배전용 전주와 접지전극의 이격거리에 따른 접촉전압

(Touch Voltage According to the Distance
between Distribution Concrete Pole and Ground Rod)

이복희 · 정현욱* · 이태형 · 백영환 · 이동문 · 정동철 · 이규선 · 안창환

(B.H. Lee · H.U.Jung* · T.H. Lee · Y.H. Baek · D.M. Lee · D.C.Jung · K.S.Lee · C.H. Ahn)

Abstract

This paper describes the touch voltages and potential distributions according to the distance between distribution concrete pole and ground rod when the current is injected to a ground rod through overhead ground wire. Touch voltage is measured in four directions. The touch voltage and ground potential distribution per 1 A are analyzed. The touch voltage was the highest at the ground surface just above the ground rod.

1. 서 론

접촉전압은 사람이 접지를 한 시설물 또는 구조물에 접촉하였을 때 접촉한 구조물과 사람이 사이의 전위차로 정의하며 인체각부의 대지와의 접촉조건, 지표면 부근의 대지저항률 등에 의해 복잡하게 변화하게 된다. 접촉전압은 보폭전압과 함께 감전에 대한 인체의 위험의 정도를 나타내는 가장 중요한 지표로 활용되어지지만 실제로 인체에 대한 위험이 되는 원인은 인체를 통과하여 흐르는 전류 값이고, 인체에 인가되는 전압의 크기는 2차적 요소로 볼 수 있다. 그러나 수~수 십kA의 뇌서지 전류가 가공지선과 접지전극을 통해 대지로 유입되었을 경우 접지전극 주변의 대지 표면에 큰 전위경도가 형성되고 큰 전위차가 발생하게 되므로 감전사고의 우려가 있다.

이에 대한 배전용 전주의 접지시스템은 가공지선을 매 200 m이하 마다 중성선과 공용하여 접지저항 50 Ω 이하로 접지하며, 매 전주마다 가공지선, 완철 접지선, 다중접지중성선은 상호 접속하도록 되어 있다. 또한 배전규정에서 접지 전극은 전주에서 0.5 m이상 이격시키고 지하 0.75 m이상의 깊이로 매설하도록 하고 있다. 그러나 실무 현장에서는 이러한 규정들이 주변 여건이나 비용 문제로 무시되고 있으며 근입을 굴착한 후 전주와의 이격거리를 무시하고 접지전극을 매설하는 경우가 많다. 따라서 본 실험에서는 도심지의 시가지에 22.9 kV의 배전선로로 시설되어 있는 16 m콘크리트 전주에서 접지전극의 이격거리에 따른 접촉전압을 네 방향에서 측정하였다. 접지전극의 매설위치가 접촉전압에 미치는 영향을 분석하기 위하여 접지전극의 위치에 따른 전위분포를 측정하였다.

2. 측정장치 및 방법

2.1. 측정계의 구성

본 실험을 위하여 그림 1과 같이 실험계를 구성하였다. 지표상의 콘크리트 전주의 직경은 약 0.4 m이고, 그림 2와 같이 전주의 4방향으로 접촉전압의 측정을 위한 보조전극이 시설되었다. 또한, 가공지선의 캡 부분에는 주수를 위한 호스가 설치되었다.

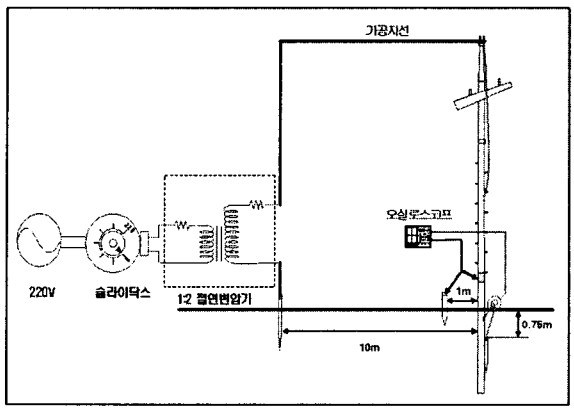


그림 1. 접촉전압의 측정을 위한 실험계
Fig. 1. Experimental setup for measuring touch voltage

220V 상용 전원을 1:2 절연 변압기를 이용하여 가공지선에 전압을 인가하였으며, 인가전압을 조절하기 위하여 슬라이닥스를 설치하였다. 접지전극은 지하 0.75 m 깊이에 각 실험에 따라 전주로부터 0, 0.5, 1 m를 이격시켜 설치하였으며 접지저항은 0 m에서는 34 Ω, 0.5 m 이격의 경우 28 Ω, 1 m 이격의 경우 27.2 Ω으로 측정이 되었다. 접지저항의 변화에 따라 각각의 경우에 일정한 전류가 흐르지 않으므로 본 실험에서 접촉전압은 전주와 측정보조전극간 1[A]당의 전위차로 나타내었다.

2.2. 측정 방법

가공지선을 통하여 접지전극으로 흐르는 전류는 전류프로브 (80i-1000s)를 이용하여 측정하였으며, 이때의 접촉전압은 전주와 1 m 떨어진 측정보조전극 사이를 고전압차동프로브(P-5205)를 사용하여 측정하였다.

전위 분포는 측정보조전극이 설치되어 있는 4방향에 대하여 1.4 m 거리를 0.2 m간격으로 무한 원점의 전위를 기준으로 측정하였다. 그림 3에 전주로부터 접지전극의 이격거리가 1 m인 경우에 측정한 주수 후 접촉전압의 파형을 예를 나타내었다.

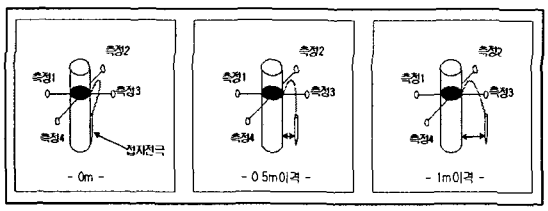


그림 2 접촉전압 측정의 개략도
Fig. 2. Schematic diagram of touch voltage measurements

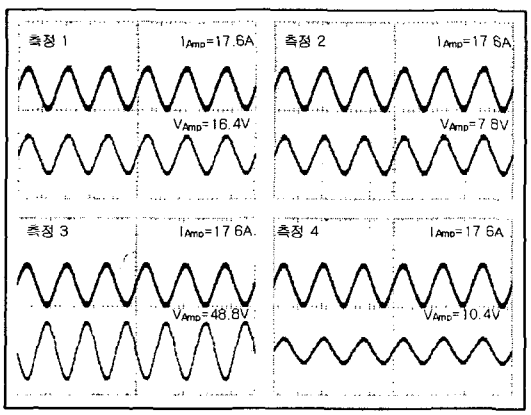
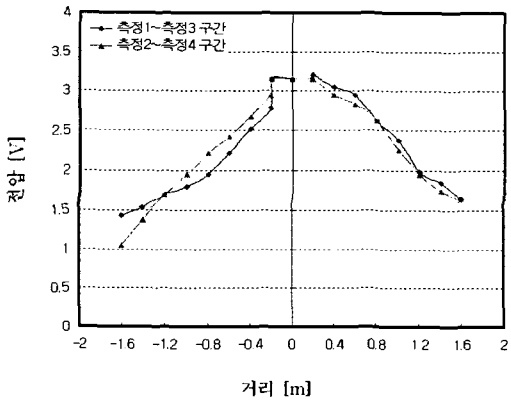


그림 3.주수 상태에서 측정한 파형
(전주와 접지전극간 거리:1m)
Fig. 3. Waveforms of touch voltage measure in wet condition
(the distance between the concrete pole and ground rod is 1m)

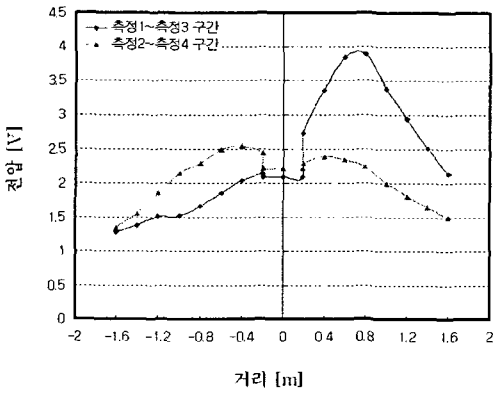
3. 결과 및 고찰

3.1 대지 전위 분포

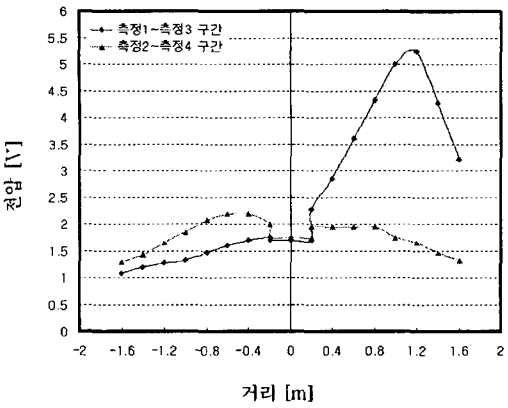
배전용 전주 주변에 설치한 접지전극에 1 A의 전류가 흐를 때의 대지전위분포를 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서 -0.2 m에서 0.2 m 사이는 콘크리트 전주가 매설되어 있는 부분으로 등전위로 나타나는 것을 볼 수 있으며 가로축의 -1.2 m지점이 측정 1과 측정 2의 보조전극, 1.2 m 지점이 측정3과 측정 4의 보조전극이 설치된 위치이다. 대지표면의 전위상승은 접지전극의 형상, 대지 구조, 토양의 성분과 성질 및 균질성, 접지전류의 크기 및 지속시간 등 이에 영향을 미치는 요소가 많아 측정된 접촉전압에 대한 정확한 원인의 규명에는 한계가 있다.



(a)접지 전극이 0 m지점에 매설된 경우



(b)접지 전극이 0.5 m지점에 매설된 경우



(c)접지 전극이 1 m지점에 매설된 경우

그림 4. 접지전극에 1 A의 전류가 흐를 때 배전용 전주 주변의 대지전위분포

Fig. 4. Distributions of ground potential raised by the current of 1 A ground the concrete pole.

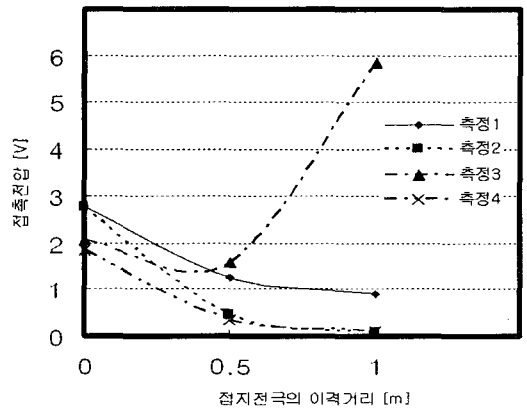
그림 4에서 각 방향으로 0.2 m와 1.2 m에서 측정된 전위의 차가 전주의 접촉전압으로 볼 수 있으며, 접지전극이 0 m지점에 위치한 그림 4 (a)의 경우 각 측정구간에서 전위차가 측정된 접촉전압과 비슷한 모습을 보이고 있다. 접지전극이 콘크리트 전주로부터 0.5 m, 1 m 이격된 경우 접지 전극이 매설 되어 있는 측정 3 지점의 전위가 최대로 나타나고 전위 분포 그래프에 의한 전위차가 측정된 접촉전압과 유사한 형태로 나타났다.

3.2 접촉전압

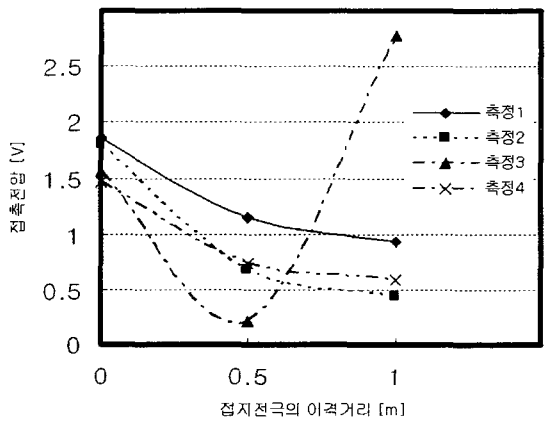
주수 전·후에 측정된 접촉전압을 그림 5에 나타내었다. 접촉전압은 주수 후 대지저항률이 감소함에 따라 전체적으로 감소하는 경향을 보였고, 접지전극의 이격거리가 0m 인 경우의 접촉전압은 접촉위치에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 접지전극에 접지전류가 유입될 경우 지표면에서 전위상승이 발생하며 전위상승은 접지전극의 위치에서 가장 높고 전극으로부터 멀어짐에 따라 거리에 반비례하여 감소하는 경향의 산봉우리 형태를 갖게 되기 때문이다.

접지전극을 이격시키지 않을 경우의 접촉전압은 이격거리가 0.5 m인 경우보다 약 1.5배에서 5배까지 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 이격 거리가 1 m인 경우에는 측정 3의 위치를 제외하고 약 3배에서 40배까지 감소하였다.

접지전극이 1 m 이격되어 있을 때 접촉전압은 측정 3의 위치에서 가장 높게 측정되었으며 주수 전에는 측정 1보다 약 6배, 주수 후에는 약 3배정도 높은 것을 볼 수 있다. 주수 전·후 모두 접촉전압의 최대값이 접지전극의 이격거리가 1 m인 경우에 측정 3의 위치에서 나타나는 것은 그림 4의 (c)에서처럼 접촉을 하게 되는 위치가 매설된 전극의 상부 표면이기 때문이며 (b)의 경우 측정 3의 보조전극이 위치한 부분에 높은 전위 상승이 나타나고 있음에도 불구하고 접촉전압은 1.2 m와 0.2 m 위치의 전위차로 나타나기 때문에 접지전극이 1.2 m부분에 매설되어 있는 경우보다 낮게 측정이 되는 것이다.



(a)주수 전



(b)주수 후

그림 5. 전주와 접지전극의 이격거리에 따른 접촉전압 곡선

Fig. 5. Curves of touch voltage per 1 A according to the distance between concrete pole and ground rod.

4. 결 론

접촉전압은 주수 후에 대지저항률이 감소함에 따라 전체적으로 감소하는 경향을 보였으며 접지전극의 매설위치와 접촉하는 방향에 따라 큰 차이를 보였다.

접지전극이 전주로부터 이격되지 않고 시설되는 경우 접촉 위치에 관계없이 전체적으로 높은 접촉전압이 측정되어 이격거리가 0.5 m인 경우보다 접촉전압에 의한 감전 사고의 위험성이 접촉위치에 따라 약 1.5배~5배정도 높은 것으로 나타났다. 전주와 접지전극의 이격거리가 0.5 m와 1 m일 경우 측정 1, 측정 2, 측정 4 지점의 접촉전압은 접지전극이 콘크리트 전주로부터 멀리 이격될수록 감소하였으나, 접지전극이 매설되어 있는 방향인 측정 3지점에서는 접촉전압이 가장 높게 나타났다. 따라서 접지전극을 사람이 접근하기 어려운 위치에 설치하는 것은 효과적인 위험방지대책이 될 수 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] 이복희, 길형준, "반구형 접지모의시스템을 이용한 접지전극의 형상에 따른 대지전위상승의 분석",pp319-325, 2005
[4] 高橋,建彦, "접지·등전위 본딩 설계의 실무지식", pp18-32, 2003