

봉상 접지전극-수평매설 접지전극 상호간의 전위간섭

(The Potential Interference between Ground Rod and Counterpoise)

이복희 · 이수봉* · 정동철

(Bok-Hee Lee · Su-Bong Lee · Dong-Cheol Jeong)

Abstract

This paper deals with the potential interferences between ground rod and counterpoise. The ground potential rise and coefficient of potential interference were measured by using the hemispherical water tank grounding simulator and calculated from CDEGS program as functions of the configuration and size of grounding electrodes and the distance between grounding electrodes. The ground potential rise and potential interference coefficient strongly depend on the distance between grounding electrodes, the arrangement and size of grounding electrodes.

Keywords: Potential interference, Potential rise, Hemispherical grounding simulator, Ground rod, Counterpoise

1. 서론

국내의 접지기술은 접지봉을 대지에 매설하고 접지선을 연결하여 접지 저항치를 충족시키기에만 치중해 왔으며, 그 중요성에 비해 소홀이 취급되고 있어 전기 안전에 심각한 우려를 낳고 있다. 전기설비기술기준에 의한 접지공사는 독립접지로 규정하고 있었으나, 정보화 사회의 필수적인 컴퓨터, 통신기기 등 외부 노이즈에 민감한 고정밀 기기가 채용되고, 또한 건축물의 고밀도화로 기존의 접지방식만으로는 한계에 도달해 있다. 특히, 독립접지는 독립적으로 장비나 설비를 보호할 수 있다는 장점이 있으나, 시공시 각각의 접지전극간에 충분한 이격거리를 두어야 하며, 서지나 노이즈 전류 유입시 장비나 설비간에 전위차가 발생하여 손상을 주거나 오동작을 유발하는 단점이 있어 독립접지의 전위간섭에 대한 문제점을 고려한 적용이 필요하다.[1-2]

따라서 본 논문에서는 기존의 독립접지방식으로 시공된 전원계통과 약전설비의 접지전극 상호간의 전위간섭의 영향을 평가하고 전위간섭에 의한 문제점의 해결을 위한 기초자료를 얻기 위하여 반구형 수조모의접지시스템과 CDEGS 접지설계 프로그램을 이용하여 실제 크기의 100분의 1로 축소된 봉상 접지전극을 모의하고 주변에 수평매설 접지전극을 설치하는 경우 유도되는 전위분포를 조사하였다. 또한 봉상 접지전극 주변에 설치된 수평매설 접지전극에서의 전위간섭의 정도를 전위간섭계수로 평가하였다.

2. 실험장치 및 방법

반구형 수조접지 모의실험장치의 구성은 접지전류를 일정하게 공급하기 위한 교류전원장치, 측정점의 계측과 수표면의 전위상승을 측정하는 이동형 전위계측장치(Potentiometer), 반구형 수조 등으로 이루어졌으며, 실제 건축물에 시설된 접지전극을 임의의 축척으로 축소시킨 시험용 접지전극을 수면 아래에 장착하여 실험을 수행하였다. 그림 1은 반구형 수조접지 모의실험장치의 개략도를 나타내었다.

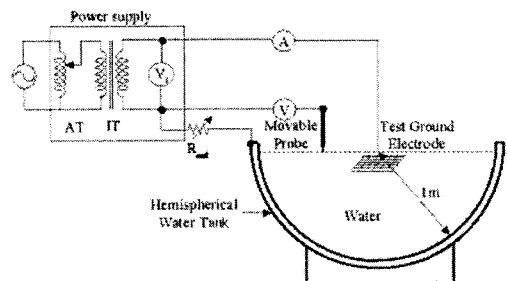


그림 1. 반구형 수조접지 모의실험장치의 개략도
Fig. 1. Schematic of the hemispherical water tank grounding simulator

시험용 접지전극을 수조의 수면 아래 중심부에 장착하고 시험용 접지전극과 수조의 외함 사이에 접지전류를 인가시켜 그에 따른 수표면의 전위상승을 탐침을 통해 측정하였다. 탐침은 수조의 직경선을 따라 이동시켰으며, 그림 1에서 가변저항은 접지전류의 제한 및 물의

저항률에 의존하는 값으로 7.64 [Ω]로 설정하였고, 토양의 특성을 모의하기 위해 저항률 25.4 [$\Omega \cdot m$]의 수돗물을 사용하였다. 반구형 수조는 두께 6 [mm], 직경 2000 [mm]의 스테인리스 재질이며, 인가전압을 지시하는 전압계 V는 시험용 접지전극과 무한점간의 전압이 얼마인지를 모의하기 위한 것이다. 또한 전류계 A는 시험용 접지전극과 수조 사이에 흐르는 전류를 측정하며, 전압계와 전류계 지시값의 비로서 접지저항이 구해진다. 전위를 측정하기 위한 탐침은 물의 표면 혹은 내부의 전위를 측정하기 위한 것으로 컨베이어를 통해 이송하며, 이것의 수조면의 중심점에 대한 상대위치는 이송형 전위계측장치에 나타나며 인가전압과 수표면 전위상승은 각각 오실로스코프를 통해 실시간으로 검출하였다. 또한 인가전압과 수표면 전위상승의 측정을 위해 고전압 프로브를 사용하였다. 이렇게 하여 측정된 값과 접지설계 프로그램(CDEGS)을 사용하여 계산한 값을 비교하였다.

3. 결과 및 검토

3.1 봉상 접지전극의 전위상승

CDEGS 접지설계 프로그램과 반구형 수조접지모의 실험장치를 이용하여 봉상접지전극을 주 접지전극으로 설치하고 타 접지전극으로 다양한 길이와 배치를 가지는 접지전극을 설치하였을 때 나타나는 전위상승의 분포를 조사하고, 접지전극간의 전위간섭 정도를 전위간섭계수로 평가하였다. 실제 크기의 100분의 1로 축소한 직경 0.2 [mm], 길이 24 [mm]인 봉상 접지전극을 지표면으로부터 7.5 [mm]의 깊이에 수직으로 설치하였으며, 접지전극이 설치된 수조의 수돗물의 저항률은 25.4 [$\Omega \cdot m$]이다. 또한 접지전극이 매설된 직상부 표면으로부터 약 25 [mm] 떨어진 지점에서 전위상승을 측정하였으며, 그림 2에 24 [mm] 봉상 접지전극의 배치도를 나타내었다.

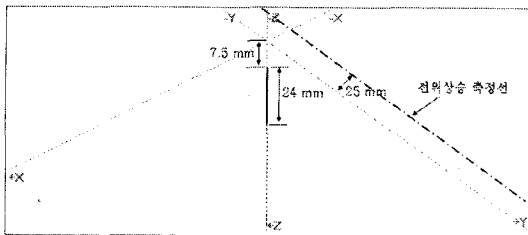


그림 2. 24 [mm] 봉상 접지전극의 배치
Fig. 2. Arrangement of the 24 [mm] ground rod

24 [mm]의 봉상 접지전극 주변의 표준전위상승 분포 곡선을 그림 3에 나타내었다. 1 [A]의 접지전류를 접지

전극에 인가하였을 때 CDEGS 접지설계 프로그램으로 모의한 경우 봉상 접지전극의 전위상승의 최대값은 약 127.44 [V]로 반구형 수조접지모의 실험장치로 측정된 전위상승의 최대값 99.33 [V]에 비해 대략 28.11 [V]정도 높게 나타났다.

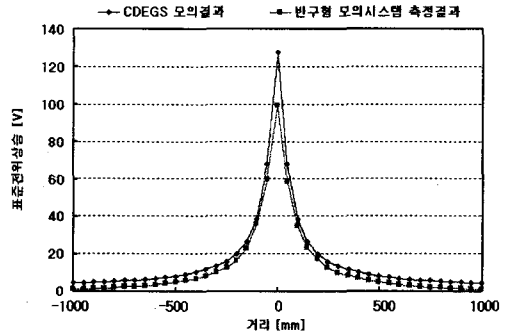


그림 3. 24 [mm] 봉상 접지전극 주변의 전위상승
Fig. 3. Distributions of potential rise on the water surface near the 24 [mm] ground rod

3.2 봉상 접지전극-수평매설 접지전극(I)의 전위간섭

봉상 접지전극과 수평매설 접지전극간 전위간섭 정도를 평가하기 위한 시험용 접지전극의 배치도를 그림 4에 나타내었다. 직경 0.2 [mm], 길이 24 [mm]인 봉상 접지전극을 지표면으로부터 7.5 [mm]의 깊이에 수직으로 설치하였다. 접지전극 B로는 길이 60 [mm], 120 [mm], 300 [mm], 480 [mm]의 수평매설 접지전극을 모의하였다. 접지전극 A에 1 [A]의 전류를 인가하고 접지전극간 거리를 100~700 [mm]까지 이격시키면서 나타나는 전위상승을 조사하였고, 전위상승은 접지전극이 매설된 지표면으로부터 약 25 [mm] 떨어진 평행선상에서 측정하였다.

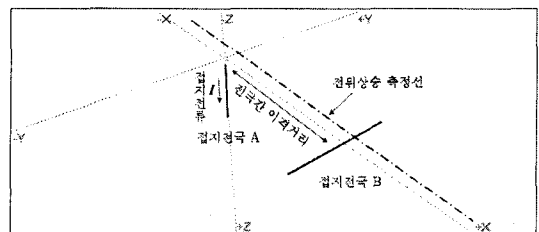


그림 4. 시험용 접지전극의 배치
Fig. 4. Arrangement of test electrodes

48 [mm] 수평매설 접지전극(I)을 24 [mm] 봉상 접지전극으로부터 200 [mm] 이격시켜 설치한 경우 봉상 접지전극 A 주변의 표준전위상승 분포 곡선을 그림 5에 나타내었다. 1 [A]의 접지전류를 접지전극에 인가하

있을 때 CDEGS 접지설계 모의결과 접지전극 A가 매설된 0 [mm] 지점의 전위상승은 127.33 [V], 반구형 수조접지모의 실험장치의 측정결과 100.67 [V]이며, 480 [mm] 수평매설 접지전극 B가 설치된 200 [mm] 지점의 전위상승은 CDEGS 모의결과 17.4 [V], 반구형 모의시스템 측정결과 13.67 [V]로 CDEGS 모의결과가 반구형 수조접지모의 실험장치 측정결과보다 높게 나타났다.

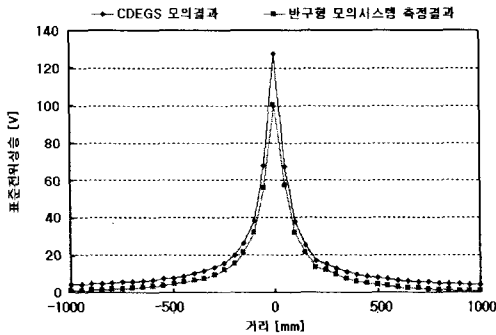


그림 5. 봉상 접지전극 주변의 전위상승(접지전극 B : 480 [mm] 수평 매설지선 1)
Fig. 5. Distribution of surface potential rise near the ground rod

접지전극 A의 전위상승에 의해 접지전극 B에 미치는 전위간섭의 정도를 정량적으로 평가하기 위한 척도로서 전위간섭계수를 적용하였다.[3-5] 식(1)에 의해 접지전극 B의 전위상승에서 접지전극 A의 전위상승을 나누어 계산한 매설 접지전극 B의 길이별 전위간섭계수를 표 1에 나타내었다.

$$\text{전위간섭계수 } K = \frac{\text{접지전극 B의 전위}}{\text{접지전극 A의 전위}} \quad (1)$$

전위간섭계수는 CDEGS 모의결과가 반구형 수조접지모의 실험장치 측정결과보다 낮게 나타났다. 이는 CDEGS 모의결과에서 접지전극 A에 나타나는 전위상승이 반구형 수조접지모의 실험장치 측정결과에서 나타나는 전위상승에 비해 높기 때문에 접지전극 A에 의한 접지전극 B의 비로 표현한 전위간섭계수는 CDEGS 모의결과가 반구형 수조접지모의 실험장치 측정결과보다 다소 낮게 나타나는 것으로 확인되었다. 접지전극간 이격거리가 가까울수록 수평매설 접지전극 B의 전위상승과 전위간섭계수는 접지전극 길이의 영향이 지배적인 것으로 나타났고, 특히 접지전극간 이격거리가 100 [mm]인 경우 접지전극의 길이별 전위상승과 전위간섭계수의 차가 가장 크게 나타났다. 그러나 이격거리가 400 [mm]이상 멀어질수록 접지전극의 길이가 전위상승 및 전위간섭에 미치는 영향이 크게 나타나지는 않았다.

따라서 봉상 접지전극과 전위간섭의 영향이 큰 가까운 거리에 수평매설 접지전극(I)과 같은 배치의 접지전극을 설치할 경우 접지전극의 길이를 고려한 접지설계가 이루어져야 한다.

표 1. 봉상 접지전극에 의한 수평매설 접지전극(I)의 전위간섭계수

Table 1. Coefficients of potential interference of counterpoise caused by ground rod

전극간 거리 [mm]	매설 접지전극 B의 길이별 전위간섭계수							
	60 [mm]		120 [mm]		300 [mm]		480 [mm]	
	CDEGS	반구형	CDEGS	반구형	CDEGS	반구형	CDEGS	반구형
100	0.303	0.348	0.296	0.325	0.258	0.298	0.227	0.258
200	0.157	0.177	0.156	0.168	0.147	0.161	0.137	0.142
300	0.105	0.099	0.105	0.099	0.102	0.097	0.098	0.090
400	0.079	0.066	0.079	0.065	0.078	0.064	0.075	0.061
500	0.063	0.046	0.063	0.045	0.063	0.044	0.061	0.042
600	0.053	0.032	0.053	0.032	0.052	0.031	0.052	0.030
700	0.045	0.023	0.045	0.023	0.045	0.022	0.045	0.021

3.3 봉상 접지전극-수평매설 접지전극(II)의 전위간섭

봉상 접지전극과 수평매설 접지전극(II)이 그림 6과 같이 배치된 경우에 대한 전위간섭을 평가하였다. 직경 0.2 [mm], 길이 24 [mm]인 봉상 접지전극을 표면으로부터 7.5 [m]의 깊이에 수직으로 설치하였다. 접지전극 B로는 길이 60 [mm], 120 [mm], 300 [mm], 480 [mm]의 수평매설 접지전극(II)를 모의하였다.

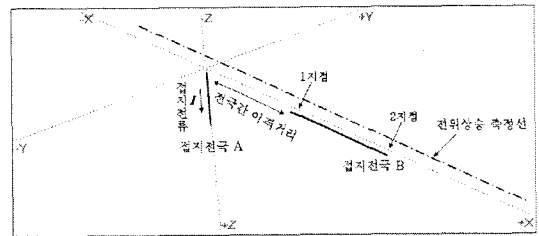


그림 6. 시험용 접지전극의 배치
Fig. 6. Arrangement of test electrodes

480 [mm] 매설 접지전극(II)을 24 [mm] 봉상 접지전극으로부터 200 [mm] 이격시켜 설치한 경우 봉상 접지전극 A 주변의 표준전위상승 분포 곡선을 그림 7에 나타내었다. 1 [A]의 접지전류를 접지전극에 인가하였을 때 CDEGS 접지설계 모의결과와 접지전극 A가 설치된 0 [mm] 지점의 전위상승은 127.17 [V], 반구형 수조접지모의 실험장치의 측정결과와 99.33 [V]로 나타났다. 이격거리가 200 [mm]인 지점에 480 [mm] 매설 접지전극 B가 설치되었을 때 1지점의 전위상승은 CDEGS 모의결과 17.62 [V], 반구형 모의시스템 측정결과 15.27 [V]로 나타났고, 2지점에서의 전위상승은 CDEGS 모의결과 8.06 [V], 반구형 모의시스템 측정결과 3.4 [V]로

나타났다. 1지점에 비해 거리가 더 멀리 떨어진 2지점에서 전위상승이 더 낮게 나타났다.

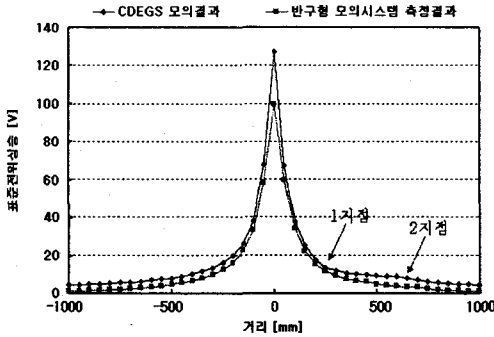


그림 7. 봉상 접지전극 주변의 전위상승(접지전극 B : 480 [mm] 수평 매설지선 II)

Fig. 7. Distribution of surface potential rise near the ground rod

표 2 봉상 접지전극에 의한 수평매설 접지전극(II)의 전위간섭계수의 계산결과

Table 2. Calculated results of coefficients of potential interference at the near and far end of counterpoise caused by ground rod

전극간 거리 [mm]	매설 접지전극 B의 길이별 전위간섭계수							
	60 [mm]		120 [mm]		300 [mm]		480 [mm]	
	1지점	2지점	1지점	2지점	1지점	2지점	1지점	2지점
100	0.296	0.211	0.288	0.170	0.272	0.100	0.263	0.086
200	0.155	0.127	0.152	0.110	0.144	0.073	0.139	0.063
300	0.104	0.091	0.103	0.081	0.098	0.058	0.095	0.052
400	0.079	0.071	0.078	0.065	0.074	0.049	0.072	0.044
500	0.063	0.058	0.062	0.054	0.060	0.042	0.058	0.038
600	0.053	0.049	0.052	0.046	0.050	0.037		
700	0.045	0.042	0.045	0.040	0.043	0.033		

표 3 봉상 접지전극에 의한 수평매설 접지전극(II)의 전위간섭계수의 실측결과

Table 3. Measured results of coefficients of potential interference at the near and far end of counterpoise caused by ground rod

전극간 거리 [mm]	매설 접지전극 B의 길이별 전위간섭계수							
	60 [mm]		120 [mm]		300 [mm]		480 [mm]	
	1지점	2지점	1지점	2지점	1지점	2지점	1지점	2지점
100	0.356	0.235	0.344	0.174	0.243	0.085	0.236	0.054
200	0.168	0.131	0.166	0.107	0.129	0.062	0.125	0.033
300	0.105	0.088	0.104	0.076	0.088	0.035	0.085	0.023
400	0.07	0.066	0.067	0.051	0.06	0.024	0.065	0.015
500	0.046	0.039	0.045	0.032	0.054	0.017	0.05	0.010
600	0.032	0.028	0.031	0.023	0.04	0.011		
700	0.023	0.018	0.022	0.016	0.039	0.008		

매설 접지전극 B의 길이별 전위간섭계수를 표 2와 표 3에 나타내었다. 전위간섭계수는 CDEGS 모의결과가 반구형 수조접지모의 실험장치 측정결과보다 낮게 나타났다. 수평매설 접지전극 B의 1지점에서 보다 봉상 접지전극에서 더 멀리 떨어진 2지점에서의 전위간섭계

수가 더 낮게 나타났다. 또한 수평매설 접지전극(II)의 1지점에서는 접지전극 B의 길이에 대한 영향이 그다지 크게 나타나지는 않았다. 2지점에서 접지전극간 이격거리가 500 [mm] 이상에서 접지전극 B의 길이에 따라 전위간섭계수 크기의 차가 다소 줄어들기는 하지만 전반적으로 접지전극 B의 1지점에 비해 2지점에서 접지전극 길이가 전위간섭계수에 미치는 영향이 크게 나타났다. 따라서 수평매설 접지전극(II)에서 인화도선이나 접지 연결선의 접속점을 가능한 한 접지전극에서 멀리 떨어진 지점에서 인출하여 설비에 연결하는 것이 안전적인 측면에서 유리하다.

4. 결론

본 연구에서는 접지전극간의 전위간섭을 평가하기 위하여 실제 많이 사용되는 봉상 접지전극과 그 주변에 시설될 수 있는 수평매설 접지전극에 대해 접지설계 프로그램과 반구형 수조접지모의 실험장치를 이용한 실험적 연구를 수행한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

봉상 접지전극의 주변에 수평매설 접지전극을 설치할 경우 이격거리가 가까울수록 수평매설 접지전극의 배치 방법 및 길이가 전위간섭에 미치는 영향이 크게 나타났으며, 이격거리가 멀어질수록 접지전극의 길이, 매설방법, 크기가 전위간섭에 미치는 영향은 작았다. 수평매설 접지전극의 배치와 길이, 접지전극간 이격거리가 전위간섭계수를 줄이는 중요한 요소가 될 것으로 판단된다. 또한 충분한 이격거리의 확보가 어려운 협소한 장소에서 봉상 접지전극 대 수평매설 접지전극(II)에 비해 봉상 접지전극 대 수평매설 접지전극(I)의 경우가 전위간섭의 감소에 있어서 더 효과적이다.

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성사업에 의해 작성되었습니다.

참고 문헌

- (1) 高橋健彦, "接地技術入門", 동일출판사, 2002
- (2) 이형수, "접지기술의 국제동향과 과제", 조명전기설비학회지, 제17권, 14호, 2003
- (3) 이복희, 이승철, "접지의 핵심 기초기술", 도서출판 의재, pp.65~104
- (4) 이복희, 이태형, 이수봉, 정현욱 "CDEGS 프로그램을 이용한 다양한 형상의 접지전극 설계" 대한전기학회 고전압 및 방전 응용기술 연구회 춘계학술대회 논문지, pp.8~11, 2005
- (5) 이복희, 이수봉 외 "독립접지방식의 전위간섭 문제 해결을 위한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 전기설비, pp.45~47, 2005
- (6) 高橋健彦, "接地・等電位ボンディング設計の實務知識", オーム社, pp.93~101, 2003
- (7) 이복희, 이동문, 강성만, 임주홍, 이승철, "정보통신용 뇌서지 보호장치의 효과적인 설치기법", KIEE, Vol. 16, No.5, pp.90~96 September 2002