

# 접지봉 설치에 따른 전주 주변의 전위분포

( Potential Distribution near Concrete Pole According to the position of Ground Rod )

이복희 · 정현욱\* · 최중혁 · 조성철 · 백영환 · 이규선 · 안창환

( B.H. Lee · H.U. Jung\* · C.H. Choi · S.C. Cho · Y.H. Baek · K.S. Lee · C.H. Ahn )

## Abstract

This paper describes ground surface potential rises and touch voltage. The more soil resistivity of upper layer is lower, the more ground surface potential rise is increased. Ground surface potential rise is increased as the buried depth of ground rod in lowered. Ground surface potential rises were measured in the test site and compared with results by CDEGS program. Touch voltages according to the separation distance of ground rod were measured in four directions. Touch voltages were remarkably changed by separation distance and contact position.

## 1. 서 론

최근 배전계통 및 가로등에서의 감전사고의 발생으로 인해 접촉전압 및 보폭전압에 의한 위험성에 대한 관심이 증가하고 있으며, 개정된 IEC 62305-3에서도 접촉전압과 보폭전압에 관한 인체상해방지구정을 강화하였다.

접촉전압은 접지를 한 시설물 또는 구조물에 사고전류가 흘렀을 때, 접촉한 구조물의 전위와 사람이 서 있는 대지표면의 전위차로 정의할 수 있으며, 보폭전압은 사람 양발사이에 인가되는 전압으로 정의할 수 있다. 낙뢰 또는 지락사고 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 의해 변화하기 때문에 대지표면의 전위분포의 산출이 간단하지는 않다.

합리적인 접지설계를 위해서는 대지저항률과 대지구조가 보폭전압, 접촉전압 및 전위분포의 특성에 미치는 영향을 알아볼 필요가 있다.

본 논문에서는 CDEGS 접지설계 프로그램을 이용하여 대지저항률, 대지구조, 접지전극의 매설 깊이의 변화가 전위분포에 미치는 영향을 알아보았으며, 대지구조와 대지저항률이 다른 두 지역에서 측정된 대지전위분포를 통하여 접지전극의 이격거리와 접촉위치에 따른 접촉전압의 변화를 검토하였다.

또한, 철탑, 철주 및 강관주 등 금속체 지지물의 경우, 접지전극을 지지물에서 1m 이상 이격시키도록 되어있는 현재의 배전계통의 접지방법에 대하여 검토하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 대지저항률의 변화에 따른 전위분포의 변화

일반적으로 접지시스템의 설계에 있어서 많이 적용되는 2층 구조의 대지를 예로 들어 대지저항률의 변화에 따른 대지전위분포를 CDEGS 프로그램을 이용하여 분석하였다. 그림 1과 같이 접지전극은 상부지층과 하부지층의 중간에 0.75m의 깊이에 매설되어 있는 것으로 가정하였으며, 상부지층의 두께는 1.25m, 하부지층의 두께는 무한대로 설정하였다.

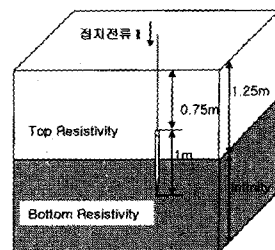
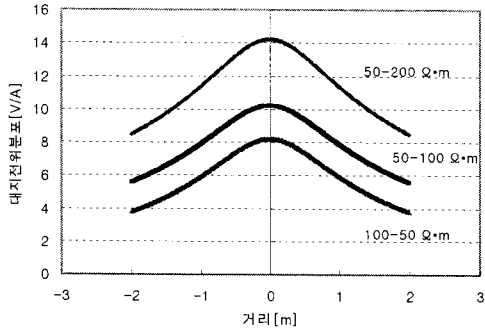


그림 1. CDEGS 모의를 위한 2층 구조의 대지  
Fig.1. 2 layers soil structure for CDEGS simulation

상부와 하부지층의 대지저항률을 대지전위분포에 대한 파라미터로 하며 시뮬레이션 결과를 그림 2에 나타내었다. 1A의 접지전류가 접지전극으로 유입되었을 때의 전위 [V/A]로 나타내었으며, 하부지층의 대지저항률이 높을수록, 상부지층의 대지저항률이 하부지층보다 낮을수록 대지전위분포가 전체적으로 증가하는 것을 알 수 있다.



※ —■— Top Resistivity-Bottom Resistivity

그림 2 대지저항률의 변화에 따른 대지전위분포  
Fig.2. Ground surface potential rise as a function of the change of soil resistivity

### 2.2 접지전극의 매설깊이에 따른 전위분포의 변화

배전계통 접지시스템의 설계기준은 접지전극을 0.75 m 이상의 깊이에 설치하도록 규정하고 있는데, 이것은 접지전극의 매설깊이가 대지전위분포와 밀접한 관계가 있기 때문이다. 그림 3과 같이 상부지층의 대지저항률이 50  $\Omega \cdot m$  이고 하부지층의 대지저항률이 100  $\Omega \cdot m$  인 2층 구조의 대지에서 1 m 동봉을 각각 0.25, 0.75, 1.25, 1.75 m 의 깊이에 매설한 경우, 대지표면에 나타나는 전위분포특성을 살펴보았다.

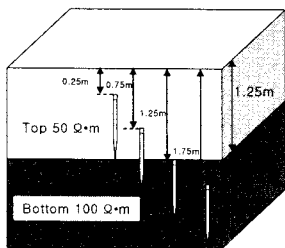


그림 3. 시험용 접지전극의 설치  
Fig.3. Arrangements of the test ground rod

그림 4 에 나타난 결과처럼 접지전극의 매설깊이가 깊어질수록 대지전위분포는 현저하게 낮아지는 것을 볼 수 있다. 특히 접지전극이 매설되어 있는 부근의 전위가 국부적으로 변하는 것을 알 수 있다.

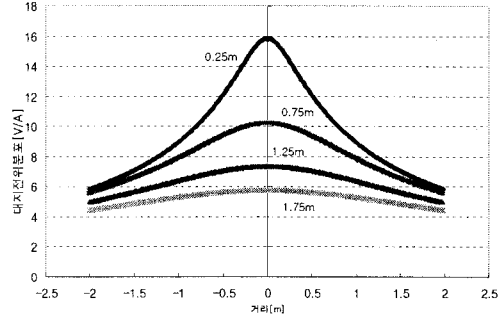
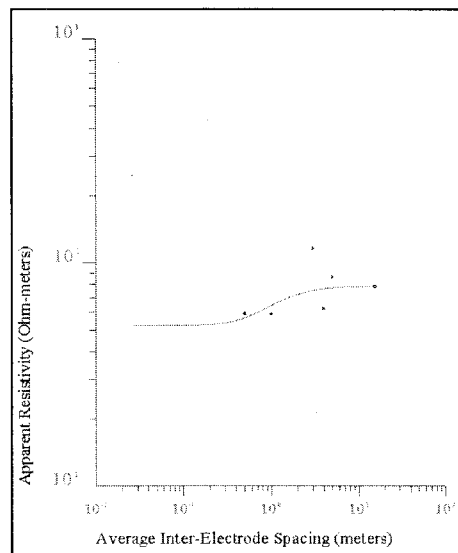


그림 4. 접지전극의 매설깊이에 따른 대지전위분포  
Fig.4. Ground surface potential rise according to the buried depth of ground rod

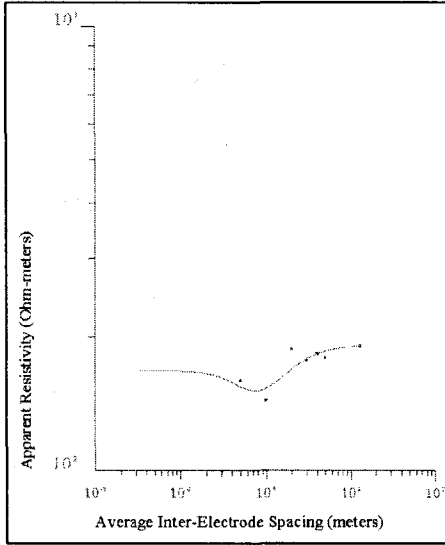
### 2.3 실측된 전위분포와 CDEGS에 의한 결과 비교

다음은 두 실험장의 CDEGS에 의한 전위분포와 실측된 전위분포를 비교하여 보았다. 각 실험장의 대지저항률을 측정하여 그림 5와 같이  $\rho$ - $\alpha$  곡선을 작성하였다.

그림 5의  $\rho$ - $\alpha$  곡선을 통해 대지구조를 분석해보면 그림 6과 같이 I실험장은 2층구조, B실험장은 3층구조로 볼 수 있다.

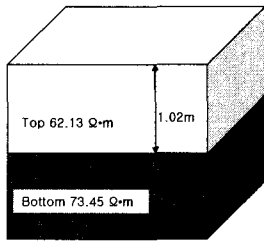


(a) I실험장의  $\rho$ - $\alpha$ 곡선

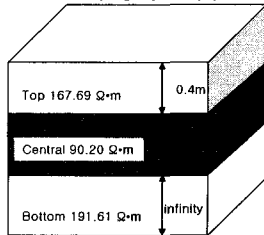


(b) B 실험장의  $\rho$ - $a$  곡선

그림 5. 실험장의  $\rho$ - $a$  곡선  
Fig.5.  $\rho$ - $a$  curve of test site



(a) I 실험장의 대지구조



(b) B 실험장의 대지구조

그림 6. 각 실험장의 대지구조  
Fig.6. Soil structure of test site

그림 6에 CDEGS를 통해 분석된 각 실험장의 대지전위분포를 나타내었다. 3층 구조인 B 실험장의 대지전위가 2층 구조의 I 실험장보다 높게 나타난 것을 알 수 있다. 이것은 각 실험장의 대지구조를 통해 알 수 있는데 그림 5에서 I 실험장의 대지구조를 보면 상부지층의 대지저항률은  $62.13 \Omega \cdot m$  이고, 하부지층은  $73.45 \Omega \cdot m$  으로 크게 차이가 나지 않아 접지전류가 고르게 분산되는 조건을 가진 반면 B 실험장은 상부지층과 중간층의 두께가 얇고 하부지층보다 대지저항률이 낮아 상부지층에 많은 접지전류가 분포할 수 있다.

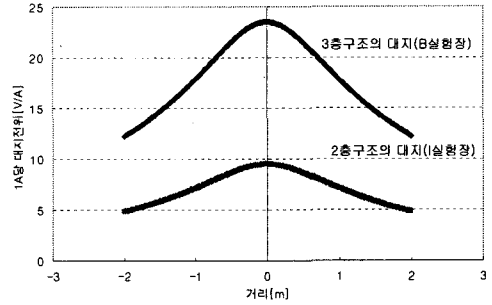


그림 7. 실험장의 대지전위분포  
Fig. 7. Ground surface potential rise at the test site

그림 8에는 실측된 각 실험장의 대지전위분포를 나타내었다. CDEGS에 의한 시뮬레이션 결과는 실측된 결과와는 차이가 나게 되는데, CDEGS 프로그램은 각 층별로 대지저항률이 일정한 것으로 가정하여 분석하는 반면에 실제 대지전위분포는 대지구조나 토양의 성분과 성질 및 균질성과 같은 환경의 영향을 받기 때문이다. 하지만 대지전위분포의 크기에서는 CDEGS의 시뮬레이션 결과와 차이를 보이지만 3층 구조의 B 실험장의 대지전위분포가 I 실험장보다 높게 측정된 것을 볼 수 있다.

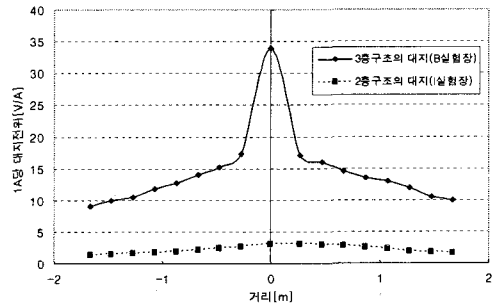


그림 8. 실측된 실험장의 대지전위분포  
Fig. 8. Ground surface potentials measured at the test site

#### 2.4 접지극의 이격거리에 따른 강관주 주위의 전위분포

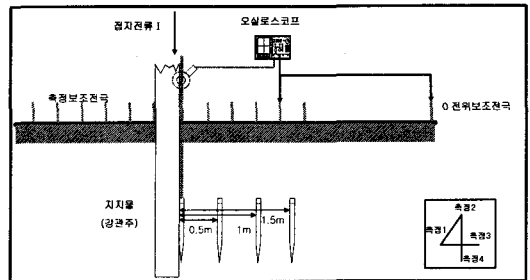
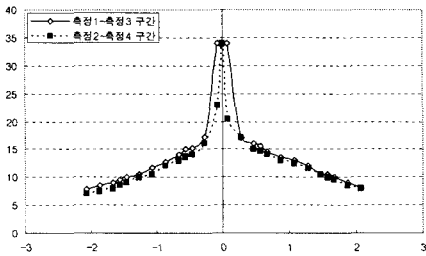


그림 9. 대지전위분포 측정을 위한 실험계  
Fig.9. Circuit for measuring ground surface potential rise

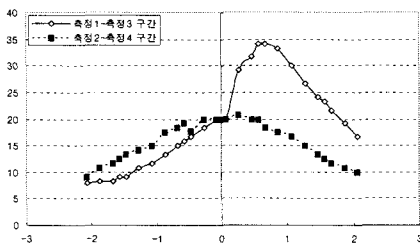
그림 9에 대지전위분포를 측정하기 위한 실험계를 나타냈다. 측정보조전극은 측정1~측정4의 4 방향으로 설치하였다. 접지전극은 지하 0.75m 깊이에서 측정 3방향으로 설치하였으며 접지전류를 흘려줄 때 나타나는 대지전위를 무한원점을 기준으로 측정하였다. 그림 10에 접지전극의 이격거리가 0, 0.5, 1, 1.5 m인 경우, 측정된 전위 분포를 나타내었다.

그림에서 -0.07 m에서 0.07 m 사이의 강관주가 매설되어 있는 부분으로 등전위로 나타나는 것을 볼 수 있으며, 가로축의 -1.07 m 지점이 측정 1과 측정 2의 보조전극, 1.07 m 지점이 측정 3과 측정 4의 보조전극이 설치된 위치이다.

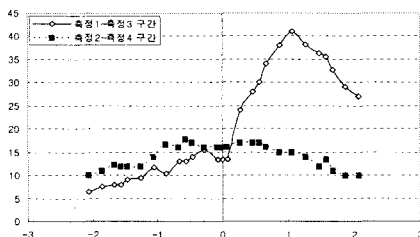
그래프에서 각 방향으로 강관주와 1.07 m에서 측정된 전위의 차가 전주의 접촉전압으로 볼 수 있다. 접지전극이 0 m 지점에 위치한 그림 10 (a)의 경우 각 측정구간에서 측정된 접촉전압이 비슷한 모습을 보였으며, 접지전극이 강관주로부터 0.5, 1, 1.5 m 이격된 경우 접지전극이 매설되어 있는 측정 3 지점의 전위가 최대로 나타났다.



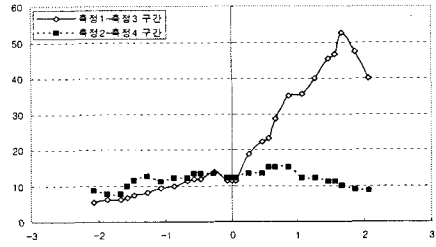
(a) 접지전극의 이격거리 0 m



(B) 접지전극의 이격거리 0.5 m



(C) 접지전극의 이격거리 1 m



(D) 접지전극의 이격거리 1.5 m

그림 10. 접지전극의 이격거리에 따른 전위분포  
Fig.10. Ground surface potential distribution according to the separation distance

그림 11에는 측정된 접촉전압을 나타내었다. 측정 1, 측정 2, 측정 4 지점에서 측정된 접촉전압은 접지전극의 이격거리가 증가할수록 감소하는 경향을 보였지만, 접지전극이 매설되어 있는 방향인 측정 3 방향의 접촉전압은 접지전극이 이격거리가 1 m 일 때 가장 높게 측정되었으며, 이격거리가 0.5 m 에서 가장 낮게 측정되었다.

이것은 접촉전압이 접촉한 구조물과 1 m 이격된 지점의 전위차를 측정하는 것이므로 접지전극을 강관주로부터 1 m 이격시킨 경우의 접촉전압이 가장 높게 나타나는 것이며, 오히려 접지전극이 0.5 m 이격되어 설치된 경우의 접촉전압이 더 낮게 측정되어진다.

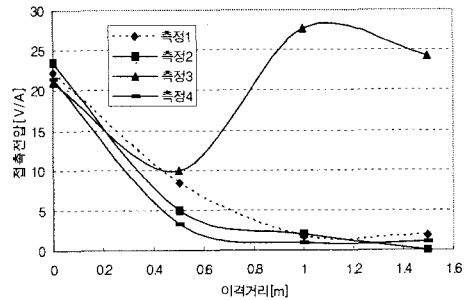


그림 11. 접지전극의 이격거리에 따른 강관주의 접촉전압

Fig. 11. Touch voltage according to the separation distance of ground rod

### 3. 결론

CDEGS 프로그램을 통한 모의 실험과 두 곳의 실험장에서 측정된 데이터의 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 대지저항률과 대지구조는 접지전류의 전류경로와

밀도를 변화시키고 접지전극이 매설된 대지 표면의 전위상승에 영향을 미친다.

(2) 대지전위는 접지전극의 매설깊이에 따라 접지전극이 매설되어 있는 근방에서 국부적으로 변화한다.

(3) 실험장에서 측정된 대지전위분포와 CDEGS에 의해 모의된 결과를 통해 대지구조와 대지저항률이 대지전위분포에 미치는 영향을 확인할 수가 있었다.

(4) 접지전극의 이격거리가 증가함에 따라서 접촉전압은 감소하는 경향성을 보였지만 접지전극이 매설되어 있는 방향에서의 접촉전압은 전반적으로 높게 측정되었으며, 특히 1 m 이격시킨 경우의 접촉전압이 가장 높게 나타났다.

따라서 접지시스템을 설계할 때에는 접지저항치 뿐만 아니라 접촉전압과 보폭전압에 영향을 미치는 대지구조와 접지전극의 매설깊이 등을 고려하여야 한다. 또한 접촉전압의 위험성을 고려할 때 배전설계기준에서 1m 이상 이격시키는 금속체 지지물의 접지전극 이격거리를 재고해야 하며, 접지전극은 사람이 접근하기 어려운 방향으로 설치되거나, 매설깊이를 깊게 하여 전위상승의 피크치를 감소시킬 필요가 있다.

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력 연구센터육성 및 지원사업에 의해 작성되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이복희, "접지의 핵심 기초기술", pp118-124, 1999
- [2] B. H. Lee, J. S. Park and S. C. Lee, "Experimental Investigations of Transient Impedances of Some Grounding Systems", 1997 Japan-Korea Joint Syms.ED & HVE, pp.237~240, 1997
- [3] B. H. Lee, Su-bong. Lee, "Transient impedance of the Ground Grid and Deeply-driven Ground Rod", KIEE Annual Spring Conference pp240~243, 2005
- [4] 高橋建彦, "접지·등전위 분당 설계의 실무지식", pp18-32, 2003