

배전용 전주의 접지 시스템에 대한 임펄스 특성

이복희, 정현욱, 이수봉, 이태형, 백영환, 이규선, 안창환*
 인하대학교, 인하공업전문대학*

Impulse Characteristics of Grounding Systems for Distribution Concrete Pole

B.H.Lee, H.U.Jung, S.B.Lee, T.H.Lee, Y.H.Beak, K.S.Lee, C.H.Ahn*
 Inha university, Inha Technical college*

Abstract - This paper describes impulse grounding impedance and touch voltage when impulse current is injected to grounding systems for distribution concrete pole. Impulse grounding impedance is a significant factor in analyzing transient grounding impedance. The touch voltage is measured in four directions. The maximum touch voltage was 520V and the minimum touch voltage was 47.3V when the input current was 100A.

1. 서 론

배전용 전주의 가공지선의 접지는 매 200m이하 마다 중성선과 공용하여 접지저항 50Ω 이하로 접지하며 매 전주마다 가공지선, 완철 접지선, 다중접지중성선은 상호 접속하도록 되어 있다. 각 전주의 접지는 병렬로 구성하게 되며 그에 따른 접지저항의 저감 효과가 크다. 그러나 뇌서지 전류에 대하여 정상상태의 접지저항을 적용하는 것은 적절하지 못하며 뇌 서지 전류에 의한 이상 전압을 저감시키고, 이상전류를 대지에 효과적으로 방류시켜 전위 상승을 억제하기 위해서는 배전용 전주의 접지임피던스의 평가가 필요하다.

접지 시스템에서 임펄스 전류에 대한 임피던스의 분석은 짧은 파두시간을 가지는 뇌격전류에 의한 영향을 분석하는 것이 중요하다. 뇌격 전류는 시간에 따른 전류의 변화율이 크기 때문에 인덕턴스에 의해 유기되는 전압이 높다. 따라서 본 연구에서는 전주의 접지시스템에 대한 임피던스 특성을 알아보기 위하여 임펄스 전류가 유입되었을 경우 발생하는 전위 상승을 측정하여 과도임피던스 특성을 분석하였으며, 배전용 전주에 임펄스 전류가 침입했을 때 접촉위치에 따른 접촉전압의 변화를 측정 및 분석하였다.

2. 본 론

2.1 실험계의 구성

일반적으로 도심지에서 22.9kV의 배전선로에 시설되는 16m 길이의 철근 콘크리트 전주를 실험용으로 그림 1과 같이 10m간격으로 설치하였다. CP1에는 직경14mm, 길이 1m인 접지동봉을 3개 병렬로 설치하였으며, 정상상태 접지저항은 17.3Ω이었다. 가공지선은 가공지선 램프와 접지선에 접속되어 있으며, 접지선은 접지선 인입구와 전주 하부 인출구를 통해 접지전극에 접속하였다. CP2는 임펄스 전류를 상부 가공지선에 수직으로 인가하기 위하여 시설하였고 임펄스전류발생장치를 사용하여 파두시간이 8μs, 파미시간이 20μs인 뇌임펄스 파형을 인가하여 실험을 수행하였다.

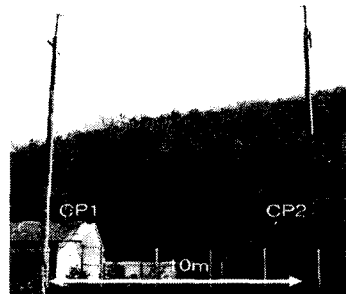


그림 1. 실증실험장을 위한 배전용 전주의 설치
 Fig 1. installation of distribution concrete poles

2.2 배전계통 접지시스템의 임펄스접지임피던스 특성

접지 시스템에 임펄스 전류를 인가하였을 때 인가전류에 의한 유도전압을 최소화시키기 위하여 임펄스 전류는 가공지선을 통해 수직으로 인가하였으며, 영전위 보조선을 그림 2와 같이 설치하였다. 인가전류는 100kHz, 1kA의 전류측정이 가능한 대전류 프로브를 사용하였고, 전위는 50MHz, 4.4kV까지 측정이 가능한 고전압프로브로 측정하였다.

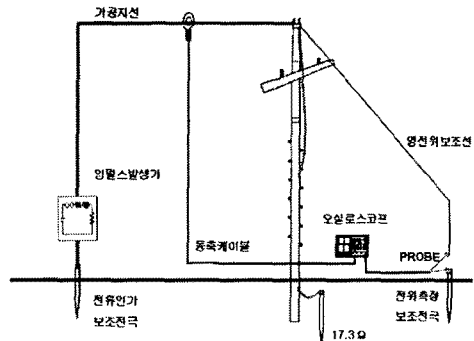


그림 2. 접지 임피던스의 측정회로
 Fig 2. Circuit for measuring the ground impedance

그림 3에 오실로스코프로 측정한 전위와 인가한 전류의 파형의 예를 나타내었다. 인가 전류와 전위의 상승시간의 차이는 배전용 전주의 접지 시스템의 회로 요소가 저항과 인덕턴스 성분으로 이루어져 있기 때문이며, 인덕턴스의 영향이 크게 작용하게 되면 위상차는 더 커지게 된다.

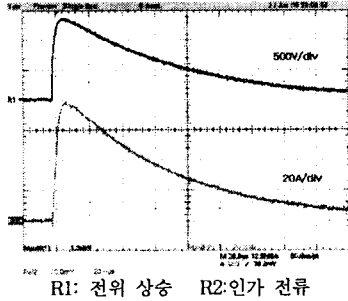


그림3. 인가전류와 전위의 파형
Fig 3. waveforms of the incident impulse current and potentialrise

임펄스 접지 임피던스는 인가 전류에 대한 전위상승의 비로 구할 수 있으며, 그림 4에 임펄스 접지 임피던스 파형을 나타내었다. 10 μ s 이전의 시간 범위에서 임펄스 접지 임피던스는 큰 값을 가지는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 임펄스 접지 임피던스에 인덕턴스 성분이 우세하게 작용한 것이며, 시간이 지남에 따라 주파수의 영향을 적게 받게 되는 저항성분에 의해 임피던스는 일정한 값으로 수렴한다. 또한 수 μ s의 영역에서는 임펄스 접지 임피던스가 정상상태 접지 저항보다 2~3배가량 높게 나타났다으며 가공지선의 길이가 길어질수록 과도상태에서 임피던스는 증가할 것으로 판명된다. 효과적인 임펄스 접지 임피던스 특성을 가지기 위해서는 가공지선의 길이에 따른 인덕턴스 성분을 고려한 접지 시공이 이루어져야 한다.

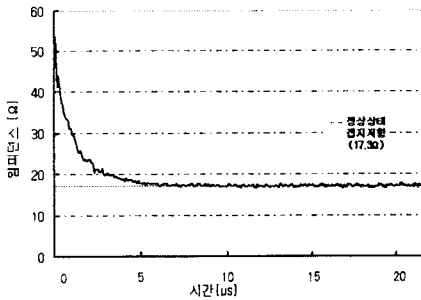


그림4. 배전용 접지의 Z-t 곡선
Fig 4. Z-t curve of the grounding for distribution concrete pole

2.3 임펄스 전류에 대한 접촉전압

전주가 시설되어 있는 부지의 대지 저항률은 Wenner의 4전극법을 이용하여 TERCA-II 측정기로 측정하였다. 배전용 전주의 접지는 지표면에서 0.75m 이상의 깊이에 시설하도록 되어 있으며, 그에 따라 실험장의 대지 저항률을 0.5, 1, 2, 3, 4, 5[m] 간격으로 측정하였다. 실험장의 대지구조는 2층구조로 구성되어 있음을 알 수 있다. 실험장의 대지 저항률은 접촉전압을 분석하기 위하여 CDEGS 프로그램에 적용되었다.

표 1. 대지 구조의 분석 결과
Table 1. The analysed results of soil layer

Layer	대지저항률 [Ω m]	지층 두께 [m]
Top	62.13	1.02
Bottom	73.45	infinite

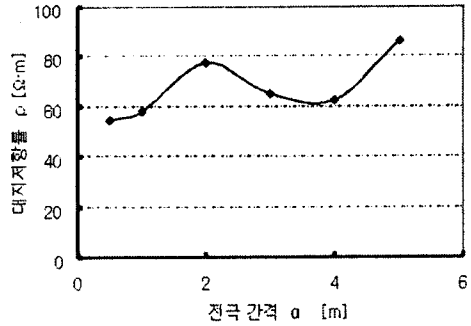


그림 5. 실증실험장의 p-a 곡선
Fig 5. p-a curve in the test site

접촉위치에 따른 접촉전압의 차이를 알아보기 위하여 그림 6과 같이 실험계를 구성하였다. 전주의 접지전극은 17.3 Ω 으로 3개의 동봉이 병렬로 접속되어 있으며, 전주로부터 1.3m 이격되어 설치되었다. 전주의 1m 높이에 동판을 이용하여 접속하고 이로부터 1m 거리에 4방향으로 전극을 설치하였다. 4개의 전극은 접지전극의 방향과 각각 90° 방향으로 설치하고 오실로스코프에서 측정파형을 확인하기 위하여 접지도선을 통해 흐르는 전류를 트리거 신호로 하여 전주와 전극 사이의 전압을 측정하였다.

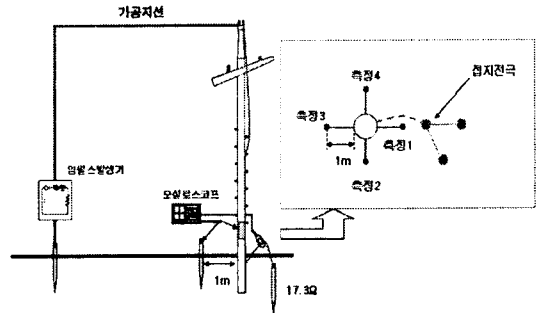
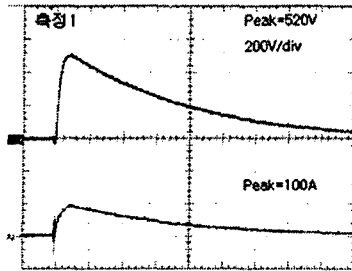


그림 6. 접촉전압의 측정회로
Fig 6. The circuit for measuring the touch voltage

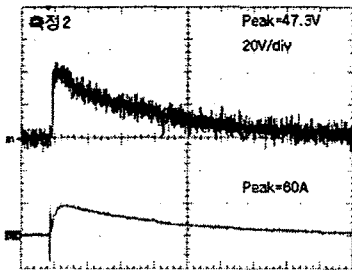
접지전극으로 흐르는 전류가 100A일 때를 기준으로 하여 각 전극에서 전위를 측정하였다. 표 2와 그림 7에 측정된 결과와 파형을 나타내었다. 접촉전압의 크기는 측정1> 측정4> 측정3> 측정2의 순서로 측정되었다.

표 2. 측정위치에서 100A 당의 접촉전압
Table 2. The touch voltage per 100A in the measuring position

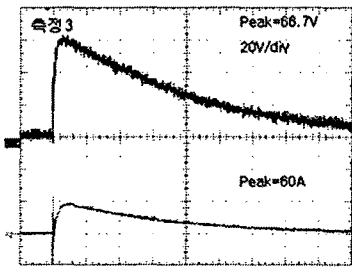
측정값 측정위치	접촉전압 [V]
측정 1	520
측정 2	47.3
측정 3	66.7
측정 4	92



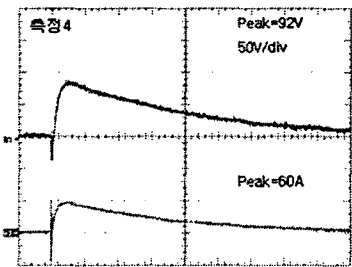
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 7. 인가 전류와 접촉전압의 파형
Fig 7. Waveforms of the incident impulse current and touch voltage.

접촉전압이 측정1 > 측정4 > 측정3 > 측정2의 형태로 나타나는 것은 접지전극에 대한 접촉전압이 아니라 배전용 전주의 접촉전압이므로 전주 주변의 표면에서 나타나는 전위 분포의 영향을 받게 되기 때문이다.

그림 8은 그림 6과 같은 접지시스템에 100A의 전류가 인가되었을 때 전극 주변에 나타나는 전위 경도를 접지설계용 CDEGS 프로그램을 이용하여 시뮬레이션 한 결과이다. 그림 8에서 각 타원간의 전위차는 약 125V이며 접지전극에서 멀어질수록 타원간의 간격이 커지고 있다. 이것은 접지전극으로부터 멀어질수록 전위가 지수적으로 감소하고 있음을 의미한다. 전주와 전극간의 전위차는 전위경도의 변화율이 큰 곳에 위치한 측정 1지점이 가장 크게 나타났으며 전극이 병렬 연결된 방향으로 전위경도

분포 곡선의 왜곡이 일어나기 때문에 측정 2지점이 가장 작은 전위차를 갖는 것으로 나타났다. 각 측정지점에서 전주와의 접촉전압의 크기는 ① > ③ > ④ > ②의 순서로 나타났다.

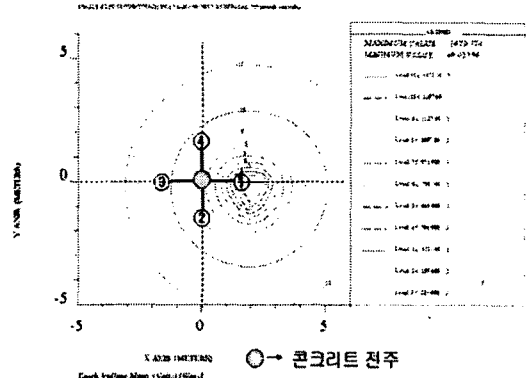


그림 8. CDEGS 프로그램을 이용해서 해석한 전위 경도
Fig 8. Potential gradient analyzed by CDEGS program

CDEGS 프로그램을 이용하여 전위 경도에 의해 추정된 접촉전압의 크기와 실제 접촉전압이 다소 차이가 있는 것은 CDEGS 프로그램이 입력된 대지 저항률에 따라 균일한 2층 구조의 대지 저항률로 해석하기 때문이며, 실제에 있어서 접촉전압은 지표면 부근의 대지 저항률에 따라 변화한 것으로 볼 수 있다.

3. 결 론

배전용 전주의 과도 임피던스 측정을 위한 실험에서 가공지선과 접지 도선에 의한 인덕턴스 성분에 의해 수 μ s의 영역에서 높은 임피던스를 나타내게 되었다.

$I_{peak}=100A$ 인 임펄스 전류가 접지전극으로 유입되었을 때 접촉 위치에 따른 접촉 전압의 경우 최대 520V, 최소 47.3V가 측정되었다. 이것은 접지전극으로부터 거리에 따라 지수적으로 감소하는 전위 경도에 의한 것으로 접지전극이 전주로부터 멀리 시설될수록 접촉전압에 대한 안전성을 확보할 수 있으며, 접지전극이 매설되는 장소는 사람이 보행하는 길의 바깥 방향이나 도로 방향으로 시설되는 것이 바람직하다.

[참 고 문 헌]

[1] 이복희, "접지의 해석 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] Moon-ho.kang, "The study on the Impulse Characteristic of Secondary Arresters in power Distribution System", 2KIEE Annual Autumn Conference 2004, pp297-299, 2004