 전위상승은 높으나 접촉전압과 보폭전압은 낮게 나타났다.
 - (2) 구조물을 이용한 접지전극은 봉형 접지전극에 비하여 대지표면에서의 전위상승이 낮게 나타났으며, 접촉전압과 보폭전압에서도 매우 낮게 나타났다.
 - (3) 구조물에 접속된 접지점이 물에 잠긴 상태인 경우 정상상태 보다 위험전압인 접촉전압이 오히려 낮게 나타났다.
- 따라서 접지시스템을 설계할 때에는 접지저항도 중요하지만 접촉전압과 보폭전압에 영향을 미치는 접지전극의 형상과 배치를 고려하여 전위차의 발생을 억제하고 균일한 전위분포가 되도록 할 필요가 있다.

[참 고 문 헌]

[1] IEEE Std. 80-2000, IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., pp.23-29, 2000
 [2] IEC 62305-1, Protection against lightning-, Part 3:Physical damage to structures and life hazard, pp 67, 2006.1.
 [3] 이복희, 이승철, “접지의 핵심 기초 기술”, 도서출판 의재, pp27-64, 118-124, 1999
 [4] 이복희, 백영환, 정현욱, “대지구조에 따른 대지표면전위의 분석”, 대한전기학회 논문지, 제51권,10호, pp1796-1800, 2007. 10.
 [5] 高橋建彦, “접지·등전위 분당 설계의 실무지식”, pp18-32, 2003