

임펄스 전류에 대한 대규모 접지시스템의 정상상태 및 과도상태의 접지임피던스 특성

이복희, 이승철, 박종순^U
 인하대학교 공대 전기공학과

Characteristics of Stationary and Transient Ground Impedance of Large-Scale Grounding Piles

B.H. Lee, S.C. Lee, J.S. Park^U
 Dept. of Electrical Engineering, Inha University.

Abstract - The stationary ground resistance and the transient ground impedance of grounding system are very important parameters in the field of lightning and surge protection. But, it is very difficult to obtain correct values of them in large-scale grounding system. In this paper, the stationary and transient ground impedances of a large-scale grounding system have been measured and analyzed under impulse currents. In order to obtain correct values of them, we have described $Z-v$ (impedance vs ground potential rise) distributions and $Z-t$ waveforms. The transient ground impedance of 36 [m] long three-parallel grounding piles have showed the inductive aspects and the hysteresis region under impulse currents.

은 36 [m] 길이의 강관(Pile)을 3극 병렬연결한 것이며, 접지극에 인가된 전류와 전위상승의 비($V(t)/I(t)$)로써 접지저항의 과도성분을 산출한다. 인가전류와 접지극의 전위상승 측정파형의 예를 그림 2에 나타내었다.

1. 서론

높은 뇌보호 수준을 요구하는 건물의 접지시스템은 그 규모가 크고 수 (Ω) 이하의 대단히 낮은 접지저항을 가져야 한다. 이러한 대규모 접지시스템의 경우는 과도접지임피던스 뿐만 아니라 정상상태 접지저항의 측정에 있어서도 많은 어려움이 따르며, 측정 오차를 줄이기 위해 소규모 접지극에서의 경우와는 차별화된 방법을 선택해야 한다. 이는 접지저항값이 대단히 낮기 때문에 정확한 측정을 위한 충분한 전위상승을 일으키기가 어렵고, 주위의 매질물에 의한 영향을 받기가 쉽기 때문이다. 또한, 전위보조극이나 전류보조극의 거리확보도 중요한 문제가 된다. 대규모 접지시스템의 접지저항을 측정하고자 할 때에는, 측정대상의 접지시스템과 보조극과의 거리가 먼 것을 고려하여 큰 전류를 흘려주어야 정확한 측정이 이루어진다. 따라서, 시중의 간이식 접지저항 측정계로는 정확한 측정값을 얻기가 힘들며 따라서 대규모 접지시스템에의 적용은 불가능하다.

2. 측정계의 구성과 측정원리

본 연구에서는 대규모 접지시스템의 정상상태 접지저항과 과도상태의 접지임피던스를 측정하기 위해 임펄스 전류를 인가하는 방법을 사용하였다. 임펄스 전류는 아주 짧은 시간동안에 큰 에너지를 가지며, 즉 높은 피크값을 가지므로 높은 전위상승을 유도해 낼 수가 있으며, 일정한 주파수의 교류 전류를 사용하는 것보다 과도상태시의 임피던스변화를 측정·분석하기가 용이하기 때문에 접지시스템의 회로분석에 주로 사용된다.

그림 1에 측정계의 회로도를 나타냈으며, 측정에 사용한 장비는 표 1에 나타내었다. 임펄스 전류 발생장치(Impulse Current Generator)를 사용해 피크값 30~80[A]의 4/300 [μ s] 임펄스 전류를 측정대상의 대규모 접지시스템에 인가해 주었다. 측정 대상의 접지극

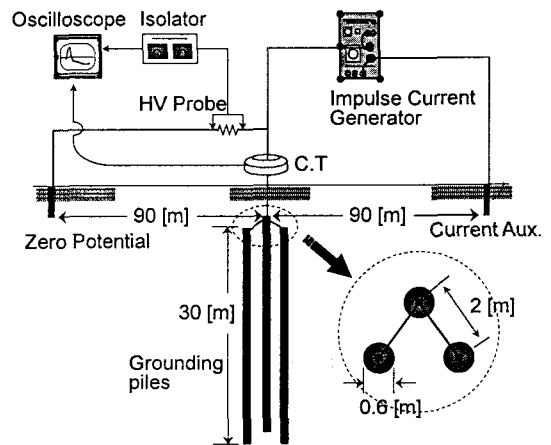


그림 1 측정계 회로도

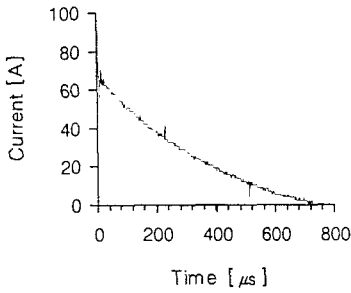
Fig. 1 Circuit diagram of measuring system

표 1 본 연구에서 사용한 측정장비

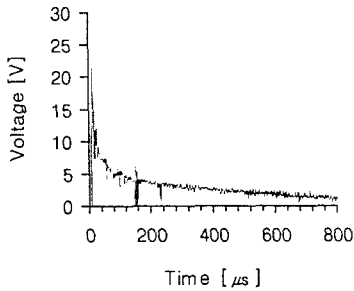
Table 1 Measuring instruments used in this work

Equipment	Specification
Impulse Current Generator	Trigger gap(20kV, 50kA) Condenser bank : 30 μ f Maximum output : 10kA
Current Transformer	Sensitivity : 5.37kA/V BW : 800Hz~1MHz
Oscilloscope	Digital storage 500MHz@1GS/s 2 channels
HV Probe	Differential high voltage probe BW : DC~75MHz
Isolator	BW : 60MHz 2 channels

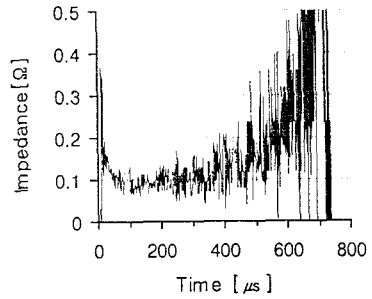
일반적인 접지저항 측정에서는 전류보조극을 측정대상이 되는 주접지극 길이의 3~4배로 하는 것이 일반적이지만, 대규모 접지체의 접지저항을 측정할 경우에는 장소의 제약이 따르게 마련이고 주위의 대지에 포설된 케이블이나 그 밖의 매설도체에 의한 전위간섭 요인도 있으므로 가능한 한 보조극 자체도 낮은 접지저항을 갖도록 하여 이격거리를 단축시켜야 한다.



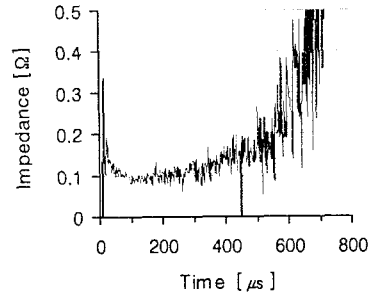
(a) 인가전류 파형



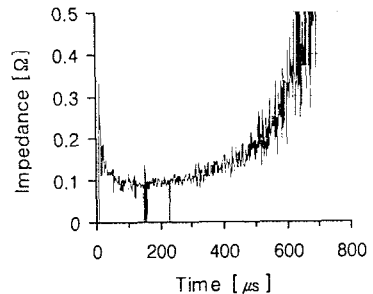
(b) 전위상승 파형



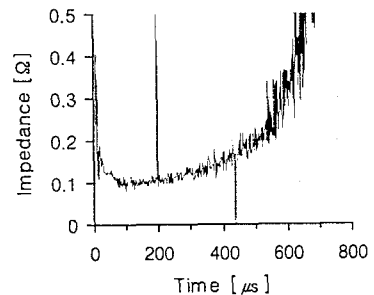
(a) 2kV 충전시



(b) 3kV 충전시



(c) 5kV 충전시



(d) 6kV 충전시

그림 2 대규모 접지극의 임펄스 전류 응답파형의 예 (5kV 충전시)

Fig. 2 Examples of typical response waveforms of large-scale grounding piles under impulse current(5kV charged)

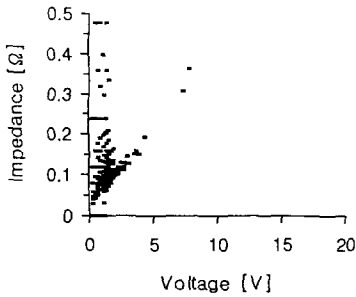
3. 측정결과

임펄스 전류를 인가하여 접지시스템의 정상상태 접지저항과 과도접지임피던스를 측정하기 위해서는 접지임피던스 파형에 대한 분석이 정확하게 이루어져야 한다. 특히, 정확한 정상상태 접지저항값을 접지임피던스 파형으로부터 얻어낸다는 것은 명확한 해석이 나와있지 않다. 이는 과도적인 특성과 정상상태의 특성들이 복합적으로 나타나기 때문이다.

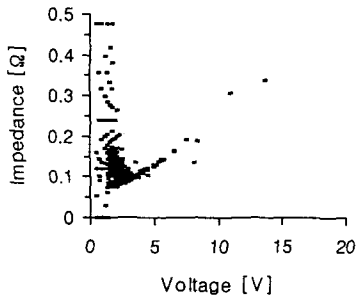
측정결과로부터 얻어진 접지임피던스 파형을 그림 3에 나타내었다. 0 ~ 100 [μs]까지는 접지시스템의 인덕턴스 성분에 의한 접지임피던스 상승부(유도특성)로서 정상상태의 접지저항보다 수 배 정도까지 높아지는 것을 알 수 있다. 100 ~ 300 [μs]까지의 영역은 가시적으로는 정상상태 접지저항을 나타내는 부분으로서, 유도특성이 사라진 이후 안정되어 파형이 평탄해지는 부분이다. 300 [μs] 이후의 접지임피던스 파형은 주접지극과 전류 보조극이 이루는 폐회로 내에서 나타나는 히스테리시스 효과에 기인한 접지임피던스 상승부이다.

측정대상으로 한 접지시스템의 임피던스 파형은 정상상태의 접지저항을 나타내는 부분이 비교적 긴 시간의 영역에 걸쳐 나타나고 있지만, 때로는 이처럼 평탄곡선을 나타내는 영역이 아주 짧아서 정상상태로서 관찰하기가 어려운 경우도 있다. 임펄스 전류에 대한 과도접지임피던스의 시간특성만으로는 정확한 정상상태값을 단정할 수가 없으며, 따라서 접지시스템의 전위상승에 대한 접지임피던스의 변화특성(Z-v특성)에 대한 관찰과 분석이 대부분의 경우 필요하게 된다.

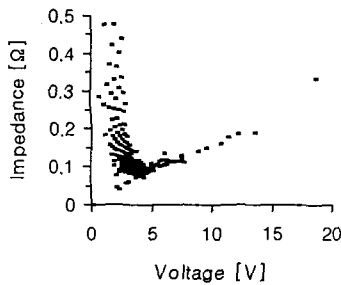
그림 3 임펄스 전류 인가시 과도접지임피던스 파형
Fig. 3 Waveforms of transient grounding impedances under impulse currents



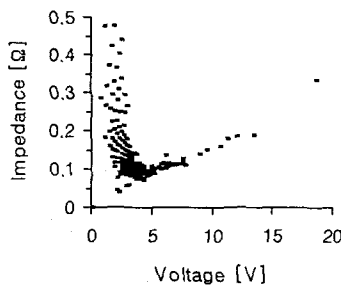
(a) 2kV 충전시



(b) 3kV 충전시



(c) 5kV 충전시



(d) 6kV 충전시

그림 4 임펄스 전류에 대한 대규모 접지시스템의 Z-v 특성

Fig. 4 Z-v characteristics of large-scale grounding piles under impulse current

전위상승에 대한 접지임피던스의 분포(Z-v분포)를 그림 4에 나타내었다. 충전전압을 높여 인가전류의 크기가 커질수록 Z-v분포는 수직분포에서 0.1 [Ω]의 값을 나타내는 선상에서 수평분포로 바뀌어가며, 형상도 'V'자에서 'L'자 형상으로 이행하는 것을 알 수 있다. 이는 임펄스 전류에 대한 과도접지임피던스 파형을 통해 정상상태값을 정확히 나타내기 어려움에도 불구하고, Z-v분포를 해석함으로써 정상상태값의 정확한 유추가 가능하다는 것을 보여준다. 또한, 인가전류의 크기가 커질수록 그 정확도는 높아짐을 알 수 있다.

접지임피던스 파형에서 볼 수 있듯이 임펄스 전류 발생장치의 충전전압이 높을수록 즉, 인가전류의 크기가 커질수록 접지임피던스 파형의 진폭이 줄어들고 파형판축이 쉬운 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서 측정대상으로 한 대규모 접지시스템의 정상상태 및 과도상태의 접지임피던스 측정결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

측정 대상으로 한 대규모 접지시스템(36 [m] 길이의 강관 3극 병렬접지)에 임펄스 전류를 인가하여 측정된 결과, 정상상태 접지저항은 0.1 [Ω]이었으며, 정상상태 뿐만 아니라 과도상태의 접지임피던스를 정확하게 측정할 수 있었다. 과도접지임피던스는 유도성을 나타내는 과도영역과 정상상태 영역 그리고 히스테리시스 영역으로 나누어 해석할 수 있었다.

임펄스 전류를 인가하여 얻어지는 정상상태 접지저항에 대한 더욱 정확한 해석은, 과도접지임피던스의 시간 특성만으로는 정확한 정상상태값을 단정지을 수가 없기 때문에 접지시스템의 전위상승에 대한 접지임피던스의 변화특성(Z-v특성)에 대한 관찰과 분석을 통해 가능하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] R. Kosztaluk, "Experimental Study of Transient Ground Impedances", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-100, No.11 November 1981
- [2] 井上一男, 接地抵抗測定における問題點, 電氣設備學會誌, pp.878~898, 1990, 11.
- [3] 三谷弘, 接地抵抗のサージ特性と測定法, 日本電氣設備學會紙, pp.871~877, 1990.
- [4] H. Mitani, "Surge Characteristics of Earth Resistance and the Measuring Techniques", J. of the Institute of Electrical Installation Engineers of Japan, Vol.10, pp.871~877, 1990.
- [5] J.H. Bogensperger, "Resistance of Grounding Systems Stationary and Transient Behavior", Proc. 9th International Symposium on High Voltage Engineering, pp.6715-1~4, 1995, 9.
- [6] 이복희, 박종순 외 2인, "봉상접지극의 임펄스전류에 대한 과도임피던스 특성", '97대한전기학회 학계학술대회 논문집, Vol. E, pp.1645~1647, 1997, 7.
- [7] B.H. Lee, J.S. Park and S.C. Lee, "Experimental Investigations on Transient Impedances of Some Grounding Systems", Proc. of '97 Japan-Korea Joint Symposium on Electrical Discharge & High Voltage Engineering, pp.237~240, 13~14 Oct. 1997.
- [8] A.C. Liew, M. Darveniza, "Dynamic Model of Impulse Characteristics of Concentrated Earth", Proc. IEE, Vol. 121, No. 2, pp.123-135, 1974