

대지파라미터에 따른 접지저항의 변동 특성에 관한 연구

한기봉, 정세중, 이대중, 이상의
전기안전시험연구원, 재해연구부

A Study on the Variation Characteristics of Ground Resistance According to Ground Parameters

KI-Boong Han, Se-Joong Jeong, Dae-Jong Lee, Sang-Ick Lee
Electrical Safety Laboratory Research Institute

Abstract - It is difficult to accurately measure the ground resistance because it varies widely not only with the type of soil but also with the ground parameters; the moisture, the temperature, the buried depth of electrodes, and the ground augmentation material and so on. Therefore, in this paper we analyzed the relation between the parameters and the resistance of ground in order to obtain a method of maintaining ground resistance stable.

In experiments, the variation coefficients of ground resistance were calculated by the monthly measured data. The ground resistance decreases as the length of the ground rod increases. The variation between the ground resistance and the moisture rate of soil was low in case of using the ground augmentation material. Without the ground augmentation material, the ground resistance decreases as the moisture rate of soil increases. The ground resistance becomes small when the earth temperature becomes low.

1. 서 론

접지는 전기설비와 대지간에 전기적으로 접속하는 것을 말하며 전력설비, 통신설비, 피뢰설비, 전기방식설비 등 다양한 설비에 요구되고 있다. 이러한 접지는 인체의 안전 확보와 건축설비의 기능유지에 중요한 역할을 하고 있으며, 특히 최근에는 네트워크화 되는 건축설비나 정보통신시스템의 안정가동을 위한 목적으로 사용되는 등 폭넓은 분야에 까지 접지기술을 요구하고 있다. [1], [2]

선진국에서는 접지설비에 대한 연구를 전기·통신부분 등 많은 분야에 이르기까지 다양하게 수행하고 있으며 접지설계서 접지망의 보폭전압, 접촉전압, 전위상승 등을 고려한 전위경도 경감대책을 중요시하여 S/W에 의한 설계를 하고 있으나 [3] 국내에서는 대지파라미터의 변동 또는 시간 경과에 따른 접지저항 변동을 고려하지 않고 단순히 계산식에 의하여 요구접지저항만을 산정하고 있다. [4] 이 경우 주변환경의 변화에 따른 접지저항이 변동하여 규정을 준수하지 않을 경우 감전과 트러블 등의 산업재해로 이어지고 한번 시공 후 재시공의 어려움이 있으므로 초기단계인 접지의 설계·시공단계에서부터 세밀한 주의가 요구된다.

이러한 접지기술과 관련된 연구는 대지를 대상으로 하는 경우가 많은데 대지에서 접지저항은 전극의 형태 및 크기에 따라 다르게 나타날 뿐만 아니라 대지파라미터에 의하여 복잡·다양하게 변화하므로 체계적인 연구가 필요한 실정이다. [5], [6], [7]

따라서 본 논문에서는 접지 설계시 가장 중요한 대지파라미터 및 시간의 경과에 따른 접지저항 변동 특성을 분석하고 평가함으로써 대지파라미터 변동 및 계절에 상관없이 안정된 접지저항을 유지시키기 위한 방법에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 실험설비 구성

경년변화 및 대지파라미터가 접지저항에 미치는 영향을 분석하기 위하여 사진1에 보인바와 같이 접지전극 실험설비를 구성하였다. 여기서, 수분센서와 온도센서는 각 접지극마다 접지극 총 길이의 3/4 (0.75m, 1.5m, 2.3m) 지점에 전극과 4cm정도 떨어져 설치하였고 각각의 센서는 저감재 사용 전극과 미사용 전극 모두 동일하게 접지극을 중심으로 상호 반대편에 배열하여 매설하였다.

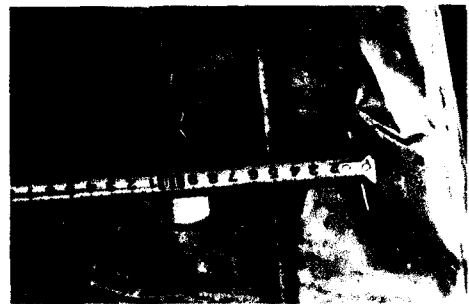


사진 1. 접지전극 실험설비 구성

2.2 매설 방법

매설깊이에 따른 접지전극 변동특성을 분석하기 위하여 그림 1에서 보는 바와 같이 접지전극을 매설하였다. 접지극 매설은 접지봉 길이(1m, 2m, 3m)별로 가로 2m, 세로 1.5m 간격으로 직접매설과 저감재 주입(직경 90mm 원형)으로 구분하여 매설하였다.

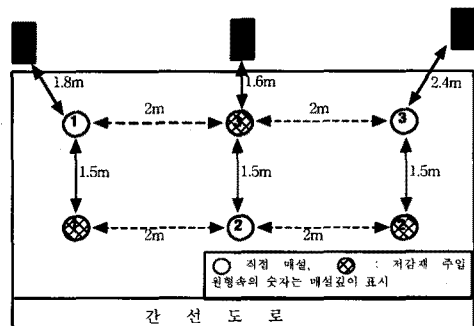


그림 1. 접지전극 매설도

2.3 소요자재

접지동봉(한전규격품 140×1m×12분), 수분·온도 센서(각 6개), 접지저항저감제(6포 : 10kg/포)를 사용하였다. 여기에 사용한 접지저항 저감제는 도전성 콘크리트로 국내에서 시판되고 있는 D사 제품(3m, 1m)과 K사 제품(2m 전극)을 사용하였다.

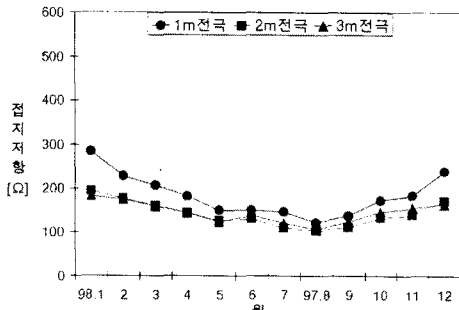
2.4 측정기기

경년변화 및 대지파라미터 시물레이션을 고찰하기 위하여 디지털접지저항계(UNILAP GEO X), 대지저항률 측정기(YEW3244), 토양수분계(5910 A), 온도계(DST-201A)등의 계측장비를 사용하였다.

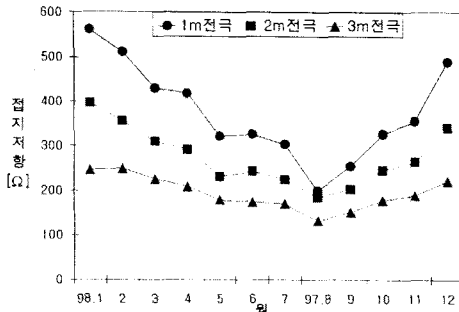
3. 결과 및 고찰

3.1 접지저항 월별 변화추이 및 계절 변동계수

봉상전극의 접지저항 월별 변화는 그림 2와 같이 전극길이에 관계없이 모든 전극에서 주위 온도와 습도의 영향에 의하여 1월이 가장 높았고, 8월이 가장 낮게 측정되었다. 접지저항 저감제의 사용 유·무에 따른 접지저항 변화폭은 저감제를 사용한 경우에는 1.7~2.3배, 저감제를 사용하지 않은 경우에는 1.9~2.8배의 변화가 있었다.



(a) 저감제 사용



(b)저감제 미사용

그림 2. 접지저항 월별추이

그림 2에서 알 수 있는 바와같이 접지저항값은 월별에 따라 약간씩 변동되기 때문에 접지설계·시공시에는 반드시 월별변동계수를 적용·보상하여 주어야만 접지저항이 가장 높게 나타나는 동절기에도 기준값 이하로 유지할 수 있게 된다. 따라서 시물레이션 측정데이터를 이용하여 이 지역의 봉상전극 길이별 월별변동계수를 산출하여 표 1에 나타냈으며, 평균 변동계수는 저감제를 사용한 경우에 1월이 2.0으로 나타났다.

표 1. 매설 깊이별 월별변동계수

| 측정월 | 전극 길이 | 저감제 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | 1m | 사용 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.0 | 1.1 | 1.4 |
| 1m | 미사용 | 2.8 | 2.6 | 2.2 | 2.1 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.8 | 2.5 | |
| 2m | 사용 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.7 | |
| 2m | 미사용 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.8 | |
| 3m | 사용 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | |
| 3m | 미사용 | 1.9 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.4 | 1.7 | |
| 평균값 | 사용 | 2.0 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | |
| | 미사용 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.8 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 2.0 | |

3.2 매설깊이에 따른 접지저항 변동 특성

저감제 사용에 따른 매설 깊이별 접지저항 월별 저감율은 그림 3과 같으며, 동일전극에서 평균 저감율은 50.3%(1m), 47.9%(2m), 24.9%(3m)로 저감효과는 접지전극의 길이가 길수록 적었다. 이러한 원인은 지표에서 가까운 매설위치는 토양보다 저감제에서 수분이 많이 함유하고 있어 저감효과가 컸고, 지하로 갈수록 토양에 함유된 수분이 많아 저감제에 의한 저감효과가 적은 것으로 분석되었다.

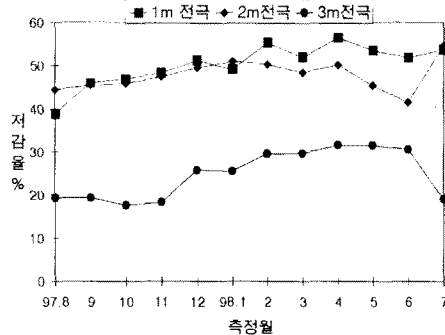


그림 3. 매설 깊이에 따른 저감율

하절기 접지저항값을 기준으로 하였을 때 접지저항의 연중 변동폭은 저감제를 사용한 경우 1m전극에서는 최고 2.3배, 2m전극은 1.9배, 3m전극에서는 1.7배로 나타났고, 저감제를 사용하지 않은 경우는 1m전극이 2.8배, 2m전극이 2.1배 그리고 3m전극에서는 1.9배로 각각 나타났으며, 여기서 전극길이가 짧을수록 변동이 크다는 것과 저감제를 사용한 경우 변동폭이 작다는 것을 알 수 있다. 따라서 동절기에도 접지저항을 안정하게 유지하려면 접지극을 깊게 매설하고, 저감제를 사용하면 효과를 얻을 수 있다.

3.3 토양 함수율과 접지저항 변화 추이

3.3.1 함수율 변화 추이

그림 4에서는 저감제를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 지하 깊이별 함수율 관계를 곡선으로 보이고 있다. 그림 4에서 알 수 있는 바와같이 지하 0.75m 지점과 1.5m 지점에서 저감제를 사용한 경우의 함수율이 0.75m 지점에서 4~9%, 1.5m 지점에서 1~4%로 저감제를 사용하지 않은 경우보다 높게 나타났으나, 2.3m 지점에서는 저감제를 사용한 경우가 하절기는 높고, 동절기에는 낮게 나타났다.

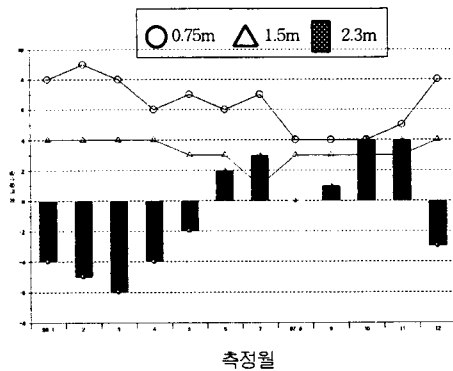


그림 4. 지하 깊이에 따른 함수율 추이

3.3.2 접지저항과 함수율의 관계

전극길이에 따른 접지저항과 함수율의 연중변동특성은 그림 5에서 알 수 있는 바와같이 저감제를 사용한 전극에서는 함수율이 군(群)을 형성하여 접지저항과 함수율의 변화폭이 적은 반면, 사용하지 않은 전극에서는 길이에 따라 반비례 곡선을 형성하여 접지저항과 함수율의 변화가 높게 나타났다.

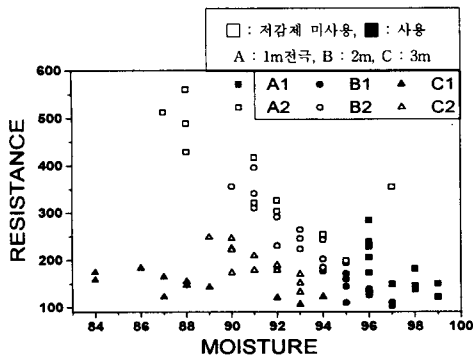


그림 5. 접지저항과 함수율 관계

3.4 지중 온도와 접지저항

지하 깊이별 4개 지점(0.15m, 0.75m, 1.5m, 2.3m)의 월별 온도를 측정 한 결과 10월부터 3월까지의 모든 지점에서 지상의 온도보다 높게 나타났고, 나머지 측정월은 낮게 나타났다.

지중온도 변화상태(8월과 1월)는 저감제를 사용한 경우 지하 0.75m에서 17℃, 1.5m지점은 11℃, 2.3m지점에서 9℃로 지하로 내려갈수록 온도변화는 적었으며, 이때의 접지저항 변화는 1m전극에서 약 2.3배, 2m전극은 1.9배, 3m전극은 1.7배 상승하였다. 저감제를 사용하지 않은 경우의 지하 깊이별 온도변화는 16℃(0.75m), 13℃(1.5m), 10℃(2.3m)로 접지저항은 전극 길이별로 약 2.8배(1m), 2.1배(2m), 1.9배(3m)의 변화폭을 나타냈다.

지중온도와 접지저항의 관계는 그림 6과 같으며, 매설된 전극에 따라 저감제 사용 유·무로 구별하여 분석한 결과 온도가 낮아질수록 접지저항은 높아져 지온과 접지저항은 반비례함을 알 수 있었다. 따라서 전극을 깊게 매설하거나, 저감제를 사용하면 지온의 영향을 적게 받아 접지저항을 안정하게 유지할 수 있다.

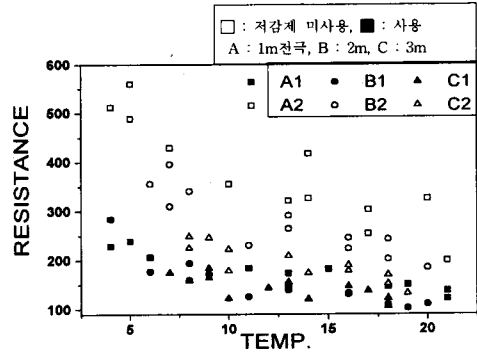


그림 6. 지온과 접지저항의 관계

4 결 론

대지파라미터 변동 및 시간의 경과에 따른 접지저항 변동 특성을 시뮬레이션을 통하여 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 봉상전극의 월별변동계수는 계절에 따라 변동하므로 본 논문에서 산출한 월별변동계수를 적용하면 접지저항이 가장 높게 나타나는 동절기에도 기준값 안정된 접지저항값을 유지할 수 있다.
- (2) 접지저항 저감제 사용에 따른 접지저항 저감율은 동일길이의 전극에서 50.3%(1m), 47.9%(2m), 24.9%(3m)로 접지전극이 길수록 저감효과는 적게 나타남을 알 수 있다.
- (3) 함수율에 의한 접지저항 변동특성은 저감제를 사용한 전극에서는 함수율이 군을 형성하여 접지저항과 함수율의 변화폭이 적은 반면, 저감제를 사용하지 않은 전극에서는 길이에 따라 반비례곡선을 형성하여 접지저항과 함수율의 변화가 높게 나타났다.
- (4) 지중온도와 접지저항과의 관계는 온도가 낮아질수록 접지저항은 높게 나타나 반비례함을 알 수 있었다. 따라서 전극을 깊게 매설하거나, 저감제를 사용하면 지온의 영향을 적게 받아 접지저항을 안정하게 유지할 수 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] IEEE Inc. "IEEE Guide For Safety in AC Substation Grounding", 1986
- [2] 한국산업기술, "접지의 최적설계 및 최신시공기술", 1995
- [3] A. P. Sakis Meliopoulos, Sashi Patel, G. J. Cokkinides, "A New method and instrument for touch and step voltage measurement", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 10, No. 3, pp.1263-1269, July 1995
- [4] 한국전기안전공사, 전기설비안전점검 교재, pp. 92-107, 1993.
- [5] Takehiko Takahashi, Taro Kawase "Analysis of Apparent Resistivity Earth Structure", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 5, No. 2, pp. 604-612, August 1990.
- [6] IEEE Std. 81, "IEEE guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a ground System", 1983.
- [7] 이복희, 여러 가지 접지극 형상에 따른 접지저항의 계절적 변동특성, 대한전기학회지, pp. 195-205, 1988.