

배전계통 접지전극의 접지효과 분석 연구

강문호
한전 전력연구원

Comparison the grounding effect of a grounding rods and a grounding copper band in the Distribution System

Moon-Ho Kang
KEPRI

Abstract - Grounding rods as a discharge path are normally used to ensure the safety of human beings and facilities from the over-voltages and the over-current. Each grounding mode - class I, class II, class III, special class III- has prescribed ground resistance values which are kept by the utilities. However, in the distribution system, it is very difficult for grounding rods to obtain the prescribed ground resistance values because of the limits of installation space. Therefore, in this paper, the grounding effects of the grounding copper bands which are recently developed to use efficiently in small area and the grounding rods are compared by testing the ground resistance values, ground potential rise(GPR), and step voltage in various cases.

1. 서 론

최근 정보화기술과 디지털기술의 발전과 더불어 제어 기기, 자동화기기 등 각종설비가 첨단 디지털기기로 대체되고 있다. 따라서 이들 설비에 대한 안전성과 신뢰성에 직접적으로 관련되는 접지설비에 대한 중요성이 커지고 있다.

특히 전력계통의 접지설비는 무언의 침범으로써 보이지 않는 곳에서 전력계통에서 발생한 사고전류, 절연불량 및 자연뢰 등으로 인해 발생하는 이상전류를 대지로 안전하게 방전하는 경로를 형성하기 때문에 전력계통의 건전성 확보와 사람의 안전측면에서 중요한 역할을 수행하고 있다.

그러나 배전사업소가 관할하는 배전계통은 도시의 규모가 커지고 지하 매설물이 증가함에 따라 접지설비의 설치장소가 협소해짐으로써 충분한 접지저항을 얻기가 점점 더 어려워지고 있다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 별도의 굴착없이 접지전극을 배전용 전주의 하부에 원통형의 밴드형태로 설치하는 접지동밴드가 최근 개발되었다. 따라서 본 논문에서는 배전계통에서 접지전극으로 주로 사용되고 있는 접지동봉과 협소한 장소에서도 설치가 용이한 접지동밴드를 대상으로 접지저항, 대지전위상승, 보폭전압 등을 측정함으로써 접지효과를 실증시험을 통해 비교·분석하였다.

2. 본 론

2.1 접지전극 설치

시험대상 접지전극의 접지성능을 정확하게 측정하기 위해 동일한 위치에 접지전극을 고대로 설치하여 접지저항, 대지전위데이터를 측정하였다. 그리고 측정장소의 대지등가모델은 wenner 4전극법을 이용하여 결보기저항을 측정하고 이를 해석툴(CDEGS)을 이용하여 구하였다. 아래의 표 1.은 접지전극 설치지역의 대지등가모델을 해석툴을 이용하여 분석한 결과이다. 분석결과 측정지역은 수평 3층구조로 등가화할 수 있었다.

표 1. 측정장소의 대지등가모델

구 분	저항율[Ω · m]	두께[m]
표토층	82.4	0.304
중간층	280.6	0.564
심 층	128.3	∞

2.1.1 접지동봉 설치

배전선로 설계기준에는 철주 및 강관전주 등 금속체 지지물과 철근 콘크리트전주를 구분하여 접지 시공하도록 규정하고 있다. 즉 강관전주와 같은 금속체 지지물은 접지전극을 지지물로부터 1m이상 이격하도록 규정하고 있으며, 철근 콘크리트전주는 0.5m이상 이격하도록 규정하고 있다. 본 연구에서는 위의 두 경우를 모두 포함할 수 있도록 이격거리를 1m로 하여 시험을 수행하였다. 그림 1.은 시험을 위해 설치한 접지동봉의 단면도를 도시한 것이다.

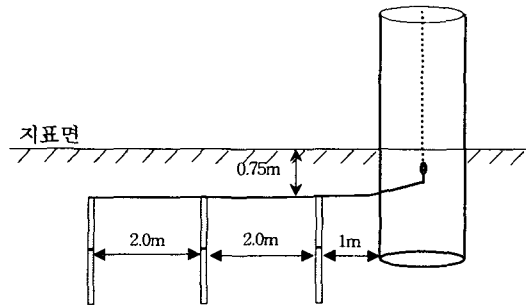


그림 1. 접지동봉의 설치도

2.1.2 접지동밴드 설치

접지전극을 설치하기 위해 추가적인 굴착이 필요없다는 이점을 가지고 있는 접지동밴드는 신설하는 경우와 보수하는 경우에 따라 시공하는 방법이 상이하다. 보수하는 경우 접지동봉과 유사하게 지지물에서 1m이격하여 접지동밴드를 지면에 수직방향으로 지표면하 0.75m이하에 설치하도록 규정하고 있다.

본 연구에서는 신설의 경우를 대상으로 전주 밑둥에서 0.1m이격하여 접지동밴드를 전주에 설치하고 접지동밴드간 이격거리는 0.15m로 유지하여 최대 3개를 설치하고 접지효과 분석시험을 수행하였다. 아래의 그림 2.에 시험을 위해 현장에 설치한 접지동밴드의 설치 단면도를 도시하였다.

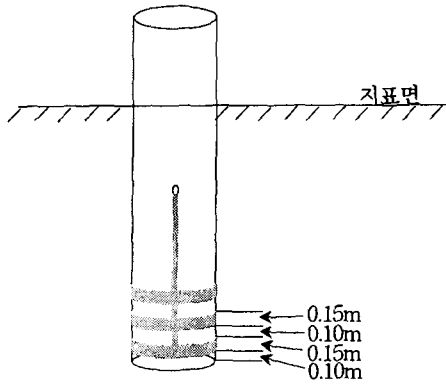


그림 2. 접지동밴드 설치도

2.2 접지저항 측정

단독 접지전극에 대한 접지저항의 측정기법은 2점법과 전위강하법을 예로 들 수 있다. 본 연구에서는 보편적으로 사용되고 있으며 접지전극의 크기와 측정전극간 거리를 알 수 있기 때문에 정확도 측면에서 전위강하법을 이용하여 접지저항값을 측정하였다.

2.2.1 접지동봉

현재 배전선로에는 접지동봉을 주 접지전극으로 사용하고 있다. 또한 접지저항을 저감하기 위해 직렬로 2개를 연결하여 사용하도록 권장하고 있다. 따라서 본 시험에서는 접지동봉 2개를 직렬로 연결(2직렬1병렬)하고 이것을 최대 3개까지 병렬로 연결(2직렬3병렬)하여 그 각각의 경우에 대해 접지저항값을 전위강하법을 이용하여 측정하였다. 아래의 그림 3.에 그 각각의 경우에 대해 전위강하법으로 측정된 접지저항을 나타내었다.

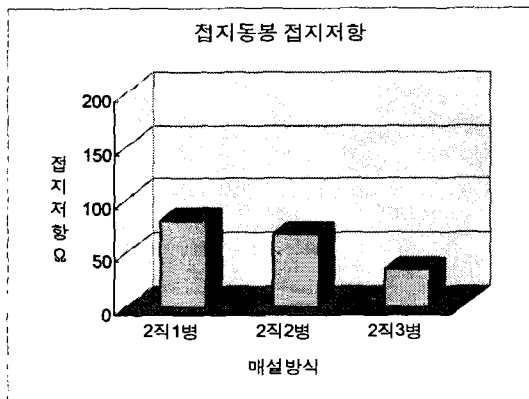


그림 3. 매설방식에 따른 접지동봉의 접지저항 측정값

2.2.2 접지 동밴드

대도시와 같이 접지전극 설치를 위한 추가공간이 어려운 장소에서 접지저항을 용이하게 얻을 수 있도록 개발된 접지 동밴드는 설치방법에 따라 1개에서 3개까지 개별적으로 병렬로 설치하고 접지 저항값을 측정하였다. 아래의 그림 4.는 그 각각의 경우에 대해 전위강하법으로 측정된 접지 저항값을 나타내었다.

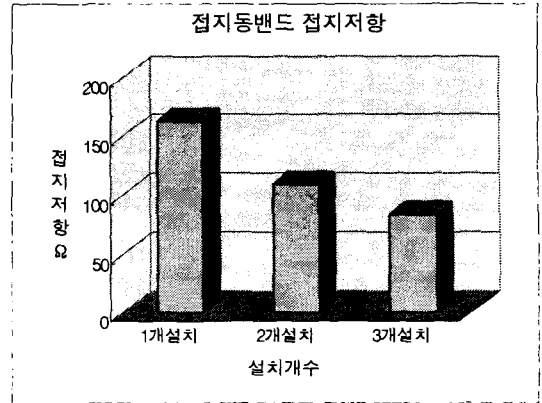


그림 4. 설치수량에 따른 접지동밴드의 접지저항 측정값

본 시험에서 측정한 접지동봉과 접지동밴드의 접지저항값은 접지동봉을 2직렬1병렬로 설치한 경우의 접지저항값이 접지동밴드 3개를 병렬로 설치한 경우의 접지저항값과 거의 유사하게 나타났다.

2.3 대지전위 상승

각각의 접지전극을 측정장소에 설치하고 접지전극에 전류를 주입하고 일정한 간격으로 대지전위를 측정하여 주입전류로 나눈 값 즉 단위전류에 대한 전압값을 구함으로써 접지전극의 대지전위값을 구하였다. 특히 접지동봉의 경우 접지전극 설치방향을 기준으로 전후좌우로 대지전위값의 변화가 예상되기 때문에 그 각각에 대하여 대지전위값을 측정하였다.

2.3.1 접지동봉

접지전극으로 널리 사용되는 접지동봉의 접지선으로 유입되는 전류에 의한 대지전위값을 측정하였다. 대지전위값은 보통을 1m로으로서 인체의 안전과 직결되는 보호전압을 구할 수 있다. 본 연구에서는 각각 2직렬1병렬, 2직렬2병렬 및 2직렬3병렬로 설치된 접지동봉의 대지전위값을 측정하였다. 그림 5.에 각각에 대해 접지전극 매설방향으로 측정된 대지전위값을 나타내었다.

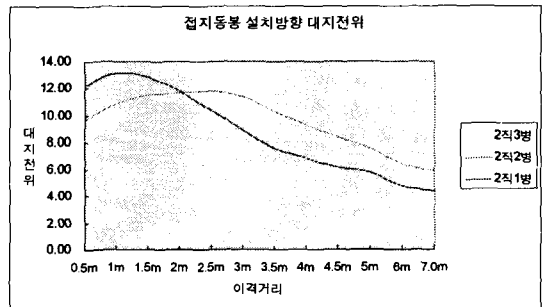


그림 5. 접지동봉 설치방향의 대지전위 측정값

이론적으로 접지전극에 전류가 유입하면 접지전극의 접지저항값에 비례하여 대지전위가 발생한다. 즉 접지저항값이 작으면 대지전위값이 작고, 접지저항값이 크면 대지전위값도 크게 나타난다. 본 시험에서도 이와 같은 이론적인 내용과 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

접지동봉의 설치지역의 대지전위를 파악하기 위해 설치방향을 기준으로 전후좌우에 대한 대지 전위값을 측정하였다. 측정결과 지지물로부터 멀어짐에 따라 대지전위는 감소하였으며, 좌우방향은 유사한 추이를 나타냈으며, 뒤쪽방향은 가장 작은 대지전위를 나타내며 거리에 반비례하여 감소하였다. 아래의 그림 6.은 방향별로 측정한 대지 전위값의 발생 추이곡선을 나타낸 것이다.

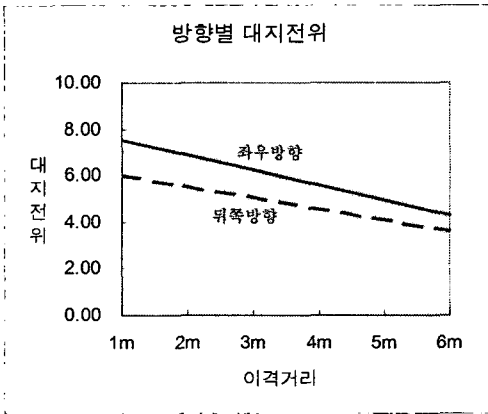


그림 6. 대지전위의 방향별 발생 추이곡선

2.3.2 접지동밴드

협소한 장소에서도 설치가 용이한 접지동밴드는 지지물의 지하매설부분에 설치되기 때문에 지지물을 기준으로 전후좌우방향의 대지전위 추이가 유사하게 나타났다. 또한 이번시험에서는 이격거리가 멀어짐에 따라 대지전위는 감소하였으나, 접지 저항값과는 무관하게 유사한 대지전위가 발생하였다. 아래의 그림 7.에 접지동밴드 설치개수에 따라 발생한 대지전위값을 나타내었다.

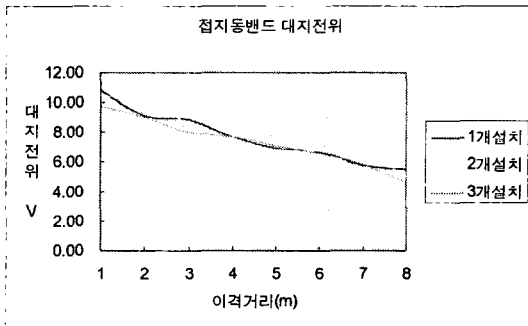


그림 7. 접지동밴드 대지전위 측정값

2.4 보폭전압

위와 같이 측정한 대지전위 측정값을 이용하여 보폭을 1m로 가정하고 단위전류의 입력에 따른 보폭전압을 계산하였다. 접지동봉의 경우 접지동봉 설치방향에서 가장 가혹한 보폭전압이 발생하는 것으로 조사되었으며, 여러개를 병렬로 설치할 경우 등전위영역이 넓어져 해당영역의 보폭전압 감소에 영향을 주었으며, 접지동밴드는 전체적으로 완만한 접촉전압을 보였다. 최대 보폭전압을 계산한 결과 접지동봉과 접지동밴드 모두 최대 약 2.5V/A의 유사한 보폭전압을 나타내었다.

3. 결 론

전력계통의 접지설비는 무언의 첨병으로써 보이지 않는 곳에서 전력계통에서 발생한 사고전류, 절연불량 및 낙뢰 등으로 인해 발생하는 이상전류를 대지로 방전하는 경로를 형성하기 때문에 전력계통의 건전성 확보와 사람의 안전측면에서 중요한 역할을 수행하고 있다.

그러나 배전계통은 도시의 규모가 커지고 지하 매설물이 증가함에 따라 접지설비의 설치장소가 협소해짐으로써 충분한 접지저항을 얻기가 점점 더 어려워지고 있다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 다양한 형태의 접지전극이 개발되고 있다. 본 논문에서는 별도의 굴착없이 접지전극을 배전용 전주의 지하매설부분에 원통형의 밴드형태로 설치하는 접지동밴드와 배전계통에서 접지전극으로 주로 사용되고 있는 접지동봉을 대상으로 접지저항, 대지전위상승, 보폭전압 등을 측정하여 접지효과를 실증시험을 통해 비교·분석하였다. 본 시험을 통해 나타난 결과를 정리하면 아래와 같다.

- ① 접지저항값 측면에서 접지동밴드를 최대 3개 동시에 설치한 경우와 접지동봉을 2직렬1병렬로 설치한 경우에 유사한 접지저항이 얻을 수 있었다.
- ② 대지전위상승은 접지동봉의 경우 병렬 설치하는 경우 해당영역이 거의 등전위를 나타내었다.
- ③ 보폭전압의 경우 접지동밴드와 접지동봉이 거의 유사한 보폭전압을 나타내었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 조선기, 정성채, "배전선로의 접지저항 관리에 관한 연구 최종보고서", KEPRI, 1988
- [2] 정길조, 최종기, "운전중인 변전소의 접지계통 진단기술 개발연구 최종보고서", KEPRI, 2002
- [3] 이복희, 이승철, "접지의 핵심 기초 기술", 의제, pp. 65-104, 1999
- [4] "IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System", ANSI/IEEE Std 81 1983